

# 第5のパラダイム: Microsoft「AI for Science」が牽引する次世代科学研究の全貌と社会実装

Gemini 3.1 pro

## 1. 序論: 科学的発見の歴史的転換点とAIの世界的普及

科学の歴史は、経験的観察、理論的モデルの構築、計算機によるシミュレーション、そしてビッグデータ解析(第4のパラダイム)という段階を経て進化してきた。現在、人工知能(AI)と深層学習の指数関数的な進歩により、科学研究は「第5のパラダイム」と呼ばれる全く新しい次元へと突入している<sup>1</sup>。このパラダイムの中心にあるのは、AIを単なる静的なデータ処理ツールとしてではなく、物理現象を根底からエミュレートし、未知の領域を探索する自律的な「共同研究者(コラボレーター)」として位置づけるアプローチである<sup>1</sup>。Microsoftの「AI for Science」イニシアチブは、計算化学、量子物理学、分子生物学、大気科学、ソフトウェア工学といった多岐にわたる学際的知見を統合し、エネルギー、医療、サステナビリティといった人類が直面する最も複雑な課題の解決を目指している<sup>1</sup>。

2026年の最新のデータは、この技術的パラダイムシフトが社会実装の段階に移行していることを如実に示している。2026年第1四半期の「Global AI Diffusion Report」によれば、世界の生産年齢人口における生成AIの普及率は17.8%に達しており、特に先進国を中心としたグローバルノース(27.5%)とグローバルサウス(15.4%)の間で普及のギャップが拡大しつつある<sup>3</sup>。

経済圏・国家	2026年 AI普及率(生産年齢人口比)	導入を牽引する主な要因と政策的背景
アラブ首長国連邦(UAE)	70.1%	デジタルインフラへの早期投資、政府主導の導入推進、多言語対応 <sup>3</sup>
米国	31.3%	エンタープライズ導入の拡大、主要ベンダーの拠点としてのインフラ優位性 <sup>3</sup>
グローバルノース(平均)	27.5%	高度なITインフラ、教育システム、継続的なスキル開発の体制 <sup>3</sup>
日本・韓国・タイ等	急速な上昇傾向	アジア言語におけるAI性能

		の劇的向上、国家的なインフラ投資 <sup>3</sup>
グローバルサウス(平均)	15.4%	低コストかつオープンなプラットフォーム(例: DeepSeek など)による浸透 <sup>3</sup>

この急速な普及を背景に、MicrosoftはAIの役割を「クエリに対して応答する受動的なシステム」から「目的を理解し、長期間にわたってコンテキストを保持し、推論からシミュレーションへと自律的に移行するエージェント(自律型)システム」へと再定義している<sup>2</sup>。研究チームがイノベーションの「雑然とした中間段階」において方向性を見失わないよう、AIが忘れ去られた前提を再提示し、認知的負荷を軽減することで、実験と仮説検証のサイクルはかつてない速度で連続的に回るようになってきている<sup>2</sup>。

## 2. エージェントAIと研究開発(R&D)プラットフォームの革新

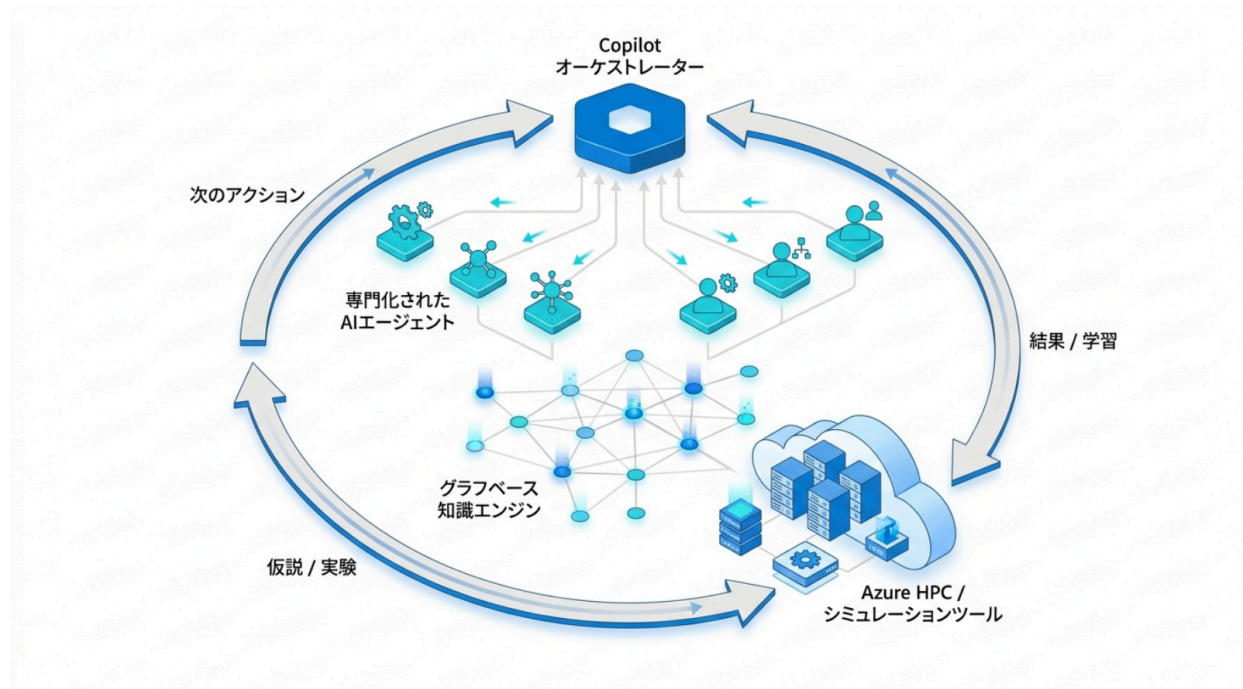
科学的発見は、膨大な文献の統合、多様な実験アプローチの評価、そして反復的な学習を必要とする極めて複雑なプロセスである。この課題に対するMicrosoftの戦略的解答が、2025年に発表されたエンタープライズ向け研究開発プラットフォーム「Microsoft Discovery」である<sup>6</sup>。

