

Tech Trends 2025

日本語版

16年目を迎えるDeloitte Tech Trendsにおいて、AIはほぼすべてのトレンドの共通項となっています。今後AIは、我々のあらゆる活動の基盤に組み込まれるでしょう。



02 . . . **Tech Trends 2025: エグゼクティブサマリー**

イントロダクション

05 . . . **至るところに溶け込むAI:魔法のようなアルゴリズムの力**

インタラクション

09 . . . **注目を集める空間コンピューティング**

インフォメーション

17 . . . **AIの次なる展開**

コンピューテーション

27 . . . **ハードウェアが世界を席卷している**

ビジネスオブテクノロジー

37 . . . **ITの拡張:AIがIT組織機能の範囲(および可能性)を広げる**

サイバーとトラスト

45 . . . **新しい公開鍵暗号:量子コンピューター時代を見据えた新たな暗号方式への移行**

コアモダナイゼーション

53 . . . **インテリジェントコア:AIがコアモダナイゼーションのすべてを変える**

コンクルージョン

60 . . . **広がりが新たな深みを生む:戦略的な連携がもたらす効果**



Tech Trends 2025

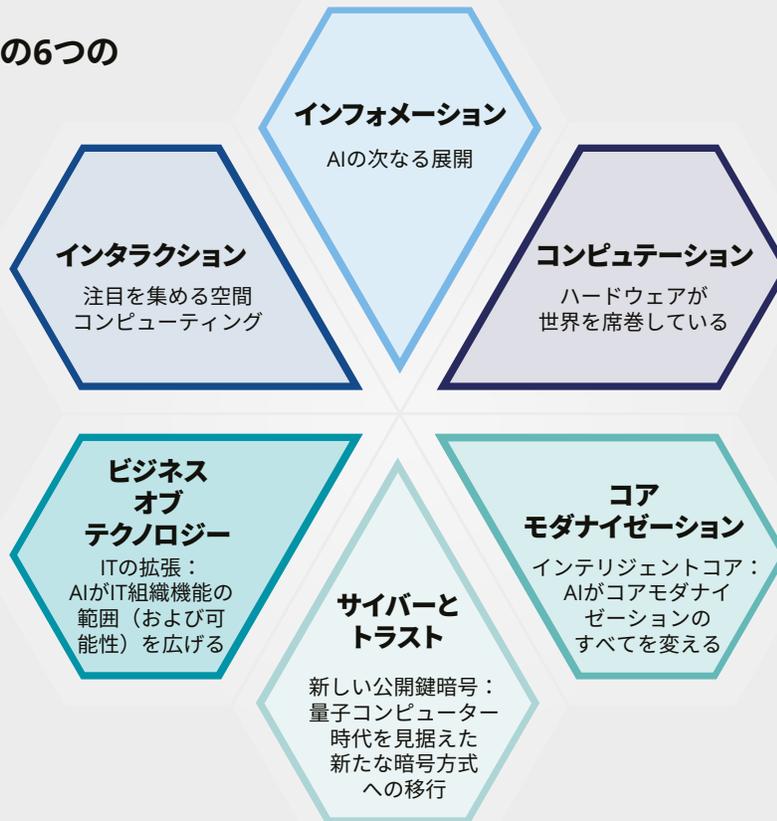
エグゼクティブサマリー

デロイトを代表するテクノロジーレポートである *Tech Trends* では、3つの発展する力（インタラクション、インフォメーション、コンピューテーション）と、3つの基礎となる力（ビジネスオブテクノロジー、サイバーとトラスト、コアモダナイゼーション）におけるトレンドの出現を考察している。これらの要素は、我々の情報テクノロジーのマクロフォースのフレームワーク（図1）を構成するものである。

16回目の発行となる *Tech Trends 2025* では、電気が日常の業務や人々の生活の基盤となったように、AIも同じような未来を辿ると予測している。デロイトの Office of the CTO チームが *Tech Trends 2025* を完成させていく中で、AIがほぼすべてのトレンドの共通項であることに気づいた。今後AIの遍在化が加速し、あらゆる活動の目に見えない基本構造に組み込まれ、最終的に我々はその存在にさえ気づかなくなるだろう。

図1

情報テクノロジーの6つのマクロフォース



イントロダクション

至るところに溶け込むAI：魔法のようなアルゴリズムの力

生成AIは今年もバズワードであり続けているものの、*Tech Trends 2025*、ひいては未来のテクノロジーはAIだけにとどまらない。今年の本レポートでは、AIが我々の生活にどの程度織り込まれているかを明らかにしている。HTTP (Hypertext Transfer Protocol、ハイパーテキストトランスファープロトコル) や電気と同じように、最終的に我々はAIを当たり前のものとしてとらえるようになるだろう。例えば、都市の交通網の最適化、医療のパーソナライズ化、教育分野での適応的かつ利用しやすい学習計画の作成など、AIは人々の生活に静かに溶け込むだろう。我々は、AIを積極的に使用するのではなく、あらゆるものがよりスマートに、より速く、より直感的に機能する世界を体験するだろう。それはまるで魔法のようだが、アルゴリズムの働きによるものである。*Tech Trends 2025*の6つの章では、この新しいリアリティについて触れていく。

インタラクション

注目を集める空間コンピューティング

空間コンピューティングは、情報のサイロ化を解消し、従業員や顧客がより自然に情報に接する方法を生み出す能力を備えていることから、企業の関心は高まる一方である。あらゆる業種の企業が多くのシナリオを検証し、さまざまな状況が自社業務に与える影響を確認できる高度なシミュレーションなどのユースケースを活用することで成功を収める姿を、我々はすでに目撃してきた。空間データの効率的な管理にさらに注力することで、組織はより最先端のアプリケーション活用を推進することができる。今後数年間で、AIの進歩はシームレスな空間コンピューティング体験と相互運用性の向上に寄与し、最終的にはAIエージェントがユーザーのニーズをプロアクティブに予測し、満たすことができるようになる可能性がある。

インフォメーション

AIの次なる展開

生成AIを取り巻く熱狂に便乗すべく、さまざまなユースケースで最適な選択肢とされるLLM (Large Language Model、大規模言語モデル) を導入している企業は多いが、一部の企業はさらにその先を見据えている。LLMは幅広

い適用可能性を有しているが、すべての企業のニーズに対して最も効率的な手段であるとは限らない。現在先進企業は、より小規模で正確なデータセットでLLMをトレーニングできるよう、小規模言語モデルとオープンソースの活用を検討している。マルチモーダルモデル (テキスト、画像、音声など異なる種類の情報を統合して処理できるモデル) やAIベースのシミュレーションを含めた新種のAIの登場によって、企業が各タスクに適したAIを見つけられるようになり始めている。AIは単に質問に回答できるだけでなく、タスクの実行能力を具備するようになることによって、今後数年のうちにAIエージェントの新時代が到来するかもしれない。AIエージェントというアシスタントを手に入れた消費者や企業はその働き方を変えるだろう。そう、働き方だけでなく生き方さえも。

コンピューテーション

ハードウェアが世界を席巻している

長年にわたってソフトウェアがITデジタルの世界で支配の中心であるが、最近ではハードウェアが再び脚光を浴びている。AI利用には、特化したコンピューティングリソースを必要とするため、企業はAIのワークロードを処理するための先進的なチップに目を向けている。さらに、知識労働者はAIチップが組み込まれたPCを活用することによりオフラインでAIモデルにアクセスできるようになるほか、これによりITインフラの将来性が高まり、クラウドコンピューティングのコスト削減、データブライバシーの強化が可能となる。AIによるエネルギー需要の増加は持続可能性に関する課題を引き起こすが、エネルギー源とエネルギー利用の効率化の進歩により、AIハードウェアはより活用しやすくなっている。将来的には、AIがデバイスに次々と統合されることによってIoTおよびロボティクスに革命がもたらされ、よりスマートで自律的なデバイスを通じてヘルスケアなどの業界を変革するだろう。

ビジネスオペテクノロジー

ITの拡張：AIがIT組織機能の範囲（および可能性）を広げる

何年にもわたってリーンなIT (無駄を省いたIT運用) およびEaaS (Everything as a Service) を指向してきた企業では、AIの進歩を受けて、仮想化からの移行と予算縮小からの脱却を進めている。長い間、IT部門は企業全体のDXの主導的立場と見なされてきており、現在ではAIトランスフォーメーションも担うようになって

いる。生成AIはコードの作成、ソフトウェアのテスト、およびIT人材の全体的な補強に応用できるため、先進的なテクノロジーリーダーたちは、インフラ・エンジニアリング・財務オペレーション・人材・イノベーションという5つの柱でIT変革を行う千載一遇の機会ととらえて、現在の局面を活用している。従来型AIと生成AIの双方の能力が向上するにつれて、テクノロジーデリバリーのすべてのフェーズで、人間主体からHitL (Human in the Loop、人とAIを統合したシステム) に移行する可能性がある。このような動向を受けて、最終的にITは、シチズンデベロッパー (Citizen Developer、ローコード・ノーコードツールを用いて業務に必要なアプリを開発するIT部門外の社員) とAIによる自動化を活用した新しいリーンなITへと向かうかもしれない。

サイバーとトラスト

新しい公開鍵暗号：量子コンピューター時代を見据えた新たな暗号方式への移行

2000年問題（コンピューターが西暦2000年を誤認し、障害を引き起こす可能性があると言われた問題）が生じた際、組織は差し迫ったリスクを認識し、迅速に対処した。そして現在、IT部門は新たな課題に直面しており、同じように先じた対応が求められている。専門家は、今後5年から20年の間に量子コンピューターの性能が向上すると、既存の暗号化手法やデジタル署名の安全性は喪失し、サイバーセキュリティは重大な影響を受けると予測している。これは、データおよび通信の完全性と信頼性に対するリスクを意味する。量子コンピューターが性能を向上させるタイムラインは予測不可能であるものの、耐量子計算機暗号への対応を怠ってはならない。新しい暗号化標準は、リスク緩和への道筋を提供してくれる。現在の暗号化方式から移行作業は比較的容易だが、時間を要するプロセスであるため、組織は潜在的な脅威に対して先手を打てるよう、今すぐに行動を起こすべきだ。また同時に、サイバーハイジーンと暗号の俊敏性を取り巻く、より広範な問題に取り組むことも重要であろう。

コアモダナイゼーション

インテリジェントコア:AIがコアモダナイゼーションのすべてを変える

コアシステム（企業活動の中核を担うシステム）の提供者は、AIに多額の投資を行い、AIを活用したモデルやAIファーストモデルを中心に製品や機能を再構築している。コアエンタープライズシステムへのAIの統合は、競争上の優位性を得るための組織活動やテクノロジーの活用における重要な変化の表れである。この変革は、日常的なタスクを自動化し、プロセスを根本から再考・再設計して、よりインテリジェントかつ効率的で予測可能なものにするものだ。そしてこの変革には、統合の複雑性を考慮した入念な計画、テクノロジーとスキル習得への戦略的投資、円滑な運用を確保するための強固なガバナンスフレームワークが必要だ。しかし、自動化のパラドックスには注意が必要だ。つまり、システムが複雑になればなるほど、人間の労働力が不可欠になる。コアシステムにAIを追加することで、ユーザーエクスペリエンスはシンプルになるかもしれないが、アーキテクチャーレベルではより複雑になる。コアシステムでAIを管理するには、高度な技術スキルが依然として不可欠である。

コンクルージョン

広がり新たな深みを生む：戦略的な連携がもたらす効果

企業は長い間、イノベーション主導の収益源、合併や買収によって生み出されるシナジー、戦略的なパートナーシップに依存してきた。しかし、テクノロジーと業界の戦略的な連携が、細分化と専門化を凌駕しつつある。例えば、2つのテクノロジーが連携する場合、それらは補完的な役割を果たすことが多いが、互いに強化し合うこともあり、最終的には両方のテクノロジーが互いの成長可能性を高め合うようになる。同様に、一見異なる業界間で企業が戦略的に提携し、市場シェアを拡大しようとする場合にも、新たな機会が生まれる可能性がある。

至るところに溶け込むAI： 魔法のようなアルゴリズムの力

Tech Trends 2025では、あらゆるものをよりスマートに、より速く、より直感的に機能させるAIが、我々の生活にどの程度織り込まれているかを明らかにしている。

Kelly Raskovich

生成AIが誰もが認める流行語となつてから2年が経過しており、あなたが将来は単純にAIの利用拡大が進むのだろうと想像するのも理解できる。しかし、進歩はこれだけにとどまらない。我々は、未来のテクノロジーの姿とは単なるAIの利用拡大ではなく、AIの遍在化であると提言する。AIは我々の生活のあらゆる部分に深く織り込まれ、誰もその存在を意識しなくなるほど当たり前のものになると予想している。

例えば、電気を例に挙げてみよう。あなたが最後に電子について深く考えたのはいつだっただろうか。電気が点いたことに驚嘆する人はもはや存在せず、使えることが当たり前だと思っている。HTTPについても同じことがいえる。これはインターネットをまとめる目に見えない糸のようなものであり、日常的に使用されているが、「ハイパーテキスト」という言葉について長い間考えたことも（口に出したことも）ない人が多いのではないだろうか。

AIも最終的に同じような道を辿るだろう。遍在化が加速することで、我々のあらゆる活動の目に見えない基本構造に組み込まれ、最終的にはその存在にさえ気づかなくなるだろう。例えば、都市の交通網の最適化、医療のパーソナライズ化、教育分野での適応的かつ利用しやすい学習計画の作成など、人々の生活に静かに溶け込むだろう。我々はAIを「使う」のではなく、あらゆるものがよりスマートに、より速く、より直感的に機能する世界を体験するだろう。それはまるで魔法のようだが、アルゴリズムの働きによるものである。我々が期待するのは、AIがビジネスや個人の成長の基盤となると同時に、時間とともに自らを適応・維持するようになることだ。

Tech Trends 2025ほど、AIを活用した未来について明らかにしたものはない。Tech Trendsでは毎年、情報テクノロジーの6つのマクロフォースに関する新しいトレンドについて考察している（エグゼクティブサマリー図1）。我々が書き記してきたトレンドの半分は、イノベーションや成長を支えるインタラクション、インフォメーション、コンピューテーションといった発展する力である。残りの半分は、ビジネスオペテクノロジー、サイバーとトラスト、コアモダナイゼーションといったビジネスの基礎となる力であり、企業が成長を遂げる間もシームレスな運用を支援するものである。

我々のチームが今年の本レポートを完成させていく中で、AIの高次化と浸透はすでに始まっていることに気づいた。AIは「1つのトレンド」や「すべてのトレンド」ではなく、ほぼすべてのトレンドの土台であると同時に、それらをつなぐ共通の糸のようなものだ。（熱心な読者のために説明すると、もう1つの革新的なテクノロジーである量子コンピューティングがサイバーセキュリティにもたらす影響について論じた「新しい公開鍵暗号：量子コンピューター時代を見据えた新たな暗号方式への移行」は、AIが基盤的役割を担っていない唯一の分野であるが、水面下ではAIの進歩により量子コンピューティングの発展が加速している）。

- **注目を集める空間コンピューティング**：将来的なAIの進歩は、空間コンピューティングのシミュレーションを強化し、最終的にはAIエージェントと統合されたシームレスな空間コンピューティング体験を実現する。



- **AIの次なる展開**：AIの進化に伴い、企業の関心は、大規模な言語モデルから小規模な言語モデル、マルチモーダルモデル（テキスト、画像、音声など異なる種類の情報を統合して処理できるモデル）、AIベースのシミュレーション、および個別のタスクを実行できるエージェントに移りつつある。
- **ハードウェアが世界を席巻している**：長年にわたってソフトウェアがITデジタルの世界で支配の中心であるが、最近ではハードウェアが再び脚光を浴びている。この主な要因は、コンピューティングチップに対するAIの影響、およびエンドユーザーのデバイス、IoT、ロボティクスへのAIの統合である。
- **ITの拡張**：AIがIT組織機能の範囲（および可能性）を広げる：AIによるコードの作成、ソフトウェアのテスト、およびIT人材の補強は、IT部門を変えるとともに、仮想化からの移行と予算縮小からの脱却を促している。
- **インテリジェントコア**：AIがコアモダナイゼーションのすべてを変える：コアシステム（企業活動の中核を担うシステム）の提供者はAIに多額の投資を行っており、これによりユーザーエクスペリエンスやアプリケーション間のデータ共有はシンプルになるかもしれない。一方で、コアシステムのアーキテクチャーレベルではより複雑になる可能性がある。

AIは、電気、HTTP、その他多くのテクノロジーと同様に、未来における基礎的な中核要素に組み込まれると予想される。そのため、AIが遍在化に向けて今後数年間でどのような進歩を遂げるのか、そして我々人間はどのようなメリットを享受しうるのかを考えるのは喜ばしいことである。Tech Trendsでは、この過程におけるすべての歩みを辿っていく。



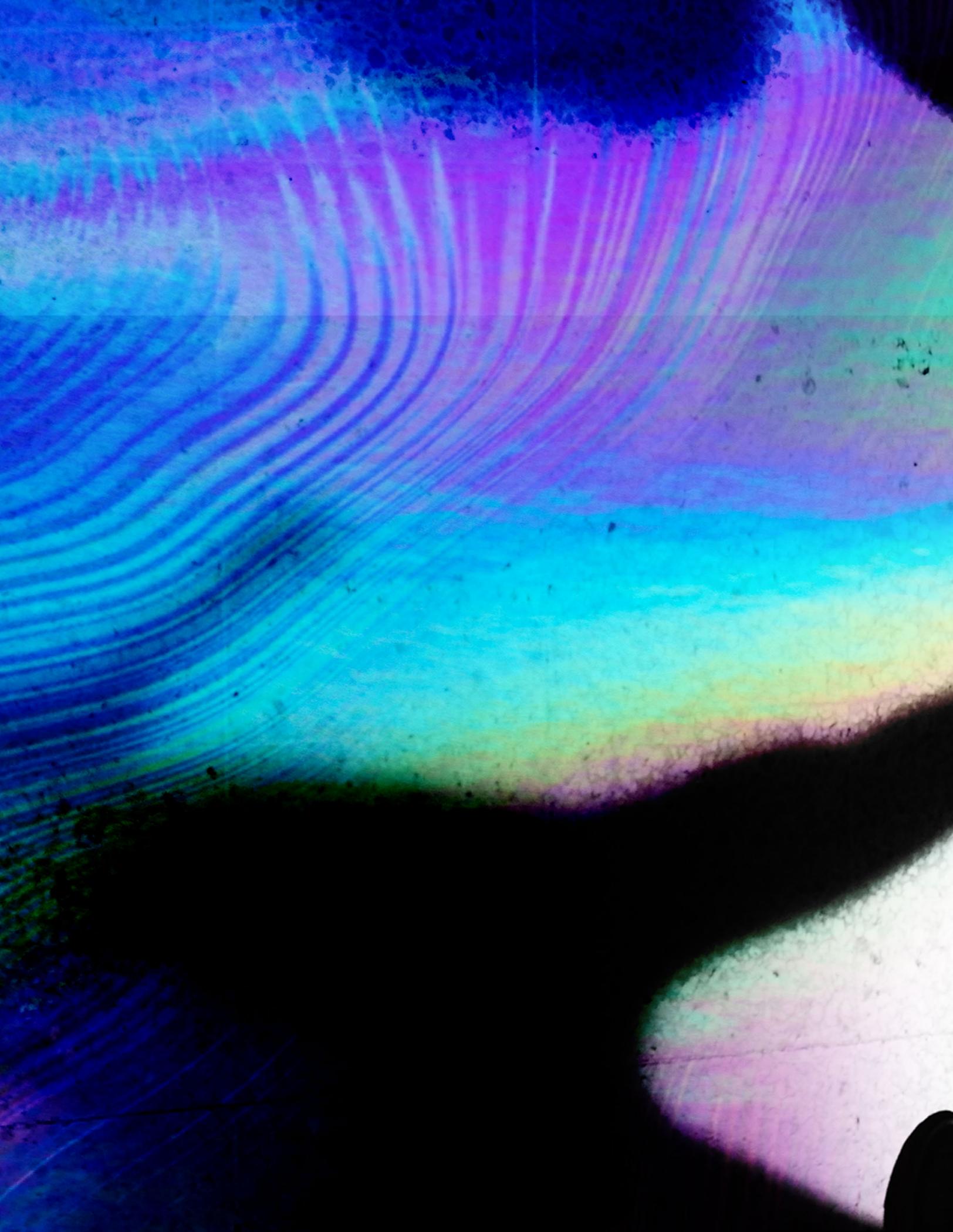
Kelly Raskovich
Office of the CTO
Executive editor, Tech Trends

Trending the trends

	INTERACTION		INFORMATION		COMPUTATION		BUSINESS OF TECHNOLOGY		CYBER AND TRUST	CORE MODERNIZATION
2025	Spatial computing takes center stage		What's next for AI?		Hardware is eating the world		IT, amplified		The new math	The intelligent core
2024	Interfaces in new places		Genie out of the bottle		Smarter, not harder		From DevOps to DevEx		Defending reality	Core workout
2023	Through the glass		Opening up to AI		Above the clouds		Flexibility, the best ability		In us we trust	Connect and extend
2022			Data sharing made easy		Blockchain: Ready for business	Cloud goes vertical	DEI tech: Tools for equity	The tech stack goes physical	Cyber AI	IT, disrupt thyself
2021	Rebooting the digital workplace	Bespoke for billions	Machine data revolution	ML Ops: Industrialized AI			Strategy, engineered	Supply unchained	Zero trust	Core revival
2020	Human experience platforms		Digital twins				Finance and the future of IT	Architecture awakens	Ethical technology and trust	
2019	Intelligent interfaces	Beyond marketing	AI-fueled organizations		NoOps in a serverless world		Connectivity of tomorrow		DevSecOps and the cyber imperative	
2018	Digital reality		Enterprise data sovereignty		API imperative	Blockchain to blockchains	No-collar workforce	Reengineering technology	The new core	
2017	Mixed reality		Dark analytics	Machine intelligence	Everything as-a-service	Trust economy	IT unbounded	Inevitable architecture		
2016	Internet of Things	AR and VR go to work	Industrialized analytics		Democratized trust		Right speed IT	Autonomic platforms	Reimagining core systems	

注記：Tech Trendsのバックナンバーについては、www.deloitte.com/us/TechTrendsを参照。

出所：デロイトによる分析



注目を集める 空間コンピューティング

空間コンピューティングにはどのような未来が待ち受けているのか。リアルタイムシミュレーションは手始めにすぎず、刺激的で新しいユースケースは、医療からエンターテインメントに至る、さまざまな業界を再構築する可能性がある。

Kelly Raskovich, Bill Briggs, Mike Bechtel, and Ed Burns



日の働き方では、特定のスキルセットに対する深い専門知識が求められる。業務に必要な情報を得るには、多くの場合、高度に専門的なトレーニングやコンテキストの理解が必要であるため、作業者の負担は増え、情報のサイロ化が続く可能性がある。これは従来、特に物理的要素を含む作業過程で多く発生している。専門的な作業では、さまざまな独自システムに特化したトレーニングが必要なことから、各分野横断での作業が困難になっている。

その一例が、CAD (Computer-Aided Design、コンピューター支援設計) ソフトウェアだ。経験豊富な設計者やエンジニアは、CADファイルを開覧することで多くのプロジェクト業務に必要な情報を収集できる。しかし、設計やエンジニアリング以外の領域、例えばマーケティング、財務、サプライチェーン、プロジェクト管理など、最新の業務情報を把握する必要がある担当者は、CADファイルの内容把握に苦勞する可能性が高く、重要かつ技術的な詳細が特定できないままになっている。

空間コンピューティングは、この種のコラボレーションを支えるアプローチのひとつである。Tech Trends 2024で説明したように、空間コンピューティングとは、ビジネスデータをコンテキスト化し、顧客と働き手のエンゲージメントを高め、デジタルシステムとやり取りするための新しい方法を提示するものである。そして、フィジカルとデジタルをよりシームレスに融合させ、人間がより自然な方法で世界と繋がることができるような没入型のテクノロジーエコシステムを構築している¹。例えば、ビジネスソフトウェアからコンテキストデータを収集する

ビジュアルインタラクションレイヤーを使用すると、サプライチェーンの担当者が発注の必要な部品を特定することや、マーケティング担当者が製品の全体的な美的要素を把握してキャンペーンを打ち出すことも可能になる。組織に従事するさまざまな従業員は、誰もが理解できる方法でプロジェクトの詳細情報を把握し、それに基づき意思決定できるようになる。

空間コンピューティングと聞いて、人目を引くVR (Virtual Reality、バーチャルリアリティ) ヘッドセットを真っ先に思い浮かべる人は多いだろう。しかし、空間コンピューティングは単にゴーグルを用いて視覚的な体験を提供するだけのものではない。標準的なビジネスセンサーデータと、IoT、ドローン、LIDAR (Light Detection And Ranging、ライダー、光による検知と測距)、画像、動画、その他の3次元データタイプを融合させることで、現実世界を反映したビジネスオペレーションのデジタル表現も構築する。このようなモデルは、従来の2次元スクリーン、軽量の拡張現実メガネ、完全没入型のVR環境など、さまざまなインタラクションメディアで表示することが可能である。

空間コンピューティングは、現実世界の物理的要素を感知する。つまり、ブリッジング技術を基に物理的な入力とデジタル入力を結び付け、デジタル出力を融合されたインターフェースに重ね合わせる (図1)²。

空間コンピューティングの活用方法は、当該技術の革新性に比例して、現在多様化している。リアルタイムシミュレーションは、このテクノロジーの主要なユースケースとして登場した。今後も、進歩は刺激的で新しいユー



スペースを増加させ、医療、製造、物流、エンターテインメントに至るさまざまな業界を改革し続けるだろう。空間コンピューティング市場が、2022年から2033年にかけて18.2%の割合で成長すると予測されているの

は、このためである³。人間とコンピューターの相互作用が進化する過程において、デジタル世界と物理的世界に対する我々の認識とかわり方は、確実かつ根本的に変わっていくだろう。

図1

空間操作の可能性

フィジカル	ブリッジング	デジタル
ウェアラブル (ヘッドセット、スマートアイウェア、ピンバッジなど)	(LIDARなどの) センサーとセンサフュージョン	拡張現実オブジェクト
次世代ディスプレイ	コンピュータービジョン	インタラクティブなデジタルオブジェクト
IoTデバイス (生体認証装置など)	GPS/空間マッピングソフトウェア	ホログラフィック投影
センサー技術 (触覚スーツなど)	3Dデザインとレンダリングツール	オーディオ出力
空間オーディオデバイス	包括的な次世代ネットワークのインフラストラクチャ	アバター
カメラ	データレイク	生成AI
次世代バッテリー		

出所：Abhijith Ravinutala et al., "Dichotomies spatial computing: Navigating towards a better future," Deloitte, April 22, 2024.

