

AlphaEvolve : 進化的 AI によるアルゴリズム発見の最前線

Gemini Deep Research

1. 序論 : AlphaEvolve - 進化的 AI によるアルゴリズム発見の先駆者

AlphaEvolve とその中心的使命の定義

AlphaEvolve は、Google DeepMind によって開発された進化的コーディングエージェントであり、大規模言語モデル (LLM)、特に Google の Gemini モデルを搭載しています¹。その主な使命は、多様な領域における汎用的なアルゴリズムの発見と最適化です¹。このシステムは、LLM の創造的な問題解決能力と進化的アルゴリズムの体系的な改善フレームワークを組み合わせることにより、しばしば骨の折れる直感に頼ったアルゴリズム開発プロセスを自動化し、スケールアップすることを目指しています¹。

AlphaEvolve は、単一の関数の発見を超えて、コードベース全体を進化させ、はるかに複雑なアルゴリズムを開発するように設計されています¹。

自動アルゴリズム発見の意義

自動アルゴリズム発見は、科学的ブレークスルーを加速し、重要な計算インフラストラクチャを最適化し、何十年もの間、人間の専門家を悩ませてきた複雑な問題を解決する可能性を秘めています²。AI、特に LLM と進化的手法の相乗効果を活用することで、AlphaEvolve はパラダイムシフトを提示しており、タスク実行のためのツールとしての AI から、発見と革新における創造的なパートナーとしての AI へと移行しています⁶。これは、数学やコンピュータサイエンスのように、進捗を明確かつ体系的に測定できる分野において極めて重要です¹。人間が判読可能なコードを生成する能力は、解釈可能性、デバッグ可能性、予測可能性、展開の容易さといった運用上の大きな利点を提供し、これは他の AI 生成ソリューションではしばしば課題となります¹。

AlphaEvolve が「汎用的な」アルゴリズム発見を重視している点¹は、特定のドメインに特化した AI を超えた大きな野心を示唆しています。これは、自動評価メトリックを定義できる限り、非常に広範な課題に適応可能な、問題解決への基礎的なアプローチを意味します。AlphaEvolve は、数学、データセンター、チップ設計、AI トレーニングなど、多様な分野に適用されています¹。その中核メカニズムは、LLM がコードのバリエーションを生成し、進化的フレームワークが自動評価に基づいて選択するというものです¹。ここでの共通点はドメイン自体ではなく、問題解決の方法論です。つまり、評価関数を通じて目標を定義し、AI に解決策を進化させるというアプローチです。したがって、その「汎用性」は、この進化的評価アプローチの普遍性に由来し、問題が計算可能なメトリックで構成できる限り適応可能となります。これは、この適応的な進化的

コアを持たない、高度に専門化されたタスクのために訓練された AI システムとは対照的です。

さらに、AlphaEvolve が自身の動力源である LLM (Gemini) そのものを最適化できるという事実¹は、再帰的な自己改善型 AI 開発サイクルの可能性を示唆しています。

AlphaEvolve は Gemini LLM を使用し¹、Gemini のトレーニング時間を短縮するなど、AI のトレーニングと推論を強化するために使用されてきました¹。これにより、より優れた Gemini モデルがより強力な AlphaEvolve につながり、それが Gemini や将来のモデルをさらに最適化するというフィードバックループが形成されます。この「自己改善」は、AlphaEvolve が自身のコードを洗練する (メタ進化⁷) だけでなく、その構成要素を改善することも含みます。このような再帰的改善サイクルは、能力の急速な、潜在的に指数関数的な成長を達成できるシステムの特徴であり、より自律的で強力な AI に向けた重要な一歩です。

2. AlphaEvolve のアーキテクチャ設計

コアコンポーネント

AlphaEvolve は、直接的なコード変更を通じてアルゴリズムを改善するために LLM を編成する自律的なパイプラインとして動作します²。

- **プロンプトサンプラー (Prompt Sampler)** : コンテキストが豊富なプロンプトを作成します。これらのプロンプトは、過去のプログラム、そのスコア、問題記述を含んでおり、LLM が進化的プロセスの履歴に基づいて次のステップを導くために不可欠です⁵。システムは、柔軟なロングコンテキストプロンプトによるカスタマイズをサポートしており、これには以前に発見されたソリューションやそれらを変更するためのシステム指示が含まれます。ユーザーは、明示的なコンテキスト (問題記述、コード、文献) を追加したり、より大きなバリエーションのために確率的フォーマットを使用したり、評価結果を含めたり、LLM がプロンプト自体の生成と進化を助けるメタプロンプト進化を有効にしたりすることで、プロンプトをさらに調整できます¹⁰。
- **LLM アンサンブル (Gemini Flash & Pro)** : コードの変更を生成します。
AlphaEvolve は、Google の Gemini モデルのアンサンブルを活用します。速度と効率で知られる Gemini Flash は、探索されるアイデアの幅を最大化し、より強力なモデルである Gemini Pro は、洞察に満ちた提案で深みを提供します¹。このデュアルモデルアプローチは、探索 (多くの多様なアイデアを迅速に) と活用 (有望なアイデアを深く洗練する) のバランスを取ります。LLM は、過去のソリューションを分析し、多くの場合構造化された「差分」として新しいバリエーションを生

成することによって改善を提案するために使用されます⁴。

- **評価プール (Evaluator Pool)** : 生成されたプログラムをテストし、自動化されたメトリックに基づいてスコアを割り当てます¹。このコンポーネントは、各ソリューションの精度と品質の客観的かつ定量的な評価を提供し、進化的プロセスのフィードバックループを形成するため、非常に重要です。システムは、評価カスケード（質の低いソリューションを迅速に排除するために、ますます困難なケースに対してテストする）や、質的側面に対する LLM 生成フィードバックさえもサポートしています²。
- **プログラムデータベース (Program Database)** : プログラムとその評価メトリックを保存し、将来の進化を導きます²。このデータベースは、MAP-Elites とアイランドベースの集団モデルに触発されたアルゴリズムを実装し、多様な高性能ソリューションのセットを維持します²。

進化的エンジン：反復的なコード生成、突然変異、選択

AlphaEvolve は、コードが反復的に生成され、LLM によって変更（突然変異）され、定義された目的に対するパフォーマンスに基づいて選択される進化的フレームワークを採用しています¹。これは自然淘汰を模倣し、最も「適した」アルゴリズムソリューションのみが生き残り、伝播することを保証します⁴。プロセスは、初期ソリューション（または人間によって提供される「スケルトン」）から始まります⁸。次に LLM は、多様な「候補」ソリューションまたは「突然変異」を生成します⁸。これらはテストされ、最高スコアのプログラムが次のラウンドに進むか、新しいプログラムの着想を得るために使用されます⁶。

