

みずほ産業調査 Vol. 78 「日本産業が直面する制約を乗り越えるために
～人手不足とエネルギー制約を成長につなげる打ち手～」

エレクトロニクス

～光電融合デバイスの実現と普及により 消費電力の抑制が可能に

みずほ銀行

産業調査部

2025年5月30日

ともに挑む。ともに実る。



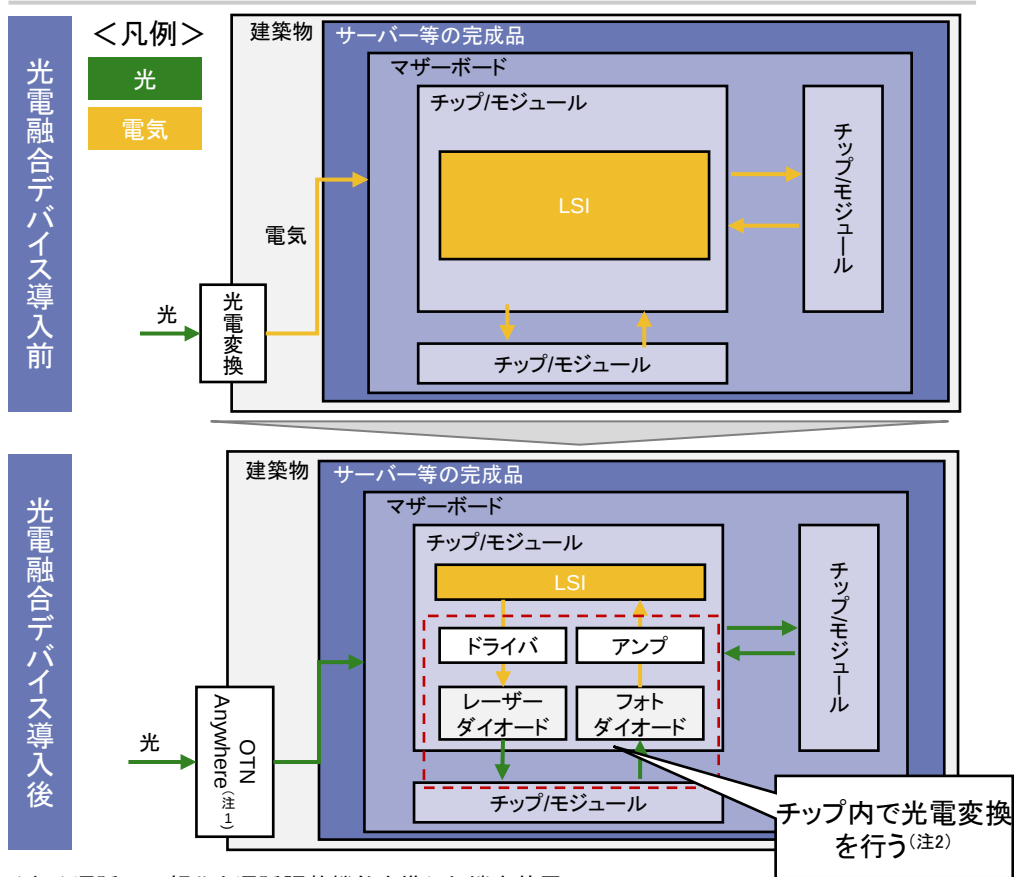
サマリー

- 光電融合デバイスとは、「内部で電気が光に置換されたデバイス」。光電変換を行う箇所の完成品（サーバーなど）の深奥部への遷移が想定され、データ伝送時の伝送損失を抑制したり、GPUアクセラレーターにおける待機電力の発生を抑止したりすることで、エネルギー消費を減らすことが可能となる
- サーバー外で光電変換を行うモジュールと比較すると、光電融合デバイスのバリューチェーンでは新たなレイヤーが出現することになる。既存のレイヤーにおいても、耐熱性や出力の向上といった性能の高度化や小型化が求められる
- 光電融合デバイスの実現に向けては、米国企業が先行し、台湾では企業間連携の動きも見られる。米国企業の例として、Broadcomが、光関連領域の企業の買収を通じて、単一企業グループ内での電気と光の技術の融合を実現している。日本においても、国・産業・事業会社といった様々なレイヤーで取り組みが開始している
- 光電融合デバイス市場規模（グローバル推計）は、2035年に1.8兆円、2050年に2.9兆円と推計。2050年の国内データセンターの消費エネルギーを▲10%pt（▲3,567GWh）抑制可能と試算
- 光電融合デバイスに求められる、素材から各種光・電子部品にまたがるコンポーネントレイヤーの進化は、耐熱性の向上、小型化、高出力化に不可欠であり、日本企業にとってビジネス機会をもたらす。日本産業全体の目線では、ヒトやカネの散在といった障壁を解消し、特定レイヤーを強化しつつユーザーを巻き込む打ち手も一考となろう
- 長期的には、光演算（光による処理演算）実現による追加的な消費エネルギー削減余地も存在する。アップサイドポテンシャルではあるが、処理演算時の抵抗によるエネルギー損失や発熱の抑制により、光伝送に追加的な省エネ効果をもたらす。2050年に光演算が実現された場合に、伝送と演算合計での消費エネルギー抑制効果は▲21.8%pt（▲7,545GWh）と試算
- 光電融合デバイス（光伝送と光演算）の実現により、冷却需要が減少したり、デバイス外の光電変換が不要になったりすると、デバイス外への影響ももたらされる。光演算の実現による冷却の不要化や充電回数の減少は、デバイスのコンパクト化・省エネ化を通じて、モノづくりのアーキテクチャ変化（エッジサイドの重要性増加）を後押ししよう

