

リサーチ担当者: Frank Downing
次世代インターネット分野
リサーチディレクター

Jozef Soja
リサーチアソシエート

人工知能 (AI)

世界の知能を拡張し、仕事の在り方を変える



様々なテストにおいて超人的なパフォーマンスを発揮するGPT-4のようなAIモデルは、かつてないほどの急速な生産性向上をもたらすとみられます。ChatGPTに「iPhone」の登場時のような衝撃を受け、企業は人工知能(AI)のポテンシャルを活かそうと躍起になっています。

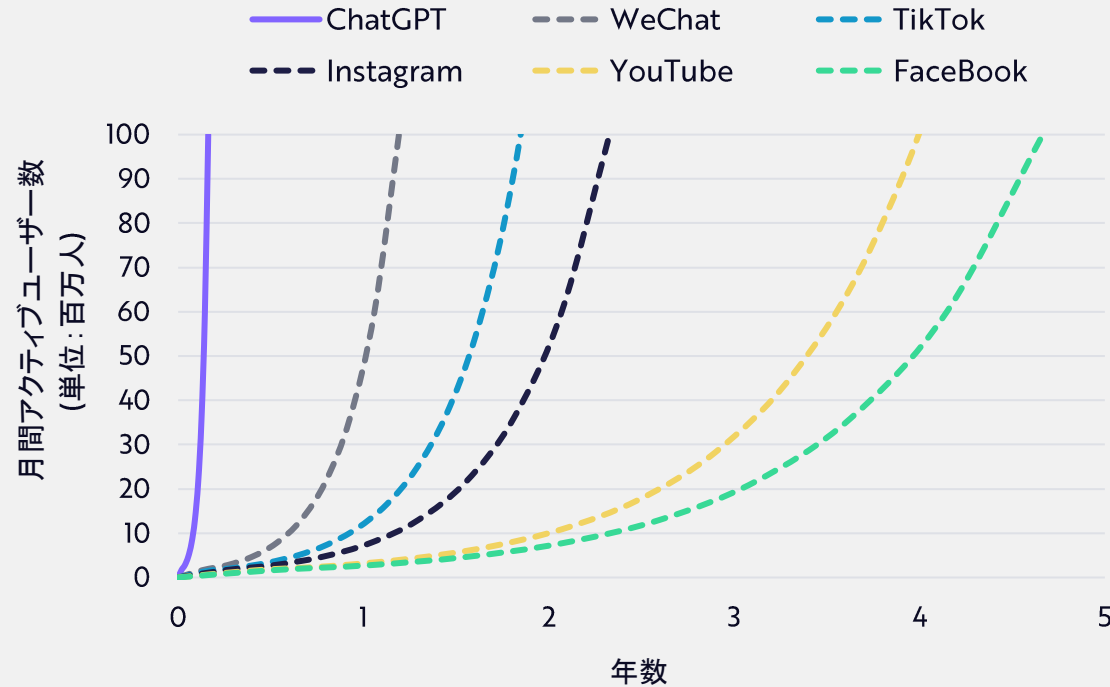
急速なコスト低下とオープンソースモデルのおかげで、AIがもたらすと期待されるものは効率性の向上にとどまりません。ARKでは、ナレッジワーカー(知識労働者)の生産性が2030年までに4倍になる可能性があると考えており、仮にそれが実現すれば今後5~10年間で実質GDPの成長が加速し、過去最高を更新していくと期待されます。



ChatGPTに消費者は歓喜、企業は驚嘆

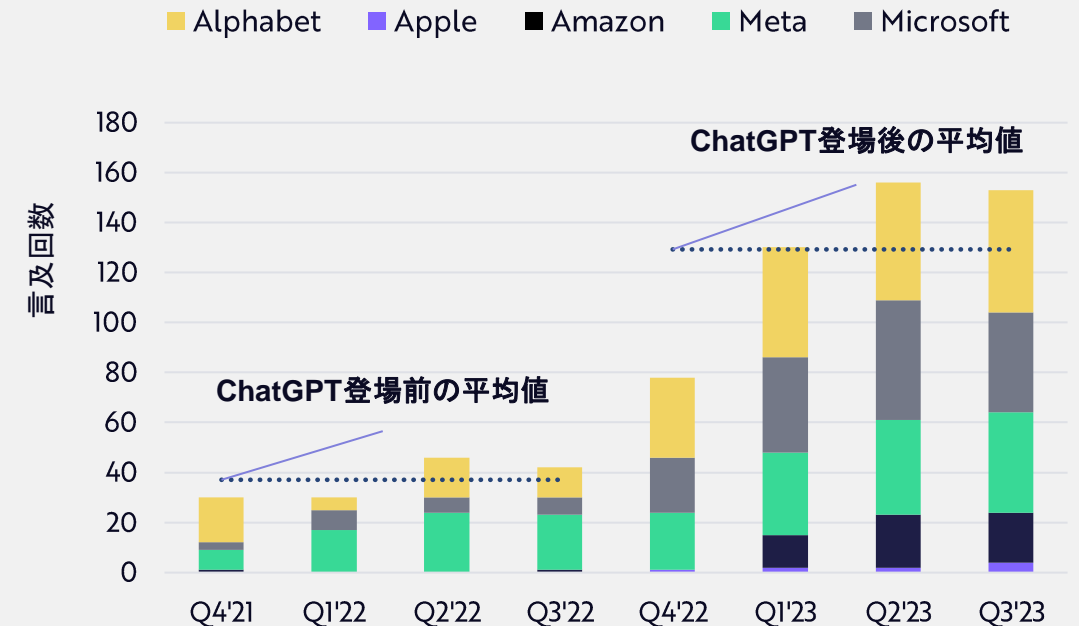
2017年にGoogleがトランスフォーマーアーキテクチャーを発明して以来、年々進歩を重ねてきた生成AIが一般の人々のあいだで知られるようになったきっかけはGhatGPTでした。生成AIはもはや開発者だけのツールではなくなり、ChatGPTのシンプルなチャット・インターフェースのおかげで、使用する言語を問わず誰もが大規模言語モデル(LLM)の力を活用できるようになりました。2023年には、企業の間で生成AIをいち早く理解し導入しようとする動きがみられました。

