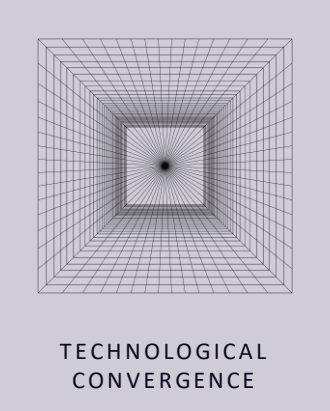
BIG IDEAS 2023

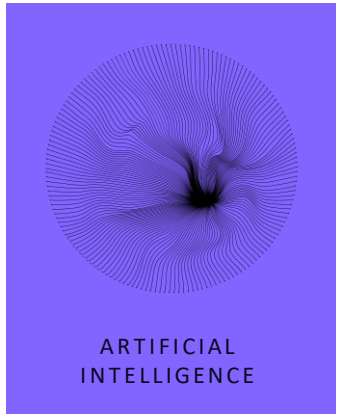
ARK INVEST

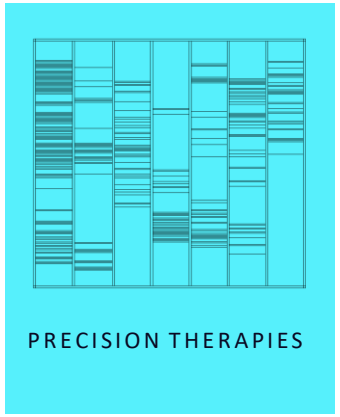
2023年1月31日

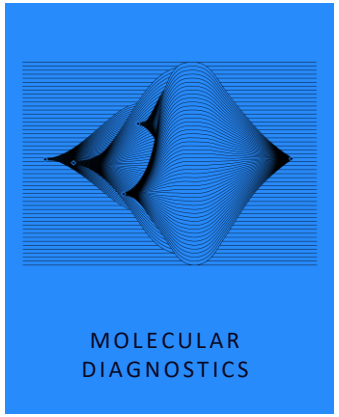
ARK Investment Management LLC

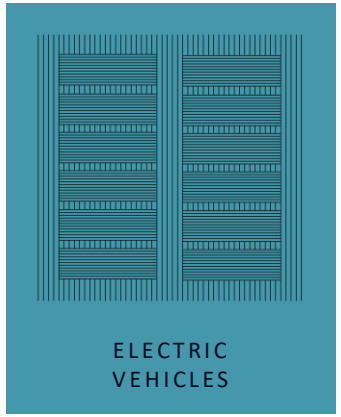
www.ark-invest.com

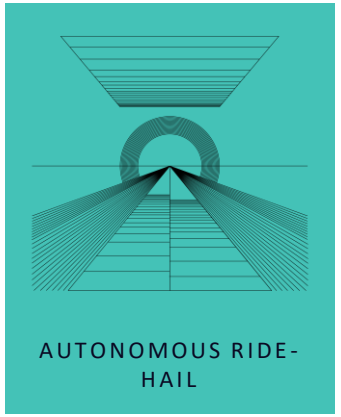


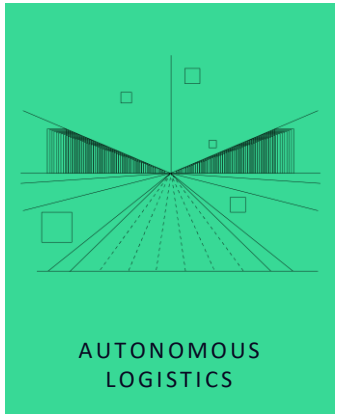


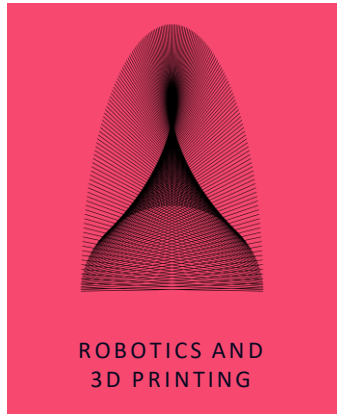


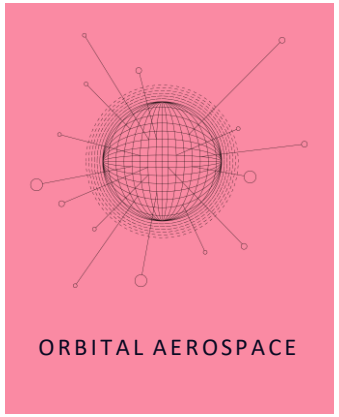












当資料は情報提供のみを目的としています。

※当資料は、英語による2023年1月発行「Big Ideas 2023」の日本語訳です。内容については英語による原本が日本語版に優先します。

破壊的イノベーションへの投資のリスクについて

注: 破壊的イノベーションを活用し、既存の技術を置き換える、あるいは新しい市場を創造する技術を開発しているとARKが考えている企業が、実際にはそうではない場合があります。ARKは、投資家の皆様に破壊的イノベーションに関する情報を紹介するとともに、その潜在的な投資機会の規模を拡大することを目指していますが、リスクおよび不確実性がARKの予測やリサーチモデルに影響を及ぼす可能性があります。投資家の皆様は、当資料の内容をあくまでも参考情報として扱い、また市場リスク、破壊的イノベーションリスク、規制リスク、および特定のイノベーション分野に関連するリスクにも注意する必要があります。

リスクに関するディスクロージャーを入念にお読みください。

イノベーションへの投資のリスクファクター

急速な変化 →

セクターと時価総額に応じたエクスポージャー →

不確実性と未知 →

破壊的
イノベーション

← 規制関連の障害

← 政治または法令面からの圧力

← 激しい競争環境

→ トップダウンおよびボトムアップのリサーチを組み合わせ、
テクノロジーについてのセクター横断的な理解をめざす

→ 規制、市場、セクターおよび個別企業リスクの理解をめざす
（最終ページの「ディスクロージャー」をご参照ください。）

出所: ARK Investment Management LLC, 2023.

Big Ideas 2023

軌道に乗って加速しつつあるイノベーション

ARKは、破壊的イノベーションをリードする企業、その基幹技術を創出する企業、そしてその恩恵を享受する企業に投資することにより、長期的なキャピタルゲインを実現してくことを目指しています。私たちは、すべての投資家がイノベーションへの戦略的配分を行なうべきであると考えます。それは、一般的なインデックス戦略には欠けている潜在的な指数関数的成長を伴う投資機会を利用するためだけでなく、既存企業が破壊されるリスクの増加に備えるヘッジにもなるからです。

イノベーションのもたらす長期的な影響を投資家の皆様にご紹介するために、当社は2017年から「Big Ideas」の発行を開始しました。以来、毎年発行しているこちらの年次調査報告書は、今日進化し、明日、超指数関数的成長を生み出す可能性を秘めたテクノロジーのブレイクスルー（躍進）を取り上げてご紹介することを目的としています。

イノベーションは今、まさに軌道に乗って加速しつつあります。これは、当社独自のリサーチを裏付けるものであり、また、私たちがARKの投資戦略は変化の恩恵を享受する正しい方向へ進んでいるという確信を強める根拠となっています。ぜひ、2023年の「Big Ideas」も楽しくお読みいただければ幸いです。

テクノロジーの融合 05

人工知能 (AI) 20

デジタルコンシューマー 30

デジタルウォレット 41

パブリックブロックチェーン 48

ビットコイン 55

スマートコントラクト・ネットワーク 66

精密治療 75

がん分子診断 86

電気自動車 96

自動運転配車サービス 106

自動配送 115

ロボティクスと3Dプリンティング 126

地球周回軌道 136

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

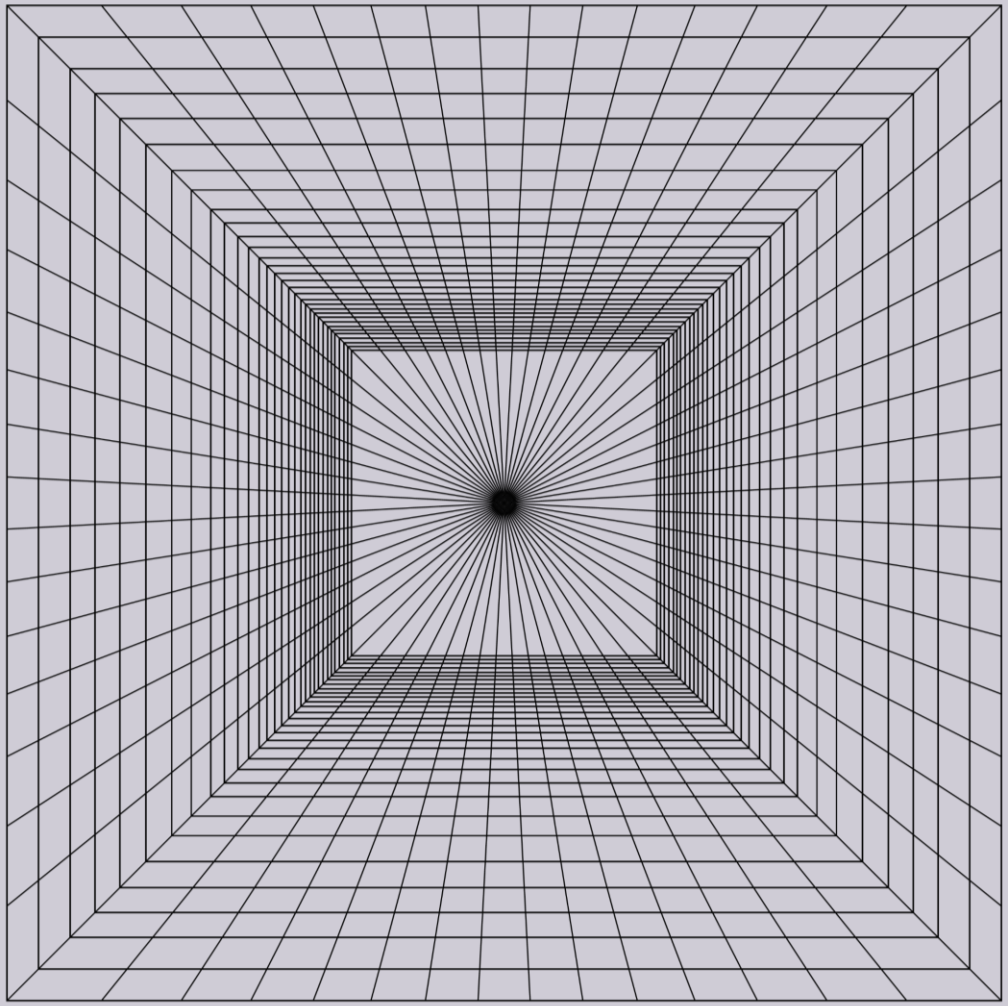
ARKのリサーチによると、5つのイノベーション・プラットフォームの融合によって前例のない成長軌道が生み出されつつあります。

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

人口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。

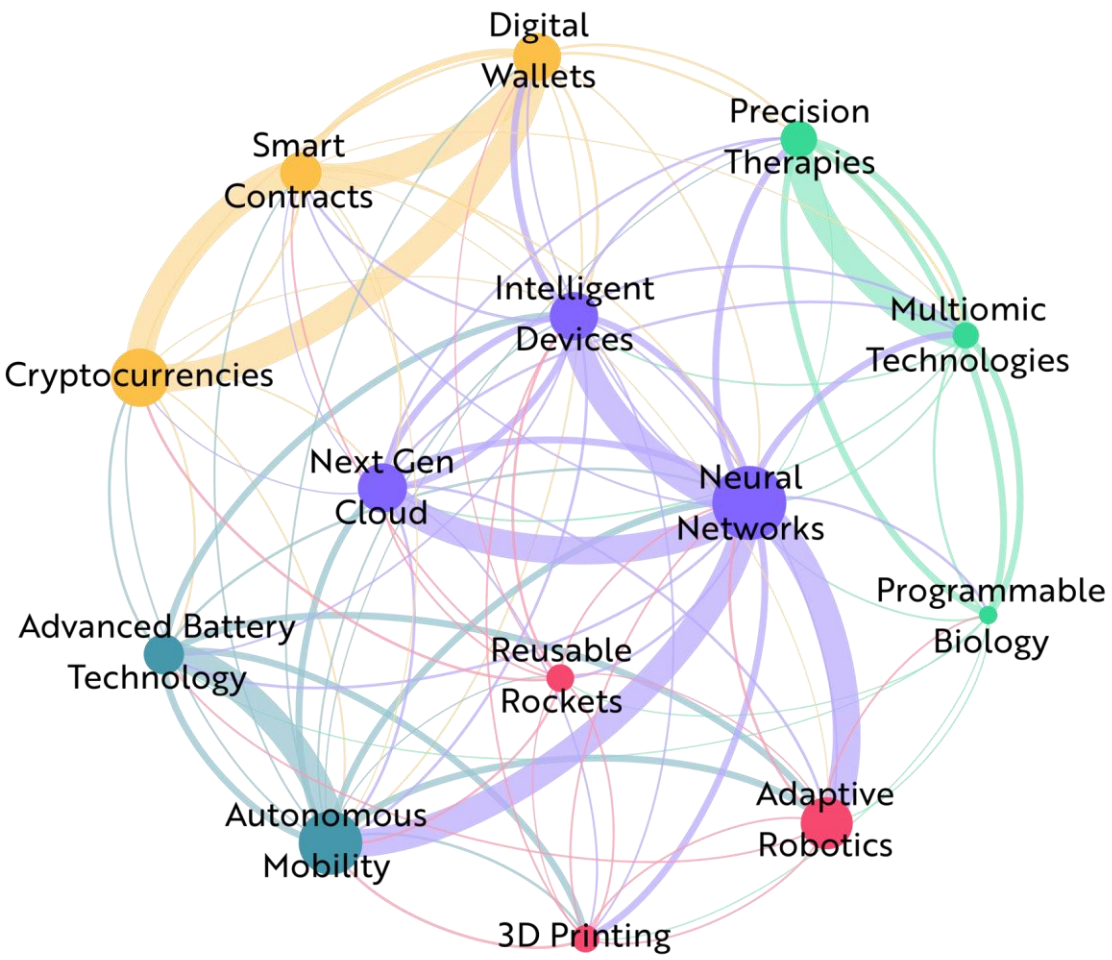
融合

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。

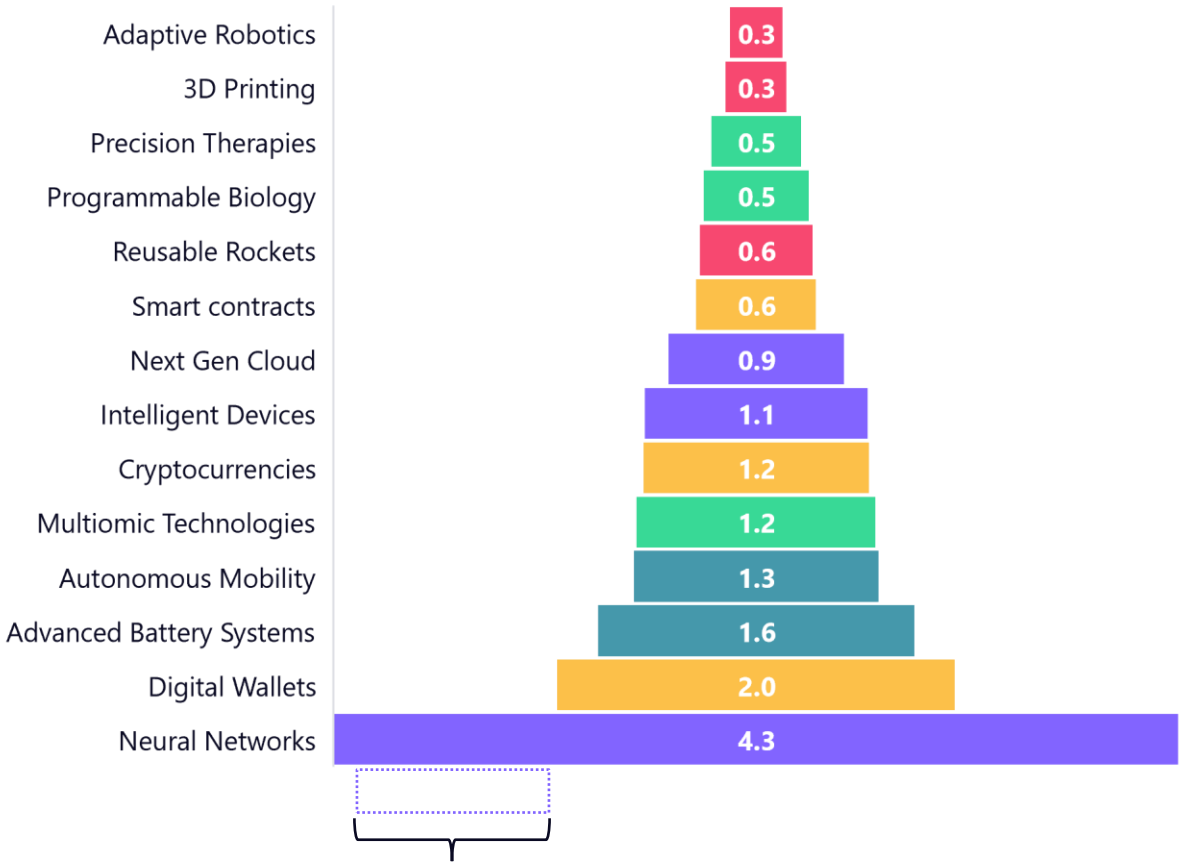
点の大きさ:2030年に見込まれる時価総額
接線の太さ:カタリストとしての推定影響度
接線の色はカタリストとなるテクノロジーで色分け



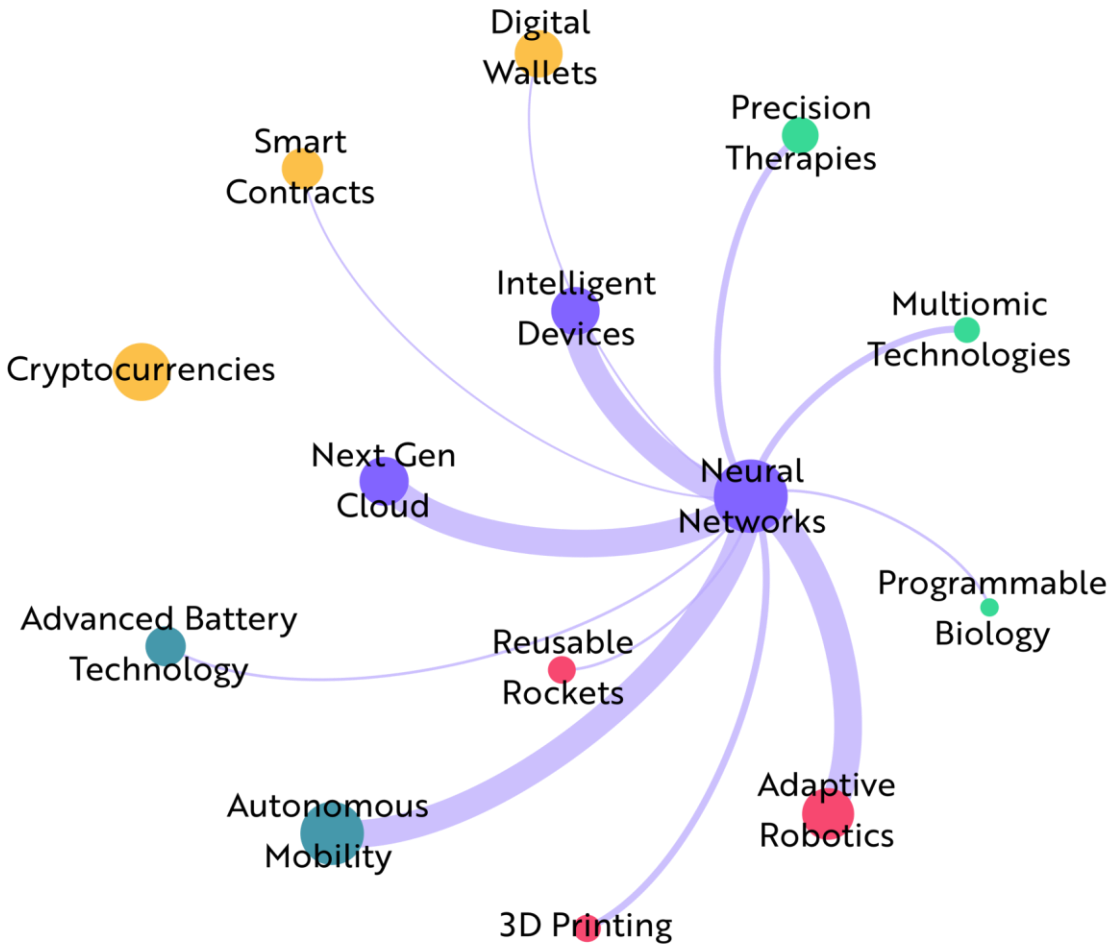
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. 上記の情報はARKのリサーチに基づいたものであり、また、見解は変更される場合があります。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません

最も重要なカタリストはニューラルネットワーク

カタリストとしての相対的重要度



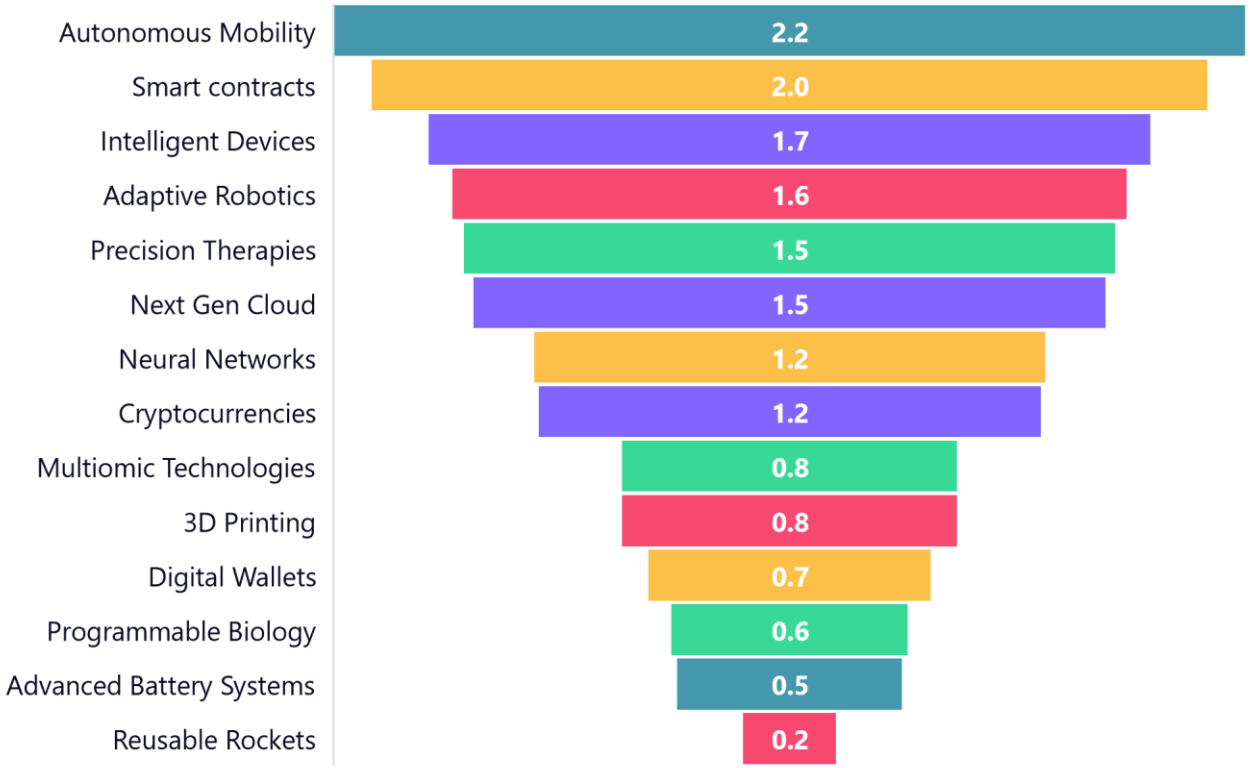
別のテクノロジーの実用化ポテンシャルを桁違いに増加させることを表しています。



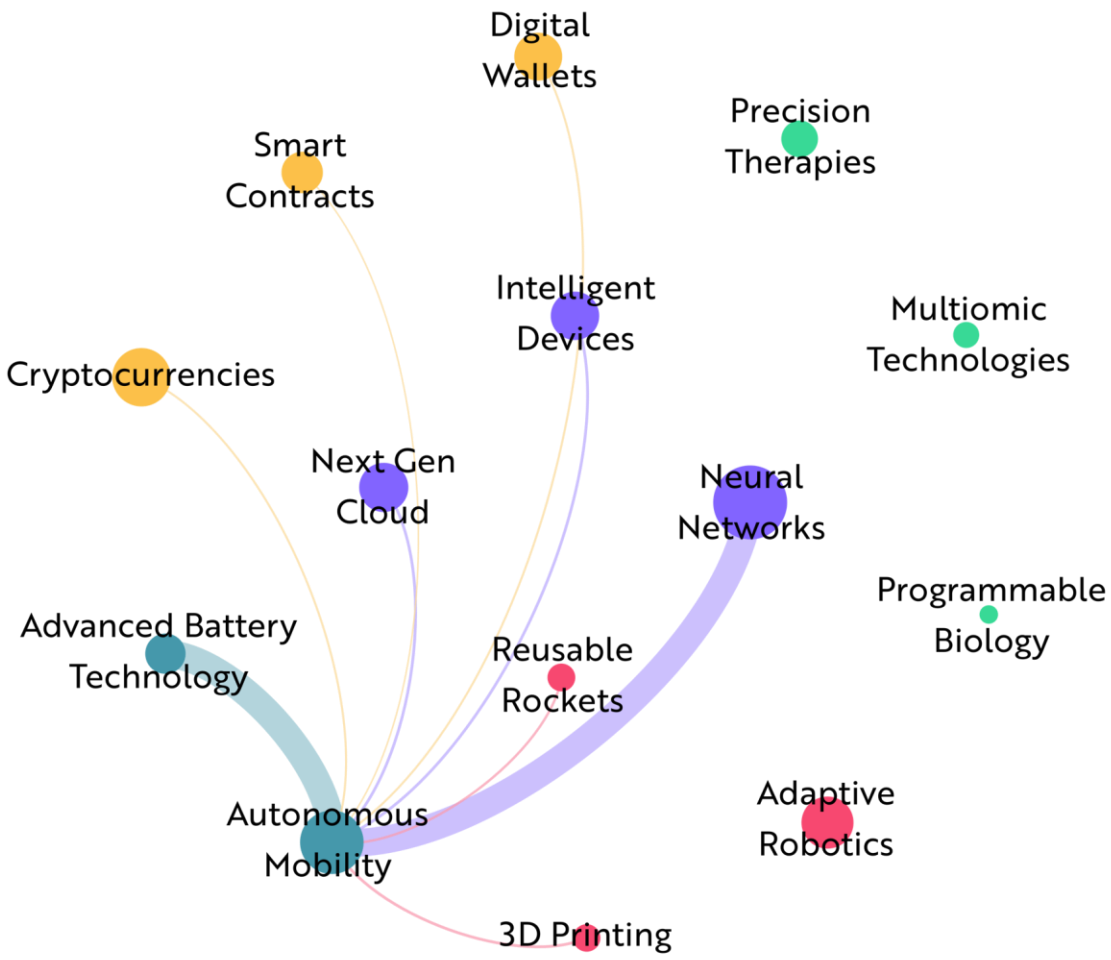
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. ARKの収斂スコア・フレームワークは、あるテクノロジーの進化が別のテクノロジーの潜在市場価値に及ぼすとみられる影響の大きさを測定したものです。「カタリストとしての相対的重要度」は、各テクノロジーの収斂スコアの合計値を測定したものです。スコア「1」が別のテクノロジーの市場価値を1桁増加させるポテンシャルに相当するようにスコアリングが調整されています。スコアはARKの見解およびリサーチによって決定されており、変更される場合があります。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としてお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



