

調査部
プリンシパル

小野亮
080-1069-4672
makoto.ono@mizuho-rt.co.jp

AI 時代を読み解く⑤ デフレなき技術進歩 AI インフレを左右する技術と産業組織

- AI 革命では、性能向上と性能当たり単価の桁違いの低下が進む一方、IT 関連デフレーターはむしろ上昇している。モデル層のデフレが産業全体には波及せず、AI Inflation が生じている
- IT 革命のデフレを支えたのは、標準化による競争的水平分業とデナード則である。「産業組織」と「技術」が供給力を需要以上に押し上げたことが、性能向上と価格低下の共存を可能にした
- AI ではシステム統合が重要となる一方、AI セクター自身の AI 実装が、既存エコシステムの生産性向上や水平分業の進展を左右する。変化はまだ続く

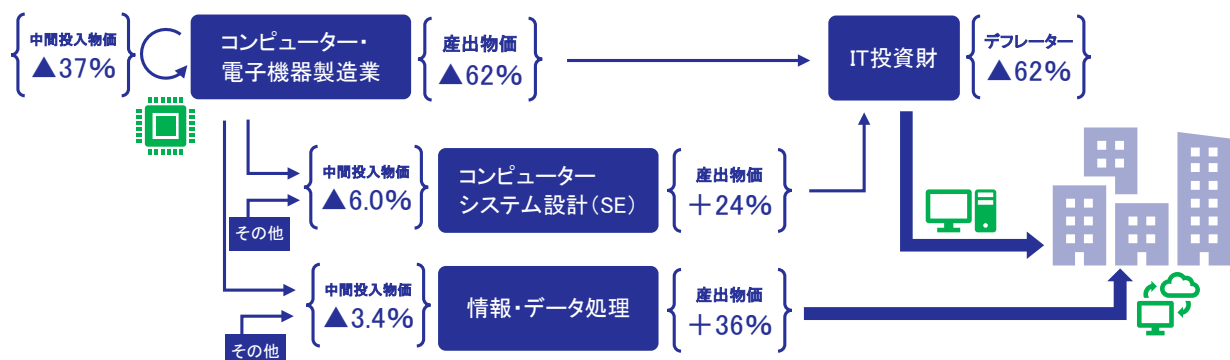
1. デフレーターでたどる IT 革命の恩恵

「技術進歩は、性能向上と価格の低下を同時にもたらす。」かつての IT 革命は、その教科書であった。経済活動の上流に位置するコンピューター・電子機器製造業、中流で IT 関連サービスを提供するコンピューターシステム設計 (SE) や情報・データ処理サービス、そして下流の一般企業に至るまで、IT 技術の進展によるコストパフォーマンス向上の恩恵は幅広く米国経済に浸透した。

IT 革命における技術進歩の恩恵は、コンピューター価格の低下を通じて、産業連関の下流へと広がった。起点となるのは、コンピューター・電子機器製造業の産出デフレーター的大幅な低下である (図表 1)。コンピューターでは、製品 1 台当たりの平均販売単価が緩やかな低下にとどまる一方、処理速度や記憶容量などの性能が急速に向上したため、一定の性能を得るための価格は大幅に低下した。コストパフォーマンスが向上したということだ。

米商務省経済分析局 (BEA) の Landefeld and Grimm (2000) によれば、1995 ～1999 年のパソコンの平均販売単価は年率 7.7% 低下したのに対し、性能差を調整した BEA の価格指数は同 33.3% 低下した。

図表 1 IT 革命における IT 関連財・サービスと物価の動き



(注) IT 投資デフレーター以外は 2005 年ビンテージデータを利用。数値は各物価指数の 1990 年から 2000 年までの累積変化率 (出所) 米商務省より、みずほ総合研究所調査部作成

利用者が実際に支払う1台当たりの金額も下がっていたが、それ以上に、同じ金額で購入できる処理能力や記憶容量が増加した。こうした検証の結果は、特定の品質調整手法に依存しないことも確認されている¹。

コストパフォーマンスの向上という恩恵は、コンピューター・電子機器を中間投入として利用する中流のITサービス業にも及んだ。情報・データ処理サービスとコンピューターシステム設計・関連サービスの中間投入デフレーターは、1990年代前半には大きな変化をみせなかったが、同年代半ばからはっきりと低下するようになった²。

