

Google DeepMindの革新的AIエージェント 「AlphaEvolve」：アルゴリズム発見の新時代

Google DeepMindが2025年5月14日に発表した「AlphaEvolve」は、AIがコードを自律的に生成・評価・進化させることで、未知のアルゴリズムや未解決問題の新解法を発見できる革新的なAIエージェントです。大規模言語モデル「Gemini」の創造的能力と進化的計算の手法を組み合わせたこのシステムは、すでにGoogleのインフラストラクチャ最適化から数学的ブレークスルーまで、幅広い成果を上げています。特筆すべきは、56年間破られなかった行列乗算の効率化記録を更新するなど、その卓越した問題解決能力です。本レポートでは、AlphaEvolveの仕組み、実績、そして今後の可能性について詳述します。

AlphaEvolveの技術的基盤

AlphaEvolveは単なるコード生成ツールではなく、複雑な問題を解決するための創造的な解法を自律的に発見するシステムです。その核となる技術的特徴を見ていきましょう。

Geminiモデルとの統合

AlphaEvolveは、Google DeepMindの最新の大規模言語モデル「Gemini」を活用しています。具体的には、2つの異なるモデルを組み合わせることで最大の効果を引き出しています^{[1] [2]}。

- **Gemini Flash:** 高速で効率的なモデルで、幅広いアイデアを探索するために使用されます。
- **Gemini Pro:** より強力なモデルで、深い洞察と詳細な提案を生成します。

これらのモデルは、アルゴリズムの実装となるコンピュータプログラムを提案する役割を担っています^[2]。この組み合わせにより、広範な可能性を探索しながらも、深い専門知識に基づいた質の高い解決策を生み出すことが可能になっています。

進化的探索アプローチ

AlphaEvolveの中核をなすのが「進化的探索」と呼ばれるアプローチです。これは生物の進化のプロセスにヒントを得た手法で、以下のステップで進行します^{[1] [3]}:

1. **生成:** Geminiモデルが多様なコード変更を提案します。
2. **評価:** 提案されたコードが自動的に検証され、実行され、スコア付けされます。
3. **選択:** 優れたパフォーマンスを示すコードだけが次の世代に進みます。
4. **反復:** このプロセスを繰り返すことで、コードは徐々に進化し、改善されていきます。

このプロセスにより、人間が思いつかないような創造的な解決策を見つけ出すことができるのです^[4]。

自動評価システム

AlphaEvolveの特徴的な要素として、自動評価システムがあります。この仕組みにより、生成されたプログラムの品質を客観的に測定し、改善の方向性を決定することができます^{[2][5]}。

評価システムは問題ごとに異なりますが、特に数学や計算機科学のような分野では、解の正確さや効率性などの明確な基準によって評価が行われます^[5]。この自動評価のフィードバックループが、AlphaEvolveが継続的に解を改善していく原動力となっています。

Google内での実用的応用

AlphaEvolveはすでにGoogle内部で様々な場面で活用され、顕著な成果を上げています。

データセンター管理の効率化

AlphaEvolveはGoogleのクラスター管理システム「Borg」のスケジューリングアルゴリズムを改善しました^{[4][2]}。この改善により:

- 世界中のGoogleのコンピューティングリソースを平均0.7%継続的に節約^{[6][2]}
- 人間が読解・デバッグ・予測可能な形で実装できる簡潔なコード生成^{[4][2]}

規模の大きなGoogleのインフラストラクチャにおいては、わずか0.7%の効率化でも、エネルギーと資源の大幅な節約につながります^[4]。

ハードウェア設計の最適化

AlphaEvolveは、Tensor Processing Unit (TPU) と呼ばれるGoogleのAI専用チップのための回路設計の最適化にも貢献しています^{[4][2]}:

- 行列乗算の重要な算術回路から不要なビットを除去するVerilogの書き換えを提案^[2]
- この変更はチップデザイナーによって検証され、次世代TPUに採用される予定^{[4][2]}

このように、AIがハードウェア設計レベルでの最適化を提案し、人間の専門家がそれを検証するという協調的なアプローチが実現しています。

AI訓練とGPU最適化

さらに、AlphaEvolveは自らを支えるシステムの改善にも貢献しています^{[4][2]}:

- Geminiモデルのトレーニングに使用される行列乗算カーネルを23%高速化^{[4][2]}
- これによりGeminiの訓練時間を全体で1%削減^{[4][2]}
- FlashAttentionカーネルの実装を最大32.5%高速化^[2]

これらの最適化は、従来なら数週間の専門家の労力を要する作業を数日の自動実験で達成し、計算資源とエネルギーの大幅な節約につながっています^[2]。

数学と計算科学における画期的成果

AlphaEvolveは実用的な応用だけでなく、純粋数学や計算科学の分野でも重要な成果を上げています。

行列乗算アルゴリズムの革新

特筆すべき成果として、行列乗算アルゴリズムの効率化があります^{[4] [6] [2]}:

