テクノロジーの融合

超指数関数的な成長の可能性を創出

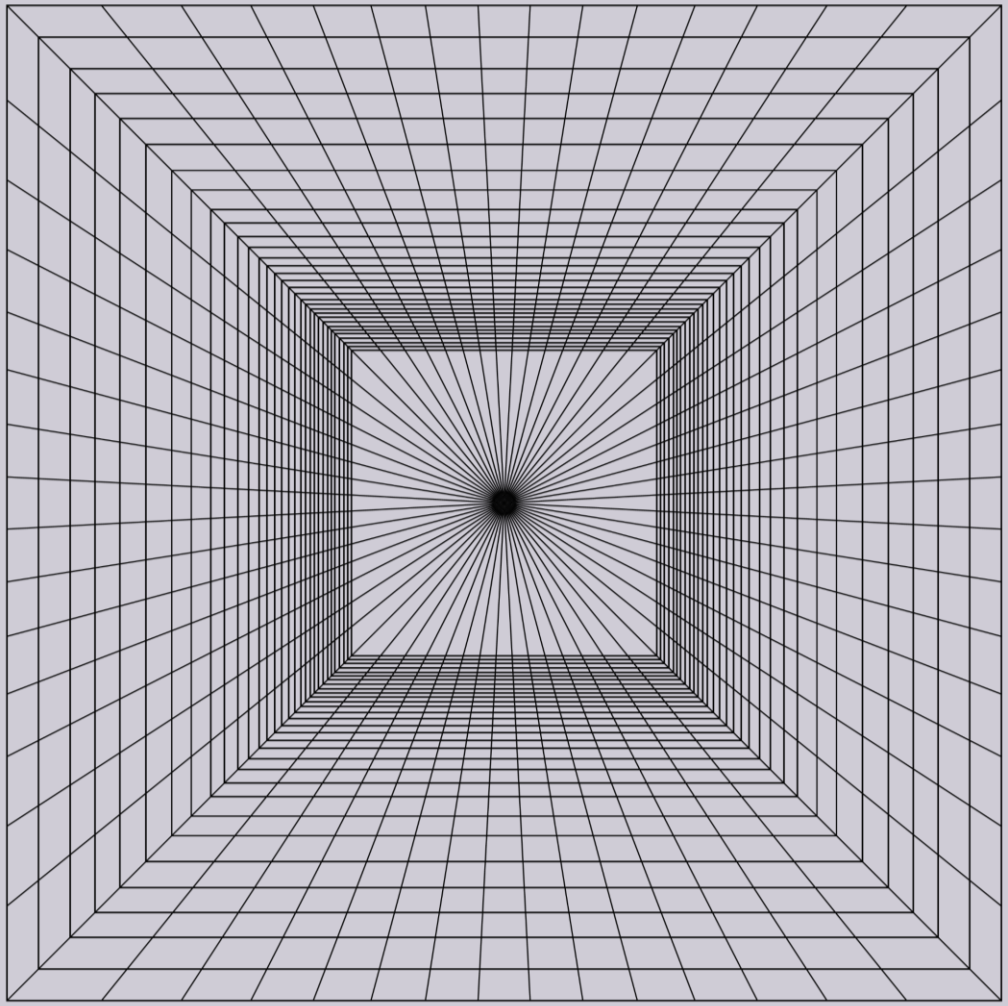
ARKのリサーチによると、5つのイノベーション・プラットフォームの融合によって前例のない成長軌道が生み出されつつあります。

人工知能（AI）は最も重要なカタリストであり、その急速な進化の恩恵が他のあらゆるテクノロジーへと波及しています。

破壊的イノベーション・プラットフォームの市場価値はこの景気サイクル中に年率40%拡大し、現在の13兆米ドルから2030年には200兆米ドルへと拡大する可能性があります。

2030年には、破壊的イノベーション関連企業の時価総額は、世界株式市場の時価総額の大部分を占めるようになるかもしれません。

リサーチ担当者：Brett Winton（チーフ・フューチャリスト兼ARKベンチャー投資委員会委員）



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. 2022年末時点。数値は四捨五入しています。ARKの試算によると、現在カバーしている破壊的テクノロジーに帰属する市場価値は13.4兆米ドルにのぼり、2030年にはこれらのテクノロジーに帰属する市場価値が206兆米ドルを超えるとみられます。市場価値には、上場企業、未上場企業、暗号通貨、スマートコントラクト・プロトコルが含まれます。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や暗号資産の売買・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。

今日のテクノロジー時代を形作る5つのイノベーション・プラットフォームの融合

点の大きさ:2030年に見込まれる市場規模

パブリックブロックチェーン

ひとたび大規模に普及すると、すべてのマネーと契約は、デジタル希少性と所有権の証明を可能にし、検証するパブリックブロックチェーン上へ移行していくでしょう。金融エコシステムは、**暗号通貨**や**スマートコントラクト**の台頭に対応していくために再構築されるとみられます。これらのテクノロジーは透明性を向上させ、資本規制や規制当局による管理の影響を低減し、契約実行コストを大幅に削減します。そうした世界では、マネーと同様の性質を持つようになるものが増加していき、また、企業や消費者が新しい金融インフラに適応していくにつれ、**デジタルウォレット**の必要性がますます高まるとみられます。企業構造自体も疑問視されるようになる可能性があります。

人工知能

データとともに進化する演算システムやソフトウェアは、難問の解決や知識労働のオートメーション化、あらゆる経済分野へのテクノロジーの融合の加速を可能にしています。**ニューラルネットワーク**の普及は、インターネットの導入よりも大きな影響をもたらすことになり、数十兆米ドルの価値を生み出していくとみられます。これらのシステムが大規模に普及したときには、過去に例をみないほどの計算資源が必要となり、AIモデルの学習と運用を行なう**次世代クラウド**のデータセンターはAI用演算ハードウェアが占拠することになるでしょう。エンドユーザーにとって、そのポテンシャルは明らかで、AIを搭載する**インテリジェントデバイス**のネットワークが形成されて人々の生活に浸透し、消費の仕方や働き方、娯楽の楽しみ方を変えていくことになります。人工知能の普及はあらゆるセクターを変貌させ、あらゆる企業に影響を及ぼし、あらゆるイノベーション・プラットフォームのカタリストになっていくとみられます。

マルチオミックス解析

生体のデジタルデータを取集して配列解析し理解するためにかかるコストは急激に低下しています。マルチオミックス技術によって、研究を行なう科学者や治療法の確立を目指す組織、医療プラットフォームは、DNA、RNA、タンパク質、デジタル医療などのかつてない膨大なデータにアクセスできるようになりました。汎用のがんの血液検査によってがん治療は変貌するとみられます。マルチオミックスデータが活用されることで新しい**精密治療**が生み出され、新興の遺伝子編集技術によって希少疾患や慢性疾患の標的治療が可能になっていくでしょう。マルチオミックスは、新しい生体構造物の設計・合成など、まったく新しい**プログラマブル生物学**の可能性を開き、農業や食品製造を中心に様々な産業で応用されていくとみられます。

エネルギー貯蔵

先進バッテリー技術のコスト低下によって、フォームファクター(仕様・規格)が爆発的に増え、人やモノの輸送コストを急激に低下させる**自動運転モビリティ**システムが実現されるとみられます。電動ドライブトレインのコスト低下により、マイクロモビリティや「空飛ぶタクシー」などの空中システムが実現され、都市の景観を一変させるビジネスモデルが出てくるでしょう。自動運転によってタクシー、配達や監視のコストが1桁低下し、フリクションレス(煩雑さのない)な交通が実現することでEコマースが加速し、また、個人の自動車所有が普通ではなく例外となっていくでしょう。これらのイノベーションが大規模な定置型バッテリーと組み合わさることでエネルギー分野の変貌をもらし、液体燃料の代わりに電気が用いられるようになり、発電インフラがネットワークの末端へと移動していくとみられます。

ロボティクス

人工知能がカタリストとなり、**適応型ロボット**は人間と並んで働いて従来型インフラを操縦し、製品の製造方法や販売方法を変えていく可能性があります。**3Dプリンティング**は、製造業のデジタル化に貢献し、最終用途部品の性能と精度を高めるだけでなく、サプライチェーンの耐久性も高めてくれるとみられます。一方、世界最速のロボットである**再利用型ロケット**によって衛星コンステレーションの打ち上げコストが低下し続け、途切れることのない通信接続が実現される見通しです。ロボティクスは初期段階にあるイノベーション・プラットフォームですが、極超音速移動によって距離のコストを、3Dプリンティングによって複雑な製造のコストを、そして、AI搭載ロボットによって生産のコストを急激に低下させる可能性を持っています。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023.
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や暗号資産の売買・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。

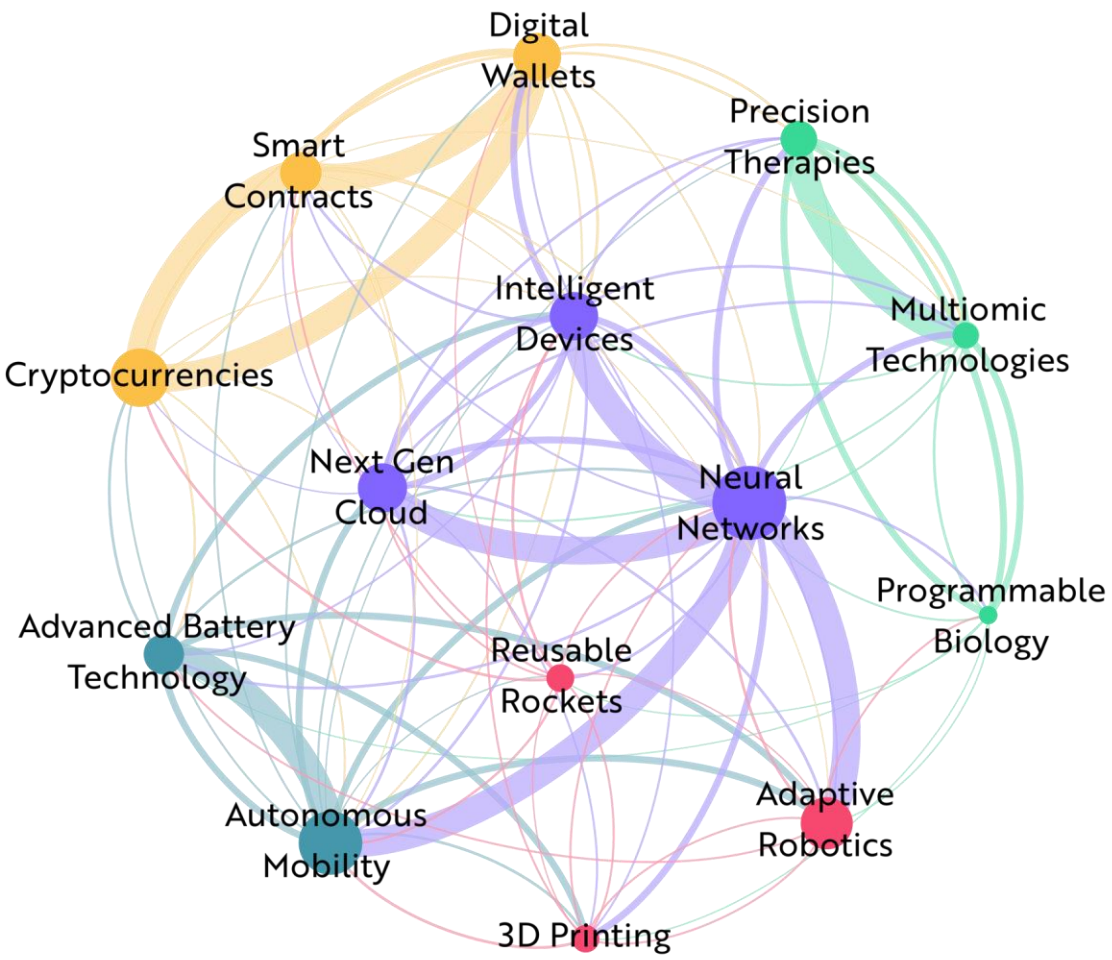
融合

融合が進んでいるイノベーション・プラットフォームには投資対象となる14のテクノロジーが含まれています。これらのテクノロジーはコスト低下が急速に進んでおり、複数のセクターに影響を及ぼし、さらなるイノベーションの発射台の役割を果たしています。