光電融合デバイスでは、伝送損失と待機電力を抑制できるため、エネルギー消費量の削減に繋がる

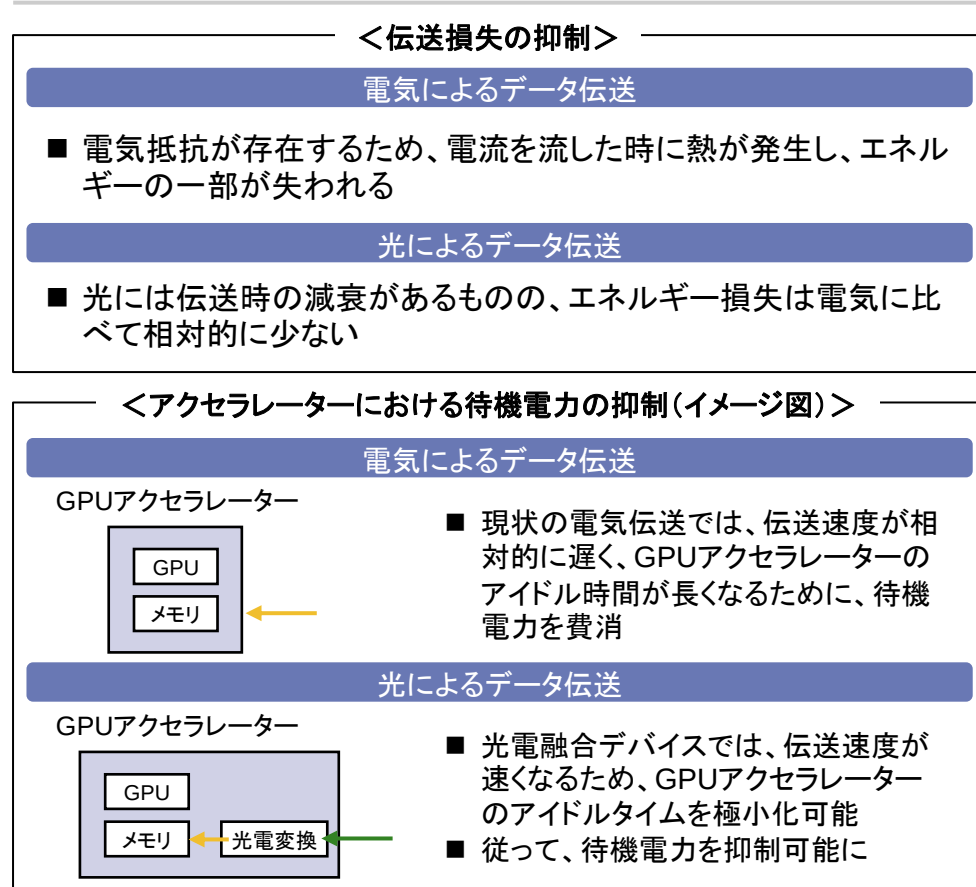
- 本章では、光電融合デバイスを「内部で電気が光に置換されたデバイス」と定義
 - 光電融合デバイスでは、光電変換を行う箇所が完成品（サーバーなど）の深奥部に遷移
- データ伝送時の伝送損失を抑制したり、GPUアクセラレーターにおける待機電力の発生を抑止したりすることで、エネルギー消費を減らすことが可能に

光電融合デバイスの進化にともなう、光電変換の位置の変化



(注1) 遅延の可視化と遅延調整機能を備えた端末装置
 (注2) 段階により、マザーボード上で光電変換する場合もある
 (出所) みずほ銀行産業調査部作成

光電融合デバイス採用によるエネルギー消費量削減

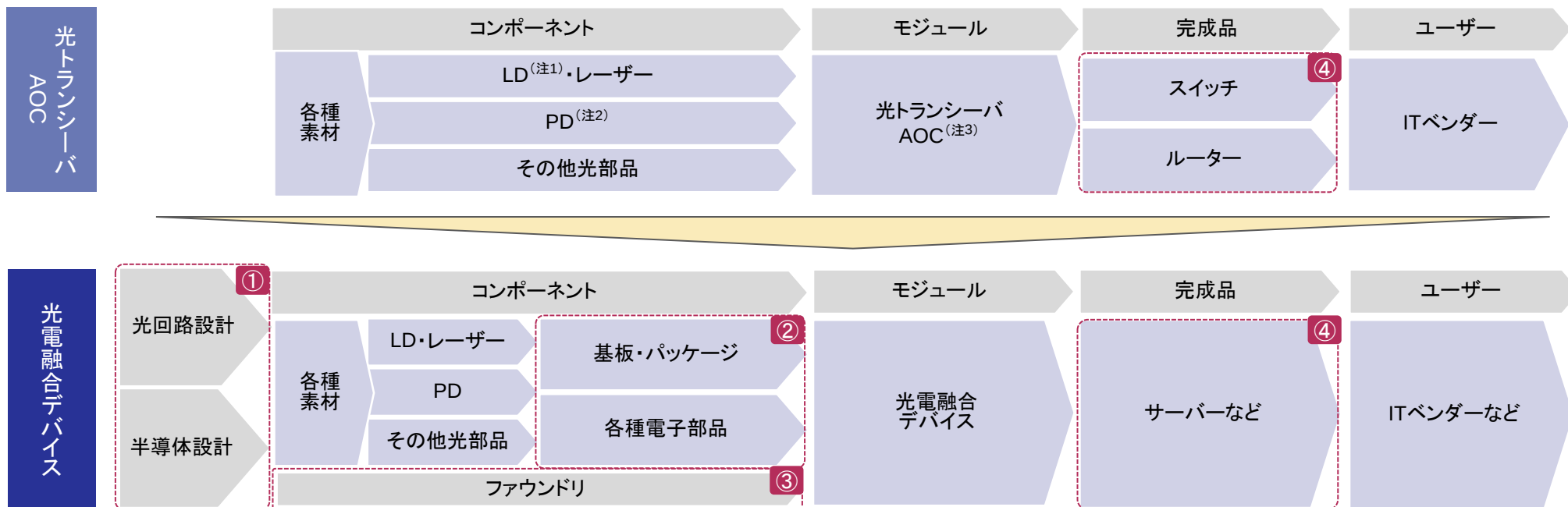


(出所) 各種公表情報より、みずほ銀行産業調査部作成

光電融合デバイスでは、新たなレイヤーが出現

- サーバー外で光電変換を行うモジュールと比較すると、光電融合デバイスのバリューチェーンでは新たなレイヤーが出現
 - ① 光電融合デバイス内への光回路設計、光回路と親和性のある半導体設計
 - ② 耐熱性の高い基板・パッケージ、当該基板に実装する高耐熱性・小型電子部品
 - ③ 光電融合デバイスをモジュール化するファウンドリ
- なお、光電融合デバイスの主な搭載先としてはサーバーを想定（光電変換機能がサーバー内に移管）（④）
- 加えて、既存のレイヤーにおいても、耐熱性や出力の向上といった性能の高度化や小型化が求められる

光電融合デバイスのバリューチェーン（既存モジュールとの比較）



（注1）LD：レーザーダイオード （注2）PD：フォトダイオード （注3）AOC：Active Optical Cableの略称。現存する光電変換を行うモジュールを指す

（出所）みずほ銀行産業調査部作成

エレクトロニクス

ビジネスチャンス

定性面

光電融合デバイスの実現に向けては、米国企業が先行。台湾では企業間連携の動き

- 米国では、半導体関連企業を中心として、光電融合デバイスの実現に向けた取り組みが開始
- 台湾では、TSMCが2026年からの量産のロードマップを公表
 - 2024年9月には、TSMCを含めて、企業間連携の枠組みであるSEMIシリコンフォトニクス産業連盟が発足

米国等の各企業における光電融合デバイスの実現に向けた取り組み

- 米国の半導体関連企業を中心に、CPO^(注1)の形態による、光電融合デバイスの実現に向けた取り組みが開始
 - 半導体のファブレス企業が設計し、TSMCが量産を行う方向感に

＜光電融合デバイスの一形態(CPO 2.5D)＞



企業	取り組みの内容
Broadcom	■ 2024年3月、CPOの形態である光電融合デバイスBaillyを製品化し、一部顧客への提供開始
NVIDIA	■ 2025年の開発者会議で、CPOの形態である光電融合デバイスを、2025年以降順次発売する方針を公表
AMD	■ Ranovusと協働の上、AMDの半導体が搭載されたCPOであるOdinの開発に成功したことを公表
TSMC	■ 2026年からのCPO量産のロードマップを公表