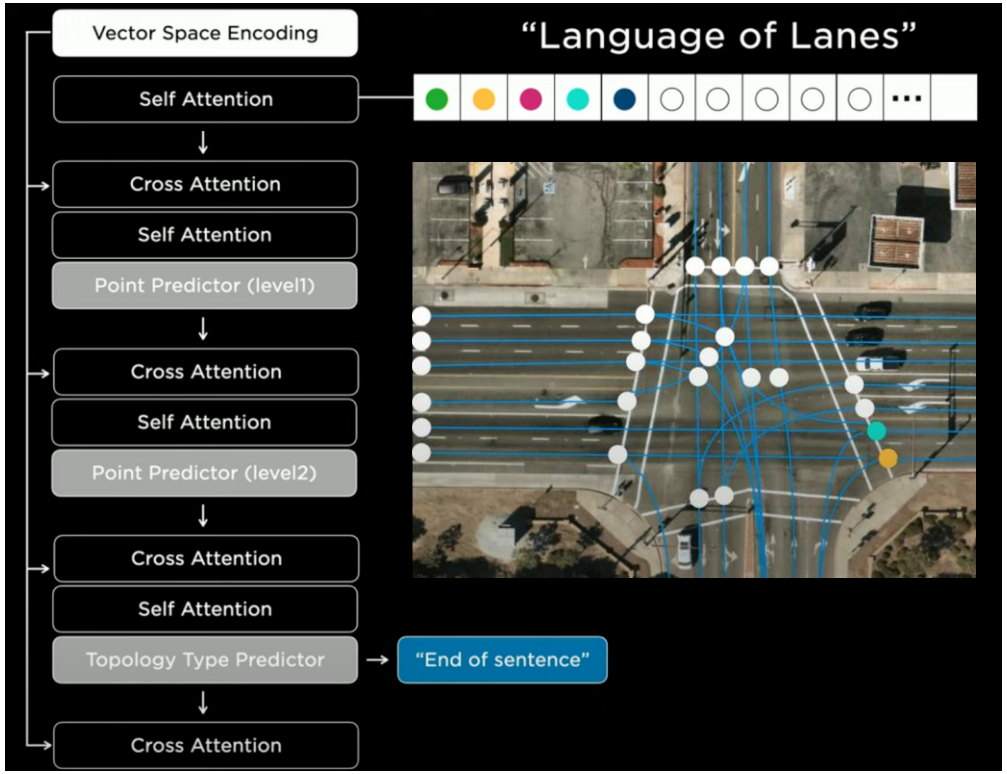
他のテクノロジーの進化を受けた市場規模拡大ポテンシャル



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。

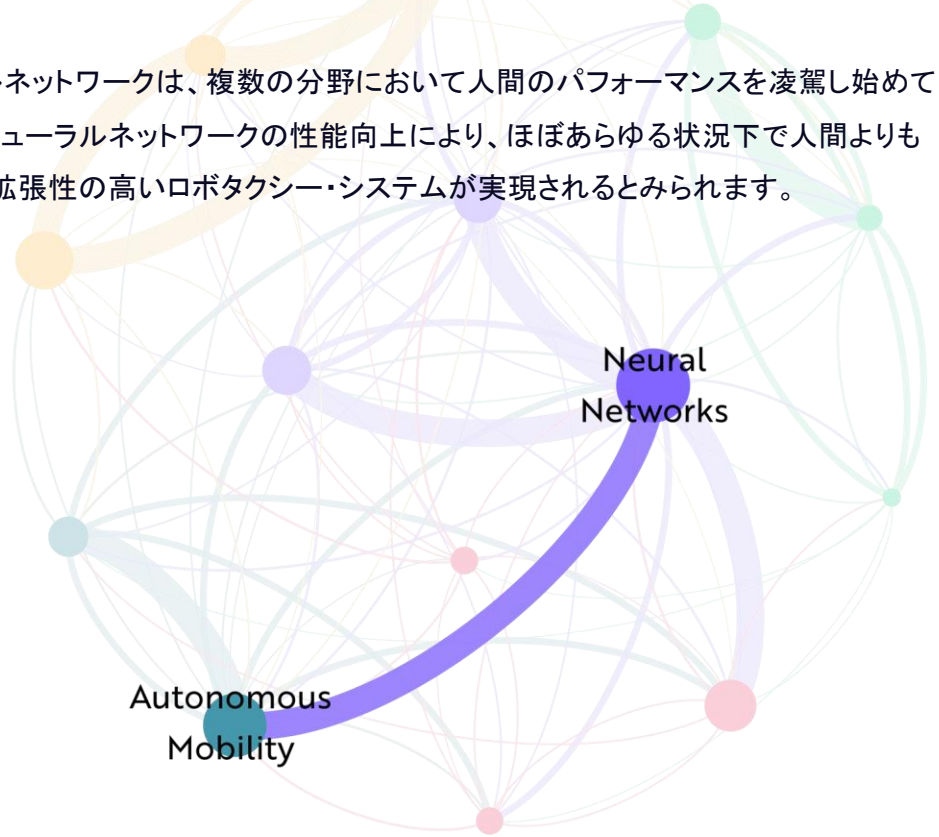
AIチャットボットがロボタクシーを「運転」するようになる

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。



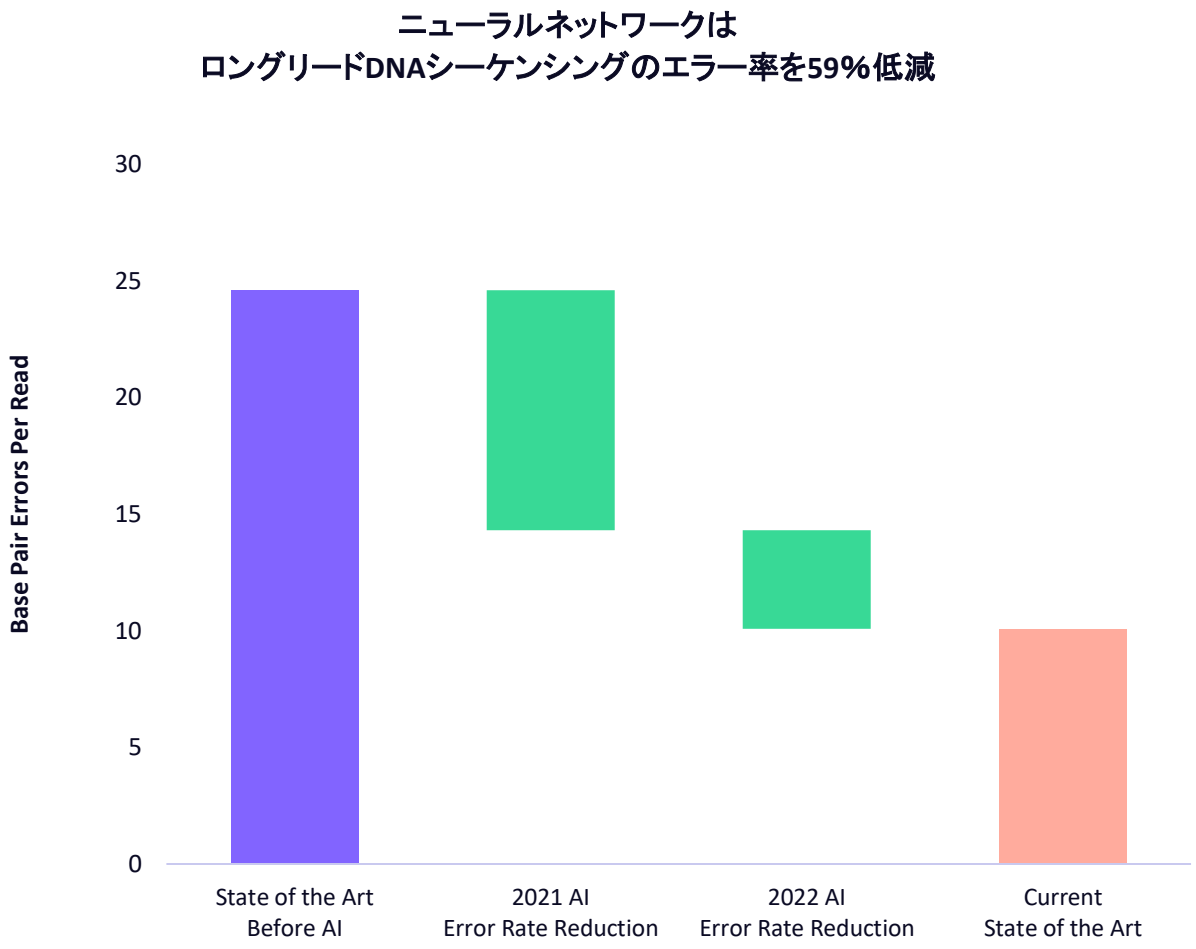
AI分野におけるイノベーションはペースが速く、当社ではロボタクシーなどの自動運転モビリティシステムの実用化の可能性に対する確信を深めています。

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。

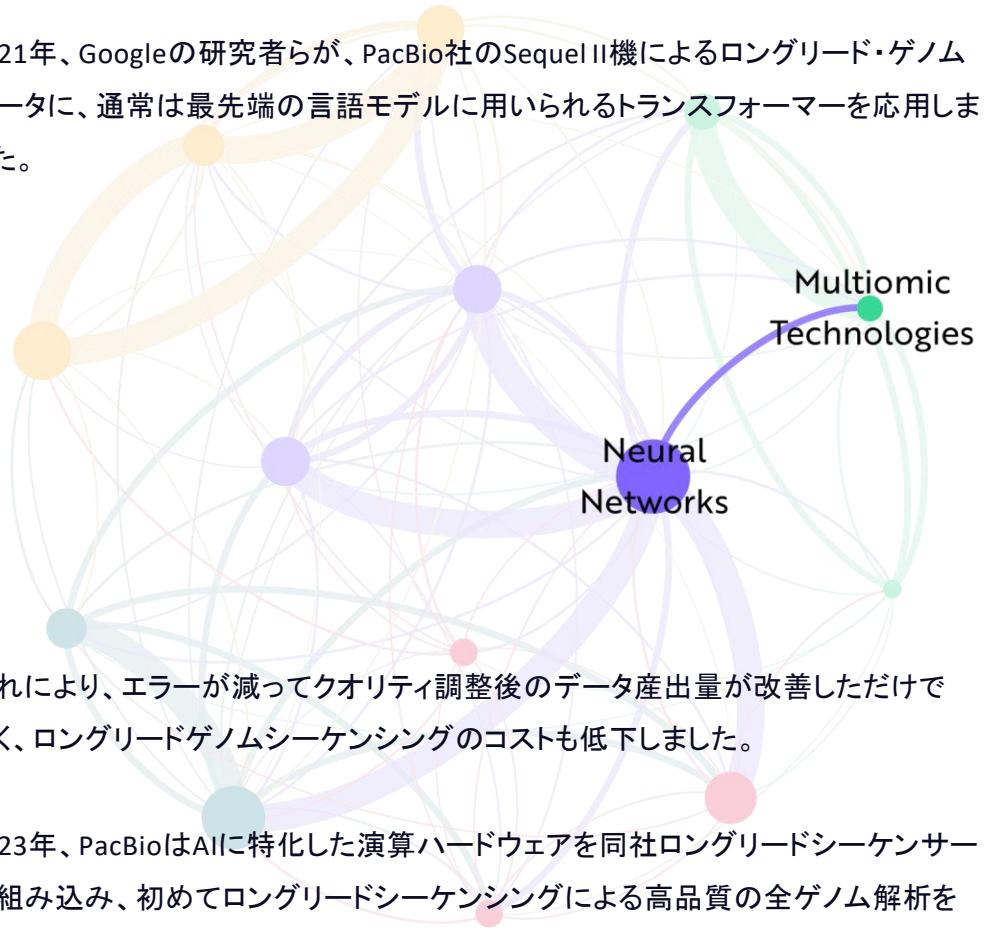


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Tesla 2022.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

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。

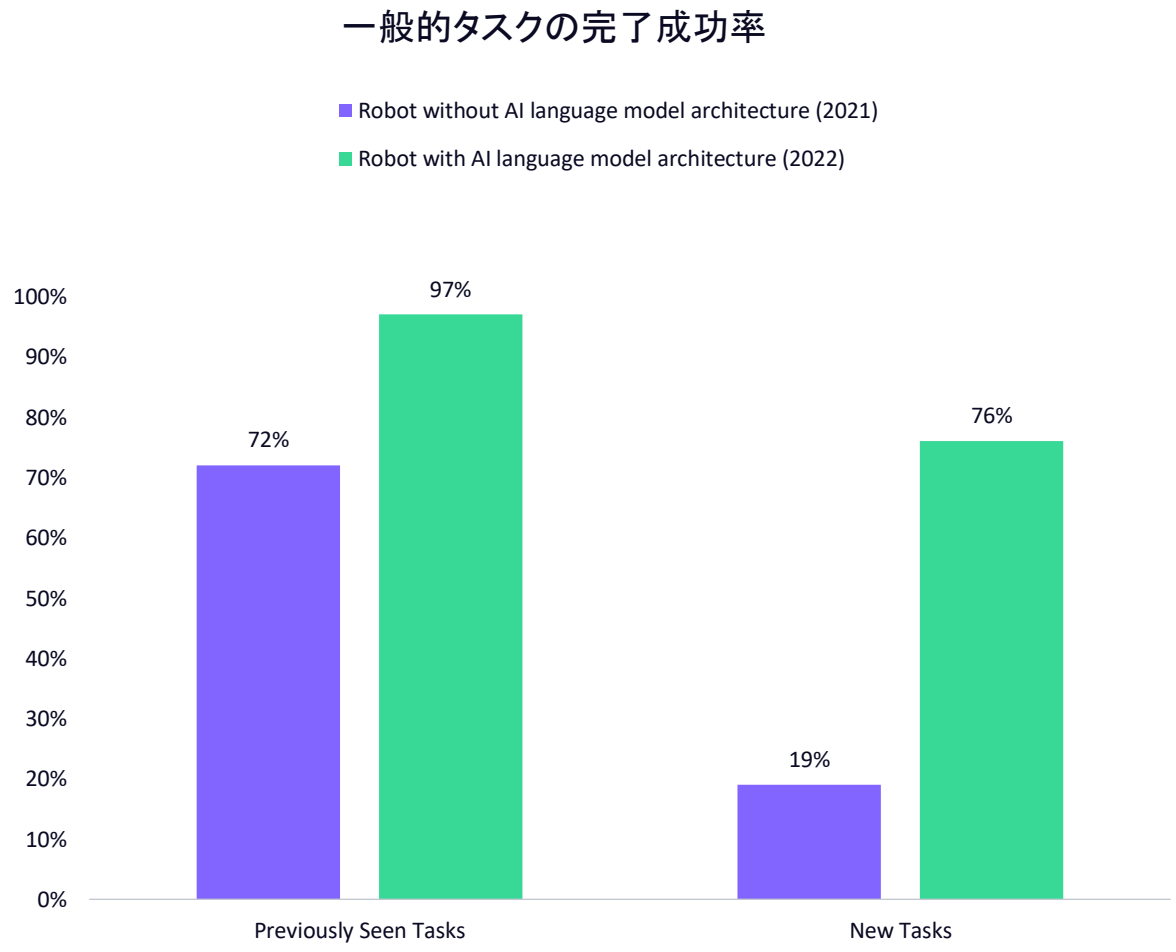


それにより、エラーが減ってクオリティ調整後のデータ産出量が改善しただけでなく、ロングリードゲノムシーケンシングのコストも低下しました。

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。

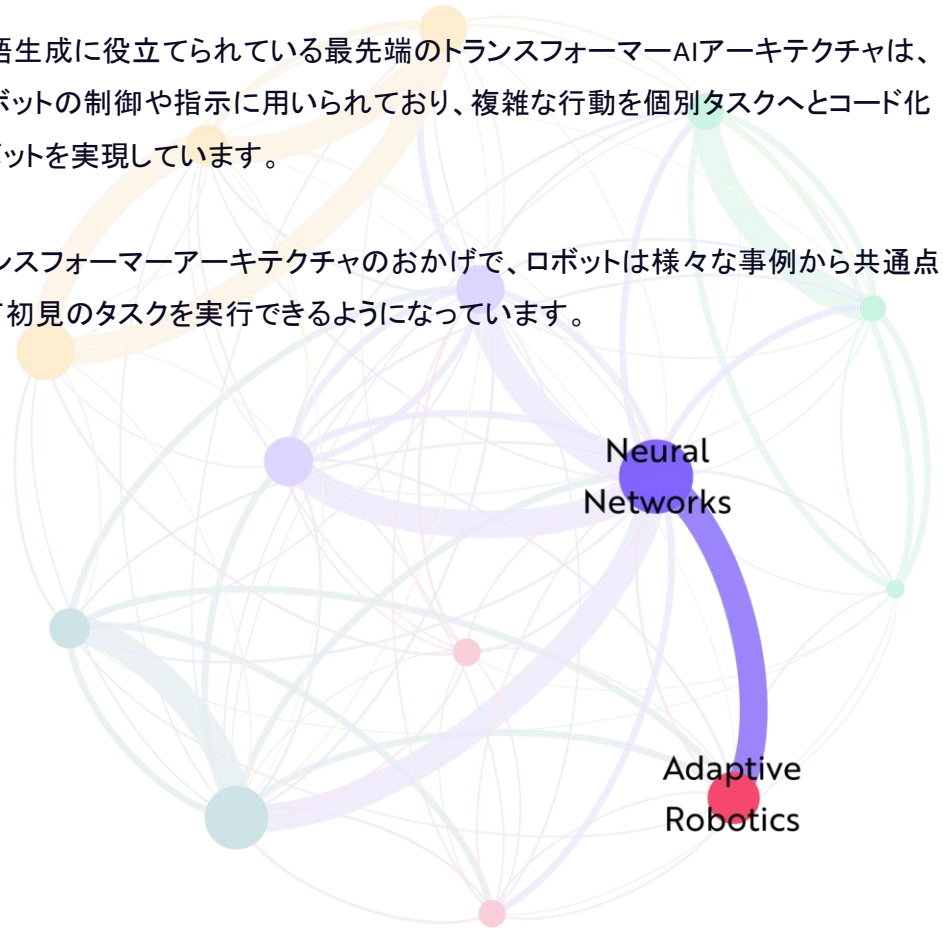
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Baid, G. et al. 2022; Carroll, A. 2022; Lopez, L. 2022.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

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



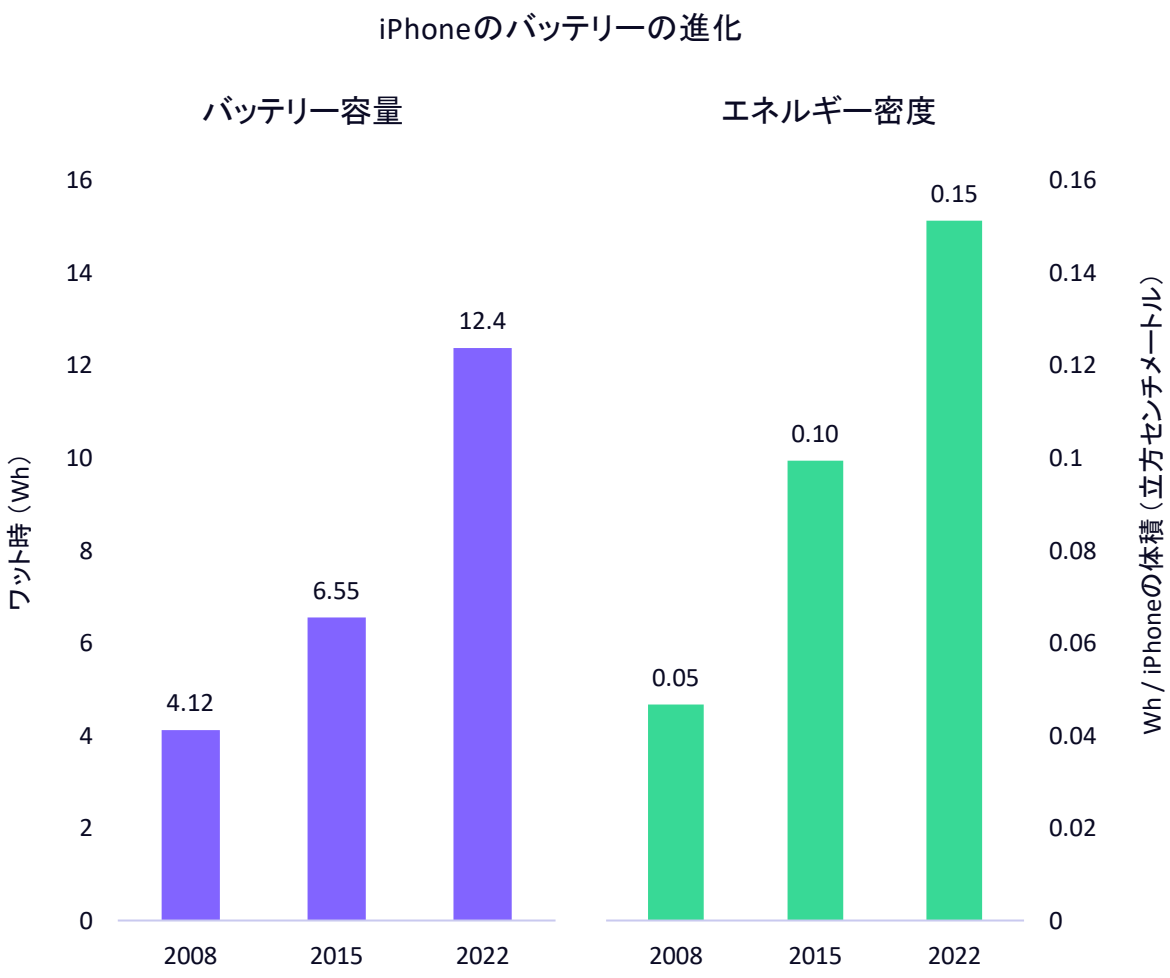
すでに言語生成に役立てられている最先端のトランスフォーマーAIアーキテクチャは、今ではロボットの制御や指示に用いられており、複雑な行動を個別タスクへとコード化できるロボットを実現しています。

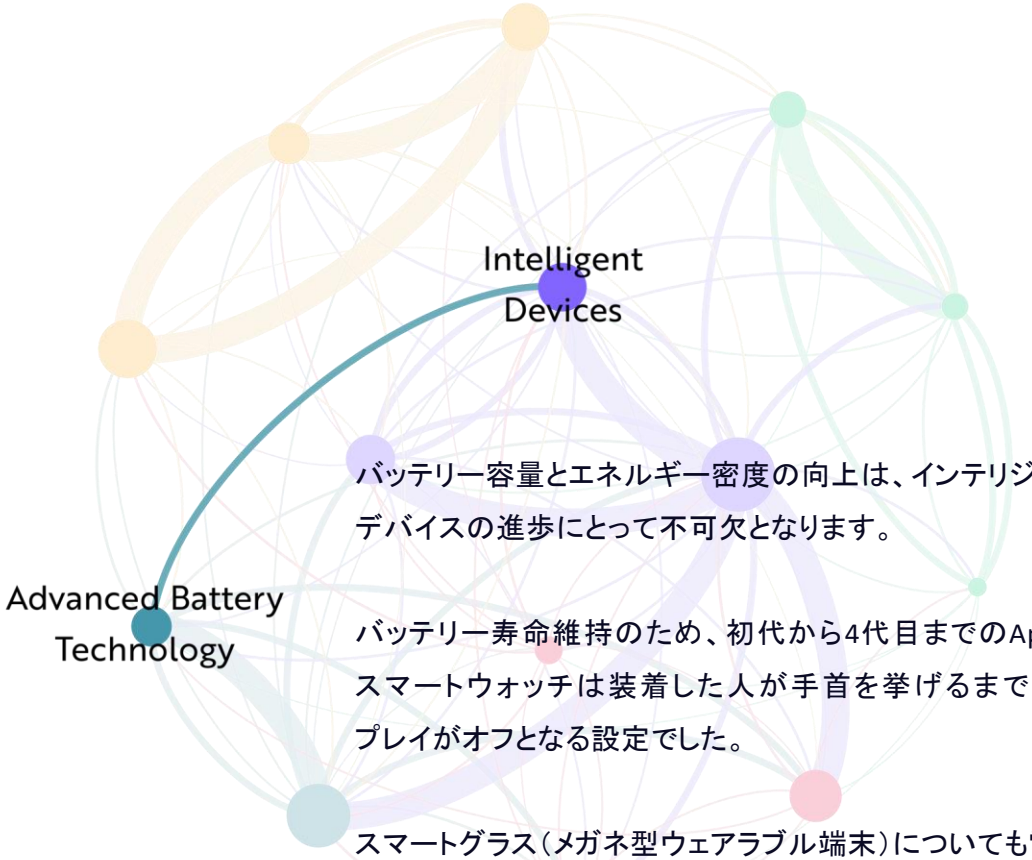
また、トランスフォーマーアーキテクチャのおかげで、ロボットは様々な事例から共通点を導き出して初見のタスクを実行できるようになっています。



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





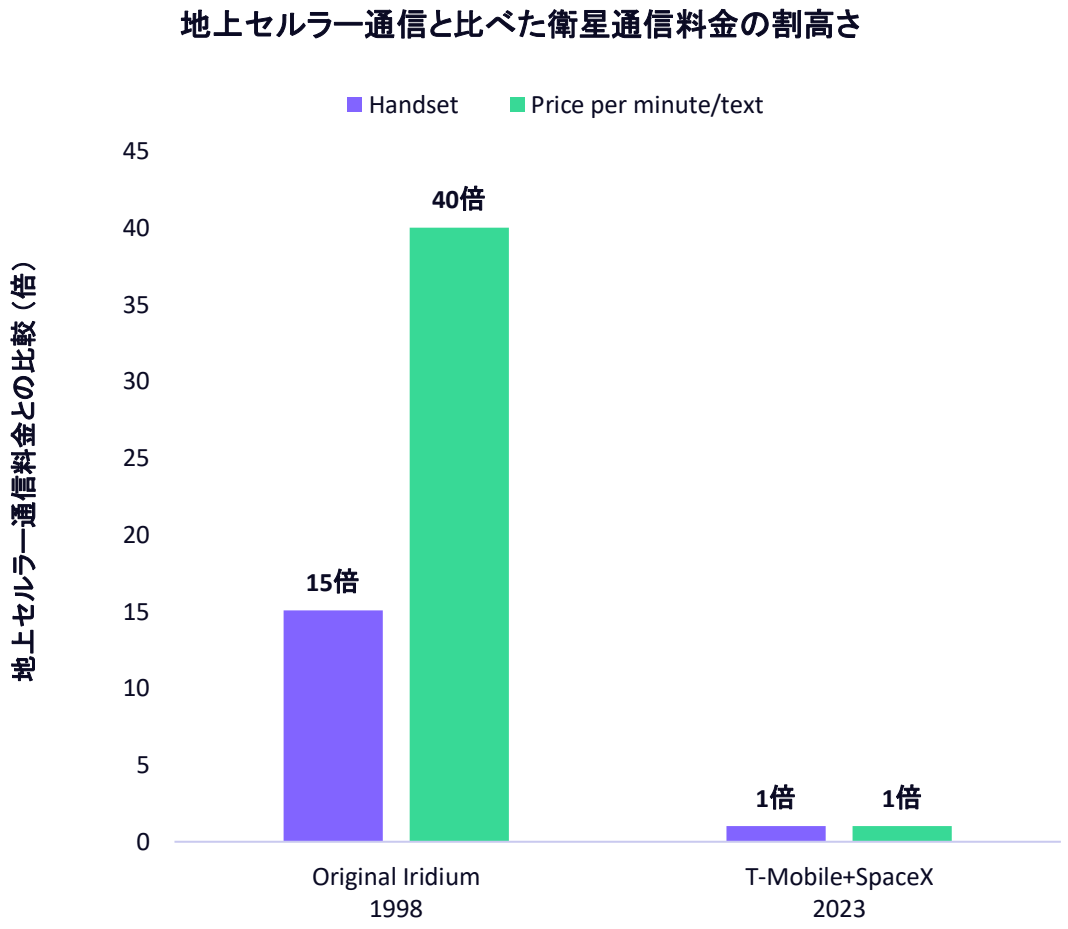
バッテリー容量とエネルギー密度の向上は、インテリジェントデバイスの進歩にとって不可欠となります。

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。

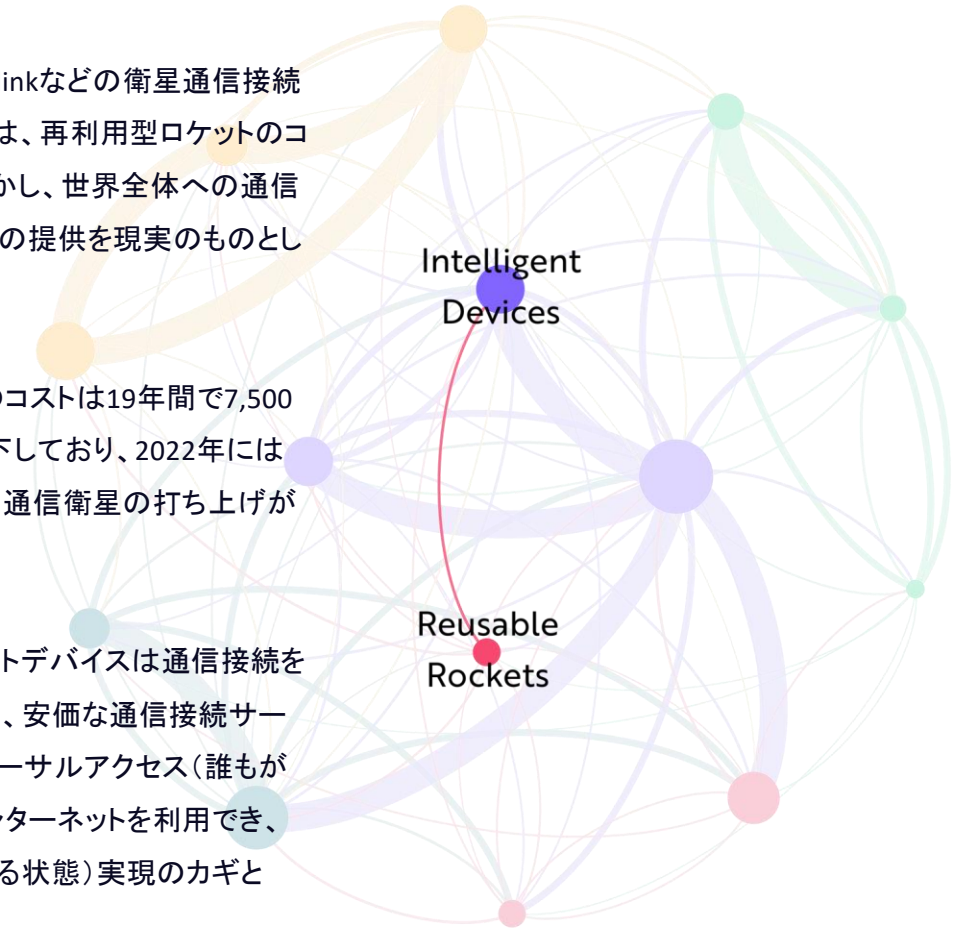
再利用型ロケットが従来型スマートフォンに届ける衛星通信の力



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。

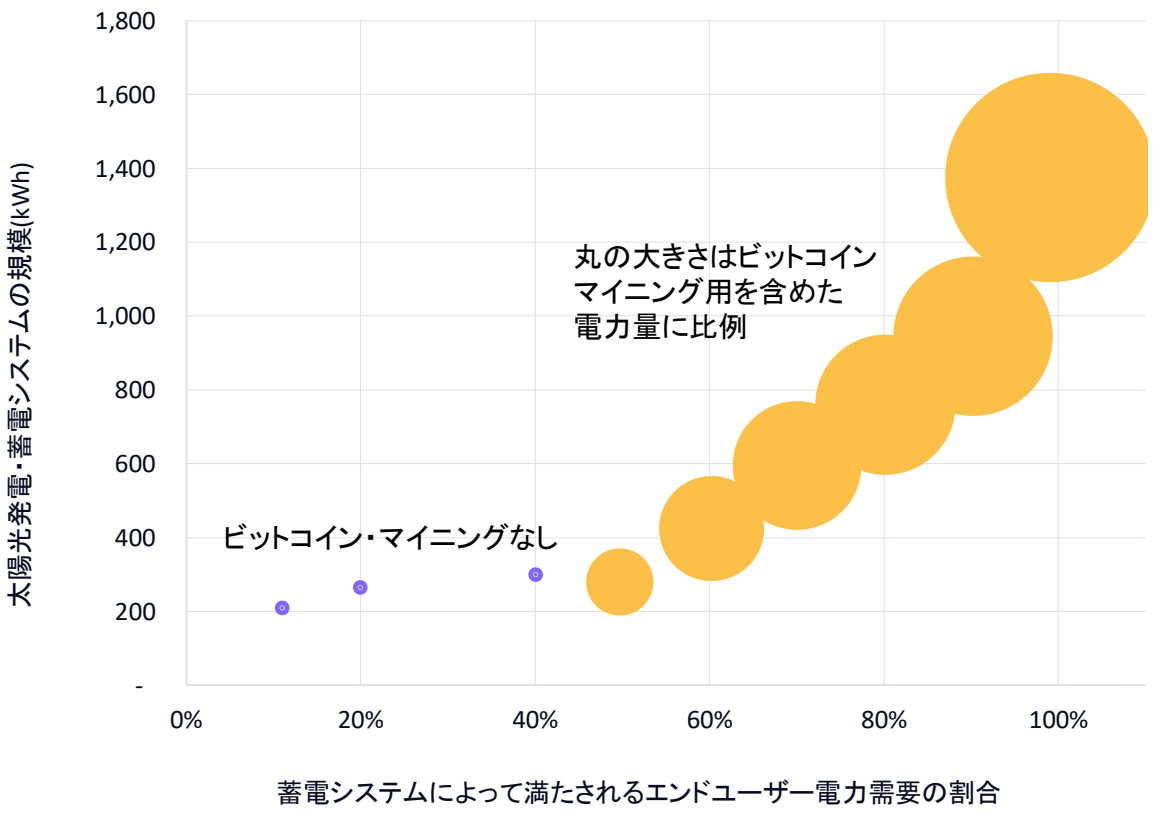
インテリジェントデバイスは通信接続を頼りとしており、安価な通信接続サービスはユニバーサルアクセス（誰もが同じようにインターネットを利用でき、情報を得られる状態）実現のカギとなっています。