高度なコード変更のための大規模言語モデルの活用

多くの場合ランダムまたは狭く定義された突然変異演算子を使用する従来の遺伝的プログラミングとは異なり、AlphaEvolve は LLM を使用して高度でコンテキストを意識したコード変更を生成します⁴。LLM はコードの構文、セマンティクス、一般的なプログラミングパターンを理解しており、ソリューション空間のよりインテリジェントな探索を可能にします⁴。LLM が既存のコードに対する変更を提案する「差分ベース」の突然変異戦略は、変革的な変更の能力を維持しつつ、制御された漸進的な進化を可能にします⁴。

スループット最大化のための非同期パイプライン

コントローラーは、コンポーネント間の相互作用を非同期パイプラインで調整し、可能な限り多くの候補ソリューションを評価するためのスループットを最大化します²。このアーキテクチャは、個々の計算の速度ではなく、予算内で評価されるアイデアの数に

最適化されています²。

アーキテクチャが LLM アンサンブル（幅広さのための Gemini Flash、深さのための Gemini Pro）に依存していること¹は、進化的アルゴリズムに固有の探索と活用のトレードオフを管理するための洗練された戦略です。これは、単一の、潜在的に遅い高性能モデルや、単一の高速な低性能モデルを使用するよりも微妙なアプローチです。進化的アルゴリズムは、広いソリューション空間を探索し（探索）、有望なソリューションを洗練する（活用）必要があります。単一の LLM は一方には優れていても両方に最適であるとは限らず、非常に大きなモデルであれば遅すぎる可能性があります。Gemini Flash は高速かつ効率的であり、多くの多様な、潜在的に単純なアイデアを迅速に生成するのに適しています¹。これは広範な探索を支援します。Gemini Pro はより強力で洞察力があり、有望な候補に対して大幅な飛躍や深い洗練を行うのに適しています¹。これは集中的な活用を支援します。これらを組み合わせることで、AlphaEvolve は両方の長所を得ることができます。つまり、広範囲をカバーし局所最適解に陥るのを避けるための迅速な探索と、有望なソリューションの限界を押し広げるための深い活用です。この LLM リソースの動的な割り当ては、主要なアーキテクチャ上の革新です。

「スループットに最適化された非同期パイプライン」²は、単なる技術的な詳細ではなく、AlphaEvolve の成功の基本的な実現要因であり、特に可変の推論時間を持つ可能性のある LLM を扱う場合に重要です。これにより、システムはレイテンシを「隠蔽」し、進化サイクルの数を最大化することができ、これは広大な探索空間で新しいソリューションを見つけるために不可欠です。進化的な発見には、しばしば多くの世代と評価が必要です⁵。LLM の推論は、逐次的に処理されるとボトルネックになる可能性があります。非同期パイプラインにより、複数の操作（プロンプト作成、生成、評価）を並列または重複して実行できます²。1 つの LLM 呼び出しが遅い場合でも、システムの他の部分は他の候補の作業を続けることができます。この設計は、単一の評価の速度よりも、単位時間あたりに評価される候補の数を最大化します。これは、進化的な成功のためにより重要です。これは、進化的探索に必要な規模で LLM を適用する際の中心的な課題に対する実用的なエンジニアリングソリューションです。

3. 主要な能力と技術革新

単一関数を越えたコードベース全体の進化

FunSearch のようなシステムに対する大きな進歩として、AlphaEvolve は、単なる分離されたスニペットではなく、数百行のコードと複数の関数からなるコードファイル全体を進化させることができます¹。これにより、より複雑なシステムレベルの問題に取り組むことができます⁶。

多言語および多目的最適化

複数のプログラミング言語をサポートしており²、汎用性があります。例えば、ハードウェア設計のために **Verilog** を生成しました¹。多目的最適化が可能であり、単一のスコアではなく、複数のメトリック（例えば、速度と精度、または複数のパフォーマンススコア）を同時に最適化できます²。

柔軟なプロンプトエンジニアリングと分散評価

柔軟なプロンプトエンジニアリングを特徴とし、ユーザーは過去の試行、問題記述、さらにはプロンプトに対する **LLM** 生成のフィードバックなど、豊富なコンテキストで **LLM** をガイドできます⁵。多数の候補ソリューションを並行してテストできる分散評価を採用しており、これは進化的プロセスのスループットにとって不可欠です⁵。

AlphaEvolve は、評価が並列化可能な場合に、評価タスクをクラスタ全体に分散できます²。長期間実行される進化的プロセスに不可欠な、実行を再開するためのチェックポイントシステムも含まれています⁵。

「コードベース全体」を進化させる能力¹は、単にコード長の量的な増加ではなく、質的な変化です。これは、**AlphaEvolve** が、単一の分離された部分を最適化するのではなく、異なるコードコンポーネント間の相互作用やプログラムの全体構造に解決策がある問題に取り組むことができることを意味します。これにより、複雑なシステムを再設計するための道が開かれます。**FunSearch** のような以前のシステムは単一の関数に焦点を当てていました²。**AlphaEvolve** は、数百行に及ぶコードファイル全体を扱います²。複雑な問題には、多くの場合、複数のモジュール、データ構造、および制御フロー間の相互作用が含まれます。単一の関数を分離して最適化しても、システムレベルの改善が得られない場合や、相互作用が考慮されない場合は有害でさえある可能性があります。コードベース全体を進化させることにより、**AlphaEvolve** は、個々の関数に焦点を当てることでは見つけることが不可能な、新しいアーキテクチャ、データフロー、およびコンポーネント間の最適化を発見できます。これは、**Google** の **Borg** スケジューリングシステムや **TPU** 回路の一部を再設計する能力からも明らかです¹。

多目的最適化²と **LLM** 生成コードの組み合わせは、**AlphaEvolve** が人間の設計者が以前は考慮しなかった新しいトレードオフを表すソリューションを発見する可能性があることを意味します。人間は認知限界のためにしばしば単一の主要なメトリックを最適化しますが、**AlphaEvolve** は多次元の適合度ランドスケープを探索できます。

AlphaEvolve は多目的最適化をサポートしています²。**LLM** は多様なコード変更を生成します⁴。現実世界の問題には、多くの場合、競合する目的（例えば、速度対メモリ使用量対精度対コードの可読性）があります⁶。人間の設計者は、1つまたは2つの目的

に焦点を当てることで単純化するかもしれません。AlphaEvolve は、ソリューションのパレートフロントを探索し、複数の目的間で独自の、自明ではないバランスを提供するアルゴリズムを特定する可能性があります。例えば、アルゴリズムはわずかに遅いかもかもしれませんが、はるかにメモリ効率が高く、より解釈しやすいかもしれません。これは、人間が明示的に検索しなかった組み合わせである可能性があります。これにより、複雑なシナリオでより堅牢で実用的なソリューションがもたらされる可能性があります。