ARKの技術融合スコア・フレームワークおよびネットワーク図:

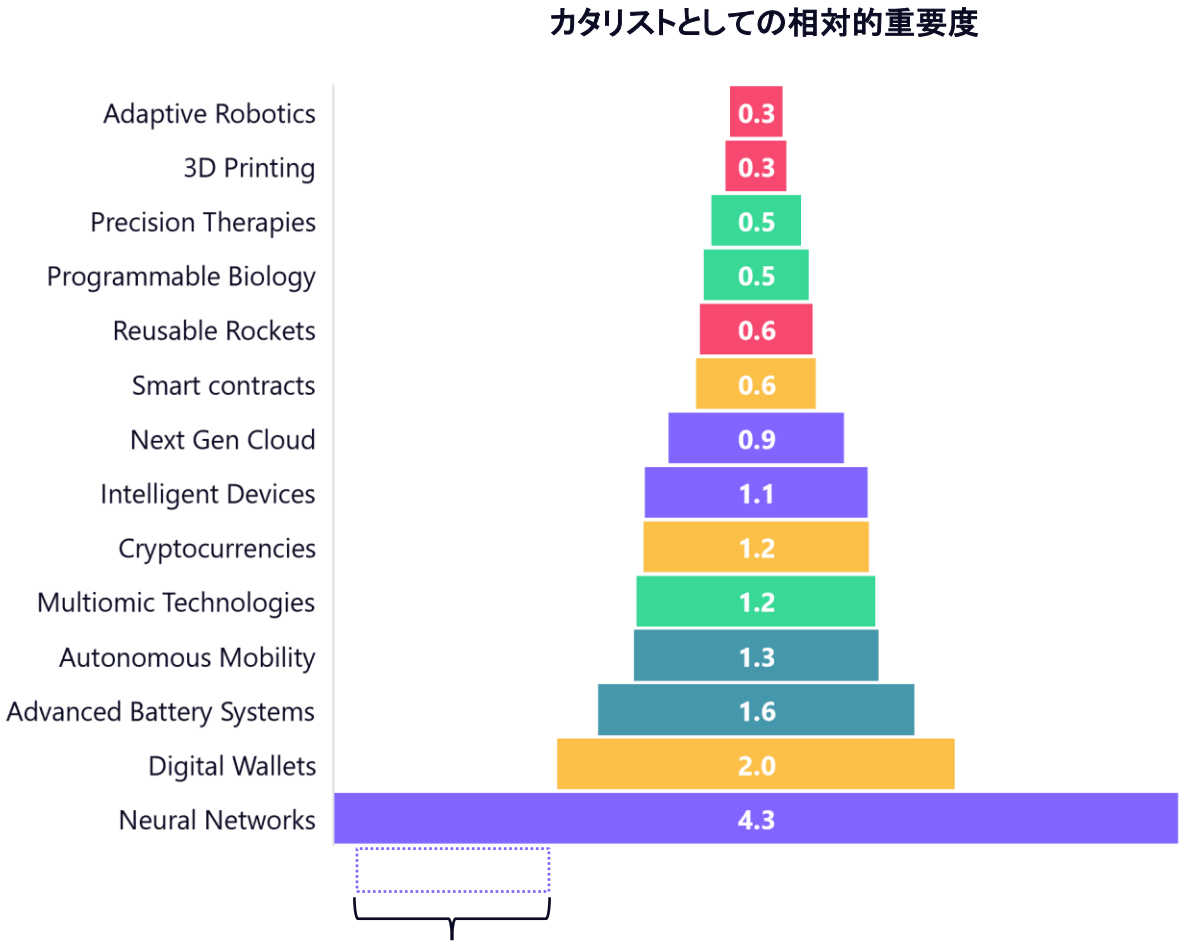
- テクノロジーのスコアは、他のテクノロジーのカタリストとして超指数関数的な成長を生み出すポテンシャルによって決定されます。
- 最も太い線は、別のテクノロジーのポテンシャルを桁違いに増加させると期待されるものです。
- 接線は一方向のみの関係を示しています。例えば、ニューラルネットワークは自動運転モビリティのカタリストになる見込みであり(紫色の太い線)、自動運転モビリティシステムで生み出されたデータはニューラルネットワークの性能を改善する見込みです(濃い青緑色の細い線)。
- 点の大きさは、2030年時点で当該テクノロジーに帰属する企業価値の推定値を対数目盛で示したものです。
- イノベーション・プラットフォームの分類は、このネットワーク図の構造をそのまま反映しています。

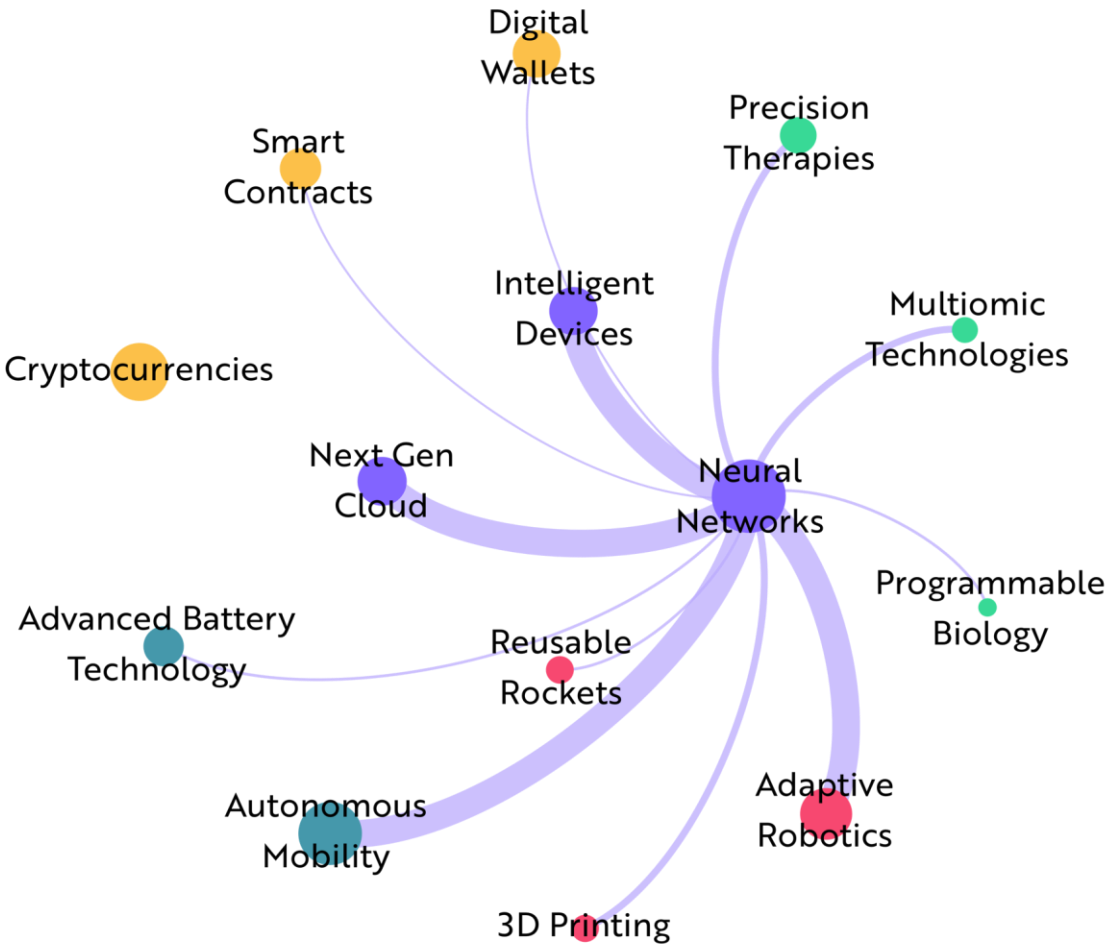
点の大きさ:2030年に見込まれる時価総額
接線の太さ:カタリストとしての推定影響度
接線の色はカタリストとなるテクノロジーで色分け



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. 上記の情報はARKのリサーチに基づいたものであり、また、見解は変更される場合があります。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や暗号資産の売買・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

