MIZUHO

One MIZUHO

ISSN 1347-3573

みずほ産業調査

2017 No.1
57

デジタルイノベーションは ビジネスをどう変革するか

ー注目の取り組みから課題と戦略を探るー

みずほ銀行

One
シンクタンク

みずほ産業調査 ／57

MIZUHO

2017 No.1

目　　次

特集　デジタルイノベーションはビジネスをどう変革するか
－注目の取り組みから課題と戦略を探る－

Ⅰ．総論

１．産業総合 －求められるのはデジタルイノベーションの加速
～日本における課題と戦略方向性～ 1

２．デジタルイノベーションを牽引するテクノロジー
（特別寄稿）デジタルテクノロジーの最新動向
－注目される IoT、人工知能、ロボティクス、セキュリティ関連技術 15

Ⅱ．各論

１．素材 －素材産業の競争力維持に向けた方策 38

２．医薬品 －AI・医療ビッグデータの進化と製薬産業に求められる取り組み 47

３．医療機器
－医療機器業界におけるデジタルイノベーションと医療機器メーカーの戦略 58

４．自動車
－米国におけるスマートモビリティを実現する試み Smart City Challenge
～情報技術と自動運転を活用したマルチモーダル交通～ 66

５．工作機械／ロボット －ものづくり企業の勝ち筋
～ファナックの「FIELD system」に見る強みの活かし方～ 78

６．建設機械 －建設機械メーカーが変える土木工事の現場
～コマツの「スマートコンストラクション」に見る
建設機械メーカーの ICT 活用～ 85

７．エレクトロニクス －デジタルイノベーションと白物家電業界の行方 94

みずほ銀行

８．重電
　　－燃焼技術を活かす自動自律運転システムによる新たなビジネスの可能性　103

９．メディアサービス
　　－デジタルマーケティング時代におけるメディアのビジネスモデルの進化　112

10．物流　－IoT と自動配送がもたらすラストワンマイルの物流変革　122

11．資源開発　－生産性向上・環境負荷低減を企図した IoT・AI の活用可能性　132

12．電力　－ブロックチェーン技術を活用した電力シェアリングエコノミーの展望　141

13．小売　－デジタルイノベーションがもたらす小売業の未来　152

14．農業　－AgriTech がもたらす農業の成長産業化の可能性　164

15．建設　－テクノロジーの有効活用による建設業の生産性向上に向けて　174

16．不動産　－既存住宅流通におけるテクノロジーの有効活用
　　～米国の事例からの考察～　186

17．ヘルスケア
　　－医療ビッグデータの利活用基盤整備に向け政府に求められる役割　196

18．観光　－デジタルイノベーションが変える観光産業
　　～旅行業とホテル業のゆくえ～　208

19．金融　－FinTech 時代における金融機関の戦略　216

【Column】民間航空機　－インストールベースを価値に
　　～Airbus のエアライン向けプラットフォーム“Skywise”～　224

参考文献一覧　229

Ⅰ－1. 産業総合 －求められるのはデジタルイノベーションの加速－
～日本における課題と戦略方向性～

【要約】

◆ 本稿では、「デジタルイノベーション」を、IoT やビッグデータ、AI、ロボットなどのようなデジタルテクノロジーを活用することで、ビジネスプロセスを大幅に改善する、新たな事業領域へ進出する、既存のビジネスモデルが転換する等、幅広い内容を含む取り組みとして捉えている。

◆ 第Ⅱ部では、20 業種におけるデジタルイノベーションの事例を採り上げ、それから導き出されるデジタルイノベーションの方向性について考察しているが、本章ではその方向性を、期待される成果の特徴によって整理した。「ビジネスプロセスの改善」に該当する取り組みは、コスト削減、モノ・サービスの高度化、担い手不足の解消に、「ビジネスモデルの変化」に該当する取り組みは、バリューチェーンの最適化、シェアリングエコノミー普及への対応、異業種競合への対応、ビジネスモデルの破壊・創造に、それぞれ分類することが可能である。

◆ 日本においてデジタルイノベーションを推進するためには、データ利活用を進め、マネタイズの実現を図る必要がある。そのためには、①テクノロジーの活用面での課題、②経営・事業戦略面での課題、③政策面での課題という 3 つの課題を解決する必要がある。

◆ こうした課題を解決するために日本企業がとるべき戦略や政府に期待される政策の方向性は、①業種・官民を問わないオープンな連携、②着眼大局・着手小局の対応（高い視点と広い視野で内外環境や課題をとらえる一方で、できることは小さな事からでもはじめる姿勢と工夫）である。着実に歩みを進め、デジタルイノベーションへの取り組みを加速していくことが求められよう。

1. はじめに

デジタルイノベーションがキーワード化

IoT（Internet of Things）やビッグデータ分析、人工知能（AI）などのテクノロジーが産業や社会のあり方を大きく変容させる「第 4 次産業革命」[1] という概念が登場して久しい。当初はドイツのイノベーション推進政策である「Industrie4.0」や米国 GE（General Electric Company）の「Industrial Internet」の取り組みが注目されてきたが、こうしたテクノロジーの活用が広まるなか、昨今では、企業戦略などを語る上でのキーワードとして、「デジタルイノベーション」という言葉が耳目に触れることが増えてきた。一部の企業では、既に専担部署が設置されるなど、デジタルイノベーションへの取り組みが注目されている。

第Ⅰ部は、各産業のデジタルイノベーションの方向性を俯瞰し、課題や戦略等を考察

このデジタルイノベーションについて、本稿では 2 部構成で論じている。第Ⅰ部では、本章において、デジタルイノベーションの定義や進展の背景を整理した上で、第Ⅱ部で採り上げる 20 業種の産業で着目したデジタルイノベーションの事例や今後の方向性について俯瞰し、日本においてデジタルイノベーションを進める際の課題や日本企業がとるべき戦略方向性などについて考察する。さらに、次章において、各産業で活用されている主なデジタルテクノロジーの最新動向について、技術的な観点を中心として解説する。

[1] 第 4 次産業革命とは、18 世紀末以降の水力や蒸気機関による工場の機械化である第 1 次産業革命、20 世紀初頭の分業に基づく電力を用いた大量生産である第 2 次産業革命、1970 年代初頭からの電子工学や情報技術を用いた一層のオートメーション化である第 3 次産業革命に続く技術革新を指す。

第Ⅱ部では、個別のデジタルイノベーションの現状や今後の方向性について論考

第Ⅱ部では、20 業種の産業(【図表 1】)におけるデジタルイノベーションの現状や今後の方向性について論考している。即ち、各産業において今後着目すべきと考えられるデジタルイノベーションの事例を採り上げ、その事例が企業・産業・社会に対して与える影響や日本においてそのようなデジタルイノベーションを進めるにあたっての課題、今後日本企業がとるべき戦略や政府に求められる政策の方向性等を論じている。なお、その際、概ね今後 10 年程度を意識しているが、業種特性により時間軸の長短は異なっている。このようなアプローチを採っているため、その産業におけるデジタルイノベーションの全体像を網羅的に示し、考察しているものではない点はご留意いただきたい。

【図表 1】第Ⅱ部で採り上げる業種一覧

業種			
素材	建設機械	資源開発	不動産
医薬品	エレクトロニクス	電力	ヘルスケア
医療機器	重電	小売	観光
自動車	メディアサービス	農業	金融
工作機械／ロボット	物流	建設	民間航空機

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

2. デジタルイノベーションの進展

(1)デジタルイノベーションの定義

デジタルイノベーションには明確な定義がない

「デジタルイノベーション」には、現時点で、明確な定義やコンセンサスがあるわけではなく、捉え方が様々であるため、本稿を読み進めていく上で重要なキーワードである「デジタルテクノロジー」、「デジタルイノベーション」について、定義を明らかにしておきたい。

本稿では「デジタル」テクノロジーを幅広く定義する

そもそも「デジタル」という言葉は、「アナログ」の対義語で、「ある量又はデータを有限桁の数字列(例えば、2 進法)として表現すること」とされている。ただし、「デジタル化」といった場合は、この定義のようにデータを数値化するという意味だけではなく、より広範に使われるケースも多い。例えば、「情報化」社会は、「コンピュータの普及や情報通信技術(以下、ICT)等の進展により、情報がヒト・モノ・カネなどと同等の価値をもち、情報を中心として機能する社会」という意味であるが、「デジタル化」社会は、デジタル化や ICT の進展等により、「高度に発展した情報化」社会という趣旨の使われ方をしていることがある。このように、「デジタル」という言葉は、言葉本来の意味よりも、広義の解釈で使用されることが往々にしてあり、それゆえ本稿においても「デジタルテクノロジー」について幅広く捉えている。

IoT やビッグデータ、AI、ロボットのほか、ICT 技術、ブロックチェーン技術等を含む

即ち、本稿における「デジタルテクノロジー」は、第 4 次産業革命でその活用が期待されている先端テクノロジーである、IoT やビッグデータ、AI、ロボットに加え、それらを活用する基盤となっている ICT の個別技術(コンピューティング、ネットワーク、センサ等)を対象とする。さらには、これらのテクノロジーの組み合わせであるブロックチェーン技術や自動運転技術なども、その定義に含める。

本稿における「デジタルイノベーション」は、ビジネスプロセスの改善から、ビジネスモデルの転換まで幅広い変化を含む

また、「イノベーション」についても、日本で長年認識されていた「技術革新」という意味だけではなく、「科学的発見や技術的発明を洞察力と融合し発展させ、新たな社会的価値や経済的価値を生み出す革新」[2]といった幅広い概念として捉えている。したがって、本稿において、デジタルテクノロジーを活用したイノベーション、即ち「デジタルイノベーション」の定義は、前述のようなデジタルテクノロジーを活用することでもたらされる、ビジネスプロセスの大幅な改善や新たな事業領域への進出、既存のビジネスモデルの転換等、幅広い変化を含むこととする。

（2）デジタルイノベーション進展の主な背景

進展の主な背景は、技術面及び政策面

昨今、デジタルイノベーションが注目されている主な背景としては、デジタルテクノロジーの進歩による技術面の要因と、政府の成長戦略による推進などの政策面の要因等が挙げられる。また、これらを受けて、先進的な企業がデジタルテクノロジーを活用し始めたことも背景として考えられよう。

デジタルテクノロジーとして注目されるIoT・ビッグデータ、AI、ロボット

技術面では、インターネットの利用が日常生活の身近なものになったことやスマートフォンなどのモバイル機器の急速な普及、さらには、センサやコンピューティング、通信・ネットワーク性能の向上など、情報化社会の基盤であるICTが高度に進化してきたことなどが挙げられる。詳細は、次章の「デジタルイノベーションを牽引するテクノロジー」をご確認頂きたいが、本章では、特に注目されている主なデジタルテクノロジーである、IoT 及びビッグデータ、AI、ロボットについて簡単に説明する。

IoT は、データを収集、分析・処理して付加価値を生み出す

IoT は「モノのインターネット」といわれており、あらゆるモノやサービスがつながることで、新たな価値を生み出すテクノロジーである。自動車、家電、ロボットなどの機器をインターネットにつなげることで、データを収集、分析・処理できるようになり、これらの監視・観測や制御、さらには、それらの組み合わせにより最適化や自動化まで対応することが可能となる。こうした仕組みの基盤として、個社もしくは業界横断で、IoT によりデータを収集し、利活用するためのプラットフォームを創設する動きが活発になっている。

ビッグデータは、構造が複雑化し、従来の技術では管理や処理が困難なデータ群

ビッグデータとは、ボリュームが膨大であるとともに、構造が複雑化したデータ群等を指す。例えば、ソーシャルメディア内のテキストデータ、スマートフォンに組み込まれた GPS（全地球測位システム）から発生する位置情報、EC（電子商取引）による消費者の購買情報、工場内のセンサデータなどがそれに該当する。新たな分散処理技術により、こうしたデータの分析を高速かつ大規模に行うことが可能となっている。

AI はコンピュータが自ら学習し、一定の判断を行う

AI は、人工知能学会で「知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術」と定義されているが、具体的には、表面的なデータの背後に潜む構造を自動的又は半自動的に学習し、予測に利用する技術である。近年、データから自動的に「特徴量」を取得して、新たなモデルを予測・実行することができるディープラーニング（深層学習）が発展し、これが AI の精度を飛躍的に向上させている。

[2] 内閣府「第 3 期科学技術基本計画」（平成 18～22 年度）での定義。

ロボットは、能力の向上により、複雑な作業に対応

ロボットは、「センサ、知能・制御系、駆動系の 3 つの要素技術を有する、知能化した機械システム」と定義されている。これまでは、主に産業用ロボットのような「生産環境における人の作業の代替」、無人システムのような「危機環境下での作業代行」、それに日常生活の中での家事支援や介護支援等の「日常生活支援」で活用されてきた。昨今では、機器としてのハード面での進化に加え、センサ技術やソフトウェア・情報処理能力の向上等の個々の技術の進歩、ディープラーニングの活用を含めた AI の飛躍的な性能向上に伴うソフト面での進化によって、ロボットの能力はさらに向上しつつある。

政府の成長戦略でもデジタルイノベーション関連の施策を推進

一方、政策面では、政府の成長戦略において、デジタルテクノロジーへの取り組みが最重要政策とされている。「日本再興戦略 2016」では、名目 GDP600 兆円の実現の鍵となる「官民戦略プロジェクト 10」の筆頭として「第 4 次産業革命（IoT・ビッグデータ・人工知能）」が掲げられ、推進政策の方向性が示されている（【図表 2】）。これらはいずれも、本稿で考察するデジタルイノベーションそのもの、あるいは、それと密接に関係するものである。

【図表 2】「日本再興戦略 2016」における第 4 次産業革命に関する政策

第4次産業革命の実現
1. 第4次産業革命の鍵を握る人工知能技術の研究開発と社会実装を加速するための司令塔機能の確立と規制・制度改革、企業や組織の垣根を越えたデータ利活用プロジェクト等の推進 ①産学官を糾合した人工知能技術に係る司令塔機能「人工知能技術戦略会議」の設置と人工知能技術の研究開発・社会実装の推進等 ②規制・制度改革、データ利活用プロジェクト等の推進 【個別プロジェクトの実行実現】 ・IoTを活用した健康・医療サービスの充実強化 ・無人自動走行を含む高度な自動走行の実現に向けた環境整備 ・小型無人機の産業利用の拡大に向けた環境整備　等
2. 第4次産業革命を支える環境整備 ①データ利活用促進に向けた環境整備 ②スピード感あるビジネスの新陳代謝の促進 ③第4次産業革命を支える人材育成・教育システムの構築 ④中堅・中小企業に対するIT・ロボット活用の促進による第4次産業革命の波及 ⑤第4次産業革命に対応したIT産業の構造転換 ⑥サイバーセキュリティの確保とIT利活用の徹底等 ⑦第4次産業革命を支える情報通信環境整備

（出所）「日本再興戦略 2016」よりみずほ銀行産業調査部作成

未来投資戦略 2017 で、デジタルイノベーションの取り組みは加速

さらに、2017 年の政府の成長戦略として策定された「未来投資戦略 2017」[3]においては、第 4 次産業革命という技術や産業構造面の変革だけではなく、サイバー空間と現実空間が融合して課題を解決する「超スマート社会」、すなわち、課題解決社会という新たな軸を取り入れた Society5.0[4]をコンセプトとしてこれまでの成長戦略が見直されている。未来投資戦略 2017 は、第 4 次産業革命実現に向けて掲げられたこれまでの政策を深掘りするとともに、戦略分野を設定したり、分野横断的な課題を明確にしたりすることで、デジタルテクノロジーを活用したこれらの政策をさらに強力に推進していく内容となっている。この

[3] 詳細は、みずほ銀行「未来投資戦略 2017 を読み解く ～注目政策と＜みずほ＞の見方～」『MIZUHO Research & Analysis no.11』（2017 年 7 月 14 日）を参照。
[4] 先端テクノロジーをあらゆる産業や社会生活に取り入れ、一人ひとりのニーズに合わせたモノ・サービスの提供によって様々な社会課題を解決する試み。

ような政策の方向性が官民で共有されることで、Society5.0 実現の手段としての第 4 次産業革命、ひいては、デジタルイノベーションの取り組みが加速していくことが考えられよう。

3. デジタルイノベーションの今後の方向性

(1)デジタルイノベーションの特徴

デジタルイノベーションの方向性を俯瞰

足下で進展しているデジタルイノベーションは、今後どのような方向に向かうのか。第Ⅱ部では、20 業種で着目すべきデジタルイノベーションの事例を採り上げ、その事例から導き出される今後の方向性を論じている。本節では、デジタルイノベーションによって期待される成果の特徴によって、その方向性を整理・分類することで、全体を俯瞰したい。

デジタルイノベーションの方向性はビジネスプロセスの改善とビジネスモデルの変化に大別

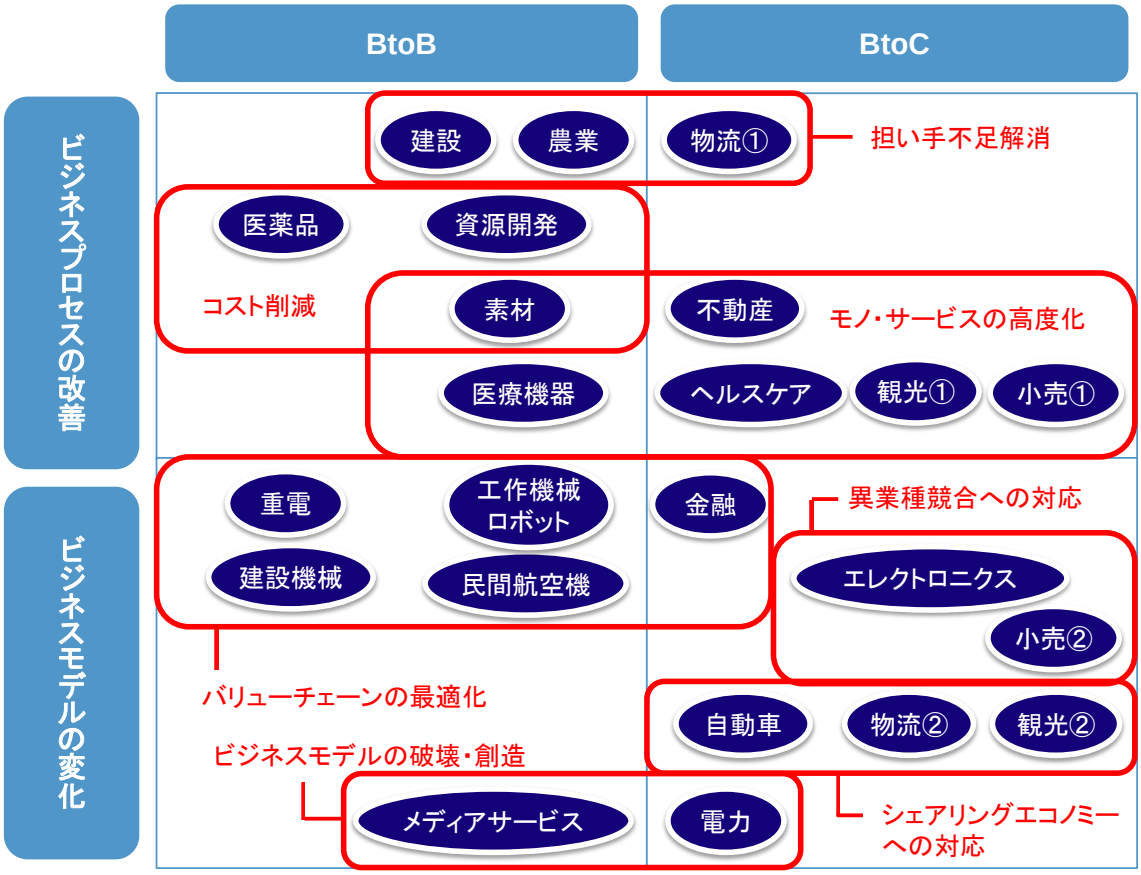
各業種で論じているデジタルイノベーションの方向性は、その定義を踏まえ、①ビジネスプロセスの改善と、②ビジネスモデルの変化に大別されよう。機器の製造・販売をしているメーカーを例に取ると、①は、デジタルイノベーションにより、ビジネスモデルは変化していないが、機器製造のオペレーションが効率化、または、より付加価値のある機器を製造・販売するケースが考えられる。一方、②は、デジタルイノベーションにより、機器販売だけでなく、機器から得られる様々なデータを活用してソリューションサービスに事業を拡張・シフトし、ビジネスモデルが変化するケースといえる。

期待される成果の特徴で整理・分類

これに加えて、主に法人向けのビジネスを行う「BtoB」と、主に消費者向けのビジネスを行う「BtoC」に業種を分け、それらの業種で採り上げたデジタルイノベーションの方向性を、それによって期待される成果の特徴に基づき整理・分類したものが【図表 3】である[5]。次項以降では、この分類に沿って、デジタルイノベーションの方向性を詳細に論じる。

[5] 便宜上、業種名で図示しているが、本稿で取り上げた今後期待されるデジタルイノベーションの方向性をマトリックス上に表記している。1 つの業種で期待されるデジタルイノベーションの方向性が複数ある場合は、より重要性の高いものを【図表 3】に挙げているが、いずれも重要な場合は両方記載している（小売、物流、観光）。また、業種により BtoB と BtoC の両方の事業が営まれている場合もあるが、本稿でのデジタルイノベーションの事例や論じている方向性を踏まえ、どちらか一方に分類している。

【図表 3】本稿で採り上げたデジタルイノベーションの方向性



(出所)みずほ銀行産業調査部作成
(注 1)農業、医療機器は BtoB、不動産、物流、電力は BtoC を主とすることで区分。
(注 2)デジタルイノベーションの方向性が複数あり、いずれも重要な業種は①・②に分けて両方とも記載。

(2)ビジネスプロセスの改善をもたらすデジタルイノベーション

ビジネスプロセスの改善が期待されている業種

本稿で採り上げた 20 業種のうち、デジタルイノベーションを通じた今後のビジネスプロセスの改善期待に着目した業種は、BtoB では、建設、農業、素材(鉄鋼、非鉄、化学など)、資源開発、医薬品、医療機器、BtoC では、物流、不動産、ヘルスケア、観光、小売である。

建設、農業、物流は、担い手不足解消

少子化による人口減少や高齢化の進展等により、労働需給が構造的に逼迫する中、喫緊の課題として「担い手不足」が指摘される建設、農業、物流では、デジタルイノベーションによる課題解消に着目している。それらの業種では、全てのバリューチェーンに共通するデータプラットフォームの構築による生産プロセスの効率化や、ロボットの活用などによる必要な労働力を抑制・削減する省力化のほか、高齢化の進展による熟練労働者の引退に備え、暗黙知化された現場のノウハウを、テクノロジーを通じて見える化するような動きが期待されている。例えば、農業では、植物工場において、人的負荷が大きい栽培工程でロボットを活用して自動化を進める動きがあるほか、露地栽培でも、農機の GPS 自動走行システム等の導入による自動走行、夜間走行、複数走行等の実現が目指されている。

素材、医薬品、資源開発はコスト削減

素材、医薬品、資源開発では、設備の老朽化に伴う安全操業の難化や開発費上昇などの生産コスト面での課題を抱えており、デジタルイノベーションによるオペレーションの効率化を通じた「コスト削減」が期待されている。工場設備や開発資機材等の IoT 化によるコスト・安全面など、安定した生産オペレーション力の向上のほか、AI を活用した研究開発や鉱山や建設等の現場での自動走行技術の活用による省力化などの動きが注目されるところである。医薬品では、研究開発費が増大している創薬プロセスにおいて、非常に大量かつ複雑なデータを AI に読み込ませて解析させることで、新薬開発で初期に必要な要素の候補を効率よく抽出できるようになりつつある。また、資源開発においては、開発費が増加傾向にある石炭開発について、他の資源開発で活用が進んでいる自立型無人走行ダンプトラックの導入や開発・生産資機材の IoT 化による予防保全の強化などを応用できる可能性がある。

医療機器、素材、不動産、ヘルスケア、観光、小売は、モノ・サービスの高度化

医療機器、素材、不動産、ヘルスケア、観光、小売では、顧客ニーズへの木目細やかな対応が可能となる「モノ・サービスの高度化」に向けた取り組みが見られる。特に、コンピューティング性能の上昇やロボティクスの高度化によるモノ・サービスの質的向上のほか、ビッグデータや AI を活用した製品開発・顧客へのサービス提供の高度化などが注目されている。素材では、顧客ニーズに合わせた高付加価値な素材の開発に向け、マテリアルズ・インオフォマティクス[6]のためのデータプラットフォームの整備が進みつつあり、デジタルイノベーションを活用した製品開発力の向上への期待が高まっている。ヘルスケアでは、医療ビッグデータのプラットフォームの整備が進められており、個別化された最適な医療サービス提供が期待されているほか、小売では、商品企画や販売予測に AI を活用し、売れる商品を売れるだけ製造するプライベートブランド商品開発を行う取り組みも見受けられる。

(3)ビジネスモデルの変化を促すデジタルイノベーション

ビジネスモデルが変化する可能性がある業種

一方、デジタルイノベーションによってビジネスモデルが変化する可能性に着目している業種は、BtoB では、重電、建設機械、工作機械／ロボット、民間航空機、メディアサービス、BtoC では、金融、自動車、物流、観光、エレクトロニクス、小売、電力である。

重電、建設機械、工作機械／ロボット、民間航空機、金融は事業領域の変化

重電、建設機械、工作機械／ロボット、民間航空機、金融では、デジタルイノベーションを通じて事業領域を変化させる、すなわち「バリューチェーンの最適化」を実現する取り組みが注目されている。自らが販売する機器等のデータから集められるデータやプラットフォームを用いて収集されたデータ等を基盤として、これまでの機器製造・販売や伝統的なサービス提供だけではなく、そのバリューチェーンの下流にある事業領域において新たな付加価値を提供することが可能となる。例えば、重電では、ICT を活用した火力発電機器の自動自立運転システムを開発することで、機器の販売から O&M（運転管理・保守点検）への事業領域の拡張が期待される。建設機械でも、先進的な企業が、データプラットフォームを活用して、機器販売から延伸して多様なサービスのプロバイダーへと転身を遂げようとしているほか、民間航空機では、先行するサプライヤーだけではなく、航空機メーカーがデータプラットフォームを創設することで、エンジンだけではなく、機体に関する広範な収集データを活用し

[6] 物質・材料の性質に関する多様かつ膨大なデータと計算機科学を材料研究に応用する手法。

て整備事業などエアライン向けのサービス提供まで担うことが考えられている。

自動車、物流、観光は、シェアリングエコノミーへの対応

自動車、物流、観光では、CtoC のビジネスモデル[7]が拡大するという「シェアリングエコノミーへの対応」として、デジタルイノベーションを通じたビジネスモデルへの変化が模索され始めている。モノや空間を共有することで稼働率や利便性を向上させるビジネスモデルが浸透してくると、これまでのように個々でのモノの所有が必ずしも必要ではなくなったり、一般消費者がビジネスの一翼を担うようになったりすることが想定され、既存のビジネスモデルを変えざるを得ない状況になることが考えられる。例えば、自動車のライドシェアのみならず、複数の交通機関を効率的に運用するマルチモーダルが進展していけば、自動車メーカーは「車の製造・販売」から、いかに効率よく「移動」を提供するのかという「モビリティ」企業へと変化していくことが見込まれる。物流でも、物流企業が介在せずに、荷物の依頼主と物流事業者以外の一般ドライバーのマッチングを可能とするビジネスモデルでの新規参入者が既に登場しており、既存の物流事業者は、物流の担い手の多様化を踏まえた対応が求められてくるだろう。

エレクトロニクス、小売は、異業種との競合への対応

エレクトロニクス、小売では、デジタルイノベーションを通じて、一段と厳しさを増す「異業種との競合に対応した」新たなビジネスモデルに変化していくことが求められている。つまり、異業種の参入・台頭により、市場環境が大きく変化するなか、デジタルテクノロジーを活用して、異業種に対抗できるように既存のビジネスモデルを変化させる必要が高まると予想される。エレクトロニクスでは、デジタルイノベーションを活用した家事支援サービスの進化や普及により、白物家電が提供する「家事負担の軽減」という付加価値が希薄化するというリスクシナリオも視野に入れた事業戦略の転換も想定されうる。小売でも、Amazon のようなグローバルプラットフォーマーによる既存の業界構造の破壊や寡占化が既に進展しており、既存の小売業者は、デジタルテクノロジーの活用によって、顧客ニーズの理解の向上、販売チャネルの変革、商品企画や生産数量の最適化を進めていくことが期待されている。

メディアサービス、電力は、ビジネスモデルの破壊・創造

また、メディアサービス、電力では、デジタルイノベーションが既存のビジネスモデルを陳腐化させ、新しいビジネスモデルへの転換を推し進めるという「破壊と創造」をもたらす可能性がある。例えば、電力では、IoT やブロックチェーン技術によって、分散型エネルギーが CtoC の形で活用されるようになれば、系統電力のこれまでの事業のあり方が劇的に変化する可能性が考えられる。

4. 日本におけるデジタルイノベーション推進に向けた課題と企業がとるべき戦略方向性

(1)デジタルイノベーション推進に向けた課題

デジタルイノベーション推進に必要なデータの利活用とマネタイズの実現は、いずれも容易ではない

このように、デジタルイノベーションの今後の方向性には、期待される成果により様々な特徴が見られ、日本企業がデジタルイノベーションに積極的に取り組めば、これを原動力としたビジネスプロセスの改善やビジネスモデルの変化によって、日本産業の競争力強化につながることが考えられる。他方、デジタルイノベーションを推進するためには、「データ利活用」を進め、「マネタイズの実現」を図ることが必要になるが、これらは実際にはそれほど容易なことではな

[7] Consumer to Consumer。ネットオークションや民泊などの個人間行うモノ・サービスの取引モデル。シェアリングエコノミーは、この CtoC を土台として急速に拡大してきている。

い。「データの利活用」は、第Ⅱ部における考察においても、多くの業種で課題として指摘されている。また、「マネタイズの実現」が難しい、見通しづらいということが問題として指摘されることは、巷間しばしば見受けられるところである。デジタルイノベーションを持続的に進めていくためには、研究開発費や通信料等のコストの増加分を上回る対価を得ていくことが必要となるが、デジタルテクノロジーを活用した新たな市場は、テクノロジーの導入によりすぐに利益が上げられるかが不透明、すなわち投資対効果が見えにくいといわれている。特に、BtoC 分野については、利用者に提供する利便性から直接対価を得ることは難しいと考えられており、マネタイズの実現のハードルは一般的に高いとされている。

デジタルイノベーションを推進するためには、「データの利活用」を進め、「マネタイズの実現」を図る上での課題を解決していく必要がある。本項では、その課題を、「テクノロジーの活用面での課題」、「経営・事業戦略面での課題」、「政策面での課題」の 3 つの観点で論じていきたい。

テクノロジーの活用面での課題

1 つ目のテクノロジーの活用面での課題は、①技術力・ノウハウの不足、②収集・蓄積・共有されるデータの不足の 2 つに分けられよう。

①技術力・ノウハウの不足

まず、①技術力・ノウハウの不足が挙げられる。テクノロジーの高度化が進展していくと、デジタルテクノロジー自体の開発やそれを用いた応用開発などの技術力を、自社のケイパビリティだけで十分に備えることができない場合があることに加え、開発した技術やシステムを運用していく際のオペレーションノウハウが不足し、デジタルテクノロジーを活用できなくなるということも往々にして指摘されるところである。また、こうした技術力・ノウハウ不足の問題は、それらを持ったテクノロジー人材が不足しているという問題であるともいえ、ほとんどの業種に共通する課題となっている。

②収集・蓄積・共有されるデータの不足

②収集・蓄積・共有されるデータの不足も、データ利活用を進めるに当たり、多くの業種において問題となっている。デジタルテクノロジーを活用した製品開発や質の高いサービス提供を行うには、様々なデータを収集・蓄積・共有することが有効であるが、企業が自らの保有するデータを競争力の源泉と考え、開示に消極的なことから、価値を生むに足る十分なデータが収集・蓄積・共有されないことが間々あるといわれている。また、特に BtoC 分野では、個人情報保護や情報セキュリティの観点もあり、個人からのデータ収集が難しい場合がある、様々なルートで収集された個人情報が名寄せできない、といった問題も指摘されよう。

経営・事業戦略面での課題

2 つ目の経営・事業戦略面での課題は、①既存のレガシーとの調和、②既存ビジネスや慣行との調和、③外部環境の未整備の 3 つが考えられる。

①既存のレガシーとの調和

デジタルイノベーションによりビジネスモデルが大きく変化すればするほど、既存のビジネスモデルに基づきこれまで投資してきた有形・無形の資産が、その過程で不要となったり、そもそもデジタルイノベーションを阻害する要因となったりしかねない。よって、デジタルイノベーションを推進する上で、①既存のレガシーと調和させていくことが、経営・事業戦略上、重要な問題となる。例えば、小売では、これまでは売場面積の拡大による売上拡大が専ら成長の指標とされ、店舗網が拡大されてきたが、大手 EC 事業者が国内市場を席巻した場合、新しいビジネスモデルへの転換に向け、店舗等のレガシーのあり方を見直す必要も生じるだろう。

②既存ビジネスや慣行との調和

続いて、②既存ビジネスとの調和の問題が挙げられる。これは、デジタルイノベーションによりビジネスを拡張、創出しようとしても、これまでのビジネスのあり方や業界での慣行に適合せず、容易に実現しない、という問題である。金融を例に取ると、日本特有の現金決済を中心とした慣習によって、利用者の金融取引の履歴がデータとして蓄積されないため、データを活用した新たな金融サービスの提供を難しくしているといわれている。

③外部環境の未整備

海外で先行するデジタルイノベーションを日本において実現しようとしても、テクノロジー活用にあたっての業界でのルールや情報の整備が不十分であったり、新たなビジネスモデルで鍵となる異業種の事業者が育っていなかったりするなど、個社もしくは業界をとりまく外部環境として、デジタルイノベーションを推進しうる状況が整っていないという場合が考えられる。こうした③外部環境の未整備によって、個々の企業がデジタルイノベーションに取り組もうにも、制約や困難に見舞われることが考えられる。例えば不動産では、顧客が満足しうる不動産情報ストック整備等が不十分なため、テクノロジーを活用して顧客接点を強化し、潜在需要を掘り起こそうにも限界がある状況となっている。

政策面での課題

3 つ目の政策面での課題は、①柔軟性・明瞭さを欠く規制・制度、②テクノロジー導入インセンティブの不足、③社会的受容性の不足の 3 つが挙げられる。

①柔軟性・明瞭さを欠く規制・制度

デジタルテクノロジーを活用して新たにビジネスを展開しようにも、規制が厳格で活用・展開ができない、規制が不明瞭でその是非についての判断が難しいといったケースや、官民で共有すべき推進計画が明確でなくリスクをとったビジネスジャッジがしづらい、といった問題がある。こうした、柔軟性・明瞭さを欠く規制・制度の問題は、民間だけでは対応が難しく、政府がイニシアティブを持って取り組むべき問題といえよう。例えば、データ利活用に関しては、個人情報保護などのルール整備が進んでいる一方で、利害関係を適切に調整する知財システムの構築等のデータ利活用に関する制度整備が喫緊の課題となっている。

②テクノロジー導入インセンティブの不足

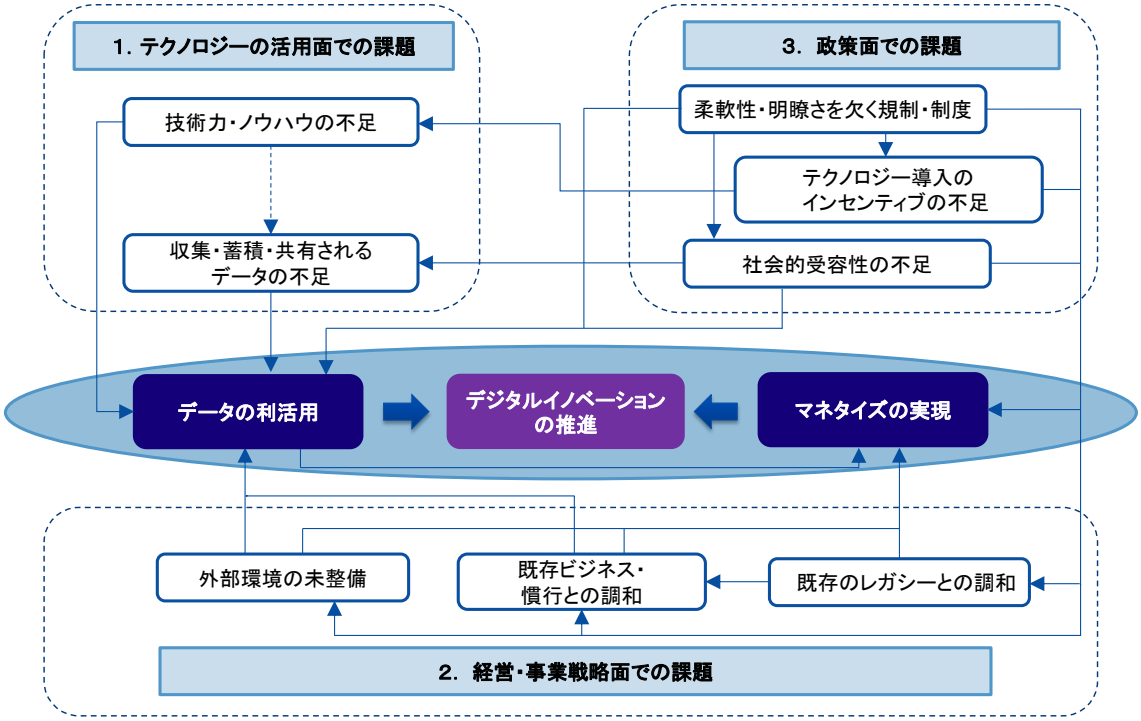
②テクノロジーの導入インセンティブの不足も挙げられる。特に、既存のレガシーとの調和が難しく、企業がデジタルイノベーションに取り組む際のハードルが高い場合においては、補助金や税制優遇など、民間企業のインセンティブとなる政府の支援が有効と考えられるが、あまねく全ての分野でそうした支援が十分であるとは限らない。例えば、建設では、生産プロセスが専門的工程の集約となっており、一部のプレイヤーによる基準変更は他のプレイヤーとの円滑な接続を妨害するため、個別企業で見るとデジタルテクノロジーを導入してプロセスを改善しようとするインセンティブが低くなりがちであり、業界全体として生産性向上が期待される i-Construction の取り組みを進めるためには、国をあげた戦略的な推進が必要であり、支援の拡充が期待される。

③社会的受容性の不足

デジタルイノベーションを進めようにも、利用者が新たな取り組みについてのメリットやデメリットが十分理解できていないため、データを提供するのに抵抗があるということも、しばしば見受けられる。こうした、③社会的受容性の不足については、デジタルイノベーションを起こす民間企業の対応もさることながら、政府による対応が期待される課題である。ヘルスケアでは、データ利活用において、個人情報保護や情報セキュリティ体制のための整備が行われているものの、国民の間では得られるメリットよりも個人情報保護の懸念の議論が先行しており、データ提供に関する社会的受容性が低くなっているといえよう。

なお、こうした課題については個別に独立したものではなく、それぞれの課題が影響しあい、相互に連関していると考えられる(【図表 4】)。データの利活用を進め、マネタイズを実現し、デジタルイノベーションを加速させていくためには、そうした連関を踏まえつつ課題を解決していくことが求められよう。

【図表 4】デジタルイノベーション推進課題の相関図



(出所)みずほ銀行産業調査部作成
(注)矢印は、その始点にある課題が、終点にある課題に大きく影響する可能性を示している。

課題は業種に応じて濃淡あり

また、これらの課題は、全ての業種で着目した取り組みに共通してあてはまるものではなく、特性に応じて濃淡が見られる。明確に線引きすることは難しいが、理解を容易にするため、ここでは大胆に整理してみたい(【図表 5】)。

全ての取り組みに共通する課題

「技術力・ノウハウ不足」、「収集・蓄積・共有されるデータの不足」、「外部環境の未整備」、「柔軟性・明瞭さを欠く規制・制度」は、デジタルイノベーションを行う上で最低限解決すべき課題として、凡そ全ての取り組みに関連する可能性が高いと考えられる。また、「社会的受容性の不足」についても多くの取り組みで関連することが想定されるが、個人情報保護の問題から、特に BtoC の業種においてその関連が強いという見方ができるだろう。

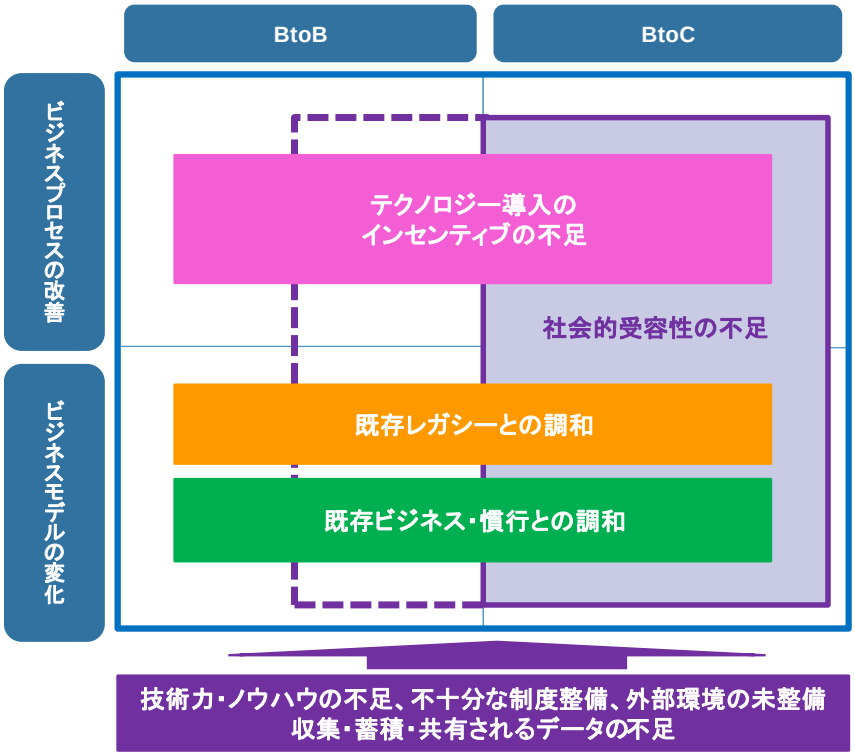
ビジネスプロセスの改善との関連が強い課題

担い手不足解消、コスト削減、モノ・サービスの高度化など、ビジネスプロセスの改善に向けた取り組みは、既存の製品・サービス・事業の強化・拡充を行う傾向があるため、メリットが分かりやすく、相対的には進めやすいと考えられる。それでも進まないとすれば、個別企業レベルで何らかの障害があるためであり、それを解消するための「テクノロジー導入のインセンティブ不足」が課題である可能性があろう。

ビジネスモデルの変化との関連が強い課題

バリューチェーンの最適化、異業種競合への対応、シェアリングエコノミーへの対応、ビジネスモデルの破壊・創造など、ビジネスモデルの変化に向けた取り組みについては、新規製品・サービス・事業の開発・創造を伴うことが多く、「既存のレガシーとの調和」、「既存ビジネスとの調和」が課題となるであろう。特に、ビジネスモデルの変化が大きくなればなるほど、それら課題が深刻の度を増すことになると考えられる。

【図表 5】デジタルイノベーションの類型と課題



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

（2）日本企業がとるべき戦略や政府に期待される政策の方向性

日本企業がとるべき戦略方向性を考察

ここまで、デジタルイノベーションの取り組みに対する諸課題について考察してきたが、本項では、それらを解決するために、日本企業がとるべき戦略や政府に期待される政策の方向性を論じたい。企業・政府に通底する方向性は、「①業種や官民を問わないオープンな連携」、「②着眼大局・着手小局の対応」の 2 つであると考える。

①業種や官民を問わないオープンな連携

まず、「①業種や官民を問わないオープンな連携」である。例えば、テクノロジー面での課題に対しては、技術力やノウハウ、人材など、個社では不足するリソースを、同業種・異業種を問わず外部との連携により補完しあうオープンイノベーションの推進によって対応することが考えられよう。また、積極的に協調領域を設定し、オープンなデータプラットフォームを構築して多くの事業者を巻き込むことが、データ利活用を進める上で有効となる場合も多いだろう。中長期的な目線で、技術開発、データ・ノウハウの蓄積、人材育成等への取り組みを着実に図ることが重要であることはいうまでもないが、オープンな連携によって積極的に外部リソースを活用していくことは、デジタルイノベーションに係

る様々な課題を解決する上で、姿勢として欠かすことができない。また、政策面では、ハード・ソフト両面での官民連携が求められる。補助金や税制優遇のようなハード面での支援や、法制度・ルール整備のようなソフト面での支援は、いずれも官民が課題を迅速に共有し、実効ある内容としていく必要がある。

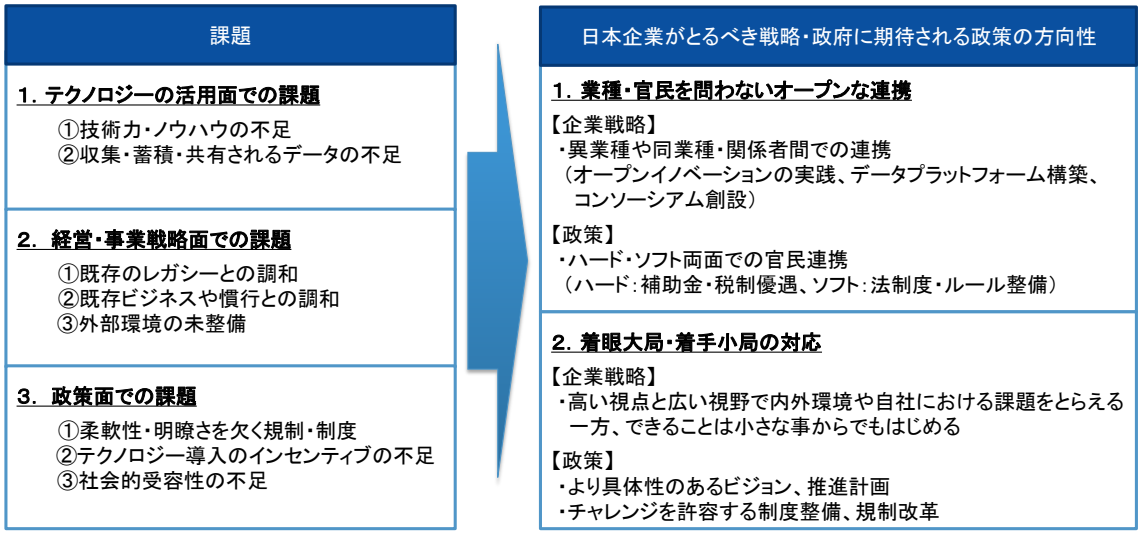
②着眼大局・着手小局の対応

次に、「②着眼大局・着手小局の対応」である。デジタルイノベーションについて、高い視点と広い視野で内外環境や自社における課題をとらえる一方で、できることは小さな事からでもはじめるという姿勢で臨み、工夫をこらすことが求められるということである。既存のビジネスモデルへの影響が大きくなればなるほど、既存のレガシーと調和しつつデジタルイノベーションを推進することは難しくなってくる。中長期の経営・事業戦略において、デジタルイノベーションを重要な要素として位置づけたとしても、リソース配分等を議論し始めると、短期的にはむしろ既存事業とのカニバリゼーションが大きく、社内から強い抵抗を受けるという、いわゆる「総論賛成、各論反対」が起こりやすいことは容易に想像されよう。しかし、デジタルイノベーションは大きな潮流であり、決して逆流することはない。その潮目を十分に意識しつつ、小さくともできることから始めるという経営姿勢と、それを具体化する工夫が必要となろう。

具体的なビジョンや推進計画とチャレンジを許容する制度整備

また、政府には、より具体性あるビジョンや推進計画を示すことが「着眼大局」として期待される。未来投資戦略 2017 では政策の方向性や工程表を示されているが、総花的な対応にとどまっている感も否めない。注力分野の絞り込みやリソース配分の明確化等、もう一段具体化したビジョンや推進計画を掲げることが求められよう。さらに、「着手小局」としては、チャレンジを許容する制度整備や規制改革が求められるところである。デジタルイノベーションを促進するためには、既存の規制に過度に捉われることなく、果敢に新たなビジネスに取り組もうとするという、事業者のチャレンジ精神を育み、活かすことが必要である。その点、未来投資戦略 2017 で掲げられている「サンドボックス制度」はまさにこの考え方に通じており、デジタルイノベーションを推進していく上でも、早期の具体化が不可欠である(【図表 6】)。

【図表 6】日本企業がとるべき戦略・政府に期待される政策の方向性



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

5. おわりに

これまでみてきたように、デジタルイノベーションに対する取り組みによって実現しうる成果、目指す方向は様々だが、いずれも日本産業が抱えている様々な課題の解決に資するものといえる。今後のデジタルテクノロジーの更なる進展や政策的な方向性を踏まえると、デジタルイノベーションの潮流は今後益々大きくなっていくであろう。日本産業として、デジタルイノベーションへの取り組みは待ったなしの状況である。

「オープンな連携」と「着眼大局・着手小局」が重要に

一方で、その推進にあたっては多くの課題が待ち受けており、道のりは決して平坦ではないと考えられる。オープンな連携と着眼大局・着手小局の姿勢で、着実に歩みを進め、デジタルイノベーションへの取り組みを加速していくことが求められよう。

みずほ銀行産業調査部
総括・海外チーム　小山　剛幸
takayuki.koyama@mizuho-bk.co.jp

Ⅰ－2. デジタルイノベーションを牽引するテクノロジー

（特別寄稿）
デジタルテクノロジーの最新動向
－注目される IoT、人工知能、ロボティクス、セキュリティ関連技術

【要約】

◆ センサやネットワーク性能向上、利用コストの低下、コンピューティング性能の大幅な向上を背景にモノ、ヒト、サービスを巻き込む IoT が進展している。人工知能（AI）の進展は、デジタル化に伴う膨大なデータからの付加価値を創出し、ロボティクスの進展は、デジタル化のリアルな社会への実装を加速させ、イノベーションの対象領域を拡大させている。また、昨今のデジタルテクノロジーの特徴として、あらゆる領域でのインテリジェント化と、サイバーとヒトやモノが実在するフィジカルとの融合深化が進展している。

◆ IoT 活用のための ICT 基盤（IoT 基盤）の技術開発が進展している。IoT の活用領域の広がりを受けて、IoT デバイスの増加に伴うネットワーク負荷の低減化やリアルタイム性を確保するためエッジコンピューティングを導入した IoT 基盤のアーキテクチャが主流となりつつある。

◆ サイバーとフィジカルとの接点となるスマートフォンや自動車など、様々なモノにカメラやマイクなどのセンサが実装され、対象や状況を同定・分類する画像認識技術や音声認識技術が実用化されている。ディープラーニングの登場により、認識精度が大きく向上し、適用範囲の広がりをみせている。また、サイバーとヒトのインタフェースとして VR／AR を実現する端末が廉価で市場に登場するなど、製品開発の苛烈な競争が始まっている。また、現実環境と仮想世界をミックスさせる MR の実用化の技術開発も活発化している。

◆ IoT の実装にはモノ、ヒト、サービスをつなぐ無線通信技術の進展が不可欠である。次世代通信技術として、高速化・大容量化を目指す 5G 通信の実用化が近づいている。また、IoT における通信利用のデバイスの数的な拡大を見据え、低容量ながら低価格・省電力による通信を実現する LPWA 技術が進展しつつある。

◆ インテリジェント化の中核技術である AI 分野では、画像処理等のパターン認識において実用化が進展するとともに、世界の最先端の研究は、サイバーとフィジカルを AI を媒介にして融合することを目指すアルゴリズム開発に向かっている。また、脳を模擬した計算デバイスや、さらには量子コンピューティングも近い将来の実用化が見込まれる。

◆ 人の能力（運動、五感、思考）の拡張やロボット同士の協調動作といった次世代のロボット／ロボティクスの技術開発が進展しており、新しいサービスや価値の創出の可能性が広がっている。また、自動運転車・ドローンは、実現に向けた認知・判断・制御に関わる技術が活発化している。加えて、安全に利用するための技術にも注目が集まっている。

◆ セキュリティ技術の重要性が認識されている分野に IoT とブロックチェーンがある。IoT では、モノとモノ、モノとサービスがインターネットを介してつながり、得られたデータを収集、分析してモノやサービスを制御するため、モノから得られたデータが改ざんされていないかが重要となる。また、ブロックチェーンでは、仮想通貨の二重利用防止や取引情報などの改ざん検知等を満たすためにセキュリティ技術の重要性が認識されている。

1. デジタルイノベーション進展の鍵を握るテクノロジー

デジタルテクノロジーの進展がイノベーションの対象領域を拡大

インターネットやスマートフォンの普及、センサやネットワーク性能の向上、利用コストの低下、クラウドコンピューティングの進展によるコンピューティング性能の大幅な向上等を背景にモノ、ヒト、サービスを巻き込む IoT（Internet of Things）が進展している。また、人工知能（AI: Artificial Intelligence）の進展は、デジタル化に伴う膨大なデータからの付加価値を創出し、ロボティクスの進展は、デジタル化のリアルな社会への実装を加速させ、イノベーションの対象領域を拡大させている。

これらを中心とするデジタルテクノロジーは、イノベーションを引き起こしている ICT 技術の組合せを指すもので、特定の技術を指すものではない[1]。しかしながら、デジタルイノベーションの事例を見れば、ここ数年で急速に進展、あるいは新たに登場したテクノロジーがイノベーション実現の鍵となっていることは間違いない。また、新たなビジネスモデルの創出がデジタルテクノロジーの需要を生み出す、イノベーションの相乗サイクルが形成されている。

注目される IoT、AI、ロボテックス、セキュリティ関連技術

昨今のデジタルテクノロジーの進展がもたらす変化として、下記の 3 点が注目される。1 点目は、IoT 関連技術の進展によるデジタル化の対象範囲の拡大である。IoT 関連技術の進展は、ヒト、モノを広範に含む、これまでとは次元の異なるデジタル化を進展させている。また、デジタル化の対象範囲が拡大することで、膨大なビッグデータが生み出され、AI 等を含めたデータの分析技術の進展がそれらのデータから新たな付加価値を創出している。2 点目は、モノとして捉えられてきた機械等へのデジタルテクノロジーの実装である。ロボットや自動運転、ドローン等のロボティクス関連技術は、様々なサービスとの融合により、従来のメカトロニクスの進展を超えて進化しつつある。そして 3 点目は、セキュリティ関連技術の進展である。モノ、ヒト、サービスが繋がるデジタル化の進展においては、安全・安心の観点から、従来にも増してセキュリティの確保が不可欠となっている。そうした中で、ブロックチェーンは、セキュリティへの対処を提示すると同時にビジネス上のイノベーションを引き起こしている。

本章では、上記に概説したデジタル化による変化を牽引するデジタルテクノロジーとして注目される IoT、AI、ロボティクス、セキュリティの 4 つのテクノロジーの関連技術を取り上げ、最新動向と今後の展望を概観する。

2. IoT 関連技術

（1）IoT 基盤

①IoT 基盤の構成

IoT 基盤はセンサ・デバイス、ネットワーク、アプリケーション、プラットフォーム層から構成

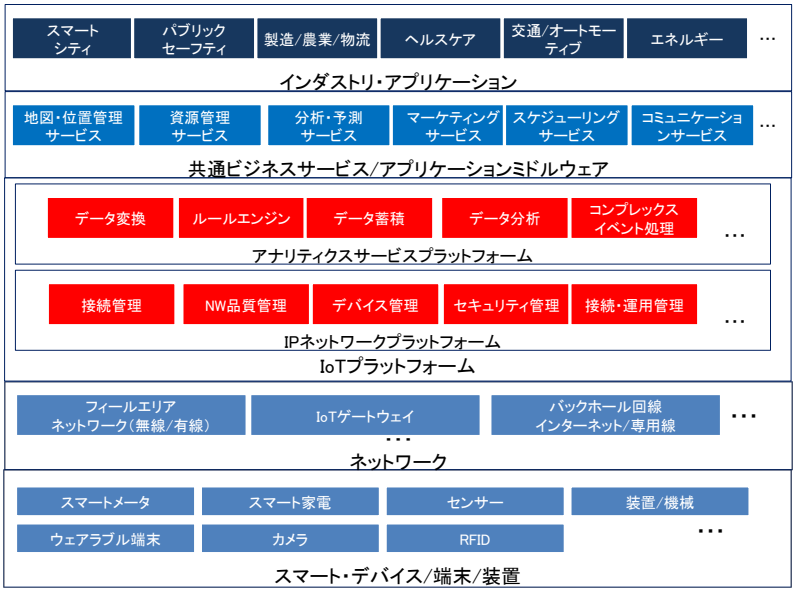
IoT 基盤は、モノ、ヒト、サービスを繋ぎ、新たな付加価値を生み出すための ICT 基盤である。IoT 基盤は、実空間との接点となるセンサやデバイス等の端末層、フィールドエリアからバックフォールまでのネットワーク層、ユーザにサービスを提供するアプリケーション層とその基盤となるプラットフォーム層から構成される。プラットフォーム層は、接続及びデバイス管理、セキュリティ管理の機能に加え、データ管理、データ分析機能から構成される[2]（【図表 1】）。デ

[1] ロンドンに本拠を置く欧州最大級のベンチャーキャピタルファンド、アトミコは、2016 年 11 月に公表したレポート「The State of European Tech」で、欧州における AI、ロボット工学、仮想現実、拡張現実、ドローン、3D プリンティングのデジタルテクノロジーの進展に注目し、これらのデジタルテクノロジーを総称して「ディープテック」と名付けている。

[2] IoT 基盤では、大量のデータを取り扱う必要があるため、ビッグデータの処理技術である分散処理技術、データの高速処理のためのストリームデータ処理技術、CEP（Complex Event Processing：複合イベント処理）、インメモリ処理技術等が利用される。

ータ分析機能は、分析目的に応じた様々な分析機能から構成され、AI による分析機能等も含まれる。

【図表 1】IoT 基盤の階層と主な機能



(出所)IoT 基盤提供企業等の資料をもとにみずほ情報総研作成

②IoT 基盤のアーキテクチャ(エッジコンピューティング)

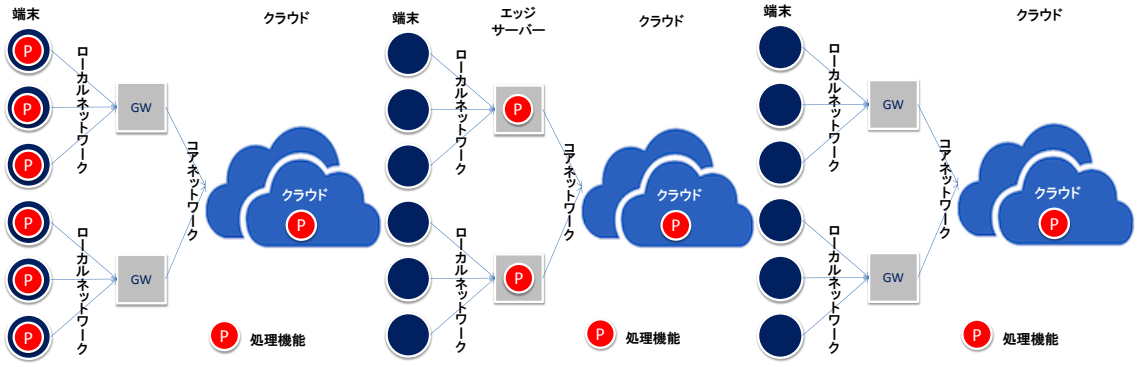
IoT 基盤のアーキテクチャとして広がるエッジコンピューティング

IoT の活用領域の広がりを受けて、IoT 基盤のアーキテクチャに関する技術開発が進展している。比較的限られた範囲でのモニタリング等、取扱うデータ量が限定される場合や、迅速なレスポンスが求められない場合、シンプルにクラウド側にデータを集約し処理することが可能である。しかし、収集したデータを即時に処理し、機器のコントロールやリアルタイムな制御が必要な場合やネットワークに接続される端末の数や処理するデータが膨大な場合、クラウド側のサーバにデータを集約して一括処理する方法では、ネットワークトラフィックと処理速度の観点から問題が生じる可能性がある。こうした課題に対応するため、端末や IoT ゲートウェイ等のエッジサーバで一部の処理を行う分散処理(エッジコンピューティング)とクラウドを組み合わせたアーキテクチャを持つ IoT 基盤が注目されている(【図表 2】)。例えば、産業用ロボット大手メーカーのファナックは、エッジコンピューティング(Preferred Network による分散協調型の強化学習を導入)とクラウドを組み合わせた工場向けプラットフォーム「Field system」を公表しているほか、産業機器用 IoT 基盤で先行する米 GE も、2016 年にクラウドとエッジコンピューティングのアーキテクチャを持つ「Predix Edge System」[3]を発表している。エッジコンピューティングのアーキテクチャは、工場や産業機器制御の用途に限らない。自動運転分野では、ダイナミックマップ[4]を活用した自動運転支援を目指している。そこでは、詳細な地図や交通情報などのリアルタイム情報を、クラウドによる全体管理とエッジサーバによるローカル(地域)単位で管理するアーキテクチャ上に構築し、全体管理とリア

[3] 小型医療機器からコントローラ、ゲートウェイ、ルータ等の IoT 機器に機器用アプリケーションを組み込みクラウドと接続することが可能である。これによりプログラムの高速化、機器ローカルな分析データによる機器制御が可能となるとしている。
[4] ダイナミックマップは、動的情報を組み込んだデジタル地図であり、基盤的地図情報(高精度 3 次元地図情報)と自動運転等をサポートするための付加的地図情報(速度制限など静的情報に加え、事故・工事情報など動的な交通規制情報等)からなる。

ルタイム性が必要な情報収集・提供を実現しようとしている。

【図表 2】IoT 基盤のアーキテクチャ



（出所）IoT 基盤提供企業等の資料をもとにみずほ情報総研作成

セキュリティ確保でも優位性を持つエッジコンピューティング

エッジやフォグコンピューティングの優位性として、セキュリティ確保の観点も挙げられる。IoT 活用の対象がバイタルデータ等のプライバシー情報を含む場合や機密情報を取り扱う場合に、漏洩機会を低減するために必要最低限のデータをクラウドに転送する方式は有効である。また、データを国境・地域を越えて転送した場合、セキュリティ保護に関する規制への対応が課題となる可能性もある。こうしたセキュリティの課題に対して、エッジやフォグコンピューティングの活用が有効に機能する可能性が高いと考えられる。

今後、ハードウェア、ソフトウェアの相互運用性、エッジコンピューティングの最適化が進展

エッジコンピューティングとクラウドコンピューティングの組合せは、最近の IoT 基盤のアーキテクチャの主流となりつつあり、定義や技術の標準化等[5]を通じてハードウェア・ソフトウェアの相互運用性等が高まることが期待される。エッジコンピューティングの実効性を高めるには、クラウドによる全体最適機能とエッジやエッジサーバによる部分最適機能の連携、及びエッジとクラウドの機能分担の最適化等が必要になる。そのため、IoT 活用の目的に応じたエッジサーバの階層化や負荷変動に応じたリソースの動的最適化等、エッジコンピューティングの最適化を図るための技術が進展すると予想される。

（2）認識関連技術

①画像・音声データから対象や状況を同定、分類する画像・音声認識技術

画像・音声認識技術の必要性

近年、様々なモノに、GPS、加速度センサ、感圧センサ等のリアルな世界をデジタルデータとして取得するセンサが実装されている。特に、画像センサであるカメラや音声センサであるマイクは、スマートフォンや自動車等の我々に身近なモノに実装され、日々、大量の画像データ、音声データを取得している。これらを、人が直接、見て、聞くことで、楽しむ、理解するといった従来の使い方を超え、コンピュータによる人の判断や行動の支援あるいは代替に活用するためには、人手を介することなく、画像データ、音声データから対象や状況を同定、分類する画像認識技術、音声認識技術が必要となる。

[5] IoT 活用の進展に伴い、エッジコンピューティングの推進を図る取組も活発化している。クラウドとエッジコンピューティングによるアーキテクチャとしてフォグコンピューティングを提唱した Cisco 等による「Open Fog Consortium（OFC）」では、フォグコンピューティングの定義や技術の標準化を進めている他、欧州電気通信標準化機構（ETSI）でもモバイルネットワークを中心としたエッジコンピューティング技術の標準化等が進められ、日本からも通信キャリアや ICT ベンダー等の情報通信関連企業が参加している。

②ディープラーニングの導入により人の認識率を超えた画像認識技術

オブジェクトを検出する特定物体認識とカテゴリーに分類する一般物体認識

画像認識技術は、画像データから、文字や顔等のオブジェクトを認識し検出するパターン認識技術であり、特定物体認識と一般物体認識の 2 つに大別される。特定物体認識は、顔等の特定のオブジェクトを検出する技術であり、一般物体認識は、対象を特定せずに、画像中のオブジェクトをカテゴリーに分類する技術で、より難易度が高い。これらの技術は、人が行っていた作業が自動化され、コンピュータが大量の画像を一定の精度で処理できるため、様々な分野で応用が進んでいる。

ルールベースによる画像認識とその課題

画像認識技術が、先行して応用が進められた領域の一つとしてファクトリーオートメーションが挙げられる。黎明期には、古典的なパターンマッチングから実利用が始まり、部品のピッキングや仕分け、欠陥検査等に利用され、産業用ロボットの目となった。しかし、パターンマッチング等、人が決定したルールでは、想定外の画像には対応できない[6]。また、検出対象や撮影条件が変わる度に、人がルールを変更・調整しなければならず、多大な工数がかかってしまう。

大量の教師データを学習し検出ルールを求める機械学習の導入

こうしたルールベースの限界を超えるのが、機械学習である。機械学習では、コンピュータが、大量の教師データ[7]を学習して検出ルールを求める。人が決めるのは学習アルゴリズムである。そのため、検出対象が変わっても学習アルゴリズムを変更・調整すれば済むため、ルールベースの場合と比較して、工数が削減でき、汎用性が高く、かつ精度も向上する場合が多い。さらに、画像認識を行いながら、教師データを収集し、継続的に性能を改善できるというメリットもある。2001 年に、高速かつ高精度な顔認識を実現する機械学習アルゴリズムが Viola-Jones により発表され、これがブレークスルーとなり、機械学習の導入が一気に進んだ。同時に、撮影条件の変動に強い画像特徴量の研究開発が活発に行われ、画像から特徴量を抽出し機械学習で認識するという手法が画像認識の主流となっていった。

ブレークスルーをもたらしたディープラーニングの登場

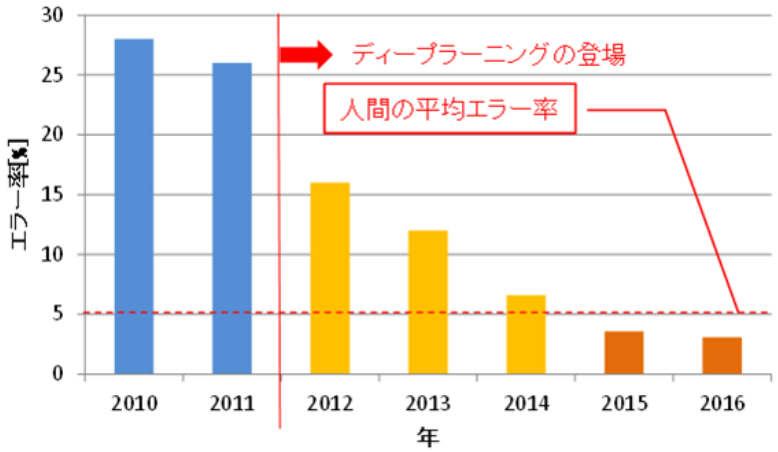
次のブレークスルーとなったのが、ディープラーニングの登場である。それまでの機械学習では、画像特徴量の計算ルールは人が決定していた。つまり、画像特徴量の計算方法自体は、機械学習によるものではなくルールベースで与えられたものであった。ディープラーニングでは、画像特徴量についても、人手を介さずに計算ルールを決定するため、特徴量の計算から機械学習までの一連の処理全体が、データに合わせて最適化される。一般物体認識技術の国際的なコンペティションである ILSVRC[8]において、2012 年にディープラーニングを用いた研究グループが圧勝し大きな注目を浴びた。その後も精度は向上し、現在では、人間の認識率を超える精度を達成している（【図表 3】）。

[6] 例えば、パターンマッチングの場合、照明が変動しただけで誤差が大きくなってしまうため、撮影条件を厳密に決定する必要があり、汎用性に欠ける。

[7] 人間は教師から学んでいくが、機械学習では、正解つきのデータを教師として学んでいくため、その正解つきデータのことを教師データと呼ぶ。

[8] ImageNet Large-Scale Visual Recognition Challenge。2010 年より始まった大規模画像認識コンペティション。

【図表 3】画像認識コンペティション IL SVRC における認識精度の変遷



（出所）ILSVRC の資料をもとにみずほ情報総研作成

応用が進む画像・音声認識技術

既に、スマートフォンでは、これらの技術を応用した、カメラ撮影時に顔にオートフォーカスするための顔認識機能や、パスワードの代わりにロックを解除するための指紋認証機能が搭載されている。また、撮影した写真からリアルタイムで文字を認識する OCR[9]機能を持つアプリケーションも登場している。自動車では、車線を認識することで車線逸脱を警告する機能や、障害物や歩行者を検知して自動でブレーキをかける機能等も実用化されている。

精度の向上と人の目では捉えることができない新たな画像データの活用

今後も、画像認識技術は精度が向上し、適用範囲も広がっていくことが予想される。また、既に様々な分野で導入が始まっている三次元センサ（デプスセンサ）の普及や、取得できる波長の高解像度化、広帯域化をもたらすハイパースペクトルカメラ等の実用化により、人の目では捉えることができない、広い意味での新たな画像データを活用するための画像認識技術も発展していくことが期待される。

③認識性能が向上しつつある音声認識技術

発話内容・人数を推定する音声認識技術

Amazon や Google が、人が対話形式で操作することができる AI スピーカーを発売し、注目を集めているが、これらのデバイスには音声認識技術が使われている。音声認識技術は、音声データから、発話内容や発話人数等を推定する技術である。ノイズ除去、話者分離（話者ごとの音声に分離する技術）、話者認識（個人認識）、発話内容認識、といった技術から構成される。画像認識同様、音声認識についても、人が考えたルールベースの認識から始まり、様々な統計処理手法が検討され、機械学習に置き換わってきた。

音声と画像の違いと音声認識の制約

画像と音声で決定的に異なるのは、画像の場合、複数のオブジェクトが1つの画素に映りこむことがないのに対して、音声には様々なノイズや対象外の話者音声が混入するという点である。そのため、音声認識は、画像認識と比較すると、難易度が高くなることが多く、主にヘッドセットを利用し、ノイズの混入がない状況、かつ一定のテンポで、単語を区切って発話するようなケースから実利用が始まった。しかし、それもスマートフォンとディープラーニングの登場により変わりつつある。

[9] 光学文字認識（Optical character recognition）。画像データから文字を読み取り、テキストデータに変換する技術または装置。

ディープラーニングで認識性能が向上する音声認識

スマートフォンに話しかけて命令する、あるいはテキスト化する行為は日常的な光景となりつつあるが、そうした音声には様々なノイズが混入している。このため、音声認識は失敗するケースが多々あるが、人が訂正した内容を教師データとして収集し、学習する仕組みを持つことで、認識性能は日々向上させることができる。今後は話者分離等にも適用されていくものと考えられ、画像認識と同様に、人に匹敵あるいは超越するような認識性能を示すことも期待される。

（3）VR／AR 技術

VR／AR は次世代の有望技術として注目を集め、製品開発の苛烈な競争が始まっている

VR は「現物・実物ではないが、機能としての本質は同じであるような環境を、人間の五感を含む感覚を刺激することにより工学的に作り出すもの」等と説明される技術である。また AR は「人が知覚する現実環境をコンピュータにより拡張するもの」等と説明される技術である。近年、情報処理能力の向上や、センシング技術、ディスプレイ・デバイスの高度化などの情報通信関連技術の一層の発達に伴い、従来と比較にならない程の没入感及び高精度な VR／AR を実現する端末・設備が比較的手頃な価格で市場に登場し始めている。VR／AR が今後の有望技術と目されることもあり、いち早く米国の Facebook、Microsoft、Google 等の主要大手 IT 関連企業が研究・製品開発に乗り出す一方、中国や韓国等のアジア企業や、諸外国の技術ベンチャー企業等が積極的に製品開発に取り組んでおり、苛烈な研究・開発競争の真っただ中にある。本項では VR／AR 等を実現する仕組みとして、競争が激しくなりつつある、ヘッドマウントディスプレイに焦点を当てその動向を示す。

①仮想体験を実現する VR への期待と懸念

比較的簡便に VR を体験できる専用端末が登場

このブームとも言える VR／AR への注目は、これまでにない仮想体験が得られる手段として、Oculus Rift や HTC VIVE、PlayStation VR 等の比較的簡便に VR を体験できる専用端末の発売を発端としている（【図表 4】）。

【図表 4】 主要な VR 用ヘッドマウントディスプレイ

端末	概要
Oculus Rift	米Oculus VR社が開発したVR用ヘッドマウントディスプレイ。頭の動きに表示が追従するヘッドトラッキング機能等を有する。
HTC Vive	HTCとValveが共同開発したVR用ヘッドマウントディスプレイ。ヘッドトラッキング機能を有し、さらに棒状のコントローラーを使い、手を動かして物を掴む動きも可能。
PlayStationVR	ソニー・コンピュータエンターテインメントによる、PlayStation 4向けのVR用ヘッドマウントディスプレイ。家庭用ゲーム機を使用する機器であり、簡易にセットアップ可能。

（出所）みずほ情報総研作成

VR は人間の感覚として体感して初めてその凄さが分かる。そのため、VR 関連市場を拡大するために、まずは多くの人に VR を体験してもらうことをねらいとして、バンダイナムコの「VR ZONE」など、様々なプレイヤーが VR 体験施設等を運営し、安価で VR 体験を提供する取組が進められている。

更なる没入感や精度向上を目指した取り組みが進む

また、上記のような取組と並行して、研究開発や製品開発の観点から、現在発売されている端末以上の更なる没入感や精度向上を目指した取り組みも進められている。例えば、一層リアルな仮想体験を実現するための違和感のない表示の仕組みや、人の視線や表情、更には視覚以外の触覚等感覚を仮想世界に接続させる仕組み等の研究開発等である。こうした研究開発が進むことで、今後一層リアルな仮想体験が可能になると期待される。

②再注目されつつあるスマートグラスとともに、実務面で役立つ AR の活用への期待

スマートグラスと AR の典型的な活用シーンには、物流拠点での商品等のピッキング作業が挙げられる

AR は、スマートフォンが登場した 2008 年頃に、情報表現の新たな機能として浸透し、その後、注目度は一時下火になった技術だが、スマートグラス等の新たな情報端末の登場とともに、再び注目を集めつつある。特に、スマートグラスについては、利用者が両手を空けることができ、さらに現実環境を把握しつつ、AR によって現実環境に紐づいた付加情報が取得できるため、様々な実務の中で役立つとして期待されている。例えば、典型的な活用方法として、物流拠点での商品等のピッキング作業がある。作業者がピッキングすべき商品等を倉庫から探し出す際に、スマートグラスを通して AR 機能により商品の場所について指示を受ける等、作業効率化等のメリットが享受可能な仕組みとして期待されている。

③現実環境と仮想世界がミックスされる MR

今後は MR の実用化に向けた競争が激しくなる

VR と AR はあわせて語られることが多いものの、ここまで説明してきたとおり、両者の特徴は異なるものである。その中で、今後は、VR と AR のそれぞれの特徴を踏まえつつ、各種情報や仮想世界の情報を現実世界により自然な形で付加し、現実環境と仮想世界をミックスさせた世界を作り出す MR（Mixed Reality）の実用化に向けた競争が激しくなると言われている（【図表 5】）。

【図表 5】VR／AR／MR を実現するヘッドマウントディスプレイの整理イメージ

（出所）みずほ情報総研作成

現状でも一定程度の MR を実現した端末が発売されている。例えば、マイクロソフトの「HoloLens（ホロレンズ）」や、Meta の「Meta 2」などが代表的な端末である。また、まだ発売されていないが高度な MR を実現するとして話題となっている Magic Leap の「Magic Leap」がある。

これら MR 端末を装着して現実環境を眺めると、目の前の現実環境において、あたかも SF の様な新たな体験ができる。例えば、大きなクジラといった仮想映像が、現実環境である目の前の床から飛び出てくるといった体験が自然な形で実現できるのである。

MR は、VR や AR とはまた違った新しい体験を実現する期待度の高い技術

現実環境と仮想世界をミックスさせた世界を作り出す MR は、VR や AR 以上に、我々の生活や仕事等に役立つと期待されており、我々の体験を大きく変える可能性を秘めた技術として、高く期待されている。しかし、VR、AR 以上に、今後解決すべき困難な技術的な課題がある。例えば、MR 端末の視野角の拡大や、映像の高精度化、違和感のない表示の仕組み、現実環境の奥行などを踏まえた現実世界と仮想映像との融合等が、大きな課題となっている。

（4）通信技術

デジタルビジネスを支える2つの通信方式

デジタルビジネスを支える通信技術として、高速化・大容量化を追求した「5G」と、省電力化・低価格化を追求した「LPWA」の 2 つの方式に注目が集まっている。本項では、これらの新たな通信技術について最新の動向を示す。

①第 5 世代移動通信システム（5G）

IoT 時代の情報通信基盤として期待される 5G

現在の LTE/LTE-Advanced の、次の世代の移動通信システムである第 5 世代（以降、5G）は、政府の「未来投資戦略 2017」において、2020 年までのサービス開始が謳われ、実用化に向けた取り組みが進められている。5G は、「IoT 時代の情報通信基盤」とも言われており、従来携帯電話が、2G→3G→4G と発展してきた際の通信の高速・大容量化技術に加え、IoT に必要とされる新たな技術的な特徴を有する。

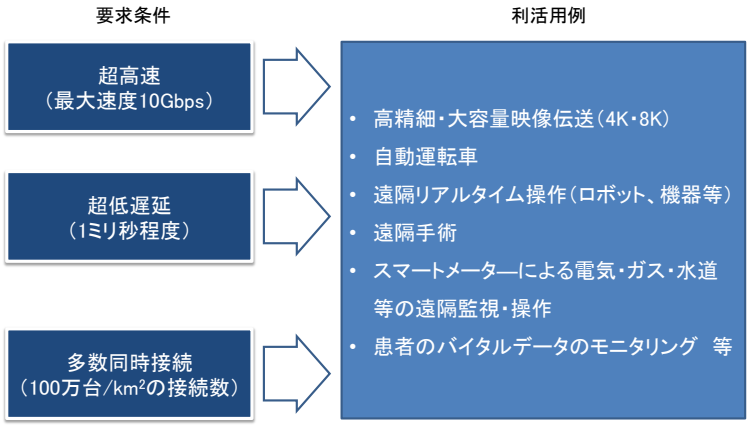
3 つの技術的特徴「超高速」、「超低遅延」、「多数同時接続」

5G の技術的特徴は、「超高速」、「超低遅延」、「多数同時接続」の 3 点である。1 点目の「超高速」では、現行の LTE よりも 100 倍高速である最大速度 10Gbps が実現される。10Gbps は数値だけではその速さを実感しづらいが、例えば、2 時間大容量映像コンテンツを約 3 秒でダウンロードすることができる。2 点目の「超低遅延」とは、自動運転のための情報のやり取りや、利用者が端末から離れたところにある機器を、遅延を感じることがなく操作できる状態を目指している。具体的には、1 ミリ秒程度の遅延を目指しており、これは LTE の 1/10 となる。3 点目の「多数同時接続」とは、多数の機器が同時にネットワークに接続する状態であり、具体的には 1 平方キロあたり 100 万台の接続を目指している。これは室内で約 100 個の機器がネットに接続する状況と同一である。なお、現行の技術では数個単位での接続に留まる。

5G の実現による IoT における利活用の拡大

5G が実現すると、携帯電話やパソコン等の通信機器や、家電製品、自動車、ビル・住宅設備等の身の回りに置かれた多数の機器・センサ類がネットワークにつながり、超高速での情報のやり取りがこれまで以上に容易にできるようになる。これにより、例えば、高速、低遅延が求められる「自動運転車」や、「ロボットや機器の遠隔リアルタイム操作」、「遠隔手術」の実現が期待できる。また多地点に設置されたセンサとの情報のやり取りが必要な、「スマートメーターによる電気・ガス・水道等の遠隔監視・操作」や「患者のバイタルデータのモニタリング」等が実現される可能性がある（【図表 6】）。

【図表 6】5G の特徴及び利活用



（出所）総務省資料よりみずほ情報総研作成

2017 年より、全国各地で実証試験が開始

2017 年現在、5G の社会実装に向け、技術の研究開発と、研究開発成果の検証のための実証試験が進められている。実証試験に関しては 2017 年度より開始され、東京を含む全国 16 地域において、高精細映像配信、遠隔医療、隊列走行等をテーマに、携帯電話事業者と様々な利活用分野の関係者が参加している（【図表 7】）。

【図表 7】5G 総合実証実験の実施概要[10]

	実施主体	主な想定パートナー	概要	想定実施場所	技術目標
Ⅰ	NTT ドコモ	・東武タワースカイツリー ・綜合警備保障 ・和歌山県	高臨場・高精細の映像コンテンツ配信や広域監視、総合病院と地域診療所間の遠隔医療に関する実証	・東京都（東京スカイツリータウン周辺） ・和歌山県	ユーザ端末 5Gbps の超高速通信の実現 ※基地局あたり 10Gbps 超
Ⅱ	エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ	・東武鉄道 ・インフォシティ	高速移動体（鉄道、バス）に対する高精細映像配信に関する実証	・栃木県（東武スカイツリーライン、日光線沿線） ・静岡県	高速移動時における 2Gbps の高速通信の実現
Ⅲ	KDDI	・大林組 ・日本電気	建機の遠隔操作など、移動体とのリアルタイムな情報伝送に関する実証	・埼玉県	1ms（無線区間）の低遅延通信の実現

（出所）総務省「電波政策の動向について」よりみずほ情報総研作成

②LPWA（Low Power Wide Area）通信

IoT 時代の省電力化・低価格化を求める情報通信基盤として期待

次世代通信となる 5G では、高速化・大容量化の追求のみならず、省電力化・低価格化を追求する技術も導入される。IoT においては、個々の端末からの情報量は少ない一方、大量に設置された端末から高頻度で通信が行われる。また、端末への有線電力供給が必ずしも確保できず、電池による駆動となることも予想されることから、消費電力を抑制し、通信料金を安価に抑える技術が必須となるためである。この省電力化・低価格化を実現する無線通信技術を「LPWA」（Low Power Wide Area：低電力でかつ少ない基地局で広域をカバー）と呼んでいる。

[10] 現時点での実施内容であり、今後、変更や追加等があり得る。

現在注目すべき主要な規格は 3 つ

LPWA には規格が複数あるが、現在、注目すべき主要な規格としては、「NB-IoT」「SIGFOX」「LoRaWAN」が挙げられる。このうち、「NB-IoT」は 3GPP（Third Generation Partnership Project）が取り組む認可周波数帯での LPWA で「セルラー系 LPWA」と呼ばれ、また、「SIGFOX」及び「LoRaWAN」は IEEE 及び各アライアンスが産業分野等で汎用的に使うために割り当てた周波数帯での LPWA で「非セルラー系 LPWA」と呼ばれ、大別されている。

NB-IoT、SIGFOX、LoRaWan の特徴は下表のとおりである（【図表 8】）。

【図表 8】LPWA（NB-IoT、SIGFOX、LoRaWan）の特徴

規格	NB-IoT	SIGFOX	LoRaWAN
区分	セルラー系	非セルラー系	非セルラー系
推進団体等	3GPP	SIGFOX	LoRa Alliance
標準化等	2016 年 6 月標準化完了	仏 SIGFOX 社 2010 年設立	LoRa Alliance2015 年 2 月設立、400 社超が参加
電波免許	必要	不要	不要
空中線電力	100mW, 200mW	20mW, 250mW	20mW, 250mW
周波数帯	LTE 帯域（700MHz 及び 800MHz～2GHz 帯域等）	Sub-GHz 帯（920MHz 帯）	Sub-GHz 帯（920MHz 帯）
通信速度	約 100kbps	約 100bps	数十 bps～250bps 程度
最大通信距離[11]	20km 程度	50km 程度	15km 程度
技術仕様の特徴	LTE との共存が容易	1 国 1 事業者のビジネスモデル	仕様がオープンで誰でもサービス展開が可能

（出所）総務省新世代モバイル通信システム委員会「IoT 時代の無線通信システムの検討状況」資料等から
みずほ情報総研作成

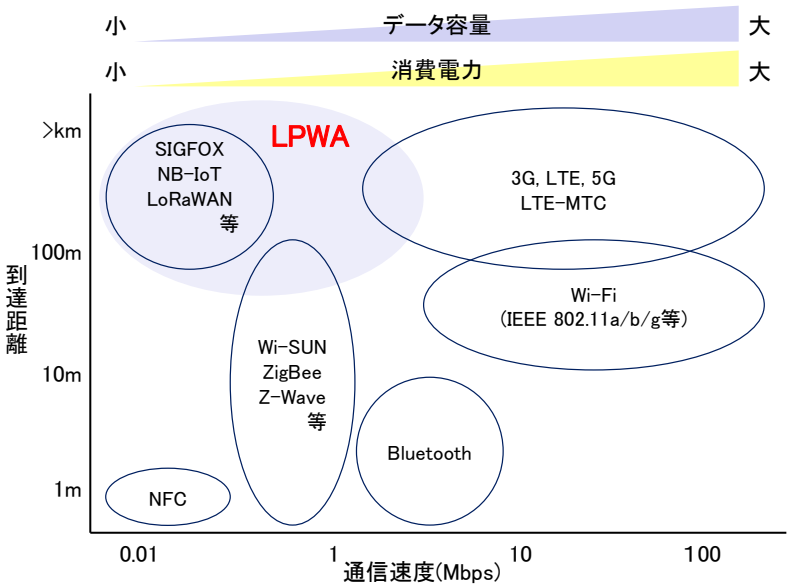
LPWA は他と比較して IoT/M2M 向きの規格

LPWA と他の無線通信機技術を通信速度と到達距離の観点で比較すると次表のようになる（【図表 9】）。LPWA は通信速度は遅いものの消費電力が小さく到達距離も長いため、IoT/M2M に特化した活用が可能と期待されている。

長い到達距離を確保できれば良いとすれば、携帯電話ネットワークの利用も IoT/M2M への活用に適切と思われるだろうが、ここで問題となるのは通信料金である。3G/LTE では 1 回線当たり数百円／月となるが、例えば京セラコミュニケーションシステムが展開する SIGFOX の通信料金は、仮に 100 万台のデバイスが 2 回／日に通信する場合、1 回線当たり 100 円／年（8.3 円未満／月）になるとしている。デバイス数が多くなれば通信料金の差異は全く無視できないものとなる。

[11] 移動中でなくかつ遮蔽物がない場合であり、例えばビルが乱立する都市部や木が生い茂る森の中において同等の性能を発揮できるかどうかは検証段階

【図表 9】主な無線通信技術の通信速度と到達距離との比較



（出所）総務省「平成 28 年情報通信白書」等からみずほ情報総研作成

複数の規格の使い分けが進む

現状、複数の規格の争いが活発化するというよりは、複数の規格を特徴に応じて使い分けようという考え方が強いようである。

通信事業者（NTT ドコモ、KDDI、ソフトバンク）は NB-IoT 等によるサービスを 2017 年度に商用化するとしており、セルラー系 LPWA の普及も本格化すると推察されるが、一方で、通信事業者自身が並行して非セルラー系 LPWA の商用化も進めている。例えばソフトバンクによる静岡県藤枝市での LoRaWAN 環境の整備や、KDDI による SIGFOX へのエコシステムパートナーとしての参画などが挙げられる。また、ソニーセミコンダクタソリューションズによる独自の LPWA ネットワーク技術の開発を公表（2017 年 4 月）、英 Weightless SIG（2012 年設立の IoT 無線の推進団体）による規格 Weightless-P の日本展開の積極化など、新たな規格の出現・普及も見られ、当面は様々な規格をそれぞれの特徴に応じて使用する状況が続くものと思われる。

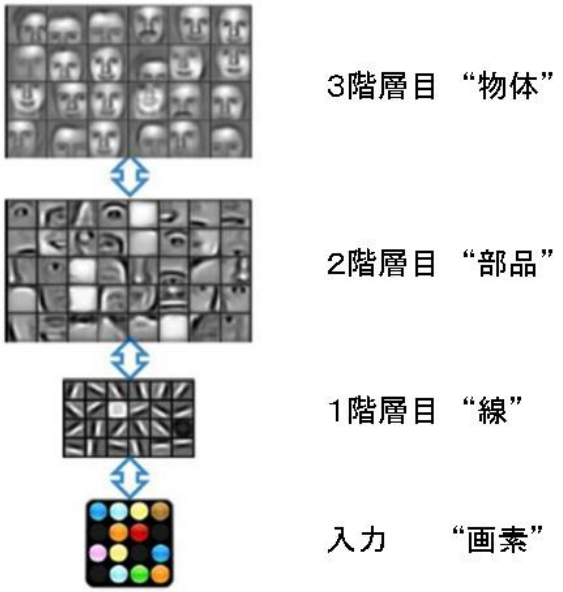
3. AI 関連技術

（1）AI 関連技術の全体像

「特徴量」の自動抽出を可能にしたディープラーニング

表面的なデータの背後に潜む構造を自動的/半自動的に学習し、予測・認識等に利用する技術を AI と言う。ディープラーニングと呼ばれる新たなアルゴリズムの登場により、AI の精度が飛躍的に向上している。画像認識では人間のレベルを超え、囲碁、将棋もトッププロが太刀打ちできなくなってしまった。このディープラーニングの特異な性能を実現している最大の鍵は、「特徴量」抽出の自動化である。「特徴量」とは、データ構造を説明するための材料に相当するものである。ディープラーニングは、その「特徴量」を元データから自動的に構成すると同時に、「特徴量」を何段階も階層的に組み合わせていき、最終的にデータの構造を表現することを可能にしている（【図表 10】）。以前は、この「特徴量」は手動で定義する必要があったため、汎用性や精度に課題があったが、ディープラーニングの活用により、入力データを与えるだけで「特徴量」の自動的な抽出が可能となった。

【図表 10】ディープラーニングの概念

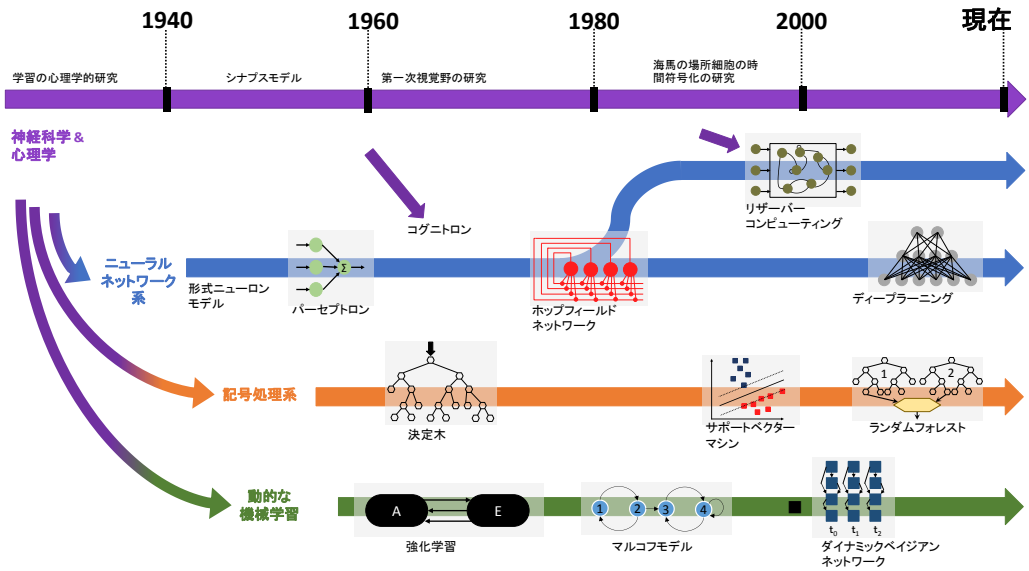


（出所）NIPS 2010 Workshop 資料をもとにみずほ情報総研作成

AI の二大方式：ニューラルネットワークと記号処理

ディープラーニングによって、直ちに AI 全体が置き換えられるのかと言えば、現状ではそうなっていない。AI のアルゴリズムには、いくつかの流儀があり、それぞれが独立して発展している状況である（【図表 11】）。ディープラーニングは、人間の脳の構造を模擬したニューラルネットワークと呼ばれる系統に含まれる。この系統の手法は、データに潜むパターンを認識するのに適した手法であるが、正しい答を出力するとしても、その答に至った理由を人間に分かりやすく提示することが難しいという課題がある。もう一つの主要なアルゴリズムの系統として、「決定木」に代表される、データを説明するルール（記号間の関係）を見つける手法がある。こちらは、答の解釈は人間にとって分かりやすくなる一方、記号の定義は人間が手で与える必要がある。

【図表 11】AI アルゴリズムの系統図



（出所）C.D.James et al., Biol. Insp. Cog. Arch., Vol.19, pp.49-64（2017）をもとにみずほ情報総研作成

（2）AI 関連技術の研究開発の今後の方向性

AI の今後の方向性：パターンと記号の融合

現在の AI では、パターンの認識によるものと記号の認識によるものが分離してしまっており、これらを融合させることが今後の AI の発展の可能性の一つと考えられている。求められているのは、学習されたパターンを記号として認識し、パターン処理の世界と記号処理の世界を繋ぐ双方向のマッピングを自在に行うことのできる AI である[12]。

ネットワーク構造の自由度により可能となるモデル探索

現在、世界の最先端の研究は、ディープラーニングをベースとして、この課題の解決に全力を挙げている。ディープラーニングには、「特徴量の自動抽出」のもう一つの破壊的能力として重要な、相当に複雑な構造を持つニューラルネットワークでも構築できる能力がある。このことは、AI の研究開発者から見ると、様々な機能をモデルに組み込むことができる広大な自由度を手に入れたことを意味する。これにより、あたかも生物進化におけるカンブリア爆発において様々な体の形態が試されたように、数多くのモデルが提案され、試される様になっている。

Active な人工知能の実現へ向けた世界最先端の研究開発

世界のトップレベルの研究グループは、この新しい自由度を活かして「Active な AI」を実現することで、パターンと記号の融合という課題を解決しようとしている。現状の画像認識等のパターン認識は、データが与えられれば認識する、というものであり、自ら認識すべきものを探しにいくことは無い。人間が自律的に学習しながら行動できるのは、記憶、注意、計画、予測、メタ認知[13]等の認知機能が人間に備わっているからだが、こうした認知機能を AI にもたせることが、上記の課題を解決する鍵になると考えられている。周知の様に、これらの AI の最先端の研究開発には世界的に莫大な資金が注ぎ込まれている。数年以内には、動的で不確実な環境下で計画を策定する AI や、自律的に（場合によっては人に質問しながら）知識を獲得し成長する AI などが実現している可能性は十分にあると考えられる。

（3）AI 向け計算デバイスの研究開発

人工知能に適した計算用ハードウェアの開発

また、AI のアルゴリズムの発展を受けて、AI の学習や推論を行うためのハードウェアの研究開発も活発化している。脳の仕組みを参考にしたアーキテクチャである非ノイマンコンピューティングもしくはニューロモーフィックコンピューティングと呼ばれるものがその一つである。