Now : シミュレーションはあらゆる場所で使用されている

空間コンピューティングの目的は、デジタル世界を現実世界に近づけることだ。多くのビジネスプロセスには物理的要素が存在するが、特にアセットヘビー（多くの資産が必要な）業界では、非常に多くの場合、これらのプロセスに関する情報は抽象化され、本質（や洞察）を見失いがちである。企業は、高度に整備・構造化されたビジネスデータから自社業務について多くを学ぶことができるが、物理的なデータを追加することで、業務への理解をさらに深めることができる。ここで空間コンピューティングの出番となる。

アマゾン ウェブ サービス (AWS) の global head of go-to-market for spatial computingである David Randleは、「適切な情報を適切なタイミングで適切な見解を持って提供するという概念が、空間コンピューティングの将来像である。空間コンピューティングによって、物理世界と仮想世界をより自然な方法で理解し、認識を高めることができるようになる」と確信している⁴。

空間コンピューティングがもたらす主要なアプリケーションのひとつには、高度なシミュレーションが含まれる。デジタルツインを思い浮かべてほしい。ただし、ここで想像してほしいのは、物理的な資産を監視するバーチャル表現ではなく、組織がさまざまな状況が自社業

務にどのような影響を与えるかを確認するために、多くのシナリオを検証できるようにするものである。

例えば、メーカーにおいて、設計者、エンジニア、サプライチェーンの各チームが単体の3Dモデルを基にシームレスに作業を進めることで、必要なすべての部品を作成、構築、調達できる状況をはじめ、医師が拡張現実ディスプレイを使って患者の体をリアルに再現したシミュレーションを閲覧できる状況、あるいは、石油ガス会社が2Dマップの上に詳細なエンジニアリングモデルの層を追加できる状況を想像してみたい。私たちの物理世界が多様性に富んでいるように、可能性は無限大である。

ポルトガルのサッカークラブBenficaのスポーツデータサイエンスチームは、カメラとコンピュータービジョンを使って試合中に選手を追跡し、選手のすべての動きを把握するフルスケールの3Dモデルを開発した。このカメラは各選手から2,000ものデータポイントを収集し、AIによって対象の選手やその選手が向いていた方向を特定し、意思決定に影響を与えた重要要素の識別に役立てる。データを基に各選手のデジタルツインが生成されるため、チームはある選手が別のポジションにいた場合にどのようなプレーをしていたかをシミュレーションすることができる。コーチたちは従来、黒板上で選手をXやOで表してシミュレーションを行っていたが、今や3次元モデルを用いてより高度な実験をすることができる⁵。

「AIの著しい進化は3Dモデルの成長を後押しし、今では意思決定に利用できるようになった」とSport Lisboa e Benficaのchief information and technology officerであるJoao Copetoは述べている⁶。

このようなテクノロジーは勝敗だけでなく、利益面にも影響を与えている。BenficaはデータとAIを活用することで、選手育成を収益性の高いビジネスに転換させた。過去10年間、チームはヨーロッパで最も高額な選手移籍契約をいくつか結んでいる。ビジネス業界でも同様のアプローチを用いることで、倉庫業務、サプライチェーンと物流管理、その他の資源計画過程で利益を生み出せる可能性がある。

高度なシミュレーションは、医療現場でも使用されるようになってきている。例えば、仮想患者のシナリオは、教科書では再現できない、より動的な環境において看護師や医師が自分のペースでシミュレーションできるようにする研修補助教材として使用できる。一方で患者データに関する懸念、既存の学習教材へのAIの統合、リアリ

ズムの問題など、いくつかの課題が伴う可能性もあるが、AIベースのシミュレーションは、我々の学習方法に影響をもたらしつつある⁷。

シミュレーションは医療の提供方法にも影響を与え始めている。カナダのFraser Health Authorityは、医療の改善に向けたシミュレーションモデル活用の先駆者であり続けている⁸。ブリティッシュコロンビア州に位置するFraserは、最新かつシステム全体的なデジタルツインを構成することで、さまざまな医療環境とシミュレーションを通じて患者の動きを高度に可視化し、さまざまな医療モデルの発展が患者の利用状況に与える影響を見定めている。この調査は進行中であるものの、Fraserは、患者が利用可能なサービスへの認知を高めることで、自身のニーズに合った適切な医療サービスを利用できるようになるだろうと、今後の改善を期待している。

New : データは差別化要因となる

各企業のITチームは今後、全く新しい空間コンピューティングアプリケーションを開発するために、高いハードルを乗り越える必要があるだろう。従来型のソフトウェアベースのプロジェクトを実施する際には、このようなハードルに直面したことはなかっただろう。このような新技術を使用したプロジェクトには魅力的なビジネス価値が存在するものの、組織はその実現に向けて未知の領域を切り開いていく必要がある。

一例を挙げると、データは必ずしもシステム間で相互運用できるわけではないため、異なるソースからのデータを融合する能力には限界がある。さらに、多くの組織においてデータの移動経路をマッピングするスパゲッティ図は、最善を尽くしても複雑な迂回路のような図になってしまい、正しい空間データを可視化システムに移行させるデータパイプラインの構築は、エンジニアリング上の困難な課題となっている。データが高品質で実世界の状況を忠実に反映していることを保証するのは、空間コンピューティングの効果的な活用における最重要課題のひとつかもしれない⁹。

AWSのDavid Randleは、空間データは企業において最も価値の高い情報の一部であるにもかかわらず、ほとんどの組織ではこれまで適切に管理されていなかったと述べている。

同氏は、「空間データは非常に新しく多様であることから基準がほとんど設定されておらず、多くがサイロ化し

てしまっている。一部はクラウドに保存されているが、残りは別々の場所に保存されている。物理資産とデジタル資産を取り巻くこのデータ環境では分散化が非常に進んでおり、管理が適切に行われていない。顧客が直面する最初の課題は、「所有する空間データの管理である」と続ける¹⁰。

より体系的なアプローチを用いて空間データの取り込み、整理、保存を行うと、最新のAIツールで空間データを利用しやすくなり、そこを起点に真の学習に着手することができる。

データパイプラインが事業推進の燃料となる

「データは新しい石油 (Data is the new oil)」という言葉をよく耳にするが、アメリカの某石油ガス企業は、自社のデータパイプラインの一部を新構築するという多大な努力を重ねた結果、この比喩を現実のものに近づける。

このエネルギー企業は、ドローンを使用して現場で使用する機器や設備を3Dスキャンし、そのデータにコンピュータビジョンを適用することで、自社の資産が事前定義された許容範囲内で運用されていることを確認している。また、エンジニアリング、運用、ERP (Enterprise Resource Planning、企業資源計画) の各システムから取得したデータに基づいて、資産を忠実に再現するデジタルツインも構成している。

各例での重要要素はデータ統合である。エネルギー巨大企業である同社は、アプリケーションプログラムインターフェースを使用して、機械、ドローン、ビジネス、画像、動画データなどのさまざまなデータソースやファイルタイプに結び付ける空間ストレージレイヤーを構築した¹¹。

空間データの取り込みと保存のために、この種の体系的なアプローチに投資している組織は、現状一握りである。それでもなお、データ統合は空間コンピューティング能力を推進する重要要素であり、影響力の大きいユースケースを実現する上で重要な第一歩となる。

マルチモーダルAIによるコンテキスト作成

これまで、企業は空間データとビジネスデータを1つのビジュアルに統合できていなかったが、今やそれを実現しつつある。「AIの次なる展開」で説明されているように、マルチモーダルAI (テキスト、画像、音声など異なる種類の情報を統合して処理できるAI) は、ほぼすべてのデータタイプをコンピューター上でプロンプトとして処理し、複数のフォーマットで出力を返すことができる

AIツールであり、テキスト、画像、オーディオ、空間、構造化データの種類に関係なく、あらゆる入力をコンピューター上で処理することにすでに長けている¹²。この能力のおかげで、AIは異なるデータソース間のブリッジとして機能し、空間データとビジネスデータ間のコンテキストの解釈と追加を行うことができるようになる。AIはさまざまなデータシステムにアクセスし、関連する洞察を引き出すことができる。

ただし、マルチモーダルAIにより、すべての障壁が除去できるというわけではない。組織は依然として、所有するデータの効果的な管理と統制を行う必要がある。古くからの言い回しではあるが、「ゴミを入れても、ゴミしか得られない (garbage in, garbage out)」という格言がこれほどの的を射ている時代があっただろうか。AIは、ほかの種類ソフトウェアをはるかに凌ぐエラーを増大させる力を持っているため、無秩序かつ非典型的なデータを使ってAIツールを訓練することは、惨事を招く行為である。企業は、オープンデータ基準を導入し、ベンダーと協力してデータタイプを標準化することに注力する必要がある。

これらの問題に対応することで、ITチームは魅力的なアプリケーションへの新しい可能性を切り開くことができる。「あなたは空間コンピューティング技術を新しく創造的な方法で構築することができる」と、Paramountの executive vice president of workforce enablement である Johan Eerenstein は言う¹³。

Next : AIは新しいUIとなる

前述した空間コンピューティングにおける課題の多くは、データ統合に関連するものである。企業は、さまざまなデータソースを可視化プラットフォームに取り込み、そのデータをユーザーの日常業務で役立てられるような形でレンダリングする (視覚的な画像や映像にデータを変換する) のに苦労している。しかし、近いうちにAIがそうしたハードルを下げることになる。

前述したように、マルチモーダルAIはさまざまな入力を取り入れ、1つのプラットフォーム上で解釈することができる。しかし、それは始まりにすぎないかもしれない。AIがより多くのアプリケーションやインタラクションレイヤーに統合されるにつれて、各サービスが連携して動作できるようになる。「AIの次なる展開」で述べたように、AIの統合によりサービスが連携して動作可能になることは、コンテキストを認識し、ユーザーの好みに基づいてプロアクティブに機能を実行できるエージェントシステムの出現をすでに促している。

このような自律エージェントは近い将来、サプライチェーンマネージャー、ソフトウェア開発者、金融アナリストなどの業務を支援できる可能性がある。現在広く使用されるボットと、将来の利用拡大が期待されるエージェントを区別するのは、事前に計画を立て、ユーザーが何を必要としているかを尋ねることなく予測する能力だ。ユーザーの好みや過去の行動に基づいて、適切なコンテンツを提供したり、適切なタイミングで適切な行動を起こす方法を把握したりすることができるようになるだろう。

AIエージェントと空間コンピューティングが融合すると、ユーザーはデータがLIDARやカメラなどの空間システムに由来するものであるかを考えたり（重要な注意点として、そもそもAIシステムは、高品質で適切に管理され、相互運用可能なデータに基づいて訓練されている）、特定のアプリケーションの機能を考慮したりする必要がなくなる。インテリジェントエージェントを使用すると、AIがインターフェースになるため、必要な作業は、明示的にアプリケーションのプログラミングやプロンプトでの指示を行うのではなく、好みを伝えることだけになる。金融アナリストに市場状況の変化を自動的に通知するボットや、ビジネス環境やチームの士気の変化に関する経営幹部向けの日報を作成するボットを想像してほしい。

スマートフォン、タブレット、コンピューター、スマートスピーカーなど、我々が今日使用している多くの機器は、AI搭載システムに指示を実行させる際にジェスチャーで好みを示してコンテキストを認識させるだけで事足りる未来においては、非常に扱いにくいものと感じるようになるだろう。最終的には、このようなシステムがユーザーの好みを学習してしまったら、ジェスチャーさえも全く不要になるかもしれない。

エージェントAIシステムが空間コンピューティングに全面的な影響を与えるのは、まだ何年も先になるかもしれないが、企業は今からでも、空間コンピューティングの恩恵を得るために行動することができる。データパイプラインの構築は最も困難な作業に該当するが、構築さえしてしまえば、無数のユースケースを開拓できるようになる。自律的な資産検査、サプライチェーンの円滑化、現実に即したシミュレーション、没入型の仮想環境などは、先進的な企業が、空間コンピューティングが将来的に自社業務に浸透して大きく変化することに備える取り組みの一部にすぎない。AIが空間システムと交差し続けるについて、我々はまだその全貌が明らかになっていない、革命的かつ新しいデジタルフロンティアの出現を目の当たりにするだろう。

Endnotes

1. Abhijith Ravinutala et al., “Dichotomies Spatial Computing: Navigating Towards a Better Future,” Deloitte, April 22, 2024.
2. Ibid.
3. Future Market Insights, *Spatial Computing Market Outlook (2022 to 2032)*, October 2022.
4. David Randle (global head of go-to-market, AWS), interview with the author, Sept. 16, 2024.
5. Joao Copeto, chief information and technology officer, Sport Lisboa e Benfica, interview with the author, August 27, 2024.
6. Ibid.
7. Isabelle Bousquette, “Companies finally find a use for virtual reality at work,” *The Wall Street Journal*, Sept. 6, 2024.
8. Fraser Health, “Fraser Health Authority: System wide digital twin,” October 2023.
9. Gokul Yenduri et al., “Spatial computing: Concept, applications, challenges and future directions,” preprint, 10.48550/arXiv.2402.07912 (2024).
10. Randle interview.
11. Deloitte internal information.
12. George Lawton, “Multimodal AI,” TechTarget, accessed Oct. 29, 2024.
13. Johan Eerenstein (senior vice president of workforce enablement, Paramount), interview with the author, July 16, 2024.

Continue the conversations

Industry leadership

Frances Yu

Unlimited Reality™ GM/Business lead | Principal | Deloitte Consulting LLP
+1 312 486 2563 | francesyu@deloitte.com

Frances Yu is a partner at Deloitte Consulting LLP, where she has served in a range of global practice leadership roles. She has helped Fortune 500 clients as well as Deloitte launch several new ventures, evolved growth strategies, and transformed their demand value chain. Currently, she is the US and global business lead and general manager for Deloitte's Unlimited Reality™, a multinetwork innovation business for the industrial metaverse era, focusing on spatial computing, digital twin, and multimodal AI and data.

Nishanth Raj

Unlimited Reality™ Spatial/Multimodal AI and data lead | Managing director | Deloitte Consulting LLP
+1 832 970 7560 | nisraj@deloitte.com

Nishanth Raj is a managing director and AI and data / Unlimited Reality™ leader at Deloitte Consulting, specializing in the Energy & Chemicals sector. With over two decades of consulting experience, he helps clients leverage technology, AI, and data to drive business value, and transform them into insights-driven organizations.

Stefan Kircher

Unlimited Reality™ CTO | Managing director | Deloitte Consulting LLP
+1 404 631 2541 | skircher@deloitte.com

Stefan Kircher is a managing director in the Products & Solutions practice of Deloitte Consulting LLP and CTO for Deloitte's Unlimited Reality™ Business. He has over 25 years expertise in the industry, technology strategy, and solution-building across various industries, R&D, innovation, and partnerships with strategic tech partners like AWS.

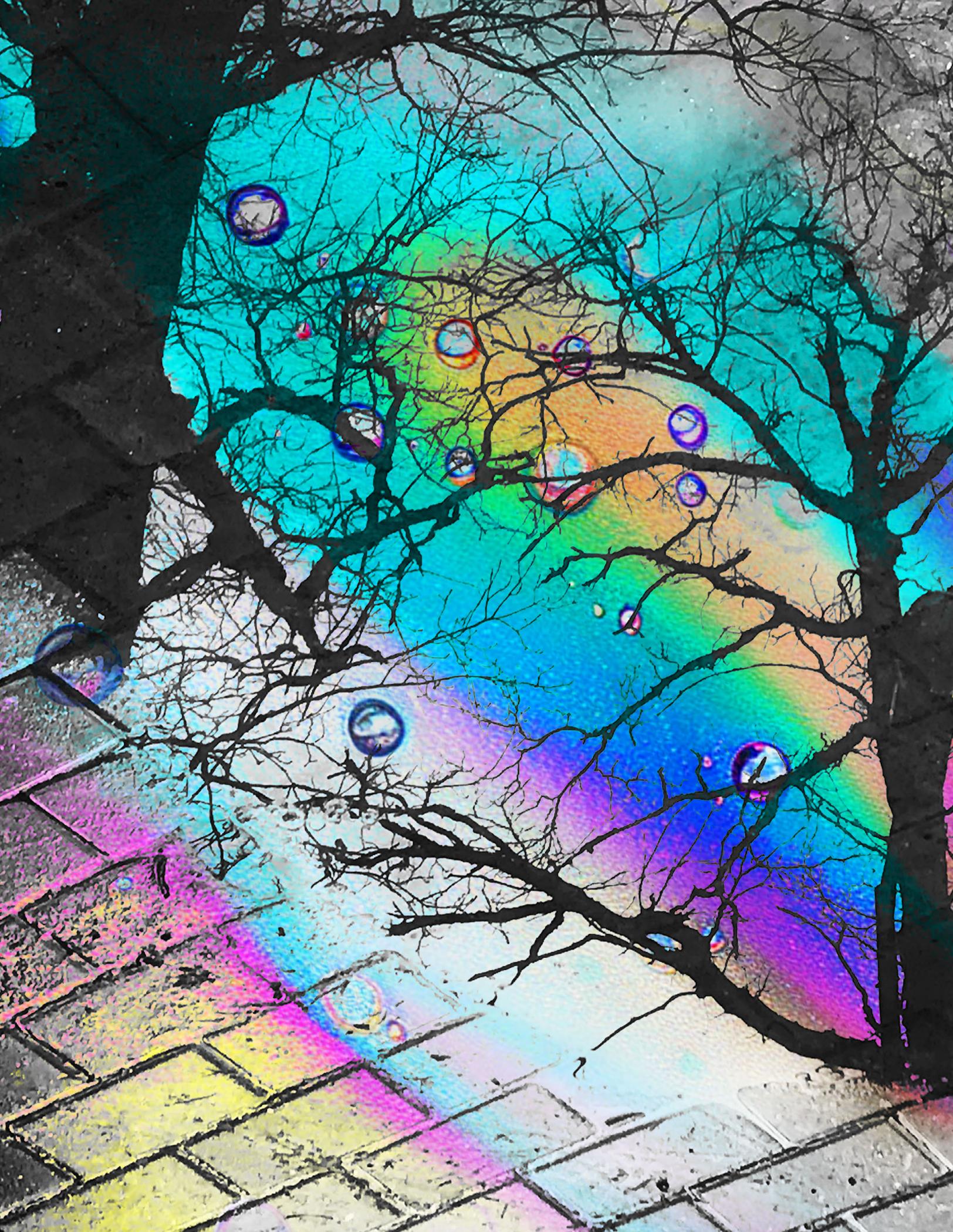
Robert Tross

Unlimited Reality™ GPS market offering leader | Principal | Deloitte Consulting LLP
+1 703 251 1250 | rtross@deloitte.com

Robert Tross is a principal in Deloitte Consulting LLP's GPS Government Technology practice, leading the Unlimited Reality™ federal market offering. With over 25 years of experience, he specializes in omni-channel experiences across various platforms, including web, immersive/spatial, social media, mobile, wearables, and tablets, including others.

Acknowledgments

Much gratitude goes to the many subject matter leaders across Deloitte that contributed to our research for the Interaction chapter: Lars Cromley, Stefan Kircher, Kaitlyn Kuczer, Lena La, Tim Murphy, Ali Newman, Bob Tross, and Frances Yu.



AIの次なる展開

大規模言語モデルが進化し続ける中、新しいモデルとエージェントは個別のタスクにおいてより効果的であることが証明されつつある。つまり、AIは業務や領域に特化する必要があるのだ。

Kelly Raskovich, Bill Briggs, Mike Bechtel, and Abhijith Ravinutala

瞬 きすれば見逃してしまうほど、AIの進歩のスピードは予想を上回っている。昨年、企業が生成AIの導入方法を理解しようと躍起になっていた中、我々は *Tech Trends 2024* の読者に対し、競合他社との差別化を図り、LLM (Large Language Model、大規模言語モデル) の使用をスケールアップするための戦略的アプローチの採用が必要であることを強調した。現在、LLMは定着しており、複数の予測によると、最大で70%の企業がLLMのユースケースの調査や実装に積極的に取り組んでいるという¹。

しかし、先進的な企業はすでにAIの次の展開を見据えている。企業は、AI分野の大手企業が構築した、必要以上に強力で多くのデータに基づく大規模なモデルに依存するのではなく、ビジネス要件に対してより効率的に対応できる複数の小規模なモデルを実装することを検討している²。LLMは今後も進化を続け、チャットボットや科学研究のシミュレーションといった、特定のユースケースでは最適な選択肢であり続けるだろう。一方で、財務データを精査して収益機会の損失を検討するチャットボットが、顧客からの問い合わせに答えるチャットボットと同じモデルである必要はない。簡単にいえば、今後は用途に応じてAIの特化が進むということである。

複数の小規模モデルが連携して動作することで、最終的には現在のLLMアプローチとは異なるユースケースに対応できる可能性がある。次々と登場するオープンソースモデルおよびテキストに限らないマルチモーダルなアウトプット生成の活用により、企業は全く新しいサービスの提供が可能になる³。

今後数年のうちに、より小規模かつ専門業務に特化したモデルが増加することで、企業におけるAIのゴールポストが再び動く可能性がある。

企業は、AIが知識の強化から実行の強化へと根本的にシフトするのを目の当たりにすることになる。現在、次世代AIと目されるAIエージェントへの投資が進み、消費者や企業がこの強力なツールを導入するようになれば、我々の働き方や生活は一変するだろう。取締役会で財務報告書を提出したり、助成金を申請したりといった個別のタスクを実行できるAIエージェントを想像してほしい。「業務のためのアプリケーション」が「業務のためのエージェント」になる可能性は十分にあるのだ。

Now : 基本を正しく理解する

LLMが魅力的なものであることには疑いの余地はないが、その利用には多大な準備を要する。企業は、自らモデルを構築する代わりにAnthropicやOpenAIなどの企業と提携し、大手クラウドベンダーを通じてAIモデルにアクセスするなどしている⁴。Gartner®の調査によると、AIサーバーは、大手クラウドベンダーにおけるサーバー支出全体の60%近くを占めるようになるという⁵。LLMを使用することに直接的なビジネス価値を見出している企業もあれば、外部データでトレーニングされたLLMの精度と導入効果に対して慎重な企業もある⁶。企業の時間軸からすると、AIの進歩はまだ初期段階にある(昨年のレポートで述べたように、人間の幼児期に当たる)。Fivetran、Vanson Bourne、およびデロイトによる最近の調査によると、ほとんどの企業では、試験運用された生成AIが本番環境に移行したケースは3分の1未満となっており、その理由は、企業がAIプログラムの実行に必要なすべてのデータを入手したり整備したりするのに苦戦しているからである⁷。**Deloitte AI Instituteが最近発表したレポートで概説しているように**、AIの導入規模を拡大するためには、企業は戦略やプロセス、人材だけでなく、データやテクノロジーについても検討を進めていく必要がある。



デロイトが**2024年に発表したレポート** *Deloitte's State of Generative AI in the Enterprise Q3*によると、調査対象企業の75%が、生成AIの活用に伴いデータライフサイクル管理への投資を増やしている⁸。データはLLMの土台であるため、質の悪いインプットでは質の悪いアウトプットしか生まれない（つまり、ゴミが投入されると、さらにゴミが生成される）。データラベリングにかかるコストが、AIに関する投資の大きな原動力になりうる理由はここにある⁹。可能な限り大きなモデルを構築するため、データをインターネットから洗いざらい収集しようとするAI企業もある一方で、賢明な企業は自社のLLMに対し、領域に特化したより優れた「教育」を行うことで最大限にスマートなモデルを作成している。例えば、バンクーバーを拠点とし、非営利団体にコンサルティングサービスなどを提供する企業である**LIFT Impact Partners**は、カナダの新規移民の書類手続きを支援するにあたり、適切なデータを学習したAIバーチャルアシスタントのファインチューニングを行っている。同社のpresident兼CEOであるBruce Dewarは、「自社に固有のペルソナやデータ、職場文化に基づいてトレーニングすれば、自社に対するAIの関連性と効果は大きく高まる。これによりモデルの信頼性は高まり、真に組織の一部として機能するようになる」と述べている¹⁰。

データ活用に関する課題は変化し続けている。デロイトの調査対象企業は、AIパイロットのスケールアップや、機密データに関する不明確な規制、外部データの利用（例えば、許諾を得た第三者データ）に関する問題などにより、新たな課題が顕在化する可能性があると回答している。このため、調査対象企業の55%がデータ関連の課題を理由に特定のAIユースケースを回避しており、また同じ割合の企業がデータセキュリティの強化に取り組んでいる¹¹。企業は、ベンダーが提供するアウトオブザボックス（導入後にすぐ使える）モデルを使用することでこうした課題に対処できるが、AIの活用により独自性のあるインパクトを引き出すには、独自性のある企業データが必要になる。

幸いなことに、LLMの準備が整えば得られる利益は明白になる。調査対象企業の3分の2は、今日までに生成AIに大きな価値を見出し、生成AIへの投資を増やしていると述べている¹²。保険金請求のレビュー、通信のトラブルシューティング、および消費者のセグメンテーションツールなど、さまざまな業界で現実的な価値をもたらす事例も出てきている¹³。またLLMは、宇宙空間における修理作業、核モデリング、マテリアルデザインなど、より専門的なユースケースにおいても注目を集めている¹⁴。

LLMの土台となる入力データの質が改善され、かつデータ入力の持続可能性が高まれば、LLMおよびシミュレーションなどの高度なモデルの立ち上げとスケールアップは容易になる可能性がある。しかし、モデルの規模だけが重要というわけではない。AIのトレーニング方法や実装方法が普及するにつれて、企業はより小規模なモデルを試行するようになるだろう。多くの企業は、これまで想定していた以上に価値あるデータを保有しているかもしれず、小規模タスク指向モデルを介してそのデータを活用すれば、時間や労力、手間を削減することが可能だ。本レポートの**イントロダクション**で述べているように、我々は、大規模なプロジェクトによってAIを取り入れていく時代から、至るところにAIが溶け込む時代に移行しつつあるのだ。

New：業務や領域に特化する

LLMは膨大な数のユースケースを有しているが、現時点でそのユースケース集はまだ無限というわけではない。LLMは膨大なリソースを必要とする上、主にテキストを処理するものであり、個別のタスクを引き受けて実行するというよりは、むしろ人間の知能を拡張することを意図している。Dell Technologiesのsenior vice president of corporate strategyであるVivek Mohindraは、「AIに対する万能なアプローチは存在しない。あらゆるサイズのモデルや、目的に沿ったオプションを提供していくことは、我々のAI戦略における重要な信念のひとつである」と述べている¹⁵。

今後1年半から2年の間に、主要なAIベンダーや企業は、ますます精緻かつ堅牢なLLMとともに、日常的なユースケースにより適合した小規模なモデルで構成されるツールを手にするようになる。実際に、LLMが最適な選択肢ではない場合、SLM (Small Language Model、小規模言語モデル)、マルチモーダルモデル（テキスト、画像、音声など異なる種類の情報を統合して処理できるモデル）、AIエージェントという3つの柱が、価値を創出する道を切り開いていくことになる（図1）。

SLM

LLMのプロバイダーは、AIモデルを可能な限り効率化しようと競い合っている。こうした取り組みは、新しいユースケースの創出ではなく、既存のユースケースに合わせたモデルの適正化または最適化を目指している。例えば、LLMは検査報告書を要約するような日常的なタスクには必要ない。類似の資料でトレーニングされた小規模モデルで十分であり、その方がコスト効率もよい。

企業が小規模で厳選されたデータセットを使用してトレーニングすれば、SLMはより特定の問題を解決することが可能である。例えば、企業が在庫情報に基づいてSLMをトレーニングすれば、従業員は大量のデータセットを手で解析するプロセスに数週間費やすことな

く、洞察を迅速に得ることができる。こうしてSLMから得られた洞察は、ユーザーインターフェイスアプリケーションと組み合わせることによって容易にアクセスできるようになる。

図1

ニーズに応じたAIの最適解

	SLM	マルチモーダルモデル	AIエージェント
特徴	テキストベースでカスタマイズ可能。個別のユースケースに合わせてトレーニング可能	小規模なデータセットではトレーニングできず、より多くのデータセットが必要だが、さまざまな出力が可能	具体的なアクションを取ることが可能
入力形式	テキスト	テキストを含む多様な入力形式	テキスト
出力形式	一部	より多い	最も多い
データ量	少量	相当量	ケースバイケース
カスタマイズ	使用するデータに基づいたカスタマイズおよびトレーニングが必要	必要とするデータ量が多いため、カスタマイズ性はやや低い	カスタマイズ不要なモデルもあるが、カスタマイズした場合に最大の効果を発揮

出所：Deloitte research.