ChatGPT利用者は2ヵ月で1億人に到達



*ユーザー数0人から1億人までの間の数値は推定値

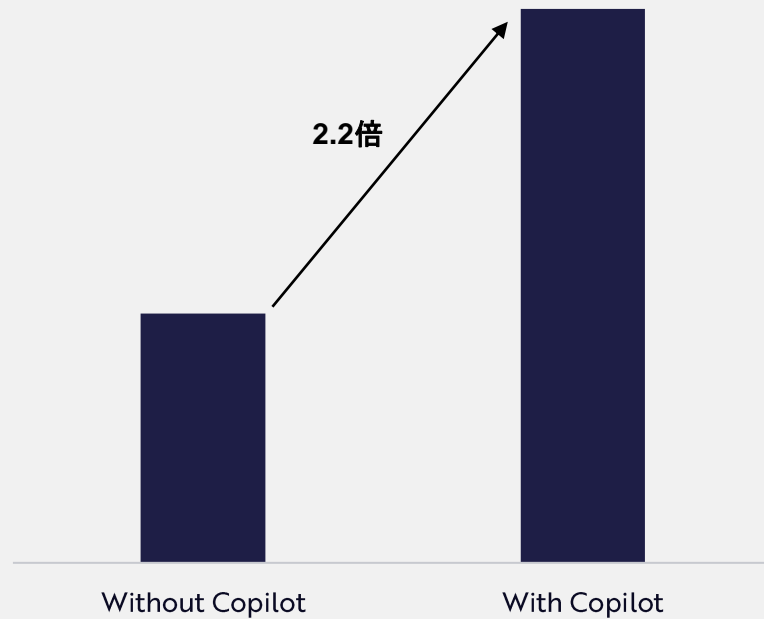
企業の決算説明会におけるAIへの言及回数は3倍に増加



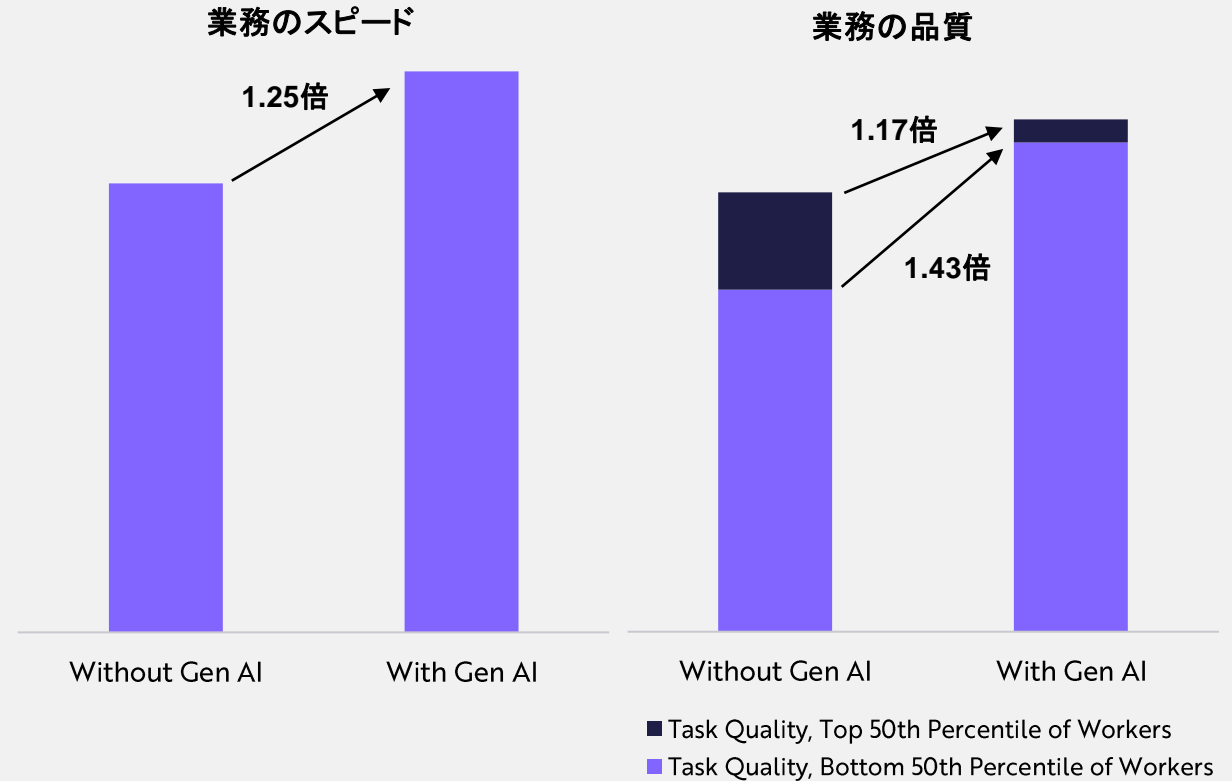
AIによって生産性はすでに大きく向上

初期の成功例として挙げられるのはGitHub CopilotやReplit AIなどのコーディング支援ツールで、ソフトウェア開発者の生産性や仕事の満足度を高めてきました。AIを搭載した支援ツールはナレッジワーカーのパフォーマンスを向上させており、興味深いことに、優秀な労働者よりもパフォーマンスが芳しくない労働者の方が比較的大きな恩恵を受けています。

開発者のコーディング業務生産性
Github Copilotを用いた場合 (2023年)



コンサルタントの生産性
生成AIを用いた場合 (2023年)