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



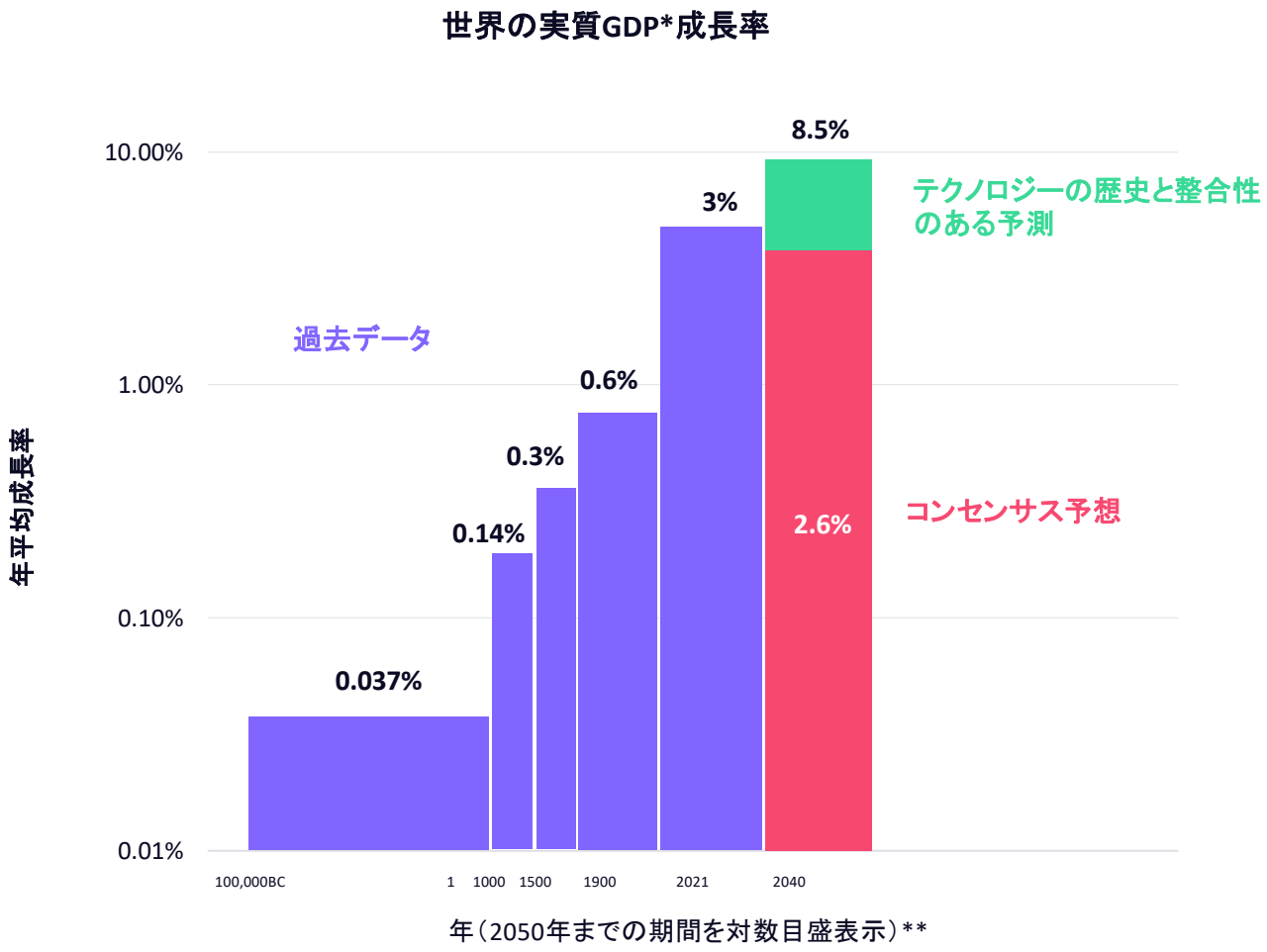
ビットコインのマイニング（採掘）マシンはモジュール型で移動可能、柔軟性も高く、風力や太陽光発電などの断続的な電力源との相性も良く、発電において有用なツールとなります。

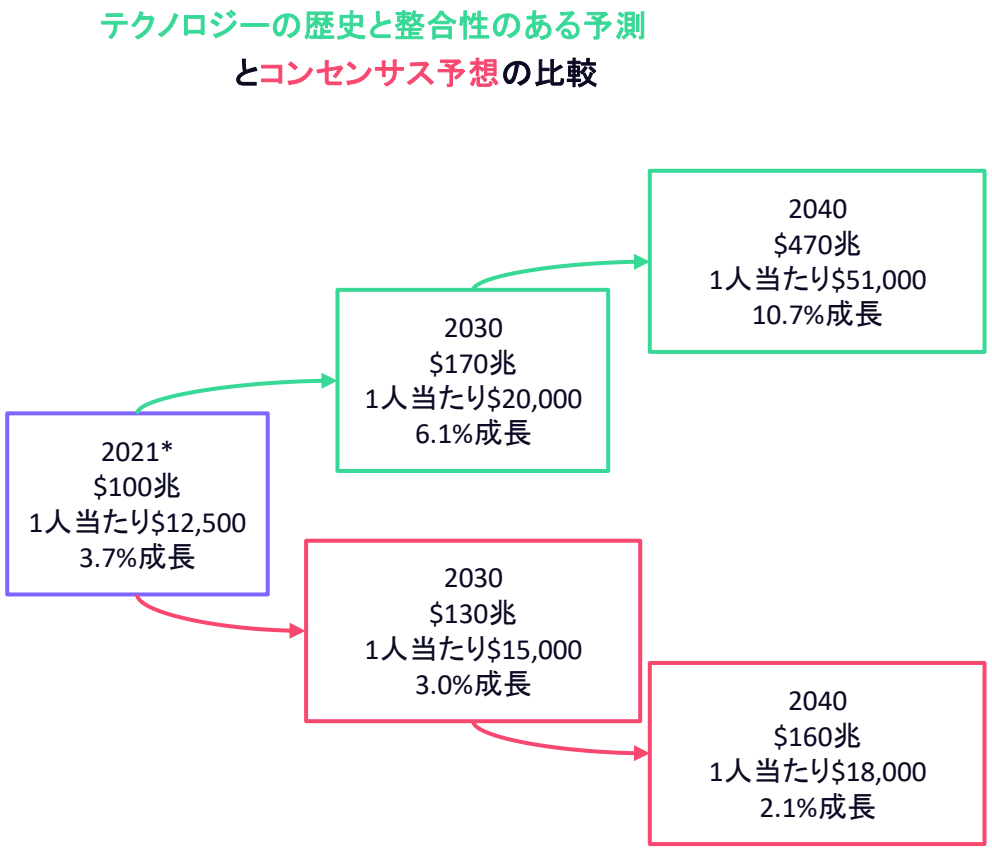
ビットコイン・マイニングを太陽光発電の蓄電システムに取り入れることで、均等化発電原価(LCOE)を上昇させることなく電力系統の拡張性と信頼性を高めることができます。ビットコインのマイナー（採掘者）は、余剰電力を「購入」することができます。

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

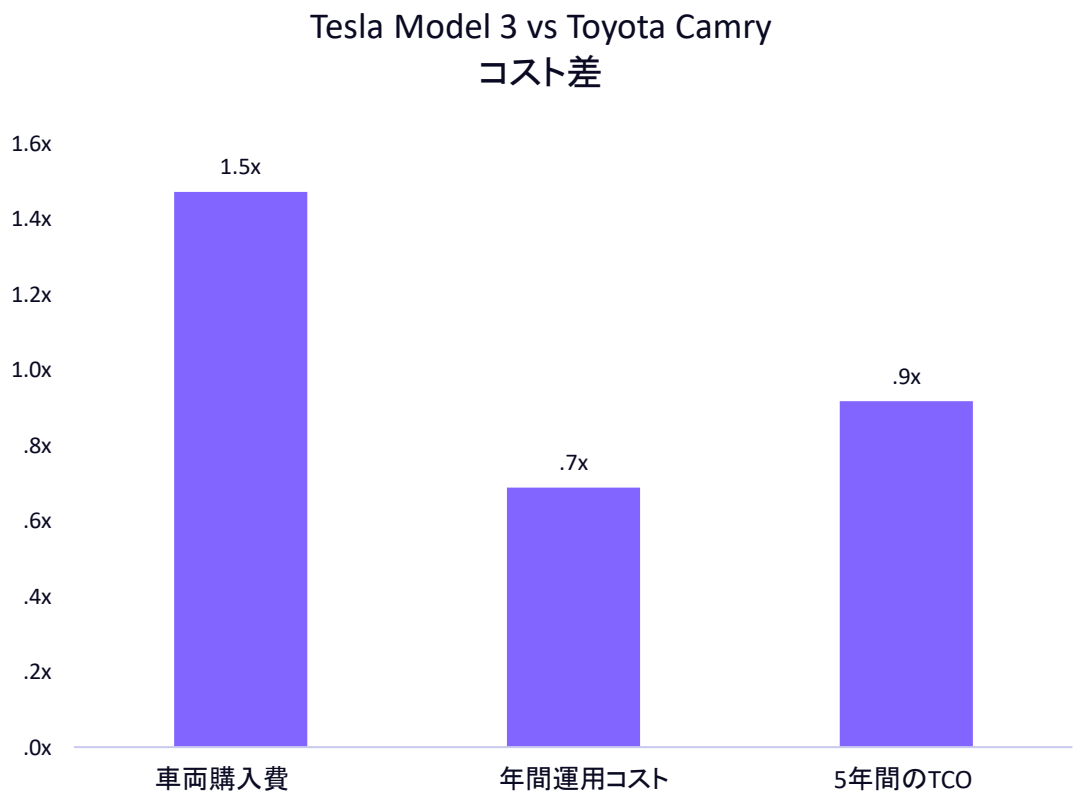




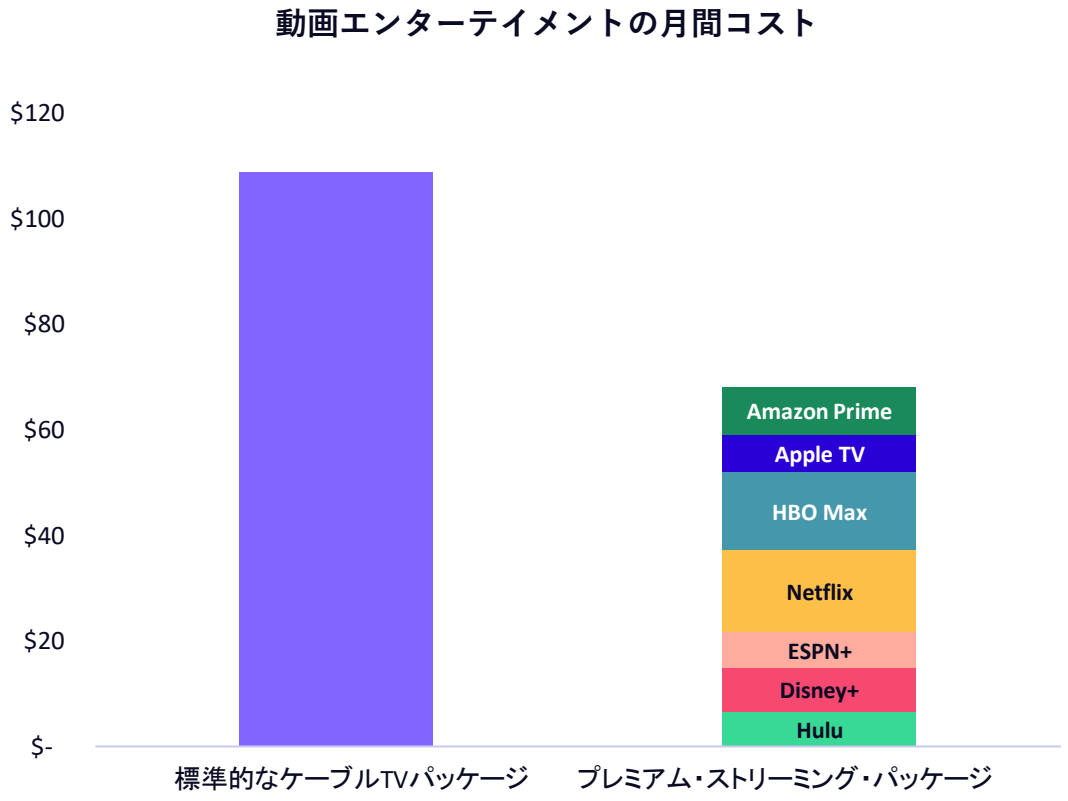
*GDP：国内総生産 **X軸は2050年までの期間を対数目盛で表示しています。
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Bolt, J. et al. 2022; The World Bank Group, 2023年1月27日付データ; Nalley, S. et al. 2021; DeLong, B. 1998. 数値は四捨五入しています。コンセンサス予想は米国エネルギー情報局による「世界のエネルギー見通し(International Energy Outlook)」で参考とされている経済シナリオです。2050年までの期間を示したX軸の対数目盛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



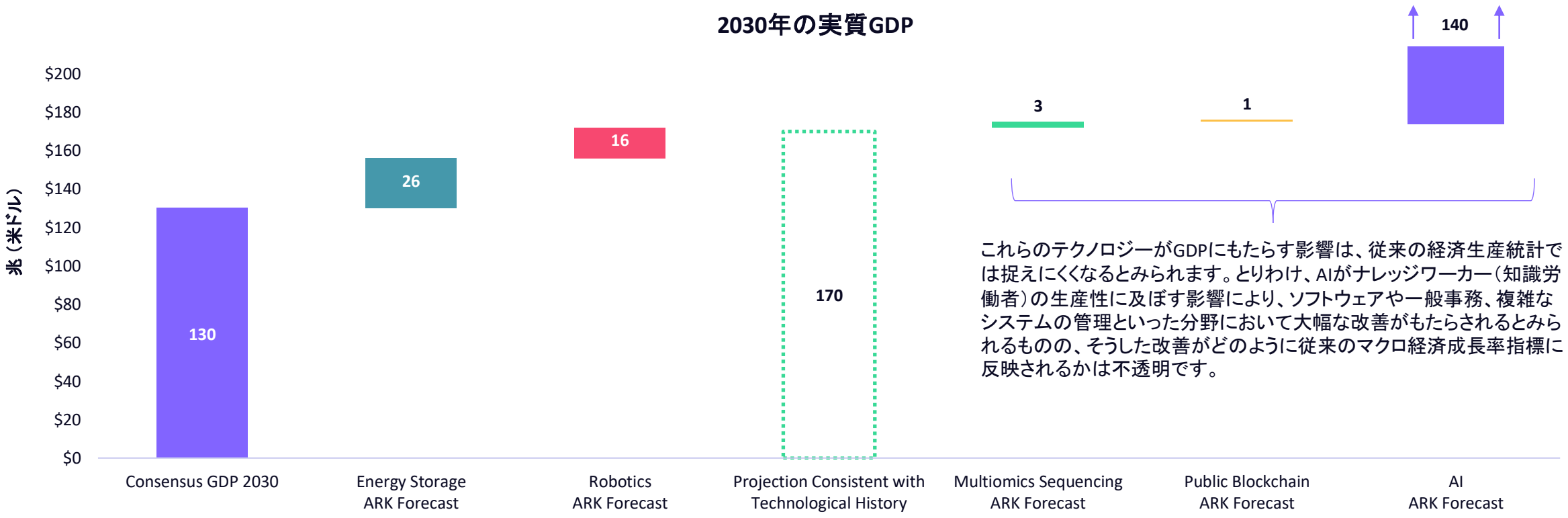
ケーブルTVパッケージの利用を止めてストリーミング（動画配信）サービスへ移行することは、経済的評価指標からすれば打撃となるもののエンターテイメントとしての価値を高める可能性があります。



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。

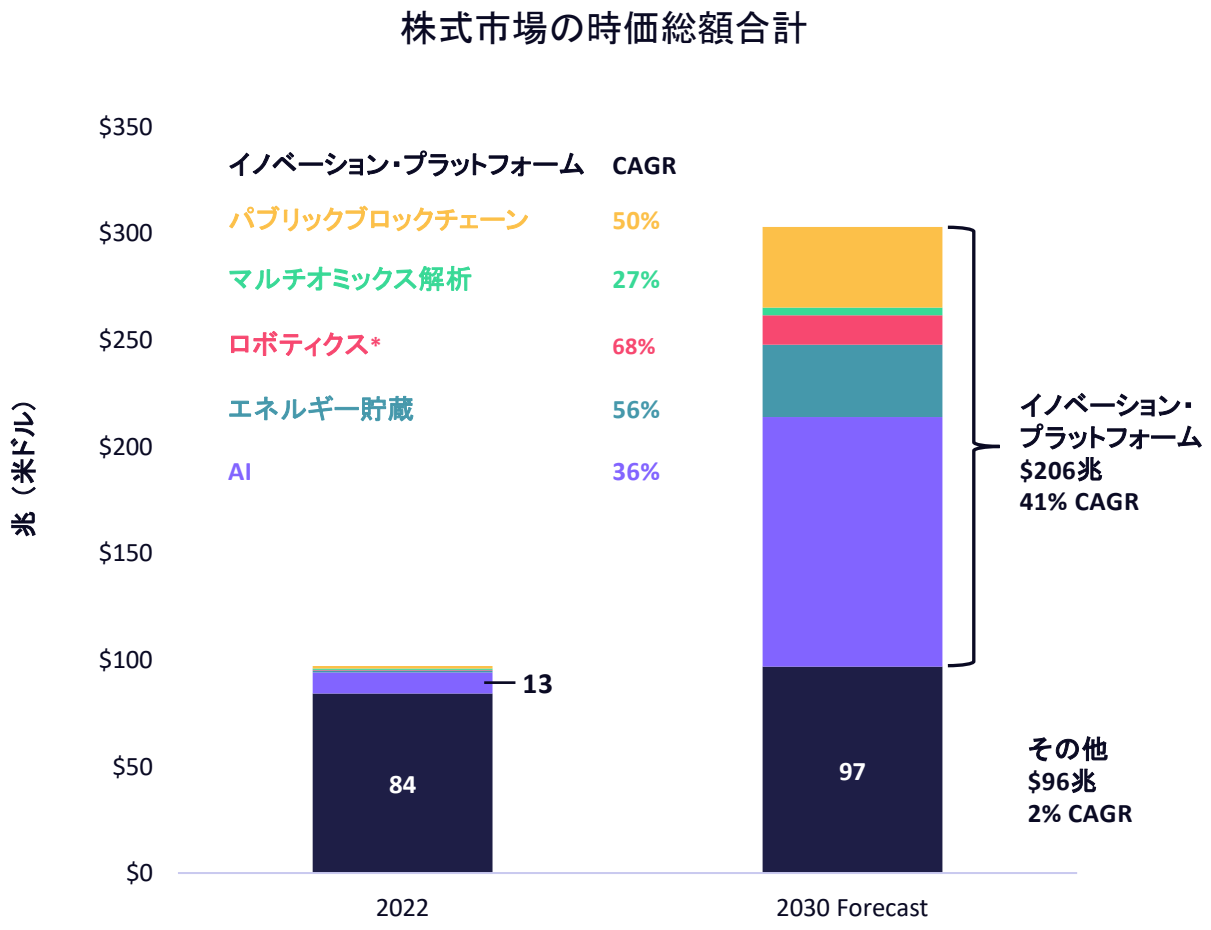


これらのテクノロジーがGDPにもたらす影響は、従来の経済生産統計では捉えにくくなるとみられます。とりわけ、AIがナレッジワーカー（知識労働者）の生産性に及ぼす影響により、ソフトウェアや一般事務、複雑なシステムの管理といった分野において大幅な改善がもたらされるとみられるものの、そうした改善がどのように従来のマクロ経済成長率指標に反映されるかは不透明です。

*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。

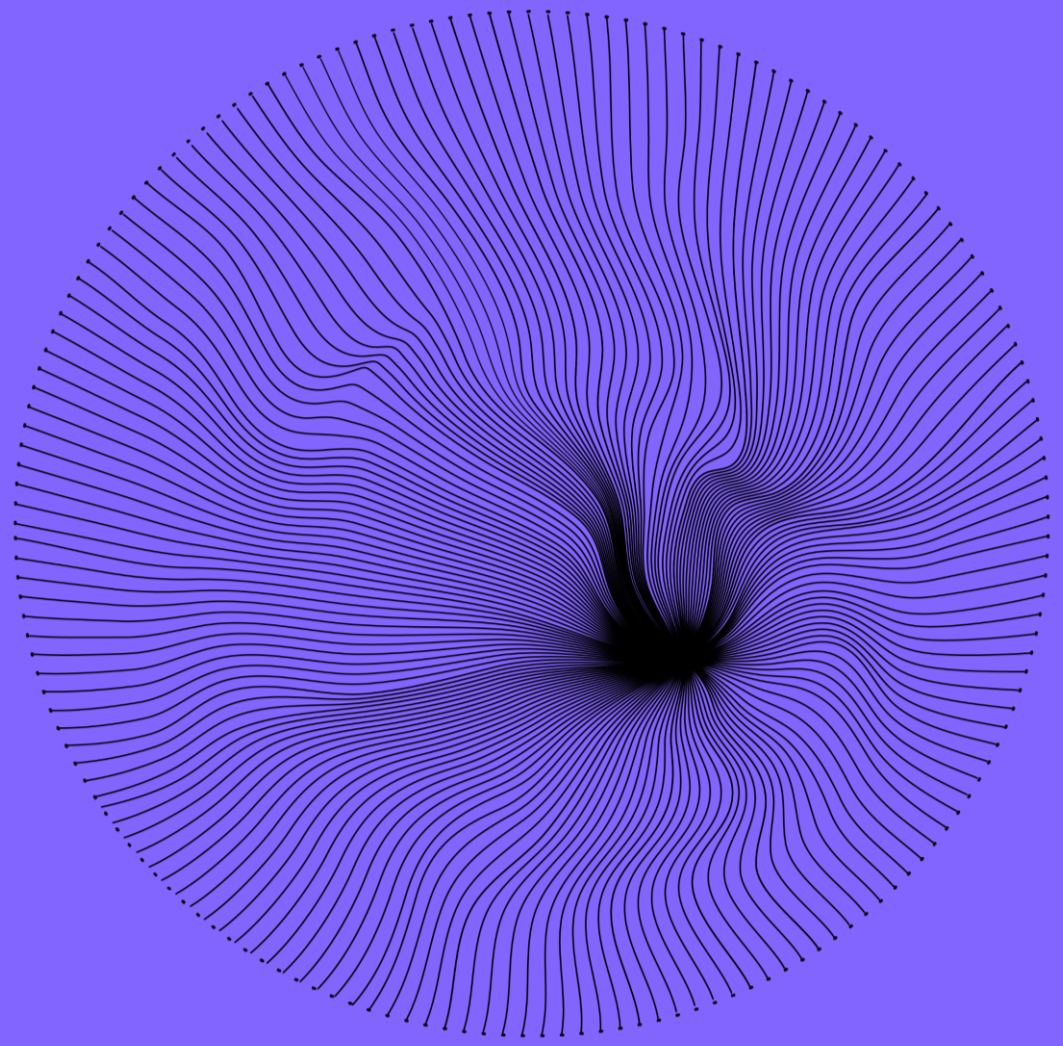
人工知能（AI）

ナレッジワーカー版の組み立てラインの作成

DALL-E-2からChatGPTに至るまで、2022年はジェネレーティブ（生成型）AIがウェーブを巻き起こしました。これらのツールはナレッジワーカー（知識労働者）の生産性を向上させており、AIコーディングアシスタントの場合では生産性がほぼ倍増しています。

AIに知識を学習させるためのトレーニングコストは引き続き年率70%低下しました。大規模な自然言語処理モデルを「GPT-3」並みの性能へとトレーニングするためにかかるコストは、2020年には460万米ドルだったものの2022年には45万米ドルへと急低下しています。年率70%のコスト低下は2030年まで続くと予想しています。

AIはナレッジワーカーの生産性を2030年までに4倍以上に高めるとみられます。普及率が100%になれば、AIは世界の労働生産性を約200兆米ドル高めると期待され、その規模はナレッジワーカー全体の給料合計額約32兆米ドルを大幅に上回ることになります。

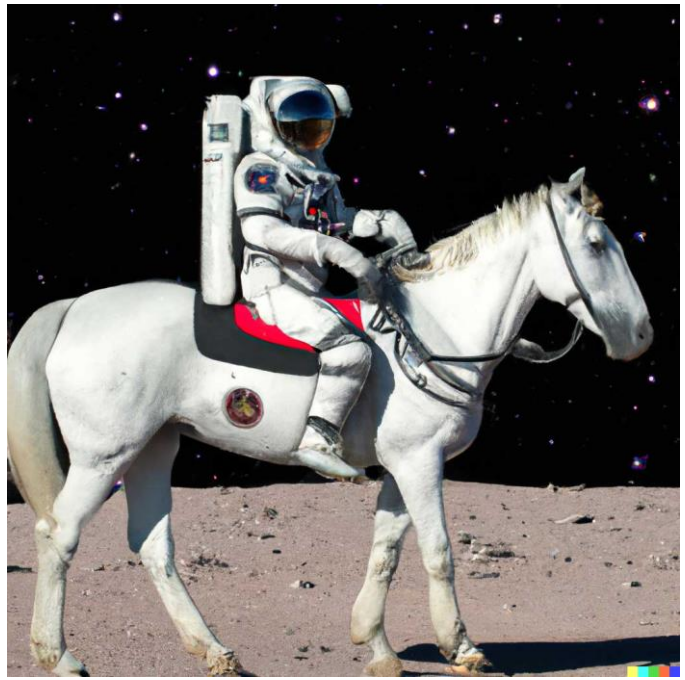


リサーチ担当者：William Summerlin（ARKベンチャー共同リード兼アナリスト）
Frank Downing（次世代インターネット分野リサーチディレクター）

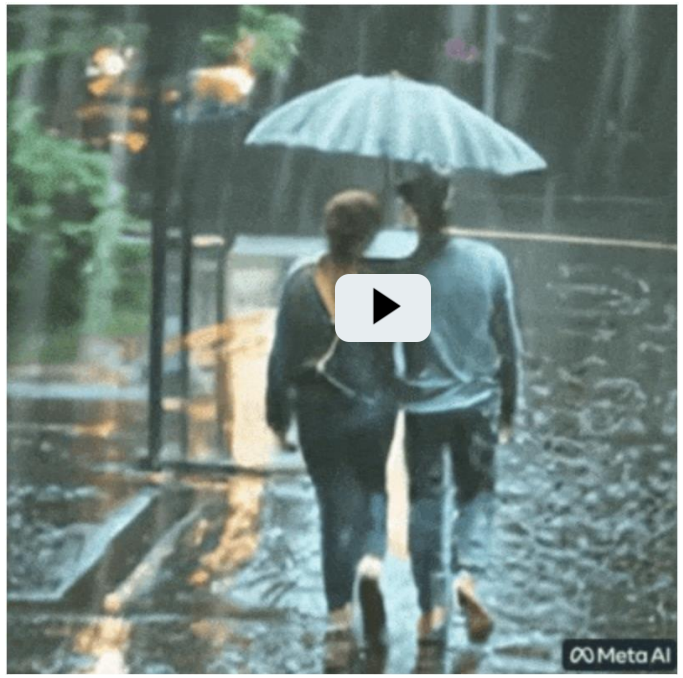
出所: ARK Investment Management LLC, 2023.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

ジェネレーティブAIの年となった2022年

短い文章（プロンプト）を入力することで、ジェネレーティブ（生成型）AIモデルは画像やコード、テキスト、音声、動画を作り出すことができます。多数のジェネレーティブAIプロジェクトで作成されたモデルは、1年足らずのうちに荒い画像を生成できる程度から高品質の3Dモデルや動画を生成できるまでに進歩しました。



DALL-E 2:「馬に乗った宇宙飛行士」
2022年9月公開



Meta社のMake-A-Video
2022年9月発表

オープンソースのStable Diffusion 2.0
2022年11月リリース

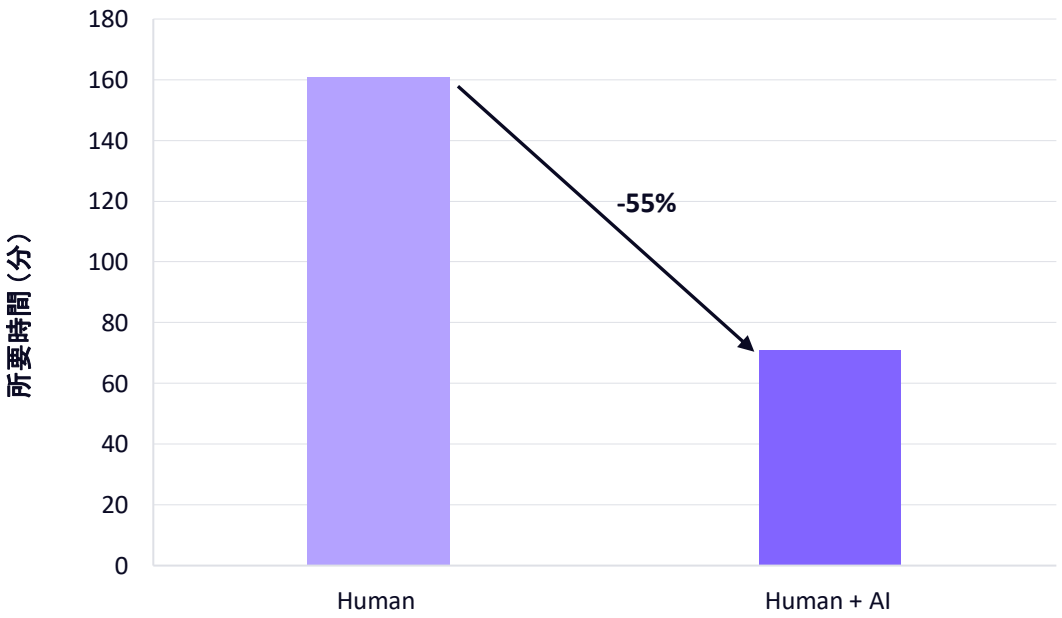
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Bleeding Edge, data as of 01/23/23; Stability 2023; Singer, U. et al. 2022; OpenAI, data as of 01/23/23.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

AIによって向上しているナレッジワーカーの生産性

コーディングアシスタント

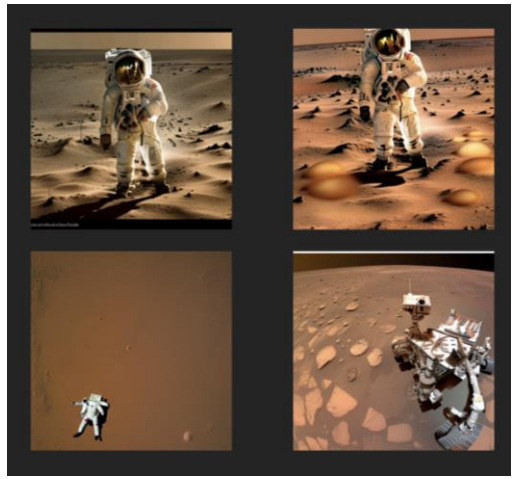
ソフトウェアエンジニアは、AIコーディングアシスタント「GitHub Copilot」を用いることでコーディング作業を半分以下の時間で完了。

2022年におけるコーディング作業完了までの所要時間*



画像生成モデル

当社のリサーチによると、AIは数分のうちにたった0.08米ドル**でグラフィックデザインを作成可能であり、人間が作業した場合にかかる150米ドルに比べて極めて低コスト。