IT部門以外の幅広い企業にとって、IT革命はIT投資が著しく割安化した時期であった。コンピューター、周辺機器、通信機器などの品質調整後価格の低下は、広くIT投資デフレーターを押し下げた。これにより企業は、同じ名目投資額で、より高い処理能力や記憶容量を備えたIT資本を導入できるようになったのである。

もっとも、コンピューター・電子機器製造業が技術進歩の一方向的な供給者だったわけではない。同産業自身の中間投入デフレーターも、同時期に大きく低下している。半導体や電子部品の性能向上から上流部門自身が恩恵を受けていたということだ。

この点を裏付けるのが、Intel製MPUを分析したAizcorbe（2005）である。1993～1999年には、製品構成の変化を含む平均販売価格が四半期当たり2.1%の低下にとどまったのに対し、同一品質ベースの価格指数は同24.4%低下したという。同論文によれば、その大部分は、新製品の投入に伴う品質向上によるものであり、マークアップ低下の寄与は約6%ポイントにとどまった。半導体の利用者は、チップ1個当たりの支出が同じ程度であっても、世代交代のたびに大幅に高い性能を得られるようになっていたのである。

IT革命には、半導体からコンピューター・電子機器、ITサービス、そして一般企業のIT投資へと、技術進歩の恩恵が各段階のデフレーターの低下として順次波及した。各デフレーターの動きは、IT革命が個別産業における性能向上にとどまらず、同じ支出で利用できる情報処理能力を高め、その便益を上流から下流へ連鎖的に広げる過程だったことを示している。

2. IT 関連デフレーターの上昇（AI Inflation）を伴う AI 革命

AI革命では、AIモデルを動かすための半導体やAIモデル自体の性能向上と「AIを支えるIT関連デフレーターの上昇」（本稿ではAI Inflationと呼ぶ）が同居している。もはや、かつての常識は通用しないようだ。

まず、AIの計算能力の供給量は爆発的に増えており、計算能力当たりの単価も大幅に低下していることを確認しておこう。

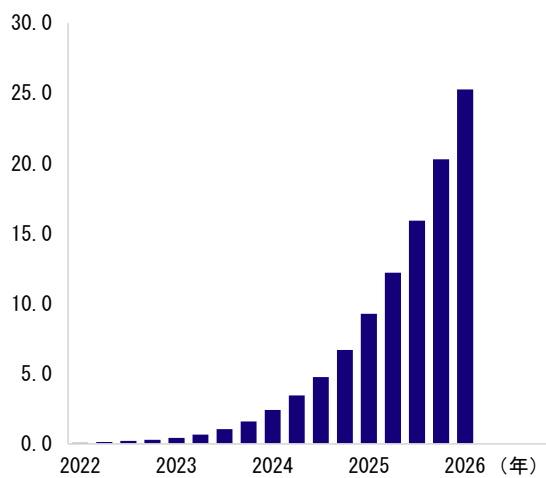
Epoch AIによれば、2026年3月末における世界のAI計算資源量は、2024年末と比べて3.8倍に達する（図表2）。またAIの性能を測る指標の1つであるArtificial Analysis Intelligence Indexとその性能単価をプロットし、コストあたり最大性能のモデル同士を結んだ「パレート・フロンティア」を描いてみると、2026年だけでも大きく上方シフトしている（図表3）。水平方向でみると、同等の性能を得るためのタスク当たり利用費用が低下していることを示しているが、横軸は対数値に変換しているため、桁違いの低下であることが分かる。AIモデルそのものは、技術進歩によって強烈なデフレが起きているということだ。

次に、図表1と同様、AI革命におけるIT関連デフレーターの動きを示したものが図表4である。コンピュータシステム設計と情報・データ処理の産出物価がマイナスとなっているが、他の物価はすべてプラスの変化を示している。半導体やAIモデルの性能向上が物価指数に正しく反映されているのかという課題は残されているが、現時点では技術進歩とインフレが同時進行している。

なお図表4では、情報・データ処理サービスのサブセクターとして「ITインフラサービス」（NAICS 518210に分類されるセクター）を取り出している。ITインフラサービスは、ホスティング、ASP、その他ITインフラ提供サービスで構成され、クラウドではPaaSやIaaSがここに分類される³。図表4に示したように、ITインフラサービスの生産者物価（PPI、他の産出物価と同様の概念）はプラスの変化であ