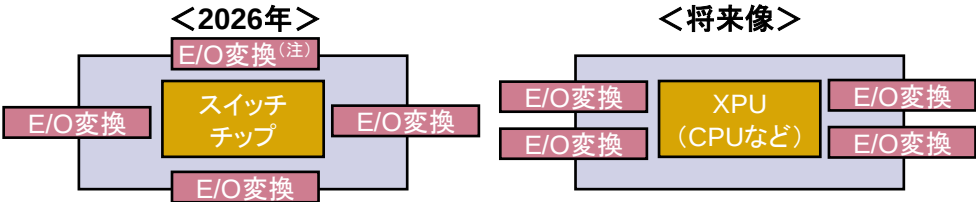
(注1) CPO: Co Packaged Opticsの略称。電気回路と光電変換モジュールがパッケージ化された形態のデバイス。
(注2) 電気と光を相互に変換するモジュール
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

台湾のSEMIシリコンフォトニクス産業連盟の概要

- 2024年9月、台湾企業によるシリコンフォトニクス連盟が発足
 - TSMCを中心に、製造にかかるバリューチェーンを包含

レイヤー	企業
研究機関	SEMI、工研院
IC設計	メディアテック、プロモス
製造	TSMC、VIS、穩懋半導体
封止・検査	ASEH、MPI、穎威科技、矽格、汎銓科技
半導体設備	弘塑科技、辛耘企業(Scientech)、志聖工業
LED、光電変換モジュール	エノスター、リジテック、千才科技(Liverage)
パネル	AUO
アSEMBル	鴻海、クアンタ
光通信	光程研創、聯鈞光電、APACオプト、波若威科技、PCL、他

- 中核となるTSMCは、2026年のスイッチングチップ向けCPOの量産を公表
 - 将来的にはXPU(CPU、GPUなど)を内包するCPOまでも見据える



(注) 光と電気間を変換する素子
(出所) Y's consultingホームページをもとに、みずほ銀行産業調査部作成

- Broadcomは、光関連領域の企業の買収を通じて、単一企業グループ内での電気と光の技術の融合を実現

Broadcomによる光関連領域の主な買収事例

(単位:USD)

買収先	完了時期	金額規模	買収先の事業など
Ortel Corp(米) ※Lucent Tech.による買収	2000/4	2,433mil	■ 光・高周波に関連する、コンポーネント・モジュールの提供(具体的には、各種レーザー・光受信機・コヒーレント通信^(注1)デバイスなど)
Innovent Systems Inc(米)	2000/7	737mil	■ 高周波CMOS設計、Bluetooth用LSIの開発 ■ Innovent社は、TSMCとの製造に関する提携や、Samsungとの高周波CMOSチップレットの技術提携を発表
Newport Communications Inc(米)	2000/10	1,217mil	■ 光信用チップ ■ Broadcom社は光及びネットワーク関連製品ポートフォリオの拡大を企図
McDATA Corp(米) ※Brocadeによる買収	2007/1	708mil	■ SAN(Storage Area Network)関連機器・ソフトウェア ■ Brocade社は、次世代DCソリューション構築を企図
Foundry Networks Inc(米) ※Brocadeによる買収	2008/12	2,769mil	■ インターネットルータとスイッチの開発 ■ Brocade社は、SANを超えた広範なIPネットワークソリューションの提供を企図
Dune Networks(米)	2009/12	178mil	■ データセンタネットワーキング装置向けスイッチファブリック^(注2)ソリューション
CyOptics Inc(米)	2013/6	400mil	■ DC・通信市場向けにインジウム・燐(InP)光チップ、コンポーネント技術を開発販売

(注1)コヒーレント通信: 広く使われてきた光の強弱による信号伝達方法に対して、光の位相や偏波を使って信号を送る方法

(注2)スイッチングハブが1秒間に処理できる通信量の合計。最大通信速度を実現するために不可欠な技術

(出所) 各種公開情報より、みずほ銀行産業調査部作成

- 省エネに寄与する光電融合デバイス実現に向け、経済産業省やNTTグループその他の事業会社が様々な取り組みを開始
 - ― 国:経済産業省は、光電融合デバイスの開発を含む研究開発事業に対して補助金を提供
 - ― 産業:NTTが掲げるIOWN構想の中において、光電融合デバイスは構想を支える基盤技術の一つに
 - ― 事業会社:各社の事業や強みに応じて、個別の取り組みに着手

光電融合デバイスに対する国・産業・事業会社における取り組み

国	産業	事業会社
経済産業省による補助金の提供	NTTのIOWN構想	各企業による技術強化・補完

＜国の取り組み＞

- 2021年2月、経済産業省は、産業構造審議会にグリーンイノベーションプロジェクト部会を設置。後に、半導体・情報通信産業等のプロジェクトの審議を行う「産業構造転換分野ワーキンググループ」を設置
- 2021年7月、「次世代グリーンデータセンター」の要素として、光電融合デバイスの開発を委託形式にて開始。2024年1月には、光電融合デバイスの開発を含む研究開発事業に対し、最大452億円の提供を発表

＜産業の取り組み(右記)＞

- 2019年5月、NTTは、IOWN構想を公表。光電融合デバイスは、IOWN構想を支える基盤技術の一つとして位置づけ
- IOWN構想実現のために、業種・国を超えて様々な企業が参画する、IOWN Global Forumを組成

＜事業会社の取り組み＞

- 得意領域、補完すべき領域への取り組みに着手
 - 三菱電機:POETと協働し、光学エンジンを製造
 - 古河電工:富士通オプティカルコンポーネントの買収、光ファイバー接続技術を有する白山への出資
 - 各コネクタ企業による、アイオーコアへの出資

NTTのIOWN構想における光電融合デバイス

- NTTのIOWN構想は、3つの機能で構成され、光電融合デバイスは構想を支える基盤技術の一つを構成

オールフォトリクスネットワーク

- ネットワークから端末まで、すべてにフォトリクス(光)ベースの技術を導入したネットワーク

デジタルツインコンピューティング

- 実世界とデジタル世界の掛け合わせによる未来予測等を実現する技術

コグニティブファウンデーション

- あらゆるものをつなぎ、その制御を実現する技術

光電融合デバイスを含む光電融合技術がIOWN構想の基盤に

- NTTは、IOWN構想実現に向けてGlobal Forumを組成
 - ― 国籍をまたぎ、様々な企業が参画

Founding Members	NTT	ソニー	Intel
Sponsor Members (一部)	みずほFG	富士通	古河電気工業
	Cisco	Ericson	Oracle
	Samsung	SK telecom	中華電信