Databricksのvice president of AIであるNaveen Raoは、このようなAIを活用したシステムのアプローチを採用する企業は増えるだろうと考えている。また、「すべてを理解する魔法のようなコンピューターはSFファンタジーに過ぎない。それよりも、職場で人材を組織化するのと同じ方法で問題を分解すべきなのである。そうすれば、領域に特化しカスタマイズされたモデルが特定のタスクに対応し、ツールが関数的な計算を実行し、データベースが関連するデータを引き出すといったことが可能になるのだ。このようなAIシステムは、個々のAIやツール単体では成しえない優れたソリューションを提供する」と語っている¹⁶。

「ハードウェアが世界を席巻している」で触れているように、小規模モデルの付加価値には、デバイス上で稼働できることと、企業が特定の問題を解決するために小規模で厳選されたデータセットを用いてトレーニングできることが挙げられる。MicrosoftやMistralなどの企業は、より少ないパラメーターで構築されたSLMを自社の大規模なAI製品から抽出することに取り組んでおり、Metaは小規模モデルから最先端モデルまで複数のオプションを提供している¹⁷。

SLMで起きている進歩の大部分は、Hugging FaceやArcee.AIなどの企業が提供するオープンソースモデルによるものである¹⁸。このようなモデルは、IT部門にファインチューニングできるAI人材がいれば、さまざまなニーズに合わせてカスタマイズできるため、企業での利用に最適である。実際、最近のDatabricksのレポートによると、75%以上の組織が小規模オープンソースモデルを選択し、特定のユースケースに合わせてカスタマイズしているという¹⁹。オープンソースモデルは、多様なプログラミングコミュニティの貢献によって常に改善されているため、その規模と効率性が急速に向上すると予測される。

マルチモーダルモデル

人間は、テキスト、ボディランゲージ、音声、動画などのさまざまな媒体を用いて対話するが、今や機械もその能力を獲得しようとしている²⁰。ビジネスにおける対話がテキストのみで対応しきれものではないことを考えると、複数の媒体を取り込み、生成できるAIに期待を寄せるのは当然の流れである。実際、我々は既にマルチモーダルAIに慣れ親しんでいる。例えば、デジタルアシスタントに話しかけてテキストや画像を受け取ったり、画像認識によって警告音を発するなどの運転支援をしてくれる車に乗ったりしている²¹。

一方、マルチモーダルモデルはまだ発展の初期段階にある。最初の大規模モデルであるGoogleのProject AstraとOpenAIのGPT-4 Omniは2024年5月に発表された。Amazon Web ServicesのTitanも同様の機能を備えている²²。マルチモーダルモデルは、大量のデータ、リソース、およびハードウェアを必要とするため、進化が遅い可能性がある²³。その上、テキストベースモデルを悩ませているハルシネーションやバイアスといった既存の問題は、マルチモーダルな生成を行うことによって悪化する可能性がある。

それでも、企業における活用の展望は明るい。マルチモーダルモデルの「一度トレーニングすれば、どこでも、あるいはどんな方法でも実行できる」という特徴は、ユースケースとユーザーの好みに応じて画像、動画、または音声で回答を提供することを可能にし、デジタルインクルージョン（誰もがデジタル技術にアクセスし利用できるようにすることを目指す考え方）を改善する。AMDなどの企業は、マーケティング資料を英語から他の言語に迅速に翻訳したり、コンテンツを作成したりすることを目指している²⁴。サプライチェーンの最適化においては、センサーデータ、メンテナンスログ、および倉庫の画像を使用してマルチモーダルモデルをトレーニング

することで、理想的な在庫量を提案させることが可能となる²⁵。また「**注目を集める空間コンピューティング**」で取り上げたように、マルチモーダルモデルによって空間コンピューティングにおける新たな可能性が開かれている。技術が進歩し、モデルのアーキテクチャーがより効率的なものになるにつれて、今後1年半から2年の間に、我々はより多くのユースケースを目にすることができるだろう。

AIエージェント

3つ目の柱であるAIエージェントは、今後10年間で我々の働き方に大きな変化をもたらす可能性がある。大規模または小規模なタスク遂行型モデルは、LLMが提供する質疑応答機能を超えて、現実世界で個別のタスクをこなすことができる。具体的には、高度に専門化されたプロンプトを必要とせずに旅行の好みに基づいてフライトを予約したり、データベースにアクセスして必要なタスクを実行できる自動カスタマーサポートを提供したりといった例がある²⁶。このような自律型デジタルエージェントとして機能するタスク遂行型モデルの普及は、AIエージェントの新しい展開を予告するものであり、SalesforceやServiceNowなどのエンタープライズソフトウェアベンダーは、すでにこうした可能性を積極的に宣伝している²⁷。

ServiceNowのchief customer officerであるChris Bediは、領域や業界に特化したAIエージェントが、企業における人間と機械の協業を大きく変える可能性があるとして述べている²⁸。例えば、同社のXanaduプラットフォームでは、1つのAIエージェントが過去のインシデント履歴を参照して、顧客の問題に対する次のアクションを提案することができる。このAIエージェントは、こうした提案を実行できる別の自律エージェントに情報を伝達する。これらのエージェント間でやり取りされた内容は、人間がレビューし、承認する。エージェントには、クラウドでのワークロード管理に長けているものもあれば、顧客の注文対応を得意とするものもある。Bediは、「AIエージェントが完全に人間に取って代わるわけではないが、チームの一員として人間と協業して反復的なタスクを処理したり、情報やリソースを検索したり、365日24時間年中無休でバックグラウンド作業を行ったりすることができる」と述べている²⁹。

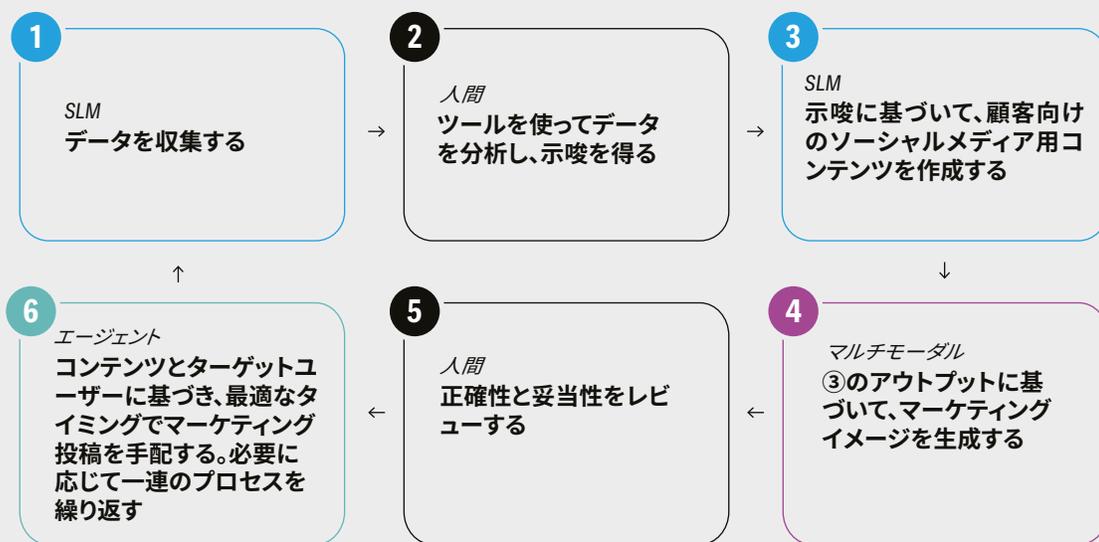
前述したさまざまなカテゴリーのAIモデルに加えて、AIの設計と実行の進歩も企業のAI導入に影響を与えている。特に注目されるのが「**リキッドニューラルネットワーク**」の登場である。「リキッド」は、ニューラルネットワーク（人間の脳の構造を模倣した機械学習アルゴリズム）

を介してAIをトレーニングする新しい手法において、柔軟性があるということの意味する。量子コンピューターが従来のコンピューティングにおける2進法から解放されたのと同様に、リキッドニューラルネットワークはより少ないリソースでより多くの処理を実行できる。従来のネットワークでは10万ノード必要な場合でも、リキッドニューラルネットワークではノードが数10個あれば十分である。つまり、より少ないコン

ピューティングパワーで動作し透明性を高めることを目指しており、これはエッジデバイス、ロボティクス、およびセーフティクリティカルシステム（故障や障害が人命などを危険にさらす可能性のあるシステム）にAIを組み込む可能性を切り拓こうとしている³⁰。言い換えると、今後数年以内に、AIの活用だけでなく、その基礎となるメカニズムにおいてさえも、大きな改善と変革が期待されるということだ。

図2

複合的なAI活用の例



出所：Deloitte research.

Next：タスクを設計し実行するエージェント

10年後には、AIは単に人間の能力を拡張する補助的な存在ではなく、自身でタスクを設計し実行することができる存在になるだろう。例えば、将来の業務現場では、「第2四半期の決算を行い、EBITDAに関するレポートを作成せよ」といった簡単な命令文でAIエージェントに依頼をすることが可能になる。依頼を受けると、企業における階層と同様に、最上位に位置するエージェントがさまざまな個別の役割を持つ下位のエージェント群に対し、依頼を完了する上で必要なタスクを委任する。このような場面で、AIエージェント群が優れたパフォーマンスを発揮するために欠かせない要素は、人間の組織

と同様、チームワークである³¹。AIエージェントが活躍するためには、今後数年間で以下のような事項を解決することが成功のカギを握るだろう（図2）。

- **AI同士のコミュニケーションの発達**：エージェント同士が会話する際には、人間を模したチャットボット同士の会話にする必要はないため、人間の言語よりも効率的に通信する方法を用いることになると予想される³²。AI同士の優れたコミュニケーションが発達すれば、AIのアウトプットの精度は高まり、AIのアウトプットを理解するための特別なスキルなどはほとんど必要なくなる。むしろ、AIは人間ひとりひとりのコミュニケーションスタイルに適応できるようになる³³。

- **雇用の喪失と創出：**プロンプトエンジニアのような仕事は時代遅れになるだろうと主張する人もいる³⁴。しかしながら、現在のLLMと同様に、AIエージェントの活用においても、そのマネジメントやトレーニング、コラボレーションの実施は必要であり、彼らのAIに関する専門知識は引き続き重要となる。例えば、AIの専門家を擁するリーンのIT部門は、今後企業向けの「AI工場」のような場所で必要なエージェントを開発していくかもしれない。*Tech Trends 2024*で説明したように、人間が行う仕事に必要なスキルや知識は、最終的には創造性やデザインといった、より人間的なものになっていくだろう。
- **プライバシーとセキュリティの課題：**システムにアクセスできるエージェントが増えれば、サイバーセキュリティについての懸念が急激に高まることになる。AIシステムがアクセスするデータが年々増えるにつれ、サイバーセキュリティの重要性は高まる一方である。AIエージェントを最大限活用するためには、リスクと信頼性に関する新しいパラダイム（概念）が必要不可欠である。
- **エネルギーと資源の枯渇問題：**AIのエネルギー消費に対する懸念が高まっている³⁵。環境負荷を低減させるためには、今後のAI開発において、その性能と持続可能性のバランスを取る必要がある。「**ハードウェアが世界を席巻している**」で言及しているように、リキッドニューラルネットワークやその他の効率的なAIのトレーニング方法などにおける改善を最大限に活かしていく必要がある。
- **未来を切り拓くリーダーの必要性：**この1年で誰もが耳にしてきたように、AIに変革をもたらす潜在能力がある。しかしながら、その潜在能力が活かされるかどうかはリーダー次第である。単に今まで人間が行ってきたことを高速化する道具として利用するのであれば、その潜在能力を無駄にしてしまい、最悪の場合、AIに対するバイアスを増幅させることになりかねない³⁶。新たな発想と変化する勇気を持ち合わせたリーダーが登場し、凝り固まったベストプラクティスから脱却し、AIによる「新たなプラクティス」の創造へと果敢に移行することで、AI活用が当たり前になる世界に向けて、我々自身および我々が保有するデータを整える新しい方法を見出すことができるのだ。

企業は、AIに関してはデータのことばかり検討するが、それは未来でも変わらないだろう。**汎用型AI**が実現するか、またはAIシステムが人間の脳のように効率的に学習できるようになるまでは³⁷、AIシステムをさらに強力で正確にするためにより多くのデータが必要になるだろう。データに関する問題は今後も増加していき、将来的にはテクノロジーに関する問題の大部分を占める可能性がある。これを踏まえると、企業データを整理、合理化、および保護するために今日行っている取り組みは、今後何年にもわたって功を奏することだろう。このような土台づくりは、今後この新しい強力な技術が発展していく中で生じる、数々の規制上の課題や倫理上の不確実性（データの収集と利用制限、公平性への懸念、透明性の欠如など）に備えるうえで役立つはずだ³⁸。ゴミのような質の悪いインプットが、さらに質の悪いアウトプットを生むリスクは大きくなるばかりだ。そのようなリスクを負うくらいなら「天才的なインプットが、超天才的なアウトプットを生む」ことに賭ける方が余程よいのではないだろうか³⁹。

Endnotes

1. Carl Franzen, “More than 70% of companies are experimenting with generative AI, but few are willing to commit more spending,” *VentureBeat*, July 25, 2023.
2. Tom Dotan and Deepa Seetharaman, “For AI giants, smaller is sometimes better,” *The Wall Street Journal*, July 6, 2024.
3. Google Cloud, “Multimodal AI,” accessed October 2024.
4. Silvia Pellegrino, “Which companies have partnered with OpenAI?,” *Tech Monitor*, May 15, 2023; Maxwell Zeff, “Anthropic launches Claude Enterprise plan to compete with OpenAI,” *TechCrunch*, September 4, 2024; Jean Atelsek and William Fellows, “Hyperscalers stress AI credentials, optimization and developer empowerment,” *S&P Global Market Intelligence*, accessed October 2024.
5. Gartner, “Gartner forecasts worldwide IT spending to grow 8% in 2024,” press release, April 17, 2024. GARTNER is a registered trademark and service mark of Gartner, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and internationally and is used herein with permission. All rights reserved.
6. Patricia Licatta, “Between sustainability and risk: Why CIOs are considering small language models,” *CIO*, August 1, 2024.
7. Jim Rowan et al., “Now decides next: Moving from potential to performance,” Deloitte’s State of Generative AI in the Enterprise Q3 report, August 2024; Mark Van de Wiel, “New AI survey: Poor data quality leads to \$406 million in losses,” *Fivetrn*, March 20, 2024.
8. Rowan et al., “Now decides next: Moving from potential to performance.”
9. Sharon Goldman, “The hidden reason AI costs are soaring—and it’s not because Nvidia chips are more expensive,” *Fortune*, August 23, 2024.
10. *Deloitte Insights*, “Lifting up the nonprofit sector through generative AI,” September 23, 2024.
11. Jim Rowan et al., “Now decides next: Moving from potential to performance.”
12. *Ibid.*
13. *Ibid.*
14. Sandra Erwin, “Booz Allen deploys advanced language model in space,” *SpaceNews*, August 1, 2024; Argonne National Laboratory, “Smart diagnostics: How Argonne could use Generative AI to empower nuclear plant operators,” press release, July 26, 2024; Kevin Maik Jablonka et al., “14 examples of how LLMs can transform materials science and chemistry: A reflection on a large language model hackathon,” *Digital Discovery* 5 (2023).
15. Phone interview with Vivek Mohindra, senior vice president of corporate strategy, Dell Technologies, October 11, 2024.
16. Phone interview with Naveen Rao, vice president of AI at Databricks, October 2, 2024.
17. YouTube, “Introducing the next evolution of generative AI: Small language models,” Microsoft Dynamics 365, video, May 9, 2024; Llama team, “The Llama 3 herd of models,” Meta, July 23, 2024.
18. Rachel Metz, “In AI, smaller, cheaper models are getting big attention,” *Bloomberg*, August 8, 2024.
19. Databricks, “AI is in production,” accessed October 2024.
20. *MIT Technology Review Insights*, “Multimodal: AI’s new frontier,” May 8, 2024.
21. Akesh Takyar, “Multimodal models: Architecture, workflow, use cases and development,” *LeewayHertz*, accessed October 2024.
22. NeuronsLab, “Multimodal AI use cases: The next opportunity in enterprise AI,” May 30, 2024.
23. Ellen Glover, “Multimodal AI: What it is and how it works,” *Built In*, July 1, 2024.
24. Mary E. Morrison, “At AMD, opportunities, challenges of using AI in marketing,” *Deloitte’s CIO Journal for The Wall Street Journal*, July 2, 2024.
25. NeuronsLab, “Multimodal AI use cases: The next opportunity in enterprise AI.”
26. Oguz A. Acar, “AI prompt engineering isn’t the future,” *Harvard Business Review*, June 6, 2023.
27. Salesforce, “Agentforce,” accessed October 2024; ServiceNow, “Our biggest AI release is here,” accessed October 2024.
28. Phone interview with Chris Bedi, chief customer officer at ServiceNow, September 30, 2024.
29. *Ibid.*
30. Brian Heater, “What is a liquid neural network, really?,” *TechCrunch*, August 17, 2023.
31. Edd Gent, “How teams of AI agents working together could unlock the tech’s true power,” *Singularity Hub*, June 28, 2024.
32. Will Knight, “The chatbots are now talking to each other,” *WIRED*, October 12, 2023.
33. David Ellis, “The power of AI in modeling healthy communications,” *Forbes*, August 17, 2023.
34. Acar, “AI prompt engineering isn’t the future.”
35. James Vincent, “How much electricity does AI consume?,” *The Verge*, February 16, 2024.
36. IBM, “Shedding light on AI bias with real world examples,” October 16, 2023.
37. University of Oxford, “Study shows that the way the brain learns is different from the way that artificial intelligence systems learn,” January 3, 2024.
38. Nestor Maslej et al., *The AI Index 2024 annual report*, AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2024.
39. Deloitte, Work Re-Architected video series, accessed October 2024.

Continue the conversations

Industry leadership

Jim Rowan

Head of AI | Principal | Deloitte Consulting LLP
Jimrowan@deloitte.com | +1 617 437 3470

Jim Rowan is a principal at Deloitte and is currently the Head of AI for Deloitte. He helps clients transform their businesses using data powered analytical and AI solutions that enable better decision making. Over the course of his career, Rowan has served clients across the life sciences, health care, and telecommunications industries. He also has deep knowledge of the finance function in these organizations, having led analytics, planning and forecasting, and close projects that enable the finance function to embrace digital transformations. Rowan formerly led AI & Data Operations within Deloitte Consulting's Strategy & Analytics practice.

Nitin Mittal

Global AI leader | Principal | Deloitte Consulting LLP

Nitin Mittal is a principal with Deloitte Consulting LLP. He currently serves as the US Artificial Intelligence (AI) Strategic Growth Offering Consulting leader and the Global Strategy, Analytics and M&A leader. He is the 2019 recipient of the AI Innovator of the Year award at the AI Summit New York. He specializes in advising clients to achieve competitive advantage through data and cognitive powered transformations that promote amplified intelligence and enable our clients to make strategic choices and transform ahead of disruption.

Throughout his career, Mittal has served as a trusted advisor to global clients and has worked across a number of industry sectors. His primary focus has been working with life sciences and health care clients, implementing large scale data programs that promote organizational intelligence, and the use of advanced analytics and AI to drive insights and business strategy.

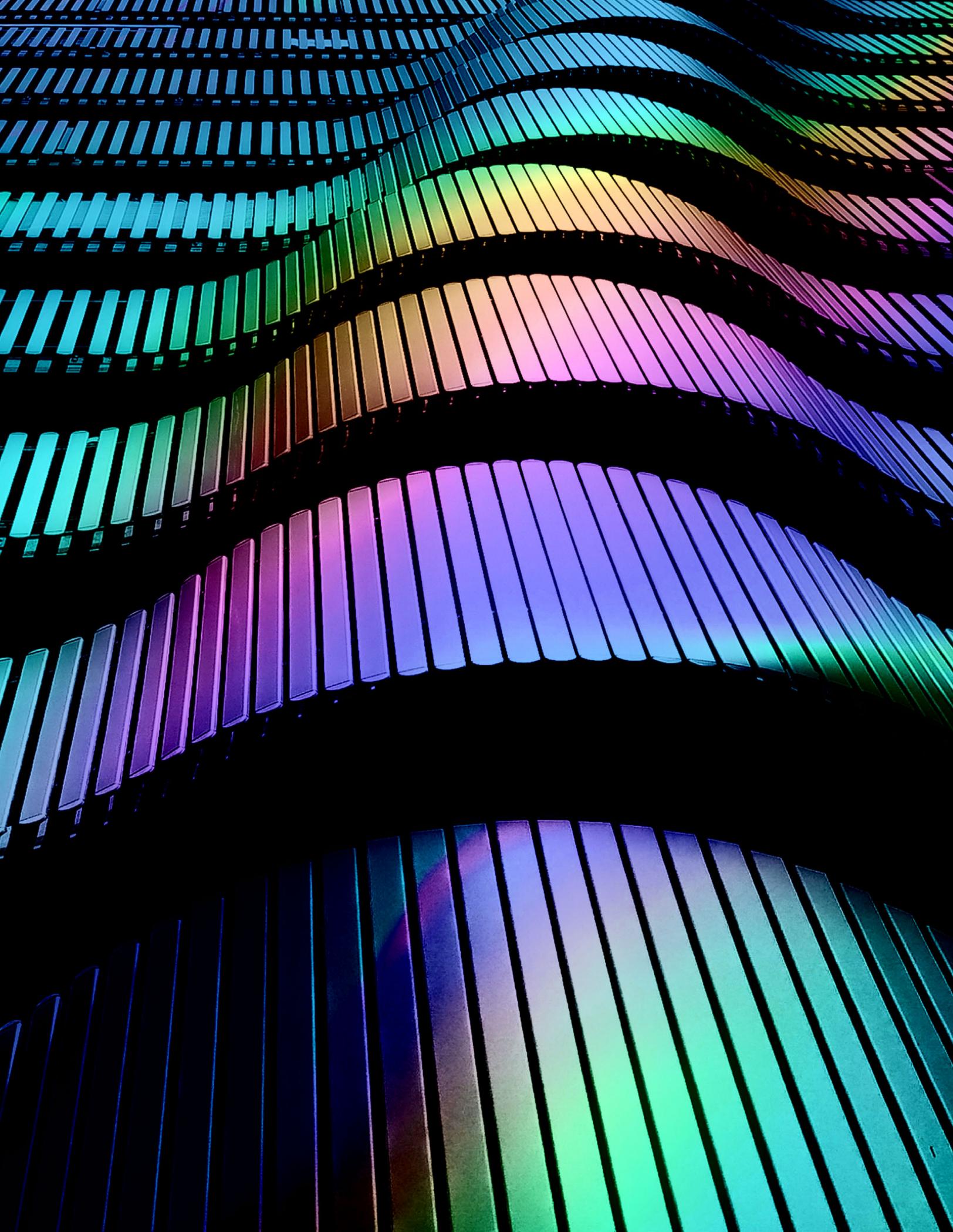
Lou DiLorenzo Jr

Principal | AI & Data Strategy Practice leader | US CIO & CDAO Programs, national leader | Deloitte Consulting LLP
+1 612 397 4000 | ldilorenzocr@deloitte.com

Lou DiLorenzo serves as the national leader of Deloitte Consulting's AI & Data Strategy practice and the Deloitte US CIO and CDAO Executive Accelerator programs. He is a member of Deloitte's Generative AI practice leadership team and heads the Generative AI Incubator. With over 20 years of cross-sector operating, entrepreneurial, and consulting experience, he has a successful record of bringing key stakeholders together to help lead change, develop new capabilities, and deliver positive financial results. Previously, DiLorenzo served as COO of a consumer health insurance startup and as Global CIO for the Food Ingredients & Bio Industrial division at Cargill. He is a frequent technology contributor to leading publications and hosts the podcast, *Techfluential*.

Acknowledgments

Much gratitude goes to the many subject matter leaders across Deloitte that contributed to our research for the information chapter: Lou DiLorenzo, Lena La, Nitin Mittal, Sanghamitra Pati, Jim Rowan, and Baris Sarer.