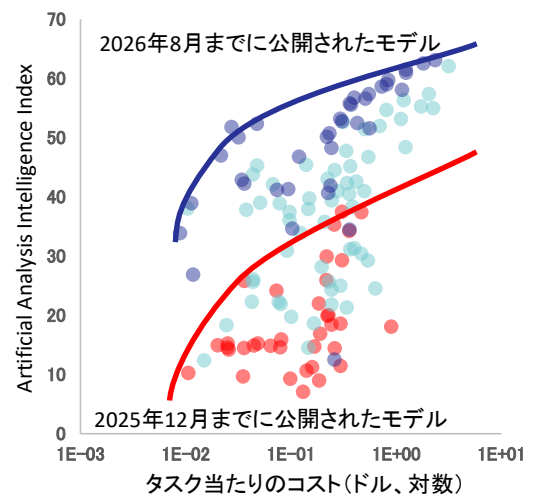
図表 2 世界の AI 計算資源ストック

(H100換算、100万ユニット)



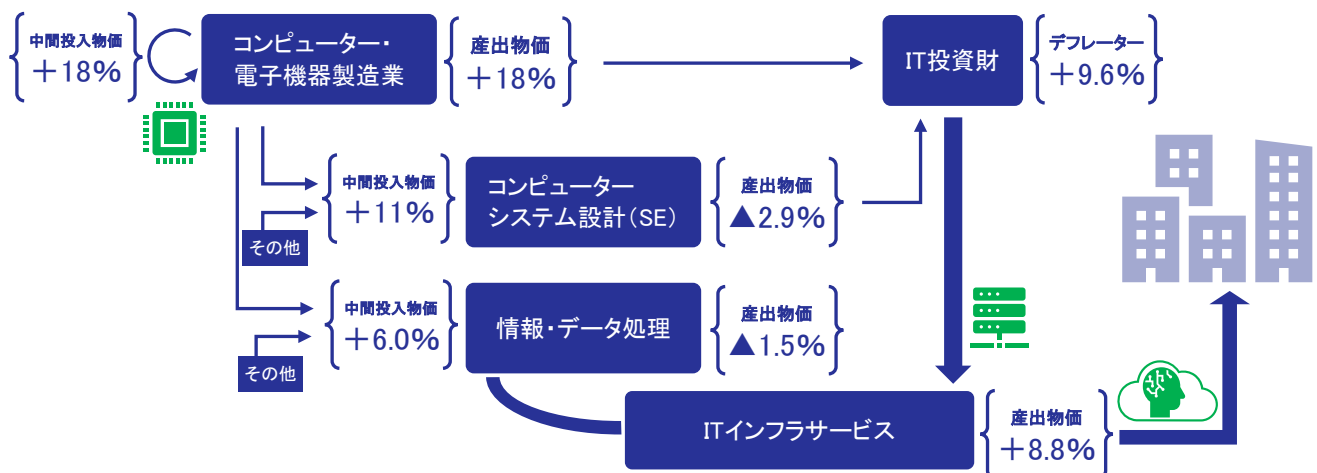
(注) 直近値の一部は 2025 年 10～12 月期の伸びを外挿している
(出所) Epoch AI, *Data on AI Chip Sales* (2026 年 8 月 21 日アクセス) より、みずほ総合研究所調査部作成

図表 3 生成 AI のパレート・フロンティア



(注) 図中のパレート曲線はイメージを掴むための近似曲線
(出所) Artificial Analysis より、みずほ総合研究所調査部作成

図表 4 AI 革命における IT 関連財・サービスと物価の動き



(注) 数値は各物価指数の 2022 年 1～3 月期から 2026 年 1～3 月期までの累積変化率。観測期間の長さが異なるため、累積変化率の大きさを図表 1 と単純比較できない
(出所) 米商務省、米労働省より、みずほ総合研究所調査部作成

る。

また、図表1ではIT投資の矢印が、一般企業を示す右端のアイコン（ビル群）に向かっていたが、図表4ではIT投資の矢印はITインフラサービスに向かっている点に注意されたい。AI革命のIT投資は、ITインフラサービスが中心とみられるためである。