最も重要なカタリストはニューラルネットワーク

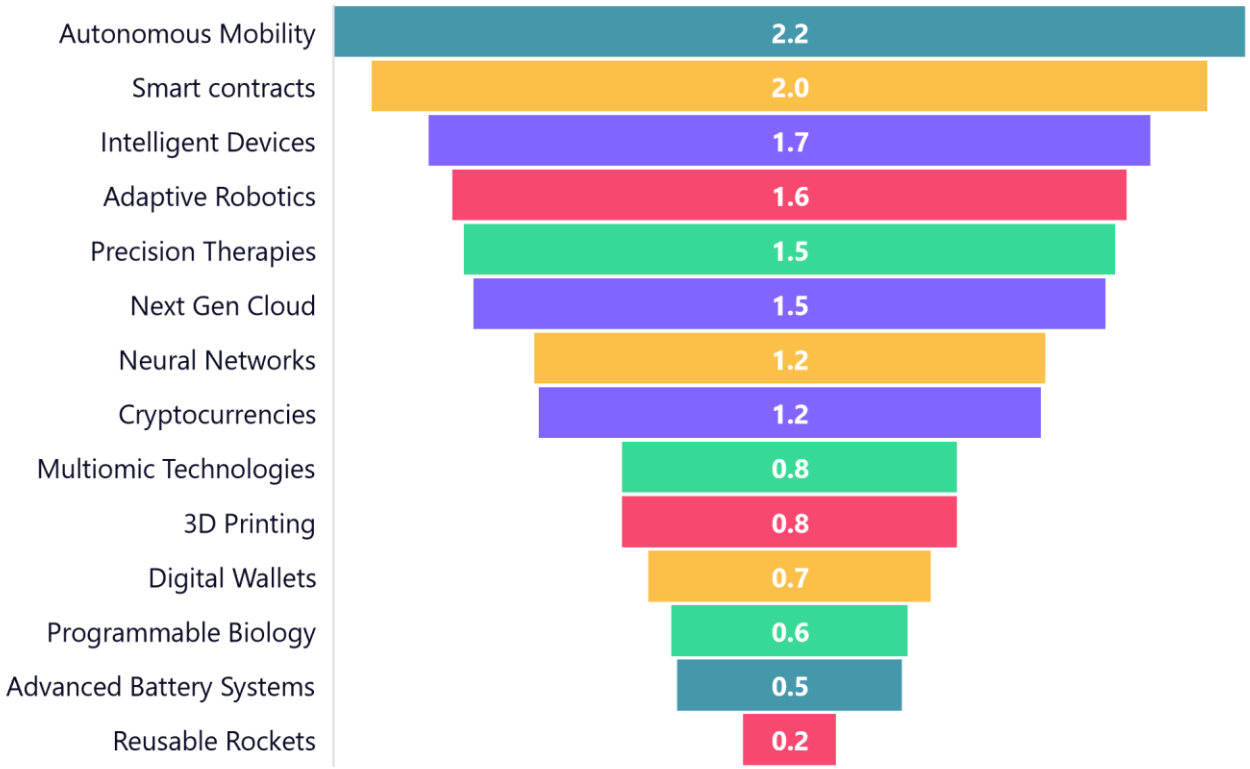




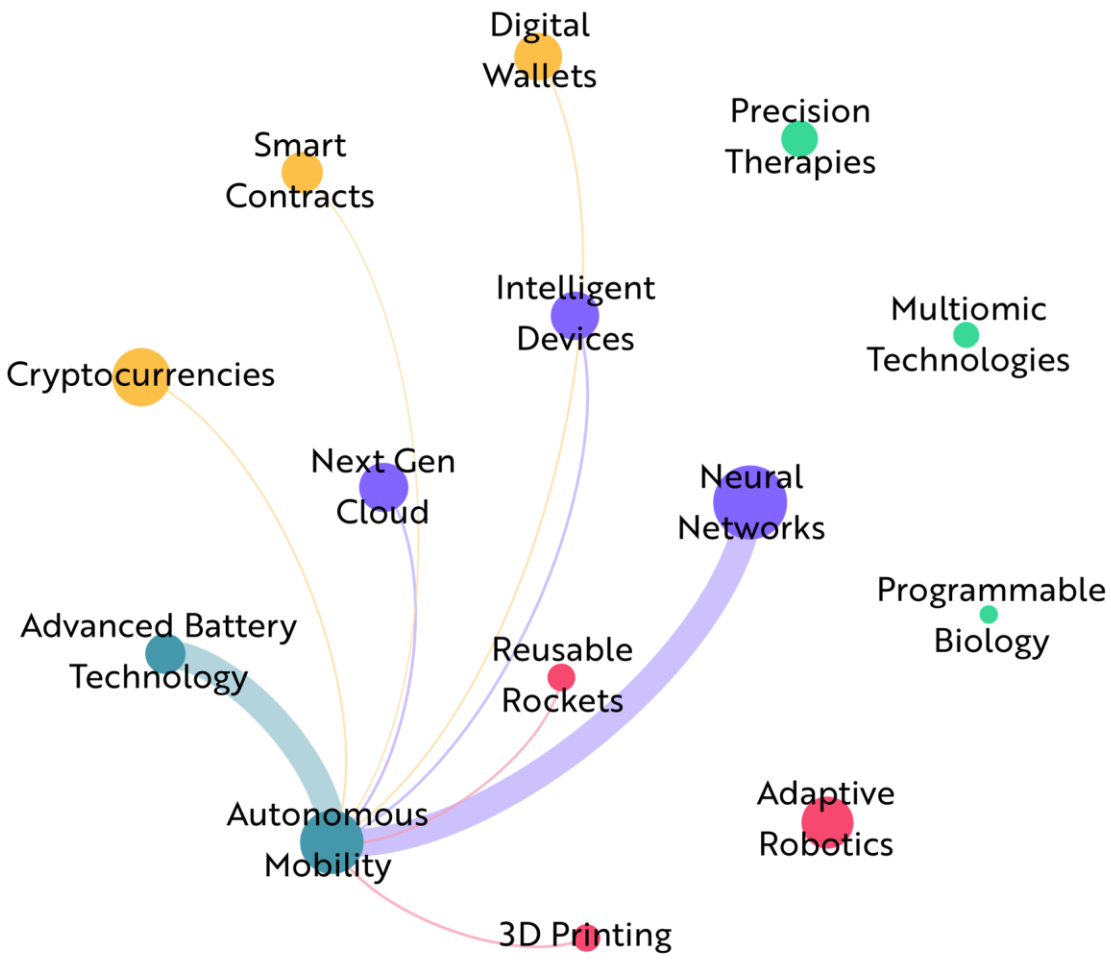
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. ARKの収斂スコア・フレームワークは、あるテクノロジーの進化が別のテクノロジーの潜在市場価値に及ぼすとみられる影響の大きさを測定したものです。「カタリストとしての相対的重要度」は、各テクノロジーの収斂スコアの合計値を測定したものです。スコア「1」が別のテクノロジーの市場価値を1桁増加させるポテンシャルに相当するようにスコアリングが調整されています。スコアはARKの見解およびリサーチによって決定されており、変更される場合があります。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・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。

自動運転モビリティはテクノロジー間の融合の典型例

他のカタリストに対する相対的感応度



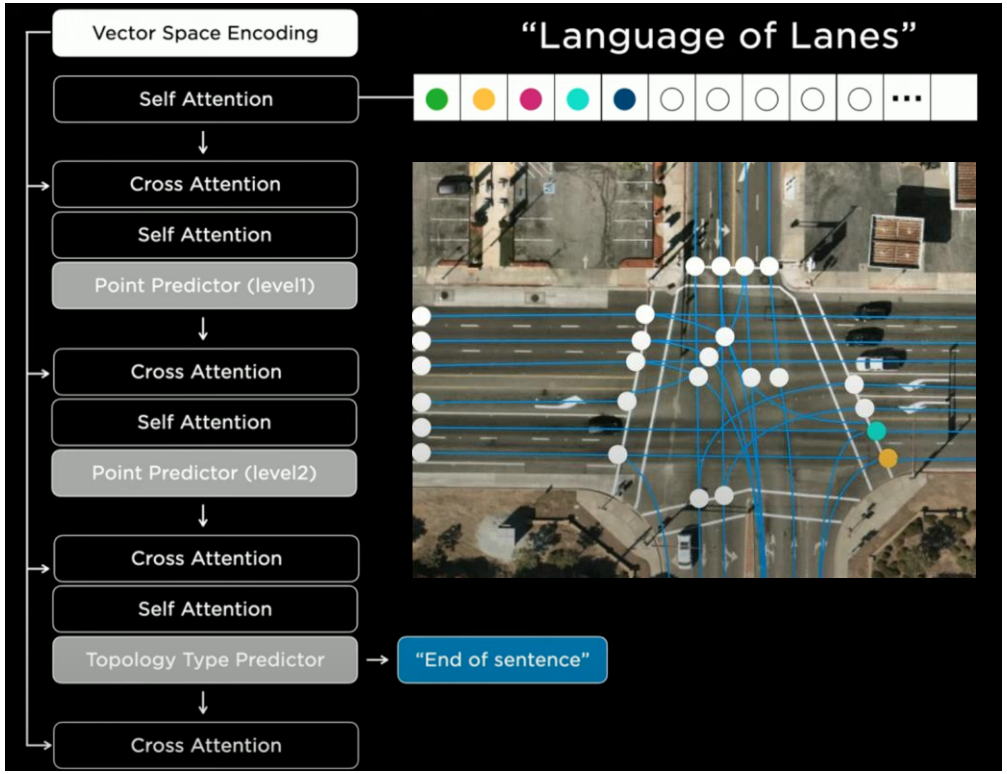
他のテクノロジーの進化を受けた市場規模拡大ポテンシャル



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. ARKの技術融合スコア・フレームワークは、あるテクノロジーの進化が別のテクノロジーの潜在市場価値に及ぼすとみられる影響の大きさを測定したものです。「他のカタリストに対する相対的感応度」は、影響を受ける側としてみた場合の各テクノロジーの技術融合スコアの合計値を測定したものです。スコア「1」が当該テクノロジーの市場価値を1桁増加させるポテンシャルに相当するようにスコアリングが調整されています。スコアはARKの見解およびリサーチによって決定されており、変更される場合があります。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や暗号資産の売買・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。

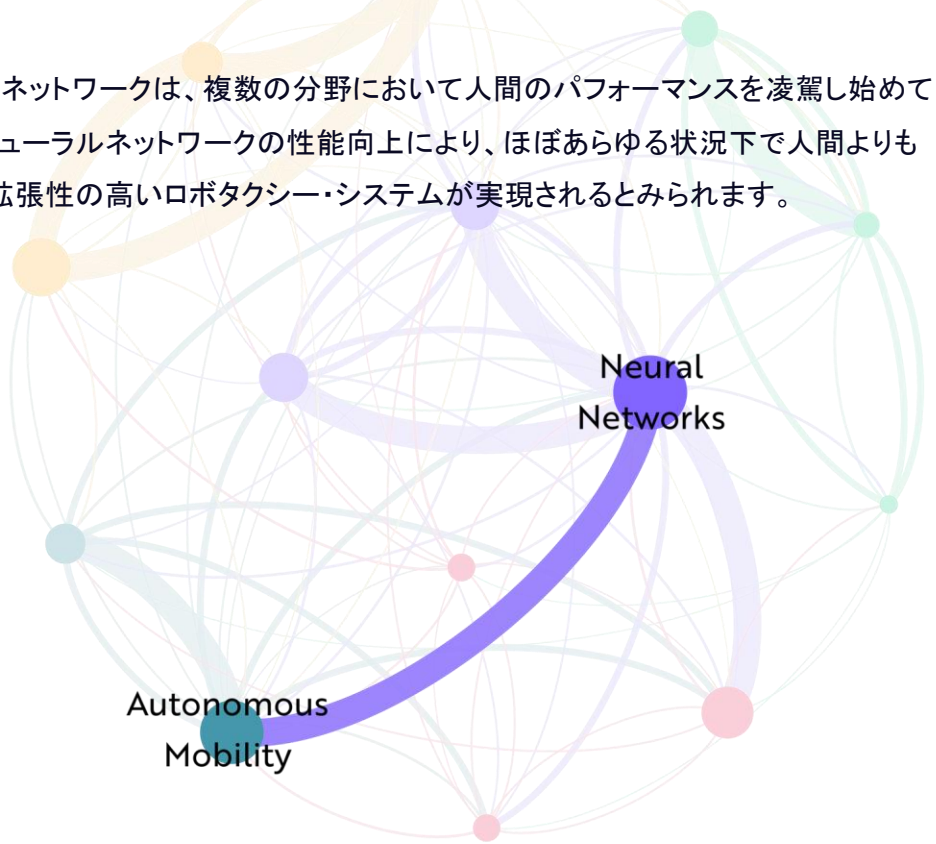
AIチャットボットがロボタクシーを「運転」するようになる

Teslaは、同社車両が複雑な交差点や走行可能経路を理解できるようにトランスフォーマー・ニューラルネットワーク（言語翻訳のソリューションとして登場）を採用しています。