ハードウェアが世界を席巻している

AI革命が大量のエネルギーとハードウェアリソースを必要とすることに伴い、企業のITインフラは再び企業の戦略的な差別化要因となる。

Kelly Raskovich, Bill Briggs, Mike Bechtel, and Abhijith Ravinutala

何年にもわたって「ソフトウェアが世界を席巻している」状況が続いているが、次に主役となるのはハードウェアだ。Tech Trends 2024のコンピューテーションの章では、ムーアの法則が限界に達しつつある中、AI革命は今後、適切なハードウェアの活用にますます左右されるようになることを説明した。その事例として、特化型チップがAIのコンピューティングワークロードにとって非常に重要なリソースとなることから、NVIDIAが世界で最も時価総額が高い企業のひとつになったことが挙げられる¹。World Semiconductor Trade Statisticsの予測に基づくデロイトの調査によると、生成AIにのみ使用されるチップの市場は、今年500億米ドルを超えると予測されている²。

企業にとって重要なハードウェアのユースケースは、AIを組み込んだエンドユーザー向けデバイスやエッジデバイスに存在すると考えられる。PCを例にとってみよう。何年もの間、企業向けノートパソコンはコモディティ化してきた。しかし、今日ではAIを組み込んだPCのおかげで、コンピューティングの分野は大きな転換期を迎えようとしている。AMD、Dell、HPなどの企業は、AIを組み込んだPCによるITインフラの将来性向上、クラウドコンピューティングのコスト削減、およびデータプライバシーの強化を実現する可能性をすでに大々的に取り上げている³。画像生成、テキスト分析、および高速データ取得を行うために、オフラインのAIモデルにアクセスできるようになれば、より高速で正確なAIによって知識労働者の生産性は大幅に向上する可能性がある。とはいえ、企業がエンドユーザーのコンピューテーションを大規模に刷新する際には、戦略的に進める必要がある。供給に限りのあるAIリソースを無駄にしては元も子もないからである。

もちろん、これらの進歩にはコストが付きものだ。大規模なAIモデルが必要とするエネルギーが増加し続ける中、データセンターは持続可能性に関する新たな関心

事項となっている⁴。国際エネルギー機関 (IEA) は、AIの需要により、データセンターにおける電力消費量が2026年までに大幅に増加すると示唆している。これはスウェーデンやドイツの年間エネルギー需要に匹敵する⁵。AIの電力供給に関するデロイトの最近の調査では、AIの需要が主な原因で、世界のデータセンターの電力消費量が、今後10年間で3倍になると推定している⁶。AIハードウェアが普及し、個人が日常使用する機器や企業向け機器に組み込まれるようになる中で、AIハードウェアをより利用しやすく持続可能なものにするためには、エネルギー源とエネルギー利用率のイノベーションが不可欠である。そのひとつの事例として、スリーマイル島の原子力発電所1号機がある。経済的な理由から5年前に閉鎖されたが、データセンターにCO₂フリーの電力を供給するため、2028年までに再稼働する計画である⁷。

将来的には、AIハードウェアはITの枠を超えて、IoTへと踏み込んでいく。ますます多くのスマートデバイスが、「AIの次なる展開」で言及したAIエージェントの進歩により、AIが使用状況の分析や新たなタスクを実施できるようになり、さらに賢くなるだろう。歯ブラシに組み込まれるAIのように無害なユースケースは、救命医療機器にAIが組み込まれるといった将来の大きな可能性を示すものではない⁸。ハードウェアの真の力は、よりスマートなデバイスがヒトとロボティクスの関係を一歩進め、より高度な協働を可能にしたときに発揮されるだろう。

Now : AIチップ

従来、技術者たちは、スケーラビリティ、アップデートのしやすさ、知的財産の保護を考慮すると、投資利益率の鍵となるのはソフトウェアであると教えられてきた⁹。しかし、コンピューターが単なる計算機から知的思考を行う機械へと進化するにつれて、ハードウェアへの投資は急増している¹⁰。昨年のデロイトのレポートでは、GPU (Graphics Processing Unit、画像処理装置) のような特化型チップが、AIモデルのトレーニングに欠



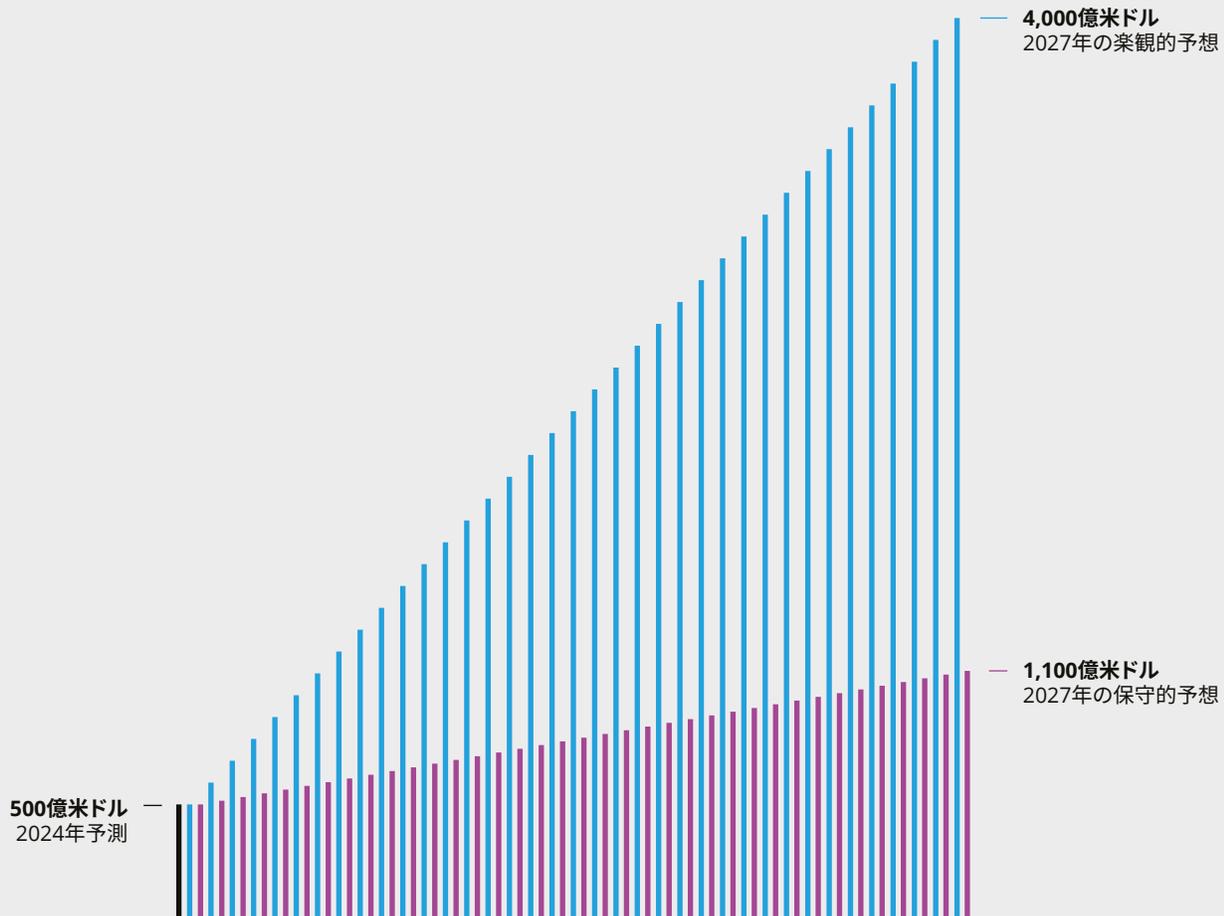
かせないリソースになりつつあると述べている。また、**2024年にデロイトが発刊したTMT Predictionsレポート**では、2024年のAIチップの総売上高は、予測される世界のチップ市場規模5,760億米ドルの11%を占

めると推定している¹¹。AIチップ市場は現在の約500億米ドルから成長し、2027年までに4,000億米ドルに達すると予測されており、保守的な予想でも1,100億米ドルとされている(図1)¹²。

図1

AIハードウェアへの投資の急増

AIチップ市場予測



出所：Duncan Stewart et al., "Gen AI chip demand fans a semi tailwind ... for now," Deloitte Insights, November 29, 2023.

大手テック企業は、独自のAIモデルを構築し特化型チップをオンプレミスで導入する可能性があるため、この需要の一部を牽引している¹³。しかし、さまざまな業界の企業が、デジタル戦略を実現するためにコンピューティングパワーを求めている。例えば、Databricksのレポー

トによると、金融サービス業界では、不正検出や資産管理におけるLLM (Large Language Model、大規模言語モデル) の実行によって、GPUの使用率が過去6ヶ月間で88%増加し、最も高い伸びを示している¹⁴。

こうしたGPUに対する需要はキャパシティを上回っている。現代版のゴールドラッシュでは、「ピック&シャベル」、つまり「今日の技術変革のためのツール」を提供する企業が大きな成功を収めている¹⁵。NVIDIAのCEOであるJensen Huangによると、クラウドGPUのキャパシティはほぼ限界に達しているが、以前のバージョンよりも大幅にエネルギー利用効率の高い新しいチップも提供しているという¹⁶。ハイパースケーラー各社は、GPUが生産ラインから出荷されるたびに買い占めており、サービスとしてGPUを利用するクライアントの需要に対応すべく、データセンターインフラに約1兆ドルを費やしている¹⁷。一方で、既存のデータセンターによるエネルギー消費は、老朽化した送電網を世界的に限界寸前まで追い詰めている¹⁸。

当然のことながら、企業は新しいソリューションを模索している。GPUはLLMやコンテンツ生成の高負荷処理に不可欠であり、CPU（Central Processing Unit、中央処理装置）は今でも重要な存在ではあるが、現在はNPU（Neural Processing Unit、ニューラルプロセッシングユニット）が流行している。脳のニューラルネットワークを模倣するNPUは、より小規模なAIワークロードを効率よく、かつ低消費電力で処理できる¹⁹。これにより、企業はAIアプリケーションをクラウドからローカルに移行し、外部でホストできない機密データに対してもAIを適用することが可能となる²⁰。この新種のチップは、組み込みAIの未来において極めて重要な要素となる。

Dell Technologiesのsenior vice president of corporate strategyであるVivek Mohindraは、「現在使用されている15億台のPCのうち30%は4年以上前のもので、最新のAI機能を活用するためのNPUを搭載していない」と述べる²¹。近いうちに、企業のハードウェアの大規模な刷新が行われるであろう。NPUによってエンドユーザーのデバイスはAIをオフラインで活用できるようになり、特定のユースケースに特化したAIモデルの小型化が可能になるため、ハードウェアは再び企業のパフォーマンスの差別化要因になりうる。最近のデロイトの調査では、回答者の72%が、生成AIが自分の業界に与える影響は「大きい～変革的」と考えている²²。一般的に使用されるハードウェアの進歩により、AIが手軽に利用できるようになれば、この数字は100%に近づくだろう。

New : 再び戦略的な要素となるITインフラ

クラウドコンピューティングは、無制限にアクセスできることが当然視されていたが、リソースに制約がある時代へと移り変わりつつある。長年にわたり、単なるユーティリティーとして扱われてきた企業ITインフラ（PCなど）は、再び戦略的に重要なものとなった。具体的には、AIが成長する3つの重要な分野であるAI組み込みデバイスおよびIoT、データセンター、ならびに高度な物理的ロボティクスにおいて、特殊なハードウェアが重要になると考えられる。次のセクションで説明するように、ロボティクスへの影響は今後数年で現れる可能性があるが、今後1年半から2年の間においては、企業は最初の2つの分野に関する意思決定に迫られると予想される。AIの供給不足と高い需要が継続する中、以下の分野が先進企業と後発企業を分ける可能性がある。

エッジフットプリント

2025年までに、データの50%以上がエッジデバイスによって生成されると予測されている²³。NPUの普及が進むにつれ、より多くのデバイスがクラウドを利用せずにAIモデルを実行できるようになるであろう。「AIの次なる展開」で説明しているように、これは生成AIモデルのプロバイダーが特定のタスクのために、より小さく、より効率的なモデルを作成することを選択した際に特に当てはまる。応答時間の短縮、コストの削減、プライバシー管理の強化が可能になることで、ハイブリッドコンピューティング（クラウドとデバイス上のAIワークロードの組み合わせ）は多くの企業にとって不可欠になる可能性があり、ハードウェアメーカーはその市場に注目している²⁴。

Dell TechnologiesのMohindraによると、エッジでAIを処理することは、必要な膨大な量のデータを処理する最良の方法のひとつである。「レイテンシーやネットワークリソース、膨大なデータ量を考慮すると、データを集中型のコンピュータロケーションに移動させることは非効率かつ効果的でなく、安全でもない。データをAIに持ち込むのではなく、AIをデータに持ち込むべきだ」²⁵

ある大手銀行は、2026年にはAI PCがPC出荷台数の40%以上を占めると予測している²⁶。同様に、2024年に出荷されるスマートフォンの15%近くに、LLMまたは画像生成モデルを実行する機能が搭載されると予測している²⁷。HPのsenior director of AI PC experiences and cloud clientsであるAlex Thatcherは、デバイスの刷新は、1990年代にPCを一変させたCLI（Command

Line Interface、コマンドライン入力) からGUI (Graphical User Interface、グラフィカルユーザーインターフェイス) への大きな転換に似ていると考えている。「ソフトウェアは根本的に変化し、さまざまなツールやコラボレーション方法が充実する。その変化を加速させ、企業がAIソリューションを簡単に開発し提供できるようにするハードウェアが必要だ」²⁸と述べている。そしてAppleとMicrosoftは今年、自社のデバイスにAIを組み込むことで、差し迫ったハードウェアの刷新を後押ししている²⁹。

選択肢が増えるにつれて、適切なガバナンスが極めて重要となる中、企業は「どれくらいの社員が次世代デバイスを使いこなせるようになる必要があるか」を問う必要がある。チップメーカーはAIの処理能力向上を競い合っているが³⁰、顧客企業は進歩のたびにすべてのエッジプリントを刷新する余裕はない。顧客企業は、これらのデバイスが最大の効果を発揮できる段階的な導入戦略を策定する必要がある。

自社構築か as a Service 利用か

特化型ハードウェアを購入またはレンタルして自社構築する場合、組織は通常、長期的なコストモデル、想定使用期間、および技術的進歩の必要性を検討する。しかし、AIの影響によりこの判断はさらに難しくなっている。GPUのようなハードウェアが依然として不足している中、市場がすべての組織にAIへの対応を求めているため、多くの企業は可能な限り多くのコンピューティングパワーをas a Serviceにて利用したいと考えている。

組織におけるデータ整備が不十分だと、AIの効果的な活用が困難になる可能性がある。GPUの獲得に奔走するよりも、組織がどの程度AIに対応する準備ができていかに把握する方がより効率的かもしれない。個人情報や機密データを扱う分野では、NPUに投資することで、これらのワークロードをオフラインで処理できる。一方で、ほかのワークロードはクラウドでも問題ないかもしれない。過去10年間のクラウド利用で得た教訓から、企業は暴走するハードウェア上で稼働する暴走するモデルのコストは膨大となりうることを認識している³¹。これらのコストをすべて運用費とするのは、最善策ではないだろう。

GPUが十分に活用されていないという試算もある³²。Thatcherは、企業のGPU使用率はわずか15%から20%であると考えており、HPは新しい効率的な方法を通じてこの問題に取り組んでいる。「すべてのHPワークステーションで、AIリソースを社内全体で共有できるよ

うにした。待機状態のGPUを検索し、それを使用してワークロードを実行する技術を想像してほしい。我々は最大で7倍のオンデマンドコンピューティングの計算速度向上を確認しており、これはまもなく業界標準になる可能性がある」³³

さらに、クラウド上のAIリソースの市場は常に変化している。例えば、AIの主権に関する懸念が世界的に高まっている³⁴。世界中の企業がeコマースプラットフォームやウェブサイトをアメリカのクラウドサーバーで運用しているが、国家情報やデータ管理に対してもAIは利用できることから、AIワークロードを海外に配置することに慎重な企業も増えている。これにより、新たな国内AIクラウドプロバイダーやプライベートクラウド事業者の市場が生まれることになり³⁵、GPUをas a Serviceとして提供するスタートアップは、ハイパースケーラー各社の代替りの選択肢となる可能性がある³⁶。つまり、コンピューティングパワーをas a Serviceとして提供する市場は今後さらに細分化され、顧客企業の選択肢はより一層広がる可能性がある。

AIは、今後2年間は最重要課題となるかもしれないが、現在の自社構築かas a Service利用かの判断は、AIに関する検討以外にも影響を及ぼす可能性がある。「**新しい公開鍵暗号：量子コンピューター時代を見据えた新たな暗号方式への移行**」で説明しているように、企業は近い将来、(特にAIがより機密性の高いデータを取り込み、送信するようになるにつれて) 次世代の暗号技術、最適化、およびシミュレーションに、量子コンピューティングを使用することを検討するかもしれない。

データセンターの持続可能性

大規模AIモデルを実行するデータセンターのエネルギー利用については、これまで多くの議論がなされてきた。大手銀行の報告書では、AIの需要に対応するためのITインフラが十分に整備されているか疑問視されている³⁷。主要なチャットボットの1日の電力使用量は、米国の約18万世帯の1日の電力消費量に匹敵するとされている³⁸。つまり、AIはデータセンターに前例のないリソースを要求しており、老朽化した電力網では不十分である可能性がある。多くの企業は、ワークロードを実行するGPUなどのAIチップの獲得について懸念を抱いているが、持続可能性に関する課題はそれ以上に深刻となる可能性がある。

現在、AIをより持続可能にすることを目指した複数の技術改善が進んでいる。そのため、企業がAI向けのデータセンターを検討する際には、来たる2年間にわたってこれらの進展に注目すべきである(図2)。

- **再生可能エネルギー**：データセンターやクラウド上のAIサービスを提供する企業には、持続可能なエネルギー源の導入が求められている。また、**AIへの注目が急速に高まる**ことによって、経済全体が自然エネルギーに移行する可能性もある³⁹。大手テック企業はすでに、原子力発電事業者との提携を模索している⁴⁰。オンライン翻訳サービスのDeepLは、アイスランドにデータセンターを構えており、このデータセンターは、自然の極寒の空気で冷却され、全電力を地熱と水力発電で供給している⁴¹。また、エルサルバドルでは、火山エネルギーを利用してデータセンターに電力を供給する方法を検討している企業もある⁴²。
- **持続可能性に関するアジェンダへの適応**：AIは構築において多くのエネルギーを消費するが、AIの活用によってこれらの炭素コストの一部を相殺することが可能である。例えば、AIはすでに、森林破壊や氷山の融解、異常気象パターンのマッピングや追跡に利用されている。また、企業が排出量を追跡し、データセンターの運用効率を最適化する際にも役立つ⁴³。
- **ハードウェアの改善**：新しいGPUとNPUは、すでに企業のエネルギー消費量とコストの削減に貢献しており、今後もイノベーションが停滞することはない。直近ではIntelとGlobal Foundriesが、電気ではなく光を用いてデータを送信する新しいチップを発表した⁴⁴。これは、データセンターに革命をもたらし、従来よりも格段に長い距離のデータ伝送を高帯域かつ低レイテンシーで実現でき、広域データセンター間でのシステムの分散設計を可能とし、信頼性を向上させることができるようになる。この光ファイバー技術は、現在は高価だが、今後数年でコストが下がり、この種のチップが主流になる可能性がある。

ITインフラの再興は、接続性への配慮なしには完結しない。エッジデバイスが急増し、企業がデータセンターからGPUをas a Serviceで利用することに依存するようになると、相互接続の複雑性が高まる可能性がある。NVIDIAのNVLinkのような高性能なインターコネクト技術は、すでに先進的なGPUと他のチップ間の通信を強化している⁴⁵。6Gの発展により、世界中の地上

ネットワークと衛星などの非地上ネットワークを統合され、ユビキタスな接続が実現する。例えば、ケーブルタウンにある企業がレイキャビクにあるデータセンターを利用しても、遅延が最小限に抑えられる⁴⁶。

The Wall Street Journalが指摘するように、企業におけるAIトランスフォーメーションは、自動車メーカーが電気自動車へ移行している状況に類似している⁴⁷。テクノロジーインフラは、コンポーネントごとに再考する必要があり、エッジデバイスの配置、特化型ハードウェアへの投資、持続可能性に関する今日の決定は、今後長年にわたって企業の成長に影響を与える可能性がある。

Next：待望のロボット実現

今日のハードウェアに戦略的な刷新が必要だとすれば、ロボットが普及しスマートデバイスがその名の通り賢くなる来たる10年間に於いて、企業はさらに多くの課題を抱えることになるだろう。最新の**スマートファクトリー**の事例では、連続的なコンピュータービジョンや、ユビキタスセンサー、データを使用して、製造過程で学習し改善できる機械を構築している⁴⁸。サーモスタットのよう、単に測定値を提供したり、1つのパラメータを調整したりするのではなく、複数のAI組み込んだデバイスで構成されるメッシュネットワーク(機器同士が直接相互に接続されたネットワーク)は、協調的なコンピューティング環境を構築し、多様なリソースを統合して管理することができる⁴⁹。

別の形態のスマートファクトリーは、サンフランシスコに拠点を置くMytraによって開発されており、倉庫資材の移動と保管における手作業プロセスを簡素化している。同社は**鋼鉄製の「キューブ」で構成される完全なモジュラー型保管システム**を開発した。このシステムは、ロボットによって操作され、ソフトウェアによって最適化されることで、3D移動や内部の資材保管をサポートする任意の形に組み立てることができる⁵⁰。MytraのCEOであるChris Waltiは、このモジュラー型方式は、将来の予測不可能なさまざまな用途において自動化の可能性を広げると考えている。「これは、3D空間で物資を移動させる最初の汎用コンピューターのひとつである」とWaltiは語る⁵¹。

図2

AIに求められる要件に関する進歩

	再生可能エネルギー源	持続可能性に関する アジェンダへの適応	ハードウェアの改善
検討事項	クラウド上のAIのエネルギーコスト追跡	AIの活用によるエネルギー節減 余地の模索	AIにおける技術進歩への追隨
手段	革新的で持続可能なソリューションの追求	排出量の追跡とデータ使用 の最適化	新しい省エネチップへの投資

出所：Deloitte research.

Waltiは、格子状に物質を動かしたり、車両を直線上で走らせたりといった比較的制約のある問題にロボットを応用することには、計り知れない可能性があると考えている⁵²。これまでは、多くの場合、高性能なロボットの実現は困難であった。持続可能性、安全保障、および地政学的な側面は、いずれもロボットのようなテクノロジーにとって重要な課題である。データ、ネットワークアーキテクチャー、チップの供給などの前述のITインフラを整えて初めて、飛躍的な進歩は可能になる。「Hardware is hard (ハードウェアはハード(困難)である)」と巷で言われているように⁵³、今後10年間で、進歩したロボットがより複雑な状況において活用されることで、製造業やその他の肉体労働に革命が起こる可能性がある。この可能性は、ダイナミックかつ継続的に学習し、人間と同じことを行う能力を持つロボット、つまり、ヒューマノイドロボットに直結する。

経済学者と企業は共に、人口の高齢化や労働力不足により、ロボットや自動化への投資を拡大する必要があると主張してきた⁵⁴。これは前述のような比較的単純なタスクを実行する大型の産業用ロボットを意味する場が多いが、より複雑なタスクには、人間のように動き回ることができる「より賢い」機械的な駆動力が必要となる。例えば、サウスカロライナ州スパータンバーグにあ

るBMWの工場でテストを行ったFigure AIのヒューマノイドロボットは⁵⁵、自律型ロボットとして、コンピュータービジョン、ニューラルネットワーク、およびトライアンドエラーを組み合わせることで、自動車のシャーシ部品を組み立てることに成功している⁵⁶。

この領域における最先端の進歩であるヒューマノイドロボットは、下水道の清掃、病室間での資材の運搬から、さらには手術まで、幅広いタスクを行うことを期待できる⁵⁷。現在、AIが知識労働を変革していると同様に、ロボットの増加は製造業などにおける物理的な作業やプロセスに大きな影響を与えうる。いずれの場合も、企業は、人間と機械のどちらか単独よりも効率のよい人間と機械が協働する方法を見出す必要がある。労働力不足がロボットによって解決されれば、我々は人間にしかできない独特かつ創造的で複雑なタスクに、より多くの時間を費やせるはずだ。作家のJoanna Maciejewskaはこれを的確に言い表している。「AIに洗濯や皿洗いをしてほしいのは、自分が美術や執筆に時間をかけられるようにするためであって、私が洗濯や皿洗いをするために、AIに美術や執筆を行ってほしいわけではない」⁵⁸

Endnotes

1. Jon Quast, "Artificial intelligence (AI) juggernaut Nvidia is one of the world's most valuable companies. Here's what investors should know," *The Motley Fool*, June 22, 2024.
2. Duncan Stewart et al., "Gen AI chip demand fans a semi tailwind ... for now," *Deloitte Insights*, November 29, 2023; World Semiconductor Trade Statistics (WSTS), "Semiconductor market forecast spring 2023," June 6, 2023.
3. Rob Enderle, "AMD enters AI PC race, closes Microsoft Copilot+ launch gaps," *TechNewsWorld*, July 15, 2024; Saba Prasla, "Meet the future of computing with AI PCs," *Dell Blog*, May 31, 2024; HP, "HP unveils industry's largest portfolio of AI PCs," press release, March 7, 2024.
4. Taiba Jafari et al., "Projecting the electricity demand growth of generative AI large language models in the US," Center on Global Energy Policy, July 17, 2024.
5. International Energy Agency, *Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026*, revised May 2024.
6. Deloitte, "Powering artificial intelligence," accessed November 18, 2024.
7. Constellation, "Constellation to launch Crane Clean Energy Center, restoring jobs and carbon-free power to the grid," press release, September 20, 2024.
8. Shira Ovide, "This \$400 toothbrush is peak AI mania," *The Washington Post*, April 5, 2024; David Niewolny, "Boom in AI-enabled medical devices transforms healthcare," *NVIDIA Blog*, March 26, 2024.
9. Marc Andreessen, "Why software is eating the world," Andreessen Horowitz, August 20, 2011.
10. John Thornhill, "How hardware is (still) eating the world," *The Financial Times*, February 15, 2024.
11. Stewart et al., "Gen AI chip demand fans a semi tailwind ... for now."
12. Ibid.
13. NVIDIA, "NVIDIA hopper GPUs expand reach as demand for AI grows," press release, March 21, 2023.
14. Databricks, *State of data + AI*, accessed October 2024.
15. John Thornhill, "The likely winners of the generative AI gold rush," *The Financial Times*, May 11, 2023.
16. Matt Ashare, "Nvidia sustains triple-digit revenue growth amid AI building boom," *CIO Dive*, August 29, 2024; NVIDIA, "Nvidia (NVDA) Q2 2025 earnings call transcript," *The Motley Fool*, August 28, 2024; Dean Takahashi, "Nvidia unveils next-gen Blackwell GPUs with 25X lower costs and energy consumption," *VentureBeat*, March 18, 2024.
17. Matt Ashare, "Big tech banks on AI boom as infrastructure spending heads for trillion-dollar mark," *CIO Dive*, August 5, 2024; Dell'Oro Group, "Worldwide data center capex to grow at a 24 percent CAGR by 2028," press release, August 1, 2024.
18. Evan Halper, "Amid explosive demand, America is running out of power," *The Washington Post*, March 7, 2024.
19. Chris Hoffman, "What the heck is an NPU, anyway? Here's an explainer on AI chips," *PCWorld*, September 18, 2024.
20. Anshel Sag, "At the heart of the AI PC battle lies the NPU," *Forbes*, April 29, 2024.
21. Phone interview with Vivek Mohindra, senior vice president of corporate strategy, Dell Technologies, October 11, 2024.
22. Christie Simons et al., *2024 global semiconductor industry outlook*, Deloitte, 2024.
23. Aditya Agrawal, "The convergence of edge computing and 5G," *Control Engineering*, August 7, 2023; Baris Sarer et al., "AI and the evolving consumer device ecosystem," *Deloitte's CIO Journal for The Wall Street Journal*, April 24, 2024.
24. Matthew S. Smith, "When AI unplugs, all bets are off," *IEEE Spectrum*, December 1, 2023.
25. Phone interview with Vivek Mohindra, senior vice president of corporate strategy, Dell Technologies, October 11, 2024.
26. Patrick Seitz, "AI PCs are here. Let the upgrades begin, computer makers say," *Investor's Business Daily*, July 5, 2024; Sam Reynolds, "AI-enabled PCs will drive PC sales growth in 2024, say research firms," *Computerworld*, January 11, 2024.
27. Phil Solis et al., "The future of next-gen AI smartphones," IDC, February 19, 2024.
28. Phone interview with Alex Thatcher, senior director of AI PC experiences and cloud clients at HP, October 4, 2024.
29. Rob Waugh, "Assessing Apple Intelligence: Is new 'on-device' AI smart enough for the enterprise?," *The Stack*, September 12, 2024; Matt O'Brien, "Microsoft's new AI-enabled laptops will have a 'photographic memory' of your virtual activity," *Fortune*, May 20, 2024. Tech Trends is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc.
30. Luke Larsen, "AMD just won the AI arms race," *Digital Trends*, June 3, 2024.
31. David Linthicum, "Learning cloud cost management the hard way," *InfoWorld*, July 16, 2024.
32. Tobias Mann, "Big Cloud deploys thousands of GPUs for AI – yet most appear under-utilized," *The Register*, January 15, 2024.
33. Phone interview with Alex Thatcher, senior director of AI PC experiences and cloud clients at HP, October 4, 2024.
34. Christine Mui, "Welcome to the global 'AI sovereignty' race," *Politico*, September 18, 2024.
35. Ibid.
36. Bobby Clay, "Graphics processing service providers step up to meet demand for cloud resources," *S&P Global Market Intelligence*, July 19, 2024.
37. Goldman Sachs, *Top of Mind 129*, June 25, 2024.
38. Cindy Gordon, "ChatGPT and generative AI innovations are creating sustainability havoc," *Forbes*, March 12, 2024.
39. Molly Flanagan, "AI and environmental challenges," Environmental Innovations Initiative, accessed October 2024; Deloitte, "Powering artificial intelligence."
40. Jennifer Hiller and Sebastian Herrera, "Tech industry wants to lock up nuclear power for AI," *The Wall Street Journal*, July 1, 2024.
41. Robert Scheier, "4 paths to sustainable AI," *CIO*, January 31, 2024.
42. Tom Dotan and Asa Fitch, "Why the AI industry's thirst for new data centers can't be satisfied," *The Wall Street Journal*, April 24, 2024.