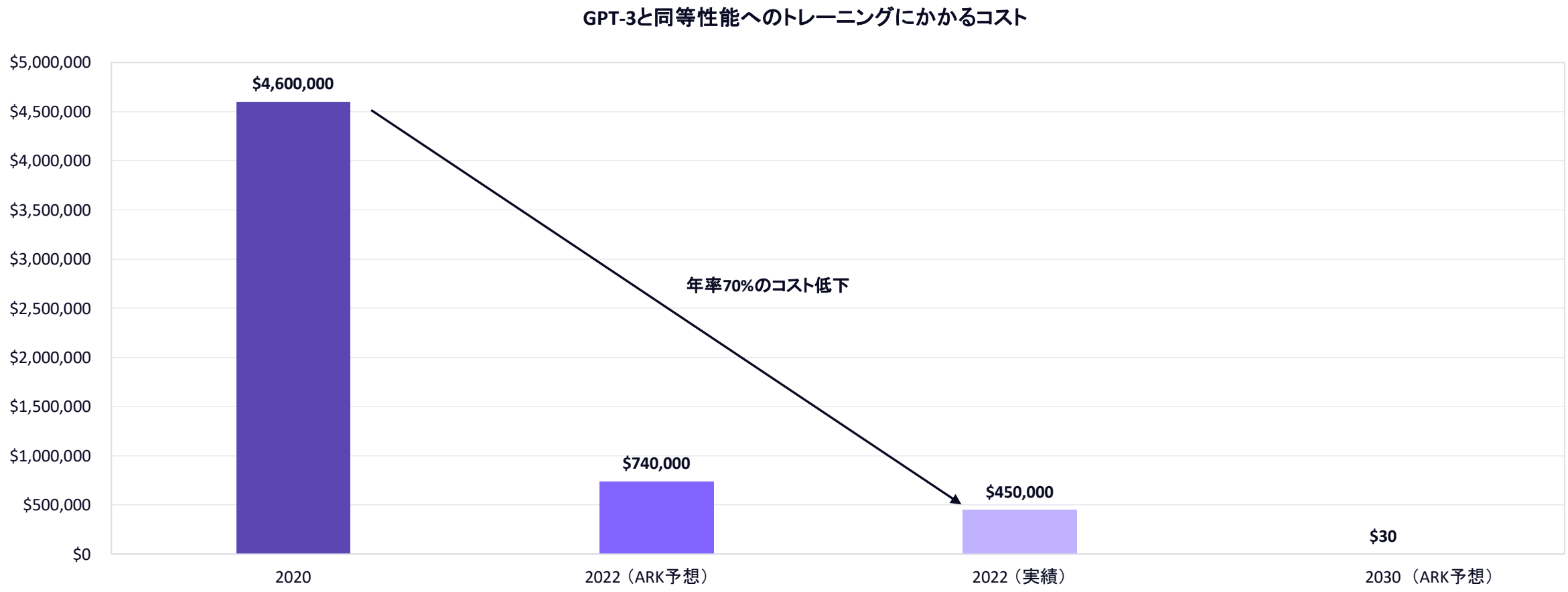
人間	
コスト	$150
時間	5時間

ジェネレーティブAI	
コスト	$0.08
時間	1分未満

*GitHubによるデータに基づいています。 **ジェネレーティブAIモデルは「火星にいる宇宙飛行士の写真」という文書をたった数秒で複数の画像へ変換しました。
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Kalliamvakou, E. 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のトレーニングコストは引き続き急低下

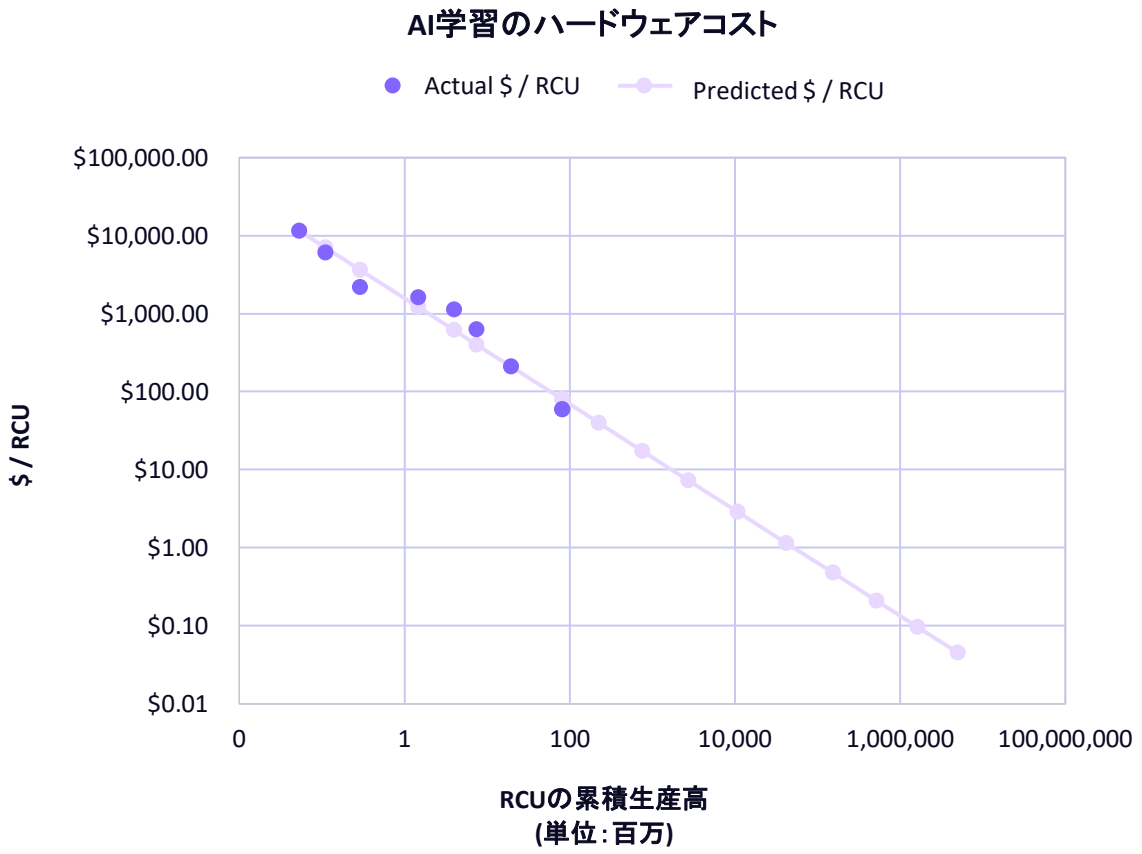
MosaicML は先日、たった45万米ドル（つい2年前にかかっていた460万米ドルのほぼ10分の1）で自然言語処理モデルをGPT-3並みの性能へと訓練可能なAIトレーニングツールをリリースしました。AIのトレーニングコストは年率約70%の低下をみせており、ARKのBig Ideas 2022で発表したリサーチ結果に基づき予想した年率60%減のペースをも上回っています。

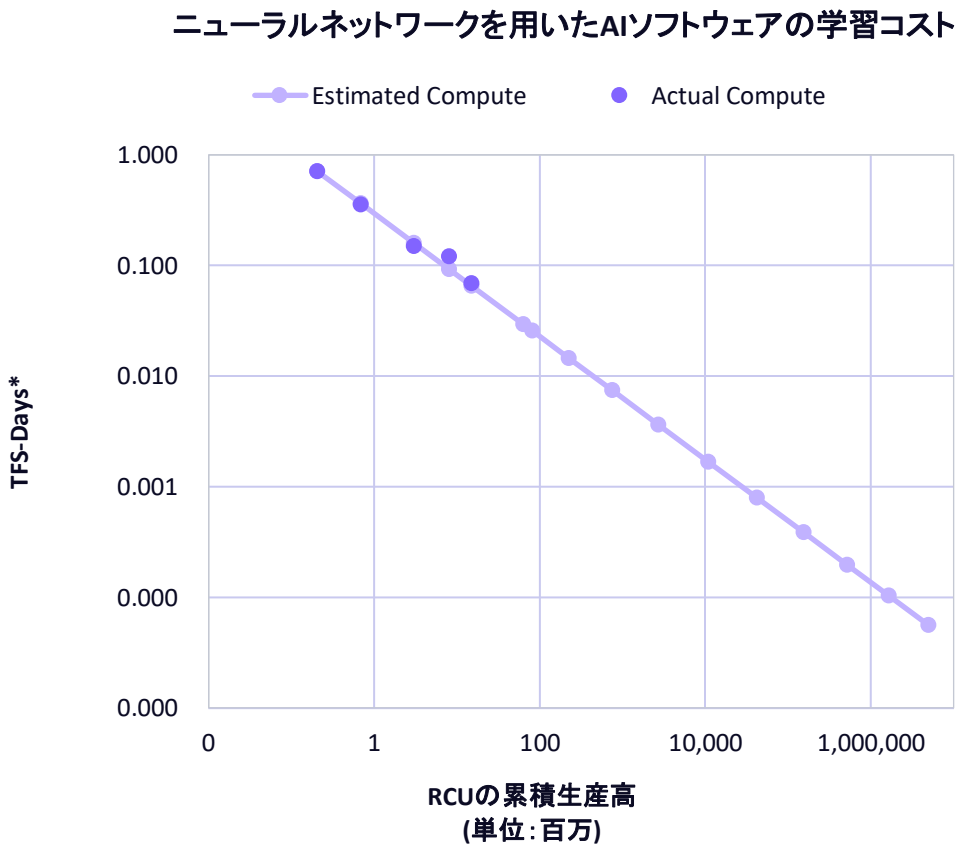


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Venigalla, A. et al. 2022; Li, C. 2020.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

AIのハードウェアとソフトウェアは年率70%のコスト低下が続く見通し

ライトの法則によれば、AIの相対演算ユニット（RCU）の製造コストは年率57%減、ソフトウェアのコストは年率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年まで年率70%のペースで低下していくと期待されます。



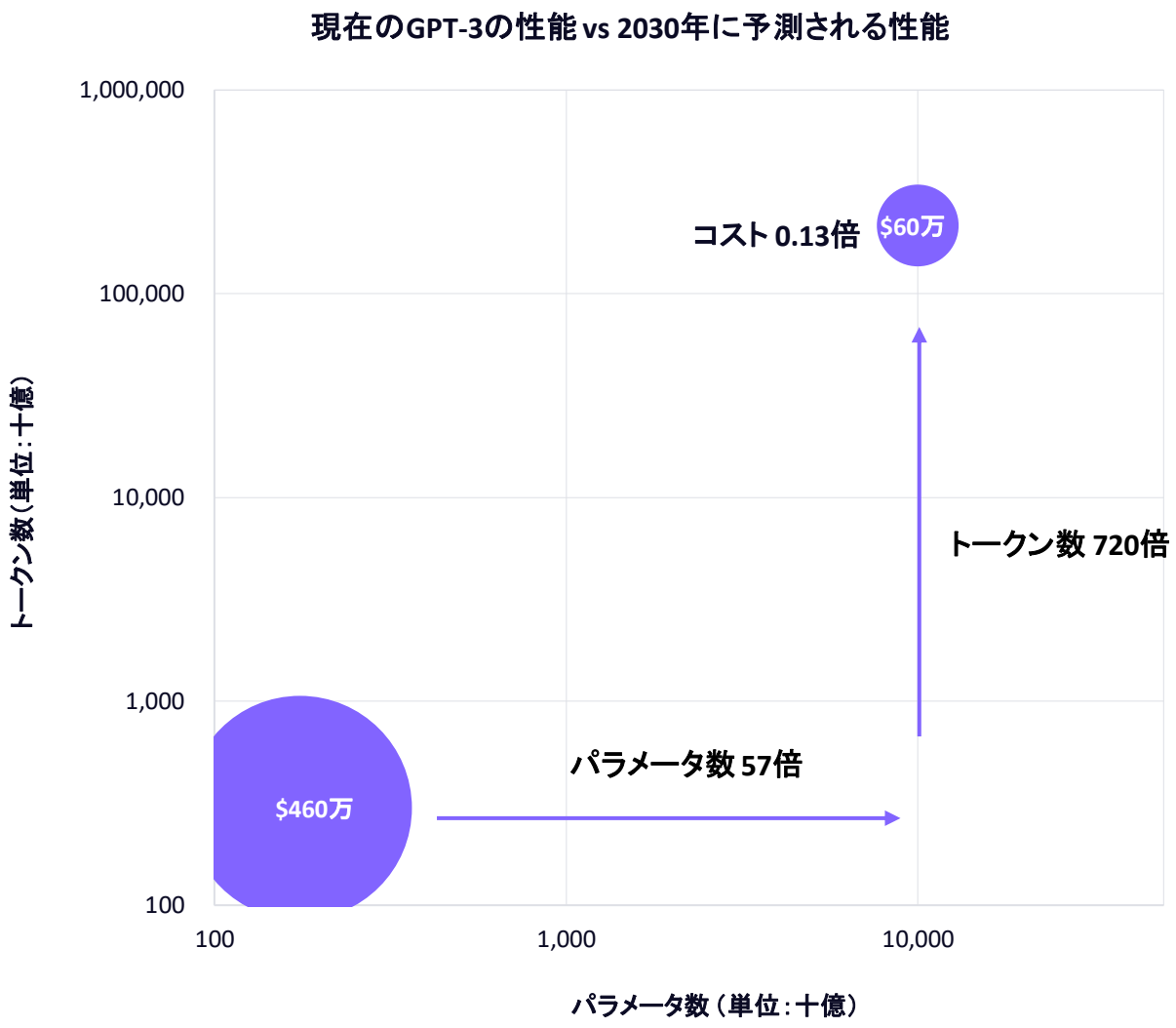


*TFS-Daysとは、モデルのトレーニングに必要な演算量を示しています。
出所: ARK Investment Management LLC, 2023.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

AIは学習用データに対する爆発的需要を生み出している

2020年当時に最先端のGPT-3のトレーニングにかかったコストは460万米ドルでした。当社の予測モデルに基づくと、GPT-3比でパラメータ数が57倍、トークン数が720倍のAIモデルの学習コストは現在の170億米ドルから2030年には60万米ドルへ低下するとみられます。

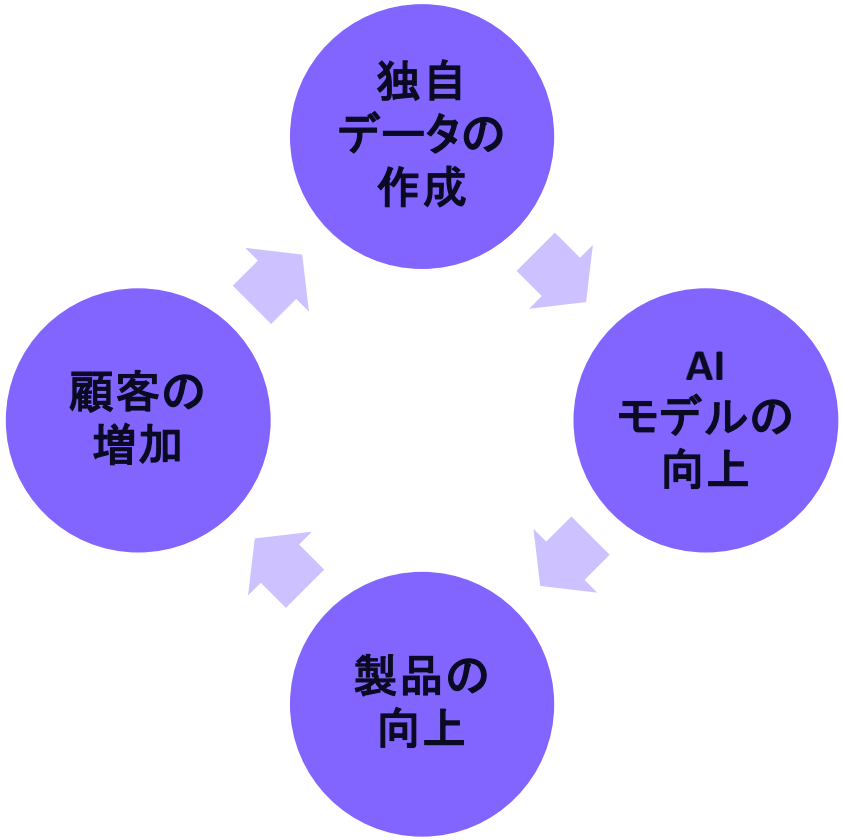
ちなみに、ウィキペディア英語版の文字数は現在42億文字、これはトークン数にすると約56億となります。それに対し、2030年には162兆文字、トークン数にすると216億のモデルのトレーニングが可能になる見込みです。低コストでの演算が可能となる世界では、データが主な制約要因になるとみられます。



出所: ARK Investment Management LLC, 2023.. Wikipedia 2023; Hoffmann, J. et al. 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。

独自データが競争優位性を生み出す可能性

高品質で対象領域に特化したAI学習用データは、それが用いられる様々な業種において勝者が成果の大部分を得るという結果をもたらす可能性があります。



領域	自動運転	ソフトウェア開発	対話
データ測定基準	記録された 実走行距離	コード列	記録された会話
フィードバック ループ	自動運転の解除	否認されたコード	言い直された質問
企業例	Tesla	Replit	Twilio

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によってコーディングの生産性が10倍高まる可能性

学習コストの年率70%低下やフィードバックループの効果により、CopilotなどのAIコーディングアシスタントは2030年までにソフトウェアエンジニアのアウトプットを約10倍に増加させると期待されます。

GitHub Copilotの例

人間による入力

sentiments.ts write_sql.go parse_expenses.py addresses.rb

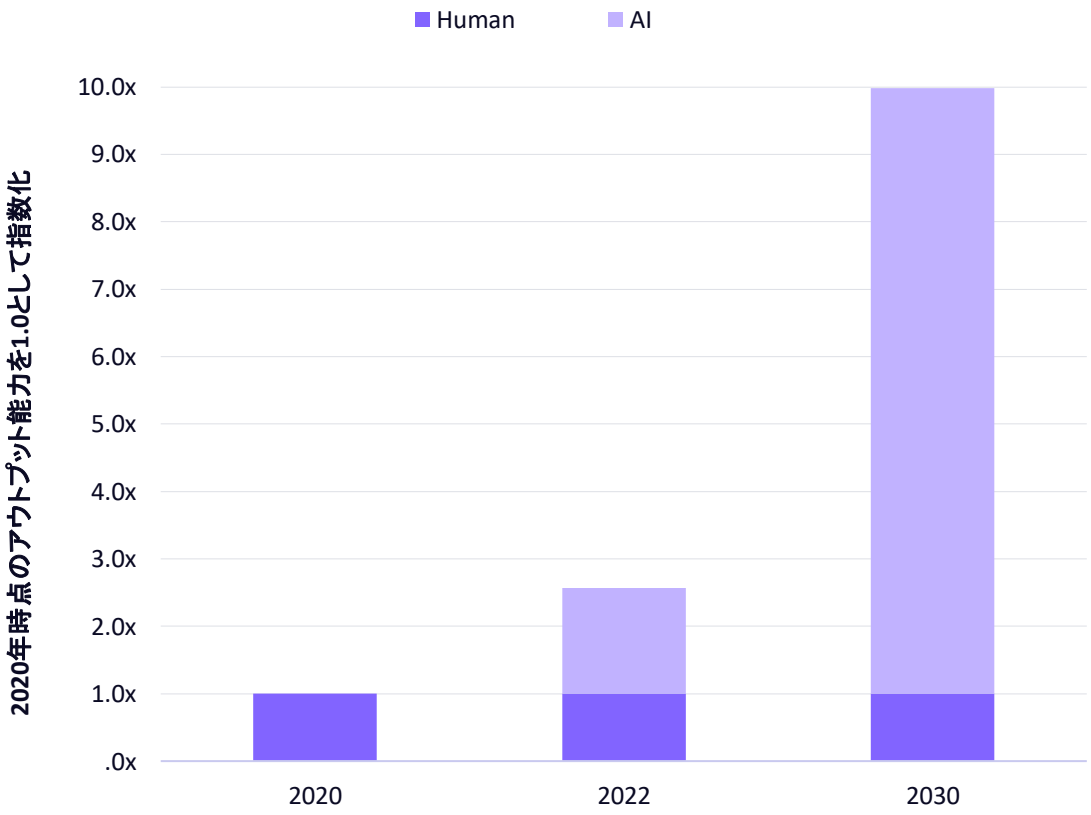
```
#!/usr/bin/env ts-node

import { fetch } from "fetch-h2";

// Determine whether the sentiment of text is positive
// Use a web service
async function isPositive(text: string): Promise<boolean> {
  const response = await fetch(`http://text-processing.com/api/sentiment/`, {
    method: "POST",
    body: `text=${text}`,
    headers: {
      "Content-Type": "application/x-www-form-urlencoded",
    },
  });
  const json = await response.json();
  return json.label === "pos";
}
```

Copilot

人間＋AIのアウトプット：コーディング作業

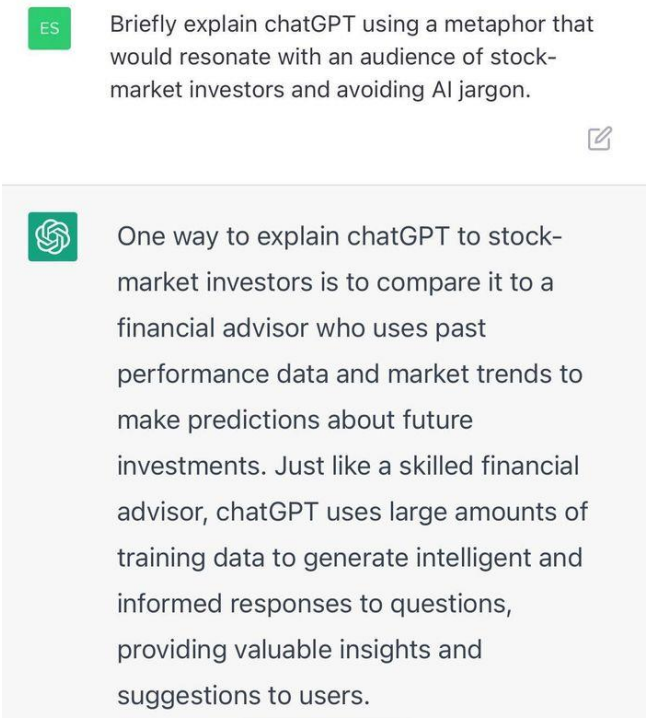


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. GitHub 2023.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

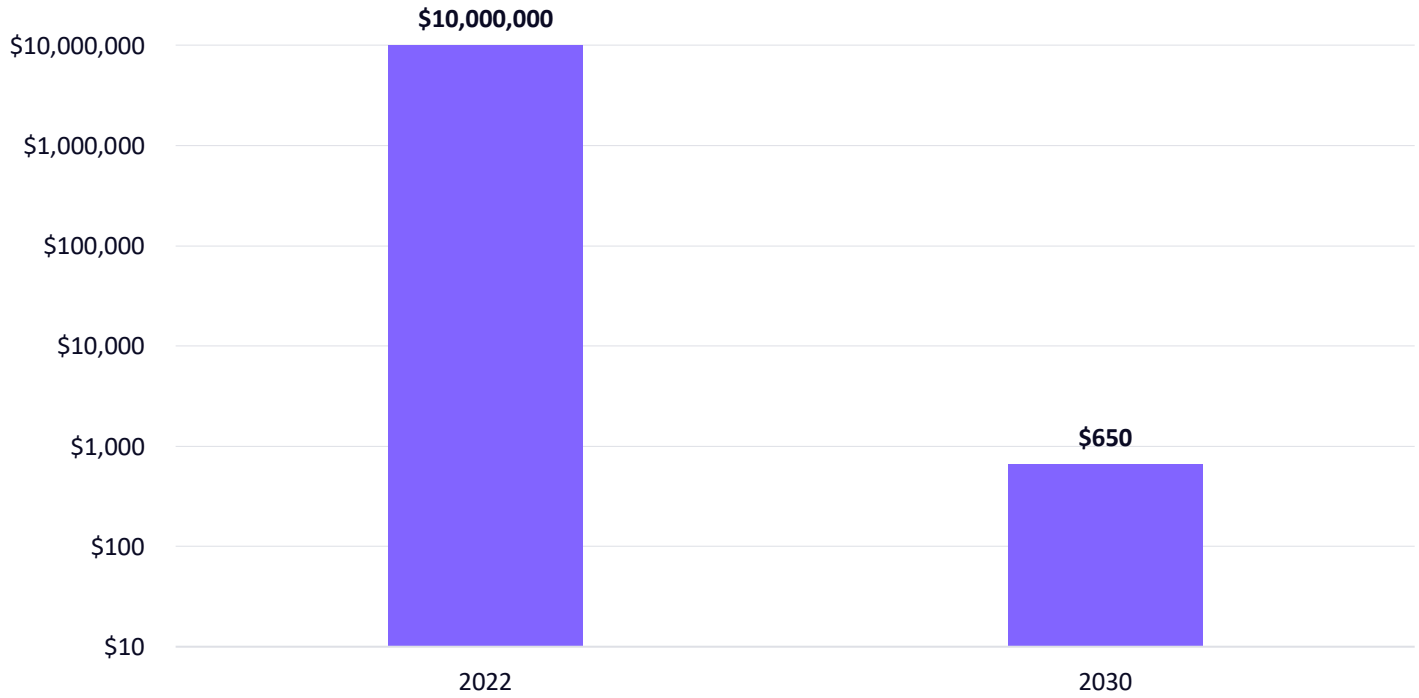
コスト低下によって高度なAIチャットボットの普及が実現

2022年11月にOpenAIによってリリースされたChatGPTは、大規模な自然言語処理モデルを用いてユーザーが入力したプロンプトに基づいて文書を生成します。提供開始から5日間でユーザー数は100万人に達しました。現時点において同モデルの大規模運用時の推論コストはクエリ（処理要求）1件当たり約0.01米ドルですが、ライトの法則によると、2030年までにChatGPT型アプリケーションのコストが低下してGoogle検索並みの規模で展開可能となり、1日当たり85億件の検索を処理できるようになるとみられます。

ChatGPTの例



推論処理10億件当たりのコスト

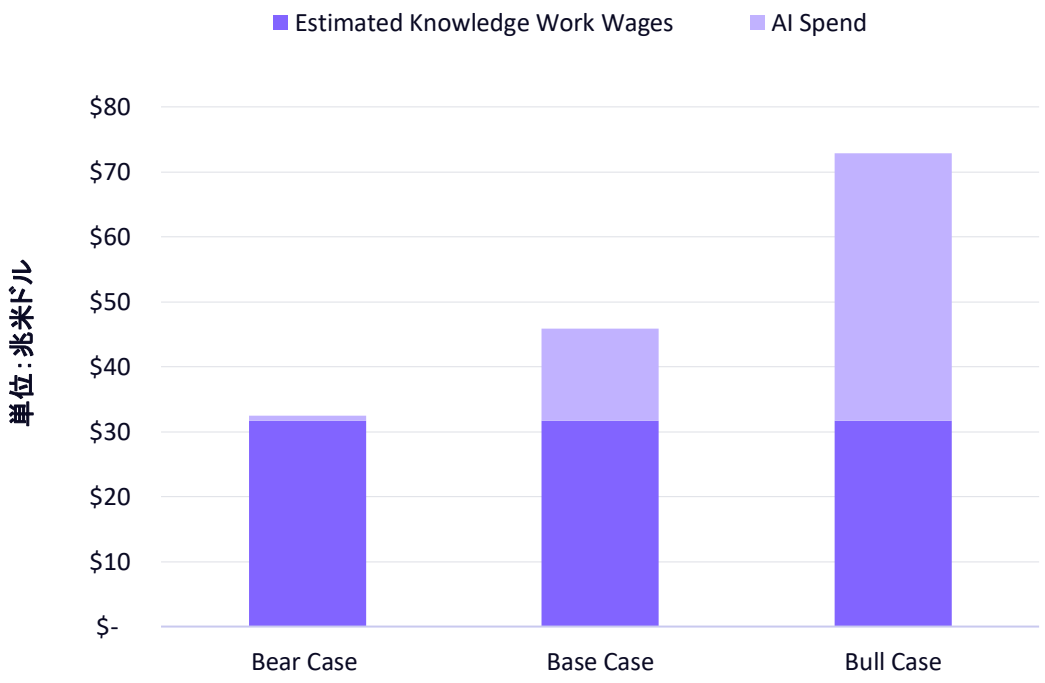


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Goldstein, T. 2022.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

AIはナレッジワーカーの生産性を劇的に向上させる見通し

ARKのリサーチによると、AIはナレッジワーカーの生産性を2030年までに4倍以上に高めるとみられます。普及率が100%になれば、約41兆米ドルのAI関連支出によって労働生産性を約200兆米ドル高めることができ、その規模はナレッジワーカー全体の給料合計額約32兆米ドルを大幅に上回るとともに、現在予測されている2030年の世界GDP* に匹敵することになります。ベンダーが自社製品の生み出す価値の10%を獲得できるとすると、2030年にはAIソフトウェア企業の売上高が合計14兆米ドル、企業価値が合計90兆米ドルにまで達する可能性があります。

2030年におけるナレッジワーカー賃金とAI関連支出の比較（予測）



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

生産性の伸び率	1%	10%	20%
2.5	$0.8兆	$8兆	$16兆
4.5	$1兆	$14兆	$29兆
6.5	$2兆	$21兆	$41兆

*GDP：国内総生産　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。

デジタルコンシューマー

オンラインレジャーへの移行が進行中

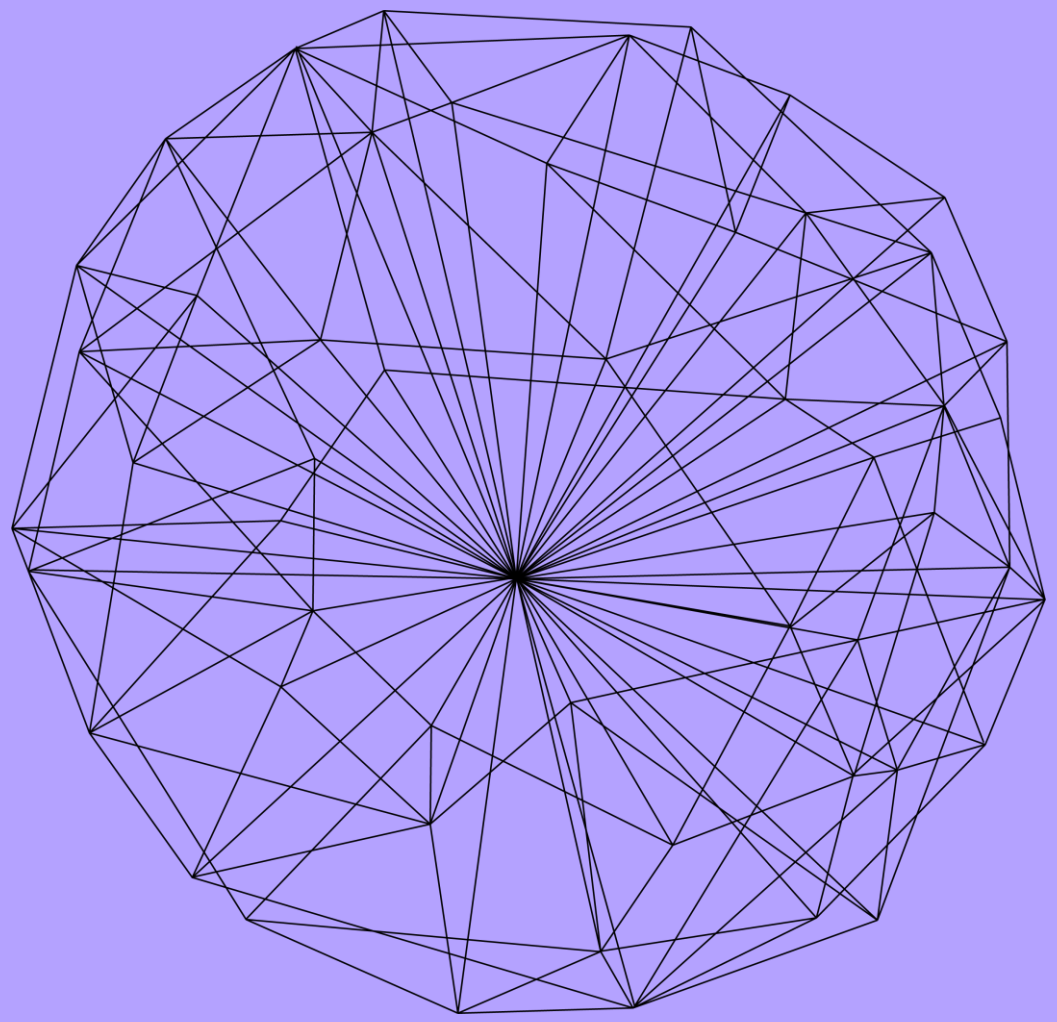
2022年のデジタルレジャー支出*は合計6.6兆米ドルにのぼりました。デジタルレジャー支出は今後8年間で年平均17%増加し、インフレ調整後ベースで22.5兆米ドルに達するとみられます。その成長に寄与すると考えられるのが以下4つのトレンドです。