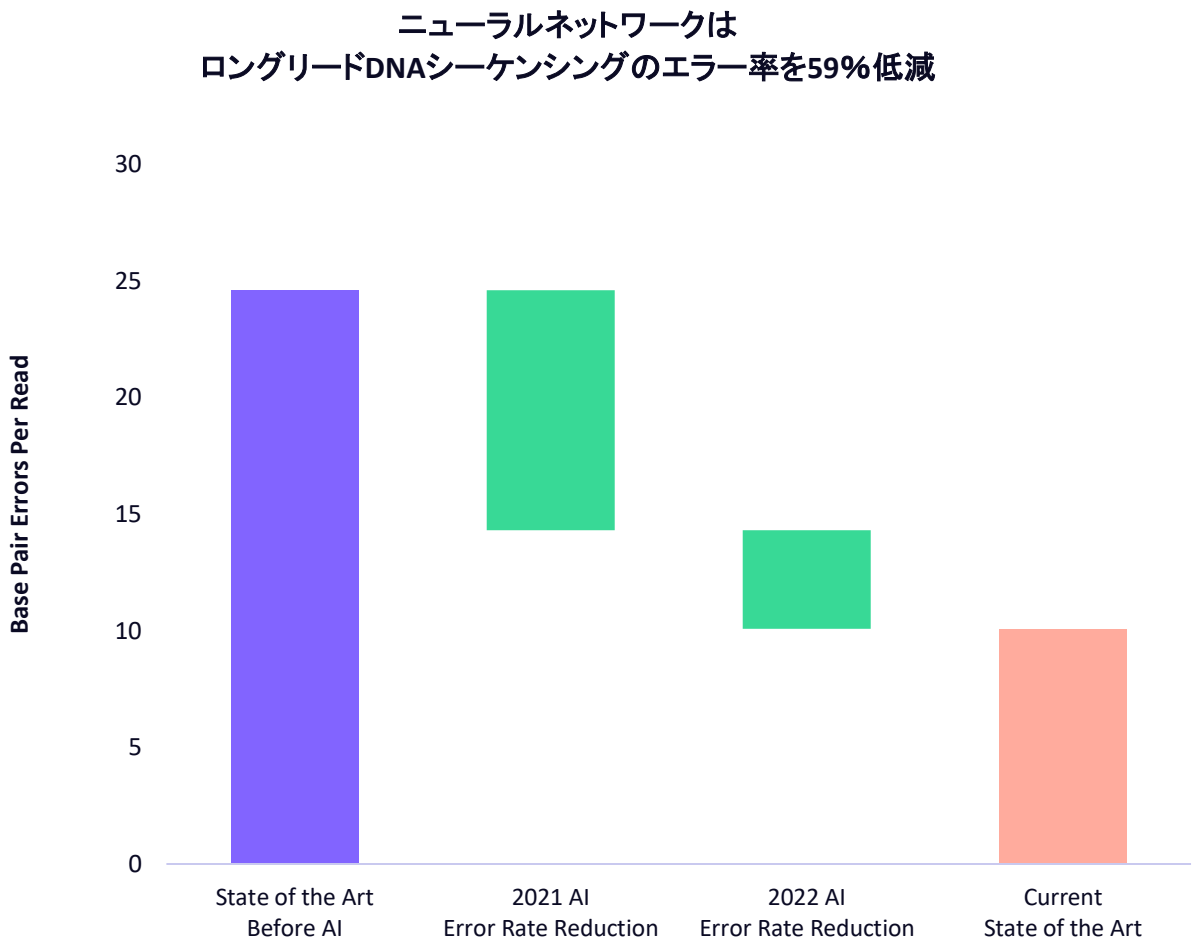
AI分野におけるイノベーションはペースが速く、当社ではロボタクシーなどの自動運転モビリティシステムの実用化の可能性に対する確信を深めています。

ニューラルネットワークは、複数の分野において人間のパフォーマンスを凌駕し始めています。ニューラルネットワークの性能向上により、ほぼあらゆる状況下で人間よりも安全かつ拡張性の高いロボタクシー・システムが実現されるとみられます。

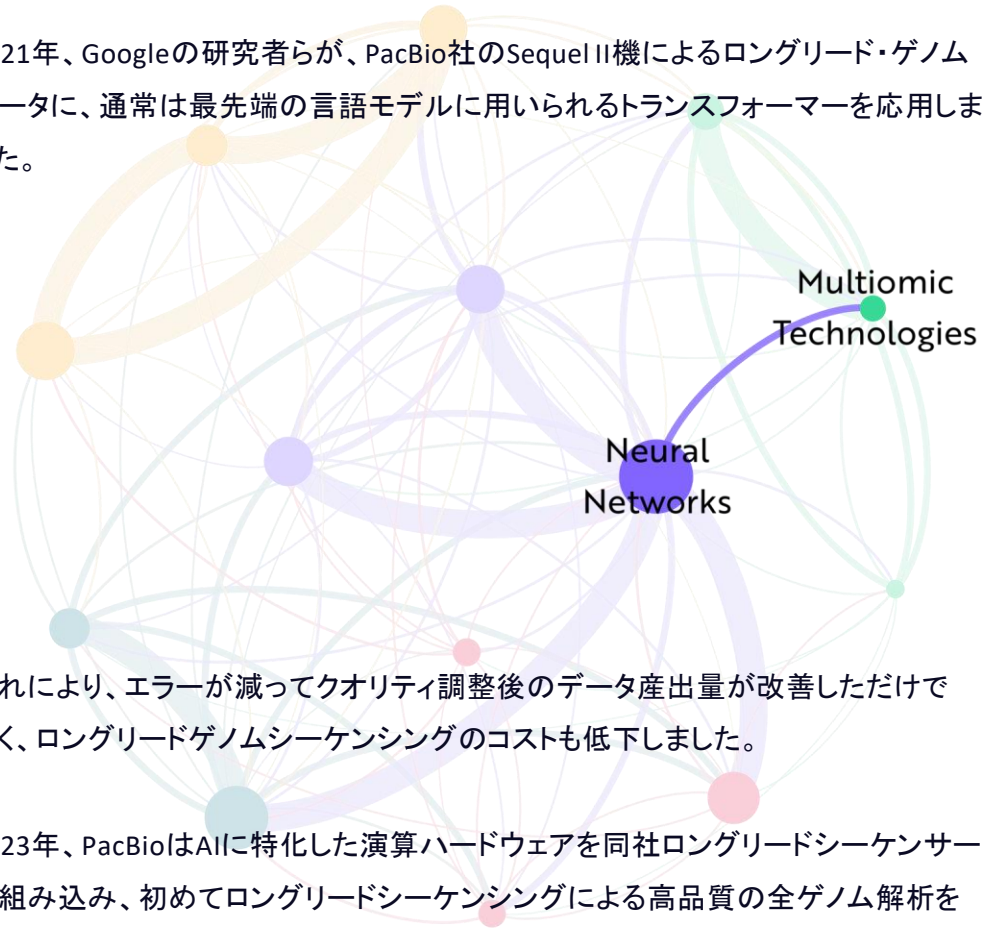


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Tesla 2022.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

ディープニューラルネットワークがより正確なロングリードDNAシーケンシングを可能に



2021年、Googleの研究者らが、PacBio社のSequel II機によるロングリード・ゲノムデータに、通常は最先端の言語モデルに用いられるトランスフォーマーを応用しました。

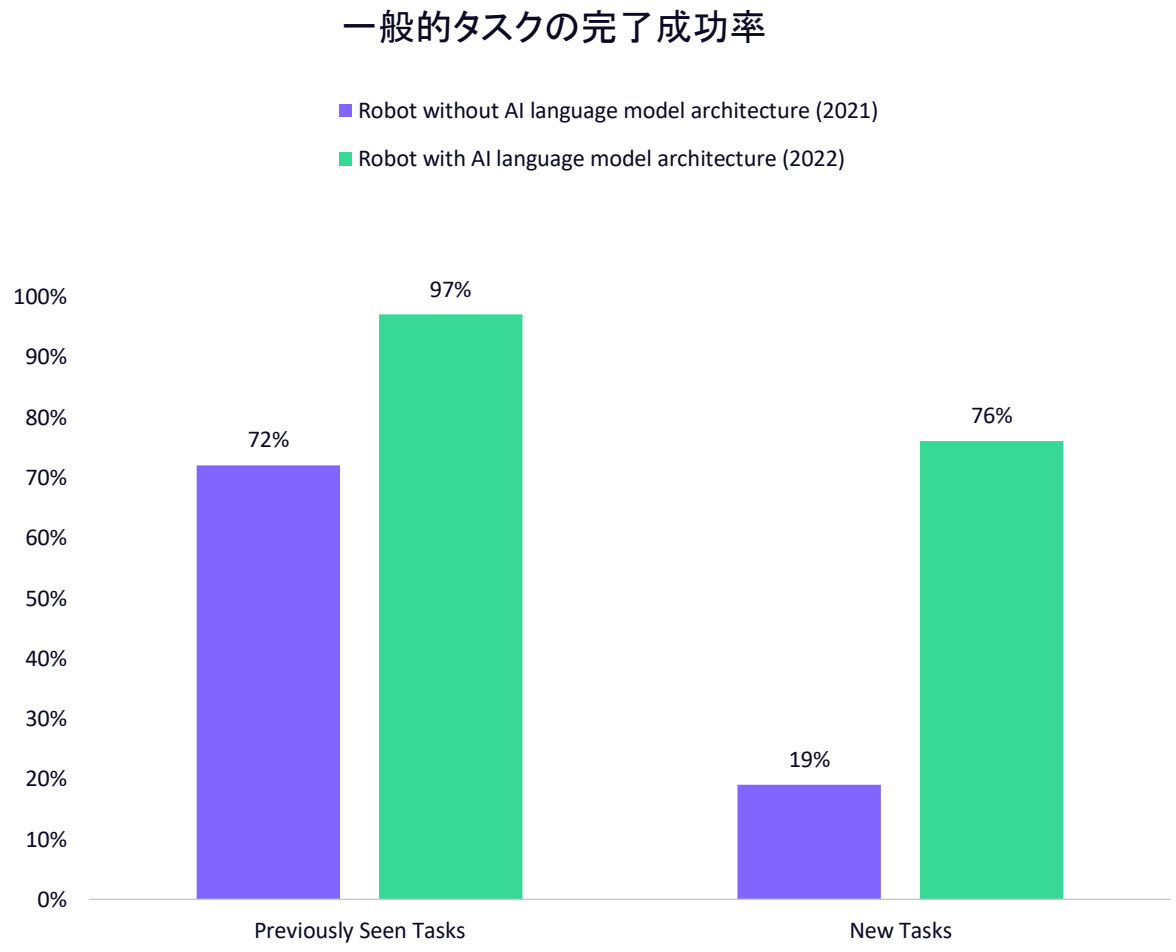


それにより、エラーが減ってクオリティ調整後のデータ産出量が改善しただけでなく、ロングリードゲノムシーケンシングのコストも低下しました。

2023年、PacBioはAIに特化した演算ハードウェアを同社ロングリードシーケンサーに組み込み、初めてロングリードシーケンシングによる高品質の全ゲノム解析を1,000米ドル未満で実現する予定です。