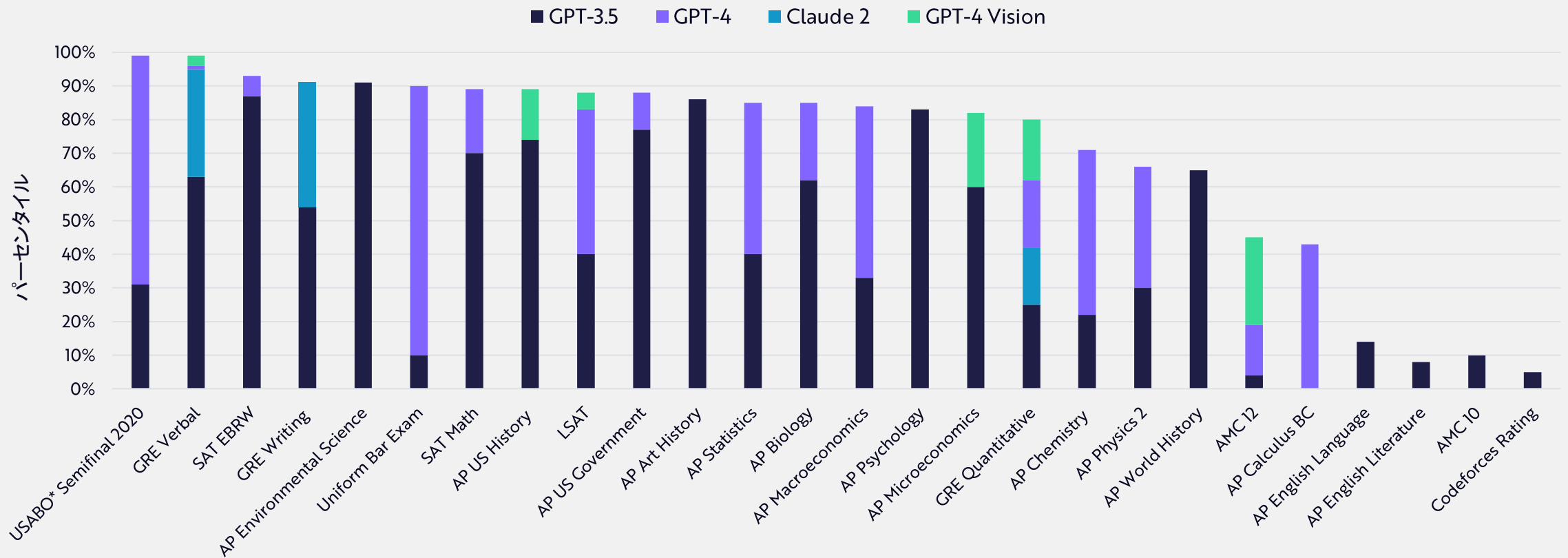
出所: ARK Investment Management LLC, 2024 生産性の分析に用いたデータは、参加者数やタスクの質の定義が異なる複数の研究結果から収集したものです。用いたデータソースはDell'Acquaら(2023)とGitHub (2022)です。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。



ファウンデーションモデルは様々な領域にわたって性能が向上中

GPT-4は、トレーニング用のデータセットの大規模化とパラメーターの増加を受けてGPT-3.5の性能を大幅に上回っています。ファウンデーションモデルはますます「マルチモーダル」になってきており(テキスト、画像、音声、動画に対応)、よりダイナミックでユーザーフレンドリーなだけでなく、性能も向上しています。

GPT-3.5、GPT-4、クロード2による専門・学力試験の結果



*USA Biology Olympiad (米国生物学オリンピック)とは、高校生を対象とした生物学に関する全米規模の権威あるコンテスト。ARK Investment Management LLC, 2024 (OpenAI/Anthropic-2024年1月9日のデータに基づいている) 予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・出所: 保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。



テキスト画像生成モデルが実現している全く新しいグラフィックデザイン

トロント大学の研究者たちが最新型のテキスト画像生成モデルの第1号を発表してから8年が経ち、今や画像生成モデルが生み出す画像はプロのグラフィックデザイナーが制作する画像に匹敵するレベルとなっています。人間のデザイナーは例えば緑の草原を歩く象の群れの画像を数時間、そして数百米ドルで製作可能ですが、テキスト画像生成モデルは同じグラフィックを数秒、そしてわずかな金額で生み出すことができます。Adobe Photoshopのようなプロ向けアプリ、LensaやChatGPTのようなコンシューマー向けアプリは、自社の製品やサービスへの画像生成モデルの組み込みを進めています。



緑の草原を歩く象の群れ



2016年2月
alignDRAW



2022年2月
Midjourney v1



2022年11月
Midjourney v4



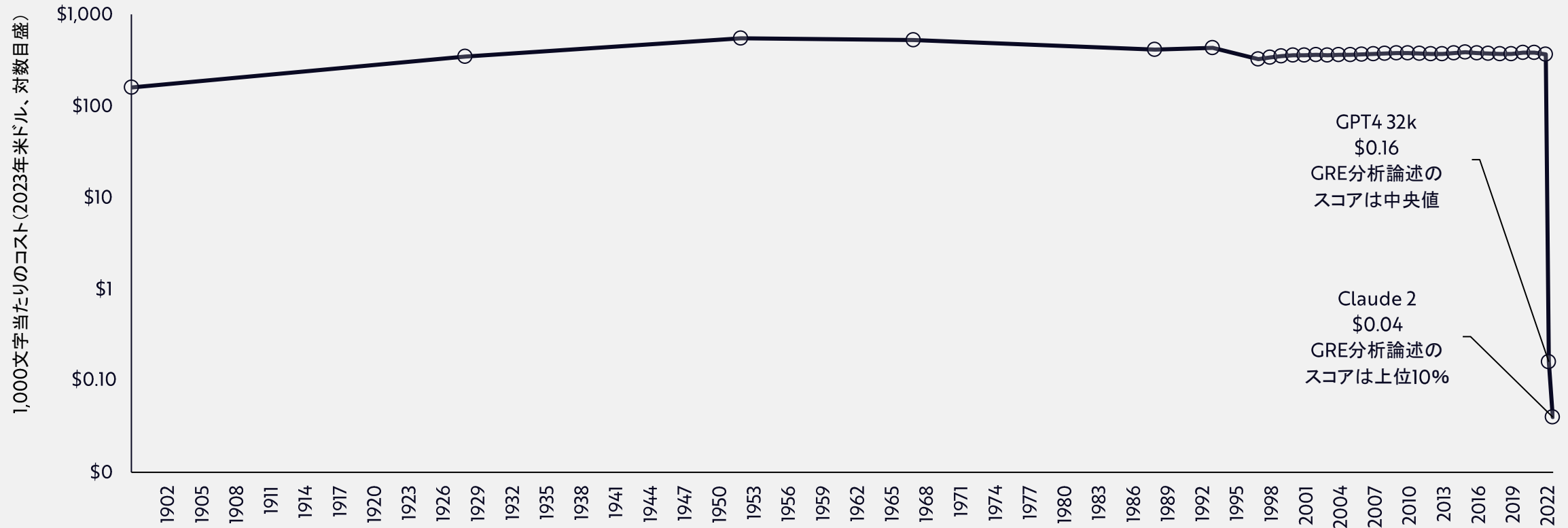
2023年12月
Midjourney v6



文章作成コストは急激に低下

過去100年の間、執筆のコストは実質ベースで見ると比較的変わらぬ水準で推移してきましたが、過去2年間ではLLMによる文章作成の質向上を受けてコストが急激に低下しました。