コネクテッドTV（CTV）：米国では約85%の世帯が1つ以上のCTVを利用していますが、CTV広告市場の規模は米国のTV広告予算全体の23%を占めるにとどまっています。CTVは転換点を迎えており、リニアTVおよび他のデジタル広告予算の両方からシェアを奪っていくとみています。

新しいソーシャルプラットフォーム：Z世代の消費者の40%近くは、Google検索やGoogle MapsよりもTikTokやインスタグラムで検索することを好んでいます。最も優れたレコメンデーションエンジンを持つソーシャルプラットフォームが広告予算の大部分を取り込むとみられ、また、コンテンツ配信型ソーシャルメディアがフォロー＆フィード型のものよりも優位に立つと予想されます。

スポーツベッティング（賭博）：マクロ経済面の逆風にもかかわらず、スポーツベッティングに対する消費者の需要は引き続き旺盛です。オンライン/モバイル・スポーツベッティング合法化の動きが引き続き成長のカタリストになっていくとみられます。

ゲーム：ビデオゲームとソーシャルメディアの融合を受けて引き続きゲームの売上高は拡大していくとみられます。ビデオゲームは、実際の体験に匹敵する包括的なバーシャルエンターテイメントを提供するようになると考えられます。



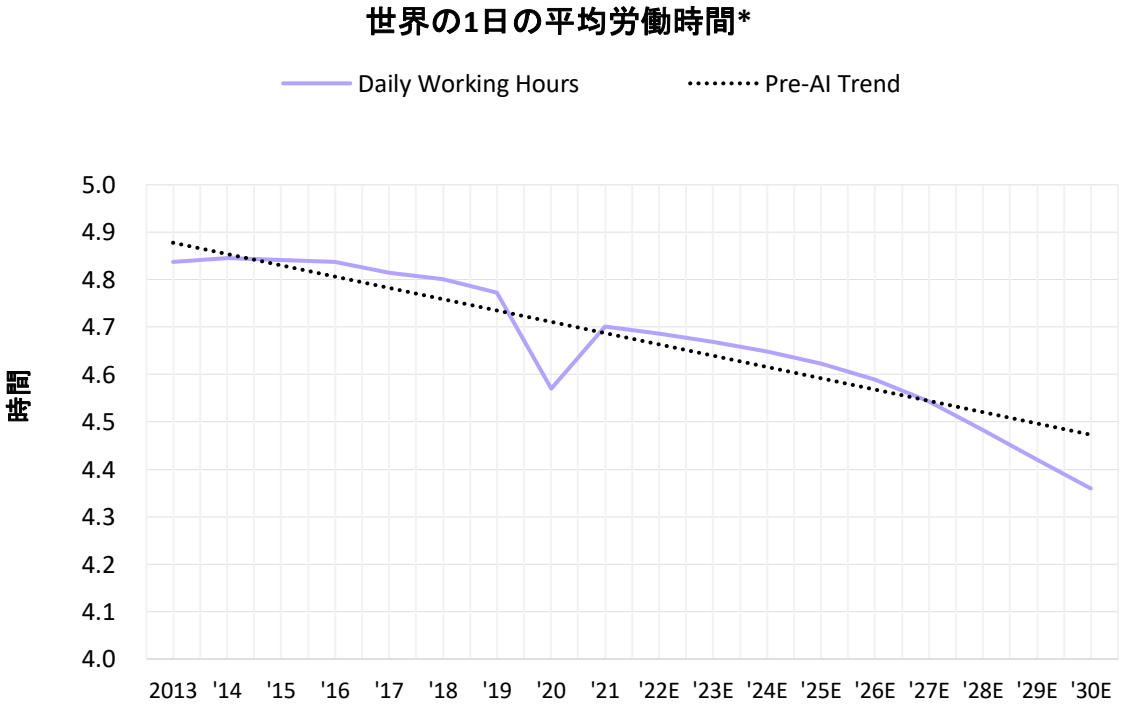
リサーチ担当者：Nicholas Grous（アソシエートポートフォリオマネージャー）、Andrew Kim（リサーチアソシエート）

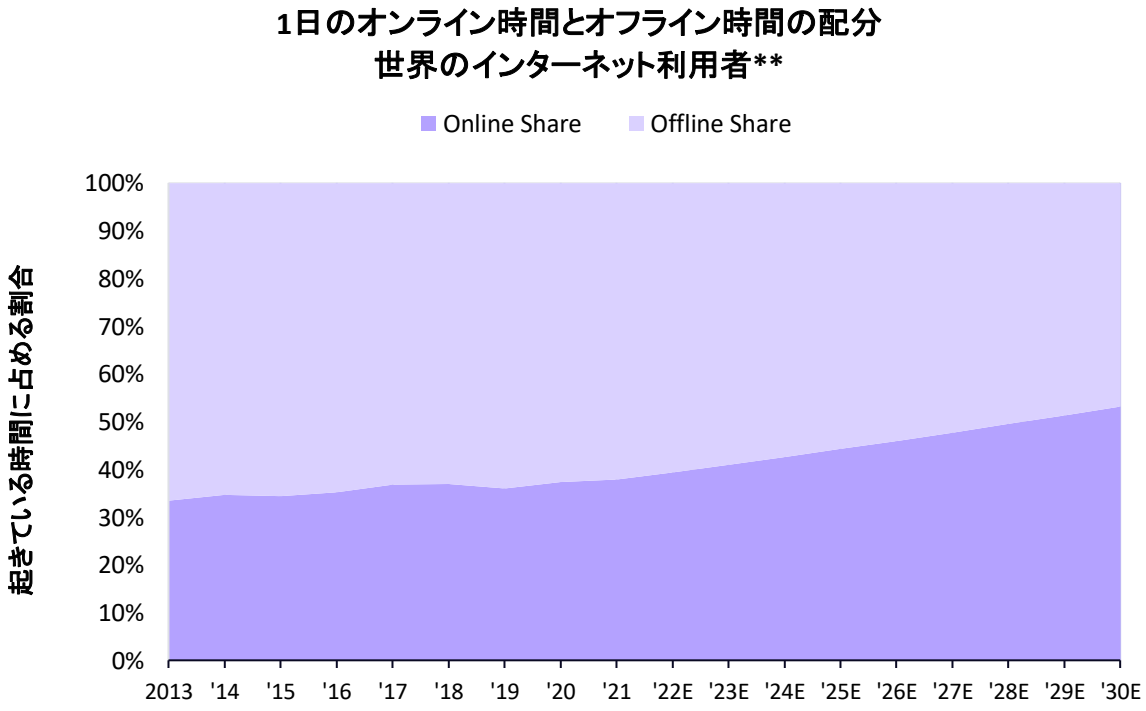
*デジタルレジャー支出の定義は、オンラインで購入されるレジャー関連用品・サービス、NFT、オンライン・スポーツベッティング、ビデオゲーム・ソフトウェア/サービス、動画配信、音楽配信への消費者支出の合計額としています。オンライン・スポーツベッティングの予想額はカナダと米国のみを対象としています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Altruda, C. 2022; Roblox, data as of 12/30/22; S&P Global Market Intelligence, data as of 01/25/23. The World Bank, data as of 12/30/22; Insider Intelligence, data as of 01/02/23; S&P Global Market Intelligence, data as of 01/25/23; Perez, S. 2022; Statista, data as of 01/25/23. 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。

人工知能のおかげでデジタルエンターテイメントに費やされる時間が増加する見通し

ジェネレーティブAIに関連する生産性向上により、世界の1日の労働時間は今後5年間において年率平均0.9%減少して2022年の4.7時間から2030年には4.4時間へと短縮され、2013年時点の年率－0.4%から減少ペースが加速する可能性があります。

消費者は余った時間をオフラインではなくオンラインの活動へと再配分し、起きている時間全体のうちオンラインで過ごす時間の割合は2022年の39%から2030年には53%へと増加するとみています。

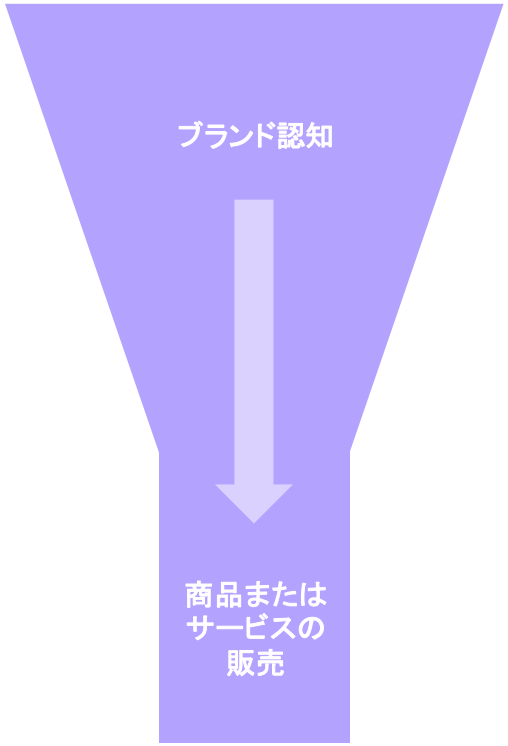




*世界の1日の労働時間は、OECDが公表する労働者1人当たりの年間合計労働時間を、1年間の総日数で除して計算しています。 **1日のオンライン時間とオフライン時間の配分を示したチャートは1日に起きている時間全体を対象としており、労働や教育に配分される時間も含まれています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. OECD Data, data as of 12/28/22; Kemp, S. 2022 – 2012. 予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみな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。

広告主はまだCTVのポテンシャルを引き出していない

コネクテッドTV（CTV）では、広告主がかつて従来型デジタル広告だけのものであったターゲティングやアトリビューション（寄与度）測定を行なうことができます。リニアTVとデジタル広告の利点を組み合わせることで、CTVはブランド広告とパフォーマンス広告の両方の広告予算におけるシェアを獲得できると期待されます*。米国では視聴率と広告予算の間に大きな隔たりが存在していますが、当社では、今後5年のうちに広告主がそのギャップを解消していくとみています。



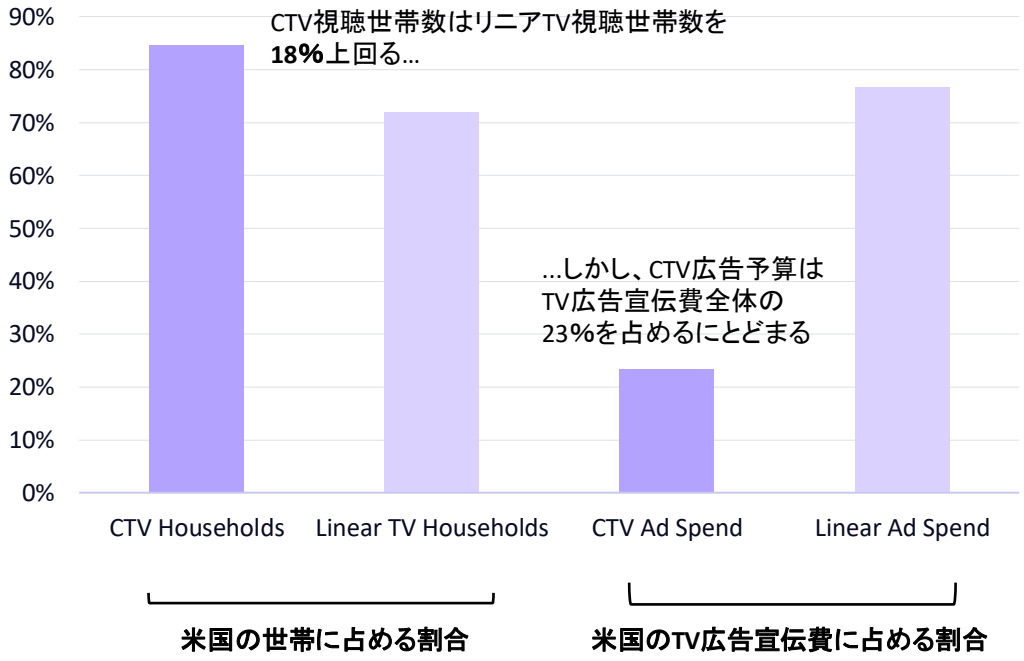
リニアTV広告

デジタル広告

コネクテッドTV

- CTV広告のブランド認知向上効果はリニアTVよりも**46%**高いと広告主は考えています。
- CTVによるウェブサイトや販売の行動喚起効果はリニアTVよりも**57%**高いと広告主は考えています。

視聴率 vs 広告宣伝費
米国におけるCTVとリニアTVの比較（2022年）



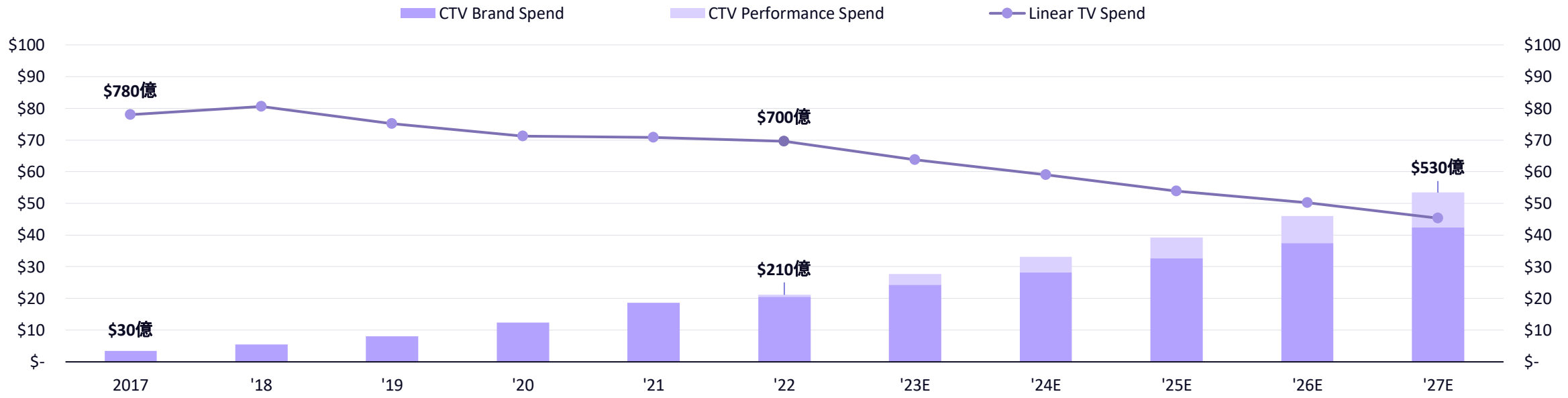
*コネクテッドTV視聴世帯は、内臓オペレーティングシステム(OS)、外付けストリーミングメディアデバイス、ビデオゲームコンソールなどを介してインターネットに接続しオーバー・ザ・トップ(OTT)のコンテンツ配信サービスを視聴できる大型ディスプレイを1つ以上所有している世帯としています。リニアTV視聴世帯は、従来の有料テレビ視聴契約や無料放送のテレビを視聴している世帯と定義しています。1つの世帯がCTV視聴世帯とリニアTV視聴世帯の両方に当てはまる場合もあります。
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. IAB 2022; Insider Intelligence, data as of 01/12/23; Insider Intelligence, data as of 01/12/23; S&P Global Market Intelligence, data as of 01/25/23.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。

CTVは他のデジタル広告予算やリニアTVからシェアを奪う見込み

米国でかつて支配的立場にあったリニアTVに取って代わるにつれ、CTV全体の広告宣伝費は実質ベースで年平均20%成長し、2022年の210億米ドルから2027年には500億米ドルを超えるまでに拡大するとみられます。

過去5年間で年率2%減少してきた米国のリニアTV広告宣伝費は、今後5年間で年率8%減少し、2022年の700億米ドルから2027年には450億米ドルまで減少するとみられます。広告のターゲティングと効果測定の向上を受けて、CTV広告は今後5年間でリニアTV広告を追い抜くと予想されます。

米国におけるCTVとリニアTVの広告宣伝費の比較
（2022年米ドル換算の実質ベース、単位：十億米ドル）

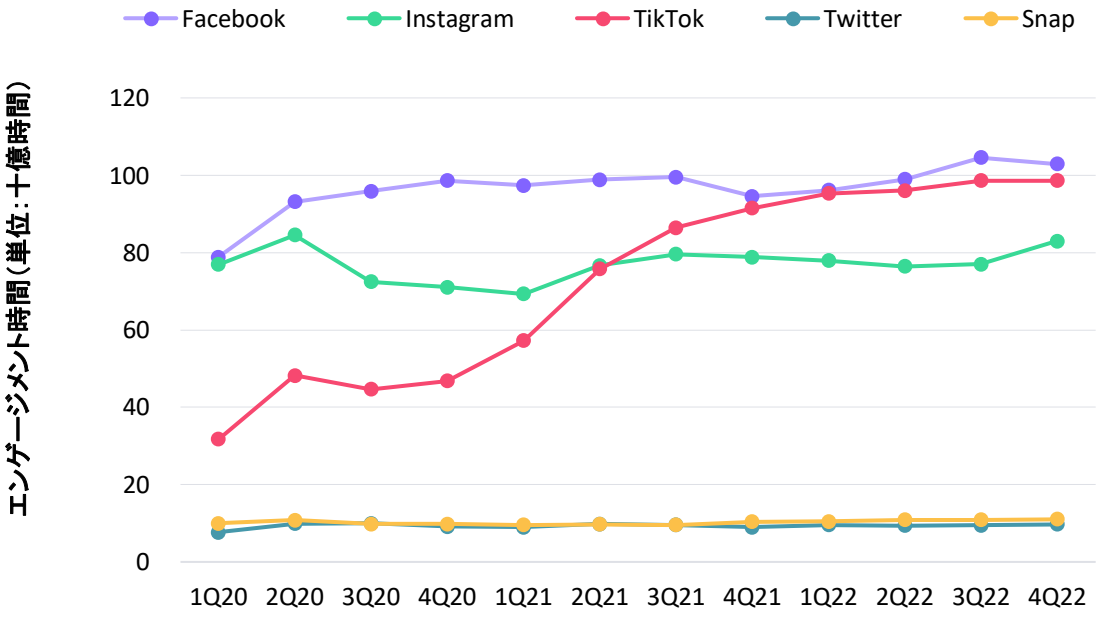


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Insider Intelligence, data as of 12/22/22; S&P Global Market Intelligence, data as of 01/25/23.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

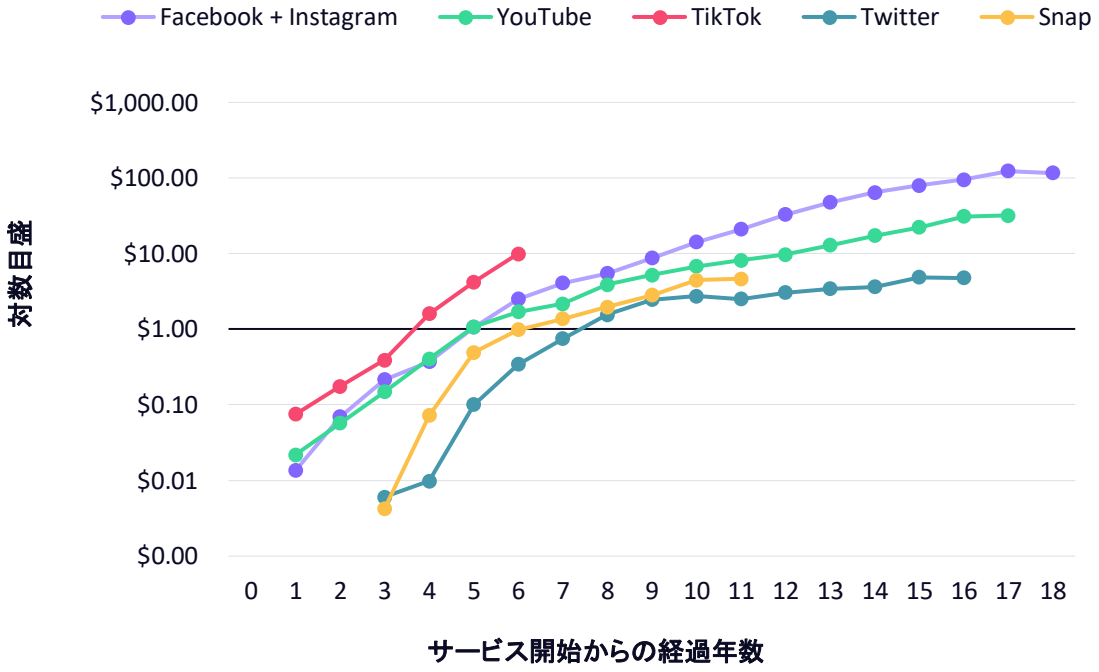
既存ソーシャルメディアに取って代わりつつあるショート動画とリコメンデーションエンジン

2022年、TikTokとFacebookはエンゲージメント時間が概ね同等となりましたが、これは従来のフォロー＆フィード型ソーシャルメディアのピークを記すことになる可能性があります。他のソーシャルメディア・プラットフォームよりも急速に拡大したものの、TikTok*は、2022年に検索、動画およびソーシャル広告に費やされたと推定される4,700億米ドルのうち100億米ドル（市場シェア2%）を占めるにとどまりました。コンテンツ配信型ソーシャルメディアは、そのエンゲージメント時間により見合った広告シェアを獲得していくと予想されます。

世界のモバイル版ソーシャルアプリ利用時間の推移*
（iOSおよびAndroid）



ソーシャルプラットフォームの広告売上*
（2022年米ドル換算の年間・実質ベース、単位：十億米ドル）



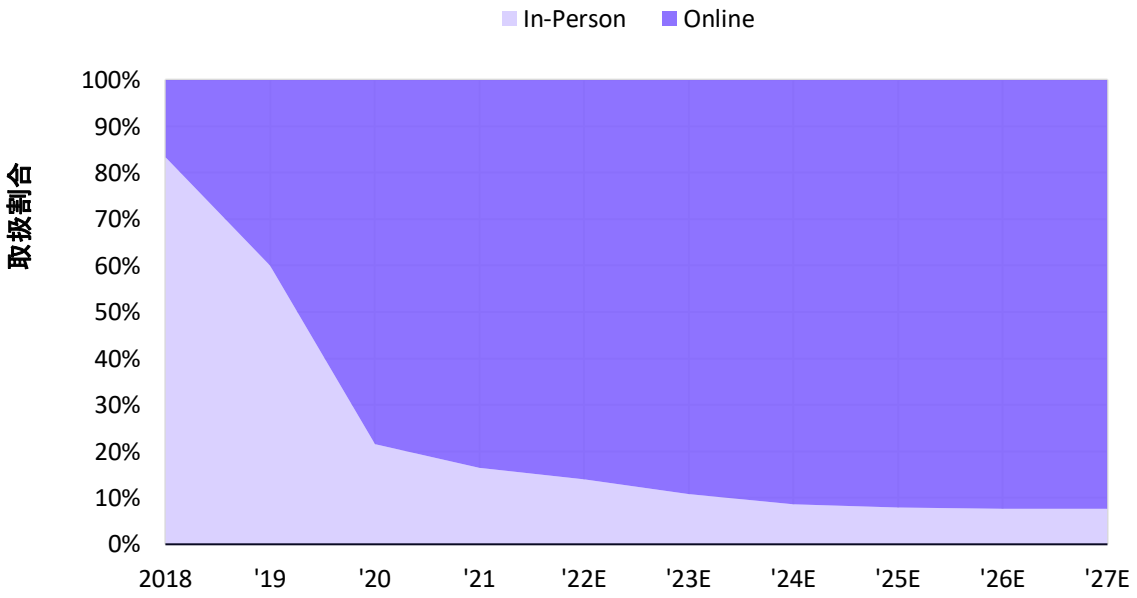
*TikTokのエンゲージメント時間の推定値には、中国版TikTok「抖音(Douyin)」は含まれていません。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Unified, data as of 01/02/23; Tsotsis, A. 2012; Meta Platforms, Inc., data as of 12/30/22; Arrington, M. 2007; Insider Intelligence, data as of 12/22/22; Alphabet, data as of 12/30/22; Iqbal, M. 2022; Twitter, Inc., data as of 12/30/22; Wilhelm, A. 2013; Colao, J. 2012; Snap Inc., data as of 12/30/22.

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。

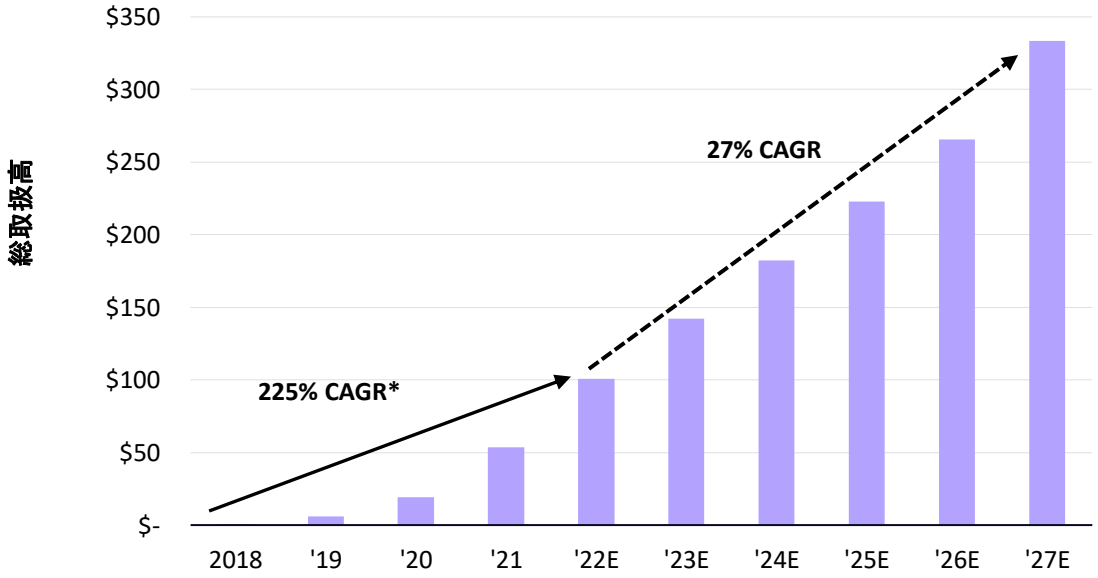
スポーツベッティング需要は厳しい経済環境下でも引き続き旺盛

米国プロフットボールNFLは新型コロナウイルス関連ルールが廃止されてから初となるシーズンを迎え、2022年における米国とカナダのスポーツベッティング総取扱高は前年比で推定83%増の約1,170億米ドルへと増加しました。スポーツベッティング総取扱高のうちオンラインでのベッティングが占める割合は2018年の17%から2022年には86%へと急拡大しました。ARKのリサーチに基づくと、米国とカナダのオンライン・スポーツベッティング取扱高は今後5年間において実質ベースで年率27%成長し、2022年の約1,000億米ドルから2027年には約3,300億米ドルまで増加すると予想されます。同期間において、対面でのベッティング取扱高は160億米ドルから年率11%成長して270億米ドルに達するとみられます。

米国とオンタリオ州のスポーツベッティング取扱高の内訳
対面 vs オンライン（2022年米ドル換算の実質ベース）



米国とオンタリオ州のオンライン・スポーツベッティング取扱高
（2022年米ドル換算の実質ベース、単位：十億米ドル）

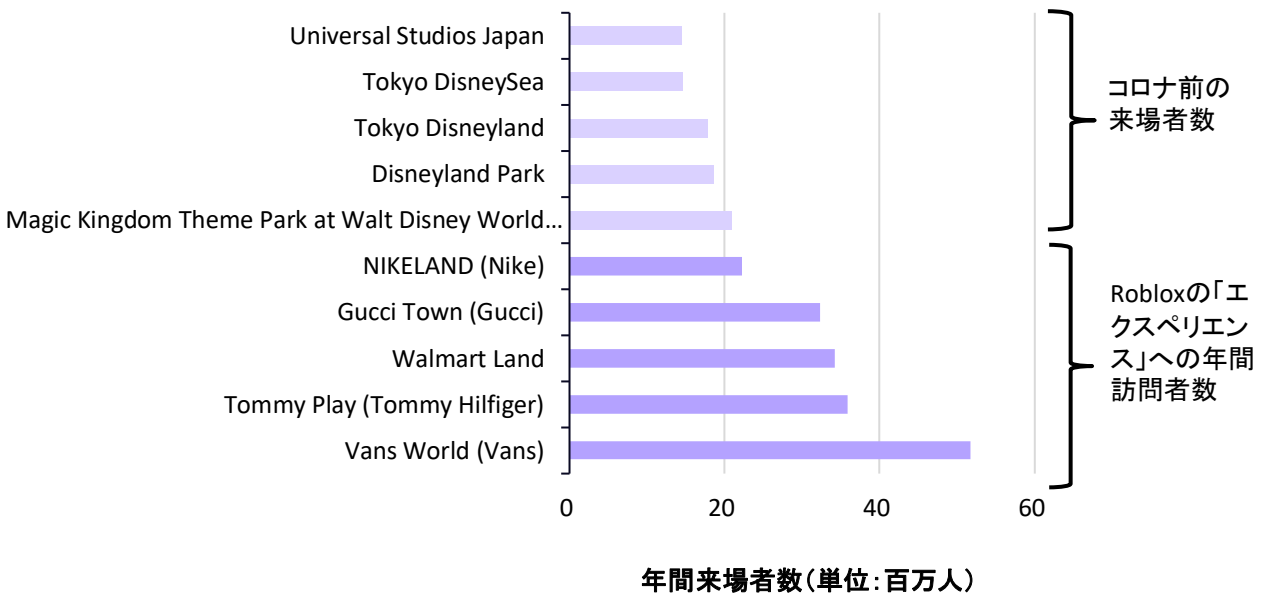


*CAGR：年平均成長率　出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Altruda, C. 2022; Arizona Department of Gaming, data as of 01/25/23; State of Colorado, data as of 01/25/23; New Hampshire Lottery Commission, data as of 01/25/23; PA Gaming Control Board, data as of 01/25/23; Virginia Lottery, data as of 12/30/22; PLAYWV, data as of 12/30/22; Wyoming Gaming Commission, data as of 12/30/22.
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。