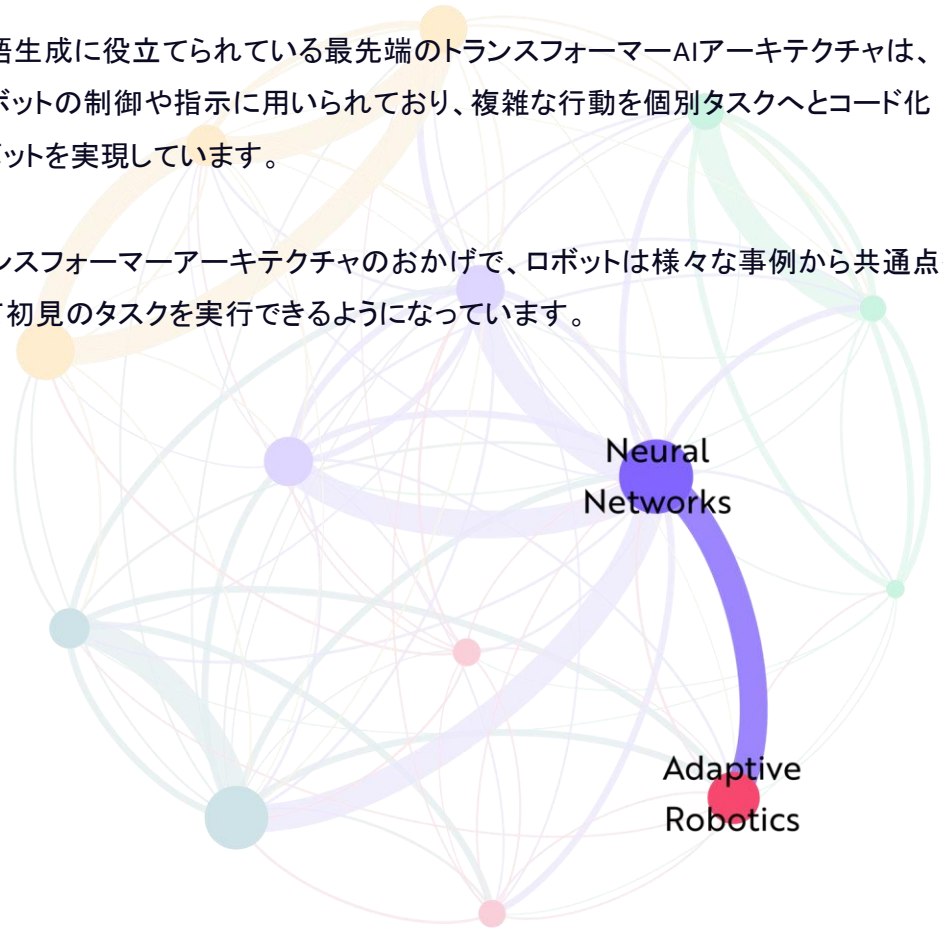
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Baid, G. et al. 2022; Carroll, A. 2022; Lopez, L. 2022.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

AI言語モデルの進化によってロボットが自らの体験から学習するように



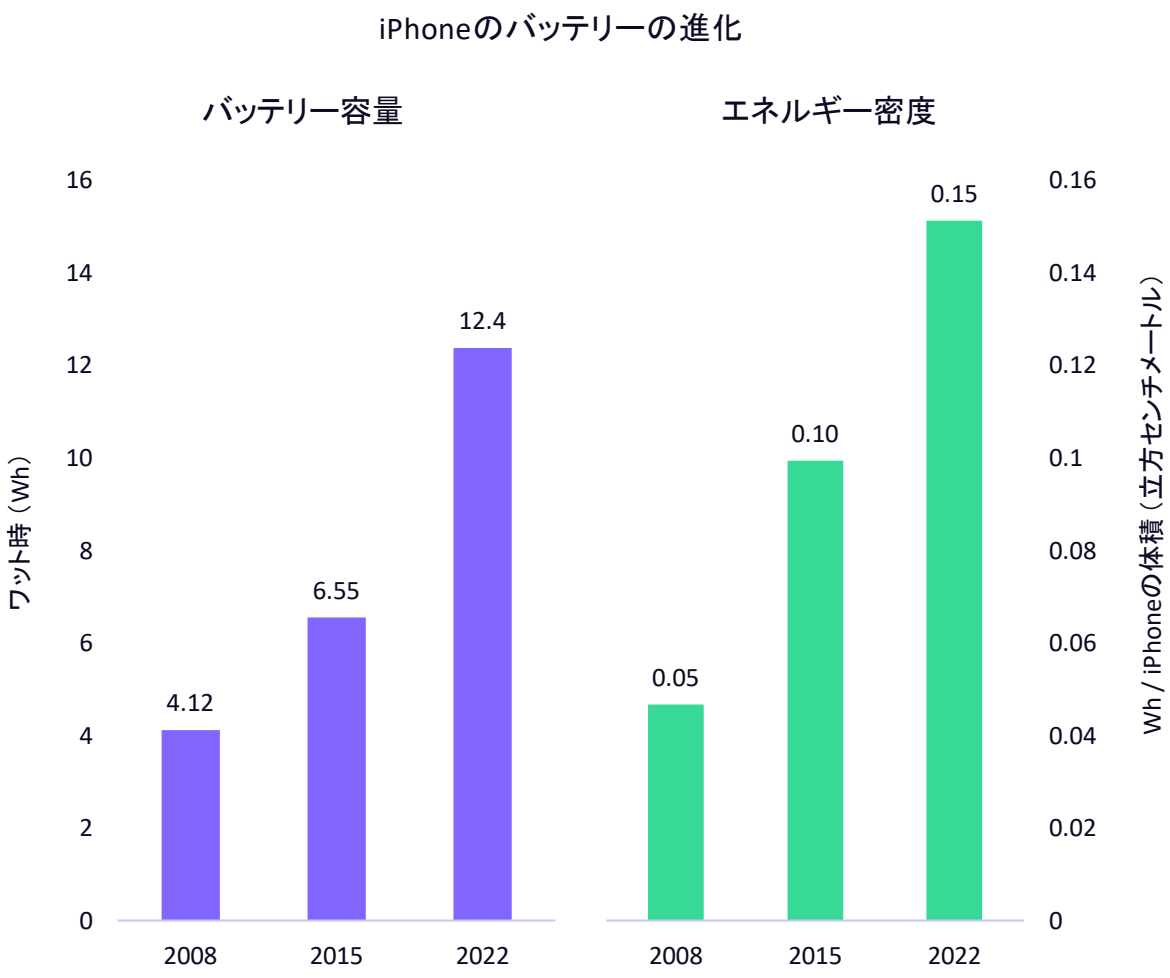
すでに言語生成に役立てられている最先端のトランスフォーマーAIアーキテクチャは、今ではロボットの制御や指示に用いられており、複雑な行動を個別タスクへとコード化できるロボットを実現しています。

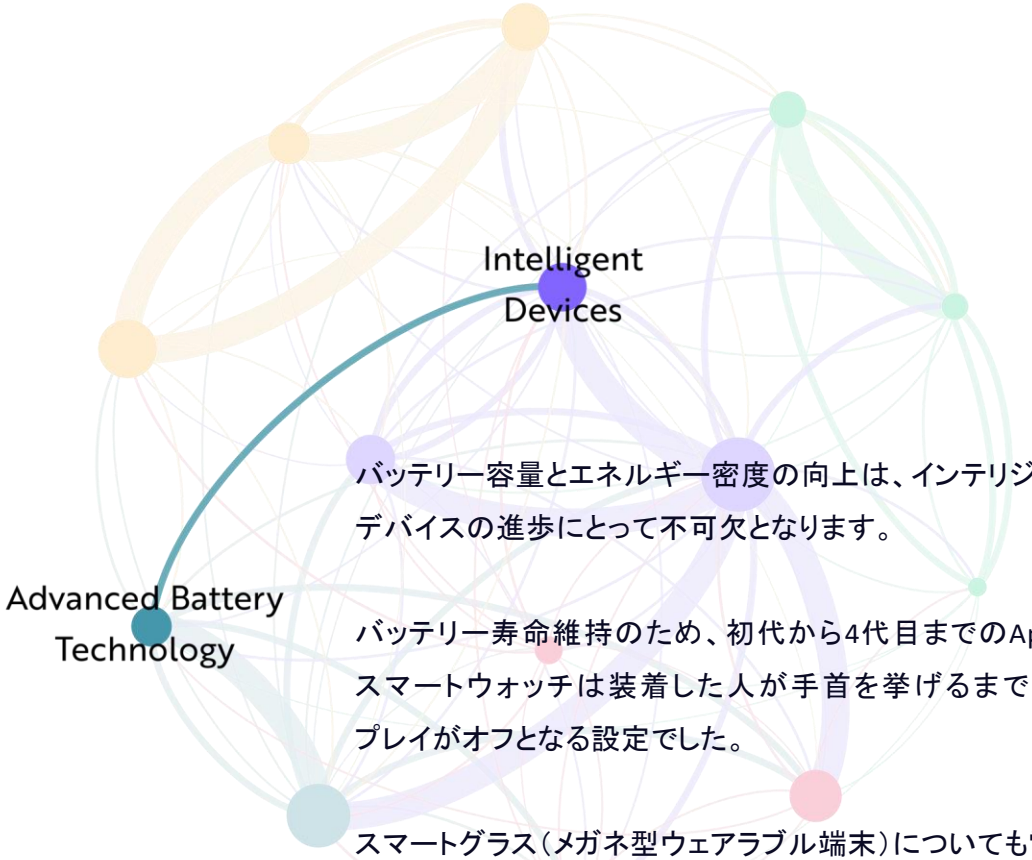
また、トランスフォーマーアーキテクチャのおかげで、ロボットは様々な事例から共通点を導き出して初見のタスクを実行できるようになっています。



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Gopalakrishnan, K. et al. 2022; Brohan, A. et al. 2022; Jang, E. et al. 2022. RT-1 (ロボティクスのトランスフォーマーアーキテクチャ)の性能をBC-Z（再帰型ニューラルネットワークアーキテクチャがベース）と比較。
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や暗号資産の売買・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。