文章作成コストの推移



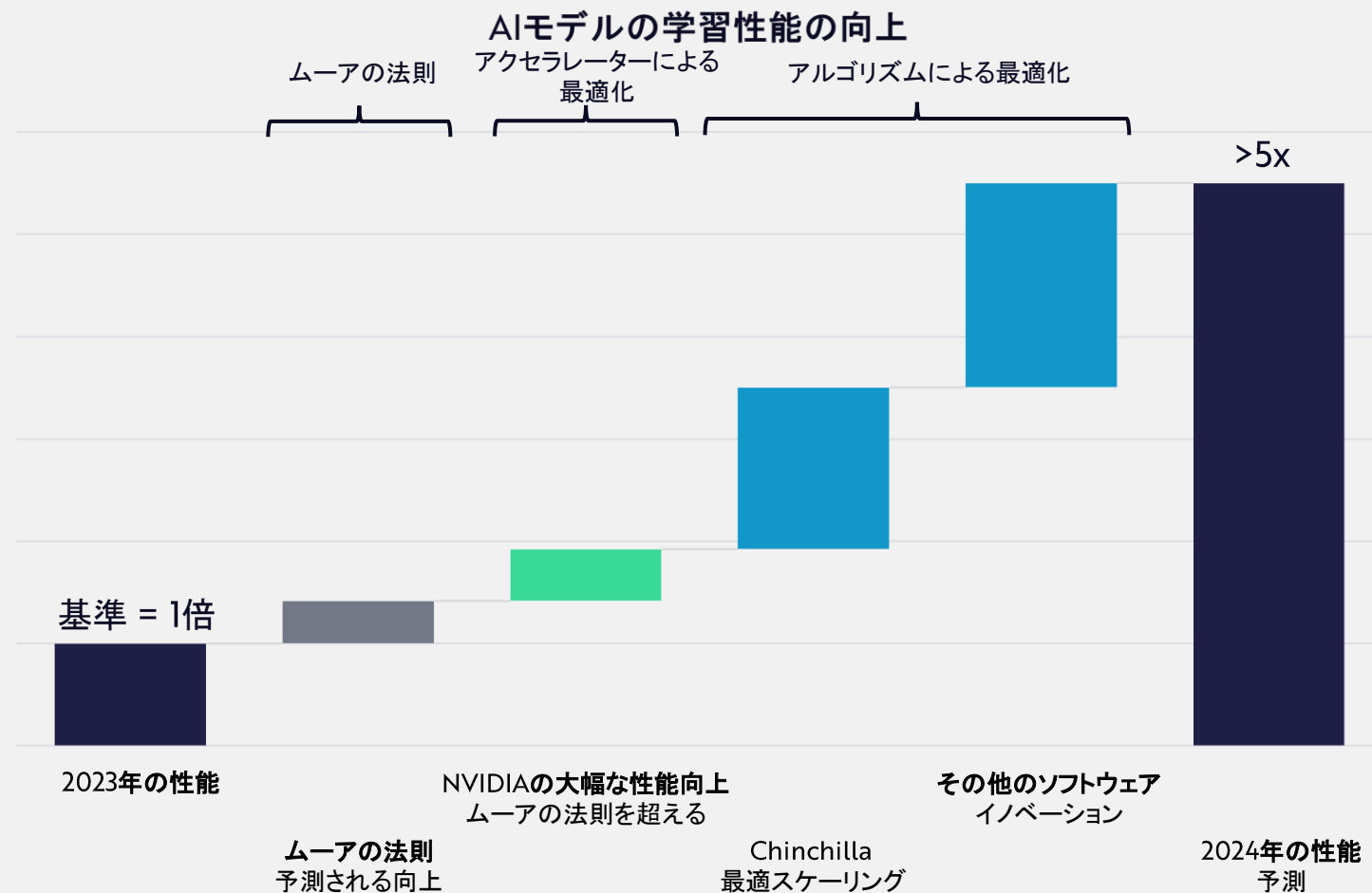
1997年以降は起用されるライター1人当たりの文字数が長期にわたり一定で推移すると仮定

出所: ARK Investment Management LLC, 2024 ARKによる上記分析は2024年1月9日現在の様々なデータソースに基づいています。当該データソース等については、請求に応じて提供可能です。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。



AIの学習性能は急速に向上中

AIの研究者たちは、学習・推論、ハードウェア、モデル設計などに革新を起こしており、性能向上とコスト低下を実現しています。



その他のアルゴリズムにおける革新

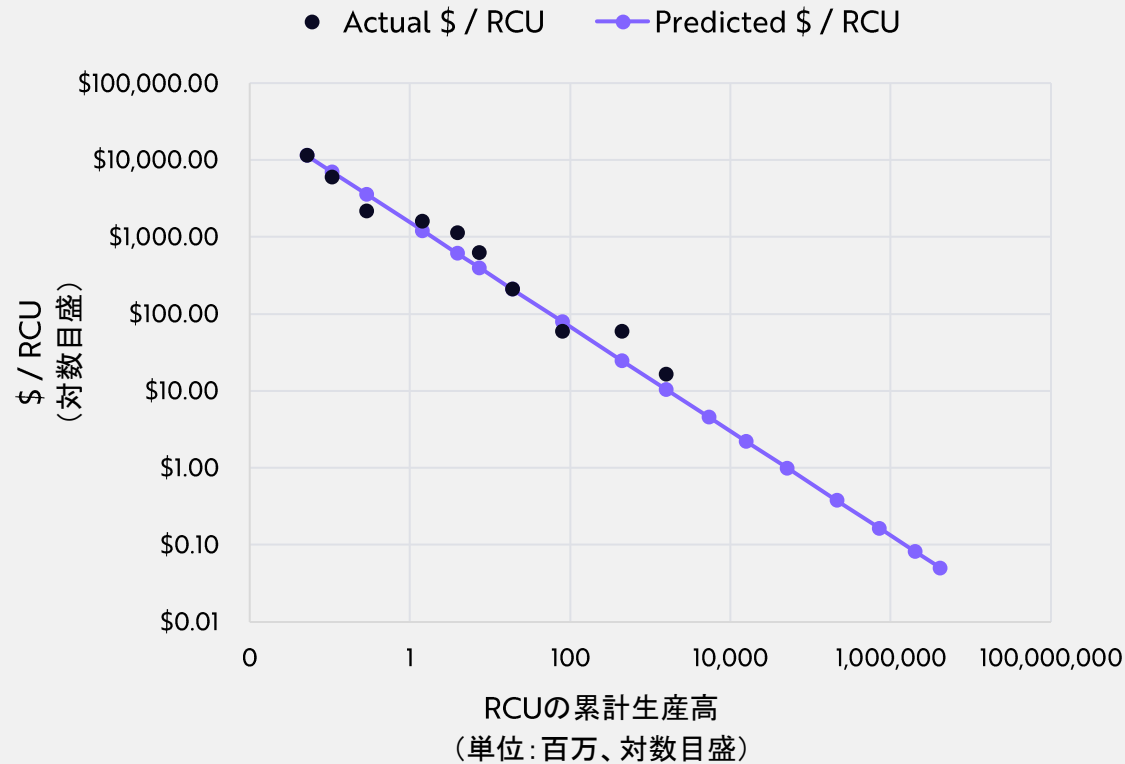
- [Llama2は、LLMの優れた文章作成能力の柱となっているのが人間のフィードバックによる強化学習\(RLHF\)であることを示唆](#)
- [最適化されたプロンプトは、人間によるプロンプトの性能を50%超上回る可能性](#)
- [Speculative Decodingは、一部のモデルの推論速度を2~3倍高速化](#)
- [Flash Attention 2はGPTモデルの学習速度を2.8倍高速化](#)