このセクター、とりわけ大手テックが進める投資はIT投資にとどまらない。AIの推論サービスを支えるデータセンター建設では、電力確保が不可欠となっており、サーバーを格納する建物に加えて、サーバーを動かすための電力設備（既存の電力インフラへの接続やオンサイトの電力施設）など、巨額の関連設備・不動産投資を伴っている。この点は、IT革命における通信業の巨額インフラ投資（ファイバー網の整備）に通じる面がある。

一方、多くの一般企業は、クラウドやAIサービスを通じて最先端のAI機能を利用できるため、AI関連支出の相当部分はCAPEXではなくOPEXとして表れる。

なぜAIモデル自体は急速に安くなる一方、AIを支えるIT財・サービスのデフレーターは上がるのか。以下では、IT革命期に価格を押し下げた供給側の2つの条件——標準化と競争的水平分業を特徴とする「産業組織」と、デナード則に支えられた半導体の「技術」——に注目し、AI革命でどう変化しているのかをみる。

3. IT革命はなぜデフレを伴ったのか

AInflationは、少なくとも現段階では技術普及の初期局面として不自然な現象ではない。ただ、それが一時的なものなのか、それとも何年にもわたって続くのかは別の問題である。鍵を握るのは「産業組織の変化」とさらなる「技術革新」である。IT革命を振り返ると、この2つが需要を上回る供給力の拡大に貢献し、技術進歩がIT関連デフレーターの大幅下落を引き起こした。

第1の「産業組織の変化」とは、メインフレームを中心に少数の垂直統合型企業が主導していたコンピュータ産業が、PCを中心に専門企業が競争する水平分業型の産業へと向かう変革を指す。1990年代後半のIT革命は、産業組織上の変革が十分に進み、コンピュータ産業におけるモジュール化、標準化、水平分業がすでに相当程度進んだ後に起きた需要ブームだった。

産業組織の転換を引き起こす契機となったのは、1981年8月のIBM PC (IBM 5150 Personal Computer) の登場である⁴。

IBM Heritageの「The IBM PC」によれば、それ以前のIBMは販売する製品のほぼすべてを自社で設計・製造していた。しかしPC開発チームは、1年間という開発期限と1,500ドルという価格目標を達成するため、IntelのMPUやMicrosoftのOSなど市販品 (off-the-shelf parts) を利用することを決めた。さらに、回路設計やソースコードを含む技術資料を公開する「オープン・アーキテクチャー」を採用し、サードパーティによるソフトウェアや周辺機器の開発を促した。IBM自身も、このオープンなシステムを基礎としたことがIBM PCをデファクト・スタンダードにしたと評価している (IBM (n.d.))⁵。

その結果、1980年代から1990年代にかけて、コンピュータ産業では、CPU、OS、PC本体、メモリー、ストレージ、周辺機器、アプリケーションなど、機能ごとのレイヤーを異なる専門企業が担う水平分業が進んだ。Carliss Y. Baldwin (ハーバード・ビジネス・スクール教授 (当時)) はこの変化を、垂直統合された企業を中心とする産業から、機能別の専門企業が競争する産業への「vertical-to-horizontal transition」と位置付けている (Baldwin (2017, 2019a))。

第2に、IBM PCが登場した1981年から1990年代末にかけて、半導体の微細化が性能向上とコスト低下を同時にもたらしやすい技術レジームにあったことである。具体的にはムーアの法則とデナード則である。

ムーアの法則とは、半導体上に集積される素子数が指数関数的に増加するという経験則である。Moore（1965）は当初、その増加ペースを約1年で倍増すると予測し、その後Moore（1975）は約2年で倍増するペースへと見通しを修正した。

ムーアの法則は広く知られているが、コンピューターの性能とコストを考えるうえでは、それを実際の性能向上につなげることを可能にしたデナード則が重要だった。1974年にRobert Dennardらが示したスケーリング則では、MOSトランジスタを微細化すると、より多くのトランジスタを同じ面積に搭載できるだけでなく、動作速度を高めながら、トランジスタ当たりの消費電力を低下させ、電力密度の急増を抑えることが可能だった（Dennard et al.（1974））。