- 4×4の複素数行列乗算を48回のスカラー乗算で実行する新アルゴリズムを発見^{[4] [2]}
- これは1969年にVolker Strassenが発見したアルゴリズム（49回のスカラー乗算）を56年ぶりに更新する記録^{[6] [2] [5]}
- 行列乗算は深層学習やニューラルネットワークのトレーニングの基盤となる計算^[6]

この発見はDeepMindの以前のシステムAlphaTensorよりも優れた成果であり、より汎用的なAlphaEvolveの可能性を示しています^{[2] [5]}。

数学的問題への幅広い応用

AlphaEvolveは50以上の数学的解析、幾何学、組合せ論、数論における未解決問題に適用されました^[2]:

- 問題の約75%で、最先端の解法を再発見^[2]
- 約20%の問題で、既知の最良解を改善^[2]
- 「kissing number problem」（中心の球に接する非重複球の最大数）で11次元における新記録（593個）を達成^{[4] [2]}

これらの成果は、AlphaEvolveが単に実用的なコード最適化だけでなく、純粋数学における発見にも寄与できることを示しています。

FunSearchからの進化と差別化ポイント

AlphaEvolveはGoogle DeepMindの以前のシステム「FunSearch」を拡張・進化させたものです^{[6] [7]}。

FunSearchとの違い

- **コードベースの規模:** FunSearchが単一の関数の発見に焦点を当てていたのに対し、AlphaEvolveはより大きな規模のコードベース全体を進化させることができます^{[2] [7]}
- **複雑さ:** AlphaEvolveはより複雑なアルゴリズムを扱うことができ、多言語にも対応します^[7]
- **LLMの活用:** 最新のLLM（Gemini）の能力をより効果的に活用しています^[7]

一般的なAIコーディングシステムとの差異

AlphaEvolveが他のAIコーディングシステムと異なる点は、その進化的アプローチにあります^[4]:

- 単にコードを生成するだけでなく、解の空間を自律的に探索する
- 継続的なフィードバックと評価によって解を改良する

- 人間が思いつかないような創造的な解決策を発見することができる

将来の展望と影響

AlphaEvolveの開発は、AIによる科学的発見の新時代の始まりを示唆しています。

科学研究への応用可能性

AlphaEvolveの適用範囲は非常に広く、評価メトリクスやシミュレーションで良い解が定義できるあらゆる科学分野に応用可能です^[6]：

- 材料科学における新素材の設計
- 創薬プロセスの効率化
- 新しい顕微鏡や望遠鏡の設計最適化

特に、明確な評価基準を設定できる分野では、AlphaEvolveの力を発揮することができます^[6]。

研究者とのコラボレーション

Google DeepMindは、AlphaEvolveの可能性をさらに広げるために^[2]：

- アカデミック研究者向けの早期アクセスプログラムを計画中
- People + AI Researchチームとユーザーインターフェースを開発中
- 人間とAIの最適な協力関係を追求

これにより、人間の創造性とAIの計算能力を組み合わせ、より多くの科学的ブレークスルーを促進することが期待されています^[4]。

結論

AlphaEvolveは、AIがアルゴリズム設計や科学的発見の分野で重要な役割を果たせることを示す画期的なシステムです。Geminiの大規模言語モデルと進化的探索を組み合わせたこのアプローチは、Google内部のシステム最適化から数学的ブレークスルーまで、すでに多くの成果を上げています。

特に注目すべきは、56年間破られなかった行列乗算アルゴリズムの記録を更新したことや、Googleのグローバルコンピューティングリソースの効率化に貢献していることです。

今後、AlphaEvolveの応用範囲はさらに広がり、様々な科学分野や産業界で革新的な解決策をもたらす可能性があります。AIと人間の研究者が協力することで、これまで解決が困難だった問題に新たなアプローチをもたらし、科学技術の進歩を加速させることが期待されます。

✻

1. <https://gigazine.net/news/20250515-google-ai-algorithm-alphaevolve/>
2. <https://deepmind.google/discover/blog/alphaevolve-a-gemini-powered-coding-agent-for-designing-advanced-algorithms/>
3. https://miralab.co.jp/media/ai_code_deepmind_alphaevolve/
4. <https://venturebeat.com/ai/meet-alphaevolve-the-google-ai-that-writes-its-own-code-and-just-saved-millions-in-computing-costs/>

5. <https://www.system-server.com/blog/848/>
6. <https://www.nature.com/articles/d41586-025-01523-z>
7. <https://www.ai-souken.com/article/what-is-alphaevolve>