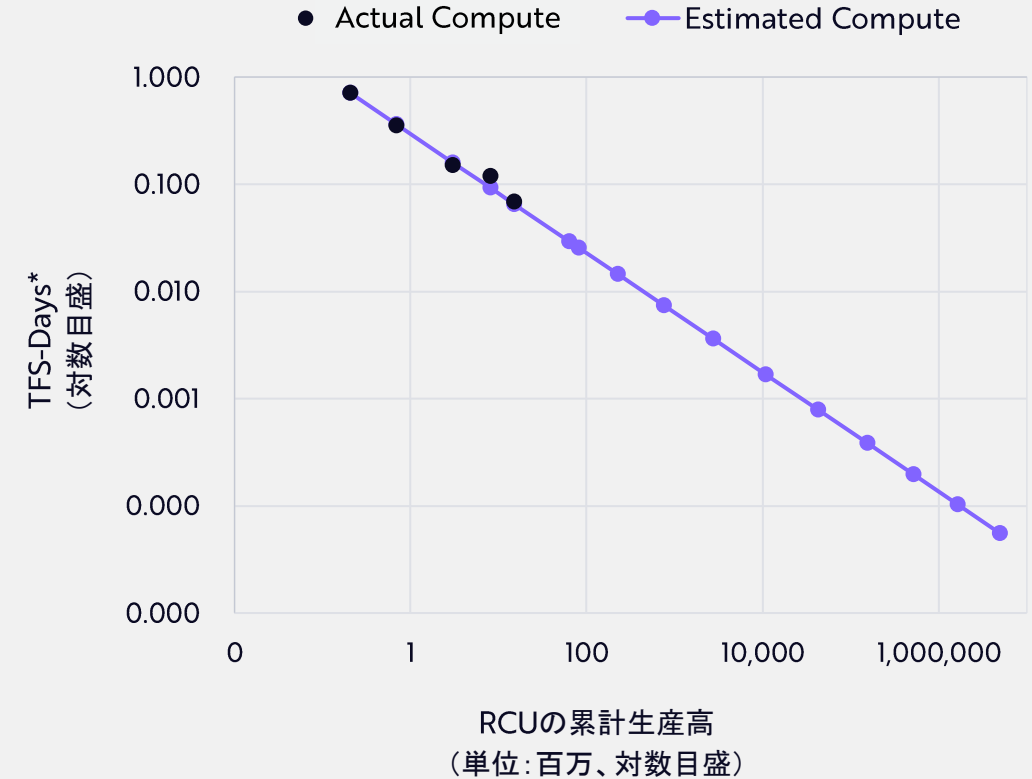
AIの学習コストは年率75%のペースで低下し続ける見通し

ライトの法則によれば、演算を高速化するハードウェアの性能向上によってAIの相対演算ユニット(RCU)の製造コストは年率53%減、アルゴリズムモデルの強化によっても学習コストはさらに年率47%減のペースで低下するとみられます。つまり、ハードウェアとソフトウェアの融合によってAIの学習コストは2030年までに年率75%のペースで低下していくと期待されます。

AI学習のハードウェアコスト



ニューラルネットワークを用いたAIソフトウェアの学習コスト



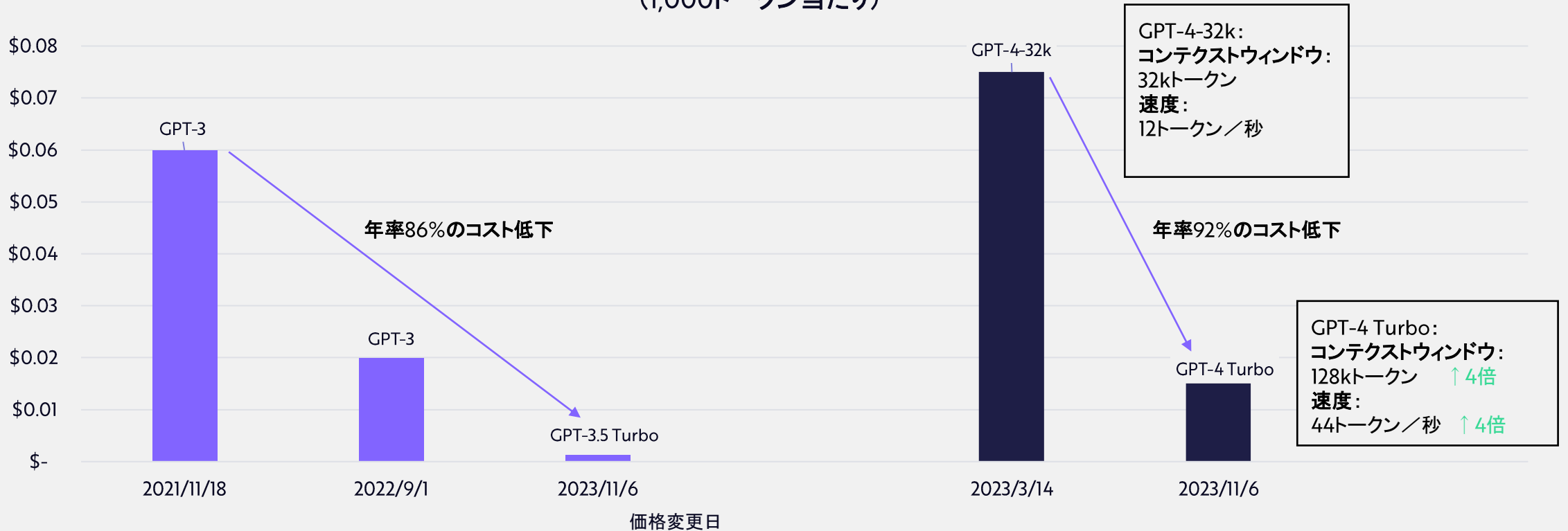
*TFS-Daysとは、モデルのトレーニングに必要な演算量を示しています。ライトの法則とは、累積生産量が倍増する度に一定の割合でコストが低下するというものです。出所: ARK Investment Management LLC, 2024 ARKによる上記分析は2024年1月9日現在の様々なデータソースに基づいています。当該データソース等については、請求に応じて提供可能です。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。