Intelの技術開発部門を率いたAnn Kelleherも、デナードらの研究によって性能向上、消費電力低下、集積密度向上を同時に進めるスケーリングの道筋が示され、それがその後約30年間、ムーアの法則を実現する半導体産業のロードマップとして機能したと整理している（Kelleher（2022））。

したがって1990年代後半のIT革命は、①モジュール化と標準化によって多数の専門企業が競争できる供給体制がすでに形成されていたこと、②半導体の微細化が性能向上とコスト低下を同時にもたらしやすい技術レジームにあったこと、という2つの条件の上で起きた需要ブームだった。

品質調整後の「計算能力」を一つの財として需要・供給曲線で抽象化すれば、企業のIT需要拡大によって需要曲線が大きく右へシフトする一方、技術進歩による限界費用の低下と多数企業間の競争によって供給曲線も急速に右へシフトした。しかも後者の効果が価格を押し下げるほど大きかったため、市場規模の急拡大と品質調整後価格の急落が同時に実現したのである。

つまり、「技術進歩がデフレをもたらす」というIT革命の経験は、技術進歩一般に備わった普遍的な性質ではない。それは、需要ブームが、供給体制の成熟と半導体微細化の好条件が同時に存在する技術史上の特定の局面で生じた結果と捉えるべきである。

4. AI Inflation の行方

AIブーム期にみられるAI Inflationは、少なくとも現段階では技術普及の初期局面として不自然ではない。もっとも、それが持続するかは、需要の強さに対して供給曲線がどこまでフラットになり、かつ右へシフトするかに依存する。

IT革命でデフレをもたらしたのは、オープン・アーキテクチャーを起点とする標準化・水平分業と、デナード則という2つの力であった。AI革命では、この2つがともにIT革命期と同じようには働いていない。

まず重要なのはデナード則の限界である。実は、AIブーム以前から、単純な微細化だけでは半導体の性能向上を維持できなくなっていた。前出のKelleherは、メモリー帯域、電力供給、先端パッケージングなどを含む「システム・技術の共最適化」（system-technology co-optimization、STCO）が必要になったと述べている。Intelは、マザーボード上に存在していた複数の技術を先端パッケージ内へ再統合する方向に進んでいたという（Kelleher（2022））。

これがAIになると、高性能化のためにはアクセラレーター＋高帯域メモリー＋先端パッケージング

＋高速ネットワーク＋電力＋冷却を一体的に効率化していくため、「極限まで共設計」(NVIDIA(2026))する必要性が一段と高まることになった。

次に、産業構造にも違いがみられる。水平分業そのものが消えたわけではない。AIの供給網は、アクセラレーター、高帯域メモリー、先端パッケージング、ネットワークなど、高度に専門化された企業群によって構成されている。しかしPC時代とは異なり、これらが標準化された部品として容易に代替できる方向に進むよりも、それぞれの最先端技術を密接に組み合わせ、システム全体として性能を引き出すことの重要性が高まっている。

加えて、モデル開発やAIインフラサービスにも規模の経済が働く。フロンティアモデルの性能向上には大規模な計算資源や研究開発能力が必要であり、その計算需要を支えるAIインフラでも、データセンター、電力、ネットワークなどへの巨額の先行投資が求められる。部品レベルでは水平分業が進んでいても、その上位レイヤーでは参入障壁が高くなりやすい。

こうしたシステム統合の必要性和高い参入障壁の下では短期的な供給弾力性が低く、AI投資競争による需要曲線の猛烈な右シフトが起きれば、強い価格上昇圧力が生じることになる。

AI Inflationの行方はどうなるか。

技術についていえば、まず「AI関連セクター自身によるAI実装」が挙げられる。設計、製造、ソフトウェア開発、運用などへのAI導入によって生産性が向上すれば、IT関連デフレーターを押し下げる力となろう。次に、AI実装以外の技術革新である。先端パッケージング・3D集積・チップレット化、メモリー技術などによって、IT財全体の供給能力・生産性の高まりが期待される。

もっとも、こうした技術は、既存のエコシステムをより一層、寡占的・垂直統合的な構造へ押し進める可能性もあり、その結果、AI Inflationは悪化するかもしれない。また、部品や接続規格の標準化が進んでも、モデル開発やAIインフラにおける規模の経済まで直ちに解消されるわけではない。AI革命では、部品レベルの水平分業が進む一方、モデルやインフラといった上位レイヤーでは少数企業への集中が残るという産業構造も考えられる。