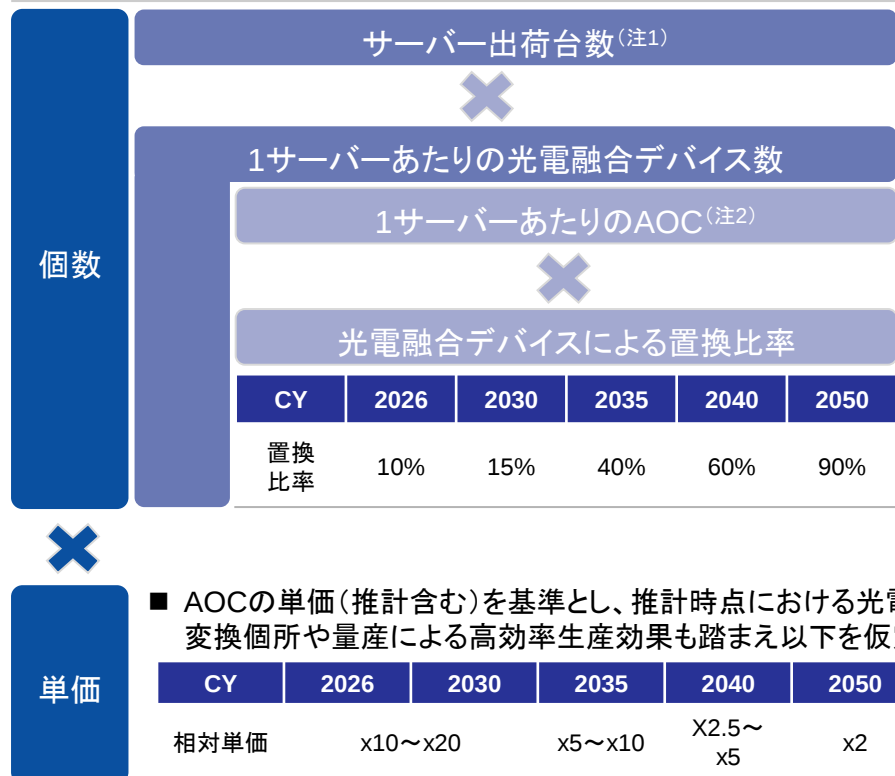
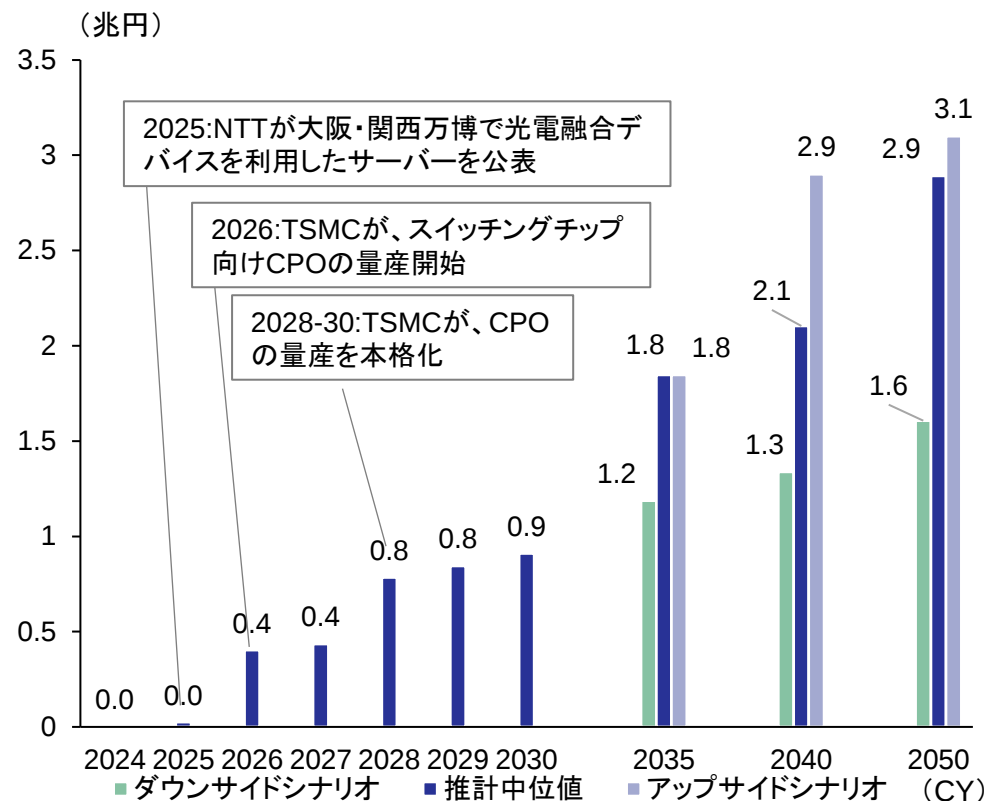
(出所)両図ともに、各種公表資料より、みずほ銀行産業調査部作成

光電融合デバイス市場規模(グローバル推計)は、2035年に1.8兆円、2050年に2.9兆円

- 2025年に、NTTグループは、大阪・関西万博で光電融合デバイスを利用したサーバーを公表。半導体のファウンドリである台湾のTSMCは、2026年から一部用途向けの光電融合デバイス量産のロードマップを発表
- 省エネへの貢献が評価され、採用が進むことで、2050年には2.9兆円の市場規模を想定

光電融合デバイス市場規模の予測(グローバル) (注1)

<ご参考>市場規模推計の基本的な考え方(推計中位値)



(留意事項)用途はサーバーのみに限定しており、サーバーの製品ミックスは考慮していない。市場規模は伝送箇所の合計値

(注1)ダウンスайдシナリオは耐熱性向上が進まず普及が遅れるケースを、アップサイドシナリオは普及の時期が中位値対比で前倒しになるケースを示している

(注2)市場規模は、すべてみずほ銀行産業調査部の予測値

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

(注1)2025年から2030年にかけてはCAGR7%、以降2050年にかけては同4.5%と仮定
 (注2)AOC: Active Optical Cableの略称。現存する光電変換を行うモジュールを指す。光トランシーバを内包し、主にデータセンターで使用されている

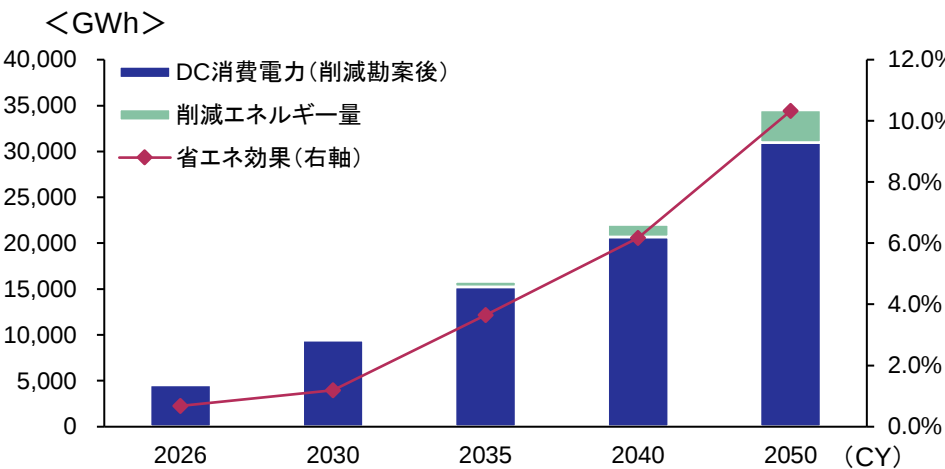
(出所)みずほ銀行産業調査部作成

エレクトロニクス ビジネスチャンス 定量面

光電融合デバイスの実現により、2050年の国内データセンターの消費エネルギーを10%pt抑制可能

- 光電融合デバイス導入により、データ伝送に付随する消費エネルギーを抑制することが可能
- 国内データセンターにおける消費エネルギー抑制効果を、以下の通り試算
 - 2030年：▲1.2%pt(▲114GWh)、2040年：▲6.2%pt(▲1,362GWh)、2050年：▲10.3%pt(▲3,567GWh)