拡張現実にとって不可欠となるバッテリーの進歩





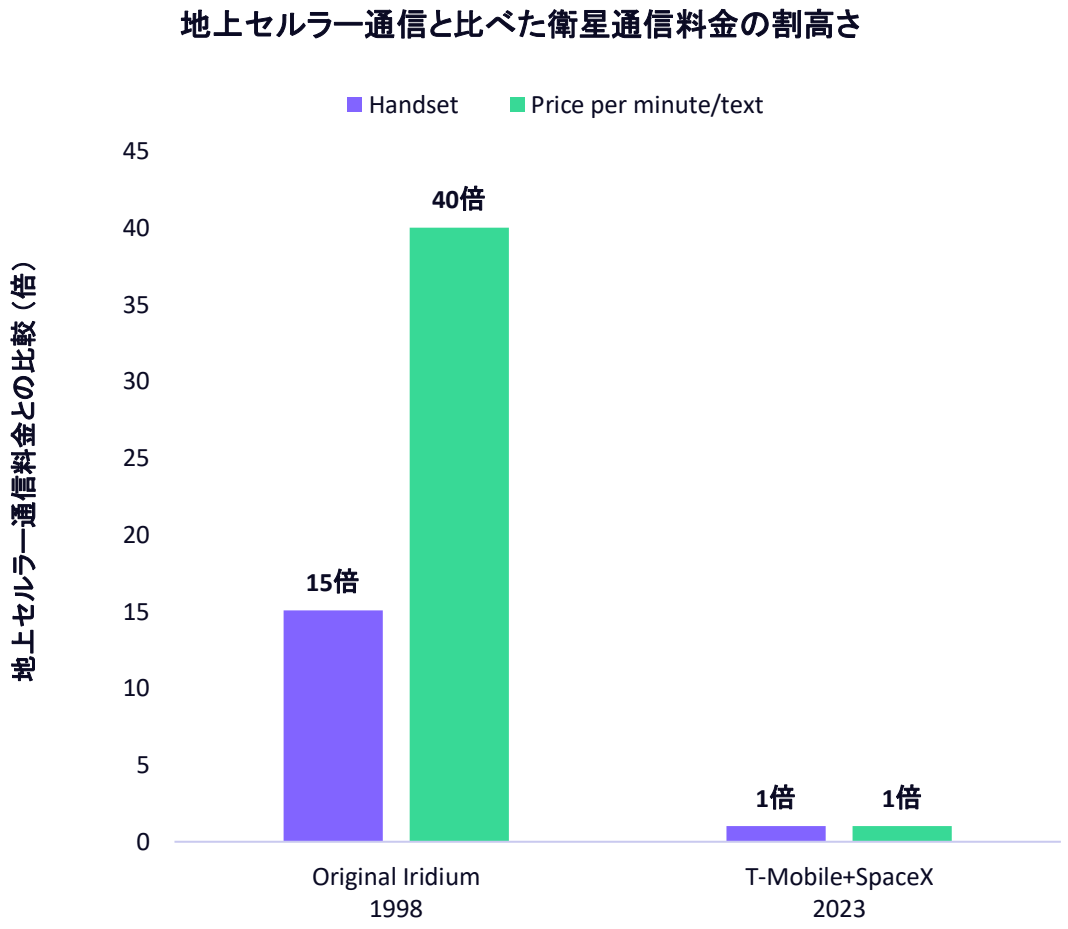
バッテリー容量とエネルギー密度の向上は、インテリジェントデバイスの進歩にとって不可欠となります。

バッテリー寿命維持のため、初代から4代目までのApple製スマートウォッチは装着した人が手首を挙げるまでディスプレイがオフとなる設定でした。

スマートグラス（メガネ型ウェアラブル端末）についても電源が制約要因になるとみられますが、バッテリーのエネルギー密度が進歩すれば実用性は高まるでしょう。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Apple, 2023年1月27日付データ。
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や暗号資産の売買・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。

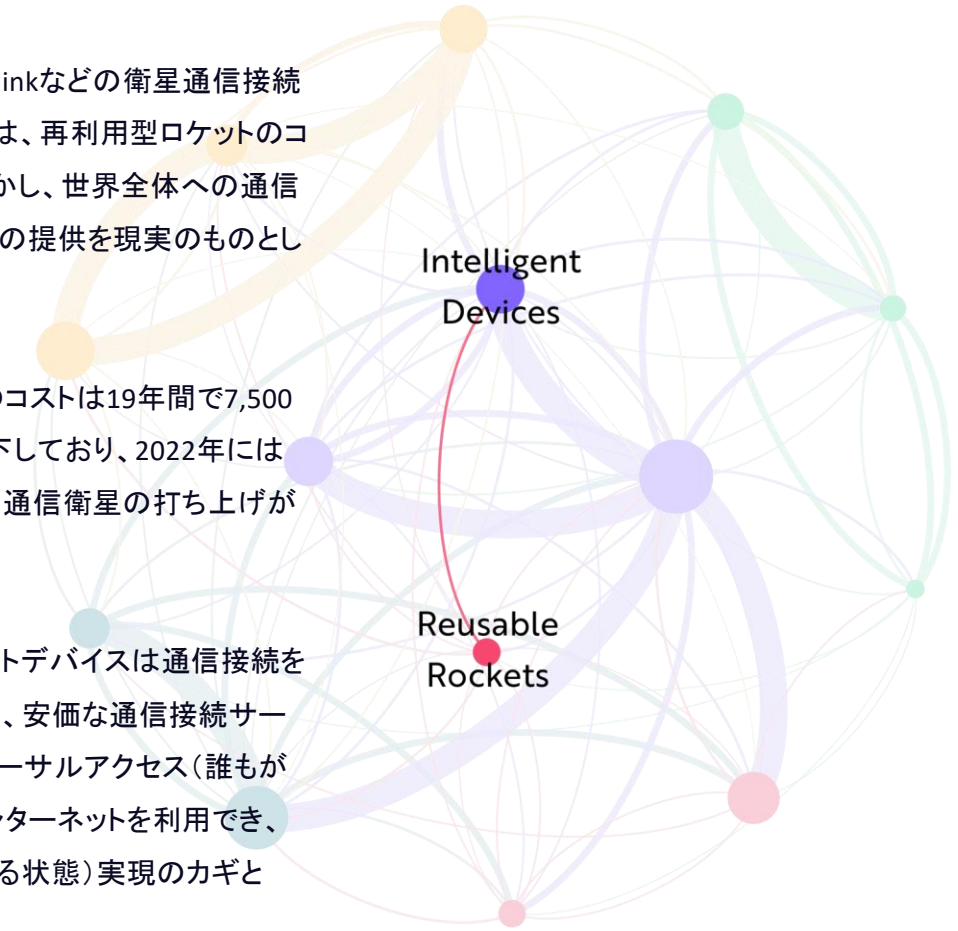
再利用型ロケットが従来型スマートフォンに届ける衛星通信の力



IridiumやStarlinkなどの衛星通信接続プロバイダーは、再利用型ロケットのコスト低下を活かし、世界全体への通信接続サービスの提供を現実のものとしました。

衛星帯域幅のコストは19年間で7,500分の1へと低下しており、2022年には記録的な数の通信衛星の打ち上げが実現しました。

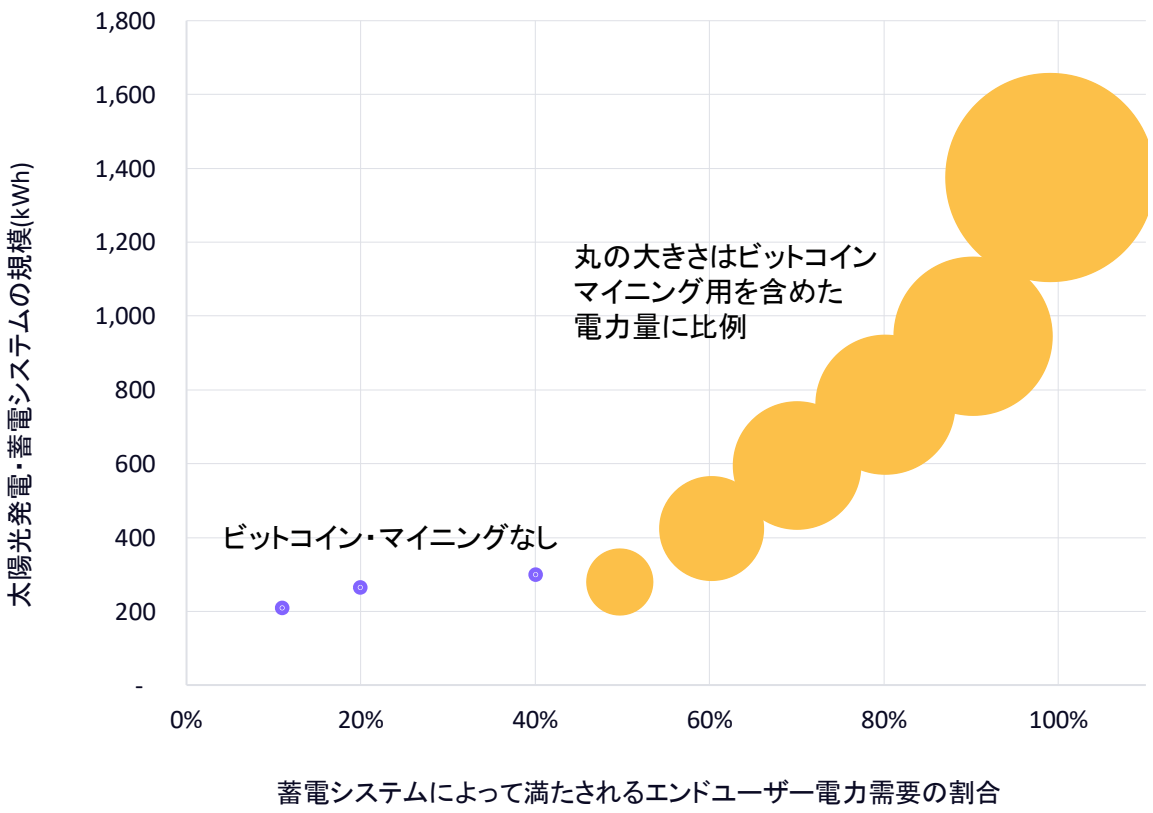
インテリジェントデバイスは通信接続を頼りとしており、安価な通信接続サービスはユニバーサルアクセス（誰もが同じようにインターネットを利用でき、情報を得られる状態）実現のカギとなっています。



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Gregson, R. 1999; Glasner, J. 1999; Hasenstab, B. 1998.
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や暗号資産の売買・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。