4. 画期的な成果と実世界へのインパクト

数学的フロンティア

AlphaEvolve は、純粋数学とアルゴリズム設計に大きく貢献する能力を実証しています。

- **行列乗算におけるシュトラッセンのアルゴリズム超え:** 特筆すべき成果は、2 つの 4×4 複素行列をわずか 48 回のスカラー乗算で乗算するアルゴリズムの発見であり、これはシュトラッセンの 1969 年のアルゴリズム (49 回乗算) を改善するものです。これは、この特定の設定において 56 年ぶりの改善でした¹。また、14 の異なる行列乗算アルゴリズムで最先端技術を改善しました²。
 - シュトラッセンの改善に関する注記: ある著者は、ウィノグラードのスキームのような他のスキームは存在するものの、それらはより大きな行列に再帰的に適用可能であったり、同じように一般の体上で機能したりするとは限らないため、AlphaEvolve の発見は $\langle 4, 4, 4 \rangle$ 行列乗積テンソルのランク 48 分解という特定の文脈において重要であると明らかにしました¹⁵。
- **未解決の数学的問題の解決:** 数学的解析、幾何学、組み合わせ論、数論などの分野における 50 以上の未解決問題に適用され、AlphaEvolve は既知の最良解に約 75% のケースで匹敵し、約 20% のケースで最先端を上回りました¹。
 - 例としては、11 次元におけるキッシング数問題の既知の下限の改善 (592 から 593 へ)² や、エルデシュの最小重複問題の進展² が挙げられます。
- **円パッキング:** OpenEvolve を使用して、AlphaEvolve の論文の円パッキング問題 (単位正方形に 26 個の円を詰める) の結果を再現し、ほぼ同等の結果 (半径の合計 2.634、Google の報告は 2.635) を達成し、数学的最適化技術の発見を示しました⁵。

Google のコンピューティングエコシステムの最適化

AlphaEvolve は Google 内部で展開され、具体的な利益をもたらしています。

- **データセンタースケジューリングの強化 (Borg):** Google の Borg システムに対し

てシンプルかつ効果的なヒューリスティックを発見し、Google の世界的な計算リソースの平均 0.7%を回復しました。このソリューションは 1 年以上本番環境で稼働しており、持続的な効率向上と人間が判読可能なコードを提供しています¹。この 0.7%は、14,000 台のサーバーの電力に相当します⁷。

- **ハードウェア設計支援 (TPU 回路):** 今後のテンソル・プロセッシング・ユニット (TPU) における行列乗算のための主要な算術回路において、不要なビットを削除する Verilog の書き換えを提案し、ハードウェアエンジニアによって検証されました¹。これは AI とハードウェアエンジニア間の協調的アプローチを促進します¹。
- **AI トレーニングと推論の加速:**
 - **Gemini カーネル:** 演算をより賢く分割する方法を見つけることで、Gemini のアーキテクチャにおける重要な行列乗算カーネルを 23%高速化し、Gemini の全体的なトレーニング時間を 1%削減しました¹。これにより、カーネル最適化時間も数週間から数日に短縮されました¹。
 - **FlashAttention** : 通常コンパイラによって高度に最適化され、人間のエンジニアが直接変更することは稀な低レベル GPU 命令を最適化することにより、Transformer ベースの AI モデルにおける FlashAttention カーネル実装を最大 32.5%高速化しました¹。別の情報源では、アテンション関数で 30%以上の改善があったと述べられています⁶。

Google のデータセンターにおける 0.7%の計算リソース回復¹は、控えめに見えるかもしれませんが、Google の規模では莫大な絶対的節約と効率向上につながります。これは、AlphaEvolve が非常に複雑で、すでに高度に最適化されたシステムにおいて、自明ではない、影響の大きい最適化を見つけ出す能力を浮き彫りにしています。Google のデータセンターは広大であり、運用コストとリソースフットプリントの点で大きなものです。これらのシステムは、すでに人間主導の集中的な最適化努力の対象となっています。相対的には 0.7%の改善は小さく見えるかもしれませんが⁶。しかし、グローバルなインフラストラクチャにとっては、この割合はハードウェア、エネルギー、運用コストにおいて相当な絶対的節約につながります⁶。AlphaEvolve のここでの成功は、人間が見つけるには複雑すぎるか、直感に反する効率性を明らかにできることを示唆しており、現実世界の、ハイスタークスの最適化タスクにおけるその力を実証しています。ソリューションが人間にとって読みやすいことは、展開と保守にとっての利点です¹。

AlphaEvolve が自身の基盤となるインフラストラクチャ（例：Gemini トレーニングカーネル、TPU 設計）を最適化する能力¹は、強力な正のフィードバックループを生み出します。AI システムが、それらが動作するハードウェアとソフトウェアの設計と最適化においてより不可欠になるにつれて、AI アルゴリズムと計算プラットフォーム自体の加速的な共進化が見られる可能性があります。AlphaEvolve は Gemini トレーニング

¹と TPU ハードウェア¹を最適化します。Gemini と TPU は、AlphaEvolve や同様のシステムの将来のバージョンを含む、高度な AI の開発と実行の基盤です。これらの基盤レイヤーの改善（より高速なトレーニング、より効率的なハードウェア）は、AlphaEvolve のようなシステムでより広範な進化的探索を実行したり、より大きなモデルをトレーニングしたり、より複雑な問題空間を探索したりする能力に直接変換されます。これにより、AI の改善がより良いインフラストラクチャにつながり、それがさらに強力な AI につながるというシナリオが生まれます。これは、AI の能力における技術進歩の自己強化サイクルであり、AI が自身の生産と改善の手段に貢献する実用的な例です。

5. AI 駆動型コード生成の展望における AlphaEvolve

FunSearch からの飛躍

AlphaEvolve は FunSearch の大幅な強化版です²。両システムを比較すると、AlphaEvolve の進歩が明確になります。

特徴	FunSearch	AlphaEvolve
進化の範囲	単一の Python 関数 (最大 10-20 行) ²	コードファイル全体 (数百行) ²
対応言語	Python のみ ²	任意のプログラミング言語 ²
LLM の活用	小規模なコード専用 LLM ²	最先端 LLM (Gemini 等)、豊富な自然言語コンテキストとフィードバック ²
最適化の目的	単一目的 ²	多目的最適化 ²
評価時間とスケール	1 CPU で 20 分以内 ²	アクセラレータで並列に数時間 ²
LLM サンプル数	数百万 ¹²	数千で十分 ¹²

プロンプトのコンテキスト	最小限 (以前のソリューション) ¹²	豊富なコンテキスト (過去の試行、フィードバック等) ¹²
--------------	--------------------------------	--

この比較表は、AlphaEvolve が FunSearch に対して、特に進化の範囲、言語の多様性、LLM 統合の高度化といった主要分野で、どのような具体的な進歩を遂げたかを明確に示しています。これにより、読者は DeepMind 自身の研究軌道内における AlphaEvolve の能力を迅速に把握することができます。これは、AlphaEvolve の包括的な理解を求めるユーザーの暗黙的なニーズの「関連技術との比較」の側面に直接対応しています。

