

Google DeepMindによるAGIからASIへの進化ロードマップ：4つの経路と課題

著者: Manus AI

概要

2026年6月10日、Google DeepMindの研究チーム（Tim Genewein、Marcus Hutter、Shane Leggら）は、「From AGI to ASI（AGIからASIへ）」と題する60ページにわたる論文をarXivに公開しました 1 2。この論文は、人間レベルの汎用人工知能（AGI）が達成された後、機械の知能がどのように人工超知能（ASI）へと進化していくのか、その技術的な道筋と直面するであろう課題を体系的にマッピングしたものです。本レポートでは、この論文で提示された4つの経路と、それぞれのボトルネックについて詳細に解説します。

1. AGIとASIの定義

論文では、議論の前提として以下の2つの概念を明確に定義しています 3 4。

- **AGI (Artificial General Intelligence):** ほとんどの認知タスクにおいて、平均的な人間の能力に匹敵するシステム。
- **ASI (Artificial Superintelligence):** 単一の専門家だけでなく、長期にわたって協力し合う数千人規模の専門家集団をも凌駕する、一般的な超人的知能を持つシステム。

さらに、これらの延長線上にある理論的な到達点として、Marcus Hutterらが提唱する「Universal AI（AIXIフレームワーク）」を北極星として位置づけています 2 5。

2. AGIからASIに至る4つの経路

DeepMindは、AGIからASIへの進化は単一の劇的な「特異点（シンギュラリティ）」としてではなく、複数の経路が並行して進むことで段階的に起こる可能性が高いと指摘しています 2 4。

経路1: スケーリング (Scaling compute, models & data)

計算能力（コンピュータ）、モデルサイズ、および学習データを継続的に拡大していくアプローチです 1 5。過去10年間、AIの「有効な計算量」はハードウェアの進化、投資の増加、アルゴリズムの効率化により、年間約10倍のペースで成長してきました 2 5。この指数関数的な成長が続けば、個々のモデルが賢くならなくとも、人間の数千倍の速度で動作する何百万ものAGIインスタンスを並列稼働させることで、実質的なASIを達成できる可能性があります 2 4。

経路2: アルゴリズムのパラダイムシフト (Algorithmic paradigm shift)

現在主流となっている「大規模な人間のデータによる事前学習＋事後学習＋テスト時のスケールリング」という手法が限界に達した場合に必要となる、全く新しいアーキテクチャや学習パラダイムの発見です 5。真のブレークスルーは予測が困難ですが、エネルギー効率やデータ効率を劇的に向上させる新手法（例：スパイクニューラルネットワーク、全く新しい世界モデルの表現など）が登場する可能性があります 4 5。

経路3: 再帰的自己改善 (Recursive self-improvement)

AIがAIの研究開発を支援、あるいは完全に自動化することで、自己加速的な進歩のサイクルを生み出す経路です 3 5。AIがより優れたアルゴリズムを書き、より高品質な学習データを生成し、ハードウェア設計を最適化することで、AIの進化速度が爆発的に高まる（双曲線的な成長）可能性があります 2 5。すでにAIはコード生成やチップ設計で利用されていますが、これが完全に自律的なループになれば、ASIへの到達が急加速します 2 4。

経路4: マルチエージェント集合体 (ASI via group agent formation)

単一の巨大なモデルではなく、多数のAGIレベルのエージェントが協力・分業・専門化することで、集団としての知能が個々のメンバーをはるかに凌駕する経路です 3 5。人間社会において、企業や研究機関が個人の限界を超えた成果を上げるのと同じメカニズムです 4。この集合体は、中央集権的に制御される組織として、あるいは市場のような競争と協力のメカニズムを通じて自然発生的に形成される可能性があります 2 5。

3. 摩擦とボトルネック

これらの経路は平坦ではなく、進行を遅らせる、あるいは停止させる可能性のある「摩擦」や「ボトルネック」が存在します 4 5。

ボトルネック	概要	対抗要因・解決策
データウォール (Data wall)	高品質な人間生成データ（テキスト等）が枯渇する問題。今年代後半に限界に達すると予測されている。	合成データの生成、高忠実度のシミュレーション、自己対戦、テスト時のスケールリングによるデータ生成。
経済・資源的限界	計算機、エネルギー、データセンター、レアアースなどの物理的・経済的資源の要求が急速に高まり、持続不可能になる。	AIによるエネルギー・計算効率の劇的な向上、AIの導入による莫大な経済的リターンの再投資。
パラダイムの限界	現在のニューラルネットワークのアプローチ（事前学習ベース）では、AGIやASIには到達できない可能性。	AGI未満のAIを活用した、新たなアルゴリズムやパラダイムの研究の加速。

抽象化の壁 (Abstraction barrier)	人間の概念で学習したAIは、生データから全く新しい概念や抽象化を形成する能力（科学的ブレークスルーの鍵）を持たない可能性。	インタラクティブな学習や強化学習へのシフト。集团的AIによる能力の押し上げ。
研究の難化	分野が成熟するにつれ、新たな発見に必要な研究リソース（コスト、計算量）が指数関数的に増加する。	AI研究者（デジタルワーカー）による研究の自動化と効率化。

4. ASIの物理的・理論的境界

論文の重要な貢献の一つは、ASIが「全知全能の魔法」ではないと釘を刺している点です 2 4。ASIであっても、光の速度、エネルギーと計算の熱力学的限界（ランダウアーの原理）、計算複雑性理論（ $P \neq NP$ 問題など）、ゲーデルの不完全性定理といった物理的・数学的なハードリミットに縛られます 2 5。したがって、「超知能が誕生すれば、瞬時に老化を治療し、気候変動を逆転させ、ダイソン球を建設する」といった極端なユートピア/ディストピア論は非現実的であると指摘しています 2 4。

結論

Google DeepMindのレポートは、ASIの到来を単一の「シンギュラリティ」としてではなく、複数の技術的経路が絡み合い、科学技術の様々な分野で段階的かつ変革的なブレークスルーが連続して起こるプロセスとして描いています 4 5。この予測不可能な未来に備えるためには、AIの進歩を正確に測定・予測するベンチマークの開発や、マルチエージェントの振る舞いを理解するための法則の発見など、世界規模での学際的な研究アプローチが不可欠であると結論付けています 2 5。

References

[1] From AGI to ASI - Google DeepMind

[2] Google DeepMind Maps the Road From AGI to Superintelligence: Four Paths and Hard Limits - TechTimes

[3] What Is Google DeepMind's AGI-to-ASI Paper? Four Pathways to Superintelligence Explained - MindStudio

[4] The Four Roads to Superintelligence: What DeepMind Says Comes After Human-Level AI - NeuralBuddies

[5] From AGI to ASI (arXiv:2606.12683v1) - arXiv