### 2.1 Microsoft Discoveryプラットフォームの多層アーキテクチャ

Microsoft Discoveryは、単発のタスクを処理するAIではなく、科学的仮説の立案から実験シミュレーション、結果の検証に至るまでのR&Dサイクル全体を自律的にオーケストレーションするプラットフォームである。科学的な知識は広大で分散しており、単一のモデルでは対応できないため、このシステムは複数のコンポーネントが協調するモジュール構造を採用している<sup>6</sup>。

- **グラフベース知識エンジン:** 外部の公開された最新の科学論文や特許データと、企業内部の独自の機密実験データを統合し、複雑な科学的文脈を関連付ける巨大なナレッジグラフを構築する。これにより、システムは単なる事実の羅列ではなく、矛盾する理論や多様な実験結果の根底にある仮説を理解する<sup>8</sup>。
- **専門化されたAIエージェントとCopilot:** 汎用AIではなく、「分子特性シミュレーションの専門家」や「文献レビューの専門家」といった特定ドメインに特化したAIエージェントが定義されている。Copilotがこれらを指揮し、タスクの複雑さに応じて推論の深さを調整しながらマルチステップのワークフローを調整する<sup>8</sup>。
- **構造化されたワークフロー基盤:** チームやリソースを統合する「ワークスペース」、データとエージェントを定義する「プロジェクト」、そして研究者がCopilotと対話し結果を分析する「インベスティゲーション(調査)」という階層構造を持ち、研究の意図や過程(コンテキスト)を完全に保存する<sup>9</sup>。
- **Azure HPCとのシームレスな統合:** コンテナ化された科学アプリケーションや独自のモデリングツールをエージェントが直接操作し、ハイパフォーマンスコンピューティング環境でシミュレーションを実行する<sup>9</sup>。

# Microsoft Discovery: エージェントAIによるR&Dの自動化アーキテクチャ



Microsoft Discoveryは、Copilotによる指揮のもと、専門化されたAIエージェント群がグラフ知識ベースとHPCリソースを自律的に活用し、反復的な科学的発見プロセスを推進する。

## 2.2 実世界におけるR&Dのパラダイムシフトと労働の未来

このプラットフォームは、実用化の初期段階から驚異的な成果を上げている。Microsoftの内部研究チームは、データセンターの液浸冷却用クーラントの新規候補物質の探索にDiscoveryプラットフォームを使用し、従来であれば数ヶ月から数年を要するプロセスを約200時間にまで短縮した<sup>8</sup>。また、半導体設計大手のSynopsysとの提携では、極めて複雑なチップ設計のワークフローにエージェントAIを統合し、AIによるエンジニアリングの生産性を飛躍的に向上させている<sup>10</sup>。他にも、Schrödinger、NVIDIA、Quantinuum、RheoCubeなどの計算科学・量子ハードウェアパートナーと統合し、R&Dエコシステム全体を拡張している<sup>8</sup>。

これらの進展は、2026年以降の「労働の未来 (Future of Work)」に関する学術的議論にも大きな影響を与えている。Microsoftが発表した2026年春のCFP (Call for Papers) や2025年のレポートでは、「AIを備えた個人の能力」をはるかに凌駕する「AIを備えたチームのパフォーマンス」に焦点が当てられている<sup>11</sup>。研究者は、AIが人間と同じことを単に複製するのではなく、スケーラビリティ、瞬時のアイデア創出、外部化された認知能力という「人間とは異なる特性」を活用して、低コストで実験を繰り返す

返すコラボレーションの基盤を構築すべきだと提唱している<sup>11</sup>。

### 3. 物質科学・計算化学の革新：原子言語の解読と新素材設計

材料科学や計算化学の分野は、試行錯誤に基づく実験プロセスに大きく依存しており、新素材の発見には何十年もの歳月と莫大なコストがかかっていた。AI for Scienceは、「Graphormer」などの深層学習アーキテクチャを通じて、このプロセスを根本から覆している。

#### 3.1 基礎モデルの確立：GraphormerからMatterSimへ

Microsoftの研究チームは、自然言語処理で成功を収めたTransformer技術をグラフ構造表現学習（分子ネットワークなど）に応用し、「Graphormer」と呼ばれるモデルを開発した。このモデルは、NeurIPS 2021で初めて発表されて以来、従来のグラフニューラルネットワークを凌駕する性能を示してきた<sup>13</sup>。Graphormerは、KDD Cupの量子化学トラック（380万以上の分子の量子特性予測）や、密度汎関数理論（DFT）によってシミュレートされた1億4400万フレームの触媒-吸収体緩和系をモデル化するOpen Catalyst Challengeにおいて世界1位を獲得し、その圧倒的な優位性を証明した<sup>13</sup>。

この技術的基盤は、さらに強力な基盤モデル「MatterSim」へと進化した。MatterSimは、単一の材料に特化するのではなく、周期表全体を網羅して材料の挙動を予測するために開発され、「原子の言語をマスターした」と評価されている<sup>14</sup>。将来的にDNAやタンパク質などの生体分子までを統合する統一モデルの布石として機能している<sup>14</sup>。また、計算化学の分野において長年の課題であった密度汎関数理論（DFT）の精度向上においても、深層学習を用いたブレークスルーが達成されており、これがより優れたバッテリーや環境配慮型肥料の設計へと直結している<sup>15</sup>。これらの業績により、Microsoft Research AI for ScienceのFrank Noé博士は、2025-2026年のJoseph O. Hirschfelder理論化学賞を受賞している<sup>15</sup>。