光電融合デバイス導入時の省エネ効果(国内データセンター)



<試算の前提>

- 公開情報及びみずほ銀行産業調査部ヒアリングに基づき、データセンターの構成要素別に消費エネルギー量の割合を算定
 - 構成要素の割合は、時系列による変化(内数としてのサーバー等IT機器が占める割合の増加)を仮定
- 光電融合デバイス導入により、構成要素のうち、サーバー内の伝送、及びサーバー外の伝送個所の消費エネルギー量が削減される(ゼロになる)と仮定(右各表)
 - なお、現存する光電変換を行うモジュールからの置換比率は、時系列に応じて、前掲の推計中位値を参照
- 国内データセンターの消費エネルギー量(光電融合デバイス導入影響がない場合)は、情報サービスパートの数値を参照

<表①:光電融合デバイス導入による消費エネルギー削減効果試算(削減割合)>

	CY	2026	2030	2035	2040	2050
①空調関連	-	-	-	-	-	-
②IT機器	-	0.7%pt	1.2%pt	3.6%pt	6.2%pt	10.3%pt
②-1 サーバー	-	0.2%pt	0.3%pt	0.9%pt	1.6%pt	2.7%pt
②-1.a CPU	-	-	-	-	-	-
②-1.b GPU	-	-	-	-	-	-
②-1.c メモリ	-	-	-	-	-	-
②-1.d データ伝送	-	0.2%pt	0.3%pt	0.9%pt	1.6%pt	2.7%pt
②-2 ストレージ	-	-	-	-	-	-
②-3 ネットワーク機器	-	0.5%pt	0.9%pt	2.7%pt	4.6%pt	7.7%pt
③その他	-	-	-	-	-	-
省エネ効果合計	-	0.7%pt	1.2%pt	3.6%pt	6.2%pt	10.3%pt

<表②:光電融合デバイス導入による消費エネルギー削減効果試算(削減量)>

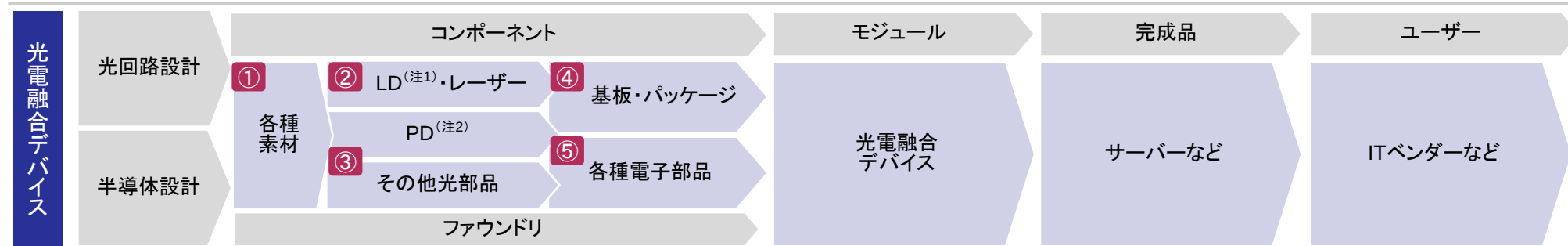
	CY	2026	2030	2035	2040	2050
①空調関連	-	-	-	-	-	-
②IT機器	-	31GWh	114GWh	576GWh	1,362GWh	3,567GWh
②-1 サーバー	-	8GWh	30GWh	149GWh	353GWh	925GWh
②-1.a CPU	-	-	-	-	-	-
②-1.b GPU	-	-	-	-	-	-
②-1.c メモリ	-	-	-	-	-	-
②-1.d データ伝送	-	8GWh	30GWh	149GWh	353GWh	925GWh
②-2 ストレージ	-	-	-	-	-	-
②-3 ネットワーク機器	-	23GWh	84GWh	427GWh	1,009GWh	2,642GWh
③その他	-	-	-	-	-	-
省エネ効果合計	-	31GWh	114GWh	576GWh	1,362GWh	3,567GWh

(注) 赤セルは光電融合デバイス導入による省エネ効果が発現される個所
(出所) 各種公表情報より、みずほ銀行産業調査部作成

個々の企業の強みが活用可能なレイヤーを抑える戦略が有効

- 米国・台湾系企業による主導が継続する場合でも、個々の企業の強みを活用するための取り組みが有効
 - ― 素材から各種光・電子部品にまたがるコンポーネントレイヤーの進化は、耐熱性の向上、小型化、高出力化に不可欠であり、日本企業にとってビジネス機会をもたらす

光電融合デバイスのバリューチェーン(再掲)と、日本企業が強みを活用可能なレイヤーにおける戦略



レイヤー	活用可能な強み・取り組み方向性の例	打ち手
①各種素材	■ 国内の素材企業による、ポリマー光導波路やCPO向け光ファイバー用接着剤への取り組み	■ ガラス、シリコン、ポリマー技術の光導波路への活用 ■ 伝送時の光の漏出を抑制するための接着技術の開発
②LD・レーザー	■ レーザーダイオードとレーザーモジュールの技術連携を通じた光学エンジンチップセットの製造	■ LDとレーザー企業の連携などを通じた、レーザーの高出力化・高効率・小型化、耐熱性の向上
③PD・その他光部品	■ ニオブ酸リチウムを活用した可視光制御技術 ■ 各MLCC製造企業のチタン酸バリウムに関する知見	■ ニオブ酸リチウムやチタン酸バリウムの光変調器への活用
④基板・パッケージ	■ 耐熱性の高いセラミックパッケージに関連する、素材や加工・製造プロセスの技術	■ 光電変換時の発熱に耐えられる基板・パッケージの開発
⑤各種電子部品	■ 特に受動部品(コンデンサなど)において素材や加工・プロセス技術で優位性を有しており、その技術を秘匿化することでその優位性を維持・継続	■ レーザー回路、電源領域など、新たに需要が生まれる受動部品の需要確保 ■ 電気コネクタ技術を活用・応用した光コネクタ領域への進出
その他	■ ラピダスによる、IOWNの技術の半導体製造への活用方針 ■ NTTによる、シリコンフォトニクス領域の研究開発	■ 半導体製造技術を活用した光電融合デバイスの製造 ■ シリコンフォトニクス技術を活用した、光導波路の成形