非ノイマンコンピューティングが AI の観点から再注目されている

非ノイマンコンピューティングは、ここ最近に AI が注目される以前から、メモリから命令を逐次取り出しプロセッサで実行する従来のノイマンコンピュータ向けの半導体チップの微細化の限界[14]から、開発されてきていたものである。IBM の TrueNorth が有名であるが、富士通、東芝等も参入している。大幅な省電力化も期待されることから、エッジやフォグでの利用にも適しており、今後多様なニーズに答えられるデバイスが開発されることが期待されている。

---

[12] どの様に記号とパターンの対応を AI に学習させるか、という課題はシンボルグラウンディング問題と呼ばれ、AI の代表的な課題の一つである。

[13] 自分が認知していること、及びその内容を客観的に認知すること。

[14] 従来半導体チップの微細化による集積度向上は 1.5 年に倍程度になるという「ムーアの法則」に従って進んできていたが、半導体チップの製造プロセスの微細化が進み、原子・分子の大きさに起因する微細構造の乱れが無視できなくなってきており、近い将来に頭打ちになるものと考えられている。

量子コンピュータにも期待が高まっている

さらに最近では、量子コンピュータの実用化が現実味を帯びてきており、注目を浴びている。量子コンピュータは、物理状態の重ね合わせが出来るという量子力学の原理を利用して計算を行うものであり、その能力の規模はビット数に対応するキュービットの数で表される。2,000 キュービット（2 の 2,000 乗の可能性を一度に計算可能）のシステムは既に実現されている。量子コンピュータにはいくつかの方式があり、Google に買収された D-Wave、Microsoft、IBM 等もそれぞれに研究開発に力を入れているが、我が国の「革新的研究開発プログラム」で開発されているコヒーレントイジングマシン[15]は、常温動作が可能であり、問題に含まれる要素間の相関が密な問題にも対応可能であることを特徴とする最も有望な方式の一つである。プログラムの計画では、平成 31 年度末までに、最大 10 万キュービットのシステムを外部ユーザ向けに提供するとしており、期待が高まっている。

4. ロボティクス関連技術

（1）ロボット

ロボット／ロボティクスとは

ロボットについて完全に一般性をもった定義は難しいが、本項では、センサ、情報処理、駆動制御といった技術をインテグレーションした知能機械システムをロボットといい、目的に応じてこれらの要素技術をシステム化する技術をロボティクスという。

ものづくりだけでなくサービス分野等、様々な領域の課題解決の手段として期待されるロボット／ロボティクス

日本はものづくり分野を中心にロボットの開発・生産・導入を進めてきた。一方、日本は世界に類を見ないスピードで少子高齢化が進展し、生産年齢人口の減少、医療費や年金等の社会保障費の増大といった、多くの課題を抱えるようになった。このような社会的背景から、ものづくりだけでなくサービス分野等、様々な領域の課題解決の手段としても、ロボットそのものやロボティクスに対する期待が高まってきた。ロボット／ロボティクスは、すべての製品やサービス、その事業化プロセスに組み入れることができ、顧客価値の向上や新たな価値の創出、及び事業者の生産性向上を実現することができる。本項では、AI 等の次世代技術と組み合わせた最新のロボット／ロボティクスを概説する。

最新のロボティクスの事例～①人間機能の拡張（ヒューマンオーグメンテーション）

これまでロボットは、単純な繰り返し作業や危険な場所での作業を人の代わりにする道具として活用されてきたが、こうした人の代替としての機能だけでなく、人の能力（運動、五感、思考）を拡張する手段としてのロボティクスが期待されている（【図表 12】）。人の運動能力を拡張する技術には、人の関節を模した多自由度アクチュエータ[16]、高分子型軽量人工筋肉とその制御理論、バイラテラル制御による汎用ハンドシステム等があり、人と同等のサイズ・重量で人を超える力強さと器用さを実現することが期待される。また、五感の拡張では、低シグナルノイズ比下の音声処理・識別技術、触覚・嗅覚・味覚センサ、及びそれらセンサを融合させた五感センサ、センサフュージョンシステム[17]等の研究開発が、快適性の計測、周辺環境の認識、人の意思や感情の認識を可能とすることが期待されるだろう。最後に、思考能力の拡張では、データ駆動型 AI や知識推論型 AI の高度化・融合、脳型 AI 等の研究開発により、思考のアウトソーシング、ものづくりにおける匠の技術の模倣等の実現が期待される。

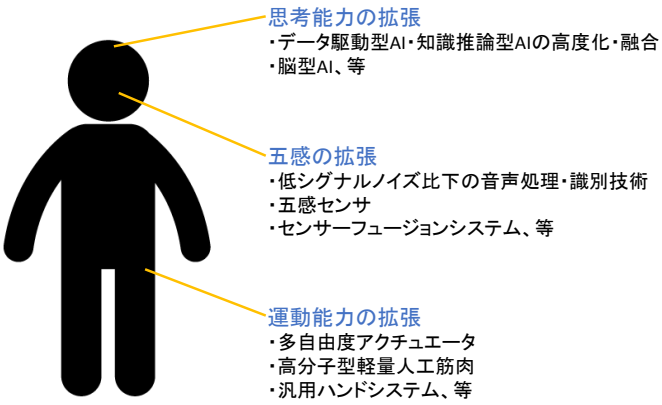
---

[15] 光をキュービットとして用いる量子コンピュータ。最適化問題に特化したイジングマシンと呼ばれる種類に属する。

[16] 従来のアクチュエータの多くは回転もしくは直線運動の 1 自由度である。したがって、装置が多自由度で動作する場合、装置の自由度と同じ個数のアクチュエータが必要になる。アクチュエータ 1 台で多自由度の動きを実現できれば、機構が単純になり、装置を小型・軽量化できるメリットが生まれる。

[17] 複数センサのデータを統合的に処理し、高度な情報を取得するためのシステム。

【図表 12】人間機能の拡張を支える技術



（出所）各種資料よりみずほ情報総研作成

最新のロボティクスの事例～②ロボットの協調動作（群ロボット）

また、動作環境を模擬するシミュレータやそれと連携可能な OS・ミドルウェアの標準化、P2P（Point to Point）通信等の技術開発により、個々のロボットがお互いに通信を行うことで協調し、複数のロボットが連携して様々なタスクを行えるようになることも期待されている。

ロボティクスによる新しい価値やサービス創出

以上の様に、人間機能の拡張やロボットの協調動作といった次世代のロボット／ロボティクスは、新しいサービスや価値の創出を可能にする。具体的には、建築・土木の現場作業、物流の仕分け、社会インフラの点検・整備、ドローン・自動運転等による配送の最適化、災害救助や負傷者の発見、少量多品種に対応した製造等の実現が挙げられる。

（2）自動運転車・ドローン

自動運転車・ドローンの実現には、様々な技術的課題の解決が必要

自動運転車は、安全性を向上させるだけでなく、過疎地に居住する高齢者の足となる新たなモビリティの創出や、物流の効率化への活用が期待されており、自動車メーカー、サプライヤーのみならず、IT 企業等の新興企業も含めてその実現に向けた研究・開発が行われている。また、ドローンは、従来、人では作業が難しかった場所や、立ち入り不可能な場所等に対して、人の代わりに空からアプローチできることが期待され、比較的廉価な端末の登場によって農業等の幅広い産業における活用に向けた研究・開発が行われている。両者は、陸と空というフィールドの違いはあるものの、モビリティの充実化や人の作業の代替等により、より良い社会を創り出す技術として期待されている。

しかし、上記のような期待に応えていくためには、まだ技術的課題が残されている。本項では、自動運転車・ドローンの中でも、特に注目が集まっている技術について、現状分析と今後必要な技術についての考察を行う。

自己位置推定技術は、十分な正確性・信頼性に加え、より安価に実現するかが重要に

自動運転車・ドローン等の制御には、リアルタイムに変化する他の移動体や障害物等の周辺環境を正しく認識した上で、ベースとなる地図上のどの位置を走行しているかを正確に認知する、高精度な“自己位置推定技術”が必要不可欠である。自動運転車・ドローンは、将来的に、歩行者や他の道路利用者等が混在する環境で利用することも想定されており、数十センチメートルの誤差が大きな事故につながる可能性があるためである。

SLAM 技術の高度化が自動運転車・ドローンの高度な実現の鍵となる

現在、自動運転車・ドローンに利用されている自己位置推定技術の一つにSLAM（Simultaneous Localization and Mapping）がある。SLAM は、光を利用して物体までの距離を測定するセンサである LiDAR 等を利用し、周囲の物体との距離を測定することで、周囲を取り囲む環境地図の生成と、その環境地図から見たときの自己位置の推定を同時に行う技術である。その特徴は、GPS の電波を受信することが出来ない屋内等の環境においても利用可能な点である。昨今は、比較的小型の LiDAR が台頭しているほか、カメラを利用した SLAM（Visual SLAM 等とも呼ぶ）に関する技術開発が進められている。現状では、画像から距離を推定する Visual SLAM よりも、LiDAR を利用した SLAM（LiDAR SLAM）のほうが、精度が高い。そのため、自動運転車では LiDAR SLAM が多く利用されているが、ドローンでは現状、人が少ない場所での利用が多いことから、LiDAR SLAM に限らず、Visual SLAM や Visual SLAM に GPS を併用した利用も検討されている（【図表 13】）。

一つの技術だけでなく異なる技術の組み合わせがより安全性を高める

自己位置推定の技術は SLAM だけではない。2017 年 8 月 19 日にはみちびき 3 号機が打ち上がり、将来的にはより多くの台数で運用されることが予定されている準天頂衛星を利用した自己位置推定技術も、より精度を増すことが期待できる。今後、自己位置推定技術の正確性、及び信頼性をより高めていくためには、一つの手段による精度向上の追及に加え、異なる技術同士を有機的に組み合わせることで、より簡便かつ安全性の高い手段を検討することも求められるだろう。

【図表 13】自己位置推定技術の例

名称	LiDAR SLAM	Visual SLAM	GPS	デッドレコニング（慣性航法）
主なセンサ	LiDAR（Light Detection and Ranging）	カメラ（単眼又はステレオ）	GPS や GLONASS、準天頂衛星等	加速度センサ・ジャイロセンサの組み合わせ
精度	高	中	（外部環境で変動）	（上記センサの精度によって変動）
価格	高	低	低	（上記センサの精度によって変動）
現在の主な用途	自動運転車等	ドローン（その他、AR 等）	カーナビ等	旅客機等

（出所）各種資料をもとにみずほ情報総研作成

通信技術が自動運転車やドローンの活用範囲を広げる

自動運転車・ドローンの活用範囲を広げる上で求められる要素として、通信技術の発達が挙げられる。自動車分野における通信技術の活用は、コネクティッド・カーと呼ばれる等、様々な検討が進められてきた。近年、ドライバーへの情報提供や音楽等の娯楽を中心としたインフォテインメント[18]としての活用だけでなく、700MHz 帯の電波を利用した路車間／車車間／歩車間通信や 5G の実現によって、自動運転の実現にも寄与しつつある。例えば、トラックをロープ等によって物理的に牽引するのではなく、車車間通信を活用した電子牽引によって前方車両が後方車両を牽引する隊列走行の実現に向けた検討が進められている。自動車の制御のための情報として通信技術を利用するためには、例えば前方車両の情報を逐次後方車両に伝達する等、高いリアルタイム性の実現が必要である。また、誤った情報の受信が大きな事故につながる危険性

[18] インフォテインメントとは、Information と Entertainment を組み合わせた言葉であり、自動車に対して情報や娯楽に関する機能を幅広く提供するものを指す。具体的には、カーナビゲーションシステムや音楽や動画等のマルチメディア再生等を指す。

があることから、高い信頼性の実現が求められている(【図表 14】)。

【図表 14】自動車で利用されている通信技術の一例

周波数帯（名称）	700MHz 帯（ITS Connect）	2.5GHz 帯	5.8GHz 帯（DSRC）	携帯電話ネットワーク（4G・5G 等）
現在の主な用途	・路車間／車車間／歩車間通信、 ・ITS Connect 等	・電波ビーコン（VICS 情報等） ・DSSS（安全運転支援システム）等	・ETC／ETC2.0 ・ITS スポット ・路車間／車車間通信 等	・インフォテインメント 等

(出所)各種資料をもとにみずほ情報総研作成

ドローンの活用促進や安全性向上には通信技術の活用が不可欠

一方、ドローンでは、無線操作が一般的であり、遠隔操作のための通信技術が必要不可欠である。現在、より高度な操縦を可能とするために複数の技術の研究・開発が行われており、まず、通信技術を活用して複数台のドローンを自律的に編隊飛行させるための研究開発が挙げられる。一人が複数台のドローンを同時に動かすことが困難である上に、複数のドローンが同時に移動するとなると接触等の危険性が高まることから、通信によってドローン同士が相互に位置情報を共有しあうことで、適切な間隔を保ちながら目的地までの自律飛行を行う等が検討されている。また、中継地点のドローンやロボット等を介して、より遠くのドローンに操縦者からの指令を伝えるマルチホップ中継[19]を利用した制御等の開発も行われている。これらの通信には、より遠方に到達可能な技術が求められることに加え、通信が途切れないようにする信頼性も求められる。情報通信研究機構及び、産業技術総合研究所は、従来の 2.4GHz 帯や 920MHz 帯だけでなく、より遠くに届きやすい特性を持つ 162MHz 帯の電波を利用した研究開発に取り組んでいる[20]。

人と自動車・航空機をつなぐ HMI の重要性が高まる

自動運転車やドローンを安全に使用するための技術についても課題は残る。SAE レベル 2・3 の自動運転では、システムによる対応が困難な場合等、運転者本人による対応も必要である。そのため、システムが対応できない状況をスムーズかつ正確にドライバーに正確に伝える方法の検討が進められている。一方、ドライバーの急な体調変化によって運転が困難になった場合に、システムがドライバーの代わりに対応することが検討されている。この場合、システムがドライバーの状態を認識・理解し、安全に停止(将来的には、路肩等の安全な場所に移動)する技術が求められる。これらの技術は、システム及びドライバーがお互いの状況をコミュニケーションする「HMI(Human Machine Interface)」技術として、ドライバーや他の道路利用者への安全の観点から、その実装に対する社会的な重要度がより高まってきている。

上述の点は、ドローンについても同様の観点が求められる可能性がある。例えば、航空上の条件下を越えないための制御や、操縦者の急な健康状態の変化によって管理不能になった場合、自動で安全に着陸(その場で着陸や、ゴーホーム[21]する等)する対応も今後求められると考えられる。

[19] マルチホップ中継とは、リレー方式でデータを中継(送り受け)することで通信範囲をより広範囲にする技術を指す。
[20] 電波の途切れにくい新しい周波数でドローンの制御飛行に初めて成功(https://www.nict.go.jp/press/2017/07/31-2.html)
[21] ゴーホーム(リターントゥランチ等とも呼ばれる)は、ドローンが離陸した地点に機体を自動で戻す機能であり、安全機能の一つとして実装が進みつつある。

より高い安全の実現に向け、効果の高い技術の利用方法に注目

自動運転車・ドローンは、これまで紹介した技術以外にも、様々な技術で構成されている。その中で、我が国のメーカー、サプライヤー等の関連企業が競争力を維持していくためには、諸外国の動向を踏まえながら我が国が強みとする技術をさらに発展させる“選択と集中”が、今後求められると考えられる。他方、自動運転車・ドローンには、多様な技術があるが故に、その組み合わせによって様々な実現方法が考えられる。そのため、我が国の技術開発の状況だけでなく、諸外国の状況も見ながら、より効果の高い技術を組み合わせることで自社の競争優位性につなげていくことも重要な視点の一つとなると考えられる。

５．セキュリティ関連技術

（1）IoT に係るセキュリティ対策

マルウェアによるIoT デバイスへの具体的な脅威

2016 年に IoT デバイスを対象としたマルウェア Mirai の出現を契機に、IoT システムのセキュリティ対策の必要性がより強く理解されつつある。本項では、日本政府の IoT に対するセキュリティ対策の検討を示すとともに、日本政府の検討結果であるガイドラインで示された汎用的なセキュリティ対策に基づいて、個々の分野でより具体的な利用を想定した対策検討が求められることを解説する。Mirai は、対象となる IoT 機器一部の機能を利用しており、今後、こうしたタイプのマルウェアのさらなる高度化が考えられる。Mirai の件では、警察庁が以下の 4 つの対策を呼びかけている。①初期設定のユーザ名とパスワードを使わず推測しにくいものに変更する。②IoT 機器を直接インターネットにつなげずファイアウォールなどで遮断したり制限したりする。③機器製造元の情報などを確認してからファームウェア更新などを実施する。④不要ならルータなどの UPnP 機能[22]を無効にする。

政府における IoT セキュリティの取組み

経済産業省、総務省、IoT 推進コンソーシアムでは、2015 年に IoT セキュリティ対策マニュアルを公表し、IoT 機器の製造者及びサービス提供者だけではなく、ユーザ側での対策や取組も促している。また、2017 年度の経済産業省報告書では、CPS/IoT セキュリティ対応マニュアル（CPS/IoT は、Cyber Physical Systems/ Internet of Things の略称）が検討されている。このマニュアルでは、CPS/IoT セキュリティリスクと対策例をサイバー空間と現実社会が如何に接続し、互いに影響するのかを明確にするために CPS/IoT を構成する以下の 3 つのステップに分類、整理している。①現実社会からサイバー空間に正しく写し取る。②サイバー空間において、データを正しく分析・シミュレーションする。③分析・シミュレーション結果を現実社会で正しく実現する。

3 つのステップに対するセキュリティのリスク

ステップ①は、IoT のエッジデバイスが設置されたフィールドであり、不正なエッジデバイスによる不正なデータの送信やエッジデバイスからセンターに向けたデータ通信の改ざんなどのセキュリティリスクが考えられる。ステップ②は、クラウド等のセンターであり、エッジデバイスから収集してセンターに蓄積したデータの不正利用やデータの破壊などのセキュリティリスクが考えられる。ステップ③は、ステップ①と同様のフィールドであるが、センターからのエッジデバイスの制御があるため、センターの分析結果である制御データの改ざんや盗聴などのセキュリティリスクが考えられる。

[22] Universal Plug and Play 機能の略であり、機器を接続しただけでネットワークへの参加を可能にする機能。

さらに、CPS/IoT セキュリティ対応マニュアルは、CPS/IoT セキュリティリスクと対策例を洗い出す切り口として、NIST（National Institute of Standards and Technology: 米国立標準技術研究所）で示された 5 つの切り口を採用し、どのようなリスクに対しどのような対策が施されるべきかについてまとめている（【図表 15】）。

【図表 15】CPS/IoT セキュリティ対応マニュアル 5 つの切り口

切り口	要求事項
レジリエンス（高回復力）	災害などが発生した場合でも、CPS/IoT への影響を最小限に抑え、早期に復旧することができること。
リライアビリティ（信頼性）	CPS/IoT の各機能が、要求された機能を与えられた条件のもとで与えられた期間実行できること。
セーフティ	CPS/IoT によって人の生命や健康、資産、周囲の環境を危険にさらす状態にならないこと。
プライバシー	CPS/IoT で扱うデータは、プライバシー保護・個人情報保護を行うこと。各国のプライバシー保護・個人情報保護の法令に従うこと。
サイバーセキュリティ	CPS/IoT が以下の状態を維持すること。 （機密性） 正しい権限を持つユーザだけがデータにアクセスできる （完全性） データが破壊や改ざん、消去されていない （可用性） システムやデータが、必要なときにアクセス可能である

（出所）経済産業省「CPS/IoT セキュリティ対応マニュアル」

政府におけるセキュリティ検討の傾向

上述の通り、政府や一部の産業分野で検討が進んでいるが、IoT を利用する産業分野は広く、様々な産業分野で利用可能な汎用的な内容が必要となるため、リスクの捉え方や対策検討の必要性を認識するなどの抽象的なセキュリティ対策が検討されている。

今後求められる具体的なセキュリティ対策

しかしながら、産業分野によって IoT のシステム構成や環境及び利用者は様々であり、統一的なセキュリティ対策を検討することは困難である。そのため、各産業分野や具体的な利用シーンに基づいたセキュリティ対策の検討も必要となる。各産業分野において具体的なセキュリティ対策を検討するためには、各々の特性に応じた検討を行う必要があり、そうした特性を把握するうえで必要となる論点を以下に示す。

IoT システムのアーキテクチャやネットワークのトポロジー

IoT システムの構成については、各産業において検討中の部分も多く、国際標準化などの規格化を検討している技術分野もある。そのため、具体的な利用シーンにおいて技術分野の検討状況に合わせてセキュリティ対策を検討する必要がある。

IoT システムを構成するプレイヤや階層構造について

IoT システムは、クラウド等のセンター側と、通信やフォグ、エッジデバイス、及び IoT 機器等のフィールド側に分類でき、これらのシステムが利用者に対して個別に提供される場合や、サービスとして一体で提供される場合がある。個別に提供される場合は、利用者が個々にセキュリティ対策を検討しなければならないが、一体で提供される場合は、利用者はサービスを利用するのみでセキュリティ対策や IoT システムの階層構造を意識せずにサービスを受ける場合もある。個別に提供される場合には、製造者が個別に対策することが求められ、一体で提供される場合はサービス全体を製造者の対策が求められることからセキュリティ対策の検討も大きく異なる。

個別業法や想定利用者と環境

個別業法によって IoT 機器の利用者に対する免許制が導入されている場合や機器確認等の制度が導入されている場合は、これらの制度により一定のセキュリティ対策を実施していることも考えられる。また、このような制度が実施されている分野では、IoT 機器を管理する管理者の存在が想定され、IoT 機器

の設置時の対策だけではなく、運用時においても一定程度の対策実施が可能とも考えられる。一方、インターネットに接続する情報家電等では、前述のMiraiでの事例のように、利用者が初期設定を変更するといったセキュリティ対策を実施しない場合も想定され、利用者に対して初期設定を変更するといったセキュリティを考慮した運用を適切に伝えることも重要となる。このように検討する分野に個別業法があるか、また想定する利用者や管理者が存在するかを含めた検討が必要である。

開発期間や利用期間及びセキュリティ対策のコスト

IoTシステムの開発期間が短い場合やセキュリティ対策のコストが高いことによって、対策の検討ができない場合も想定される。また、セキュリティ対策は、設計・開発だけではなく、運用・保守も重要であり、製品やサービスのライフサイクル全体を含めた検討が必要である。また、IoT 機器は必ずしも長期の利用だけを想定しておらず、例えばセンサ等については短期的な利用が想定されている等、具体的な利用期間も含めた検討も必要である。

IoT システムの構成物の更新（アップデート）

IoT 機器やシステムに対する最新の攻撃に対抗するためには、Mirai の事例のようにファームウェア更新が重要である。一方、更新するためには、機器認証や通信先の認証及び更新するファームウェア等の完全性の確認も必要である。さらに、IoT機器に更新機能が存在する場合でもIoT機器のOS等の制約でアップデートできない場合も考えられる。

これらの論点を踏まえて、より具体的なIoT利用分野のセキュリティ検討を行う必要がある。

（2）ブロックチェーン

ブロックチェーンが目指す非中央集権

Satoshi Nakamotoの論文であるBitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash Systemによってブロックチェーンが提唱され、現在では様々な分野において利用されている。本項では、ブロックチェーンで利用しているセキュリティ技術の概要を解説する。

非中央集権による分散台帳という発想

ビットコイン等に代表されるブロックチェーン技術は、分散台帳によって特定の権力をもつ機関が存在しない非中央集権を満たす仕組みとして注目されている。ブロックチェーンでは、発生した取引等のすべての出来事を参加者全員（全ノード）が分散台帳として記録、確認することで、非中央集権な環境において、すべての取引を管理することを目指しており、取引等の記録を特定の参加者に集中独占させないことによって安全性を担保している。この様に、参加者の分担によって行われる作業は採掘（マイニング）等であり、Proof of Work（PoW）と呼ばれる仕組みである。

参加者が証明作業を担うProof of Work

PoW は、偽の情報を防ぐために参加者が一部の証明作業を担うことである。具体的には、ブロックチェーンで必要となる各種の取引（トランザクション）を証明するために参加者がハッシュ値の演算を実施する。PoWの枠組みは、特定の者が過半数より大きな計算能力を得た場合、偽のブロックチェーンを本物と認めさせてしまうことが可能になるため、計算能力が特定の参加者に集中しないことが求められる。しかし、偽のブロックチェーンが発行、流通することによってブロックチェーン自体の価値は低下するため、不正者の不正に得た価値も低下することから不正者の利得も低下する。そのため、偽のブロックチェーンを発行する不正者の利得を考慮すると不正は起こりにくいという議論も存在する。ブロックチェーンでは、非中央集権において分散台帳の管理するために、参加者が証明作業を行うとともに、ブロックチェーン自体の価値を担保するた

め二重利用や改ざん等を防止・検知する技術が前提となっている。また、現在では PoW を改良し、ブロックチェーンの所有割合の高さに応じて新規のブロック生成確率を高めることができる方式（Proof of Stake）が利用されている。

ブロックチェーンを実現するために必要となる電子署名

加えて、トランザクションには、公開鍵暗技術の電子署名を利用して存在証明も行う。電子署名は、特定のデータに対して電子的な署名を行う技術であり、データが改ざんされていないこと、及び署名者本人が確かにそのデータに署名をしたこと（意思）が確認できる技術であり、署名鍵を持つ当人でないと署名が生成できない。ビットコインでは、ECDSA（Elliptic Curve Digital Signature Algorithm）を利用している。

ブロックチェーンでの署名鍵生成とPKI違い

一般的に電子署名を利用する場合は、PKI（Public Key Infrastructure：公開鍵暗号基盤）の認証局が署名者本人を確認し、署名鍵を発行することで署名者と署名鍵を紐付けるが、ブロックチェーンでは、特定の権力をもつ機関が存在しない非中央集権を目指すため、利用者は第三者機関を利用せず、自らが署名鍵（正確には署名鍵と検証鍵の鍵ペア）を任意に作成する。そのため、利用者は身元を明らかにせず取引が可能なため違法性の高い取引に利用される場合もある（ランサムウェアの身代金等の受取など）。

スマートコントラクトへの広がりと今後の検討課題

以上のように、ブロックチェーンのセキュリティ技術は、既存のセキュリティ技術と同じであるが、ブロックチェーンの革新は、セキュリティ技術の利用方法や仕組ではなく、特定の権限をもつ機関を必要とせず、参加者が協力し、その価値を維持・交換することにある。また、ブロックチェーンの利用については、Hyperledger Fabric[23]のように特定のノードの役割（ポリシーチェックとブロックチェーンの保存を行う役割の Peer、ブロックの順序を決定し生成を行う役割の Orderer 等）を厳密に定めるサービスや、Proof of Existence[24]など外部の情報リソースと接続し、存在証明を行うサービスにも拡大しているため、さらにセキュリティ技術の応用も拡大すると考えられる。例えば、外部の情報リソースと接続し、為替変動に応じた取引を自動化するスマートコントラクト等を想定する場合には、変動する為替データをブロックチェーンが参照可能な状態で取り込まないと為替変動に応じた取引が正当な処理であったかと検証することができない。同様に損害保険業務において自動車の運転情報を把握する場合や、中古車の価格決定については日々変動する走行距離を参照し、検証する必要がある。このように外部の情報リソースをどのように参照、またはブロックチェーンのシステムに取り込むのかについては、今後の検討が必要である。

6. おわりに

インテリジェント化とサイバーとフィジカルの融合の深化がデジタルテクノロジーの特徴

本章で取り上げたデジタルテクノロジーは、ICT の活用領域を、従来の延長線には止まらない新たな領域へ拡げている。IoT 関連技術の進展は、ICT 活用の対象をモノ、ヒト、サービスに拡張させ、あらゆる分野のデジタル化や新たなビジネスモデルの創出の技術基盤となりつつある。AI は、学習に必要なデータの飛躍的な増大とアルゴリズムの高度化により様々な分野におけるインテリジェント化を加速させている。さらに、IoT と AI の組合せ等によるハードウェアのインテリジェント化は、自動運転車やドローンによる配送といった、10 年前には SF 的であった技術を現実化させつつある。

[23] オープンソースコミュニティで開発されているブロックチェーンの基盤の一つ。
[24] データのハッシュ値をブロックチェーンに書き込むことでデータの存在を証明する。

ハードウェア・デバイスからサービスの各所で AI の実装が進展

こうしたデジタルテクノロジーは、あらゆる領域でのインテリジェント化を図り、サイバーとフィジカルとの融合を深化させる技術と捉えることができる。インテリジェント化の中核技術である AI は、ディープラーニング等の技術開発により画像や音声認識の大幅な性能向上を実現した。今後、更なる技術開発により言語理解、行動判断、ロボッティクスへの応用等が進められ、ハードウェア・デバイスからサービスの各所で AI の実装が加速すると見込まれる。

デジタル・ツインの実用化や融合深化させるインターフェイス技術の進展が注目される

IoT 関連技術によるサイバーとフィジカルとの融合深化は、現実の出来事と同じものをコンピュータ上にリアルタイムに表現し、産業システムや社会システムを動的最適化を実現する「デジタル・ツイン」[25]と呼ばれる仕組の活用も本格化させると考えられる。また、ウェアラブル機器や VR/AR/MR 等のインタフェース技術の技術進展や活用もサイバーとフィジカルとの融合を深化させると考えられる。ヒトとサイバーとの一体化に着目したオーグメンテッド・ヒューマンと称される技術による人間の能力拡張に関する研究も本格化しており、今後の進展が注目される。

複雑化するシステムや広範囲なデバイスに対するセキュリティ確保のための技術開発が必要

デジタルテクノロジーの進展に伴い取扱う情報の範囲や用途が大幅に広がることから、従来にも増してセキュリティの重要性が高まる。サイバーとフィジカルとの融合深化に伴い、システムの複雑性が増大すると見込まれる。そのため、設計の段階で安全を作りこむセーフティ設計に加え、脅威を想定した対策を取り入れたセキュリティ設計が必要となっている。また、セキュリティ確保の対象が、コンピュータやネットワークのみならず、自動車やロボット、ヘルスケア機器、スマート家電やセンサ等のハードウェアに広がるため、広範囲なハードウェア・デバイスのセキュリティ確保のための技術開発や対策強化が期待される。

デジタルテクノロジーの担い手となる人材育成・確保は喫緊の課題

デジタルテクノロジーの進展には、その中核となる先端技術の研究開発を担う人材やハードウェア、ソフトウェア、ネットワーク、AI、セキュリティ等の先端技術の社会実装を担う人材が必要となる。さらには技術的専門性を理解しながらその適用領域の知識を持ち、デジタルテクノロジーを使いこなす人材も必要となる。経済産業省の調査によれば、ビッグデータ、IoT、AI に携わる人材不足数は 2020 年には 4.8 万人規模に拡大すると推計されている。本章で見てきた通り、デジタルテクノロジーが今後多様かつ高度に発展を遂げることが予想される中で、それを牽引する人材の確保は急務の課題となっている。

みずほ情報総研
経営・IT コンサルティング部
河野浩二／稲垣祐一郎／阿部一郎／武井康浩／中志津馬
阿部一郎／浅海和雄／西村和真／小川博久
情報通信研究部
前川秀正／永田毅
koji.kohno@mizuho-ir.co.jp

[25] デジタル・ツインとは実空間のシステムや出来事や状態をデジタル上に双子（ツイン）のように模倣し、シミュレーション等を用いて実空間の管理を高度化する仕組を指す。製造業のデジタル化を進める GE では産業機器を対象としたデジタル・ツインを保守・メンテナンスに活用している。

Ⅱ－1. 素材 －素材産業の競争力維持に向けた方策

【要約】

◆ 日本の素材産業に共通する強みは、「顧客ニーズに合わせた製品開発力」と「効率的かつ安定的な生産オペレーション力」であるが、近年、生産オペレーション力を支える熟練工の高齢化と引退が課題となっている。

◆ 熟練工が現場で担ってきた役割をテクノロジーの活用により補完しつつ、より生産効率を高めようとする動きが素材業界で相次いでおり、今後生産オペレーション力の維持のためのテクノロジー活用の進展が期待される。

◆ 一方、海外のプラントメーカーは製造設備のみならず、設備稼働後の操業の技術コンサルティングサービスまで含めた一括提供を行っており、今後デジタル化されたオペレーションノウハウが新興国企業に伝播していくことで、生産オペレーション力による差別化が難しくなる可能性がある。

◆ 日本の素材産業のもう 1 つの強みである製品開発力の重要性が増す中で、革新的な物質・材料の開発にテクノロジーを活用するマテリアルズ・インフォマティクスが注目される。研究機関におけるオープンデータプラットフォームの構築が進むほか、企業同士のオープンイノベーションも始まりつつあるが、素材を超えた取組みが極めて有効なテクノロジーであり、今後は異なる分野の素材メーカー同士による協業が期待される。

1. 素材産業におけるテクノロジー利活用の現状

(1)日本の素材産業の強みと直面する課題

日系素材メーカーの強みは製品開発力と生産オペレーション力

日本の素材産業に共通する強みは、大きく 2 つあると考える。1 つ目は、「顧客ニーズに合わせた製品の開発力」であり、2 つ目は、「効率的かつ安定的な生産オペレーション力」である。従前より、日系素材メーカーは、この 2 つを掛け合わせることで顧客と共に成長を遂げてきた。

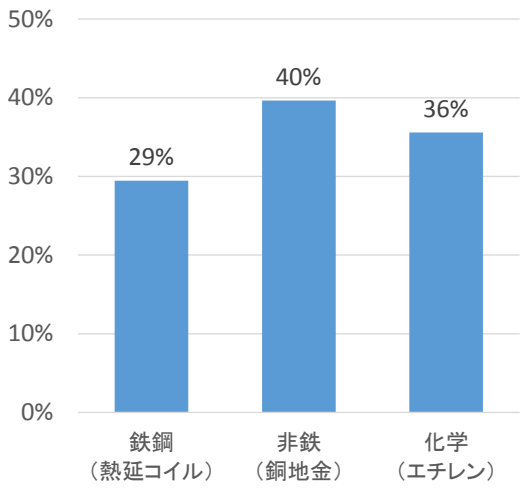
顧客のニーズを汲み取り付加価値を実現する製品開発力

1 つ目の強みである「顧客ニーズに合わせた製品開発力」を活かして、日系素材メーカーは、世の中に新たな価値を提供してきた。例えば、鉄鋼業界におけるハイテン材は、自動車の構造部材や補強部材などに幅広く採用され、「車体の軽量化」、「衝突安全性向上」という自動車メーカーのニーズの実現に寄与している。また、化学業界においては、東レがユニクロと共同開発した「ヒートテック®」が典型例である。東レは、「軽さ」と「暖かさ」を求める消費者のニーズに対応して、レーヨンの吸湿発熱効果、アクリルの高い保湿性、ポリエステルの速乾性、そしてポリウレタンの伸縮性という 4 つの異なる特性を持つ繊維を組み合わせた新素材を生み出した。

製品・コスト・納期の安定をつかさどる日々の操業ノウハウ

2 つ目の強みである「効率的かつ安定的な生産オペレーション力」とは、製品の品質・コスト・納期の安定をつかさどる、日々の生産現場での操業ノウハウを指す。生産オペレーション力に支えられた品質・コスト・納期の競争力の高さは、素材製品の輸出の状況からも確認できる。エチレンや熱延コイル、銅地金などのコモディティに分類される製品群を含め、日本企業は国内で製造した製品の多くを輸出に振り向けており(【図表 1】)、その結果、素材製品は輸出品目の上位を占め、我が国の外貨獲得にも貢献している(【図表 2】)。

【図表 1】コモディティ製品の輸出比率（2016 年）



（出所）日本鉄鋼連盟、石油化学新報、経済産業省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 2】日本の品目別輸出構成（2016 年）

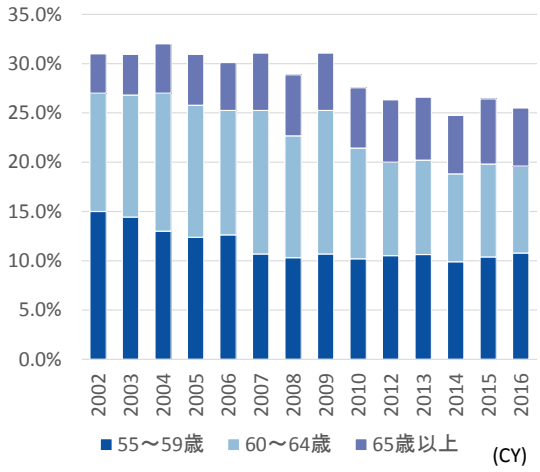
順位	品目	シェア
1位	自動車	16.2%
2位	半導体等電子部品	5.2%
3位	自動車の部分品	4.9%
4位	鉄鋼	4.1%
5位	原動機	3.5%
6位	プラスチック	3.2%
7位	科学光学機器	2.9%
8位	半導体等製造装置	2.8%
9位	電気回路等の機器	2.5%
10位	有機化合物	2.4%
11位	電気計測機器	2.0%
12位	船舶	1.9%
13位	非鉄金属	1.8%
14位	ポンプ・遠心分離機	1.7%
15位	金属製品	1.6%

（出所）財務省「貿易統計」よりみずほ銀行産業調査部作成

生産オペレーション力を支えてきた熟練工の高齢化や引退が課題に

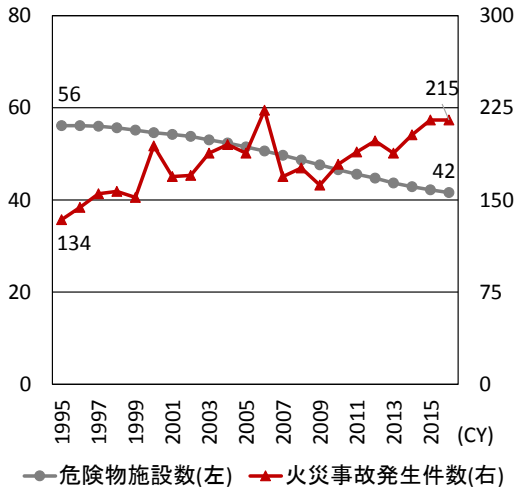
日本の素材産業の強みの両輪である「製品開発力」と「生産オペレーション力」であるが、その１つである「生産オペレーション力」を支えてきた熟練工の高齢化、引退が近年課題となっている（【図表 3】）。素材の生産ラインにおいては、原料の種類、量、加工方法や、製造に適した温度、湿度などの各種条件があり、相当程度自動化は進んでいるが、熟練工が長年の経験で培った技術やノウハウによって、そのコントロールを担う部分も依然大きい。また、熟練工は、生産だけでなく保守、保全の面でも大きな役割を担ってきた。素材産業は、概して高圧ガス等の危険物の取扱いが多く、高度な安全管理が要求される。大小様々なトラブルを通じて経験を積み、有事を嗅ぎ取る勘を養ってきた熟練工が、生産設備の点検時に僅かな異音や異臭などから設備の不具合や故障をいち早く察知することで、事故を未然に防いできた側面がある。然しながら、次世代の若手、中堅社員に対するこれら「暗黙知」継承は充分とはいえない。更に、素材産業においては、高度経済成長期に建設された工場が依然として中心であり、設備の老朽化に伴い安全操業の難易度は上がっている（【図表 4】）。

【図表 3】化学・鉄鋼・非鉄金属産業における 55 歳以上従業員の割合推移



（出所）総務省統計局「労働力調査」よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】危険物施設における火事事故発生件数



（出所）総務省「平成 28 年中の危険物に係る事故の概要」よりみずほ銀行産業調査部作成

（2）素材産業におけるテクノロジーの利活用の現状

生産現場の課題解決に向けた取組みが始まりつつある

日本の素材産業におけるテクノロジーの利活用の多くは、日々の製造プロセスにおける効率化を目的としたものに留まるものの、近年は IoT や AI といった高度なテクノロジーを用いた取組みも始まりつつある。背景には、生産オペレーションを支えてきた熟練工の引退により、現場の力が失われることに対する強い危機感があると考えられる（【図表 5】）。

熟練工の役割を補完しつつより効率性を高める狙い

例えば、鉄鋼大手の新日鐵住金は、2016 年度に「高度 IT 活用推進室」を立ち上げた。IoT によるデータの収集とビッグデータの解析、更に AI による制御を行うことで業務改善を狙うもので、安全、品質、設備保全を重要テーマとして掲げている。安全に関しては、IoT を用いて現場作業員の位置情報や身体情報を収集して単独作業の安全性を担保する取組み、品質ではビッグデータ解析を用いて製品の品質変化と設備情報の因果関係から原因究明を行う仕組み、そして設備保全では、今後、故障予兆解析の技術を導入し、保全業務の最適化を目指す予定である。熟練工が現場で担ってきた役割をテクノロジーの力で補完しつつ、より効率性を高める狙いがある。

【図表 5】製造現場におけるテクノロジー活用事例

企業	開始年月	組織	具体策
新日鐵住金	2016 年 4 月	高度 IT 活用推進室	• 膨大な種類の製品を設備や納期、コストなどの複雑な制約条件を加味して、どの順番で生産すれば効率がよいのかを見極めていく熟練工の作業を、AI を活用しデジタル化 • 作業員が保持する携帯端末や腕時計型の活動量計からリアルタイムで大量データを収集し異常を早期に検知することで事故防止に繋げる、単独作業者を見守り支援 • 鉄鋼製品の品質特性値と製鉄所内の操業・設備のデータの因果関係をビッグデータ解析で分析し、早期に原因を究明する • 設備の故障予兆解析などの技術を活用し、より適切なタイミングで保全業務が行える環境を目指す
JX 金属	2016 年 8 月	技術本部	• 製造ラインの IT 化や自動化を推進。重点項目は、経営・業績管理、サプライチェーン管理、工場運営の 3 点。サプライチェーン管理では、世界各地の工場の在庫や稼働状況を一元管理し操業時の効率を高める。工場運営ではセンサーを使って自動化を検討
三井化学	2016 年 9 月	（NTT コミュニケーションズと協働）	• ガス製品製造過程において、原料や炉の状態などのプロセスデータと、ガス製品の品質を示す X ガス濃度との関係を、AI 技術の一種であるディープラーニングを用いてモデル化することにより、プロセスデータ収集時から 20 分後のガス製品の品質（X ガス濃度）を高精度で予測
住友金属鉱山	2016 年 12 月	ICT 推進室	• 設備にセンサー等を取り付けてデータを解析し、工場の稼働率や生産性の改善や製品の品質の向上を図る。一部の工場で成されていた取組みを、全社で統一した仕組みとした。例えば、電池材料国内 3 工場で一括管理することで、不良品や稼働率低下の発生原因究明に役立てる
神戸製鋼所	2016 年 12 月	ー	• 加古川高炉の改修に合わせて、高炉の操業に AI を入れたシステムを導入。過去に蓄積したデータと熟練技術者の経験に基づく危険の判断ポイントを AI に学習させ、警報を発する
三菱ケミカル	2017 年 4 月	SWAT チーム（2017 年立ち上げ予定）	• 石油化学プラントの設備管理に関して、これまで集積してきた各種データの解析や作業日誌のテキストマイニングを通じて、設備不具合や品質を予知する技術を開発 • 高機能樹脂の製造において原料の配合など経験者のノウハウに頼っている作業をデジタル化し、知識・経験の継承に役立てる

（出所）各社公開資料よりみずほ銀行産業調査部作成

生産オペレーション力の維持へのテクノロジー活用は一層の推進が期待される

鉄鋼業界以外でも化学大手の三菱ケミカルホールディングス、非鉄金属の住友金属鉱山など、製造現場での IoT・AI 利活用を推進する組織を設ける動きが相次いでいるが、テクノロジー利活用の全社的な動きは、日本の素材業界ではいずれもまだ緒についたばかりである。一方、海外では鉄鋼の POSCO（韓）がディープラーニングを活用した溶融亜鉛めっきの制御自動化により、めっき量の偏差を 10 分の 1 以下に縮める成果を挙げるなど、テクノロジー活用の動きが広がりつつある。このように生産オペレーション力を維持・向上させるためにテクノロジーを活用できる余地は大きく、日本の素材産業においても今後一層の推進が期待される。そのためには、工場毎にばらばらに運用されているシステムの統一化など、基本的なインフラの整備も急ぐべきである。

顧客からの信頼を維持するために必要な領域はデジタル化されずに残る

しかし、テクノロジーの活用が浸透しても、顧客からの信頼を維持するために必要な領域ついては、当面はデジタル化されずに残るだろう。例えば、自動車メーカーを始めとする国内顧客からの厳しい品質要請に対応するために行っている、厳格な品質管理のプロセスがそれに当たる。「最後は人の目で確認する」という検査工程が、不良品や取り違えの許されない重要素材の製造を支えているが、これは生産そのものというよりも、製品に信頼性という価値を付加するサービスともいえる領域である。それにより高い信頼性という価値を求める国内顧客との強固な関係性が維持されてきたのは事実であり、顧客が求める限りにおいては、そのプロセスが容易に変更されるものではないだろう。

但し、それも顧客サイドのスタンスの変化により変わり得ることには留意が必要である。

2. 日本の素材産業にとっての脅威としてのテクノロジー

オペレーションの技術や経験がデジタル化される

生産現場におけるテクノロジー利活用の推進が期待される一方で、テクノロジーの進化によって、日本の製造業の競争力を支えてきた生産オペレーション力が新興国企業にキャッチアップされる可能性も指摘しておきたい。一般に素材産業では、同じ製造設備を導入したとしても、熟練工の技術と経験に委ねられる工程が多いため、オペレーションの巧拙次第で品質もコストも大きく変わり得る。その技術や経験がデジタル化されるとどうだろうか。

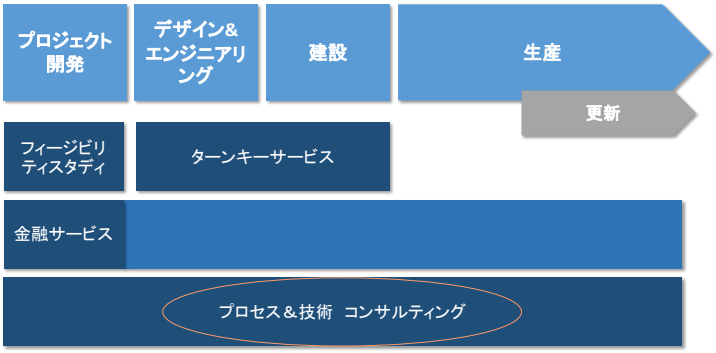
日本の閉じたシステムではリスクは小さい

鉄鋼産業を例に挙げよう。我が国の場合、鉄鋼メーカーが自社グループ内にプラントエンジニアリング会社を抱えたり、外注した設備を自らカスタマイズしたりと、設備設計のノウハウや操業データ等を外部に漏らさない「閉じたシステム」となっている。この点において、日本の鉄鋼メーカーが製造現場でのテクノロジー利活用を推進しても、すぐに新興国企業に共有される懸念は小さい。

海外はプラントメーカーによる開いたシステム

しかし海外に目を転じると、製鉄から圧延までのプラントを一貫で設計できるエンジニアリング会社は、独 SMS、伊 Danieli、英 Primetals の独立系 3 社に集約されている。それぞれ標準化されたプラントをアジアや中東・アフリカなどの新興国を含め世界各地で納入する、「開いたシステム」が基本である。各社は新興国でのニーズを睨み、製造設備のみならず、設備稼働後の操業の技術コンサルティングサービスまで含めた一括提供事業や、鉄鋼メーカーのワーカーを集めての技術講習など、設備の操業段階でのサービス事業を強化している。更に Primetals は、IoT を用いた品質管理や設備モニタリング等を展開し、高度なテクノロジー活用にも積極的である（【図表 6】）。

【図表 6】Primetals 社の統合型ソリューション



（出所）Primetals 社公開資料よりみずほ銀行産業調査部作成

プラントメーカーから技術・ノウハウが拡散する可能性

プラントメーカーがサービスを通じて納入先の操業に関わる動きを拡げていくことで、多くの鉄鋼メーカーの操業データがプラントメーカーに蓄積されていくことになる。今後仮にプラントメーカーが、AI を用いてあらゆるデータを分析しつつ効率的な解を導き、自社の技術コンサルティングサービスに還元していけば、これまでデジタル化されてこなかった技術・ノウハウまでが新興国企業に拡散することになるかもしれない。他の素材においても、これは同様である。

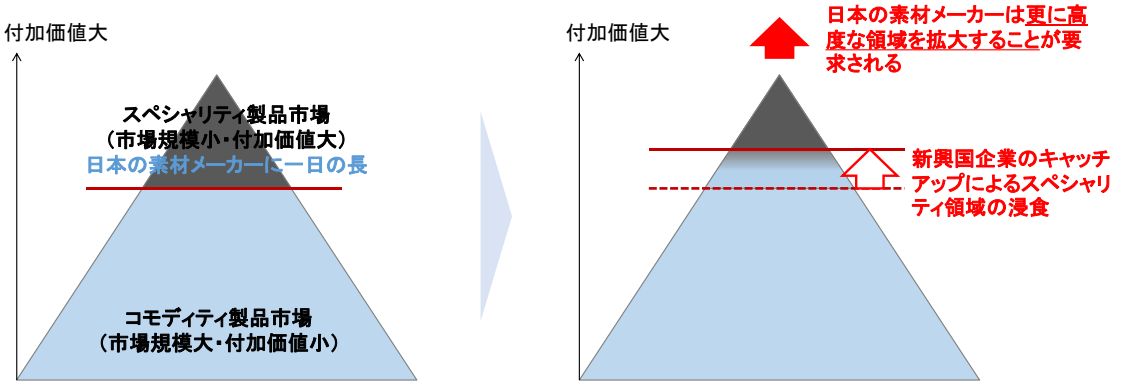
日本の生産オペレーション力が競争力の源泉にならなくなる可能性

プラントメーカーを介したオペレーションノウハウの伝播によって、日本の素材産業の持つ強みの一つである生産オペレーション力が今後競争力の源泉にならなくなる可能性がある。製品そのものの差別化が難しいコモディティ製品に関しては、プラントメーカーから最新鋭の設備とノウハウを調達しさえすれば誰でも相応の品質のものを安定的に生産できるようになる。現地企業とのコスト競争になれば日本は苦戦を強いられるだろう。更に、現時点では想定しないような新興国プレイヤーが新たに参入してくる可能性もある。2000 年代のエレクトロニクス業界で起きたような、新興国企業が瞬く間に日本企業を追い上げる事態が、素材産業で起きてもおかしくない。

常に最先端の分野を研究開発で切り開いていく必要

スペシャリティ製品については、日本のメーカーに一日の長がある。例えば中国の素材メーカーは、鉄鋼におけるハイテン材や化学における炭素繊維などのスペシャリティ製品を、サンプルとしては高い性能で出荷するが、量産段階では品質を安定させられないという課題を抱えるといわれる。逆にいえば、スペシャリティ製品についても、生産オペレーションのノウハウを高度なテクノロジーによって獲得する動きが世界的に広がれば、追随されるのは時間の問題となるだろう。従って、日本の素材メーカーが競争力を維持するためには、常に最先端の分野を研究開発で切り拓いていくことが必要となる(【図表 7】)。

【図表 7】新興国企業によるスペシャリティ製品のキャッチアップ



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

3. 競争力の維持に向けて

(1)製品開発力強化のためのテクノロジー利活用

もう1つの強みである製品開発力の強化が重要に

このように、海外におけるテクノロジーの利活用により、今後生産オペレーションでの差別化が難しくなる可能性がある。それでも、日本の素材産業が抱える熟練工の引退や設備の老朽化といった課題をテクノロジーの力で解決する取組みは、続けざるを得ないだろう。そして、日本の素材産業の競争力を維持するために、もう 1 つの強みである「顧客ニーズに合わせた製品開発力」の強化が、一層重要度を増すことになる。

材料研究におけるマテリアルズ・インフォマティクスの活用

現在は生産現場での活用に留まっているビッグデータ解析技術を、製品開発力の強化にも活用できる可能性が高まっている。物質・材料の性質に関する多様かつ膨大なデータと計算機科学を材料研究に応用する、マテリアルズ・インフォマティクスと呼ばれる手法である。

従前の勘と経験に基づく研究は限界に

これまでの材料研究は、研究者の勘と経験に基づく合成と、複数の実験データから導かれる理論モデルの構築により行われてきた。多くの新材料や新機能が、経験則に基づいて発見されてきたのである。しかし、昨今の先端材料研究においては、扱う元素の種類や組み合わせ、あるいは物性に影響する製造プロセス等のパラメータが複雑化しており、経験則に頼る材料研究には限界がある。

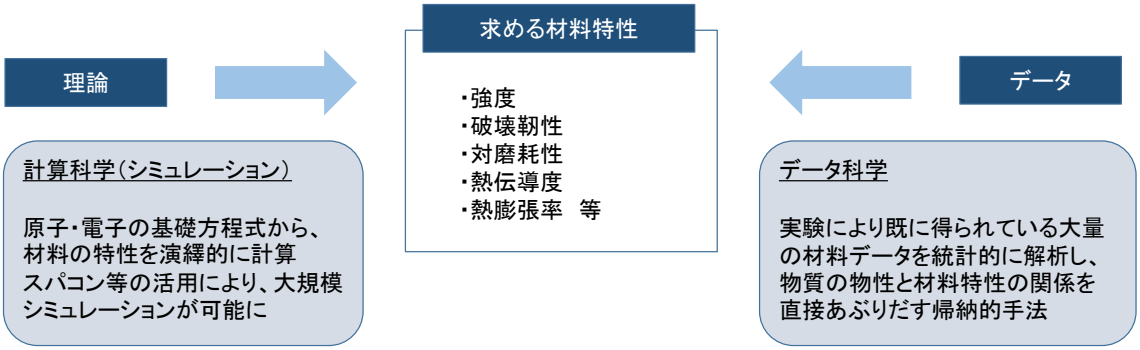
データの活用により開発スピードの短縮化と材料種類の増加が期待できる

その一方で近年、大型実験設備の開発による測定技術の進歩や実験手法の発展により、物質・材料に関する複雑なデータを大量に得られるようになってきた。また、スーパーコンピュータなどの計算機の能力向上や計算科学の進歩により、実験による検証が難しい事象に関するデータを得ることも可能になっている。そして、膨大で複雑なデータから、規則性を見出すデータマイニングや、未知の材料の物性を直接予測するディープラーニングといったデータ科学が発達している。データを活用し、コンピュータ上で特定の機能を持つ物質を設計した上で実験によって選定していくプロセスを踏めば、新材料の実用化までのスピードを短縮化でき、開発される材料の種類も大きく増やせるだろう。

求める機能から材料を探索するアプローチ

注目されるのは、マテリアルズ・インフォマティクスを用いれば、求める特定機能から、候補となる材料を最短距離で探索することが可能となる点である。これまでの物質・材料科学の主流であった、既にある物質の性質・機能を探求するアプローチや、既にある理論から物性を推測するアプローチではなく、求める性質・機能から物質を推定するアプローチであり、これは日本の素材産業の「顧客ニーズに合わせた製品開発力」という強みを大きく補強する可能性がある(【図表 8】)。化学大手の BASF(独)が 2017 年 7 月にスーパーコンピュータを導入し、シミュレーションを用いた機能ポリマーの配合法発見等への活用を発表するなど、海外でも研究開発へのインフォマティクス活用の動きが出始めており、我が国においても積極的な活用が求められる。

【図表 8】マテリアルズ・インフォマティクス



(出所)文部科学省資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

（2）マテリアルズ・インフォマティクス活用に向けた課題

データプラットフォームの整備は進みつつある

マテリアルズ・インフォマティクスの精度はデータの蓄積が多いほど高まる。このため、2017 年 4 月、国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）において、材料データプラットフォームセンターが設置された。NIMS が蓄積してきた 60 年分の実験データのほか、実験装置・計測機器からのデータ、文献からのデータ、そして大学機関の研究成果など、複数のソースからのデータを収集・蓄積するとともに、今後は外部研究機関や民間企業がデータ科学の手法を用いてそれを活用できるようなサービスの提供も行っていく方針である。また、内閣府が主導する「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」の中では、構造材料の開発を重視したシステムの開発が行われている。データプラットフォームの整備は進みつつある。

民間企業のデータ提供は当面困難か

一方、民間企業の抱えるデータは各社のノウハウの塊であり、オープンなデータベースへ提供することは難しいだろう。既に撤退した事業のデータなどを対象に、民間企業からの提供を促すべきとの意見もあるが、当面はアカデミアのデータによるプラットフォーム構築が現実的であろう。

競合企業同士がデータをシェアする動き

そのような中、オープンイノベーションの新しい動きがある。2017 年 6 月、NIMS と三菱ケミカル、住友化学、旭化成、三井化学の化学 4 社が、NIMS を中核とする“Materials Open Platform”の運用に関する覚書に調印した。また、同年 7 月には、NIMS と新日鐵住金、JFE スチール、神戸製鋼所の鉄鋼 3 社が同じく調印を行った。これらはそれぞれ、基礎研究の段階で共通する課題に協働して取組むもので、競合する企業同士が手を組む画期的な動きである。そこでは非連続な革新的材料の創出が謳われており、各社がこれまでクローズにしてきたデータを持ち寄り、データ科学の手法を用いた材料研究によりイノベーションの創出を狙うものと推察される。オープンとクローズの間に位置する、データのシェアといえるものであり、基礎研究では協調し、事業化では競争するという切り分けがなされている。このような参加者を限定したデータの共有・活用は、今後広がることが期待される（【図表 9】）。

素材を超えた協業が極めて有効であり、日本が優位に立てる可能性も

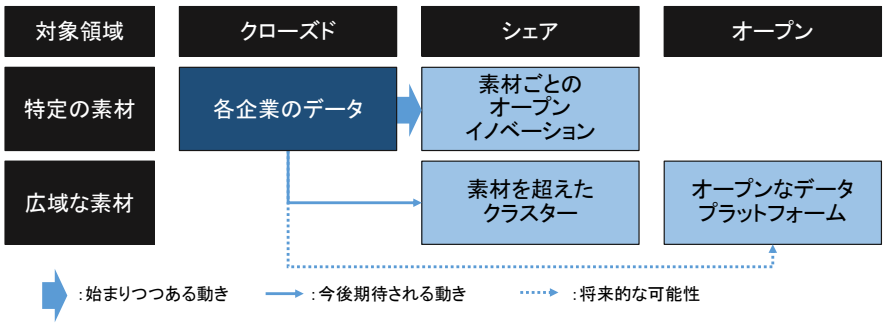
顧客ニーズに合った製品開発に資するための材料研究で目指すべきは、求められる「機能」や「特性」の探索である。金属、無機、有機といった素材の枠組みを超えて、材料全体を捉えたアプローチを行うことで、その可能性は大きく広がるだろう。これには一企業での取組みでは不可能であることはもちろん、同一業種でのデータシェアでも不十分であり、異なる素材のメーカーによるデータの持ち寄りが不可欠である。これまでは企業間もしくは素材間で互いに競い合いながら技術開発を行ってきた日本の素材産業であるが、マテリアルズ・インフォマティクスを用いた革新材料の開発に関しては、素材を超えた協業が極めて有効である。従って、化学、鉄鋼、非鉄金属とすべての素材で開発力に強みを持つ企業が揃う日本の素材産業が、優位に立てる可能性がある。素材をまたいだクラスターを形成し、データシェアにより共通の研究課題に取組むことが期待される。

民間企業も参加したオープンデータベース構築には政策サポートも必要に

今後オープンなデータプラットフォームの構築とデータ科学活用の浸透が進むと同時に、データシェアによるオープンイノベーションの成果が上がることで、マテリアルズ・インフォマティクスの有効性が認められていけば、将来的に民間企業も参加した厚みのあるオープンなデータベースの構築ニーズが高まる可能性もある。その際には、データ提供企業へのインセンティブ付与や、成果

物に対する特許の扱いの整理など、インフラの整備に向けた政策的なサポートも必要となるだろう。

【図表 9】企業データの共有化の方向性



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

マテリアルズ・インフォマティクスの取組みは米国で先行

マテリアルズ・インフォマティクスを先駆けたのは、2011 年に政府主導で“Materials Genome Initiative（MGI）”を開始した米国であり、日本が遅れをとったことは否定できない。革新的な新材料の探索が製造業の競争力にとって重要であることにいち早く着目した米国は、この分野で世界に先んじているといえる。MGI には充分なデータ量が蓄積されていないとの指摘もあるが、いまだ構造化されていないオープンな情報を収集することでこれをある程度克服することは不可能ではないだろう。ディープラーニングなどのデータ科学を用いて革新的材料の開発を主導する主体は、既存の素材企業ですらないかもしれない。日本は各企業や研究機関においてデータの構造化を急ぐと同時に、物質・材料学とデータ科学をともに理解する研究者の育成や計測機器や計算機の開発など、マテリアルズ・インフォマティクスによる成果を後押しするための長期的な政策サポートも望まれる。

絶え間ない製品開発と生産オペレーション力の更なる向上

マテリアルズ・インフォマティクスにより新たに開発された材料は、顧客の評価を経た後に量産プロセスへ入り、生産現場のオペレーションによって事業へと成長していく。新材料の量産技術は、製造現場における新たな独自ノウハウとして蓄積され、テクノロジーを活用したオペレーション高度化の源泉となるだろう。競争力の維持に向けて我が国の素材産業が取組むべきは、絶え間ない製品開発と、それを事業として実現する生産オペレーション力の更なる向上である。そのためには、従来の発想にとらわれずに、先進的なテクノロジーを最大限活用していくことが、今まさに求められている。

みずほ銀行産業調査部
素材チーム　大野　真紀子
尾崎　望
佐野　雄一
makiko.ohno@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－2. 医薬品 －AI・医療ビッグデータの進化と製薬産業に求められる取り組み

【要約】

◆ 近年、創薬効率の低下や薬剤費高騰に対する薬価抑制圧力の高まりなど、製薬産業を取り巻く環境が大きく変化しており、効率的かつ新たなアプローチで新薬を開発するための技術的ブレークスルーが求められている。

◆ 足下では、ゲノム・オミックスデータといった医療ビッグデータの AI による解析等、基礎研究、臨床研究領域で新たなテクノロジーを取り込む動きが活発化している。これらテクノロジーの実装が進めば、製薬企業の創薬効率向上や薬剤費負担の軽減が期待される。一方、製薬産業における競争力の源泉が、「経験知」等の研究者個人に内在する能力から、データの保有量や AI による解析能力にシフトすることも予想される。加えて、IT 企業による創薬事業への参入が、製薬産業にとっての脅威となる可能性もある。

◆ ただし、テクノロジーの本格的な利活用に向けては、医療ビッグデータ利活用基盤の整備、学習データの選択手法の確立、AI による予測結果の解釈手法の確立等、未だ多くの課題が存在する。今後、政府によるビッグデータ利活用基盤の整備や、創薬 AI 開発に向けた製薬・IT 企業による協業強化が必要となろう。加えて、情報量で欧米メガファーマに劣後する日本の製薬企業は、協調領域を如何に広げていけるかも重要となろう。

1. 製薬産業を取り巻く外部環境の変化

(1)創薬効率の低下

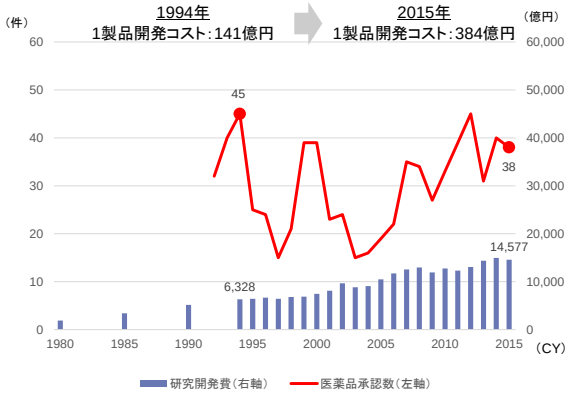
外部環境は大きく変化

近年、創薬効率の低下や薬剤費の社会的負担の増加を背景に、製薬産業を取り巻く環境が大きく変化している。

研究開発費の高騰により創薬効率が低下

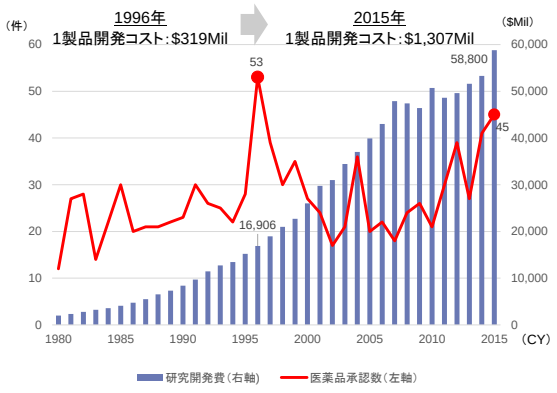
日本における新薬承認数ピークとなった 1994 年は、1 製品当たりの開発コストが約 141 億円であったのに対し、2015 年は約 384 億円に膨らんでいる。このようなトレンドは米国でも同様であり、研究開発費用の高騰によって、医薬品の創薬効率低下が懸念されている(【図表 1、2】)。

【図表 1】日本の新薬承認数と国内主要 20 社の研究開発費の推移



(出所)日本製薬工業協会「DATABOOK2017」より
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 2】米国の新薬承認数と米国研究製薬工業協会会員企業の研究開発費の推移



(出所)PhRMA, *2016,2015 PhMRA Annual Membership Survey* よりみずほ銀行産業調査部作成

低分子による化合物は探索し尽くされ、難病だけが残る

創薬効率低下の背景として、従来の化学合成による低分子薬の開発手法が限界に達しつつあることが挙げられる。これまでの製薬企業の主要製品は、高血圧や糖尿病等の生活習慣病領域におけるものであり、世界の製薬企業がこぞって同領域の新薬開発を進めてきた。結果として、同領域の患者の治療満足度は向上したが、比較的容易に発見できた創薬ターゲットは開発し尽くされ、現在ではがんやアルツハイマーといった、疾患メカニズムが非常に複雑なアンメットメディカルニーズの高い領域が開発対象として残っている

先進国を中心に薬価抑制圧力が高まる

また、高騰する薬剤費による財政負担の増加を背景に先進国を中心に薬価抑制圧力が高まっている。例えば、日本においては、これまで 2 年に 1 度であった薬価改定が 2018 年度からは毎年実施されることが決定しており、加えて、創薬イノベーションの推進のために導入された「新薬創出加算制度」の見直しについても「骨太の方針 2017」に明記された。直近では、画期的新薬として登場した抗がん剤オプジーボの高額な薬剤費が問題となり、通常薬価改定ではなく特例的に 50%の薬価引き下げが緊急的に行われる等、極めて異例な処置がとられた。また、製薬会社が自由に薬価を定めることができる米国においても、薬価引き上げに対する批判が高まっており、一部の製薬企業では値上げ幅に一定の制限をかけることや、薬剤の治療効果を基にしたアウトカムベース[1]での薬価設定を試行する等、製薬会社の薬価戦略にも変化が生じている。

薬の継続上市、高薬価の獲得が困難に

これまでは、継続的に上市される新薬と、高薬価から得られる巨額の収益を前提として、製薬企業は成長を実現してきた。しかしながら、既存の創薬手法の限界と薬価抑制圧力の高まりによって、その持続性が危惧されている。

技術的ブレークスルーにより効率的な創薬が求められる

今後、製薬企業には従来以上に注力疾患領域を絞込み、遺伝子治療薬・再生医療といった新たな治療モダリティによる創薬を目指すと同時に、新たなアプローチで効率的に新薬を開発するための技術的ブレークスルーが求められている状況といえる。

（2）製薬分野における新たなテクノロジーの出現

創薬手法を大きく変える技術革新

このような状況下、新たな創薬プロセスの確立に寄与し得る手段として、医療ビッグデータや AI といった新たなテクノロジーの活用に対する期待が高まっている。

次世代シーケンサーの登場による医療ビッグデータの活用の可能性が高まる

これまでの創薬プロセスを大きく変えるテクノロジーの一つに、医療ビッグデータが挙げられる。次世代シーケンサー[2]の登場で、個人ゲノム情報の解読が格段に早くかつ低コストで実現されるようになり、個人から得られる情報はこれまでの手法では解析しきれない莫大な量となった。これによって創薬戦略が大きく変化しつつある。ゲノム情報への理解が進むことで、同一疾患であっても、異常発現している遺伝子やタンパク質、有効な薬剤等が人によって異なることが徐々にわかるようになってきた。これにより、これまでの同一疾患に対する同一種類の薬剤を開発するというアプローチから、ヒトのゲノム・オミックス情報[3]を基にした、より個別化・層別化された創薬が可能になってきている。

[1] 投与した薬の効果が認められた場合に薬剤費を請求するといった、成果ベースの薬価設定の考え方
[2] DNA を構成する塩基の並び方（塩基配列）を高速に読み出す装置。DNA の特定部分の塩基配列が遺伝子（gene）であり、DNA の全ての遺伝情報をゲノム（genome）といい、これら遺伝情報は生物の設計図となる
[3] ゲノム・トランスクリプトーム・プロテオーム・メタボローム・インタラクトーム・セロームと呼ばれる身体内で働く網羅的な分子の総称

創薬領域でも脚光を浴びるAI

同時に、このようなデータ量の増大に対し、自らデータの特徴を理解し、解析を進めることができるAIの開発が重要となってきている。2012年に製薬大手のMerck（米国）が開催した、分子活性値予測のコンテスト（Merck Molecular Activity Challenge）が、創薬分野におけるAIに対する製薬企業の大きな注目を集めるきっかけとなった。本コンテストの課題は、約15万の化合物とその活性を調べた実験データをAIに学習させ、Merckがすでに実験済みの化合物の活性値を予測するというものであったが、トロント大学のチームがディープラーニングの手法を用いることで創薬の専門家なしで優勝した。このことは、非常に大量かつ複雑なデータを扱う創薬プロセスにおいて、AIが大きな役割を果たしうることを世に知らしめるきっかけとなった。以降、Merckを含む欧米製薬企業とAI創薬関連ベンチャーとの提携が活発化している（【図表3】）。

【図表3】製薬企業によるAI創薬関連ベンチャーとの提携状況

AI創薬関連ベンチャー	概要	提携先製薬企業
Berg Health(米)	患者と健常者の組織サンプルを比較解析（ゲノム・蛋白質等の構造・代謝等）し、解析データと患者の臨床情報をAIで分析することで医薬品の候補物質を抽出	Astrazeneca
Insilico Medicine(米)	AIを使用したインシリコ創薬、ドラッグリポジショニングを行う	Novartis, Johnson and Johnson
Atomwise（米）	数百万種類の既存薬の分子構造と作用を解析し、新薬候補物質の探索を行う。特に新たなウイルスが発見された場合に短期間で候補物質を探索	Merck
Numerate(米)	低分子薬に特化したインシリコ創薬プラットフォームを提供。従来型の結晶構造分析からの創薬ではなく、SAR, patents, phenotypic data等のデータから候補物質を探索	Boehringer Ingelheim, Merck,Lilly（VC出資）武田
BenevolentAI（英）	候補化合物を導入し、人工知能を用いてそれら化合物の評価、新薬開発を行う	Johnson & Johnson（Janssen Pharma）
Exscientia(英)	バイスペシフィック低分子薬の探索にExscientiaのAIを活用	Sanofi,GSK,大日本住友

（出所）各種公開情報よりみずほ銀行産業調査部作成

テクノロジーの実装化に向けた取り組みが加速

製薬業界では、基礎研究から臨床研究、生産、販売、市販後調査といった製薬企業の活動プロセスの各領域においてテクノロジーの実装化に向けた取り組みが活発化している。以降では、製薬企業にとって特に大きな影響を及ぼすと考えられる基礎研究、臨床研究といった、いわゆる創薬領域における各社の取り組み事例についてとりあげる（【図表4】）。

【図表 4】製薬バリューチェーンにおけるテクノロジーの活用

	基礎研究	臨床研究	生産	販売	市販後調査
主業務	疾患研究 化合物探索 知財戦略立案	治験 （安全性試験、 薬効評価）	GMP下での生産	販促 マーケティング	副作用情報収集 患者層別化
Tech活用の狙い	標的分子探索 シミュレーション効率化 ドラッグリポジショニング	治験患者募集効率化 治験効率化 （正確性向上）	IoTによる生産最適化	マーケティング効率化 RWD活用による育薬	副作用情報の迅速収集 服薬管理支援
製薬会社への影響	**創薬効率向上 （売上↑開発費↓）**	**開発リスク低減 （開発費↓）**	**生産体制見直し （製造コスト↓）**	**MR体制見直し （人件費↓）**	**既存薬のLC最大化**

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

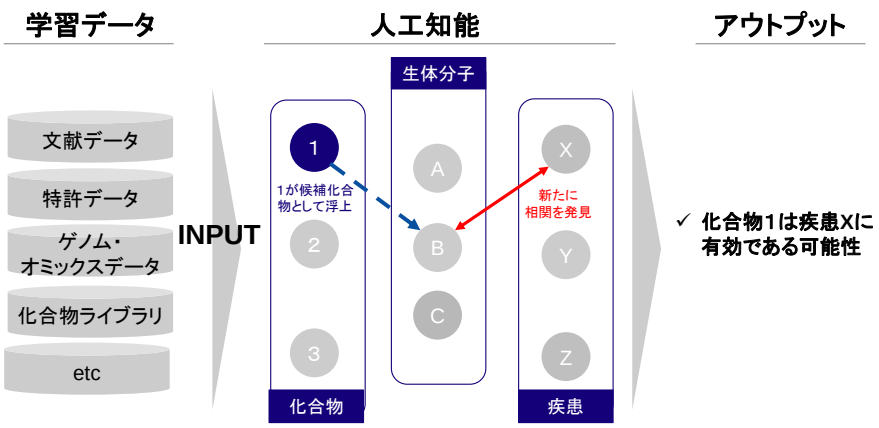
2. デジタルテクノロジーの実装化に向けた取り組みと影響

（1）基礎研究分野

標的分子探索と化合物スクリーニング領域における AI の活用

基礎研究領域では、文献データ、化合物ライブラリー、特許データ等を AI に読み込ませ、それらの関連性を解析させることで、有望な標的分子やシード化合物の候補抽出を行う AI の開発が進められている[4]。例えば、AI に別々の論文を読み込ませることで、疾患 X に関連する生体分子が B である可能性があることを AI が予測し、提示する。それによって、生体分子 B に作用する化合物 1 が、疾患 X にとって新たな薬の候補として浮上する（【図表 5】）。

【図表 5】創薬 AI の処理イメージ



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

[4] 薬の基礎研究は薬物標的に対し接合する物質を同定する作業であり、しばしばカギ穴（標的分子）とカギ（薬剤となる化合物）の関係に例えられる。標的分子探索とは、このカギ穴となる分子を見つける研究であり、シード化合物とは、カギの候補となる化合物を指す

Watson の実装化が進む

現時点では、IBM の Watson が一歩先行し、数多くの製薬企業との共同開発を実施している。Watson が膨大な量の学術文献を読み込み、文献同士の関連性から標的分子を研究者に提示する仕組みである。米ベイラー医科大学の研究によれば、これまで研究者による標的タンパク質の発見は平均で年 1 つ程度だったのが、Watson を用いた探索ではわずか 30 日で 6 つ発見することに成功している。欧米メガファーマは数年前から Watson の導入・実証を進めており、2014 年時点で Johnson and Johnson（米）や Sanofi（仏）が Watson を導入し、治験の効率化やドラッグリポジショニングといった分野への応用に取り組んでいる。現在 IBM は Watson の創薬関連サービスを「Watson for drug discovery」として提供しているが、2016 年には Pfizer が、国内でも第一三共が同サービスを導入し、研究テーマの選定支援や、開発管理プロセスの支援、これらを通じた新薬開発サイクルの短縮化を目指している。

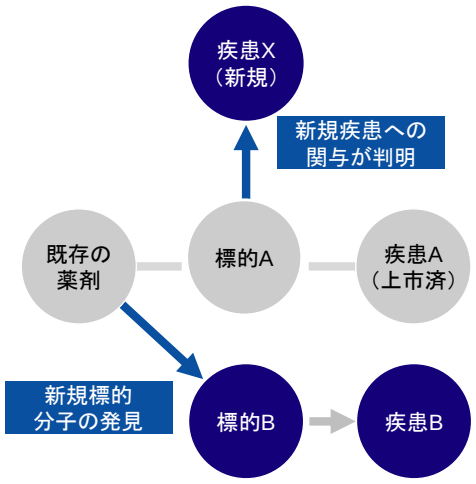
米国ではバイオベンチャーによる AI 創薬が活発化

また、創薬ベンチャーの BergHealth（マサチューセッツ州）は、AI を活用して、約 14 兆件に及ぶ脳や膵臓など 40 種類以上のがん細胞と健康な細胞のビッグデータを比較・分析し、新たな抗がん剤の開発に成功した。同じく Merck と提携する Atomwise（カリフォルニア州）も、最先端の AI がエボラ出血熱に有効な候補薬をわずか 1 日たらずで発見し、世界を驚かせた。

ドラッグリポジショニングへの応用が進む

一方、このような未知の情報に対する AI の活用に加えて、既知の情報に対する AI の活用として、ドラッグリポジショニングへの応用に向けた取り組みも進んでいる。ドラッグリポジショニングとは、既に上市している薬や開発中止となった新薬候補化合物が、異なる疾患や別の標的に対して有する作用の発見を目指す取り組みである。例えば【図表 6】のように、疾患 A への効用が確認されている既存薬が、疾患 X でも効用があることが新たに確認されたり、標的 B に対しても作用することが判明したりすることである。ドラッグリポジショニングの利点は、開発期間の短縮と研究開発コストの軽減にある。既存薬、開発中止となった新薬候補化合物を用いるため、開発スタート時点で、基礎研究、化合物の製造法や製剤化の研究が終了していることに加え、ヒトでの生物学的利用、体内動態、安全性や臨床薬理に関する情報が利用でき、臨床試験の一部を省略することが可能となる。

【図表 6】ドラッグリポジショニングの手法



（出所）医薬産業政策研究所「政策研ニュース No35」より
みずほ銀行産業調査部作成

ドラッグリポジショニングに向けた戦略的取り組みが可能に

ドラッグリポジショニングの概念自体は新しいものではなく、男性機能不全の治療薬として用いられるシルデナフィルや発毛剤のミノキシジルはもともと、狭心症治療薬、高血圧の治療薬として開発中に発見されたものであった。従来、このようなドラッグリポジショニングは、スクリーニングや治験の過程での「偶発的」な発見からスタートしたものであるのに対し、足下で加速している取り組みは、文献データ、ゲノム・オミックス情報等のビッグデータを AI で解析し、既存薬と標的・疾患との関連を効率的に発見するといった「戦略的」取り組みとなっている。本領域では先に述べた Sanofi（仏）に加え、後発薬世界最大手の Teva（イスラエル）も IBM との協業を 2016 年に発表している。尚、ドラッグリポジショニングは基本的に物質特許が切れた既承認薬で行われ、開発しても用途特許しか認められないことから、先発企業よりもバイオベンチャーやジェネリック企業で盛んに行われていると考えられる。

（2）臨床研究分野

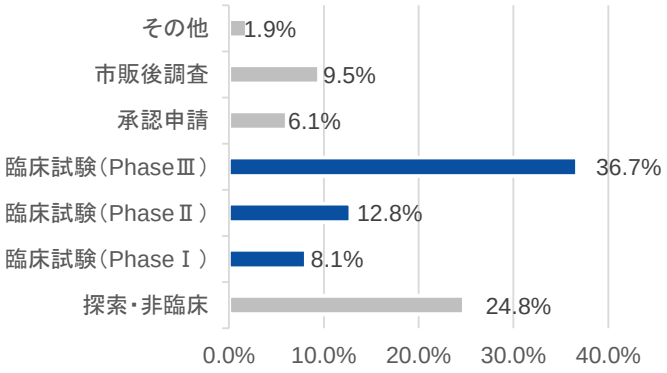
臨床研究領域での活用

創薬プロセスで最もコストのかかる臨床研究においても AI、医療ビッグデータの活用が進んでいる。

治験費用は全体費用の約 6 割を占める

上市に成功した薬の開発にかかったコストをプロセス別に見た場合、臨床研究（第Ⅰ～第Ⅲ相試験）にかかるコストの割合が最も大きく、全体の約 6 割を占めている。医薬品開発のコストを下げるためには臨床研究を効率化することが重要になる（【図表 7】）。

【図表 7】研究開発費に占める臨床研究費の割合



（出所）医薬産業政策研究所「医薬品開発におけるバイオマーカーの役割」より
みずほ銀行産業調査部作成

治験計画書と治験応募患者のミスマッチが多く発生

臨床研究の効率化を妨げる要因の一つとして、治験計画書と治験応募患者のミスマッチが挙げられる。臨床試験の実施にあたり、製薬企業は大勢の治験患者を募集するが、応募患者が治験計画書で定める条件に適合するかを手作業で確認しなければならない。加えて、製薬企業が定めた治験計画書と応募した治験患者の条件が適合しないケースも非常に多く、その度に治験患者の追加募集を行うため、臨床試験がしばしば計画通りに完遂せず、膨大なコストがかかる要因となっている。

AI の活用により治験募集を効率化

この課題に対して IBM の「Watson Clinical Trial Matching」は、治験患者選定の効率化を支援する取り組みを進めている。Watson が治験計画書を読み込むことで治験患者の選択・除外の基準を認識し、カルテや医師の記録のデー

タから自動的に不適格な患者を除外することができる。Novartis と共同で行った研究では、治験患者の選択時間を従来の 78%短縮したことが実証されている。今後、臨床現場にも Watson が導入されることで、AI が電子カルテの情報と治験の計画書を読み取り、最適な患者を自動的にマッチングさせることも可能となるだろう。

医療ビッグデータの解析が進み、個別化創薬が進む

加えて、AI の進化によりゲノム・オミックス情報といった膨大な量の医療データを解析することが出来るようになり、医薬品の作用に患者個人の遺伝的性質がどのように関連するかについての研究（ゲノム薬理学）が進んでいる。従来の創薬プロセスにおいては、ひとつの疾患を対象として医薬品の開発が行われており、同じ疾患を持つ患者でも、実際に薬が有効な患者とそうでない患者が同じ治験集団として集められていたため、臨床試験で有効性を証明できず開発失敗となるケースが多数見られた。これに対し、患者のゲノム・オミックス情報を事前に調べ、薬が有効である可能性が高い患者に限定して薬の投与を行う「個別化医療」の手法を医薬品開発にも適用する事例が近年増加している。

（3）テクノロジーの実装化が製薬産業に及ぼしうる影響

テクノロジーの実装化により、競争力の源泉が「経験知」からデータ保有量・AI による解析力にシフトすると予想される

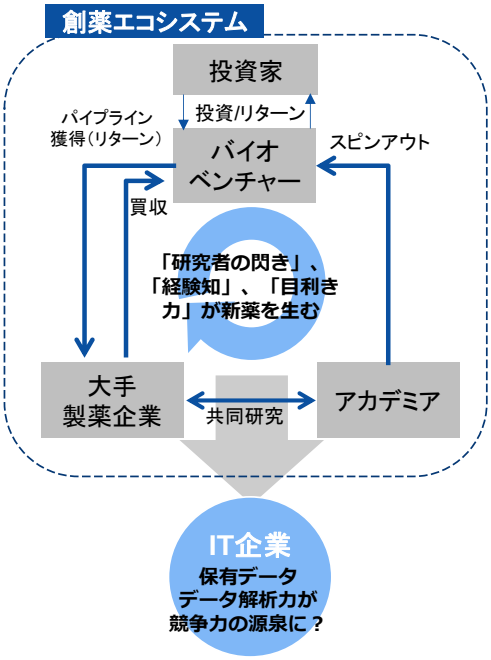
このように、基礎研究や臨床研究においてビッグデータや AI の活用が進められており、創薬プロセスの効率化や薬剤費の抑制への貢献が期待されているが、両業務は製薬産業にとっての根幹業務でもある。従来、製薬産業ではアカデミアやベンチャー企業がシーズを探索し、リスクマネーを供給する投資家が関与し、有望なシーズに対しては大手製薬企業が投資をすることで開発業務を引き継ぎ新薬を上市、各ステークホルダーがリターンを得て次の投資に充てるといったエコシステムが創薬を支えてきた。特に基礎研究や開発業務においては、アカデミアや企業に属する研究者のトライアンドエラーにより長年蓄積してきたノウハウや知見が重要であり、時には研究者の閃きによって革新的な新薬が発見されてきた。しかしながら、今後、テクノロジーの実装化が進むことにより、製薬産業における競争力の源泉が、所謂「経験知」や「目利き力」といった個々の研究者に内在する能力から、データの保有量や AI による解析力にシフトしていくことが予想される。これにより、製薬企業においては、自社に眠っていた化合物や治験等のデータの価値を改めて評価し、それらを有効活用できるかどうかが新たに問われることになる可能性がある。また、従来のように研究者個人の閃きに依存したバイオベンチャーやアカデミアは、AI の能力を最大限活用した創薬ベンチャーや研究機関の現出により、これまで有していた競争力を喪失する虞もある。

IT 企業による創薬事業への参入が脅威となる可能性も

加えて、強力な解析能力を有する IT 企業による創薬事業への参入が進行することで、IT 企業が製薬企業にとっての脅威となる可能性についても言及しておきたい。前述のとおり、IBM は数多くの製薬企業と創薬 AI の開発を進めており、創薬に関連するデータベースの構築やデータ解析ノウハウが多分に蓄積されていると推察される。また、Google も、老化による病気に取り組むベンチャー企業 Calico を 2012 年に設立した。同社は大手製薬企業 Abbvie（米）とともに加齢に伴う新薬開発に取り組んでおり、最初の 10 年間で第 2 相試験まで実施し、その後可能な限り早く製品化することを目指している。その他 Google 社内では AI の開発、ゲノム情報の収集・解析やコンシューマヘルスケア分野における電子機器の開発等のプロジェクトにも積極的に取り組んでいる。国内においても、NEC が自社で開発した AI を用いることで、がん治療へ

の効果が期待されるペプチドを発見し、当該ペプチドの製品化を目指した企業であるサイトリミック社を設立するなど、IT 企業の創薬事業への参入事例も足下で見られる(【図表 8】)。

【図表 8】創薬エコシステムへの IT 企業の関与



IT企業	創薬分野における取り組み
IBM	・Watson により、基礎研究領域での新規探索効率化や治験の効率化を支援。 ・国内外の多数の大手製薬企業がWatsonを導入
Google	・ヘルスケア事業を行うCalicoを設立し、製薬大手Abbvie(米)と神経変性疾患や癌等の新薬開発に取り組む ・その他、AI開発、ゲノム情報収集・解析、コンシューマヘルスケア分野の電子機器の開発を行う
NEC	・自社AI技術を活用し、肝細胞がんや食道がんの治療に効果が期待されるペプチドを大学と共同で発見。当該ペプチドの上市に向けサイトリミック社を設立

(出所)各社プレスリリースよりみずほ銀行産業調査部作成

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

3. デジタルテクノロジーの実装化に向けた課題と求められる取り組みの方向性

(1)テクノロジー実装に向けた課題

AI・医療ビッグデータの活用に向けた課題が存在

上述の通り、今後開発が進む AI がゲノム・オミックス情報等の医療ビッグデータの解析を可能にすることで、創薬の効率化、それによる薬剤費の抑制が期待されるが、同時にテクノロジーの実装に向けた課題は未だ多数存在する。

医療ビッグデータが質・量ともに確保されていない

AI の開発を阻む課題の一つとして、医療ビッグデータが質、量ともに十分でないことが挙げられる。米国では、2015 年にオバマ大統領が一般教書演説で「Precision Medicine Initiative」を唱える等、遺伝的情報にとどまらず、環境・生活習慣因子の情報も収集し、それらの相関を分析する取り組みが国をあげて行われている。ただし、電子カルテと臨床ゲノム情報の統合が進む等、データの連携、利活用が進む米国においても、データの統合が行われているのは主に先端医療病院であり、一般の医療機関においては未だ十分でない。また、プライバシー保護の問題も存在するため、民間の利用の際にも一部制限が存在する。日本においても、国立がん研究センターが主導する共同研究プロジェクト「SCRUM－Japan」において、がん患者のゲノム情報の収集と、それら情報の創薬等への活用に取り組んでいるが、現時点では研究の色合いが強く、十分な解析には更なる例数が必要である。加えて、日本は電子カルテの普及率が他の先進国と比べて低く、カルテへの記載方法も統一されていない等、医療ビッグデータの有効活用の環境整備に向けた課題は多数存在している。

AI に何を学習させるかの目利き力が必要

また、現在、複数の企業で AI の導入が進んでいるものの、AI の活用範囲や効果が得られている事例は開発プロセス全体の一部に過ぎず、AI の開発は現時点では緒に付いたばかりの段階といえる。今後、より精度の高い創薬 AI を開発するためには、欠損の無いデータをできるだけ多く学習させることに加えて、どのデータを学習させるかが重要になる。学習させるデータは人間が選定する必要があり、選んだデータ次第で AI が導く結果は異なる。従って、AI 開発の過程においては、予測上位にあるものが必ずしも正しい結果とは言えず、その結果を評価しながら、学習させるべきデータを選択していかなければならない。

製薬産業においては、AI が導出する結果の解釈・活用についての十分な検証が必要

加えて、AI の活用手法を確立していくことも今後の課題となる。AI の導く結果の判断は人間が行わなければならないため、そこから得られる結果をどのように解釈すべきかについて製薬企業の試行錯誤が必要となろう。AI は入力されたデータについて何かしらの結果を返すが、何故そのような結果を返したのかの理由について示すことは難しいとされる。ヒトの体に直接作用し、時には副作用を伴う薬を作る製薬業界においては、解釈が難しい標的候補やスクリーニングの結果についても、人体に対する影響の検証を慎重に行う必要があろう。

（2）日本の政府と企業に求められる戦略の方向性

テクノロジーの実装化に向けた施策が必要

上述の様な課題が存在するものの、日本の製薬産業が創薬効率を高め、競争力を維持・強化していくためには、医療ビッグデータの利活用や AI の開発は不可欠であり、国と企業が協働してテクノロジーの実装化に向けた施策を講じる必要がある。

政府：医療ビッグデータ利活用の基盤整備が求められる

政府には、医療ビッグデータの利活用に向けた基盤の整備が求められる。2017 年 5 月に「次世代医療基盤法」が成立する等、医療情報を匿名化することで二次活用を促す仕組みが整備されたが、一方で、カルテ電子化の議論において、電子カルテとゲノム情報の統合についての検討は十分になされていない。一方、米国では、2007 年から始まった「eMERGE プロジェクト」にて、電子カルテと遺伝情報の統合の実装を目指し、既に多くの先端医療病院でクリニカルシーケンス[5]が始まっており、電子カルテと臨床ゲノム情報がリンクしたデータベースも既に商用で販売され始めている。日本においてもクリニカルシーケンスの臨床実装に向けた議論が必要であろう。

製薬企業：学習データの選択手法・予測結果の解釈手法の確立に向け、IT 企業の強固な連携が求められる

製薬企業には、IT 企業との強固な連携によって AI 開発を推し進めることが求められる。学習データの選択や予測結果の解釈といった AI の実装に向けた課題は、IT 企業や製薬企業が単独で解決することは困難であり、製薬企業と IT 企業が試行錯誤を重ねる中で解決していかなければならない。前述のとおり、IT 企業による製薬事業への関与の高まりが、製薬企業にとっての脅威となる可能性も存在するものの、製薬企業が現在置かれている事業環境を踏まえれば、テクノロジーの実装は不可欠な取り組みとなる。IT 企業との協業において、製薬企業は、これまで薬を世に出してきた製薬企業だから持つ、疾患と分子の相関に対する理解、生物学・医学・薬学などの知識を活かし、より予測精度の高い AI の実装を図るべきであろう（【図表 9】）。

[5] 日常臨床における遺伝子解析

AI の利活用に向け、製薬企業は研究開発体制の整備や治験計画の設計力の強化が期待される

加えて、製薬企業が AI の利活用を進めていく上では、AI の活用を前提とした開発体制の整備も重要となろう。従来の研究者個人の目利き力や閃きに依存した研究開発の体制から、AI を用いたデータ解析、分析に長けたデータアナリストの獲得、活用等により、研究開発をこれまで以上に効率化していく必要性が高まろう。同時に、新たな医療ビッグデータであるゲノム・オミックス情報の解析・理解を深めることで、薬が有効な患者を見極める力、即ち治験計画の設計力を強化し、臨床試験の成功確率を高めていくことも期待されよう。

【図表 9】テクノロジー実装に向けた課題と求められる取り組みの方向性

テクノロジー実装に向けた課題		求められる取り組みの方向性
医療ビッグデータの量・質の確保	✓ 臨床現場におけるゲノム情報収集体制の構築 ✓ 電子カルテの整備、ゲノム情報と電子カルテの統合体制整備	✓ 政府による医療ビッグデータ利活用の基盤整備 ✓ （日本）電子カルテの整備、ゲノム情報と電子カルテの統合体制整備
学習データの選択手法の確立	✓ AIの予測精度を高める学習データの選択手法の確立	✓ 製薬企業とIT企業の強固な連携 －これまで薬を世に出してきた製薬企業だから持つ、疾患と分子の相関に対する理解、生物学・医学・薬学などの知識に基づいたデータ解析の着想を活かし、AI開発を推進
AIが導出する結果の解釈	✓ AIの結果導出の理由がわからない場合の結果の取り扱い	

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

IT・製薬企業 50 社による AI 開発 PJ が始動

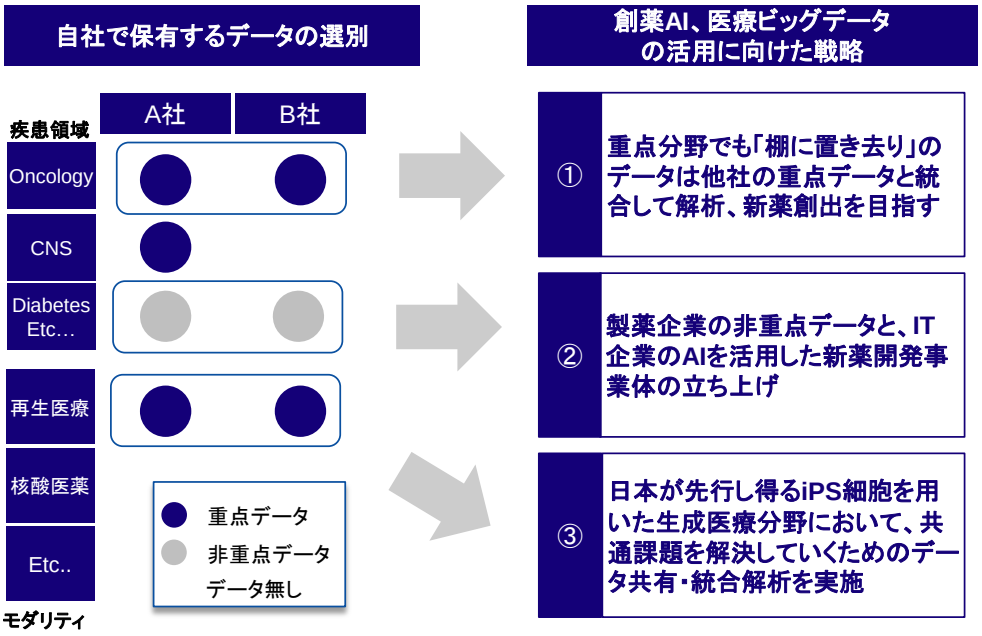
国内では 2017 年 6 月に、製薬会社と IT 企業 50 社連合による創薬 AI 開発 PJ「Life Intelligence Consortium（LINC）」が始動した。武田薬品工業や富士フイルムといった製薬企業、富士通や NEC など IT 企業を含め約 50 社が参加し、理化学研究所や京都大学などのアカデミアと協力して創薬 AI を開発する取り組みである。具体的には、AIを利活用する製薬企業側が具体的なテーマ提案、関連研究調査、データ調査・収集・整理を行い、IT 企業が AI を開発する。製薬各社が個別に持つ情報を用いて外部と連携するには相応の時間を要するため、まずは公共データベースを用いてプロトタイプの予測モデルを開発する「協調領域」での連携を模索し、次のステップとして IT 企業と製薬企業が個別に契約を結び、個社の化合物ライブラリーや臨床データ等の非公開情報を用いる「競争領域」の活動を進める予定である。