暗号通貨マイニングがより大規模な太陽電池の設置を後押しする可能性

均等化発電原価(LCOE)が同等となる太陽光発電・蓄電システムの規模



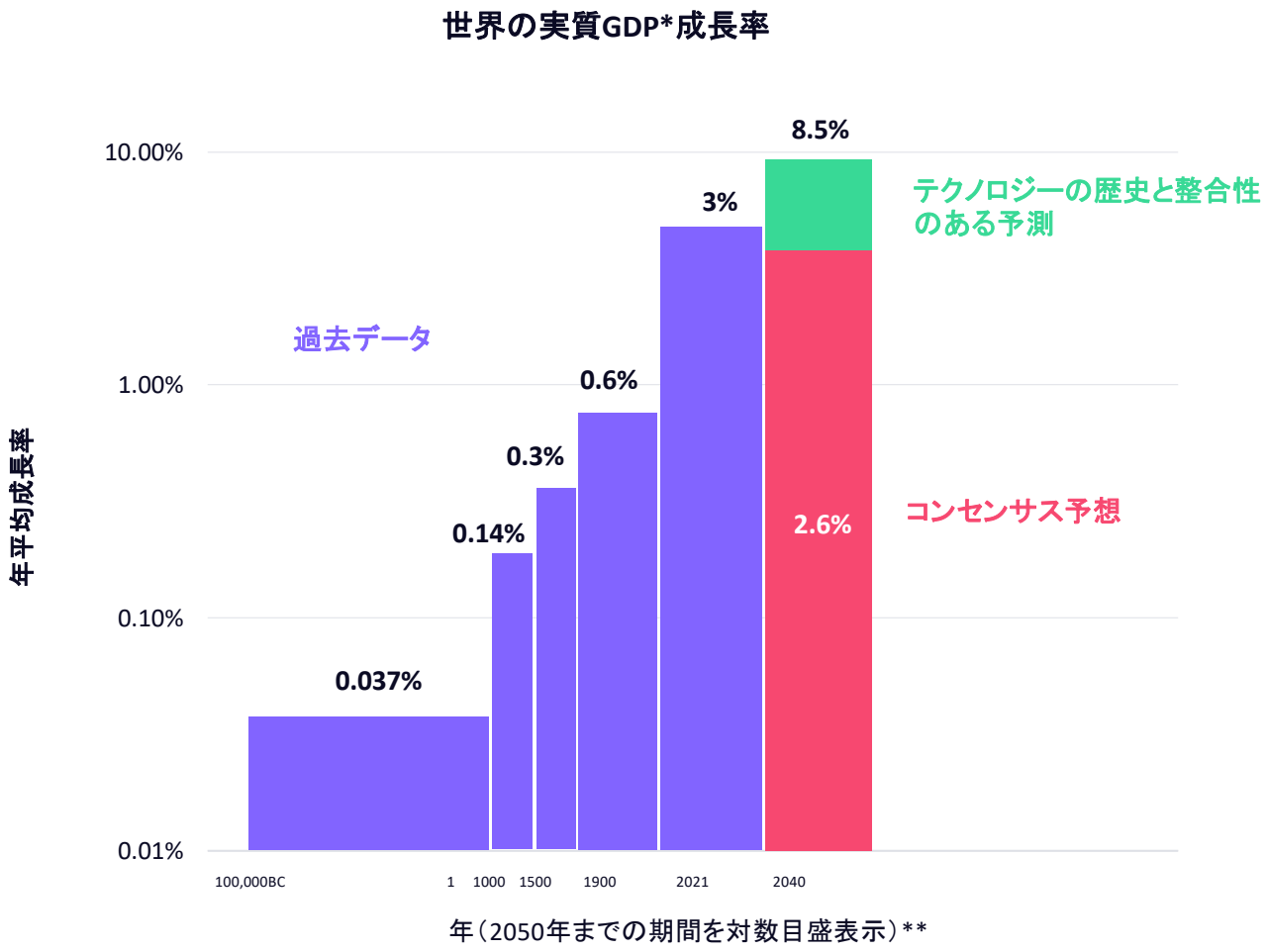
ビットコインのマイニング（採掘）マシンはモジュール型で移動可能、柔軟性も高く、風力や太陽光発電などの断続的な電力源との相性も良く、発電において有用なツールとなります。

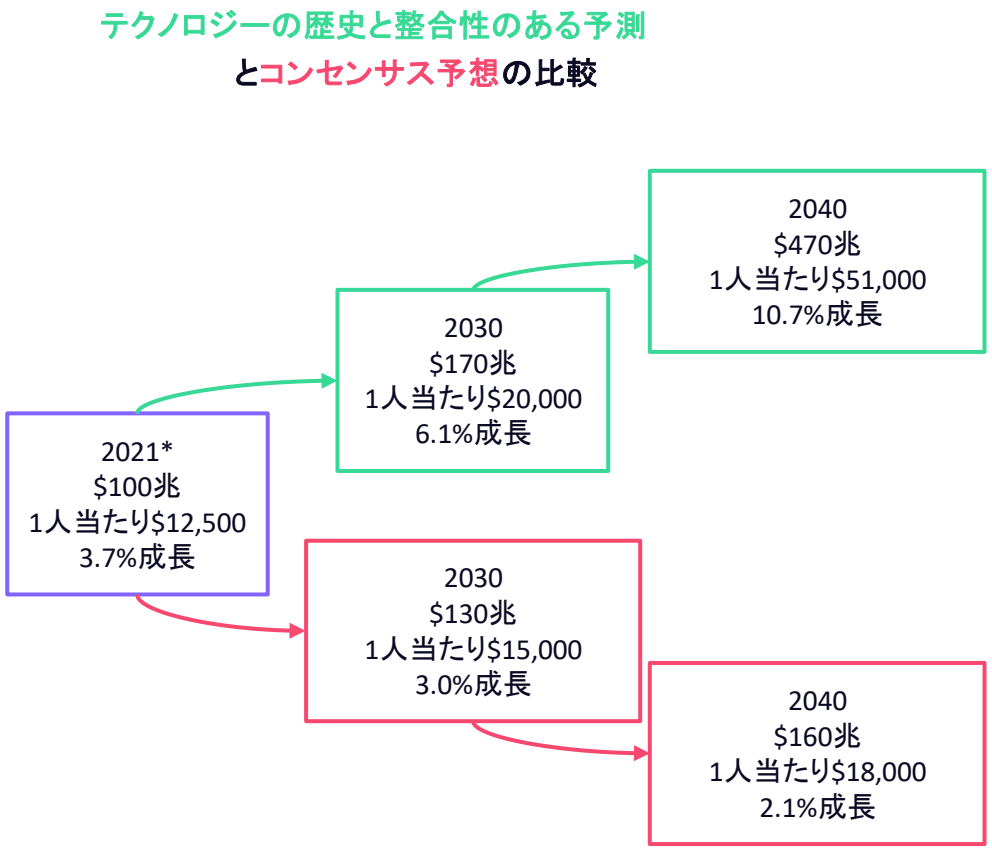
ビットコイン・マイニングを太陽光発電の蓄電システムに取り入れることで、均等化発電原価(LCOE)を上昇させることなく電力系統の拡張性と信頼性を高めることができます。ビットコインのマイナー（採掘者）は、余剰電力を「購入」することができます。

ARKのリサーチによると、太陽光発電システムは蓄電地の規模を4.6倍に増やしてビットコイン・マイナーを取り入れることで、収益性を犠牲にすることなく、エンドユーザー需要の99%強を満たせる可能性があります。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023.
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や暗号資産の売買・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。

テクノロジーのおかげでマクロ経済成長の非連続的変化が常態に

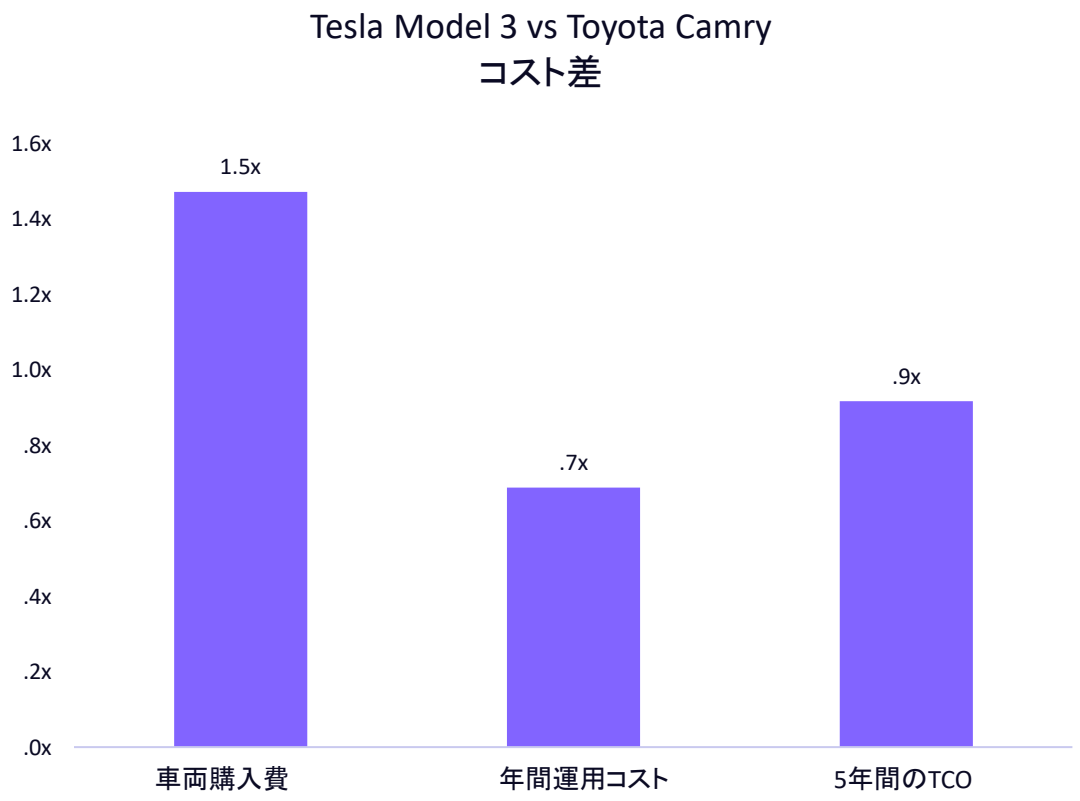




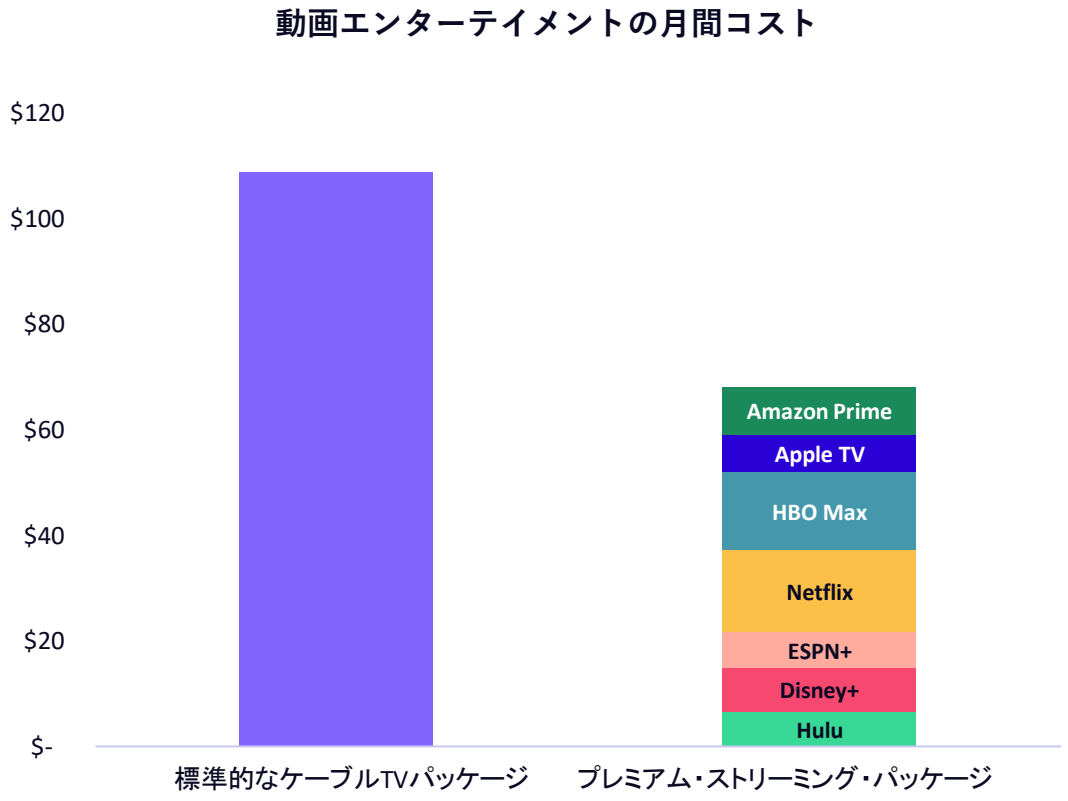
*GDP：国内総生産 **X軸は2050年までの期間を対数目盛で表示しています。
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Bolt, J. et al. 2022; The World Bank Group, 2023年1月27日付データ; Nalley, S. et al. 2021; DeLong, B. 1998. 数値は四捨五入しています。コンセンサス予想は米国エネルギー情報局による「世界のエネルギー見通し(International Energy Outlook)」で参考とされている経済シナリオです。2050年までの期間を示したX軸の対数目盛は過去データに照らして最も適した表示となるように調整されています。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や暗号資産の売買・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。