こうした集中を緩和し、供給力を高める一つの力が、AIを支えるIT財の標準化である。各種のオープン規格が普及すれば⁶、参入障壁の低下と競争の拡大、つまり産業組織の再変革を通じて供給力が高まる可能性が指摘できる。

AIシステムのオープン化を目指す動きは、半導体や通信だけではない。電力ではOpen Compute Project (OCP) がラック内の電力供給方式を標準化し、冷却でも液冷部品を接続するUniversal Quick Disconnect (UQD) などの共通規格が整備されている⁷。AIの性能向上にアクセラレーター、メモリー、通信、電力、冷却の「極限までの共設計」が必要になる一方、その各レイヤーでは、異なる企業の部品を組み合わせられるようにするオープン化の動きが進んでいる。

AI革命の価格面での試金石は、モデル単体の利用コストの低下にとどまらない。アクセラレーター、メモリー、ネットワーク、電力・冷却、クラウドまで各層で標準化と代替性が高まり、技術進歩による供給力の拡大が投資需要の増加に追いつくかどうかである。見過ごされがちだが、AIセクター自身によるAI実装を通じた生産性向上も重要である。既存のエコシステムの生産性がどこまで高まるのか、オープン標準と新規参入を通じて競争的な水平分業がどこまで進むのか。その帰趨自体をAIの実装が左右する可能性がある。

¹ マッチド・モデル指数でも、ヘドニック指数とほぼ同様の価格低下が確認されている。前者は同一モデルの価格変化を追う一方、後者は処理速度や記憶容量などの製品特性を用いて品質差を調整する。モデル交代が速いコンピュータでは、ヘドニック法は異なるモデル間でも品質差を調整できる利点がある (Landefeld and Grimm (2000))。

² 中間投入デフレーターには、コンピュータだけでなく、通信、購入サービス、流通マージンなど多様な投入物の価格が含まれるため、その低下をすべてコンピュータ価格に帰することはできない。

³ BLS の分類では、Data Processing, Hosting, and Related Services にはホスティング、ASP、その他 IT インフラ提供サービスが含まれる。クラウドでは PaaS と IaaS がこの分類に含まれる一方、SaaS は Software Publishers に分類される (Sawyer and O' Bryan (2023))。

⁴ IBM PC が最初の PC だったわけではない。IBM 自身も、1981 年以前にパーソナルコンピュータはすでに存在していたと説明している。IBM PC の歴史的な重要性は、むしろ、その後の PC 産業の事実上の標準となるオープンなプラットフォームを形成した点にある (IBM (n.d.))。

⁵ PC 産業の水平分業が IBM PC によってゼロから生まれたわけではない。Baldwin によれば、コンピュータ産業では IBM System/360 以来、システムを機能ごとのモジュールに分解する流れが進み、1970 年代後半にはすでにマイクロコンピュータ向けのハードウェア、ソフトウェア、メモリー、ストレージなどを供給する専門企業のエコシステムが形成され始めていた。IBM はこの既存の供給基盤を利用して PC を短期間で開発し、その仕様を開放することで、専門企業の参入と競争をさらに加速させたのである (Baldwin (2019b))。

⁶ UCIe はパッケージ内のチップレット間、CXL は CPU・メモリー・アクセラレーター間、UALink は AI アクセラレーター間の scale-up 接続、Ultra Ethernet はラック間・データセンター内の scale-out ネットワークを対象とするオープン規格である。UALink 200G 1.0 は最大 1,024 基のアクセラレーターをサポートする (UCIe Consortium (2025)、Compute Express Link Consortium (2026)、UALink Consortium (2025)、Ultra Ethernet Consortium (2026))。

⁷ Open Rack V3 ではラックおよび電力供給関連の仕様が公開されており、UQD はデータセンター液冷用クイックディスクコネクタについて OCP 内で整備された共通仕様である (Open Compute Project (n.d.))。

[参考文献]