コンソーシアムによる AI 開発の推進に加え、製薬企業同士の協調戦略の検討も重要に

本取り組みのように、多数の製薬企業が一同に AI 開発に取り組む例は他国には見られず、画期的な取り組みと言える。しかし、欧米メガファーマとの情報量の差を鑑みると、従来、日本企業が競争領域とみなしていた部分を改めて精査し、如何に他社との協調領域を広げていくことができるかが、本取り組みの成否を分けると考えられる。例えば、各社が重点分野に掲げる疾患分野であっても、各社が戦略的に活用すべき情報の洗い出しと見極めを行った上で、「棚に置きざり」の治験情報や化合物情報については、他社のものと統合して解析し、共同で新薬開発を目指すといった新たな協業モデルも考えられよう。また、各社が非重点分野としているような成熟した疾患領域では、現存のデータを用いて如何に効率的に改良品を作り出すかが重要であるため、IT 企業も巻き込みつつ各社がデータを持ち寄り、AI を最大限活用した新薬開発を目指す新会社を設立する戦略も有効であろう。一方、コンソーシアムを形成する取り組み自体は欧米メガファーマも追随可能であり、さらなる差別化を目指し

た取り組みも求められよう。例えば、今後成長が期待される新たなモダリティ[6]の中でも、日本が先行し得る iPS 細胞を用いた再生医療分野において、業界での共通課題を解決していくような取り組みも期待される(【図表 10】)。製薬企業は、コンソーシアムにおいて創薬 AI の開発を推進していくと同時に、今後に向けて、創薬 AI 実装後を見据えた協調戦略の検討も重要となろう。

【図表 10】データの選別と創薬 AI・医療ビッグデータの活用に向けた製薬企業の戦略



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

みずほ銀行産業調査部
素材チーム 元田 太樹
戸塚 隆行
taiki.motoda@mizuho-bk.co.jp

[6] 低分子化合物、中分子薬、抗体医薬、核酸医薬、細胞医薬、再生医療といった治療手段のことであり、治療薬の物質的な種別

Ⅱ－3. 医療機器

－医療機器業界におけるデジタルイノベーションと医療機器メーカーの戦略

【要約】

◆ 検査・診断分野では、AI を使った画像診断支援や次世代シーケンサーを使った血液検査により、診断精度が向上すると共に疾患の早期発見が可能となりつつある。治療分野では、手術支援ロボットの活用により、難易度の高い手術も高精度に実施できるようになりつつある。予後分野では、IoT や AI を活用して遠隔モニタリングを実施することにより医師・患者の負担が軽減されつつある。

◆ これらのデジタルイノベーションによる医療費削減や医療の質の向上を更に進めるには、IoT 化の進展により多くのデータの収集・蓄積・分析を図り、統合的なソリューション提供を実現していく必要がある。

◆ AI、IoT、ロボティクスなどを活用した新製品・サービスが創出される中、政府には製品・サービスの市場投入に向けた早期の認証付与、保険適用など柔軟な対応が期待される。他方、医療機器メーカーにはソリューション提供に向けて、IT 系事業者をはじめとする異業種企業や医療機関とのパートナーシップを強化していくことが求められる。

1. はじめに

診断、治療、予後の領域におけるデジタルイノベーションについて考察

近年、既存の医療機器に AI、IoT、ロボティクス等の新技術が加わること（デジタルイノベーション）により、医療のあり方が大きく変わろうとしている。AI でデータを分析し医師の診断を支援することで、診断の精度が向上しつつある。治療においては、手術支援ロボットで難易度の高い手術が正確に実施できるようになる。モニタリング機器のインターネット接続（IoT 化）により、遠隔医療が可能となり、医療の現場が病院から個人宅へ拡大し、患者は診療の時間・場所的制約から解放される。本章では、医療機器との関連が深い領域、すなわち医師・患者向けの検査・診断、治療、予後分野（【図表 1】）を中心に企業の取組み事例を挙げ、医療機器メーカーに求められる事業戦略について考察したい。

【図表1】ヘルスケア業界におけるデジタルイノベーションと本章の対象

場所	ユーザー	予防・検診	検査・診断	治療	予後・介護
医療機関 検査機関	医師 その他の 医療従事者	－	○画像診断支援（AI） ○がんゲノム診断 （次世代シーケンサー、リキッドバイオプシー、AI）	○手術支援ロボット （ロボティクス）	＜予後＞ －
個人宅	患者	－	○遠隔医療 （IoT）	－	＜予後＞ ○遠隔診療 ○バーチャルナースによる予後管理 （AI） ○ウェアラブルデバイス、埋め込み機器等による遠隔モニタリング（IoT）
	一般消費者	○フィットネスアプリ、ウェアラブルデバイスによる健康管理（IoT、AI） ○スマートフォンアプリによる診療予約、健康相談（IoT、AI） ○消費者向け（DTC）遺伝子検査 （ビッグデータ、AI）			＜介護＞ ○介護ロボット （ロボティクス）

（出所）みずほ銀行産業調査部作成
（注）本章では網掛けの部分を中心に考察

2. 医療機器業界におけるデジタルイノベーションと企業の動向

（1）検査・診断分野におけるデジタルイノベーション

遠隔医療の進展

従来、患者が診療を受けるまでには、病院に赴き一定時間待機する必要があった。しかし、遠隔医療が普及すれば、患者はスマートフォン等を通じて医師の診察・診断、医薬品の処方を受けることができるなど、時間的・場所的制約から解放される。

AI による画像診断支援

受診後に罹患が疑われる場合は、各種検査が実施されるが、CT、MRI、内視鏡などを用いた画像診断についても AI による精度向上が期待される。CT、MRI 等の撮影画像は通常、専門の医師が診断するが、医療機器の改良に伴い患者一人当たりの撮影画像数が増えて、より正確な診断が可能となった一方で、専門医師の負担は増加している。この点、米ベンチャーEnlitic 等が開発した、大量の類似データを学習させた AI で画像を分析し小さな腫瘍まで検知できるシステムがあれば、医師の負担が軽減すると同時に疾患の見落としも最小化できる。

次世代シーケンサーによる解析の高速化、低コスト化

血液検査に代表される検体検査[1]も、次世代シーケンサーの活用による精度向上が期待される。次世代シーケンサーとは、ゲノム[2]情報を網羅的に解析する装置であり、2003 年のヒトゲノムプロジェクトでは 13 年の年月と数千億円の費用を投じてようやく解読された 30 億塩基のヒトゲノムが、2013 年には次世代シーケンサーを用いることにより数日間と約 10 万円のコストで解読できるようになった。大阪大学発ベンチャーの Quantum Biosystems が、解析時間を数時間に、解析コストを数千円に圧縮する小型装置の開発に注力しているなど、更なる高速化、低コスト化をめざして各種の技術開発が行われている。その結果、次世代シーケンサーは従来の研究用途に加え、臨床での使用（クリニカルシーケンス）が始まった。臨床で患者の遺伝子情報を網羅的に解析することにより、将来の罹患リスクがある疾病の事前提示や疾病の早期発見が可能となる。

リキッドバイオプシーについて

次世代シーケンサーと並んで近年注目されている技術としてリキッドバイオプシー（液体生検）が挙げられる。内視鏡や針で病変のある体内の組織の一部を摘出する「組織生検」と比較して、血液等に含まれるがん疾患由来の細胞や DNA 等を捕捉するリキッドバイオプシーは患者への負担が少ない。特にがんについては、罹患の確定診断を受けた後も、適切な治療薬の選択や再発モニタリングのために複数回の検査が必要となるため、低侵襲のリキッドバイオプシーへの期待が大きい。国内でも 2014 年から国立がん研究センターが東レ、東芝等の民間企業、大学、医療機関等とコンソーシアムを組成し、血液 1 滴で 13 種類のがんの早期発見を可能にする次世代診断システムの開発を進めている。

[1] 臨床検査は患者から採取した血液、尿、便、細胞などを調べる「検体検査」と、心電図や脳波など患者を直接調べる「生体機能検査」（生体検査）に二分される。

[2] ゲノムはある生物が有する遺伝情報全体のこと。細胞の核の中にある DNA が物質であるのに対し、ゲノムは DNA にしまわれている情報をいう。尚、遺伝子はタンパク質の構造にかかわる暗号部分とその暗号を指令する部分であり、DNA の中で遺伝子といわれる部分は DNA 全体の数パーセントにすぎないと考えられている。

（2）治療分野におけるデジタルイノベーション

手術支援ロボットにより、難易度が高く低侵襲の治療が可能に

治療分野におけるデジタルイノベーションとしては、Intuitive Surgical の da Vinci をはじめとする手術支援ロボットが挙げられる。da Vinci は内視鏡を使った手術を支援するロボットであり、医師が操作を行うサージョンコンソール、数本の手術器具が装着されたペイシェントカート、3D の高解像度画像を表示するビジョンカートの 3 つの装置から構成される。医師はサージョンコンソールに座り治療器具を遠隔操作するが、手振れ補正機能で器具を精緻に制御でき、これまで対応が難しかった難易度の高い手術が可能となる。患者の傷口も複数の小さな孔に留まるため、身体的負担が小さく回復が早い。また、将来的には超音波による診断・治療との一体化や、画像診断と結びつけた正確な位置決め、特定の腫瘍などを分子マーカーで特定する技術の導入など、他分野との融合によって、様々な医療データと連携していくことが期待されている。尚、da Vinci は世界で4,100システム以上の導入実績を有しており、日本でも2009年に医療機器としての認証を取得し、前立腺がん、腎臓がんの手術に保険が適用されている。

（3）予後分野におけるデジタルイノベーション

IoT を活用した遠隔モニタリング市場は拡大が見込まれる

心臓病、糖尿病等の慢性疾患の患者は、定期的に医師の診察を受け治療を行う必要があるが、長期に亙るため医師・患者共に負担が大きい。このため予後の領域では、IoT を活用した遠隔モニタリングや疾患管理の需要が高まっている。調査会社 Marketsandmarkets によれば、2017 年に 412 億米ドルの規模を有するとみられるヘルスケア IoT のグローバル市場が、年平均 30%超で拡大し 2022 年には 1,580 億米ドルに到達すると予想される。また、Frost＆Sullivan は IoT を使った遠隔モニタリングの 2017 年のグローバル市場規模を 150 億米ドル、遠隔モニタリングによって削減される医療費を 2,000 億米ドル超と見積もっている（【図表 2】）。

【図表 2】医療 IoT の市場規模（2017 年）

セグメント	疾患	削減される医療費	市場規模
遠隔モニタリング	糖尿病、心臓病、喘息、慢性閉塞性肺疾患（COPD）	2,000億米ドル超	150億米ドル
遠隔診療	日常ケア、心のケア	1,000億米ドル超	120億米ドル
行動変容	肥満、禁煙、ライフスタイル変容	NA	60億米ドル

（出所）Frost & Sullivan, *Internet of Medical Things (IoMT) Revolutionizing Healthcare* より
みずほ銀行産業調査部作成

ウェアラブルデバイスによるモニタリング

心筋梗塞等、心臓病の患者は突然の病状悪化に備え継続的なモニタリングが必要になる。LifeWatch は、小型のパッチを患者に装着させ、パッチから自動送信された心電図等のデータを管理センターでモニタリングし、身体の異常が発生する前に対応して病状の悪化を防ぐというサービスを米国で行っている。同社のビジネスモデルは、病状悪化の未然防止により保険金支払額削減が見込まれる医療保険会社からフィーの支払いを受けるものである。

埋め込み型デバイスと IoT による血糖値管理

また、全世界に約 4 億人いるとされる糖尿病患者[3]の多くは、高血糖や低血糖による体調悪化を避けるため、頻繁に血糖値を測定しなければならない。小さな針で採血する血糖自己測定（SMBG）機器が普及しているが、採血の負担は小さくない。加えて、インスリンが体内で分泌されない 1 型糖尿病患者は血糖値に応じたインスリンの投与も必要になる。そこで、Medtronic は血糖値測定とインスリン投与を自動的に行う機器を開発（【図表 3】）し、FDA[4]の承認を取得した。同製品は、体内に埋め込んだセンサーが継続的に血糖値を測定し、センサーから送信されたデータを元にインスリンポンプから必要量のインスリンが自動的に体内へ投与されるものであり、患者の負担が軽減される。

バーチャルナースによる患者問診

予後における患者問診ツールとしては、Sense.ly（センス・リー）が開発したバーチャルナースが挙げられる。これは、AI ベースの音声アプリと遠隔医療プラットフォームを組み合わせたものであり、実在の人間に近いイメージを持つバーチャルナースが、主に高齢の慢性疾患患者に対し、一日 1 回スマートフォン上で問診を行う。問診内容は、機器から Bluetooth 経由で送信される血圧等のバイタルデータと併せて、電子カルテに記録される。バーチャルナースシステムにより、医療従事者は患者のバイタルデータをシステム上でモニタリングでき、有事の際のみ対応すればよいため、診療効率が向上する。同システムは省人化、医療費抑制効果も期待されるなどメリットが大きく、現在、1,500 を超える医療機関、保険会社、社員の健康管理を行う企業で使用され、英国の国民保険サービス（NHS）でも採用されている。

【図表 3】デジタルイノベーションに関する医療機器メーカーの取組み

企業名	既存の事業領域	AI、IoT、ロボティックス等関連の新規取組み		
		領域	概要	備考
GE	診断	診断	超音波診断	在宅医療、救命救急の現場で使用可能なポケットサイズの小型超音波診断装置を開発。Wi-Fiによる画像送信機能、残尿量計測、肺エコー診断機能も搭載
		予後	患者モニタリング	2017年、Monica Healthcare買収により在宅の胎児モニタリング事業を拡大
		その他	病院運営効率化	2017年、医療業務効率化システムの販売を開始
Philips	予防、診断	予後	遠隔モニタリング	在宅モニタリング機器を展開
			プラットフォーム	salesforce.comと提携し、医療機関、保険会社、患者を結ぶオープンプラットフォームを構築
				医療機器で集めたデータを統合的に監視し、在宅での疾病予防・管理を行う“Connected Health”分野でQualcomと提携
Johnson & Johnson	治療	治療	手術支援ロボット	Googleとの合弁会社“Verb Surgical”にて手術支援ロボットを開発中
Medtronics	治療	予後	血糖値管理アプリ	IBM Watson Health と連携し、低血糖の兆候が現れる前に警告を行うモバイルアプリを開発中
			血糖値管理アプリ	Samsungと血糖モニタリングアプリを開発中
			心臓モニタリングシステム	ペースメーカー使用患者のモニタリングアプリを開発中
			インスリンポンプシステム	体内埋め込みセンサーが血糖値を測定し、センサーから送信されたデータを元にインスリンが体内へ自動投与される機器を開発
日立	診断	その他	病院経営支援	医師、看護師の動線をセンサーで監視し、効率的な働き方を提案するサービスを開発中
東芝メディカルシステムズ	診断	診断	診断支援	ビッグデータ分析による医師の診断支援サービスを開発中
富士フイルム	診断	診断	診断支援	AIによる画像診断支援サービスを展開中
コニカミノルタ	診断	診断	個別化医療	米遺伝子検査企業Ambry Geneticsの買収により遺伝子検査サービス事業に参入

（出所）各社 Website、各種報道よりみずほ銀行産業調査部作成

[3] International Diabetes Federation Atlas-7th Edition によれば、2015 年の世界の糖尿病患者数は 415 百万人であり、2040 年には 625 百万人まで増加すると予想される。

[4] FDA/Food and Drug Administration（アメリカ食品医薬品局）：アメリカ合衆国保健福祉省（Department of Health and Human Services, HHS）配下の政府機関。

(4)IT 企業の参入

インターネット関連企業による医療分野参入の動き

デジタルイノベーションが更に進展していくためには、データを収集・分析するためのプラットフォームが不可欠である。そこで近年、データの収集・分析に強みを有する IBM、Google、Apple、Samsung といった IT 系事業者が医療分野に参入し、事業を拡大している(【図表 4】)。

IBM はデータ分析に強み

IBM はヘルスケア情報解析、医療画像データ解析、医療情報のクラウド保管・分析企業等の買収を通じて膨大な医療情報とデータ分析技術を獲得した。足下では、電子カルテ等医療情報システムやウェアラブル機器から収集し匿名化されたデータをクラウドで保管し、コグニティブコンピューティング技術[5]である Watson を活用して、ゲノム医療や創薬支援に向けたデータ分析サービスを行っている。

Apple 、Samsung はスマートフォンをベースにしたサービスを提供

他方、Apple と Samsung は自社のスマートフォンをベースとしたサービスを展開している。Apple は iPhone 用アプリの“Health”で、スマートフォンやウェアラブル機器で計測した利用者の健康関連データを集約している。“Health”は、臨床試験用オープンソフトの“Research Kit”とも連携しているため、医療機関は被験者の承諾があれば、アプリのデータにアクセスして被験者の活動レベル、生体情報などのデータを取得することができる。また、慢性疾患患者の治療管理と医療従事者との連携を目的としたオープンソフトウェアである“Care Kit”は患者が自身の治療・ケアのために利用できる。片や Samsung はスマートフォンに内蔵されたセンサーを利用して活動量、睡眠、心拍数その他バイタルデータを一元管理するプラットフォームである“Samsung Health”を有している。Samsung は、遠隔医療大手 American Well と提携し、米国で 24 時間いつでも医師に医療相談ができるサービスを開始したほか、2016 年には次世代 AI アシスタントシステムを開発した VivLabs を買収し、AI を活用したサービスの強化・拡大にも取り組んでいる。

【図表 4】医療分野における IT 系事業者の取組み

企業名	IT系事業者の医療分野における取組み		
	領域	概要	備考
IBM	プラットフォーム	“IBM Watson Platform for Health”	電子カルテやウェアラブル機器から収集し匿名された医療情報のクラウドでの保管、解析
	データ分析	“Watson”	“Watson for Genomics”:ゲノム解析 “Watson for Drug Discovery”:創薬支援 “Watson for Oncology”:がん治療支援 “Watson Clinical Trial Matching”:治験支援
	ブロックチェーン活用	医療情報を安全に交換できる仕組み作り	2017年1月、FDAと医療情報交換の安全性を保つための研究に向けて契約
Apple	スマートフォンアプリ	“Health”	スマートフォンやウェアラブル機器で計測・収集した医療データを集約
	オープンソフトウェア	“Research Kit”	臨床試験用のオープンソフトウェア
		“Care Kit”	慢性疾患患者と医療従事者の連携のためのオープンソフトウェア
Samsung	プラットフォーム	“Samsung Health”	スマートフォンやウェアラブル機器で計測・収集した医療データを集約
Google	フィットネスアプリ	“Google Fit”	徒歩、ランニング、自転車等のアクティビティ、消費カロリーを表示

(出所)各社 Website、各種報道よりみずほ銀行産業調査部作成

[5] 与えられた情報を処理する単なる機械ではなく、人間のように、自ら理解・推論・学習するシステム(出所:IBM のニュースサイト“Think Watson”)

3. デジタルイノベーションが医療業界にもたらす変化と医療機器メーカーへの影響

（1）医療業界にもたらす変化

①医療費削減

医療現場の省人化、医療の効率性向上による医療費削減

高齢化が進展する中で医療費削減は先進国を中心とする多くの国の喫緊の課題となっている。この点、IoT を活用した遠隔医療・遠隔モニタリングが普及すれば、医療現場が医療機関から在宅へシフトし、医療機関における省人化が可能となる。また、機器から集約されたデータをシステムで管理することにより、有事の際のみ医師が直接診察するなど医師の対応回数を最小化できるため、医療の効率が上がり、医療費削減に寄与すると期待される。

②医療の質の向上

診断精度、治療の質の向上

AIを活用した画像診断支援により、疾患の早期発見が可能になると共に見落としが減るため、診断精度が向上する。また、次世代シーケンサーを活用したゲノム診断により、疾患原因を特定でき、それぞれの患者・患者群毎に最適な治療法の選択が可能となる（個別化医療、精密医療）[6]。更に、手術支援ロボットの使用により、経験の浅い医師でも難易度の高い手術を精緻に実施することができるようになるなど、治療の質が高まる。患者にとっても、身体への負担の小さい（低侵襲）治療となり、QOL（Quality of Life）が向上する。

③医師主体から患者主体の医療へ

健康データを含む情報を患者自身が管理

従来、医師と患者の間には大きな情報格差があり、患者は非常に限定された情報しか有していなかった。しかし、インターネットの普及に伴い、患者・個人も多くの情報が入手できるようになると同時に、ウェアラブル機器等を通じて自身の健康状況をモニタリングできるようになった。国も、健康維持に向けた個人の行動変容を促すため、個人が生涯に亙り自らの健康・医療データを経年的に把握できる仕組み（PHR：Personal Health Record）を構築する方針である。更に患者は、遠隔医療等により医療における時間・場所の制約からも開放され、医師主体だったこれまでの医療が、患者主体へと大きくシフトしようとしている。

④データ活用の進展

健康データを含む情報を患者自身が管理

IoT によりデータの収集・集積が進み、AI で高度なデータ分析が可能となると共に、将来的にはデータプラットフォームの連携が進みデータの規模が更に拡大することが予想される。このため、今後ヘルスケア業界ではデータ活用が活発化し、従来の経験に基づく医療からデータに基づく医療へとシフトしていくとみられる。

（2）医療機器メーカーへの影響

これまで述べてきた通り、医療機器業界におけるデジタルイノベーションは、医療費削減という医療業界最大の課題を解決しつつ医療の質の更なる向上をもたらす。一方で、患者が自身のデータを管理することにより医療の主体が

[6] 患者一人一人に適した医療を検討し提供していくこと（個別化医療）は医療費高騰につながるおそれがあるが、患者を特定の疾患にかかりやすい集団に分類し、その集団ごとの治療法を提供する医療（Precision Medicine／精密医療）は費用対効果の観点で個別化医療よりも優れているとされる（出所：㈱日立総合計画研究所 Website（http://www.hitachi-hri.com/keyword/k108.html）

医療従事者から患者へシフトすると共に、データ分析に基づいた機器・サービスが求められるようになるなど、今後、医療のあり方自体が大きく変化していくことが予想される。このため、従来、医師の現場ニーズに応じて診断・治療機器の開発を行ってきた医療機器メーカーも、機器単体の開発・販売だけでは十分な付加価値を確保できなくなるおそれがあり、データ分析を含めた診断支援サービスや、モニタリング機器を通じた遠隔診療サービスなどのソリューション提案まで事業の幅を拡大していく必要性が高まると予想される。これらのサービスを提供するためには、データを収集・分析するプラットフォームが不可欠であるため、データ収集・分析に強みを有し、広い顧客基盤を持つ IT 系事業者と連携し、ソリューション提供の一翼を担っていく必要があるだろう。

4. 政府への期待と企業に求められる対応

（1）政府に期待される役割

データ活用に向けた迅速な基盤整備と、新しいビジネスモデルの市場浸透に向けた保険適用等の取組みを期待

ヘルスケア業界におけるデジタルイノベーションが進展する中、日本政府も新産業市場の創出と拡大を支援すべく、多様な施策の検討を進めている。2017 年の未来投資会議では、健康・医療・介護分野における各種データの全国ネットワーク化及びデータの統合・標準化に向けた議論が行われた。それを踏まえて厚生労働省内にデータヘルス改革推進本部が設置され、2020 年からの本格稼動を目指している。また、健康・医療に関する先端的な研究開発での利用を目的に、匿名加工医療情報を利活用するための新たな制度として、2017 年 4 月には次世代医療基盤法が成立した。遠隔診療についても、2018 年の診療報酬改定で評価される予定である。そこで、今後、政府には更なる医療 ICT 基盤や関連規制の整備推進と共に、よりきめ細やかで柔軟な対応も期待したい。例えば、2014 年の医薬品・医療機器等法（薬機法）では医療関連のソフトウェアが新たに医療機器とされ[7]、ハードウェアとは別に医療機器としての認証が取得できる基盤が作られたが、ハードウェアに比して認証件数が少ない。足下では AI を活用した診断支援システムなど前例のない新製品の開発が活発化していることから、政府には製品の早期の市場投入に向けて、個々の製品に応じた早期承認や保険適用を期待する。他方で、IT 等新技術を活用した製品・サービスについては、医療従事者が導入に積極的でなく、市場浸透が進まないことも懸念される。この点、政府には、関係者を啓発しつつ、新製品・サービスの活用に対し診療報酬を付加する等により、現場でのデジタルイノベーション導入を促進することも期待される。

（2）医療機器メーカーに求められる戦略

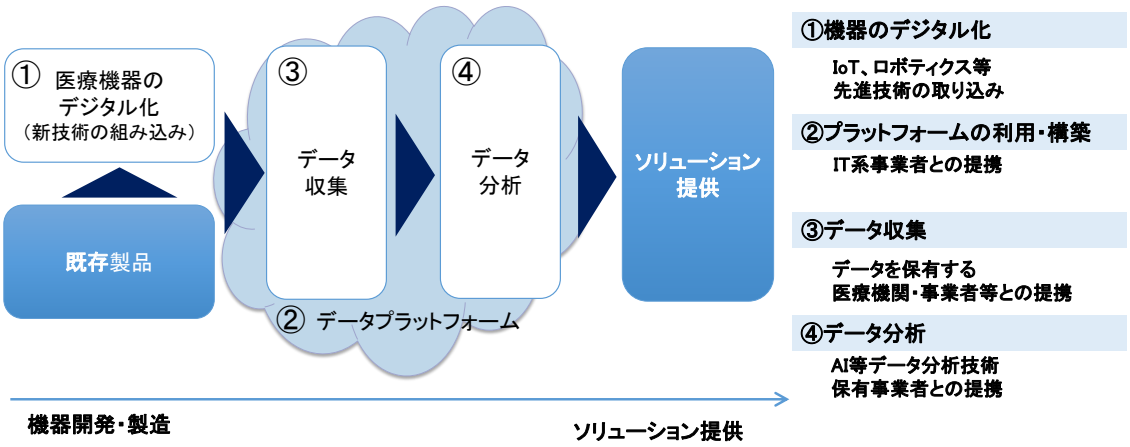
異業種企業、医療機関との連携強化

データ収集・分析を通じたソリューション提供の重要性が高まる中、医療機器メーカーが存在感を維持・拡大するためには、機器中心のビジネスモデルから脱却し、ソリューション提供の一躍を担う存在へ転身していくことが必要である。具体的には、データを保有する医療機関や、データ収集・分析に強みを有し、広い顧客基盤を持つ IT 系事業者等との連携を強化することが求められる（【図表 5】）。この点、在宅用の各種モニタリング機器を有する Philips は

[7] 従来の薬事法が改正され「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（以下、医薬品医療機器等法）」として、2014 年 11 月 25 日に施行された。これまではソフトウェア部分のみでは薬事法の規制対象とならず、ハードウェア部分に組み込んだ形で規制していたが、薬機法では、ソフトウェア単体で流通することを可能とし、「医療機器プログラム」として規制対象とする。

salesforce.com と提携し医療従事者、保険会社、患者をつなぐオープンクラウドプラットフォーム“Health Suite”を開発した。更に、2016 年 8 月には Qualcomm と提携し、同社の医療機関向け接続プラットフォーム“2net Platform”と連携させることで、Philips 以外のメーカーの医療機器で測定したデータについても集約・管理していくことを発表している。尚、足下でスタートアップ企業を含め多くの企業が参入し活況を呈しつつある医療業界であるが、ソリューションの付加価値を左右するのは医療情報データの量及びプラットフォームの規模・安全性である。しかしながら、豊富な医療データを保有する医療機関や、安全性が高いデータプラットフォームの構築ノウハウを有する IT 系事業者等の数は限られる。医療機器メーカーの強みは、医療機器製造技術、許認可対応、医療機関とのネットワークであるが、異業種企業にとって魅力的なこれらの強みを活かし、新たなビジネスモデル構築に向けていかに迅速に優良な IT 系事業者や医療機関とのパートナーシップを構築できるかが、医療機器メーカーの今後の事業の方向性を左右する大きなポイントになるものと考える。

【図表 5】医療機器メーカーの戦略



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

みずほ銀行産業調査部
テレコム・メディア・テクノロジーチーム　大竹　真由美
mayumi.ohtake@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－4. 自動車 －米国におけるスマートモビリティを実現する試み Smart City Challenge ～情報技術と自動運転を活用したマルチモーダル交通～

【要約】

◆ 自動車におけるデジタル化のうち、自動運転化、コネクテッド化の 2 つが融合することにより、移動を最適化したスマートモビリティが実現可能となる。

◆ 本章では、実際の都市でスマートモビリティを実現しようとする試みである米国の Smart City Challenge を採り上げる。これは、米国運輸省の主導により開催された交通に関するスマートシティのコンテストである。その優勝都市であるオハイオ州コロンバスで、テクノロジーを統合し、都市の交通に関する課題を解決し、将来の都市交通のプラットフォームを構築しようとする実証実験が進められている。

◆ スマートモビリティ実現の要件を充足するには様々な課題がある。課題解決に向けて、多数の関係者を糾合するには、長期的な戦略の下、明確なコンセプトを打ち出し、強力なイニシアチブを持って推進するなどの仕掛けが必要である。

◆ 都市の移動が変化すれば、自動車の役割は変わり、自動車産業のビジネスのあり方も変化する。スマートモビリティにおけるビジネスは、課題解決に向けた試行錯誤の過程で創出される。従って、日本企業は、既に着手している都市交通に関する取り組みが、ビジネス創出に十分と言えるのか、再確認することも必要であろう。

◆ 日本政府は、「移動革命」を成長戦略と位置づけているが、日本における交通の長期的な戦略、明確なコンセプトを打ち出して関係者を糾合し、その実現に向けて、推進していくことが必要である。

1. 自動車におけるデジタルイノベーション

自動車のデジタル化①自動車の運転に際しての認知、判断、操作のデジタル化

自動車におけるデジタル化は様々な形で進展しているが、本章では 2 つの方向性に着目する。1 つは、自動車内部のコミュニケーションのデジタル化であり、自動車の運転における認知、判断、操作がデジタル化されることによる自動運転化である。これまで人が担ってきた一連の作業について、外部情報がセンサやカメラ等によってデジタル化され、AI による分析と判断に基づいて、車両が電子制御されることになる。現在は自動緊急ブレーキなど一部の自動化に留まるが、最終的には完全自動運転に向かうと考えられる。

自動車のデジタル化②自動車と、移動したい人や物とのコミュニケーションのデジタル化

もう 1 つが、自動車の外部とのコミュニケーションのデジタル化であり、自動車のコネクテッド化、すなわち自動車が情報ネットワークの一端となるということである。センサやカメラ、その他様々な手段により取得された人々の移動ニーズや物の移動情報、天候や、鉄道、バス、自転車などの他の交通モードの利用状況などが、デジタルデータ化され、自動車とやり取りできるようになる。

2 つのデジタル化により、スマートモビリティが実現可能となる

これら 2 つのデジタル化が進展し、融合していけば、様々な交通モードや道路といった都市の交通アセットを最大限活用し、人や物の移動を極大化する「移動の最適化」が可能になる。つまり、IT 技術を駆使した、マルチモーダルで、環境面・資金面で持続可能な交通である、スマートモビリティというコンセプトが実現可能となる。

スマートモビリティは都市の交通課題への有効な解

世界的な都市化の進展により、都市における人や物の移動は増える一方、各国、都市の予算や土地、空間には制約があり、無尽蔵に交通インフラに投資していくことも困難である。従って、都市の交通アセットをより効率的に活用するスマートモビリティは、都市の交通問題への有効な解であると考えられる。しかし、現在は、IT 企業などによって交通モードの混雑状況の可視化といった、一部機能が実現されているに留まる。

米国では、スマートモビリティを都市で実現する取り組みが進められている

本章では、実際の都市でスマートモビリティを実現する試みである米国の Smart City Challenge を採り上げる。これは、米国運輸省の主催で行われた交通に関するスマートシティのコンテストである。スマートシティプロジェクトは世界各地で進められているが、Smart City Challenge は、交通、すなわちスマートモビリティを主としたものである点、並びに、実証を進めたい各都市が民間企業と協働してアイデアを応募し、コンテストによって選ばれたという点で着目すべき事例である。米国が Smart City Challenge に取り組むに至った背景、および現状を調査し、スマートモビリティの実現に必要な要件をあぶり出すと共に、日本企業が取り組むべき方向性や政府の果たすべき役割を考察したい。

2. 米国でのスマートモビリティを実現する試み ～Smart City Challenge～

（1）Smart City Challenge とは何か

米国運輸省による交通に関するスマートシティのコンテスト

Smart City Challenge は、米国運輸省（Department of Transportation）が 2015 年 12 月から 2016 年 6 月にかけて開催した、交通に関するスマートシティのコンテストである。自動運転、ロボティクス、ビッグデータ、IoT などのテクノロジーを最大限活用し、都市の交通において将来的に生じるであろう課題を解決しようとするものである。応募主体は都市であり、最も良いアイデアを出した都市の提案内容を、当該都市で実現するというものである。78 都市が応募し、2016 年 3 月に 7 都市[1]が最終候補に残り、2016 年 6 月にオハイオ州コロンバス市が優勝都市に決定された。

（2）Smart City Challenge の概要

対象は都市化が進む中規模都市

Smart City Challenge は、都市化が進展する中規模都市を対象として開催された（【図表 1】）。中規模都市は、後述する米国運輸省のレポート“Beyond Traffic 2045”で示された米国の交通に関する問題が表出する可能性が高い一方、対処する資金面、人材面での制約が大きいためである。

Smart City Challenge の目的として、①都市の課題にどのようなテクノロジーが適用できるかを見極める、②既存の都市・交通システムに新たなテクノロジーを統合していく、③実現に必要な技術、政策、制度的メカニズムを吟味する、④再現性を評価し、成功させる要件を定義するという 4 点が挙げられている（【図表 2】）。④については、米国内の他都市への展開を念頭に置いており、更に、米国運輸省の長官が本コンテストに際して「私は、我が国が再び交通において世界をリードする立場になって欲しい」と述べていることから、米国外の地域への展開も展望していると考えられる。

[1] オレゴン州ポートランド、カリフォルニア州サンフランシスコ、コロラド州デンバー、テキサス州オースティン、ミズーリ州カンザスシティ、オハイオ州コロンバス、ペンシルバニア州ピッツバーグ

米国運輸省は、未来志向の提案となるよう、盛り込むべき要素を提示

Smart City Challenge の提案に際して、米国運輸省は、テクノロジー、都市交通に対するイノベーティブなアプローチ、スマートシティの 3 つの面から、盛り込むべき要素を提示した(【図表 3】)。それら要素は夫々詳細に定義されており、各都市の提案が旧来の交通政策を踏襲したものではなく、新たなテクノロジーを活用し、移動を最適化する未来志向の提案となるよう促している。

【図表 1】Smart City Challenge の対象都市

- 人口約20万~85万人
- 都市部に人口が集中

都市化が進む中規模都市

- 先進技術のデモンストレーションに適した環境
- 既存の公共交通システムがあること
- 交通サービスをシェアリングエコノミーと統合することをコミットできる
- データをオープン化し、検索可能で使いやすくする(起業やイノベーションを促進するため)ことがコミットできる
- 最終期限(2020年)までデモンストレーションを完遂するリーダーシップとリソースの確保をコミットできる

(出所)米国運輸省 HP より
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 2】Smart City Challenge の目的

① 都市の課題にどのようなテクノロジーが適用可能かを見極める
• 都市・市民が直面する課題:安全、モビリティ、サステナビリティ、経済の活性化、気候変動など • 都市の課題を解決、対処、和らげることが出来るテクノロジー、戦略、アプリケーション、制度設計を見極める
② 既存の都市及び交通システムにテクノロジーを採用・統合する
• 先進的なテクノロジーを都市のマネジメントやオペレーションに採用・統合する
③ 実現に必要な技術、政策、制度的メカニズムを吟味する
• 戦略を実現するのに必要な技術的、政策的、制度的なメカニズム(技術的、政策的なギャップや課題を含む)を吟味し、対処する
④ 再現性を評価し、成功させる要件を定義する
• 同様の課題を持つ他の都市に移植するために、再現性を評価、スマートシティシステムが成功する要件を定義する

(出所)米国運輸省 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 3】Smart City Challenge の提案に際して盛り込むべき要素

テクノロジーの要素(優先度★★★)	• 自動化 • コネクテッドビークル • センサを活用したインテリジェントなインフラ
都市交通に対するイノベーティブなアプローチの要素(優先度★★)	• ユーザー重視のモビリティサービスと移動の選択肢の拡大 • 都市の状況をデータで分析する • 都市に対応した配送 • 戦略的なビジネスモデルとパートナーシップ • スマートグリッド、道路充電、電動車 • コネクテッド化され、一体化された市民
スマートシティの要素(優先度★)	• スマートシティのアーキテクチャを構築し、標準化する • 低コストで効率的でセキュリティが高くレジリエントなICT • 都市空間の有効活用

(出所)米国運輸省 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

優勝都市には賞金及び企業からの技術供与が予定されている

優勝都市に対しては、米国運輸省から 4,000 万ドル、慈善団体[2]より 1,000 万ドルの賞金が与えられることに加え、民間企業からの技術供与が予定されている。それら企業は、Continental、Mobileye、NXP といった自動車関連企業のほか、Amazon、Google、AT&T などの IT 関連の企業も含まれている(【図表 4】)。スマートモビリティは、自動車産業のみならず、IT 関連企業も新たなビジネスチャンスと見ていることが伺える。

[2] Microsoft の共同創業者 Paul Allen が設立した Vulcan という慈善団体。世界で最も困難な課題へのソリューションを見つけることをミッションとしており、本プロジェクトでは電気自動車の普及に関する支援も行う。

【図表 4】Smart City Challenge の優勝都市への技術供与の内容（予定）

企業名（国籍）	技術供与内容
Amazon（米）	クラウドサービス100万ドル分のクーポン、システム構築
Mobileye（イスラエル）	ドライバーアシスタンスセーフティシステム（バス向け等）
NXP（オランダ）、Cohda Wireless（オーストラリア）	車車間、インフラと車との接続技術
Autodesk（米）	インフラ導入に際してのシミュレーションに役立つビジュアル化ソフト
Sidewalk（米）(Google子会社)	町中にセンサを設置、データを統合・分析する都市向けプラットフォーム（FLOW）
AT&T（米）	携帯電話、Wi-Fi、通信ケーブル、IoTセキュリティコンサルティング、ビッグデータ分析等100万ドル分の製品・サービス
Continental（ドイツ）	スマート交差点システムに関する100万ドル分の技術支援

（出所）米国運輸省 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

（3）Smart City Challenge の背景となった米国運輸省の長期戦略

米国の長期的な交通にかかるメガトレンドの包括的調査を公表

Smart City Challenge の開催に先立ち、米国運輸省は 2015 年 2 月に、“Beyond Traffic 2045”というレポートのドラフトを公開している（【図表 5】）。これは、今後 30 年間の米国の交通に影響を及ぼすメガトレンドの包括的調査であり、国民や政府、交通事業者など関係者の考察を促すことを目的としている。

【図表 5】“Beyond Traffic 2045”に示された 6 つの検討項目と今後取り組むべき戦略

いかに人が移動するのか
- 人口増加：2045年までに7,000万人増加
- 都市化：Megaregionsが人口の75%を占める
- ミレニアル世代（若者）：車移動よりも公共交通による移動を好む、テクノロジー親和性高い
- 高齢化：2045年までに高齢者は2倍に

いかにテクノロジーの進化を取り込むのか
- テクノロジーの進化によりクルマ、インフラ、物流、交通サービスを変容
- 移動データにより移動者の体験の進化、効率的な交通マネジメント、効率的な投資が可能に
- 自動化、ロボティクスによるインフラ整備、安全性向上

いかに物を動かすのか
- 物流増加：2045年までに40%以上増加
- トラック渋滞による時間・燃料コストは280億ドル/年
- 空港・港湾の混雑悪化

いかに全ての人に機会を提供するのか
- 上位10%世帯と残り90%世帯の収入の合計は同額
- 中低収入世帯は家計の20%が交通費、40%が家賃
- 郊外に住む貧困層の増加、経済格差の拡大

いかに気候変動に適合するのか
- 大災害の増加：気温上昇、海面上昇、大規模な嵐により交通インフラに大きな影響
- 燃費基準の強化
- 電動化の進展：交通セクターの炭素排出量の減少

いかに意思決定と予算を整合させるのか
- メンテナンスコストの上昇、キャパシティの増加による交通コストの上昇
- 道路の3分の2、橋の4分の1は要改修
- 自動車の燃費向上による交通関連歳入の減少

米国運輸省長官が示す今後30年で取り組むべき戦略

徒に交通インフラに投資してキャパシティを増やすのではなく、テクノロジーを活用することで、交通システムを最大限活用する

（出所）米国運輸省「Beyond Traffic 2045」よりみずほ銀行産業調査部作成

長期的に交通に影響を与えるメガトレンドと 6 つの検討項目

本調査では、今後 30 年間の交通に影響を及ぼすメガトレンドを踏まえた 6 点の検討項目（6 つの“How”）が示されている。人口動態や環境問題、技術進化、所得格差、インフラ予算の制約といったメガトレンドを明示し、関係者で共有しようとするものである。これらを受け、米国運輸省長官は、今後、交通に関して取り組むべき戦略として、徒に交通インフラに投資してキャパシティを増や

すのではなく、テクノロジーを活用することで、交通システムを最大限活用することに主眼を置く方向性を示した。そして、その解決策を募集するべく、Smart City Challenge が開催された。Smart City Challenge は“Beyond Traffic 2045”での検討結果を踏まえたものであり、本コンテストを開催することにより、参加を希望する都市に対してレポートの内容を広く知らしめる効果もある。今後の米国の都市の交通政策は、本レポートで示された方向性を目指すことになるであろう。

3. コロンバスにおけるスマートモビリティの実証実験 ～Smart Columbus～

オハイオ州コロンバスは米国の典型的な中規模都市

Smart City Challenge で優勝したオハイオ州コロンバスは、米国の中西部に位置する、典型的な中規模都市である。中心部は約 70 万人、周辺都市を含めた地域全体で約 200 万人の人口を擁する。トラック走行 10 時間圏内に米国の人口の約半分が居住しており、2 大鉄道会社の大陸横断鉄道が通り、市内南部には物流専用空港を擁しているなど、トラック、鉄道、航空も含めた全米有数の物流拠点となっている。

(1)コロンバスの提案概要

全ての人の交通アクセス性向上を掲げたコロンバスの提案

コロンバスの提案は、街中にセンサを張り巡らせて取得した移動データや、公共交通の利用状況などの交通データおよび移動の目的となる医療、学校、食料品など交通以外のデータも含めた様々なデータを基に、交通を改善し、住民のみならず旅行者も含めた全ての人の交通手段の選択肢を増やし、交通アクセス性を向上させることを目指している。

具体的には、移動データを元に、バス路線を拡充し、商業地区においてバス停から目的地までのラスト／ファーストワンマイルを自動運転で提供したり、貧困地区ではカーシェアや自転車シェアとバスを組み合わせ、雇用の多い地区への交通アクセス性を向上させたりすることが進められる予定である(【図表 6】)。

人や物の移動が改善されたかどうかについては、様々なデータを計測し、実証実験の効果として測定、評価される予定である。

【図表 6】コロンバスの提案(一部抜粋)

都市全体: リアルタイム交通・人物流データ	都市全体にセンサを張り巡らせリアルタイムの移動データを取得、分析 →情報提供、規定の様式でデータを公表
バスを活用した交通網拡充	市街中心部を走る道路でバス路線を拡充、ラストワンマイルサービス、シェアードサービスと統合し、住民の交通アクセス向上
EVの拡大	指定地域でスマートグリッドを拡大、EVに適合した都市へ シェアードモビリティ業者に対してEV利用を促進
商業地区:自動運転を活用したラストワンマイル	公共交通の乗換拠点からのラスト／ファーストワンマイルを自動運転を活用して提供
貧困地区:交通アクセス提供と歩道のスマート化	シェアードモビリティ(カーシェア、ライドシェア、自転車シェア等)とバスを組合せ、雇用の多い地区や医療機関への交通を提供 Wi-Fiを備えたスマート街灯などにより安全性を向上させる
貧困地区:現金ベースのスマート支払システム	現在のシェアードモビリティはクレジットカード登録が前提 →現金ベースでのスマート支払システムを構築

(出所)Smart Columbus HP よりみずほ銀行産業調査部作成

（2）Smart Columbus の詳細およびスケジュール

コロンバスの実証実験は Smart Columbus という名称で進められており、2020 年を期限とするプロジェクトである。

市内 4 地区を中心に実装

Smart Columbus は、市内中心部の Downtown 地区、商業区域である Eaton 地区、比較的所得の低い層の居住地域である Linden 地区、企業の物流拠点が集中する市内南部の Rickenbacker 地区の 4 区域を中心に実装される。

コンセプトは 4 つのシステムで構成され、15 のプロジェクトを実施

Smart Columbus のコンセプトは 4 つのシステムで構成される（【図表 7】）。これらシステムを基に 15 のプロジェクトが実施され、11 のワーキンググループによって推進される予定である（【図表 8】）。Smart Columbus への参加を希望する団体や企業は、ワーキンググループ単位で募集されている。

データ共有システムが先行して計画、設計される

これらのうち、「統合的なデータ共有（Integrated Data Exchange／IDE）」という、移動データを始めとするデータを共有するシステムが、他のシステムに先んじて計画、設計されている。なぜならば、データを活用することで、都市の課題を発見できることに加え、本実証実験の評価指標となる移動の改善状況の計測に必要となるからだ。

2016 年から 2017 年にかけて、計画策定や 4 つのシステムの基本設計が進められる。2018 年から実装やテストが開始され、2019 年からオペレーションが開始されるスケジュールとなっている（【図表 9】）。2018 年からデータ収集が進み、2019 年頃から本格的にデータ分析、活用が進んでいく予定である。

2025 年にかけて成果を他都市に展開予定

2020 年までの実証実験であるが、それ以降もスマートモビリティ化は進められていく。実験期間中に基本的な都市の交通プラットフォームを構築し、2025 年頃にかけて、構築したプラットフォームを他の都市へ展開していくことを展望している。

【図表 7】コンセプトを実現する 4 つのシステム

統合的なデータ共有（Integrated Data Exchange／IDE）	様々なデータを統合し、ユーザーの意思決定や問題解決を促進するオープンなプラットフォーム。成果計測指標として活用。
コロンバスのコネクテッドな交通ネットワーク（Columbus Connected Transportation Network／CCTN）	人々、モノ、サービスとコネクテッド化された交通システム。データを元にインフラの高品質化や交通の最適化を進める。
ヒューマンサービスの強化（Enhance Human Services／EHS）	高齢者、貧困層、視覚障碍者を含めたあらゆる住民や旅行者が移動をより簡単に出来るシステム。
電気自動車のインフラ（Electric Vehicle Infrastructure）	EVの充電インフラの拡充、公共、民間、シェアリング向け自動車などでのEVの使用を促進する。

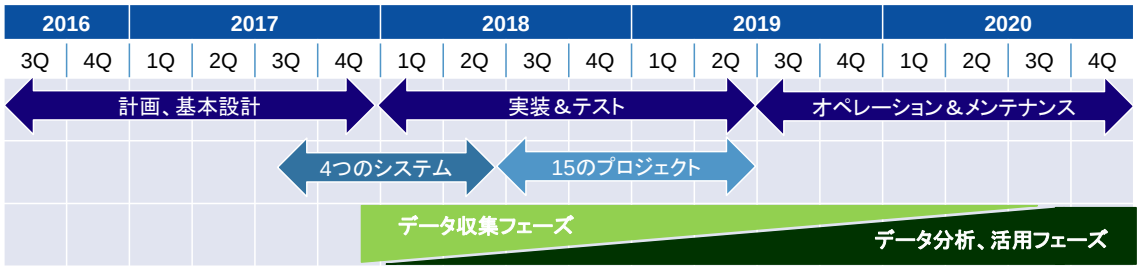
（出所）Smart Columbus 資料よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 8】4 つのシステムを構成する 15 のプロジェクト

プロジェクト	概要	Working Group
Integrated Data Exchange（IDE）	ダイナミック（即時）でクラウドベースのプラットフォーム。既存の交通データ、フードパントリーやメディカルサービスプロバイダーなどの様々なデータを統合できる。よりよい意思決定やすべてのユーザーの課題解決に役立つ。	Data and Analytics Working Group
Connected Vehicle Environment	コロンバス市の高速回線環境を活用し、人々、クルマ、インフラ、交通事業者を安全に、シームレスに接続する。	Connected Vehicle Environment Working Group
Common Payment System	移動計画の策定と支払を1つのアプリケーションに集約。住民は様々な手段で移動を行い、1枚のカードで支払うことが出来る。デビットカードやクレジットカードを持たない人でもカーシェア、バイクシェアを使えるように構築する。	Connected Traveler Working Group
Multi-Modal Trip Planning		
Smart Mobility Hubs	バイクシェアやカーシェアを使ってバス停へのアクセスを高める。キオスクが設置され、顧客は便利に移動することができる。	First / Last Mile Working Group
Enhanced Permit Parking	駐車をより効率的にするシステム。住民や来訪者が駐車場を予約することができるものなど。ドライバーの駐車場探しによる混雑を緩和する。	Downtown Parking Working Group
Event Parking Management		
Delivery Zone Availability	荷降ろし場のリアルタイム空き状況を提供することで、ドライバーたちが混雑を回避し、厳しいスケジュールに間に合わせることが出来るようになる。	
Smart Street Lighting	モーションセンサー及びFree Wi-Fiを備えたLED街灯を設置する。	Smart Street Lighting Working Group
Transit / Pedestrian Collision Avoidance System	バスに安全システムを導入する。歩行者との衝突事故の可能性をバスの運転手に警告する。バス運営会社にレポートされ、バスのルートやスケジュールを策定するシステムと統合する。	Transit / Pedestrian Safety Working Group
Mobility Assistance for people with Cognitive Disabilities	視覚障碍を持つ人々の移動計画策定や支援を行うアプリ。	Mobility Assistance Working Group
Connected Electric Automated Vehicles	ラスト／ファーストワンマイルの移動手段を商業地区に導入。コネクテッドな自動運転EV及び複数の無接触充電ステーションも設置される。	Autonomous Working Group
Truck Platooning	物流区域に大型車両の隊列走行を導入することで、燃料の無駄を削減し、排気ガスを減らす。	Track Platooning Working Group
Oversize Vehicle Routing	大型トラック向けに狭い道路や低い車両しか通れない道路を避けることが出来るシステムを提供し、より安全な交通環境を実現する。	Smart Logistics Working Group
Interstate Truck Parking Availability	ロングホイールのトラックドライバー向けの駐車場情報を提供し、より安全で効率的な移動を可能にする。	

（出所）Smart Columbus 資料よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 9】Smart Columbus のスケジュール



（出所）Smart Columbus 資料よりみずほ銀行産業調査部作成

（3）Smart Columbus から得られる示唆

現状は計画、基本設計の段階

当初のスケジュールにある通り、現在は計画、基本設計の段階であり、コンセプトの立案ならびに都市の課題に対してどのような技術、製品、サービスが適用できるのか、システムの要件定義などの検討が進められている。資金面では、Smart City Challenge 優勝都市向けの賞金や企業からの技術供与の他に、他の企業や団体、大学から、約 5 億ドル相当の技術供与及び寄付が集まっている。

現時点では具体的な実装には至っていないものの、Smart Columbus での検討過程からは、スマートモビリティの実現の要件、およびそれを獲得するための課題解決の手法についての示唆を得ることが出来る。

①スマートモビリティの実現の要件と課題

スマートモビリティの実現に必要な要件

スマートモビリティは、データを収集、分析し、人や物を各交通モードに最適に配分することによって実現される。すなわち、以下の状況を達成することが要件となる。移動データを始めとする様々なデータが取得、共有されていること、移動を提供する対象およびデータの取得元としてのユーザーの受容が得られること、データを取得、分析し、人や物を各交通モードに最適に配分し、移動させるための様々な技術が統合されること、それらを実装及び運用する資金の収支が合うこと、そして、スマートモビリティを実装し、運用するプロセスが確立されることである。

夫々の要件を充足するには課題が存在する

こうした要件を充足するには、様々な課題が存在する（【図表 10】）。ここでは、まず、データの取得、共有を例に取る。ユーザーからデータを取得するためには、ユーザーに対してデータを提供することによるメリットを示す必要がある。しかし、データを取得、収集してみなければ、どのようなメリットが生じるのかは分からない。また、企業が保有しているデータについても、各企業は、自社のデータを出したくはない。従って、取得されたデータは共有されず、利活用は進まないと考えられる。

パイロットプロジェクト、市政府と企業の連携

こうした課題に対して、コロンバスでは、パイロットプロジェクトを通じたデータ取得と、市政府と企業の連携によるデータ共有に着手している。前者は、例えば、コネクテッドビークルの実証に際して 3,000 人のボランティアを募り、データを取得し、どのようなメリットが生じるのかを探るといった、いくつかのパイロットプロジェクトを実施する。データの提供に理解のあるボランティアから取得したデータを活用することで、ユーザーに提供しうるメリットを創出することが出来る。こうした実証を通じて明確になったメリットを示すことで、より広い対象、地域へと実証を拡大する。後者は、コロンバスにおける、市政府と企業の強い連携を活用することを想定している。例えば Columbus Collaboratory という、コロンバスに本社を置く企業[3]で構成された協働組織があり、サイバーセキュリティなどの企業を超えた課題に取り組んでいる。このような相互に信頼のある企業間で連携し、データ共有によるメリットを創出していくことで、他の企業の参加を促すことを想定している。

[3] American Electric Power（電力）、Battelle（研究所）、Cardinal Health（医療機器）、Huntington（銀行）、Lbrands（アパレル）、Nationwide（保険）、OhioHealth（ヘルスケア）の 7 社

スマートモビリティにおけるビジネスは試行錯誤の中で創出されている

また、いかに投資および運用コストを上回る収入を獲得するのか、すなわち、いかにビジネス化するのかについても、スマートモビリティ実現の要件である。これに対して Smart Columbus では、スマートモビリティの便益は何か、誰がそれを享受するのかを明らかにし、受けた便益を評価することで、それに見合う対価を受益者から収受することを考えている。例えば、都市部においては、ドライバーの駐車場探しが渋滞の要因の 1 つである。センサを活用し、駐車場の空きデータを共有するといった手段によって渋滞が解消された場合、一義的な受益者は、その場所で駐車したい、もしくはそこを通過したい個人であるが、その便益を金額換算することは難しく、渋滞解消の対価を個人から受け取ることは困難である。しかし、データを活用し、渋滞解消によって売上が増加した付近の店舗を見つけ出し、彼らが受けた便益を定量的に示すことが出来れば、その対価を収受することも可能になる。新たに便益を受ける人を見つけ出し、対価を収受する仕組みを作ることは、ビジネスを創出することと同義である。このように、スマートモビリティにおけるビジネスは、課題解決に向けた試行錯誤の中で形作られていくと考えられる。

【図表 10】スマートモビリティ実現の要件と課題

要件		課題（例）
データの取得、共有	移動データ、その他様々なデータが取得、共有される	• どのようなデータを取得するのか • データの取得に関するユーザー受容性 • 各企業が取得したデータの共有 • 個人情報の取り扱い、データセキュリティ
ユーザーの受容	ユーザーがスマートモビリティを活用し移動する	• ユーザーのスマートモビリティの受容性
技術の統合	スマートモビリティを実現するための複数の技術を統合する	• どのような技術、製品、サービスが必要なのか • 複数の企業の連携、調整
実装および運用の資金	実装する資金が確保される 投資および運用コストを上回る収入を得る	• 実装する資金の確保 • 運用コストを誰が負担するのか（≒いかにビジネス化するのか） • 複数の企業間での利益配分
実装および運用のプロセス	コンセプトをシステムに落としこみ、ユーザーを巻き込み、プロジェクト化し、推進する	• どのような手順なのか • 誰を巻き込めばいいのか • どのようなデモンストレーションをいつ行うのか

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

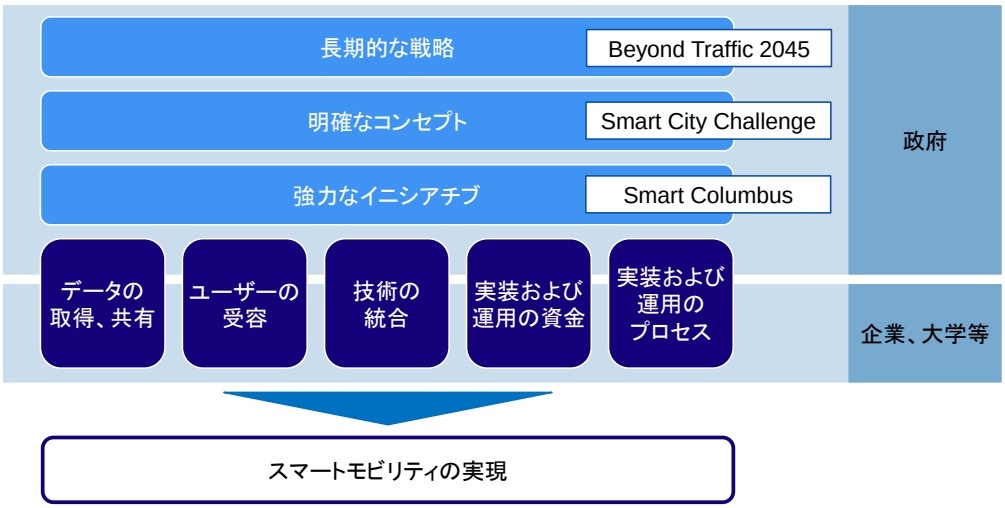
多数の関係者の試行錯誤を通じて実現される

スマートモビリティは、単に技術があれば実現出来るのではなく、課題を洗い出し、様々な企業や自治体などの関係者が協働して試行錯誤しながら解決していく一連の活動を通じて実現される。

課題解決に向けて関係者を糾合する仕掛けが必要

では、こうした関係者の協力関係を築くためには何が必要なのだろうか。Smart Columbus においては、政府が、“Beyond Traffic 2045”でメガトレンドに基づいた長期戦略を示し、Smart City Challenge に際して明確なコンセプトを打ち出して賛同する企業を募っている。また、運営にあたっては、連邦並びに地方政府が、企業と密にコミュニケーションを取りながら、イニシアチブを発揮して推進している。このように、共有できる戦略を示し、明確なコンセプトを打ち出して、強力なイニシアチブを取って関係者を糾合する仕掛けが必要である（【図表 11】）。

【図表 11】スマートモビリティを実現する仕掛け



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

既存産業や雇用への過度な配慮をせず、果敢にイノベーションに挑戦することが必要

一方、スマートモビリティを進めることによって、既存の産業や雇用が失われる可能性があるという負の面に目が向けられることがある。しかし、都市への人口集中が見込まれる中、情報技術を駆使し、交通アセットを効率的に活用して移動を最適化させることは不可欠であり、その流れは恐らく止められないであろう。米国政府が“Beyond Traffic 2045”で「未来志向で考える」と表明しているように、既存産業への過度な配慮をしていては、イノベーションを実現することは難しい。従って、スマートモビリティに果敢に取り組み、過渡的に発生する雇用のミスマッチに対しては、セーフティネットを用意することが必要であろう。例えば、Smart Columbus では、自動運転化によるバスやタクシー運転手の雇用減少に対しては、バス車内の乗客向けサポートなど、人の介在を残すことで一定の雇用を維持しつつ、併せて職業訓練も実施していくとしている。

②Smart Columbus の展開可能性

Smart Columbus はその成果を米国内外に展開するとしている。展開できる成果と展開しうる地域について検討したい。

米国政府は、米国内での展開を意識してコロンバスを選定したと推測される

Smart City Challenge の最終候補都市には、公共交通が発展しており、データの公開なども進んでいるサンフランシスコやポートランド等の都市もあった。しかし、その中で、米国運輸省がコロンバスを選定したのは、コロンバスの提案が優れていたという点だけでなく、米国内の他の都市へ展開しやすいという意図があったと推測される。コロンバスは先に述べた通り、米国の典型的な中規模都市であり、都市内の交通分担率の 8 割以上が乗用車となっている。こうした地域での交通に係る諸問題こそ、今後米国の多くの都市が同様に直面するものであると考えられ、コロンバスでの成果は他の都市にも適用出来るだろう。

課題解決のノウハウ、データ共有の仕組み、プロセスが展開しうる

もっとも、都市は各々成り立ちが異なることから、Smart Columbus の成果をそのまま展開することは難しい。しかしながら、スマートモビリティ実現に向けた課題解決のノウハウや、システムを構築し、実証を進めるといったプロセス、データ共有の仕組みは、他の都市でスマートモビリティを進めるにあたり、活用出来るだろう。

展開する地域は、ニーズの大きさ、前提条件の双方が必要

米国以外の地域への展開可能性を考えるにあたっては、その地域がスマートモビリティを必要としているかというニーズの大きさと、実装するための前提条件に依るところが大きい。ニーズの大きさを図るものとしては、都市化、高齢化の度合い、物流の増加や予算の制約などが考えられる。また、実装するための前提条件は、交通や通信環境などのインフラ面、データの共有可能性、政策・制度的な柔軟性、ユーザーの受容性の高さが考えられる。

4. 日本における課題

本節では、スマートモビリティを進めるに当たっての日本における諸課題について、日本企業ならびに政府夫々の観点から論じたい。

(1) 日本企業に求められること

都市交通にかかる取り組みを進める自動車業界各社

スマートモビリティが進展すれば、自動車産業に求められることは、単に自動車を製造し、販売することから、その自動車をいかに効率的に運用してモビリティを提供するのかということへと拡大していくだろう。そのためには、自動車のみならず、他の交通モードとの連携も欠かせない。自動車業界各社は、こうした新たに求められる領域での自社の役割を探るべく、様々な取り組みに着手している(【図表 12】)。なお、本章で採り上げている Smart Columbus には、ホンダが参加を表明している。

ビジネスを創出、機会拡大するためには、当事者となることが必要

前節で触れた通り、スマートモビリティにおけるビジネスは、スマートモビリティを実現していく試行錯誤の過程で創出されていく。従って、日本企業がビジネス機会を拡大していくためには、スマートモビリティを実現していく当事者として他社とともに試行錯誤することが必要である。各社は、自社の取り組みがそうした観点で十分といえるのか、再度確認することが必要であろう。

【図表 12】日米欧の自動車メーカー各社の都市交通に関する取り組み

	都市交通に関する取り組み	詳細
ホンダ	Smart Columbusに参加	数百台のEV、コネクテッド車を提供
ルノー・日産	仏Transdev社と共同開発	パリでオンデマンド配車や運行管理、経路選択のプラットフォーム検証
	日DeNAと共同開発	日産の自動運転車両を活用した交通サービスのプラットフォーム開発
トヨタ	豊田市で都市交通システム実証	パーソナルな乗り物と公共交通の最適な組み合わせの都市交通サポートシステムHa:moの実証運用
Volkswagen	モビリティ会社MOIA設立 独ハンブルク市と戦略的提携	ハンブルク市と「都市モビリティのソリューション開発」で協力 都市モビリティコンセプトを構築
Ford	米国で公共バス運営受託に参入	ライドシェアChariot社の技術を活用し、公共バスの運営受託を目指す 都市インフラと一体の新サービスを自治体と協力し開発していく方針

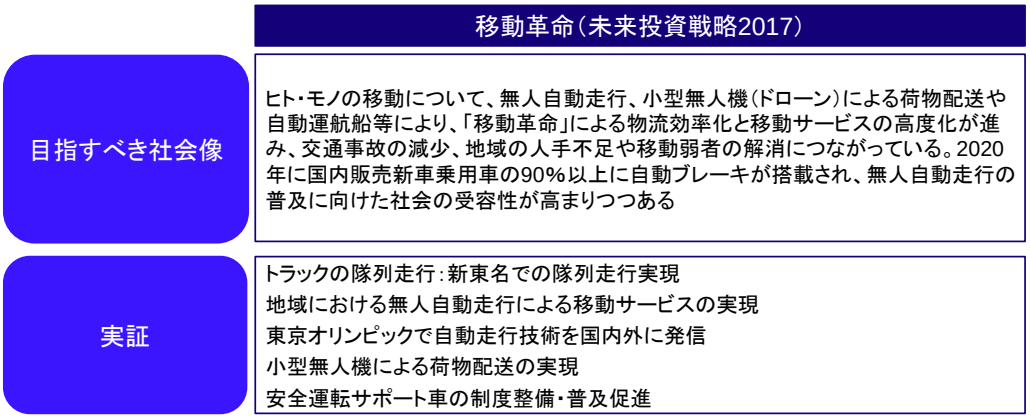
(出所)各社公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(2) 日本政府に求められる政策

日本の政府の成長戦略の戦略分野「移動革命」

日本におけるモビリティに関する政府方針としては、2017 年 6 月、安倍政権の 5 度目の成長戦略として閣議設定された「未来投資戦略 2017」の戦略分野の 1 つとして、「移動革命」が掲げられている(【図表 13】)。

【図表 13】日本政府による「移動革命」



（出所）首相官邸 HP「未来投資戦略 2017」よりみずほ銀行産業調査部作成

個別の技術を積み重ねるだけでは移動を抜本的に変えることは期待しにくい

「移動革命」では、期待されるテクノロジーとその効果が謳われており、様々な地域での個別技術の実証実験を予定している。しかし、移動を革命的に変えるには、あらゆるテクノロジーを統合していくことが必要であり、個別の技術を積み重ねるだけでは難しい。また、期待するテクノロジーを列挙するだけでは、多数の関係者を糾合する仕掛けとして十分とは言えない。

日本においてもスマートモビリティが求められる

では、日本における移動を革命的に変えるというのはどういうことであろうか。日本の交通の課題は、高齢化の進行による交通弱者の増加や、物流の肥大化が挙げられる。その一方で、交通アセットに割ける予算に限りがあることを勘案すれば、既存の交通アセットをより効率的に活用し、全ての人や物が便利に安価に移動できるスマートモビリティが求められるのではないだろうか。

長期的な戦略、明確なコンセプトを打ち出し、リソースを集中投下してスマートモビリティを実現することも必要

従って、日本において「移動革命」を成長戦略として掲げるのであれば、日本の都市においてスマートモビリティを実現し、その中で人や物の移動を最適化し、生産性を高める必要があるだろう。そのためには、政府は、日本における交通の長期的な戦略の下に明確なコンセプトを打ち出し、意欲のある企業や団体、自治体などの関係者を糾合することが必要ではないだろうか。そして、意欲のある日本の典型的な都市を 1 カ所選定し、リソースを集中投下することも一考に価するだろう。

5. おわりに

自動車のデジタル化の進展は、都市における交通のあり方を大きく変える可能性がある。その過程において、自動車産業はビジネスモデルを変化させることが求められるだろう。海外ではそれを探るべく、具体的に実証実験や実装が進展しつつある。日本および日本の産業が、将来のモビリティ社会においても世界で競争力を発揮できるよう、果敢に挑戦していくことを期待したい。

みずほ銀行産業調査部
自動車・機械チーム　斉藤　智美
tomomi.a.saitou@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－5. 工作機械／ロボット －ものづくり企業の勝ち筋
～ファナックの「FIELD system」に見る強みの活かし方～

【要約】

- ファナックは、工作機械のコアモジュールである CNC[1]と、FA[2]における重要機器であるロボットにおいて世界的に高いシェアを持つ FA メーカーである。
- ファナックが 2017 年秋に上市を予定する「FIELD system」は、「止まらない工場」を提供価値として掲げる、FA 向けの IoT プラットフォームである。
- 「FIELD system」の大きな特徴は、クラウドとの比較において、その応答の迅速さなどから FA 機器の制御と親和性が高いとされるエッジにプラットフォームを置いていることである。また、「FIELD system」への接続やアプリケーション開発は、他の機器メーカーや IT 企業等の第三者に開放されている。
- すなわち、FA 機器において大きなインストールベースを持つファナックは、ユーザーへの最適な価値提供を目的として、その得意領域と親和性の高いエッジを選択したうえで、適切な第三者と協働しエコシステムを形成する仕組みを開発したと見ることができる。
- これは、機器メーカーによる、ユーザーへの提供価値と自社の事業領域の再定義と言えるとともに、強いインストールベースを持つメーカーによる、エコシステム全体の価値向上に資するプロアクティブな仕組み作りと評価できる。
- 日系企業は、広い意味でのユーザーへの提供価値と自社をとりまくエコシステムとを見渡したうえで、差別化要素・競争力の源泉を今一度見直し、デジタル化と向き合うことが求められる。

1. はじめに

「デジタル化」はバズワードから手段へ

「工場のデジタル化・IoT 化」「つながる工場」と表現される各種の手法・考え方は、一般に、一時のセンセーショナルな扱いを経て、現在は「あくまで手段であり、目的ではない」との評価がされているようだ。

単なる代替手段と捉えては本質を見誤ることも

しかしながら、「手段」と評価する場合に、忘れてはならないことがある。いわゆるデジタル化の要素となる様々な技術は、従来手法の単なる代替手段として用いるだけでは、その真価を発揮できない場合が多い。

好事例としてのファナックの「FIELD system」

本章では、機器に強みを持つ日系メーカーが、従来手法の単なる代替の範囲を越えて、デジタル化にプロアクティブに向き合っている事例として、大手 FA 機器メーカーであるファナックが上市を予定している IoT プラットフォーム「FIELD system」を採り上げる。これは、デジタル化の要素となる様々な技術の実用化を契機に、自社のみでは実現が難しかった価値創出とエコシステム形成を同時に行いつつあるものと考えられる。

[1] Computerized Numerical Control（コンピュータ数値制御）。工具の移動量や回転数等をコンピュータ制御する機能を持ち、今日では先進国で製造されるほとんどの工作機械に実装されている。
[2] Factory Automation（工場における生産自動化システム）。その構成要素は多岐にわたり、例えば検知のためのセンサー、制御（判断・指示）を行うコントローラー、それにより稼動するロボットや工作機械等が含まれる。

2. ファナックの FIELD system

(1)ファナックについて

CNC・ロボットで世界トップクラス

ファナックは、工作機械の重要モジュールである CNC と、FA における重要機器であるロボットにおいて世界的に高いシェアを持つ[3]FA メーカーである。

制御ノウハウを持つ

その製品ラインナップには、CNC を用いる工作機械と、工作機械・ロボットの物理的制御におけるコアパーツであるサーボモーター[4]が存在する。ここからは、当社が単なるパーツメーカーではなく、垂直統合的に制御に関するノウハウを持っていることが示唆される。

AI など、自社ノウハウとシナジーのある技術導入に積極的

また、ファナックは自社製品に AI 技術を活用する取組みで知られる。AI 企業である Preferred Networks との資本業務提携を通じて、AI を自社製ロボットや工作機械へ実装する取組みを行っている。このように、ファナックは「機械メーカー」ではあるが、制御に関する統合的なノウハウを持ち、自社ノウハウとの相乗効果が想定される新たな技術の導入にも積極的な企業と言える。

(2)FIELD system について

上市予定の IoT プラットフォーム、特徴はエッジ

FIELD system は、ファナックが 2017 年秋に上市を予定する IoT プラットフォームである。FIELD system の特徴は、データ収集や蓄積機能と、データ分析やサービス機能を担うアプリケーションとの双方が、いずれもエッジコンピューティング[5](以下、エッジ)上に存在することである。

クラウドと異なる特性

【図表 1】のように、エッジはインターネットへの接続が不要であることから、インターネット経由のサイバー攻撃を受けず、また機器から IoT プラットフォームへのデータ通信に必要な時間が短いという特徴を持つ。これらの特徴から、エッジはクラウドとの比較において、サイバー攻撃に敏感な企業に受け入れられやすいと言われる。また迅速さが要求される制御系において、ミドルウエアやアプリケーション(【図表 2】)の接続場所として有利とされている。

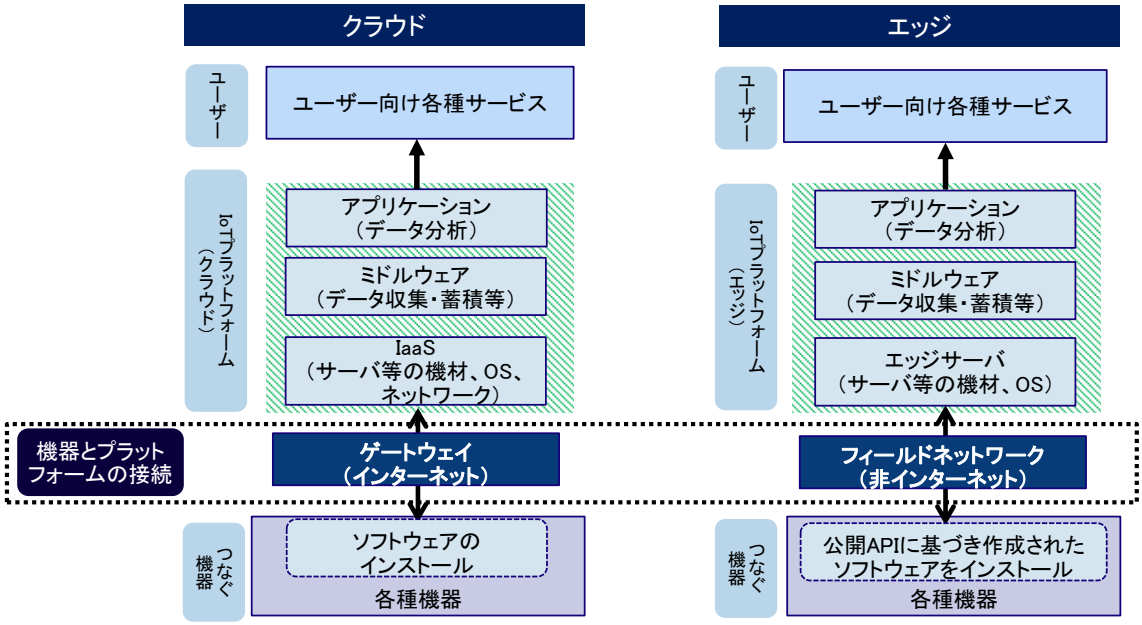
【図表 1】IoT プラットフォームにおけるクラウドとエッジの主な相違点

	クラウドプラットフォーム	エッジプラットフォーム
インターネットへの接続	必要	不要
インターネット経由のサイバー攻撃	あり	なし(インターネットに接続しない場合)
通信所要時間(注)	約1秒	約0.01秒
データの収集源	複数の企業、工場(限定なし)	1つの工場に限定
IoTプラットフォームでの採用企業例	GE、Siemens、ABB、日立製作所	ファナック、三菱電機

(出所)みずほ銀行産業調査部作成
(注)機器からデータを取得し、データに基づく分析結果フィードバックを行うまでに必要な時間。
データの大きさや通信速度等が影響するため、記載の時間は参考数値

[3] 各種資料によれば、CNC は切削型工作機械向けで半数以上のシェアを持ち、産業用ロボットは世界四大メーカーの一つ
[4] 回転の角度や速度を高精度に制御可能なモーター。ロボット・工作機械等、高い制御精度が求められる機械で使用される
[5] データサーバーの一種。クラウドコンピューティングと比較してユーザーにより近い場所に設置され、データ処理のリアルタイム性が高い

【図表 2】IoT プラットフォームの模式図

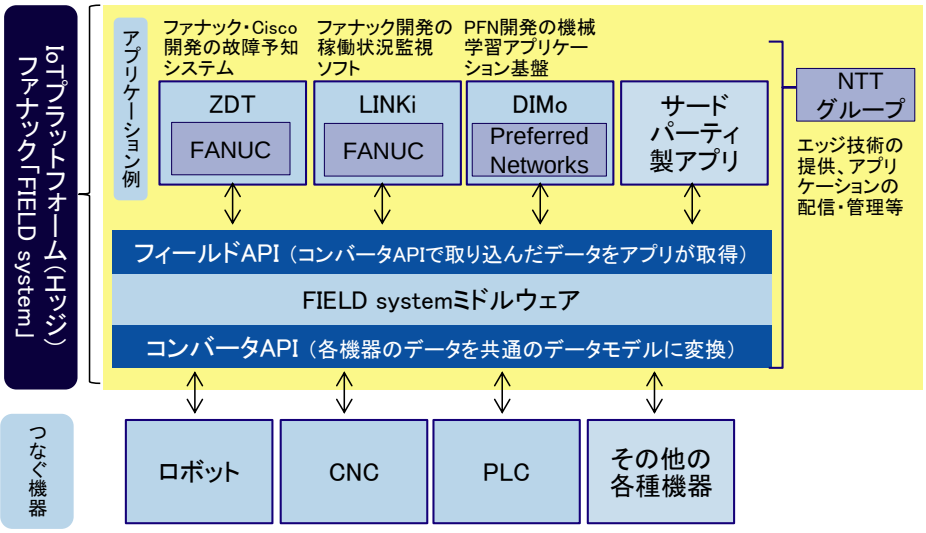


（出所）各社公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）IoT プラットフォームは、各種機器をデータサーバー（クラウドもしくはエッジ）に接続、データを取得、蓄積し、データの分析を行う基盤を提供するサービス

第三者が接続可能なオープンプラットフォーム

また、FIELD system は、第三者の機器やアプリケーションを接続可能との意味で、オープンプラットフォームである。FIELD system は、【図表 3】に示すフィールド API とコンバータ API を公開し、それに則ることで第三者が機器の接続やアプリケーションの開発が可能となる仕組みとされている。

【図表 3】ファナック「FIELD system」模式図



（出所）ファナック公表資料、各種報道よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）PLC は Programmable Logic Controller の略。作成されたプログラムに従い制御を担う機器

3. 想定される FIELD system の意義

(1)IoT プラットフォームとしての独自性とその目的との親和性

各社各様の IoT プラットフォーム

【図表 4】は、機器メーカーとしての事業ポートフォリオを持つ企業が手掛ける製造業向け IoT プラットフォームの例を示している。

共通項は得意領域に親和性の高い選択

これら IoT プラットフォームの共通の特徴は、それぞれの企業の元来の得意領域で必要とされるデータ量や速度との親和性に応じて、クラウドもしくはエッジを選択していることである。

クラウドとエッジはデータ量とフィードバック間隔での向き不向きあり

第 2 節で述べたとおり、クラウドはインターネットに接続する。その性質上、企業単位や工場単位を超えての大量のデータ収集や分析には適しているが、応答の迅速さはエッジに劣る。すなわち、大量に収集したデータの分析結果を日単位あるいは時間単位でフィードバックすれば足りる一般的なアプリケーションには、概ねクラウドが適している。一方、CNC や工作機械の制御を目的とする場合のように、収集したデータの分析結果を秒単位、あるいはそれ以下の単位でフィードバックすることが不可欠な場合、エッジの選択が必要になる。

FIELD system はその目的に適うエッジを選択

FIELD system は「止まらない工場」を提供価値として掲げる。したがって、CNC やロボットのデータを秒(およびそれ以下の)単位で扱う必要性が高いと想定される。その目的に適うプラットフォームが、世界的に見れば独自性の高いエッジであったと言える。

【図表 4】IoT プラットフォーム提供各社との比較を通じたファナック「FIELD system」の特徴

	GE 「Predix」	Siemens 「Mind Sphere」	ABB 「ABB Ability」
クラウド/エッジ	クラウド	クラウド	クラウド
つなぐ機器の強さ (業界順位)	・民間航空機エンジン:業界首位 ・ガスタービン:業界首位 ・風力発電:業界2位 ・医療機器:業界3位	・PLC:業界首位 ・CNC:業界2位 ・ガスタービン:業界2位 ・送配電:業界2位 ・鉄道:ビッグ3の一角 ・医療機器:業界5位	・送配電機器:業界首位 ・ロボット:四大メーカーの一角 ・モーター:N.A.

	日立 「Lumada」	ファナック 「FIELD system」	三菱電機 「FA-IT Open Platform」
クラウド/エッジ	クラウド	**エッジ**	エッジ
つなぐ機器の強さ (業界順位)	・ガスタービン:業界3位(MHPS) ・医療機器: US業界4位、MRI業界5位 ・鉄道:N.A. ・昇降機:N.A.	・**CNC:業界首位** ・**ロボット:四大メーカーの一角** ・**射出成形機:業界10位内** ・**工作機械:N.A.**	・PLC:業界3位 ・CNC:業界3位 ・ロボット:N.A. ・工作機械:N.A.

ファナックは、エッジを活用したIoTプラットフォームを展開

- ✓ 「止まらない工場」が目的
- ✓ FAと親和性の高いエッジを選択

(出所)各社公表資料、日本経済新聞等よりみずほ銀行産業調査部作成
(注)US(Ultrasonography)は超音波診断装置

（2）ファナックの事業との親和性と今後の発展可能性

従来からファナックが講じる多様な方策の一環でもある

FIELD system では、現在発表されているアプリケーションも、故障の予兆検知をはじめ、「止まらない工場」の目的に適うものが多い。その意味では、FIELD system は、ロボットの稼動安定性の向上など、従来からファナックが講じている多様な方策の一環としての性格を持つ。

他方、強いインストールベースはプラットフォームの発展に有効

他方、FIELD system のオープンプラットフォームとしての性格と、ファナックの CNC・ロボットにおける強いインストールベースとは相乗効果を生み出し得る。インストールベースは、各種データの源泉である。一般に、アプリケーション開発者にとって魅力的なプラットフォームは、分析対象となるデータおよびそれを利用するインストールベースの多いものである。そして、多数の有用なアプリケーションが開発されれば、ユーザーにとってのプラットフォームの魅力度が向上し、その結果、さらに多数のプラットフォーム参加者（アプリケーション開発者に加え、工作機械等の機器メーカー）を誘引することになる。

工場の安定稼動という分野での共通のインフラとしての潜在力

このような好循環が生み出されることになれば、FIELD system は、ファナック以外の FA 機器メーカーにとっても使い勝手の良いものとなるだろう。このように、FIELD system は、工場の安定稼動という分野における、ハードウェア・ソフトウェア双方の企業からなるエコシステムの「共通のインフラ」として発展を遂げる潜在力を秘めている。

（3）想定される FIELD system の影響

想定される影響を考察

このように、FIELD system が、工場の安定稼動における「共通のインフラ」として発展した場合に想定される影響を、ユーザー産業、FA 機器（工作機械・ロボット）産業に分けて考察する。

ユーザー産業には生産性の向上と新規参入の容易性

ユーザー産業にもたらされるものは、その企業の元来の水準によって差はあるものの、生産性の向上効果である。とりわけ既存のノウハウに乏しい新興メーカーにとって、一定のノウハウを FIELD system（上のアプリケーション）を通じて得ることが可能になれば、既存事業の生産性向上や製造業への新規参入を後押しする効果があるだろう。

FA 機器メーカーにはサービスビジネス開発の機会

FA 機器（工作機械・ロボット）産業など、元来 IT 系の機能を持たない企業にとっては、自社製品の故障の予兆検知などサービスビジネス開発の機会となり得る。特に、製品が概ね多品種少量であり、製品開発に物理的な「すり合わせ」の性格が強い工作機械産業には中小規模の専業企業が数多く存在する。これらの企業の全てが自らエッジにプラットフォームを形成するのは現実的ではない。共通インフラとしての FIELD system は、多数のメーカーにとって、その提供する機器の性格に合致したサービスの開発基盤になると考えられる。

（4）FIELD system が切り開き得る「ものづくり企業の勝ち筋」

FIELD system はメーカーによるプロアクティブな ICT 活用

これまで見てきたように、FIELD system は、様々な ICT 技術を、単なる従来手法の代替として用いているわけではない。すなわち、あくまで「止まらない工場」という普遍的なユーザーニーズを起点としながらも、その提供手段を「自社製品の高度化への ICT 活用」にとどめることなく、従来存在しなかった方法を創出している。結果的に、ファナックは FIELD system を通じて、自社の事業領域を再定義していると見ることができ、以下三つの観点において、日系 FA 機器メーカーにおけるプロアクティブな仕組み作りの嚆矢と言えるだろう。

一つ目はビジネスモデルの変化

一つ目は、ビジネスモデルの変化である。従来、「止まらない工場」という価値を、FA 機器メーカー自ら提供するのは困難であった。一般にユーザーは、複数企業から、FA 機器を含め必要な機器類を購買する。それらを統合して工場の生産性を向上させるのも、ユーザー自身であった。

従来の機器メーカーの事業領域にとらわれない価値創出

近時、センサーの低価格化やビッグデータ分析手法の高度化、エッジコンピューティングの発達がなされている。ファナックは、従来の機器メーカーの事業領域にとらわれることなく、それらの技術を活用して、機器メーカー側が IoT プラットフォームを通じて価値提供するエコシステムを創出しつつある。その結果、ファナックのビジネスモデルには、「機器の開発・製造・販売・アフターサービス」に加えて、「ユーザーの工場運営に対するサービス」が追加されることになる。

二つ目は自社の事業領域の積極的防衛

二つ目として、自社の事業領域の積極的防衛との側面を挙げておきたい。現在、Siemens や ABB など、広義の FA 機器メーカー（ABB はロボットメーカーでもある）が製造業向けのクラウドサービスを提供している。先に述べたとおり、ファナックの FIELD system はエッジの特性を活用しており、これらのクラウドサービスとは棲み分けることとなるだろう。

結果としてのクラウドからの価値侵食防止と棲み分け

しかし、仮に FIELD system などのエッジを利用した IoT プラットフォームが存在しなければ、例えば工作機械・ロボットのメンテナンス支援など「クラウドとエッジのいずれでも可能な価値提供・アプリケーション」は、当然ながらクラウド側に収斂していくことになる。その一部には、本来 FA 機器メーカー側が提供できた価値が含まれているかもしれない。結果的に、FIELD system は製造業のクラウド系 IoT プラットフォームとの棲み分けを可能とし、価値の侵食可能性を先んじて防止したと見ることもできる。

三つ目は他社も含めたエコシステム全体の価値向上

三つ目は、他社も含めたエコシステム全体の価値向上である。ファナックは、先に述べた CNC・ロボットにおける強いインストールベースを持つことから、FIELD system の潜在的なエコシステムの範囲は大変広い。先に述べた中小規模の工作機械メーカーが典型であるが、FIELD system は、日本の「ものづくり」の強みの源泉を形づくってきた FA 機器メーカーにとって、ICT の利活用を通じて競争力を高める基盤となり得るだろう。FIELD system は、自社のみならず、関連する産業も含めた競争力向上に資する仕組みと見ることができる。

強い製造業にとっての勝ち筋のパターン

このように、FIELD system は、「強い製造業」が「従来の事業領域にとらわれることなく」「豊富なインストールベースを活かしてエコシステムを創出し、その全体の競争力を向上させる」取組みと言える。これは、FA 機器メーカーのみならず、多様な「ものづくり企業」にとって示唆のある「勝ち筋のパターン」ではないだろうか。

4. 日本の「ものづくり企業」への示唆

（1）FIELD system に想定される課題

諸課題も想定

これまで、FIELD system の発展を前提として論を進めてきた。一方、その姿に至るまでには、独自のモデルの先行者であるがゆえの諸課題が想定される。

既存の業界慣行や参加者のビジネスモデルとの調和

一つには、既存の業界慣行や、プラットフォーム参加者が既に築いているビジネスモデルとの調和が挙げられる。例えば先に挙げた工作機械メーカーは、それぞれ自社機器の品質保証・保全・アフターサービスについて、暗黙知を含めたノウハウを持つ。暗黙知の形式知化は、一般に容易ではない。精妙なすり合わせの代表格と言われる工作機械において、数十年以上を経て蓄積された暗黙知なら、なおさらである。これらの参加者が IoT プラットフォームを存分に利活用するまでには、時間に加え、例えば各メーカーの既存の品質保証の考え方・手法との調和のため、例外や経過措置など、多様な工夫が必要となるだろう。

クラウドベースプラットフォームとの棲み分け方と組み方

また一つには、各種のクラウドベースのプラットフォームとの「棲み分け方」と「組み方」とが挙げられる。前節で述べたとおり、FIELD system はクラウドベースのプラットフォームと棲み分けることになるだろう。エッジとクラウドのどちらかだけで、ユーザーニーズの全てが解決するわけではない。必ずしも応答の迅速性を求められないアプリケーションを中心に、世界中から大量のデータが集まり得るクラウドプラットフォームが優位となる領域も多い。クラウドベースのプラットフォームとは互いの得意領域での棲み分けに加え、相互の補完関係を活かす組み方が求められよう。「止まらない工場」すなわち迅速な制御が求められる領域を中心とすることを活かして、複数のクラウドプラットフォームとの接続性を持つことは、エッジプラットフォームという領域自体の確立、ひいては FIELD system が創出しつつあるエコシステム全体の強化に資するだろう。

（2）日本の「ものづくり企業」に求められるデジタル化との向き合い方

ICT企業との連携は多いが代替手段にとどまることが多い

日系「ものづくり企業」が、デジタル化の必要性において、ICT 企業との「オープンイノベーション」を行っている事例は多数存在する。その一方で、自社の強いインストールベースを活用し、事業領域を再定義するとともに潜在的なエコシステムを顕在化させ、牽引するまでの例はさほど多くはない。

完成品メーカーに限らず、強い製造業が真に自社の強みを活かすことに期待

ファナックが工作機械の重要モジュールである CNC メーカーでもあるように、牽引役は必ずしも完成品メーカーとは限らない。FA 機器メーカーに限らず、そして完成品メーカーにも限らず、強いインストールベースを持つ企業は、自社の差別化要素と、競争力の源泉とを今一度見直し、デジタル化と向き合うことが求められる。

みずほ銀行産業調査部
自動車・機械チーム　藤田　公子
大西　智敦
kimiko.fujita@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－6. 建設機械 －建設機械メーカーが変える土木工事の現場 ～コマツの「スマートコンストラクション」に見る建設機械メーカーの ICT 活用～

【要約】

◆建設機械における ICT 活用は、1990 年代後半に、建設機械に GPS を搭載することから始まった。その後、インターネットに接続することで、建設機械の稼働等のデータを収集し、解析することにより、建設機械自体のライフサイクルコストの低減等のサービスに発展し、現在では標準的な付帯サービスと位置づけられている。

◆近時は、建設業における生産性向上を目的として、国土交通省が推進する「i-Construction」に対応した、工事支援を行う ICT 活用が進められている。この代表的な事例がコマツの提供する「スマートコンストラクション」だ。

◆「スマートコンストラクション」は、土木工事の複数のプロセスにおける効率化や課題解決を目的とした各種サービスの総称であり、工事現場の課題を、IoT プラットフォームや自動化機器を活用することにより解決する革新的な取り組みといえる。

◆今後、IoT プラットフォームがオープン化されることに伴い、各社がそれを活用してアプリケーションや機器を開発し、サービス提供することも可能となる。

◆建設機械メーカーには、新たなプラットフォームを構築して対抗するのか、既存のプラットフォームを活用して独自のサービスを展開することにより差別化を図るのか、あるいは、機器の提供に徹するのか、戦略上の選択が求められ、競争のあり方が大きく変わる可能性があるだろう。

1. はじめに

ICT 活用は 1990 年に GPS の実装から始まった

建設機械における ICT 活用は、1990 年代後半に、建設機械に GPS を搭載することから始まった。その後、2000 年代にはインターネットに接続されるものも登場するなど、建設機械においては早い段階から「モノのインターネット」が実現されているといえる。

データを活用したサービス提供の領域は更に広がりつつある

メーカー各社は、建設機械から取得した稼働情報等のデジタルデータを活用し、フリートマネジメントやメンテナンス等の建設機械に係るサービスを提供している。足下では、建設機械メーカーの枠を超えて、ユーザーである建設業の工事の支援にまで事業を拡大させる事例も出てきている。

先駆的なコマツの取り組みから影響と示唆を検討

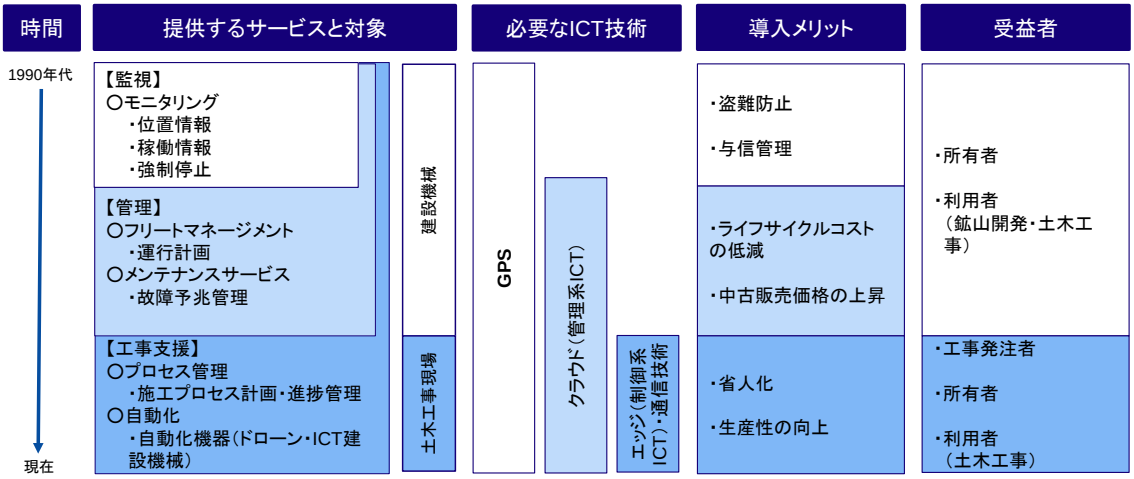
本章では、建設機械におけるデジタルイノベーションの先駆的な取り組みとして、小松製作所（以下、コマツ）の「スマートコンストラクション」を採り上げ、建設機械における ICT 活用の進展がユーザーや建設機械業界に与える示唆を検討する。

2. 建設機械メーカーにおける ICT 活用

ICT 活用は監視、管理、工事支援と進展している

建設機械メーカーにおける ICT 活用を通じたサービスを概観すると、【図表 1】のように、機器の監視および管理から工事そのものの支援へと順に拡大してきた歴史を見て取ることができる。

【図表 1】建設機械における ICT 活用により提供されるサービス



(出所)各社 HP、公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

ICT 活用は 1990 年後半に GPS を搭載することで始まった

1990 年代後半に GPS を搭載することに始まる建設機械の ICT 活用のきっかけは、油圧ショベルが盗難され、強盗に悪用される事件が多発したことによるものである。建設機械メーカーは、GPS の搭載によって位置情報を取得し、監視することにより盗難防止に寄与した。

インターネットに接続し管理サービスが拡充

2000 年代にはインターネットに接続し、建設機械から多くの情報を収集、解析することが可能になった。この情報を活用して、建設機械メーカーは、最適な運行計画支援や故障の予兆管理など、建設機械のライフサイクルコストの低減に貢献できるサービスを提供するようになった。

建設業の課題解決のために ICT の更なる活用が求められている

足下では、建設機械のユーザーである建設業の課題を解決する手法として、更なる ICT の活用が求められている。これは、センサにより取得される工事現場に関する様々な情報を、クラウドに集約して分析し、一部自動化された機器と連携して、工事のプロセス管理と作業の自動化を実現することで、省人化と生産性向上に寄与するサービスである。