#### 3.2 生成AIによる材料デザイン：MatterGen

MatterSimが「予測とシミュレーション」のモデルであるのに対し、「MatterGen」は特定の物性から逆算して未知の材料を直接生成する拡散（Diffusion）ベースの生成モデルである<sup>16</sup>。従来の材料探索は、既存のデータベースに存在する物質をスクリーニングする手法に限られていた。しかしMatterGenは、化学的要素、空間座標、周期的格子という要素にノイズを加え、それを除去していく学習プロセスを通じて、指定された制約条件（高い磁気密度を持ち、かつサプライチェーンの枯渇リスクが低い元素を使用するなど）を満たす全く新しい結晶構造を出力する<sup>17</sup>。

検証実験において、MatterGenが生成した構造体は、従来モデルと比較して「安定かつユニークで新しい（SUN）」材料である確率が2倍以上高く、DFT計算によるエネルギー基底状態への近さも10倍以上正確であった<sup>17</sup>。実際にMatterGenが生成した材料（TaCr<sub>2</sub>O<sub>6</sub>）を合成した結果、計測された物性値は初期の目標値から20%以内の誤差に収まっており、純粋な非経験的（ab initio）な生成モデルの実用性が証明された<sup>17</sup>。

モデル名称	主な機能・アーキテクチャ	科学的・産業的インパクト
-------	--------------	--------------

<b>Graphormer</b>	グラフ構造表現学習に特化したTransformerアーキテクチャ <sup>13</sup>	量子特性予測や触媒システムのエミュレーションにおいて世界的なコンペティションを制覇 <sup>13</sup>
<b>MatterSim</b>	周期表全体を理解する原子挙動の巨大基盤予測モデル <sup>14</sup>	電池や燃料電池の材料開発におけるシミュレーションプロセスを飛躍的に高速化 <sup>14</sup>
<b>MatterGen</b>	目標とする物性プロンプトから結晶構造を直接生成する拡散生成モデル <sup>16</sup>	既存のデータベースに存在しない全く新しい無機材料の非経験的な設計と合成を可能にした <sup>17</sup>

### 3.3 Azure Quantum Elementsによるブレイクスルー

これらの高度な化学モデルは、「Azure Quantum Elements」プラットフォームを通じて産業界に提供されている<sup>13</sup>。このプラットフォームにおける最も象徴的な成果が、次世代固体バッテリー材料の発見である。MicrosoftはAIを用いて3,200万以上の候補物質をスクリーニングし、50万の安定した材料を発見。そこから有望な新しい固体電解質候補を特定・合成することに成功した<sup>8</sup>。この成果は、化学と材料科学における今後250年分のイノベーションをわずか25年に圧縮するというビジョンを裏付けるものである<sup>19</sup>。

同時に、化学シミュレーションを究極的に加速させる量子コンピューティング・ハードウェアの領域でも画期的な進展があった。Microsoftは、トポロジカル量子ビットを搭載した世界初の量子プロセッサチップ「Majorana 1」を発表した<sup>8</sup>。トポロジカルアプローチは、マヨラナ粒子を制御することで外部ノイズに対する強力な耐性を持たせる技術であり、産業規模の問題を解くための信頼性の高い論理量子ビットの生成に直結する<sup>17</sup>。さらに、Quantinuumとの提携により12の論理量子ビットの作成とハイブリッド化学シミュレーションの実証に成功し、Atom Computingとも連携して商用機での最大数のエンタングル論理量子ビットを提供するなど、フォールトトレラント(誤り耐性)量子計算への道を着実に歩んでいる<sup>8</sup>。ソフトウェア面でも、量子開発キット(QDK)がVS CodeやGitHub Copilotと統合され、研究者が自然言語の支援を受けながら複雑な量子化学コードを記述できる環境が整備されている<sup>20</sup>。

## 4. 生命科学と医療の変革: タンパク質動態、診断、バイオセキュリティ

医療と生命科学は、AI for Scienceが最も直接的に人類の生存と健康に寄与する分野である。「ExACT」や「BioEmu-1」といった生物学的基盤モデル、あるいは「A Scientific Reasoning Model for Organic Synthesis Procedure Generation」といった有機合成手順の推論モデルの発表が相次いでいる<sup>21</sup>。