- Aizcorbe, Ana M. (2005) “Why Are Semiconductor Price Indexes Falling So Fast? Industry Estimates and Implications for Productivity Measurement.” *BEA Working Paper*, WP2005-07, U.S. Bureau of Economic Analysis, September 2005.
- Artificial Analysis (2026a) “Announcing Artificial Analysis Intelligence Index v4.1: A Shift toward Agentic Workloads, Featuring Upgraded Benchmarks and New Per-Task Metrics.” June 15, 2026.
- (2026b) “Language Model Benchmarking Methodology.” accessed August 2026.
- Baldwin, Carliss Y. (2017) “Explaining the Vertical-to-Horizontal Transition in the Computer Industry.” *Harvard Business School Working Paper*, No. 17-084, March 2017.
- (2019a) “Design Rules, Volume 2: How Technology Shapes Organizations, Chapter 14: Introducing Open Platforms and Ecosystems.” *Harvard Business School Working Paper*, No. 19-035, revised January 2019.
- (2019b) “Design Rules, Volume 2: How Technology Shapes Organizations, Chapter 15: The IBM PC.” *Harvard Business School Working Paper*, No. 19-074, January 2019.
- Compute Express Link Consortium (2026) CXL Specification 4.0.
- Dennard, Robert H., Fritz H. Gaensslen, Hwa-Nien Yu, V. Leo Rideout, Ernest Bassous, and Andre R. LeBlanc (1974) “Design of Ion-Implanted MOSFET’s With Very Small Physical Dimensions.” *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 9 (5) , 256-268, October 1974. DOI: 10.1109/JSSC.1974.1050511.
- Epoch AI (2026) *Data on AI Chip Sales*. updated July 22, 2026, accessed August 10, 2026.
- IBM (n.d.) “The IBM PC.” *IBM History*, accessed August 2026.
- Kelleher, Ann B. (2022) “Celebrating 75 Years of the Transistor: A Look at the Evolution of Moore’s Law Innovation.” *2022 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, 1.1.1-1.1.5. DOI: 10.1109/IEDM45625.2022.10019538.
- Landefeld, J. Steven, and Bruce T. Grimm (2000) “A Note on the Impact of Hedonics and Computers on Real GDP.” *Survey of Current Business*, 80 (12) , 17-22, December 2000.
- Moore, Gordon E. (1965) “Cramming More Components onto Integrated Circuits.” *Electronics*, Vol. 38, No. 8, pp. 114-117, April 19, 1965.
- (1975) “Progress in Digital Integrated Electronics.” *1975 International Electron Devices Meeting (IEDM) Technical Digest*, pp. 11-13, IEEE, Washington, D.C., December 1-3, 1975.
- NVIDIA (2026) “Maximize AI Factory Energy Efficiency Through Full-Stack Inference and Training Optimizations.” *NVIDIA Technical Blog*, June 23, 2026.
- Open Compute Project Foundation (n.d.) “Open Rack/Specs and Designs” および “Universal Quick Disconnect (UQD) Specification,” accessed August 2026.
- Sawyer, Steven D., and Claire O’ Bryan (2023) “Exploring Quality Adjustment in PPI Cloud Computing.” *Monthly Labor Review*, U.S. Bureau of Labor Statistics, February 2023.

DOI: 10.21916/mlr.2023.4.

UALink Consortium (2025) Ultra Accelerator Link 200G 1.0 Specification, April 8, 2025.

UCIe Consortium (2025) Universal Chiplet Interconnect Express (UCIe) Specification 3.0, August 5, 2025.

Ultra Ethernet Consortium (2026) Ultra Ethernet Specification, Version 1.0.3, July 16, 2026.

【PR】調査レポート公開中！

～ 国内外の経済・金融動向など幅広い分野について、エコノミストが専門的な知見をご提供 ～
みずほ総合研究所 調査部サイト（みずほ銀行ウェブサイト内）、

<https://www.mizuhobank.co.jp/corporate/mhri/research/index.html>

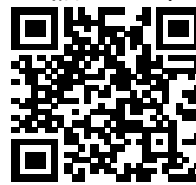
みずほ総合研究所 公式 X（旧 Twitter）

https://x.com/mizuho_mhri

調査部サイト



X（旧 Twitter）



にて、最新情報を発信しています。ぜひご覧ください！！

※みずほ総合研究所はみずほ銀行内の組織の名称です。

© 2026 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。また、本資料に記載された内容は予告なしに変更されることもあります。

本資料の著作権は弊行に属し、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。