実用化が進むなか、AIにおける焦点は推論コストに

当初の焦点はLLMの学習コストの最適化にありましたが、今や研究者たちは推論コストの方を重視しています。企業向けユースケースに基づくと、推論コストは年率約86%のペースで低下している様子であり、学習コストをも上回るペースとなっています。現在、GPT-4 Turboの推論コストは、1年前のGPT-3の推論コストを下回っています。

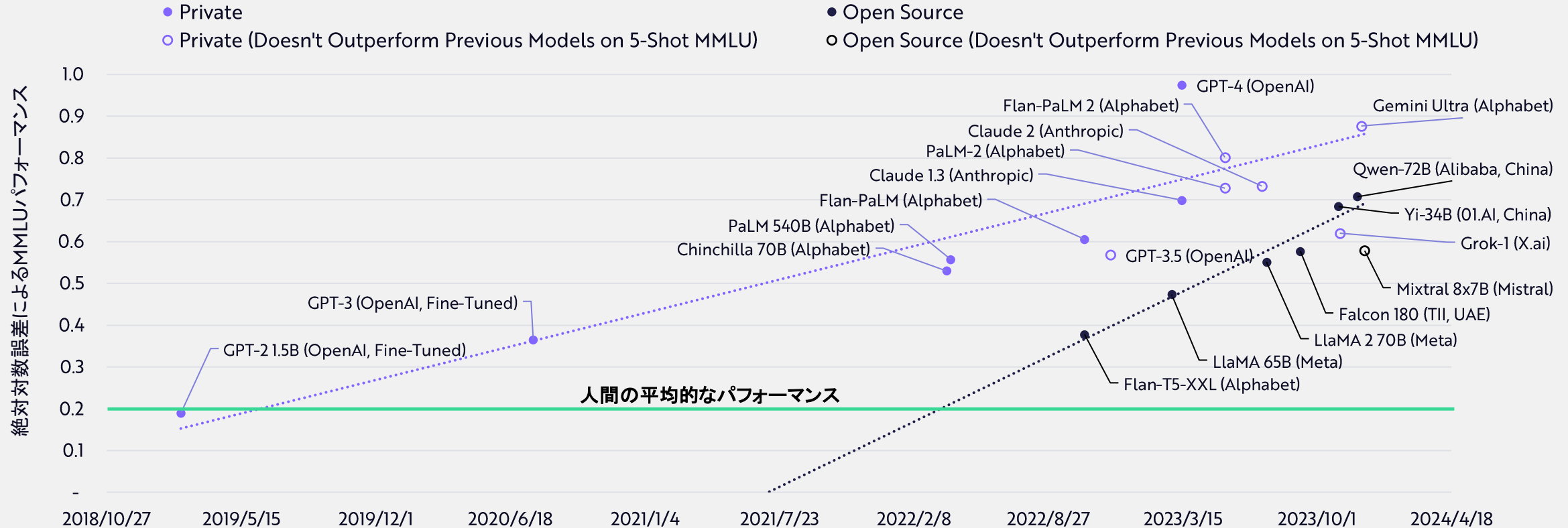
GPT-3とGPT-4のAPI推論コスト
(1,000トークン当たり)



オープンソースコミュニティがプライベートモデルに対抗

OpenAIやGoogleによるクローズドソースモデルに挑み、オープンソースコミュニティや企業のなかでその動きを先導するMetaは生成AIへのアクセスを一般に開放しつつあります。概して、オープンソースのモデルの性能は、最近では中国発のモデルも追い風となり、クローズドソースモデルよりも急速に向上しています。

オープンソースモデル vs プライベートモデル 5ショットMMLUのパフォーマンス



注記: 上記チャートのトレンドラインは、公開時時点において5ショットMMLU (大規模マルチタスク言語理解) パフォーマンスが最も高いオープンソースまたはクローズドソースモデルに合わせたものです。出所: ARK Investment Management LLC, 2024 ARKによる上記分析は2024年1月9日現在の様々なデータソースに基づいています。当該データソース等については、請求に応じて提供可能です。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