従来の遺伝的プログラミングとの違い

コードを進化させるというアイデア（遺伝的プログラミング）は何十年も前から存在していましたが⁵、AlphaEvolve の革新性は、現代の LLM を進化技術と組み合わせた点にあります⁵。LLM は、従来の GP におけるしばしばランダムまたは狭く定義された演算子よりもはるかに洗練されたコード変更（「突然変異」）を生成するメカニズムを提供します⁴。LLM は構文、意味論、一般的なプログラミングパターンを理解しており、よりインテリジェントで的を絞った探索を可能にします⁴。

オープンソースの取り組みからの洞察 : OpenEvolve

OpenEvolve は、AlphaEvolve に触発されたオープンソース実装であり、同様の機能をより広範な研究コミュニティに提供することを目指しています⁵。OpenEvolve のアーキテクチャ（プロンプトサンプラー、LLM アンサンブル、評価プール、プログラムデータベース）は、AlphaEvolve で説明されているコンポーネントを反映しています⁵。OpenEvolve による円パッキング問題の再現（半径の合計 2.634 を達成）は、Google 独自の環境外でのコアアプローチの実行可能性を示しています⁵。OpenEvolve からの主要な発見、例えば低レイテンシ LLM の重要性、モデルの多様性（例：特定のタスクに対する Gemini-Flash-2.0-lite + Gemini-Flash-2.0、または Gemini-Flash-2.0 + Claude-Sonnet-3.7）、LLM 選択における速度と品質のバランスの必要性などは、AlphaEvolve の設計における同様の考慮事項を反映している可能性があります⁵。

他の AI ツールとの比較

- **Artemis by TurinTech** : AlphaEvolve の目標と類似していますが、今日の生産システムに対する即時の実用的価値に焦点を当て、現実世界のコードベースに進化論的最適化を適用する企業向けシステムとして提示されています¹⁹。Artemis は、Google の Gemini モデルを超えた柔軟性のためのマルチ LLM オーケストレーションを強調し、エンタープライズソフトウェアにおける速度、メモリ効率、またはセ

セキュリティなどの改善をターゲットとしています¹⁹。AlphaEvolve が Google 環境における研究レベルのアルゴリズム設計のために紹介されているのに対し、Artemis は進化論的最適化をより広範な企業利用に実用化することを目指しています¹⁹。

- 一般的なコード生成 AI (例 : Code Snippets AI, Google AI Studio, Windsurf Editor) : これらのツールは通常、プロンプトに基づいてコードスニペットを生成したり、コードを完成させたり、バグを修正したりすることで開発者を支援することに焦点を当てています²⁰。AlphaEvolve (および OpenAlphaEvolve) は、単に要求に応じてコードを生成するだけでなく、複雑な問題を解決したり新しいアルゴリズムを発見したりするために、反復的なテストと改良を通じてコードを自律的に進化させることで、さらに進んでいます⁶。AlphaEvolve は進化を通じた発見と最適化に関するものですが、多くのコード生成 AI は支援と生成に関するものです⁶。

AlphaEvolve のようなプロプライエタリシステムと OpenEvolve のようなオープンソースの対応物⁵、そして Artemis のような商用エンタープライズソリューション¹⁹ の両方が登場していることは、LLM 駆動の進化的計算という中核的なアイデアが、研究、オープンアクセス、商業化という複数の角度から探求されている、急速に成熟しつつある分野であることを示しています。これは、基礎となる原則が広範に検証されていることを示唆しています。AlphaEvolve は DeepMind の注目度の高い研究プロジェクトです¹。OpenEvolve はオープンソースでその機能を再現することを目指しています⁵。Artemis はエンタープライズコードに対して同様の進化的最適化を提供します¹⁹。範囲やアクセスに違いはあるものの、これらの並行した取り組みの存在は、コードに対する LLM と進化的探索の組み合わせの力に対する共通の認識を示しています。この多角的な探求は、イノベーションを加速し、より広範なコミュニティの関与を可能にし（オープンソースを通じて）、実用的なアプリケーションを推進し（エンタープライズツールを通じて）、これがニッチな学術的追求ではなく、急成長している技術的フロンティアであることを示しています。

AlphaEvolve と従来の遺伝的プログラミング (GP) の主な違いは、単に LLM を使用していることだけでなく、LLM が進化の「突然変異」と「創造性」の側面をどのように変革するかという点です。LLM はコードと問題解決パターンに関する意味論的理解をもたらす⁴、古典的な GP におけるより確率論的なアプローチよりもはるかに誘導的でインテリジェントな進化的探索を可能にします。これにより、GP の歴史的なスケーラビリティと実用性の問題の一部が克服される可能性があります。従来の GP はランダムな突然変異と交叉を使用します⁵。AlphaEvolve の LLM は「洗練されたコード変更」を生成し⁵、「コードの構文、セマンティクス、一般的なプログラミングパターン」を理解します⁴。これは、突然変異が盲目的ではなく、コードと問題解決に関する LLM

の膨大なトレーニングデータによって情報提供されることを意味します。これにより、純粋にランダムな変更よりも「創造的な飛躍」や「根本的な革新」（OpenEvolve のフェーズ 2⁵⁾）が可能になります。したがって、AlphaEvolve は単に派手な突然変異演算子を備えた GP ではなく、LLM の「知能」が進化的探索を積極的に方向付け、従来の GP よりもはるかに効率的で、より複雑な問題を解決できる可能性のある新しいパラダイムです。

6. 現在の限界と運用上の課題

自動化可能な評価メトリックへの依存

主な限界は、AlphaEvolve が、機械で採点可能なメトリックによってソリューションを自動的かつ客観的に評価できる問題にしか取り組めないことです²⁾。これにより、手動での実験、主観的な判断、または暗黙的な人間の理解を必要とするタスクは範囲外となります²⁾。この制約により、進捗を明確かつ体系的に測定できる数学、コンピュータサイエンス、およびシステム最適化に特に適しています¹⁾。

計算リソース要件

進化的アルゴリズムは、特に大規模 LLM と多数の評価と組み合わせると、計算集約的になる可能性があります²³⁾。AlphaEvolve はスループットに最適化されていますが²⁾、多数の LLM サンプル（例えば、数千の LLM サンプル¹²⁾）の評価、アクセラレータでの数時間の評価実行²⁾ など、根底にある計算需要は相当なものになる可能性があります。多くの世代に対する低レイテンシ LLM の必要性も、リソース需要を示しています⁵⁾。