3. 建設業の課題と日本の i-Construction 政策

建設業の課題は将来の担い手不足とプロセスの効率化が進まないこと

建設業において省人化と生産性向上が求められる大きな要因は、担い手不足の問題である。【図表 2】のとおり、建設就業者は既に高齢化が進行しており、将来の担い手不足が業界全体の課題となっている。その対応として生産性の向上が急務である一方、現実的には、工事プロセスの効率化は容易ではない。その理由は、業界慣習として測量や設計、丁張り[1]、施工、検査に至る一連のプロセスが労働集約的であり、また、デジタルデータの活用も未だ進

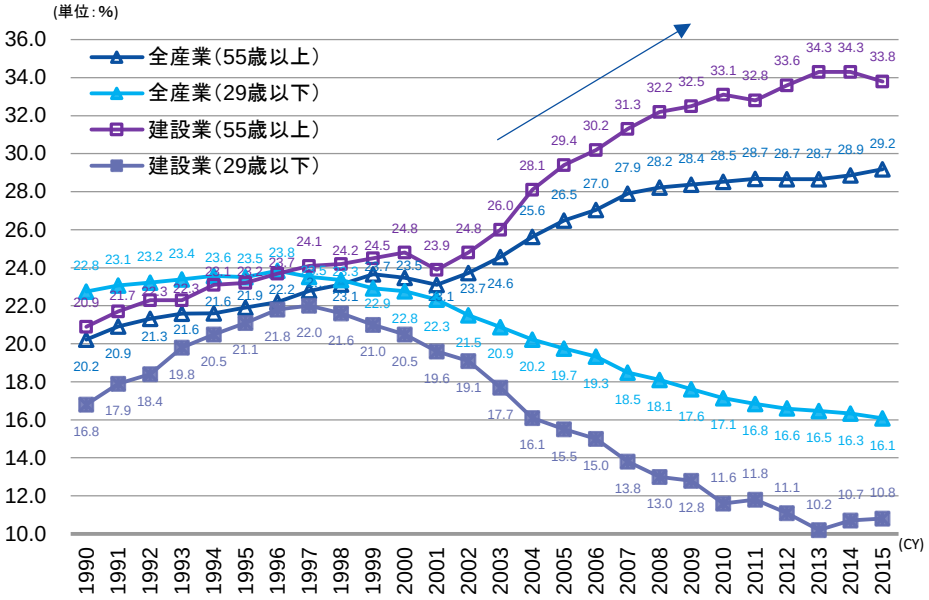
[1] 基礎マウンドや盛土切土を完成させるのに用いる目安の定規となる杭打ち

んでいるとはいい難いためである。さらに、プロセスにおける一部の工程で自動化等の効率化を図ることができたとしても、前後の工程との連続性が確保できなければ、費用対効果は限定的となり、全体最適につながらないことも背景となっている。

「i-Construction」は建設業の生産性向上を企図する政府の施策

こうした課題に対し、国土交通省は建設業の生産性向上を図る施策として、「i-Construction」を発表している。「i-Construction」は建設工事プロセスにおいて、これまで図面や手書きだった情報をデータ化し、施工の効率化を図ることを目的としている。この施策により、日本の建設工事においてもデジタルデータ化が進むことが期待されている。

【図表 2】日本における建設業就業者の高齢化の進行



（出所）国土交通省 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

4. コマツの ICT 活用の展開と可能性

コマツは世界第二位の売上規模を持つメーカー

コマツは、米 Caterpillar に次いで世界第二位の売上規模を持つ建設機械メーカーである。同時に、前節で指摘した建設業の課題に対応するため、土木工事のプロセスに対して、各種デジタルデータと IoT プラットフォームを活用したサービス「スマートコンストラクション」を提供する、サービスプロバイダーでもある。

コマツの ICT 活用を回顧する

本節では、コマツの ICT 活用の経緯を振り返り、「スマートコンストラクション」を開発し、建設機械業界における IoT プラットフォーマーにならんとする戦略について概説する。

（1）KOMTRAX（コムトラックス）

コマツのICT活用はGPS装備「KOMTRAX」に始まる

コマツの ICT 活用は、建設機械に GPS を装備したサービスである「KOMTRAX」に遡る。これは、第 2 節で述べたように盗難防止を目的としたものであり、当初はオプション装備であったが、2001 年には自社の建設機械のデータを取得できる価値に着目し、全車標準装備とした。

「KOMTRAX」は建設機械の管理サービスを提供する

次いで、コマツは自社製品全てをインターネットに接続し、「KOMTRAX」のサービスを拡張した。ネット接続により位置情報及び稼働情報の収集とクラウドでの解析が可能となったことで、フリートマネジメントやメンテナンスサービス等の管理サービスを提供するようになった。

管理サービスは機械のライフサイクルコストの低減を提供

これらのサービスは、建設機械の所有者および利用者に対して、機器のライフサイクルコストの低減というメリットをもたらしたことで、他社製品との差別化要素となった。もっとも、その後、他社も同様のサービスを提供し、現在では建設機械業界における一般的なサービスとなっているため、差別化要素としての意味合いは失われている。

高コストな建設機械を利用する事業者に効果が大きいが、土木工事業には限定的

また、建設機械のライフサイクルコストの削減は、その機種によっても効果に大きな差がある。鉱山資源開発など高価で維持コストの高い大型の建設機械の場合は、ユーザーにとって効果が大きい一方で、国内の建設機械の主要顧客である土木工事業者にとっては、さほど高価ではない中小型の建設機械の利用が中心であるため、維持コストの削減のみではコスト削減効果は大きくないことから、管理サービスによる差別化は必ずしも訴求力を有するものではなかった。

ICT 建設機械による部分最適では効率化は限定的

国内の土木工事業者への製品訴求力を高めるため、コマツは ICT 建設機械[2]を開発した。これは、読み込んだ 3D データに基づいて油圧ショベルの刃先が自動制御されるものである。しかしながら、第 3 節で述べた通り、施工のみを効率化するような部分的なソリューションでは、生産性改善の効果は限定的とならざるを得なかったと考えられる。

（2）「スマートコンストラクション」

試行錯誤の結果が「スマートコンストラクション」

こうした試行錯誤を経て、コマツは 2015 年に「スマートコンストラクション」を発表した。「スマートコンストラクション」とは、土木工事の一連のプロセスにおける効率化や課題解決を目的とした各種サービスの総称である。これは、コマツが ICT のさらなる活用によって工事現場のオペレーションに入り込み、プロセスの管理と自動化を担うことで、従来の土木工事のプロセスを変える取り組みである。

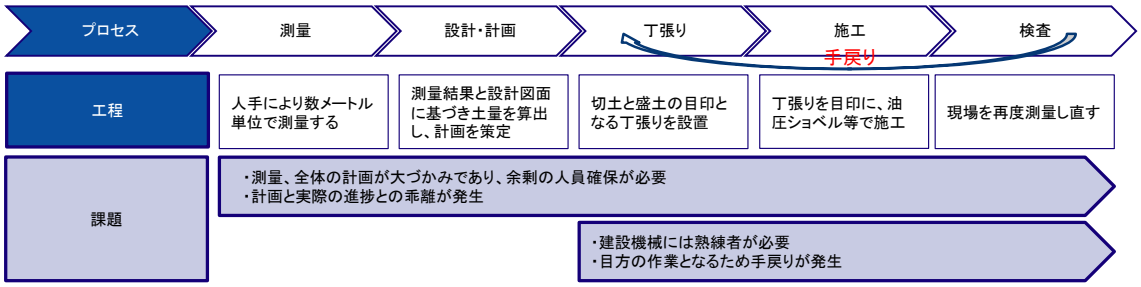
土木工事の課題はプロセス全体にかかるものと施工部分におけるものに大別される

現状の土木工事には大きく 2 つの課題があるといわれている。1 つ目は土木工事のプロセス全体にかかわる課題であり、計画時において工事全体の工数が正確に把握出来ないために、計画自体が大づかみなものになり易いことが挙げられる。これは測量を人手に頼るために削るべき土量を正確に算出できないことに起因する。従って、工事業者は人員と機材を余分に確保せざるを得ない。このように、大づかみな計画を前提とするため、施工段階になると進捗と計画の乖離が日常的に発生する。2 つ目は、丁張り以降のプロセスにお

[2] ICT 建設機器：GNSS（グローバル衛星測位システム）による位置情報と 3D の設計データ、アーム制御システムにより、作業機操作のセミオート化を実現した建設機器

いて、正確でない測量により算出された現況図から丁張りといわれる目印を設置し、これを基に施工するため、建設機械の操作に関する熟練者の確保も必要となる上に、手戻りが度々生じるという課題である。土木工事においては、こういった非効率な作業が課題となっている(【図表 3】)。

【図表 3】現状の土木工事プロセスと課題

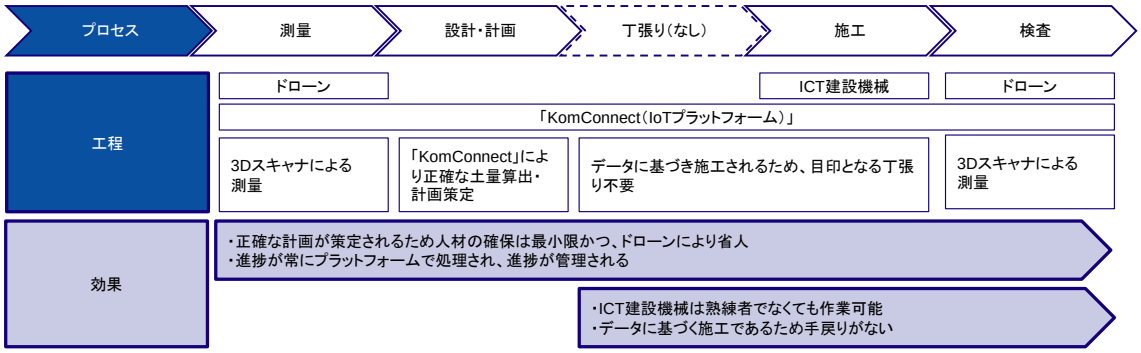


(出所)国土交通省 HP、各種資料よりみずほ銀行産業調査部作成

「スマートコンストラクション」は土木工事のプロセス自体を変えるソリューション

「スマートコンストラクション」は、こうした土木工事の抱える課題に応えるものである。具体的には、ドローンに搭載した 3D スキャナによる高精度な測量結果を、クラウドベースの IoT プラットフォーム「KomConnect」に取り込み、設計図面と併せて解析することで、正確な工事土量が算出される。こうして、詳細な工事計画が策定され、さらに、建設機械から取得される作業データが日々プラットフォームに送られ処理されることで、日次の工事プロセス管理が容易になる。また、ICT 建設機械が設計図面に沿って自動制御されるため、熟練操縦者がいなくても図面通りに施工されることに加え、検査後の手戻りからも解放される。つまり「スマートコンストラクション」は、測量から検査までの一連の工程において、データに基づいて工事のプロセスを管理し、施工を自動化することで、省人化と生産性向上を実現するサービスである(【図表 4】)。

【図表 4】スマートコンストラクションのプロセスと効果



(出所)コマツ HP、各種資料よりみずほ銀行産業調査部作成

IoT プラットフォーム「KomConnect」はクローズな仕様

コマツは、「スマートコンストラクション」の提供を開始して以来、既に 3,500 件以上の工事実績を有するに至ったが、さらなる普及に向けては課題もあった。「KomConnect」はコマツの機器とコマツの開発するアプリケーションの使用を大前提とする閉じた設計であるため、他社の機器を接続することが難しかったのである。一般に、IoT プラットフォームを活用するビジネスには、多くのインストールベースに加えて、魅力的かつ多様なアプリケーションが不可欠であり、そのためにはメーカーを問わず機器が接続でき、様々な事業者がアプリケー

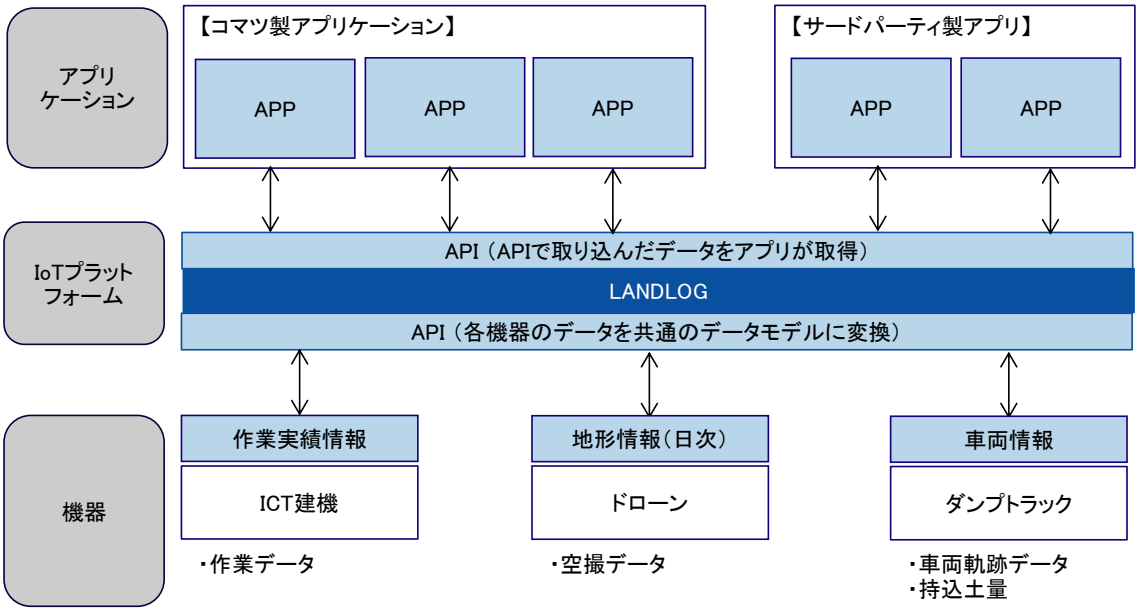
ションを提供しうる、オープンなプラットフォームに優位性があるとされている。

(3)オープンプラットフォーム「LANDLOG」

「LANDLOG」はオープンプラットフォーム

かかる課題認識を踏まえ、「スマートコンストラクション」をさらに広げるため、コマツはオープンなプラットフォームである「LANDLOG」を開発し、2017 年 10 月に上市する予定である。「LANDLOG」は NTT ドコモや SAP、オプティムと設立した共同出資会社により開発された、クラウドベースの新たな IoT プラットフォームである(【図表 5】)。「KomConnect」の機能は、「LANDLOG」へ発展的に継承されることとなる。

【図表 5】LANDLOG の模式図



「LANDLOG」の企画・運用企業とその役割	
コマツ	3次元測量に関するノウハウの提供・プロセスの労働力全体の可視化についてのノウハウ提供
NTTドコモ	無線通信に関するノウハウ・サービス提供等
SAPジャパン	プラットフォームビジネス提供に関するノウハウ提供
OPTIM	AI、IoT及びクラウドサービス提供に関するノウハウ提供

(出所)コマツ HP よりみずほ銀行産業調査部作成

オープン API の「LANDLOG」により、コマツは機器販売からサービスプロバイダーに

「LANDLOG」の最大の特徴は、閉じたシステムであった「KomConnect」とは異なり、オープンプラットフォームであることだ。「LANDLOG」は API を公開し、他社製の建設機械を含む多様な機器、第三者が開発するアプリケーションの使用が可能となる基盤としての役割を担い、コマツはアプリケーションプロバイダーからプラットフォーム利用に係る収益を得るものと推察される。これは、建設業に対する「機器販売」から、「多様なサービス提供の IoT プラットフォーマー」へと、事業領域の拡大を図ろうとする動きと考えられる。一方、オープンプラットフォームを提供することで、コマツは自社製品の差別化要因を失い、販売が減少するリスクもある。しかし、「スマートコンストラクション」の展開により工事支援サービスの領域では他社よりも先行しており、対応する機器やアプリケ

ーションについて優位性があることから、今後もさらに開発を続け、その優位性を維持することで自社製品の競争力を保ちうると考えているようだ。むしろ、オープン化することによって「スマートコンストラクション」の普及が進み、より多くの建設機械がつながり、そのデータが蓄積される環境を整えることで、多くのアプリケーションプロバイダーを呼び込む戦略を選択したといえる。

(4)「スマートコンストラクション」の可能性

コマツは網羅的に対応しているとともに先行している建設機械メーカーの ICT 活用への取り組みには濃淡がある

建設機械メーカー各社の ICT 活用への取り組みは【図表 6】のような状況である。従来、機器の監視、管理から工事支援まで網羅的にサービスを提供しているのはコマツのみであったが、近時、日立建機もそれに追随してきている。それ以外の各社は、「i-Construction」に対応する ICT 建設機械のラインナップが中心である。

【図表 6】各社の ICT 活用の取り組み状況

主要サービス		コマツ	日立建機	コベルコ建機	Caterpillar
監視	○モニタリング ・位置情報 ・稼動情報 ・強制停止	○ (KOMTRAX)	○	○	○
管理	○フリートマネジメント ・運行計画 ○メンテナンスサービス ・故障予兆管理		○	○	○
工事支援	○プロセス管理 ・施工プロセス計画・進捗管理	KomConnect (2015年より) ↓ LANDLOG (2017年10月上市予定)	SolutionLinkageCloud (2017年9月上市予定)	－	－
	○自動化 ・自動化機器(ドローン・ICT建設機械)	○	○	○	○

(出所)各社 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

同業他社は「LANDLOG」は最も発展の条件を満たすプラットフォーム

データ収集の源となる 40 万台以上のインストールベースと 3,500 件の工事支援実績を勘案すれば、「KomConnect」及びそれを継承することとなる「LANDLOG」は、現時点では最も先行している IoT プラットフォームと考えられる。同業他社は、独自の IoT プラットフォームを構築し、真正面からこれに対抗することが戦略としては王道であろう。しかし、ネットワーク経済性が働き、利用者が多いほど価値が増すプラットフォームの性質上、先行するコマツと同様のオープンプラットフォームを新たに形成するよりも、むしろ「LANDLOG」を利用し、建設機械と利便性の高いアプリケーションをあわせて提供しようとする同業他社が現れる可能性もあると考えられる。

5. 建設機械業界におけるさらなる ICT 活用の論点と示唆

（1）さらなる ICT 活用に向けた論点

「スマートコンストラクション」の普及と発展には課題も想定される

これまで見てきたように、コマツの「スマートコンストラクション」に代表される、工事支援サービスをオープン IoT プラットフォームで提供する取り組みは、建設機械メーカーがその事業領域を超えるサービスを提供するべく ICT をさらに活用せんとするものである。これは、建設機械や「KOMTRAX」など、メーカー側で完結する機器やサービスを開発することとは根本的に異なり、ユーザーである建設業のプロセスを変化させるという点で、革新的といえる。本節では、こうしたさらなる ICT 活用の取り組みに関する論点として、①データの取得、②海外展開の 2 点について考察する。

①データの取得

データ取得は建設業では比較的問題は少ない

一般的には、データ提供がノウハウ流出につながることへの懸念から、オープンな IoT プラットフォームを構築しても、十分な量のデータが容易に取得できないという問題が指摘されることが多いが、建設業界においては、この問題は相対的に小さいようである。これは、日本の建設業においては、元請業者から施工業者までが、重層的な構造となっており、元請業者が工事現場における一連のプロセスのノウハウや暗黙知を持つケースは少なく、工事現場の課題解決に資するサービスが提供されるならば、データの提供に抵抗が少ないとみられるからである。

②海外展開

海外展開に向けて、各国・地域の特性を見極める必要はある

「スマートコンストラクション」が普及し、発展を遂げる方向性として、海外展開も考えられよう。しかしながら、土木工事は地域性の高い事業であり、国土特性や担い手の確保の難易度も国・地域によってまちまちであるため、海外展開は一筋縄ではいかない可能性がある。例えば、東南アジアのように、労働力は相対的に豊富だが土木工事の技術者・ノウハウに乏しい地域においては、「スマートコンストラクション」の測量や設計、検測のプロセスが好感される可能性がある一方で、米国のように広大な敷地の造成工事が多い国では、正確な施工量や「見える化」に対価性を持たせづらい側面がある。海外における潜在的需要は地域ごとに異なるため、地域の事情に合わせた展開が求められるだろう。プラットフォームビジネスは先行者メリットが大きいことから、早期参入の重要性が高いと考えられる。潜在的な需要のある地域をいち早く見出し、時機を見逃さず早期にプラットフォームを構築するべく、各国・地域の土木建設特性を注視しておく必要があるだろう。

（2）建設機械業界に対する示唆

建設機械メーカーにおいては戦略の選択が求められる

建設機械業界における ICT の活用は、機器販売に付帯するサービス提供から、「スマートコンストラクション」に見られるような IoT プラットフォームを活用したユーザーのプロセス支援の実現まで進展している。さらに IoT プラットフォームがオープン化されることにより、様々な事業者がそのプラットフォーム上で利用できるアプリケーションや機器を開発し、サービスを提供することが可能となる。建設機械業界は、機器の性能や ICT を活用した監視・管理サービスでの差別化は既に困難であり、単純な価格競争に陥りやすい状況にあるが、オープンなプラットフォーム上で工事プロセスの支援に係る様々なサービスが開発

できるようになれば、そのサービス内容によって差別化を図ることができるようになるだろう。そのとき建設機械メーカーは、プラットフォームを構築してサービスプロダイダーとなるのか、既存のプラットフォームを活用して独自のサービスを展開することにより差別化を図るのか、あるいは、機器の提供に特化して価格競争に徹するのか、競争戦略上の選択が求められる。オープンなプラットフォームによる工事プロセス支援サービスの登場は、建設機械業界における競争のあり方を大きく変える可能性をはらんでいるといえるだろう。

みずほ銀行産業調査部
自動車・機械チーム　佐々木　康人
yasuhito.sasaki@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－7. エレクトロニクス －デジタルイノベーションと白物家電業界の行方

【要約】

◆ Amazon Echo の登場を契機に、音声 UI を用いたホームアシスタント機器がリビングに浸透する兆しが見られている。これによって白物家電がネットワークに接続され、新たな付加価値を創出できる可能性が高まっており、各社 IoT 家電の開発に注力している。

◆ 一方、白物家電と類似の価値を提供する家事サービスの分野でも、テクノロジーを活用した進化が見られ始めている。現時点では課題が残るものの、今後更なるテクノロジーの活用によって消費者に受け容れられていく可能性がある。

◆ 女性の社会進出や高齢化の進展といったメガトレンドを踏まえれば、将来的に家事労働削減ニーズはますます高まっていくものと見込まれ、関連事業者にとって大きなビジネスチャンスが期待できる。斯かる中、白物家電メーカーは従来から取り組む IoT 家電の開発に加え、家事サービス事業のバリューチェーンの中でプレゼンスを発揮できる戦略を検討していく必要があろう。

1. 白物家電業界の概観とデジタルイノベーションの兆し

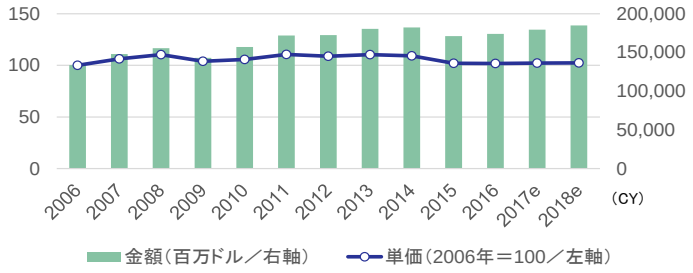
デジタル製品の多くはハードの価値が希薄化

2000 年代以降、デジタル三種の神器と呼ばれた薄型 TV、デジタルカメラ、DVD プレーヤーや、PC、タブレット、スマートフォンといったデジタル製品が登場し、一大市場を形成した。その一方でデジタル製品では、EMS[1]の成長やチップメーカーによるリファレンスデザイン[2]提供に伴う参入障壁低下、ハードからソフトへの付加価値のシフト、機器の多機能化による製品間でのカニバリゼーションの発生等、デジタル化の副作用が生じ、市場の草創期直後から急速に単価が下落していった。特に普及率が高まり、台数成長にも翳りが見え始めた 2010 年以降は市場成長が急速に鈍化、又は縮小に転じている。

白物家電市場は相対的に安定成長が続いてきた

対して白物家電はこういったデジタル製品とは異なり、物理的な動作が価値の中心を占める「アナログ的」な製品であり、部品間の相互の調整（摺り合わせ）が重要であること、生活・文化との結びつきや地域特性が強くグローバルで画一的な商品が生まれづらいことなどから、価格競争が起こりづらく、単価も維持されている。先進国の買い替え需要と新興国の経済発展による普及率向上が販売台数を支えたこともあり、市場全体も堅調に拡大を続けてきた（【図表 1】）。

【図表 1】白物家電（洗濯機・冷蔵庫・掃除機・電子レンジ・食器洗い機）の市場規模・単価の推移



（出所）Euromonitor よりみずほ銀行産業調査部作成

[1] Electronics Manufacturing Service：電子機器の受託生産
[2] 半導体メーカーが製品メーカーに提供する、自社半導体を利用した製品の設計図

白物家電市場にも変化の兆し

このように安定的な市場拡大を続けてきた白物家電市場にも、足下デジタルイノベーションによる変化の兆しが見え始めている。本章ではこの変化について白物家電の IoT 化による新たな付加価値の創造と、家事サービスの進化による白物家電の価値の希薄化という 2 つの可能性に着目して考察したい。

2. IoT 家電による白物家電の新たな付加価値の創造

これまでの IoT 家電は消費者に利便性を訴求できなかった

白物家電業界ではネットワークに接続されたいわゆる「IoT 家電」によって新たな付加価値を創出するための取り組みが進められてきた。代表的な機能としては Apple の「Home kit」を始めとするスマートフォンによる機器の遠隔操作・管理や Google が買収した「NEST」のような AI 等を駆使した機器の稼動の自動化・最適化等が挙げられよう。しかしながら、これまでこれらの機能の利便性は必ずしも消費者に実感されず、本格的な IoT 家電の普及には至らなかった。

音声操作できるホームアシスタント機器が普及する兆し

こうした中、2014 年 11 月に Amazon のスマートスピーカー「Amazon Echo」が発売され、白物家電メーカーを始め様々な業界からの注目が集まっている。2017 年の米国での利用者数は 35 百万人に上るとの調査も見られるなど急速に普及しつつあるスマートスピーカーについては、Google や Apple のみならず、多くの日系メーカーも開発に取り組んでおり、全世界的に利用が広がる兆しを見せている。

ホームアシスタント機器の音声操作の利便性は高く評価されている

Amazon Echo はネットワーク接続された円筒形のスピーカーであり、①音声・音楽コンテンツの利用（音楽再生、ニュースの読み上げ等）、②外部サービスの利用（EC、外食宅配サービスの利用等）、③家電等の機器の操作といった、家庭内のあらゆる作業のインターフェースを集約する機能を持つ。その最大の特徴はコマンド入力とフィードバックをいずれも音声で行う点であり、Amazon が開発した音声エンジン「Alexa」を使うことで自然言語に近い対話形式でのコミュニケーションが可能である。現在 15,000 種類以上用意されているアプリケーションの幅広さに加え、キッチン等のハンズフリーでの操作が求められる環境における利便性が高く評価されており、米国を中心に自然言語による音声操作という新しいユーザーインターフェース（以下、UI）が根付き始めている。

音声 UI への変化が IoT 家電の普及を牽引

このような環境下、今後ホームアシスタント機器に対応した白物家電のラインアップが増えてくれば、音声 UI に価値を見出すユーザーは白物家電買い替え時に若干のコストアップを許容し、インターネットに接続された IoT 家電を選ぶであろう。実際過去にもデジタル機器の大きな変革には UI の進化が重要な役割を担ってきた。1980 年代に Apple が Macintosh を発売し、マウスや GUI[3]を広めたことは PC 普及のベースとなっているほか、今日のスマートフォンの爆発的な普及もタッチパネルを用いた感覚的な UI の実現に拠る所が大きいと言えよう。同様に音声 UI の登場が IoT 家電の普及を牽引していく可能性がある。

機器・サービス・コンテンツが結びつくことで、白物家電が提供できる付加価値が拡大

音声操作をきっかけに多くの白物家電がネットワークに接続されると、機器単体では実現できなかった機能を提供する余地が広がる。機器同士がネットワークを通じて結びつくとともに、機器の使用データの取得・蓄積や、外部データの取り込み等が可能になることで、これまで人が行っていた情報収集、作業プロセスの検討、機器の操作等の家事に関連する動作をより簡単に、または

[3] Graphical User Interface：グラフィカルユーザインターフェース

自動的に行うことが出来るようになる。その結果、従来とは次元の異なる家事労働の削減に加え、従来はプロにしか出来なかった高度な作業を家庭で行えるようにし、生活の豊かさを実現するなど新たな付加価値が生み出されていくだろう。

実例として LG のスマート冷蔵庫「Smart InstaView」では、タッチパネル、庫内カメラ等を搭載し、Amazon Echo やスマートフォンと連動することで、レシピを検索し、扉を開けずに中身を確認し、不足する食材をネットで注文するといった一連の操作を音声で行う機能等が紹介されている。この事例は炊事・買物にかかる家事労働の削減と、美味しく、栄養価の高い食事といった生活の豊かさを新たな付加価値として提供しようとする試みであると捉えられる。

白物家電メーカーは IoT 家電普及に期待し、音声操作機能搭載を進めている

斯かる中、白物家電メーカーも IoT 家電の普及に期待しており、音声操作機能をその足がかりとすべく取り組みを進めている。2017 年 1 月にラスベガスで開催された世界最大の家電見本市「CES2017」で、白物家電大手の Whirlpool、LG、Samsung 等の製品を含む 700 種類ものデバイスに Alexa が搭載されたことは、こうした期待の現われと考えられよう。

プラットフォーマーとの連携は白物家電メーカーにとって現実的な選択肢

他社の音声エンジンを活用する戦略では、プラットフォーマーに重要なデータが寡占されることを懸念する声もある。しかし、音声エンジンの開発には大量の音声・言語データの取得が不可欠であり、この点において白物家電メーカーがプラットフォーマーと伍していくことは難しく、音声エンジンを提供するプラットフォーマーとの連携は現実的な選択肢となっている。

IoT 家電へのシフトは始まったばかりであり、白物家電メーカーにとってのビジネスチャンスも大きい

寧ろ、白物家電メーカーの本来的な競争領域は、ネットワークに接続することで白物家電が生み出しうる価値を消費者に提案していくことであろう。白物家電の IoT 化はまだ始まったばかりであり、説得力のある新しい価値は提示し尽くされていない。従来の白物家電の枠を超えて、誰のどのようなニーズを満たしていくかというコンセプトを打ち立て、白物家電の機能・性能を活かしたソリューションを提示することで、白物家電メーカーがプレゼンスを発揮していく余地は十分に残されていると考えられよう。

3. 家事サービスの進化による白物家電の価値の希薄化

テクノロジーの進化が別の角度から家電のあり方を変える可能性

ここまでデジタルイノベーションによる IoT 家電の普及の可能性について論じてきたが、テクノロジーの進化は別の角度から家電のあり方を変える可能性がある。

そもそも、白物家電は「家事労働の削減」という価値を提供しているが、その価値の提供方法は本来白物家電に限定されず、家事サービスも同じ価値を提供できるソリューションの一つである。例えば、家庭内で洗濯機を使うことと、クリーニングサービスを利用することは、手間、かかる時間、コストに違いはあるものの、「洗濯物を綺麗にする」という得られる効果は近しい。このように、白物家電の代替ソリューションと捉えることができる家事サービス業界において、近年テクノロジーを活用した新たなビジネスモデルへの取り組みが目立ち始めている。

（1）テクノロジーの活用による家事サービスの進化

家事サービスは以前から存在

掃除代行、洗濯代行、フードデリバリーを中心とする家事サービスは、日本でも既にいくつかのビジネスモデルが確立しており、ベンチャー、中小企業を中心に多くの事業者が存在する。代表的な例として、掃除代行等を手掛けるベアーズ（1999 年参入）や洗濯代行のアピッシュ（2005 年参入）が挙げられる。アピッシュは従来のクリーニングに配送サービスを組み合わせた「Wash & Fold」というサービスを提供、現在はフランチャイズを含め全国 17 拠点を展開している。フードデリバリーでは、居酒屋チェーン和民による高齢者向けの「ワタミの宅食」や、食材宅配事業者であるヨシケイやオイシックスによる簡易調理キットの提供等、これまでも様々なサービスが提供されてきた。

テクノロジーを活用した利便性の高い家事サービスが注目されている

一方、米国を中心に近年世界中で IoT 等のテクノロジーを活用して家事サービスの利便性を高めようとする動きが見られており、投資家の注目も集まっている（【図表 2】）。一例として、洗濯代行サービスの「FlyCleaners」が挙げられよう。同社はスマートフォンからいつでも集荷を依頼することができ、最速で翌朝に配達するクリーニングサービスを提供しており、大量の洗濯物を集約することでスケールメリットを得つつ、独自のアルゴリズムによる配送管理システムで無駄のない集荷・配送を行い、高い利便性を実現している点が特徴である（【図表 3】）。また、フードデリバリーの「DoorDash」では多数のレストランのデリバリーを一括で担うことで、ユーザーのインターフェースを一本化し、利便性を高めている。同社は注文履歴に加え、天気・気温・曜日等の消費者行動に影響する周辺情報を解析し、配達員の配置の最適化を図っている。

こうした高度な家事サービスは家にいながらいつでも享受でき、自由度が高く、かつ従来と比較すれば低い価格設定が可能になっている。家事サービスは従来の家事の補完的な位置づけから、家事の代替手段へと進化を遂げつつあると言えよう。

【図表 2】米国の代表的な家事代行サービス

会社名	設立	事業カテゴリー
FlyCleaners	2013年	洗濯代行
washio	2013年	洗濯代行
Rinse	2013年	洗濯代行
Hamperville	2015年	洗濯代行
Cleanly	2015年	洗濯代行
homejoy	2010年	掃除代行
Handy	2011年	掃除代行
Neatso	2014年	掃除代行
Munchery	2010年	フードデリバリー
Gobble	2010年	フードデリバリー
DoorDash	2013年	フードデリバリー
SpoonRocket	2013年	フードデリバリー
Instacart	2012年	買い物代行

（出所）各種公開情報よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）washio、homejoy、SpoonRocket は既にサービスを停止

【図表 3】FlyCleaners の概要

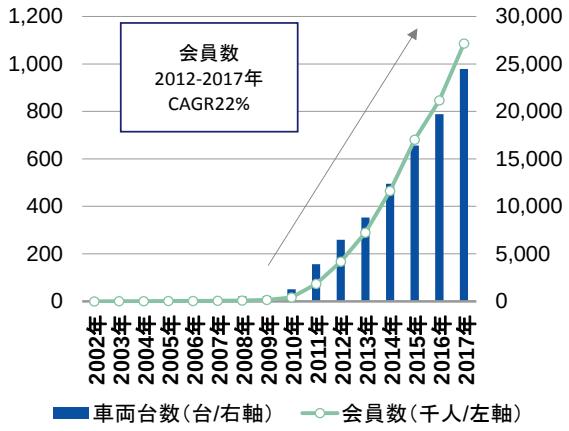
サービス展開地域	New York (Manhattan/ Brooklyn)
料金	・通常洗濯：$1.55/lb（Minimum order $20） *但しエリアによって若干の価格差あり ・集荷・配送料：3.99＄（＄30以上で無料）
集荷・配送	・朝6時～深夜0時 ・午後11時までの集荷であれば翌朝7時の配送も可（オプション料発生）
サービスの流れ	① 利用者は専用アプリにて、集荷・配送希望時間を選択 （アプリで最短到着時間の確認が可能） ② 当社の集荷担当者「FlyGuy」が予約時間に専用バックを回収 ③ オーダーに従い洗濯・畳み、ドライクリーニング等を実施の上、予約時間に配送
その他	・ドライクリーニング取扱いあり ・選択方法に係る細かいオーダーをアプリ経由で指定可 ・利用者はアプリを通じて自分の洗濯物のステイタスの追跡が可能

（出所）各種公開情報よりみずほ銀行産業調査部作成

家事サービスの進化の背景には個人の価値観の変化がある

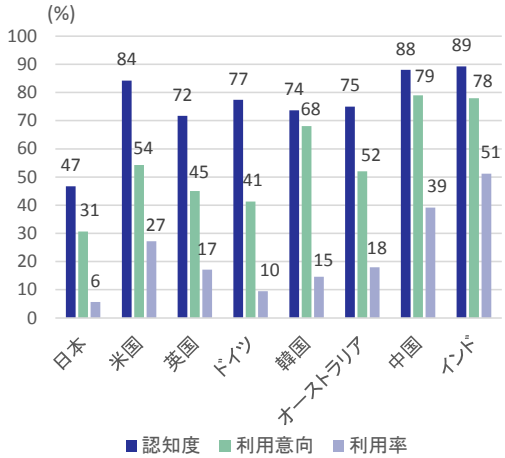
このようにテクノロジーを活用した家事サービスが広がりを見せている背景には消費者の価値観の変化もあるだろう。近年様々な分野で価値の提供方法が「所有」から「利用」へと変化する事例が見られており、消費者のモノの所有に対する拘りの希薄化が指摘されている。ここ 10 年程度でカーシェア、服のシェア（air closet[4]）、部屋のシェア（Airbnb）といったシェアリングサービスが広がってきていることは、そうした価値観の変化の裏付けと言えよう（【図表 4】）。このシェアリングビジネスの急速な普及は日本に限ったものではなく、とりわけ新興国では一層早いペースで浸透しつつある（【図表 5】）。シェアリングサービスの対象は比較的資産価値が高く、稼働率が低いプロダクトであるケースが多いが、白物家電においても洗濯機や炊飯器のような人によっては必ずしも毎日使用しない機器は、今後所有せず、必要な時だけサービスを利用すれば良いという考え方に変わっていく可能性がある。こうした消費者の価値観の変化への期待が家事サービスの進化に影響していると考えられる。

【図表 4】国内カーシェアリング利用者の推移



（出所）公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団資料よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 5】家事等の仕事・労働のシェアサービスの認知度・利用意向・利用率



（出所）総務省「IoT 時代における新たな ICT への各国ユーザーの意識の分析等に関する調査研究」よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）2016 年 2 月調査

（2）家事サービスの普及に向けた課題

利便性追求によるコストが課題

このように昨今家事サービスの進化が注目を集めているが、本格的普及に向けては課題が残されている。その最たるものは利便性を追求する上で生じる多大なコストの抑制である。上述のように消費者のオーダーに応じていつでもサービスを提供できる体制を整えるには、集荷や配達を含めて常に余剰な人員を抱える必要があり、構造上コストが嵩みがちであるため、高い採算性を実現できているケースは稀であり、展開できるエリアも限定的と推察される。実際に事業拡大を急いだ結果、コストのコントロールに失敗して、撤退に追い込まれた事例も散見される。

[4] 株式会社エアークローゼットによる洋服レンタルサービス。回数無制限のレギュラープランを月額 9,800 円で提供する

今後更なるテクノロジーの活用で課題は克服されていく公算

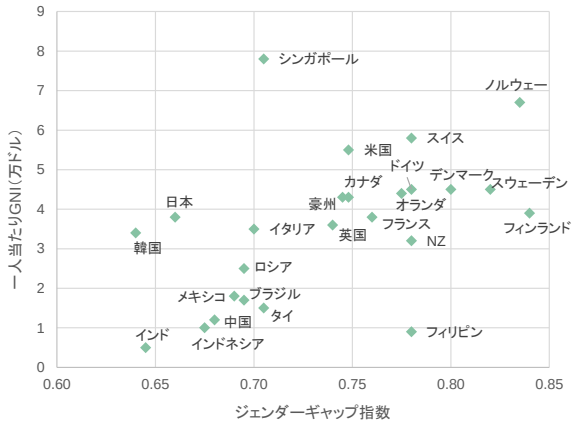
こうしたコストを軽減するには、十分な規模の確保と供給体制の最適化が不可欠であり、前者においてはクリティカルマスに達するまでの間の赤字に耐えうる財務体力とユーザーニーズを的確に把握できるマーケティング力が求められよう。一方後者については前述の例に見られるようなIoT、AI等の活用に加え、周辺事業者との連携による更なる需要予測の高度化や物流ルートの最適化、ロボット等の活用を通じた省人化・自動化を図っていくことが有効であろう。これらの点についてはテクノロジーが進化していく中で改善の余地があるものと思われ、今後一層便利で低価格な家事サービスが登場してくる公算は大きい。

4. 潜在的な家事市場の顕在化の可能性

女性の社会進出等が家事労働削減ニーズを高める

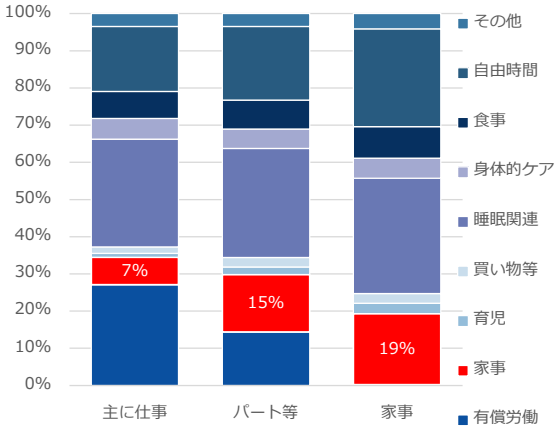
白物家電と家事サービスはともに、「家事労働の削減」という提供価値をテクノロジーの活用を通じて引き上げようとしている。これを後押ししようとしているのは需要サイドにおける「家事労働の削減」ニーズの更なる高まりである。その最大の要因は女性の社会進出であろう。世界的にも経済発展とともに女性の社会参加が進む傾向が見られるが、とりわけ日本では労働力不足解消という社会的課題への対応に向け、就業率や、管理職比率の目標値が定められるなど政府のバックアップもあり一層の進展が見込まれている(【図表 6】)。一般に女性が家事に費やしている時間は就業状況によって大きく異なり、今後女性の社会進出が進めば家事労働削減ニーズが高まる可能性が高い(【図表 7】)。また、高齢化の進展や単身世帯増加といった要因も家事労働削減ニーズに繋がる可能性がある。

【図表 6】一人当たりの GNI とジェンダーギャップ指数[5]



(出所)World Economic Forum、World Bank よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 7】就業状況別の家事時間



(出所)厚生労働省「国民生活基本調査(平成 28 年)」よりみずほ銀行産業調査部作成

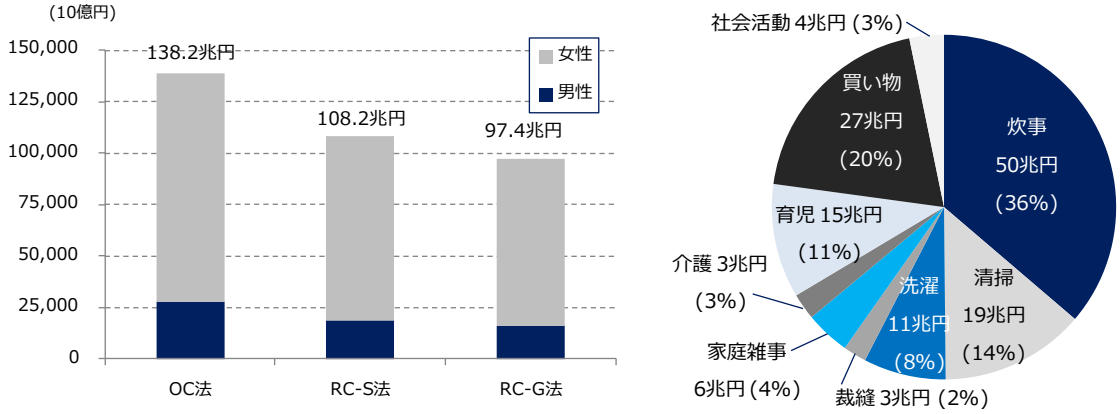
家事市場には大きなビジネスチャンス

このことはIoT家電、家事サービスの双方にとって大きなチャンスであると言えよう。家庭内には未だ多くの家事労働が残されているが、その経済価値は日本全体で 100 兆円規模に上ると言われており、白物家電市場の数十倍の規模の巨大市場が未だ眠っていると見ることができる(【図表 8】)。もちろん家事に関わる全ての時間をなくすことは難しいが、今後テクノロジーの一層の活用

[5] World Economic Forum による男女格差を示す指数。経済、教育、政治、保健の 4 つの分野のデータから作成されており、0 が完全不平等、1 が完全平等を意味する。

により、便利かつ安価に家事労働時間を削減することができれば、この巨大な市場の一部を取り込んでいくことも展望できよう。

【図表 8】無償労働の貨幣評価額と内訳



(出所) 内閣府経済社会総合研究所「H25 家事活動等の評価について」よりみずほ銀行産業調査部作成
(注 1) 2011 年データを元に推計したもの。
(注 2) 左図は、OC 法：無償労働を行う事による逸失利益を評価、RC-S 法：無償労働を市場で類似したサービスに従事している専門職種の賃金で評価、RC-G 法：無償労働を家事使用人の賃金で評価。
(注 3) 右図は OC 法。

5. 白物家電メーカーが採りうる戦略

白物家電メーカーにとっては機会と脅威が存在

以上の通り、家事労働削減ニーズの高まりによって巨大な家事代替市場が顕在化する可能性があることは白物家電メーカーにとって大きな機会であり、IoT 家電の普及によってこのニーズに白物家電が応えられる可能性が広がるだろう。一方で、テクノロジーを活用した進化した家事サービスもまた同じ市場にアプローチしている。白物家電大手のパナソニックが 2016 年 7 月に IoT 等のテクノロジーを活用することで必要なものが必要な時に必要な分だけ届く「家電のない家」の構想を発表しているように、今後家事サービスと白物家電との競合は深まる可能性が高い。

将来的に消費者はより高機能な IoT 家電を用いて家事負担を軽減していく或いは、白物家電を所有しない、又は最低限のスペックに留めて家事サービスを積極的に活用していくことが想定される。実際にはいずれかのみが選ばれるわけではなく、利便性に加え、所得、世代、価値観、生活スタイル、住居、地域特性等の個々の消費者の事情を反映して、消費者毎、対応する家事毎に高機能な IoT 家電とリーズナブルな家事サービスの両方が受け容れられていくだろう。

IoT 家電開発への取り組みは引き続き推進が期待される

斯かる中、白物家電メーカーが取りうる戦略として、二つの方向性が考えられる。一つの方向性として、IoT 家電普及の好機を捉えた製品開発が挙げられる。まずは消費者にとって魅力的な機能を提示し、その実現に向けてコンテンツやサービス提供に係るリソースを補完していく必要があるだろう。消費者にとっての魅力を検討する上では、上述の家事労働時間をどれだけ削減できるかという観点が一つの切り口になる。また比較的高価になりがちな IoT 家電を広める上では、ネットワーク接続できることで得られる稼動データを活用して、従量課金型の販売方法をとることも検討しうるのではないか。IoT 家電の開発に関しては、既に展示会等を通じて、各社様々なコンセプトを打ち立てており、

今後はより具体的な提供価値の提案が進んでいくものと期待される。

家事サービスの領域への参入も検討すべき

もう一つの方向性として、白物家電の価値が希薄化するというリスクシナリオへの備えと、新たな成長機会の獲得を目指して家事サービスの領域に参入することも検討すべきであると考える。

家事サービスのバリューチェーンの一部のみを担うことも手

家事サービス市場にアプローチする際、人材や設備を抱えて自社でサービスそのものを手掛けることも選択肢ではあるが、白物家電メーカーにとっては既存のリソースを活かせる領域ではないため、参入リスクは高い。より現実的なアプローチは、家事サービスにかかるバリューチェーンの一部を担うという方法であろう。例えば業務用機器の製造と周辺システムの開発といった領域であれば、既存のリソースを活用可能性であり、これらを併せて家事サービス事業者に提供していくというビジネスモデルが考えうる。

一例として、業務用洗濯機大手の AQUA 社ではコインランドリー用の洗濯機を提供するだけでなく、IT を活用してサービス事業者が遠隔で機器の稼働状況を管理できるシステムを提供している。またユーザーにもスマートフォンから空き状況を確認できるシステムを提供し、利便性を高めるなど、業務用機器を中心にシステムを含めた運営ノウハウそのものを提供している。同様の発想で機器＋システム、運営ノウハウの提供に取り組むことで、白物家電メーカーが新たな家事サービスの普及を牽引していけるのではないだろうか。

エリア軸でビジネスモデルを検討することも一案

尚、上述した機器・サービスという切り口に加えてエリアという視点も重要になる。消費者にとって最適な価値の提供手段は個々の生活を取り巻く状況・環境に大きく左右され、とりわけサービスでは家族構成や所得といった消費者個人の特性のみならず、人口集積、モビリティ、エネルギーインフラ等を踏まえたターゲットエリアの選定が求められよう。この際、異業種事業者や自治体と連携して街づくり段階から消費者のライフスタイル設計に噛みこむことができれば、消費者ニーズを捉えたソリューション構築が可能になるだろう。日本においては人手不足や高齢化に起因する家事労働削減ニーズは、政府が取り組むべき社会課題の一つであるとも言え、自治体サイドにも企業のこうした取り組みを活用するインセンティブが見出せるのではないか。

6. おわりに

白物家電メーカー自身がパラダイムシフトの牽引役となることに期待したい

デジタルイノベーションの進展が白物家電メーカーの事業環境に影響を及ぼす方向性として、ネットワーク接続による白物家電の高機能化と家事サービスの低コスト化に伴う普及の可能性について考察してきた。これらを更に後押しする要因としては依然として家庭内には削減されるべき家事負担が存在しており、社会構造の変化に伴ってそのニーズがより顕在化していくことへの期待がある。

他のプロダクトで経験してきたように、デジタルイノベーションは僅か数年の間に業界内の競争環境を一変させる破壊力を持っており、その萌芽ともとれる事例は至るところで見え始めている。

所謂「黒物」家電と比較して、劇的な事業環境変化に晒されてこなかった白物家電業界においてもパラダイムシフトは近づいており、今まさにビジネスモデルを見直すべきタイミングを迎えていると考えられる。家事サービス普及の可能性という脅威に向き合い、しなやかに事業転換を図ることが出来れば、白物

家電メーカー自身がこのパラダイムシフトを牽引する存在になっていけると期待している。

みずほ銀行産業調査部
テレコム・メディア・テクノロジーチーム　宮下　裕美
小瀧　泰巳
篠原　弘俊
益子　博行
hiromi.a.miyashita@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－8. 重電 －燃焼技術を活かす自動自律運転システムによる新たなビジネスの可能性

【要約】

◆ 日本企業は高効率な火力発電機器に技術力を有するものの、中国企業の技術キャッチアップに加え、GE、Siemens との競争が厳しく、技術差別化のみでは機器受注が難しい状況にある。斯かる中、ICT を活用したサービス提供による O&M[1]へのバリューチェーンの拡大が考えられる。

◆ ICT を活用したサービス提供は、①遠隔監視による運転サポート、②データ解析に基づく最適運転へのアドバイス、③自動自律運転システムによるオペレーション遂行の三段階に分けられる。この三段階の内、火力発電主機メーカーのサービス提供は①、②の段階であり、③への取組は一部の機器に限られる。

◆ 主機メーカーの戦略を考えるにあたり、ごみ焼却発電プラントプレイヤーである日立造船の先進的な取組は参考になろう。日立造船は ICT を活用したサービス提供により、O&M にバリューチェーンを広げ、O&M で稼ぐ体制を構築した。

◆ 日本の主機メーカーが ICT を活用したサービス提供により、O&M にバリューチェーンを広げるには、分析の基盤となるデータの収集に課題がある。データ収集への対応策としては、主機メーカーが EPC[2]を手掛けるプラントへのセンサー・システムの無償設置と一部サービスの無償化が考えられる。

◆ 日本の主機メーカーの真の強みは、卓越した燃焼技術にある。自社の強みを活かすには、自らが O&M にバリューチェーンを広げ、収益向上の仕組みを作ることが有効である。その鍵は自動自律運転システムであろう。他業界のプレイヤーの戦略を参考に、自社がリーディングプレイヤーになるべく、積極的な取組が求められる。

1. はじめに

機器の差別化戦略のみではグローバル受注獲得は難しい

日本の火力発電主機メーカーは、環境負荷軽減とエネルギー効率向上に向けた技術開発の継続により、高効率な発電機器に技術優位性を有する。しかしながら、石炭火力では、中国企業が相応の品質の製品を安価に供給できるようになり、ガス火力では、グローバルトップの重電メーカーGE、Siemens との競争が激しく、機器の差別化戦略のみではグローバル市場における新設受注の獲得、収益向上は難しい。こうした状況を踏まえた日本企業の戦略方向性の一つとして、ICT を活用したサービス提供による O&M へのバリューチェーンの拡大が考えられる[3]。なお、本章における火力発電主機とは、ガスタービン、ボイラー、蒸気タービンを指す。

他業界のプレイヤーの取組から O&M へのバリューチェーンの拡大を考察

本章では、火力発電と同様に、資源を投入・燃焼し発電するプラントの一つであるごみ焼却発電プラントの先進的な取組を参考に、火力発電主機メーカーの O&M へのバリューチェーンの拡大について考察する。なお、資源を投入・燃焼し、発電するプラントを本章では燃焼系発電プラントと総称する。燃焼系

[1] O&M：プラント稼動後のオペレーション（プラント操業）とメンテナンスを指す
[2] EPC：設計（Engineering）、調達（Procurement）、建設（Construction）業務の総称
[3] 業界動向の詳細は、みずほ銀行「重電」『みずほ産業調査 56 号 日本産業の中期見通し －向こう 5 年（2017－2021 年）の需給動向と事業戦略－』（2016 年 12 月 29 日）ご参照

発電プラントは、環境負荷物質[4]を排出することから、不完全燃焼を防止する最適な運転が求められるという特徴を持つ。

2. 燃焼系発電プラントにおける ICT を活用した取組

日立造船の先進的な遠隔自動運転を採り上げる

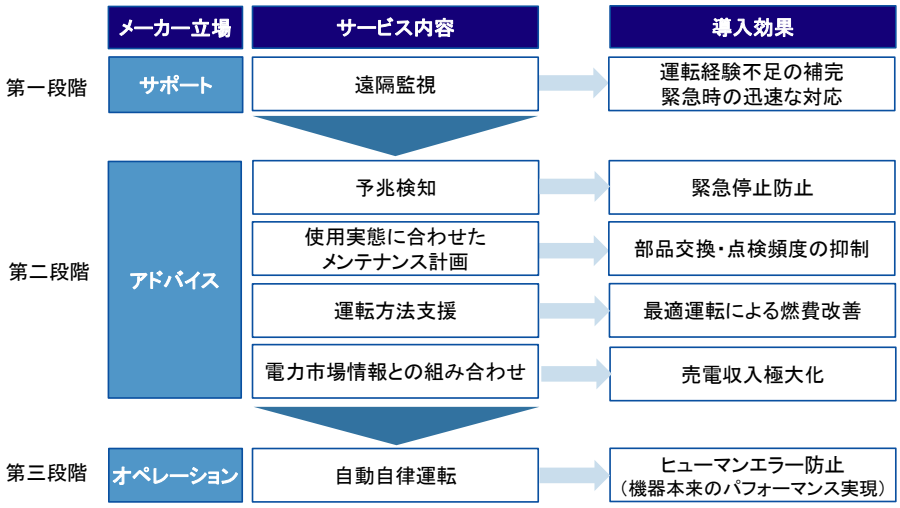
まず、火力発電プラントにおける主機メーカーの ICT を活用したサービス提供の取組状況を整理する。次に、ごみ焼却発電プラントにおいて、ICT を活用した新たなソリューション提供により、O&M にバリューチェーンを広げた日立造船の先進的な取組を採り上げる。

(1)火力発電主機メーカーの取組

サービス提供は三段階に区分

主機メーカーの ICT を活用したサービス提供は、メーカーの実施事項別に三段階に区分できる(【図表 1】)。

【図表 1】火力発電の主機メーカーによる ICT サービス提供



(出所)みずほ銀行産業調査部作成
(注)サービス内容は一例である

第一段階はデータ収集と可視化を実現

第一段階では、主機メーカーが、機械にセンサーをつけてデータを収集し、当該データを可視化し、リアルタイムに遠隔監視をする。遠隔監視センターではリアルタイムのデータと蓄積してきたデータに基づき、オペレーションをサポートする。サポートの効果としては、不具合発生時の早期原因究明、異常の早期発見等が挙げられる。第一段階のサービス展開は2000 年前後に始まり、当初は主機のみが監視の対象であった。そこから主機の稼動に影響を与える周辺補機[5]に広まり、直近では発電所全体に対象が広がっている。

第二段階は第一段階で収集したデータの分析に基づくアドバイス

第二段階では、主機メーカーが遠隔監視で収集したビッグデータをコンピューターシミュレーションで解析、分析するシステムを提供し、オペレーションやメンテナンスの質の向上に資するアドバイスを行う。アドバイスの効果としては、

[4] 環境負荷物質:本章では温室効果ガス(CO2)、有害物質(NOx、SOx 等)を指す
[5] 周辺補機:復水器、ガス・ガスヒータ熱回収器、灰処理用クリンカホッパ等の主機から排出された蒸気、ガス、灰が通る機械、または微粉炭機等の主機に燃料を投入する機械を指す

異常を検知して緊急稼動停止を未然に防ぐ、使用状況に応じてメンテナンス計画を立て点検実施頻度を減らす、パーツ交換の頻度を減らす等が挙げられる。メーカー側のアドバイスに従うことで、オペレーターはコスト削減、売電機会の損失防止による、収益極大化の恩恵を受けられる。第二段階のサービス展開は 2011 年頃に始まり、こちらも当初は主機のみが対象であった。その後、周辺補機のデータの蓄積、電力市場等他のデータとの組み合わせにより、サービス対象は発電所全体に広がりつつある。

第三段階は自動自律運転によりメーカー自らがオペレーションの一部を担う

最後に、第三段階では、主機メーカーが火力発電プラントの自動自律運転システムを導入し、オペレーションの一部を担う。遠隔監視が始まった 2000 年前後には、既に火力発電所全体のデジタル自動制御システムは普及した。一定の条件下におけるオペレーションは、ほぼ自動化されていたが、何らかの条件に変化が生じた場合には、オペレーターの判断が求められる。例えば、石炭火力では燃料炭の水分量等の成分変化に応じて燃焼条件を変更する、ガス火力では外気温の変化によりガスタービンの冷却方法を変更する等、制御のパラメーターを変更する事象が発生する。本章における自動自律運転システムは、こうした運転中の変化を AI が判断し、適切なパラメーターに自動的に変更し、運転を継続するシステムを指す。現時点では、一部の機器の部分的な実証に留まっているが、自動自律運転システムの導入には、ヒューマンエラーを防止し、熟練オペレーターの運転技術を再現し、機器の本来の能力を極限まで引き出す効果がある。

3 社の取組レベルは第二段階迄、主機販売への付加的なサービスに留まる

主機メーカーのグローバルトップ 3 社である GE、Siemens、三菱日立パワーシステムズ（以下「MHPS」）の ICT を活用したサービス提供への取組は業界内では相対的に先行しているが、いずれも第二段階迄に留まっている。つまり、3 社の取組は、主機の販売への付加的なサービスであり、O&M へのバリューチェーン拡大には至っていない。なお、中国の主機メーカーは依然、機器製造・据付に特化しており、第一段階にも至っていない。

（2）ごみ焼却発電プラントメーカー、日立造船の取組

ここで、ごみ焼却発電プラントメーカーの ICT の活用について述べたい。まず、ICT を活用するに至った事業環境について触れておく。

ごみ焼却プラントの国内市場は 1990 年代をピークとして縮小

国内のごみ焼却プラント市場は、1990 年代にダイオキシン対策等から新設・更新需要のピークを迎え、その後新設・更新共に減少し、足下の受注は既設の更新・改良工事が中心である。長期的な見通しとしても、人口減少とリサイクル率の上昇により、都市廃棄物処理量が減少し、ごみ焼却プラントの新設は縮小する見通しである。

上位プレイヤー間の技術的な差別化はなく、価格競争に陥る

ごみ焼却の技術は既に成熟化し、比較的新しい技術であるごみ焼却発電にも上位プレイヤー各社が参入したことから、技術的な差別化は殆どできない。受注が減少に転じた 2001 年以降、一段と厳しい価格競争に陥った。その中で、本章では ICT を活用したサービス提供により、O&M で稼ぐ日立造船の取組を採り上げる。

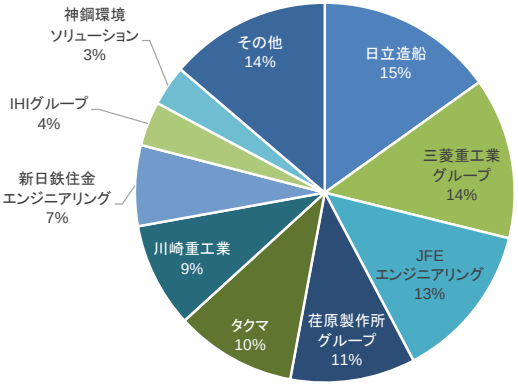
日立造船はごみ焼却発電プラントのグローバルリーディングプレイヤー

日立造船は造船業に端を発するが、一部事業を除き造船ビジネスからは撤退した。現在は、ごみ焼却、水処理、化学等の各種プラントのエンジニアリングと各種プラント用機器製造を営んでいる。その中で、ごみ焼却プラントは当社の主力事業の一つに位置づけられ、1965 年に日本で初めてごみ焼却発電プラントを納入して以来、国内では累積基数トップの実績である(【図表 2】)。更に、2010 年には欧州の同業 AE&E Inova 社を買収し、グローバルにトップクラスのインストール実績を有する。

日立造船は O&M で儲けるビジネスモデルを構築した

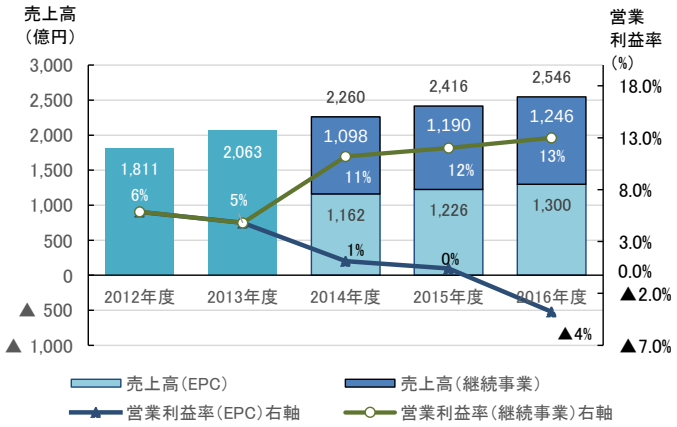
ごみ焼却プラントを含む環境・プラント部門の 2016 年度の売上は 2,546 億円と過去 5 年間増収を続ける。詳細開示のある直近 3 ヶ年は、ごみ焼却、水処理プラントの O&M 受託事業は、増収、増益であったが、EPC 事業は増収ではあるものの利益率は低下した(【図表 3】)。業績推移から、新設受注は厳しく、O&M で儲けるビジネスモデルと言える。

【図表 2】国内ごみ焼却発電プラント累積実績
(基数ベース)



(出所)環境産業新聞社「廃棄物年鑑」より
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 3】日立造船㈱環境・プラント部門業績推移



(出所)日立造船㈱各年度決算資料よりみずほ銀行産業調査部作成
(注 1)2012 年度、2013 年度は EPC、継続事業の区分開示なし
(注 2)継続事業:O&M、長期包括委託契約等

ごみ焼却の発注で DBO 方式が増加し、メーカーも O&M に参入

日立造船が O&M に参入した背景には、ごみ焼却発電プラントの発注方法の変化がある。1999 年の PFI 法[6]施行後、自治体のコスト削減を狙いとし、EPC から O&M まで一括した DBO 方式[7]の発注が増加した。新設受注獲得の為に、ごみ焼却発電プラントの上位プレイヤーは運転員を雇い、O&M に参入した。

日立造船は ICT 活用による O&M の効率化に取組む

日立造船は O&M 参入に際して、ICT 技術を活用し、省人化、効率化に向けたシステムを開発した。まず、2001 年以降、自社が O&M を受注したごみ焼却発電プラントについて、独自に開発した遠隔監視システム「remon システム」によるリアルタイムのモニタリングとプラントの運転データ収集を始めた。そして、2013 年には子会社のニチゾウテックが持つ画像認識技術を活用し、学習機能を持った炉内画像状態認識システム「CoSMoS」を開発した。さらに、遠隔

[6] PFI 法:民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律
[7] DBO 方式:設計・建設と運営・維持管理を民間事業者に一括発注するもので、公設民営の一つの方式

監視センター内に蓄積したデータ、CoSMoS の画像認識データ、リアルタイムの計測データから、必要なデータ、ルール等を見つけ出すマイニング技術を活用したシステムを開発し、オペレーションのアドバイスを始めた。

日立造船は自動自律運転システムの実現に向けた実証に取組む

最後に、日立造船は自社単独のシステム開発から、2014 年に日本アイ・ビー・エム（以下「日本 IBM」）とのシステムの共同開発に切り替えた。日立造船は、日本 IBM のビッグデータ解析ソフトウェア、予防保全ソリューションのソフトウェアを活用し、燃焼の異常検知と環境負荷物質の発生を抑制する最適燃焼値の算出を行い、適切な制御を自動的に行うシステムに取組を始めた。まさに自動自律運転システムの実現を目指す第一歩である。2015 年には、にしはりまクリーンセンターにおいて実証実験に成功したことを公表している。この実証実験では、完全な自動自律運転システムではなく、一部遠隔操作が必要となるシステムが導入された。

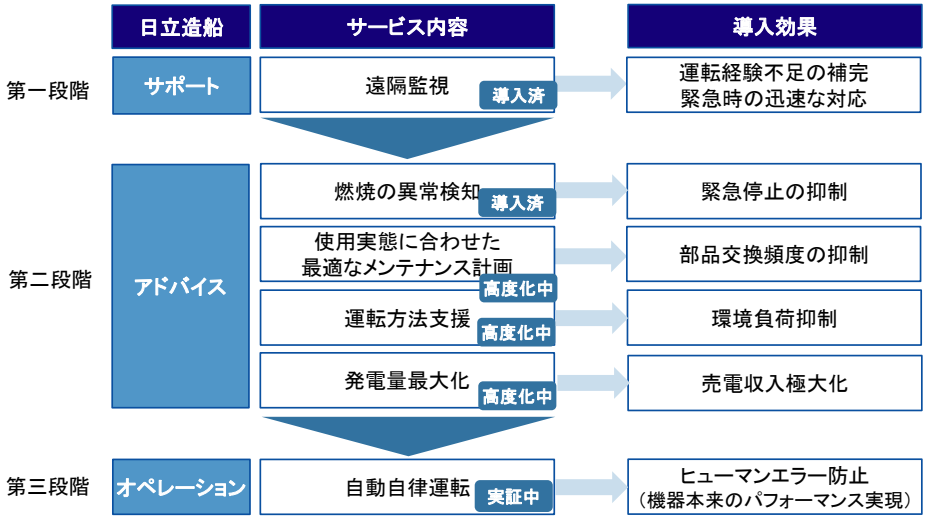
ごみ焼却発電の最適な運転の実現には、オペレーターの手動制御が必要となる

ごみ焼却発電プラントの運転では、火力発電と同様に一定の条件・パラメーターにおける運転はほぼ自動化されているものの、部分的に熟練オペレーターの勘と五感に基づく手動制御が必要となる。例えば、ごみ質が急に変化し、ごみの混合具合に基づきごみの攪拌操作を調整する、焼却炉内の燃焼画像に基づき焼却炉に入れる空気量を調整する等の場面で、運転員が判断し、手動制御が必要になる。このような手動制御を自動自律運転システムに反映するには、目の前のデータから数分先をリアルタイムに予測する精度に課題が残る。

ごみ焼却発電プラントの完全な自動自律運転に向け、高度化に取組む

日立造船は、予兆診断、最適制御等の最新システム一式を 2017 年に竣工する杉並清掃工場に納入を予定している。プラント内からごみ質、量、炉内温度、圧力、蒸気、灰等の燃焼データ、機器設備の運転データ、発電データ等を収集し、更なるシステムの高度化、即ち完全な自動自律運転システムの完成に取組む予定である（【図表 4】）。

【図表 4】日立造船による ICT サービス提供



（出所）日立造船プレスリリースよりみずほ銀行産業調査部作成

同業他社も追随する動きは見せるものの日立造船との差は大きい

日立造船の先進的な取組に対し、同業他社も追随する動きを見せている。しかし、いずれもタイミングは遅い。JFE エンジニアリングは 2014 年に、荏原製作所は 2016 年に遠隔監視センターを設置し、第一段階、第二段階の取組がまだ緒に就いたばかりだ。それに対し、日立造船は 2000 年前半に遠隔監視センターを設立し、監視対象は少なくとも 30 プラントはある。さらに、日立造船は第三段階の実証を進めており、先行していると言える。

自動自律運転システムの実現により、O&M 外部委託ニーズの取り込みが可能となる

日立造船が他社に先駆けて、自動自律運転システムを開発する目的は、O&M のビジネス機会拡大である。日立造船が手掛ける自動自律運転システムは、機器のパフォーマンスの極大化と環境負荷物質の排出量の抑制を実現する。環境負荷物質の排出量の抑制は、周辺環境対策にプラスであると同時に、機器の長寿命化にもプラスである。また、新興国はごみ焼却発電プラントの運転技術が乏しく、自国のオペレーターでは最適な運転の実現が難しい状況にある為、O&M の外部委託にニーズがある。クリーンなごみ焼却発電プラントを維持できる自動自律運転システムにより、新興国の O&M の外部委託ニーズを取り込めるだろう。日本から熟練オペレーターを派遣するよりも、自動自律運転システムを日本から遠隔監視する体制の方が、効率的に海外の O&M 受託件数を拡大できる。

火力発電主機メーカー、ごみ焼却プラントメーカーはいずれも機器のパフォーマンスを極大化する機器の制御方法が分かる

もっとも、こうした日立造船の戦略をそのまま火力発電主機メーカーに適用できるわけではない。なぜならば、国内のごみ焼却発電プラントでは自治体が EPC から O&M までの一括発注を増やしているが、火力発電プラントでは電力会社または IPP 事業者が EPC のみを発注し、O&M は電力会社、IPP 事業者が直接手掛けているからだ。しかしながら、ごみ焼却プラントメーカー、火力発電主機メーカーは、いずれも機器本来の能力を熟知しており、機器のパフォーマンスを極大化する制御方法もよく理解するという共通項がある。即ち、手動制御や人の判断の余地を減らして、機器のパフォーマンスを極大化し、且つその状態を維持できる自動自律運転システムの開発を行う設計力がごみ焼却プラントメーカー、火力発電主機メーカー双方にはある。

3. 日本の火力発電主機メーカーの戦略方向性

足下の ICT を活用したサービス水準では差別化要素となっていない

主機メーカーの ICT を活用したサービス提供の状況は、2 節 1 項記載の通りである。各社の取組状況に大差がなく、現時点では、O&M へのバリューチェーンの拡大には至っていない。ついては、日本の主機メーカーが取りうる策として、日立造船の戦略を参考に、O&M への参入の可能性を論じたい。

(1)ICT を活用した O&M 参入の意義

自動自律運転システム実現を見据えた O&M で稼ぐビジネスモデルへの転換

主機メーカーが ICT を活用し、自らがオペレーションの一部を担う取組を進める意義は、O&M で稼ぐビジネスモデルへの転換である。火力発電主機の新設市場の拡大が鈍化する中、新設の価格競争は厳しい状況が今後も続くものと予想される。従って、新設の受注で儲けることが難しい中、自社の強みは何かを再定義し、強みを活かせる領域に参入する必要がある。日本の主機メーカーの強みは燃焼技術である。強みである燃焼技術を最大限に発揮する最適な運転を、運転員の技術の巧拙によらずに実現できれば、日本の主機メーカーが O&M において付加価値を提供することができる。そして、発電プラ

ントの振動、温度、圧力、磨耗状況、環境負荷物質の排出量等のビッグデータのコンピューター解析、AI の学習機能といった ICT テクノロジーの進化により、運転員の技術の巧拙によらない自動自律運転システムの実現可能性は高まりつつある。日立造船の事例に鑑みれば、当該システムの開発には時間がかかることから、主機メーカーが早い段階で O&M に参入し、火力発電プラントに実証システムを導入し、その結果に基づき改良を加えていく方法が考えられる。また、O&M ビジネスへの参入に対して、その対象は自社機器を納入するプラントのみではなく、他社機器を納入したプラントについても対象となるだろう。なお、前述の日立造船においても、他社機器を納入したプラントの O&M も既に受託している。

主機メーカーが発電事業者として O&M に参入するにはリスクが大きい

O&M への参入は、主機メーカーにとっての新規ビジネスであり、リスクを考慮する必要がある。電力会社や IPP 事業者のような発電事業者、つまり発電プラントを所有、運営する立場で O&M に参入する場合にはリスクが大きい。なぜならば、出資等の資金拠出が必要となり、さらには売電を含む事業リスクも抱えることになるからだ。それに対し、O&M の外部委託を請け負う方法であれば、リスクを一定程度に抑えられると考えられる。また、当然のことながら人手をかければ O&M に参入することはできるものの、ICT を活用した省人化、効率化なくしては、主機メーカーの収益向上には寄与しない。

O&M のメインターゲットは急速に電力需要が拡大する新興国

しかしながら、国内の電力会社、大手 IPP 事業者は自社にノウハウのある O&M を外部に委託する可能性は低いだろう。従って、国内市場では、自家発電[8]、バイオマス発電等の小型発電が対象となり得る。小型発電では、小規模故にオペレーションの効率改善が難しい、労働力不足によりオペレーターを確保しにくい等の理由により、既に O&M の外部委託が始まっている。一方、国内の小型発電市場の規模は限られることから、主機メーカーのメインターゲットは、電力需要が急拡大し、且つ、技術力、経験、ノウハウが不足する新興国、アジア、中近東、アフリカが対象となるだろう。その中で、当初想定よりも低品質な燃料炭を投入しボイラーを破損する、清掃を怠り配管が詰まる等、オペレーターの技術・ノウハウ不足が機器のパフォーマンスを下げ、発電プラント全体のパフォーマンスを大幅に下げる事態が発生しているような国が対象として考えられる。

（2）ICT を活用した O&M への参入の課題と対応策

O&M 参入にあたっては、データ収集に課題

ICT を活用した O&M 参入には、火力発電プラント全体のデータの収集と、データ解析の精度向上が課題である。火力発電プラントからデータを収集し、解析の精度を向上するには、発電プラントを所有し、運営する電力会社または IPP 事業者の協力が不可欠である。当然のことながら、O&M を担っている彼らにメリットがなければ、データ収集に協力する理由がない。さらに国内の電力会社のように高い発電効率を維持し、環境負荷を抑制した運転ができる事業者が競争力の源泉となる運転技術の向上につながるデータを主機メーカーに開示する可能性は低いだろう。

[8] 自家発電：電気事業法第 38 条で「電気事業の用に供する電気工作物及び一般用電気工作物以外の電気工作物」と定義され、出力 50kW 未満の太陽電池発電設備、出力 20kW 未満の風力発電設備、出力 20kW 未満の水力発電設備等の小出力発電設備を除く発電設備を指す

自社 EPC 案件を対象にしたデータ収集を狙いとし、一部サービスの無償化に踏み切る

そこで、火力発電プラント全体のデータ収集には、主機メーカーがフルターンキー契約[9]で受注した発電プラントへのアプローチが考えられる。一般に、発電プラントの設計、建設、主機の知識、運転ノウハウに乏しい事業者が、フルターンキー契約で発注をする。つまり、主機メーカーがフルターンキー契約で EPC を受注するということは、事業者側の技術力、経験、ノウハウが不足しており運転支援のニーズがあることを意味する。従って、運転支援に必要となるデータ収集への協力を得られる蓋然性が高い。具体的には、フルターンキー契約で受注したプラントに、データ収集に必要なデバイス・システムを無償で設置し、第一段階に該当する遠隔監視、第二段階の一部、例えば予兆検知サービスを無償で提供するということが考えられる。付加価値を提供できる自動自律運転システムを開発する為に、データ収集を最優先とし、自社が提供するサービスの中で、差別化できないサービスは無償化にまで戦略的に踏み切ることも選択肢の一つである。

運転技能の高いオペレーターのいる国内電力会社との共同開発が始まる

また、運転技能の高い電力会社との共同開発はシステムの高度化においてプラスとなる。2017 年 9 月、MHPS と関西電力は AI で石炭火力発電プラントを効率的に制御するシステムを共同で開発し、舞鶴発電所で 2018 年春以降実証試験を始めることを公表した。今回の合意は、国内の火力発電プラントを実証の対象とする、つまり最も運転レベルの高い発電所を対象に、特定の主機メーカーと運転データを共有する画期的な取組と言える。関西電力が国内の火力発電プラントを実証対象とすることに踏み切った背景には、熟練オペレーターの技能伝承に課題があり、運転可視化ニーズがあったと考えられる。

メインターゲットは新興国であることに留意

但し、国内の電力会社との共同開発には留意が必要である。国内の電力会社では、新興国で生じるようなヒューマンエラーが殆ど発生しない。その為、国内の電力会社にとっては最適なシステムであっても、ヒューマンエラーの生じうる新興国では使用に適さない懸念がある。メインターゲットである新興国に導入することを前提に、誰でも簡単に扱えるシステム開発が求められる。従って、必要に応じて他国の電力会社との協力関係の構築、新興国でフルターンキー納入したプラントを対象にした実証も必要となるだろう。

IT システム会社が電力会社と協業し、市場に参入

一方、ICT を活用した O&M への参入には他の業界のプレイヤーも食指を伸ばしている。IT システム会社が電力会社と協働し、ICT を活用した運転を支援するサービス事業に参入する動きがある。実際、2016 年に NEC は中部電力と、国内外の発電事業者向けに、火力発電設備の運転を支援するサービス事業を始めた。本件の内容は、設備の予兆監視、発電効率低下の要因分析となっており、現段階では主機メーカーの取組の追随に見える。しかしながら、電力会社が保有する発電プラントのデータ解析に基づくサービス展開は脅威となり得る。主機メーカーは ICT を活用したソリューション提供の高度化を迅速に進める必要がある。

[9] フルターンキー契約：設計から機器・資材・役務の調達、建設及び試運転までの全業務を EPC コントラクターが一括して定額で、納期、保証、性能保証責任を負って請け負う契約

4. おわりに

日本の火力発電の主機メーカーの強みは卓越した燃焼技術

日本の火力発電の主機メーカーの真の強みは何か。それは長年培ってきた卓越した燃焼技術にある。日本は化石燃料資源の殆どを輸入に依存することから、日本の主機メーカーは火力発電の高効率化に向けた技術開発、即ち燃焼技術の開発に取組んできた。

主機メーカーの積極的な取組に期待

機器の燃焼技術を最大限に発揮する自動自律運転システムにより、主機メーカーは O&M において付加価値を提供できる。当然のことながら、自動自律運転システムは自社機器とのパッケージ納品で最も高効率な運転が可能になる。当該システムの導入による効果として、自社の主機の受注拡大も期待できる。

日本の主機メーカーには、今回例に挙げた日立造船のような先進的な他業界のプレイヤーの打ち手をも参考に、自社がリーディングプレイヤーになるべく積極的な取組が求められる。

みずほ銀行産業調査部
自動車・機械チーム　田村　多恵
tae.tamura@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－9. メディアサービス
－デジタルマーケティング時代におけるメディアのビジネスモデルの進化

【要約】

- 企業と消費者のあらゆる接点をデータとして把握し、最適なアプローチを行うデジタルマーケティングの普及は、広告収入を主とするメディアのビジネスモデルにも大きく影響を与える。
- 効率的なデジタルマーケティングの実現に向けて、購買ファネルの全ての段階（フルファネル）において消費者行動をトレースするためには、データ把握に長けたインターネットにおけるブランディング広告の強化が有効である。
- 国内の大手広告主はブランド毀損リスクの観点から、RTB 等のインターネット広告の自動取引の利用が限定的である。しかし、RTB の課題を解決したイノベーションとして、広告主とメディアを限定した PMP による自動取引が注目されている。既に国内でも大手事業者が PMP を開始しており、ブランディング広告の増加が期待される。
- インターネットによる大手広告主のブランディング広告の取り込みは、プレミアムコンテンツの制作原資となり、広告モデルによるプレミアムインターネットメディアの確立を可能とする。それはインターネットの長所を活かした新しいメディアのビジネスモデルとして、認知から購買までのフルファネルのマーケティングプラットフォームを実現すると考える。
- Google、Facebook などのグローバルプラットフォーマーは、フルファネルのマーケティングプラットフォームの実現を目指している。日本でも、プレミアムコンテンツの制作力、ユーザーID により統合されたユーザーデータ、広告配信技術を統合した新しいメディアの実現を急ぐ必要があり、そのためにテレビ局、インターネット事業者、広告代理店の三者が連携し夫々の強みを発揮していくべきと考える。

1． はじめに

デジタルマーケティングの普及により、メディアのビジネスモデルにも変化が求められる

広告収入を主要な収入源とするメディアにとって、デジタルマーケティングの普及は重要な意味を持っている。従来は見えなかった企業と消費者との接点がデータとして可視化されることにより、広告の配信媒体としてのメディアのビジネスモデルも変化していく。本章ではマーケティング、特にインターネット広告分野におけるデジタルイノベーションにより、メディアのビジネスモデルがどのように進化していくべきかについて考察していく。

2． 広告主から見たメディアの課題と解決策としてのデジタルイノベーション

（1）マーケティングにおけるメディアの役割

メディアはマーケティングにおいて、広告配信手段として重要な役割を担っている

マーケティングを消費者に対して自社の商品・サービスを購入してもらうこととして捉えた場合、広告は重要な手段である。広告主は、認知・好感度を高めるためにブランディング目的の広告を出稿し、一定以上の認知・好感度を持ってくれたユーザーに対しては、詳細な情報を提供し購入に導くためのレスポンス目的の広告を活用する。そして支出した広告費がどれだけの売上増加につながったのか広告効果を検証するといった一連のプロセスを行っている。そのようなマーケティングプロセスの中で、メディアはコンテンツを提供することで消

費者（メディアにとってはユーザー）を集め、広告を配信するという重要な役割を担っている。

テレビとインターネットは広告媒体としても棲み分けられてきた

以下に既存マスメディアの代表であるテレビとデジタルメディアとしてのインターネットについて、広告の観点からそれぞれの特徴を比較した（【図表 1】）。各々のメディアのコンテンツの特徴やデバイス、技術上の制約に起因する表現性等により、両者は広告媒体としても棲み分けが図られてきたと言える。

テレビはブランディング広告媒体として利用される

テレビは、幅広い視聴者に対して一斉に全画面動画による訴求力の高い広告を到達させることができる。また、コンテンツもプロの制作者によるプレミアムコンテンツ[1]であることから、広告提供者のブランド毀損リスクが小さいため、主にブランディング広告として利用されてきた。反面、視聴者の属性や広告配信結果の把握は、番組視聴率による推定ベースでしかできないという課題がある。

インターネットはレスポンス広告媒体として発展してきた

一方、インターネットは、文字・静止画による広告が中心であり、テレビ広告に比べると訴求力に課題があった。加えて、コンテンツもユーザーや一般企業によるものが中心であったため、ブランディング広告としてではなく、インタラクティブ性を活用してクリックなどのアクションを起こさせるレスポンス広告を中心に発展してきた。また、閲覧履歴や属性などのデータを活用することで、テレビ広告が不得意とするターゲティング及び広告配信結果の把握を可能にする特徴もある。

【図表 1】テレビ広告とインターネット広告の比較

	テレビ広告	インターネット広告
主な広告目的	ブランディング目的	レスポンス目的
一斉到達力	1：n	1：1
コンテンツ	プレミアムコンテンツ	一般コンテンツ
広告枠サイズ	画面全体	画面の一部
クリエイティブ	動画	テキスト、画像、（動画）
インタラクティブ性	データ放送	クリック可能
ターゲティング	想定視聴者層に向けた目の粗いターゲティング	閲覧履歴等をベースにした個人単位のターゲティング
広告配信結果	推定視聴世帯数の把握	全数把握が可能

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

（2）デジタルマーケティングにおけるメディアの課題

デジタルマーケティングはユーザー接点をデータ化してマーケティングの最適化を目指す

企業活動のデジタル化の進展及び消費者のインターネット利用の増加により、企業と消費者の接点がデータとして可視化されてきており、マーケティングもデータを基に施策の効果を最大化するデジタルマーケティングへと進化し始めている。デジタルマーケティングでは、インターネット上に限らずリアルな行動についても、デジタル技術を活用してユーザー接点をデータ化し分析することで、購買ファネル[2]のいずれのタイミングでも、適切な方法で消費者にアプ

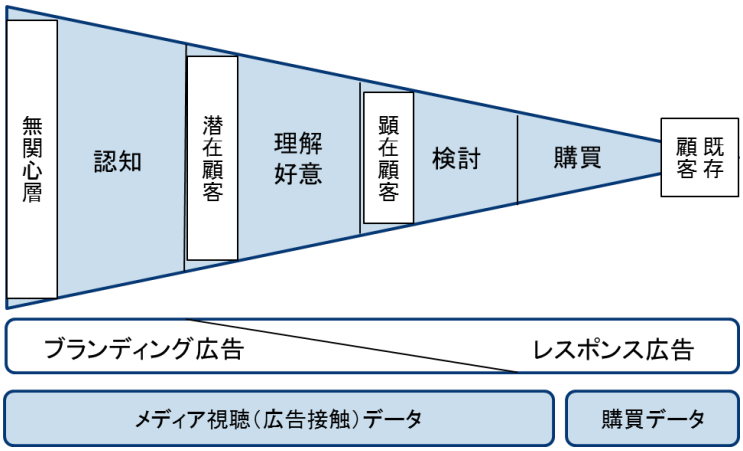
[1] 本章におけるプレミアムコンテンツとは、プロの制作者により相応の予算をかけて制作されたテレビ番組等のコンテンツを指す。
[2] ファネルとは漏斗のことで、無関心層から既存顧客へと絞り込まれる様子を例えて購買ファネルと表現される。

ローチすることを目指している(【図表 2】)。

効率的なデジタルマーケティング実現における課題はブランディング広告の接触データの把握

テレビ広告とインターネット広告が担う役割を購買ファネルに当てはめると、テレビ広告は主に最上流であるブランディング広告を担っているが、配信結果等の精緻なデータ把握に課題がある。他方、インターネット広告は主にレスポンス広告を担っており精緻なデータ把握も可能であるが、ブランディング広告として効果を発揮するには到達力や訴求力、ブランドセーフティ等で足りない部分がある。つまり、現状においては購買ファネルの最上流であるブランディング広告の精緻な広告接触データは把握できていない。言い換えれば、ECやポイントカードなどにより購買履歴の把握がある程度可能となっていく状況においては、ブランディング広告の接触データを把握することができれば、認知から購買までのフルファネルでのユーザー接点が可視化され、効果的なデジタルマーケティングが実現できるということである。

【図表 2】購買ファネルと広告



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

(3)インターネット広告におけるブランディング広告の強化

インターネット広告によるブランディング広告配信の強化が解決策

ブランディング広告の接触データを把握するためには、テレビ広告の視聴データを詳細に把握できるようにするか、インターネット広告によるブランディング広告配信を強化するかのいずれかが必要である。現状では、全てのテレビに視聴状況の測定器を取り付けることが非現実的であることを考えると、インターネット広告によるブランディング広告配信の強化が最善の解決策であろう。

インターネット広告によるブランディング広告配信強化のための環境は整いつつある

インターネット広告のブランディング広告としての利用増加のためには、一斉到達力(リーチ)、訴求力、ブランドセーフティの 3 点をテレビ広告の水準に近づける必要がある。既にユーザーのメディア接触時間はインターネットがテレビを上回っているなど、インターネットの一斉到達力(リーチ)は高まってきており、今後も同様の傾向が続くだろう。加えて、通信環境の整備などによりモバイル端末においても動画広告の活用が一般化し訴求力も向上している。残る課題は、データを活用した自動取引により問題が複雑化した広告主のブランドセーフティの確保である。

インターネット広告はマニュアル取引から始まった

ブランドセーフティについて考察するに際して、インターネット広告におけるデータ活用の歴史について簡単に触れたい。初期のインターネット広告はまだサイトの数も限られていたことから、Yahoo! JAPAN のトップページのような広告枠をマニュアルで取引する純広告と呼ばれる手法により始まった。しかし、マニュアル取引であるためユーザーの閲覧履歴等のデータ活用には制限があり、取引可能な広告枠の量も限定的であった。

データを活用した自動取引である RTB が登場し大きく進化した

しかし、2009 年頃には欧米で RTB（Real Time Bidding）が導入され、日本でも 2011 年頃より普及が始まったことで大きな進化を遂げた。RTB とはユーザーがメディアサイトを訪れる都度、クッキーにより推定されるユーザー属性に応じて、広告主による入札がプログラマティックに行われる自動取引である。これによりユーザー個人単位でのターゲティングがある程度可能になると同時に、加速度的に増加している膨大な広告枠を取引することも可能となった。RTB の登場により、どこのメディアサイトの広告「枠」に出稿するかではなく、どんなユーザー＝「人」に出稿するかという広告取引のパラダイムシフトが起こったと言われている。

現状ではブランド毀損を恐れる大手広告主による自動取引の利用は限定的

RTB は EC での購買やアプリのインストールに直結するようなレスポンス広告を中心に広がったが、テレビ広告を出稿するようなナショナルクライアント[3]による利用は想定されたよりも広がっていない。その理由としては、RTB で取引される広告在庫は、コンテンツの質とメディアブランドに問題があるサイトや、画面に表示されにくい位置にあるなど、低品質なものが多いことが挙げられる。RTB では、広告主は広告が表示されるメディアをある程度指定することができるものの、完全なコントロールは難しいため、ブランドイメージの毀損リスクが大きい。また、メディアの立場からしても表示される広告のコントロールが難しい。加えて、閲覧しているユーザーに応じて広告単価が決まるため、高品質な広告枠であってもその他のサイトと同様の低単価で取引されてしまうことから、優良なメディアの利用が少ないという課題が存在している。

（4）PMP（Private Market Place）

米国ではブランディング広告強化のイノベーションとして、PMP が普及

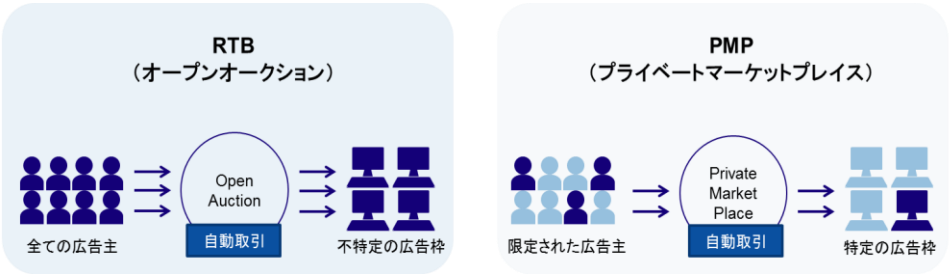
日本よりもインターネット広告が発展している米国では、RTB の課題を解決してブランド毀損リスクをヘッジできるイノベーションとして、PMP と呼ばれる仕組みが広まっている。RTB が広告枠入札取引に参加する広告主及びメディアを限定しないオープンオークションであるのに対して、PMP は広告主とメディアサイトを限定して優先的に自動取引を行うものである（【図表 3、4】）。

PMP が RTB の課題を解決し、優良広告枠の自動取引を可能とする

PMP の導入により、広告主は RTB では難しかった広告配信先のコントロールや、優良な広告在庫を優先的に購入することが可能となる。メディアとしても優良広告主に限定することでメディアブランドの毀損リスクをヘッジしつつ、優先販売による高単価での販売が可能となる。つまり、PMP は純広告でしか取引できなかった優良な広告枠を、データを活用して自動で取引できるようにしたものである。

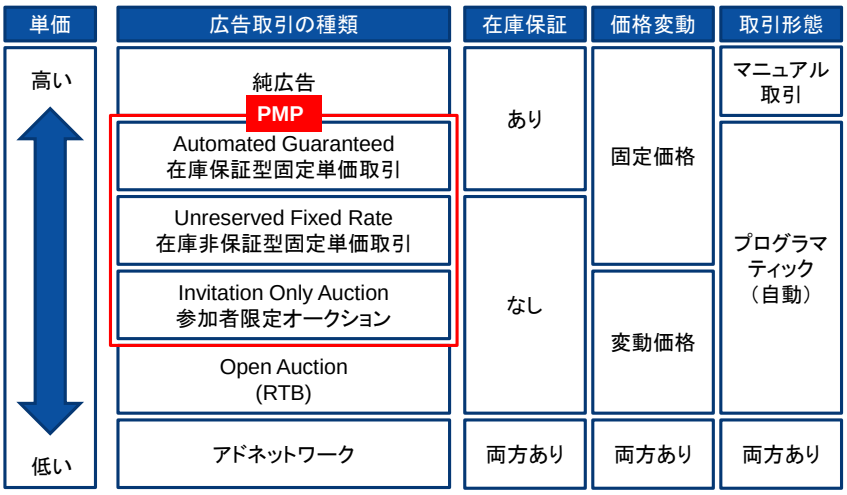
[3] 全国規模で広告・マーケティングを行っている大企業広告主を指す。

【図表 3】RTB と PMP の取引の特徴



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】ディスプレイ広告取引と PMP の分類



（出所）みずほ銀行産業調査部作成
（注）アドネットワークについては高単価のものも存在するが便宜的に最下部に配置

国内でも大手広告代理店や、Yahoo!JAPAN 等が PMP を開始

既に米国では PMP によるブランディング広告の取引が広がっているが、国内でも電通が Google との協業により 2015 年 2 月に電通 PMP ベータ版を開始し、2016 年 2 月に本格的にスタートしている。また、博報堂 DY グループも 2016 年 5 月にクリエダ PMP をスタートしている。更に 2017 年 5 月には、国内インターネット広告の 2 割超を扱っている Yahoo! JAPAN が Yahoo!プライベートマーケットプレイスを開始しており、今後 PMP の普及が急加速することが予想される。

3. メディアのビジネスモデルの変化と実現のための課題解決策

（1）今後のメディアのビジネスモデルの変化

ブランディング広告の強化はプレミアムコンテンツ制作予算の確保を可能とする

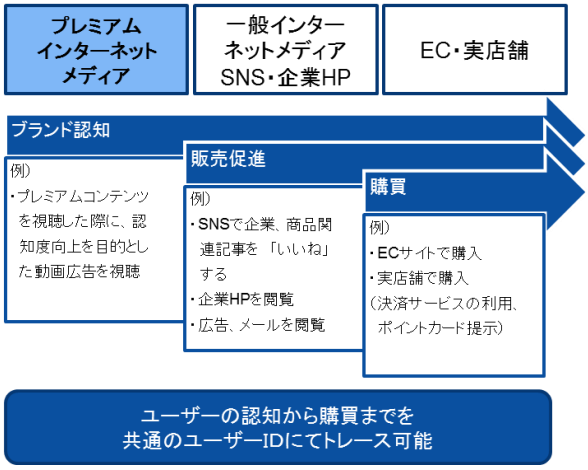
PMP の普及によりインターネットでのブランディング広告の増加が実現すれば、テレビ広告からインターネット広告への予算シフトが加速し、インターネット広告のマネタイズ力は強化される。これによって将来的には相応の制作予算を

必要とするプレミアムコンテンツを軸としたプレミアムインターネットメディア[4]運営に道が拓かれるであろう。

認知から購買までデータを統合した、フルファネルでのマーケティングプラットフォームを目指すべき

広告収入によって運営されるプレミアムインターネットメディアは、デジタルマーケティングにおけるメディアの課題であるブランディング広告のデータ把握を可能とする。その結果、ブランディング広告、レスポンス広告、EC 等のデータと合わせることを可能とし、購買ファネルの上流から下流までフルファネルでのデジタルマーケティングを実現することができる。したがって、今後のメディアのビジネスモデルとしては、プレミアムメディアとしてブランディング広告の出稿を取り込むと同時に、自前もしくは他の事業者との連携により、レスポンス広告及び、購買データも統合することで、フルファネルでのマーケティングプラットフォームを目指すべきであると考える(【図表 5】)。