43. Victoria Masterson, “9 ways AI is helping tackle climate change,” World Economic Forum, February 12, 2024.
44. Kirk Ogunrinde, “Intel is using lasers to help meet AI demands on data centers,” *Forbes*, June 26, 2024.
45. Rick Merritt, “What is NVLink?,” NVIDIA, March 6, 2023.
46. Garry Kranz, “What is 6G? Overview of 6G networks & technology,” *TechTarget*, last updated November 2023.
47. Steven Rosenbush, “AI will force a transformation of tech infrastructure,” *The Wall Street Journal*, September 11, 2024.
48. Majeed Ahmad, “Sensor fusion with AI transforms the smart manufacturing era,” *EE Times*, July 26, 2023.
49. Melissa Malec, “AI orchestration explained: The what, why & how for 2024,” HatchWorks AI, last updated June 6, 2024.
50. Phone interview with Chris Walti, chief executive officer of Mytra, October 11, 2024.
51. Ibid.
52. Ibid.
53. Sara Holoubek and Jessica Hibbard, “Why hardware is hard,” Luminary Labs, accessed October 2024.
54. Peter Dizikes, “Study: As a population gets older, automation accelerates,” *MIT News*, September 15, 2021; Hans Peter Bronomo, “Inside Google’s 7-year mission to give AI a robot body,” *WIRED*, September 10, 2024.
55. BMW Group, “Successful test of humanoid robots at BMW Group Plant Spartanburg,” press release, August 6, 2024.
56. Ibid.
57. Viktor Doychinov, “An army of sewer robots could keep our pipes clean, but they’ll need to learn to communicate,” *The Conversation*, January 26, 2021; Case Western Reserve University, “5 medical robots making a difference in healthcare,” *Online Engineering Blog*, accessed October 2024; National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB), “Robot performs soft tissue surgery with minimal human help,” press release, April 20, 2022.
58. Joanna Maciejewska’s post on X, March 29, 2024.

Continue the conversation

Industry leadership

Nitin Mittal

Global AI leader | Principal | Deloitte Consulting LLP

Nitin Mittal is a principal with Deloitte Consulting LLP. He currently serves as the US Artificial Intelligence (AI) Strategic Growth Offering Consulting leader and the Global Strategy, Analytics and M&A leader. He is the 2019 recipient of the AI Innovator of the Year award at the AI Summit New York. He specializes in advising clients to achieve competitive advantage through data and cognitive powered transformations that promote amplified intelligence and enable our clients to make strategic choices and transform ahead of disruption.

Throughout his career, Mittal has served as a trusted advisor to global clients and has worked across a number of industry sectors. His primary focus has been working with life sciences and health care clients, implementing large scale data programs that promote organizational intelligence, and the use of advanced analytics and AI to drive insights and business strategy.

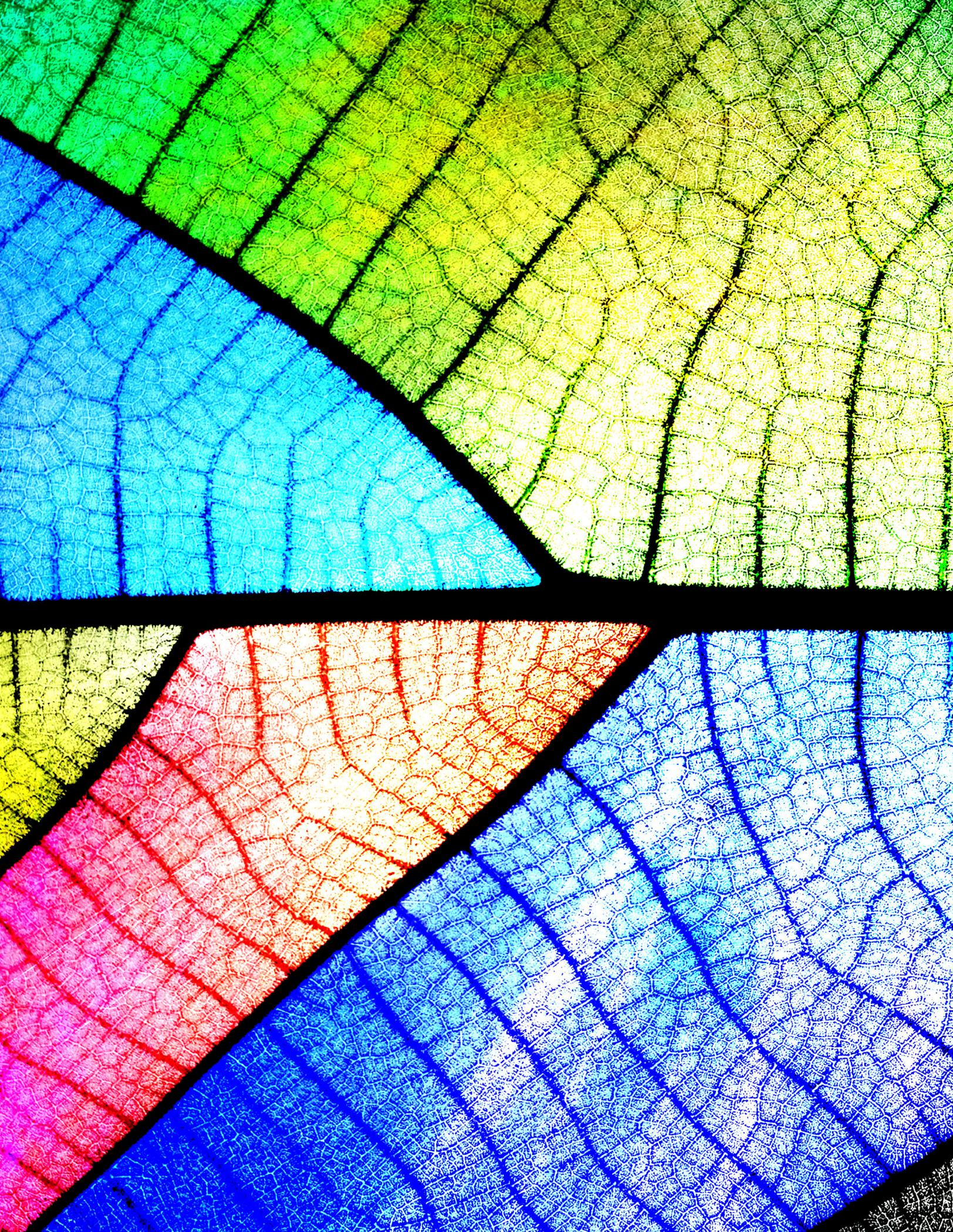
Abdi Goodarzi

US Enterprise Performance Portfolio leader | Principal
+1 714 913 1091 | agoodarzi@deloitte.com

Abdi Goodarzi is a principal with Deloitte Consulting LLP, leading Deloitte's Enterprise Performance (EP) Offerings Portfolio. This portfolio of six offerings provide strategy, implement and operate services for variety of enterprise functions, from end-to-end business and IT transformation, to digital supply chain optimization, manufacturing and product strategies, and procurement as-a-service, to global finance, shared services, planning, ITSM, and full scale AMS and BPO. This portfolio offers competency in many ERP platforms such as SAP, Oracle, Workday Financials and Infor, in addition to ServiceNow, Anaplan, Ariba, and Coupa, as well as real estate solutions such as Nuvolo, as well as PLM, planning and fulfillment, and engineering solutions such as Siemens, PTC, O9, OMP and IBP.

Acknowledgments

Much gratitude goes to the many subject matter leaders across Deloitte that contributed to our research for the Computation chapter: Lou DiLorenzo, Abdi Goodarzi, Lena La, Nitin Mittal, Manish Rajendran, Jim Rowan, and Baris Sarer.



ITの拡張: AIがIT組織機能の範囲 (および可能性) を広げる

IT部門の立場が、DXの主導からAIトランスフォーメーションの主導へと移行する中、先進的なリーダーたちは、こうした局面をIT部門の未来を再定義する機会として利用している。

Kelly Raskovich, Bill Briggs, Mike Bechtel, and Abhijith Ravinutala

AIがビジネスのユースケースと成果に対して変革をもたらす可能性については、これまでのTech Trendsをはじめとして数多く語られてきた。生成AIにはコードの作成やソフトウェアのテスト、IT人材の全体的な補強を行う力があることを踏まえると、この変革の可能性が最も高いのは、ソフトウェアエンジニアリングのend-to-endのライフサイクルおよびITビジネス領域全般である。デロイトの調査によると、このような組織変革の最前線にいるテクノロジー企業では、AI活用によるメリットを実現する準備ができており、「生成AIによって組織変革が進行中である」または「今後1年以内に見込まれる」と回答した割合は、保守的な同業他社の2倍に上っている¹。

Tech Trends 2024では、IT部門が最高の成果を上げられるように、企業はデベロッパーエクスペリエンスを再構築する必要があると述べた。現在、AIのハイブサイクルでは、IT部門の機能に対する関心が一層高まっている。IT部門は長い間、企業のDXの主導的立場にあったが、これからはAIトランスフォーメーションを担う必要がある。先進的なITリーダーたちは、これを千載一遇の機会ととらえて、IT部門における役割・責任の再定義、投資の優先順位付け、および期待される提供価値の明確化に取り組んでいる。さらに重要なのは、CIO (Chief Information Officer、最高情報責任者) がこうした先駆的な役割を果たすことで、他のテクノロジーリーダーに対してAIトランスフォーメーションの実践を促すことができる点だ。

企業は、何年にもわたってリニアなIT (無駄を省いたIT運用) やEaaS (Everything as a Service) の提供を追求してきたが、AIの進歩を受けて、仮想化からの移

行とIT予算縮小からの脱却を進めている。調査会社のGartnerは、「2024年の世界のIT支出は、2023年比7.5%増の5兆2,600億ドルに達する」と予想している²。本レポートの「**ハードウェアが世界を席巻している**」で示したように、ハードウェアとインフラが重要視される局面を迎えていることに伴って、企業のIT支出とオペレーションは変化する可能性がある。

従来型AIと生成AIの双方の能力が向上し普及が進むにつれて、テクノロジーデリバリーの各フェーズにおいて、人間主体からHitL (Human in the Loop、人とAIを統合したシステム) 主体へと移行する可能性がある。そのため、組織は事前に明確な戦略を用意しておかなければならない。デロイトの分析では、今後1年半から2年の間に、ITリーダーはエンジニアリング・人材・クラウド財務オペレーション (FinOps) ・インフラ・サイバーリスクという5つの重要な柱で、AIトランスフォーメーションを計画する必要がある。

こうした傾向は、今後10年のうちに起こる新しいリニアなITの先駆けとなるかもしれない。事業部門において、アプリケーションを即座に開発できるシチズンデベロッパー (Citizen Developer、ローコード・ノーコードツールを用いて業務に必要なアプリを開発するIT部門外の社員) やデジタルエージェントの数が増えた場合、IT部門の役割は、構築・保守から調整・イノベーションへと移行する可能性がある。その場合、本レポートの**イントロダクション**で示唆したように、AIは裏方にとどまらず、役員室に堂々と存在し、人間のニーズに合わせてテクノロジーオペレーションを監督する役割を担うようになるかもしれない。



Now : ITへの注目と支出の増加

IT部門は長年にわたり、無秩序に拡大するクラウド支出を合理化し、コストを抑制する必要に迫られてきた。しかし、2020年以降、コラボレーションツールへの需要が一気に高まったことや、COVID-19のパンデミック対応においてデジタル化が重視されたことを背景に、テクノロジーへの投資は増加傾向にある³。デロイトの調査によると、収益に占めるテクノロジー予算の割合は、2020年から2024年にかけて世界平均で4.25%から5.49%に上昇し、2018年から2020年の期間の変化と比べると約2倍の伸び率となった⁴。また、2024年の米国企業の収益に占める**DX関連予算**の割合は平均7.5%で、内訳では5.4%がIT予算となっている⁵。

AIへの需要が支出の増加に拍車をかける中、デロイトのレポート**2023 Global Technology Leadership Study**で導き出した「テクノロジーはビジネスそのものであり、その結果としてテクノロジー支出は増加している」という結論は、依然として正しいと思われる。

現在企業は、AIの活用拡大およびAIの潜在的価値の実現のために、ハードウェア、データ管理、およびデジタル化において新たな対応を進めている。デロイトのレポート**State of Generative AI in the Enterprise Q2**によると、生成AIに関して「非常に高い」レベルの専門知識を持っていると自己評価した企業は、平均的な企業よりもハードウェアとクラウドへの投資を増やしていた⁶。全体では、調査対象企業の75%が、生成AIを理由としてデータライフサイクル管理に関する投資を増やしている⁷。

これらの数字からは、ひとつの共通のテーマが浮かび上がる。それは、企業が生成AIの効果を最大化するには、クラウドとデータのモダナイゼーションを促進する必要があるということだ。AIは、コスト、イノベーション、その他多くの分野で効率化を実現する可能性を秘めているが、企業がこれらのメリットを享受するためには、まず**適切なテクノロジー投資を行うことに注力**しなければならない⁸。これらは極めて重要な投資戦略であるため、主導的な立場にいるテクノロジーリーダーに注目が集まっている。

デロイトの調査によると、米国を拠点とするテクノロジーリーダーのうち、CEO（Chief Executive Officer、最高経営責任者）への直接のレポートラインがある割合は現在60%以上に達し、2020年から10ポイント以上増加している⁹。この事実は、単なるAI戦略の実行ではなくAI戦略の策定において、テクノロジーリーダーの重要性が一層高まったことを示している。AI時代において、

IT部門は決してコストセンターではなく、むしろ差別化要因と見なされるようになってきており、**市場のトレンドを追うCEOたち**は、AI導入において自社が後れをとらないよう熱心に取り組んでいる¹⁰。

Vanguardのformer global CIOで、現在はデロイトのUS CIO-in-residenceであるJohn Marcanteは、AIがIT部門の役割を根本的に変えると考えており、「今後、テクノロジー組織は無駄を省いてスリム化されるが、その権限は拡大する。テクノロジー組織はかつてないほどビジネスと一体となるだろう。AIの急速な進化を踏まえると、集権化は組織のスピードと注力事項との整合性を確保する上で優れた方法だ」と述べている¹¹。

AIによってもたらされる、多くのテクノロジーリーダー・IT部門の従業員が待ち望んでいたであろう機会にIT部門が備える中で、IT部門の組織運営と業務遂行の方法にはすでに変化が起きている。リスクは高いが、IT部門は変革の時期を迎えている。

New : IT部門をAIで強化

今後1年半から2年の間に、企業における生成AIの導入が進むにつれて、IT部門の性質は変化する可能性が高い。**デロイトの予測分析**では、最も保守的なシナリオであっても、2027年までにはすべての企業のデジタル製品やソフトウェアに生成AIが組み込まれると示唆している。これについて、以下5つの主要な柱に基づいて説明する（図1）¹²。

エンジニアリング

過去のTech Trendsで説明したように、従来のソフトウェア開発のライフサイクルでは、手作業によるテスト、経験の浅い開発者、バラバラなツール環境が非効率の要因となりうる。幸いなことに、AIはすでにこれらの領域に影響を与えており、AIによるコード生成、自動テスト、迅速なデータ分析は、いずれも開発者がイノベーションと機能開発に費やす時間を確保することに寄与する。コーディングにおける生産性の向上のみでも、アメリカだけで120億米ドル相当の効果があると推定されている¹³。

Googleでは、AIツールを社内開発者向けに展開している。CEOのSundar Pichaiは、最近の決算報告で、「自社の新規コードの約25%は、AIを利用して開発している」と述べた。senior director of product management for developer productsのShivani Govilは、「AIはエンジニアリングチームの働き方を変え、イノベーションの

の能力を高め、労力を減らし、開発者の満足度を高めることができる。Googleのアプローチは、開発者が業務のサポート役として日常的に使用するプロダクトやツールにAIを組み込むことによって、開発者が身近なところでAIを活用できるようにすることだ。時間の経過とともにコードとビジネス要件間の整合性をさらに高めることで、我々はフィードバックループの高速化、PMF

(Product Market Fit、プロダクトマーケットフィット)の向上、ビジネス成果との整合性の向上を実現できると考えている¹⁴。また別の例では、ある医療会社がCOBOLコードアシストを使用して、このプログラミング言語の経験がない若手開発者でも、95%の精度で説明ファイルを生成できるようにした¹⁵。

図1

生成AIはIT業務をどのように変革するか

今後1年半から2年の間に、生成AIがますます業務に組み込まれるにつれて、企業のテクノロジーチームの大幅な改善が進む可能性がある。デロイトの予測分析によると、最も保守的なシナリオでも、2027年までにすべての企業のデジタル製品・ソフトウェアに生成AIが組み込まれる見込みだ。コードレビュー、インフラ構成、予算管理といった時間のかかる手作業は、IT部門においてAI活用が進むにつれて、自動化され改善されるだろう。

	問題	必要な変革	推奨される対策
エンジニアリング	従来のソフトウェア開発ライフサイクルにおける手作業で非効率な工程	コード作成から、アーキテクチャーの定義、コードのレビュー、および機能の調整へと移行する	テクノロジーリーダーは、HitLによるコード生成とレビューが標準となるよう求める
人材	経営者は適切な経歴を持つ人材の雇用に苦勞し、プロジェクトの延期を余儀なくされる	AIは、豊富な学習・開発メディアのほか、人材のスキルアップに役立つドキュメントを生成する	テクノロジーリーダーは、新しい働き方として、AIを活用した定期的な学習のレコメンデーションとパーソナライゼーションを導入する
クラウド財務オペレーション	ワンクリックでリソースをプロビジョニングできることに伴い、クラウドにおける支出増大がよく起こる	AIを活用したコスト分析、パターン検出、リソース割り当てにより、IT支出を迅速に最適化する	リーダーは、一貫してAIを活用し、その価値を最大限引き出し、コストを最適化する
インフラ	企業の半数近くが、セキュリティ、コンプライアンス、およびサービス管理といったタスクを手動で処理している	リソース割り当て自動化、予知メンテナンス、および異常検出の実現により、ITシステムを刷新する	リーダーは、必要に応じてAIを活用して自己修復できるITインフラを目指して取り組む
サイバー	生成AIとデジタルエージェントの活用は、悪意ある攻撃者に、かつてないほど攻撃機会を与えている	データマスキング自動化、インシデント対応、およびポリシー生成により、サイバーセキュリティ対応を最適化する	企業は、新しいテクノロジーやプロセスを通じて、データおよびデジタルメディアの認証を強化するための措置を講じる

出所：Deloitte research and analysis.

生成AI時代のエンジニアリングに関する**最近のデロイトのレポートでも触れた**が、今後、開発者の役割はコードを書くことから、文脈を考慮したプロンプトエンジニアリングを用いたアーキテクチャーの定義、コードのレビュー、および機能の調整に移行する可能性が高い。テクノロジーリーダーは、AI導入が進む今後数年の間に、**HitLによるコード生成とレビュー**が標準になることを見越しておく必要がある¹⁶。

人材

昨年デロイトがテクノロジーエグゼクティブを対象に実施した調査で、セキュリティや機械学習、ソフトウェアアーキテクチャーといった重要なIT分野の経歴を持つ人材の雇用が苦労しており、適切なスキルを持つ人材が不足しているために、プロジェクトの延期を余儀なくされていることが明らかになった¹⁷。AIスキルが需要の高い最新スキルとなる中、多くの企業は必要な人材を十分に確保することができず、AI関連のポジションの50%近くを充足できないという雇用ギャップに陥る可能性がある¹⁸。

以上のことから、テクノロジーリーダーは自社人材のスキルアップに注力すべきであり、この領域においても**AIが役立つ**。AIを活用したスキルギャップの分析と取得すべきスキルの推奨、パーソナライズされた学習パス、およびオンデマンド学習向けの仮想チューターがもたらす潜在的な利点について考えてみるとよいだろう。ライフサイエンス企業のBayerは、生成AIを使用して手順書を要約したり、eラーニング用のアニメーションなどのリッチメディアを生成したりしている¹⁹。同様に、AIは新規の開発者に向けて、レガシーテクノロジーの理解に役立つドキュメントを生成し、それに関連した学習ポッドキャストや試験を作成できる可能性がある。

Googleにおいて、開発者は実践的な経験と問題解決を通じて成長するため、リーダーたちは開発者の学習過程に応じたAI学習とツール（コーディングアシスタントなど）を積極的に提供している。Googleでsenior director of developer experienceを務めるSara Orloffは、「エマージングテクノロジーをめぐっては、AIを活用して急速に変化するスキルと、それに適応するために必要な知識を予測・サポートすることで、学習効果を高めることができる」と述べている²⁰。

自動化が進むにつれて、IT人材は監督的な役割を担うようになり、収益を改善するイノベーションにより注力できるようになる（Tech Trends 2024でも言及した通りである）。これは、IT人材の獲得にも寄与する。という

のも、デロイトの調査によると、IT人材を新たな職務に引き付ける最大の要因は、その役割で担う仕事の内容であるからだ²¹。

クラウド財務オペレーション

ワンクリックでリソースをプロビジョニングできるクラウド時代においては、問題として支出の増大がよく生じる。ハイパースケーラーは、財務部門やCIOがチームのクラウド使用の状況をより適切に追跡できるようにデータとツールを提供してきたが、こうしたFinOpsツールの多くでは、依然として手作業で予算編成を行う必要がある²²。AIの力により、組織は財務管理において、より多くの情報を得て、プロアクティブかつ効果的に対応できるようになる。リアルタイムのコスト分析ならびにシステム全体での堅牢なパターン検出とリソース割り当てによって、IT支出を迅速に最適化できる²³。また、AIの優れた予測・追跡能力は、企業がより多くのコスト削減の機会を特定するのに役立つ²⁴。今後数年間で、AIが大企業のクラウドコストを大幅に押し上げる可能性があるため、上述したことはすべて必須となる。AIへの需要が増加する中、FinOpsにAIを適用することにより、AIへの投資の妥当性を明確にするとともに、他の領域のコストを最適化することができる²⁵。

インフラ

ツールチェーン（toolchain、ソフトウェア開発において組み合わせて使用する一連の開発ツール）からサービス管理に至るまでの非常に広範なITインフラにおいて、組織は期待するほどの自動化を実現できていない。数年前の各種調査における推定では、セキュリティやコンプライアンス、サービス管理などの主要な業務について、大企業の半数近くがすべて手作業で処理していた²⁶。これは、企業の変化する需要について学習し、改善し、対応できる自動機能が存在しなかったためだが、現在では実現可能になっている。

リソース割り当ての自動化、予知メンテナンス、異常検出といった機能は、いずれも自らのリアルタイムの状態を理解してから行動するように設定されたシステムで利用可能となる²⁷。このような新しいITの捉え方は、人体において心拍数と呼吸を調節し、内外の刺激に動的に適応する自律神経系になぞらえて「自律型」と呼ばれる²⁸。このようなシステムでは、インフラが自己管理を行い、人間の介入を必要とする問題のみ報告するため、人間主体からHitL主体への移行が可能になる。そのため、すでにeBayのような企業では、生成AIを利用してイン

フラを拡張し、大量の顧客データを分類している。これは、企業プラットフォームの大幅な変更につながる可能性がある²⁹。

サイバー

AIは、ITの多くの側面をよりシンプルに、より効率的なものにする可能性がある一方、サイバーリスクをより複雑にすることは間違いない。Tech Trends 2024でも触れたように、生成AIと合成メディアは、フィッシング、ディープフェイク、プロンプトインジェクションなどが攻撃する対象を、かつてないほど拡大する³⁰。AIが普及し、デジタルエージェントがB2B取引における新たな代表者になるにつれて、こうした問題はより深刻になる可能性がある。セキュリティ企業のSWEARがブロックチェーンでデジタルメディアを検証する方法を開発した例のように、企業はデータの認証に取り組むべきだ³¹。データマスキング、インシデント対応、および自動化されたポリシー生成は、いずれもサイバーセキュリティ対応の最適化と攻撃に対する防御のために生成AIを活用できる分野でもある³²。

テクノロジーチームが前述の変化と課題に慣れてくると、多くのチームはAIによって可能になるイノベーション、アジリティ、および成長に注力するようになるだろう。テクノロジーチームは、IT関連のワークフローの合理化および手動による介入や外注の必要性の削減を実施でき、それにより、ITをより価値の高い活動に集中的に活用できる³³。これを受けて、ITリソース全体の再配分が行われる可能性もある。FreeplayのCEOであるIan Cairnsは、「どのような大規模プラットフォームの移行にも当てはまることだが、成功する企業とは、新しい時代に向けて働き方やソフトウェアの構築方法を再考し、適応できる企業であろう」と述べている³⁴。

Next : サービスとしてのITそのもの

現在の状況は多くのITチームにとって、総動員での対応が必要な緊急事態のようなものであり、プロダクトマネージャーやドメインエキスパート、および事業部門のリーダーたちは、実際にPoCを立ち上げるためにAIを細部にわたって深く掘り下げている。このようなリスクを孕む行動が実を結び、企業がこの新しいテクノロジーを用いて利益率を向上させることができれば、IT部門はコストセンターおよびイネーブラーという存在から、真の競争上の差別化要因を提供する存在へと完全に移行することができる。その頃までに、CIOの役割と企業におけるテクノロジー資産管理は、劇的に変化する可能性がある。

今後10年間で、IT部門が一元管理された部門からイノベーションを主導する部門へと変化し、事業部門に対して、独自ソリューションの開発に使用できる再利用可能なコードブロックとプラットフォームを提供するシナリオを想像してみよう。IT as a Serviceは新しいものではないが、これまでの理解では、企業におけるITインフラの一部は新規ベンダーに委託することになっていた³⁵。将来的には、そうしたベンダーは、各組織の内部トレーニングを受けた安全なAIエージェントに置き換えられる可能性がある。