透明性とアクセシビリティ（プロプライエタリシステムとしての AlphaEvolve）

AlphaEvolve のコードは公開されておらず、独立した検証を妨げ、学術および科学コミュニティの間に透明性に関する懸念を引き起こす可能性があります¹¹⁾。学術研究者向けの早期アクセスプログラムが計画されていますが⁶⁾、このような強力なツールが少数のハイテク大手企業に集中することは、イノベーション格差を拡大するリスクがあります⁷⁾。コンポーネントのオープンソース化やより広範なアクセスを求める声が上がっています⁷⁾。

AI 幻覚の防止／精度の確保

AlphaEvolve が実際のコード実行と自動評価に根ざしていることは、LLM の「幻覚」が機能しない、または不正確なアルゴリズムを生成するリスクを大幅に低減しますが⁸⁾、評価関数自体の信頼性が最も重要になります。評価者が欠陥を持っていれば、進化は誤った方向に導かれます。システムは Gemini モデルを活用してソリューションを自

動的に評価および批評し、より高い精度を目指しています²²。

「自動化可能な評価メトリック」の限界²は、単なる技術的なハードルではなく、AlphaEvolve が現在影響を与えることができる科学技術分野を根本的に形成するものです。それは、暗黙のうちに、高度に形式化され、定量化可能な成功の尺度を持つ分野を優先します。AlphaEvolve は機械で採点可能なソリューションを必要とします²。これが、その成功が数学（証明可能な解、より良い境界²）、コンピュータサイエンス（より高速なアルゴリズム¹）、およびインフラストラクチャ（効率向上¹）のような分野である理由です。定性的な評価、容易にシミュレートできない複雑な現実世界の相互作用、または主観的な人間の判断に依存する分野（例えば、特定の社会科学、芸術、多くの定量化不可能な変数を持つ複雑な生物学的システム）は、現在あまり適していません。したがって、AlphaEvolve の影響は、堅牢な自動評価機能を備えているか、または開発できる分野に偏ることになります。これは、新しい分野のためにそのような評価機能を作成する研究を推進するかもしれません。

透明性とアクセシビリティの課題⁷は、AI 研究における「マタイ効果」につながる可能性があります。そこでは、AlphaEvolve のようなツールにアクセスできるリソースの豊富な機関が急速に進歩し、他の機関は遅れをとります。これは、そのようなツールが広く利用可能になれば発見を民主化する可能性があるにもかかわらず、より広範なイノベーションを阻害し、権力を集中させる可能性があります。AlphaEvolve は強力なプロプライエタリツールです²²。アクセスは現在制限されていますが、学術プログラムが計画されています⁶。このようなシステムの開発には莫大なリソース（計算能力、最高レベルの LLM、専門家チーム）が必要です。アクセス権を持つ機関や企業は、以前は手に負えなかった問題に取り組むことができ、大きな競争上の優位性を得ることができます。これは、進歩が集中し、科学的ブレークスルーをしばしば推進する多様で独立した探求を妨げる可能性のある「イノベーション格差」のリスクを生み出します⁷。オープンソース化を求める声⁷は、この潜在的な不均衡に対する直接的な対応です。

7. 将来の軌跡：進歩と可能性

メタ進化の展望：AlphaEvolve 自身の改善

重要な将来の方向性の一つはメタ進化であり、AlphaEvolve が自身の突然変異戦略、評価関数、プロンプト生成、さらには依存する基盤 LLM 自体を最適化し、自己改善ループを作り出す可能性があります⁷。この再帰的な自己最適化は、AGI（汎用人工知能）への潜在的な経路と見なされています⁷。「自己改善コーディングエージェント（SICA）」に関する論文²⁷は、異なるものではありませんが、エージェントが改善のために自身のコードベースを修正するという同様の概念を探求しており、これが活発な研

究分野であることを示唆しています。AlphaEvolve は、SICA よりも構造化された進化的探索に重きを置いていると引用されています²⁷。

新しい科学技術分野への拡大

材料科学、創薬、持続可能性、物理学、化学、バイオテクノロジー、ロジスティクス、より広範な技術的・ビジネス的応用における潜在的な応用が構想されています³。これには、これらのドメインのためのシミュレータ（例：物理学、化学用）との統合や、新しいタイプの評価関数の開発が必要です⁷。

ハイブリッド評価メカニズムの可能性

将来の方向性には、純粹に自動化された評価関数の限界を克服するために、記号的推論と人間の好みや自然言語による批評を組み合わせたハイブリッド評価の統合が含まれます⁹。これにより、より主観的または複雑な成功基準を持つ問題に対する AlphaEvolve の適用可能性が拡大する可能性があります。LLM 生成フィードバックはすでにオプションのメカニズムであり²、この方向性を示唆しています。

プロンプトエンジニアリングと評価カスケードの改善

OpenEvolve の将来の方向性には、自動適応によるプロンプトエンジニアリングの改善や、質の低いソリューションをより迅速に枝刈りするためのより洗練された評価カスケードが含まれており⁵、これらは AlphaEvolve にとっても継続的な研究分野である可能性が高いです。

進化した出力の蒸留

将来の方向性の一つは、進化したアルゴリズムからの知識をベース LLM に蒸留し、より強力でサンプル効率の高い基盤モデルを作成することです²。

メタ進化⁷は、AlphaEvolve が現在のタスクでより良くなることだけを意味するものではありません。AlphaEvolve が根本的に新しい発見と最適化の方法を発見する可能性があることを意味します。これにより、人間がまだ考案していない新しい AI パラダイムやアルゴリズム的アプローチが生まれる可能性があります。AlphaEvolve は現在、LLM 誘導の突然変異と自動評価を伴う進化的フレームワークを使用しています¹。メタ進化は、AlphaEvolve がこのフレームワーク自体を変更できることを意味します。例えば、新しいタイプの進化的演算子を発明したり、より効率的な探索戦略を設計したり、コード生成のためのより良い LLM プロンプト技術を自動的に作成したりするなどです⁷。成功すれば、AlphaEvolve は既知の方法を使用する単なるツールではなく、*新しい発見の方法を発明するエンジン*になるでしょう。これにより、より一般的で適応的な問題解

決 AI システムを構築する方法を理解する上でブレークスルーがもたらされる可能性があります。

新しい科学分野への拡大⁶は、AlphaEvolve の能力とそれらの分野の「評価関数」技術の共進化を必要とします。これは、自動化された実験、シミュレーション、および科学的仮説の機械テスト可能な形式への形式化において、大幅な進歩を促進する可能性があります。AlphaEvolve の現在の成功は、明確で自動化可能な評価関数を持つ分野（数学、コンピュータサイエンス）にあります¹。創薬や材料科学に効果的に取り組むためには⁶、これらの複雑な物理ドメインで提案されたソリューションを評価する方法が必要です。これには、高度な物理/化学シミュレータ⁷、自動化された実験装置、あるいは単純なメトリックでは容易に捉えられない特性を評価できる新しい形式の「LLM ベースの評価関数」との緊密な統合が含まれる可能性があります。したがって、AlphaEvolve をより広範に適用しようとする動きは、より洗練された自動化された科学インフラストラクチャと方法論を開発するための触媒として機能し、効果的に科学自体をより「機械学習可能」にします。