【図表 5】フルファネルマーケティングプラットフォームのイメージ



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

(2)フルファネルマーケティングプラットフォーム実現のための課題と解決策

①インターネット広告単価の向上

従来のインターネット広告とは一線を画した広告単価での販売が必要

国内におけるインターネット広告の単価は、レスポンス広告を中心として発展してきた歴史もあり低水準にとどまっているため、現状ではプレミアムコンテンツの制作原資を確保するだけの広告収入を得ることは難しい。今後 PMP が普及することにより、ある程度の向上は見込めるものの、テレビ広告に匹敵するような広告予算を獲得するためにはさらなる工夫が必要であろう。既にテレビ番組のようなプレミアムコンテンツによる広告モデルのインターネットメディアとして TVer や Abema TV が事業を開始しているが、いずれもマニュアル取引による販売手法がとられている。理由としては、自動取引を活用するほどの広告在庫(視聴数)がないということもあるが、自動取引を利用するとインターネット広告としての単価設定に引きずられてしまい、低単価となってしまうことが挙げられる。

[4] 本章でのプレミアムメディアとは、プレミアムコンテンツにより集客するメディアとする。

ブランドコンサルティングの対価の一部としてテレビ広告予算を狙うべき

解決策としては、ページビュー数を基本とした従来のインターネット広告と同じ土俵で戦うのではなく、テレビ広告を販売する広告代理店が行っているように総合的なブランドコンサルティングサービスの一部として広告枠を販売していくことで、テレビ広告予算から支出されるようにすることが有効であろう。例えば、米国で若年層向けに高い人気を誇る Vice Media は、メディアでありながら広告代理店としての機能を持ち、広告主に対するブランドコンサルティングサービスを提供した上で、Vice Media の動画広告枠をブランドプロモーションにおける広告媒体の一つとして位置づける戦略をとっている。

②ユーザー情報の統合

スマートフォンの普及によりデバイスを跨いだユーザー情報の統合に課題が生じている

フルファネルでのマーケティングを提供するためには、ユーザーの行動をブランド認知から購買までトレースできることが重要となる。そのためには、インターネット上でのユーザー情報の統合は最低限必要なファクターであるが、スマートフォンの普及により問題が生じている。具体的には以下の 3 つに整理できる。まず、プライバシー保護の観点からスマートフォンではインターネット広告での閲覧データの利用に制限が設けられており、PC のようにユーザーの行動履歴が得られない点である。次に、ユーザーが PC とスマートフォンなどの複数のデバイスを利用した場合でも、同一のユーザーとして認識しなくてはならない点である。最後に、同一のスマートフォンであっても、アプリ経由と Web 経由の閲覧を同一ユーザーによるものと認識する必要があるという点である。

ユーザーID によるマッチングがもっとも有効な解決策

こうした課題の解決に向けて 2 つのアプローチが行われている。1 つ目は Facebook や、Google、Yahoo! JAPAN のように大量の会員基盤を持つ事業者は、ユーザーID 等の「決定的データ」[5]によるマッチングを行っている。具体的には、ユーザーID やメールアドレスでログインをさせることで、複数のデバイス、アプリを跨いでユーザーを追跡することを可能としており、現時点ではもっとも有効な解決策となっている。

確率的データによる推定で精度向上を図る

2 つ目としては、アクセスした端末から得られる OS バージョンや画面サイズ、地域等の「確率的データ」[6]を AI により推定することで、マッチング精度を高める取り組みである。しかし、あくまで推定によるものであり、大量のユーザーID を持たない事業者は精度を高めるべく試行錯誤を続けているのが現状である。

③広告効果最大化のためのターゲティング精度の向上

ブランディング広告強化には広告配信ボリュームとターゲティング精度の両立が必要

従来のインターネット広告はレスポンス広告であり、広告に興味を持って反応してくれるユーザーを効率的にターゲティングすることが重視されていた。しかし、ターゲティングの精度をとことん追求していくとセグメント分けが細かくなってしまう。その結果、ターゲットとするユーザーが少なくなり、極端に言えば既存顧客ばかりがセグメントされ、広告配信の量が確保できないという弊害が起きてしまう。しかし、今後ブランディング広告としての活用が増加していくことを見据えた場合には、なるべく多くのユーザーに対して広告を配信することも重要となる。つまり新規顧客を発掘するために広告配信ボリュームを確保しつつ、一定のターゲティングの精度を保つことが求められる。

[5] 決定的（Deterministic）データとはユーザーID やメールアドレス等のユーザーを特定できるユニークなデータ。
[6] 確率的（Probabilistic）データとは OS バージョンや画面サイズ、地域等のそれだけではユーザーを特定できないデータ。

AI、IoT を活用したオーディエンスターゲティングの発展に期待

解決策として期待されているのが、潜在顧客を推定するオーディエンスターゲティングの進化である。オーディエンスターゲティングとは、ユーザーの過去の行動などの多様なデータをもとに、広告に興味を持ち、新規顧客となる可能性の高いユーザーを推定し抽出する手法である。オーディエンスターゲティング自体は従来から行われていたが、IoT によるビッグデータ取得及び AI による分析能力の向上により複雑な変数項目を取り込み、より一層進化することが期待される。

4. グローバルプラットフォーマーの動きを踏まえた日本企業の戦略方向性

(1)現状のメディアの取り組み

フルファネルマーケティングプラットフォーム構築に向けた現状の取り組み状況

インターネットにおけるフルファネルでのマーケティングプラットフォーム構築が今後のメディアの広告モデルによる目指す方向性であり、その実現に向けた課題と解決策についてこれまで考察してきた。本節では、まず現在のメディアの取り組み状況について簡単に触れ、今後の日本企業の戦略方向性を検討する。

グローバルプラットフォーマーが最先端をいくが、プレミアムコンテンツ確保は途上

フルファネルでのマーケティングプラットフォーム構築の取り組みの最先端はグローバルプラットフォーマーである。特に YouTube を擁する Google と Facebook は、両社合わせて米国のインターネット広告費の半分超を占めると言われているなど広告主から多大な支持を集めている。また、Amazon は EC のプラットフォームとしてだけではなく、広告出稿メディアとしても注目を集めている。いずれも強大な会員基盤からユーザーID によるデータの把握が可能であり、ブランディング広告の取り込みも進んでいる。しかし、コンテンツについては一般ユーザーによるものが中心であり、ヘイトコンテンツやフェイクニュースなどの問題[7]があるなど、ブランド毀損リスクの問題は解決されていない。そのため、米国では資金を投入することで既存マスメディア等からプレミアムコンテンツを確保するべく取り組んでいる途上である[8]。

国内インターネット事業者の取り組みも進むが、プレミアムメディアは未確立

国内においても Yahoo! JAPAN や楽天、LINE などのインターネット事業者が、インターネットメディアと EC、及び決済サービスのデータを活用したマーケティングプラットフォームとなるべく取り組みを行っている。2017 年 7 月には、楽天と電通が楽天データマーケティング株式会社の設立を発表した。同社は、楽天の会員基盤及びビッグデータと、電通のマスメディア・生活者のデータとインサイト、及び戦略構築力を融合したフルファネルマーケティングサービスの提供を目指している。しかし、国内においては、プレミアムコンテンツを制作できるケイパビリティを持つ事業者はテレビ局等に限られており、これらのインターネット事業者によるプレミアムメディアは確立されていない。

テレビ局等のインターネットメディアへの取り組みは限定的

また、テレビ局等の既存マスメディア事業者もインターネットメディア運営に取り組んでいるものの、有料課金モデルが中心であり、コンテンツの提供も限定的である。TVer や Abema TV など広告モデルのサービスも、ユーザー数の拡大を優先するために、ユーザー登録をさせることなく視聴を可能としている。

---

[7] 2017 年 3 月にヘイトスピーチや過激な内容を含む YouTube ビデオに広告が掲載されていたとして、英政府や大手広告代理店 Havas、Audi などが相次いで Google および YouTube から広告を引き上げる事態が発生。

[8] Google は 2017 年 2 月に地上波テレビ放送を同時再送信する YouTube TV を開始。Facebook もオリジナルの長尺プレミアム動画コンテンツを外部のメディア事業者から購入することを発表している。

(2)日本企業の戦略方向性

日本企業はグローバルプラットフォーマーに先んじてフルファネルマーケティングプラットフォームを構築すべき

上記の状況を踏まえると、グローバルプラットフォーマーは時間を要するものの、日本においても豊富な資金力を武器にプレミアムコンテンツを確保して、プレミアムメディアとしての立ち位置を確立し、フルファネルのマーケティングプラットフォームを構築することが想定できる。コンテンツプロバイダーの立場から考えた場合は、これらのグローバルプラットフォーマーによるプレミアムメディアにコンテンツを供給して、収益を最大化するという考え方もあるだろう。しかし、メディアは民主主義の根幹であるということも鑑みると、日本企業により運営されているべきであると考える。したがって、インターネットサービスではネットワーク効果により先行者による寡占化が進みやすい特性を踏まえ、日本企業としては、グローバルプラットフォーマーに先んじてフルファネルのマーケティングプラットフォームを構築するべきと考える。

3 つのケイパビリティが必要

そのためには、①プレミアムコンテンツ制作力、②ユーザーID によりフルファネルで統合されたユーザーデータ、③広告関連技術(データ分析による広告配信技術及びブランドコンサルティング力)の 3 つのケイパビリティが必要である。現状の日本企業の持つケイパビリティを整理すると、【図表 6】の通りとなる。

【図表 6】メディア関連事業者のケイパビリティイメージ

	日本企業			
	テレビ局等 既存マスメディア	国内 インターネット 事業者	その他の 国内事業者	グローバル プラットフォーマー
プレミアム コンテンツ制作力	◎	△	制作会社	△
ユーザーID・ ユーザーデータ	△	◎	キャリア/小売/ ポイント事業者	◎
広告関連技術	△	○	広告代理店	◎

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

各事業者がケイパビリティを持ち寄って新しい時代のメディアを実現するべき

単独で全てのケイパビリティを満たす事業者は存在しない状況であり、グローバルプラットフォーマーに先んじるためには各事業者が連携して取り組むべきであると考える。具体的には、プレミアムコンテンツ制作力を持つ既存マスメディア事業者が連携することで集客力を高め、国内インターネット事業者は大量のユーザーID データをハブとしてフルファネルでのデータ統合を行うことが必要だろう。また、広告代理店は広告主に対して、ブランドコンサルティングサービスや広告配信技術を提供してマネタイズ力を高める。このように日本企業が連携することで、デジタルマーケティング時代に対応した新しい時代のメディアを実現していくことが重要ではないか。

5. おわりに

新しいマスメディアとしてのプレミアムインターネットメディアの日本企業による実現を期待したい

インターネット広告は精緻で広範なデータ活用が可能となり、マーケティング手法としてテレビよりも進んだものとなっているはずであるが、テレビ広告に比べるとマネタイズ力が弱い。これはテレビ広告が限られた枠しか存在しないプレミアムなメディアであることが理由として挙げられる。本章で採り上げたプレミアムインターネットメディアは、インターネット上においてプレミアムな広告枠を作るものである。そしてデータ活用というデジタルマーケティングに対応した付加価値をもたせることで、広告主に対してより高い便益を提供することができると考えている。国民生活上も重要な役割を果たしているマスメディアの将来像として、日本企業の手によりフルファネルマーケティングプラットフォームの構築が実現されるべきであると考える。

みずほ銀行産業調査部
テレコム・メディア・テクノロジーチーム　石川　真一郎
中村　伊佐夫
shinichirou.ishikawa@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－10. 物流 －IoT と自動配送がもたらすラストワンマイルの物流変革

【要約】

◆ 日本の物流業界において、トラックドライバーを始めとする労働力不足は、従事者の減少や高齢化により年々深刻化している。特に EC 市場の拡大に伴い取扱個数が増加している宅配便配送で顕著であり、対策は喫緊の課題である。

◆ 宅配便の分野でテクノロジーを活用した海外の先行事例として、IoT により自家用自動車ドライバーを活用した物流プラットフォームを提供する Roadie 社（米）と、小型自動配送機を活用した無人配送を実施する Dispatch 社（米）の取組みがある。こうした取組みが日本でも進められれば、トラックドライバー不足への解決策となる可能性がある。

◆ 自家用自動車ドライバーの活用や自動配送が日本で進められた場合、ラストワンマイルの配送手段が多様化し、宅配便は物流事業者のドライバーにより自宅まで届くものという利用者の既成概念が変化することが想定される。配送手段の多様化は、既存の物流事業者にとって新規参入の脅威となるが、これによって業界が抱える労働力不足の緩和が期待される。また、配送のサービス水準が多少劣ってもコスト面で優れていれば良いといった利用者ニーズの多様化は、宅配便サービスのあり方を見直すきっかけとなり得よう。

◆ 物流事業者は、将来的な労働力不足を見据え、物流業界外における労働力や資産及び技術を有効活用することが重要である。そのためには、IoT を活用した物流業界内外のマッチングプラットフォームを構築し、現行規制上実現が困難な自家用自動車による配送も含めて検討していくことが有効であろう。また、自動配送についても、実用化に向けて実証を進めていくことが効果的である。技術面では、専門性を持つ事業者と連携して新技術の導入を図るとともに、自動配送の最適化・効率化のためにトラックドライバーの経験をデータベース化し活用していくことが必要である。

◆ 国には、事業者が迅速に実用化を進めるための実証フィールドの設定や、自動配送を最大限活用する観点から荷物とロボット等の標準化・規格化を推進する体制の整備を通じて、新たなビジネスモデルの担い手を生み出し、後押しする役割が求められる。

1. はじめに

労働力不足の深刻度合いが増している宅配便の配送に関するテクノロジーを採り上げる

日本の物流業界におけるトラックドライバーを始めとした労働力不足は、特に宅配便の分野において深刻度を増している。本章では、ラストワンマイル[1]における配送でテクノロジーを活用した海外の先進的な取組事例を紹介する。更に、こうした取組みが日本で進められた場合に将来の物流業界や社会で生じる変化を考察し、物流事業者がとるべき戦略と国に求められる役割について検討する。

2. 宅配便需要の増加とトラックドライバーを始めとした労働力不足

2016 年度の宅配便取扱個数は、過去最高を記録

日本における宅配便取扱個数は、EC 市場の拡大に伴い年々増加傾向にある。2014 年度には、消費増税前の駆け込み需要反動減等により、リーマンショック以来のマイナス成長（2013 年度比▲0.6%の 36.1 億個）に転じたが、2016 年度は過去最高の 40.2 億個（2015 年度比+7.3%）を記録した。

[1] 「荷物が受取人に到達するまでの短い距離における物流の最終工程」を示す言葉として使用される。

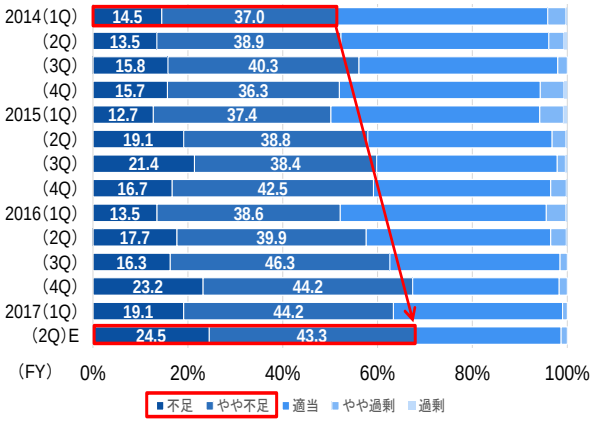
一方で、トラック輸送事業者の労働力確保は年々困難に

一方で、こうした物流を支えるトラック運送に関する労働力の確保は、従事者の減少や高齢化を背景に、年々困難になっている。全日本トラック協会による事業者向けアンケート結果によると、労働力の不足状況（「不足」「やや不足」の回答割合）は 2014 年度第 1 四半期と 2017 年度第 2 四半期（見込み）を比較すると、16.3%ポイント増加している（【図表 1】）。

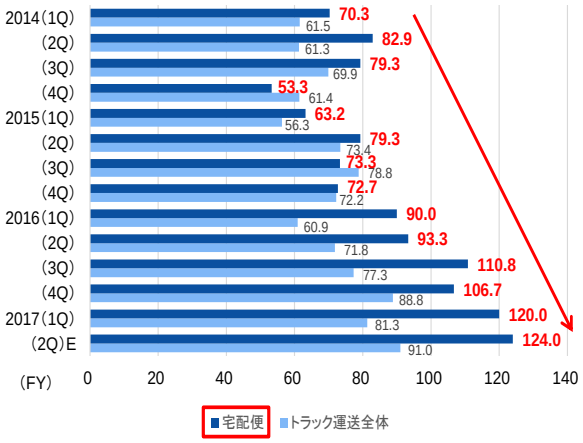
特に、宅配便における労働力不足が顕著

トラック運送の中でも、特に労働力不足が顕著であるのが、EC 市場の拡大に伴い取扱個数増加の影響を受けている宅配便である。同アンケート結果を元に算出した労働力不足に関する指標を見ると、トラック運送全体と比較して、宅配便の輸送における労働力の不足感が大きく上昇している（【図表 2】）。

【図表 1】トラック運送業界の雇用状況（労働力の不足感）の推移



【図表 2】労働力不足感に関する指標の推移（宅配、トラック運送全体）



（出所）【図表 1、2】とも、公益社団法人全日本トラック協会「トラック運送業界の景況感」よりみずほ銀行産業調査部作成
（注 1）同協会によるトラック運送事業者向けアンケート調査結果（四半期毎に約 600 社の回答あり）
（注 2）【図表 2】の指標は、【図表 1】の回答を元に算出。「不足」+2、「やや不足」+1、「横ばい」0、「やや過剰」▲1、「過剰」▲2 の点数を与え、1 事業者当たりの平均を 100 倍した数値。計算式は以下の通り
指標＝｛（+2×回答数）＋（+1×回答数）＋（0×回答数）＋（▲1×回答数）＋（▲2×回答数）｝÷（回答者数）×100

時間外労働規制強化と同一労働同一賃金導入により、トラックドライバーの確保は更に困難になる可能性

こうした状況に拍車をかけることが懸念されるのが、政府の「働き方改革実行計画」（2017 年 3 月）に掲げられている時間外労働規制の強化と、正規雇用と非正規雇用における同一労働同一賃金の導入である。自動車運転業務については時間外労働規制適用の猶予期間が設けられているが[2]、運輸業は長時間労働の傾向にある中[3]、将来的な規制適用によりトラックドライバーの確保は更に困難になる可能性がある。また、同一労働同一賃金の導入により、非正規雇用者の賃金が上昇し、物流事業者の労働力確保のコストが増大することも懸念される。

労働力不足対策は、喫緊の課題

以上から、日本の物流業界、特にラストワンマイルにおける宅配便のトラックドライバーを始めとした労働力不足対策は、喫緊の課題といえよう。

[2] 自動車運転業務ついて、制度改正から 5 年後に年間 960 時間（月平均 80 時間）の上限規制が適用となる猶予期間が設けられているが、一般原則である年間 720 時間の上限規制の将来的な適用も検討されることとなっている。
[3] 厚生労働省「労働統計要覧」によると、運輸業における 2016 年の年間総労働時間は 2,046 時間（全産業平均：1,783 時間）。

3. テクノロジーを活用した海外の先進的な取組事例

海外の先進的な取組事例を紹介

本節では、ラストワンマイルの配送において、テクノロジーを活用した海外の先進的な取組事例を 2 つ紹介する。

（1）IoT を活用したマッチングプラットフォーム（自家用自動車によるラストワンマイル）

①Roadie 社（アメリカ）の取組概要

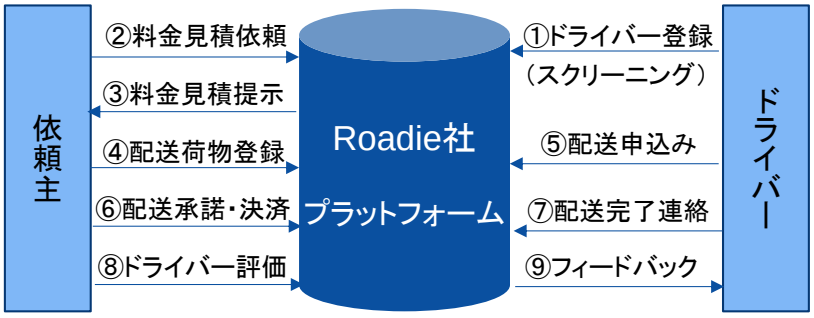
荷物とドライバーをマッチングする IoT プラットフォームを提供

まず、1 つ目の事例として、アメリカの Roadie 社の取組みを採り上げたい。Roadie 社は、アトランタ州で 2014 年に設立されたスタートアップ企業であり、スマートフォンのアプリを経由して、荷物の依頼主と自家用自動車ドライバーのマッチング[4]を可能とする IoT プラットフォームを提供している。

一般ドライバーの自家用自動車の運転による移動を荷物配送に活用

Roadie 社のプラットフォームを経由して荷物を運ぶドライバーは、物流事業者ではなく、Roadie 社へ登録を行った自家用自動車を持つ一般ドライバーである。一般ドライバーの自家用自動車を荷物配送に活用しており、シェアリングエコノミーの一例として、物流分野に個人の参入を促すものである。配送可能な荷物はカップケーキ、家具、ペットまで幅広く対応している。配送料金の設定には、依頼主により登録された荷物の種類・大きさと配送距離に応じて、Roadie 社が依頼主に見積りを提示する仕組みがとられており、物流事業者よりも低価格な配送が可能とされている。登録された荷物の配送に対して、ドライバーが申し込みを行い、依頼主が承諾することでマッチングが行われる。依頼主は、アプリ上の地図で、ドライバーによる配送状況をリアルタイムで確認できる（【図表 3】）。

【図表 3】Roadie 社の IoT プラットフォームにおけるサービスフロー



（出所）Roadie 社 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

安心して利用できる仕組みが担保（ドライバーの事前チェック・事後評価、荷物への保険付与）

ドライバーは、Roadie 社による事前スクリーニング[5]を経てプラットフォームに登録され、更に依頼主から配送の事後評価が行われる。依頼主は、アプリ上で評価や配送実績を確認し、ドライバーを選択することができる。また、配送される荷物には保険[6]が付与されており、依頼主は荷物の破損等に対して補償を受けることができる等、安心して利用できる仕組みが担保されている。

[4] ここでは、荷物を配送したい依頼主のニーズと、荷物を運びたいドライバーのニーズを繋ぐことで、荷物の運送に関する契約を成立させることと定義する。
[5] Roadie 社は、運転免許、所有車両、銀行口座その他必要な情報の取得を通じて、ドライバーの身元確認・調査を実施する。
[6] 通常$500 まで補償可能な保険が付与されており、依頼主が追加料金を支払えば補償金額を$10,000 まで増額可能。

アメリカ全土へサービス展開、IoTプラットフォームの実用化が本格的に進展

Roadie 社によるサービス提供は、当初は会社本拠地であるアトランタ州のみであったが、2015 年 3 月からアメリカ全土へ展開し、アプリのダウンロード件数は 25 万件超、登録ドライバーは 2 万人超にのぼっている。自家用自動車による荷物配送を可能とする IoT を活用したマッチングプラットフォームの実用化が、本格的に進展しているといえよう。

②Roadie 社による物流業界外における一般ドライバーの活用

一般ドライバーを有償貨物運送に活用する革新的な取組み

Roadie 社は、自家用自動車による旅客輸送の人流を中心としたプラットフォームを提供する Uber 社の物流版といえよう。すなわち、Roadie 社が提供するのは、自家用自動車による貨物輸送の物流プラットフォームである。商用輸送トラックではなく、既存の物流業界外における一般ドライバーの自家用自動車による有償の貨物運送を実現している点で、革新的な取組みである。

既存の物流事業者にとっては、新規参入をもたらす脅威

こうした自家用自動車及びドライバーを活用したビジネスモデルは、物流業界におけるトラックドライバー不足の緩和に役立つだろう。一方で、既存の物流事業者にとっては、ラストワンマイルにおける配送に自家用自動車ドライバーによる新規参入をもたらすビジネス上の脅威であると思われる。

大手物流事業者 UPS 系の子会社が Roadie 社に出資等を実施、UPS は脅威に対する自社へのリスクの軽減を意図していると推察

この点、Roadie 社に対して、アメリカ大手物流事業者 UPS の子会社である UPS Strategic Enterprise Fund が出資していることは、日本の物流事業者とって示唆となろう。同 Fund によれば、「UPS は創造的で魅力的なビジネスモデルを生み出すシェアリングエコノミーを評価しており、イノベーションに対する投資を続ける」旨を表明している。また、同じく UPS の子会社である UPS Capital は、Roadie 社のプラットフォームを利用した配送に対する保険サービスを提供している。UPS にとって自家用自動車を活用したシェアリングエコノミーは脅威につながるが、UPS はこうした脅威に対して自社としても関与することで成長を取り込み、自社へのリスクの軽減を意図していると推察される。

（2）小型自動配送機を活用した無人配送（小型自動配送機によるラストワンマイル）

①Dispatch 社（アメリカ）の取組概要

ドローン等による配送は、私有地内での運用や実証実験の段階

次に、2 つ目の事例として、ラストワンマイルにおける自動配送の取組みを採り上げたい。自動配送については、現時点では、ドローンによる私有地内での実証・配送[7]や、無人運転自動車による配送を目指した実証実験[8]が実施されている段階である。

公道を経由した自動配送の商用化を小型自動配送機により実現した Dispatch 社

これに対して、公道を経由した自動配送の商用化を実現している稀有な事例として、アメリカの Dispatch 社の取組みを紹介したい。Dispatch 社は、カリフォルニア州サンフランシスコで 2015 年に設立されたスタートアップ企業であり、4 輪駆動で箱状の「Carry」という小型自動配送機[9]を活用した小口貨物の無人配送サービスを提供している[10]（【図表 4】）

---

[7] 楽天は、2017 年 5 月より、ゴルフ場内におけるドローン配送サービスを開始している。ゴルフ場のコース内でプレイヤーがスマートフォンのアプリを使って、ゴルフ用品や軽食、飲み物などを注文すると、ドローンがコース内の受取場所まで商品を届ける。

[8] ヤマト運輸と DeNA は、2017 年 4 月より、自動車の後部座席に荷物保管ボックスを設置した専用車両を使用して、スマートフォンを経由したオンデマンド配送サービス等の実証を行う「ロボネコヤマト」プロジェクトを開始。将来的には完全自動運転を目指すが、今回の実証では有人運転で荷物を届ける。ドライバーは荷物の受け渡しを行わず、利用者が車両から取り出す。

[9] 「Carry」の大きさは、長さ・高さが約 90cm、幅が約 70cm 程度。約 45kg まで荷物を搭載可能であり、収納可能なスペースが 4 つ存在する。運行速度は、約 4～6km/h と歩行程度である。

[10] 当初は大学構内で郵便物配達の実証実験が行われていたが、近年サンフランシスコ湾岸エリアの特定地域において宅配便の商用配送が開始されている。

【図表 4】Dispatch 社の小型自動配送機「Carry」（左）と配送通知画面（右）のイメージ

（出所）Dispatch 社 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

オンライン注文を受け、歩道等を経由して配送

利用者は、Dispatch Market という EC サイトを経由して商品を注文し、「Carry」による配送を受けることができる。「Carry」は、歩行程度のスピードで道路の脇道や歩道を通って配送を行う。利用者は、配送状況を把握でき、自宅の玄関先等の目的地へ到着した「Carry」上部のタッチパネルでパスコードを入力し、荷物を受け取る。

配送料金は低価格、技術面でも安全な自動走行を実現

「Carry」は近距離圏内の配送で利用されており、料金は通常の物流事業者による配送よりも低価格であるとされる。また、技術面では、歩行者等を認識するために 3D 認識が可能なカメラを搭載し、GPS 情報を用いて安全に自動走行を行うよう設計されており、少人数で複数台の遠隔監視が可能と推察される。

②無人配送がトラックドライバー不足を補う新たな配送手段となる可能性

「Carry」のようなロボットによる無人配送は、トラックドライバー不足を補う新たな配送手段となり得る

「Carry」は、自動車が通過できない小道へのアクセスも可能であり、荷物のサイズや重量が限界を超えない限り、オンラインであらゆるオンデマンドデリバリーに活用できる。Dispatch 社の CTO 兼共同設立者によれば、「Carry」の運行に関して、規制が課される既存の枠組みは存在しないという。陸上の無人小型輸送機は、無人運転の自動車やドローンと比較して、運行の安全性の観点から法律上問題が生じにくいと思われる。こうした無人配送の取組みは、トラックドライバー不足を補う新たな配送手段となり得る。

もっとも、都市部における限定的な活用になると思われる

もっとも、「Carry」のように低速で陸上を運行する小型ロボットによる配送は、一度に大量の荷物や大きなサイズの荷物を運ぶことができないことから、段差がなく歩道の整った都市部の人口密集地における小口貨物の配送といった限定的な活用になると思われる。

4. 配送手段の多様化と宅配便に対する利用者の既成概念の変化

前述のような取組みが日本で進められた場合、将来の物流業界や社会において生じる変化について考察したい。

（1）配送手段の多様化

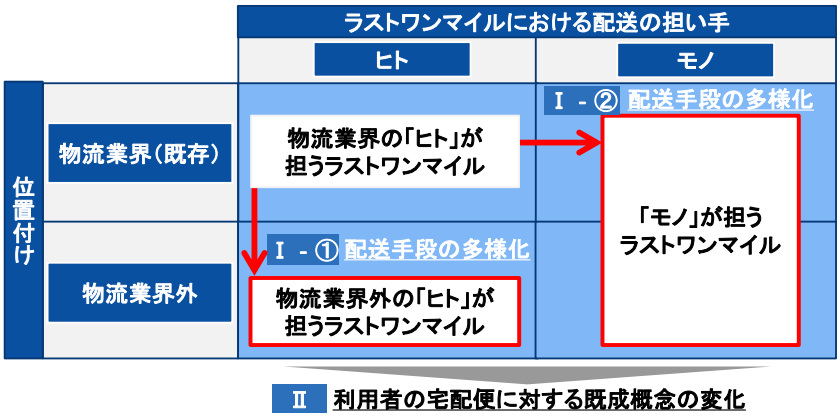
①物流のプロではない業界外の「ヒト」が配送を担う場合が増加

現在、ラストワンマイルにおける配送の大部分は、既存の物流業界のトラックドライバー（「ヒト」）によって担われているが、IoT プラットフォームを通じた自家用自動車の物流への活用が進むと、物流のプロではない業界外の一般ドライバー（「ヒト」）が配送を担う場合が増加する。

②「モノ」が配送を担い、「ヒト」との役割分担が進む

また、小型自動配送機、ドローン及び無人運転自動車（以下「ロボット等」）による荷物の自動配送は、現時点では実証段階であることが多いが、実用化が進めば、将来的には荷物を運ぶ担い手が、ドライバー（「ヒト」）からロボット等（「モノ」）へ移り、「モノ」が荷物を運ぶことができる時代が到来する。「モノ」が運ぶことができる荷物は「モノ」に任せることで、配送において「ヒト」と「モノ」の役割分担が進むと思われる（【図表 5】）。

【図表 5】配送手段の多様化と利用者の既成概念の変化



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

（2）利用者の宅配便に対する既成概念の変化

配送手段の多様化に伴い、利用者の既成概念の変化が想定

宅配便は物流事業者のドライバーにより荷物が手元まで届けられることが通常であるが、こうした配送手段の多様化に伴い、物流事業者のドライバーによって自宅まで届けられるサービスが当たり前という利用者の宅配便に対する既成概念の変化が想定されよう。

利用者にとっては、配送手段の選択肢が増えるメリットとなり得る

ロボット等による無人配送が実用化された場合にも、現在進められているコンビニエンスストアや宅配ボックスでの受取りと同様に、利用者は自宅の玄関先等に到着したロボット等まで荷物を取りにいく必要が生じるだろう。利用者がロボット等まで荷物を受け取りに出向くことになる宅配便や、物流のプロではない一般のドライバーによる宅配便は、サービス水準や盗難等の安全面における懸念等のデメリットはあろう。しかし、利用者が従来の物流事業者のドライバーによるサービス水準を必要としなければ、多少配送サービスの水準が劣ってもコスト面に優れた配達方法を選択できる余地が広がることで、利用者にとってはむしろメリットが大きいと考えられる。

利用者ニーズに応じて宅配便のあり方を見直すきっかけとなる

利用者の宅配便に対する既成概念の変化は、物流事業者にとって、これまでの宅配便サービスのあり方を見直すきっかけとなろう。自社ドライバーによる配送価格やサービス内容を調整するとともに、物流業界外の「ヒト」と「モノ」の活用を加えることで、多様化する利用者のニーズへの対応が可能となろう。

5. IoTを活用した自家用自動車による配送や自動配送の実用化に向けた主な課題

日本で IoT プラットフォームを経由した自家用自動車による配送やロボット等による自動配送の実用化を進める場合、次の点が主な課題として挙げられる。

(1)法律上の規制や位置付け

①貨物自動車運送事業法による規制

現行法制上、自家用自動車を活用したマッチングのプラットフォーム構築は困難

自動車による運送事業を行う場合、現行では、貨物自動車運送事業法に基づき、自動車の規格に応じて許可または事前届出が必要である(【図表 6】)。そのため、荷物とドライバーのマッチングプラットフォームに登録し、一定排気量を超える自動車で運送事業を行おうとする者には、当該規制が課せられることになる。現行法制上、許可や届出を行っていない当該自動車による貨物自動車運送業務は法律上認められておらず、そのための物流マッチングプラットフォームの構築は、事実上困難である。

【図表 6】貨物自動車輸送事業法の概要

目的	輸送の安全を確保するとともに、貨物自動車運送事業の健全な発達を図ること		
規制対象事業	貨物自動車運送事業 「他人の需要に応じ、有償で、自動車を使用して貨物を運送する事業」		
類型	一般貨物自動車運送事業	特定貨物自動車運送事業	貨物軽自動車運送事業
使用する自動車	右記の規格を超える自動車		三輪以上の軽自動車及び二輪の自動車(125ccを超え、660cc以下の車両)
参入	許可		届出(事前)
運賃	届出(事後)		届出(事後)
(参考)規制対象外となる場合	(1)排気量が軽自動車等(125ccを超え、660cc以下の車両)未満の車両等を使用して運送すること (2)「運送の対価」としての有償性が認められないこと		

(出所)国土交通省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

現行の規制範囲を前提とした場合、B to C 分野へのトラックドライバーの供給は限定的

なお、日本においても B to B の企業間物流における貨物と商用トラックのマッチングサービスは既に存在し、個人荷主向けのサービスも一部の企業で開始されている[11]。しかし、今後もトラックドライバー減少が見込まれる中、現行の規制範囲を前提とした場合では、自動車による有償の運送は許可や届出を取得した専業者に限られることから、需要が拡大する B to C 分野へ供給できるドライバーの数は限定的となるであろう。

②道路運送車両法における位置付けや航空法の規制

現行法制上、小型自動配送機の位置付けが不明確

日本において小型自動配送機による無人配送を行おうとする場合、道路運送車両法上の位置付け[12]が問題となる。現行制度上、歩道で自走するロボットに対する規制は想定されておらず、仮に同法上の小型特殊自動車に該当することになると、歩道での走行が制限され、実用化へのハードルは高くなることが想定される。小型自動配送機による配送の実用化に向けては、ルール整備や制度運用の明確化が課題となろう。

[11] 例えば、CBcloud 株式会社(2013 年設立)は、貨物軽自動車運送事業者と貨物のマッチングサービスを提供(1,300 名以上のドライバーが登録)。2016 年 6 月に法人荷主向け(PickGo)、2017 年 8 月に個人荷主向け(PickGo for personal)を開始。

[12] 車両の構造及び原動機並びに大きさによって、「普通自動車」、「小型自動車」、「軽自動車」、「大型特殊自動車」、「小型特殊自動車」に分類される。小型自動配送機は「小型特殊自動車」に近い。これらに該当しない場合、歩行者等の扱いとなる。

ドローンは、第三者上空の飛行許可が大きな課題

ドローンに関しては、航空法上の「第三者上空の飛行許可」が大きな課題として挙げられる。すなわち、人口密集地での飛行や、地上や水上の安全が損なわれるおそれがある場合は国土交通大臣の許可が必要となり、飛行経路における多くの関係当事者の理解を得なければならないのが実情である。ドローン配送の実用化に向けては、技術面よりもこうした制度面でのハードルが高い。

（2）技術面で専門性を持つ人材の不足

マッチングに必要な IoT 技術は実用化の水準、自動運転やドローンも実用化が目指されている

荷物とドライバーを繋ぐ物流プラットフォームの構築に必要なマッチングに関する IoT 技術[13]は、既に先進事例で紹介したように物流事業に活用されており、実用化が可能な水準にある。一方、自動運転は、無人走行技術の発達に依存するところが大きいが、2020 年代前半を目標に無人運転自動車による配送の実用化が目指されている[14]。ドローンについても、技術面の研究が進められている[15]。

物流事業者には、新技術に関する専門人材が少ない

しかし、物流事業者においては、こうした新技術に関する専門性を持つ人材が少ないことが課題として挙げられる。物流事業における競争優位性を確立していくためには、物流事業者自ら先手を打って新技術を物流へ応用していく力が求められよう。

6. 日本の物流事業者がとるべき戦略と国に求められる役割

以上を踏まえ、日本の物流事業者がとるべき戦略と、国に求められる役割について検討したい。

（1）日本の物流事業者がとるべき戦略

物流業界外の労働力や資産及び技術の有効活用が重要

日本の物流事業者は、将来におけるトラックドライバーを中心とした更なる労働力不足を見据え、物流業界内のみならず、今後は業界外の労働力や資産及び技術を有効に活用していくことが重要であろう。そうすることで、拡大する EC 市場の成長を取り込んでいくことも可能となるであろう。

①物流業界内外プラットフォームを構築し、自家用自動車による配送も含めて検討することが有効となり得る

そのためには、IoT を活用した物流業界内外のマッチングプラットフォームを構築し、自家用自動車の一般ドライバーによる配送も含めて検討していくことが有効ではないだろうか。物流事業者としては、自ら新規参入の脅威を招く可能性があるが、台頭する EC 事業者に先行して、物流事業者自ら手を打ち、自社グループ内の機能として自家用自動車の一般ドライバーによる宅配便という新たな物流の選択肢を設けることは、利用者の利便性を向上させ、物流事業者としての付加価値を高める手段となると思われる。また、人口減少が進む過疎地におけるユニバーサルサービスの維持にも役立つであろう。このように、自家用自動車による物流プラットフォームの構築は、物流事業者が自ら変革を行うインセンティブになると思われるが、現行法制上規制の存在が障害となるため、国に対して規制緩和を求めていくことが必要となろう。

---

[13] 荷物の依頼主とドライバーの GPS 等の情報をインターネット経由でクラウドへ繋ぎ、オンラインで配送のマッチングを行う技術。

[14] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議「官民 ITS 構想・ロードマップ 2017」、第 1 回自動走行に係る官民協議会（2017 年 8 月 31 日開催）会議関係資料参照。

[15] ドローン自体の技術では、主に 3 つの課題があるとされる。1 つ目は非 GPS 環境下の自律制御（GPS 電波が取れない環境でどのように自律飛行を実現するか）、2 つ目は衝突回避（飛行中障害物を瞬時に検出して、衝突を回避しながら目的地まで飛べるか）、3 つ目は着陸（数 cm の誤差でどの場所でも着陸ができるか）である。

新規事業者の許可・届出手続サポートという道も

規制緩和を求めていく動きと平行して、既存の規制の範囲内において新規事業者の許可・届出手続や事業化等のサポートを行うことで、担い手を増やしていくというアプローチも考えられよう。

規制対象外とされるバイクや自転車等による配送の活用は、自家用自動車プラットフォーム構築検討の足掛かりとなり得る

また、一定排気量以下のバイクや自転車等を活用した有償の配送は規制の対象外とされているため、現状でも事業化は可能である。バイクや自転車等では配送できる荷物の種類や個数は限られるが、物流事業者のドライバー以外による宅配便サービスに対する利用者の許容度といった情報の取得に繋がれば、物流事業者が今後自家用自動車による宅配便サービスの導入を進めるか否かを検討する足掛かりとなり得る。更に、バイクや自転車等による配送において、宅配ボックス等への荷物搬入といった利用者との非対面となる手段と組み合せて活用すれば、再配達の削減にも役立ち、トラックドライバーの負担軽減に効果的な取組みとなろう。

②ロボット等による自動配送は、実用化に向けた実証が重要

ロボット等による自動配送については、既存の物流事業者にとって労働力不足の解決に役立つと考えられることから、実用化に向けた実証を進めていくことが重要であり、そのためのルール整備や規制緩和を国に求めていくことが必要である。技術面に関しては、新たな技術に関して専門性を持つ自動車メーカーや IT 事業者等、スタートアップ企業を含めた他社と連携し、物流への応用を図ることが必要である。新たな技術を自社へ取り込んでいくにあたり、他社を巻き込んだ物流の実証プロジェクトを立案・主導することも有効であろう。

トラックドライバーの暗黙知を自動配送の最適化・効率化に活用

また、ラストワンマイルにおける配送は、トラックドライバーが日々の経験に基づき最適な配送順序やルートを割り出し、それに応じて貨物の積込みを行っている。自動配送の導入にあたり、こうしたトラックドライバーの暗黙知をデータベース化し、自動配送の最適化・効率化に活用していくことが有効となろう。

（2）国に求められる役割

国には、以下の取組みを通じて、物流業界における労働力不足に対応した新たなビジネスモデルの担い手を生み出し、後押しする役割が期待される。

事業者が実用化を迅速に進めるための実証フィールドの設定

自家用自動車による物流プラットフォームの構築を行う場合、貨物運送業務に関する規制緩和が必要である。ロボット等による自動配送については、現行規制や制度が障害となり、実用化に向けた十分な実証が難しいという現状がある。そのため、国としては、物流事業者を始めとした民間事業者による取組みを促す観点から、例えば技術革新が規制や制度に阻害されないよう事前規制や手続を抜本的に見直す「レギュラトリーサンドボックス制度」を早期に創設する等、実用化を迅速に進めていくための実証フィールドを設けることが求められる。

荷物やロボット等の標準化・規格化の推進体制の整備

また、ロボット等による自動配送によって運搬できる荷物は一定の大きさに限られ、荷主から持ち込まれる荷物によって運搬可否が左右されることになる。そのため、自動配送を最大限活用する観点から、荷主や物流事業者の関係当事者による荷物やロボット等の標準化・規格化を推進していく体制を整備することが求められよう。

7. おわりに

日本の物流事業者がテクノロジーを通じて物流を支えることは、世界の中でも課題先進的な取組み

日本の人口動態に鑑みると、今後は人口減少及び高齢化は避けられない状況である。労働力不足は物流業界に限られないため、他産業との労働力の奪い合いは、産業全体を疲弊させることにもなりかねない。こうした状況下、日本の物流事業者がテクノロジーの活用を通じて担い手の多様化を図り、社会的インフラともいえる物流を支えていくことは、世界の中でも課題先進的な取組みとなろう。

みずほ銀行産業調査部
公共・社会インフラ室　川端　淳之
atsushi.kawabata@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－11. 資源開発 －生産性向上・環境負荷低減を企図したIoT・AIの活用可能性

【要約】

◆ 資源開発事業は、生産量を維持・拡大するため、継続的な新規鉱区開発が必要である。新たな開発対象は、技術的難度の低いものから高いものへシフトすることから、開発コストが上昇する傾向にある。

◆ IoT や AI の活用は、上記の事業特性に由来するコスト上昇を抑制するための選択肢となり得る。実際に鉄鉱山開発や石油・天然ガス開発の分野では、オペレーションの最適化、安全性や生産性の向上を企図したIoT・AI等の活用が進められている。

◆ 石炭開発について、新規炭鉱開発の内陸部へのシフトや生産効率の低下、人件費の高止まりやサプライチェーン上のボトルネック等の課題解決にあたり、鉄鉱石や石油・天然ガスの開発で進められている IoT・AI 活用事例の応用可能性は大きい。一方で、採掘、鉄道輸送、港湾運営を異なる企業が担う等、石炭開発固有の事業特性に由来する課題も存在する。

◆ 石炭開発におけるデジタルイノベーションの活用は、短期的には個別炭鉱での導入から進められることとなろう。また中長期的に、炭鉱・鉄道・港湾に関わる各企業によるコンソーシアムの組成や政府のイニシアティブを通じて企業間の協力体制が構築できれば、IoT・AI を活用してサプライチェーン全体を最適化するプラットフォームの構築や、開発に伴う環境影響の低減、一層の生産性向上も展望できる。

1. はじめに

IoT・AI 等の活用は資源開発事業の効率化の手段のひとつ

石油・天然ガス・石炭・鉄鉱石等の天然資源の開発事業は、探鉱から商業生産に至るまで長い期間を必要とする事業である。また、生産開始した資源の埋蔵量は、採掘が進むに従って減退する。従って、資源開発会社は、事業の持続的成長のために、継続的に新規鉱区を探鉱・開発する必要がある。資源の新規開発は、コストや生産効率の観点から、技術的に容易な地域から優先的に進められる。そのため、新たな開発対象は、徐々に難度の低いものから高いものへとシフトし、コストは上昇する傾向がある。斯かる事業特性を有する資源開発事業において、IoT・AI 等の活用は、開発・生産コストの上昇を抑制しつつ、相対的に開発難度の高い地域等で事業展開する際の手段のひとつとして有用である。

資源開発分野では生産性向上やコスト削減に向けたIoT・AIの活用が始まっている

石油・天然ガス開発の分野では、これまでも IT・デジタル技術を駆使し、油ガス田の探鉱・開発・生産の効率化や、大水深等の新たな地域への展開を進めている。例えば、2000 年代前半、原油価格が高値圏で推移した時期、石油・天然ガス開発のフロンティア地域のひとつとして大水深での開発が進展した。その背景には、リモートセンシング技術の向上や深海で作業するための機器の自動化、地質データ・坑井データ等の統合・ビジュアル化などの、IT・デジタル技術の発展や機器の性能向上がある。また、ここ数年の低油価局面においては、AI やビッグデータ、IoT 等の最新技術を生産効率の改善・コスト削減に活用する試みが始まっている。鉄鉱山開発においても、掘削作業の効率化や環境影響の低減、作業の安全性向上等を企図した自動化・無人化機器の導入等の IoT 活用が推進されている。

本章では石炭開発における IoT・AI 活用の可能性に着目

本章では、石油・天然ガス開発や鉄鉱山開発の分野で行われている生産性向上等を企図した資源開発のデジタルイノベーション事例を踏まえ、主要資源の中でも、IoT・AI の活用余地が残されていると思われる石炭開発産業に着目し、既存の事例の石炭開発事業への応用の可能性と課題、事業者に求められる戦略について考察する。

2. 石炭開発産業を取り巻く環境と課題

(1)石炭の位置づけ

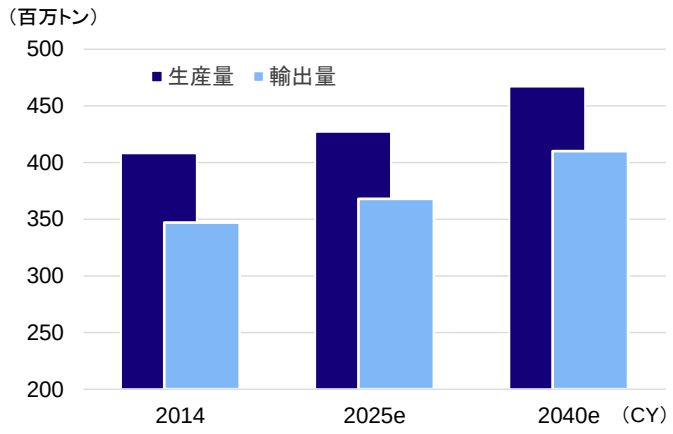
石炭は、日本では経済性・安定供給性に優れた重要なエネルギー源と位置づけ

石炭は、2016 年の日本の一次エネルギー消費量の約 2 割を占める主要なエネルギー源のひとつであり、「エネルギー基本計画」においても、経済性や安定供給性に優れた重要なベースロード電源の燃料として、環境負荷を低減しつつ中長期的に一定程度活用していくエネルギー源と位置づけられている。豪州は、日本の最大の石炭輸入相手国であり、複数の日本企業が同国での石炭開発事業に参画している。

豪州は、2015 年時点で世界最大の石炭輸出国

豪州は、高品位な石炭資源を豊富に有し、2015 年時点で世界の石炭貿易量の約 30%を占める世界最大の石炭輸出国である。国際エネルギー機関(IEA)の長期見通しによれば、豪州の石炭生産量・輸出量は、ともに増加基調が続くものと予想されている(【図表 1】)。

【図表 1】豪州の石炭生産量と輸出量の見通し(IEA)



(出所)IEA, *World Energy Outlook 2016* よりみずほ銀行産業調査部作成

(2)豪州の炭鉱開発における課題

一方で、石炭開発を進めるにあたり、事業採算に影響を及ぼし得る構造的な課題も存在する。

新規炭鉱開発は徐々に難度を増す方向性

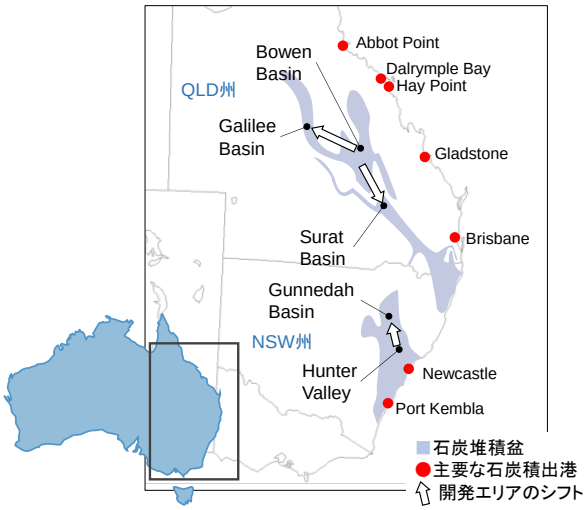
第一に、他の資源と同様、生産開始した資源の埋蔵量が徐々に減退する中、豪州での新たな炭鉱の開発難度は高くなることが見込まれる。

その背景のひとつは、生産地域の内陸部へのシフトである。例えば、豪州における現在の主力石炭生産地域は、New South Wales(NSW)州では Hunter

Valley、Queensland（QLD）州では Bowen 堆積盆にあるが、今後は、より内陸側に位置する NSW 州 Gunnedah 堆積盆や QLD 州 Galiee 堆積盆、Surat 堆積盆等で新規炭鉱開発が計画されている（【図表 2】）。炭鉱の内陸部へのシフトは、採掘した石炭の輸送コストを上昇させるのみならず、技術者の鉱山サイトへの派遣費用や人材確保そのものにも影響を与える可能性がある。

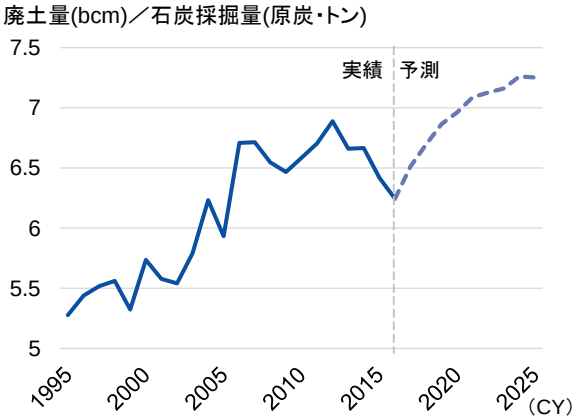
また、開発が進むにつれ、より生産効率の低い炭鉱に開発案件がシフトする傾向もみられる。例えば、豪州の露天掘り炭鉱における剥土比[1]は上昇傾向にあり、生産コストの上昇に繋がるものと考えられる（【図表 3】）。

【図表 2】豪州石炭開発エリアのシフト



（出所）Australian Government Department of Industry, Innovation & Science よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 3】豪州における露天掘り炭鉱の剥土比の推移



（出所）Wood Mackenzie, *Australia Coal Supply Summary* よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）豪州で操業中・計画中の露天掘り炭鉱の剥土比の加重平均

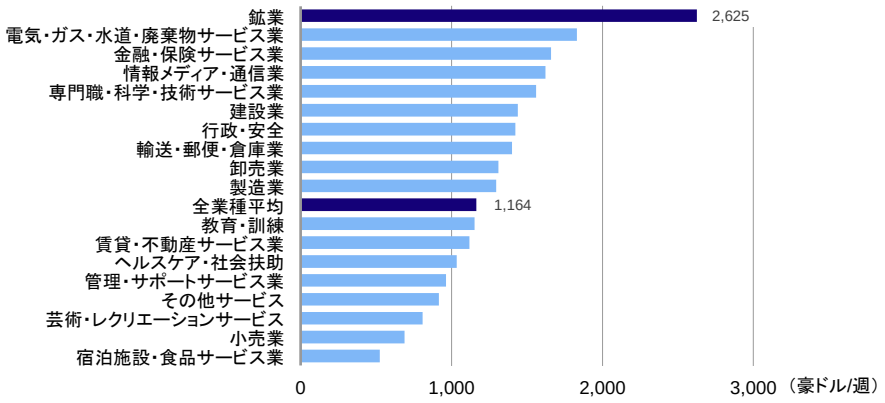
豪州の鉱業就労者の人件費は上昇基調

第二に、人件費の高騰が挙げられる。石炭を含めた鉱業は、豪州で最も賃金の高い産業である（【図表 4】）。

2011 年から 2016 年にかけて石炭価格の下落が続いていた中、豪州の石炭開発事業者は、採算性の低い炭鉱の閉山や新規プロジェクトの延期、人員削減も含めたコスト削減に取り組んできた。しかしながら、豪州の鉱山開発における熟練技術者の高年齢化や、上述した炭鉱の奥地化によって人材確保の難度が増していること等を背景に労働力不足の問題は残存しており、鉱業就労者の人件費は全産業平均を上回るペースで上昇基調が続いている（【図表 5、6】）。

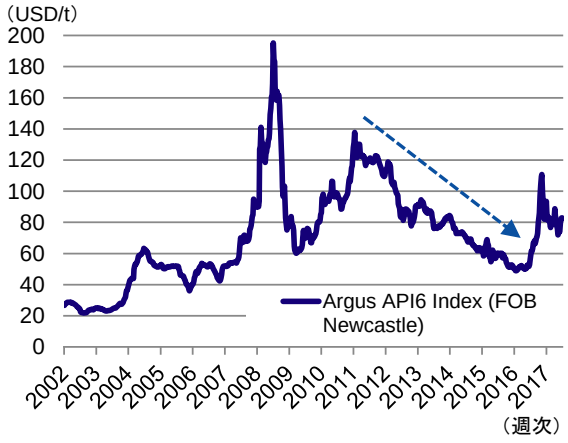
[1] 石炭採掘にあたり炭層を覆う土や岩石（表土）を剥取る作業を剥土といい、廃土量を石炭採掘量で除した数値を剥土比と呼ぶ

【図表 4】豪州の業種別平均週給（2016 年 11 月）



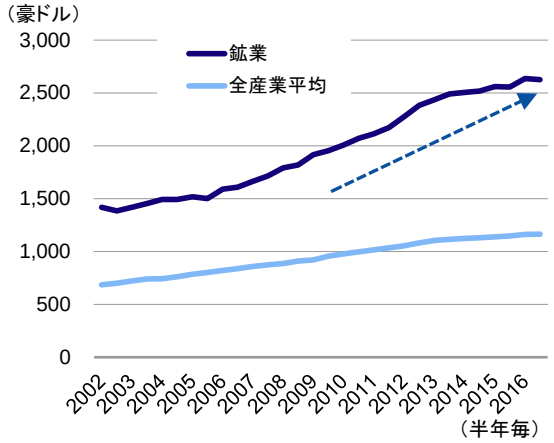
（出所）Australian Bureau of Statistics よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 5】豪州産一般炭スポット価格の推移



（出所）Argus Media Limited, *Argus/McCloskey's Coal Price Index Report* よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 6】豪州平均週給の推移



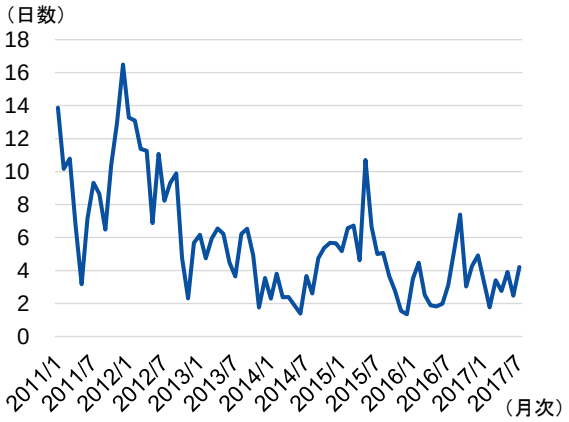
（出所）Australian Bureau of Statistics よりみずほ銀行産業調査部作成

豪州石炭積出港におけるの滞船等のサプライチェーン上の制約に起因する課題が存在

第三に、石炭積出港での滞船等、サプライチェーン上の制約に起因する課題も存在している。QLD 州では、2011 年から 2012 年にかけて、生産量の増加に輸送インフラ整備が追いつかず、Newcastle 港をはじめとする主要石炭積出港でのバルク船の滞船日数の長期化が大きな問題となった。その後の鉄道・港湾インフラの能力増強により、状況は改善したものの、引き続き滞船問題は残存している（【図表 7】）。Newcastle 以外の主要な石炭積出港の中には、現在でも平均 2 週間程度の滞船が発生している場所も存在する（【図表 8】）。今後、豪州が新規炭鉱開発および輸出拡大を目指すにあたり、輸送インフラのボトルネック解消は不可欠である。

IoT・AI の活用は、これらの豪州での石炭開発事業の採算性に関る諸課題に対するソリューションとなり得る。デジタル技術の活用により、生産性向上や鉱山サイトにおける労働集約度の低減、サプライチェーン効率化等が実現すれば、豪州の石炭開発事業の事業採算性の向上、競争力強化に繋がる可能性がある。

【図表 7】豪州 Newcastle 港の平均滞船日数推移



（出所）Port Authority of New South Wales よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 8】豪州主要石炭輸出港の平均滞船日数

港湾名	平均滞船日数
Abbot Coal Terminal	14日
Hay Point Coal Terminal	14日
Dalrymple Bay Coal Terminal	13日
Gladstone (RG Tanna Coal Terminal)	5日
Gladstone (Wiggins Island Coal Terminal)	9日
Brisbane (Fisherman Island)	1日以下
Newcastle (PWCS Terminals)	4日
Port Kembla	1日以下

（出所）CoalinQ よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）いずれも 2017 年 8 月 15 日時点の平均滞船日数

3. 資源開発におけるデジタルイノベーションの可能性

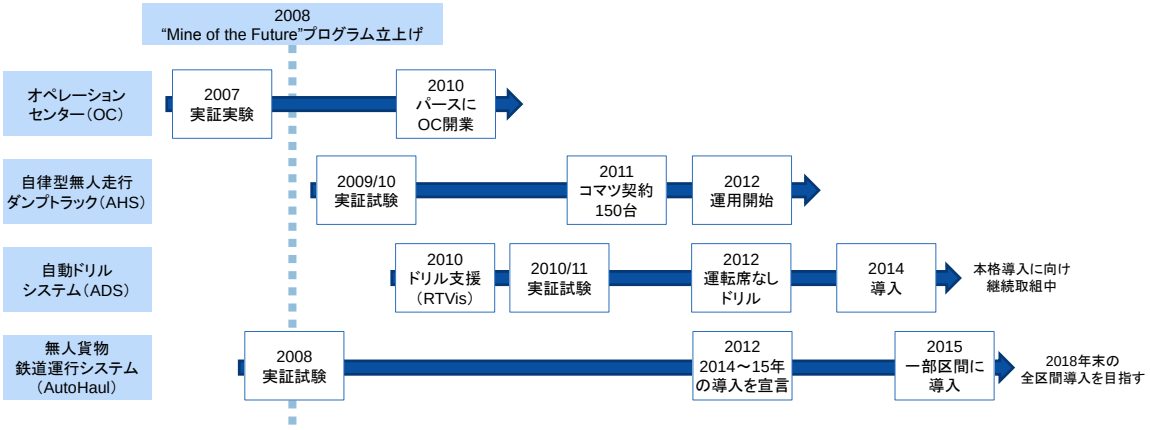
本節では、鉄鉱山開発および石油・天然ガス開発における IoT・AI 活用の先行事例を紹介し、石炭開発事業への応用可能性に関する課題を整理する。

（1）鉄鉱石・石油・天然ガス開発における IoT・AI の導入事例

Rio Tinto は鉱山操業の自動化や集中管理により鉱山操業を効率化

Rio Tinto は、2008 年に鉱山開発への IoT 導入でオペレーションの効率化、安全性向上、環境影響の低減を企図した“Mine of the Future”プログラムを開始した。このプログラムは、同社の主要鉄鉱山が存在する豪州 Pilbara 地区における、①オペレーションセンター（Operation Center, OC）での鉱山操業の集中管理、②無人走行ダンプトラック（Autonomous Haulage System, AHS）、③自動ドリルシステム（Automated Drilling System, ADS）、④無人貨物鉄道運行システム（AutoHaul）の導入の 4 つの取組みで構成されている（【図表 9】）。

【図表 9】Rio Tinto “Mine of the Future”の取組み



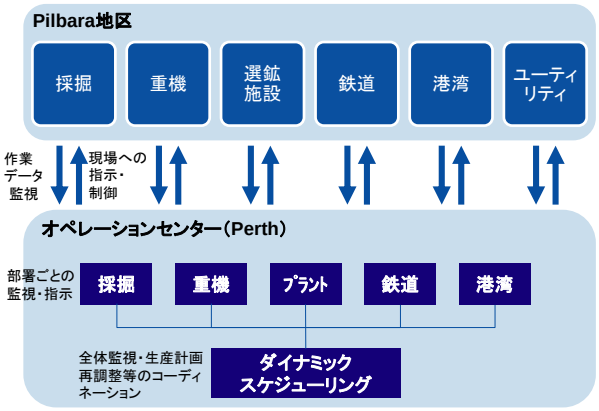
（出所）Rio Tinto HP、IR 資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

Rio Tinto によれば、ダンプトラックや鉄道、ドリルシステム等の設備・機器の無人化・自動化は、重機等の燃費向上に加え、鉱山サイトにおける労働集約度を低減し、作業の安全性向上や人員確保問題を改善する効果を上げている。例えば、無人走行ダンプトラックは、2017 年 1 月時点で Pilbara 地区で稼動するダンプトラックの約 2 割に導入されており、これは導入しない場合と比較して 300 人以上のドライバー削減に貢献すると言われている。仮に全面導入された場合、Pilbara 地区の労働力（約 11,000 名）の約 14%に相当する規模の人件費抑制効果をもたらすと試算される。また自動ドリルシステムは、Pilbara 地区の一部鉱山で試験導入されており、掘削作業の効率化や生産性・安全性の向上に貢献している。更に、無人貨物鉄道運行システムは、運転士交代等による停車時間の削減、スムーズな加減速による車両への負荷軽減・平均運転速度の上昇などの効果を上げている。

こうした無人ダンプトラック、無人貨物鉄道、自動ドリルシステム等の IoT 導入は、複数の鉱山サイトの遠隔集中管理にも役立っている。Rio Tinto のオペレーションセンターは、Pilbara 地区から 1,500km 離れた Perth に設置され、Pilbara における採掘、選鉱、鉄道、港湾、重機の各工程を監督するとともに、全体の生産計画・メンテナンススケジュールを統合的に管理する部署が調整役となって、工程間の連携不足による非効率なオペレーションを削減している（【図表 10】）。斯かるサプライチェーン全体の最適化は、鉱山サイトにおける生産性向上のみならず、ダンプトラックの渋滞、列車の待機、滞船等のロスタイムを削減することで、大規模な設備拡張投資を伴わずに輸送インフラの処理能力を拡大する効果をもたらしている。

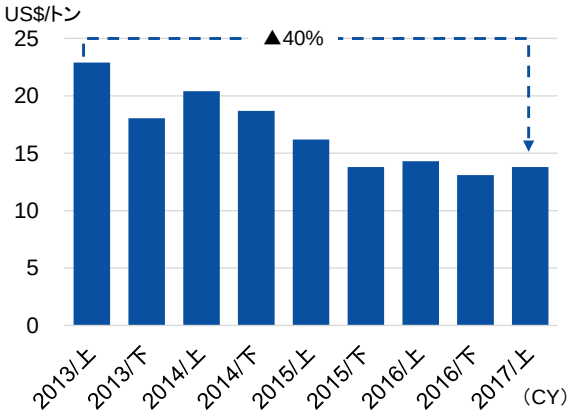
Rio Tinto によれば、“Mine of the Future”プログラムの推進により 2017 年上期の Pilbara 地区の鉄鉱石生産に斯かるキャッシュコスト[2]は 2013 年上期対比約 40%低下した（【図表 11】）。

【図表 10】Rio Tinto オペレーションセンターにおける鉱山操業の集中管理



（出所）JOGMEC「平成 28 年度海外炭開発高度化調査」等よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 11】Pilbara 地区における鉄鉱石生産キャッシュコストの推移



（出所）Rio Tinto IR 資料よりみずほ銀行産業調査部作成

[2] キャッシュコストとは、鉱物資源の生産・出荷に関わる生産量単位あたりのコストの合計で、採掘費・選炭処理費・輸送費・港費・人件費・ロイヤルティ等の直接費および販管費等のキャッシュアウトを伴うものをいう

シェール開発事業者は IoT・AI を活用した生産性向上・コスト削減の取組みを加速

石油・天然ガス開発の分野では、米国でシェールオイル・シェールガスを生産する主要な独立系石油開発会社のひとつである Devon Energy が、2012 年から IoT と AI を組み合わせた独自のデータマネジメントツールの開発を開始した。その後、Devon Energy は、原油価格の低迷を受けたコスト削減・生産性向上を強化するにあたり、テクノロジー活用の取組みを加速させている。

Devon Energy のデータマネジメントツールは、AI による予測的分析や処方的分析[3]の技術を活用したシステムで、例えば、3D 地震探査データや生産レポートを分析することにより、エンジニアが掘削候補地の中で最も有望な地点を判断する作業を支援している。また、開発・生産に利用する資機材にセンサーを取り付ける等の IoT 化を行い、センサーから収集した位置情報、作業スピード、振動、圧力・温度の変化等の大量のデータをリアルタイムで分析することにより、掘削作業のボトルネックの発見や、機材故障を未然察知・メンテナンスして突発的な作業中断防止に貢献している。

Devon Energy は、テクノロジーの活用により、掘削・井戸完成に斯かる単位あたりコストの削減（2017 年時点で 2014 年対比▲40%超）や石油・天然ガス生産量拡大（活用しない場合と比べて生産量が 2%増加）等、一定の成果を上げている。

（2）石炭開発における IoT・AI 導入にあたっての課題

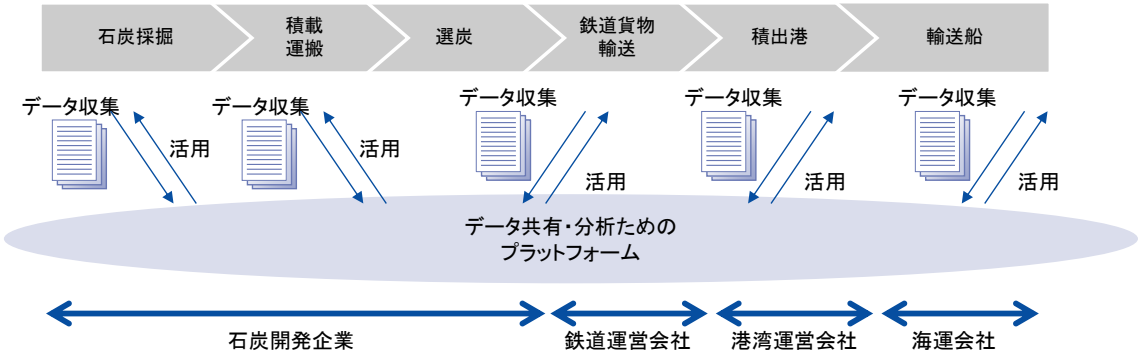
石炭開発への IoT・AI 導入には、固有の課題も存在

石炭開発は事業特性や生産・出荷フローに他の資源との類似性があり、前述の IoT や AI の活用事例が応用できる可能性が高い一方で、石炭開発事業への IoT・AI 導入には固有の課題もある。

まず、石炭開発では多くの場合、生産から出荷まで複数の企業が関っていることが挙げられる。前述した Rio Tinto の場合、同社が鉱山サイト運営から鉄道輸送、港湾オペレーションまでの垂直統合した自社設備を保有していることで、サプライチェーンを通した操業最適化のプロジェクトを自社完結で推進できた。一方、石炭開発においては、採掘から出荷までをそれぞれ別個の開発会社、鉄道会社、ターミナル運営会社が担っているケースが多い。そのためサプライチェーンを通した最適化を実現するには、各社が収集したデータの収集・共有・活用に際して、データ出力形式やシステム環境、情報管理上のコンフリクト等に関する会社間の調整が必要である（【図表 12】）。

[3] 予測的分析（Predictive Analytics）とは、大容量の非構造的なデータを機械学習させることで、一見して分からない一定の関連性や傾向を導き出し、将来をスコアや確率で予測する分析。処方的分析（Prescriptive Analytics）とは、予測的分析で導かれた予測結果を活かして一定の目的達成のために次に行うべき意思決定のための最適な選択肢を導く分析。

【図表 12】石炭開発のサプライチェーン最適化に向けた IoT 活用イメージ



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

そして、石炭開発においては、採掘に伴う可燃性ガス発生による火災・爆発の危険があることから、鉄鉱山開発よりも高い水準の安全性が求められる点も課題である。但し、デジタルイノベーションの活用により安全性が確保された重機等を導入できれば、むしろ作業現場における事故・災害を減らし、操業の安全性を高められるメリットもある。

さらに、費用対効果も IoT・AI 導入の論点となり得る。Rio Tinto の Pilbara 地区は、地区内に 15 の鉱山を擁する大規模な開発エリアであることが、IoT・AI の導入を可能にしたものと思料される。無人ダンプトラックや資機材へのセンサー設置、データの収集・分析、統合的な管理システムの構築には相応の設備投資が必要と考えられ、十分な導入効果を得るには一定以上の開発規模が必要となろう。

4. インプリケーション

最後に、石炭開発分野における IoT・AI 活用の方向性と事業者に求められる戦略について述べる。

短期的には、個別炭鉱における IoT・AI 導入のポテンシャルが大

まず、個別の炭鉱における取組みは、技術面・安全面等の課題が解決されれば短期的に実現できる可能性が高い。具体的には、①採掘された石炭の品位や生産量、積載・運搬のタイミング等の、情報のリアルタイムな収集・分析による選炭処理[4]工程の高度化・最適化、②自動化・無人化機器の導入、日々の操業データの生産計画や重機・設備のメンテナンス計画への反映等による炭鉱サイトでの労働集約度の低減や生産性向上、③センサー・カメラ等による高度なモニタリングを通じた採掘現場における作業安全性・環境保全水準向上等が考えられ、個別炭鉱における事業採算性の向上に IoT・AI 活用余地は大きい。

[4] 選炭とは、採掘した石炭（原炭）から、岩石等の不純物を除去し、粉砕、ふるい分け、性質の異なる複数の炭層から生産した石炭の混合等により、所定の粒度や品質スペックに適合した精炭へと加工する処理工程

中長期的な取組みとしてIoT・AIを活用したサプライチェーン全体の最適化を展望

さらに、中長期的な取組みとして、コンソーシアム組成や政府のイニシアティブによって、隣接する複数の炭鉱や鉄道輸送、港湾に関わる企業間の協力体制を作ることができれば、スケールメリットを享受しつつ IoT・AI を活用したサプライチェーン全体を最適化するプラットフォームの構築、及び更なるコスト削減効果の発揮も展望できる。

IoT・AI 活用は、日本企業が参画する炭鉱の競争力強化に資するものと期待される。石炭開発事業に参画する日本企業には、鉱山開発向け重機の IoT 化でグローバルな強みを持つ日系建機メーカー等と協働することで、サプライチェーンを通したデータ収集・分析のためのプラットフォーム構築を主導することも可能である。また、JOGMEC 等の政府機関が G to G のアプローチにおいて果たす役割も期待される。石炭調達のほぼ全量を輸入に依存する日本にとり、石炭開発事業の生産コスト低減、安定操業は石炭資源の安定的かつ競争力ある調達に繋がるものと思料される。

但し、石炭は他の一次エネルギーと比較して温室効果ガス排出量が多いため、石炭産業には安定的・経済的な調達・利用と同時に環境負荷低減に努めることが求められている点には留意が必要である。石炭利用に係る環境負荷低減の課題には、利用段階での環境対策や燃焼効率改善等の技術開発が主要な対策であるが、開発・生産段階においても、炭鉱操業への IoT・AI 導入により、重機の燃費向上や開発に伴う水質汚濁・有害ガス溶出の防止・抑制等、環境保全の強化が可能と考えられる。IoT・AI 活用を通じた石炭開発事業の環境負荷低減や生産性向上に期待したい。

みずほ銀行産業調査部
資源・エネルギーチーム　井上　陽子
藤江　瑞彦
yoko.inoue@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－12. 電力 －ブロックチェーン技術を活用した電力シェアリングエコノミーの展望

【要約】

◆ わが国では、2019 年以降、余剰電力買取制度における買取期間が終了する太陽光発電の増加とともに、段階的にストレージパリティ[1]が達成され、再生可能エネルギーの普及は「政策依存型」から「自律的拡大型」フェーズへ移行していく見込みである。

◆ ブロックチェーンやスマートコントラクト[2]は、今後量産される限界コストゼロの分散型エネルギー[3]を Prosumer[4]・需要家間で、第三者の介在なく直接売買することを可能にする技術であり、現在、欧米ベンチャーや大手電力会社を中心に、その事業可能性について研究が進められている。

◆ 電力 Peer-to-Peer[5]（以下、P2P）取引は、需要家と事業者の双方に便益をもたらすとともに、少資源国かつ島国であるわが国にとってアキレス腱ともいえるエネルギー制約を大きく緩和させる可能性がある。

◆ こうした技術革新は従来の電力供給事業を代替しうるイノベーションである。事業者においては、例えば社内ベンチャーのような、既存の枠組みから独立した意思決定プロセスの下で、新たな事業の創出を促進する組織体制の構築が必要となろう。

1. はじめに

分散型エネルギーの普及拡大と Prosumer の台頭

地球環境問題を背景に、再生可能エネルギーをはじめとする分散型エネルギーは、近年、増加の一途をたどっている。再生可能エネルギーは、現時点では導入コストが高く、政府や自治体による政策的なサポートが普及拡大のドライバーとなっている。一方で、技術革新や量産効果により再生可能エネルギーの導入コストは低下を続けている。今後、消費地の近くで再生可能エネルギーを利用することが経済合理性に適えば、これまで送配電網から一方向的に電気を購入していた需要家が、自家発電・自家消費を進め、余った電力を融通しようとする動機が生まれる。再生可能エネルギーの導入コストが小売電気料金よりも安価になれば、Prosumer へ変貌する需要家数は急速に増加することが予想される。

分散型エネルギーを活用した新たな事業領域

最近では、Virtual Power Plant[6]（以下、VPP）に代表されるように、Prosumer が所有する分散型エネルギーリソースを活用した事業モデルが欧米を中心に台頭していることに加え、ブロックチェーン技術を活用し、Prosumer を需要家と直接結びつける電力 P2P 取引についても研究が進んでいる。ブロックチェーンは、ビットコイン等の仮想通貨を支える基盤技術であるが、スマートコントラクトの誕生により、貨幣以外にも資産や権利等、様々な価値の移転に活用されるようになり、現在、広範な分野でユースケースが研究されている。エネルギーの分野においては、ブロックチェーン技術を活用することで、例えば、太陽光発電により生じる余剰電力を近隣住民に直接販売するといった取引が可能

[1] 太陽光発電と蓄電池を合わせた電力一単位あたりのコストが小売電気料金と等価になること
[2] あらかじめ合意・定義された条件・プログラムに従って自動的に資産や権利を移転させる仕組み
[3] 消費地の近くに分散配置された小規模な発電設備（太陽光発電、風力、コジェネレーション等）やこれらの機器から生み出される電気等のエネルギー
[4] 太陽光発電等の余剰分を売電する生産消費者
[5] ネットワーク上で対等な関係にある端末間を相互に接続し、データを送受信する通信方式
[6] 需要家側のエネルギーリソースを、IoT 等を活用して統合制御し、あたかも一つの発電所のように機能させるシステム

となり、これによりエネルギーの分散化が加速する可能性がある。ブロックチェーン技術は、大規模な発電所で電力を大量生産し、送配電網を経由して、需要家に電気を届けるという「中央集権型」の電力供給システムを、下位系統の需要家間で電力を融通しあう「自律分散型」システムへと変貌させる可能性を秘めている。

本章では、電力分野におけるブロックチェーン技術やスマートコントラクトが活用されるメカニズム、国内外における電力 P2P 取引に関する実証事業の最新動向を踏まえ、今後 10 年程度の時間軸において、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引の普及可能性、意義と課題、及び事業者に求められる視点について考察したい。

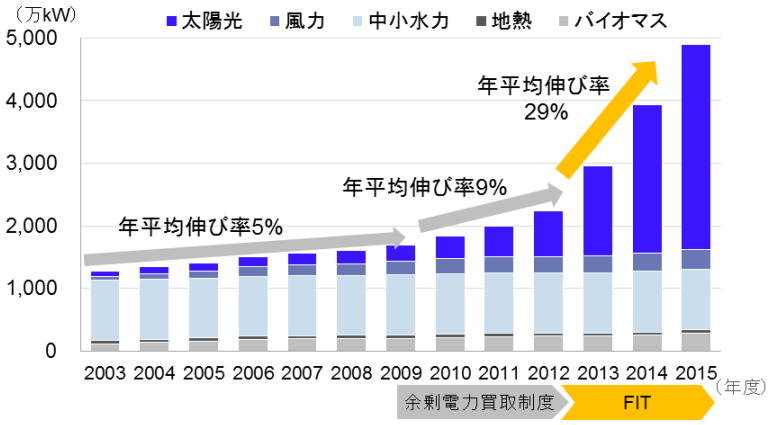
2. 自律的拡大が見込まれる分散型エネルギー

(1)再生可能エネルギー・分散型電源の普及見通し

FIT 制度開始後わが国において再生可能エネルギーの導入は急速に拡大

わが国では、2012 年 7 月の「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」に基づく固定価格買取制度(Feed-in-Tariff、以下 FIT 制度)の施行以降、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの導入が加速している(【図表 1】)。

【図表 1】再生可能エネルギー設備容量の推移



(出所)経済産業省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

FIT 制度による再生可能エネルギーの導入促進施策に加え、2015 年 7 月に経済産業省が策定した「長期エネルギー需給見通し」では、2030 年度の電源構成において、2013 年度 10.7%であった再生可能エネルギー比率を、ほぼ倍増の 22～24%とする目標を掲げており、わが国のエネルギー政策における再生可能エネルギーの重要性は増している。

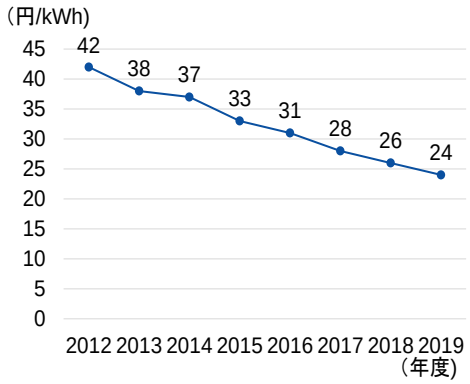
(2)「政策依存」から「自律的拡大」フェーズへ

太陽光発電は、中期的にストレージパリティを達成しFIT制度から自立していく見通し

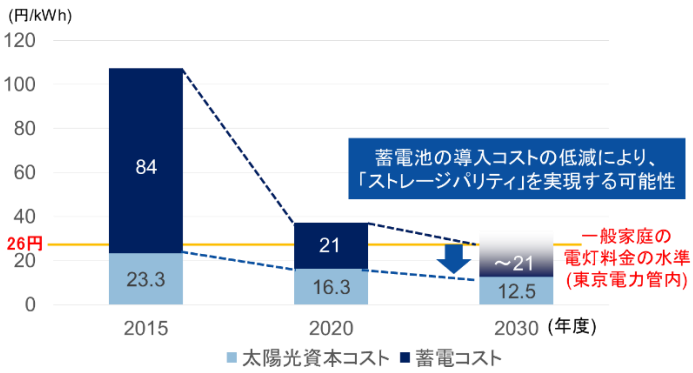
再生可能エネルギーの導入は進展しているものの、現状は原子力発電や火力発電等の在来型発電と比べ高コストな電源であり、その導入拡大は FIT 制度に支えられたものとなっている。引き続き、再生可能エネルギーの一層の導入推進を、国民負担を最小化しつつ行うためには、発電コストを大きく低減させ、他の電源に対して価格競争力を持たせることで、FIT 制度等の政策支援から自立していくことが求められる。FIT 制度導入以降、太陽光の発電コストは

着実に低減しており、これをうけ FIT 制度における買取価格も低下傾向にある（【図表 2】）。今後も技術革新や量産効果等を通じて、太陽光発電の導入コストは低減していく見込みであることに加え、蓄電池の導入コストも同様に低減していけば、中期的には太陽光発電コストと蓄電池導入コストの電力一単位当たりのコストが、小売電気料金と等価になるストレージパリティを達成する可能性がある（【図表 3】）。ストレージパリティを実現した再生可能エネルギーは、もはや FIT 制度に依存せずとも自律的な拡大を続けていくと考えられる。

【図表 2】FIT 制度における 10kW 未満太陽光発電買取価格の推移



【図表 3】蓄電池付太陽光発電の将来の価格低減イメージ



（出所）【図表 2、3】とも、経済産業省資料等よりみずほ銀行産業調査部作成
（注 1）太陽光資本コストは、経済産業省「発電コスト検証ワーキンググループ」算出のコストを採用。2015 年度の太陽光資本コストは、2014 年度数値を横置きの前提
（注 2）蓄電池コストは、経済産業省「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会」における家庭向け定置用蓄電池の目標価格 9 万円/kWh を使用
（注 3）東京電力の料金体系における従量電灯 B の一般家庭（30A、300kWh/月）における第二段階電力料金を想定

低炭素化の進展とともに需要家側のエネルギーリソースを統合制御する事業モデルも台頭

FIT 制度の導入以降、低炭素化の進展とあわせて、近年では IoT や AI 等のテクノロジーを活用し、Prosumer が有するエネルギーリソースを統合的に運用し、その価値の実現をサポートする VPP のような事業形態も登場している。経済産業省は、電力の供給力・調整力を確保する観点から、分散型エネルギーリソースを最大限活用する方針であり、2016 年 4 月から VPP 実証事業を開始している。

今後整備される新市場を通じて分散型エネルギーは様々な価値を実現する可能性

VPP で統合制御されるエネルギーリソースは、IoT・AI 等を活用することで、人の手を介さず、電力の需給変動をリアルタイムに追随し、系統運用の安定化にも寄与する。現在、経済産業省が行っている電力市場整備の中で、VPP のような分散型エネルギーの市場参加が可能になれば、その存在感は更に増してくるだろう。具体的には、ネガワット[7]取引市場、非化石価値取引市場、容量市場、需給調整市場等の創設によって、電力が内包する様々な価値[8]が実現できるようになれば、分散型エネルギーの普及は更に拡大すると思われる（【図表 4】）。

[7] 電力需要の削減量
[8] 経済産業省は「電力システム改革貫徹のための政策小委員会」の中で、電力が有する価値を、電力量（kWh）価値、容量（kW）価値、調整力（ΔkW）価値、非化石価値の 4 つに分解している

【図表 4】電力市場の開始（予定）時期と VPP の市場参加について

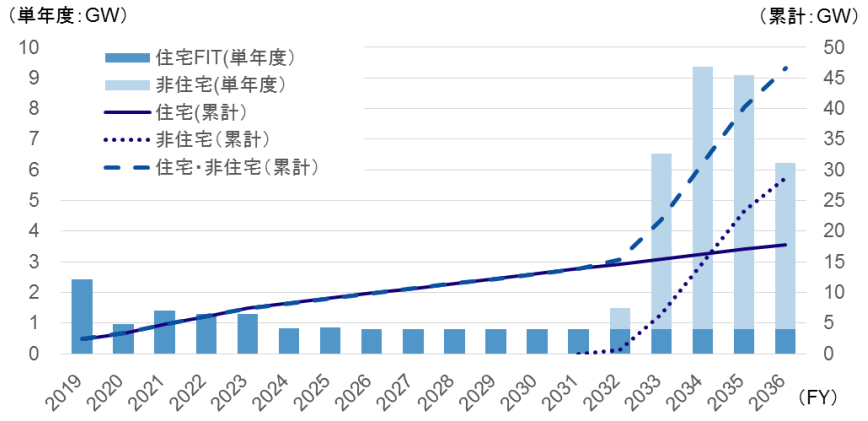
＜市場の名称＞	＜開始（予定）時期＞	＜VPPの市場参加＞
スポット市場	開始済	○
ネガワット取引市場	2017年4月より開始済	○
非化石価値取引市場	2017年度：FIT電源 2019年度：全非化石電源	○
容量市場	2020年度	○
需給調整市場	2020年度	○
ベースロード電源市場	2019年度	×

（出所）経済産業省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

2019 年以降は、減価償却を終えたコスト競争力の高いエネルギーが拡大する見込み

2019 年以降には、2009 年 11 月に開始した太陽光余剰電力買取制度における買取期間が終了する住宅用太陽光発電が徐々に電力市場で取引されることが見込まれる。2030 年までに累計 15GW 程度の規模であるが、2032 年以降は FIT 制度の買取期間が終了する非住宅用太陽光も電力市場で取引されるようになり、2035 年頃にその規模は累計 40GW に達する見込みである（【図表 5】）。こうした電源は減価償却を終え価格競争力を備えたエネルギーであり、今後、蓄電池や IoT 等との組み合わせにより、経済的かつ制御可能なエネルギーとして最大限活用されていくことが予想される。

【図表 5】固定価格買取期間が終了する太陽光発電設備容量の見通し



（出所）経済産業省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

3. ブロックチェーン技術の電力分野への活用可能性

ブロックチェーン技術の活用によりエネルギーの分散化は加速する可能性

分散型エネルギーの拡大とともに、火力発電や原子力発電等の大規模な発電設備に依存しない新たな事業形態が台頭する中、近年特に注目を集めているのがブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引である。地域に分散する自然エネルギーを最大限活用することが、再生可能エネルギー導入の基本理念となっている一方、こうした分散型エネルギーの発電量は総じて小さく、規模の経済が働きにくいことから、中央集権的な事業モデルのもとでは、経済

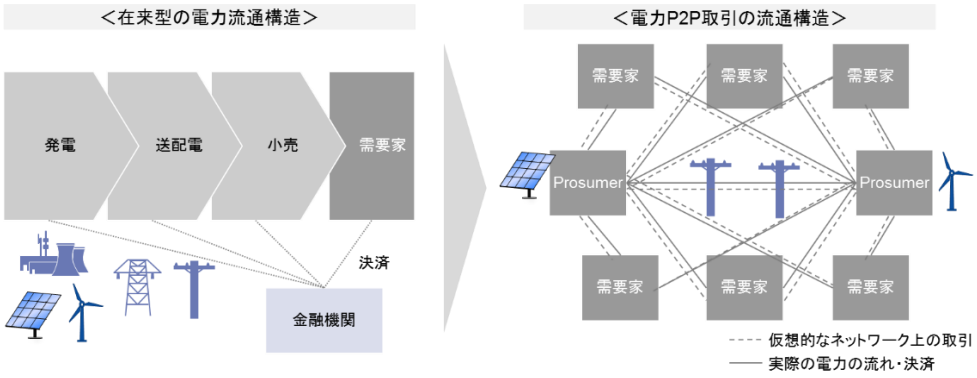
性の確保が困難であった。ここにブロックチェーン技術を活用した分散型システムを導入することで、安価で安全な取引の実行が可能になると期待されている。限界コストゼロの再生可能エネルギーの普及拡大により、資産（固定費）の負担割合は上昇するため、資産をシェアして固定費の負担を軽減しようとする動機が生まれる。このように、ブロックチェーンは、電源のシェアリングを促し、エネルギーの分散化を更に加速させる要因になると考えられる。

（1）電力 P2P 取引の仕組みと社会的意義

ブロックチェーン技術の活用による Prosumer と需要家の直接取引

ブロックチェーン技術を活用した自律分散型のシステムの誕生により、電力会社やアグリゲータ[9]のような取引を介在する第三者がいなくとも、需要家間で電力の価値を安全かつ簡便に移転することが可能になる。例えば、太陽光パネルを保有する需要家 A が発電した電力を自宅で消費し、余った電力を近隣の需要家 B に売電したいという場合において、たとえ需要家 A・B が近隣であったとしても、現状は電力会社やアグリゲータが一旦その電力を買い取り、需要家 B に売電するという形を取らざるを得ず、そこに中間マージンが発生する。ブロックチェーン上であれば、仲介者がいなくても、需要家 A から需要家 B に対して直接電力の価値の移転を行うことができる。さらに、IoT と組み合わせることにより、ピークタイム等で電力会社から購入する電気料金が高くなると予想される場合、スマートメーターがそれを判断し、より安価な電力を提供する Prosumer を見つけ出し、その Prosumer と直接売買をスマートコントラクトにより実行し、資金決済もブロックチェーン上で完結させる、といった取引が可能になる（【図表 6】）。このように電力の需要家間の直接売買が可能となれば、分散型エネルギーの普及を後押しするとともに、社会全体としても、より効率的なエネルギーの生産と分配を実現できる可能性がある。

【図表 6】在来型電力事業と電力 P2P 取引のバリューチェーン



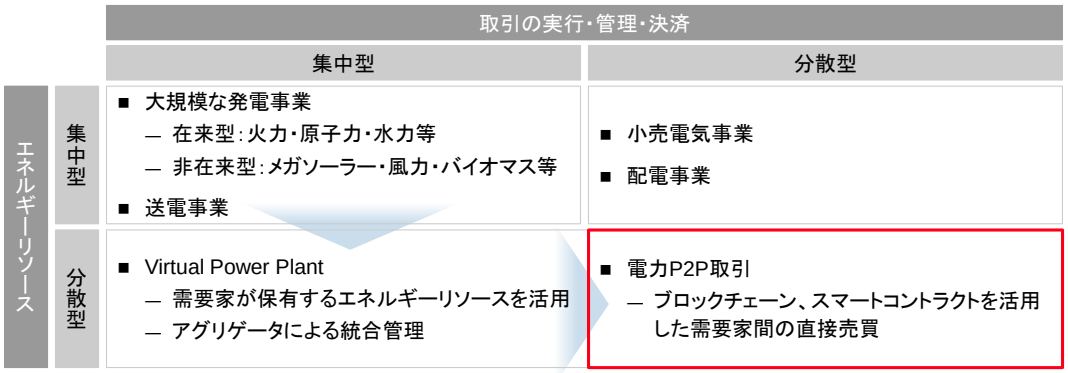
（出所）みずほ銀行産業調査部作成

分散型エネルギー事業の最終形としての電力 P2P 取引

電力 P2P 取引は、分散型エネルギーを第三者の仲介が存在しない分散型ネットワークの中で売買するという意味において、中央集権的な管理システムの下で、分散型エネルギーを取り扱う VPP の更に先を行く事業形態と考えられる。その意味では、電力供給システムは、最終的に、統合管理システムすら存在しない、系統から自立した全く新しい分散型プラットフォームへと変貌していく可能性がある（【図表 7】）。

[9] 需要家が有するエネルギーリソースを束ねて供給事業者との取引を仲介する事業者

【図表 7】電力事業の管理体制・リソース毎の類型と発展の方向性



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

電力 P2P 取引がもたらす社会的効用

少資源かつ島国であるわが国にとって、電力 P2P 取引はエネルギー制約を大きく改善する重要な役割を果たすことも期待される。わが国のエネルギー政策の要諦である 3E[10]の向上が見込まれることに加え（【図表 8】）、エネルギーのシェアリングの進展により、コミュニティレベルでの地産地消が促進されれば、災害レジリエンスの向上、再生可能エネルギーに関連する地元企業の育成や雇用の創出を通じた経済の活性化等、地域が抱える社会的課題の解決にもつながるだろう。

【図表 8】3E の視点から見た電力 P2P 取引の意義

＜3Eの視点＞	＜想定される影響＞	＜影響の方向性＞
Energy Security	• Prosumerを通じた電源のシェアリングが進展することで、全体として必要なエネルギー量を削減 • 地方に賦存する再生可能エネルギーを最大限活用することで、エネルギー自給率を大きく改善できる可能性	短期 / 中長期
Economic Efficiency	• 現時点において、分散型エネルギーの発電コストは高く、電力P2P取引に必要なシステムの構築コスト、取引認証に必要なエネルギーコストも高い • 一方、中期的に上記コストの低減が見込まれることに加え、仲介者を必要としないことから取引コストは大幅に削減 • また電力の融通が進展することで、ピーク電源の削減や送電系統に係る設備投資を抑制できる	
Environment	• 電力P2P取引は、太陽光発電や風力発電等の低炭素電源の利用を促進する	

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

（2）国内外における電力分野へのブロックチェーン活用に向けた取り組み

以下では電力分野におけるブロックチェーン技術やスマートコントラクトの活用事例として、国内外における先進的な取り組みを紹介する。

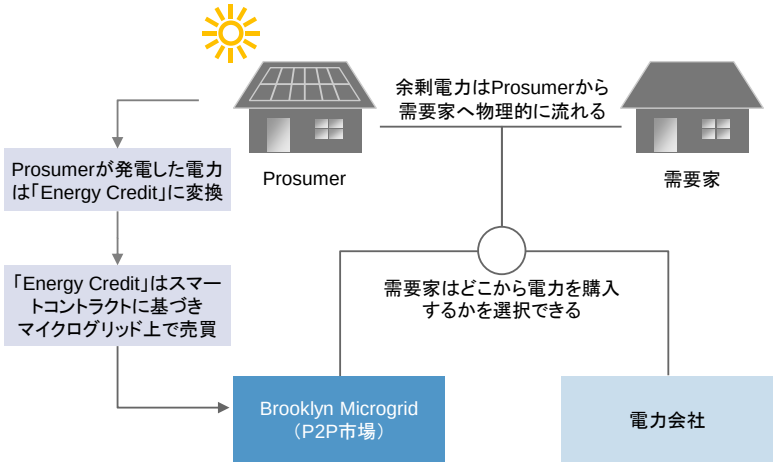
Prosumer と需要家間における電力の直接売買を可能とする技術・仕組み

米ニューヨーク市ブルックリン地区において、ブロックチェーン技術を活用して、近隣住民の間で太陽光発電による電力の直接売買を行う実証プロジェクトが行われている。このプロジェクトは、米国ベンチャーの LO3 Energy 社と ConsenSys 社の合弁会社 Transactive Grid 社が主体となり、「Ethereum」[11]というブロックチェーン・プラットフォームに基づいて設計されている。具体的には、太陽光発電設備を有する家庭（Prosumer）が電力を生産すると、スマートメー