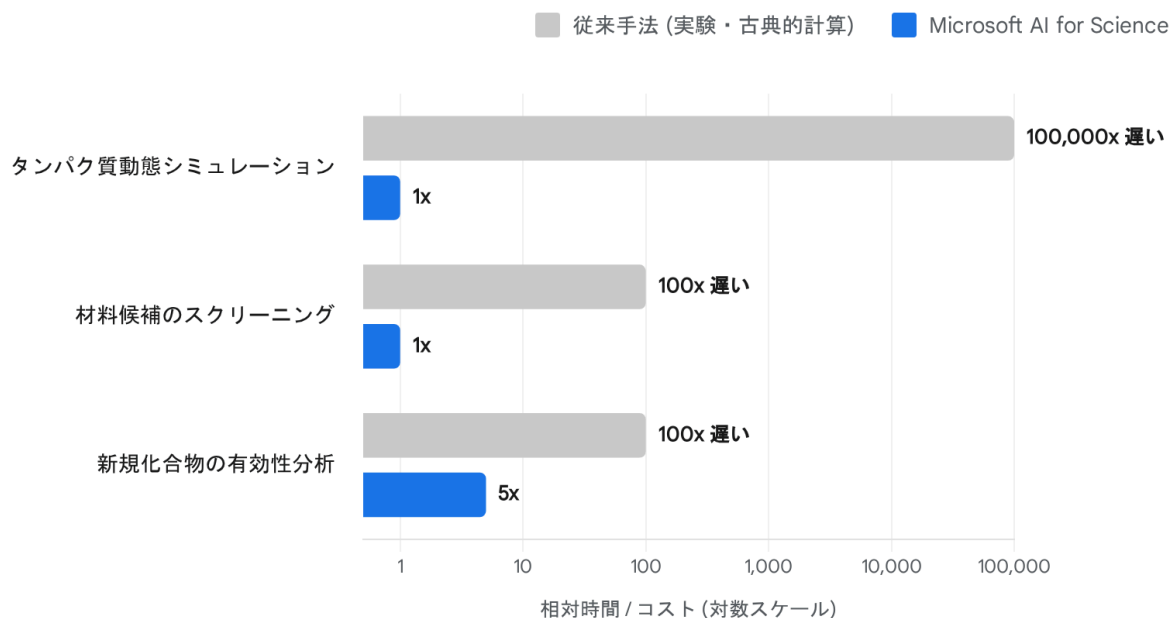
## 4.1 BioEmu-1: 静的構造から動的アンサンブルへの飛躍

生体内のタンパク質は、一つの固定された形状ではなく、筋肉繊維の形成から薬剤の結合に至るまで、機能に応じてその構造を絶えず変化させる極めて柔軟な分子である<sup>24</sup>。従来のAI構造予測モデル(AlphaFoldなど)は、アミノ酸配列から単一の静的な構造(スナップショット)を高精度で予測することには優れていたが、タンパク質の動的な振る舞い(構造アンサンブル)をモデル化することには限界があった<sup>24</sup>。

この限界を突破したのが、Science誌に掲載された深層学習モデル「BioEmu-1」である<sup>17</sup>。BioEmu-1は、AlphaFoldデータベース(AFDB)から「タンパク質構造の孤島」をマッピングし、分子動力学(MD)シミュレーションデータを用いて物理的に妥当な構造変化を学習、さらに実験的なタンパク質フォールディング安定性データで微調整を行うという、3段階のアプローチで開発された<sup>17</sup>。

これにより、通常は隠れているが動的に現れる結合部位(クリプティックポケット)の形成や、局所的なアンフォールディング、ドメインの再配置といった機能的な動きを捉え、1 kcal/molという実験データと同等の精度で相対自由エネルギーを予測することが可能になった<sup>26</sup>。ミリ秒単位の物理的な分子動力学シミュレーションを行うには従来莫大な計算コストがかかっていたが、BioEmu-1は単一のGPU上で1時間に数千の独立した構造を生成し、計算速度を1万~10万倍にまで引き上げることに成功している<sup>17</sup>。全く新しい配列に対しても、未確認の中間構造を含む複数の状態を予測できるため、副作用の少ない新薬の設計や標的タンパク質の理解において画期的な進歩をもたらしている<sup>17</sup>。

# AI駆動型アプローチによる科学的発見サイクルの劇的な短縮



Azure HPCやBioEmu、MatterGenなどの基盤モデルの導入により、従来の実験室ベースのスクリーニングや分子動力学シミュレーションに要する時間は数ヶ月・数年から数日単位へと劇的に圧縮されている。

データソース: [Intuition Labs](#), [Microsoft News \(Novartis\)](#), [Microsoft News \(Breakthroughs\)](#), [Microsoft Research](#)

## 4.2 製薬業界との連携とR&Dの民主化

Microsoftは、こうした先進的なAIツールをエンタープライズ環境で展開するため、世界のメガファーマとのパートナーシップを深めている。

代表的な例がNovartis(ノバルティス)との数年にわたる提携である。NovartisのAI Innovation Labでは、研究者のデスクトップに直接AI機能を提供している<sup>29</sup>。Novartisの副社長であるLuca Finelli氏が「新薬の調合は料理に似ている」と表現するように、従来の医薬品設計は成分の無限の組み合わせを長年かけて検証する手作業であった<sup>31</sup>。しかし現在では、AzureのAIとHPCを活用することで、過去数十年分の実験データを瞬時にふるいにかけ、望ましい特性を持つ分子の組み合わせをピンポイントで提案することが可能になり、分析時間を数週間や数年から数日、あるいは数時間へと圧縮している<sup>31</sup>。

同様に、Novo NordiskはAzure上に全社規模のデータサイエンスおよびAIプラットフォームを構築し、疾患の予測モデルをスケールさせている<sup>32</sup>。Bayer、Sanofi、Takedaといった企業も、生成化学、画像セグメンテーション、細胞治療の最適化など、臨床試験から商用オペレーションに至るあらゆる

フェーズにAIを導入し、研究と医療提供のあり方を再構築している<sup>29</sup>。

### 4.3 医療診断AIの高度化とバイオセキュリティの確立

診断領域においても、患者の予後を劇的に改善する基盤モデルが実用化されている。Mayo Clinicと共同開発された「RAD-DINO」は、放射線科における生成AIファウンデーションモデルであり、テキストとX線データを統合して解剖学的な一致部位をヒートマップで示し、迅速な解析を支援する<sup>17</sup>。

さらに、Radiology誌で発表された「FCDD (Fully Convolutional Data Description)」は、乳がんのMRIスクリーニングにおいて「異常検知」のパラダイムを導入したAIモデルである。標準的なAIがあらゆるがんのパターンを学習しようとするのに対し、FCDDは「正常な組織」のパターンを学習し、そこから逸脱をフラグ付けする<sup>17</sup>。この手法により、データが少ない希少がんの発見精度が飛躍的に高まり、特に乳がんリスクが高く画像診断が困難な「高濃度乳房」の女性において、偽陽性（誤報）を25%以上削減することに成功した<sup>17</sup>。また、AIの推論過程を二次元のヒートマップとして可視化し、それが熟練した放射線科医のレトロスペクティブなアノテーションと92%の精度で一致したことは、医療現場におけるAIの「透明性と信頼性」を確立する上で極めて重要である<sup>17</sup>。また、Microsoft AIのDiagnostic Orchestrator (MAI-DxO)は、複雑な医療ケースにおいて、経験豊富な医師の平均正答率が20%であるのに対し、85.5%という驚異的な精度を実証し、世界的な医療従事者不足（2030年までに1100万人不足と推計）に対する強力な対抗策となっている<sup>34</sup>。