8. 社会的影響と倫理的考察

科学研究と工学のパラダイム変革

AlphaEvolve や同様の AI システムは、科学者やエンジニアの役割を、直接的な問題解決者から、目的や評価基準を定義し、AI が反復的な探索と解決策生成を担当する「問題設定者」または「キュレーター」へとシフトさせる可能性があります⁶。骨の折れる作業を自動化し、人間の能力を超える広大な解決策空間を探索することで、発見のペースを加速させる可能性があります¹。

人間の専門家の役割の変化とプログラミングの未来

AlphaEvolve は特定の構造化された問題解決タスクで人間を凌駕することができますが⁷、目的設定、倫理的境界の確立、複雑な出力の解釈、自動評価に適さない問題への取り組みには、依然として人間の専門知識が必要です⁹。AI リテラシー、モデルの透明性、高レベルのシステム思考、AI 倫理といったスキルへの需要が高まる可能性があります²⁸。特定の職種（例：エントリーレベルのコーディング、反復的なアルゴリズム研究）での雇用喪失に関する懸念が存在しますが²⁸、新しい職種（AI ストラテジスト、倫理担当者）が出現する可能性もあります²⁸。

汎用人工知能（AGI）への道筋と関連する責任

AlphaEvolve の創造的な自律性、自己改善（特にメタ進化）、複雑な抽象的問題への取り組み能力は、一部の人々によって AGI への重要な一步と見なされています⁷。再帰的

に自己改善するシステムの可能性は、深刻な安全性と制御の問題を提起します⁷。特にモデルの重み自体がシステムによって更新可能になる場合、観測可能性と人間の監視が主要な安全メカニズムとして強調されています²⁷。

アクセス、バイアス、制御に関する懸念への対応

AlphaEvolve のような強力な AI ツールが少数の大手ハイテク企業に集中することは、イノベーション格差の拡大と公平なアクセスに関する懸念を引き起こします⁷。協力関係を育み、利益が広く分配されることを保証するために、コンポーネントのオープンソース化、十分なサービスを受けていない研究者へのクラウドベースのアクセスの提供、透明性の向上を求める声が顕著です⁷。倫理的な使用、誤用（例：有害なアルゴリズムや自律型兵器への利用）の防止、AI 生成ソリューションにおける潜在的なバイアスへの対処は、重要な考慮事項です⁷。

AlphaEvolve の雇用への影響に関する議論²⁸ は、単なる置き換えではなく、役割の根本的な再定義に関するものです。価値は、コーディング/問題解決のメカニズムから、問題定式化、倫理的監視、AI と人間の協力といった戦略的側面にシフトします。

AlphaEvolve は複雑なコーディングと最適化タスクを自動化します¹。これにより、これらのタスクの手動実行に対する需要が減少し（一部のコーダーにとっては潜在的な雇用喪失²⁸）、しかし、AlphaEvolve は明確に定義された問題と評価関数を必要とします²。これには人間の知性とドメイン専門知識が必要です。人間が判読可能であっても、出力は解釈され、より広範なシステムに統合される必要があり、その倫理的影響も評価される必要があります²⁸。したがって、人間の役割は、より高レベルのタスクへと進化します。「何を」「なぜ」を定義し、AI を導き、責任ある使用を保証し、AI の発見を創造的に適用することです。クリティカルシンキング、ドメイン専門知識、AI 協カスキルが重視されるでしょう。

AlphaEvolve をオープンソース化するか⁷、プロプライエタリのままにするかという議論は、AI 開発における根本的な緊張関係を反映しています。つまり、急速で協力的な科学的進歩への欲求と、強力で潜在的に変革的な技術に関連する競争上の優位性および安全性/制御上の懸念との間の緊張です。この緊張関係は、今後何年にもわたって AI ガバナンスの議論を形成する可能性があります。AlphaEvolve は大きな可能性を秘めた強力なツールです¹。オープンアクセスは、グローバルなイノベーションを加速し、より広範な学術的精査を可能にする可能性があります⁷。しかし、このような強力な AI は、広範かつ無制御に普及した場合、誤用や意図しない結果のリスクも伴います¹²。プロプライエタリな管理は、開発者（DeepMind/Google など）がこれらのリスクをより直接的に管理し、商業的利益を得ることを可能にしますが、「イノベーション格差」を生み出すという非難につながる可能性があります⁷。このジレンマ（進歩のための開放

性対安全性/利益のための管理）は、高度 AI への社会的適応の中心です。おそらく、キュレーションされたアクセスプログラム⁶、ライセンス供与、または段階的な機能リリースを通じて、バランスを見つけることが大きな課題となるでしょう。

9. 結論：科学と AI における AlphaEvolve の変革的可能性

AlphaEvolve の意義の要約

AlphaEvolve は、LLM と進化的アルゴリズムを組み合わせる自律的なアルゴリズム発見と最適化を実現する力を実証し、AI における画期的な成果を示しています¹。数学、コンピュータサイエンス、実世界のインフラ最適化におけるその成功は、複雑な問題の解決方法を革命的に変える可能性を強調しています¹。

長期的影響に関する結論的考察

AlphaEvolve は単なるツールではなく、AI 駆動型発見の新しいパラダイムであり、科学的進歩を加速し、技術革新の展望を再構築する可能性があります⁶。より一般的で自律的な AI システムへの道のり、それらが伴う倫理的および社会的考慮事項を含め、AlphaEvolve のようなシステムによって大きく方向付けられるでしょう⁷。

以下に、AlphaEvolve の主要な革新と影響をまとめた表を示します。この表は、報告書全体で議論された多様な成果と特徴を、容易に理解できる形式で統合し、読者が主要なポイントを迅速に把握できるようにすることを目的としています。

ドメイン/側面	主要な革新/影響	具体例
コア技術	高度な LLM（Gemini）と進化的アルゴリズムの相乗的組み合わせ ¹	インテリジェントなコード突然変異、コードベース全体の進化
数学的発見	アルゴリズム設計における人間によるベンチマークの凌駕 ²	4x4 行列乗算 ² 、キッシング数 ⁶
インフラ最適化	大規模システムにおける具体的な効率向上 ¹	Google データセンターのスケジューリング ¹ 、TPU 設計 ¹

AI 開発の加速	AI モデルとトレーニングプロセスの最適化 ¹	Gemini カーネル最適化 ¹ 、FlashAttention 高速化 ¹
研究パラダイムシフト	発見における創造的なパートナーとしての AI への移行 ⁶	ソリューション空間の自動探索
将来の可能性	自己改善 AI および AGI へのステップ ⁷	メタ進化、新ドメインへの拡大