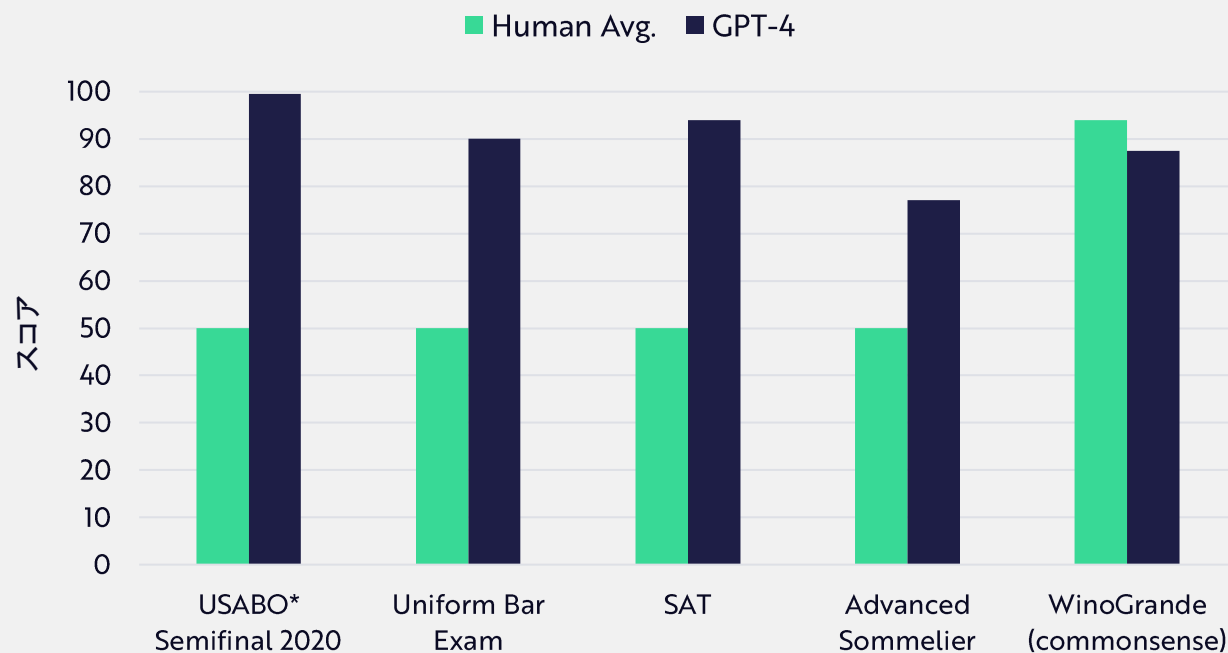


言語モデルの性能向上にはニュアンスを捉える技術が必要

GPT-4は、SATから上級ソムリエ試験まで、標準化された教育テストでは平均的な人間よりもかなり優れた成績を収めています。

しかし、WinoGrandeで測定されるような常識的な推論においては、人間レベルの能力までに追いついていません。スタンフォード大学が開発した言語モデルの総合評価フレームワーク(HELM: Holistic Evaluation of Language Models)は、最も包括的で継続的に更新されている評価手法の一つであり、73のシナリオと65の評価基準を組み合わせたテストを80以上のモデルに実施してきました。

GPT-4による評価ベンチマーク・スコア結果の一例



HELMの評価基準

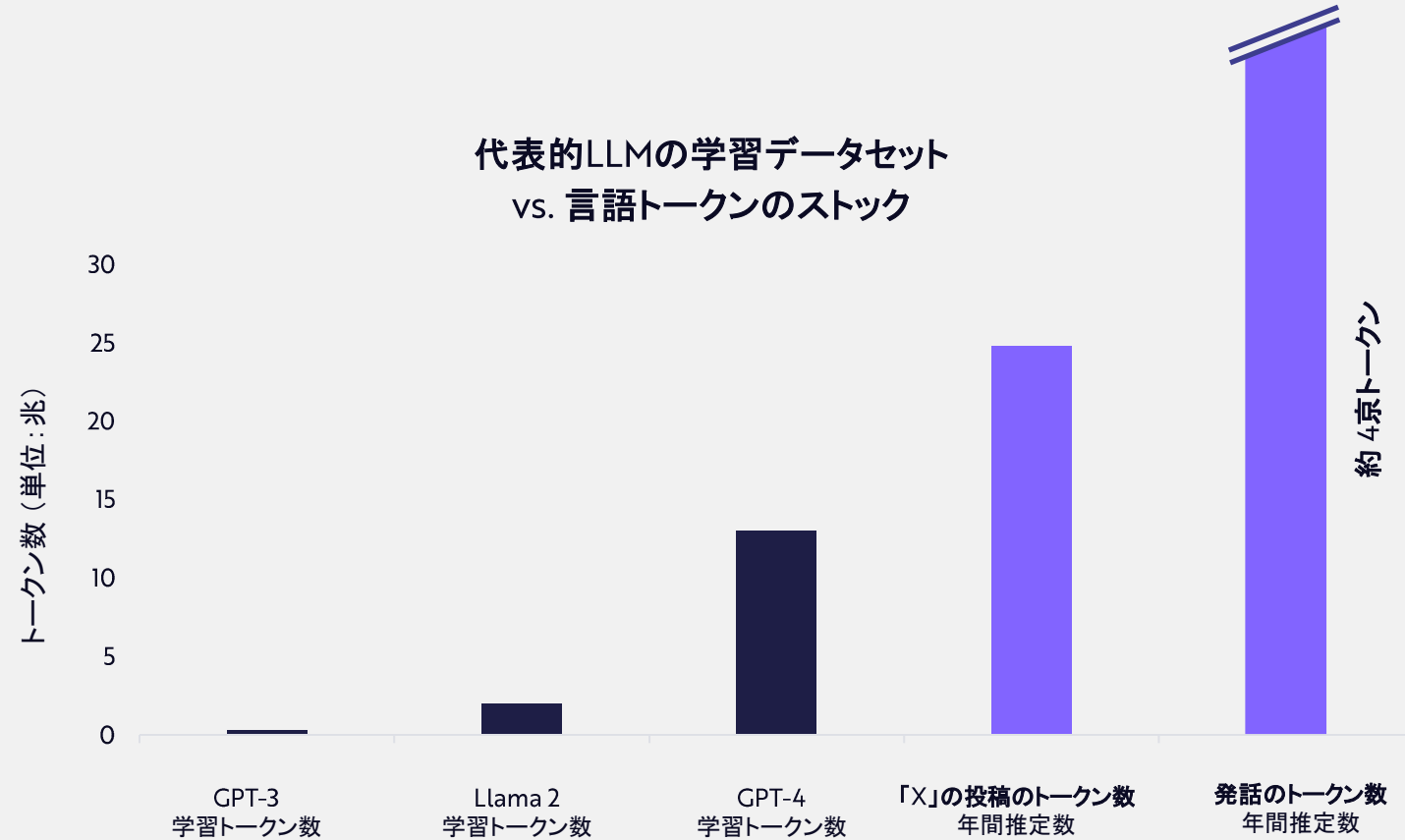
正確性	実際(ground truth) のデータとの比較
カリブレーション	確率分布評価
堅牢性	摂動を加えた入力データによるストレステスト
公平性	多様なグループでのパフォーマンス
バイアス	決定パターンの偏りの分析
毒性	有害コンテンツの検出率
効率性	タスク実行時のリソース使用量

*USA Biology Olympiad (米国生物学オリンピック)とは、高校生を対象とした生物学に関する全米規模の権威あるコンテスト。出所: ARK Investment Management LLC, 2024 (Life Architect 2023/2024年1月9日付Bomasani et al2023のデータに基づいている) 予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。



LLMはデータが足りなくなると性能が制限されるようになる？

演算力と質の高い学習データは、モデルの性能向上にとって最も重要な要素であると考えられます。モデルが成長し、より多くの学習データを必要とするようになると、新鮮なデータが不足してモデルの性能が頭打ちになるのでしょうか。Epoch AIの推定によると、書籍や科学論文のような言語／データソースが2024年には枯渇する可能性があります、依然として、それらよりも大量かつ未活用の視覚データが存在します。



未活用のデータソース

- 音声文字変換ツールによって捉えられる年間推定3京文字にのぼるテキスト
- 一次データを補強する合成データ
- 自動運転タクシー、トラック、ドローンなどのロボットが生み出す大量の実世界データ