[10] Energy Security、Economic Efficiency、Environment の 3 つの頭文字を表す
[11] 分散型アプリケーションやスマートコントラクトを構築するためのプラットフォームの名称

ターがそれを検知し、「エナジークレジット」と呼ばれるトークンが発行される。近隣の需要家が、P2P 市場を通じてその家庭から電力を購入し消費すると、Prosumer はその売電収入を得るとともにトークンは消滅する。スマートコントラクトを活用して、例えば、「電力価格が一定の電気料金（$/kWh）以下になれば近隣住民から電力を購入する」というように、あらかじめ条件を設定し、その条件を満たすと自動的に取引を執行し、記録するようなプログラムとなっている（【図表 9】）。この実証事業の最終目標は、地域原産の再生可能エネルギーを売買するローカル市場を地元住民のために創出することである。地元住民間でエネルギーを売買できるオプションを用意することによって、より安価な電力にアクセスできる機会が増えるとともに、Prosumer にとっては余剰電力を固定料金で電力会社に売電する以外に、ローカル市場を通じて近隣の需要家に直接販売するオプションが生まれ、収益機会の拡大につながる。将来的には、地元住民が株主としてプロジェクトに参加することで、再生可能エネルギーの利用拡大とエネルギーの地産地消に貢献しつつ、その利益が地域に還流するビジネスモデルを目指している。

【図表 9】Brooklyn Microgrid プロジェクトの仕組み



（出所）Transactive 社 Website 等よりみずほ銀行産業調査部作成

大手電力会社もブロックチェーン技術の活用に向けた取り組みを開始

需要家間の直接取引については、大手電力会社も研究を積極化している。独電力大手の innogy 社は、2015 年からドイツ・エッセンにおいて、ブロックチェーン技術を活用した取引の有効性などを検証する P2P プラットフォームの実証事業を、一般家庭や地元企業と共に実施している。2017 年 7 月には、東京電力 HD と共同で、ドイツの需要家と Prosumer に対して、電力 P2P 取引のプラットフォームを構築・提供することを目的とした研究を開始している。

ブロックチェーン技術の EV チャージへの応用事例

ブロックチェーン技術を EV チャージに応用する研究も進んでいる。ブロックチェーン・プラットフォームである Ethereum をベースとする独スタートアップ企業 Slock.it は、独大手電力会社 RWE と共同で、EV チャージにブロックチェーン技術やスマートコントラクトを活用する実証事業を始めた。EV にマイクロチップを埋め込み、これをデジタルウォレットとリンクさせ、チャージ取引に関する一連の取引と資金決済を EV 自身が行うことで、全てのプロセスを自動化しようとする試みである。これにより、これまで 30 分や 1 時間といった下限が設定された「時間」に対して課金されていたものが、実際に補給した「電力量」に応じて課金できるようになる。例えば、信号待ちの数十秒といった細切れの時間に、

道路に埋め込まれた非接触型充電器から充電し、取引の認証から、売買、決済までをブロックチェーン上で完結させるといったことも現実に可能となる。

東京大学の浦和美園のプロジェクトにおけるブロックチェーン技術の活用

国内では環境省の実証事業として、浦和美園地区において、東京大学が中心となり、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P プラットフォームの取り組みが進められている。ここでは、デジタルグリッドと呼ばれる技術を活用し、既存の電力系統と非同期連系[12]する中小規模のセルを構築し、仮想のネットワーク上で、市場原理に基づく電力売買を行うプラットフォームを実現している。スマートコントラクトに基づき売買が成立した電力取引は、確実にセル内のグリッドを流れるため、システム設計上、電力のインバランス[13]が発生しない構造となっている。このように、市場メカニズムを活用しつつ、電力制御まで行う実証としては、おそらく世界でも例を見ないと思われる。同プロジェクトは、今後、分散型電源の拡大とともに運用が困難になる周波数調整・電圧上昇等の問題を、非同期連系技術の活用により解決しようとする試みであり、今後の再生可能エネルギー大量導入時代に鍵となる技術を備えたモデルケースとして注目されている。

ブロックチェーンと IoT の連携

これらの事例に共通するのは、スマートメーター、EV、充電器等の機器自体が、センサーや機器同士の通信によって得られる情報に基づき取引の妥当性を判断し、スマートコントラクトの活用により、契約の実行から決済までのプロセスを全て自動化しているという点である。従来、IoT を通じて得られるデータは中央集権的なクラウドコンピューティングによって処理・コントロールされてきたが、ブロックチェーン技術を活用することで、機器とそのユーザー間でデータのやり取りや取引を完結させることができる。

4. 電力 P2P 取引の展望と課題

電力事業へのブロックチェーン技術活用の可能性

エネルギー分野におけるブロックチェーン技術の活用は、現時点では、いずれもコンセプトあるいは実証段階にあり、商業化まで至っている事例は見られない。しかしながら、今後、低炭素化の進展とテクノロジーの革新を背景に、再生可能エネルギーをはじめとする分散型エネルギーが不可逆的な拡大を続けるとすれば、ブロックチェーンのように Prosumer と需要家を直接結び付ける技術は大いに活用される可能性がある。ここで、需要家・事業者の双方にとってのブロックチェーン活用の意義と課題について整理したい。

(1)電力 P2P 取引の意義と課題

需要家から見た電力 P2P 取引の意義と課題

先ず、需要家にとって最大のメリットは電力コストの削減である。ブロックチェーンシステムの構築コストや取引認証にかかるエネルギーコストが、今後大幅に下がる前提ではあるが、例えば、太陽光発電のような減価償却を終えた低コストのエネルギーが市場で取引されるようになれば、より競争的な環境が築かれ、電力価格は低減することが予想される。また、既述の事例で見てきたように、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引は、需要家に電力の調達先の選択肢を広げるとともに、自らが発電資産を有する Prosumer にとっては、需要家と直接売買することにより、余剰電力の販売収益を拡大することができるだろう。一方、電力 P2P 取引はブロックチェーンというテクノロジーを前提として生まれた発想であり、そもそも電力の売買に関心のない Prosumer も含めて、

[12] 送信側と受信側における周波数の一致(同期)を前提とせずに接続すること
[13] 電力需給の計画値と実績値の差

参加者が利便性の高さを感じるようになるには、ユーザーフレンドリーなアプリケーションの開発が不可欠となろう。

事業者から見た電力 P2P 取引の意義と課題

他方、事業者にとっては、ブロックチェーン技術の活用により、従来型の電力事業を営む上で必要であった様々な流通コストを削減できることに加え、分散型エネルギーの売買取引をスマートコントラクトによって自動化することで、インバランスの発生確率を下げることができる。これにより系統運用における需給調整の負担は軽減されることになろう。一方で、ブロックチェーン技術の歴史は浅く、システム全体の信頼性の低さや、取引認証に必要な膨大なエネルギーに係るコスト、配電系統の電圧上昇、法規制・ルールの整備など、解決すべき課題が多いのも事実である（【図表 10】）。

【図表 10】電力事業へのブロックチェーン活用の意義と課題

	意義・効果	課題
需要家の目線	■ 電力コストの削減 — 中長期的には第三者の介在を必要としない、より競争的な市場環境が創出 ■ 取引機会の拡大 — 電力会社との売買だけではなく、ブロックチェーン上の全ての参加者との売買が可能 ■ 取引の透明性・トレーサビリティ向上 — 電気の原産地証書等、「いつどこでどのように作られた電気」かに関する情報をトラックすることが可能	■ 認知度の低さ — ブロックチェーンに対する需要家の認知度の低さや、電力P2P取引に関心がないProsumerの存在
事業者の目線	■ 流通コストの劇的に削減 — 運転維持費、人件費、設備投資、経理事務等、従来の電力事業の運営に必要なコストを大幅に削減可能 ■ 取引プロセスの合理化 — 取引の実行、認証、決済処理を自動化 ■ 取引データの堅牢性・安全性確保 — 全ての取引は多数の分散化されたシステム上に記録され、一度ブロックが形成されるとデータの改ざんが極めて困難 ■ 需給調整の自動化 — 予め設計されたプロトコルにより、分散型電源を最適制御	■ P2P取引システムの構築・運営コスト — 分散型システム費用や認証にかかるエネルギーコスト — 配電系統における設備投資 ■ システムの安定性 — トラックレコード浅く、システムの不安定性は高い。また監督当局の不在により、需要家保護が不十分となる可能性 ■ 系統運用上の制約 — 特に、下位系統における電圧上昇や周波数調整の困難化 ■ 法規制の整備 — Prosumerの法的位置づけ（ライセンス制度の見直し）

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

わが国固有の課題と解決の方向性

わが国の電力事業は、地域独占を前提とした系統ネットワークの下、中央集権型の電力供給システムとなっている。今後、自律分散型システムに変容していくには、ハード面・ソフト面で相応の設備投資が必要となる。以下では、ブロックチェーン技術を活用した電力 P2P 取引の普及に向けた、わが国固有の課題とその解決の方向性について考察する。

系統運用における物理的制約

先ず、わが国の電力系統は、地域内で電力の需要と供給がバランスすることを前提に串型のネットワークを形成しており、現状、供給区域間の連系線は必ずしも大量あるいは頻繁な電力の行き来を想定していない。域内の送配電網についても、原子力発電や火力発電のような大規模な発電所から需要地へ、電圧の高い所から低い所へ電力を流す設計がなされている。電力 P2P 取引は、Prosumer と需要家の間を電力が頻繁に行き来するため、それによって生じる不規則な潮流パターンに対して、配電網や変電・変圧設備の増強等、ハード面において相応の設備投資が必要となろう。

FIT 制度の存在

2 点目に、わが国においては、再生可能エネルギーの普及拡大を目的として、FIT 制度が導入されており、その買取価格は再生可能エネルギーの発電コストよりも高い状況にある。このような事業環境においては、Prosumer が発電する電力を高価で買い取ってくれる電力会社以外の第三者に売却しようとするインセンティブは殆ど存在しない。ただし、この問題は、既述のように、買取価格の低減と、固定買取期間が終了する電源が徐々に取引されるようになる 2019 年以降に解消されていくであろう。

法制度・ルールの抜本的改定の必要性

3 点目に、法制度・ルールの抜本的な改定も不可欠である。公共性の高い電力事業について、わが国では不適切な事業者を排除する目的から、電力小売事業を行うためには、経済産業省へのライセンス登録が必要となっている。電力 P2P 取引では、Prosumer が需要家に直接電力を販売することになるが、現在の法規制上、Prosumer の位置づけは明確でなく、需要家に電力を直接販売することを想定していない。

託送料金制度の見直しも必要

託送料金制度の見直しも必要となろう。現在の送配電事業は固定費が約 9 割を占めるコスト構造に対して、収入の 6 割超が電力の「通行料」に応じた従量制となっている。今後、分散型エネルギーの普及とともに、送電網の利用率が低下すると、固定費を賄うために託送単価を引き上げざるを得なくなり、このことがエネルギーの更なる分散化を促し、送配電事業の収支を悪化させる。この問題に対処するには、収入と費用のミスマッチ構造を解消する必要がある。今後、配電網の自立化が進むとしても、再生可能エネルギーだけで常にエリア内の需要を完全に賄っていくのは困難であり、基幹系統との連系は引き続き必要である。系統運用に求められるサービスは電力の「道路」としての価値から、自立的な配電系統に対してバックアップ機能を提供する「最終保障サービス」へと変容していくだろう。これに伴い、サービスの対価は、電力の「通行料」の多寡に関係なく、基本料金として需要家から回収していくような仕組みが必要である。

経済性の課題

4 点目として経済性の問題が挙げられる。電力 P2P 取引は、初期段階においては、分散型ネットワーク構築コスト、IoT の実装、電圧上昇対策など配電インフラの設備投資が必要となる。既存の系統電力と比べて遜色ない電気の質を維持するためには、分散型エネルギーに蓄電池を併設する等の対応も必要になろう。わが国は再生可能エネルギーの適地が先進諸国に比べて少なく、発電コストも高いのが現状である。今後、更なる技術革新により、再生可能エネルギーと蓄電池の導入コストが一層低下し、ストレージパリティを早期に実現することが求められる。

中長期的には解決可能な課題が多い

他方、これらの課題には、中長期的に解決可能なものが多く含まれている。例えば、系統運用上の課題については、非同期連系技術を活用することによって、下位系統において基幹系統の周波数調整制約から解放することができれば解決できる可能性がある。

（2）事業者に求められる視点

電力 P2P 取引は「電力事業のあり方」について事業者に再考を促す

電力 P2P 取引は、大規模な発電設備を必要としないという点で在来型の発電事業とは大きく異なり、中央制御システムや取引を仲介する第三者を持たないという意味において、同じ分散型エネルギーを活用する VPP とも性質を異にする。電力 P2P 取引は、Prosumer と需要家間で取引が完結する世界であり、そもそも「電力事業とは何か」という根本的な問いを投げかける。

エネルギー事業者は電力供給から最終保障サービスを提供するプラットフォーマーへ

電力 P2P 取引が進展する世界において、既存のエネルギー事業者は、在来型の発電事業の競争力に立脚した優位性は薄れ、代わりに分散型エネルギーのバックアップとしての「最終保障サービス」や電力 P2P 取引の「場」を提供するプラットフォームとしての事業展開が予想される。一方、このような事業領域は、既存事業の代替・競合関係となることが想定され、旧来の組織体制でこれに取り組むのは社内に様々な軋轢を生み、利害調整が極めて困難となることが予想される。そこで、例えば社長直下に社内ベンチャーのような組織を作り、取り組んでいくことも必要であろう。その際、既存事業とのシナジーを過度に追求することは、イノベーションの促進を阻害する要因になる。次世代の事業は必ずしも既存事業の延長線上にはない、むしろ全く新しい事業であり、既存事業を代替しうるビジネスであることを念頭に、従来の枠組みとは切り離し、ある程度独立した意思決定プロセスのもとで推進していく必要があるだろう。

「変化への対応力」がこれからの時代における競争優位性に繋がる

再生可能エネルギーをはじめとする分散型エネルギーのコスト低減が進み、地球規模で低炭素社会の実現に向け、産業構造が変わろうとしている。このようなパラダイムシフトに、如何に向き合い乗り越えるか、ブロックチェーンのようなイノベーションを活用しつつ、「変化への対応力」を磨くことが、これからのエネルギー転換時代における事業者の競争優位性につながる。

みずほ銀行産業調査部
資源・エネルギーチーム　篠田 篤
岡本 伊織
atsushi.shinoda@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－13. 小売 －デジタルイノベーションがもたらす小売業の未来

【要約】

◆ 小売業は、生産者やメーカーが創造した価値と消費者が認めた価値の差分、すなわち「顧客ニーズの理解」、「利便性の実現」、「調達・在庫調整機能」を提供価値とするが、諸制約により各々の機能の発揮には限界があり、必ずしも消費者利益に照らして最適化されていない。

◆ IoT、ビッグデータ、AI といった新たなテクノロジーは、こうした諸制約を取り除き、小売業が、消費者ニーズの理解を飛躍的に深め、利便性の高い販売チャネルを実現し、サプライチェーンをより高度に変革していくことを可能にするものと予見される。

◆ その様な取組みを大胆に進めているのが Amazon であり、AI 音声アシスタントの展開やオフラインへの進出を通じたビッグデータの収集・分析、AI 活用による提案の高度化、オンデマンド生産化への取組み等は小売業界を変革する可能性が大きい。中国においても、店舗と物流拠点の融合や VR 化した店舗とオンラインチャネルの融合、無人店舗の自動運転化への試みが見られるなど、新たな小売業を目指す動きが広がっている。

◆ 従来型小売企業は、ビジネスモデルの革新にあたって、「戦略と体制の不適」、「レガシーの存在」、「ノウハウの不足」という課題を抱えているケースが多い。オンラインビジネスに精通した経営人材の登用による競争力の高いデジタル戦略を立案し、戦略に照らしたレガシーの取捨選択やサプライチェーン高度化を進めると共に、テクノロジーや物流といった自社にないノウハウを有する企業と協業することが有効であろう。脅威を機会と捉え、新たな小売の姿を描いていく取組みが急がれる。

1. はじめに ～テクノロジーは小売のあり方に大きな影響を与える

テクノロジーの進化は小売業の有り様に大きな影響を及ぼす

小売業界の歴史を振り返ると、いわゆる「近代小売」と呼ばれる小売の形態の登場は約 100 年前にさかのぼる。その 100 年の間に、百貨店、総合スーパー、食品スーパー、コンビニエンスストア、専門店、EC といった様々な業態が登場してきた。その時代においてどの様な小売の業態が現れ普及するかは、主に社会（消費者の価値観、ニーズ、人口動態等）、インフラ（物流、通信網等）、法規制（出店）、そしてテクノロジーの有り様に大きく左右される。中でもテクノロジーは、既存ビジネスの課題解決と、消費者の潜在ニーズの掘り起こしによる新たな市場創造により、小売のあり方を大きく変える力を持っている。本章では、新たなテクノロジーがいかにして小売業が抱える課題を解決し新たな価値を創造しうるのか、に焦点を当てながら、小売の将来像について考察する。

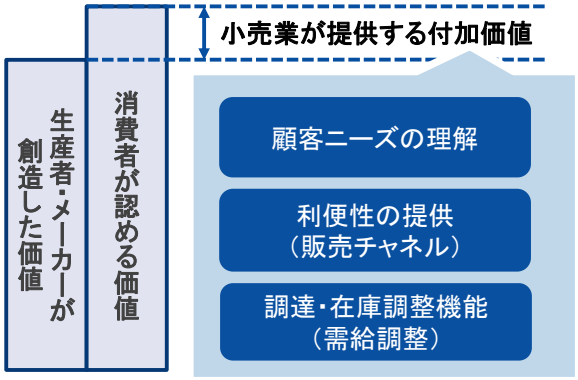
2. 小売業の根源価値と課題 ～テクノロジーは何を変えうるか

小売業は「顧客ニーズの理解」、「利便性の実現」、「在庫調整機能の提供」に課題を有する

現在の小売業の課題とは何であろうか。それを考えるためには、小売業が提供する根源的付加価値が何であるか、という問いに答える必要がある。収益構造からも分かる通り、小売業の価値（利益）の源泉は、生産者やメーカーが創造した価値と消費者が認めた価値の差分である（【図表 1】）。この差分とは、消費者からすれば「価格や商品力が消費者ニーズに即したものを」「利便性が高い（消費者が買いやすい）状態で」提供することにあり、また「調達ルートの知見を有し、最終的な在庫リスクを負いながら、生産者やメーカーと消費者

との間の在庫調整機能を担う」ことにあろう。しかしながら、この①顧客ニーズの理解、②利便性（買いやすさ）の実現、③調達・在庫調整機能の提供に関連し、既存の小売業はいくつかの課題を抱えている。

【図表 1】小売業が提供する付加価値の構成要素



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

現状、顧客ニーズの理解には限界があり、品揃えの過不足やロスが発生

まず、顧客ニーズの理解については、小売業が B to C ビジネスであり、「顧客一人ひとり」の満足を最大化することが求められる業種でありながら、経営資源や経営効率の制約上、顧客「一人」単位での需要を掬い上げることが困難なことにより、とりわけ消費者の好みが分散しやすいカテゴリー（衣服等）においては顧客ニーズと実際の品揃えに乖離が生じやすい。またその帰結として、見込み調達による在庫の過不足が生じ、損失が生じるリスクがあることから、ロス率を予め織込んだ販売価格が設定され、消費者利益との乖離をもたらしている。例えば食品のロス率[1]は約 5%、アパレルのロス率は 20%以上となっている。

既存の販売チャネルである店舗や EC は、最適な顧客利便性を実現できていない

二点目の利便性については、現在の販売チャネルが顧客利便性に照らして必ずしも最適化されているとは言えない点である。販路の 9 割超を占める店舗は、立地や店舗面積、営業時間等の制約を受けることから、利便性の提供に限界がある。一方、E コマースの普及は、ロングテールな品揃えや時間・距離制約の解消により、これらの課題を一定程度解決することに成功している。しかし、消費者は能動的に情報へアクセスし、膨大な情報量の中から欲しいものまで辿り着く必要があり、更に、辿り着いた商品の実物がイメージと異なることもままある。例えば既に EC 化率が 10%台に到達している衣料品の EC では返品率が 3～4 割の高さに至っている。つまり、「欲しい」物を手に入れるプロセスは未だ最適化されているとは言えず、顧客ニーズとの齟齬や利便性の向上余地は依然として存在する状態である。最も市場の大きい食品カテゴリーの EC 化率は 2%台に留まることからも、EC は万能ではない。

[1] ロス率（%）＝ロス高（仕入れ段階で予想していた売上高－実際の売上高）÷（仕入れ段階で予想していた売上高）×100。小売業では予測に基づく仕入れ（調達）と実需（販売）との乖離により値下げや廃棄が生じ、ロスが発生する。

既存のサプライチェーンは小売の在庫調整機能を前提とするが、本来的には在庫が発生しないサプライチェーンが望ましい

三点目の調達・在庫調整機能については、小売業はメーカーと消費者との間で需給を最適化するマッチング機能を有している。小売業の在庫回転期間は、食品小売では1ヶ月未満ながらアパレルや家電では3ヶ月程度となっており、生産から消費まで少なからぬリードタイムが発生していることが見て取れる。これは、サプライチェーンの各流通段階において人手が介在する部分も未だ多く、川上・川中・川下間で十分にデータ連携されていないことに一因がある。本来的には、生産から消費までのリードタイムが短く在庫が少ないほど、無駄なく消費者ニーズを充足できていることを意味する。在庫の過不足が生じざるを得ないサプライチェーンの構造は、最適化されているとは言い難い。各種インターネットサービスの普及により川上と消費者間の情報格差は解消される方向にあり、在庫という形で情報格差を埋める必要性が低下しつつあることからも、サプライチェーンをより高度化していく必要がある。

3. テクノロジーはいかにして小売業の課題を解決する可能性があるか ～今後の方向性

ビッグデータ、IoT、AI は小売の未来を大きく変えうる

それでは、テクノロジーは、これらの課題をどの様に解決する可能性があるだろうか。ビッグデータ、IoT、AI といった先端テクノロジーの活用が変えうる小売業の有り様について検討したい（【図表 2】）。

（1）テクノロジー活用による顧客ニーズの理解

IoT の活用により、取得できるデータの質・量・頻度が飛躍的に増加し、AIで分析することで顧客一人ひとりのニーズ理解とカスタマイズ提案が可能に

小売業においては、1970 年代に POS システムが登場したことで「モノ」のデータが得られる様になり、更に近年ではポイントカードや電子マネーの普及に伴い「ヒト」のデータと紐つけた「ヒト」を起点としたマーケティングが可能となっている。ただし、この「ヒト」のデータは、オフラインの場では「購買」が生じた時点に限られ、なぜその購買に至ったのか、あるいは至らなかったのか、については、仮説検証を繰り返すしかなかった。しかしながら今後は、センサー活用による店舗内の IoT 化や AI 活用により、オフラインにおいても顧客の動的な行動データを収集できる様になることが期待される。またオンラインチャネルでは、ポストスマホと目される AI 音声アシスタントを通じた音声検索や画像検索が、テキスト検索に代わる手段として普及するものと見られている。これにより、テキストデータから音声データや画像データにシフトし、購買データ以外の生活データも取得しやすくなることから、顧客ニーズに関して収集できるデータは質・量ともに飛躍的に増加するものと予想される。すなわち、オンライン・オフラインのあらゆるタッチポイントから消費者行動に係るビッグデータを収集できる様になり、AI を活用して分析することで、顧客一人ひとりの嗜好を把握しカスタマイズされた提案を行うことが可能になる見通しである。より高度なパーソナルアシスト機能では、顧客の好みに応じた提案のみならず、セレンディピティをもたらすような提案も可能となり、より豊かな購買体験を可能にするものと期待される。

（2）販売チャネルの変革を通じた利便性の実現

オンラインチャネルの購買プロセスは短縮化

EC の普及と物流の高度化により、購買自体は「いつでも」「どこでも」できる様になりつつある中で、今後は更に、オンラインチャネルはスマートフォンに留まらず、AI 音声アシスタントや IoT 家電といった形でより顧客の日常に入り込み、

購買プロセスを短縮化・省力化し、自動化に近づけていくだろう[2]。

一方で、オフラインのチャネルは、オンラインと融合しながら、体験の提供や機能の拡充という形で進化を遂げるものと期待される。

店舗は「体験」を提供する場として存続

まず、店舗は、顧客に対し五感に働きかける体験を通じたセレンディピティを提供する場として、あるいはすぐさま消費したい商品の購入場所として、引き続き重要な役割を担うだろう。音楽配信サービスが伸びてもコンサート需要は拡大している様に、店舗での買い物「体験」はオンラインを通じた購買以上のものを提供できる可能性が高い[3]。

店舗は顧客購買データを収集するチャネルとしての重要性を増す

また、店舗の IoT 化が進むことで、オンラインチャネルのみでは把握しきれない顧客の豊富な購買行動データを収集する新たなデジタルチャネルとして重要性が高まるものと考えられる。現状では 9 割超の購買のチャネルとなっている店舗にセンサーや AI 技術を導入することで、行動ログが全て取得出来るオンラインに近い質・量でオフラインでの購買行動データが取得できるようになる。オフラインで収集したデータをオンラインチャネルのデータと合わせ顧客理解に活用する動きが広がるだろう。

店舗は物流機能と融合し、配送拠点化や自動運転車による移動式店舗化が進むものと予想

更に、店舗は物流拠点としての重要性が高まることも予想される。とりわけ鮮度管理や短時間配送が求められる食品分野においては、一定の商圏に対し十分な在庫量を有し、場合によっては調理・加工機能も保有する既存店舗を配送拠点として活用する効用は高い。今後、ピッキングや配送を担う AI ロボットやドローン、自動運転車が実用化し、ラストワンマイルの物流コストを低減できれば、店舗はラストワンマイルを担う物流拠点としての重要性を増すものと考えられる。他方、過疎地などでは、固定された「店舗」の代わりに自動運転車が日用品を取り揃えた移動式店舗として機能する可能性も高い。

この様に、今後 10 年という時間軸の中では、店舗は体験価値を高めながら、オンラインや物流機能と融合し、「新たな小売」の姿へと進化していくものと考えられる[4]。

（3）調達・在庫調整機能の変化

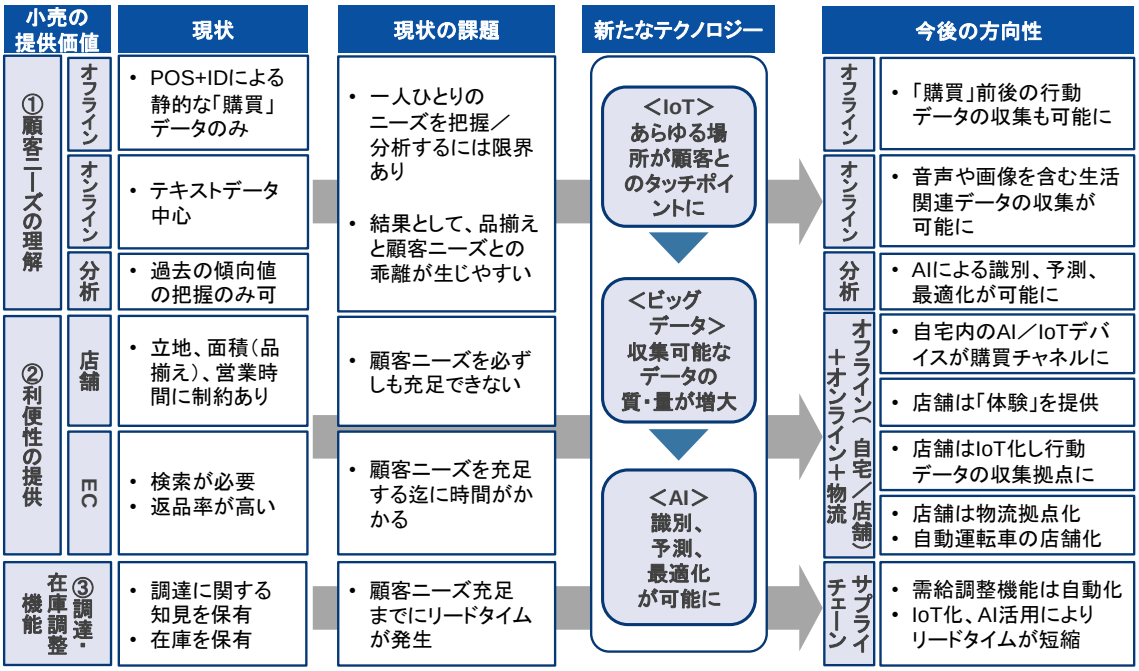
小売業の役割は在庫調整機能から、メーカー機能と連携したオンデマンド化・マスカスタマイゼーションの実現へと変化

衣料品や食品の生産・流通プロセスでは、生産・物流プロセスの IoT 化による可視化やロボットによる自動化、AI を活用した効率化の取組みが進んでいる。小売において多様なチャネルを通じ膨大な購買行動データを収集・分析できる様になると、それをメーカーの企画・生産機能に柔軟に反映させることで顧客ニーズにカスタマイズした商品を必要な量だけ Just in Time で生産する、オンデマンド化とマスカスタマイゼーション化が実現できるものと期待される。顧客毎の嗜好の分散やトレンドの変化、天候要因等の影響を受けやすく、在庫リスクが高い衣料品の分野では、リスクの排除を目的としてこの様な姿を目指す取組みが先行して進んでいる。更に、AI を活用すればより精度の高い商品企画や生産数量の最適化を実現できるだろう。この様に、サプライチェーン上

[2] 音声によるインターフェースの先を行く取組みとして、脳波から直接インプットする BCI（Brain Computer Interface）が研究されている。この実用化は 10 年以上先と見られているが、将来的には購買プロセスがほぼ即時化・自動化していくことも考えられる。
[3] この様な店舗の特性を活かし、ショールーム型店舗をオンライン上に VR で表示し EC の購買を促進することも考えられる。
[4] アリババグループのジャック・マー会長は、「オフライン、オンライン、物流、データの融合」による「新たな小売」の姿を予見している。

の過剰な流通コストやリードタイムが解消されていき、メーカーと小売の距離が大きく縮まることで、消費者は欲しいものをより迅速に手に入れることができる世界が到来するだろう。

【図表 2】小売業の現状課題と今後の方向性



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

4. 小売業における先進的な取組み事例

Amazon の取組みは、テクノロジーを活用して既存の小売業界を変革する余地が大きいことを示す

こうした未来に向けての取組みは、現時点でどこまで進んでいるのだろうか。近年、Amazon の動向がとりわけ注目されているが、これは、Amazon が EC の分野において圧倒的規模と成長率を誇っているからだけではない。Amazon が多くの事業者に危機感を与えているのは、最先端のテクノロジーの活用と豊富な資金力により、既存の業界構造を破壊し寡占化していくことが予想されるからである。同社においては、膨大なビッグデータを処理するためのデータセンターを発端とするクラウド事業 Amazon Web Service がクラウド業界において約 3 割という世界最大のシェアを掌握し収益源となっていることから、同社の「豊富な資金力」もテクノロジーの産物といって差し支えないだろう。Amazon は、小売業界がテクノロジーにより大きく変革する余地があることを示しながら、「地球上で最も顧客に支持される」小売業の姿を目指しているといっても過言ではない。以下では、昨今注目を集める Amazon の取組みを中心に、その他の事例にも言及しながら、小売の将来の姿を探ることとする（【図表 3】）。

Amazonは膨大な品揃えの中から最適なリコメンドを実現するために、早期から顧客ニーズを「1人」以下の単位で把握することに注力

まず、「①顧客ニーズの理解」について見ると、Amazon は、「地球上で最も豊富な品揃え、地球上で最も顧客を大切にする企業であること」をビジョンに掲げ、その実現のために、早期からデータ活用に力を入れてきた。数億品目にも及ぶ「最も豊富な品揃え」は、顧客が必要なものを探し当てることが出来て初めて価値を持つことから、欲しているものに顧客が速く辿り着ける様に、顧客のニーズを理解し、適切なリコメンドを提示することが優先課題であったためである。小売企業においては、顧客を住所や年齢といった「セグメント」に分類することが一般的なマーケティング手法であったが、Amazon は、顧客「一人」、あるいは、同じ人物を刻々と変化するニーズや関心に応じて更に細分化した「0.1 人」レベルの「セグメント」で顧客ニーズを捉えている。これを可能にしたのは、PC やスマートフォンを通じたオンラインデータであった。

オンラインで得られる購買行動データの質・量には限界がある

しかし、小売の販売額において EC の占める割合は北米を含む多くの国において 10%未満であり、依然として実店舗での購買が 9 割を占める状況であるため、オンラインでの購買行動データを精緻に分析することのみで把握できる消費者ニーズには限界がある。とりわけ、小売の中で最大のシェアを占め購買頻度も高い食品の分野では、EC 化率は 1～2%に留まるのが現状である。

IoT や AI 技術はオフラインでの購買行動データを収集可能にする

ところが、IoT 化や AI 活用により、実店舗はオンラインと同様に精緻なデータを収集し分析できるチャネル（顧客接点）となりうることから、「実店舗で取得できるデータはオンラインと異なり限定的である」という状況は変わりつつある。こうした変化にいち早く着目し先進的な取組みを進めているのが Amazon であり、AI 技術を駆使したレジなしコンビニ Amazon Go の開発や米有力食品スーパーWhole Foods Market の買収を通じたリアルへの進出という取組みからは、同社が更なる購買行動データを蓄積し、分析することに執心していることがうかがえる。Amazon は、EC 事業において自社直販だけでなくマーケットプレイス事業を手がけることでより多くの購買行動データを得られる様になったが、Amazon Go のシステムが外販されることになれば、オフラインにおいても同様に他社での購買行動データが得られる、という大きな果実を手にすることになる。

Amazon は AI 音声アシスタントを通じ、更なる膨大なオンラインデータを収集、オフラインデータと合わせて最適な提案を行う

更に、消費者の自宅に設置される AI 音声アシスタント、Amazon Echo や Amazon Echo Look[5]は、オンラインチャネルを通じたデータ収集を強力に推進する新たな顧客接点である。Amazon Echo（Look）には Alexa（Amazon が開発した AI）が搭載され、個々人の嗜好や習慣を学習していく仕組みとなっている。顧客の自宅という、顧客の実態に最も迫ることができる場に入り込み、音声や画像という情報量の多い UI により日々のデータを取り込むことのできる Amazon Echo（Look）の様なデバイスは、Amazon の顧客セグメントを「0.1 人」から更に細分化していくことを可能にするだろう。オンライン・オフラインの両方における膨大なデータを元に、個々人にカスタマイズされた最適な提案を行っていく――というのが Amazon の描く姿であり、小売の 1 つの将来像だろう。

Amazon は音声デバイスやIoT化ボタンにより購買プロセスを大幅に短縮化

続いて、「②利便性の提供」について見てみたい。利便性の向上に繋がる新たな販売チャネルの一つは、前述の Amazon Echo（Look）や IoT デバイスである Amazon Dash Button の様な、自宅に設置されるデバイスであろう。こうしたデバイスの普及により、思い立った時にすぐさま商品を調べ、そのまま購

[5] Amazon Echo Look は、カメラ付きの AI 音声アシスタントであり、音声で全身のセルフィー画像や動画を撮影することが可能。

入する、という消費行動が加速するものと考えられる。

盒馬鮮生は店舗と物流機能が融合した姿を提示

一方、新たなオフラインの有り様としては、中国アリババ傘下の盒馬鮮生が一例として挙げられる。盒馬鮮生は、ネットスーパーの物流倉庫兼配送拠点として機能し、オンラインで注文された商品を店員がピックアップして集め天井のベルトコンベアーに載せると配送所に運ばれる仕組みを有する。店舗を物流拠点として活用し、配送経路の選択に AI を活用することで、5km 圏内であれば注文後 30 分以内の配送というスピードを実現している。同時に、その場で購入ができる食品スーパーとしての機能も有しており、試食をしたり実物を確かめたりすることができる場を提供している。在庫データがオン・オフ一元で管理されていることで、この様な仕組みが可能となっている。

中国では無人店舗の自動運転化のβ版テストの取組みも見られる

また、自動運転技術やロボット、ドローンと店舗を組み合わせた移動式店舗の事例として、スウェーデンのスタートアップ Wheelys Inc.と中国の合肥工業大学は共同で 24 時間営業の無人店舗「Moby Mart」の自動運転化を進めており、上海でβ版をテスト中である。このサービスは、アプリで近くの Moby Mart を呼び出すことができ、入店時にアプリで認証後、買いたい商品をスキャンしながらカートに入れ、店舗を出ると自動で登録済みクレジットカード等により精算される仕組みである。店内ではバーチャルアシスタントとしてホログラフィ店員が顧客の照会や在庫のない商品の注文、レシピ提案等を行うほか、ドローンによる購入品の配送等も検討されている。Moby Mart の価格は 10 万ドル以下に抑えられるとされており、中国での製造に向けた準備を進めているという。食品の様に購買頻度が高く、実物を見てから購入したいというニーズが高いカテゴリーや、有人・固定式店舗の損益分岐点を賄えない地域においては、こうした新たな店舗の姿が普及していくものと考えられる。

この様に、店舗は今後、物流機能やオンラインチャネルと融合しながら機能を拡充し、商圏さえもある程度自在に伸縮できる様になるものと予想される。従来の、一定の商圏からの来店客を前提とした店舗の概念は根本的に変わり、店舗戦略は見直しを迫られる可能性が高いだろう。

Amazon は顧客の注文から生産までが連動したオンデマンド型アパレル生産の特許を取得

続いて、「③調達・在庫調整機能」の変化に係る事例について取り上げたい。生産から販売まで垂直統合化し、オンデマンドで生産、販売までのリードタイムを縮める取組みは、前述の通り衣料品分野で先行しており、一例として、Amazon によるオンデマンド型アパレル生産システムの特許取得が挙げられる。これは、顧客の注文に基づき、パターンのプリント、裁断、縫製が行われ、検品後、顧客宛に配送される、というプロセスがほぼ自動で行われるというものであり、Amazon Echo Look を初めとする様々なデバイス経由で取得する顧客データを元に、顧客毎にカスタマイズした衣料品をスピーディに生産して届けようという試みである。

ファーストリテイリングは顧客ニーズに応じたオンデマンド生産体制構築を目指す

また「情報製造小売業」化を目指すファーストリテイリングは、コンピューター横編機世界最大手の島精機[6]と 2016 年 10 月に無縫製ニット製品（ホールガーメント®製品）等の生産を事業内容とする合弁会社を設立した。島精機は横編み機と連動するソフトウエアや生産管理システムのクラウド化を 1～2 年以内に実現することでアパレル生産の IoT 化を目指しており、ファーストリテイリングの持つ顧客ニーズに関するデータと組み合わせれば、個々の顧客に最適なニット製品を受注後に生産し届ける仕組みが構築できるものと期待される。

[6] 島精機は、糸からニット製品を自動で生産できる編機「ホールガーメント®」の技術力の高さに定評がある。

商品企画や販売予測に AI を活用する試みも始まっている

更に、AI 活用によるマスカスタマイゼーション化・オンデマンド化の事例としては、米 Stitch Fix[7]による、商品企画や販売予測に AI を活用することで「売れる商品」を「売れるだけ」製造する PB 商品開発や、H&M の出資先オンライン専業アパレル Ivyrevel と Google による、個人の行動データから AI が最適な服のデザインを提案するアプリの β 版開発等が挙げられる。

小売業は在庫調整機能に代わり、商品開発における新たな付加価値を生み出すべき

物余りと言われ、また所有価値よりも利用価値に重きを置いたシェアリングエコノミーも台頭する中では、在庫リスクや欠品リスクを抱えながらそのコストを上乗せした状態で商品を売る従来のビジネスモデルには限界があり、IoT や AI を活用しながら顧客ニーズによりフィットするものを効率的に生産・販売するビジネスモデルを取り入れることが求められる。そのために、小売業は、在庫調整機能の代わりに、川上・川中との連携を一層深め商品開発により主体的に関与することで新たなる付加価値を生み出すことを目指すべきであろう。

将来的には変化対応の巧拙が明暗を分け寡占化が進む見通し

以上の通り、小売業は、最新テクノロジーの活用によって、より顧客のニーズを満たし利便性を高め、一部の役割期待を変える形で、大きく変貌しようとしている。将来的には、この様な対応ができるプレーヤーによる需要の囲い込みが進み、上位集約が進展するものと予想される。

【図表 3】小売のビジネスモデル革新に向けた具体的な取組み事例

今後の方向性			具体的な取組み事例	
顧客ニーズの理解	オフライン	• 「購買」前後の行動データの収集も可能に	「Amazon Go」（試験的オープン）	• 店舗内のカメラ、センサー、マイクで顧客の行動を認知し行動データを収集 • 得られた顧客データはオンラインアカウントと連動
	オンライン	• 音声や画像を含む生活関連データの収集が可能に	AI音声アシスタント「Amazon Echo」	• 顧客の自宅にて双方向かつ動的な音声データや画像データの収集が可能 • 非購買データの蓄積が可能
	分析	• AIによる識別、予測、最適化が可能に	AmazonのAI「Alexa」	• オフラインとオンラインの両方から得られるビッグデータを分析し、顧客に応じた最適な提案を実施
利便性の提供	自宅／店舗＋オンライン＋物流	• 自宅内のAI／IoTデバイスが購買チャネルに	「Amazon Echo」／「Amazon Dash Button」	• 即時性の高い（プロセスの短い）購買を実現する、自宅内の設置を想定したデバイスを展開
		• 店舗は「体験」を提供	「盒馬鮮生」	• 店頭で購入した商品をその場で調理してもらい食べることが可能
		• 店舗は物流倉庫を備えた配送拠点化 • 自動運転車の店舗化		• 店舗はネットスーパーの配送拠点も兼ね5km圏内であれば30分以内の無料配送を実施
			「Moby Mart」（β版）	• 自動運転技術を活用した移動式無人店舗であり、アプリで近くの「Moby Mart」を呼び出すことを想定 • 将来的なドローンによる購入品の配送も検討中
		• 店舗はIoT化し行動データの収集拠点に	「Amazon Go」	• 最上段参照
サプライチェーン		• 需給調整機能は自動化 • IoT化、AI活用によりリードタイムが短縮	Amazonによるオンデマンド型アパレル生産システム	• 顧客の注文に基づき、ほぼ自動で、パターンのプリント、裁断、縫製、検品、顧客宛配送が行われる
			「Stitch Fix」	• 商品企画や販売予測にAIを活用し、「売れるPB商品」を「売れるだけ」製造

（出所）各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

[7] 2011 年にサンフランシスコで創業したスタートアップ。スタイリストと AI が個々人の好みに応じた衣料品を提案、気に入ったものだけを購入できる、パーソナルスタイリングサービスを提供。提案される衣料品には当社のオリジナル商品も含まれる。

5. 日系小売企業の採るべき戦略方向性 ～日系小売企業は何をすべきか

さて、この様に今後様々な大きな変化が予想される小売業界において、現状大きな市場シェアを占める従来型の小売企業にはどの様な課題があり、成長に向けてどの様な手を打つべきであろうか(【図表 4】)。

変化対応に向けた主な課題は「戦略と体制の不適」、「レガシーの存在」、「ノウハウ不足」の三点

本章では、小売業が今後、「①顧客ニーズの把握」、「②利便性の提供」、「③調達・在庫調整機能」の点で変化していくという未来予想図を確認した。これらを実現する上での従来型小売企業の課題としては、「ビジネスモデルの革新に向けた全体戦略及び組織体制の不適」、「既存ビジネスに基づくレガシーの存在」、「新たに求められるノウハウの不足」、の三点が挙げられるのではないだろうか。

オンラインビジネスに精通した経営人材の不在が「戦略と体制の不適」要因に

一点目の戦略及び組織体制に関しては、上場企業であっても、オンラインビジネスに精通した経営人材がいないことで適切な戦略や打ち手を描けないケースや、デジタル戦略統括者の頻繁な交代により戦略が非連続な形で変更されているケースが散見される。結果として、経営トップに危機感があってもデジタル対応の歩みが遅れている企業は多い。明確な全社戦略が示されない中では、目先の事業戦略の推進・改善に囚われすぎることでビジネスモデル変革への対応が遅れがちである。

従前の勝ち組企業ほど多くのレガシーを抱え、そのレガシーに囚われがちである

二点目のレガシーに関しては、これまで小売業は売場面積の拡大による売上拡大が専ら成長の指標となってきたために、この様な指標にあわせて優位性を築いてきた大手企業であるほど新しい時代にはそぐわない多くのレガシーを抱えているという面がある。人材、店舗網、システムを変えようとすれば大きな痛みを伴うことから、最適解をゼロから構築するよりも、既存のレガシーを否定しない選択肢を所与として考えるという事態に陥りやすい。既存の強みを活かすことは重要であり全否定すべきものではない。しかし、Amazon の様な競合企業は、自社競合を厭わず最終的に消費者に支持される解を求めて次々と新たなサービスを打ち出していることを忘れてはならない。

必要なノウハウが多様になる中、自前主義では限界あり

三点目のノウハウに関しては、小売業の競争力の源泉が物販のみならず、テクノロジー活用や物流などへ広がり、新たに自社に取り入れるべきノウハウや領域が拡大の一途を辿る中では、自前主義は限界を迎えつつあるというのが実情だろう。

係る中、従来型小売企業が取組むべき方向性は三点あると考える(【図表 4】)。

まずは、IT 重点投資に向けたトップダウンの意思決定に加え、オンラインビジネスに精通した経営人材の登用と適切な戦略の策定、テクノロジー人材の確保が要に

一点目は、激変する環境を踏まえたデジタル戦略の立案と遂行体制の構築である。例えば世界最大の小売企業、米 Walmart は、2010 年に EC 事業を強化する方針を打ち出し、翌 2011 年には 5 つの主要な戦略の 1 つに“Winning in Global eCommerce”(世界の EC での勝ち組となる)を掲げた。同社は同年、IT ベンチャーKosmix 社の買収を通じてテクノロジー拠点@WalmartLabs の基盤を確立し、更にその後 CEO 自らが元 eBay の優れた技術エグゼクティブを引き抜いてテクノロジー拠点トップに登用、その後も次々と IT ベンチャーを買収しながら 2,000 人以上の IT 人材を確保、2016 年には Jet.com を 33 億ドルで買収し、Amazon に対抗しうる起業家とビジネスモデルを獲得している。Jet.com の創業者が同社の EC 部門を率いて以降、オンライン注文品の店舗受取り時に配送料分を割引するサービス「Pickup Discount」を開始したり、Amazon 対抗策として AI 音声アシスタントを展開する米 Google との提携を決

定したりするなど、迅速な意思決定を矢継ぎ早に行っている。ビジネスモデルを変革するには、まず、IT へ重点投資を行うというトップダウンの意思決定が必要だが、それだけでなく、具体的なデジタル戦略を描くことができるオンラインビジネスに精通した優れた経営人材の登用と、戦略の立案、そして戦略を具現化していく上での実行部隊となるテクノロジー人材の確保が要となろう。

次に、戦略に照らしたレガシーの取捨選択が必要

二つ目に重要な点は、レガシーを取捨選択すると共に、既存の強みを磨き上げることである。前述の Walmart は近年、EC や IT への投資を拡大させると同時に、店舗や人材といった既存資産への投資配分の見直しも行っている。具体的には、2016 年以降、小型店を中心とする不採算店舗を閉鎖し、効率化が可能な業務の人員は削減する一方、既存店の改装投資を拡大させ、従業員教育や賃上げに資金を投じて接客力を高めることに注力している。この様に、店舗の魅力を高めながらオンラインチャネルとの連携を深めることで、全米人口の 9 割を 10 マイル（16km）圏内でカバーしている既存店舗網を活かしたオムニチャネル化に取組んでおり、結果として同社は、EC 売上を伸ばすだけでなく[8]、米国の既存店売上を 12 四半期連続で増加させることにも成功している[9]。店舗網や人材はレガシーとなりうることから、現行体制は適切に見直すべきであるものの、EC は広告宣伝費や顧客の囲い込みの施策、商品を顧客まで届けるための物流体制や IT インフラに多額の投資が必要であり、すべてを EC で完結することが必ずしも顧客や自社の利益に適うとは限らない。ウォルマートの取組みは、時代に即した投資配分の見直しにより、店舗や人材といった既存の強みを活かしながらデジタルシフトを成功させる余地があることを示す好事例と言えるだろう。

川上・川中企業と連携しサプライチェーン全体の高度化・効率化に取組むことで、より大きな価値を生み出すことも急務

また、生産者やメーカーと消費者との間に位置し、調達ルートに係る知見を活かしながら消費者に付加価値を提供する、という既存の強みの磨き上げは、小売業のみで完結するものではない。川上・川中の担い手とも連携し、短期的な利害に囚われることなくサプライチェーン全体の高度化に早急に取組み、より大きな価値を生み出していくことが重要である。従来、サプライチェーンの担い手は、在庫リスクと利益をいかに配分するか、という点において利害が対立しやすいことから、データやノウハウの共有には限りがあった。しかし、商品力や調達ルートでの差別化は、既存の事業者の最大の強みの一つであり、これを更に強化することは喫緊の課題である。現在、コンビニ業界において、RFID[10]を活用しサプライチェーンの効率化を図ろうという動きがある。関係者が多いだけに、費用の分担等の利害調整が支障になるものと見られるが、この様な企業間連携は今後益々欠かせなくなるだろう。

最後に、テクノロジーや物流機能において自社にないノウハウを有するパートナーとの協業が鍵を握る

三点目は、自らに足りない部分を早期に認識したものの自社で充足できない場合には、ノウハウを有するパートナーと組むことである。これまで見てきた様に、これからの時代には、顧客理解のためのビッグデータの収集と分析、IoT や AI といった最新テクノロジーを活用したチャネルの最適化やサプライチェーンの再構築が競争の鍵を握ることになる。そのためにはまず、EC 対応、テクノロジー活用および物流面で、早期に競争力ある体制を構築することが求められる。とはいえ、店舗型小売企業が従来の発想に囚われずに優れたテクノロジー先進企業に変革することは人材面やノウハウ面で相応にハードルが高

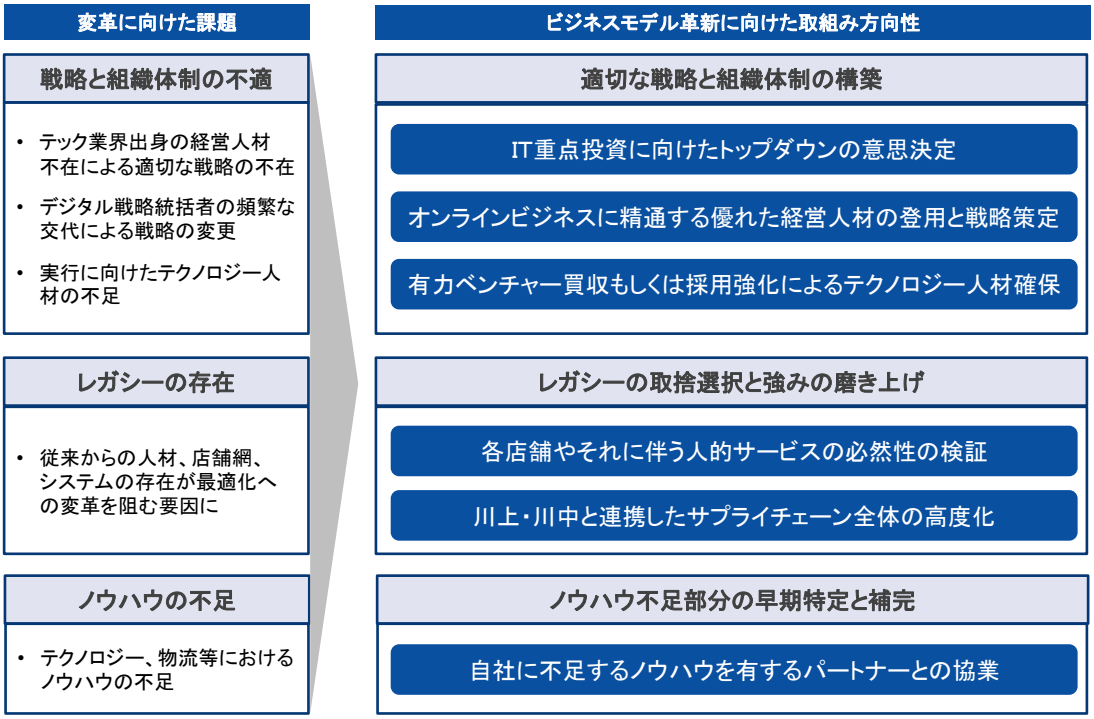
[8] Walmart は 2018 年度第 2 四半期において、EC 売上高は前期比 60%増、流通総額は 67%増の伸びを実現している。
[9] 2015 年度第 3 四半期～2018 年度第 2 四半期。
[10] radio frequency identification の略。ID 情報を埋め込んだ RF タグのデータを非接触で識別する自動認識技術。

いと考えられ、また AI デバイスの開発や物流網の構築を個別の小売企業が全て自ら手がけることも困難だろう。従って、自社にない強みであるテクノロジーや物流に優れた企業と組むという戦略の重要性が増すものと考えられる。

補完性が高い協業の一例として、セブン&アイHDとアスクルの提携が挙げられる

例えばセブン&アイ HD は、物流や自社 EC サイト「ロハコ」の運営に強みを持つアスクルと組み、食品 EC 事業「IY フレッシュ」を 2017 年 11 月から展開する計画を発表した。アスクルは、自社配送網を持ち、最先端のロボティクスや AI を活用して物流機能の高度化にも取組むなど、物流に強みを持つ企業として知られる。また、自社 EC サイト「ロハコ」を通じて得られた購買行動ビッグデータを食品・日用品メーカーと共有して消費者から支持される商品開発を行っているほか、最近ではソニーモバイルコミュニケーションズが 6 月に発売した家庭用デバイス「Xperia Touch」を使い音声で「ロハコ」を利用できる専用アプリを開発する等、ビッグデータやテクノロジー活用にも積極的な企業である。顧客の購買頻度が高い食品カテゴリーにおいて PB 開発に定評があり、金融面でも電子マネーや銀行を展開する強みを有するセブン&アイ HD との協業は、顧客との接触頻度を増加させ、独自の経済圏を築くことも可能になる等シナジーが大きく、競争力の高いプラットフォームを共同で構築することが可能であると期待される。テクノロジーや物流に優れる企業は、Amazon[11]だけではなく、例えば音声デバイスの分野では、Amazon Echo の 70%に次いで Google Home が 24%を、その他企業が 6%を占める[12]。Amazon の様に、小売、物流、システムの全てを内製化している企業は他に類を見ないものの、それだからこそ、一部の分野で大きな強みを持つ企業同士が手を組み、新たな小売業の姿を描いていく余地があるのではないだろうか。

【図表 4】ビジネスモデル変革に向けた課題と取組み方向性



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

[11] Amazon は EC の肝となる物流体制構築に多額の投資を行っており、物流に大きな強みを持つ企業としても知られる。
[12] 米国におけるシェア。eMarketer, *US Voice-Enabled Speaker User Share, by Player, 2017* による。

6. おわりに

Amazon の脅威はビジネスモデル革新の機会でもある

Amazon の足音は、従来型小売企業にとり大きな脅威であるものの、それは同時に、改めて消費者と向き合い、他社と組みながらビジネスモデルを革新していく契機とも捉えられるだろう。技術革新がもたらす変化の潮流は速く、企業の盛衰も激しい。これまで、小売はドメスティック産業であり、国境を越えて成功することは難しかったが、その小売業においてもテクノロジーの活用が鍵となりつつある中では、今後は競争が一段と加速し、フィールドがよりボーダレスになることも十分に考えられ、地場企業であるというだけで競争優位性を維持することは困難になる可能性もある。それは裏を返せば、日系企業にとっても優れたビジネスモデルを、国境を越えて展開するチャンスが広がるということでもあろう。従来型小売企業が持つ商品調達力や顧客ニーズの理解、接客力、これまで築き上げてきた信頼やブランドの価値は大きい。それらを新たなテクノロジーと融合させながら化学反応を起こし、世界にも通用する「新たな小売」の姿を描いていく、そんな取組みが期待される。

みずほ銀行産業調査部
流通・食品チーム　利穂　えみり
emiri.riho@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－14. 農業 －AgriTech がもたらす農業の成長産業化の可能性

【要約】

◆ 日本の農業は、担い手の減少に加え高齢化等が急速に進展する中、農作業の更なる省力化や、低収益性に対する生産性向上等が課題になっている。農業は、手作業の工程に加え、経験や勘に基づく部分も多く、テクノロジー活用のポテンシャルが高い産業であり、課題解決には AgriTech の活用・普及が有効な手段の一つとして考えられる。

◆ 本章では、AgriTechの事例として、活用するテクノロジーの範囲が広い日米の「先進的な植物工場」を考察する。植物工場では、生産データを収集、解析し、栽培環境の最適化や、食味や栄養価のコントロール等、テクノロジーの活用により生産性や付加価値向上が図られている。

◆ AgriTech が抱える課題としては、データプラットフォームの構築、導入コストの負担軽減等が想定される。課題に対し、営農者を含めた官民が一体となり、農業データ連携基盤の稼働に向けたデータの利活用に係るルール整備、コスト負担軽減に向けた仕組み作り等が対応として求められる。

◆ 農業の生産性向上、雇用創出、グローバル化による、農業の成長産業化を実現するために、AgriTech が重要なドライバーとして確立されることを期待したい。

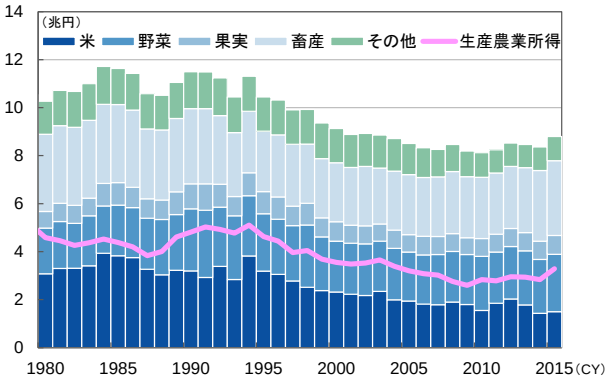
1. 日本の農業を取り巻く足下の環境

(1)日本の農業の現状と課題

日本の農業は人手不足、高齢化等に直面し総産出額は伸び悩み

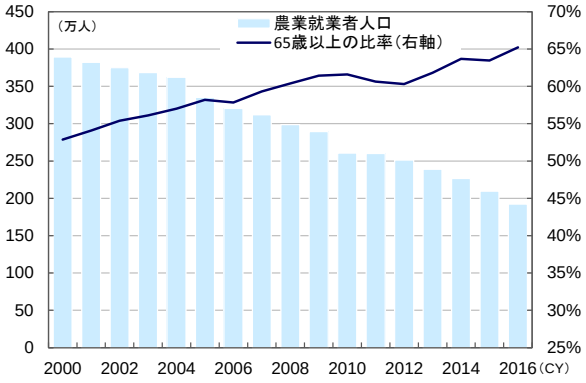
日本の農業を取り巻く環境は厳しさを増している。農業総産出額は、米を中心として生産量減少や価格下落により、1984 年の 11.7 兆円をピークに 2015 年は 8.8 兆円と約 25%減少し伸び悩んでいる(【図表 1】)。また、担い手については、農業就業者の減少に伴う人手不足に加え、65 歳以上の就業者が 65%を超える等、深刻な高齢化に直面し(【図表 2】)、加えて副業的農家[1]の比率が高まっていることが問題とされている。

【図表 1】農業総産出額、生産農業所得の推移



(出所)農林水産省「生産農業所得統計」(2015 年)より
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 2】農業就業者人口と 65 歳以上の割合推移



(出所)農林水産省「農業構造動態調査」(長期累年
統計表一覧)よりみずほ銀行産業調査部作成

[1] 一年間に自営農業に 60 日以上従事している 65 歳未満の世帯員がいない農家のこと。農業所得を主としている主業農家等と比べると、農業に関する専門的な知識が高まりにくいとされる。

農家１戸当たり耕地面積は低水準、耕作放棄地も拡大傾向

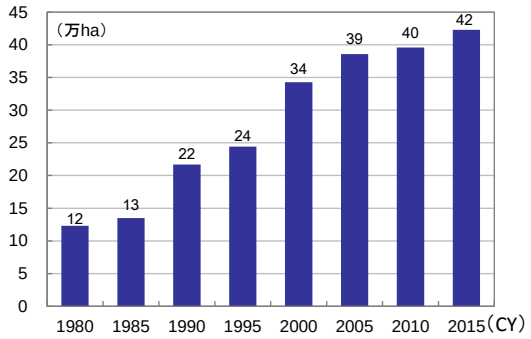
更に、国土面積や生産品目の違い等から、農家 1 戸当たり耕地面積は国際的にみて低水準にある(【図表 3】)。また、耕作放棄地は 2015 年に 42 万 ha と拡大傾向にあり、有効活用ができていない(【図表 4】)。このように日本の農業は、多くの課題に直面しており、農作業の効率化・省力化や大規模化による生産性向上に加え、熟練農家が有する技術・ノウハウの伝播・継承も求められている。

【図表 3】農家1戸当たり耕地面積の国際比較

	農家1戸当たり耕地面積(ha)	日本の水準に対する指数
日本	2.7	1
フランス	58.7	22
英国	93.6	35
米国	178.8	66
豪州	4,330.9	1,604

(出所)農林水産省「農業構造動態調査」(2016 年)、
欧州連合統計局「Farm structure survey」(2015 年)、
米国農務省「Farms and Land in Farms」(2016 年)、
豪州統計局「Agricultural Census」(2016 年)より
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】耕作放棄地の推移



(出所)農林水産省「農林業センサス」(2015 年及び
累年統計)よりみずほ銀行産業調査部作成

(2)AgriTech の必要性

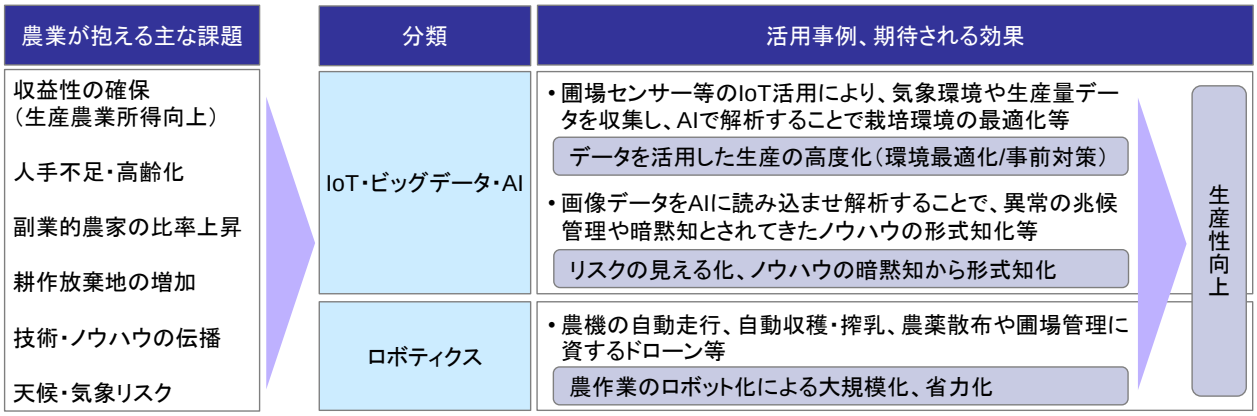
日本の農業における課題解決のためには AgriTech が有効な手段の一つ

日本の農業が直面する課題解決のために、有効な手段の一つとして考えられるのが、農業(Agriculture)とテクノロジー(Technology)を融合させた AgriTech の活用・普及である。日本の農業は、手作業の工程に加え、属人的な経験や勘に基づく部分も多いことから、テクノロジー活用のポテンシャルが高い産業といえる。AgriTech による生産性向上や省力化(軽労化)等を通じた、農業の事業規模拡大、若者を含めた新規就農者の参入促進、専業度の上昇等が期待される中、既に一部の営農者が先進的な農業に挑み、収益性向上に向けた取り組みを始めている。

テクノロジーを活用することで、生産の高度化、予兆管理、大規模化・省力化が可能に

以下、農業の生産性向上に資する、①IoT・ビッグデータ・AI、②ロボティクスの活用についてみていく(【図表 5】)。①IoT・ビッグデータ・AI の分野では、従来の経験や勘による農業から、気象データやセンサー等から得られる圃場のリアルデータといった様々なデータを AI で解析し、自動制御を通じて最適な栽培環境の構築・維持を実現する等、生産の高度化への活用が期待される。また、農産物について、生育状況に応じた様々な状態の画像データを AI に読み込ませて解析することで、異常の兆候管理や、暗黙知とされてきた熟練農家が有する技術・経験に基づくノウハウの形式知化等の実現も期待される。次に、②ロボティクスの分野では、農業機械の自動走行や自動収穫、ドローンによる農薬散布、圃場管理等を通じた農業の大規模化への活用が挙げられる。また、国土の制約上、農業の大規模化が難しい場合でも、複雑な作業のロボティクスによる代替や、自動化による夜間作業の実現等を通じて、農作業の省力化に資することが期待される。

【図表 5】日本の農業が抱える課題と AgriTech の活用事例及び効果



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

次節では AgriTech のうち植物工場の事例を検証

AgriTech は、多くの場面での活用が想定されるが、次節では、様々なテクノロジーの活用により生産性向上を実現したことで、改めて関係者の注目を集め始めている「完全人工光型植物工場」（以下、植物工場）の事例を検証する。

2. AgriTech 具体的事例 ～テクノロジーを駆使した先進的な植物工場に注目が集まる～

（1）赤字になりやすい従来型の植物工場

植物工場は、単位面積当たりの収穫量が多い

植物工場は、施設内で植物の生育環境（光・温度・湿度・CO2 濃度・養分・水分等）を人為的に制御して栽培する施設園芸のうち、高度な環境制御と生育予測を行うことで、野菜等の周年・計画生産が可能な栽培施設である。露地栽培と比較し、季節・天候に左右されず、閉鎖空間のため農産物が害虫や病気から守られることで品質や生産量が安定し、単位面積当たりの収穫量が多い（【図表 6】）。日本施設園芸協会によると、日本の植物工場は、2011 年 3 月時点は 64 カ所であったが、2017 年 2 月時点は 197 カ所に拡大している。

【図表 6】植物工場と露地栽培の相違点

	植物工場（完全人工光型）	露地栽培
建屋	一般的な建物の中にある栽培用のクリーンルーム	不要（ビニルハウス等温室活用も）
光源	蛍光灯・LED	不要（太陽光）
空調	常に室内温度を適温に維持	不要
環境制御	外部環境と隔離して環境制御を行うので比較的容易	季節、気温の影響を受けやすく、環境制御は不可
栽培方式	空調、空調最適化のため多段式の水耕栽培	太陽光を必要とするので単段式
生産性	周年安定生産が可能で生産性も高い	周年生産は可能だが生産性は植物工場に劣る
初期コスト	土地や建物代、機器代等で高コスト（但し、遊休施設活用で軽減も可）	土地代、農機具代で一般的に植物工場より低コスト
ランニングコスト	光源の電気代が高い比率を占め、一般的に露地栽培より高コスト	人件費負担がかかるが一般的に植物工場より低コスト
栽培品目	葉菜類（レタス等）	多様な品目に対応可能（但し、耕作地の気候条件等の制約あり）

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

半数の植物工場がコスト高により赤字経営

一方、現時点では、設備投資が多額であることに加え、光源や空調管理等のランニングコストも嵩むため高コスト構造となる傾向にある。更に、生育や収穫等を手作業で実施する場合、人件費も相応に発生することから、赤字に陥っている植物工場が 50%に上り、黒字は 19%にとどまっている(【図表 7、8】)。

過去には大手植物工場ベンチャー企業も倒産

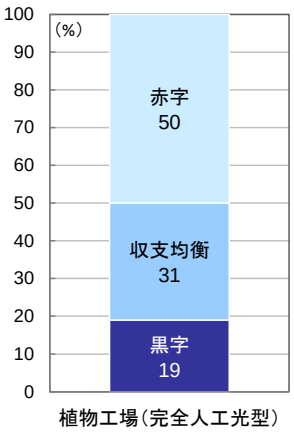
植物工場は赤字経営が半数に上る中、倒産事例も生じている。大規模な生産量を誇った植物工場運営企業の倒産事例としては、2015 年のみらい社が挙げられる。同社は、2004 年に大学発のベンチャー企業として、植物工場・水耕栽培装置の研究開発及び植物工場でのレタスの生産・販売を目的に設立され、日産 1 万株の大規模な完全人工光型植物工場を運営していた。業容拡大を見越し、生産規模を急速に拡大したものの、コストに見合う価格での販売先を十分確保できなかった。結果、売上高が当初想定を下回り、資金繰りが悪化し倒産に至っている。このように、植物工場は拡大を続ける一方で、多くの事業者がコスト、技術、ビジネスモデル等の課題を抱えているのが現状である。

【図表 7】植物工場の課題

生産面	・品質・生産の安定化 ・生産可能な品目が限定的
コスト面	・初期コスト大 ・ランニングコスト大(エネルギーコスト、人件費等)
販売面	・工場野菜への消費者の認知(ブランド力) ・自社販路の欠如、取引先開拓 ・プロダクトアウト型アプローチ
組織面	・経営、栽培管理を担う人材育成

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

【図表 8】植物工場の経営状況(2016 年)



(出所)日本施設園芸協会「大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例調査」より
みずほ銀行産業調査部作成

(2)先進的な植物工場 ～米国と日本の事例～

最新テクノロジーを活用して収益性向上に取り組んでいる植物工場が世界で現れつつある

収益性に問題がある植物工場が多い一方で、従来型の植物工場と異なり、最新テクノロジーを活用して収益性向上に取り組んでいる事例が世界で現れつつある。それらの先進的な植物工場では、IoT を通じて得られた生育状況等のビッグデータを分析・活用しており、その際、AI を用いて、育成環境を最適化することで、生産性の飛躍的な向上とともに、栄養価等の品質向上、コントロールも可能としている。また、ロボティクスの活用により、生産活動の自動化を推進することでコスト競争力も高めている。本節では、代表的な事例として、米国の AeroFarms 社、Plenty 社、日本のスプレッド社について取り上げる。

①米国の事例

AeroFarms 社は IoT を活用し露地栽培比で単位面積当たり 130 倍の生産性を実現

AeroFarms 社は、2004 年設立のベンチャー企業で、屋内施設にプランターを高さ 30 フィート（約 9 メートル）以上積み上げ（水平多段式）、葉物野菜を栽培している（【図表 9】）。空間の有効活用に加え、テクノロジーを活用することで、露地栽培比で単位面積当たり 130 倍の生産性を実現している。具体的には、IoT・ビッグデータを活用し、遠隔監視の下、生産データを収集、解析することで、生育予測の精度を向上させている。また、データに基づいて、LED 照明の波長等を最適化させる高度な技術を活用することで、生育を早めるとともに、大きさ、形状、食味、栄養価等もコントロールしている。その他、通常の植物工場の水耕栽培と異なり、養分や酸素を含んだミストを野菜の根に直接噴きかけることで、水の使用量を露地栽培比で 95%削減する等の特徴を有している。

Plenty 社も IoT やデータ解析により露地栽培比で単位面積当たり最大 350 倍の生産性を実現

Plenty 社は、2014 年設立のベンチャー企業で、Vertical 方式（垂直式）と呼ばれる栽培方式を採用している（【図表 10】）。垂直式の特長は、柱状の装置を使用し、野菜が水平方向に出る形で縦に生産し、横から LED 照明を当て、より密度の高い野菜の栽培が可能になる点である。また、空気が上下に移動しやすくなることで熱がこもりにくくなる（熱負荷の解消）といったメリットも有している。生産性について栽培方式の違いによる単純比較は難しいものの、Plenty 社によれば、センサー技術を活用した IoT やデータ解析により、LED 光源の波長・照射度合い、空調（温度・湿度）・液肥等を全て自動で最適にコントロールすることで、生産している葉物野菜は露地栽培比で単位面積当たり最大 350 倍もの生産性を実現すると発表している。なお、同社は、現在、消費者やレストラン向けに栽培した野菜を試食用に提供し評価を受ける等、2017 年内の販売に向けた取り組みを進めている。

【図表 9】AeroFarms 社の植物工場

（出所）AeroFarms 社

【図表 10】Plenty 社の植物工場

（出所）Plenty 社

米国での植物工場野菜は、テクノロジーの先進性に加え、地産地消を強みに拡大

上記のように、米国では植物工場へのテクノロジーの活用が高まりつつある。一般的に、米国の農産物は、カリフォルニア州等の農場から、数千キロ離れた東海岸の大消費地に届けられる。このような中、生産地域を選ばない植物工場野菜は、地産地消による新鮮さや、物流コスト削減が可能になる点等の強みを活かしやすい環境にある。その結果、米国では先進的な植物工場ビジネスが拡大し、ベンチャー企業の参入が相次いでおり、先進的な植物工場に対する投資も活発化している。

②日本の事例

日本においても植物工場での最新テクノロジーの導入が進展しつつある。

1 工場あたり世界最大級の生産を誇るスプレッド社

スプレッド社は、人工光によるレタス栽培を手がけ、独自の栽培技術や生産管理技術を確立した植物工場運営企業である。1 工場あたり世界最大級の生産量（日産 2.1 万株）を誇り、既に黒字化を達成している。

同社は新工場で最新のテクノロジーを駆使しランニングコストを大幅に削減

同社は最新のテクノロジーを導入した新工場を2018 年に稼働させ、価格競争力を高める方針である（【図表 11】）。具体的には、新工場において、IoT により栽培工程のデータを収集の上、AI で比較すべき過去の蓄積データを抽出し、温度・湿度・光量等、植物工場内の環境について最適化へと導くことで、生産性の向上が期待できる。また、植物工場での野菜栽培に特化した LED 照明や循環型ろ過システムも導入予定である。更に、ロボットアームやプログラミングされたクレーン等を活用することで、既存工場では手作業で対応していた育苗から収穫までの工程の自動化が可能になる（【図表 12】）。こうしたテクノロジーを活用することで、既存工場対比、ランニングコストを 30%削減するとともに、日産 3 万株と大規模な生産を可能とし、価格競争力を高める計画である。

テクノロジーを活用し、将来的に生産規模の拡大も展望

同社は、グループ内で物流、販売促進機能を有する等、生産規模、テクノロジーに加え、販売力に強みを持っている。商品コンセプトの設計から、パッケージングデザイン、店舗での売り場作りまでを自社内でプロデュースする等、市場ニーズを捉えたマーケットイン型のアプローチを展開している。また、将来的に、フランチャイズやパートナーシップ等を活用し、国内 20 拠点による日産 50 万株の生産体制の構築や海外進出についても計画している。AI のディープラーニングにより、各拠点から集約されるビッグデータの分析精度を向上させ、栽培に必要なノウハウを他の植物工場と共有し、瞬時に再現することで、規模の拡大を通じた生産性の向上も目指している。

【図表 11】スプレッド社の新工場イメージ

【図表 12】スプレッド社の自動化栽培イメージ（新工場）

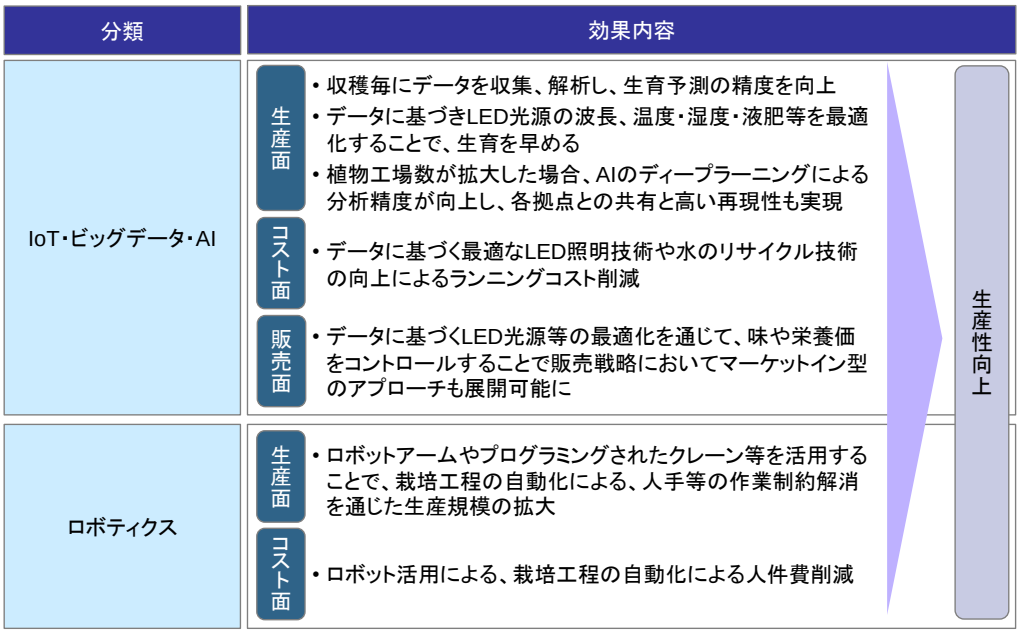
（出所）【図表 11、12】とも、スプレッド社
（注）【図表 12】はロボットにより一定程度育った苗を生育に向けて移植する工程

（3）先進的な植物工場におけるテクノロジー活用

植物工場にテクノロジーを活用することで、①生産面、②コスト面、③販売面に大きな効果

以上のように、テクノロジーを活用した先進的な植物工場の事例として、米国、日本の 3 社をみてきたが、①生産面、②コスト面、③販売面で大きな効果をもたらしている（【図表 13】）。①生産面については、IoT・ビッグデータ・AI を活用し、生産データを収集、解析することで生育予測の精度を高めるとともに、データに基づいて LED 照明や空調、養分等の植物工場内の環境を最適化することで、生育を早め生産性を向上させている。②コスト面では、テクノロジーの導入は初期コストが嵩む傾向にあるものの、データに基づく最適な LED 照明技術や水のリサイクル技術等、アナログのテクノロジーをデジタルと組み合わせることによるランニングコスト削減や、ロボティクスの活用による人件費削減を図り、競争力を高めている。③販売面では、食味や栄養価等のコントロールが可能になるため、販売戦略においてマーケットイン型のアプローチが展開できるようになりつつある。

【図表 13】先進的な植物工場におけるテクノロジー活用



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

3. 日本における AgriTech の課題と今後の戦略

AgriTech 活用・普及に向けて課題は多く存在し、営農者を含めた官民一体での取り組みが必要

先進的な植物工場の事例を題材に AgriTech の活用についてみてきたものの、露地栽培を含めた全国レベルでの活用・普及に向けては、①データの蓄積や利用基盤の構築、②テクノロジーに精通した人材の確保・育成、③導入コスト、④導入体制整備（ルール整備、技能習得）等、多くの課題が残存する。政府は、2013 年より「スマート農業の実現に向けた研究会」を立ち上げ、情報技術やロボット技術等を農業に応用するための取り組みを進めてきた。また、「未来投資戦略 2017」では、テクノロジーについて研究開発と現場での実証を推進し、ロボット新戦略の実行・進化、多様なデータに基づく農業への転換を目指す等、AgriTech 普及に向けて取組強化の方針を示している。但し、AgriTech の活用・普及に向けては、営農者を含めた官民一体での取り組みの加速が急務である。以下、AgriTech の課題、日本企業（含む営農者）に求められる戦略、政府に期待される役割について整理する。

(1)IoT・ビッグデータ・AI の活用

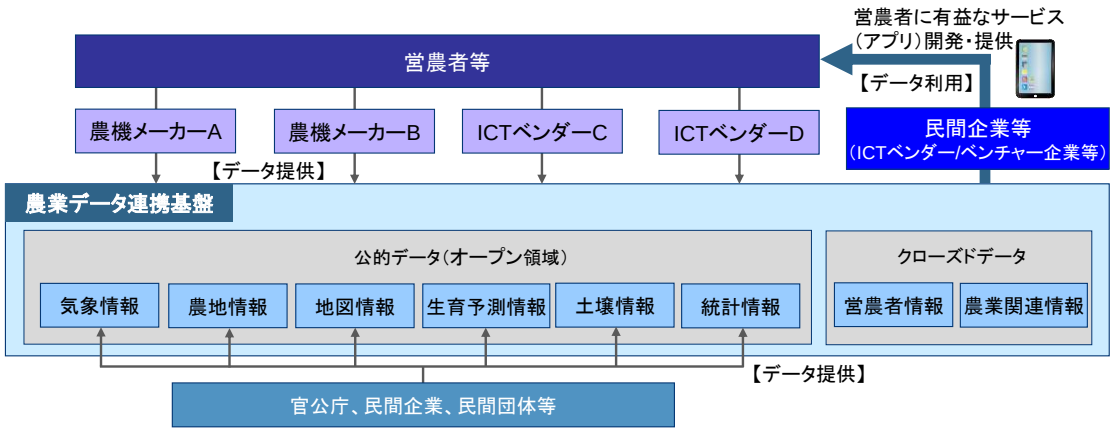
データ利活用、ビッグデータ形成に加え、AI 人材の確保・育成も課題

IoT・ビッグデータ・AI の分野では、データの収集や利活用が一部の営農者に限られ、営農者間でのデータ共有もなされておらず、データベース構築に向けた連携体制について整備されていないことが課題として挙げられる。加えて、行政や研究機関等が有する公的なデータ(気象データ、市況情報、生育データ等)もフォーマットの統一化や共有化がなされておらず、十分に活用ができていない状況にある。更に、農業分野で AI を扱える人材が絶対的に不足しており、農業現場から得られるデータを AI に統合可能な人材の確保・育成も課題として挙げられる。

「農業データ連携基盤」等によるデータの利活用促進、が期待される

データの利活用やビッグデータ形成に向けた基盤整備が求められる中、「未来投資戦略 2017」での議論を踏まえ、営農者がデータを活用し、生産性向上を図るため、データ連携機能やデータ提供機能を有する「農業データ連携基盤」(データプラットフォーム)が 2017 年中に構築される予定である(【図表 14】)。今後、2019 年 3 月末までプロトタイプ版で有効性等を検証し、2019 年 4 月以降に本格稼働が予定されており、それに向けて、データの出し手の権利保護やデータ利活用に際してのルール整備も進められる予定である。また、ICT ベンダーやベンチャー企業等には、気象情報・農地情報・生育予測情報といった多くのデータがオープン化される中、営農者の具体的ニーズを把握し、圃場毎の生産性の分析等に基づく栽培環境の最適化やリスクの兆候管理が可能になるサービスやアプリの開発、提供が求められる。同時に、営農者は、サービスやアプリを能動的に利用し、データに基づく生産環境の最適化等による生産性向上に取り組み、改善点について ICT ベンダー等へのフィードバック等が求められよう。営農者の利用を通じた、データの量的拡大、質的向上、サービス拡充により、更なる普及が期待される。

【図表 14】農業データ連携基盤の構造



(出所)農業データ連携基盤協議会資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

中長期目線で農業現場を踏まえた研究、開発の促進

今後、IoT の普及、ビッグデータの形成が進展すれば、農業分野における AI の活用機会、ニーズも飛躍的に高まることが予想される。一方、他の産業でも AI を扱える人材のニーズが高まる中、農業分野で AI を扱える人材の育成、確保は、中長期的な目線での検討が必要であろう。このような状況下、政府、大学、民間企業、営農者が連携し、AI 専門家と農業現場の具体的ニーズをマッチングさせる機会や実証研究の機会を増やす等、農業と AI の融合に向けた研究、開発が促進される仕組み作りが必要になろう。

(2)ロボティクスの活用

ロボティクスは導入に際し、安全性確保や導入コストが課題

ロボティクスの分野では、農機の GPS 自動走行システム等の導入による自動走行、夜間走行、複数走行等の実現が期待される。実現に向けては、安全性の確保が前提となることから、農機の自動化技術の向上が求められよう。また、利用者である営農者は年齢等も区々で、機械に対するリテラシーも異なることから、操作技術の習得、向上も全国レベルで必要になり、安全性の確保に向けた体制の整備が重要となる。加えて、営農者が新たに高機能な農機を導入する場合、コストの面から普及が進展しない可能性も懸念される。

安全性ガイドラインの実効性確保に加え、導入コスト軽減に向けた仕組み作りが求められる

農機の自動走行の実用化に向け、政府は 2017 年 3 月に「安全性確保ガイドライン」を策定している。今後は、農機メーカー、営農者等の関係者への啓発を進め、実効性確保に向け、実証を含めた課題整理、解決を進めていく必要がある。また、開発・製造側の農機メーカーは、利用者側である営農者の普及に繋がるような価格を設定し、開発を進めるとともに、導入コストに対する効果を営農者の目線で示す戦略が求められる。また、シェアリングの体制を整備し、保有者の貸し出しによる手数料収受を通じた負担軽減、借り手側の保有コスト削減による負担軽減等の取り組みも同時に必要とされよう。導入コストについて、単に営農者のみで負担するのではなく、バリューチェーンの川下に位置する加工・卸・小売業者等とのシェアや、場合によっては加工・卸・小売業者が農機を保有し、営農者に貸し出す等、囲い込みを通じて高品質な農産物の安定調達に繋げる戦略も期待されよう。合わせて、営農者側には、外部資金調達の必要性も高まりつつある中、農業経営の高度化に向けて法人化への取り組み等も求められよう(【図表 15】)。

【図表 15】AgriTech が抱える課題と求められる対応

分類	課題	戦略や政策対応
IoT・ビッグデータ・AI	・営農者に関連したデータ蓄積、相互活用の困難 ・農業分野でAIを活用可能な人材の確保・育成	・官民でのデータプラットフォーム構築。データの出し手の権利保護、データ利活用のルール整備 政府 民間 営農者 ・オープンデータを活用した営農者向けの生産性向上に資するサービス開発、提供。能動的利用による生産性向上 民間 営農者 ・AI専門家と農業現場とのニーズマッチングや実証研究の機会等、農業とAIの融合に向けた研究開発の促進 政府 民間 営農者
ロボティクス	・農機の安全性の確保、向上 ・導入コストの負担軽減 ・営農者の利用体制の構築	・安全性ガイドラインの関係者への啓発、研究開発による技術確立・向上 政府 民間 ・普及に向けた価格設定及び開発、シェアリング体制構築によるコスト負担軽減 民間 ・外部資金調達の必要性も高まりつつある中、農業経営の高度化に向けた法人化 営農者 ・訓練による技能習得体制の構築 政府 営農者

(出所)農林水産省資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

(3)おわりに

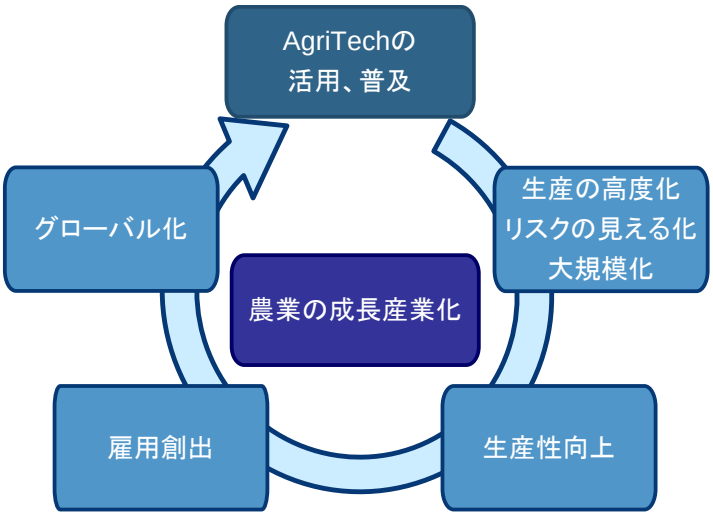
AgriTech の活用・普及により農業の生産性向上、雇用創出、グローバル化が期待される

日本の農業は多くの課題を抱える中、AgriTech はそれらの課題を解決するための有力な手段の一つとして考えられる。今後、AgriTech の活用・普及により、データに基づく最適な栽培環境への自動制御、予測されるリスクに対し事前対策の実現等を通じた生産の高度化、異常の兆候管理等を通じた生産過程におけるリスクの見える化、農業機械の自動走行や夜間走行、自動収穫等による人手不足や高齢化等の制約解消を通じた農業の大規模化等が達成されることで、生産性向上が期待される。また、高品質で信頼される農産物の安定的な生産による持続可能な収益体制の構築等、「儲かる農業」を実現することで、農業に関心を寄せる人材の就農等、新規の雇用創出を促す効果も見込まれる。足下、GAP 取得が輸出の必須条件になりつつある中、データ管理に基づく GAP 取得を通じた輸出促進による農業のグローバル化も期待されよう(【図表 16】)。

AgriTech が農業の成長産業化を実現するためのドライバーに

AgriTech 普及に向けて、営農者を含めた官民が一体となって課題解決に取り組み、AgriTech が農業の成長産業化を実現するための重要なドライバーとして確立されることを期待したい。

【図表 16】AgriTech が日本の農業に対し与える影響



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

みずほ銀行産業調査部
流通・食品チーム 加古 惇也
田中 秀侑
junya.kako@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－15. 建設 －テクノロジーの有効活用による建設業の生産性向上に向けて

【要約】

◆ 建設業では、多数の関係者が様々な専門性を持ち寄り、個別性の強い建築物を生産することから、全体最適への取組が難しく、生産性改善が遅れていたが、深刻化する担い手不足を背景に本格的な取組が開始されている。建設生産システムにテクノロジーを活用し、生産性を高めていくツールは複数あげられるが、最も重要かつ効果的なのはBIM・CIM であると考える。

◆ BIM・CIM とは、3 次元の建物形状情報に属性情報が追加されたもので、直感的な理解がしやすく、様々な建設生産システムのプレイヤーが一同に会して議論することで後工程を踏まえた設計となり、効率的な施工が実現される。また、設計段階で都市環境への影響を含む様々なシミュレーションができるため、導入する社会的意義・効果が大きい。

◆ BIM 先進国である米国では、リーンコンストラクションの実現に向け、Turner 社が BIM を積極的に活用している。IT テクノロジーの発展により、BIM 活用の効果は増大しており、生産性と品質の向上が図られている。今後も益々の深化が期待される。

◆ シンガポールでは、国が BIM 推進のためのロードマップを策定し、効率的な建設生産を実現しているほか、国土全体を BIM 化する「バーチャル・シンガポール」構想を推進している。同データは、行政による良好な都市環境と社会資本維持・管理コスト削減の実現のほか、オープンデータ化することにより、幅広い利活用が期待される。

◆ 日本でも BIM・CIM の活用が普及すれば、建設生産における各プレイヤーの力関係が変わる可能性がある。民間企業には、国を巻き込みつつ、リーンコンストラクションへの理解と BIM の活用、及び異業種連携による生産性と品質の向上に向けた取組を期待したい。また、BIM 先進国の取組を見ると、国をあげた戦略的な推進が BIM・CIM の普及に最も効果的と捉えられる。スピード感を持った包括的な推進が必要であろう。

1. 建設業の特徴を踏まえたテクノロジーの活用とは

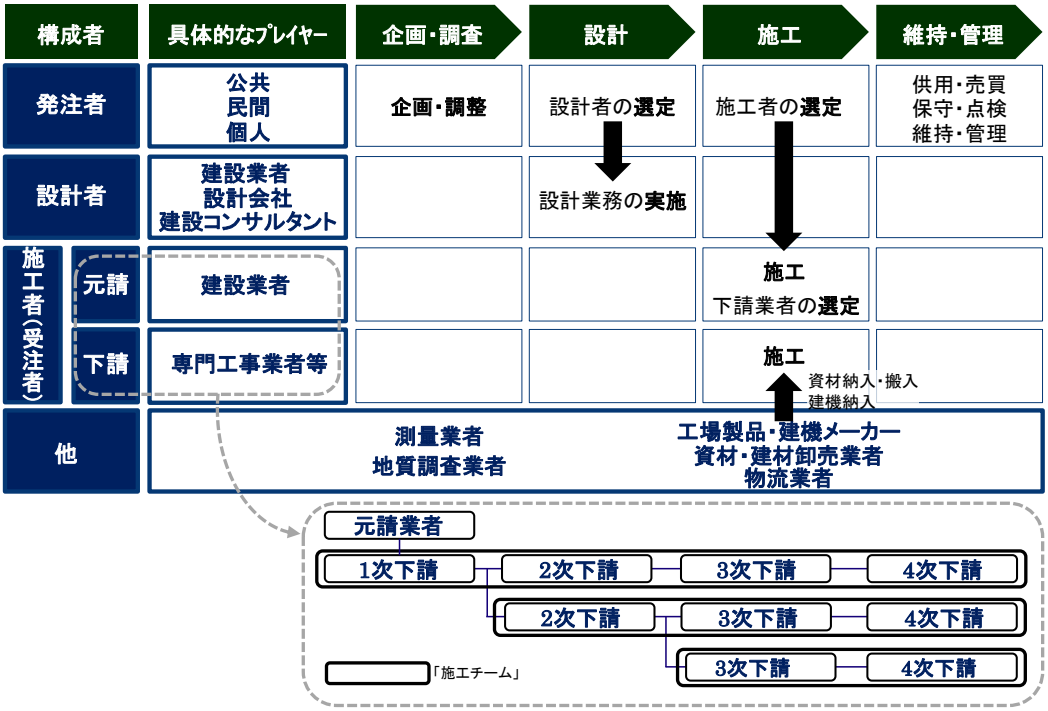
(1)建設業の特徴

多数の関係者が専門性を持ち寄り、個別性の強い構造物を建設

建設業は、国・自治体や民間企業、個人などの多様な発注者が、建設業者に建設プロジェクトを発注し、環境が異なる様々な土地において、オーダーメイドで個別性の強い構造物を建設する産業である。この構造物を建設するプロセス、及び各主体相互の関係性の総体を「建設生産システム」というが、【図表 1】に示すように、建設プロジェクトの工程毎に様々なプレイヤーが参画する。なかでも施工工程では専門的な知識と技術が求められ、業務の繁閑に対応する観点もあり、重層下請構造[1]と呼ばれる元請業者から数次に亘る下請業者が存在し、多数の工程から成り立つ複雑なプロセスを有する。

[1] 元請業者の請け負った工事の一部を下請業者が請け負い(1 次下請け)、それが更に 2 次 3 次と下請化される構造

【図表 1】建設生産システム



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

建設業は全体最適による生産性改善が難しく、取組が遅れている

建設現場は屋外が中心であり、プロセスを進めていく中では、企画・設計時には想定しなかった「手戻り[2]」「手待ち[3]」「追加工事」「工期延長」など、数多くの事象に臨機応変に対応する必要がある。更に、専門工事会社を含めた様々な技能を持った多数の技能労働者が匠の技を積み重ねる労働集約的産業である。これらの理由から、ある工程におけるテクノロジーを活用した生産性改善は他の工程にとっては必ずしも生産性改善とはならず、むしろ低下することがあり、部分最適に留まることも多い。また、建築物、及び労働者に対する「安全・安心」が重要で、単純に効率性ばかりを追求すればよいという訳ではないこともあり、建設業では生産性改善への取組が遅れてきた（【図表 2】）。