しかし、AIが生物学的設計能力を獲得することは、「デュアルユース（軍民両用）」のリスクを増大させる。つまり、新薬を設計する能力は、容易に有害な病原体の設計に悪用され得る。この「情報開示のジレンマ」に対処するため、Microsoftは国際科学バイオセキュリティ・バイオセーフティ・イニシアチブ（IBBIS）と提携し、AIモデルとデータへの「階層型アクセスシステム（Tiered-access approach）」を構築した<sup>17</sup>。これは、研究者の身元や利用目的を専門委員会が審査し、機密レベル（低リスクな要約から機密性の高いソフトウェアパイプラインまで）に応じてアクセスを制限し、強固な非開示条項を課す仕組みである。このフレームワークはScience誌のリーダーシップにも公式に支持されており、オープンサイエンスと安全保障を両立させる先駆的なモデルとなっている<sup>17</sup>。

## 5. 地球環境モデリングとサステナビリティ科学

気候変動と異常気象の脅威が増大する中、地球システム全体を高精度にモデリングする技術は、都市インフラの維持から農業のサプライチェーン保護に至るまで、極めて重要な意味を持つ。

### 5.1 大気ファウンデーションモデル「Aurora」とSAR洪水マッピング

Microsoft ResearchがNature誌で発表した「Aurora（オーロラ）」は、13億のパラメータを持つ最先端の地球環境ファウンデーションモデルである<sup>17</sup>。従来の気象予測システムは、流体力学や物理学の複雑な方程式を解くためにスーパーコンピュータを数時間稼働させる必要があった<sup>14</sup>。これに対し、Auroraは衛星、レーダー、気象観測所などから収集された100万時間以上もの過去の大気データを学習した柔軟なエンコーダ・アーキテクチャを採用しており、スーパーコンピュータの約5,000倍の速度（わずか数秒）で高解像度（0.25度）の予測を生成する<sup>17</sup>。

Auroraの真の価値は、単一の基盤モデルでありながら、少量のデータで微調整（ファインチューニング）を行うことで、全く異なるタスクに適応できる点にある。Auroraは従来モデルの91%の予測ター

ゲットで性能を上回り、フィリピンに上陸した台風の進路や、イラクの大規模な砂嵐、さらには本来の学習データには含まれていなかった二酸化窒素などの大気汚染物質の予測において、圧倒的な精度を実証した<sup>17</sup>。ソースコードはオープンソースとして公開されており、欧州中期予報センター（ECMWF）のウェブサイトやMSN天気でも活用されている<sup>17</sup>。

これに加え、Microsoft AI for Good Labは、合成開口レーダー（SAR）衛星画像を利用した深層学習によるグローバルな洪水マッピングモデルを開発した<sup>17</sup>。雲や夜間の影響を受けやすい光学センサーの弱点を克服するため、このモデルはMobileNetアーキテクチャを用い、SAR画像のVV帯およびVH帯のバックスキッター（後方散乱）の変動（水面での鏡面反射による暗いシングネチャ）を高精度に検出する<sup>17</sup>。土壌水分や標高データを用いて偽陽性をフィルタリングすることで、過去10年間にわたる高解像度の洪水ベースラインを構築した。これにより、エチオピアでの洪水検出範囲が従来の光学手法と比較して194%増加していることが明らかになるなど、政策立案者による災害対応とトレンド分析に不可欠な知見を提供している<sup>17</sup>。

## 5.2 低炭素インフラ: 機械学習による海藻セメントの開発

サステナビリティ科学の取り組みは、ソフトウェア空間にとどまらず物理的なインフラストラクチャの材料革新にも及んでいる。コンクリートの主成分であるセメントの製造は、世界のCO2排出量の最大10%を占める主要な汚染源である<sup>17</sup>。Microsoftの支援を受けたワシントン大学などの研究チームは、天然の炭素吸収源（カーボンシンク）であり成長過程でCO2を取り込む「海藻」を粉末状にしてセメントに5%混合することで、構造強度を維持したまま地球温暖化係数（GWP）を21%削減した低炭素素材の開発に成功し、Matter誌に発表した<sup>17</sup>。特筆すべきは、コンクリートの硬化に1ヶ月を要するため本来ならば最適な配合比率を見つけるのに5年かかると予測されていたプロセスを、初期の24種類の配合データで訓練した機械学習モデルの予測により、わずか28日間に短縮したことである<sup>17</sup>。

## 6. エネルギー転換と計算リソースのパラドックス

AI for Scienceの驚異的な恩恵が拡大する一方で、それを支えるデータセンターとHPCインフラストラクチャは膨大な電力を消費し、Microsoft自身の野心的なサステナビリティ目標（2030年までにカーボンネガティブ、ウォーターポジティブ、廃棄物ゼロを達成する）に対して深刻なパラドックスを突きつけている<sup>36</sup>。

### 6.1 クリーンエネルギーの調達とAI電力需要の急増

2026年の報告によれば、Microsoftは2025年までに全世界の電力消費の100%を再生可能エネルギーで賄うという初期目標を達成した<sup>36</sup>。同社は26カ国で95以上の電力会社と提携し、米国の約1,000万世帯の電力に相当する40ギガワット（GW）の新規再生可能エネルギーの供給契約（PPA）を結んでおり、そのうち19GWがすでに稼働している<sup>36</sup>。水資源に関しても、世界40カ所以上で90の補充プロジェクトを展開し、ウォーターポジティブに向けて前進している<sup>38</sup>。

しかし、数千億ドル規模に達するAIインフラへの継続的な投資（2025年末までに約1,900億ドルの支出予測）は、太陽光や風力といった間欠的な再生可能エネルギーだけでは賄いきれない巨大なベースロード電力を必要としている<sup>39</sup>。この電力需要を補うため、Microsoftはテキサス州パーミアン盆地などでデータセンターに直結した「ビハインド・ザ・メーター」の天然ガス発電所の建設や、それらを支