この状況を鑑みると、ITそのものがオンラインポータルを通じて運営されるサービスになる可能性がある。オンラインポータルでは、ローコード・ノーコード技術と先進的なAIを組み合わせることで、技術者ではないユーザーでもアプリケーションを作成し実行できるようになる³⁶。例えば、チーフアーキテクトの役割は、デジタルエージェントによって実行される多数のレガシータスクとは大きく異なる可能性がある。現在クリックするだけでクラウドコンピューティングの要素を使用できるように、今後5年から10年のうちには、クリックするだけでアプリケーション全体を利用できるようになるかもしれない。テクノロジーについて継続的に学んで習熟することは、IT部門だけでなく企業全体で不可欠になり、従業員やシチズンデベロッパーは最新テクノロジーへの適応を奨励されるようになるだろう。テクノロジーチームがHitLによってデータプライバシー、サイバーセキュリティ、および倫理的なAIの運用に関するレビューを行うようになるに伴い、信用やセキュリティに関する責任も拡大するだろう。

AIの進展によって、IT部門の今後の役割が問われることになるかもしれないが、実際には、AIがあらゆる場所に組み込まれた企業において、IT部門の重要性はより一層高まる。企業においてテクノロジーとAIの重要性がさらに増す中、有能なテクノロジーリーダーになるには、さまざまなスキルを身につける必要がある。例として、顧客体験およびプロセスの知識、プログラムおよびプロダクト管理のスキル、ビジネス開発スキル、信用およびコンプライアンスに関する専門知識、AIツールおよび共有機能を含むエコシステムの管理スキルが挙げられる。また、リーダーはチェンジマネジメントを推進するために、社内でAIについて教育・普及活動を行う役割を新たに担う必要があるかもしれない。

Marcanteは、「AIはビジネスに広く利用されるようになり、イノベーションを促進するかもしれないが、テクノロジーリーダーがその旗振り役を務めなければならない。企業を前進させるためには、グローバルに全員が共有できる一連の指針と目標が必要だ」と述べている³⁷。

Endnotes

1. Faruk Muratovic, Duncan Stewart, and Prashant Raman, "Tech companies lead the way on generative AI: Does code deserve the credit?" *Deloitte Insights*, August 2, 2024.
2. Gartner, "Gartner forecasts worldwide IT spending to grow 7.5% in 2024," press release, July 16, 2024.
3. Lou DiLorenzo Jr. et al., "From tech investment to impact: Strategies for allocating capital and articulating value," *Deloitte Insights*, September 13, 2023.
4. Ibid.
5. Tim Smith et al., "Focusing on the foundation: How digital transformation investments have changed in 2024," *Deloitte Insights* October 14, 2024.
6. Nitin Mittal et al., "Now decides next: Getting real about Generative AI," Deloitte's State of Generative AI in the Enterprise Q2 report, April 2024.
7. Ibid.
8. Elizabeth Sullivan (ed.), "Gen AI investments increasingly extend beyond the AI itself," *Deloitte Insights Magazine* 33, September 26, 2024.
9. Belle Lin, "AI puts CIOs in the spotlight, right next to the CEO," *The Wall Street Journal*, June 12, 2024.
10. Benjamin Finzi et al., "Three roles CEOs need to play to scale generative AI," Deloitte, 2024.
11. John Marcante, former global CIO of Vanguard and US CIO-in-residence at Deloitte, Deloitte interview, October 8, 2024.
12. Laura Shact et al., "Four futures of generative AI in the enterprise: Scenario planning for strategic resilience and adaptability," *Deloitte Insights*, October 25, 2024.
13. Muratovic et al., "Tech companies lead the way on generative AI."
14. Shivani Govil, senior director and project manager of developer tools, Google, Deloitte interview, September 4, 2024.
15. Faruk Muratovic et al., "How can organizations engineer quality software in the age of gen AI?," *Deloitte Insights*, October 28, 2024.
16. Ibid.
17. David Jarvis, "Tech talent is still hard to find, despite layoffs in the sector," *Deloitte Insights*, August 14, 2023.
18. Mark Dangelo, "Needed AI skills facing unknown regulations and advancements," *Thomson Reuters*, December 6, 2023.
19. Donald H. Taylor, *The global sentiment survey 2024*, February 2024.
20. Sara Ortloff, senior director of developer user experience, Google, Deloitte interview, September 4, 2024.
21. Linda Quaranto et al., "Winning the war for tech talent in FSI organizations," Deloitte, February 2022.
22. David Linthicum, "What's going on with cloud finops?," *InfoWorld's Cloud Computing Blog*, February 27, 2024.
23. PwC, "FinOps and AI: Balancing innovation and cost efficiency," *CIO*, September 24, 2024.
24. Fred Delombaerde, "Will AI and LLMs transform FinOps?," video, FinOps Foundation, May 20, 2024.
25. Linthicum, "What's going on with cloud finops?"
26. Nicholas Dimotakis, "IT's dirty little secret: Manual processes are still prevalent," *Forbes*, February 25, 2021.
27. Michael Nappi, "Go beyond with autonomic IT to drive the autonomous business," *ScienceLogic Blog*, May 15, 2024.
28. Science Direct, *Autonomic Computing*, accessed October 2024.
29. John Kell, "How eBay uses generative AI to make employees and online sellers more productive," *Fortune*, August 14, 2024.
30. Mike Bechtel and Bill Briggs, "Defending reality: Truth in an age of synthetic media," *Deloitte Insights*, December 4, 2023.
31. Jason Crawforth, "My take: Tackling the problem of deepfakes," *Deloitte Insights*, August 7, 2024.
32. Palo Alto Networks, "What is generative AI in cybersecurity?," *Cyberpedia*, accessed October 29, 2024.
33. Ilya Gandzeichuk, "How AI can transform the IT service industry in the next 5 years," *Forbes*, May 16, 2024.
34. Ian Cairns, "Generative AI forces rethink of software development process," *Deloitte Insights*, July 1, 2024.
35. Canon, "4 reasons why 'as-a-service' is the future for IT teams," accessed October 2024.
36. CloudBlue, "What is IT as a service?" November 28, 2022; Isaac Sacolick, "7 innovative ways to use low-code tools and platforms," *InfoWorld*, April 22, 2024.
37. Phone interview with John Marcante, former global CIO of Vanguard and US CIO-in-residence at Deloitte, October 8, 2024.

Continue the conversation

Industry leadership

Tim Smith

Tech Strategy & Business Transformation leader | Principal | US Monitor Deloitte | Deloitte Consulting LLP
+1 212 313 2979 | timsmith6@deloitte.com

Tim Smith is a principal with Deloitte Consulting LLP and serves as the US leader for Monitor Deloitte's Technology Strategy & Business Transformation practice. He has more than 20 years of cross-sector technology advisory and implementation experience in the United States and abroad. Tim works with clients to unlock the value within the technology estate via integrated choices across operating models, architectures, and ecosystems. Tim resides in New York City. He earned a BSc in systems engineering from the University of Virginia and an MBA from the London Business School.

Anjali Shaikh

US CIO Program Experience director | Managing director | Deloitte Consulting LLP
+1 714 436 7237 | anjalishaikh@deloitte.com

Anjali Shaikh is the experience director for Deloitte's technology executive programs, serving as an advisor to CIOs, CDAOs, and other tech leaders and providing strategic direction for program development. Shaikh leads a team of skilled practitioners responsible for creating customized experiences and developing valuable insights that help executives navigate complex challenges; shape the tech agenda; build and lead effective teams; and excel in their careers.

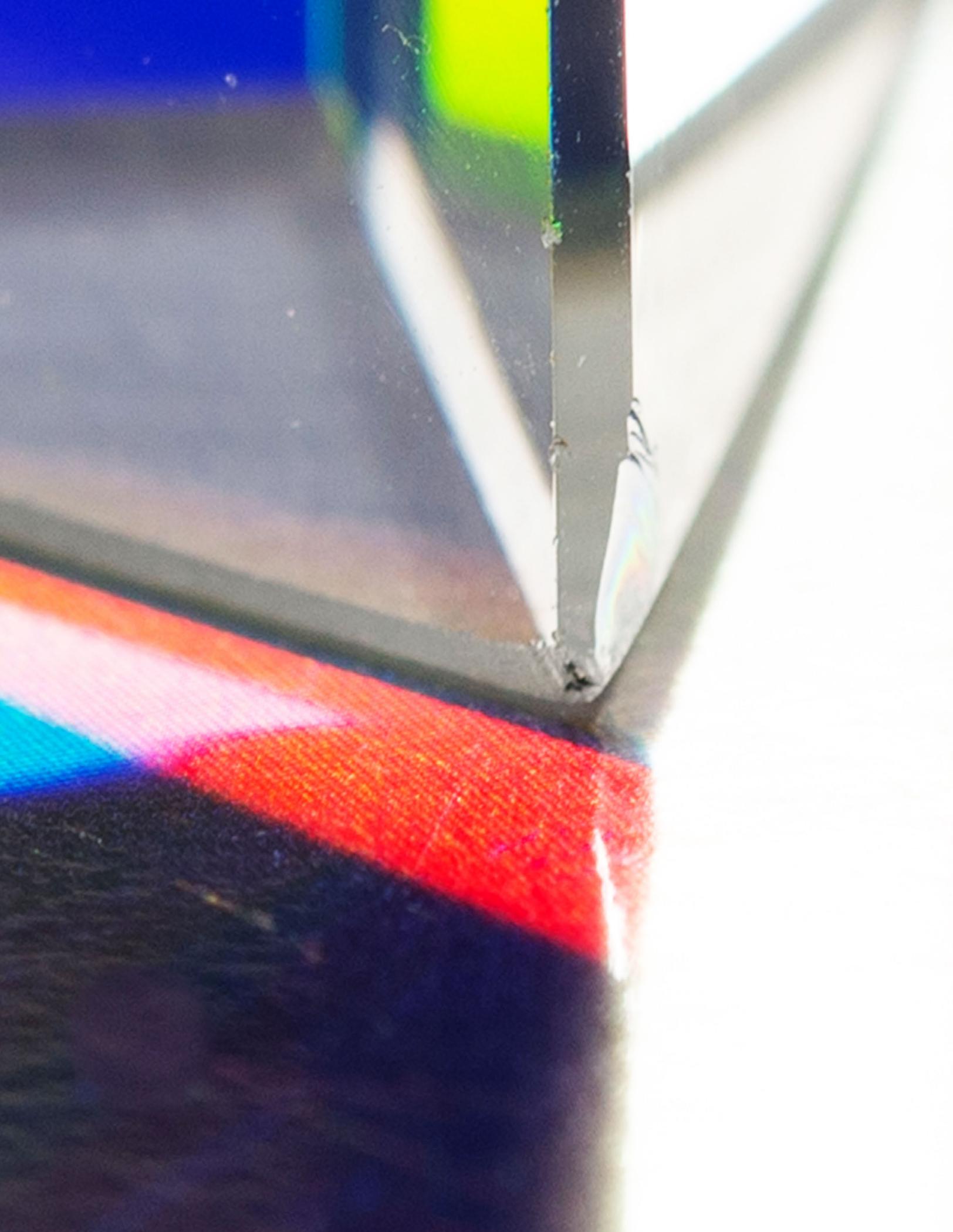
Lou DiLorenzo Jr

Principal | AI & Data Strategy Practice leader | US CIO & CDAO Programs, national leader | Deloitte Consulting LLP
+1 612 397 4000 | ldilorenzocr@deloitte.com

Lou DiLorenzo serves as the national leader of Deloitte Consulting's AI & Data Strategy practice and the Deloitte US CIO and CDAO Executive Accelerator programs. He is a member of Deloitte's Generative AI practice leadership team and heads the Generative AI Incubator. With over 20 years of cross-sector operating, entrepreneurial, and consulting experience, he has a successful record of bringing key stakeholders together to help lead change, develop new capabilities, and deliver positive financial results. Previously, DiLorenzo served as COO of a consumer health insurance startup and as Global CIO for the Food Ingredients & Bio Industrial division at Cargill. He is a frequent technology contributor to leading publications and hosts the podcast, *Techfluential*.

Acknowledgments

Much gratitude goes to the many subject matter leaders across Deloitte that contributed to our research for the Business of Technology chapter: **Kenny Brown, Lou DiLorenzo, Diana Kearns-Manolatos, Siva Muthu, Chris Purpura, Anjali Shaikh, and Tim Smith.**



新しい公開鍵暗号： 量子コンピューター時代を見据えた 新たな暗号方式への移行

量子コンピューターは、現在利用されている公開鍵暗号の安全性を破壊する可能性が高く、新たな暗号方式への移行が急務となっている。

Kelly Raskovich, Bill Briggs, Mike Bechtel, and Ed Burns

サイバーセキュリティの専門家は多くのことで頭を悩ませている。ありふれたソーシャルエンジニアリングによるハッキングから、AIが生成したコンテンツによる新たな脅威まで、差し迫った懸念には事欠かない。しかし、最大の脅威はCRQC (Cryptographically Relevant Quantum Computer、現在広く利用されている公開鍵暗号方式を解読可能な量子コンピューター) の登場だ。CRQCが登場すれば、現在利用している公開鍵暗号は、すべて解読(盗聴)可能となる。オンラインセッションの確立、トランザクションの検証、ユーザーアイデンティティの保証など、ITインフラを支える全プロセスの安全性は破壊されることになる。

このCRQCに対する取り組みを、2000年問題(コンピューターが西暦2000年を誤認し、障害を引き起こす可能性があると考えられた問題)に対する取り組みと比較してみよう。2000年問題では、企業は迫り来るリスクを察知し、2000年から逆算して必要な時期に必要な対策を打つことができた¹。しかし、CRQCへの取り組みは、2000年問題とは異なり、完了すべき時期が不明だ。CRQCがいつ登場するかは誰にも予測できないからだ。CRQCの登場に備えることは非常に重要であると認識されていても、完了すべき時期が不明であるため、つつい別の取り組みが優先され、CRQCへのサイバーセキュリティ対策は後回しになる傾向がある。

サイバーセキュリティ企業Quantropiのchief technology officerのMike Reddingも、これに関して「CRQCが登場しない間は、『そのうち対策をしよう。あるいは、どこかのベンダーが対策をやってくれるかもしれない。ほかにやるべきことは多すぎるし、CRQCに対する取り組み予算もない。』と言う人はいなくなる²。CRQCがセキュリティ脅威の中で最も深刻なものであったとして、ほとんどの人はこの対策に緊急性を感じないことだろう。

そのため、CRQCに対する対策は繰り返し先延ばしにされている」と述べている。

このような無関心な考え方は、大きな災いをもたらすだろう。問題は、CRQCが登場するか否かではなく、いつ登場するかである。多くの専門家は、CRQCは今後5年から10年以内に登場する可能性が高いと考えている。一方、企業がCRQCへの対策を行うには、どれくらいの時間が必要だろうか。ハッシュアルゴリズムのSHA1からSHA2への移行など、これまでの暗号方式の移行時間から推測すれば、CRQCに対する対策は8年、10年、もしかしたら12年は必要かもしれない。これを考えれば、CRQCに対する対策は今すぐに開始するのが賢明だ。

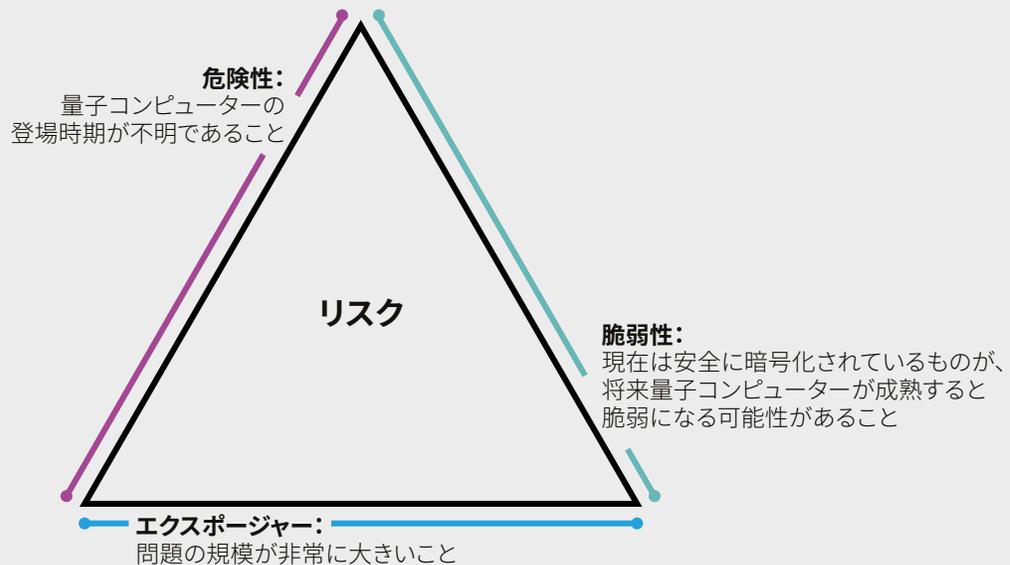
アメリカの行政管理予算局も、最近の報告書で「CRQCは、現在、政府や民間部門で一般的に使用されている公開鍵暗号を解読(盗聴)できる可能性が高い。CRQCはまだ登場していないが、量子コンピューティングの着実な進歩により、今後10年間で登場する可能性は十分に高い。したがって、連邦政府機関は、現在の公開鍵暗号方式からCRQCでも解読不可能な新たな公開鍵暗号方式に移行する必要がある」と指摘している³。

CRQCの登場が引き起こす問題の規模は、潜在的に非常に大きい。しかし幸なことに、CRQCでも解読できない公開鍵暗号方式として、NIST (National Institute of Standards and Technology、米国国立標準技術研究所) が2024年8月に発表したPQC (Postquantum Cryptography、CRQCに対抗できる暗号方式という意味で耐量子計算機暗号と呼ばれる) という新たな公開鍵暗号方式が利用可能である⁴。また、アメリカ以外の政府も新たなPQCを研究しており、それも利用可能かもしれない⁵。さらに、サイバーセキュリティに対する考え方を刷新することが、企業のセキュリティ向上への道を開くだろう。



図1

リスクの三角形と、3つのそれぞれが考慮されなかった場合の損失の影響



出所：Colin Soutar, Itan Barmes, and Casper Stap, "Don't let drivers for quantum cyber readiness take a back seat!" Deloitte, accessed November 2024.

Now : 暗号は至るところに存在する

サイバーセキュリティチームの主な懸念事項は、テクノロジーの完全性喪失とオペレーションの中断である⁶。CRQCが登場すれば、現在利用されている公開鍵暗号の安全性は喪失し、通信や取引の完全性に大きな打撃を与えかねず、ITシステムにおける現在のオペレーションは継続できなくなりかねない。

CRQCがもたらすこのようなリスクは、多くの企業において認識され始めている。デロイト グローバルの **Global Future of Cyber survey** によると、52%の企業が、CRQCがもたらすリスクを評価し、リスク戦略を策定している。また30%の企業は、これらのリスクを緩和するために断固とした行動を開始している。

例えば、大手工業製品メーカーのインド部門で group vice president of security technologies を務める Gomeet Pant は、「CRQCが引き起こす問題のリスク

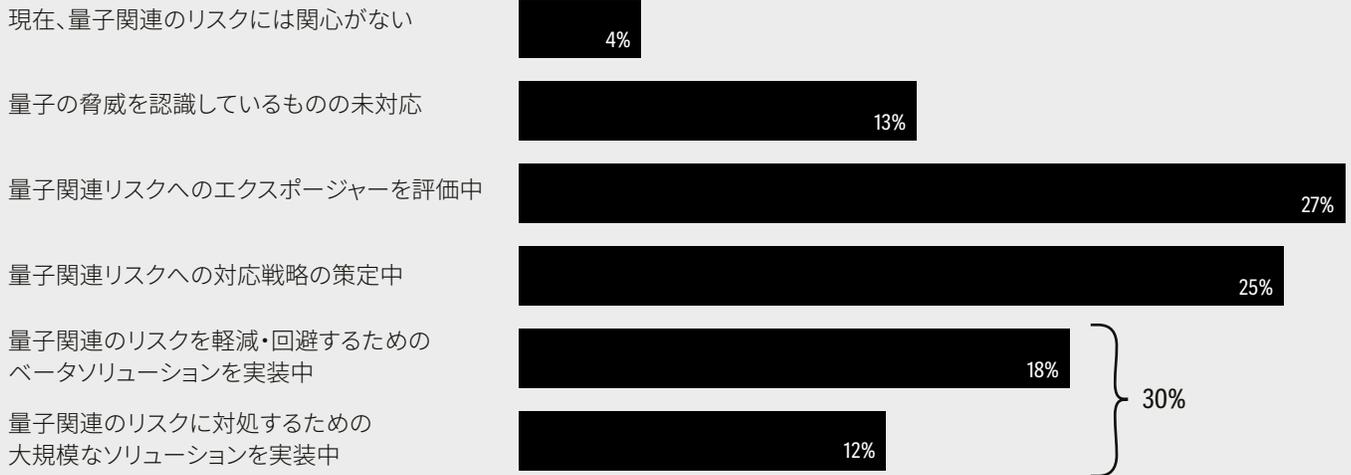
は大きく、将来への影響も差し迫っている。まだ時間的猶予はあるかもしれないが、今のうちに先を見越した対策を実施しておけば、後々の危機を回避するのに役立つだろう。それが我々の向かうべき方向だ」と述べている⁷。

公開鍵暗号は今や非常に広く普及しているため、企業は、CRQCで解読可能な公開鍵暗号が利用されている箇所を特定することさえ困難で、探索段階から専門家の支援を必要としている。公開鍵暗号は、自社が所有するアプリケーションだけでなく、自社が活用しているパートナー企業やベンダーのITシステムでも利用されている。CRQCが自社にもたらすリスクの全容 (図1) を理解するには、さまざまなITインフラ、サプライチェーン、アプリケーションを調査する必要がある。調査に漏れがあり、現在の公開鍵暗号が取り替えられずに使い続けられるとすれば、電子メール、電子文書、ユーザー認証などの安全性は脅威にさらされ、デジタル通信の完全性と信頼性は損なわれることになる⁸。

図2

量子とのつながり

量子時代の到来と量子サイバーセキュリティへの準備の必要性について、組織はどのように考えているか



注：n=1,196、経営幹部および上級管理職

出所：Deloitte, "The promise of cyber: Enhancing transformational value through cybersecurity resilience," accessed November 2024.

CRQCに対するサイバーセキュリティ対策には時間的猶予があると説明したが、CRQCがまだ存在していても、一部の重要データはすでに危険にさらされていることを知っておかなければならない。一部のハッカーは「harvest now, decrypt later（データを収集しておいて後で解読）」と呼ばれる攻撃を実施している。これらのハッカーは、公開鍵暗号を利用した通信データを、今のうちに通信経路上で収集（盗聴）し、CRQCが登場した時点で解読しようと考えている。長期で秘匿が必要なデータはCRQCの登場前からすでに危険な状況にあり、PQCに移行できるまで、脅威にさらされ続ける可能性が高い。

これに早く気づいたJPモルガンのdirector of the emerging technology security organizationであるYassir Nawazは「顧客データと金融セクターに対する潜在的な脅威を早い段階で認識したことで、画期的な取り組みを推進してきた。具体的には、包括的な暗号調査から始まり、暗号をモダナイズするPQCソリューションの開発にまで及んでいる」と述べている⁹。

安全なPQCへの移行には、何年も、場合によっては10年以上かかるかもしれない。その間にもCRQCが登場する可能性は高い¹⁰。CRQCが暗号方式にもたらず潜在的な脅威は、まだ遠い先の未来のこのように感じられるかもしれないが、今こそ対策を始めるべき時なのである（図2）。

NISTのcomputer security division chiefであるMatt Schollも次のように述べている。「CRQCがもたらず潜在的な脅威に対して、企業は今から準備を始めることが重要だ。PQCへの移行の道のりは長く、その過程では世界的な協力が必要になる。NISTは、新しいPQCの開発を継続し、産業界や政府と協力してその採用を促進していく¹¹」

New : 未来へのアップグレード

PQCへの移行には包括的で広範な取り組みが必要だが、時間をかければ作業自体は比較的容易となるはずだ。

最初に実施すべきステップとしては、ガバナンスとポリシーの確立、PQCに移行すべき公開鍵暗号の箇所の把握、PQCへの移行計画の策定、移行時に解決すべきITインフラとサプライチェーンの改善点の可視化、PQCへの移行に向けた契約を含む包括的なロードマップの構築などがある。

General manager of cybersecurity group SandboxAQを務めるMarc Manzanoは、「IT部門全体は何十年にも渡って無秩序に暗号利用を進めてきた。これを正常に戻すために実施すべき最初のステップは、最新の暗号管理ツールを活用だ。暗号管理ツールを活用すれば、重要なオペラビリティ機能とレポート機能を利用できるようになる」と述べている¹²。

これらの暗号管理ツールによって現在の公開鍵暗号の利用箇所が把握できれば、次は暗号アルゴリズムの更新に移ることができる。更新にあたっては、2024年8月にNISTが発表した暗号アルゴリズム(PQC)を含む新標準を使うことになるだろう。NISTによると、これらの暗号化手法は、データの暗号化と復号化の方法を変更することにより、量子コンピューターからの攻撃に耐えることができるはずだという¹³。

現在の公開鍵暗号方式は、解読において大きな数の因数分解の計算処理が必要で、最も強力なスーパーコンピューターを利用したとしても途方もない時間を要するというのが安全性の根拠であった。しかし、CRQCは大きな数の因数分解処理を難なくこなせるため、CRQCが登場すれば、この安全性の根拠は喪失してしまう。そこでNISTの新標準は、PQCにおいて解読に必要な計算を、今日の因数分解処理から、CRQCでさえ計算処理に途方もない時間が必要な格子問題処理に変更した¹⁴。

実際、このNISTの発表を受けて、大手テック企業はこのPQCへの移行を開始している。AppleはiMessageアプリケーションにPQCを採用した¹⁵。Googleも同社の暗号ライブラリにPQCを実装し、Chromeウェブブラウザで使用することを発表した¹⁶。量子コンピューティングの開発に多額の投資を行っているIBMも、いくつかのプラットフォームにPQCを採用し、また、Microsoftも暗号ライブラリにPQCを採用すると発表している¹⁷。

これを受けて、2021年、NISTのNCCoE (National Cybersecurity Center of Excellence、国立サイバーセキュリティ・センター・オブ・エクセレンス)は、このPQC移行プロジェクトを開始した。このプロジェクトには40人以上の協力者がおり、各企業が暗号検出ツールやインベントリツールなどの暗号管理ツールの使用計画を策定できるように、ツールの効果検証を実施している。これとは別に、PQCの相互運用性やパフォーマンスを測定している協力者もいる¹⁸。

この活動に対して、NCCoEのPQC移行プロジェクトのco-leadであるBill Newhouseは、「はじめに暗号化製品、アルゴリズム、プロトコルを、どこでどのように使用しているのかを理解する必要がある。そして、ツールがリスク分析をサポートすることで、どこからPQCに移行するかを決定できるようにする」と語っている¹⁹。

Next : PQCを活用し将来の脅威に備える

企業は、暗号化の手法を最新化する一方で、同時に何ができるかも検討する必要があるだろう。これは地下室の掃除に似ている。10年もの間、誰も見向きもしなかった奥の隅を掃除するために何ができるだろうか。企業は、長年放置されていたコアシステムにおいて、高度に技術的だが基礎的な機能をマッピングし、その過程で暗号方式の移行と同時に対処できるその他の潜在的な課題、例えばガバナンスの強化、キー管理プロセスの改善、ゼロトラスト戦略の実装、レガシーシステムのアップグレード、しばらく使用されていなかった廃止すべきツールなどを発見するだろう。