カスタマイズ型AIサービスはより強い価格決定力を持つ見通し

オープンソースの代替製品が登場しコストが低下していくと、最終用途に合わせてAIをカスタマイズするソフトウェアベンダーが自社製品をより容易に収益化できるようになり、逆に、単純なジェネレーティブAIアプリケーションは急速にコモディティ化するとみられます。

主な法人向けソフトウェアソリューションのテイクレートの比較



価値獲得率が低い

- 汎用型、コモディティ化したツール
- 価値獲得率が5%未満
- 例: AI議事録作成ツール

価値獲得率が高い

- 特化型、差別化度が高いツール
- 価値獲得率が20%強
- 例: 自動運転配車サービス

出所: ARK Investment Management LLC, 2024 ARKIによる上記分析は、Sirohi (2023)、McKinsey & Co. (2023)を含む2024年1月9日現在の様々なデータソースに基づいています。当該データソース等については、請求に応じて提供可能です。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

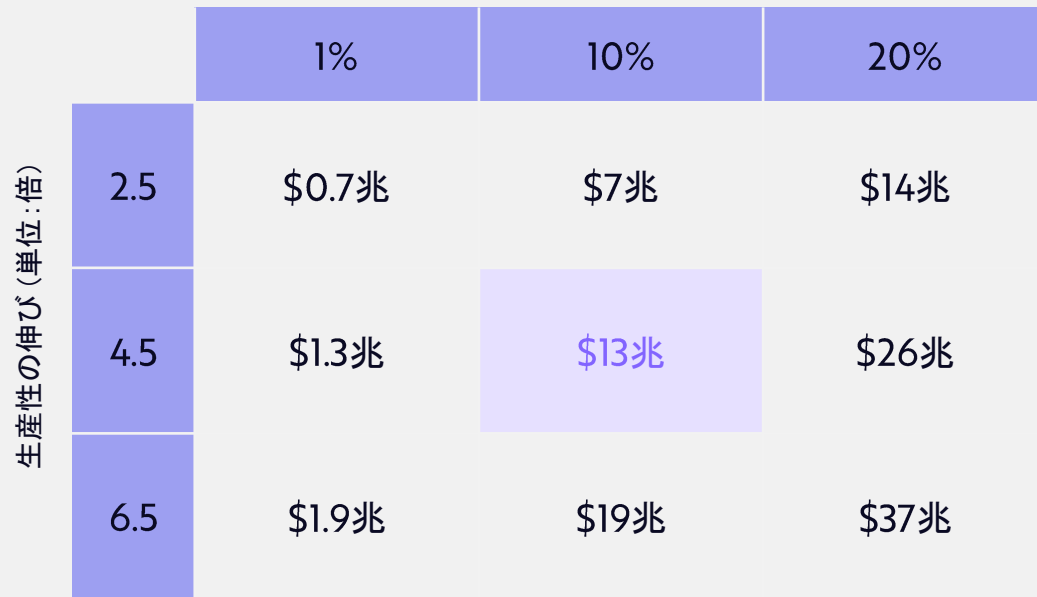


ナレッジワーカーの生産性向上を加速させることで、何兆米ドルもの市場機会がもたらされる可能性

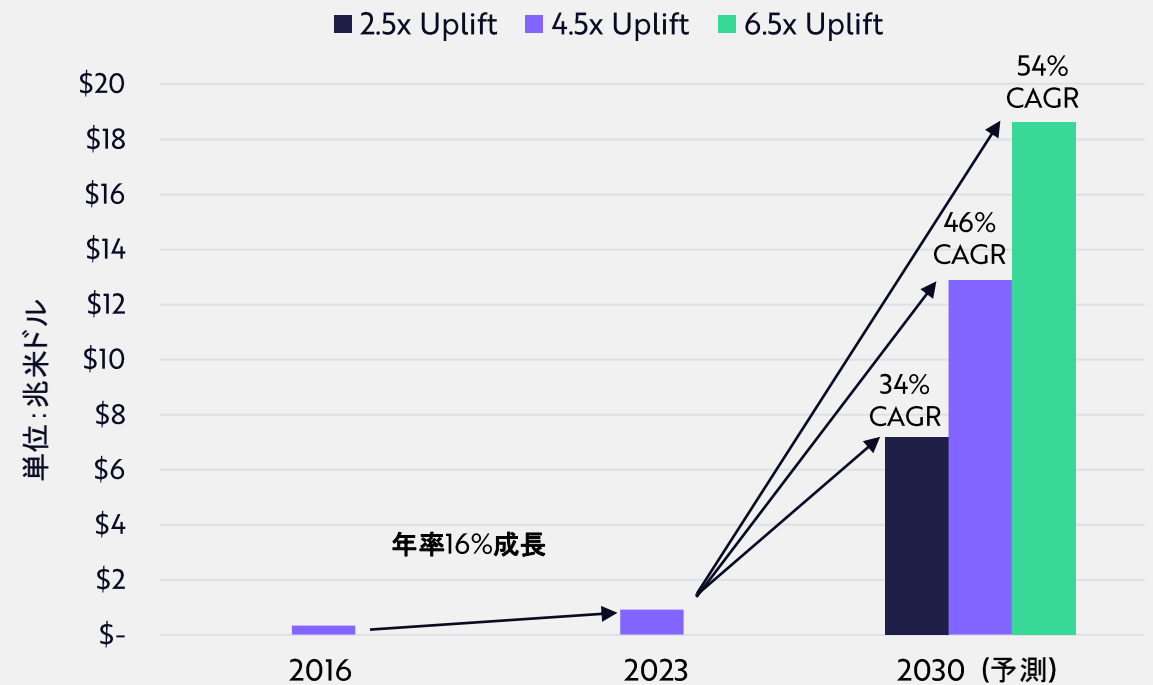
人工知能は知識労働系の職業における大部分の業務を自動化し、平均的な労働者の生産性を劇的に向上させる可能性を秘めています。その主な恩恵に浴するのには、知識労働の業務を自動化し、高速化するソフトウェア・ソリューションであるとみられます。

2030年におけるAI関連の総市場規模予測

ソフトウェアベンダーによる生産性向上がもたらす価値の獲得率



AIがもたらすソフトウェア市場の成長加速効果



CAGR = 年平均成長率。出所: ARK Investment Management LLC, 2024 ARKによる上記分析は、McKinsey & Co. (2023)を含む様々なデータソースに基づいています。当該データソース等については、請求に応じて提供可能です。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