える大規模バッテリーストレージシステム(4.9GW規模)への投資を余儀なくされている<sup>39</sup>。さらに、AIのエネルギー需要を満たす決定的な一手として、Constellation Energyとの協定を通じてペンシルベニア州のスリーマイル島原子力発電所の再稼働を支援するなど、安定したベースロード電源としての原子力への回帰を明確にしている<sup>39</sup>。メディアの報道では、こうしたインフラ拡張の急激なペースにより、将来的なカーボンフリー目標の軌道修正や、一部の炭素除去クレジット購入プログラムの見直しが検討されているとの懸念も浮上している<sup>40</sup>。

## 6.2 核融合エネルギーへの投資とアナログ光学コンピューティング

このエネルギーのジレンマを解決するための究極の長期的アプローチとして、Microsoftは自社のAI能力を活用して「核融合(フュージョン)エネルギー」の実用化を加速させている。2025年5月に開催された「第1回 Microsoft Research Fusion Summit」には、米国エネルギー省(DOE)の支援を受けるDIII-D施設、ITER(国際熱核融合実験炉)、そして世界中の物理学者が集結した<sup>41</sup>。

核融合を実験室での実証から実際の送電網(グリッド)への供給へと移行させるためには、超高温プラズマの制御、リアクター設計の最適化、そして極限環境に耐える材料の開発が不可欠である。Microsoftはプリンストンプラズマ物理研究所(PPPL)と覚書(MOU)を交わし、デジタルツインの構築やAIによる実験プロセスの最適化など、HPCを利用した共同研究を開始している<sup>43</sup>。

また、計算ハードウェア自体の消費電力を根本的に削減する試みとして、「アナログ光学コンピュータ(AOC)」の開発も進められている<sup>17</sup>。Nature誌で発表されたこのデバイスは、電子ではなく光(アナログ光学)とマイクロLEDを用いて最適化問題を解き、AIの推論計算を行う。これにより、従来のシリコンベースのGPUと比較して計算速度を維持しながら消費電力を劇的に低下させるポテンシャルを持ち、MRIスキャン時間の短縮や複雑な金融取引の決済においてすでに実用的な成果を示している<sup>17</sup>。

エネルギー業界への技術提供も進んでおり、「Genesis Mission」と呼ばれる協業では、DOEの国立研究所に対して政府認定のセキュアなクラウド環境と自律型ラボ機能を提供している<sup>46</sup>。AIによるメタン排出の検知、インフラの予知保全、さらには生成AIを用いた許認可ワークフローの合理化など、エネルギー企業の脱炭素化を実務レベルで支援している<sup>37</sup>。

## 7. グローバルなAI普及と日本の地政学的戦略

AI for Scienceのインパクトは、最先端の研究室にとどまらず、国家の地政学的な競争力や教育システムに直接的な影響を及ぼしている。

### 7.1 言語とプラットフォームがもたらす普及のダイナミズム

2026年の「Global AI Diffusion Report」が示すように、グローバルノースとサウスの間でAI普及の格差は拡大しているものの、興味深い地政学的ダイナミズムも生じている。米国が普及率31.3%で21位に留まる一方、UAEは70.1%という圧倒的な普及率で首位を維持している<sup>3</sup>。

特に注目すべきはアジアの動向である。タイ、日本、韓国では、AIモデルのアジア言語処理能力の劇的な向上に伴い、導入率が急上昇している<sup>3</sup>。韓国政府は2025年後半、地方におけるAI専門の科学高校の拡大と主要大学との連携強化を発表し、AI人材のパイプラインを全国規模で構築している<sup>5</sup>。さらに、透明性と低コストを武器とするオープンなAIプラットフォーム(DeepSeekなど)が、十分

なサービスを受けていなかった市場(中国、ロシア、イラン、南米など)で急速にトラクションを獲得しており、世界の科学研究基盤が複数のAIエコシステムによって分断・再構築されつつある現状が浮き彫りになっている<sup>5</sup>。

## 7.2 日本市場への巨額投資とMSR Asia-Tokyoの戦略的役割

日本は、材料科学、製造業、エネルギー、ヘルスケアの分野において、世界屈指の代替不可能な高品質な科学データを保有している<sup>47</sup>。高市政権下で「科学技術への60兆円投資」が国策として推進されているものの、多くの研究機関において、計算リソースの不足とAI対応インフラへのアクセスの欠如が、研究のスケールアップを阻む致命的なボトルネックとなっていた<sup>47</sup>。

この課題を解決するため、Microsoftは日本国内のAIインフラストラクチャ、サイバーセキュリティ、および人材育成に100億ドル規模の巨額投資を行うことを発表した<sup>47</sup>。この戦略の中核を担うのが、2024年に設立された「Microsoft Research Asia - Tokyo (MSR Asia-Tokyo)」である<sup>48</sup>。松下康之氏が率いるこの新拠点では、日本の強みである製造業やロボティクス基盤と直接的に連動する以下の4つの領域に研究リソースを集中させている<sup>49</sup>。

MSR Asia-Tokyoの注力領域	研究の方向性と目的
身体性AI (Embodied AI)	物理的・仮想的環境を理解し、複雑なタスクを実行できる知能システム。次世代ロボティクスとの融合を目指す <sup>48</sup>
ウェルビーイングと神経科学	脳科学の知見を応用し、人間の幸福と能力を拡張する新しいヒューマン・AIインターフェースの開発 <sup>50</sup>
ソサイエタルAI (Societal AI)	AI技術が社会に与える影響の探求、倫理的リスクの評価、そして人間社会の最善の利益に寄与する設計の模索 <sup>50</sup>
産業イノベーション	異分野の融合を通じた実社会のニーズの把握。日本の学术界および産業界のパートナーと協力したデジタルトランスフォーメーション <sup>50</sup>