【図表 2】建設現場の特性

○ 個別受注・現地屋外生産
・異なる土地で顧客の注文に基づき一品毎に生産。様々な地理的・地形条件のもとで進められる

○ 様々なプレイヤーが参画
・各プレイヤー間の情報量に差があり、調整を要するため、全体最適に向けた取組がしにくい

○ 労働集約型生産
・多種多様な材料・資機材・施工方法と、専門工事会社を含めた多数の様々な技能労働者による生産

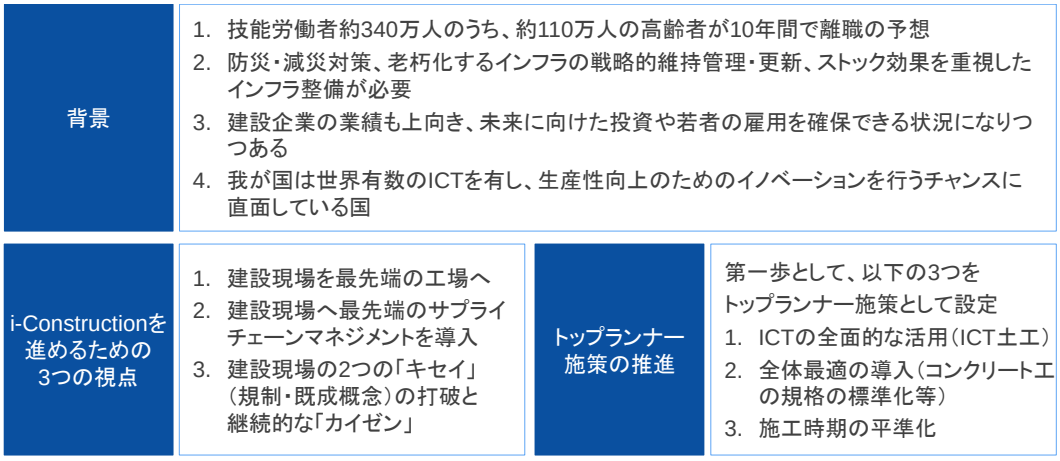
（出所）国土交通省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

[2] ある作業工程の途中で大きな問題が発見され、前の段階に戻ってやり直すこと
[3] 作業者間や工程間のアンバランスが発生し、後工程がスムーズに着手できず、手を空けた状態で待っていること

担い手不足が深刻で生産性向上に向けた議論が本格化

近年は、社会資本などの老朽化に伴う維持更新も含め、中長期的な建設需要が相応に見込まれるなか、担い手不足が深刻な状況となっており、更なる減少も見込まれている。そのため、建設業、ひいては安全で良好な生活環境の維持・確保に関わる日本全体の課題として、建設業の生産性向上が本格的に議論されるに至った。この課題を解決すべく、政府は 2015 年、建設現場に先端技術を導入することにより、建設現場の生産性を向上する取組として「i-Construction」施策を打ち出した。2016 年 4 月にまとめられた報告書「i-Construction ～建設現場の生産性革命～」では、(1)テクノロジーを活用することにより建設現場を最先端の工場にすること、(2)建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入すること、(3)建設現場の 2 つの「キセイ」(規制・既成概念)を打破し、継続的に「カイゼン」に取り組むこと、が掲げられた。またトップランナー施策として、(1)「ICT 土工[4]」など ICT 技術の建設生産システムへの全面的な活用、(2)テクノロジーの活用とあわせた効率的な施工方法の普及による建設生産の全体最適化、(3)発注者の理解を前提とした、施工時期の平準化による生産性向上、に取り組むとしている(【図表 3】)。

【図表 3】i-Construction ～建設現場の生産性革命～



(出所)国土交通省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

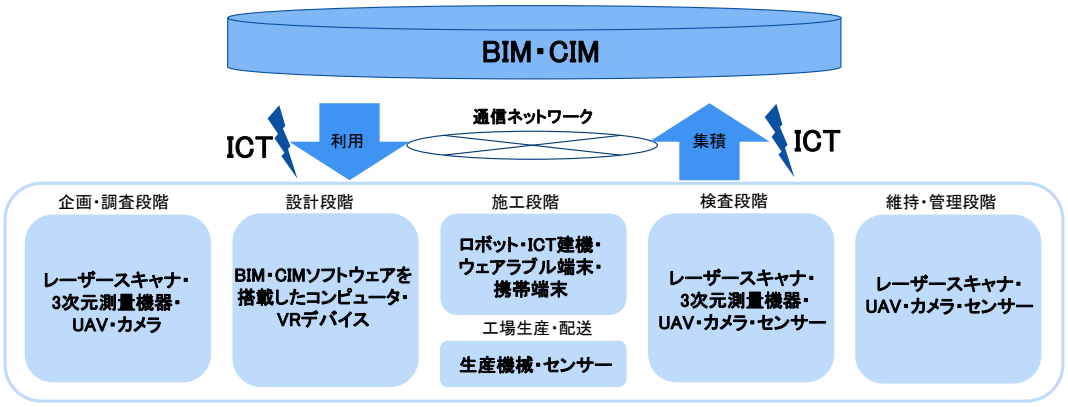
(2)建設業におけるテクノロジーの活用

BIM・CIM が効率的な建設生産システムを実現するベースとなるツール

建設生産システムにテクノロジーを活用し、生産性を高めていくツールとしては、レーザースキャナや UAV[5]、3 次元測量機器、ロボットや ICT 建機、ウェアラブル端末や携帯端末などがあるが、最も重要かつ効果的なツールは BIM (Building Information Modeling)・CIM (Construction Information Modeling)[6] であると考える。建設する構造物の関連情報が一元化された BIM・CIM を各工程のプレイヤーが活用することによって各工程の ICT 機器が繋がり、自動化施工を見据えた効率的な建設生産が可能となる(【図表 4】)。

[4] 土木工事で、土を掘り、運び、盛り固めるなどの基礎的な作業
[5] Unmanned Aerial Vehicle の略。ドローン等のこと
[6] 3 次元 CAD によってコンピューター上に作成された建物形状情報に、コストや仕上げ、プロジェクト管理情報などの属性データを追加した統合データベースのこと。BIM は建築分野、CIM は土木分野で用いられる

【図表 4】建設生産システムにおけるテクノロジーの活用

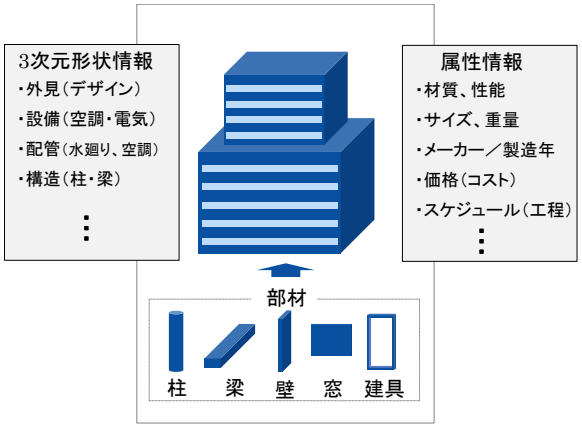


（出所）みずほ銀行産業調査部作成

BIM・CIM は容易に形状を理解することができるほか、フロントローディングにも有用

従来の 2 次元設計では専門的表記やノウハウが多用されていたため、建設に関わる者でなければ図面を理解することが難しかった。しかしながら BIM・CIM では、3 次元で立体的に表現されるため、2 次元設計にかかる専門的な知識がなくとも、誰もが容易に形状を理解することができる（【図表 5】）。また、外見（デザイン）や構造などの形状情報のほか、材質やメーカーや価格などの属性情報も追加されるため、各工程のプレイヤーが同一の BIM・CIM をベースにフロントローディング[7]（【図表 6】）を行うことで、①曖昧さや設計ミスが減少し、②工程毎、図面毎の整合性が確保され、③合意形成が容易になる。

【図表 5】BIM・CIM とは



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

【図表 6】フロントローディング

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

設計の初期段階で様々なシミュレーションができ、効率的な施工が可能となる

設計の初期段階で日照や通風などのシミュレーションができるほか、エネルギー解析や構造分析などもできるため、良好な都市環境の実現はもちろん、自然災害の多い日本では、BIM・CIM を導入する社会的意義は大きい。更に、施工工程のシミュレーションを通じて後工程を見据えた設計とすることで、早期に建設プロジェクトの問題点を発見することができ、工期短縮によるコスト削減などの効率的な施工の実現も期待される（【図表 7】）。

[7] 初期の工程から後工程のプレイヤーも参画し、工程を通じて生じそうな仕様の変更等を事前に集中的に検討することで、品質向上や工期短縮化を図ること

【図表 7】主な BIM・CIM 活用のメリット

BIM・CIM活用のメリット	説明
ビジュアライゼーション（可視化）	計画から設計、施工、維持管理までのプロセスや完成した建物の姿がわかりやすくイメージできる
建物情報の統合・一元化	誰もが同じ情報にいつでもアクセスすることができるため、設計から施工までの各段階を通して設計情報の整合性が維持され、手戻り等のロスを削減できる
設計図書間での整合性担保	平面図・立面図・断面図といった各種図面を機械的に切り出す機能があるため、各図面間で整合性が担保される。また、数量データも含まれるため、積算業務が効率化される
建物内外の干渉チェック	コンピューター上にバーチャルな建物をつくることで、躯体と設備の立体的な干渉チェックが可能となる
コミュニケーションツール	設計者と発注者、施工者などの工事関係者が同じ目線で情報を共有することができ、合意形成が容易になる
フロントローディングによる設計業務の効率化	設計初期段階で、日照、通風、施工スケジュールなどのシミュレーションができるほか、エネルギー解析や構造分析などもでき、早期に問題点の改善を図ることで、設計の質が高まる
施工段階の効率化	設計者や元請会社、専門工事会社等が情報を共有し、施工段階でも連携することで、早期の合意形成を促進し、コスト削減・工期短縮・品質向上を実現する
建築物のライフサイクルコストの削減	施工後も見据えたデータベースを構築し、運営・維持管理にも活用することで、ライフサイクルコストを削減できる

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

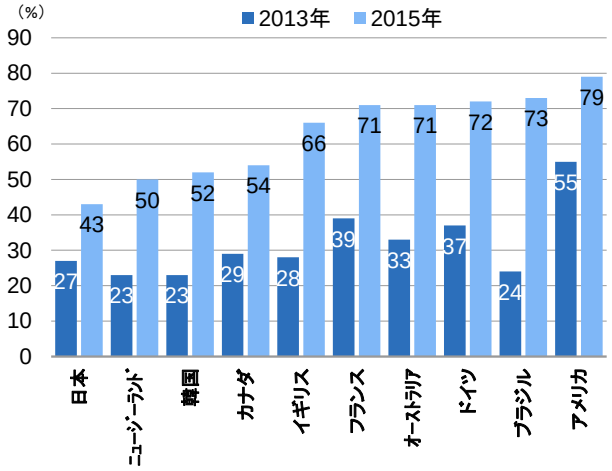
2. 海外で先行する BIM 活用の事例

（1）BIM 先進国の米国で BIM を積極的に活用する Turner Construction Company

北米や欧州、シンガポールなどが BIM 導入先進国といわれる

BIM[8]が世界的に広まったのは 2000 年代後半といわれており、世界的には BIM 発祥の地である北米のほか、欧州やシンガポールなどが先進国とされている。McGraw Hill Construction 社によると、2015 年の時点で「業務の 30%以上で BIM を活用している会社の割合」は、米国で約 8 割、欧州諸国では約 7 割程度と見込まれている（【図表 8】）。

【図表 8】BIM・CIM を業務の 30%以上に活用している建設会社の割合



（出所）McGraw Hill Construction, *Smart Market Report* よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）2015 年は予想値

[8] 海外においては BIM と CIM の区別はなく、土木における設計においても BIM という

欧米ではリーンコンストラクションへの理解・取組が進んでいる

欧米などにおいてBIM導入が進んだ背景には、リーンコンストラクション[9]への理解や研究開発などの進展がある。リーンコンストラクションとは、ジャストインタイム方式[10]と現場の見える化によって生産性向上と品質確保を追求するトヨタ生産方式を建設業に応用しようとする取組で、1990年代より海外の建設業において研究・応用が進められてきた。日本では通常の現場の創意工夫との差異が正しく理解されなかったことで海外よりも取組が遅れた。一方で契約社会である欧米先進国においては、①契約を重視するあまりユーザー品質が高くない構造物が建設されやすいこと、②英語を使えない作業員が多いこと、などから、研究・普及が進んだ。リーンコンストラクション推進にあたっては、「ムダ」をなるべく削減すべく、ジャストインタイム方式のほか、作業の標準化・平準化・自動化を進めるとともに、現場の見える化による問題点の共有と継続的な改善に取り組むことで、生産性と品質の向上を図ることになる(【図表 9】)。米国において早くからリーンコンストラクションに注目し、品質と生産性の高い建設生産を目指している民間企業にTurner Construction Company(以下、Turner社)がある。Turner社はBIMの活用が進んでいる米国において、BIMを積極的に活用して事業展開している。本章では、Turner社のBIMを活用した建設生産の進め方について紹介する。

【図表 9】建設業における主な「ムダ」とリーンコンストラクション

建設業における主な「ムダ」	例示(説明)
作り過ぎ	計画不備による材料・機材・人員の過大投入等
手待ち	各工程間の引継時、及び材料・機械・人員の未着等
運搬	現場内における必要以上の材料運搬、移動及び人員移動
加工	標準化が困難な現場内での作業等
在庫	過剰在庫の可能性、及び在庫品の保管場所、探し手間等
動作	作業に付随する段取り、運搬、移動等
不良・手直し	不良品の手直し、廃棄品等

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

米国最大のBIM活用企業であるTurner社はBIM活用によるリーンコンストラクションを推進

Turner社はニューヨークに本拠を置く建設会社であり、2015年にはBIM活用による建設売上で68.2億ドルを計上し、米国最大のBIM活用企業となった。同社は、BIMを「建設生産プロセスの考え方を変え、顧客にとって大きなコスト・スケジュールの節約もたらす“Game-Changing Technology”」と捉え、リーンコンストラクションの実現に向けて積極的に活用を推進している(【図表 10】)。BIMの教育プログラムにも力を入れており、地域拠点やプロジェクト単位での研修を行うほか、BIM習得のトレーニングコースなども設置している(【図表 11】)。

[9] 生産性向上と品質確保を追求するトヨタ生産方式(リーン生産方式)を建設にあてはめたもの。材料・時間・労力の無駄を最小にし、最大限の価値を生み出すことで、全体最適を目指そうとするもの
[10] 生産時の無駄を排除することによって必要なときに必要なものを必要なだけ生産する方式

【図表 10】Turner 社の BIM 活用の位置づけ

（出所）Turner 社ホームページよりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 11】教育プログラム

・研修プログラムを通じて、250以上の地域拠点とプロジェクトレベルのBIMマネージャー、エンジニア、およびコーディネーターをサポート
・2010年、大学を卒業した専門スタッフのための8週間の集中トレーニングコースである「BIM University」プログラム開始、その後、コスト計算や現場監督などの上級スタッフのトレーニングを組み込み

（出所）Turner 社 2015 年 3 月 15 日付プレスリリースより
みずほ銀行産業調査部作成

設計の初期段階から関係者間で活用

リーンコンストラクションへの取組は、BIM をはじめとする様々な IT テクノロジーの発展により更にその効果を増大している。Turner 社は、設計の早い段階から、発注者、設計者、及び下請業者などの関連事業者と BIM データを共有し、3 次元での干渉[11]確認や、コストの見積もり、施工のスケジューリング、施工性のレビュー、物流計画などへ活用している（【図表 12】）。関係者が共同でリスク領域を特定し、リスク管理に役立てているほか、後工程のプレイヤーともコンカレントエンジニアリング[12]を実施し、問題を事前に把握のうえ対処している。

建設現場では現場を見える化

建設現場では、レーザースキャナやドローン、自走式ロボットカメラを使った施工状況の点群データを、3 次元データ上に重ね合わせ、施工の進捗状況を視覚的に把握し、ミスや遅れを早期に発見している。また、現場の資材や作業員のヘルメットに装備した RFID[13]等を各所で読み取り、資材や人の流れを 3 次元モデル上で即時に追跡・視覚化することで、資材供給における問題の特定のほか、施工スケジュール調整や安全性の強化に役立てている。

プレハブ化やサプライチェーンマネジメントに有用

正確な設計情報を早期に取得できるため、より多様なプレハブ[14]化が可能となり、安全性と品質を向上しつつ、少ない労力で迅速な施工が実現されている。更に資材や設備機器に関する状況を、製造から設置まで RFID 等によって捕捉することで、BIM 上で即時に状況が把握できるため、サプライチェーンマネジメントの向上に役立つ。

建物完成後は BM・FM の向上に役立つ

完成後は、BIM の 3 次元データとリンクした、関連製品・設備機器の情報デジタルライブラリを発注者に提供している。発注者などが維持管理を行う際には、デジタルライブラリに含まれる保守マニュアル、保証及び検査情報などが、BM[15]・FM[16]の向上に役立つ。

[11] 意匠（建物全体の形態や間取りなどのデザイン）・構造（梁や柱等）・設備（給水、排水、給湯、ガス、電気、空調などの設備関係の配管、配線）などを 3 次元で統合した際に、重なり合ってしまっている状態のこと。BIM・CIM では 2 次元設計に比べて把握が容易である

[12] 設計技術者から製造技術者までのすべての部門の人材が集まり、諸問題を討議しながら協調して同時に作業にあたる生産方式。ある段階が終わってから次の段階に移るのではなく、終盤にかけて次の段階をオーバーラップしながら生産を進めていく

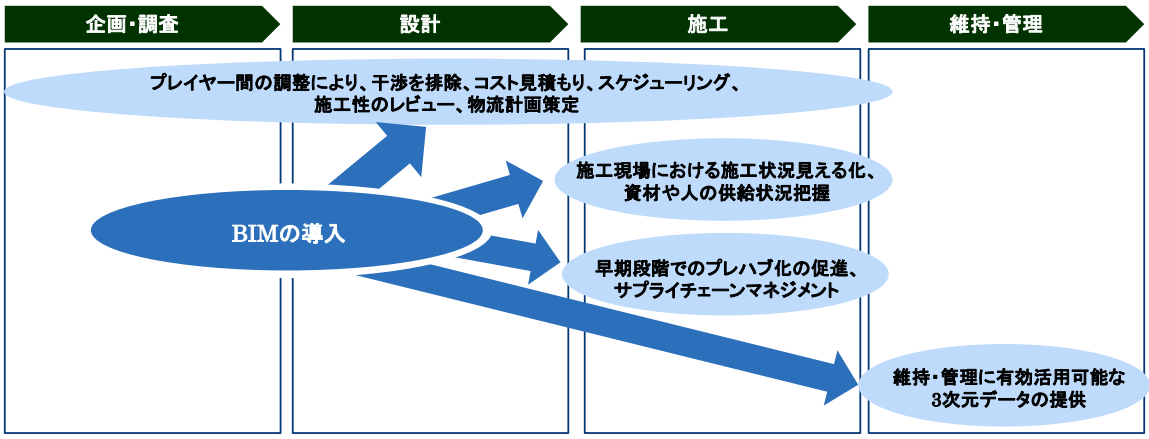
[13] Radio Frequency Identification の略。誘導電磁界又は電波によって、非接触で半導体メモリのデータを読み出し、書き込みのための近距離通信を行うものの総称

[14] プレハブ工法（prefabrication）の略。建築物の一部又は全ての部材をあらかじめ工場で製作し、建築現場で建物として組み立てる建築工法のこと

[15] Building Management の略。日常清掃、設備の管理・点検、巡回見回り、保守管理、警備業務、防災消防管理、植栽管理、美観管理など、主にモノ（物件、付帯設備など）を対象にしたハードの管理のこと

[16] Facility Management の略。企業・団体等が保有又は使用する全施設資産及びそれらの利用環境を経営戦略的視点から総合的かつ統括的に企画、管理、活用する経営活動のこと

【図表 12】BIM の建設生産プロセスの全工程における活用

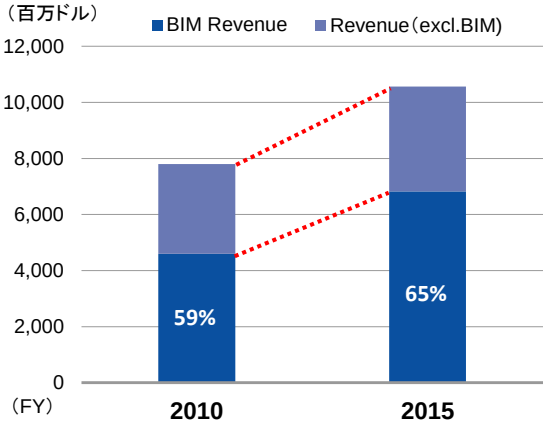


（出所）Turner 社ホームページよりみずほ銀行産業調査部作成

IT ツールの発展により BIM 活用によるリーンコンストラクションは益々深化すると思われる

このように Turner 社は、BIM 教育プログラムの提供を通じ、リーンコンストラクションへの理解がある親密業者等と常時良好な関係を築きつつ、BIM 活用によりプロジェクト初期段階から発注者・設計者・下請け業者などとプロジェクト情報を共有し、効率的な施工に取り組んでいる。維持管理も見据えたリーンコンストラクションは、ライフサイクルコストや品質面からも競争力があり、発注者の理解・支持も進んでおり、着実に売上を伸ばしている（【図表 13】）。今後も IT ツールの発展に伴い、リーンコンストラクションの益々の深化が期待される。

【図表 13】Turner 社の売上推移



（出所）Building Design & Construction, *Giants Report* より
みずほ銀行産業調査部作成

（2）BIM 化に国を挙げて取り組むシンガポール

BIM 導入には政府による強力な推進が効果的

BIM 導入先進国において BIM の活用が普及したもう一つの背景に、政府による強力な推進があげられる。BIM 導入先進国では政府が BIM の活用を生産性向上のための主要施策として捉え、戦略的に推進している。米国では政府発注事業の一部で BIM の活用が条件となっているほか、英国でも 2016 年より政府発注事業で BIM の導入が義務化された。シンガポールでは、BCA[17]が早期に BIM 推進のためのロードマップを策定し、①建築確認申請における BIM 活用の義務化（2013 年以降段階的に）、②好事例の横展開（表彰制度）、

[17] Building and Construction Authority（建築建設局）の略

③利活用ガイドラインの整備、④BCA Academy[18]における BIM 研修などの人材育成支援、⑤BIM Fund[19]による BIM 活用にかかる各種費用補助などの資金的援助など、各種サポート制度の構築が進められている。

国全体を 3 次元モデル化する「バーチャル・シンガポール」構想

シンガポールでは、建設の担い手を周辺国他の労働力に頼っており、誰もが理解しやすい 3 次元データでプロジェクトを進めていくことは効率的な建設生産、及び社会資本や構造物の品質を高めるうえでも有効かつ重要である。更に都市国家であり、都市政策に機動力があるシンガポールでは、新規開発における BIM 活用推進（義務化）のほか、国土の地形データ上に個別の BIM データを統合し、国土全体を 3 次元データ化することを推進している（【図表 14】）。建物や土木インフラなどの形状情報に様々な属性情報をリンクさせ、3 次元データベース（「バーチャル・シンガポール」）を構築し、プラットフォーム化しようとする取組である。

インフラやエネルギー管理及び都市問題の多面的なシミュレーションや分析に活用できる

同データにあらゆるシステムやソフトウェアを繋ぎ、公的機関やリアルタイムセンサーなどで国中から集められた情報を統合することで、インフラやエネルギー管理などに活用することが計画されている。また、都市・国家が抱える問題が複雑化するなか、同データは多面的なシミュレーションや分析を行うことができるため、交通や環境、住宅、衛生など縦割りになりがちな行政において、効率的・効果的な取組を可能とする（【図表 15】）。例えば、従来は実地テスト等でしかわからなかった社会課題や社会資本の現状把握、及び将来予想などがバーチャル空間上で予めできるため、社会資本の維持・管理コストを削減するのにも役立つであろう。

オープンデータ化による幅広い活用を展望

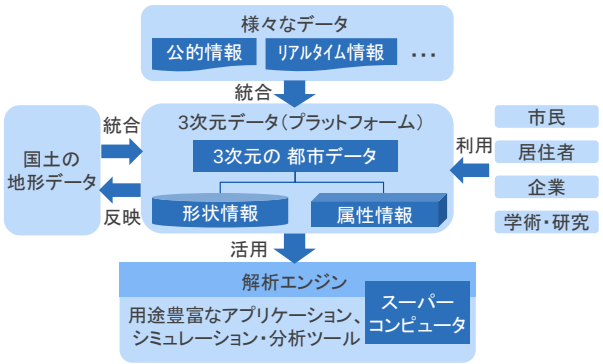
「バーチャル・シンガポール」は、このような政府による利活用のほか、市民や居住者、企業、学術・研究へのオープンデータ化が展望されている。一方でプライバシーの保護やセキュリティの確保が課題となっており、同時に対策を検討していくことが必要である。同データは 2018 年にも一旦完成する見込となっているが、継続的にメンテナンスをしつつ、更なる幅広い有効活用方法について検討していくことが求められる。

【図表 14】「バーチャル・シンガポール」の取組

概要	国土全体の3Dモデル上にシンガポールの情報を集約したプラットフォームであり、実際のシンガポールの静的・動的リアルタイムの動きを3次元データ上で再現したデジタル・ツイン
開発主体	シンガポール国立研究財団（NRF）・シンガポール土地管理局（SLA）・情報通信開発庁（IDA）
完成時期	2018年
予算	7,300万シンガポールドル（約60億円）
想定ユーザ	政府、市民や居住者、企業、民間、学術・研究
用途	構想やサービスの試験、計画立案、意思決定、シンガポールの課題解決のための技術開発 想定される具体的活用場面 インフラやエネルギーの管理、風量、日陰の投影、街中の騒音などシミュレーションや分析

（出所）各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 15】「バーチャル・シンガポール」の概念図



（出所）各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

[18] BCA が設置する建設専門の教育機関
[19] BCA が提供する BIM 活用企業向けの包括的な補助金制度。研修、コンサル、ハードウェア等にかかる資金を補助

3. 日本における課題と民間企業・政府に求められる戦略

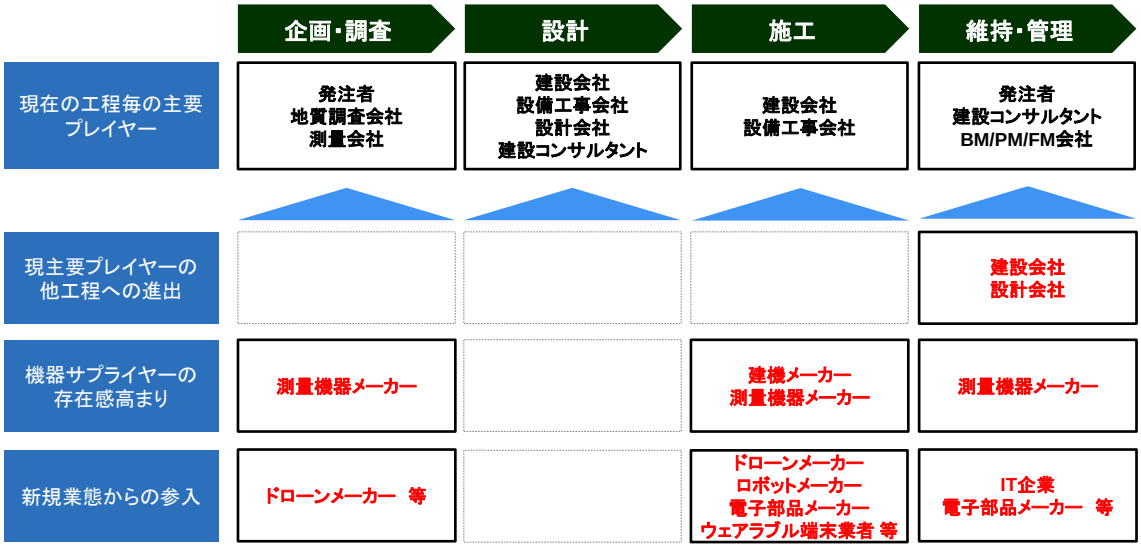
日本では BIM・CIM の本格的な活用には至っていない

政府は「i-Construction」を打ち出し、トップランナー施策を推進しているが、土工以外の構造物を伴う土木や建築分野においては、未だ BIM・CIM ともに基礎的なガイドラインの整備にとどまっており、具体的な推進計画は存在しない。民間も、一部の大手ゼネコンや建築設計事務所、建設コンサルタントなどが独自に取り組んでいるが、業界全体としては本格的な活用に至っていない。

建設生産システムが変われば、各プレイヤーの力関係が変わる可能性がある

日本でも BIM・CIM の活用が普及すれば、Turner 社が推進するリーンコンストラクションのように、建設生産システムの見える化と情報共有を通じて、多くのムダの削減と品質の向上を実現することができるだろう。これに伴い建設生産システムが変わり、建設生産における各プレイヤーの力関係が変わる可能性もある。上流工程で後工程も含めた BIM・CIM が構築され、同データに基づいて後工程が展開されていくため、BIM・CIM 構築に深く携わった建設会社・設計会社などの建設関連プレイヤーが、維持管理も含めて、より有利に事業展開を進めていくという動きも起こりうる。また、BIM・CIM を活用した建設生産では、建設機械や測量機器などの役割期待が高まるため、機械のサプライヤーの存在感が増してくることも考えられる。ドローンやロボット、センサー、ウェアラブル端末などのデバイスメーカーや、クラウドサービス、ビックデータ、VR、AI などを扱う IT 企業の建設生産への参入も進むと考えられ、幅広く新たなビジネスチャンスの創出が期待される（【図表 16】）。

【図表 16】BIM・CIM の普及によって考えられる建設生産システムの担い手の変化



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

異業種との協業や共同開発に積極的に取り組むべき

そのため、大手ゼネコンでさえも、新しい事業者と競合せざるを得なくなる可能性が考えられる。大手ゼネコンをはじめとする既存の建設関連プレイヤー各社には、建設現場の実情、経験知の積み重ねや細かなノウハウなど、建設生産に関する知見をより多く有している今こそ、新規プレイヤーとの差別化要素となり得る技術力の創出・育成に向け、これまで以上に異業種との協業や共同開発に積極的に取り組んでいく必要があるのではないだろうか。

リーンコンストラクションに対する理解を深めることが重要

また、本章で紹介した事例を踏まえると、まずは民間企業においても、BIM・CIM がもたらすリーンコンストラクションの普及が建設生産システム全体に与えるメリット・効果について理解を深めるべきである。BIM・CIM を活用したリーンコンストラクションは、担い手不足という業界全体の大きな課題解決にも大きく貢献しうる。とりわけ近年は、建設生産システムの各プロセスにおいて、生産性を飛躍的に改善しうるツールや様々なシミュレーションを可能とするアプリケーションなどが活発に開発されており、BIM・CIM を起点として活用できる分野も年々拡大している。例えば BIM・CIM ソフトウェアを開発する事業者による直感的な操作が可能な商品の開発などは BIM・CIM の普及に特に有効であろう。また、企業内における「BIM 活用推進室」や「BIM 教育推進室」などの設置、業界団体での「推進 PT」立ち上げなど、発注者を含めた建設に携わる者全員が、BIM・CIM に対するリテラシーを高め、導入にかかる労力や金銭的負担を徐々に軽減させる方策を模索していくことも必要である。

政府による戦略的な推進プランの策定と徹底したサポートが有効

世界的な BIM 先進国の状況を見れば、国をあげた戦略的な推進が BIM・CIM の普及に最も効果的と捉えられるが、日本では政府の推進が十分ではないこともあり、世界でも遅れをとっている状況である。これを踏まえ、まずは BIM・CIM を戦略的に推進するため、国をあげて現実的な推進プランの策定を急ぐ必要があろう。すなわち、ヒト（人材教育）、モノ（標準化などの基準類の整備）、カネ（導入をサポートする補助金）、情報（導入効果の露出）などへの対応に、包括的にスピードをあげて取り組んでいくべきである。先に示した「バーチャル・シンガポール」のような発展形としての構想も見据え、例えば BIM・CIM による建築確認申請を義務化するなどの施策も有効であると思われる。また、社会資本の老朽化対策としても、都市・国家の 3 次元データ化に向け、BIM・CIM を積極的に活用することが有効である。

特に大手ゼネコン各社には、テクノロジーを活用した建設生産の牽引を期待したい

特に建設生産システムにおける存在感と影響力が大きく、これからも建設業界の将来を牽引していくことが期待される大手ゼネコン各社には、国も巻き込み、率先した取組を期待したい。BIM・CIMを積極的に活用し、普及を牽引することは、自社の生産性を高めるとともに、将来的なグローバル企業としての成長を見据えた競争力を高めることにもつながる。そのため、ハード・ソフト面の環境整備、社内外における教育・普及活動など、推進体制を早期に構築する必要があろう。

産官学（+労）が一体となった取組が求められる

このように、民間企業や政府のそれぞれが先進的な考え方や技術を取り入れ、普及のための方策を講じていく必要がある（【図表 17】）。建設生産は複数分野のプロフェッショナルが知恵やノウハウを出し合って進める複雑な構造から成り立っているが故に、特定のプレイヤーだけの取組では、建設生産システム全体の効率性を改善することは難しい。既存のプレイヤーも含めて建設生産に対する IT リテラシーを高めるべく、産官学（＋労）が一体となり、なかでも建設生産システムにおける影響力が大きい国や大手プレイヤーが主導することで、建設生産システム全体の効率性が向上するよう、積極的な取組が求められる。

【図表 17】民間と政府に求められる取組・課題（まとめ）

民間		政府	
啓発	■ BIM・CIMにはじまるリーンコンストラクションへの理解と推進	プラン策定	■ BIM・CIMを戦略的に推進するための現実的かつ包括的な推進プラン策定 — （ヒト）BIM・CIM人材の教育と育成 — （モノ）標準化などの基準類整備 — （カネ）導入をサポートする補助金 — （情報）導入効果の共有・横展開
開発	■ 技術力の創出・育成に向けた異業種との協業や共同開発 ■ BIM・CIMソフトウェア事業者による使いやすい商品の開発	推進	■ BIM・CIMによる建築確認申請の義務化など
導入	■ 生産性を飛躍的に改善しうるITツールや、様々なシミュレーションを可能とするアプリケーションの活用 ■ 導入にかかる労力や金銭的負担を徐々に軽減させる方策の模索	発展的活用	■ 都市・国家の3次元データ化による社会資本の老朽化対策などへの活用
普及	■ 国を巻き込んだBIM・CIM活用普及への取組		

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

みずほ銀行産業調査部
公共・社会インフラ室　藤井　洋平
大塚　尚徳
youhei.fujii@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－16. 不動産

－既存住宅流通におけるテクノロジーの有効活用 ～米国の事例からの考察～

【要約】

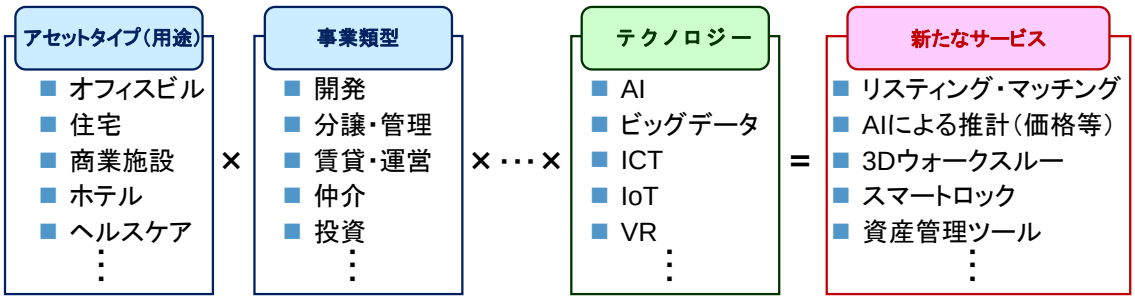
- これまで保守的で閉鎖的といわれてきた不動産業界にもテクノロジーを活用していこうとする流れが出てきた。日本でも徐々に事業化が進んでおり、特に住宅をはじめとする不動産仲介分野での導入が目立つ。
- 既存住宅流通市場が活発な米国では、2017 年 7 月に IPO を実現した Redfin が、不動産仲介事業者でありながら、ビッグデータ・AI 等を活用したユーザーフレンドリーな不動産情報ポータルを運営し、確実にユーザーの支持を得ている。
- 日米の不動産仲介市場の構造を比較すると、米国で Redfin のようなテクノロジーベンチャーが成長している重要な背景（要因）のひとつとして、不動産情報の充実度とその在り方があげられる。厳格なルールのもと、既存住宅売買に関する多様な不動産関連情報が MLS と呼ばれる地域の物件情報管理会社に一元化され、一方で MLS が不動産取引を管理しているという構造である。
- 日本でも、年々増加する住宅ストックを有効活用していこうとする流れから近年、建物評価や瑕疵担保保険など、既存住宅流通市場の活性化に向けた取組が推進されている。米国の不動産仲介におけるテクノロジーの活用が既存住宅流通市場を一層活性化させている可能性に鑑み、不動産情報の充実と集約といったこれまでの取組と併せて、テクノロジーとの親和性が高い市場の構築に取り組んでいくべきと考える。

1. 不動産業界におけるテクノロジーの活用状況

不動産業界にもテクノロジーを活用していこうとする流れが出てきた

これまで保守的で閉鎖的といわれてきた不動産業界においても近年、世界的にテクノロジーを活用していこうとする流れが出てきた。世界最大の不動産見本市である MIPIM においても、「START UP COMPETITION」のなかで、欧・米・アジア各エリアのテクノロジーベンチャーが集い、不動産事業のビジネスコンテストが行われている。「不動産」事業は、オフィスビル、住宅や商業施設などのアセットタイプ（用途）があるほか、開発、分譲・管理、賃貸・運営など事業領域も幅広く、「テクノロジー」の活用には様々なアプローチが考えられる。現在世界で展開されているテクノロジーを活用したサービスについては、リスティングやマッチング、AI による価格推計などの事業（取引）支援から、スマートロックや資産管理ツールといった業務効率化など、多岐にわたっている（【図表 1】）。日本の不動産業界においても徐々にテクノロジーの活用が進んでおり、特に住宅をはじめとする不動産仲介分野での導入が活発化しつつあるが、いずれも既存業務をサポート・効率化するものが中心である（【図表 2】）。一方で新たなビジネスアイデアについては、世界的にもベンチャー企業による事業展開が中心となっており、生まれては淘汰されることを繰り返している。このように、「不動産×テクノロジー」から生まれるサービス・事業はインターネットを介するものや VR などを中心に様々なアイデアが登場しつつある。

【図表 1】不動産業界におけるテクノロジーの活用



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

【図表 2】日本の不動産業界におけるテクノロジーの活用事例

不動産関連企業	テクノロジーの活用に向けた主な取組
野村不動産	不動産情報サイト「ノムコム」において、3Dウォークスルー動画やレコメンド物件メール配信サービスを導入
東急リバブル	不動産賃貸仲介店舗にVR内見システムを導入
住友不動産	不動産仲介子会社を完全子会社化し、テクノロジーの活用についてグループ一体で検討
大京	不動産売買・仲介・管理にVR（物件内覧）、ICT（ITによる接客）、AI（マンション管理）を活用
イタンジ	テクノロジーを活用し、不動産賃貸・仲介業務に関するソリューションサービスを展開
リーウェイズ	ビッグデータ・AIを活用し、不動産投資シミュレーションなどの投資家向けサービスを提供
プロパティエージェント	AIを活用し、不動産相場・物件情報を提供するポータルサイトを運営
LIFULL、他	ブロックチェーン技術を活用した不動産情報の共有・利用等の実証実験を開始

（出所）各社 HP 等よりみずほ銀行産業調査部作成

2. 不動産業界が抱える日本の課題 ～年々増加する住宅ストック

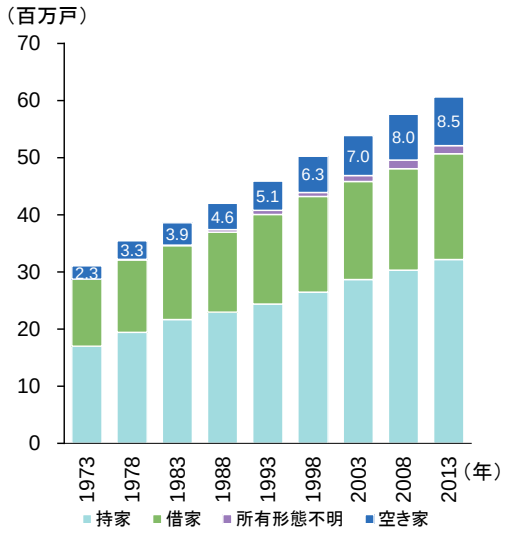
日本の住宅産業は、歴史的に新築供給が中心

人口減少・高齢化が進む日本では、不動産事業が成立するエリアの縮小も不可避であるが、その影響を直接大きく受けるのは住宅事業と考えられる。日本の住宅政策は、終戦直後の 420 万戸という絶対的不足に応急的に対応することからはじまり、トップダウン型の計画体系のもと、新規・大量供給によって充足が図られてきた。1970 年代に入り、全ての都道府県で住宅数が世帯数を上回るようになると、住宅ストックの質の向上や良好な住環境の確保へと政策の中心が移行する。2006 年には住生活基本法において、住宅ストックを重視する政策が打ち出されたが、日本には未だに「住宅取得＝新築」という発想が根強く、新築中心の産業構造となっている。

住宅ストックは今後も増加する見込

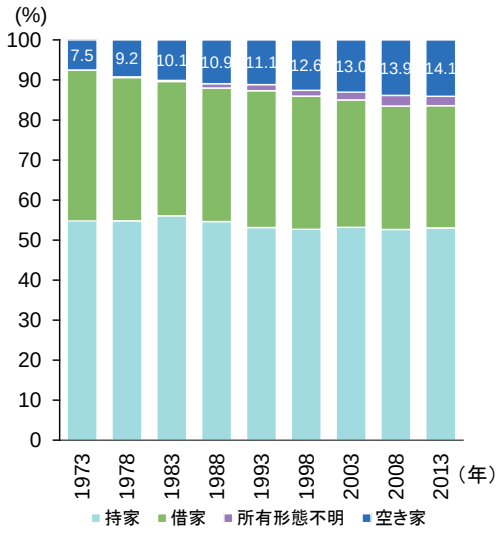
しかしながら、日本の人口は 2010 年をピークに減少しており、世帯数も 2020 年をピークに減少していく見通しである。そのため、現在の住宅ストックは老朽化が進むとともに、空き家化が進んでいくことは不可避である。【図表 3、4】は所有形態別住宅ストック数と同シェアの推移を示したものであるが、住宅ストックの増加とともに、空き家数及び同シェアは年々拡大してきた。今後は益々空き家数が増加していくことが懸念される。

【図表 3】所有形態別住宅ストック数の推移



（出所）総務省「住宅・土地統計調査」より
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】所有形態別住宅ストックシェア



（出所）総務省「住宅・土地統計調査」より
みずほ銀行産業調査部作成

優良な住宅ストックは積極的に有効活用するべき

そのため、立地やコミュニティなどの住環境に優れ、底堅い需要が想定される住宅ストックは、建替やリノベーションを活用しつつ、有効に活用していくべきである。住宅ストックの有効活用に向けて注目される施策・事例に、民泊としての利用促進や、シェアリングエコノミーに注目した新たな事業モデルの誕生[1]などがあげられる。人口減少社会においては、住宅ストックの用途を住宅のみに限定したままでは空き家の増加は不可避である。民泊やシェアリングなど、空き時間やスペースの小口化も含めて幅広いニーズを想定し、賃貸目線で有効活用を検討することは極めて有効であろう。

既存住宅流通市場の活性化に向け、各種制度整備が進められているが、道半ば

賃貸としての利活用と並行して重要なのは、やはり新規に持家取得を検討する者に対し、既存住宅の存在感を高め、購入するインセンティブを高めていく取組である。2006 年の住生活基本法制定以降、既存住宅流通の活性化に向けて、国土交通省を中心に様々な施策が検討されてきた。具体的には、既存住宅に対する適切な建物評価や瑕疵担保保険のあり方、既存住宅の取得に関する住宅ローンの整備など多岐にわたる。しかしながら日本人の新築志向は根強く、既存住宅に対する不透明さ（物理的・金銭的評価）から、「新築よりも既存住宅を購入する」インセンティブを創出・育成することができておらず、今のところ、いずれも低迷する日本の既存住宅流通促進のブレイクスルーにはなっていない。

[1] 例えば 2014 年に設立された（株）スペースマーケット（代表取締役：重松大輔）は、「世界のあらゆるスペースを自由に流通させる」として、既存施設の空き時間や古民家などの空き家について、貸し会議室やパーティ会場として提案し、マッチングするサイトを運営

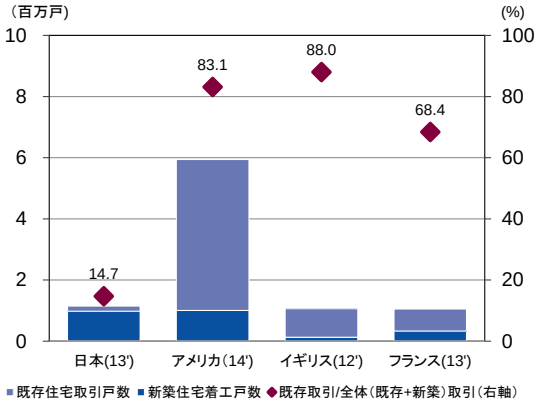
3. テクノロジーを活用したビジネスモデルで米国の既存住宅流通市場に挑む Redfin

(1)インターネットを活用し、新たな不動産仲介業を目指す Redfin

既存住宅流通量が多い米国市場

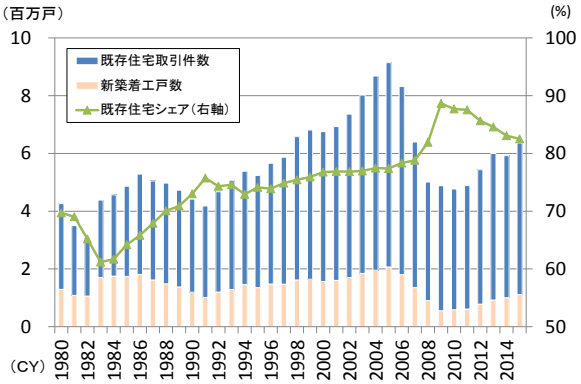
日本の住宅市場は新築の供給が中心であり、既存住宅流通市場シェアが欧米に比して圧倒的に低いことはよく指摘される(【図表 5】)。一方で、米国の既存住宅流通量は毎年 5 百万戸水準で推移するなど、相応のボリュームとなっている(【図表 6】)。

【図表 5】日・米・欧における既存住宅流通



(出所)国土交通省「平成 28 年度住宅経済関連データ」よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 6】米国の住宅市場の推移



(出所)米国商務省、National Association of REALTORS 資料よりみずほ銀行産業調査部作成

Redfin はテクノロジーを活用した不動産仲介にて成長

このような米国の既存住宅流通市場において近年、存在感を高めている企業に、不動産情報のビッグデータと AI などのテクノロジーを活用したサービスを開発・提供し続け、更なる成長を志向している Redfin Corporation(以下 Redfin)がある。同社は、2004 年設立のテクノロジーベンチャーで、2017 年 7 月に米 NASDAQ 市場への IPO を実現した。インターネットを活用し、充実した不動産情報ポータルサイトを運営しているほか、現在では 37 の州とワシントン D.C.で不動産仲介業を展開するなど徐々に事業エリアを拡大させている。

不動産情報ビッグデータと AI を活用した推計サービス

同社のテクノロジーを活用した事業のポイントは、主に①不動産情報ビッグデータ×AI の活用、②VR の活用、③即時性ある情報提供、の 3 点である(【図表 7】)。①は、不動産仲介業者であるが故に MLS[2]から取得できる豊富な不動産関連ビッグデータ(物件・周辺情報、取引事例価格など)と AI を活用し、他社よりも精緻な価格推計や売りに出そうな物件を予測し、情報として提供している点である。豊富な売買事例と物件情報から、要素毎に紐付けされた精緻な価格推計が可能となっており、最終売買価格との乖離は 1.96%としている[3]。また、同様の情報リソースと独自のアルゴリズムから、2 週間以内に売りに出そうな物件を特定しており、既存住宅流通市場が活発で価格や物件が日々変動している米国において、即時性を持った情報推計サービスは物件売買サポートのキラーコンテンツとして大いに活用されている。

[2] Multiple Listing Service の略。全米約 900 の地域毎に運営する民間の地域(売却)物件情報管理会社(詳細後述)
[3] Redfin 社 HP 記載の情報に基づく

VR を活用した内覧サービスの充実

②は、VR を活用した 3D ウォークスルー動画によるオンライン内覧サービスのほか、対象物件現場における内覧予約までをポータル上で提供している点である。既存住宅の内覧は、オーナーとのスケジュール調整が必要なうえ、複数の物件を見る場合は更に時間がかかり、内覧の結果売買に至らない場合などの無駄も含めて多くの時間を要していた。しかしながら、3D ウォークスルー動画によって実際に現地に足を運ばずとも、オンライン上で瞬時にバーチャル空間での物件内覧、及び物件の絞込が可能となる。すなわち結果的に無駄になっていた内覧時間や移動時間を、売り手・買い手ともに削減することができ、また実際の内覧の予約もオンライン上で容易にできるため、スムーズな物件検討が可能となる。

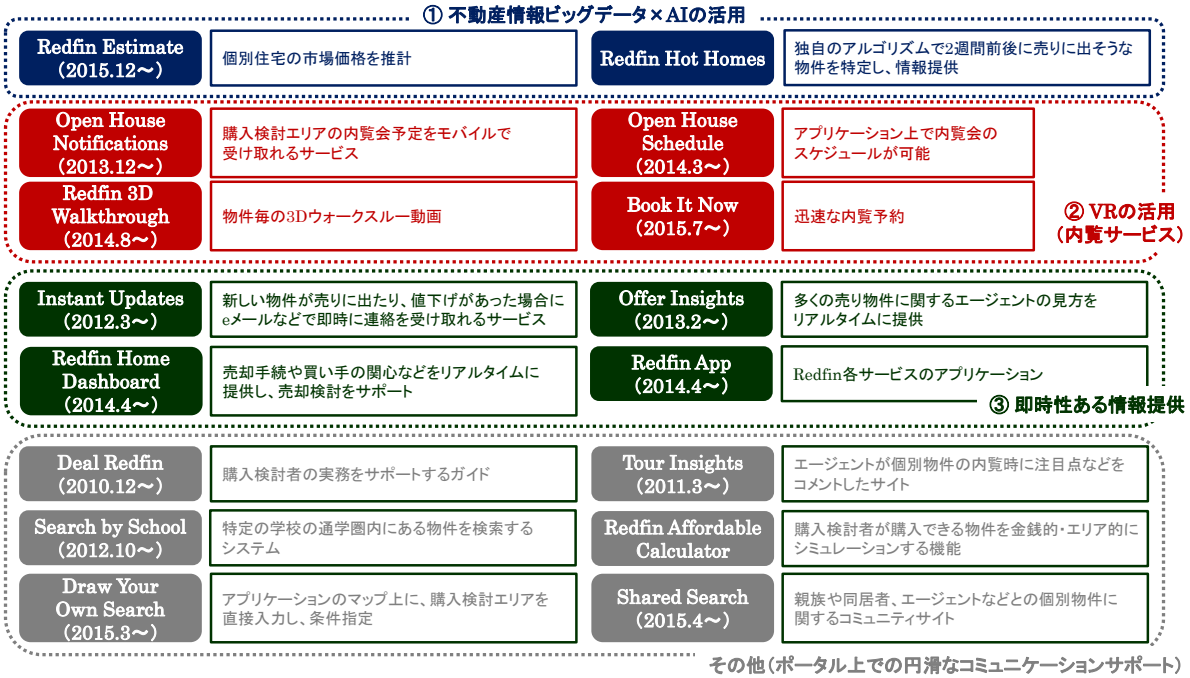
ネットを活用した即時性ある情報提供とコミュニケーションサポート

③は、需要の強弱による価格変動などの情報をネットやモバイルを通じて瞬時に提供・配信している点である。既存住宅流通が活発な米国においては、日々価格が変動しており、購入のタイミングが非常に重要である。他にもポータル上でコミュニケーションができる環境を提供し、常時ユーザーの関心を惹きつけ、潜在的な既存住宅の売り手と買い手の意思決定プロセスを強力にサポートしている。様々な要因からなる買い手の検討プロセスにおいて、様々な情報提供・コミュニケーションサポートを行い、実務手続も含めた購入のイメージ形成を容易にし、売買成立につなげている。

オンラインからリアルに繋げられるエージェント

このように、Redfin はユーザーの立場に立ち、既存住宅売買に係る全ての取引をネット上で完結できるポータルサイトを目指して技術開発と運営に取り組んでいる。継続的にビッグデータとテクノロジーを活用したサービスを充実させ、オンラインからリアルに繋げられるエージェントとして確実にユーザーの支持を得ており、他のエージェントとの差別化を実現している。

【図表 7】Redfin のサービス内容

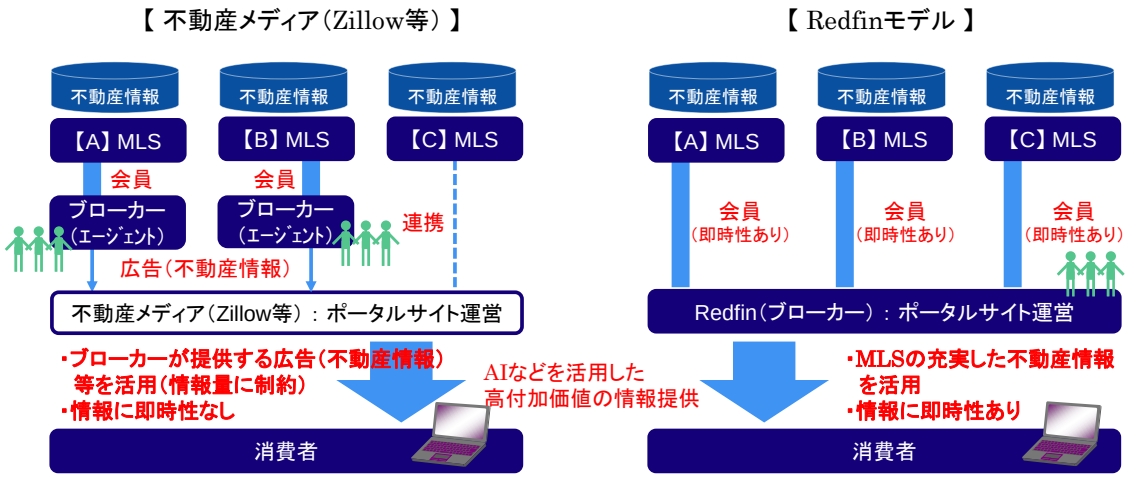


（出所）Redfin の HP よりみずほ銀行産業調査部作成

不動産仲介事業者として MLS 不動産情報を全量用いたサービス提供が可能

Zillow などの巨大な不動産メディアも、不動産事業者からの広告収入によって不動産情報ポータルを運営し、Redfin 同様に不動産関連ビッグデータや AI を駆使してサービスの拡充を行っている。しかしながら Redfin は、MLS の不動産情報を全量活用することができる不動産仲介業者であるため、展開エリアを拡大することで、より多くの不動産情報を集約し、高付加価値なサービスを提供することができる(【図表 8】)。また、ブローカー及びエージェントとして、ネット上で不動産取引をフルサポートすべく、ユーザーフレンドリーなサイトの構築に取り組むことで、既存の不動産メディアを凌駕するビッグデータを構築し、更なる差別化を図ることを目標としている。

【図表 8】不動産メディアとのビジネスモデルの違い



(出所)土地総合研究(2016 年冬号)等よりみずほ銀行産業調査部作成

日米における既存住宅市場の構造の違いがテクノロジー活用の方向性を左右

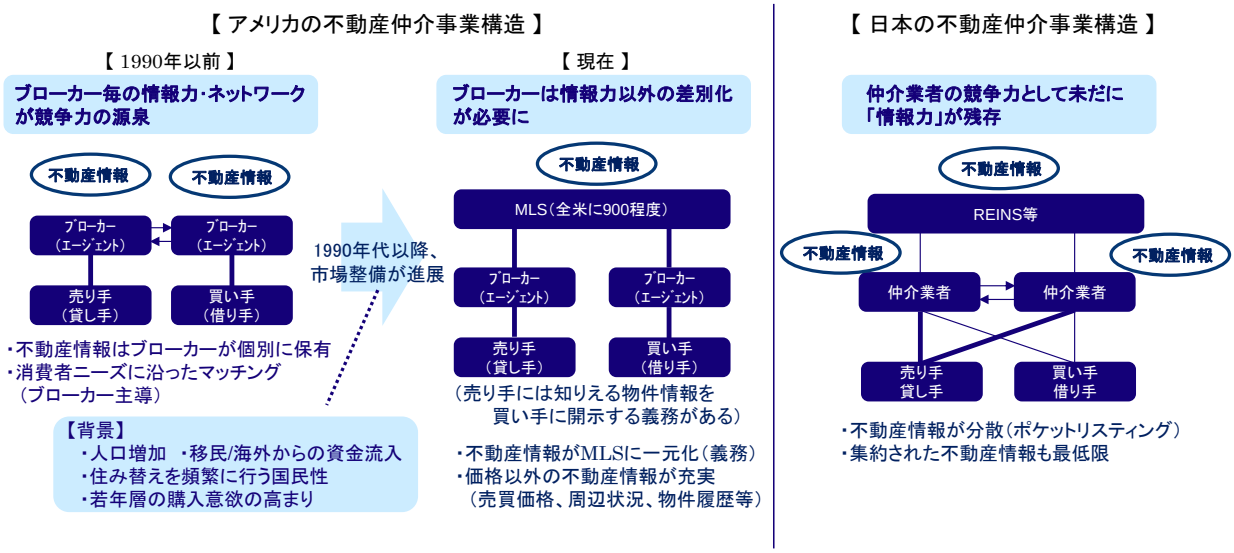
一方で、高付加価値な情報提供とともに、徹底したテクノロジーの活用によって仲介業務コストを削減し、仲介手数料をディスカウントすることでユーザーを惹きつけるというこのビジネスモデルには、既存事業者からの抵抗が大きく、2004 年の設立から 2017 年の IPO に至るまで、多くの同業者からの業務妨害等もあったようだ。日本においても、デジタルテクノロジーを活用したモデルに挑むという取組があるが、現状のところ成功とまでいえるものは見られない。日米における同様の取組を比較すると、Redfin が米国で市場に受け入れられるに至った背景には、日米の既存住宅流通市場における不動産情報の質と量の違いがあると考える。加えて「利用者(＝既存住宅の購入を検討する者)を味方につけることが、事業展開上有利に働くほどの力となっているか否か」も要因と思われる。すなわち、既存住宅売買が活発な米国では、既存住宅の購入を検討する消費者が相応に存在するため、彼らの巨大な利用件数(サイトアクセス数)を味方につけることで、既存の勢力やビジネスモデルと対峙できるポジショニングを可能としている。一方で、日本の既存住宅流通市場は、住宅ストックの活用に向けた約 10 年にわたる様々な取組にも関わらず、文化的・歴史的背景からなかなか日の目を見ることができず、かかるテクノロジーベンチャーが活躍するには至っていない。

(2)米国の既存住宅流通市場における不動産情報のあり方

米国では不動産情報は全て各地域の MLS に一元化される

ここで Redfin のような不動産テック企業が米国において勃興している原動力の一つとなっている不動産情報システム(MLS)について説明したい。米国の活発な既存住宅流通市場は、そもそも住宅を長期にわたって利活用してきたという文化的・歴史的背景から説明されることが多いが、1990 年以降、不動産協会、連邦・州政府、消費者による三位一体での取組によって総合的な流通システムが整備されたことには注目すべきである。この取組は、人口増加、海外からの移民や資金流入、住み替えを頻繁に行う国民性、若年層の住宅取得意欲の高まりなどを背景に、買い手や売り手が満足できる既存住宅市場情報に関する整備ニーズが高まったことがきっかけである。この整備において、従来各エージェントが個別に保有していた不動産情報が各地域の MLS に全て集約され、不動産情報の一元化とその充実が図られることになった(【図表 9】)。

【図表 9】1990 年以降の日米不動産流通市場の整備



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

地域の不動産エージェントが加入する MLS は地域の不動産取引を管理

米国では、全ての不動産事業者は地域毎に運営される MLS に加入しなければ営業することができない。同組織では、不動産エージェントが持っている、不動産価格情報や広さ、売買・修繕や登記履歴等の物件情報登録ルールが徹底されているほか、各事業者はほぼ強制的に MLS が定めたルールに沿った不動産取引を余儀なくされる。各事業者は取り扱う不動産物件の全量について、MLS が管理する不動産情報システムに登録する義務を負う一方で、同情報は民間に販売されており、不動産エージェントは同情報を自由に活用することができる。この枠組のなかでは、日本で指摘されるような物件の囲い込み(ポケットリスティング)は禁止されるほか、意図的な誇大広告には罰則が科せられる。この枠組が不動産事業者の事業展開における情報の非対称性をなくし、不動産業者に「情報の非対称性」を拠り所としない事業モデルの追求(顧客サービスの向上や手数料の適正化等)を実現させている(【図表 10】)。

【図表 10】MLS の概要

MLS（Multiple Listing Service）の概要と特徴
・全米約900の地域毎に運営する民間の地域（売却）物件情報管理会社 － 不動産エージェントの物件情報登録ルールを徹底（価格情報、広さ、売買・修繕履歴、登記情報等） － 物件情報のステイタスを管理しつつ、不動産エージェントの営業支援を行う － 地域物件情報提供のほか、事業者教育、キーボックスの販売（標準化）、契約書の標準化、事業者のルール遵守の徹底・指導を行う
・米国の不動産事業者は地域のMLSに加入しなければ営業できない － 事業者はほぼ強制的にMLSが定めたルールに従った不動産取引を実施。物件の囲込（ポケットリスティング）は禁止され、意図的な誇大広告へは罰則が科せられる － 統合情報システムを利用することができる代わりに全ての物件をMLSにあげる義務や売買・交渉に関する情報管理を厳格に行う義務を負う
・情報システムを共同利用して、個々の不動産業者がアクセスできる物件情報の数を、地域の不動産市場を網羅するレベルまで引き上げる仕組 － 登録情報は民間へ販売され、不動産エージェントは自由に活用できる － 全米のあらゆる不動産物件の地域情報サービスとも連動（過去の売買履歴や周辺の地域情報、売買履歴、成約価格、地盤情報、市場分析レポートなどが容易に入手できる）

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

4. 日米の業界構造の違いを踏まえた考察
～日本の既存住宅流通市場活性化に必要なもの

テクノロジーと親和性が高い既存住宅流通市場を構築すべき

Redfin は、ネットを通じて潜在顧客との接点を拡充し、ビッグデータや AI、コミュニケーションツールなどのテクノロジーを活用することで、米国既存住宅流通の活性化に少なからず寄与していると考えられる。日本でもテクノロジーを活用して効果的に潜在顧客を掘り起こし、既存住宅売買に関する心理的抵抗感を引き下げ、取引結実をサポートできれば、市場活性化に有用であろう。そのため、建物評価や瑕疵担保保険、住宅ローンの整備などに加えて、テクノロジーとの親和性が高い市場の構築を目指していくべきである。

まずは不動産情報の充実と一元化が重要

米国では、既存住宅に関する不動産情報充実の必要性の高まりから、買い手や売り手が満足する不動産情報の充実と一元化が実現された。日本においても近年、住宅ストックを有効活用していこうとする気運が高まっており、既存住宅売買や、民泊・シェアリングエコノミーの推進にも有用な情報ストックの構築を目指し、関係者が一丸となって取り組むべきである。現在進められている不動産情報ストックシステム[4]の完成や民間数社が取り組むブロックチェーンの実証実験[5]などによって不動産情報の充実と一元化が実現し、不動産情報が透明化すれば、テクノロジーベンチャーを含む新たな不動産事業者が活躍し、既存住宅が活発に活用される世界が現実のものとなろう。

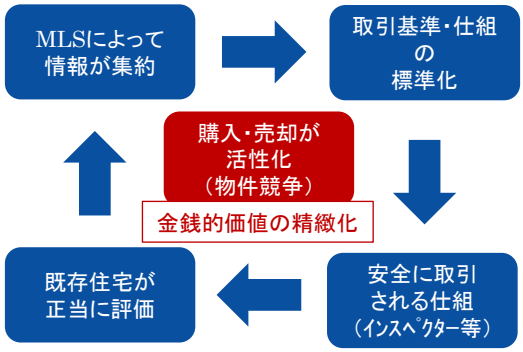
売買が活性化すれば、適正な金銭的評価も進むだろう

また、既存住宅流通市場の活性化のためには適切な建物の金銭的評価が重要であり、それは売買市場の活性化による好循環によってもたらされる面もあると考えられる（【図表 11】）。すなわち、充実した不動産情報と潜在的顧客との接点の増加により実現する売買量が増えれば、成約価格が見える化し、市場原理を通じて、物理的価値評価だけに依存しない適正な金銭的評価が進んでいくだろう。国、仲介やリフォームなどを行う不動産事業者、金融機関、インスペクション事業者や保険事業者などに加えて、テクノロジー企業を含めた業界関係者全体が、既存住宅流通市場の活性化という共通のゴールを見据えて、取り組むべきである。

[4] 既存住宅流通市場活性化に向け、不動産関連情報の充実と一元化を目的に、国土交通省が進めている不動産情報システム。2015 年に横浜市、2016～2017 年にかけて静岡市・大阪市・福岡市が試行運用

[5] LIFULL、積水ハウスなど数社が、テクノロジーベンチャーとともに、本業で有する不動産情報の管理にブロックチェーンを活用する実証実験を進めている

【図表 11】米国の不動産流通に見られる好循環



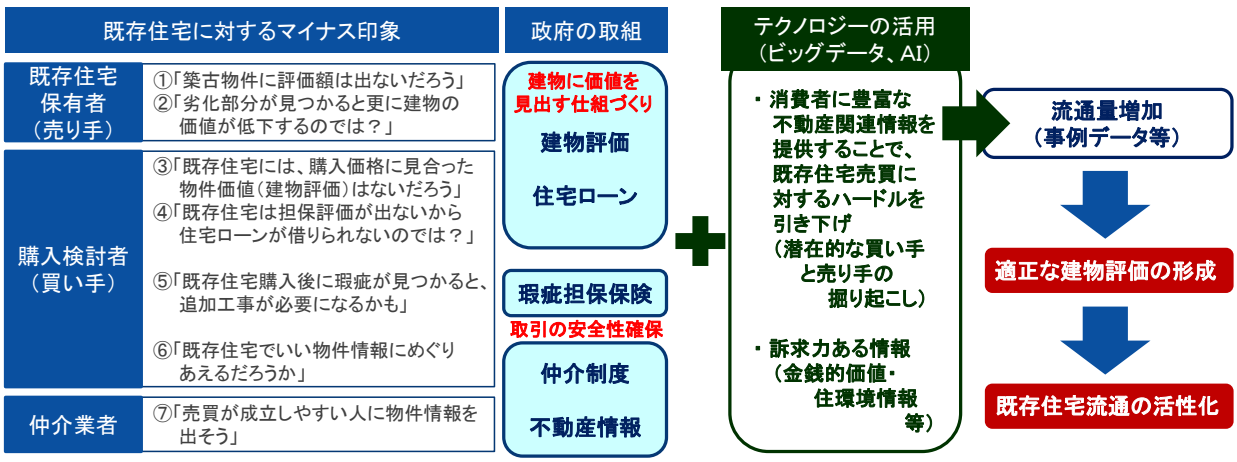
（出所）みずほ銀行産業調査部作成

5. おわりに

テクノロジーを活用しつつ、新しい産業としての成長を期待

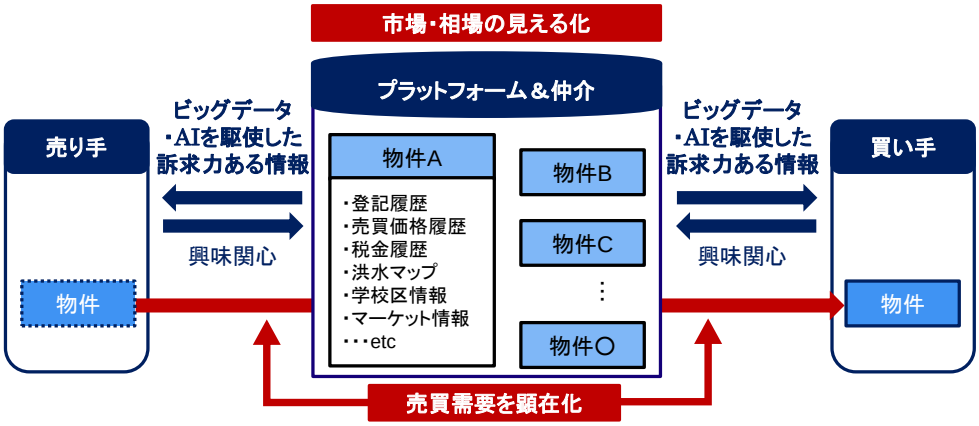
住宅産業は裾野が広い産業である。新築を好む国民性は容易に変わることはなく、築古物件については建替（新築）が中心となるだろう。しかしながらテクノロジーの活用によって既存住宅流通市場が活性化し、国民の住宅選択に関する意識や考え方が変われば、住宅の所有者にも「家を売るためにはどうしたらよいか」という発想が生まれ、定期的なインスペクションやリフォームの価値が認識されていくだろう。また、既存住宅に物件毎の競争環境なども考慮した適正な金銭的価値が認められれば、既存住宅売買検討も現実味を帯びた訴求力あるものとなり、益々既存住宅市場が活性化するといった好循環が生まれよう。民泊やシェアリングエコノミーなどの浸透によって住宅に新たなキャッシュフローが生じれば、収益資産としての金銭的価値も生まれる。人口減少社会における住宅産業は、新築の供給ばかりを中心とする事業モデルでは成長に限界を迎える可能性もあるが、不動産流通改革を通じて住宅ストックを活用したビジネスが活発化することで、新たな拡がりがある産業として成長を持続することが期待されよう（【図表 12、13】）。

【図表 12】日本の既存住宅流通の現状とテクノロジーの活用による活性化の方向性



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

【図表 13】テクノロジーの活用により期待される潜在的既存住宅売買需要の顕在化の構図（仮説）



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

みずほ銀行産業調査部
公共・社会インフラ室　藤井　洋平
吉田　篤弘
池田　涼
youhei.fujii@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－17. ヘルスケア －医療ビッグデータの利活用基盤整備に向け政府に求められる役割

【要約】

- 医療ビッグデータの利活用基盤の整備により、医療・介護サービスの提供プロセスは疾患後の「治療」から、「疾患の予測」や「発症前のリスクに応じた指導・治療」へシフトするなど抜本的に変わる可能性がある。
- 医療ビッグデータの利活用基盤の整備で先行するデンマークや米国では、データの2次利用を想定した様々な施策が政府により打ち出されてきた経緯がある。民間がアクセス可能なデータベースが数十年前から構築されてきており多様なデータが蓄積されているほか、利活用の際の支援体制も整備されており、新たな民間ビジネスの創出にも繋がっている。
- わが国には世界有数の良質なビッグデータが存在するも、各データベースが分断されているなど 2 次利用を想定した構造となっておらず、個人情報保護の問題も相俟って、研究目的の利用であっても大きな制約となっている。
- NDB の一部公開や PeOPLe など、状況の打開に向けた施策が打ち出されているが、医療ビッグデータの利活用に向けては、国民へのメリット提示やステークホルダー間の利害調整など、更なる政府の役割が求められる。

1. 医療ビッグデータ利活用に向けた政府の施策

はじめに

2017 年 6 月に示された未来投資戦略 2017 では、Society5.0 に向けた戦略分野として第一に健康・医療・介護分野が掲げられており、国民の健康寿命を 2020 年までに 1 歳以上、2025 年までに 2 歳以上延伸することが目標として示されている。また、この実現に向けた具体的施策も提示されており、このうちデータ利活用基盤の整備として、「全国保健医療情報ネットワーク」や「保健医療データプラットフォーム」の整備が掲げられている。これらが実現すれば、政府にとっては医療の効率化・最適化、医療費の適正化や、新たな民間ビジネスの創出が期待できる。また、医療・介護の現場においても、新たな治療技術の発見や創薬などの医学・医療の技術革新、医療・介護のサービスレベル向上に繋がる可能性がある。ただし、このようなデータ利活用基盤は諸外国においては数十年前より構築されており、データの蓄積も進んでいる。既にこれらデータを活用する段階に入っているケースも多く、新たな民間ビジネスも創出されている。健康・医療・介護のデータ利活用の分野で“周回遅れ”が指摘されているわが国において、先進事例が辿った様々な経験を踏まえ、早急に基盤整備を進めるべきである。

以下、データ利活用基盤の構築で先行する他国の事例から、主に政府が果たした役割、及びその成果について概観し、わが国における医療ビッグデータ活用に向けた課題とその解決策を考察する。

(1)諸外国との比較

諸外国におけるデータ利活用基盤の整備状況は【図表 1】の通りである。電子カルテシステム(Electronic Medical Record:以下、EMR)の普及率やレセプトデータベースへの民間からのアクセス可否、他のデータベースとのリンク状況などにはバラツキはあるものの、医療データベースの統合やアクセスの仕組は

各国において整備されている。その中で、わが国ではプライマリケアの EMR 普及率が低く、各データベースへのアクセスが限定されているなど、データ利活用基盤としては脆弱な感が否めない。

海外では、医療ビッグデータの構築・活用に際しての政府の戦略的な取り組みが見られる。これら各国政府の取り組みのうち、政府がデータ利活用基盤の整備を先導し、域外企業の誘致などで成果を挙げているデンマーク、政府施策により急速にデータ利活用基盤の整備を進め、ベンチャー企業を中心に多様な商品・サービスを生み出している米国の事例について見ていく。

【図表 1】各国のデータ利活用基盤の整備状況

国名	EMR普及率		データ利活用基盤の整備状況
	プライマリケア	セカンダリケア	
日本	35%	72%	・NDBは都道府県や一部研究機関のみに公開 ・各データベースは分断・たこつぼ化、データ形式も非統一 ・研究者が自由に利用できるオープンな状態にはなっていない
デンマーク	ほぼ100%		・国民共通番号により他のデータベースとリンク ・レセプトデータベースは民間が100%アクセス可能
スウェーデン	ほぼ100%		・レセプトデータベースは民間が100%アクセス可能 ・民間からのアクセスの承認には3~6ヶ月を要する
米国	87%	プライマリケアより低め	・民間保険会社が費用対効果を高めるべくデータ利活用基盤を発展させてきた経緯 ・Medicare/Medicaidのデータ利活用はResDACがサポート
英国	ほぼ100%	約70%	・政府主導で医療データのデジタル化や利活用基盤整備が進展 ・民間企業がデータベース構築に深く関与
ドイツ	約80%	約40%	・EMRやレセプトデータベースへの民間アクセスは一部のみ可能 ・データベース間のリンクは進展していない
フランス	約70%	約30%	・レセプトデータベースへの民間アクセスは100%も、EMRは一部のみ可能 ・民間利用は制限事項が多い

（出所）中山健夫「医療ビッグデータがもたらす社会変革」、UN, *World Population Prospects*、
厚生労働省「医療施設調査」、その他公開情報よりみずほ銀行産業調査部作成

（2）デンマーク政府はデータ利活用基盤の整備を先導

電子政府を推進してきたデンマーク政府

デンマークは電子政府の推進を成長戦略に位置づけ、様々な医療サービスの ICT 化を電子政府戦略の一環として進めてきた。紙媒体の利用禁止、福祉サービスのデジタル化、公的部門間の連携強化を 3 本柱として、各種の対策が推進されている。また、社会教育を通じて高齢者等の IT リテラシーを高め、電子政府サービスの利用を法律で義務付けている。

国民共通番号制度は 1968 年に稼動、国民の疾患履歴を国民共通番号に紐付けることを医師に義務付け

また、わが国で 2016 年に開始されたマイナンバーとほぼ同様の国民共通番号制度が 1968 年から稼動している。国内在住者を対象に CPR（Central Persons Registration）番号が発行され、この番号をベースに 1977 年には個人ごとに時系列でデータが作成される医療記録システム（NPR）が構築されている。1994 年には、内務・保健省、自治体機構などによりデンマーク健康管理データネットワーク（MedCom）が設立され、かかりつけ医が診療のたびに NPR にアクセスできる基盤を整備している。なお、医師は全ての国民の疾患履歴をこの CPR 番号に紐付けることが義務付けられている。

70 年以上前より様々なデータベースを構築

また、上記国民共通番号の他に、1940 年代にはがん登録、1950 年代には感染管理、1960 年代には退院サマリー、死亡、出生などの管理が開始された。蓄積された情報は公衆衛生や疫学の分野で活用され、研究結果が政策の策定に利用されるといったエビデンスベースの医療政策の実現に繋がっている[1]。

政府の補助による EMR の普及

現場のデジタル化についても、政府の施策により整備が進展している。電子カルテの導入に躊躇していた県に対し、政府が導入に対して補助金を支給したことで、ICT 導入が急速に進展し、現在はほぼ 100%普及している。

デンマーク及び海外の研究者に向けたインフラの提供

加えて、デンマーク及び海外の研究者が簡単に医療ビッグデータを利活用できるインフラを提供する目的で、ナショナルバイオバンクが運営されている。デンマークでは、病院の検査などで採取された試料はバイオバンクに保管することが法律で定められている。毎日 1,000 件の生物学的サンプルが収集され、これまでに約 2,200 万件が蓄積されている。データ保護庁や倫理委員会の許可を得れば、海外の研究者でもバイオバンクのデータにアクセスしデータの検索や問い合わせを行うことができる仕組みになっている。

「メディコンバレー」の発展に寄与、外資大手企業の誘致にも成功

このように、1968 年に稼動した国民共通番号をベースとして様々なデータを統合し、補助金の支給により現場のデジタル化を進めるなど、データ利活用基盤の整備において政府の果たした役割は大きい。こうした取り組みは、デンマークのコペンハーゲンとスウェーデン南部のスコーネ地方に跨る欧州最大の産学集積地「メディコンバレー」の発展にも寄与した。ノボノルディスク社を始めとした多数の大手製薬会社のほか、コペンハーゲン大学やデンマーク工科大学なども立地しており、インキュベーション施設やベンチャーキャピタルも多数存在している。デンマークとスウェーデンの両国は、1990 年代後半から研究開発の拠点として当地への企業誘致を図ってきたが、特に、匿名化された個人の遺伝情報が研究に活用できるなどの優れたデータ利活用環境は、海外企業からも注目を集めている[2]。現在、メディコンバレーでは円滑な協業と価値向上に向け、製薬企業や Medtech、Biotech 企業、ベンチャーキャピタルなど 245 団体が Medicon Valley Alliance を形成しており、Pfizer（米）、Bayer（独）など外資大手企業の誘致にも成功している（【図表 2】）。

【図表 2】Medicon Valley Alliance の主なメンバー

types	members
Pharmaceutical Companies	Pfizer（米）, Bayer（独）, Astellas Pharma（日）, Merck（,独） MSD（米） NovoNordisk（デンマーク）
Biotech / Medtech Companies	Roche Innovation Center Copenhagen, Horizon Discovery
Invest and Business Development	Capital Region of Denmark, Heath Capital Helsinki
Academic Institutions	Technical University of Denmark, University of Copenhagen, Lund University Malmo University
その他：調査会社、外国の商務省、経済団体など	

（出所）公開情報よりみずほ銀行産業調査部作成
（注）Chairman of the Board は Novo Nordisk A/S の Corporate Vice President

[1] 今井志乃ぶ「北欧におけるビッグデータの活用」Vol.16（2）
[2] その他、デンマークでは臨床試験を行う窓口が一元化されており、治験を実施する候補施設や治験医のリストを 4 営業日以内に提供できる点を特徴としており、データ利活用の優れた環境とあわせ、海外企業からの注目を集めている。

（3）米国は政府施策により急速にデータ利活用基盤を整備

データ利活用に民間企業が大きく関わるよう政府が様々な取り組みを実施

米国では、わが国のような国民皆保険は制度化されておらず、高齢者や障がい者、低所得者を対象とした公的保険（Medicare、Medicaid）、及び民間の保険会社が提供する医療保険が提供されている。レセプトデータベースはこれら保険会社ごとに分断され蓄積されているが、これらをリンクさせて利活用することができる。データ利活用に民間企業が大きく関わるよう、政府が様々な取り組みを実施している。

データ利活用者に対する支援

米国保健福祉庁の内庁である CMS（Centers for Medicare and Medicaid Services）が、Medicare／Medicaid データを利用する研究者に対する支援を行っている。具体的には、研究者の支援を目的として専門家を派遣する大学などに補助金を支給している。1997 年にはミネソタ大学が ResDAC（Research Data Assistance Center）という非営利独立組織を設立、CMS データ利用の申請書類の作成やデータ処理等の研究の支援などに、疫学や医療経済、統計学などに通じた専任スタッフがあたるほか、データの理解や研究への活用方法に関するトレーニングのためのワークショップを無料で開催している。

HITECH 法で注目すべきは、データの規格を統一しデータを吸い上げやすくした点

欧州から遅れていた EMR の普及については、2009 年に HITECH 法（The Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act）を制定し、電子カルテを導入した医師と病院に奨励金を支給することで普及を推進、2006 年に 28%であった EMR 普及率は、2015 年には 87%に達している。また、奨励金の支給要件として、データに入力すべき診察・検査情報の種類や形式を指定するなど、データの 2 次利用を前提とした取り組みとなっている。

精密医療の実現に向けた 100 万人以上の市民からのデータ収集

2015 年 1 月には、オバマ大統領（当時）が、精密医療[3]の推進を目的とした施策である「Precision Medicine Initiative」（以下、PMI）を発表、100 万人以上の米国民を対象に、ゲノム、環境、ライフスタイルなどのデータを収集し、精密医療の研究に繋げる取り組みが進められており、2016 年度予算からは 2 億ドル以上が割り当てられている。ゲノム医療では、年齢、人種、地域、環境、健康状態など様々な要素の集団を比較していく必要があるため、より多くのデータを共有・統合することが重要となる。PMI のようなゲノム情報を公開するプロジェクトに政府が積極的に投資を行ったことで研究者からも注目を集め、政府や研究機関、民間企業の間でのゲノムデータ共有が進む機運が高まっている。

米国の民間企業の先行事例

このように政府が整えた制度の下で、米国では、民間保険会社が自らの費用対効果を高めるべく、レセプトデータベースを構築して分析手法を発展させてきた。また、医療ビッグデータをベースとした多様なベンチャーが新たなビジネスを創出している（【図表 3】）。例えば、Arterys 社はディープラーニングを用い、心臓が動いている状態の 3D アニメーションを自動で作成するサービスを提供している。また、Enlitic 社は、X 線画像、MRI 画像、CT スキャンの画像などをディープラーニングにより解析し、専門医よりも高い精度でがんを発見することができるようになった。Atomwize 社は製薬企業向けに、治療薬の候補となる物質の特定に AI を活用している[4]。

[3] 遺伝子や環境など個人毎に異なる要因を考慮し最適な予防や治療を提供する医療
[4] その他、医療ビッグデータや AI を活用した創薬、画像診断支援などについてはⅡ－2. 医薬品、Ⅱ－3. 医療機器を参照

【図表 3】米国における医療ビッグデータを活用した民間企業

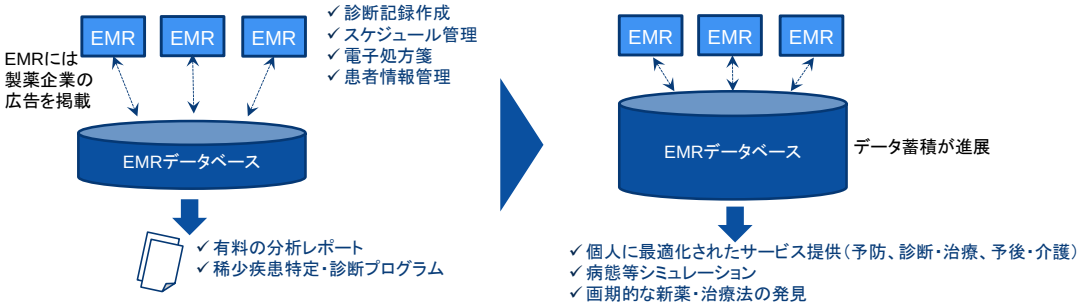
サービス対象	企業名	展開内容
病院・医師向け	Arterys	心臓血管に関するMRI画像を解析するための人工知能を開発。ディープラーニングを使い、心臓が動いている状態の3Dアニメーションを自動で作成
	Enlitic	X線画像、MRI画像、CTスキャンの画像、超音波画像など様々な画像を使って学習する能力を持ち、ディープラーニングより高い画像解析能力を実現。専門の放射線医よりも50%高い精度でがんを発見する
	BERG Health	病気の患者と健康な人の両方から血液、尿、細胞などのサンプルを取り、数兆点に及ぶデータポイントを人工知能を使って分析
	Practice Fusion	無料の電子カルテを中小病院に提供、製薬企業からの広告収入を得る。患者向けサービス「patient fusion」では、病院の予約やオンライン診断の機能も備える
	Flatiron Health	電子カルテ等のデータから、各がん患者に最適な治療方針を医療従事者に提供。Google Venturesを中心に資金調達
製薬企業向け	Atomwize	コンピューター上で治療薬の候補となる物質を特定するバーチャルスクリーニングに人工知能を活用
	Archimedes	レセプトデータや電子カルテデータを分析、病態をシミュレーション
患者向け	ZocDoc	医療機関オンライン予約サービス。医師の口コミ評価システムなど、患者目線の医療機関評価機能も充実

（出所）各社ホームページ、JETRO「米国におけるデータを活用した医療を巡る動向」、その他公開情報より
みずほ銀行産業調査部作成

EMR の普及が業界を大きく変革させる可能性

このように、医療ビッグデータの利活用により様々なビジネスが創出されているが、創薬や医療機器開発の分野が多く、医療業界の大きな変革を感じさせるような事例は少ない。一方、HITECH 法による EMR の急速な普及は、新たなビジネスを創出する可能性がある。民間保険会社が保有するレセプトは、医療機関が診療報酬を保険者（保険会社）に請求する目的で作成されるが、症状や検査値などの詳細な診療情報が含まれていない。一方、EMR に蓄積されるデータには、患者と直に接することで得られる、治療の効果や副作用などの豊富な情報が蓄積されている。EMR データが蓄積され、医療ビッグデータの“質”が向上することにより、業界を大きく変革させる可能性が高まると考えられる。例えば、Practice Fusion 社は無料の EMR を中小病院に提供し、製薬企業からの広告収入で収益を得るビジネスモデルであるが、EMR により蓄積された数千万人分のデータをもとに、患者属性（年齢、性別、症状等）と特定の医薬品の関係や、診断経過による処方薬と治療の変化などの分析結果を提供している。また、2016 年 6 月には稀少疾患患者の特定と診断を支援するプログラムを医師に提供したほか、2017 年 5 月には国際医薬経済・アウトカム研究学会において、第 2 型糖尿病及び慢性閉塞性肺疾患（COPD）の治療に関する新たなデータ分析結果を発表している。今後 EMR データの更なる蓄積により、医療サービスの提供プロセスを大きく変える可能性も有している（【図表 4】）。

【図表 4】Practice Fusion のビジネスモデルと今後の可能性



（出所）当社ホームページ、その他公開情報よりみずほ銀行産業調査部作成

（4）わが国は良質な医療ビッグデータが存在するも、利活用に向けた基盤整備はこれから

わが国には良質なビッグデータが存在するも、利活用の面では極めて不十分な状態

わが国にはデンマークや米国に劣らない複数の良質な医療ビッグデータが存在する。【図表 5】にあるように、「レセプト情報・特定健診等情報データベース」（以下、NDB）には 100 億件以上のレセプトデータが蓄積されている。また、日本の介護保険制度では 600 万人を超える要介護者の基本動作（視力・聴力）や生活機能（食事摂取や排尿・排便の自立度）など 74 項目の情報が蓄積されている。ただし、これらのデータはそれぞれの決められた目的に応じてデータベース化されており、非公開かつ分断された状態にある。また、医療ビッグデータを研究開発に活用するには、診療データが個人毎に時系列化してリンクされている必要があるが、これらデータベースを相互リンクさせるには、データ形式がそれぞれ異なることから、研究機関において膨大な手作業が必要となる状況にある。2 次利用を前提とせず収集主体がそれぞれの目的に応じてデータを収集・蓄積してきた結果、データベース間のリンクに関しては数多くの問題点が指摘されている（【図表 6】）。

データ統合の問題に加えて、個人情報保護も大きな問題となっている。2017 年より全面施行となった改正個人情報保護法では、医療情報などの要配慮個人情報は他の情報と照合することが禁止されている。また、どの程度まで加工すれば個人情報を復元できない「匿名加工情報」と見做せるかは現時点では明確でなく、利活用推進の観点から問題点も指摘されている。予防医療を考える際には、健康な時からのデータと、病気になったときの医療データをつなぎ合わせることの重要性が有識者会議などでも指摘されている。患者の時系列に沿った多数の診療データが、研究利用（2 次利用）しやすい形で存在することが重要であるが、上記の通り現状は極めて不十分な状態にある。

【図表 5】国内の大規模な医療･介護データベースの例

データベース	レセプト情報・特定健診等情報データベース（NDB）	介護保険総合データベース	国民健康保険データベース（KDB）
保有主体	国（厚生労働大臣）	国（厚生労働大臣）	保険者（国保連合会）
機能	国・都道府県が、主体的に医療費適正化計画に資する分析をしながら、施策立案に活かす	国が、主体的に介護保険の運営状況を地域別や事業所別等に分析しながら、政策立案に活かす	利用する市町村・後期高齢者医療広域連合は、個人の保健・医療・介護に関する情報を閲覧できるようになり、保健指導等に活用する。市町村等が、保健事業を効果的に実施できるように支援
保有情報	・医療保険レセプトデータ ・特定健診・特定保健指導データ ※匿名化処理	・介護保険レセプトデータ ・要介護認定データ ・日常生活圏域ニーズ調査データ ※被保険者番号を暗号化	・医療保険レセプトデータ ・特定健診・特定保健指導データ ・介護保険レセプトデータ ・要介護認定データ ※国保と後期高齢者のみ
ﾃﾞｰﾀ量等	レセプト：106.5億件 特定健診等：1.4億件	4.8億件/年 21万事業所	レセプト：23億件/年 被保険者数5,450万人

（出所）厚生労働省資料、その他公開情報よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 6】データの標準化・時系列データ作成に向けた問題点（例）

- ✓ NDBデータにおいて患者の識別に関するデータ（氏名や生年月日、保険者番号など）の記載形式は様々
- ✓ 転退職などの異動の都度、収納データベースが変わり、患者情報の入力形式が異なった場合は同一患者のデータが突合できない
- ✓ 電子カルテは、個別の医療機関内で完結するシステムとして各社それぞれが独自のフォーマットで開発
- ✓ 電子カルテには構造化されていないデータ（テキストデータ等）が多く含まれている
- ✓ 病院内の様々なデータも病院内で独自のカスタマイズが行われてきたため、標準化されていない

データ種類	被保険者番号（入力例）	氏名（入力例）
レセプトデータ	1234567（全角）	みずほ　太郎（漢字・ひらがな）
特定健診データ	1234567（半角）	ミズホタロウ（全角カタカナ）

（出所）国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター「医療・介護データ活用のための情報科学と社会基盤」よりみずほ銀行産業調査部作成

NDB は一部公表されたものの、2 次利用には制約が多い

政府の主導により、2011 年から NDB が都道府県や研究者へ提供されるようになった。ただし、提供に際しては利用目的や情報取扱体制について厚生労働省の「レセプト情報等の提供に関する有識者会議」の厳しい審査を経る必要がある。この審査では特に「公共性」が重視されるため、この視点が足りない申請は却下されてしまう。また、詳細なデータの提供を申請する場合には、データセンター並みのセキュリティ要件を満たす必要もある。データ提供まで時間を要することもあり、NDB を使った研究は僅かにとどまっている。また、2016 年にはデータの一部が NDB オープンデータとして公表されているが、当データは医療機関が診療報酬を請求するために作成されたデータであるため、医療経済的な分野には有用であるものの、2 次利用の際には他のデータとのリンクが必要となる[5]。

民間へのビッグデータ提供の新たなルール

このような状況の打開に繋がる可能性を有する施策として、2017 年 4 月に成立した「次世代医療基盤法」に注目したい。同法では、創薬や治療の研究開発を促進するために、病院や薬局などに蓄積されている患者の治療や投薬のデータを医療ビッグデータとして製薬会社や研究機関、行政などが活用できるようになる。2018 年春の施行までに詳細が決められるが、海外の先行事例と遜色ない医療ビッグデータ利活用基盤の整備に向けた有効な施策となることが望まれる。

PeOPLe は、わが国の保健医療データのあり方を変える可能性

同様に、わが国の保健医療データの転換を考える上で重要なコンセプトとして、PeOPLe（Person centered Open Platform for wellbeing）が挙げられる。国民の基本的な保健医療データを統合した情報基盤として、厚生労働省の「保健医療分野における ICT 活用推進懇談会」の提言を受けて検討が進められており、2020 年からの段階的運用を目指している。保健医療データの蓄積は、これまで施設内での効率化等を主目的として構築され、医療機関等が自前のデータベースに如何に効果的にデータを集めていくかが主眼で、医療データは施設ごとに分断されている。そのためデータは非公開で、異なる機関が持つデータ間でのリンクも困難な状況となっている。PeOPLe では、これを患者・国民一人ひとりを中心として蓄積し、保健医療の専門職に共有されるものとする。これにより患者の EMR、レセプト、予防接種記録や既往歴、服薬歴など

[5] 2 次利用は厳密な意味では個人情報保護法制上の目的外利用にあたるため、匿名加工情報として扱うこととしているが、法的な整合性はグレーであると指摘されている（山本隆一「わが国の医療ビッグデータの活用と課題」）

様々な情報が一人ひとりの時系列に沿って記録されることになるため、医療・介護現場での専門職間の情報共有、個別化・最適化された医療の選択などに繋がるほか、研究者によるデータ統合・名寄せの作業が不要になるなどの効果も期待できるであろう。

2. 医療ビッグデータが産業・企業・社会にもたらす影響・変化

医療ビッグデータは、医療・介護分野に様々な影響を与えることが考えられる。第一に、新たな治療技術の発見や創薬などの医学・医療の技術革新、医療の効率化・最適化、医療費の適正化実現など、これまで産学官で進められてきた研究が、医療ビッグデータの活用により大きく進展する可能性がある。第二に、医療・介護サービスの提供プロセス自体を大きく変革させることによる患者の QOL 改善の可能性が考えられる。

(1)これまで産学官で進められてきた研究が大きく進展する可能性

創薬・治療法の開発

医療ビッグデータの活用は、特に創薬の分野で期待されている。ビッグデータと AI により、新たな創薬ターゲット探索や既存薬の新たな薬効の発見等が効率的に実施できるようになる。また、治験者のスクリーニングの促進による治験期間の短縮や開発費の軽減にも繋げることができよう。加えて、疾患の重要度や副作用の発現に関係するバイオマーカーの探索による効果予測や、患者を絞った有効率・安全性の向上にも繋がることが期待される。

シミュレーション分野のビジネスが拡大する可能性

治療法や創薬に関しては、シミュレーション分野のビジネスが拡大することも期待できる。レセプトデータ、EMR データを患者単位で時系列に統合することにより、患者単位や集団単位での長期の疾病や病態、薬の影響等のシミュレーションが可能となる。新たな治療法や薬物候補の効果、及び医療費・介護費用の削減効果などの立証には、数多くの被験者を対象とした長期間の臨床研究が必要であるが、大量の臨床データを解析することで予測・評価することも可能となろう。これまで研究機関が中心となって進めてきた研究手法が大きく変わる可能性を有している。

治療の標準化、診断支援

従来、医師の経験に基づいて実施されてきた種々の治療について、データの分析により、エビデンスに基づいた治療の標準化が可能となる。この取り組みは医療の質向上にも資するものと期待されている。また、大量の診断画像に基づく画像診断支援や、診療ビッグデータや文献情報に AI などを適用することで、高精度に診断候補を絞りこむことが可能となる。