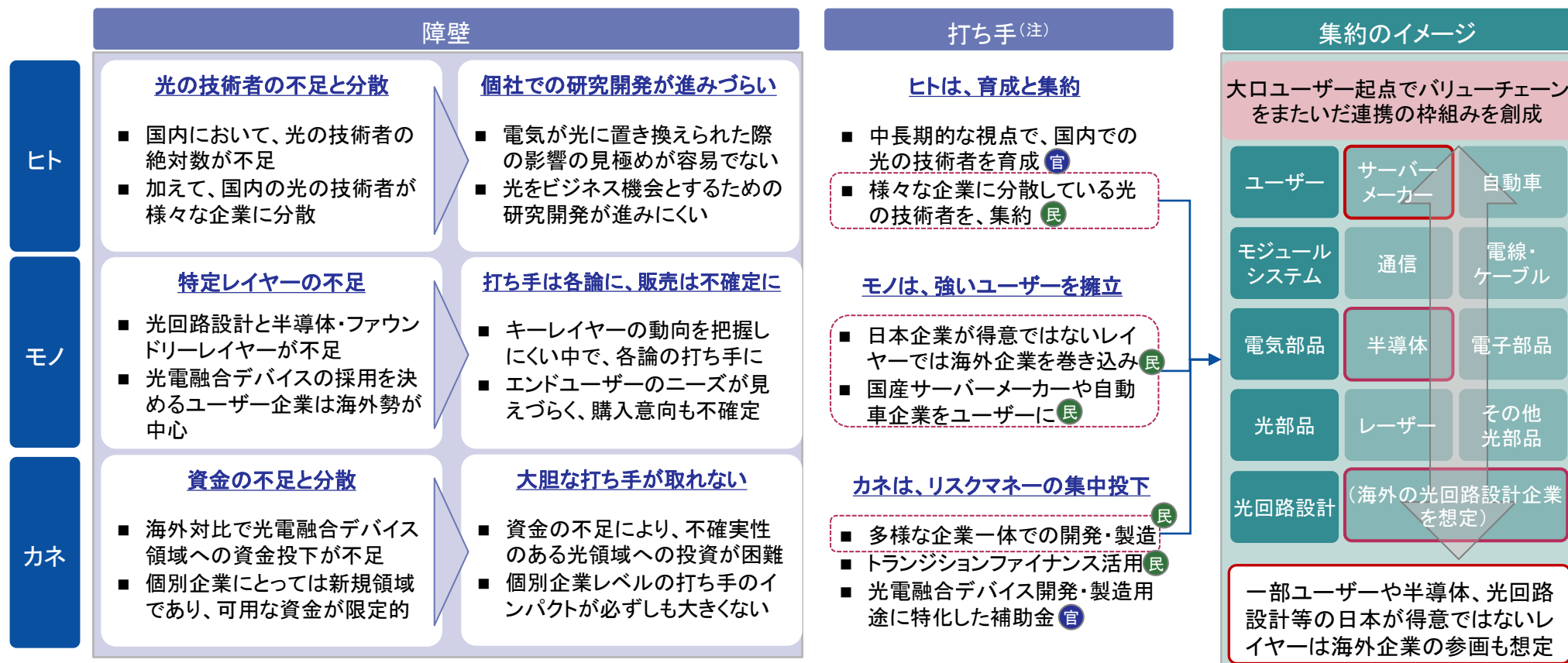
(注1)LD:レーザーダイオード (注2)PD:フォトダイオード

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

日本産業として、ユーザーも巻き込んだ光電融合デバイス実現も一考

- 日本産業としては、ヒトやカネの散在といった障壁を解消し、特定レイヤーを強化しつつユーザーを巻き込む打ち手も一考
 - ― 大口ユーザー起点での、バリューチェーンをまたいだ連携の枠組み創成
 - ― なお、一部の半導体や光回路設計等、日本が必ずしも得意ではないレイヤーでは海外企業の参画を想定

ヒト・モノ・カネにおける障壁と障壁を踏まえた打ち手



(注) 図中の官は官主体、民は民主体の取り組みが求められるもの

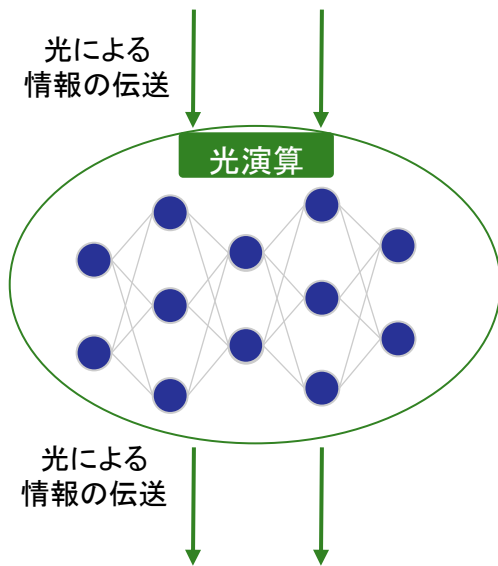
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

長期的には、光演算(光による処理演算)実現による追加的な消費エネルギー削減余地が存在

- 光演算は、光が有する様々な要素を用いることで、情報の処理演算を行う技術
- アップサイドポテンシャルとして、処理演算時の抵抗によるエネルギー損失や発熱の抑制により、光伝送に追加的な省エネ効果をもたらす。ただし、技術面で様々な課題があるため、長期的な取り組みが必要

光演算の概要

- 光の強度、異相(光毎の位相の違い)を活用したり、時間・空間・波長といった要素を用いたりすることで、情報の処理演算を行う
- 電気による処理演算はデジタルで行われるのに対して、光による処理演算はアナログで行うことが可能



光演算の概要

光の多様な要素で演算を実施

強度

位相

時間

波長

空間

電気と比較して省エネ・高速

- 処理演算に付随する、抵抗によるエネルギー損失、発熱が少ないため、相対的に省エネ
- 多様な要素がアナログ情報であるため、AIの計算を高速化可能

システムとしては電気も使用

- メモリ、ストレージ、レーザー駆動等に電気使用

光演算と光伝送の比較

	光演算	光伝送 ^(注)
概要	■ 光で 情報の処理演算 実施	■ 光により 情報を伝送 する
方法	■ 様々な要素を用いて光をアナログ信号として扱い、光の状態を操作することで情報の処理演算を行う	■ 情報を送り届けるために、情報を光の強度・周波数・位相に変換して情報を伝送する
意義・効果	■ 処理演算時に電気抵抗によるエネルギー損失を抑制可能(省エネ効果) ■ 処理演算時の発熱を抑制可能(省エネ効果) ■ AIの計算の高速化	■ 情報伝送時に電気抵抗によるエネルギー損失を抑制可能(省エネ効果) ■ 低遅延伝送が可能 ■ ノイズを抑制可能
留意点・障壁	■ 技術面で様々な課題があり、長期的な取り組み要 ➢ 演算用の光回路設計 ➢ 適切な光源の開発 ➢ ハード・ソフト融合、等 ■ システムとしては電気の利用が残る	■ 一定量のデータ伝送距離・伝送量がないと、意義・効果を発揮できない ■ 処理演算領域の省エネ効果がない