MSR Asia-Tokyoは、東京大学、慶應義塾大学、そして理化学研究所(RIKEN)といった日本のトップ学術機関との連携を急速に深めている<sup>47</sup>。慶應義塾大学のAIセンターでは全学的なAI駆動型研究の共創が進められ、理化学研究所では次世代のファウンデーションモデル構築に関する共同プロジェクトが進行中である<sup>47</sup>。これらの投資とパートナーシップは、日本の莫大な国家投資が「計算リソースの枯渇」というインフラの壁に阻まれることなく、真の科学的ブレークスルーへとダイレクトに変換されるための基盤として機能している。

## 8. 結論: 2030年に向けた科学的発見の未来

本レポートによる分析を通じて明らかになったのは、Microsoftの「AI for Science」が単発のソフトウェアツールの提供ではなく、アルゴリズム(生成AIと基盤モデル)、ハードウェア(Azure HPCとトポロジカル量子コンピュータ)、そしてオーケストレーション環境(Microsoft Discovery)を統合した「完全な知識インフラの再構築」であるという事実である。

MatterGenやBioEmu-1が証明したように、現在進行している変革の本質は「処理の高速化」だけではない。「数万倍の計算速度」や「数千万の候補からの瞬時のスクリーニング」といった定量的変化は、最終的に「全く新しい仮説の生成」と「人間が到底探索しきれない広大なソリューション空間の把握」という定性的な進化、すなわち第5のパラダイムを決定づけている。

同時に、この進化は膨大なエネルギー消費という物理的限界との熾烈な競争でもある。インフラの維持と気候変動対策というパラドックスを乗り越えるため、AIは自らの存在を支えるための核融合エネルギーの制御や低炭素素材の開発に自らを投じ、巨大な自己フィードバックループを形成しつつある。

2026年以降、AIは研究の対象ではなく「研究の主体としてのパートナー」としての地位を確立する。AIが文脈を記憶し、複雑なチームワークを自律的に制御する世界において、科学的進歩のボトルネックはもはや「データ処理能力の欠如」ではなく、人類がこの強大な協働知能に対して「いかに優れた問いを立てられるか」という想像力そのものへと移行している。AI for Scienceが切り拓く労働とイノベーションの未来は、AIが人間の判断を代替するのではなく、人間の創造性を拡張し、世界的な課題に対してかつてないスピードとスケールで解答を提示する時代を約束している<sup>2</sup>。

### 引用文献

1. Microsoft Research AI for Science - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/lab/microsoft-research-ai-for-science/>
2. What's next in AI? - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/story/whats-next-in-ai/>
3. The state of global AI diffusion in 2026 - Microsoft On the Issues, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2026/05/07/the-state-of-global-ai-diffusion-in-2026/>
4. Global AI Adoption in 2025 - AI Economy Institute - Microsoft, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/topics/ai-economy-institute/reports/global-ai-adoption-2025/>
5. Global AI Adoption in 2025 - A Widening Digital Divide - Microsoft, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2026/01/Microsoft-AI-Diffusion-Report-2025-H2.pdf>
6. Transforming R&D with agentic AI: Introducing Microsoft Discovery | Microsoft Azure Blog, 5月 10, 2026にアクセス、

- <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/transforming-rd-with-agentic-ai-introducing-microsoft-discovery/>
7. Transforming R&D with Agentic AI - Microsoft, 5月 10, 2026|にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/thesource-developer/Event/405/transforming-rd-with-agentic-ai>
  8. Microsoft Azure Quantum Blog | Research, Development & Insights, 5月 10, 2026  
にアクセス、<https://azure.microsoft.com/en-us/blog/quantum/>
  9. Microsoft Discovery Overview, 5月 10, 2026|にアクセス、  
<https://learn.microsoft.com/en-us/rest/api/discovery/>
  10. Microsoft Discovery: Advancing agentic R&D at scale | Microsoft Azure Blog, 5月  
10, 2026|にアクセス、  
<https://azure.microsoft.com/en-us/blog/microsoft-discovery-advancing-agentic-rd-at-scale/>
  11. AI and the New Future of Work CFP | Spring 2026 - Microsoft Research, 5月 10,  
2026|にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/academic-program/ai-and-the-new-future-of-work-cfp-spring-2026/>
  12. Ideas: Steering AI toward the work future we want - Microsoft Research, 5月 10,  
2026|にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/podcast/ideas-steering-ai-toward-the-work-future-we-want/>
  13. Graphormer - Microsoft Research, 5月 10, 2026|にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/graphormer/>
  14. From forecasting storms to designing molecules: How new AI foundation models  
can speed up scientific discovery - Microsoft Source, 5月 10, 2026|にアクセス、  
<https://news.microsoft.com/source/features/ai/from-forecasting-storms-to-designing-molecules-how-new-ai-foundation-models-can-speed-up-scientific-discovery/>
  15. Microsoft Research AI for Science - Microsoft Research: News And Awards, 5月  
10, 2026|にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/lab/microsoft-research-ai-for-science/news-and-awards/>
  16. AI meets materials discovery: The vision behind MatterGen and MatterSim -  
Microsoft, 5月 10, 2026|にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/story/ai-meets-materials-discovery/>
  17. 10 scientific breakthroughs from Microsoft researchers - Source, 5月 10, 2026|に  
アクセス、  
<https://news.microsoft.com/source/features/ai/10-scientific-breakthroughs-from-microsoft-researchers/>
  18. Azure Quantum Elements Archives - Microsoft Azure Quantum Blog, 5月 10, 2026  
にアクセス、  
<https://azure.microsoft.com/en-us/blog/quantum/product/azure-quantum-elements/>
  19. Unlocking a new era for scientific discovery with AI: How Microsoft's AI screened  
over 32 million candidates to find a better battery, 5月 10, 2026|にアクセス、