医療機関の経営改善

医療事業者にとっては、患者別の病態の推移や疾病別の診療プロセス等の大量データの比較、分析、研究により、自院の治療方法の見直しや改善が可能になるとともに、より費用対効果の高い治療方法の探索や採用を通じて、経営改善に繋げることも期待できる。DPC データと NDB、NCD 等を連携させたデータベースをベンチマークとして活用し、全国の病院と自院の診療実態や治療実績を比較することで医療の質向上につなげることが可能となる。たとえば、手術後の抗生剤の投与日数と感染症発生率のデータをリンクさせることにより、適切な投与期間を判断でき、治療効果の向上に加え不要な投薬の削減によるコスト適正化が可能となり、医療機関の経営改善にも繋がることとなる。

医療保険財政の健全化

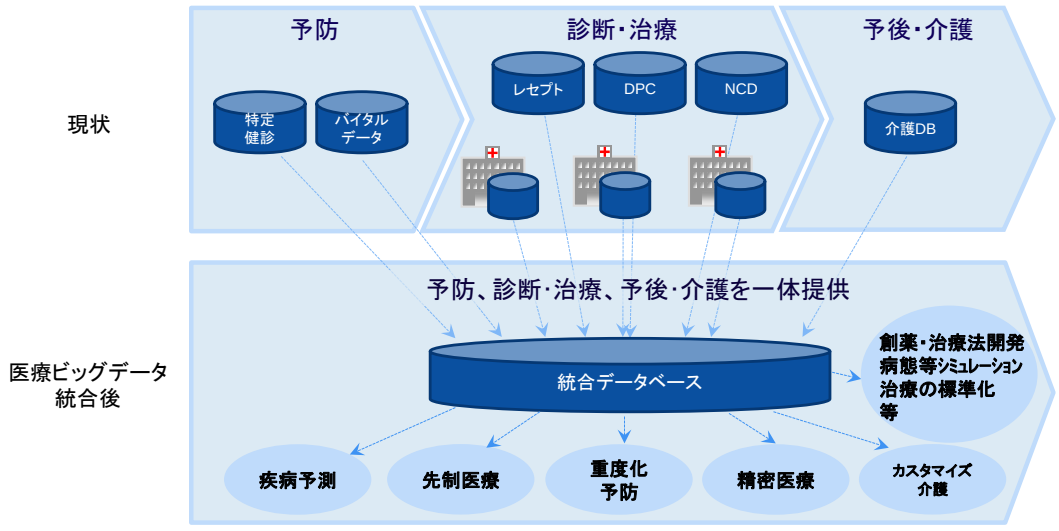
ビッグデータの医療政策への活用例としては、NDB と DPC データを活用した地域医療構想における将来の地域別病床数推計が挙げられる。医療資源の地域偏在等の「見える化」や将来の必要病床数の推計を行うことで、「データ」に基づく政策議論が可能となる。日本は病床配分や医療費の配分（診療報酬）が公定されている一方で、医療提供主体は民間が中心となるため、医療資源の再配分を行うことは容易でない。データに基づく政策議論は、ステークホルダー間の合意の醸成を図る手段となることが期待される。但し、データをベースにしつつも、結局は診療報酬等の政策誘導による機能再編が必要である点は課題として残される。また、臨床データとレセプトデータの突合により、診療報酬改定時の影響分析を行うことで、どういったインセンティブ付けが医療機関の診療行動に影響し、医療の質の向上に資するかが明確化されるなど、より高いレベルでの政策策定への貢献が期待される。

（2）医療・介護サービスの提供プロセス自体を大きく変革させる可能性

医療・介護サービス提供プロセスの統合による患者の QOL 改善

これまでの医療は発症後の治療が中心であったが、医療ビッグデータの解析及び個人の遺伝情報や生活習慣、バイタルデータ等により、高精度な疾患の予測や、発症前のリスクに応じた指導・治療にシフトしていくと見られる。発症後は、個別化された最適な医療サービスを提供することで効果的な治療及び重度化予防に繋げることができる。疾病の発症・重症化リスクや治療の効果は、生活環境や遺伝子のタイプにより異なる場合が多いことが指摘されている。そのため、一般的に治療効果が高いとされる高額な薬剤を一律に提供するのではなく、特定健診データや要介護認定データ、バイタルデータなどを統合したデータベースの分析による、個人に最適化したサービス（予防、診断・治療、予後）の実現が求められる。介護についても同様に、重度な要介護状態に陥らないようなケアプラン、リハビリや日常生活のメニューがカスタマイズされた形で提案されるようになる。このように医療ビッグデータの活用は、これまで分断されがちであった「予防」、「診断・治療」、「予後・介護」を一体的に提供するような仕組みをもたらし、患者の QOL 改善に繋がっていくことが期待される（【図表 7】）。

【図表 7】医療ビッグデータがもたらす医療・介護サービス提供プロセスの変革



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

3. 医療ビッグデータの利活用基盤整備に向けた課題

データ利活用基盤の整備に向けた様々な課題

先に述べた通り、わが国政府も NDB の一部公開や、「次世代医療基盤法」による医療ビッグデータの研究機関等への公開、PeOPLe による患者・国民一人ひとりを中心とした医療データの活用基盤整備など、医療ビッグデータの利活用基盤の整備を進めている。また、内閣府の革新的研究開発促進プログラム（ImPACT）プログラムでは「超ビッグデータプラットフォーム」を活用したデータ収集・解析・処理プロジェクトが様々な成果をあげるなど、医療ビッグデータがもたらすメリットの実現に向け少しずつ前進している。ただし、デンマーク、米国政府によるデータ利活用基盤推進の事例と比較すると、わが国におけるデータ利活用基盤の整備に向けた課題が浮き彫りとなる。

国民に対するメリット･ビジョンの共有化

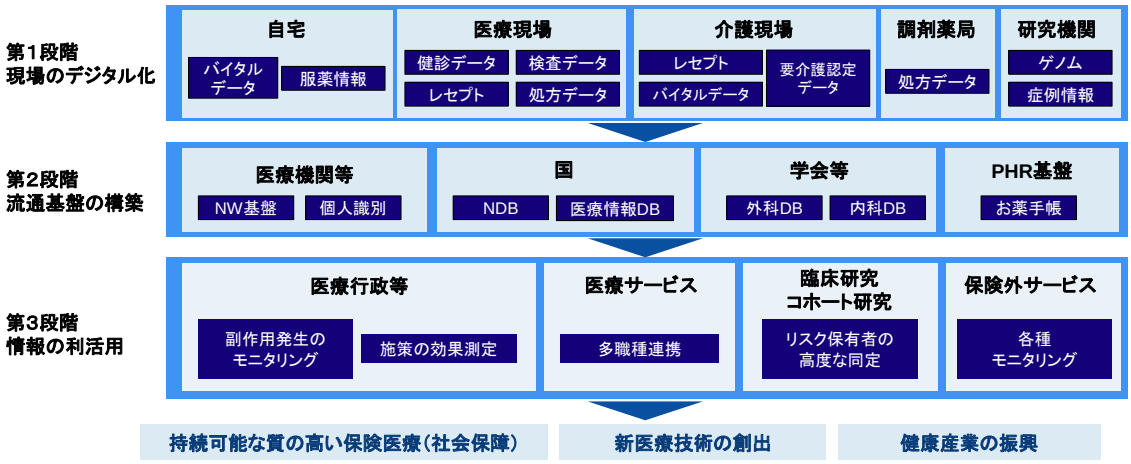
まず第一に、国民一人ひとりが医療ビッグデータの利活用基盤がもたらすメリットを理解し、それを実感できるような仕組みの構築が必要である。国民の理解を得る上でポイントとなるのは、国民へのメリットの提示と情報セキュリティの確保であろう。一方、国民の中ではメリットよりも個人情報保護の議論が先行している感が否めない。改正個人情報保護法により、病歴情報は「要配慮個人情報」に分類され、更に慎重な取扱が求められている。個人を再識別するような行為を防ぐために、匿名加工された情報であっても他の情報とリンクさせることが禁止されている。PeOPLe による情報基盤を普及させる上では、個人情報保護と万全の情報セキュリティ体制は不可欠ではあるものの、情報の利用を過度に制約することは、医療ビッグデータを活用した研究を妨げることにも繋がる。そのため政府には、両者のバランスを取り調整していく役割、特に、国民に対して医療ビッグデータの利活用基盤がもたらすメリットとして、例えば画期的な治療法や医薬品・医療機器の開発だけでなく、個々人のゲノム情報や既往歴、生活習慣などに基づいた個別化医療に繋がることや、生涯にわたって健康に生活するための保健医療専門職からの適切なサポートなどに繋がる仕組みであることを伝え、理解を得ることが必要となる。

現場のデジタル化推進

第二に、医療現場のデジタル化の推進が挙げられる。医療ビッグデータの収集・活用には 3 段階のステップが必要である。即ち、第 1 段階としての「現場のデジタル化」（医療現場での電子カルテ導入、自宅でのバイタルデータ収集など）、第 2 段階としての「流通基盤の構築」（個人識別番号の導入、データベース構築）、第 3 段階としての情報の利活用（多職種連携、臨床研究・コホート研究、副作用発生のモニタリング等）が必要とされている（【図表 8】）。一方、わが国の医療・介護現場においては、先に述べた通りプライマリケアにおける EMR の普及率が低く、介護現場ではスタッフの申し送りが大学ノートに手書きで行われているケースも未だ多い。また、導入済みの EMR の大半は自施設内での活用を主眼として開発されており、情報連携を前提としたフォーマットの統一等は実施されてこなかった。このように、（一部を除いて）現場のデジタル化の進展が遅く、効率化に向けた ICT の導入が指摘されて久しい。現場のデジタル化が進展しない主な理由は、医療・介護事業者側のインセンティブが少ない点にある。EMR 等システムの導入には数十万円から大病院では数億円の負担が必要であることに加え、従来の業務フローを変更する必要もある一方、診療報酬等でこれらが十分に評価されているわけではない。そのため、効率化ニーズの低い小規模な事業者ほど、積極的に投資するインセンティブが低い状況にある。しかし今後、医療・介護提供体制を病院完結型から地域内完結型へと転換し、地域包括ケアシステムの構築を進めていく中で、他施設との連携を進める情報共有システムの構築は不可避である。2014 年 6

月に成立した医療介護総合確保推進法に基づき、各都道府県において医療機関の連携システム構築などが推進されているが、例えばプライマリケアにおける EMR の普及や 2 次利用を前提としたデータの収集を推進項目に織り込むなど、現場のデジタル化を後押しする政府の一層の取り組みが求められる。

【図表 8】医療ビッグデータ利活用に向けた 3 段階のステップ



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

民間企業の創意工夫による“現場のデジタル化”の推進

現場のデジタル化の課題解決は、民間企業のビジネスチャンスでもある。医療・介護の現場が正確な情報を自動で収集することができ、且つ目の前の患者や要介護者にメリットが提示でき、自らが積極的に投資したくなるような商品サービスの開発に期待したい。例えば、介護事業大手の SOMPO ホールディングスでは、トリプル・ダブリュー・ジャパン株式会社が開発した排泄予知デバイスを導入している。超音波センサーで膀胱の動きを検知・分析することで、介護職員は排尿のタイミングをタブレット端末やスマートフォンから事前に確認できるようになり、介護職員の負担軽減に繋がっている。アプリが排泄の時間を記録しているため、現場の職員の負担もなく、データ収集が可能となっている。本ケースのように、データ収集・入力などに現場の負担がなく自立・自走的にデータが作成されていくような、現場の負担が軽減されるような商品・サービスであれば、医療・介護事業者は自ら積極的に投資を進めるであろう。このような 2 次利用を前提としたデータの現場での収集に繋がるような商品・サービスの開発を民間が競い合うような環境を整える上でも、政府にかかる期待は大きい。

ステークホルダー間の利害調整も日本政府に求められる重要な役割

医療ビッグデータの利活用に関しては、ステークホルダーごとに狙いが異なっている。国や保険者は、医療費・介護費用の適正化（増加の抑制）、限られた医療資源の適正配分等への活用を第一に考えている。一方の医療機関は、医療サービスの向上や医療機関の間のネットワーク構築への活用を目指している。このようなステークホルダー間の思惑の違いによって、医療ビッグデータの構築・活用が滞ってはならない。そのため、政府にはデンマークや米国の先行事例で見られるような強いリーダーシップが求められる。

医療ビッグデータを解析する人材の不足に先手を打つべき

我が国において、短期的には医療費・介護費用の適正化、中・長期的には「予防」、「診断・治療」、「予後・介護」の一体的な提供による患者の QOL 向上に向けて、医療ビッグデータの利活用が進展していくとみられる。民間企業が

この領域でビジネスを確立するためにポイントとなるのは、医療ビッグデータを解析する人材の確保・育成であると考える。ヘルスケア分野と統計分野の知識を併せ持つ専門人材は世界的に見ても不足しており、我が国においても人材不足が加速する可能性が高い。民間企業においては、将来の医療ビッグデータの利活用基盤の整備を見据え、人材確保・育成の中・長期的な戦略が求められる。加えて、政府には人材育成に向けた産学連携を推進するなどの後押しが求められる。

4. おわりに

社会保障費の増加抑制や患者の QOL 向上は、高齢化が急速に進展する世界各国において共通の課題となっている。これら課題の解決に向け、各国政府や民間企業が医療ビッグデータの有用性に注目し、解析力を競い合う状況にある中で、我が国は“周回遅れ”の感が否めない。医療ビッグデータの分析がもたらす効果について産・官・学・医が再認識し、先進的な各国の取り組みを倣い、2 次利用を前提としたデータ利活用基盤を早急に整備する必要がある。そのためには国民の理解をもとにルール整備を進めていく必要があり、政府に期待される役割は大きい。

みずほ銀行産業調査部
公共・社会インフラ室　吉田　篤弘
稲垣　良子
高杉　周子
atsuhiro.a.yoshida@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－18. 観光 －デジタルイノベーションが変える観光産業 ～旅行業とホテル業のゆくえ～

【要約】

◆ 旅行者行動における旅前・旅中・旅後の各段階でデジタル化が進展したことで、旅前段階ではオンライン・トラベル・エージェントが伝統的旅行会社から顧客を奪い、旅中ではシェアリング・エコノミーが新たな需要を創出し、旅後では SNS による旅行体験のシェアが旅行需要を生み出している。

◆ デジタル化が変える観光産業のなかで、欧米企業は持続的成長に向けてテクノロジーの利活用を自社のみならず、ベンチャー企業とも連携し進めている。伝統的旅行社は VR や AR といったテクノロジーと店舗を融合させた取組みを行い、旅行需要創出を図っている。ホテル業界でもテクノロジーの活用がレベニュー・マネジメントの高度化や、新たな収益機会の実現をもたらしている。

◆ 日本の旅行業・ホテル業いずれも持続的な成長のためにテクノロジーの利活用が必要不可欠である。そのためには自社リソースにこだわることなく、AI、ビッグデータ等の取組みに長けたベンチャー企業との連携等を進める姿勢が求められる。

◆ シェアリング・エコノミーは、新たな旅中需要を生み出す可能性がある。観光産業の成長を図るために、徒に規制を設け発展を阻害するのではなく、サプライヤーとユーザーの相互評価という自律機能を生かしたコントロールの方向性が求められる。

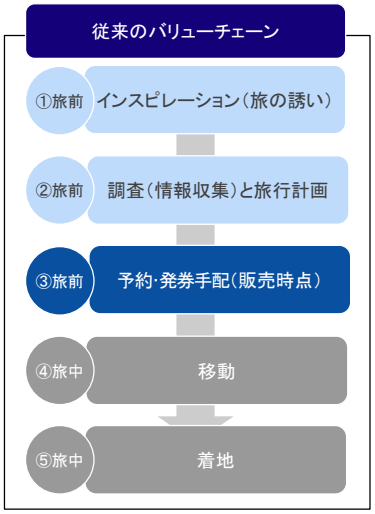
1. デジタル・イノベーションが変える観光産業

(1)デジタル化がもたらした観光産業の変化

観光産業は大量送客が付加価値であり、旅前がビジネスの中心だった

旅行者行動を旅前・旅中・旅後に分類すると、従来、旅行業あるいはホテル業は、基本的に旅前がビジネスの中心であった(【図表 1】)。わが国の観光産業の特徴として、顧客の大多数は日本人で、旅行行動は特定の時期(GW、夏休み等)に特定の地域に訪れるというものであったため、旅行会社は観光地に大量かつ効率的に送客することが付加価値であった。

【図表 1】従来の旅行バリューチェーンと観光産業従事者の関係



	旅行者行動	プレーヤー
① 旅前	・インスピレーション(旅の誘い)	・旅行会社 ・出版社 ・観光協会 等
② 旅前	・調査(情報収集)と旅行計画	・旅行会社 ・出版社 ・観光協会 等
③ 旅前	・予約・発券手配(販売時点)	・旅行会社 ・運輸事業者 ・ホテル
④ 旅中	・移動	・運輸事業者(航空、鉄道、バス、タクシー、レンタカー) ・宿泊・レジャー
⑤ 旅中	・着地	・飲食 ・小売 等

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

時期・時間等で価格が異なるという特徴を持つ観光産業

観光産業は、その時期・時間における空間やエリアを提供するサービスであり、同じ航空券・ホテルでも日時によって異なる需給状況に応じてプライシングを調整するという特徴を持つ。

消費者行動の変化と、旅行における旅前・旅中・旅後のデジタル化が進展

消費者の旅行行動は個人旅行化と目的の多様化が進むとともに、訪日外国人の増加もあり、わが国観光産業の在り方は大きく変わってきている。加えて、近年、旅行の流通チェーンのオンライン化と、スマートフォン等のモバイルの普及により旅前・旅中・旅後のデジタル化が進展し、オンラインを活用した旅行行動が一般化した（【図表 2】）。

デジタル化が情報の非対称性をなくし、旅行会社の需要を奪う

旅前では、デジタル化が観光従事者と旅行者の情報の非対称性をなくし、予約においては、楽天トラベルといったオンライン・トラベル・エージェント（OTA）が価格比較と旅行手配を容易にし、伝統的旅行会社の需要を奪ってきた。さらに現在は、メタサーチ[1]と呼ばれる複数の販売サイトが提供する各種旅行商品をオンラインで一括して検索・比較することができる Web サイトが登場し、その存在感を高め、従来、個社の需給によってプライシングされていたものが、簡単に横比較できるようになっている。

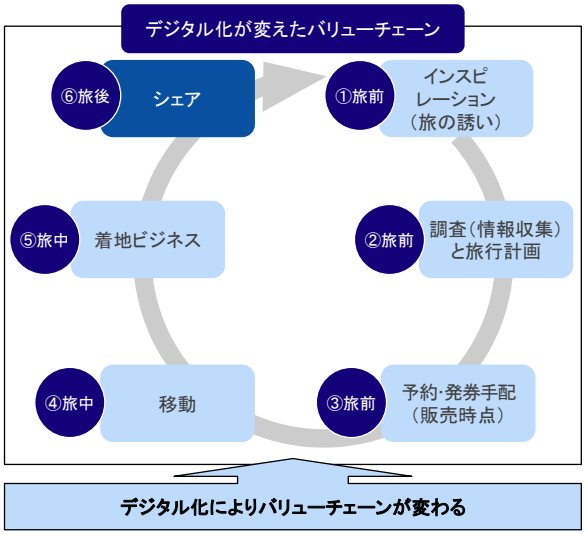
旅中ではアクティビティ提供サイトやシェアリング・エコノミーが登場

旅中では、旅行先での現地ツアーやアクティビティをオンラインで提供するサイト[2]が登場しており、旅行者のコト消費需要の獲得を進めている。また、Airbnb といったシェアリング・エコノミーの登場は、空いているモノ・人・時間の稼働を高め、旅中での新たな需要と供給を生み出している。

旅後では SNS が活用され、新たな旅前需要を創出

旅後では、Twitter、Facebook 等の SNS を通じた旅行体験の共有や個人ブロガー等の情報発信がなされ、それらが新たな旅の誘いを創出している。今後は、SNS 等を活用した既存 OTA を経由しない旅行販売も出てくるであろうし、さらにビッグデータや AI（人工頭脳）を組み合わせ、OTA にはできない自然言語による旅行検索と販売もテクノロジーの進化により可能になると思われる。

【図表 2】デジタル化によるバリューチェーンの変化



	旅行者行動	デジタル化の流れ
① 旅前	• インスピレーション（旅の誘い）	• インターネット広告、SNS等
② 旅前	• 調査（情報収集）と旅行計画	• インターネットの登場により情報の非対称性が減る
③ 旅前	• 予約・発券手配（販売時点）	• OTA、メタサーチの登場 • サプライヤーの自社サイトによる直接販売
④ 旅中	• 移動	• カーシェア・ライドシェア • 配車アプリ
⑤ 旅中	• 着地ビジネス	• アクティビティ提供サイト等の出現 • シェアリング・エコノミー
⑥ 旅後	• シェア	• SNS

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

[1] 世界の主なメタサーチに Skyscanner、Kayak、Trivago、TripAdvisor 等が、日本の主なメタサーチにトラベルコちゃん等がある。
[2] 日本では Voyagin（2015 年に楽天が買収）や、アソビュー（2015 年に JTB が資本参加）等がある。

欧米企業を中心にイノベーションの取組みが加速

OTA やメタサーチ、シェアリング・エコノミー、SNS 等の新たなテクノロジーが観光産業の在り方を大きく変えているなかで、欧米企業を中心にイノベーションへの取組みが加速している。背景には、デジタル化が情報の非対称性を奪うとともに旅前・旅中・旅後間の業際をなくし、また、流通と価格決定権を OTA やメタサーチといった新たなテクノロジー企業が奪っていくなかで、旅行という大きなバリューチェーンにおいて既存事業の延長線では持続的な成長が困難になるという危機感がある。

ここからはそれら取組みのなかで注目されるものを紹介しながら、日本企業への示唆を検討したい。

（2）欧米企業によるデジタル・イノベーションへの取組み

①Tui の実店舗とテクノロジーを融合した旅行需要創出への取組み

伝統的旅行会社もテクノロジーを活用した取組みを進める

インターネットが旅行者の情報収集を容易にし、OTA やメタサーチが価格比較を容易にしてきたなかで、旅行会社がパンフレット等を用いながら店舗で行う営業活動の優位性は失われてきている。一方で、OTA 等が提供する機能は基本的に航空券やホテル、旅行商品の予約・販売だけなのに対し、実店舗は旅行者に直接アプローチできるという利点を持つ。その利点を活かしながら VR（仮想現実）や AR（拡張現実）といったテクノロジーを活用した新たな店舗の在り方の模索も始まっている。

VR や AR を活用することで顧客体験の向上を図る

欧州大手旅行会社である独・Tui は、店舗を販売とパンフレット流通センターとしての位置づけから顧客体験センターへの転換を進めている。具体的には、タブレット操作による旅行先の検索やビデオ紹介に加え、VR や AR 機器等を用いることで店舗内で旅行の疑似体験を可能にし、需要獲得を図るものである。またトラベル・ラボラトリー（旅行実験室）を社内に立ち上げ、今後の経営に不可欠なデジタルテクノロジーと、同社が有する 2,000 万人の顧客データベースの分析を含めた顧客ニーズの研究を進め、旅前から旅後までのサイクルのなかで顧客体験を向上させる旅行商品の開発を目指している。

テクノロジーが新たな需要を創出する

これらテクノロジーを活用した新しい店舗作りがもたらす効果として、VR や AR を活用した体験が新たな旅行需要の喚起につながるということが挙げられる。JTB 総研の調査によると、映像を見て実際に行かずに満足する人は 6.0%と少数であり、44.5%は行きたい気持ちがより高まるとされる[3]。

旅前需要をテクノロジーで作り出すことで垂直統合の商品開発を可能にする

Tui は伝統的旅行会社として旅行者と目的地を結びつける役割を有するとともに、自社グループにツアーオペレーション機能とホテル事業及びクルーズ事業を持ち、垂直統合で旅行商品を造成できる強みを持つ。Tui のテクノロジーを活用した新たな店舗開発の取組みは、OTA やメタサーチ等が旅前段階での顧客獲得を進めるなかで、これらに対抗すべく自社で旅前需要を創出するという取組みであり、伝統的旅行会社の新しい形や店舗戦略を模索しているものと言えよう。

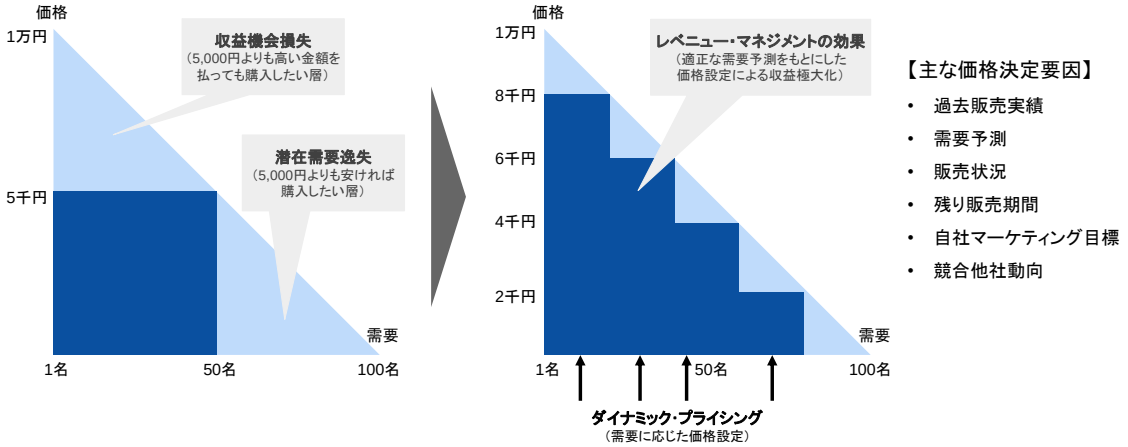
[3] JTB 総合研究所「スマートフォンの利用と旅行消費に関する調査（2016）」（2016 年 11 月 10 日）

②テクノロジーを活用したレベニュー･マネジメントの高度化

ダイナミック･プライシングとレベニュー･マネジメントが旅行業界では行われている

航空座席やホテル客室等は、ある時点で空きが出ると無価値になってしまう商品（サービス）という性質を持つ。そのため航空会社やホテルでは、需要状況に応じて価格の変動を図るダイナミック･プライシングの手法を活用しつつ、収益の極大化を図るレベニュー･マネジメントを行っている。一般的には、価格設定にあたり過去実績に基づく需要予測と販売状況等を踏まえ、座席･客室タイプごとに販売数や価格を最適化することを図る。近年、ホテル業界等においても、ビッグデータの活用がプライシングモデルの精緻化をもたらしている（【図表 3】）。

【図表 3】レベニュー･マネジメントの効果



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

テクノロジーを活用したレベニュー･マネジメントの高度化

ここでは大手 GDS[4]の 1 社であるスペイン･Amadeus と米国 LCC･JetBlue のコーポレート･ベンチャー･キャピタル（CVC）[5]の投資先のなかで、テクノロジーを活用することでレベニュー･マネジメントの高度化を実現させる企業を紹介すると共に、両社の取組みから得られる示唆を考えたい。

ビッグデータや AI を用いてコスト削減を実現させるテクノロジー企業 Yapta

Amadeus の CVC の投資先の 1 社である「Yapta」は、企業及び個人向けに航空券やホテル価格をベストレートで予約することによる旅行コスト削減システムを提供している。同社は、ダイナミック･プライシングにより日々各社で変動する価格に対して、ビッグデータや AI を用いた自社システムによって需要を予測し、最適な予約タイミングを顧客に提示することで、旅行コストの削減という価値をユーザーに提供している。具体的には、顧客が予約した航空券やホテル価格の値下がりを AI により判別させるとともに、顧客に通知し再予約させることでコスト削減を可能にしており、同社では平均で航空券$260/券、ホテル$109/日のコスト削減に成功したと公表している。同社は GDS と連動したホテルの再自動予約システムの開発を進めており、航空券と合わせ自動での旅費削減を実現させることを目指している。Amadeus のこの取組みは、LCC の発展により個人がインターネットでダイレクトに発券することが増えているなかで、

[4] Global Distribution System。世界中の航空会社、ホテル、レンタカーなどの予約･発券ができるコンピュータシステムであり、世界各国の旅行会社に設置もしくは旅行会社の予約システムと接続し販売されている。航空会社、ホテル、レンタカー会社の予約システムと接続されており、リアルタイムでの予約を可能にしている。西･Amadeus のほか、英･Travelport、米･Sabre が有名。

[5] 事業会社が自己資金によって自ら投資活動を行うための機能を持つ組織。投資家から資金を集めキャピタルゲインを狙う一般的なベンチャーキャピタルと異なり、CVC では本業との事業シナジーを求めて運営されることが多い。

同社のトラベル・ベンチャー・ファンドからの出資による Yapta との連携を通じ、対個人に対するビジネス機会の拡大も意図しているものと言える。

稼働率 100%超を実現させる RECHARGE のサービス

JetBlue の CVC「JetBlue Technology Ventures」の投資先の 1 社である「RECHARGE」は、ラグジュアリーホテルの時間貸サービスを提供しており、稼働率を 100%超にすることを可能とし、ホテルに新たな収益機会の創出をもたらしている。

テクノロジーを活用することでレベニュー･マネジメントを超えた収益機会の創出を実現

ホテル業界におけるレベニュー・マネジメントの取組みとその効果については既に述べたが、ホテルの 1 日あたりの販売可能客室数には限りがある。RECHARGE の持つ機能を活用することで、これまで 1 部屋が 1 日で得られる収益機会が 1 度だったものを、複数回得られるようにすることで、レベニュー・マネジメントを超えた収益極大化を可能にする。一般的にホテル客室は、夕方にチェックインし、翌朝にチェックアウトされるケースが多く、1 室を 1 日単位で見た場合、稼動には空き時間が多くある。RECHARGE はその空き時間に着目し、ラグジュアリーホテルの広い客室や充実した設備利用に対する細分化されたニーズを掘り起こすことで、ホテルの新しい需要を創出している[6]。

GDS 業界もベンチャーへの関与を強めテクノロジーの脅威に立ち向かう

Amadeus の属する GDS 業界は、足下旅行業界の流通において強い存在感を持つ[7]。一方で、デジタル化により航空会社やホテルは自社サイトでの直接販売を強化し、GDS 中抜きによる収益の極大化を図っており、流通チャネルにおける GDS の優位性は失われてきている。このような事業環境のなかで同社は CVC を立ち上げ、ビジネスとレジャーの旅行者の体験価値を高めるテクノロジーを持つスタートアップ企業を投資ターゲットとし、自社の事業領域への脅威となるテクノロジー・ベンチャーへの関与を強めており、2017 年 8 月現在、7 社への投資実績を持つ（うち 2 社はエグジット済み）。

事業ドメインを限定することなくテクノロジーを活用した成長を模索する JetBlue の取組み

デジタル・イノベーションの動きは、航空会社といった輸送オペレーターにとっても旅行のバリューチェーンにおける事業ドメインの在り方に一石を投じている。JetBlue は、自社を旅行オタク（travel geeks）として、航空事業に限定せず、ホスピタリティ、地域交通、オペレーション等、旅行に関連するあらゆるテクノロジーを投資対象とし、RECHARGE の他、旅行先でのラストワンマイルの移動手段を検索・提案する「Mozio」等、2017 年 8 月現在、8 社へ投資をしている。

両社の取組みは日本企業にとってテクノロジーへの向き合い方として注目すべき

Amadeus、JetBlue 両社の取組みから見えてくるものは、テクノロジーの進展が観光産業の業際をなくしていくなかで、ベンチャー企業と連携することで旅行というバリューチェーンにおいて脅威に立ち向かい、あるいは自社の事業領域拡大を図っていることである。テクノロジーへの観光産業の向き合い方として注目すべきだろう。

③シェアリング･エコノミーが生み出す新たな旅中需要

日本での民泊利用は着実に広まっている

日本においては、民泊サイトとして認知度が高まっている米・Airbnb は、2016 年に同社を使った民泊利用者が 370 万人（前年比+180%）だったと発表するなど、わが国における民泊利用は着実に広まっている。

[6] RECHARGE の HP には、ランニング後の休憩のための利用等が紹介されている。
[7] GDS は航空券に加え、宿泊施設やレンタカーなどのノンエアーの販売まで手がけ、宿泊施設市場における GDS のシェアは 17～21%と言われている（牛場春夫他「日本のオンライン市場規模調査 第 3 版」（2016 年）ブックウェイ p.179）。

シェアリング･エコノミーが新しい旅中需要を創出

空いている家の宿泊施設としての提供と、それに伴う住環境やホテル業界等への影響がクローズアップされがちの Airbnb であるが、観光産業において新たな旅中需要を生み出しているという点も見逃してはならない。シェアリング・エコノミーによって空いているモノ（家やクルマ）だけでなく、時間や空間、人の供給力向上と新たな需要及びビジネスの創出が可能になった。

シェアリング･エコノミーが持つ相互評価による市場原理が新しい需要を生み、個人の観光産業への参入を促進させた

Airbnb はトリップ（Trips）という体験プログラムのプラットフォームも提供しており、そこには街歩き体験や料理体験、農場体験等、あらゆるコンテンツが掲載されている。それらを提供するのは事業会社ではなく主に一般市民であることも特徴である。また、プラットフォームを介したサプライヤーとユーザーの相互評価という自律的な仕組みもできており、市場原理に応じた競争がなされることで、誰もが手軽にビジネスを始められ、これまで活用されることのなかった個人のアイデアが新しい旅中需要を生み出すというプラス効果をもたらしている。

2. 持続的な成長に向けた日本の観光産業におけるテクノロジーの活用の方向性

（1）日本の旅行業・ホテル業の課題

旅行業とホテル業の成長のためにデジタル･イノベーションの取組みが不可欠

旅行のバリューチェーンがデジタル化により変わったことで、日本の伝統的旅行会社のビジネスモデルは岐路に立たされている。OTA 以外が主要な統計対象となっている観光庁の主要旅行業者取扱額によると、2016 年度の取扱額は合計で前年度比▲2.3%となった。最大手 JTB の取扱額は▲5.9%、KNT-CT ホールディングスは同▲5.1%と、伝統ある実店舗を有する旅行会社が軒並み苦戦している。一方で、OTA は取扱額を大きく伸ばしており、最大手・楽天の 2016 年度取扱額は前年度対比+11.8%、金額でも JTB に次ぐ第 2 位となったほか、DeNA トラベルも同+11.6%と取扱額を伸ばしている。

伝統的旅行会社は実店舗や販売戦略の在り方について再考が求められる

伝統的旅行会社が OTA にその需要を奪われていくという構図は、変わることはないだろう。調査会社ユーロモニターによると、旅行会社の取扱総額は 2015 年から 2020 年にかけて CAGR+0.8%と緩やかな成長を予想しているが、オフラインの取扱額は同▲1.9%とマイナス成長を、オンラインは同+4.4%のプラス成長を予想している。伝統的旅行会社は、実店舗やインターネットでの販売戦略の在り方について再考が求められよう。

ホテル業界の事業環境は楽観視できない

ホテル業界は、訪日外国人の増加もあり足下好調だが、ホテル開発計画は増加傾向にあり、中長期的には過剰供給が懸念される。加えて、異業種からの新規参入や民泊利用も増加するなかで、事業環境は楽観視できない。

日本企業の持続的な成長のためにデジタル･イノベーションの取組みは不可欠

デジタル化が旅行者行動に大きな変革を与え、ビッグデータや AI が、高度な需要予測、ダイナミック・プライシング及びレベニュー・マネジメントを可能にし、シェアリング・エコノミーが新たな旅中需要を生み出すなど、観光産業はデジタル・イノベーションにより大きく変革している。日本企業の持続的な成長のためには、デジタル・イノベーションへの取組みは不可欠と言えよう。

（2）観光産業におけるデジタル・イノベーションへの向き合い方

旅行業界は自社リソースにこだわらないテクノロジーの活用が急務

旅行業界はテクノロジーの活用が急務であり、各社とも自社サイトへの投資等を進めているが、海外 OTA、メタサーチも同様に、あるいはそれ以上の投資をしているなか、独自での強化には限界があろう。旅行業界が従来有していた旅前での優位性が失われてきた現状を踏まえ、いかに旅前から旅後まで一気通貫で需要を取り込んでいくかが問われている。口コミ等のビッグデータを用いたニーズとウォンツの分析や、AR や VR といった技術を活用した新たな需要創出へのアプローチ等、できることは多いと思われる。

旅行会社にはテクノロジー企業との連携による弱みを補完と、旅行需要の掘り起こしが期待される

ただし、日本の旅行会社が、ニーズとウォンツの分析を自社に蓄積されたデータだけでは行うには限界があると思われ、OTA やメタサーチ、SNS にも蓄積された外部データの活用が求められる。また、AR や VR といったテクノロジーの利活用を自社だけで取組むことも困難だろう。一方、日本の旅行会社は、未だ各観光地のホテルや旅館への送客における存在感は強く、また旅中におけるコンテンツを見つけ、磨く力も有していると思われる。自社の強みを活かし、弱みを補完する観点から、ベンチャー投資のみならず様々なテクノロジー企業との連携にまずは挑戦してみる姿勢がより求められるだろう。

ホテル業界はレベニュー･マネジメントの高度化に向けたベンチャー企業との連携が求められる

ホテル業界においても、デジタル化の進展により従来の需要予測ではなく、OTA やメタサーチ、あるいは SNS 等のビッグデータと AI を活用した需要予測、並びにダイナミック・プライシングとレベニュー・マネジメントの巧拙がより競争力を分けることになろう。自社による蓄積データ分析の巧拙が収益性を分けた時代から、SNS、クレジットカード等、自社以外のデータソースも合わせた分析も試みられる時代となっている。一方で、日本の宿泊業界のレベニュー・マネジメントの取組みは、欧米のそれに比べ遅れていると言われ、未だ勘と度胸での値付けがなされる場面もあると聞く。自社だけでのシステム構築や分析では限界があると思われ、技術を持ったベンチャー企業等との連携等により欠けている部分を補い、競争力を高めていくことが求められよう。

観光資源を生かす視点からのシェアリング･エコノミー利用が重要

シェアリング・エコノミーの登場は、観光産業に一般市民という新たなサプライヤーを誕生させている。多様な観光資源を持つわが国の高いポテンシャルをさらに生かすという観点から、コト消費における新たなビジネスの創出を可能にさせるシェアリング・エコノミーの活用は重要な視点と言える。

シェアリング･エコノミーの持つユーザー･サプライヤーの相互評価を生かしたコントロールが求められる

足下、民泊に対しては事業者の届出制や宿泊数の制限（180 日以内）という規制がなされ、ライドシェアに対しては現状過疎地等での代替交通手段としての実証実験の位置づけにとどまっている。既存事業者にとってシェアリング・エコノミーによるサービス提供は、規制の網にかからない新規参入として公正な競争を阻害する存在という側面は否定できない。一方で観光産業の振興という観点からは、新たな宿泊需要やコト消費を生み出すというプラスの側面も多いと考えられる。観光産業の成長を広く日本全国に波及させるためにも、徒に規制を設け発展を阻害するのではなく、ユーザーとサプライヤーの相互評価という自律機能を生かしてコントロールするという方向性が求められるのではないか。

3. おわりに

観光産業の更なる成長のためにテクノロジーの活用は不可欠

安倍政権では観光を「地方創生」への切り札、GDP600 兆円達成に向けた成長戦略の柱と位置づけている。観光はわが国に残された数少ない成長産業のひとつであり、また、世界的にも成長が期待されている産業である。また産業構造が、製造業中心からサービス業中心にシフトし、観光産業においてもその高度化が求められるなかで、テクノロジーによる活性化は不可欠なテーマと言えよう。

観光地単位でもビッグデータやAIの活用が求められる

本章では主に旅行業とホテル業におけるデジタル・イノベーションの取組み事例と日本企業に求められる方向性を示したが、観光産業全体でのテクノロジーの活用に向けた論点も多い。観光地では従来、旅行会社の送客に依存していたため効果的なマーケティング施策を打つことができず、往時の賑わいが失われたところも多い。旅行者の嗜好の多様化に対応し、マーケティング戦略を効率的かつ高度に行うためには、ビッグデータの取得やAIを活用した旅行者行動の分析や需要予測が不可欠であり、各観光地もテクノロジーの利活用が求められよう。

みずほ銀行産業調査部
公共・社会インフラ室　工藤　和仁
Kazuhito.kudo@mizuho-bk.co.jp

Ⅱ－19. 金融 －FinTech 時代における金融機関の戦略

【要約】

◆ 「デジタル・トランスフォーメーション」の波が金融業界に到来し、FinTech の台頭をもたらしている。その背景には、ビッグデータや人工知能等の分析技術の進化があり、金融サービスにおけるデータの利活用が進展している。

◆ データ利活用が進む金融業界において、海外のプレーヤーは競争優位の確立へ向け、データを収集・分析・活用するプラットフォームの構築と、それを基盤とするエコシステムの形成を推進している。プラットフォームの構築に向けた取り組みのあり方として、垂直統合モデルとマーケットプレイスモデルがあり、各社は自らの事業環境を踏まえてそれらを選択している。

◆ また、データを利活用した金融サービスの普及は、利用者の金融サービス利用を促進し、金融機関選択に変化をもたらすほか、FinTech 企業の金融サービスへの参入を促進すると考えられ、金融業界のエコシステムが変化していくことが予想される。

◆ 国内においては、現金決済を中心とする商慣習や FinTech 企業の少なさを背景に、海外と比較して金融サービスのデジタル化の動きは緩慢となっている。しかしながら、政策面のサポート等を受け、今後はキャッシュレス化や FinTech 企業の事業環境整備の進展が期待される。国内の各プレーヤーにおいては、新たな金融エコシステムにおいて自らが目指す方向性を明確にした上で、それに向けた取り組みを加速させることが求められよう。

1. IT 技術の進化に伴う金融サービスの変化

「デジタル・トランスフォーメーション」の波が金融業界に到来

近年、IT を活用した新たな金融サービスである FinTech は世界中で注目を集め、一部の新興国では金融システムの一翼を担うまでその勢力を拡大させている。FinTech の台頭は、「デジタル・トランスフォーメーション」の波が金融業界に到来したことを示すものであり、金融サービスのあり方に大きな変化が生じつつある。

IT の進化は、「情報の取得」と「取得した情報の活用」という二つの観点において変化をもたらす

「必要なサービスを、必要な形で、必要なときに、より安い価格で利用したい」というリテール金融サービスに対するニーズは、これまで充足されてきたとは言い難い。従来のリテール金融サービスは、属性情報および信用情報に基づき利用者を大きなセグメントで捉えた、画一的なサービスの提供が中心であり、利用者一人ひとりのニーズや信用力にきめ細やかに対応するには、銀行員等が時間・費用をかけて利用者に係る情報を収集・分析する必要があったためである。しかしながら、近年の IT の進化は、「情報の取得」と「取得した情報の活用」という二つの観点において変化をもたらしている。具体的には、決済手段が現金・小切手から電子決済へシフトし、EC、IoT、SNS 等が普及・進展することに伴い、多くの個人・企業の行動の情報がデータとして取得可能となった。さらに、人工知能等の分析技術の進化は、これまで分析・活用が難しかった非構造データを含む多様なデータを、短時間で分析・活用することを可能とした。こうした技術の進化は、利用者のニーズや信用力を即時に分析・理解することを可能とし、利用者に対してパーソナライズされたサービスを最適なタイミングで提供するという価値をもたらしている。

FinTech 企業および既存金融機関において、金融サービスにおけるデータの利活用が進む

こうした機会にいち早く取り組んだのが、FinTech 企業である。FinTech 企業は、SNS 等のソーシャルデータや商流情報等、多様なデータを活用することで、低金利の融資といった廉価で高利便な金融サービスを実現し、既存金融機関の事業領域へ参入している。一方で既存金融機関においてもデータの利活用は広がりつつある。このような環境変化の中においては、付加価値の源泉であるデータを収集・分析・活用するためのプラットフォームの構築と、それを活用したサービスを提供するためのエコシステムの形成が重要となってくる。本章では、すでに先行する各プレーヤーがどのようにデータを収集・活用し、利用者利便の向上に繋げているかについて事例を採り上げ、国内金融機関が採るべき戦略について考察する。

2. 金融業界における競争戦略

(1)データ・プラットフォームの活用

既存プラットフォームの活用が一手

まず自社グループ内に、既に巨大なデータを保有する事業やプラットフォームを有する場合、そのデータの活用を通じて競争力のある金融サービスを提供することができる。中国の Alibaba Group(阿里巴巴集団)の金融子会社 Ant Financial(蚂蚁金服)は、同グループが運営する様々なサービスを通じて集積されたビッグデータを活用し、融資を提供している。同社の Ant Micro Loan(蚂蚁小贷)は、同プラットフォーム上に蓄積された店舗の等級、口コミ、取引履歴、人気度といった 100 以上のデータを活用することで、同プラットフォーム上で事業を行う中小企業・個人事業主に対し、たとえ銀行から融資を受けるのが難しい場合であっても、1 融資あたりわずか 1 分で与信可否を判断し、融資を実行することができる。

一部金融機関では、自らプラットフォームを構築

一方、自社グループがこうしたプラットフォームを既に有しているケースは多くなく、一部の事業者では、自らデータ蓄積のために新たなプラットフォームの構築と、そこに蓄積されたデータの利活用を進めている。以降では、プラットフォーム構築に取り組む先行事例のうち、プラットフォームからサービス(コンテンツ)まで垂直統合モデルのエコシステムを形成する JPMorgan Chase(以下、Chase)と、自らはサービスを保有せず、サービス提供者と利用者の取引の場を提供するマーケットプレイスモデルを採用する Fidor を採り上げる。

(2)垂直統合モデルを推進する Chase の取り組み

Chase は巨大な顧客基盤を保有

米大手銀行の Chase は、全米の約半数の世帯に対し、約 5,000 の支店および非対面チャネルを通じて、預金、決済、資産運用等幅広い金融サービスの提供を行っている。

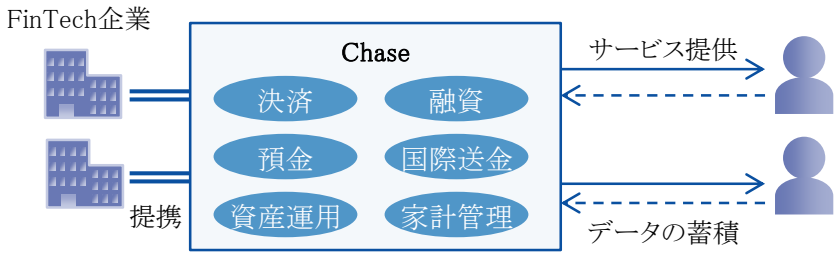
Chase は垂直統合モデルを採用

多様な金融サービスの提供において、同行はプラットフォームからサービスまで全て自前で構築する垂直統合モデルを採用している(【図表 1】)。サービス開発にあたって FinTech 企業等が有する技術・サービスを活用するものの[1]、サービスは全て Chase ブランドで提供される。一般に、垂直統合モデルは、ブ

[1] 例えば、決済分野では QR コード決済アプリを提供する LendUp と提携し、また融資分野では OnDeck が提供する与信モデルを取り入れる等により、サービスの高度化を図っている。

ランドコントロールやセキュリティ、サービス設計の自由さの面において優位性がある一方、多数のサービスを自社開発するにあたって多額の投資が必要となるため、十分な投資余力や、それを回収するだけの顧客基盤が必要となると考えられる。同行が本戦略を採用できた背景には、既に巨大な顧客基盤を有しており、スケールメリットを享受できる目算があったことなどが考えられる。

【図表 1】Chase が形成するエコシステム

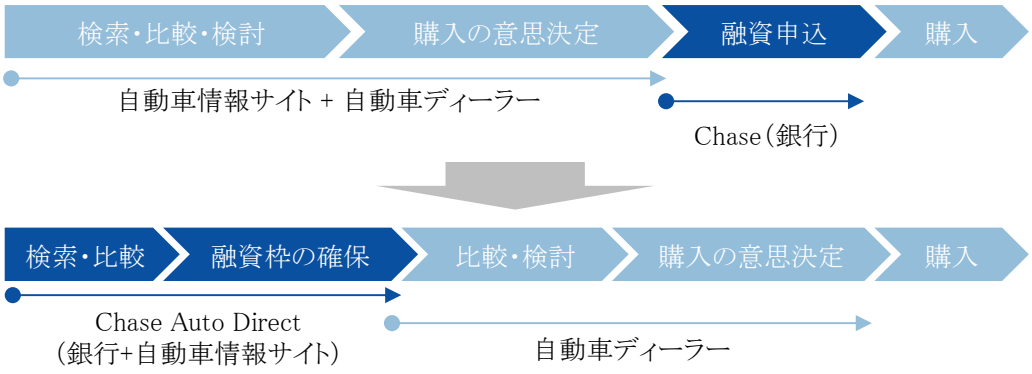


（出所）みずほ銀行産業調査部作成

金融取引履歴を活用し、自動車購入プロセスを効率化

同行が提供しているサービスの一例として、自動車情報サイト TrueCar との提携により 2016 年夏に上市した自動車ローン（Chase Auto Direct）を紹介する。Chase の ID により同サービスのサイトにログインした場合、同行に蓄積された顧客の金融取引履歴データや属性データと TrueCar が保有する自動車に関するデータから、希望する車種を購入する際のローン借り入れ可否および金利を即時に判断し、自動車購入の意思決定前に融資枠の確保が可能となる（【図表 2】）。通常の自動車購入の意思決定後に融資申込みを行うケースでは、金融機関によりローンが謝絶された場合、そこに至るまでのプロセスに無駄が発生する。当該意思決定前に自動車ローンの承認を提供することで、自動車購買プロセスの効率化という価値を顧客および自動車ディーラーにもたらした。本サービスは、同行が垂直統合型モデルで構築した幅広い金融サービスの提供を通じて、顧客の多様な金融取引履歴データを蓄積し、それらを分析・利活用することにより実現されているものと考えられる。

【図表 2】Chase Auto Direct による自動車購買プロセスの変化



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

(3)マーケットプレイスモデルを採用する Fidor の取り組み

Fidor はマーケットプレイスモデルを採用

一方 Fidor は、マーケットプレイスモデルを採用することで、比較的小規模な企業でありながら、顧客情報の収集プラットフォームおよびそれを基盤としたエコシステムの構築に成功している。

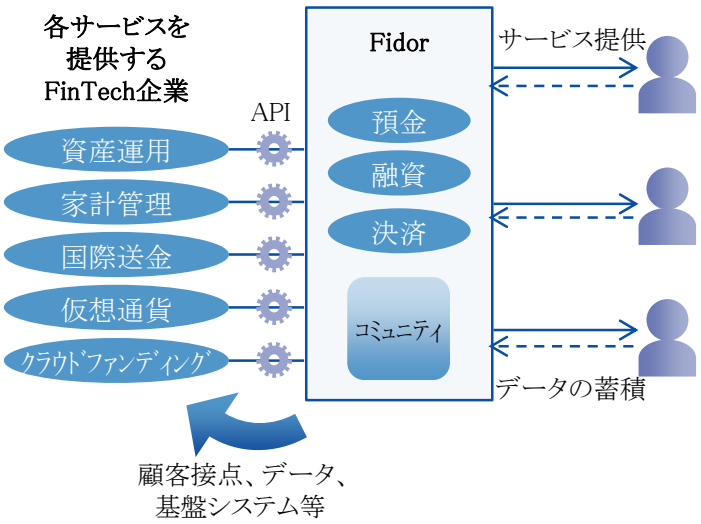
ドイツ発のデジタルバンク

Fidor は、ドイツで創業したデジタルバンクである。2009 年に銀行免許を取得し、現在ドイツおよび英国で銀行ビジネスを展開している。従業員数は約 100 人弱と小規模ながら、約 8 万人の顧客にフルバンキングサービスの提供を行っている。

マーケットプレイスモデルを採用し、API を介して FinTech 企業と連携

同行のビジネスモデルの特徴は、自らを金融商品のマーケットプレイスと位置づけている点にある。同行が自ら開発・提供するのは、預金口座や決済機能、融資といった基本的な商品にとどまる。その一方で、同行は独自の API を整備し、顧客が同行を通じて 40 以上の FinTech 企業のサービスにアクセスできる体制を構築することで、顧客の多様な金融ニーズへ対応している(【図表 3】)。マーケットプレイスモデルの構築において、より多くの FinTech 企業が同行のエコシステムに参加できるよう、同行は BaaS モデルを採用した。BaaS とは、Banking as a Service の略語であり、決済システム等のバックエンド機能を有していない FinTech 企業に対し、必要な銀行機能の一部をサブスクリプション方式(有償)で提供する仕組みである。具体的には、Fidor からは勘定系等のトランザクション処理機能やブッキング機能等が共通のサービスとして提供され、FinTech 企業はそれらの基盤上に自らのアプリを構築している。

【図表 3】Fidor が形成するエコシステム



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

オンラインコミュニティの設置

また同行は、顧客同士が自由にコミュニケーションを行うためのオンラインコミュニティを設置している。そこでは、顧客がサービスの利用方法等に関して互いに質問・アドバイスを行ったり、サービスのレビューを行ったり、新しい商品の提案を行ったりすることが奨励されており、こうしたコミュニティを活性化させる行為に対して金銭的なインセンティブが付されている。

上記二つの仕組みにより低コストで多様なデータを収集し、活用することで「60 秒銀行」を実現

これら二つの仕組みから生じるメリットは、低コストで多様なデータを収集できる点にある。マーケットプレイスモデルを採用することで、投資額を抑制しつつ多様な金融サービスの提供が可能となる。実際に、Fidor の 1 顧客あたり IT コストは 15 ドルと、他の銀行の 10 分の 1 以下の水準となっている。また、顧客同士のコミュニティはカスタマーサポートを代替し、コールセンターの設置コスト削減に寄与した。その一方で、顧客が同プラットフォーム上で行うあらゆる金融取引の情報や、コミュニティにおける発言や振る舞いといった非金融取引データは全て Fidor に蓄積される。同行は、それらのデータをリアルタイムに一元管理し、AI による分析を行うことで、顧客へのマーケティングおよびサービス提供に活用している。具体的には、同行は同データに基づき顧客に最適な金融サービス（同行が提携する FinTech 企業が提供するサービスを含む）を薦めるほか、顧客同意の下で提携先の FinTech 企業が顧客に対し、同データの活用により利便性の高いサービスを提供することをサポートしている。与信審査においては、同データを活用することで貸倒率を 5.9%から 0.4%まで引き下げる一方、申込み～審査～着金まで 60 秒以内に完了する FidorEmergency Loan を提供し、顧客利便を向上させた。同行は、「Process beats Price（プロセスは価格に優先される）」の信念の下、全ての金融サービスを 60 秒以内に完結させるという「60 秒銀行」のコンセプトを打ち出しているが、それを可能とするのは、同行に蓄積された大量の顧客データと同行の高い分析技術である。

（4）ビジネスモデルの比較

垂直統合モデルとマーケットプレイスモデルの比較

Chase と Fidor の事例から、垂直統合モデルとマーケットプレイスモデルについて比較する（【図表 4】）。垂直統合モデルでは、サービス設計の自由度等の面で優位性がある一方、多数のサービスの自社開発が必要であるため、投資余力があり、また投資回収に資する巨大な顧客基盤を有する大手銀行等が採り得る戦略となる。その一方で、今後新たに金融事業へ参入するプレーヤーや、今後提供サービスを拡大したいと考えるネットバンク等は、大きな投資を必要としない Fidor のようなマーケットプレイスモデルを採択すると考えられる。

【図表 4】プラットフォームの比較

	垂直統合モデル（Chase）	マーケットプレイスモデル（Fidor）
投資規模	• 多数のサービスを自社開発するため、多額の投資が必要	• サービスは他社が提供するため、投資はプラットフォーム構築のみ
提供サービス	• 提供できるサービス数は、投資規模に依存 - 市場規模の大きいマス顧客向けや、収益性の高い富裕層向けが中心となる傾向 • 同一方針に基づくサービスの開発・提供であり、サービス間の連携も容易 • 自らサービスを構築するため、独自性を追及することが可能	• FinTech企業との提携を拡大することで、多種多様なサービスの提供が可能 - ニッチなニーズへの対応も可能 • 各サービスのコンセプト・設計等は、各FinTech企業ごとに異なる • 提携先FinTech企業が、同じサービスを他プラットフォームにも提供する可能性あり
サービスのブランド	• 全てのサービスはChaseブランドで提供される	• 各サービスについては各FinTech企業のブランドで提供される
提携先FinTech企業の傾向	• サービスはChaseと共同開発するため、要素技術を持つ企業	• FinTech企業のサービスをそのまま顧客に提供するため、競争力のあるサービスを持つ企業
同モデルを採るプレーヤー（予想）	• 投資余力・顧客基盤の比較的大きい大手銀行等	• ネットバンク、異業種からの参入者等

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

3. 利用者および金融事業者に与える影響

(1)利用者への影響

金融サービスにおけるデータ利活用の影響

ここまで、データを収集・分析・活用するプラットフォームを構築した事例について述べてきたが、本節ではこれらの取り組みが金融サービスの利用者(以下、利用者)および金融事業者に与える影響について考察する。

利用者の金融サービスの利用が拡大

まず、利用者への影響について述べる。データ利活用に伴う金融サービスの利便性向上に伴い、利用者の金融サービスの利用は拡大していくことが推察される。例えば、従来の借入プロセスでは、資金ニーズの認識後、申込みや必要書類の提出等様々な手続きに時間を要し、その過程で利用者の脱落が生じていた。しかし、前節の事例のように、利用者が資金ニーズを認識してから60秒以内に低金利の融資を提供することで、利用者が借入を行う際のためらいを取り除き、利用を促進していくことが可能となる。

利用者の金融機関選択の動機にも影響

さらに、このようなデータを活用した利便性の向上は、利用者の金融機関選択にも影響を与える。すなわち、データを活用した金融サービスの普及に伴い、利用者はデータの利活用に優れたプラットフォームを選択すると予想される。その一方で、特定のプラットフォームに自身のデータが蓄積され、それにより廉価・高利便な金融サービスを享受している事実は、他のプラットフォームへの乗換えのハードルとなるほか、同一プラットフォームで預金・融資等の銀行の商品から保険商品にいたるまで、あらゆる金融商品をワンストップで利用したいというニーズの喚起に寄与するものと考えられる。

(2)金融事業者への影響

金融事業者は二極化

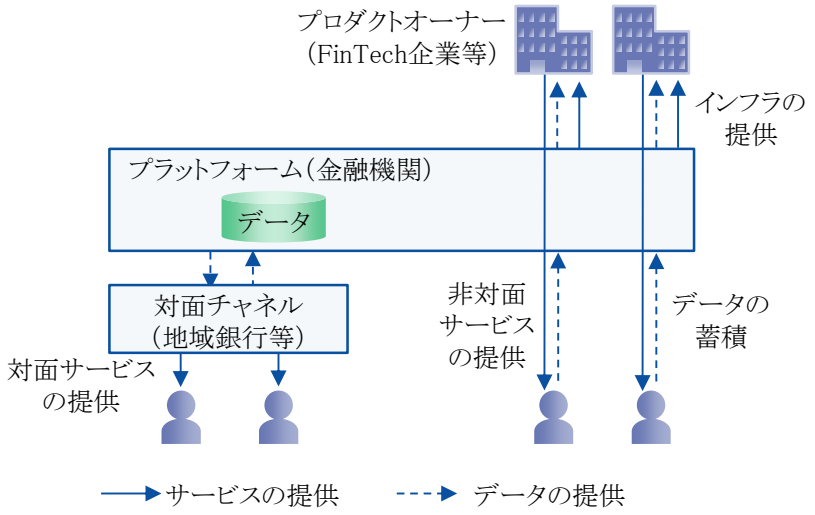
一方、金融事業者側の変化として、まずはChaseやFidorのようなプラットフォームと、そのプラットフォームに商品や機能を提供するFinTech企業の二極化の進展が予想される。顧客基盤と顧客データを有するプラットフォームの活用が可能となれば、そのプラットフォームへ参加するFinTech企業における顧客獲得コスト、データ取得コスト、インフラ構築コストが減少するため、金融事業への参入が容易となる。一方、こうしたFinTech企業との提携が進展することで、魅力的なサービスを揃えたプラットフォームの形成が可能となれば、顧客とその情報がますます集中していくことになるだろう。

中小規模銀行は、データ利活用の影響の小さい事業へ注力する戦略も

そのような環境変化の中、投資余力・顧客基盤が大きい大手銀行は単独で垂直統合モデルを採択し、またレガシーがなくカニバリゼーションの恐れが小さいネットバンク等はマーケットプレイスを展開し、それぞれプラットフォーム化を進めていくことが予想される。一方、それらのはざまで、顧客基盤およびデータを十分に持ち得ない中小規模銀行の生きる道はどこにあるのだろうか。一つの解として、中小企業向け長期融資やコンサルティングサービス等、データのみに基づく予測と非対面のサービス提供に馴染まない業務に注力することが考えられる。データのみをベースとするビジネスモデルは、地元に密着し、Face to Faceで顧客との関係を深める中小規模銀行のビジネスモデルとの親和性が高くない。そのためそれらの銀行においては、大手銀行等のプラットフォームと提携し、そのデータを一部活用しつつも、比較的データ利活用の影響の小さい中小企業向け長期融資やコンサルティングサービスへ注力するこ

とで、競争力を維持することも選択肢の一つとなろう(【図表 5】)。

【図表 5】今後形成が予想される新たな金融エコシステム



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

4. 国内金融業界におけるデジタル化の方向性

(1)国内金融サービスのデジタル化に向けた課題

国内金融サービスのデジタル化は黎明期

国内の状況に目を転じると、金融サービスのデジタル化に向けた取り組みや、Fidor のようなビジネスモデルはまだ黎明期にあるといえる。その背景を利用者側および金融事業者側の観点から考察する。

現金決済中心の商慣習や FinTech 企業の少なさが金融サービスのデジタル化におけるハードルに

まず、利用者側の要因として、日本特有の現金決済を中心とした商慣習が、利用者の金融取引に関するデータ生成を阻害していることが挙げられる。現金決済では、その取引履歴がデータとして蓄積されないため、データを活用した金融サービスの提供を難しくしていると考えられる。また、金融事業者側の要因として、FinTech 企業が海外と比較し少ないことが挙げられる。Financial Inclusion[2]が進み、既存金融機関に対する信用が高い日本において[3]は、FinTech 企業が参入すべき領域は現時点で小さいことが背景にあるものと思われる。その結果、Fidor のビジネスモデルを日本で展開した場合において、十分なサービスと、それを提供する FinTech 企業数を確保することができるかが課題となろう。

今後状況の好転が期待

一方、今後はこうした状況が徐々に改善されると考えられる。未来投資戦略 2017 において、キャッシュレス化の推進が掲げられており、国内のタクシー配車アプリにもクレジットカード決済機能が組み込まれる等、非現金決済の範囲は着実に広がりつつある。また、金融庁による FinTech サポートデスクの設置や銀行法改正等、FinTech 企業の事業環境は急速に整備されつつあり、今後は FinTech 企業による金融ビジネスへの参入・拡大が期待できよう。

[2] 金融包摂。すべての人々が、金融サービスにアクセスでき、またそれを利用できる状況
[3] みずほ銀行「特集:日本産業の中期見通し －向こう 5 年(2017−2021 年)の需給動向と求められる事業戦略－」『みずほ産業調査 56 号』(2016 年 12 月 29 日)

（2）国内金融サービスのデジタル化を見据えて

国内においても金融サービスの利用拡大・金融機関選択の動機に変化が生じる

上記のような状況変化に伴い、国内金融サービスのデジタル化が進展した場合、国内においても前節に挙げた金融サービスの利用拡大や金融機関選択における動機に変化が生じると考えられる。特に前者について、日本人は一般に借入や投資に対する抵抗感が強いと言われるが、廉価で利便性の高いサービスが台頭すれば、サービス利用に対するためらいが解消され、潜在ニーズの喚起に繋がることが予想される[4]。

国内金融機関は自らの立ち位置に応じた戦略の再構築が必要

このように金融サービスのあり方や事業環境の変化が予想される中、本邦金融機関においても戦略の再構築が求められる。既存金融機関に対する信用度が高い日本は、既存金融機関がプラットフォームとなり、FinTech 企業はそれらのプラットフォームに商品や機能を提供するという二極化が進みやすい環境にある。そうした中、大手銀行は自らのブランド力と資本力を活用し、垂直統合モデルによる顧客データの収集・分析とその活用を推進していくことが予想される。また、手数料の安さや預金金利の高さ等により差別化を図ってきたネットバンクにおいては、マーケットプレイスモデルによるサービス多様化と顧客情報の収集を推進し、顧客との関係を深めていく戦略を採るだろう。一方で地域銀行は、中小企業向け長期融資やコンサルティングサービス等に活路を見出すこととなる。前節で述べたとおり、データのみに基づく予測と非対面のサービス提供に馴染まない中小企業向けサービスは、地元に密着した事業を展開する地域銀行の優位性が発揮される領域である。また、金融庁はかねてより地域密着型金融を推進し、「平成 28 事務年度金融行政方針」においても、金融機関は企業と日常から密に対話し、企業価値の向上に努めることを是としている。地域銀行においては、今後もより一層対面でのサービス提供を強化し、大手銀行・ネットバンク等との差別化を図っていくことが求められよう。一方、日本固有の事情として、1990 年代後半以降地域銀行間ではシステム共同化を進めてきた。それは主に IT 投資費用の抑制を目的としていたが、今後はその枠組みを活用することで、データ利活用に向けた取り組みが可能となる。複数行が協働し、垂直統合モデルを推進することも一手であろう。

デジタル化を通じ、利用者利便向上に向けた取り組みの加速が必要

いずれの戦略を採る場合でも、どのような商品・サービスの提供を通じて顧客の情報を蓄積し、得られたデータをどのように活用していくかといった具体的な事業戦略の策定や、データ分析体制の構築等が求められる。すでに一部の金融機関においては、Fidor 等デジタルバンクの戦略を研究し、国内外で同様のビジネスを試行する動きが見られる。国内の各プレーヤーにおいては、デジタル化を通じた事業の競争力強化および利用者利便の向上に向けた取り組みの加速が必要となる。

みずほ銀行産業調査部
金融チーム　中野　悠理
yuri.a.nakano@mizuho-bk.co.jp

[4] みずほ銀行「特集：世界の潮流と日本産業の将来像　－グローバル社会のパラダイムシフトと日本の針路－」『みずほ産業調査 54 号』（2016 年 3 月 1 日）

【Column】民間航空機 －インストールベースを価値に ～Airbus のエアライン向けプラットフォーム“Skywise”～

1. はじめに

GE の航空機エンジンは「製造業のサービス化」の代表例

「製造業のサービス化」の文脈でデジタルイノベーションが語られるとき、その代表例として挙げられてきたのは「GE の航空機エンジン」である。GE は、その IoT プラットフォームである Predix を基盤に、航空機の重要モジュールである航空機エンジンから生じるデータと、航空機の運航者であるエアラインのデータとを組み合わせて分析する機能を提供した。その結果、GE は、エンジン製造・販売という元来の事業領域を超え、エアラインに燃費改善や運航効率向上などの各種サービスを提供している。

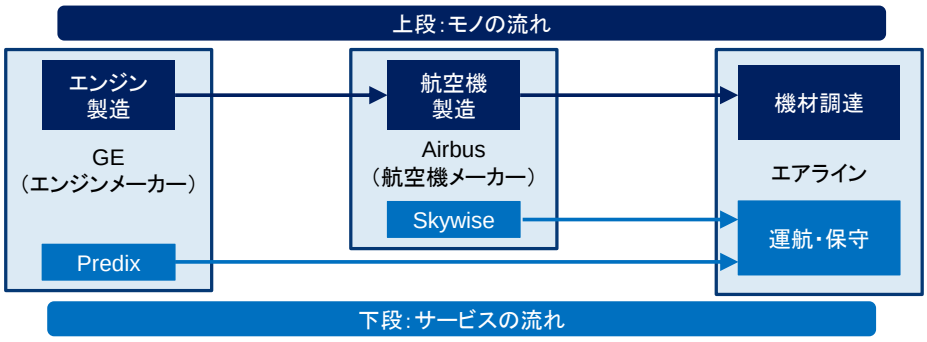
モジュールメーカーによる完成品メーカー中抜きの側面も

この GE の例には、もう一つ、ビジネスモデル上着目すべき点がある。それは、「モジュールメーカーが、その強いインストールベースを活用し、完成品メーカーを経由せずに、エンドユーザーに直接サービスを提供している」ことである（【図表 1】）。すなわち、GE は、モノのサプライチェーンとは異なり、サービスにおいては航空機メーカーである Boeing や Airbus を経由することなく直接エンドユーザーにアクセスし、価値を享受している。

Airbus“Skywise”発表に見る、多段階サプライチェーンにおけるデータプラットフォームの相互関係

その環境下、2017 年 6 月 20 日、世界の二大航空機メーカーの一つである Airbus は、オープンデータプラットフォーム“Skywise”を発表した。Skywise の機能の一部は、GE が Predix で提供するサービスとも類似している。本章では、Skywise が民間航空機産業に与える影響を検討するとともに、多段階のサプライチェーンを持つ産業におけるデータプラットフォームの相互関係について考察し、日系企業への示唆を検討する。

【図表 1】GE“Predix”と Airbus“Skywise”の位置付け



（出所）各社 HP、報道等よりみずほ銀行産業調査部作成

2. Airbus の Skywise

（1）Airbus について

Boeing と市場を二分するトップメーカー

Airbus は、フランスに本社を置く欧州連合の航空宇宙メーカーである。民間航空機においては、その大宗を占める座席数 100 席以上の市場において、米国 Boeing と市場を二分している。

サービス開発を徐々に増加させつつあった

Airbus は、かねて航空機産業の競争要因の変化に伴う価値のありかの変遷に対して、軸足を置く事業領域とビジネスモデルを柔軟に変化させている[1]。具体的には、航空機がプロダクトとして高度に成熟し、航空機自体の性能による差別化が困難になったことに起因して、エアラインへのアフターサービスを徐々に増加させていた。かかる背景のもと発表されたのが、Skywise である。

(2)Skywise について

Airbus が提供するプラットフォーム

Skywise は、Airbus が提供するクラウドベースのオープンデータプラットフォームである。その役割は、航空機および空運から生じるデータを収集・蓄積し、エアラインに対して様々なサービスを提供する基盤となるとともに、ゆくゆくは航空機のサプライチェーン全体の基礎となることが期待されている(【図表 2】)。

現在は保全分野中心、対象は多様なエアライン

Skywise の現在のアプリケーションは、2017 年 1 月から実施されたアーリーアダプター・プログラム(【図表 3】)によれば、保全や各種オペレーション分野が中心と見られる。プログラム参加者は、FSC[2]・LCC[3]の双方であることから、Skywise の対象は特定の層ではなく、多様なエアラインであると考えられる。

【図表 2】Skywise の発展段階と対象領域

キックオフ	・中核となるプラットフォーム作り ・アプリケーションとダッシュボードの提供
フェーズ 2	・発展のフェーズ ーエアバスグループの他プロダクトの接続 (防衛、宇宙、回転翼) ーアプリケーションの充実 (メンテナンス、エンジニアリング、フライトオペレーション、運航計画)
フェーズ 3	・成熟のフェーズ ーSkywiseを「産業の心臓部」に (サプライチェーン全体の基礎と位置付け、R&Dや新たなサービスの開発にも活用) ー航空機はあたかもセンサーのようになる

(出所)報道等よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 3】アーリーアダプター・プログラム要旨

Air Asia	部品の信頼性・フライトオペレーションの分析、予測保全など広範囲に利用
デルタ航空	予測保全の高度化に活用。今後、運航障害の15%削減が期待
easyJet	予測保全に利用、上位100種類の運営上の課題を設定し運航遅延防止アプリケーションを開発
エミレーツ航空	リアルタイムの異常検知と予測保全に利用。運航信頼性を改善
香港航空	燃費改善のための分析ツール、アプリケーション開発で協働
jetBlue	メンテナンス(ライン整備、ベース整備)のアプリケーションなどのソリューション開発で協働
Peach Aviation	品質管理プロセスの自動化、専用アプリケーションを通じた航路の可視化に利用

(出所)Airbus HP よりみずほ銀行産業調査部作成

機体メーカーの元来の事業範囲にとどまらないサービス提供基盤

Skywise が広くサービスを提供する基盤と位置付けられていることは、香港航空のプログラム「燃費改善」からも示唆される。燃料はエンジンで消費されるため、燃費改善にかかるサービスは、GE をはじめとする航空機エンジンメーカーが中心となって開発・提供していた。このように、Skywise は、機体メーカーの元来の事業範囲にとどまらないサービス開発・提供の基盤と考えられる。

3. 想定される Skywise の影響と航空機産業におけるデータプラットフォームの相互関係

四つの領域に分けて考察

【図表 4】に、航空関連産業における事業領域と各種デジタルサービスの現状を示した。本節では、Skywise の影響を四つの領域に分けて考察する。

[1] 詳細は、みずほ銀行「Ⅱ-1-7. 航空機 ー民間航空機産業の成長要因」『みずほ産業調査 50 号 欧州の競争力の源泉を探るー今、課題と向き合う欧州から学ぶべきことは何かー』(2015 年 6 月 10 日)をご参照

[2] フルサービスキャリア。一般に、航空機の運航・保全分野のノウハウを蓄積している

[3] ローコストキャリア。新規参入者はこの形態をとることが多く、一般に、航空機の運航・保全のノウハウ蓄積は薄いことが多い

エアラインには新規参入の容易性と効率性向上

一つ目は、ユーザーであるエアラインへの影響である。Skywise を通じてノウハウを得られることは、新規参入のハードルを下げる効果に通じる。また、現在行われている予測保全の有効性が実証されれば、点検間隔の延長などの規制緩和を通じ、業界全体の効率性・生産性の向上に寄与すると想定できる。

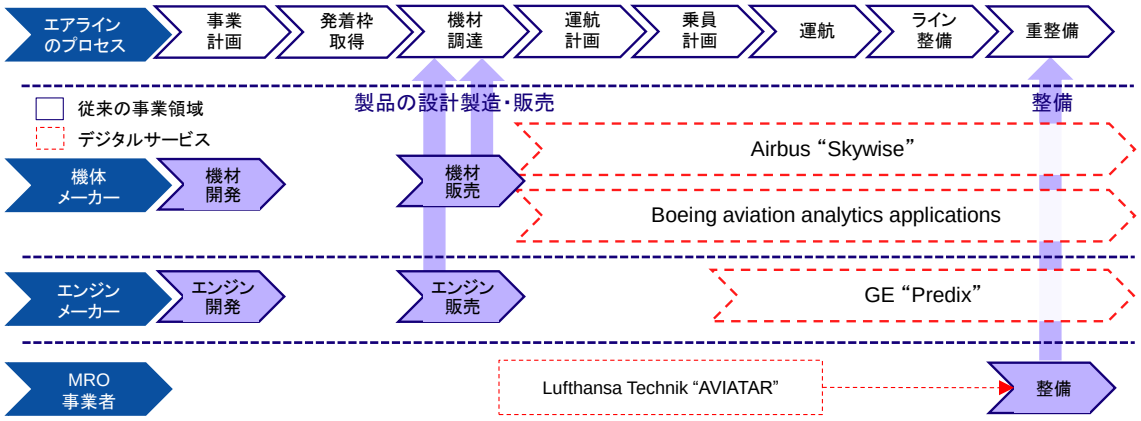
同業の Boeing には類似サービスの開発

二つ目は、同業者間の競争の観点である。【図表 4】のとおり、Airbus と市場を二分する Boeing は、既に Microsoft のクラウド Azure 上で、エアライン向けのデジタルサービスを提供している。グローバル 2 大メーカーである両社は、長年にわたり様々な面で競合し、また相互に追随もしてきた。Skywise は、Boeing が同種のプラットフォーム形成に注力する契機となるかもしれない。

エンジンメーカーのサービスとは競合と棲み分け

三つ目は、GE をはじめとするエンジンメーカーが提供するサービスとの、競合と棲み分けである。一義的には機体とエンジンという異なる領域に向けたサービスとしての棲み分けが考えられるが、例えばエアラインの大きな関心事である「燃費」において、先に述べたとおり Predix と Skywise の効用は一部重複している。これは、エンジンメーカー側が（航空機メーカーをいわば中抜きして）享受していた価値へのアクセスであるとともに、航空機全体の統合を担うメーカーだからこそ可能な、新たなサービス形態の開発を試みていると見られる。

【図表 4】航空関連産業における事業領域と各種デジタルサービスの現状



（出所）各社 HP、報道等よりみずほ銀行産業調査部作成

整備事業者からの価値移転の可能性

四つ目は、整備（MRO）事業者への影響である。先に登場した保全分野とは、伝統的な整備事業者の領域である。【図表 4】のとおり、Skywise および Predix のサービスの一部は、その領域へのサービス提供として事実上の代替の性格を持つため、整備事業者が本来享受していた価値の移転につながり得る。

大手整備事業者は整備に特化したプラットフォーム形成も

この環境下、整備事業者による積極的防衛の文脈で着目すべき取組みとして、大手整備事業者 Lufthansa Technik が 2017 年 4 月に発表した“AVIATAR”に触れておきたい。AVIATAR は、整備履歴などのデータに基づき、整備の高度化を提供する基盤となるプラットフォームである。これは、整備実績とノウハウを持つ事業者が、自社領域の参入障壁の形成を試みていると評価できる。

強いインストールベースとノウハウを持つ企業同士による一定の棲み分け

このように Skywise は、Airbus のビジネスモデル変化にとどまらず、多様な影響をもたらすと考えられる。航空機産業では、Airbus や GE がそうであるように、それぞれの領域で強いインストールベースとノウハウを持つ企業が、相互にプラットフォームを持ち、一定の棲み分けを行っていくことになるだろう。

4. 日本の航空機産業への示唆

(1)日本の航空機産業の現状

インストールベースを価値にする条件は「ビジネスモデル決定権」

これまで見てきたように、航空機産業においては、航空機メーカーとエンジンメーカーとがそれぞれ自社のインストールベースを最大限に活用し、データプラットフォームを通じたエンドユーザーに対するデジタルサービス開発を積極的に行っている。またその中で、Lufthansa Technik のように、一定の単位で自社の得意領域の積極的防衛と見られるプラットフォーム形成も見受けられる。これら企業の共通項は、エンドユーザーと直接接点を持ち得る何らかの単位で「インストールベース」と「自らビジネスモデルを決定できること」の双方を満たしていることである。

現状、自らビジネスモデルを決定可能な領域は見受けられない

翻って日本の航空機産業には、Boeing の航空機の機体開発への参画(Tier1)などを通じたインストールベースは存在する。しかしながら現状の機体構造部位を中心とする分担のみでは、エンドユーザーとの直接の接点を持つことは難しい。また機体構造部位以外の参画はそもそも少なく、サービス提供の基盤となる程度に、自らビジネスモデルを決定可能な領域を持つケースは、現在のところ見受けられない。

(2)日本の航空機産業の成長に向けて

成長には二つのパターン、一つは他社の基盤への参画

日本の航空機産業の「成長」を考えたとき、その類型は二つある。一つは、例えば本章で述べた Airbus の Skywise のような、強いインストールベースを持つ他社のエコシステムに参画し、その中で自社の立ち位置を決めていくことである。今後 Skywise が強いオープンプラットフォームとして発展していけば、その参画者は、Skywise を製品やサービスの開発・改良に活用することもできるかもしれない。

もう一つのパターンは自ら基盤を持つこと

もう一つは、何らかのサービス提供の基盤を自ら持ったうえで、ビジネスモデルを決める立場となることである。今後の日本の航空機産業において、自らビジネスモデルを決定できるパターンはさらに二種類想定できる。

一つは MRJ、小さな市場で一定の基盤に

一つは、三菱重工業と三菱航空機が上市を予定する MRJ[4]である。MRJ は、Airbus・Boeing の航空機とは異なる(相対的に小さな)市場を狙うものであるが、その市場においてインストールベースを確保することで、デジタルサービスを含めた多様なサービスの開発余地が生まれるだろう。

もう一つは、Tier1 の領域拡大だが、大きな範囲でのビジネスモデル決定権を持つまでは難しい可能性

もう一つは、Tier1 の参画領域拡大である。報道によれば、川崎重工業は Boeing と航空機開発分野での協力関係強化を合意し、従来の参画部位である胴体に加え、設計のシステム等も含む新たな部位への参画を目指しているとのことである。この参画が成功した場合のビジネスモデルは明らかではないが、仮にエンドユーザーとの直接の接点を持ち得る単位であれば、何らかのサービスの開発基盤となるかもしれない。但し、新型航空機の開発費は、一般に1兆円規模ともされる。個々の企業のリソースが限られる日本の航空機産業において、まとまった範囲のビジネスモデル決定権を持ち得る単位で開発に参画することは、個別企業の努力のみでは難しいと思われる。

[4] Mitsubishi Regional Jet(座席数 70-90 席、Airbus・Boeing の航空機とは直接競合しないサイズ)

自らビジネスモデルを決定可能な領域の増加に向け参画機会を捉えることが必要

日本の企業が、まとまった範囲のビジネスモデル決定権を持つためには、例えば Boeing の新型機開発のように、既存の参画基盤を有効に活かしながら、その範囲を拡大し得る機会を捉えることが重要ではないだろうか。その際には、個々の企業単位での活動を超え、複数の企業が連携し、例えば RRSP[5]のように開発設計に大きく関与し、分担割合・範囲双方の拡大を通じてビジネスモデルを決定可能な領域を増加させることが、あらゆる成長の前提とも、これまで培ってきた強みの積極的防衛ともなるだろう。

長期的観点での政策支援を期待

このような成長の実現には、企業努力に加え、長期的観点での航空関連産業全体の競争力向上を視野に入れた政策支援が欠かせない。サービス開発の基盤たるインストールベースの重要性がますます高まる中、日本がこれまで培ってきた強みを活かした産業振興の観点で、大いに検討すべきではないだろうか。

みずほ銀行産業調査部
自動車・機械チーム　藤田　公子
kimiko.fujita@mizuho-bk.co.jp

[5] Risk and Revenue Sharing Partner（航空機の設計・開発を、資金面を含めて分担し、航空機の売れ行きに応じた収益分配を受ける立場）

【参考文献一覧】

＜Ⅰ．総論＞

2. デジタルイノベーションを牽引するテクノロジー （特別寄稿）デジタルテクノロジーの最新動向 －注目される IoT、人工知能、ロボティクス、セキュリティ関連技術

みずほ情報総研、みずほ銀行「IoT（Internet of Things）の現状と展望 －IoTと人工知能に関する調査を踏まえて－」『みずほ産業調査 51 号』（2015 年 8 月 28 日）
高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議「官民 ITS 構想・ロードマップ 2016」（2016）
Open Fog Consortium ウェブサイト（https://www.openfogconsortium.org/）
ETSI ウェブサイト Multi-access Edge Computing
（http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/multi-access-edge-computing）
独立行政法人 情報処理推進機構「AI 白書 2017」（2017）
総務省「平成 28、29 年情報通信白書」（2016、2017）
Honglak Lee, “Tutorial on Deep Learning and Applications”, NIPS 2010 Workshop on Deep Learning and Unsupervised Feature Learning
（https://deeplearningworkshopnips2010.files.wordpress.com/2010/09/nips10-workshop-tutorial-final.pdf）
C.D.James et al., “A historical survey of algorithms and hardware architectures for neural-inspired and neuromorphic computing applications,” Biologically Inspired Cognitive Architectures, Vol.19, pp.49-64（2017）.
“Agents that imagine and plan,” Google DeepMind webpage.（https://deepmind.com/blog/agents-imagine-and-plan/）
R.Paul et al., “Temporal Grounding Graphs for Language Understanding with Accrued Visual-Linguistic Context,” Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp.4506-4514（2017）.
山本喜久「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」全体計画について 国立研究開発法人科学技術振興機構ウェブページ
日本経済再生本部「未来投資戦略 2017－Society 5.0 の実現に向けた改革」（平成 29 年 6 月）
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「ロボット白書 2014」（2014 年）
日本経済再生本部「ロボット新戦略」（2015 年 2 月）
内閣官房等『「ロボット新戦略」の取組状況について』（2017 年 6 月）
SIP 自動走行システム 研究開発計画
（http://www.sip-adus.jp/sip/file/sip_2016_plan.pdf）

＜Ⅱ．各論＞

1. 素材 －素材産業の競争力維持に向けた方策

独立行政法人科学技術振興機構「データ科学との連携・融合による新世代物質・材料設計研究の促進（マテリアルズ・インフォマティクス）」
国立研究開発法人物質・材料研究機構「NIMS NOW」

2. 医薬品 －AI・医療ビッグデータの進化と製薬産業に求められる取り組み

田中博「AI 創薬・ビッグデータ創薬」
医薬産業政策研究所（http://www.jpma.or.jp/opir/）
日本老年医学会（https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/）
科学技術振興機構（http://www.jst.go.jp/）

4. 自動車 －米国におけるスマートモビリティを実現する試み Smart City Challenge ～情報技術と自動運転を活用したマルチモーダル交通～

U.S. Department of Transportation, *Beyond Traffic 2045*、*Smart City Challenge*
Smart Columbus （https://www.columbus.gov/smartcolumbus/home/）
首相官邸「未来投資戦略 2017」
（http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017_t.pdf）

5. 工作機械／ロボット －ものづくり企業の勝ち筋 ～ファナックの「FIELD system」に見る強みの活かし方～

ファナック（http://www.fanuc.co.jp/）
GE（http://www.ge.com/）
Siemens（https://www.siemens.com/global/en/home.html）
ABB（http://www.abb.com/）
日立製作所（http://www.hitachi.co.jp/）
三菱電機（http://www.mitsubishielectric.co.jp/）
日本経済新聞社「日本経済新聞」
日本経済新聞社「日経産業新聞」
日刊工業新聞社「日刊工業新聞」

6. 建設機械 －建設機械メーカーが変える土木工事の現場 ～コマツの「スマートコンストラクション」に見る 建設機械メーカーの ICT 活用～

日本経済新聞出版社「ダントツの強みを磨け」
Caterpillar（http://www.cat.com/ja_JP/products/new/equipment.html）
コマツ（https://home.komatsu/jp/）
日立建機（https://www.hitachicm.com/global/jp/）
コベルコ建機（https://www.kobelcocm-global.com/jp/）
国土交通省（http://www.mlit.go.jp/）

8. 重電 －燃焼技術を活かす自動自律運転システムによる新たなビジネスの可能性

日立造船（http://www.hitachizosen.co.jp/）
日本 IBM（https://www.ibm.com/ibm/jp/ja/）
三菱日立パワーシステムズ（https://www.mhps.com/）
GE（http://www.ge.com/）
Siemens（https://www.siemens.com/global/en/home.html）
IHI（https://www.ihi.co.jp/）
日本 PFI・PPP 協会（http://pfikyokai.or.jp/）
環境省（http://www.env.go.jp/）

9. メディアサービス －デジタルマーケティング時代におけるメディアのビジネスモデルの進化

デジタルインファクト「デジタル広告市場の最新潮流と現状動向分析調査」（2015）
横山隆治、榮枝洋文「広告ビジネス次の 10 年」（2014）（株）翔泳社
広瀬信輔「アドテクノロジーの教科書」（2016）（株）翔泳社
エクスチェンジ・ワイヤー・ジャパン（http://www.exchangewire.jp/）
日本経済新聞社「日本経済新聞」

10. 物流 －IoT と自動配送がもたらすラストワンマイルの物流変革

国土交通省「平成 28 年度宅配便等取扱実績関係資料」
公益社団法人全日本トラック協会「日本のトラック輸送産業 現状と課題」
公益社団法人全日本トラック協会「トラック運送業界の景況感」
厚生労働省「労働力統計要覧（平成 28 年度）」
働き方改革実現会議「働き方改革実行計画」
国土交通省「総合物流施策大綱（2017 年度～2020 年度）」
高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議「官民 ITS 構想・ロードマップ 2017」
自動走行に係る官民協議会「第 1 回会議関係資料（2016 年 8 月 31 日）」
野波健蔵「ドローン技術の現状と課題およびビジネス最前線」
公益社団法人日本ロジスティクスシステム協会「IoT、ビッグデータ、人工知能の進展による 2030 年の物流ビジョン報告書」
ヤマトホールディングス株式会社（http://www.yamato-hd.co.jp/）
楽天株式会社（https://corp.rakuten.co.jp/）
CBcloud 株式会社（http://cb-cloud.com/）
Roadie, Inc（https://www.roadie.com/）
Diapatch（http://dispatch.ai/）
Trasport Logistic, *LOGISTIC Trend Index 2017 Survey of specialists and executives*

【参考文献一覧】

DHL Trend Research/Cisco Consulting Services, *INTERNET OF THINGS IN LOGISTICS*

11. 資源開発 －生産性向上・環境負荷低減を企図した IoT・AI の活用可能性

IEA, *World Energy Outlook 2016*
経済産業省「長期エネルギー需給見通し」
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構「石炭鉱山の生産性向上のための鉱山機器自動化状況等調査」『平成 28 年度海外炭開発高度化等調査』
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構「世界の石炭事情調査－2016 年度－」『平成 28 年度海外炭開発高度化等調査』
株式会社日立総合計画研究所「鉱山開発における IoT 推進による生産性・安全性向上策に関する基礎調査」
Argus Media Limited, *Argus/McCloskey's Coal Price Index Report*
Wood Mackenzie, Coal Supply Service
Australian Bureau of Statistics(http://www.abs.gov.au/)
Australian Government Department of Industry, Innovation & Science (https://industry.gov.au/Pages/default.aspx)
Rio Tinto, *Iron Ore - delivering optimal value: Investor Roadshow, August 2017*

12. 電力 －ブロックチェーン技術を活用した電力シェアリングエコノミーの展望

阿部力也「デジタルグリッド」(2016)エネルギーフォーラム
太陽光発電協会「太陽光発電 2050 年の黎明」
International Energy Agency, *World Energy Outlook 2016* (2016)
経済産業省(http://www.meti.go.jp/)
資源エネルギー庁(http://www.enecho.meti.go.jp/)
電気事業連合会(http://www.fepc.or.jp/)
Brooklyn Microgrid(https://www.brooklyn.energy/)
LO3 Energy(http://lo3energy.com/)
Transactive Grid(http://transactivegrid.net/)
Innogy(https://iam.innogy.com/en/ueber-innogy)
RWE(http://www.rwe.com/web/cms/en/8/rwe/)
Slock.it(https://slock.it/)

13. 小売 －デジタルイノベーションがもたらす小売業の未来

アンドレアス・ワイガンド「アマゾノミクス データ・サイエンティストはこう考える」(2017)文藝春秋
Amazon.com
(http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=97664&p=irol-irhome)
Wal-Mart Stores, Inc(http://stock.walmart.com/investors/default.aspx)
公益財団法人流通経済研究所「日配品の食品ロス実態調査結果(小売業)＜速報＞」(2015)
(http://www.jora.jp/biomas_sougouriyou/pdf/150205_02shiryou/150205shiryo3.pdf)
株式会社テスク(http://www.kktisc.co.jp/mail_backnumber/20131128-968/)
apparel-web.com 小島ファッションマーケティング代表 小島健輔インタビュー
(http://www.apparel-web.com/feature/interview/kensuke-kojima2.html)
販売革新「原価抑制よりロス抑制が課題」(2013 年 9 月号)
Moby Mart(https://www.themobymart.com/)
ファーストリテイリング
(http://www.fastretailing.com/jp/ir/news/1610271530.html)
Stitch Fix(https://www.stitchfix.com/)
Ivyrevel(http://www.ivyrevel.com/se/home)
セブン&アイ HD
(http://www.7andi.com/dbps_data/_material_/localhost/ja/release_pdf/2017_0706_03.pdf)
eMarketer, *US Voice-Enabled Speaker User Share, by Player, 2017*
日本経済新聞社「日本経済新聞」

15. 建設 －テクノロジーの有効活用による建設業の生産性向上に向けて

国土交通省(http://www.mlit.go.jp/)
Turner Construction Company(https://www.turnerconstruction.com/)
Building and Construction Authority, *Singapore BIM Roadmap*
Singapore Government, *Virtual Singapore*

16. 不動産 －既存住宅流通におけるテクノロジーの有効活用～米国の事例からの考察～

国土交通省(http://www.mlit.go.jp/)
(一社)土地総合研究所「土地総合研究」(2016 年冬号、2017 年冬号)
Redfin(https://www.redfin.com/)

17. ヘルスケア －医療ビッグデータの利活用基盤整備に向け政府に求められる役割

中山健夫「医療ビッグデータがもたらす社会変革」(2014)日経 BP 社
国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター「医療・介護データ活用のための情報科学と社会基盤」

18. 観光 －デジタルイノベーションが変える観光産業～旅行業とホテル業のゆくえ～

森園俊志・松下晶美編集「旅行業概論 －新しい旅行業マネジメント－」(2012)同友館
牛場春夫他「日本のオンライン市場規模調査 第 3 版」(2016)ブックウェイ
宮﨑康二「シェアリング・エコノミー Uber, Airbnb が変えた世界」(2015)日本経済新聞社
入山章栄「ビジネススクールでは学べない 世界最先端の経営学」(2015)日経 BP 社
フリップ・コトラー他「コトラーのホスピタリティ&ツーリズム・マーケティング」(2003)ピアソン・エデュケーション
寺島実郎「新・観光立国論 モノづくり国家を超えて」(2015)NHK 出版
㈱トラベルジャーナル「週刊トラベルジャーナル」(2016 年 11 月 28 日号)
JetBlue Technology Ventures(http://www.jetblueventures.com/)
Mozio(https://www.mozio.com/ja-jp/)
RECHARGE(https://recharge.co/)
Tui(http://www.tuigroup.com/en-en)
㈱JTB 総合研究所
(https://www.tourism.jp/tourism-database/survey/2016/11/smartphone-2016/)
Airbnb(https://www.airbnb.jp/?logo=1)
Amadeus
(http://www.amadeus.com/web/amadeus/en_1A-corporate/Amadeus-Home/About-us/Amadeus-Ventures/1319592764609-Page-AMAD_WhyAmadeusPpal)

19. 金融 －FinTech 時代における金融機関の戦略

Celent, *FIDOR: CELENT MODEL BANK OF THE YEAR 2015 －CASE STUDIES OF EFFECTIVE TECHNOLOGY USE IN BANKING* (2015)
みずほ銀行「特集:世界の潮流と日本産業の将来像 －グローバル社会のパラダイムシフトと日本の針路－」『みずほ産業調査 54 号』(2016 年 3 月 1 日)
みずほ銀行「特集:日本産業の中期見通し －向こう 5 年(2017—2021 年)の需給動向と求められる事業戦略－」『みずほ産業調査 56 号』(2016 年 12 月 29 日)

【Column】民間航空機 －インストールベースを価値に～Airbus のエアライン向けプラットフォーム“Skywise”～

Airbus(http://www.airbus.com/)
Boeing(http://www.boeing.com/)
日本経済新聞社「日本経済新聞」
日刊工業新聞社「日刊工業新聞」

みずほ産業調査／57　2017 No.1　　平成 29 年 9 月 28 日発行

©2017 株式会社みずほ銀行
本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引の勧誘を目的としたものではありません。本資料は、弊行が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、弊行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しては、貴社ご自身の判断にてなされますよう、また必要な場合は、弁護士、会計士、税理士等にご相談のうえお取扱い下さいますようお願い申し上げます。
本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他如何なる手段において複製すること、②弊行の書面による許可なくして再配布することを禁じます。

編集／発行　みずほ銀行産業調査部　　東京都千代田区大手町 1-5-5　Tel. (03) 5222-5075

MIZUHO

One MIZUHO
未来へ。お客さまとともに