(注) 前ページまでは、デバイス内の光伝送を以て光電融合デバイスと記載している

(出所) 公開情報より、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

光演算の実現に向けて、国内外で様々な取り組みが始まる

- 光演算の実現と普及に向けては様々な課題があるものの、国内外では実現に向けた取り組みが開始
 - 理化学研究所等は、2024年11月に、新型光量子コンピュータの開発を発表
 - 米国Lightelligenceは、光演算デバイス「PACE」の開発成功を発表

光演算の実現に向けた取り組み事例: 理化学研究所など

- 2024年11月、理化学研究所などの共同研究グループは、光方式による新型光量子コンピュータの開発を発表
 - 量子に様々な可能性がある中、光の4つの優位性に言及

① 原理的に計算の動作周波数を高めることが可能

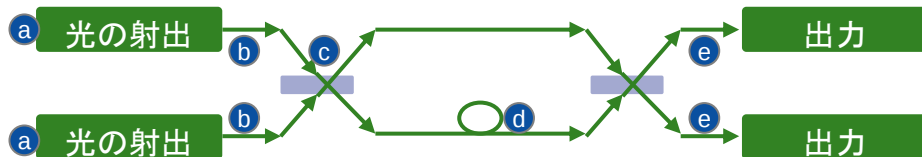
② 他方式と違いほぼ室温動作が可能

③ 光多重化技術により、コンパクトなセットアップでの計算が可能

④ 光通信との親和性の高さ

＜光量子コンピュータの概略図＞

- 連続量の最適化問題、ニューラルネットワークなどへの応用を期待



- データを光に乗せて入力
- 光を時間で区切り、光パルスとして扱う
- 光間に量子もつれを発生させる
- 下部の光回路で遅延を発生させる
- 反射させてから測定を実施することで、演算結果を出力

（出所）理化学研究所ホームページより、みずほ銀行産業調査部作成

光演算の実現に向けた取り組み事例: 米Lightelligence

- 米国Lightelligenceは、光演算を行うことができるデバイス「PACE」の開発に成功
 - 光演算により、特定の計算を高速で行うことができるのみならず、既存のGPU対比で消費電力を抑制可能と公表

Lightelligence社の光演算デバイスPACE



＜Lightelligence社のPACEの特徴＞

- 高密度シリコンフォトニクスによる次世代光演算アクセラレータ
- マツハツエンダ干渉計^{（注1）}ベースの光演算ユニットをパッケージ化
- CMOSプロセスを使って微細変調回路と導波路をオンチップ
- 64×64のビット行列演算を高速かつ低遅延に実行可能
- GPUよりも高い演算力を遥かに小さい消費電力で実現
- 最大カット問題^{（注2）}をGPUよりも800倍早く解く事が可能

（注1）平行な2本の光ビームの相対的な位相差を測定する機器

（注2）部分集合からその補集合までを横断する辺の重みの総和が最大になるようなグラフの頂点の部分集合を求める問題

（出所）株式会社アルゴホームページより、みずほ銀行産業調査部作成

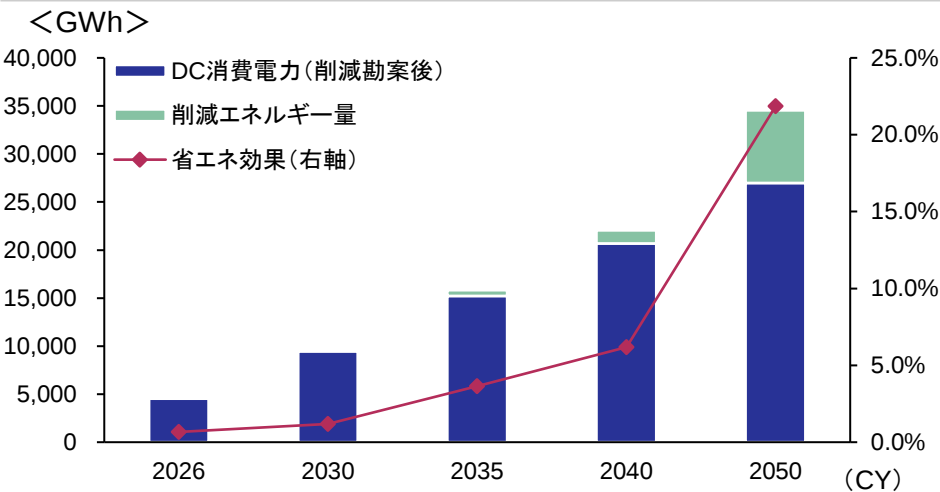
エレクトロニクス

その他

光演算の実現により、2050年の国内データセンターの消費エネルギーを20%pt抑制可能と予測

- 光演算実現により、データ伝送に加え、演算に付随する消費エネルギーも追加的に抑制することが可能
- 2050年に光演算が実現された場合に、伝送と演算合計での消費エネルギー抑制効果は、▲21.8%pt(▲7,545GWh)

光演算実現時の省エネ効果(国内データセンター)



- <試算の前提>**
- 削減エネルギー量(伝送箇所)の数値は、前掲の数値を参照
 - 削減エネルギー量(演算箇所)の数値は、以下の前提にて算定(伝送箇所の削減効果と合わせて、右各表)
 - 光演算実現により、構成要素のうち、サーバー内の演算箇所(CPU及びGPU)の消費エネルギーが削減される(ゼロになる)と仮定
 - 現存する演算機器からの置換比率は、2050年に20%と仮定
 - 光演算実現により、演算箇所の冷却に必要な空調関連の消費エネルギーが削減される(演算箇所の置換割合に応じて、空調関連の消費エネルギーも削減される)と仮定

(注) 赤セルは光電融合デバイス導入、緑セルは光演算実現により省エネ効果が発現される箇所
(出所) 各種公表情報より、みずほ銀行産業調査部作成

<表①: 光演算実現による消費エネルギー削減効果試算(削減割合)>

	CY	2026	2030	2035	2040	2050
①空調関連		-	-	-	-	2.0%pt
②IT機器		0.7%pt	1.2%pt	3.6%pt	6.2%pt	19.8%pt
②-1サーバー		0.2%pt	0.3%pt	0.9%pt	1.6%pt	12.2%pt
②-1.a CPU		-	-	-	-	7.1%pt
②-1.b GPU		-	-	-	-	2.4%pt
②-1.c メモリ		-	-	-	-	-
②-1.d データ伝送		0.2%pt	0.3%pt	0.9%pt	1.6%pt	2.7%pt
②-2 ストレージ		-	-	-	-	-
②-3 ネットワーク機器		0.5%pt	0.9%pt	2.7%pt	4.6%pt	7.7%pt
③その他		-	-	-	-	-
省エネ効果合計		0.7%pt	1.2%pt	3.6%pt	6.2%pt	21.8%pt