- <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/quantum/2024/01/09/unlocking-a-new-era-for-scientific-discovery-with-ai-how-microsofts-ai-screened-over-32-million-candidates-to-find-a-better-battery/>
20. Powerful new developer tools increase the versatility of the Microsoft Quantum platform, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://azure.microsoft.com/en-us/blog/quantum/2026/01/22/powerful-new-developer-tools-increase-the-versatility-of-the-microsoft-quantum-platform/>
  21. Microsoft Research 2025: A year in review, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/story/microsoft-research-2025-a-year-in-review/>
  22. Microsoft Research AI for Science - Microsoft Research: Publications, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/lab/microsoft-research-ai-for-science/publications/>
  23. Microsoft Research AI for Science - Microsoft Research: Publications, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/lab/microsoft-research-ai-for-science/publications/?pg=0>
  24. Exploring the structural changes driving protein function with BioEmu-1 - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/exploring-the-structural-changes-driving-protein-function-with-bioemu-1/>
  25. Biomolecules - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/biomolecules/>
  26. Scalable emulation of protein equilibrium ensembles with generative deep learning - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/scalable-emulation-of-protein-equilibrium-ensembles-with-generative-deep-learning/>
  27. Scalable emulation of protein equilibrium ensembles with generative deep learning - Microsoft, 5月 10, 2026にアクセス、  
[https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2024/12/accepted\\_paper.pdf](https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2024/12/accepted_paper.pdf)
  28. Scalable emulation of protein equilibrium ensembles with BioEmu - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/video/scalable-emulation-of-protein-equilibrium-ensembles-with-bioemu-2/>
  29. Novartis and Microsoft announce collaboration to transform medicine with artificial intelligence, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.novartis.com/ie-en/stories/novartis-and-microsoft-announce-collaboration-transform-medicine-artificial-intelligence>
  30. Novartis and Microsoft announce collaboration to transform medicine with artificial intelligence, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.novartis.com/news/novartis-and-microsoft-announce-collaboration-transform-medicine-artificial-intelligence>
  31. Novartis empowers scientists with AI to speed the discovery and development of

- breakthrough medicines - Microsoft Source, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://news.microsoft.com/source/features/digital-transformation/novartis-empowers-scientists-ai-speed-discovery-development-breakthrough-medicines/>
32. Microsoft Azure in the Pharmaceutical Industry: Cloud Solutions for Drug Development and Manufacturing | IntuitionLabs, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://intuitionlabs.ai/articles/microsoft-azure-in-pharma-industry>
  33. AI for Pharma & Healthcare Summit, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.pharma-ig.com/events-ai-pharma-healthcare>
  34. What's next in AI: 7 trends to watch in 2026 - Microsoft Source, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://news.microsoft.com/source/features/ai/whats-next-in-ai-7-trends-to-watch-in-2026/>
  35. Aurora Forecasting - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/aurora-forecasting/>
  36. A milestone achievement in our journey to carbon negative - The Official Microsoft Blog, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://blogs.microsoft.com/blog/2026/02/18/a-milestone-achievement-in-our-journey-to-carbon-negative/>
  37. AI for Energy: From advanced operations to emissions management - Microsoft Ignite, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://ignite.microsoft.com/en-US/sessions/BRK365>
  38. Progress on the road to 2030 - Microsoft On the Issues, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2025/02/13/progress-on-the-road-to-2030/>
  39. Microsoft's clean energy target under pressure from AI data centres, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.cloudcomputing-news.net/news/microsoft-clean-energy-target-ai-data-centres/>
  40. Report: As AI electricity demands soar, Microsoft weighs retreat from ambitious carbon-free energy pledge - GeekWire, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.geekwire.com/2026/report-as-ai-electricity-demands-soar-microsoft-weighs-retreat-from-ambitious-carbon-free-energy-pledge/>
  41. Ade Famoti - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/people/adfamoti/news-and-awards/?facet%5Btax%5D%5Bnews-tab-types%5D%5B%5D=post>
  42. 1st Annual Fusion Summit - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/event/1st-annual-fusion-summit/news-features/>
  43. 1st Annual Fusion Summit - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/event/1st-annual-fusion-summit/>
  44. Microsoft Fusion Summit explores how AI can accelerate fusion research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/microsoft-fusion-summit-explores-how-ai-can-accelerate-fusion-research/>
  45. 1st Annual Fusion Summit: Welcome, Opening Remarks, and Distinguished

- Keynote Lecture - Microsoft Research, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/video/1st-annual-fusion-summit-welcome-and-opening-remarks/>
46. Genesis Mission: How Microsoft & the U.S. Department of Energy ..., 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://techcommunity.microsoft.com/blog/publicsectorblog/genesis-mission-how-microsoft--the-u-s-department-of-energy-accelerate-science/4495259>
  47. Microsoft deepens its commitment to Japan with \$10 billion investment in AI infrastructure, cybersecurity, and workforce - Source Asia, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://news.microsoft.com/source/asia/2026/04/03/microsoft-deepens-its-commitment-to-japan-with-10-billion-investment-in-ai-infrastructure-cybersecurity-workforce/>
  48. Accelerating Japan's growth with AI - Microsoft Stories Asia, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://news.microsoft.com/apac/2025/03/27/accelerating-japans-growth-with-ai/>
  49. Introducing Yasuyuki Matsushita: Tackling societal challenges with AI at Microsoft Research Asia - Tokyo, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/introducing-yasuyuki-matsushita-tackling-societal-challenges-with-ai-at-microsoft-research-asia-tokyo/>
  50. Microsoft Research Asia – Tokyo, 5月 10, 2026にアクセス、  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/group/microsoft-research-asia-tokyo/>
  51. AI for Science Foundation Model Research Team | RIKEN, 5月 10, 2026にアクセス、  
[https://www.riken.jp/en/research/labs/r-ccs/ai\\_sci\\_plat/ai-sci-found-model/index.html](https://www.riken.jp/en/research/labs/r-ccs/ai_sci_plat/ai-sci-found-model/index.html)