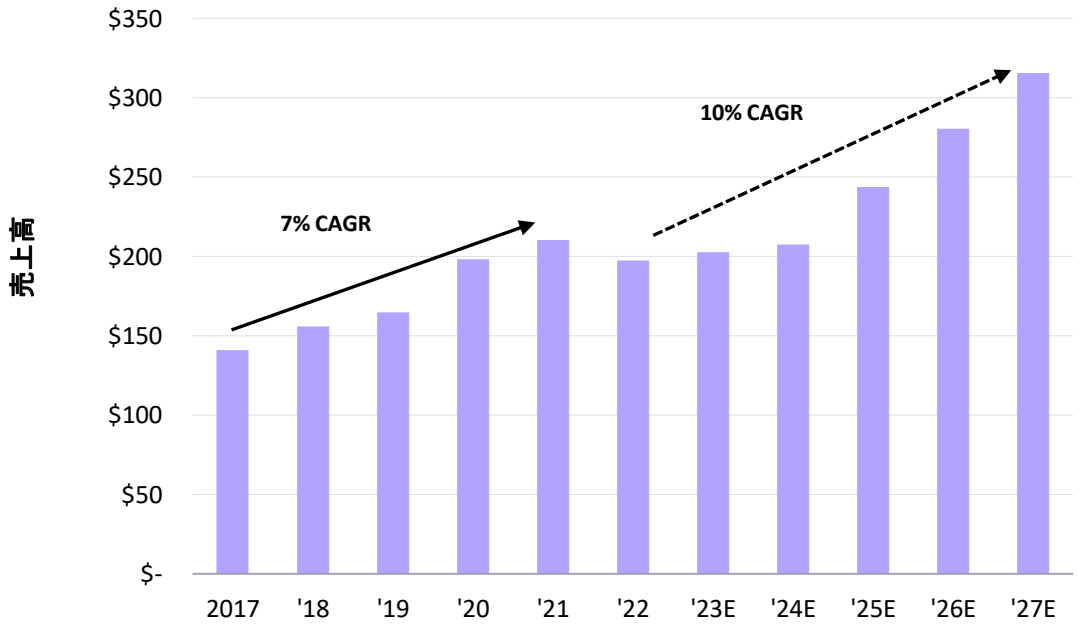
没入型バーチャル体験がゲーム業界の次の波を起こす

ゲーム業界がフルサービス型の仮想世界へと移行していくにつれ、ビデオゲームとソーシャルメディアが合体して消費者は物理的環境でなく、ゲームによって支えられたバーチャル空間で交流やエンターテイメントを楽しむようになる可能性があります。ARKのリサーチによると、ゲームとソーシャルメディアの融合によって、ゲーム売上高の年平均成長率は過去5年間の7%から、今後5年間では10%へと高まるとみられます。

物理的なアミューズメントパークと有名ブランドの仮想世界の来場者数比較



世界のゲームソフトウェア・サービス売上高（2022年ドル換算の実質ベース、単位：十億米ドル）

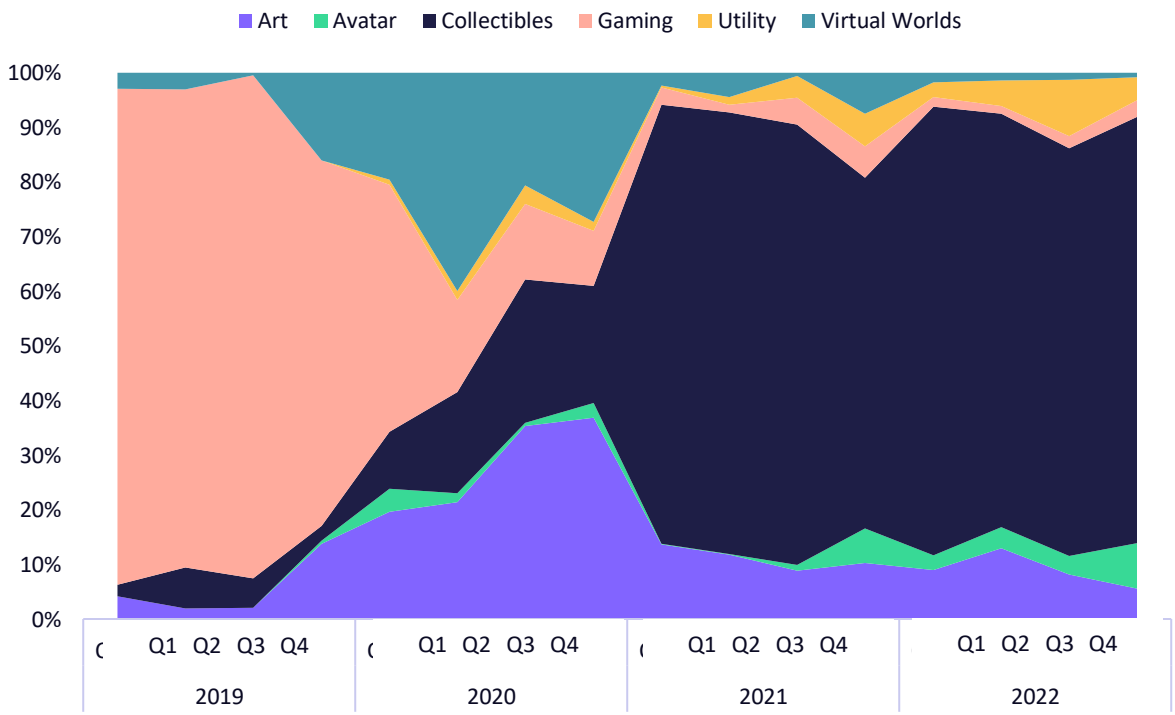


*CAGR：年平均成長率　注記：Robloxが提供する全期間のトラフィック・データを用いてRobloxの年間トラフィックを計算し、データ取得日とエクスペリエンス提供開始日の間の差を求めた上で、各エクスペリエンスの1日当たり平均トラフィックを計算し、最終的に推定日次トラフィックを合計して年間データを導き出しています。出所：ARK Investment Management LLC, 2023. Altruda, C. 2022; Roblox, data as of 12/30/22; S&P Global Market Intelligence, data as of 01/25/23.
予想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。

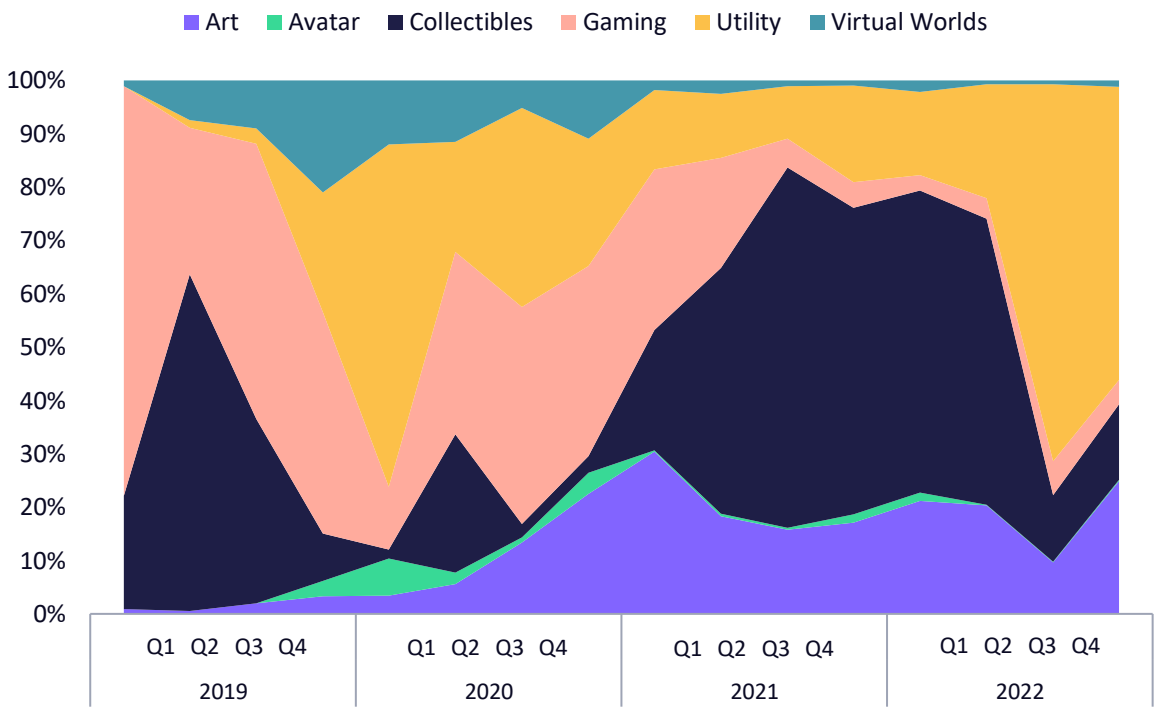
デジタル資産の取引や作成をめぐる傾向がベアマーケット局面下で変化

2022年のNFT* 取引額は前年比15%増加し、その大部分をBored Ape Yacht ClubやCrypto Punksといった有名なコレクティブル（収集目的の）NFTプロジェクトが占めました。一方、NFT発行数におけるシェアにおいては、ブロックチェーン上でのドメイン名やデジタルメンバーシップといったユーティリティ（実用性）に基づくプロジェクトへのシフトがみられました。投機でなく基本的価値が重視されており、ユーティリティNFTへのシフトは健全な動きとなっています。

NFT取引額の内訳



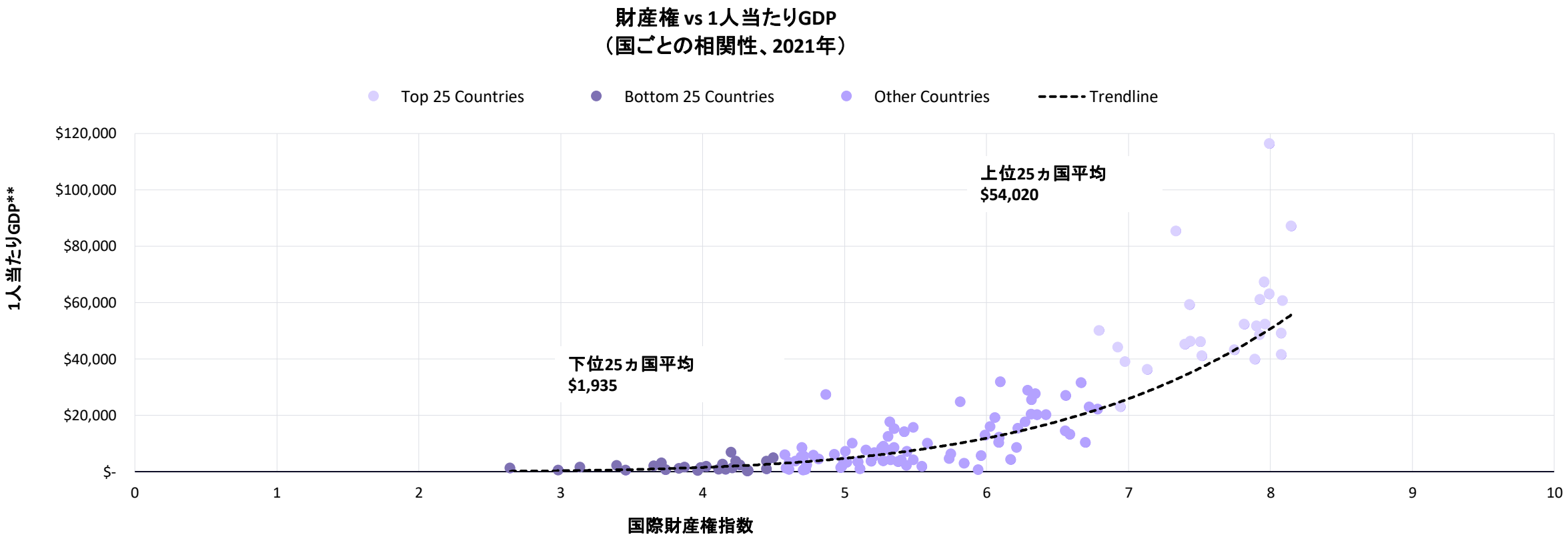
NFT発行数の内訳



*NFT：non-fungible token（非代替性トークン）の略で、デジタル資産の所有権を証明する固有で、プログラム可能なブロックチェーン・ベースのデジタル・オブジェクトのことを言います。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Dune Analytics, data as of 01/23/23; CryptoSlam, data as of 01/25/23.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。

財産権が導入されることで、デジタル資産の価値は大幅に増加する見通し

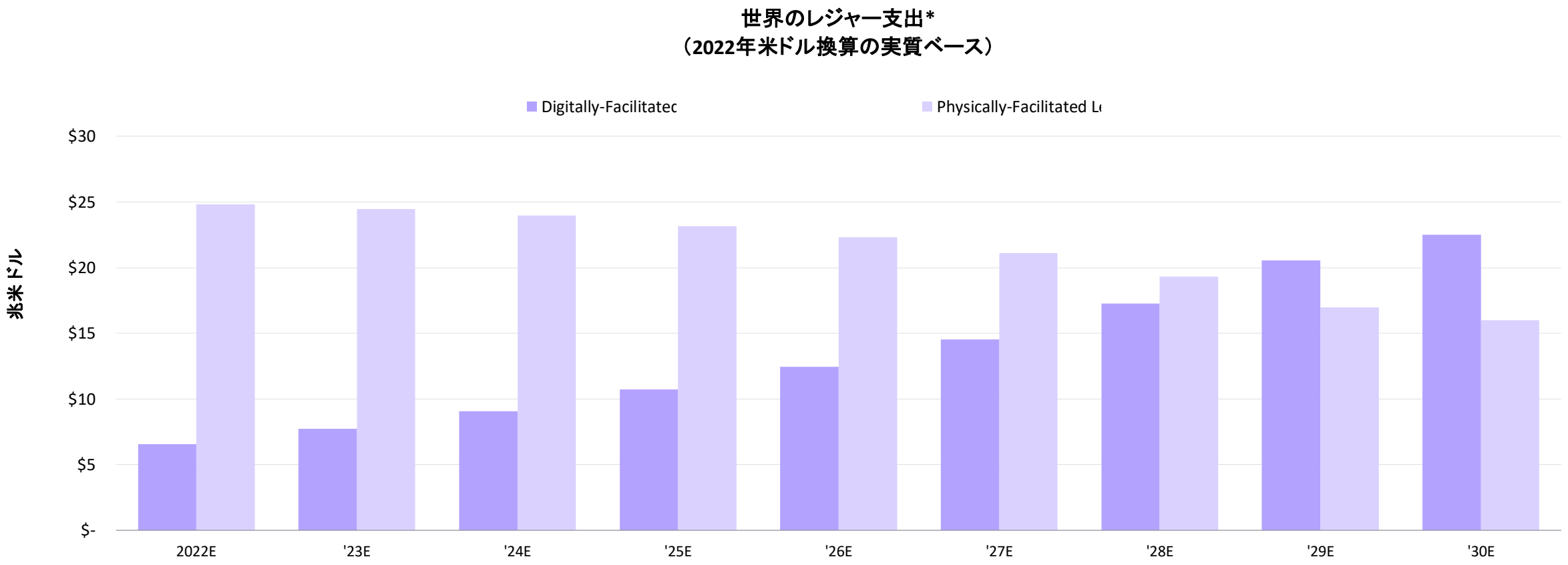
物的財産権および知的財産権は、生活の質を示す尺度としてよく用いられる1人当たりGDP*と正の相関関係にあります。所有権の証明が非中央集権化されるおかげで、デジタル資産は1人当たりオンライン支出を増加させるとみられます。ARKでは、世界のNFT取引額は現在の220億米ドルから2027年には5倍以上の1,200億米ドルへ増加すると予測しています。



*GDP：国内総生産（特定期間においてある国の国境内で生み出された最終的な財・サービスの貨幣価値または市場価値の合計） **2022年米ドル換算の実質ベース 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Property Rights Alliance, data as of 01/25/23; The World Bank, data as of 12/30/22; CryptoSlam, data as of 01/02/23.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。

デジタルレジャーは発展段階の序盤にある

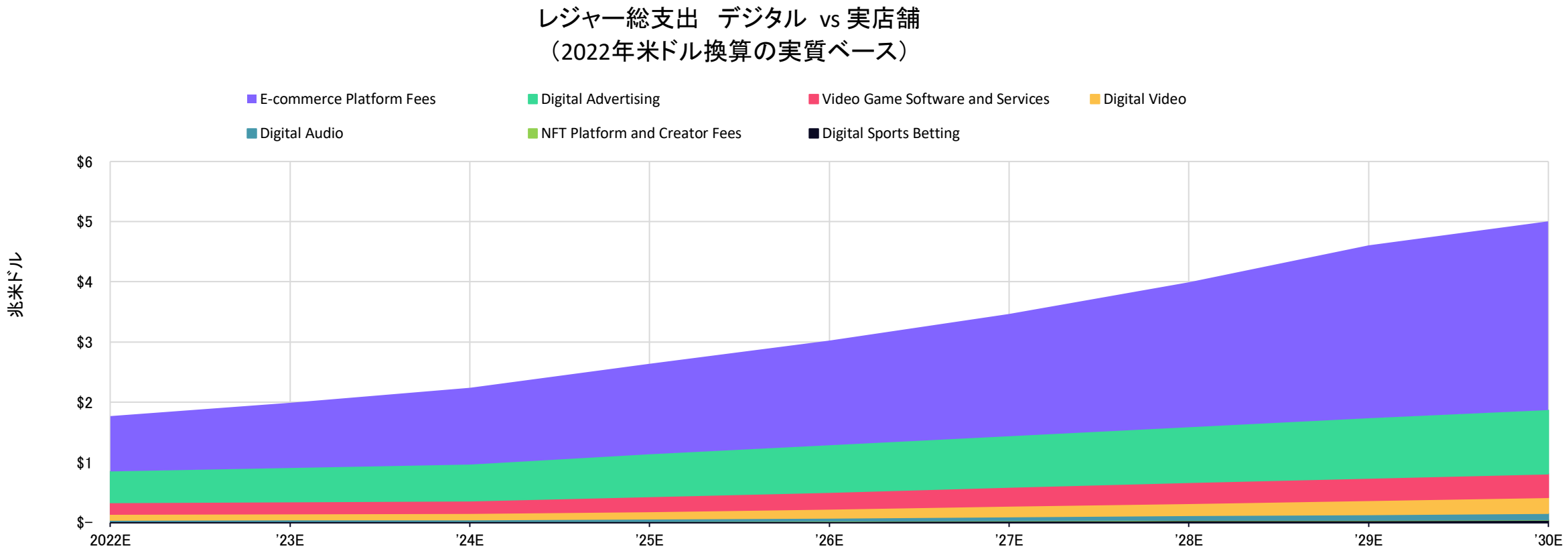
ARKのリサーチによると、世界の消費者全体では2022年のレジャー予算31兆米ドルのうち21%がデジタルでのモノやサービスの購入に費やされました。デジタル財・サービスへの需要は実質ベースで年率17%増加していき、2029年には実店舗でのモノやサービスの購入に対する需要を上回ると予想されます。



*デジタルレジャー支出の定義は、オンラインで購入されるレジャー関連用品・サービス、NFT、オンライン・スポーツベッティング、ビデオゲーム・ソフトウェア/サービス、動画配信、音楽配信への消費者支出の合計額としています。オンライン・スポーツベッティングの予想額はカナダと米国のみを対象としています。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。

世界のデジタルレジャー売上高は2030年に5兆米ドルに達する可能性

デジタルレジャーやデジタル所有権へのシフトを受けて、デジタルレジャー売上高*は今後8年間において実質ベースで年率14%成長し、2022年の約2兆米ドルから2030年には5兆米ドルへ増加するとみられます。



*デジタルレジャー売上高は、デジタル経由のレジャー支出によってプラットフォームや作成者に生じる売上と定義しており、レジャー関連用品・サービスに関連するEコマース市場の手数料、デジタル広告支出合計、ビデオゲーム・ソフトウェア/サービスの売上高、動画配信の売上高、音楽配信の売上高、米国とカナダのオンライン・スポーツベッティング運営会社のゲーミング売上高、NFTのプラットフォーム手数料/作成者報酬の合計額としています。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。

デジタルウォレット

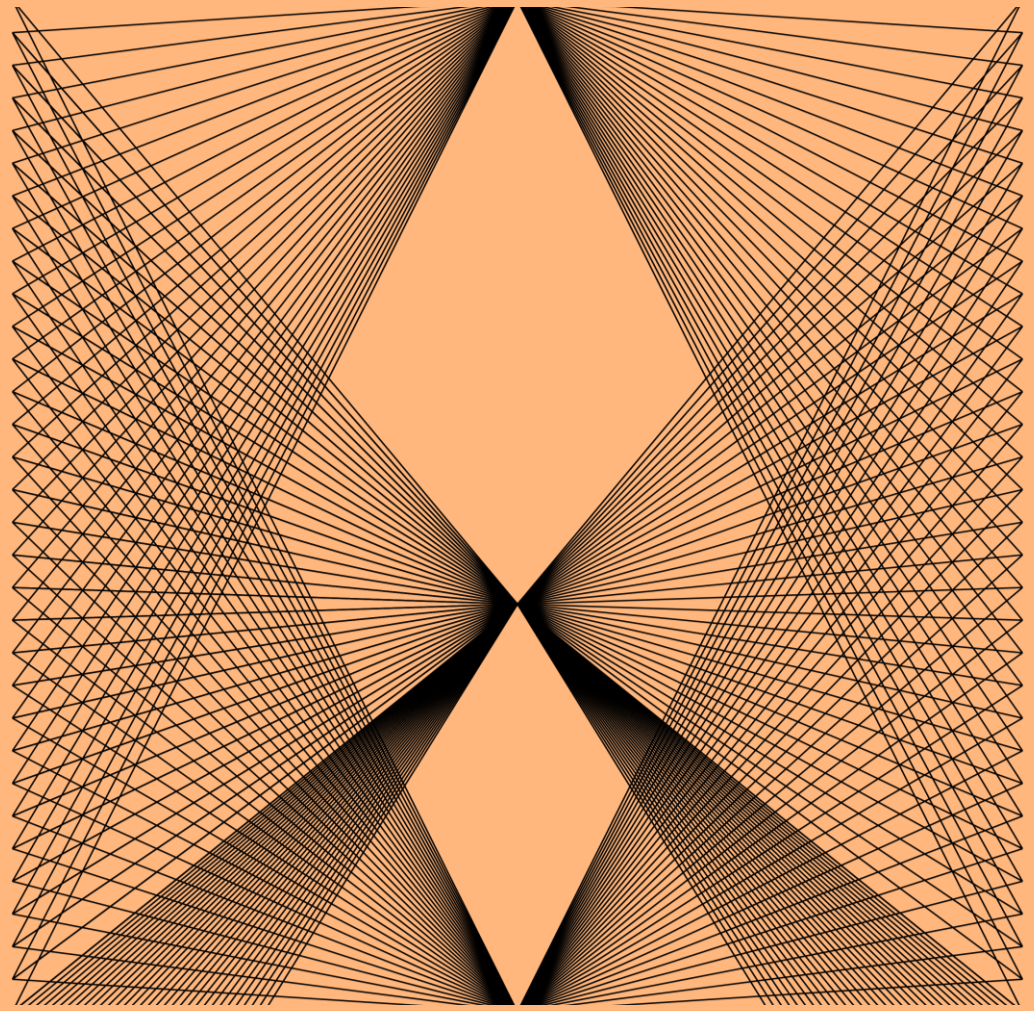
従来型銀行サービスの脱仲介化

数十億の消費者と数百万のマーチャント（加盟店）を取り込んでいるデジタルウォレットは、従来型決済取引に関する経済性を一変させ、500億米ドル近くのコストを削減する可能性があります。

利用者数は32億人にのぼり、デジタルウォレットは世界人口の40%に普及しています。ARKのリサーチによると、デジタルウォレット利用者数は年率8%増加していき、2030年には世界人口の65%に普及しているとみられます。

消費者やマーチャントがデジタルウォレットを取り入れていくにつれ、従来の当座預金、クレジットカードやデビットカード、ダイレクトマーチャント口座の利用は減少し、従来の決済仲介業者に創造的破壊をもたらすとみられます。

仲介を排除することで、デジタルウォレットは決済取扱高に占めるクローズドループ型決済取引の割合が50%を超える可能性があり、そうなれば現在合計1兆米ドルのデジタルウォレット企業の企業価値が2030年までに4500億米ドル拡大する可能性があります。



リサーチ担当者：Maximilian Friedrich（ARKベンチャー共同リード兼アナリスト）、
Andrew Kim（リサーチアソシエート）

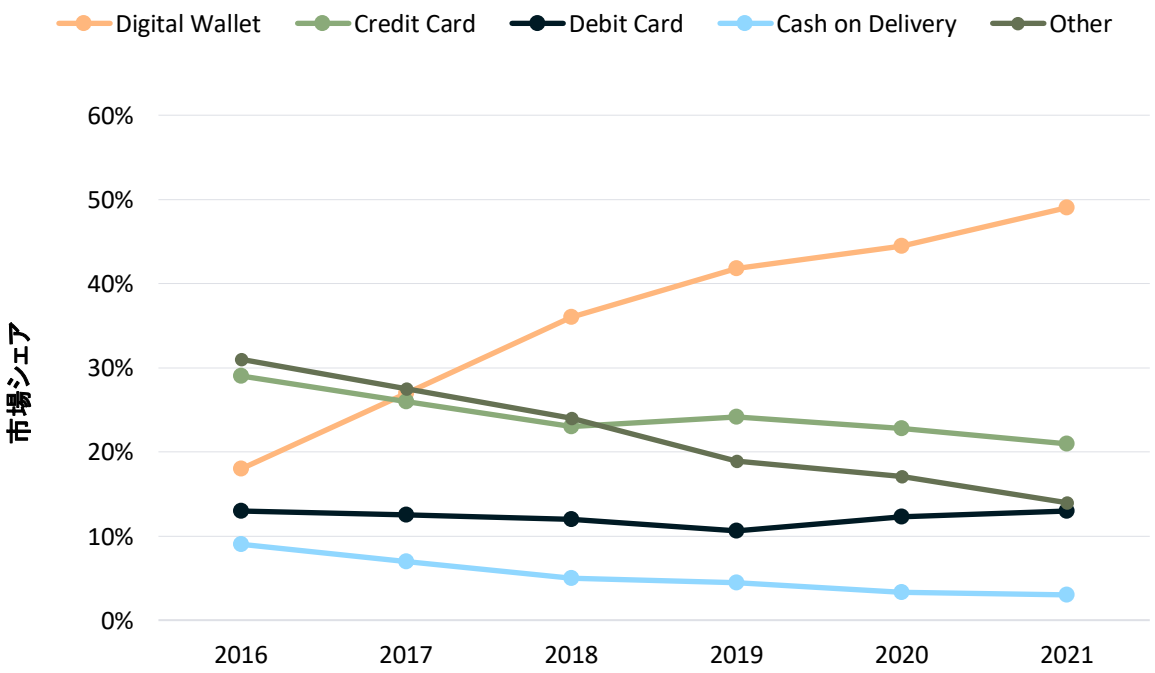
出所: ARK Investment Management LLC, 2023.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

デジタルウォレットはオンラインとオフラインの決済取引でシェアを拡大中

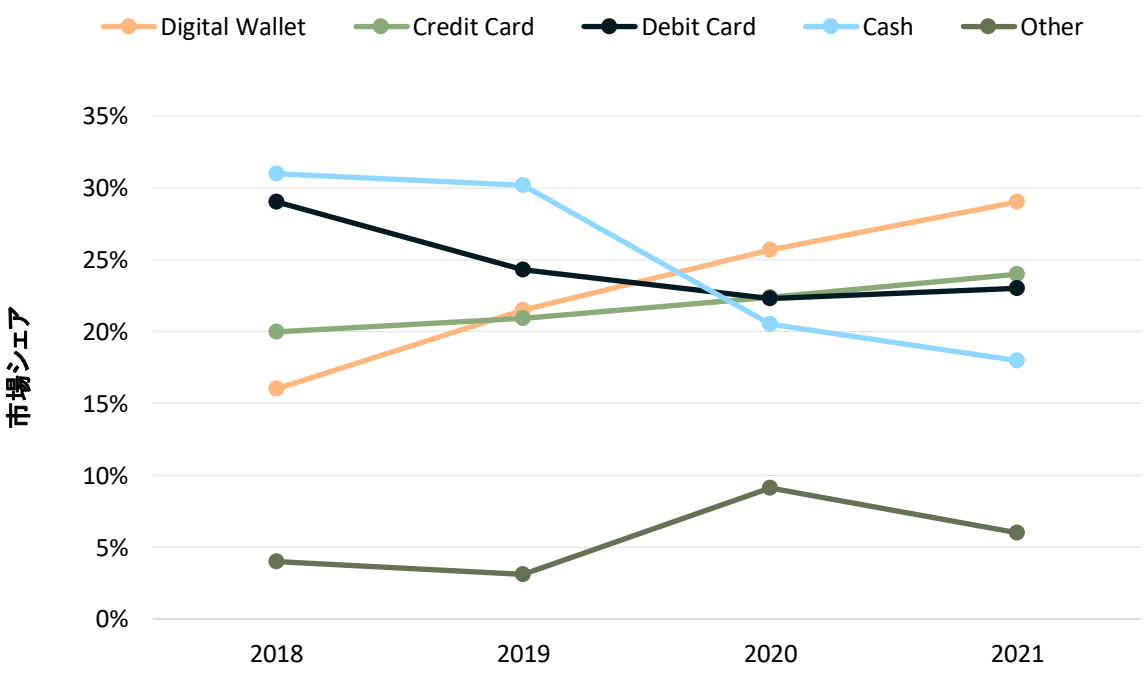
2021年、デジタルウォレットはEコマース取引決済におけるシェアが49%にのぼり、2016年の18%から拡大しました。2016年以降、デジタルウォレットはクレジットカード、銀行振込、現金からシェアを獲得してきています。

2021年、デジタルウォレットはオフライン取引決済におけるシェアが29%となり、2018年の16%からほぼ2倍に増加しました。2020年にはコロナ禍下においてオフライン取引の主要決済手段として現金を追い抜くなど、デジタルウォレットはシェアを拡大し続けています。

世界のEコマース売上高における決済手段別シェア



世界のPOS売上高における決済手段別シェア

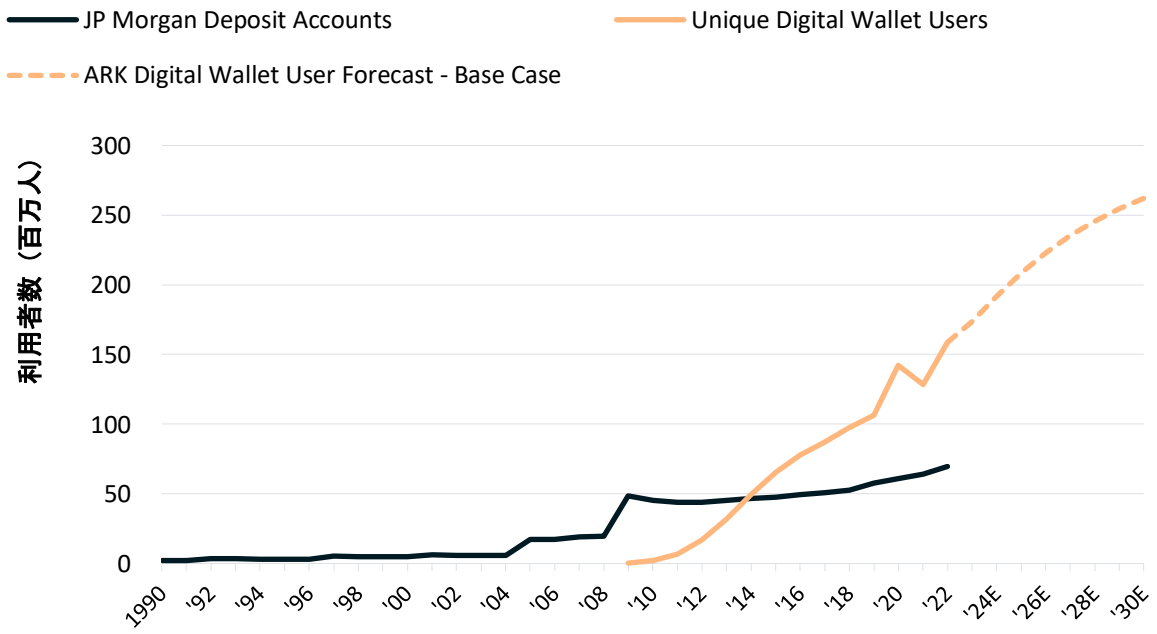


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Worldpay, LLC 2017; Worldpay, LLC 2018; FIS 2020; FIS 2021; FIS 2022. 予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