<表②: 光演算実現による消費エネルギー削減効果試算(削減量)>

	CY	2026	2030	2035	2040	2050
①空調関連		-	-	-	-	691GWh
②IT機器		31GWh	114GWh	576GWh	1,362GWh	6,855GWh
②-1サーバー		8GWh	30GWh	149GWh	353GWh	4,213GWh
②-1.a CPU		-	-	-	-	2,466GWh
②-1.b GPU		-	-	-	-	822GWh
②-1.c メモリ		-	-	-	-	-
②-1.d データ伝送		8GWh	30GWh	149GWh	353GWh	925GWh
②-2 ストレージ		-	-	-	-	-
②-3 ネットワーク機器		23GWh	84GWh	427GWh	1,009GWh	2,642GWh
③その他		-	-	-	-	-
省エネ効果合計		31GWh	114GWh	576GWh	1,362GWh	7,545GWh

エレクトロニクス

その他

光電融合デバイス(光伝送と光演算)の実現は、デバイス外のレイヤーの変化を招く

- 光電融合デバイス(光伝送と光演算)の実現により、冷却需要が減少し、デバイス外の光電変換が不要となる可能性
 - A) 処理演算に付随する、抵抗によるエネルギー損失や発熱が少なくなり、空調等の冷却関連機器の需要が減少
 - B) 光トランシーバー・AOCで行われる光電変換が不要になり、光ネットワークの結節点となる

光電融合デバイス(光伝送と光演算)の実現にともなうデータセンター内の機器への影響

	消費電力に占める割合(注)		光電融合デバイス導入の影響		
	2026年	2050年	光伝送	光演算	
①空調関連	40%	10%	A デバイス外 冷却需要の減少		
②IT機器	50%	85%			
②-1 サーバー	35%	60%			
②-1.a CPU	21%	36%		デバイス内	電気演算⇒光演算
②-1.b GPU	7%	12%			電気演算⇒光演算
②-1.c メモリ	5%	9%			
②-1.d データ伝送	2%	3%	電気回路⇒光導波路		
②-2 ストレージ	10%	17%			
②-3 ネットワーク機器	5%	9%	B デバイス外	光電変換⇒光ネットワーク	
③その他	10%	5%			

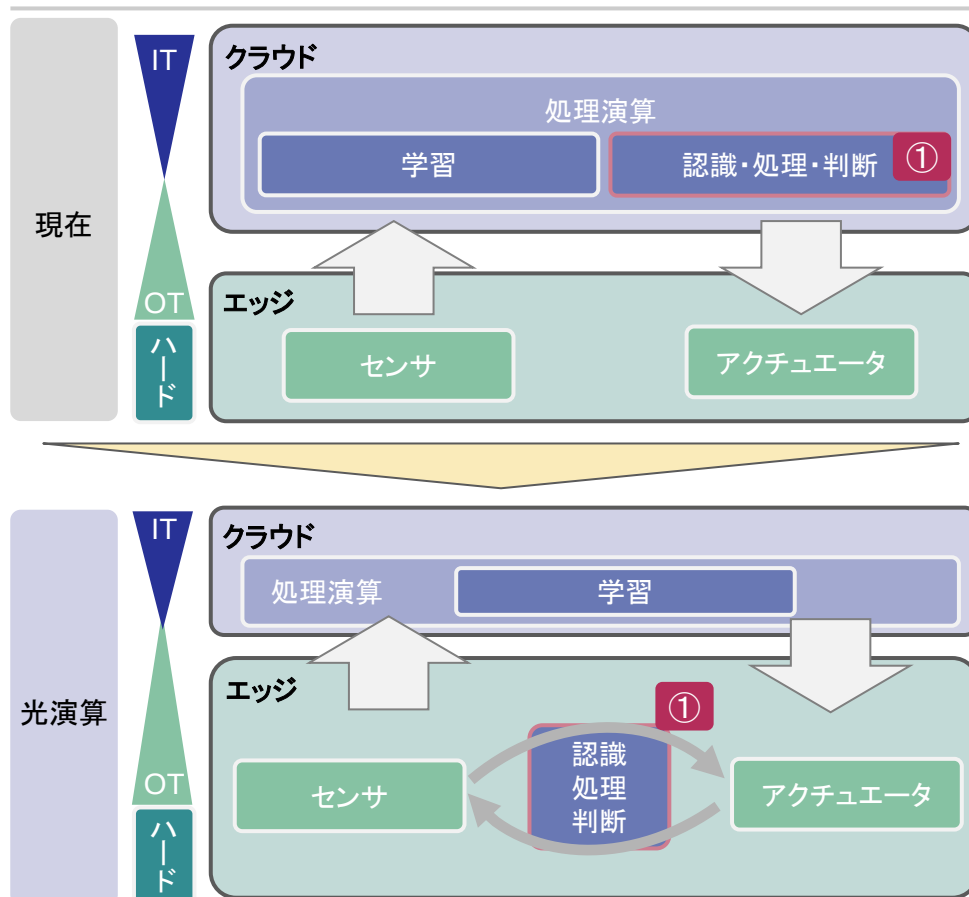
(注)データセンターにおける消費電力を100%とした時の、各レイヤーにおける消費電力の割合を表す。数値は全てみずほ銀行産業調査部の試算値
(出所)各種公表情報より、みずほ銀行産業調査部作成

光演算の普及は、モノづくりのアーキテクチャ変化(エッジサイドの重要性増加)を後押しする

- データセキュリティや災害に対する堅確性確保のために、認識・処理・判断機能のエッジへの移行が想定される(①)
 - 光演算の実現による冷却需要の減少や充電回数の減少はデバイスのコンパクト化・省エネ化を通じてこの流れを後押し
- 結果として、リアルタイム制御の高度化や、モノづくりのシステムとしての自律性の高度化といった効果が期待される
 - エレクトロニクス企業には、エッジにおける光演算を前提とした製品・製造プロセスの設計が求められてくる

光演算の実現が後押しするモノづくりのアーキテクチャの変化

モノづくりのアーキテクチャ変化がもたらす効果と必要な対応



(出所)両図ともに、みずほ銀行産業調査部作成

効果

リアルタイム制御の高度化

- エッジサイドで認識・処理・判断を行うことで、光演算によるAI計算の高速化もあいまって、工場内で発生する全てのデータを瞬時に処理し、生産ラインの最適化や異常検知を即座に実行できるように

システムとしての自律性の高度化

- エッジサイドで認識・処理・判断を行うことで、特定の工場の全てのプロセスを自律的に管理する(本社などにおける中央管理の必要性を低減する)ことが可能に
- エッジからクラウドへのデータ伝送頻度が相対的に減少する(認識・処理・判断に関するデータ伝送が不要になる)ため、データ窃取のリスクを抑制することが可能に
- 災害などに起因するネットワークの遮断に対して堅確に

必要な対応

エッジにおける光演算を前提とした設計

- センサ・アクチュエータレイヤーにおいて、光電融合デバイス(光伝送と光演算)の導入を前提にした設計が必要に
 - 例えば、センサモジュールに光伝送回路を埋め込んだり、エッジでの光演算を可能にしたりする必要

[X\(Twitter\)公式アカウント](#)
[「みずほ産業調査」はこちら](#)

[産業調査部](#)
[発刊レポートはこちら](#)



みずほ産業調査／78号

2025年5月30日発行

© 2025 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り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

東京都千代田区丸の内1-3-3 ird.info@mizuho-bk.co.jp