サイバーハイジーンに適切に取り組む組織においては、PQCへの移行と同時に、より広範なサイバーおよびプライバシーへの取り組みを強化するようになるだろう。データの収集や共有にはより慎重になり、より強固で説明責任のあるガバナンスメカニズムを確立し、デジタルコンポーネント間の信頼関係を継続的に評価するようになることで、CRQCの脅威から逃れるだけでなく、さらに安全性を強化することだろう。

企業は、暗号化システムをさまざまな攻撃や障害から守る一連の活動を構築する方法を検討する必要がある。今日、組織はCRQCの脅威に備える必要があるが、将来的には新たなリスクが生じ、CRQCとは異なる対策が必要となるだろう。これを踏まえると、セキュリティチームは、新しい脅威が現れるたびに、この一連の活動を構築するプロセスを繰り返す行方ではない。代わりに、暗号機能を迅速かつシームレスに追加または

入れ替えるために必要な能力を身につけるようにしたい²⁰。

デジタルな生活と物理的な生活がより密接につながるにつれて、我々の友人関係、評判、資産はデジタルで媒介されつつある。今後は、メッセージやプライバシー、そして人間関係のより多くの部分が、デジタルな基盤の上に構築されることになるだろう。暗号方式を健全に保つことは、企業の活動を保護することだけでなく、我々の生活を保護することにおいても重要である。

evolutionQの創設者でCEOでもあるMichele Moscaも「デジタル経済において暗号への依存度が高まるにつれ、企業は顧客やパートナーとの間に築いた信頼を維持するために、暗号方式の移行に向けた準備を迅速に行う必要がある。耐量子ロードマップを作成し、ベンダーと提

携して、この重要な転換を開始することが重要だ。最も機密性の高い情報のセキュリティを優先することは、賢明であるだけでなく、不可欠なことだ」と述べている²¹。

量子コンピューターは、創薬、財務モデリング、その他のユースケースなど、人々の生活を向上させるさまざまな分野に大きなメリットをもたらす可能性がある。このような潜在的なメリットが、付随するセキュリティリスクによって覆い隠されてしまうことがあってはならない。だからこそ、企業は今すぐに対策を強化し、セキュリティリスクによって大きな混乱を招くことなく、量子コンピューティングの潜在的なメリットを享受できるようにする必要がある。

Endnotes

1. Damian Carrington, “Was Y2K bug a boost?,” BBC News Online, January 4, 2000.
2. Mike Redding, chief technology officer, Quantropi, Deloitte interview, August 27, 2024.
3. Executive Office of the President of the United States, *Report on post-quantum cryptography*, July 2024.
4. National Institute of Standards and Technology (NIST), “NIST releases first 3 finalized post-quantum encryption standards,” press release, August 13, 2024.
5. European Commission, “Commission publishes Recommendation on Post-Quantum Cryptography,” press release, April 11, 2024.
6. Emily Mossburg et al., *The promise of cyber: Enhancing transformational value through cybersecurity resilience*, Deloitte, 2024.
7. Gomeet Pant, group vice president of security technologies for the India-based division of a large industrial products firm, Deloitte interview, October 25, 2024.
8. Katherine Noyes, “NIST’s postquantum cryptography standards: ‘This is the start of the race’,” *CIO Journal for The Wall Street Journal*, June 12, 2024.
9. Yassir Nawaz, director of emerging technology security, JP Morgan, Deloitte interview, October 14, 2024.
10. Colin Soutar, Itan Barmes, and Casper Stap, “Don’t let drivers for quantum cyber readiness take a back seat!” Deloitte, 2023.
11. Matt Scholl, computer security division chief, NIST, Deloitte interview, September 3, 2024.
12. Marc Manzano, general manager, SandboxAQ, Deloitte interview, October 15, 2024.
13. NIST, “NIST releases first 3 finalized post-quantum encryption standards.”
14. NIST, “What is post-quantum cryptography?,” August 13, 2024.
15. Apple Security Research, “iMessage with PQ3: The new state of the art in quantum-secure messaging at scale,” February 21, 2024. iMessage is a trademark of Apple Inc., registered in the U.S. and other countries. Tech Trends is an independent (publication) and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc.
16. Chiara Castro, “Chrome to adopt NIST-approved post quantum encryption on desktop,” *techradar*, September 17, 2024.
17. Dan Goodin, “As quantum computing threats loom, Microsoft updates its core crypto library,” *Ars Technica*, Sep. 12, 2024; Paul Smith-Goodson, “IBM Prepares for a Quantum-Safe Future Using Crypto-Agility,” *Forbes*, August 8, 2024.
18. NIST, “NCCoE announces technology collaborators for the Migration to Post-Quantum Cryptography project,” July 15, 2022.
19. Bill Newhouse, lead, Migration to PQC project at the NCCoE, Deloitte interview, October 16, 2024.
20. Soutar et al., “Don’t let drivers for quantum cyber readiness take a back seat!”
21. Michele Mosca, founder and CEO, evolutionQ, Deloitte interview, October 18, 2024.

Continue the conversation

Industry leadership

Colin Soutar

Managing director, Cyber | Deloitte & Touche LLP
+1 571 447 3817 | csoutar@deloitte.com

Dr. Colin Soutar is a managing director within Deloitte & Touche LLP, who leads Deloitte's US and Global quantum cyber readiness program. He's a member of Deloitte's US Government & Public Services (GPS) Cyber practice, where he leads Innovation, Assets, and Ecosystems and Alliances.

Prior to his current role, Dr. Soutar served almost 10 years as the chief technology officer for a Canadian-based biometric and identity management public company. He started his career with a two-year postdoctoral fellowship at NASA Johnson Space Center, developing pattern recognition techniques for autonomous rendezvous and capture operations. He thrives on driving new business opportunities for emerging technologies, within the complex landscape of risk and regulation. He was part of the team in 2013 that developed the National Institute of Standards and Technology (NIST) Cybersecurity Framework, and subsequently helped NIST to develop specific guidance for biometric technologies, identity, IoT, and privacy.

Sunny Aziz

Principal | Cyber & Strategic Risk Services | Deloitte & Touche LLP
+1 713 982 2877 | saaz@deloitte.com

Sunny Aziz is a Principal in Deloitte's Cyber & Strategic Risk Services with over 25 years of experience in assisting clients manage, implement, and operate complex cyber programs. Aziz advises clients on cyber strategies and executing large cyber transformation initiatives. Aziz also serves as Deloitte's Financial Services Industry Insurance sector lead for Cyber, specializing in Managed Security Services, Cyber Strategy & Assessments, Identity & Access Management, Cloud and Infrastructure Security, IT Risk & Compliance Management, Incident Response, Threat & Vulnerability Management, Third Party Risk Management, and Privacy and Data Protection.

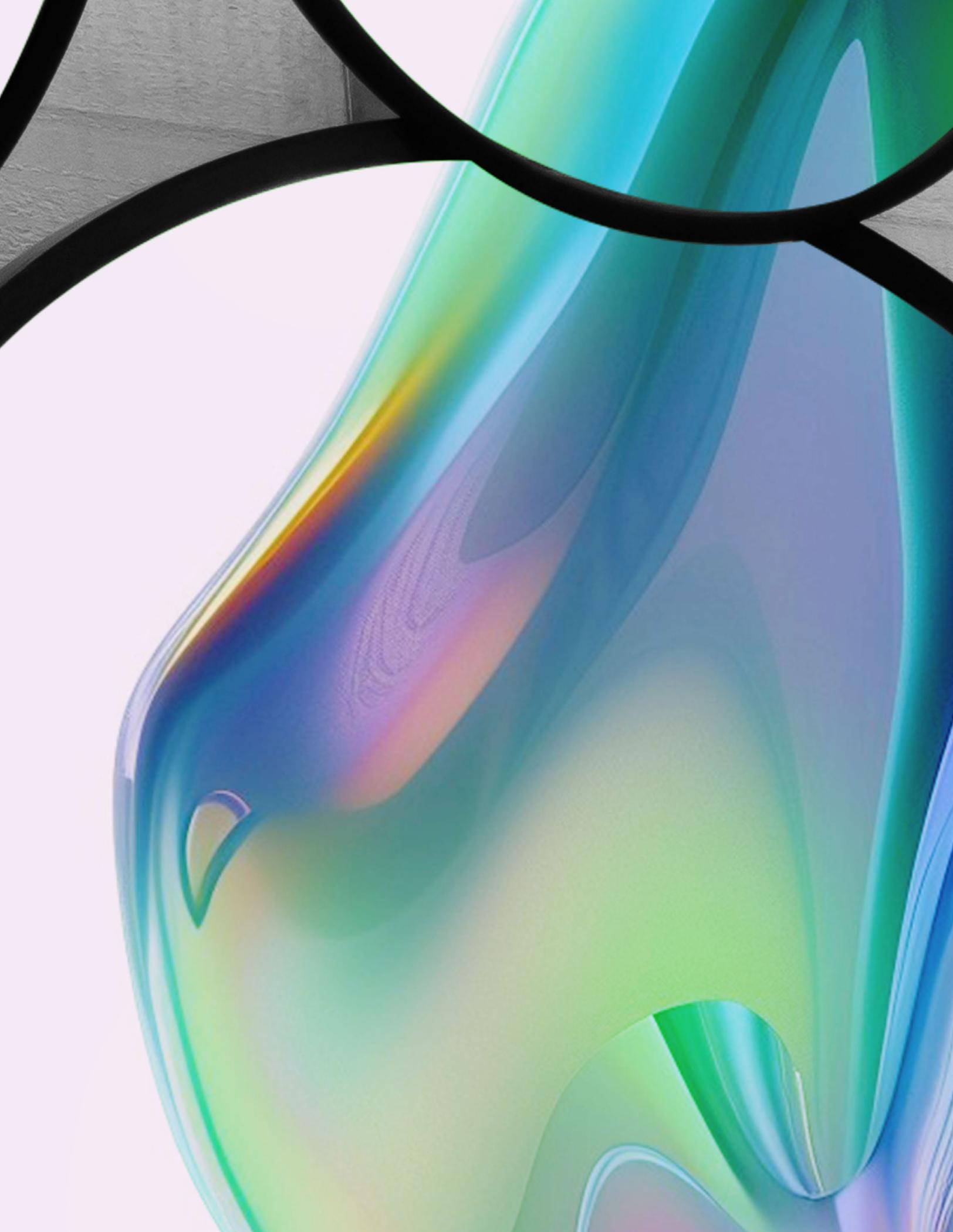
Itan Barnes, PhD

Global Quantum Cyber Readiness Capability lead | Deloitte NL
+31 (0)88 288 5589 | ibarnes@deloitte.nl

Itan Barnes leads the cryptography and quantum security capability at the cyber team of Deloitte NL, and also serves as the Global Quantum Cyber Readiness Capability lead. His team focuses on the various aspects of cryptography management such as PKI, certificate lifecycle management, cryptographic key management, and quantum risk.

Acknowledgments

Much gratitude goes to the many subject matter leaders across Deloitte that contributed to our research for the Cyber chapter: Scott Buchholz, Colin Soutar, and Masayoshi Terabe.



コアモダナイゼーション

インテリジェントコア： AIがコアモダナイゼーションの すべてを変える

何年もの間、コアERPシステムは、企業の記録のためのシステムにおいて信頼できる唯一の情報源だった。AIはそのモデルの根幹に挑戦している。

Kelly Raskovich, Bill Briggs, Mike Bechtel, and Ed Burns

多くのコアシステム（企業活動の中核を担うシステム）の提供者は、AIを全面的に取り入れ、AIファーストモデルに基づいて製品や機能を再構築している。コアエンタープライズシステムへのAIの統合は、企業の運営方法と競争優位性のためのテクノロジー活用方法において、大きな転換を意味する。

AIがコアシステムに与える変革の影響は、いくら強調してもしすぎることはない。何年もの間、コアERP (Enterprise Resource Planning、企業資源計画) システムは、ほとんどの企業の記録のためのシステム、つまり信頼できる唯一の情報源だった。サプライヤーから顧客に至るまで、業務のあらゆる要素について誰かから質問があれば、コアシステムに答えがあった。

AIはこのモデルを単純に補強するのではなく、根底から揺さぶっている。AIツールは、コアシステムにアクセスして企業のオペレーションを学習し、プロセスを理解し、ビジネスロジックを複製するなど、多くの機能を備えている。つまり、ユーザーは、オペレーション関連の疑問に対する答えを得るために、必ずしもコアシステムに直接アクセスする必要はなく、使い慣れたAI搭載ツールを使用することができる。このように、この変革は、日常業務の自動化にとどまらず、プロセスを根本から再考・再設計して、よりインテリジェントで効率的、かつ予測可能なものにする。AIの力と企業全体の情報を従業員に提供することで、新しいビジネスの手法を創出できる可能性がある。

その過程では、間違いなく統合や変更管理が課題となるであろう。ITチームは、適切なテクノロジーとスキル

に投資し、機密データを保護するための強固なデータガバナンスフレームワークを構築する必要がある。AIがコアシステムに統合されるほど、アーキテクチャーは複雑になり、この複雑さを管理する必要が生じる。さらに、AIシステムが重要なコアオペレーションを効果的かつ責任を持って処理できるようにするために、チームは信頼性に関する課題に対処する必要がある。

しかし、これらの課題に取り組むことで、大きな成果につながる可能性がある。最終的に、AIは新しい記録のためのシステムを超えて、分析や提案を行うだけでなく、行動も起こせる一連のエージェントに進化すると予想される。最終的な終着点は自律的な意思決定であり、企業が現在の業務ペースよりも迅速に業務を遂行できるようになることである。

Now : 企業は記録のためのシステムに より多くを求めている

コアシステム、特にERPプラットフォームは、企業にとってますます重要な資産と見なされるようになってきている。ビジネスがどのように運営されているかを示す全情報を、ひとつのシステムで保持することの価値は明確に認識されている。このため、世界のERP市場は2023年から2030年にかけて11%の成長率を示すと予測されている。この成長の原動力となるのは、効率性の向上とデータに基づく意思決定の両方に対する要望である¹。

課題は、これらのツールから期待通りのメリットを得ている企業が比較的少ないことだ。信頼できる唯一の情報源が、業務効率の向上を実現させる鍵であることを認識しているにもかかわらず、多くのERPプロジェクトは成果を上げていない。ガートナーの調査によると、



最近実行されたERPイニシアティブの70%以上が、2027年までに当初のビジネスケースの目標を完全に達成できないと予測されている²。

ERPプロジェクトがビジネス目標と一致しない理由のひとつは、システムが画一的になりがちであることだ。企業は、ERPシステムのモデルに業務を合わせる必要があった。また、組織全体のアプリケーションをERPと統合することが求められていた。ERPは記録のためのシステムであり、すべてのビジネスデータとビジネスロジックを保持していたため、困難であっても組織はこれらの要求を受け入れた。しかし、これがビジネスとERPシステムの間で一定レベルの断絶をもたらした。

AIはこのモデルを打破しようとしている。一部の企業は、モノリシックなERP実装への依存を減らそうとしており、AIはデータセットをオープンにして新しい働き方を可能にすることでこれを実現するツールになりそうだ。

New : AIがコアを強化する

ある程度の進化を経て、ERPシステムは記録のためのシステムとしての現在の地位を維持する可能性が高い。ほとんどの大企業では、ERPは依然として事実上すべてのビジネスデータを保持しており、過去数年間ERPシステムを実装してきた組織は、ERPシステムから移行することに消極的になる可能性が高い。

プラットフォームアプローチのオーケストレーション

このモデルでは、今日のコアシステムがプラットフォームとなり、その上にAIイノベーションが構築される。しかし、この見通しにより、ITリーダーとビジネスリーダーが対応しなければならない、AIオーケストレーションに関する複数の問題が提起される。ベンダーが提供するモジュールを使用するのか、サードパーティのツールを使用するのか、あるいは技術力の高いチームの場合は独自のモデルを開発するのか。ベンダーに依存するということは、機能が実現するまで待つことを意味するが、簡単に統合できるという保証が得られるかもしれない。

もうひとつの問題は、どの程度のデータをAIに公開するかということである。生成AIのメリットのひとつは、さまざまなシステムやファイルタイプのデータを読み解く能力である。ここから新たな学習や自動化の機会が生まれるが、同時にプライバシーやセキュリティの問題が生じる可能性もある。コアシステムの場合、非常に機密性の高い人事、財務、サプライヤー、顧客情報が対象となる。ガバナンスに注意を払わずにこのようなデータを

AIモデルに入力すると、新たなリスクが生じる可能性がある。

また、AIをコアに導入するためのイニシアティブを誰が担うべきかという問題もある。これは、ITのスキルを必要とする高度な技術を要するプロセスであると同時に、企業が見定めるべき重要なオペレーション機能をサポートするものでもある。

これらの質問に対する答えは、ユースケースごと、さらには企業ごとに異なるであろう。しかしチームは、コア部分でのAI導入に全面的に取り組む前にこれらの質問について検討し、明確な答えを導き出すべきだ。これらの答えは、AIに関する技術がもたらす、より大きなメリットを支える土台となる。

SAPのchief marketing officer for cloud ERP and industriesであるEric van Rossumは、「AIを最大限に活用するには、企業はビジネス目標に基づいた明確な戦略を策定する必要がある。AIはスタンドアロンの機能としてではなく、企業のDXをサポートするために、すべてのビジネスプロセスに組み込まれた不可欠な機能として考えるべきだ」と述べている³。

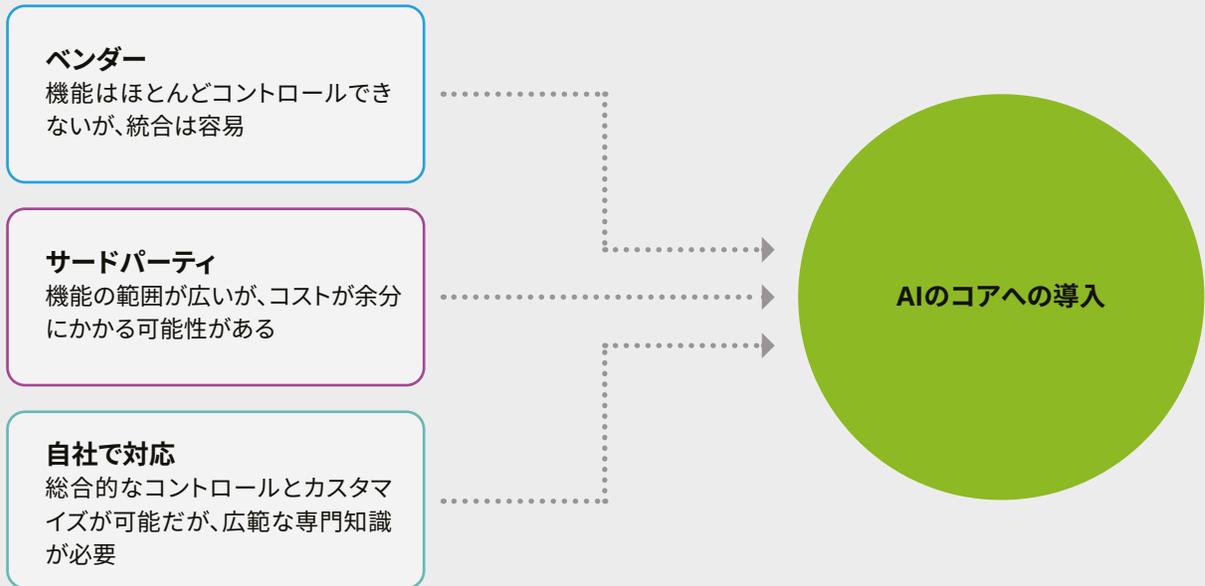
AIは新しい働き方を可能にする

先進的な企業はすでに、こうしたオーケストレーションに関する問いに答えている。電気、産業、およびデータコミュニケーションソリューションの卸売販売業者であるGraybarは、20年前に導入されたコアシステムの複数年にわたるモダナイゼーションプロセスの真ただ中にある。このプロセスはHR管理ツールのアップグレードから始まり、現在はERPのモダナイゼーションに移行している。同社は、必要に応じてコアシステムベンダーから提供される最高のモジュールを使用し、製品やサービスを差別化する機会がある場合は、サードパーティの統合や独自のツールも使用している⁴。

AIの成長は、同社のリーダーたちに技術スタックをアップグレードする機会をもたらすだけでなく、新たな効率性と収益成長を促進するためにプロセスを再構築する方法を考える機会も与えた。信頼はモダナイゼーションの取り組みにおける重要な要素を占めている。Graybarは、割り当てられたタスクを完了するために必要なものに基づいてツールが特定のデータベースにのみアクセスする、厳密にカスタマイズされたユースケースでAIを展開している。また、各ケースで人間が関与し、AIツールから得られた情報が顧客に届く前にその正確性を確保するようにしている。

図1

コアシステムにAI機能を追加する場合、企業には3つの選択肢があり、それぞれにメリットとデメリットがある



出所：Deloitte research.

Graybarは、営業とカスタマーサービスでAIを試験的に導入しており、在庫予測と在庫計画にも拡大する予定である。同社は発注システムにAIを追加し、クロスセルやアップセルのアイデアを販売代理店に提示できるようにしている。また、代理店が顧客のために見積書を作成するのを支援するAIベースのツールも開発している。このツールによって、従業員は自然言語を使用して製品カタログを照会し、顧客向けのオプションを整理し、顧客とのやりとりに向けて情報をまとめることができる。

Graybarのchief financial officerであるDavid Meyerは「以前は数時間から数日かかっていた作業が、今では数分で完了する。AIベースのツールを活用することで、従業員は情報を探したり、顧客からのリクエストに回答したりするためにPCに向かって半日費やす必要はなく、代わりに営業や事業開発に集中できるようになる」と述べている⁵。

この変化は、単に顧客対応スタッフの手間を省くだけではない。Graybarの経営陣は、コアシステムでのAI利用を拡大することで、数十億ドル規模の新たな収益増を目指している。コアにおけるAIは、新しい働き方を可能にすることで成長を促進するのである。

ソフトウェア企業ServiceNowのsenior vice president and global head of AI go-to-marketであるMichael Parkは、多くのクライアントでこの傾向を目の当たりにしているという。特にインパクトのあるユースケースのひとつは、新入社員のオンボーディングだ。すべての新入社員は、人事システムだけでなく、各自の役割に特化したツールやデータにアクセスする必要がある。これまで、さまざまなヘルプデスクの担当者に連絡を取り、パスワードを取得し、さまざまなシステムにログインして、仕事を始めるために必要な認証情報を集めなければならなかった。しかし今では、人事システムは新入社員のニーズをAIによってより迅速に把握し、入社日までに自動的にアクセスできるようになっている。

Parkは、この自動学習アプローチは、あらゆるタイプのビジネスプロセスに適用できるという。生成AI機能を使用して、要約、メモの作成、会話型チャット、AI検索などのタスクを自動化することで、ユースケースによっては2分または2日節約できるかもしれない。単純作業をボットに任せることで、企業はサービスレベルの改善、利益率の向上、新製品の開発など、より価値のある業務に従業員を再配置できるようになる。ServiceNowは、このような傾向が顧客企業において見られるとしている。

Parkは「コアシステムのAIは、単なる新しい能力であり、採用すべきツールにすぎない。より重要な戦略的課題は、既存のプロセスを新しいテクノロジー機能に単に移行するのではなく、これらの新しい機能を使用して現状を再定義し、飛躍的な価値創造を実現することだ」と述べている⁶。

コアのAI、そしてその先へ

企業全体でより多くのソフトウェアツールにAIが組み込まれるようになるにつれて、従来はコアシステムが担っていたワークロードが、最終的には完全にコアシステム外で処理されるようになる可能性がある。AIの場合、ビジネスロジックはコアに存在する必要はない。AIは、企業全体の構造化データと非構造化データを使用してトレーニングすることができる。組織のビジネスデータは、AIモデルから最も正確で洞察に富んだアウトプットを作成するのに役立つであろう。コアを活用してこのデータとそれに続くAIモデルを調和させて洞察を得ることで、企業は真にデータから導き出される洞察主導型アクションに基づいて業務を遂行する機会を得ることができる。

このモデルでは、コアは、AIがビジネスプロセス管理を学習して改善するために使用できるトレーニングデータの単なるリポジトリになる。コアにおけるAIの真の力が発揮されるのはここからだ。

ServiceNowのchief customer officerであるChris Bediによると、どのテクノロジープロバイダーも、自社製品にAIを組み込む必要があることを認識しているという⁷。ERPシステムは、企業の記録のためのシステムとして引き続き有効であり、トランザクション管理と正確な情報源として信頼性を提供する。しかし、業務はAIをつなぎ役として、さまざまな領域にまたがって行われるようになってきている。つまり、主要な効率化の多くが、コアの外側で起こるビジネスプロセスの革新からもたらされることになる。

「記録のためのシステムに組み込まれたAI技術は、既存の業務の進め方を徐々に改善していくであろう」とBediは語る。「しかし、段階的な変化を実現するには、ドメインを横断して動作し、複数のドメインで機能し、1つの記録システムだけに存在するデータではなく、すべてのデータを調べ、すべてのデータに対してモデルを実行し、すべてのデータに対してアクションを実行できるAIが必要となる。これこそが真のブレイクスルーだ⁸」

Next：自動化が進むとチャンスが生まれ、潜在的なリスクも生まれる

多くの企業にとって、コアモダナイゼーションは何年にもわたる継続的な課題である。企業は、AIをすでに慣れ親しんでいるものの最新の姿にすぎないと考える可能性があるが、これは正しい考え方ではないかもしれない。

今回のモダナイゼーションは、過去のものとは大きく異なるものになる可能性が高い。変化のスピードと規模は、これまでの取り組みよりも速く、大きくなりそうだ。かつては、モダナイゼーションとは主にアップグレードを実施することであり、手間と時間のかかる作業であったが、それでも十分に理解されていた。ソフトウェアベンダーは通常、ユーザーに従うべきプレイブックを提供するためにアップグレードパスを提供する。

今回は、事前にかかれたプレイブックはない。多くの場合、コアシステムとやりとりする周辺ソフトウェアにAIモジュールが含まれるため、アーキテクチャーは異なるものになるだろう。ビジネスがすべてをコアに合わせるのではなく、コアがビジネスに合わせる必要がある。これは、企業がAIを活用してコアデータに基づく新しいビジネスプロセスを作成する場合に、特に困難になることがある。仕事はより複雑になり、より多くの専門知識とさまざまなスキルが必要になる。「**ITの拡張：AIがIT組織機能の範囲（および可能性）を広げる**」でも述べたように、ビジネス上の問題を理解することは、コアシステムにAIを追加するITチームにとって不可欠なスキルになるであろう。これまで深い技術的専門知識に基づいてキャリアアップしてきたIT人材にとって、大きな変化となりそうだ。

AIによってコアシステムのモダナイゼーションが実行されると、その維持管理は全く異なる作業になる。「**AIの次なる展開**」でも述べたように、AIエージェントは近い将来多くのコア機能を実行できるようになる。顧客との対話、顧客の問題への理解を通じて問題を診断できる顧客サービスボットを想像してほしい。このボットは、返

品処理や新しい商品の発送などのアクションを実行できる別のボットと対話できるようになる。大手企業ではすでにこのような取り組みを始めており、例えば、高級小売業者Saksのカスタマーサービスボットは、注文システムや在庫システムと対話することによって、オンラインで購入した商品のスムーズな配送や容易な返品を可能にし、カスタマーサービス担当者の能力を強化している⁹。エージェント化された未来では、自律的にさまざまなシステムで動作するこのようなボットがさらに増えると予想される。そうすると、コアシステムのメンテナンスは、AIエージェント群を監視することになる。AIをうまく活用すれば、コアシステムの技術負債を減らし、よりクリーンなコアを推進するのに役立つであろう。そうなれば、

企業システムの保守が容易になり、より俊敏な方法でビジネスニーズに対応できるようになるかもしれない。

コアは、AI主導の大規模な革命の最前線にある。早期導入企業は効率性の向上と新たな収益創出に向けて、この最初の波に乗っているが、企業は近い将来、より大規模なコア機能を自律型エージェントに委ねることになるであろう。この変化に伴う効率性と有効性の向上を、組織がどう活用するかはまだわからない。しかし、コア機能の運用方法だけでなく、より根本的なレベルで、ビジネスの進め方を再構築するチャンスが存在する。

Endnotes

1. Grand View Research, *ERP software market size, share & growth report, 2030*, accessed November 5, 2024.
2. Gartner, “Enterprise resource planning to optimize operations,” accessed November 5, 2024.
3. Eric van Rossum, chief marketing officer for cloud ERP and industries, SAP, interview with the author, October 1, 2024.
4. David Meyer, chief financial officer, Graybar, interview with the author, September 26, 2024.
5. Ibid.
6. Michael Park, senior vice president and global head of AI go-to-market, ServiceNow, interview with the author, September 19, 2024.
7. Chris Bedi, chief customer officer, ServiceNow, interview with the author, September 29, 2024.
8. Ibid.
9. Salesforce, “Saks elevates luxury shopping with unified data and AI service agents,” accessed November 5, 2024.