AlphaEvolve は、AI における単なる漸進的な改善ではなく、複雑なドメインにおいて AI システムが自律的に新規かつ優れたソリューションを発見できるという質的な変化を表しています。これにより、AI は人間が定義したソリューションを実行するツールから、それらを生成するパートナーへと移行します。従来の AI は、多くの場合、パターン認識、予測、または事前定義されたアルゴリズムの実行に焦点を当てています。AlphaEvolve は、新しいアルゴリズムを作成し、人間のパフォーマンスを超えて既存のものを最適化します²。これは、LLM によって導かれる進化的プロセスを通じて行われ、これは自動化された創造的な探索の一形態です¹。この「発見」および「発明」する能力⁴は、主にデータ内のパターンを学習し複製する AI システムからの大きな逸脱です。したがって、AlphaEvolve の主な意義は、AI が真のアルゴリズム革新の可能性を実証し、科学技術分野における問題解決の性質を変えることにあります。

AlphaEvolve の成功は、異なる AI 技術（LLM+進化的アルゴリズム）間の相乗効果と、効果的な評価メカニズムの重要な役割を強調しています。AI 駆動型発見における将来の進歩は、多様な AI の強みを組み合わせ、複雑な目標を計算可能な評価関数に形式化する我々の能力に大きく依存する可能性があります。AlphaEvolve の力は、LLM と進化的探索 と自動評価関数の組み合わせから生まれます¹。単一のコンポーネントだけでは十分ではありません。LLM はコード生成/突然変異のための「創造的なひらめき」を提供します⁴。進化的アルゴリズムは反復的な改善と探索のためのフレームワークを提供します²。自動評価関数は重要なフィードバックと選択圧を提供します¹。これは、複雑な AI システムのブレークスルーが、単一のモノリシックなモデルではなく、このようなハイブリッドアプローチからますます生まれることを意味します。さらに、「評価関数」のボトルネック²は、AI 自体の生成的機能と同じくらい、「何が良いか」を計算可能な方法で定義することが重要であることを浮き彫りにしています。科学のための AI の進歩は、より良い LLM と同じくらい、より良い評価関数に関するものであるかもしれません。

10. 専門家、科学誌、専門誌による評価

AlphaEvolve の発表は、AI 研究コミュニティ、技術専門家、および科学出版物の間で大きな関心と議論を呼び起こしました。その評価は、画期的な能力への称賛から、その運用と影響に関する慎重な考察まで多岐にわたります。

全般的な称賛と意義

多くの専門家は、AlphaEvolve を自律的なコードとアルゴリズム作成における大きな進歩として認識しています³⁰。Towards Data Science の Luciano Abriata 氏は、AlphaEvolve を「LLM の創造的な生成能力と遺伝的アルゴリズムの融合」と表現し、AI が人間の指示を実行するだけでなく、発見と革新における創造的なパートナーになる未来を示唆していると述べています⁸。同様に、Unite.AI は、AlphaEvolve を「機械知能そのものの理解における深遠な一歩」と呼び、機械が自律的に発見できるものを再定義すると強調しています⁹。Resident Magazine は、AlphaEvolve が「プログラミングという行為とソフトウェアエンジニアの仕事に大きな影響を与え、コードが書かれる方法における最大の飛躍を意味する」と述べています²⁸。

特定の能力とブレイクスルーに対する評価

AlphaEvolve の具体的な成果、特に 56 年間破られなかったシュトラッセンの行列乗算アルゴリズムを超える 4x4 複素行列乗算アルゴリズムの発見は、広く注目されています¹。HackerNoon は、この改善の規模は「革新のほんの一部」とであると指摘し、その方法の斬新さを強調しています⁷。Google のインフラストラクチャ内での実用的なアプリケーション、例えばデータセンターのスケジューリング効率の 0.7% 向上や Gemini カーネルの 23% 高速化なども、その実世界での影響力を示すものとして頻繁に引用されています¹。

AI 専門家であり批評家でもある Gary Marcus 氏は、The Register に対し、AlphaEvolve が純粋な大規模言語モデルの枠を超えて考える DeepMind の姿勢を示すものであり、「古典的な AI のアイデアとニューラルネットワークを組み合わせたニューロシンボリック技術が未来の道であることのもう一つの兆候」と述べています¹³。

懐疑論と建設的批判

その成果にもかかわらず、いくつかの議論や懸念も提起されています。Latenode の記事では、AlphaEvolve が真に人間のような方法で「推論」しているのか、それとも LLM によって導かれる非常に洗練された計算集約的な「ブルートフォース」検索の一形態なのかという、活発な議論が進行中であると指摘しています¹¹。Reddit のディス

カッションでは、AlphaEvolve の数学的発見のいくつかは、非常に特殊な組み合わせオブジェクトの構築であり、一般的な数学的定理の証明とは異なると指摘するユーザーもいます。また、DeepMind が利用できる膨大な計算資源が、これらの成果に貢献した可能性も示唆されています¹⁵。

透明性とアクセス

AlphaEvolve のプロプライエタリな性質とコードの非公開性は、独立した検証を妨げ、学術コミュニティにおける透明性に関する懸念を引き起こしています¹¹。Latenode と HackerNoon は、より広範な採用、独立した検証、外部専門家によるさらなる革新を可能にするために、主要なアルゴリズムの段階的なオープンソース化や構造化された学術的パートナーシップを求めるコミュニティの要望を強調しています⁷。

将来の展望と影響

専門家は、AlphaEvolve が科学研究の方法論を変革し、複数の分野で進歩を加速させる可能性を強調しています⁶。Resident Magazine は、将来のエンジニアはコードを書くことよりも問題定義の設計に時間を費やすようになり、焦点が「コーディングからキュレーションへ、タイピングから操縦へと移る」と予測しています²⁸。

AI 企業 Chatterbox Labs の CTO である Stuart Battersby 氏は、The Register に対し、AlphaEvolve の可能性について楽観的な見方を示し、「AI ソリューションが開発サイクルをより迅速に進めるだけでなく、より良い結果を生み出すことを期待している」と述べています¹³。

全体として、AlphaEvolve は AI によるアルゴリズム発見における重要なマイルストーンとして広く認識されており、その能力は称賛されていますが、その運用、アクセス可能性、そして科学と社会へのより広範な影響については、継続的な議論と精査が行われています。

引用文献

1. AlphaEvolve: A Gemini-powered coding agent for designing advanced algorithms, 5 月 21, 2025 にアクセス、
<https://deepmind.google/discover/blog/alphaevolve-a-gemini-powered-coding-agent-for-designing-advanced-algorithms/>
2. AlphaEvolve: A coding agent for scientific and algorithmic discovery - Googleapis.com, 5 月 21, 2025 にアクセス、
<https://storage.googleapis.com/deepmind-media/DeepMind.com/Blog/alphaevolve-a-gemini-powered-coding-agent-for-designing-advanced-algorithms/AlphaEvolve.pdf>