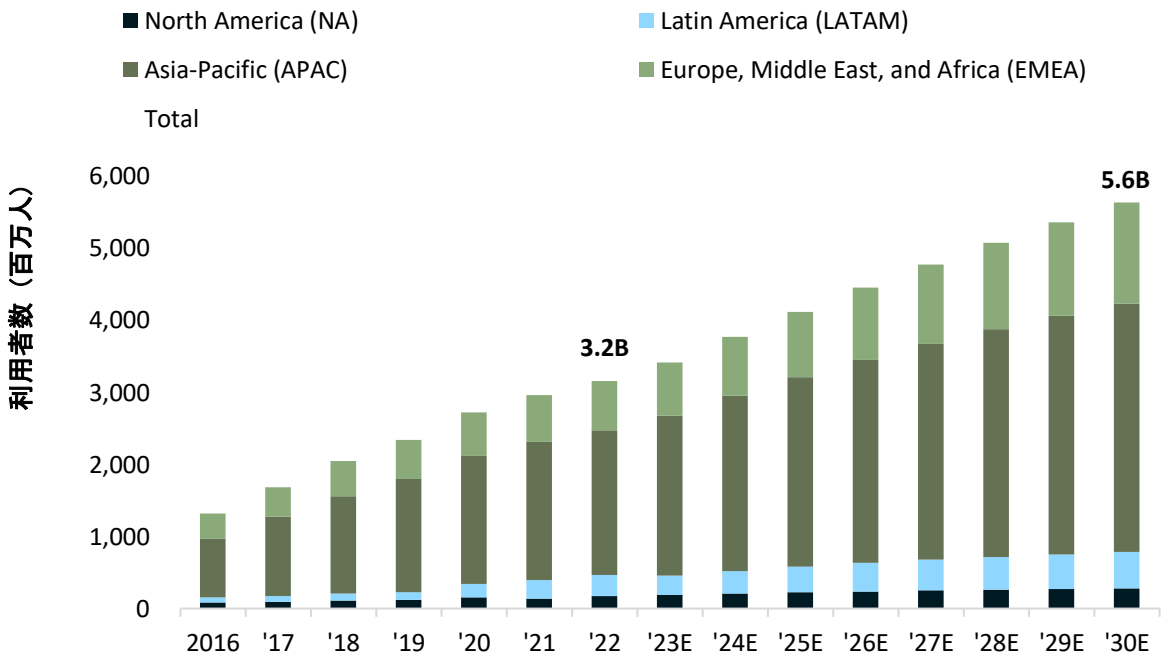
デジタルウォレット利用者数は従来型金融機関の口座数よりも急速に増加中

顧客獲得コストの低さや優れた顧客体験に伴うネットワーク効果が、デジタルウォレット普及の原動力となっています。コロナ禍を受けて普及が加速し、その後に利用者数が落ち込んだのち、米国では2022年にデジタルウォレット普及率が再び上昇に転じ、過去最高に達しました。ARKの試算によると、2022年に約1.6億人だった米国のデジタルウォレット利用者数は今後8年間で年率7%増加して2.6億人を超え、世界全体のデジタルウォレット利用者数は年率8%増加して2030年には56億人（世界人口の65%）に達するとみられます。

米国のデジタルウォレット利用者数
ARKによる試算値と予測*



世界のデジタルウォレット利用者数
ARKによる試算値と予測



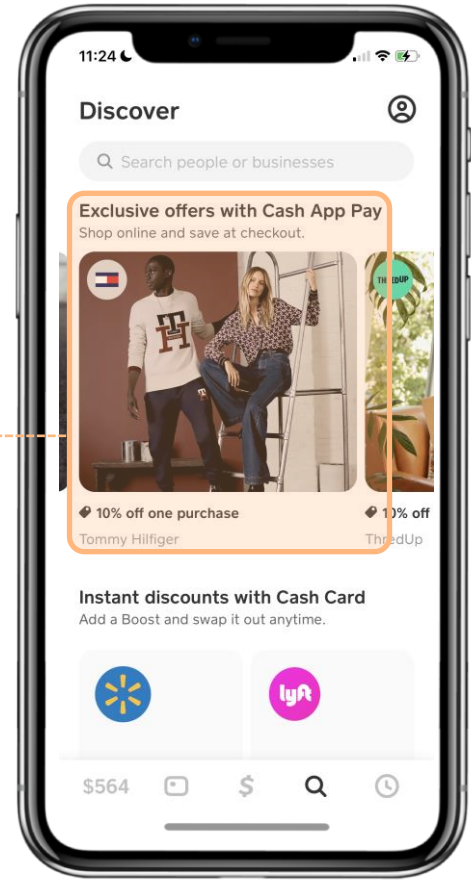
*規制当局向け報告要件の変更を背景に、JP Morganは2010年までは残高100,000米ドル以下の預金口座数を公表していましたが、2010年以降は残高250,000米ドル以下の退職年金口座を除いた預金口座数を公表しています。1990年から2009年までのデータは各暦年の6月30日時点の口座数が反映されていますが、以降のデータは暦年末時点の口座数が反映されています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. FDIC, data as of 01/17/23; FFIEC, data as of 01/17/23; The World Bank, data as of 01/20/23; Anan, L. et al. 2020; Anan, L. et al. 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。

デジタルウォレットは消費者・加盟店向けクローズドループ型エコシステムを作り出す

数十億人の利用者を獲得したデジタルウォレットは、消費者と加盟店間の直接取引を可能にするプラットフォームへ
数百万の加盟店を取り込んでおり、従来の金融機関による仲介を排除しています。*

13億人 消費者	**Alipay**	8,000万店 加盟店
8400万人 消費者	**Block**	700万店 加盟店
5100万人 消費者	**PayPay**	390万店 加盟店
1200万人 消費者	**Kaspi**	41.3万店 加盟店

Blockは、8,600万人のCash App利用者に対し、その加盟店ネットワークでの購入の決済をCash App Payで行なうように促しています。



*Cash Appの2022年の年間アクティブユーザー数は、公式届出事項や投資家向け公開説明会・カンファレンスおよび第3者のモバイルアプリデータを用いて推定しています。Blockエコシステム内の加盟店数は、PayPalの公式届出事項で開示されている年間アクティブマーチャントアカウント当たりの平均総決済額（TPV）を、当社が試算したBlockの2022年連結ベースのTPVで除して推定しています。Alipayの消費者数と加盟店数は、それぞれ2021年、2020年に公表されたものです。 PayPayとKaspiの消費者数および加盟店数の推定値については、前者は第2四半期の届出事項、後者は第3四半期の届出事項から引用しています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Block, Inc, data as of 12/29/22; Sensor Tower Inc, data as of 01/25/23; Kaur , D. 2022; China Internet Watch 2022; Z Holdings, data as of 01/17/23; Kaspi, data as of 01/17/23.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。

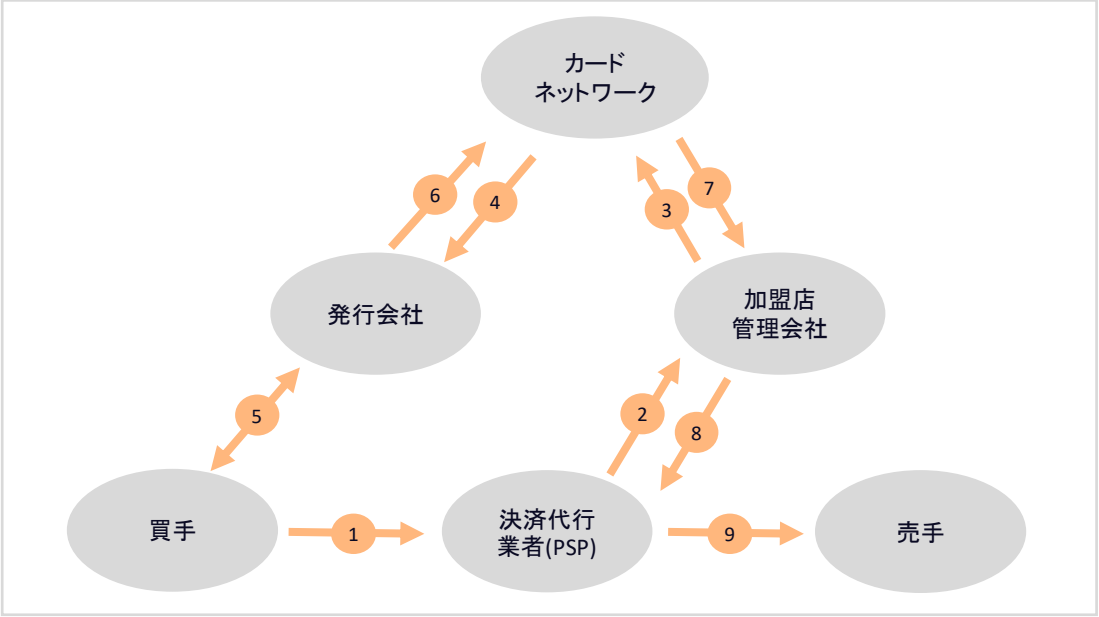
デジタルウォレットは消費者・加盟店間の直接決済を可能にして仲介者を排除

従来の決済チェーンでは、複数の仲介者が消費者と加盟店の間に入って決済手数料*を徴収します。ネットワーク内での決済取引を可能にすることで、デジタルウォレット・プロバイダーは決済取引1件当たりで獲得する価値が増加しており、そのコスト削減効果を加盟店や消費者と共有することができます。

従来のオープンループ型クレジット＆デビットカード決済取引

買手と売手の間に存在するステップ：9

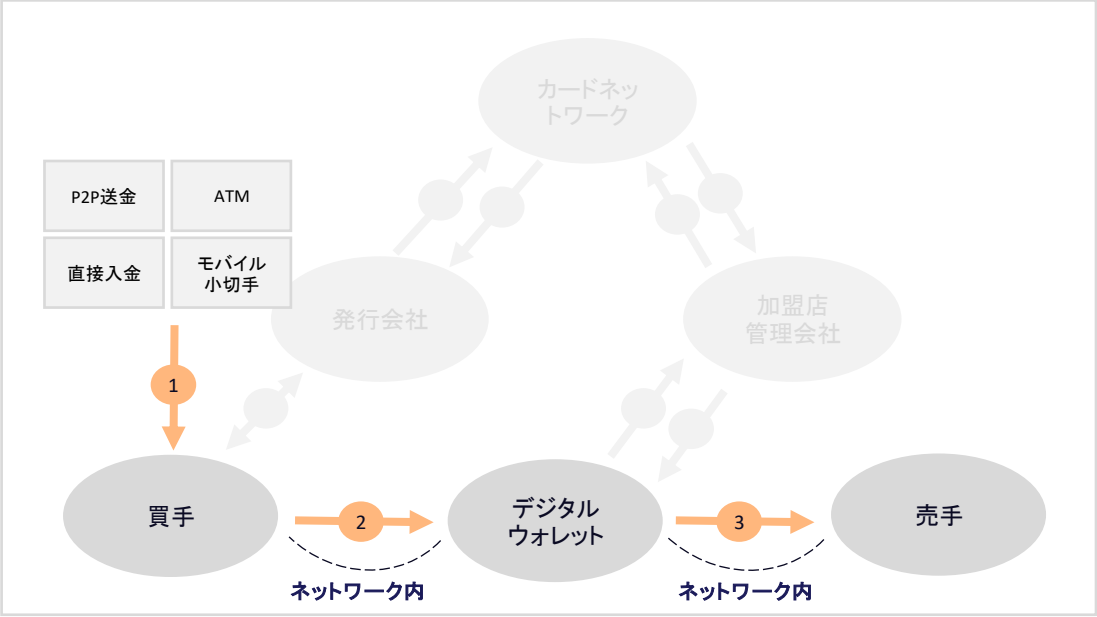
仲介手数料（推定）：2.6%



クローズドループ型の残高決済取引

買手と売手の間に存在するステップ：3

手数料削減効果（推定）：2.4%

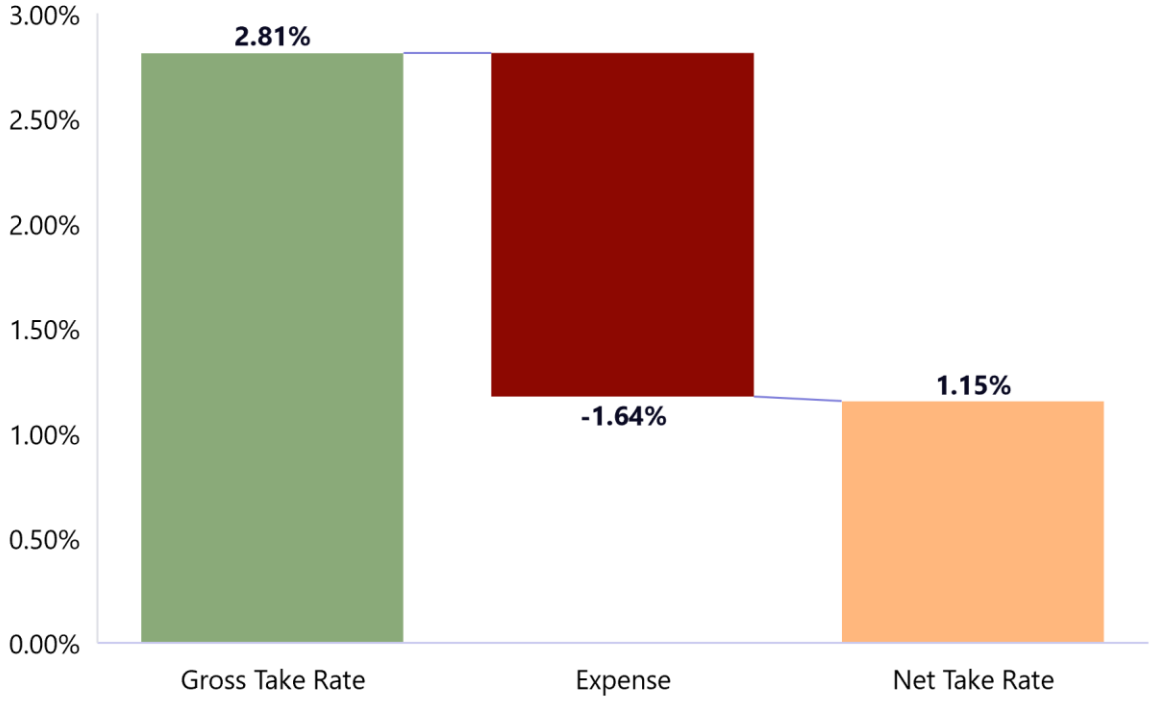


*手数料および決済プロセスの推定値は説明のみを目的としたものであり、米国の決済インフラに特化した情報に基づいています。米国の現在の決済バリューチェーンにおける仲介手数料の推定には、インターチェンジ、カードネットワーク、発行会社、加盟店管理会社、PSP（決済代行業者）の手数料の当社試算値を用いています。クローズドループ型決済取引は、インターチェンジ、カードネットワーク、イシュア、従来からのアクワイアラの手数料を排除できると想定していますが、デジタルウォレット残高への入金や最新のペイメントファシリテータ(決済代行業者)の利用に関連する推定コストを加え直しています。出所: ARK Investment 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。

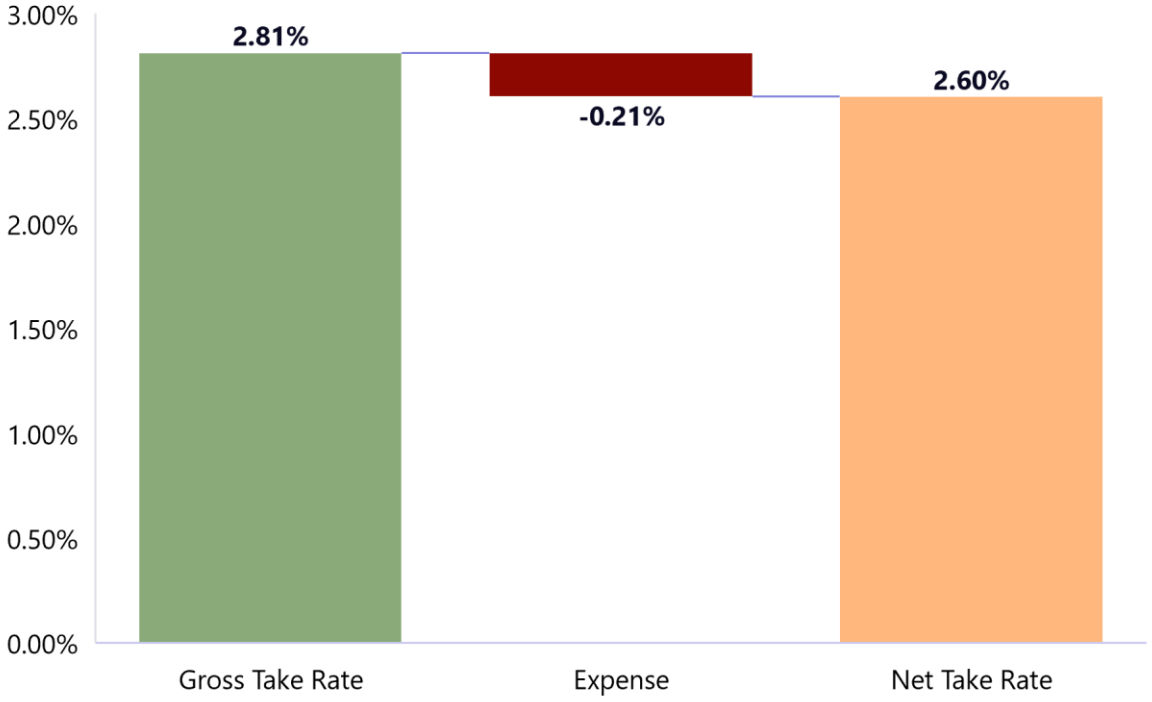
クローズドループ型取引がデジタルウォレット・プロバイダーの収益性を押し上げる可能性

2022年、Blockは顧客決済手数料の60%程度を、インターチェンジフィー、アセスメントフィー、決済処理手数料、銀行決済手数料として第三者に支払っています。もしCash Appの顧客がBlockの加盟店との取引にCash App残高を使用したとすると、Blockが得られる正味テイクレート（取引手数料）は2倍以上に上昇する可能性があります。*

Blockのユニット・エコノミクス
現状
（取引1件当たりの採算性、%）



Blockのユニット・エコノミクス
クローズドループ型の場合のポテンシャル
（取引1件当たりの採算性、%）

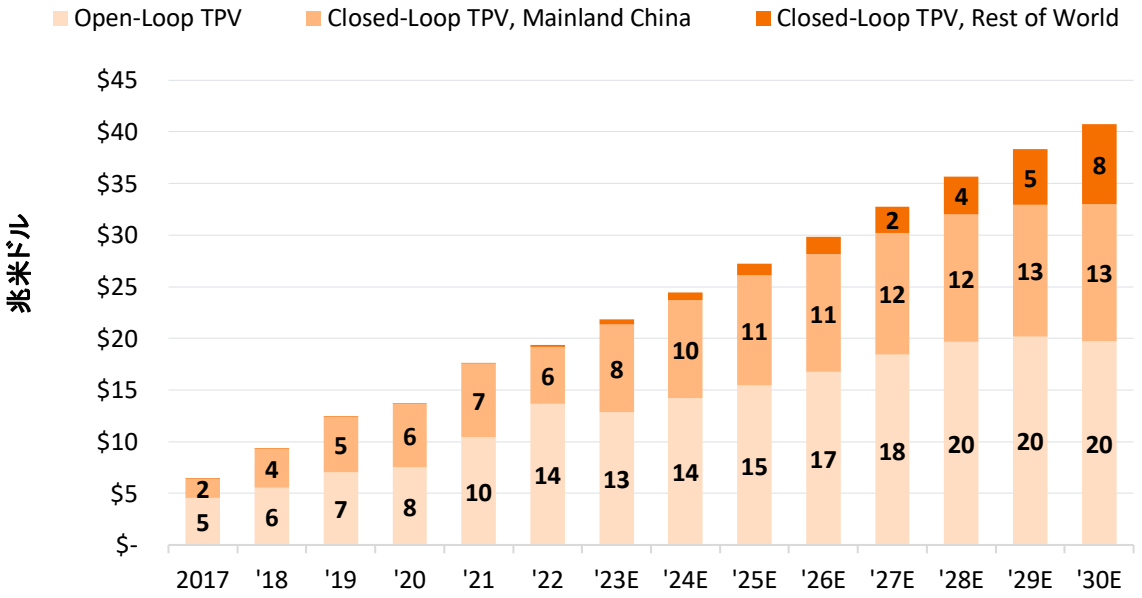


*上記説明は、クローズドループ型決済取引の実施に伴うコスト削減分の100%をBlockが獲得するシナリオを示しています。現実には、そうしたコスト削減の恩恵はPSP(決済代行業者)、消費者、加盟店の間で分けられることになるとみています。Blockの総テイクレートは、決済取引による総収益を連結ベースの決済総額(GPV)で除して計算しています。Blockの正味テイクレートは、決済取引による売上総利益をGPV合計で除して計算しています。2022年の第1～3四半期にBlockが開示した総計データを用いています。ACH取引や、マ加盟店への決済手段導入をサポートする第三者のペイメントファシリテータの利用による、クローズドループ型決済取引のコストを0.21%として加えています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Block, Inc., data as of 01/19/23.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。

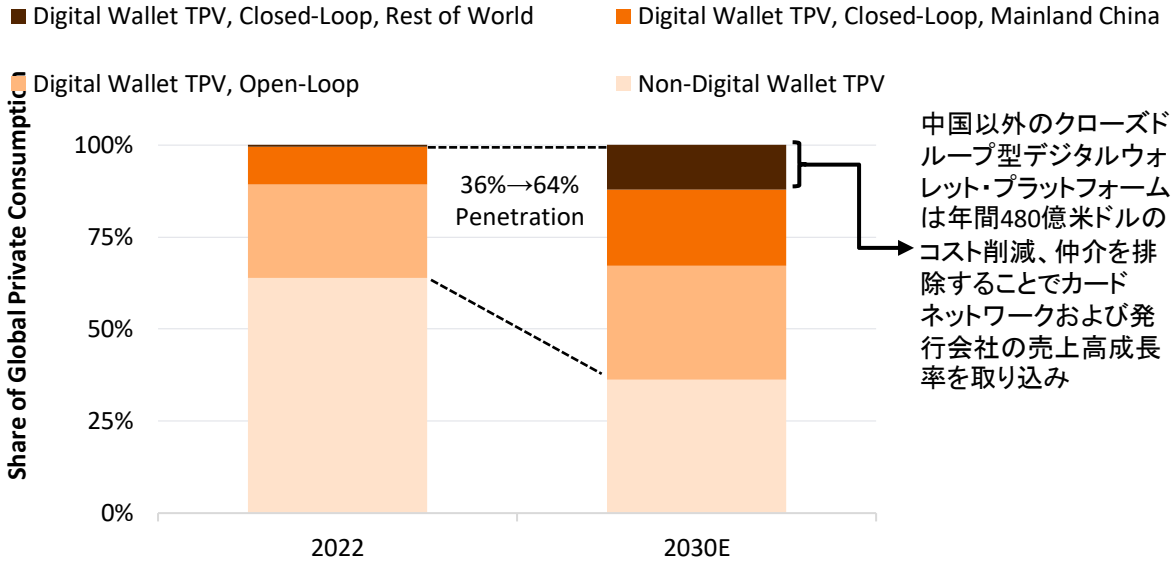
2030年までにクローズドループ型取引がデジタルウォレット決済に占める割合は50%を超える可能性

中国本土では普通になっているクローズドループ型取引は、中国本土以外においても第三者による仲介を排除し、デジタルウォレット・プラットフォーム、消費者、加盟店に500億米ドルのコスト削減効果をもたらすと期待され、そうなれば現在合計1兆米ドルにのぼるデジタルウォレット・プラットフォーム企業の企業価値が2030年までに4,500億米ドル拡大する可能性があります。

世界のデジタルウォレット総決済処理額(TPV)*
（2022年米ドル換算の実質ベース）



クローズドループ型取引のコスト削減効果
世界のクレジット＆デビットカード決済収入との比較
（2022年米ドル換算の実質ベース）



*総決済処理額(TPV)は、オンラインまたはPOSでの消費関連の決済のみを示しています。クローズドループ型のTPVの計算にあたっては、デジタルウォレット・プラットフォームがクローズドループ型決済取引に関連するコスト削減分の大半を取り込むこと、また、これらのプラットフォームが特典を提供して利用者にネットワーク内の加盟店との取引を促すことを前提条件としています。回帰分析によってAmerican Express、Capital One、Discoveryなどの大手クレジットカード発行会社の総決済額に、各社のクレジットカード特典費用が結びつく度合を推定し、デジタルウォレット・プラットフォームによる特典支出の増加が、どれほどクローズドループ型決済取引でのTPV増加をもたらすかを予測しています。中国本土ではクローズドループ型決済の普及率上昇によるコスト削減の拡大はごくわずかと想定しています。その理由は、1) 消費取引にけるPSPの総テイクレートおよび正味テイクレートがすでに低水準であり、また、競合他社や規制当局からの圧力によって低水準にとどまる可能性がある、2) 残高による決済取引の普及がすでに成熟段階にあり、今後10年間で大幅な拡大が見込まれない、とみていることにあります。デジタルウォレット・プラットフォームにもたらされるコスト削減効果の拡大分を計算するにあたり、中国本土外でのオープンループ型およびクローズドループ型決済におけるPSPの正味テイクレートを2030年まで予測し、クローズドループ型取引の他のコストを考慮した上で、それぞれによって示唆される売上高の差を求めています。当座借越、当座預金口座の維持、ATMの手数料が低下する場合の追加コスト削減分や、預入金の流出による金利収入の逸失は考慮されていません。最後に、企業価値増加分の4,500億米ドルの計算にあたっては、当社が試算した2030年のTPVに、売上総利益に対する企業価値の倍率を9.5倍として適用した上で、当社予測と、中国本土外のデジタルウォレット決済取引の100%がオープンループ型にとどまるとするシナリオの間の企業価値の差を求めています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Ant Group 2023; McKinsey & Company 2022; MPayPass 2020-2022.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。

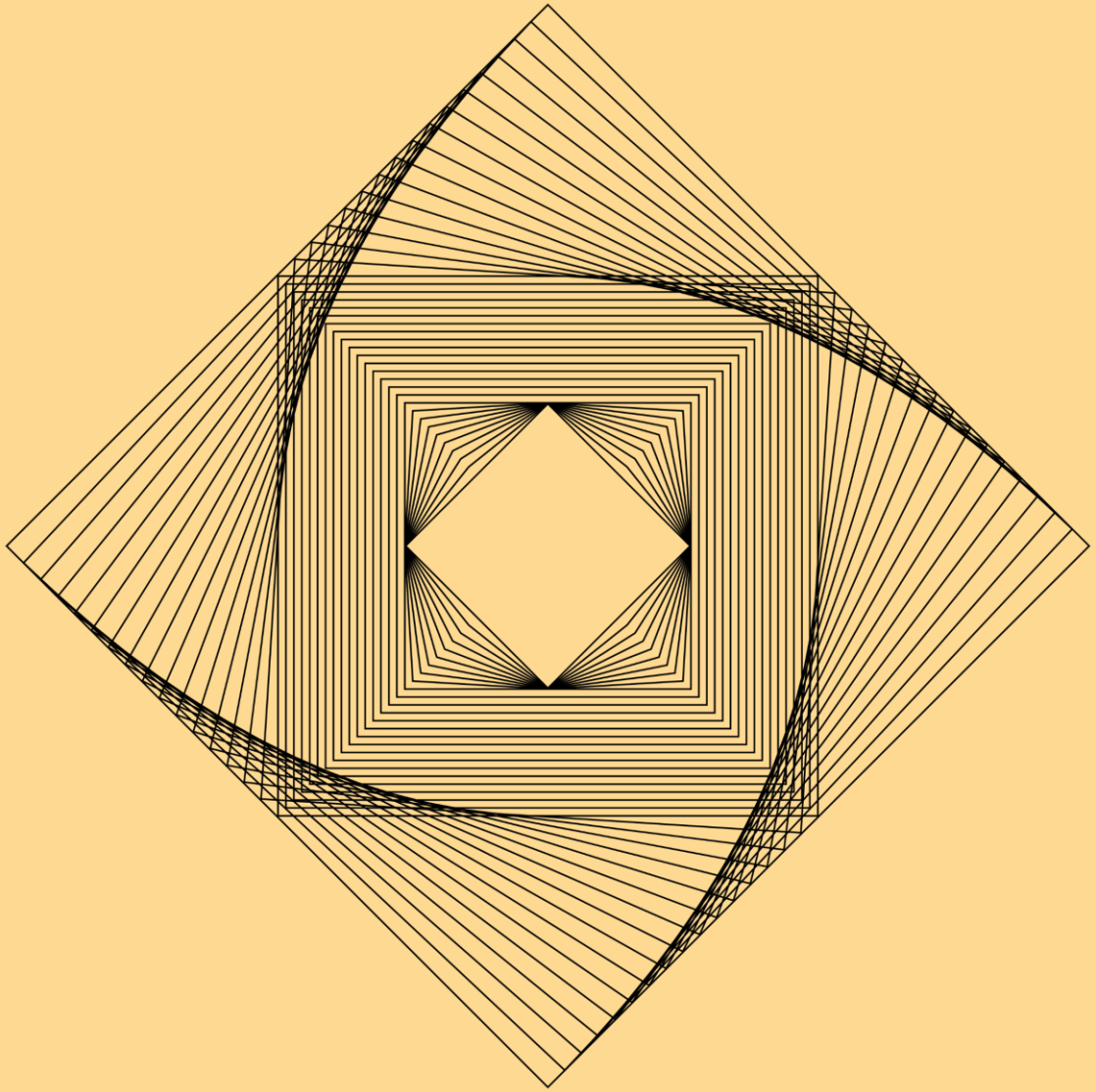
パブリックブロックチェーン

危機的状況の最中でも革命は加速

2022年はTerra/LUNAやThree Arrows Capital、Celsius、FTX/Alamedaの崩壊の影響が波及し、暗号資産の時価総額が約1.5兆米ドル消え去りました。

厳しい下落局面にあるものの、パブリックブロックチェーンは引き続きマネー革命、金融革命、そしてインターネット革命を促進しており、ビットコイン、分散型金融(DeFi)、Web3の長期的な機会はより強固なものとなりつつあります。