Continue the conversation

Industry leadership

Thorsten Bernecker

Application Modernization & Migration practice leader | Principal | Deloitte Consulting LLP
+1 512 226 4418 | tbernecker@deloitte.com

Thorsten Bernecker is a principal with Deloitte Consulting LLP and leads the Application Modernization & Migration practice within the Application Modernization & Innovation offering. Having founded the software company innoWake, and growing it from a small business to the global leader for modernizing legacy technology, he has been able to unite a keen eye for disruptive technology with a business sense for successfully taking a small startup through an exponential growth stage. Deloitte acquired innoWake in 2017 and Bernecker now heads global strategy and leadership for this group.

Zillah Austin

Technology Strategy & Business Transformation | Principal | Deloitte Consulting LLP
+1 202 716 5974 | ziaustin@deloitte.com

Zillah Austin is a principal at Deloitte Consulting within the Technology Strategy and Business Transformation practice. She has more than 20 years of industry and consulting experience, leading and managing business transformations and delivering large-scale technology solutions for Global Energy, Resources and Industrials clients. Austin defines and implements IT strategies for energy and resources clients, helping major corporations operationalize business and IT strategies, while also improving the effectiveness of their technology processes. She has deep expertise in aligning IT strategies to architecture, governance, program management, operating models, and service management.

Abdi Goodarzi

US Enterprise Performance Portfolio leader | Principal | Deloitte Consulting LLP
+1 714 913 1091 | agoodarzi@deloitte.com

Abdi Goodarzi is a principal with Deloitte Consulting LLP, leading Deloitte's Enterprise Performance (EP) Offerings Portfolio. This portfolio of six offerings provides strategy, implement and operate services for a variety of enterprise functions, including end-to-end Business and IT transformation, digital supply chain optimization, manufacturing and product strategies, procurement as-a-service, global finance, shared services, planning, ITSM, and full scale AMS and BPO. This portfolio offers competency in many ERP platforms such as SAP, Oracle, Workday Financials and Infor, in addition to ServiceNow, Anaplan, Ariba and Coupa. Plus Real Estate solutions such as Nuvolo, as well as PLM, Planning and Fulfillment and engineering solutions like Siemens, PTC, O9, OMP and IBP.

Acknowledgments

Much gratitude goes to the many subject matter leaders across Deloitte that contributed to our research for the Core Modernization chapter: Zillah Austin, Thorsten Bernecker, Lars Cromley, Tim Gaus, Abdi Goodarzi, Kelly Herod, Chip Kleinheksel, Kasey Lobaugh, and Jinlei Lui.



コンクルージョン

広がり新たな深みを生む： 戦略的な連携がもたらす効果

一体化が進む世界において、企業は境界を越えてイノベーションを推進するような、業界とテクノロジーの戦略的な連携を探ることが重要だ。

Mike Bechtel and Raquel Buscaino

コンサルティング業界では、MECE (Mutually Exclusive and Collectively Exhaustive、モレなくダブリなく) の問題解決フレームワークを利用することがよくある。これは、問題を個別のME (相互排他的) なタスクに分解し、それらを集計してCE (全体網羅的) なソリューションを提供できれば、問題をより簡単に解決できるというものだ。

しかし、我々はますます一体化の進む世界に生きており、そこではMECEの原則は必ずしも容易に適用できるわけではない。この事実は、本レポートの6つの章で明らかにされた。本レポートでは6つのトレンドを個別の章にまとめたが、それらは決して独立したものではない。今日のテクノロジー、組織、業界、その他の世界におけるあらゆるものについても同様のことがいえる。分離、細分化、専門化といったものは、複雑に絡み合う構造、すなわちこれまでは予想もなかった業界とテクノロジーの連携に、ますます取って代わられつつある。例えば、ブロックチェーンと生成AIを連携させることで、合成メディアの検出と当該メディアからの保護を強化したり、**宇宙技術**と**バイオテック**を連携させることで、長期の宇宙旅行が宇宙飛行士に与える影響を緩和したりすることを考えてみてほしい。

企業は長い間、新たな成長を促進するために、イノベーション主導の収益源、合併や買収によって生み出されるシナジー、および戦略的なビジネスパートナーシップに依存してきた。企業は、これまで以上に、こうした広がり拡大を戦略的かつ熱心に強化すべきである。幅広いビジネスケースは、最も有望な (かつ収益性の高い) 未来は、業界とテクノロジーの連携から生まれる可能

性が高いことを示している。このような連携は、次の2つの重要な観点を明らかにする上で役立つ。

1. 組織の未来を切り開く鍵となりうる、隣接業界における現在の研究・開発活動に関する洞察
2. 部分の総和以上の成果を生み出す、異なるテクノロジーの組み合わせ方についての明確な理解 (いわゆるシナジーであり、この概念はハイブサイクルを経てその有用性を証明してきた)

それぞれの点について、以下でさらに掘り下げる。

業界の連携:業界の垣根を越えた探索

サイバーパンクSF作家のWilliam Gibsonは「未来はすでにここにある。ただ十分に行き渡っていないだけだ」という言葉でよく知られている¹。

引用され過ぎているのではないか。今、かつてないほど関連性が高いのではないか。答えは両方「Yes」である。Gibsonの発言から、リーダーたちは、自組織における次の大きなブレイクスルーが、ほかの業界、地域、または競合他社に潜んでいる可能性が高いということを認識できるだろう。

宇宙業界とライフサイエンス業界を例に挙げよう。これらの業界間には最小限のシナジーしか存在しないと主張する人がいるかもしれないが、次の例で反論したい。宇宙に存在する微小重力が持つ固有の特性により、より均一かつ高い品質の医薬品素材を開発できるようになるのだ²。

微小重力下での医薬品の製造という発想は、空想のように聞こえるかもしれないが、机上の空論ではない。Eli LillyやMerckといった企業は、すでにこの可能性への投資を始めている³。宇宙業界を有力なパートナーとして考慮していないバイオファーマ企業は、自社のコアビジネスに直接影響を与えうる潜在的な発見を見逃してしまうかもしれない。

業界の連携に関するその他の多くの事例においても、自社が所属する業界の垣根を越えて、革新的なソリューションと解決策を探求する重要性が強調されている。自動車大手のトヨタと三菱重工業は、月面車の構築のために宇宙開発機関と提携している⁴。衣料品小売業者のlululemonは、LanzaTechやSamsara Ecoなどのバイオテクノロジー企業と提携してよりサステナブルな生地を開発している⁵。運送会社Uberのフードデリバリー業は、今や同社の総収益の約3分の1を占めている⁶。eコマース業界を主導するAmazonは、Amazon Pharmacyと共にヘルスケア業界で大きな進化を遂げた⁷。

テクノロジーの連携：相乗的な成長と統合

業界の連携が隣接業界に存在する洞察を探索するための広角レンズのように機能する一方で、テクノロジーの連携はやや異なる視点をもたらす。それは、テクノロジーやイノベーションがどのように成長を促進し合うかについて、よりよく理解するのに役立つ。

テクノロジーはツールであり、特定の問題に対処するために使用されることが多い。しかし、例えばハンマーとジャックハンマーでいうと、ジャックハンマーがハンマーと異なるのは、より効率化するために複数の道具（ハンマー、のみ、動力源）を組み合わせている点だ。テクノロジーについても、個別にとらえるのではなく、緊密に結びつき、互いの成長を促進し合う力を持つものとしてとらえることが重要だ。

ほかの例を挙げると、量子機械学習では、量子コンピューティングの原則を機械学習プログラムに適用して効率性を高めている。5Gネットワークやエッジコンピューティングのようなネットワークに関するテクノロジーは非常に密接に結びついているため、5Gエッジという略称にまとめられることが多い。「**ハードウェアが世界を席巻している**」で説明したように、スマートファクトリーはコンピュータービジョン、センサー、データを組み合わせることで、学習と改善が可能な機械を構築しており、将来的にはヒューマノイドロボットの開発につながる可能性がある⁸。

現在注目されているツールであるAIはどうだろうか。**イントロダクション**で述べたように、我々は、AIが最終的には電気のように遍在的で基礎的なものになると予想している。これは、AIがあらゆる周辺テクノロジーとの連携点を無限に持つだろうということを示唆している。例えば、AIとロボット工学の連携がある。このようなテクノロジーは個別にとらえることもできるが、本当の力はそれらが一体となった時、つまり機械で作られた頭脳と筋肉が合体した時に発揮される。AIがロボットを自律的に動作できるようにすることで、ロボットは世界やその中での動作に関するデータをより多く収集できるようになる。収集されたデータはAIアルゴリズムの訓練データに取り込まれ、アルゴリズム自体を改善する。テクノロジーを本質的に相互作用するものととらえることで、我々は成長とイノベーションを促進する**フライホイール効果**（小さな勝利を蓄積していくことで継続的にビジネスが成長する好循環が生まれる効果）を手にできるようになる。

この事実は、ビジネスやテクノロジーのリーダーにとって何を意味するのだろうか。個別のテクノロジーに特化した「Mutually Exclusive（相互排他的）」なテクノロジーチームの存在は機能面で効率的ではあるが、チーム間の連携体制の構築も不可欠だ。ジャックハンマーではなく、わずかに改良されたハンマーを選ぶことは、イノベーションを放棄し、漸進的な進歩に甘んじることに等しい。

ルネサンスの再構築

「ルネサンス人」という言葉は、科学、芸術、商業を取り巻く急速な変化の時代において、複数の知識分野で専門性を築いた人々がリーダーの役割を果たすという理想を表現している。今日の世界における業界とテクノロジーの連携の加速は、広がりが新たな深みであることを明らかにしている。多方面の知識を持つゼネラリストがこれまで以上に必要とされている。利用可能な情報量が無限に近づくにつれて、分野横断的なドットコネクターに対する需要も高まっている。ドットコネクターとは、一見無関係に見える業界やテクノロジー、その他アイデアの間に相関関係やつながりを特定できる、大局的な思考能力を持つ人々である。

前述のように、AIが電気と同程度に遍在化すれば、2次的、3次的な効果は計り知れないものになるだろう。電気の出現は、都市への人口移動、工業化、無線通信など、社会に大きな変化をもたらした⁹。我々は、電気と同様、AIによって人々の働き方、生活、コミュニケーションの在り方が変わる時代の入り口に立っているのか

もしれない。以前から使用されてきた方法に関する専門知識は、空間コンピューティングやコアモダライゼーションへのAIの適用といった、本レポートで取り上げたAIと**マクロテクノロジーフォース**との新たな連携を想像・実行しようというビジョンほど重要ではないかもしれない。

これはリーダーに対して、2つの異質な学位の組み合わせ、異なるチーム間の橋渡し、隣接業界への関心を、バグではなく必須要素としてとらえるよう後押しするものだ。組織が専門性のサイロにとらわれず、このような戦略的な連携を受け入れることができれば、我々は新たなルネサンスの幕開けを迎えることになるだろう。あなたの組織は、次にどのような連携を発見できるだろうか。

Endnotes

1. *The Economist*, “Broadband blues,” June 21, 2001.
2. Axiom Space, “Protein crystallization,” accessed October 2024.
3. Ibid.
4. Natsumi Kawasaki, “Toyota, Mitsubishi heavy to work together on lunar vehicles,” *Nikkei Asia*, July 21, 2023.
5. *Bio.News*, “LanzaTech x Lululemon collab births a new sustainable fashion item,” April 24, 2024; lululemon, “lululemon and Samsara Eco unveil world’s first enzymatically recycled nylon 6,6 product,” press release, February 20, 2024.
6. Arjun, “How Uber makes revenue: Key streams and strategies explained,” Appscrip, September 19, 2024.
7. Bruce Japsen, “Amazon rolls out same-day prescription delivery with help from AI,” *Forbes*, March 26, 2024.
8. Majeed Ahmad, “Sensor fusion with AI transforms the smart manufacturing era,” *EE Times*, July 26, 2023.
9. Smithsonian Institution, “Lighting a Revolution”, accessed October 2024.

About the authors

Kelly Raskovich

kraskovich@deloitte.com

Kelly Raskovich is a senior manager and lead within Deloitte's Office of the CTO (OCTO), and serves as the executive editor of Tech Trends, Deloitte's flagship report on emerging technologies. Her mission is to educate clients, shape the future of Deloitte's technology brand and offerings, cultivate talent, and enable businesses to achieve future growth. She is responsible for technology eminence, client engagement, and marketing/PR efforts. Prior to her leadership role, she led several data and analytics projects for global Fortune 500 organizations across the oil and gas industry.

Bill Briggs

wbriggs@deloitte.com

As chief technology officer, Bill Briggs helps clients anticipate the impact that emerging technologies may have on their business in the future and how to get there from the realities of today. He is responsible for research, eminence, and incubation of emerging technologies affecting clients' businesses and shaping the future of Deloitte Consulting LLP's technology-related services and offerings. Briggs also serves as executive sponsor of Deloitte's CIO Program, offering CIOs and other technology executives insights and experiences to navigate the complex challenges they face in business and technology.

Briggs earned his undergraduate degree in Computer Engineering from the University of Notre Dame, and his MBA from the Kellogg School of Management at Northwestern University. He proudly serves on the board of directors for the Kids In Need Foundation, partnering with teachers and students in under-resourced schools and providing the support needed for teachers to teach and learners to learn.

Mike Bechtel

mibechtel@deloitte.com

As chief futurist with Deloitte Consulting LLP, Mike Bechtel helps clients develop strategies to thrive in the face of discontinuity and disruption. His team researches the novel and exponential technologies most likely to impact the future of business, and builds relationships with the startups, incumbents, and academic institutions creating them.

Prior to joining Deloitte, Bechtel led Ringleader Ventures, an earlystage venture capital firm he cofounded in 2013. Before Ringleader, he served as CTO of Start Early, a national not-for-profit focused on early childhood education for at-risk youth. Bechtel began his career in technology research and development at a global professional services firm where his dozen US patents helped result in him being named that firm's global innovation director. He currently serves as professor of corporate innovation at the University of Notre Dame.

Ed Burns

edburns@deloitte.com

Ed Burns leads the client stories initiative within the Office of the CTO known as Trend Lines. This project serves as a key research input to Tech Trends and other eminence. Prior to his current role he led a tech news publication that covered all things AI, analytics, and data management.

Abhijith Ravinutala

aravinutala@deloitte.com

Abhijith Ravinutala is a professional storyteller with Deloitte's Office of the CTO. Through research, writing, and presentations, he helps Deloitte and its clients envision and better prepare for the future of technology. His background in strategy consulting has exposed him to a variety of industries, and as a writer he takes keen interest in the intersections of technology ethics, AI, and human impacts. In addition to writing Tech Trends, he has also led Deloitte publications on AI and CEOs, xTech Futures: BioTech, and the Dichotomies series, recently featured at SXSW 2024.

Raquel Buscaino

rbuscaino@deloitte.com

Raquel Buscaino leads Deloitte's Novel & Exponential Technologies (NExT) team where she and her team sense, and make sense of, emerging technologies that are likely to change the way we work and live. From brain-computer interfaces and synthetic biology to space exploration and quantum computing, Buscaino and her team aim to distill signal from noise, value from hype, and profitable actions from ambiguous concepts. The NExT team uses this research to create world-class thought leadership, such as Deloitte Tech Trends and xTech Futures publications.

Buscaino is also the host of the Deloitte TECHTalks podcast where she interviews industry leaders about what's new and next in tech. Prior to her leadership on Deloitte's NExT team, she worked in Deloitte's blockchain & digital assets practice where she specialized in blockchain consortiums and led global blockchain workshops for Deloitte and its clients.

Acknowledgments

Special thanks

Ed Burns, Heidi Morrow, and Abhijith Ravinutala for being the creative engine powering Tech Trends. Ed and Abhi, your exceptional dedication, leadership, and editorial chops have truly elevated our work, not to mention your ability to deftly weave research and interviews into compelling narratives and your flexibility in managing feedback from multiple stakeholders. And Heidi, thank you for being a standard bearer for the principles of excellent design while enthusiastically embracing new ways of leading the design portion of Tech Trends. The beautiful report imagery, figures, videos, and other graphics are a testament to your leadership. We're lucky and thankful that the three of you are part of the team.

Sarah Mortier for diving headfirst into your new role of managing Tech Trends production and making it yours. It has been a thrill to watch your confidence grow as you identified challenges, proposed improvements, and ultimately kept us on track to deliver the editorial earlier than ever before. We appreciate you for being an eager and enthusiastic learner and we can't wait to see how you will "wow" us in year two.

Caroline Brown, for leading the Tech Trends editorial and design production team with good cheer, humor, and grace under pressure. Your leadership and strategic vision have been instrumental in taking Tech Trends to the next level, and we're incredibly grateful for you.

Imelda Mendoza and Bella Stash for the breath of fresh air you brought to the Tech Trends process by pitching in with research, data, and PMO support. We appreciate your enthusiastic and cheerful willingness to tackle whatever came your way.

MacKenzie Hackathorn, Haley Gove Lamb, Kiran Makhijani, and Angel Lacambra, for the work you'll do in bringing Tech Trends to life for our clients and account teams. Thank you for taking our work and making it real.

Stefanie Heng for your continued willingness to step in and help us figure out Tech Trends and the publication process. We appreciate your commitment to our team, even as you transition to a new role, and we look forward to seeing the heights you'll fly to next. We'll miss you more than you can ever know!

Deanna Gorecki, Ben Hebbe, Bri Henley, Tracey Parry, Abria Perry, Madelyn Scott, and Mikaeli Robinson for your unwavering dedication and innovative strategies in promoting Tech Trends. Your tireless efforts in marketing, communications, and PR significantly amplify our reach and impact year after year. Thank you for recognizing and believing in the value and impact of Tech Trends.

Taylor Brockman, Raquel Buscaino, Lucas Erb, Danny Greene, Mark Osis, and Hillary Umphrey for being our brain trust as we identified trends and for conducting initial research and showing us which way the compass is pointing in the long term. Thank you for generously sharing your knowledge with us and helping us hone our research craft.

Hannah Bachman, Aditi Rao, and the entire Deloitte Insights team for evolving our partnership and growing with us as we continue to look for ways to improve Tech Trends. We appreciate your continued support, flexibility, and grace as the needs of our team and our practice change.

Sylvia Chang, Manya Kuzemchenko, Melissa O'Brien, Molly Piersol, Natalie Pfaff, Harry Wedel, Jaime Austin, Govindh Raj, Megha Priya, Naveen Bhusare, and all the Marketing Excellence creative team members who helped develop report images and figures. Your creativity and dedication have resulted in a beautiful report and hub page that exceeds all expectations. We are grateful not only for your artistic vision and the captivating visuals that bring our work to life, but also for your commitment to collaboration and exploration.

Additional thanks

The authors would like to thank the Office of the CTO Market-Making team, without whom this report would not be possible: **Caroline Brown, Ed Burns, MacKenzie Hackathorn, Stefanie Heng, Bri Henley, Dana Kublin, Angel Lacabra, Haley Gove Lamb, Kiran Makhijani, Sangeet Mohanty, Heidi Morrow, Sarah Mortier, Abria Perry, Abhijith Ravinutala, and Bella Stash.**

Continue the conversation

Our insights can help you take advantage of emerging trends. If you're looking for fresh ideas to address your challenges, let's talk.

The Office of the CTO

The Deloitte US Office of the CTO is a team centered on engineering technology futures. We identify, research, and incubate emerging technology solutions to shape demand for future markets, cultivate talent, and enable businesses for future growth.

If you'd like to connect and discuss more, please feel free to contact us at OCTO@deloitte.com.

Executive editor



Kelly Raskovich

Client & Marketing Lead, Office of the CTO
Deloitte Consulting LLP
kraskovich@deloitte.com

Kelly Raskovich is a senior manager and lead within Deloitte's Office of the CTO (OCTO), and serves as the executive editor of Tech Trends, Deloitte's flagship report on emerging technologies. Her mission is to educate clients, shape the future of Deloitte's technology brand and offerings, cultivate talent, and enable businesses to achieve future growth. She is responsible for technology eminence, client engagement, and marketing/PR efforts. Prior to her leadership role, she led several data and analytics projects for global Fortune 500 organizations across the oil and gas industry.

Executive sponsors



Bill Briggs

Global chief technology officer
Deloitte Consulting LLP
wbriggs@deloitte.com

As chief technology officer, Bill Briggs helps clients anticipate the impact that emerging technologies may have on their business in the future and how to get there from the realities of today. He is responsible for research, eminence, and incubation of emerging technologies affecting clients' businesses and shaping the future of Deloitte Consulting LLP's technology-related services and offerings. Briggs also serves as executive sponsor of Deloitte's CIO Program, offering CIOs and other technology executives insights and experiences to navigate the complex challenges they face in business and technology.

Bill earned his undergraduate degree in Computer Engineering from the University of Notre Dame, and his MBA from the Kellogg School of Management at Northwestern University. He proudly serves on the board of directors for the Kids In Need Foundation, partnering with teachers and students in under-resourced schools and providing the support needed for teachers to teach and learners to learn.



Mike Bechtel

Chief futurist
Deloitte Consulting LLP
mibechtel@deloitte.com

As chief futurist with Deloitte Consulting LLP, Mike Bechtel helps clients develop strategies to thrive in the face of discontinuity and disruption. His team researches the novel and exponential technologies most likely to impact the future of business, and builds relationships with the startups, incumbents, and academic institutions creating them.

Prior to joining Deloitte, Bechtel led Ringleader Ventures, an early-stage venture capital firm he cofounded in 2013. Before Ringleader, he served as CTO of Start Early, a national not-for-profit focused on early childhood education for at-risk youth. Bechtel began his career in technology research and development at a global professional services firm where his dozen US patents helped result in him being named that firm's global innovation director. He currently serves as professor of corporate innovation at the University of Notre Dame.

日本版発行責者



山本 有志 執行役員 パートナー

Japan Leader

Tech Strategy and Transformation

多様な業界に対して、IT戦略立案、IT組織改革、グローバルITガバナンス強化、IT投資コストマネジメント高度化などのテクノロジー ストラテジーに関するコンサルティングに従事。企業の戦略実現を左右する大規模ITプロジェクトのマネジメント経験も多く、戦略から開発・運用までITライフサイクル全般の知見を活かし、CxOに対してアドバイザリーサービスを提供。

日本版発行担当者

イントロダクション

至るところに溶け込むAI:魔法のようなアルゴリズムの力

木下 貴史 武野 淳
細谷 彩恵

インタラクション

注目を集める空間コンピューティング

稲葉 貴久

インフォメーション

AIの次なる展開

老川 正志 小倉 康司
福田 菜佑 石 博昭
川田 早苗 間々田 倅多朗
範 懿

コンピューテーション

ハードウェアが世界を席卷している

佐藤 岳彦 南野 香澄 坂元 穂波
坂本 陵司 菊池 公佳 和泉 陽生

ビジネスオブテクノロジー

ITの拡張:AIがIT組織機能の範囲(および可能性)を広げる

斉藤 宏樹 齋田 大輝
植木 成実 山下 友花里
山本 航平 吉田 晃大
門脇 頌太

サイバーとトラスト

新しい公開鍵暗号:量子コンピューター時代を見据えた新たな暗号方式への移行

松尾 正克

コアモダナイゼーション

インテリジェントコア:AIがコアモダナイゼーションのすべてを変える

関川 秀一郎 近藤 大士

コンクルージョン

広がりが新たな深みを生む:戦略的な連携がもたらす効果

木下 貴史 武野 淳 細谷 彩恵

国内のお問い合わせ先

山本 有志 / Yushi Yamamoto

Japan Technology Strategy & Transformation Leader
Partner

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
yusyamamoto@tohatsu.co.jp

Deloitte Insights contributors

Editorial: Aditi Rao, Hannah Bachman, Debashree Mandal, Pubali Dey, and Cintia Cheong

Creative: Manya Kuzemchenko, Sylvia Yoon Chang, Natalie Pfaff, Molly Piersol, Harry Wedel, and Govindh Raj

Deployment: Atira Anderson

Cover artwork: Manya Kuzemchenko and Sylvia Yoon Chang; Getty Images, Adobe Stock

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ 合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ リスクアドバイザー 合同会社、デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー 合同会社、デロイト トーマツ 税理士 法人、DT 弁護士 法人およびデロイト トーマツ グループ 合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市に約2万人の専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト、www.deloitte.com/jp をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト ネットワーク”）のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTL および DTTL の各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTL はクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。デロイト アジア パシフィック リミテッドは DTTL のメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィック における 100 を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ベンガルール、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、ムンバイ、ニューデリー、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、リスクアドバイザー、税務・法務などに関連する最先端のサービスを、Fortune Global 500® の約 9 割の企業や多数のプライベート（非公開）企業を含むクライアントに提供しています。デロイトは、資本市場に対する社会的な信頼を高め、クライアントの変革と繁栄を促し、より豊かな経済、公正な社会、持続可能な世界の実現に向けて自ら率先して取り組むことを通じて、計測可能で継続性のある成果をもたらすプロフェッショナルの集団です。デロイトは、創設以来 175 年余りの歴史を有し、150 を超える国・地域にわたって活動を展開しています。“Making an impact that matters” をパーパス（存在理由）として標榜するデロイトの 45 万人超の人材の活動の詳細については、www.deloitte.com をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。また DTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接または間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。DTTL ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。

Member of
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2025. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group.