3. Google DeepMind's AlphaEvolve: AI That Writes Code and Saves Costs- MojoAuth, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://mojoauth.com/blog/google-deepminds-alphaevolve-ai-that-writes-code-and-saves-costs/>
4. Google AlphaEvolve: A Deep Dive into Gemini-Powered Math AI..., 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://apidog.com/blog/google-alphaevolve/>
5. OpenEvolve: An Open Source Implementation of Google DeepMind's AlphaEvolve, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://huggingface.co/blog/codellion/openevolve>
6. AlphaEvolve: Google DeepMind's New AI System - The Visla Blog, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://www.visla.us/blog/news/alphaevolve-google-deepminds-new-ai-system/>
7. AlphaEvolve: DeepMind's Evolutionary Leap in Scientific Algorithmic Discovery, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://hackernoon.com/alphaevolve-deepminds-evolutionary-leap-in-scientific-algorithmic-discovery>
8. Google's AlphaEvolve Is Evolving New Algorithms — And It Could Be a Game Changer, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://towardsdatascience.com/googles-alphaevolve-is-evolving-new-algorithms-and-it-could-be-a-game-changer/>
9. AlphaEvolve: Google DeepMind's Groundbreaking Step Toward AGI- Unite.AI, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://www.unite.ai/alphaevolve-google-deepminds-groundbreaking-step-toward-agi/>
10. Paper Review: AlphaEvolve: A coding agent for scientific and algorithmic discovery, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://andlukyane.com/blog/paper-review-alphaevolve>
11. AlphaEvolve: AI Outsmarts 56-Year Math Record? - Latenode, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://latenode.com/blog/ai-smashes-math-record>
12. The Dawn of Algorithmic Evolution: AlphaEvolve and Its ... - gekko, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://gpt.gekko.de/alphaevolve-impact-science-economy-society/>
13. Google DeepMind debuts algorithm evolving agent, AlphaEvolve - The Register, 5 月 21, 2025 にアクセス、https://www.theregister.com/2025/05/15/google_deepmind_debuts_algorithm_evolving/
14. 5 impressive feats of DeepMind's new self-evolving AICoding agent - TNW, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://thenextweb.com/news/5-feats-of-deepmind-ai-coding-agent-alphaevolve>
15. [R] AlphaEvolve: A coding agent for scientific and algorithmic discovery - Reddit, 5 月 21, 2025 にアクセス、https://www.reddit.com/r/MachineLearning/comments/1kmx4z/r_alphaevolve_a_coding_agent_for_scientific_and/
16. Meet AlphaEvolve, the Google AI that writes its own code—and just saved millions in computing costs : r/singularity - Reddit, 5 月 21, 2025 にアクセス、https://www.reddit.com/r/singularity/comments/1kmia4y/meet_alphaevolve_the

- [google ai that writes its/](#)
17. Google's new AICoding agent could help Gemini develop better versions of itself - BGR, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://bgr.com/tech/googles-new-ai-coding-agent-could-help-gemini-develop-better-versions-of-itself/>
 18. AlphaEvolve by DeepMind automates code optimisation and discovers new algorithms, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://dig.watch/updates/alphaevolve-by-deepmind-automates-code-optimisation-and-discovers-new-algorithms>
 19. How Artemis Brings AlphaEvolve's Promise to Your Business Today - TurinTech AI, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://www.turintech.ai/blog/how-artemis-brings-alphaevolves-promise-to-your-business-today>
 20. Compare AlphaEvolve vs. Code Snippets AI in 2025 - Slashdot, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://slashdot.org/software/comparison/AlphaEvolve-vs-Code-Snippets-AI/>
 21. How to Install OpenAlpha_Evolve: The Open Source Framework Inspired by AlphaEvolve, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://dev.to/nodeshiftcloud/how-to-install-openalphaevolve-the-open-source-framework-inspired-by-alphaevolve-5g3b>
 22. DeepMind's AlphaEvolve Surpasses Expectations in Solving Math and Science Problems, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://opentools.ai/news/deepminds-alphaevolve-surpasses-expectations-in-solving-math-and-science-problems>
 23. Evolutionary Algorithms and Generative AI - [x]cube LABS, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://www.xcubelabs.com/blog/evolutionary-algorithms-and-generative-ai/>
 24. What happened to genetic algorithms? | Statistical Modeling, Causal Inference, and Social Science, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://statmodeling.stat.columbia.edu/2025/04/17/what-happened-to-genetic-algorithms/>
 25. DeepMind Unveils AlphaEvolve, an AI Agent for Algorithm Design - Mexico Business News, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://mexicobusiness.news/cloudanddata/news/deepmind-unveils-alphaevolve-ai-agent-algorithm-design>
 26. TAI#153: AlphaEvolve & Codex - AIBreakthroughs in Algorithm Discovery & Software Engineering - Towards AI Newsletter, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://newsletter.towardsai.net/p/tai-153-alphaevolve-and-codex-ai>
 27. A Self-Improving Coding Agent - arXiv, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://arxiv.org/html/2504.15228v2>
 28. AI Revolution: AlphaEvolve Redefines Coding with Gemini Model, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://resident.com/tech-and-gear/2025/05/18/alphaevolve-googles-gemini-ai-is-coming-for-your-coding-job>
 29. Hot Take: The idea that AI is going to replace your IT job is a myth created by IT companies to deflate engineers' wages and make you feel insecure about your job. - Reddit, 5 月 21, 2025 にアクセス、

https://www.reddit.com/r/Tunisia/comments/1kpi1ro/hot_take_the_idea_that_ai_is_going_to_replace/

30. Mastering Scientific and Algorithmic Discovery with AlphaEvolve, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://adasci.org/mastering-scientific-and-algorithmic-discovery-with-alphaevolve/>
31. PhialsBasement/AlphaEvolve-MatrixMul-Verification: Verification of Google DeepMind's AlphaEvolve 48-multiplication matrix algorithm, a breakthrough in matrix multiplication after 56 years. - GitHub, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://github.com/PhialsBasement/AlphaEvolve-MatrixMul-Verification>
32. AlphaEvolve: A Gemini-powered coding agent for designing advanced algorithms | Hacker News, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://news.ycombinator.com/item?id=43985489>
33. AlphaEvolve: A Gemini-powered coding agent for designing advanced algorithms, 5 月 21, 2025 にアクセス、<https://deepmind.com/discover/blog/alphaevolve-a-gemini-powered-coding-agent-for-designing-advanced-algorithms/>
34. DeepMind introduces AlphaEvolve: a Gemini-powered coding agent for algorithm discovery : r/singularity - Reddit, 5 月 21, 2025 にアクセス、https://www.reddit.com/r/singularity/comments/1kmhti8/deepmind_introduces_alphaevolve_a_geminipowered/