破壊的イノベーションによって経済統計の示す意味が複雑化

割高な価格を払って電気自動車を購入している消費者は、より高性能で、より総保有コスト（TCO）が低い自動車を保有することにより将来のコストを削減しています。EVをいま購入することで今後に「出ていくもの」の低下につながるのです。



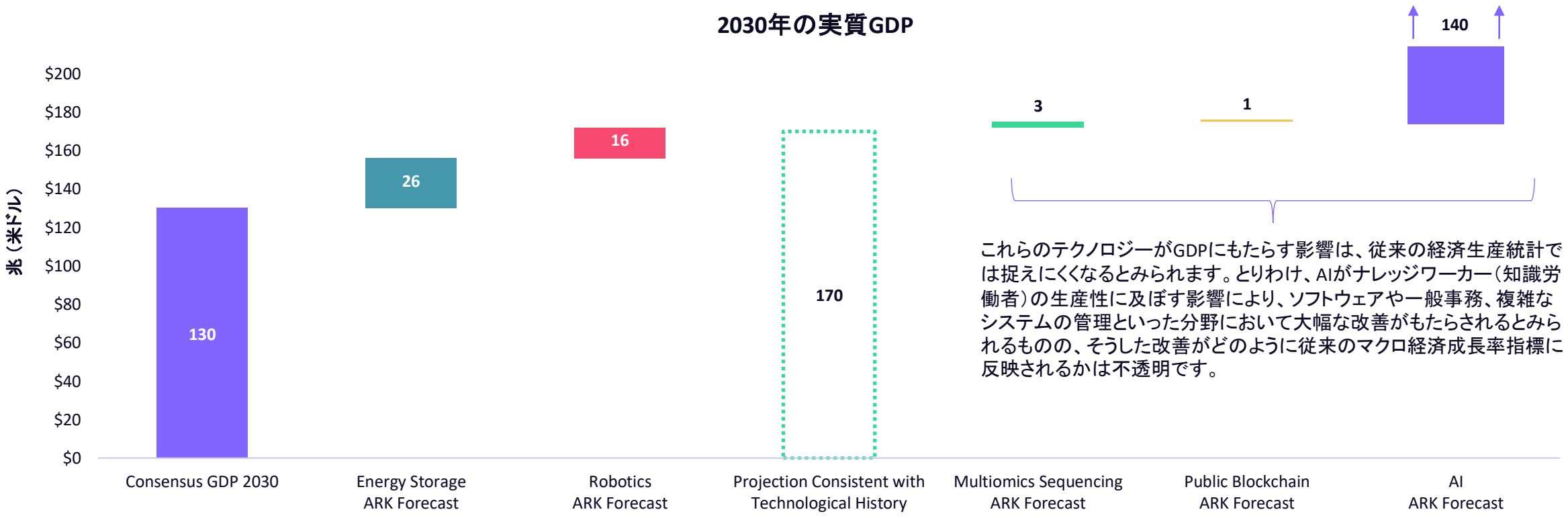
ケーブルTVパッケージの利用を止めてストリーミング（動画配信）サービスへ移行することは、経済的評価指標からすれば打撃となるもののエンターテイメントとしての価値を高める可能性があります。



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Edmunds.com, Inc., data as of 01/27/23; Afonso, C. 2022. 年間走行距離を15,000マイルとして5年間の保有コストを評価しています。米国IRA (内国歳入庁)による優遇税制が適用されること、Model 3とCamryの減価償却額が同一であること、EVの維持費がガソリン車の45%相当であることを前提条件としています。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や暗号資産の売買・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。

現在のイノベーション・プラットフォームがGDP*成長率をコンセンサス予想の水準から テクノロジーの歴史が示唆する水準へと引き上げる可能性

ARKのリサーチによると、2030年までにエネルギー貯蔵およびロボティクス関連のブレイクスルーだけでも実質GDPを30%押し上げると期待されており、AIはそれら両方による寄与度を大幅に上回る可能性があります。

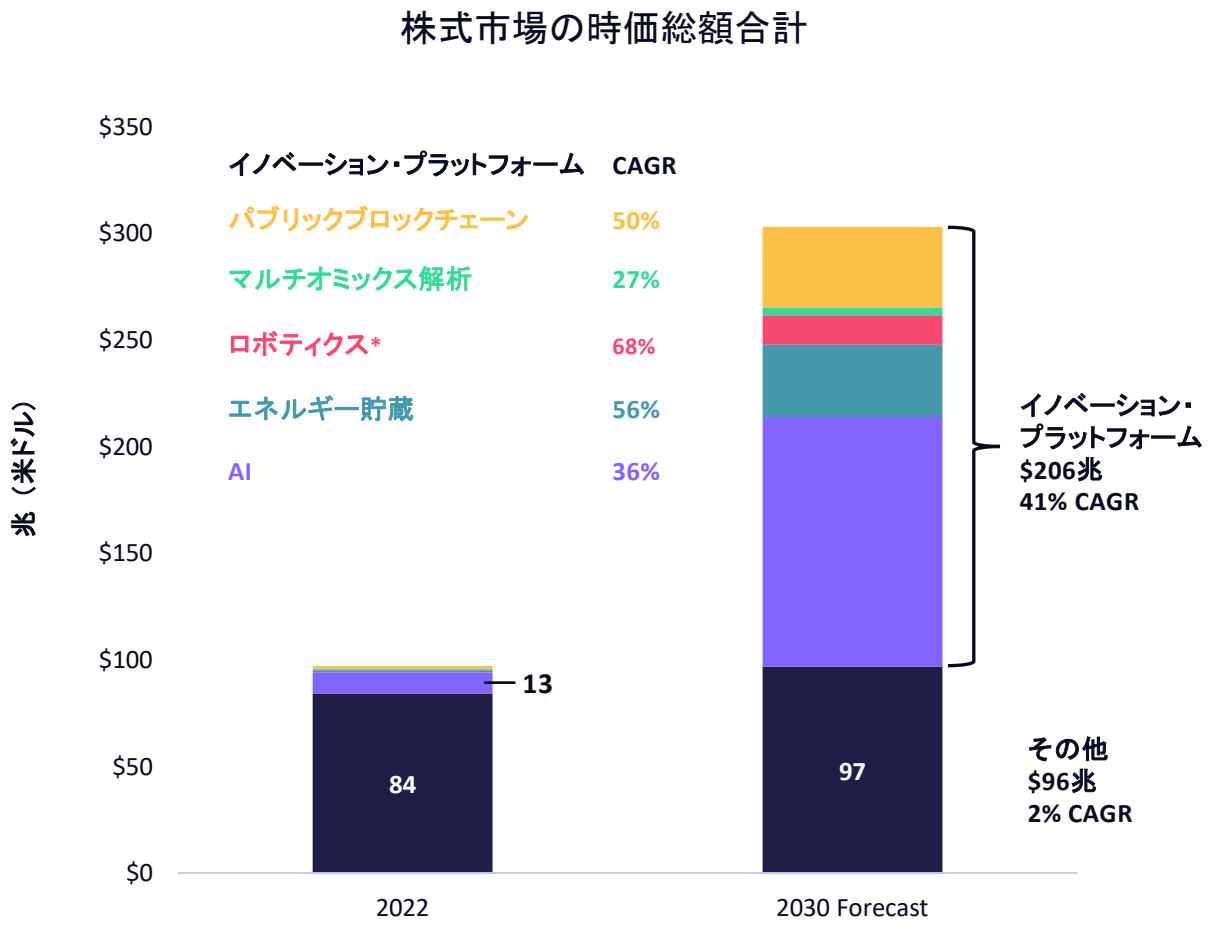


これらのテクノロジーがGDPにもたらす影響は、従来の経済生産統計では捉えにくくなるとみられます。とりわけ、AIがナレッジワーカー（知識労働者）の生産性に及ぼす影響により、ソフトウェアや一般事務、複雑なシステムの管理といった分野において大幅な改善がもたらされるとみられるものの、そうした改善がどのように従来のマクロ経済成長率指標に反映されるかは不透明です。

*GDP：国内総生産

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Nalley, S. et al. 2022. エネルギー貯蔵の予測は、ロボタクシーサービスの普及が主因となっています。ロボティクスの予測では、製造業労働者1名当たり1機のロボットが用いられて生産性が15%向上することを前提条件としており、また、家庭用ロボットによって消費者の家事負担が16%低減されるという間接的なプラス効果も加味されています。マルチオミックス解析によるGDPへの影響は、健康増進によって労働者人口の増加率が予想を2%上回る場合の影響を示しています。パブリックブロックチェーンの予測では、伝統的金融資産と比べてパブリックブロックチェーン資産の場合は課される仲介手数料が3分の2低下すること、また、新興国でのデジタルウォレット普及がGDPにもたらす影響によってGDP成長率が加速し続けることを前提条件としています。AIがGDPにもたらす影響の予測では、AIソフトウェアによって2030年までに知識労働者の生産性が4.5倍になることを前提条件としています。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や暗号資産の売買・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。

2030年には破壊的イノベーション・プラットフォームが世界の株式市場時価総額の大部分を占める可能性も



- AI、エネルギー貯蔵、ロボティクス、マルチオミックス解析およびパブリックブロックチェーンは、今回の景気サイクルにおいて株式価値が約15倍の約200兆米ドルへと拡大する可能性があります。
- イノベーション関連分野以外の株式市場エクスポージャーは引き続き価値を蓄積していくものの、2030年にはイノベーション関連が株式市場時価総額の大半を占めるとみられます。
- 暗号資産を含めた場合、2030年には破壊的イノベーションへのエクスポージャーがリスク資産全体の価値の68%程度を占めるようになる可能性があります。

*ロボティクスのCAGRには産業用ロボットでない家庭用ロボットも含みます。
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. 株式市場時価総額にはパブリックブロックチェーン・プロトコルの価値も含まれています。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や暗号資産の売買・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。上記試算においては、パブリックブロックチェーンの2022年と2030年の株式市場での時価総額合計およびCAGRに3つのテクノロジー・プラットフォーム（暗号通貨、スマートコントラクト、デジタルウォレット）も含まれています。