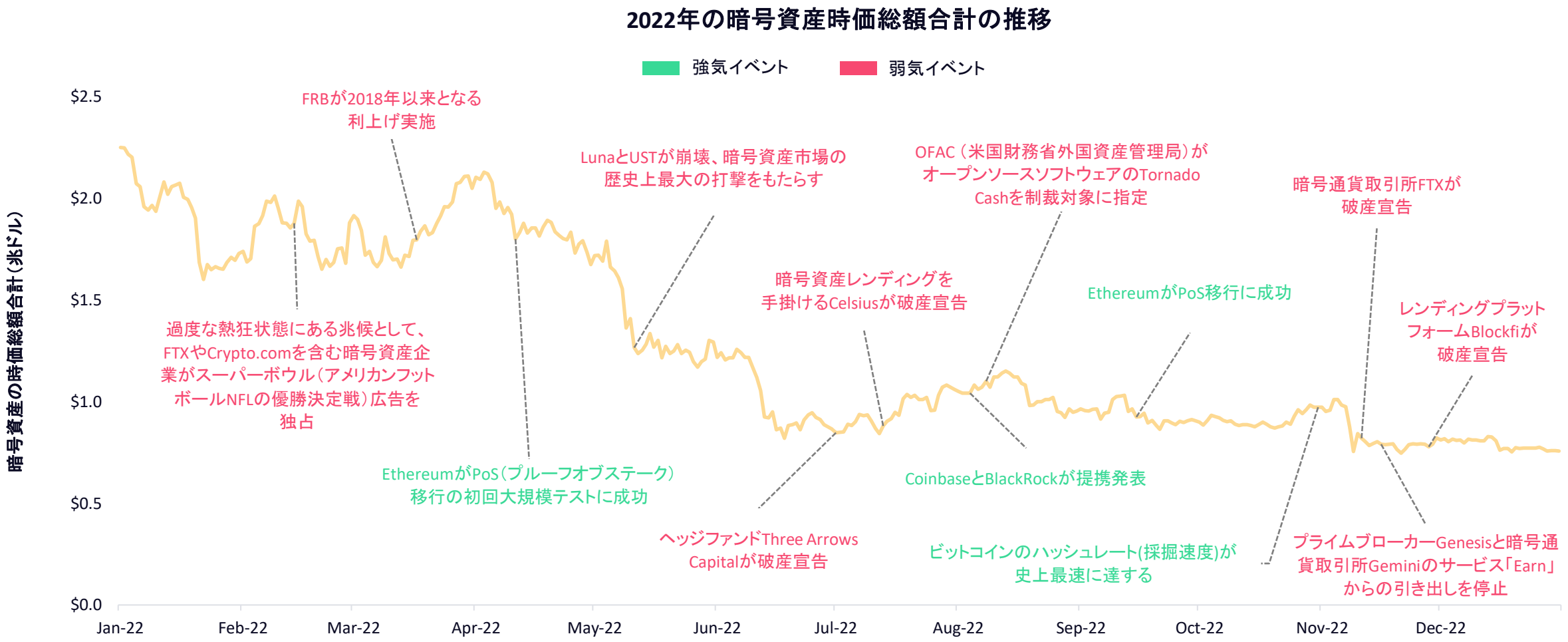
今後10年間で暗号通貨の市場価値は20兆米ドル、スマートコントラクトの市場価値は5兆米ドルに達する可能性があります。



リサーチ担当者：Yassine Elmandjra（暗号資産分野主任アナリスト）
Frank Downing（次世代インターネット分野リサーチディレクター）
David Puell（リサーチアソシエート）

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. CoinMarketCap, data as of 12/31/2022.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。

2022年は破綻の連鎖により暗号資産の時価総額約1.5兆米ドルが消失



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Ponnezhath, M. et al. 2022; Choo, L. 2022; Tepper, T. 2022; TechnoPixel 2022; Sandor, K. et al. 2022; De, N. et al. 2022; Tejpaul, B. et al. 2022; US Department of the Treasury 2022; O'Neill, A. 2022; Sigalos, M. 2022; Ponciano, J. 2022; Sigalos, M. et al. 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。

厳しい下落局面にもかかわらず、パブリックブロックチェーンは引き続き複数の革命を促進

パブリックブロックチェーンのインフラ

マネー革命

政府関連機関や各国政府、トップダウン型統制の権限外での、価値と財産権の移転のための協業的な取り組み

法定通貨と中央銀行 → グローバル、分散型、非法定通貨

- ビットコインは誕生以来の総決済件数が約7.91億件、総決済額が約100兆米ドルにのぼります。
- 価格動向に影響されることなく、マイナー（採掘者）は取引の正当性の検証を続け、2022年には約53,000ブロックのマイニングを行って約100億米ドルの収益を生み出しました。

金融革命

伝統的な金融機関の権限外での金融のサービスや契約の協業的な取り組み

伝統的金融(TradFi) → 分散型金融(DeFi)

- 2022年において分散型金融サービスは2008～09年当時の中央集権型金融サービスよりも回復・耐久力を示しました。
- 詐欺、リスク統制の欠如、運営者の透明性欠如に直面するなか、分散型で監査可能、透明性のある金融サービスへの需要はこれまで以上に高まっています。

インターネット革命

伝統的な大手のメディア企業やIT企業の権限外での、アイデンティティ、評判、データをめぐる協業的な取り組み

企業所有のプラットフォーム → 相互運用可能なユーザー所有のウェブ

- NFT[1] は、一般層へと暗号資産需要が広がる可能性を如実に示しており、何百万人もの人々へ秘密鍵暗号を普及させる可能性があります。
- 多数の企業や出版社がWeb3分野で掲げる大きな目標を発表しています。

[1] NFT：non-fungible token (非代替性トークン)の略で、デジタル資産の所有権を証明する固有で、プログラム可能なブロックチェーン・ベースのデジタル・オブジェクトのことを言います。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/20/23, figures not entity-adjusted.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。

マネー革命 | ビットコインの長期的な機会はより強固なものとなりつつある

問題点

中央集権型の貨幣制度はしっかりとした経済的保証を提供できていません

- 40億人以上が独裁主義体制下で生活しています。
- 20億人以上が二桁台のインフレに苦しんでいます。
- 10億人以上が従来型の決済アプリを利用できない状況にあります。
- 10億人以上が海外出稼ぎ労働者からの送金に依存しています。

データ

ビットコイン・ネットワーク関連統計	2022	累計[1]
送金額（単位：兆米ドル）	+$38.7	$105.3
取引件数（単位：百万件）	+95.4	791.4
アドレス総数（単位：百万）	+147.5	1,100
残高のあるアドレス数（単位：百万）	+3.75	43.2
マイナー収益（単位：十億米ドル）	+$9.5	$47.4

革命

ビットコインには検閲耐性がある

ビットコインでの取引への障壁は低く、唯一の必要条件は秘密鍵を保有していることです。

ビットコインにはインフレ耐性がある

ビットコインの発行数は数学的に決定されており、事前に定められたスケジュールにより予測可能。ビットコインの供給量は現在1900万BTCで、上限は2100万BTCに設定されています。

ビットコインには差し押さえ耐性がある

ビットコインは、楕円曲線暗号と安全な保管を組わせることで独自の財産権を確保しています。

ビットコインは監査可能で透明性がある

ビットコインでは透明で分散型の意思決定が行われます。フルノード運用により、ユーザーが取引の正当性の検証や供給の監査を自由に行なうことができます。

[1] 2009年1月3日の誕生以来の累計　出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Kasparov, G. et al. 2017; Hall, J. 2022; The World Bank 2021; International Fund for Agricultural Development 2022; Glassnode, data as of 01/20/23, figures not entity-adjusted.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。

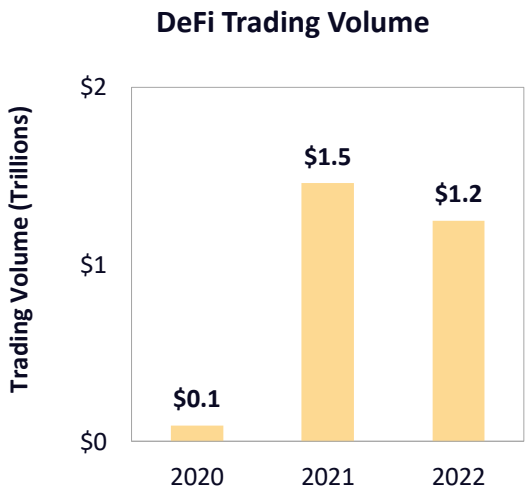
金融革命 | 分散型金融は暗号資産危機のなかでも急速に加速

問題点

- 20億人以上が基本的な銀行サービス（口座管理、クレジットを含む）にアクセスできない状況にあります。
- 従来型金融機関の不透明性は壊滅的な金融崩壊を招いてきました。
- 従来型金融機関の間のカウンターパーティリスクは単一障害点となっており、また、中央集権型の意思決定は利権追求の蔓延をもたらしています。

データ

- 2022年の分散型金融の取引額は約1.2兆米ドル、2020年比で12倍増加しています。
- FTX倒産後は暗号資産取引額全体に対するDeFi取引額の比率が約52%増加しました。
- 2022年にはブロックチェーン上でのステーブルコイン送金額が約9兆米ドルにのぼり、Mastercard、Amex、Discoverのカードネットワークの合計額を上回りました。
- 2022年は引き出し額が約320億米ドル、換金額は10億米ドル近くにのぼりました。



革命

DeFiが従来の仲介者を排除

自動的なスマートコントラクトが取引実行を保証し、信頼性によって手数料を得る仲介者が不要になります。

DeFiはグローバル

オープンプロトコルで展開される金融サービスは、インターネットに接続できる人なら誰でもカストディ、取引、融資を利用可能にしています。

DeFiは相互運用可能

オープンソース型で相互運用可能な金融サービスは、急速なイノベーションや実験を可能にしています。

DeFiは監査可能で透明

ユーザーがリスクや機能を管理、担保や資産フローは自由に検査可能となっています。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. The World Bank 2016; The Block, data as of 01/17/23; Johnson, P. 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。

インターネット革命 | Web3の投資魅力は臨界点に達しつつある

問題点

- インターネットは、ユーザーデータを搾取・所有・収益化する独占的テクノロジー企業に依存しています。
- オンラインでのアイデンティティや評判には相互運用性がありません。
- 中央集権型の意思決定者が情報の発見に影響を及ぼしており、コンテンツやコミュニケーションを主観的に加減しています。

データ

- ユニークIDの発行数はEthereum Name ServiceとUnstoppable Domainsを合わせると500万にのぼります。
- 2022年はNFT[1]の年間取引額が15%増加し220億米ドルとなりました。
- NFTの累計作成数は1.27億にのぼります。
- 大手ブランド（Starbucks、Adidas、Nike、Coca-Cola、NBAを含む）がWeb3プロトコルと提携しています。
- 大手ソーシャル・プラットフォーム（Instagram、Twitter、Redditを含む）がNFTに対応する機能を導入しています。

革命

Web3はユーザーが所有

Web3は初となるデジタル財産権を導入しています。

Web3はプラットフォームでなくプロトコルに依存

分散型プロトコルにより、配布されたデータの管理（そして自由なアクセス）が可能となっており、中央集権型のアグリゲーターによるコントロールが制限されています。

Web3は新しい収益化パラダイムを実現

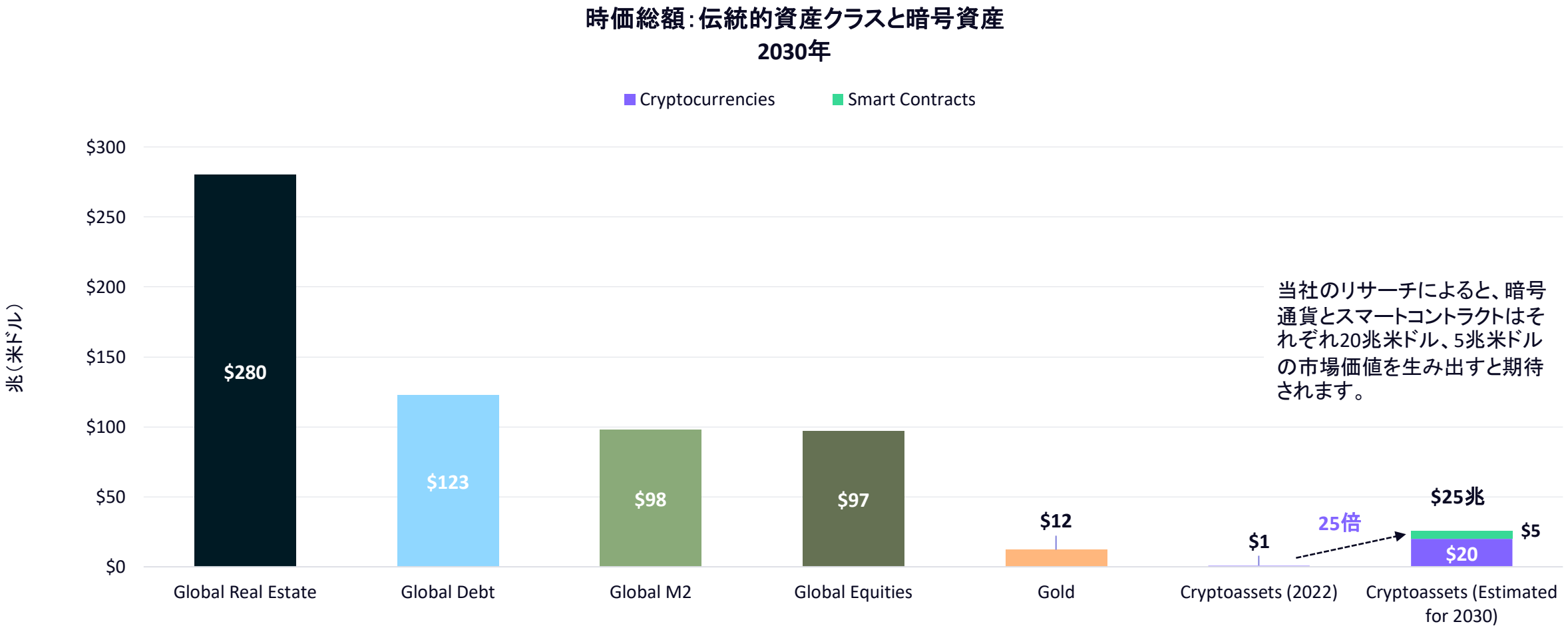
Web3はソフトウェアに経済性を組み込むことで、ユーザーによるネットワーク開発の収益化・参加を可能にしています。

Web3は消費と投資の融合を実現

経済がデジタルネイティブ化し、財・サービスの購入、所有、利用の新しいパラダイムが実現していくにつれ、消費者行動が変化してきています。

[1] NFT：non-fungible token（非代替性トークン）の略で、デジタル資産の所有権を証明する固有で、プログラム可能なブロックチェーン・ベースのデジタル・オブジェクトのことを言います。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Malwa, S. 2023; Unstoppable Domains, data as of 01/16/23; CryptoSlam, data as of 01/17/23; Dune Analytics, data as of 01/17/23.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。

暗号資産が伝統的資産クラスと肩を並べ、その再定義を促す可能性



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Bank for International Settlements, data as of 01/25/23; Bloomberg, data as of 01/25/23; 8MarketCap, data as of 01/17/23; TradingView, data as of 01/17/23; Desjardins, J. 2020.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。

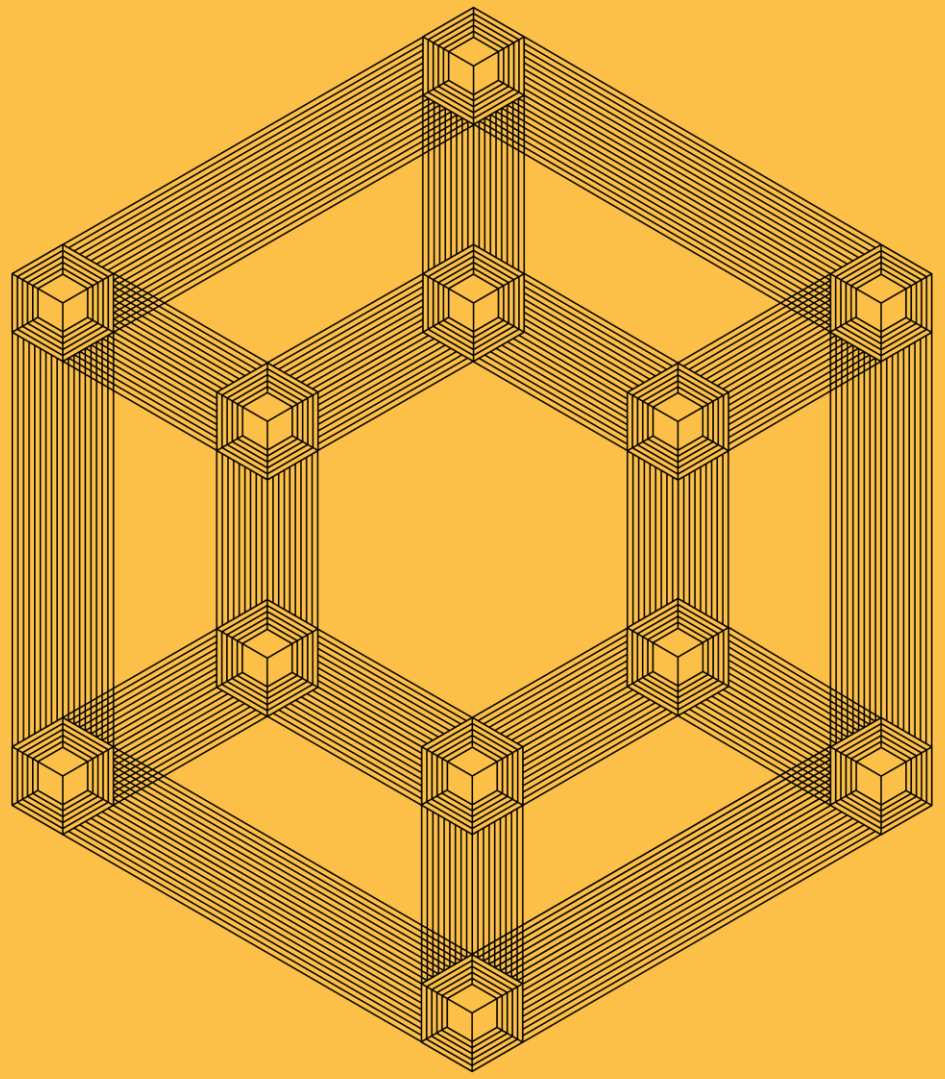
ビットコイン

耐久性のあるネットワーク

ビットコインの長期的な投資機会は強まってきているとみています。大荒れの1年となったものの、ビットコインが立ち止まることはありませんでした。そのネットワークのファンダメンタルズは強化されており、保有者層は長期志向がより強まっています。

中央集権型のカウンターパーティが引き起こした負の連鎖は、ビットコインの分散型、監査可能、透明性という提供価値を高めています。

今後10年間でビットコインの価格は100万米ドルを突破する可能性があります。



リサーチ担当者：Yassine Elmandjra（暗号資産分野主任アナリスト）
Frank Downing（次世代インターネット分野リサーチディレクター）
David Puell（リサーチアソシエート）

出所: ARK Investment Management LLC, 2023.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。

ビットコインは過去最高値から下落、その幅は史上5番目の大きさ、期間は史上2番目の長さ

ベアマーケットにおけるビットコインの下落率

ビットコインのベアマーケットでの下落率

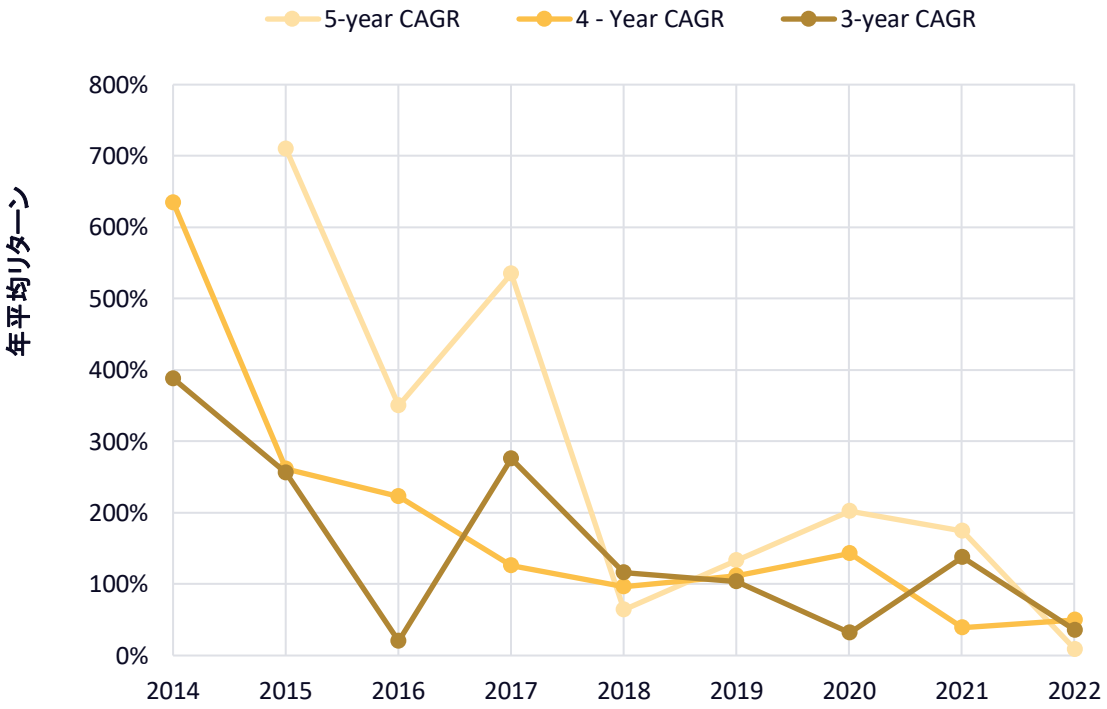
ピーク		底		
年月	価格	年月	価格	下落率
2011年6月	$31.91	2011年11月	$2.00	-93.7%
2013年11月	$1,242	2015年1月	$152	-87.7%
2017年12月	$19,891	2018年12月	$3,128	-84.3%
2021年11月	$69,000	2022年11月[1]	$15,797	-76.7%
ピークからピークまでの平均CAGR	157.9%	底から底までの平均CAGR	153.6%	

注記：ビットコインは2013年4月に81%下落しましたが、その期間が6日しか続かず、当分析の文脈では異常値と考えられることから、上記チャートや表には含まれていません。[1] 2022年11月の底は、2022年12月31日現在において底値と想定されるものです。2023年以降に価格水準がさらに低下する可能性もあります。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/17/23.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。

急激な下落局面に見舞われてきたものの、ビットコインはより長期でみると主要資産クラスをアウトパフォーム

ビットコインはボラティリティの高さによって長期リターンが目立たなくなっています。2009年の誕生以降、75%超の下落局面が5回訪れているものの、ビットコインは期間3年、4年、5年においてプラスリターン（年率）を達成してきています。

ビットコインの年平均リターン(CAGR)は期間3年、4年、5年ともにプラス*



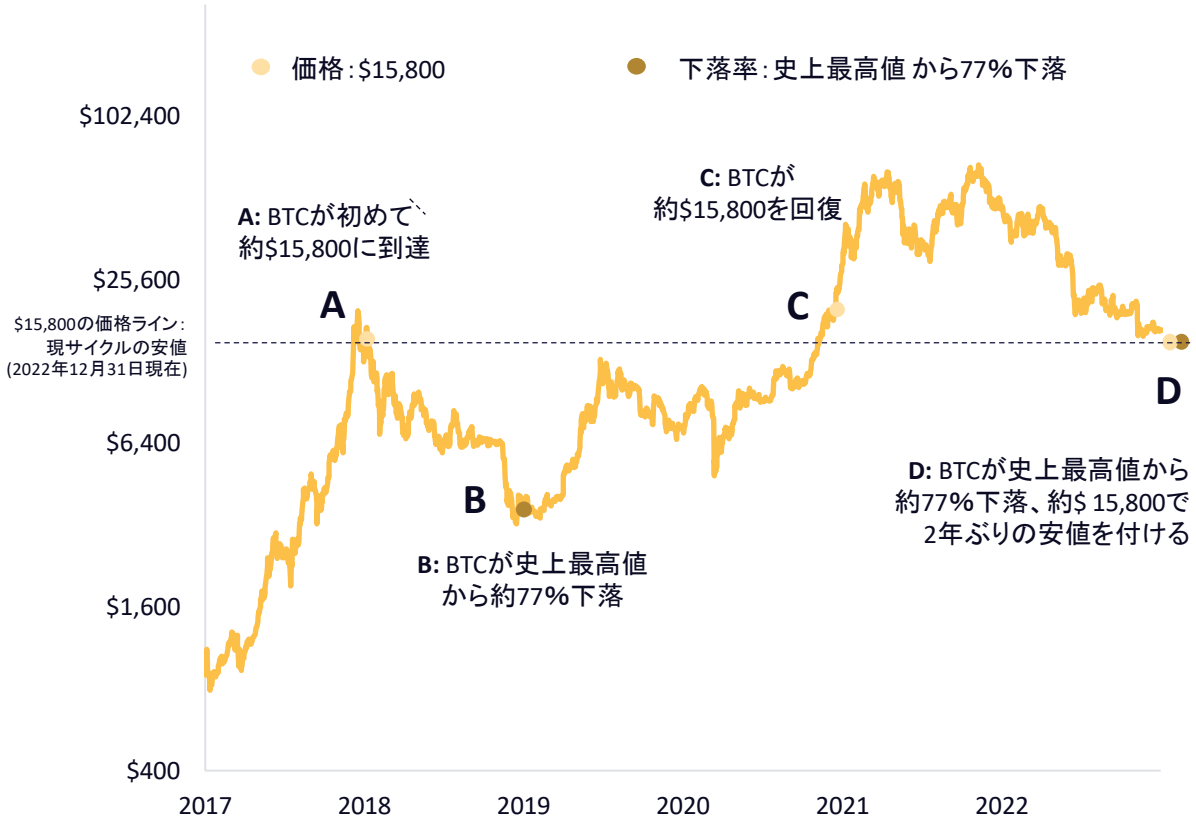
ビットコインは誕生以来伝統的資産クラスをアウトパフォーム

	3年CAGR		4年CAGR		5年CAGR	
資産クラス	平均[1]	2022	平均[1]	2022	平均[1]	2022
グローバル株式	10.6%	4.9%	10.1%	10.2%	6.1%	6.1%
グローバル債券	1.5%	-4.5%	1.5%	-1.8%	1.4%	-1.7%
金	2.4%	6.3%	2.5%	9.2%	2.2%	7.0%
ビットコイン	**152%**	**35.6%**	**187%**	**49.4%**	**272%**	**8.7%**

*CAGRの平均値はビットコインの価格が初めて提示されて以来の平均値として計算されています。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/17/23; Bloomberg, data as of 01/27/23.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。

足元のビットコインのファンダメンタルズは過去の下落局面時よりも良好

77%下落後15,800米ドルとなったビットコイン相場の大局観



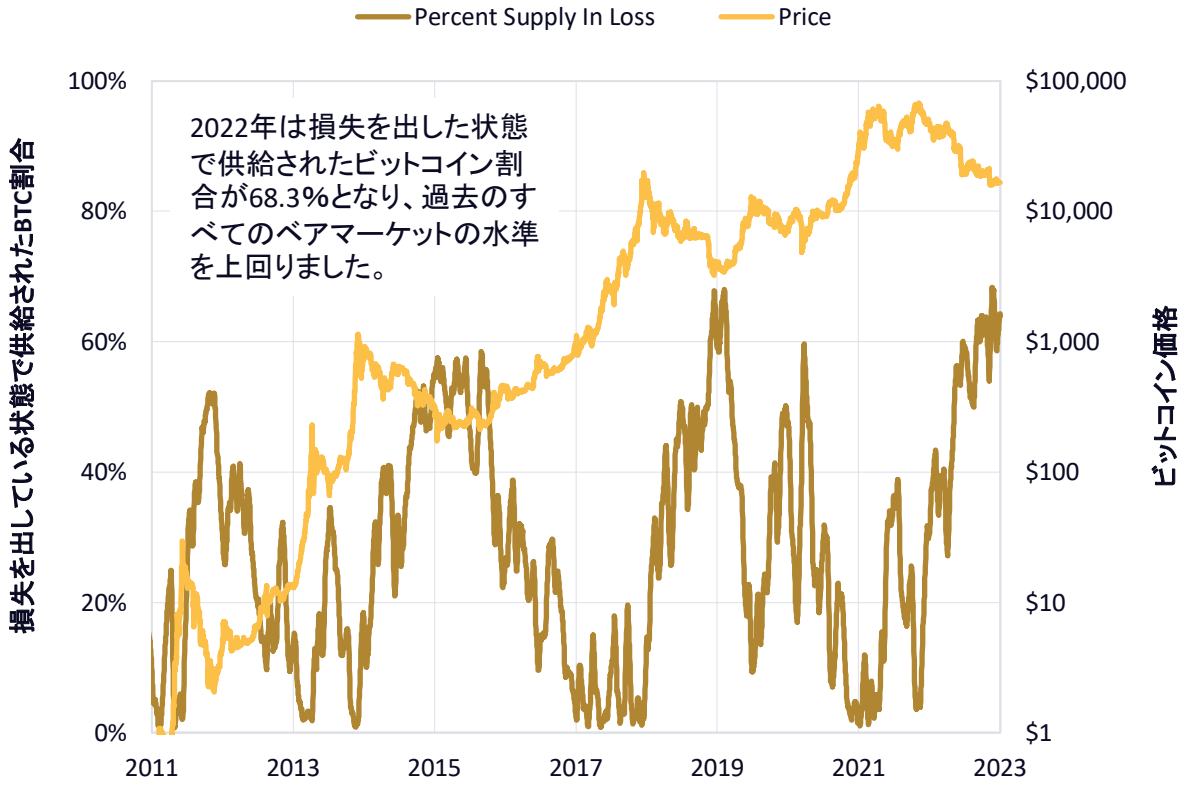
ビットコインの指標	A 2017年 12月10日	B 2018年 11月20日	C 2020年 11月11日	D 2022年 11月21日
市場コストベース（実現時価総額、単位:十億米ドル）[1]	$58.2	$85.1	$126.3	**$393**
1BTC当たりコストベース（実現価格、単位:米ドル）[2]	$3,485	$4,713	$6,811	**$20,459**
ハッシュレート（単位:EH/s）[3]	12.6	44.5	127.8	**262.4**
過去1年超移動していないBTCの割合（単位:%）	44.1%	51.8%	61.8%	**66.5%**
残高ゼロでないBTCアドレス数（単位:百万）	24.0	22.5	32.6	**43.5**
長期保有率（単位:%）[4]	51.9%	67.5%	66.3%	**71.8%**
ライトニングネットワークのキャパシティ（単位:BTC）[5]	-	340	1,040	**4,700**

[1] 市場コストベース:オンチェーン取引額で加重平均した市場価格であり、最後に移動(取引)されたときに流通していたすべてのビットコインの価値を合算して計算。実現時価総額とも言います。 [2] 1BTC当たりコストベース:市場コストベースを総流通量で除して計算。実現価格とも言います。 [3] ハッシュレート:マイナーによる1秒間の演算回数、ネットワークの安全性を示す尺度。 [4] 長期保有率:最後に移動されてから155日以上が経過しているビットコインの比率。155日間というのは、ビットコインがその後使われる確率が大幅に低下する目安とされています。 [5] ライトニングネットワークのキャパシティ:ライトニングネットワークでロックされているビットコインの数。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/17/23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。

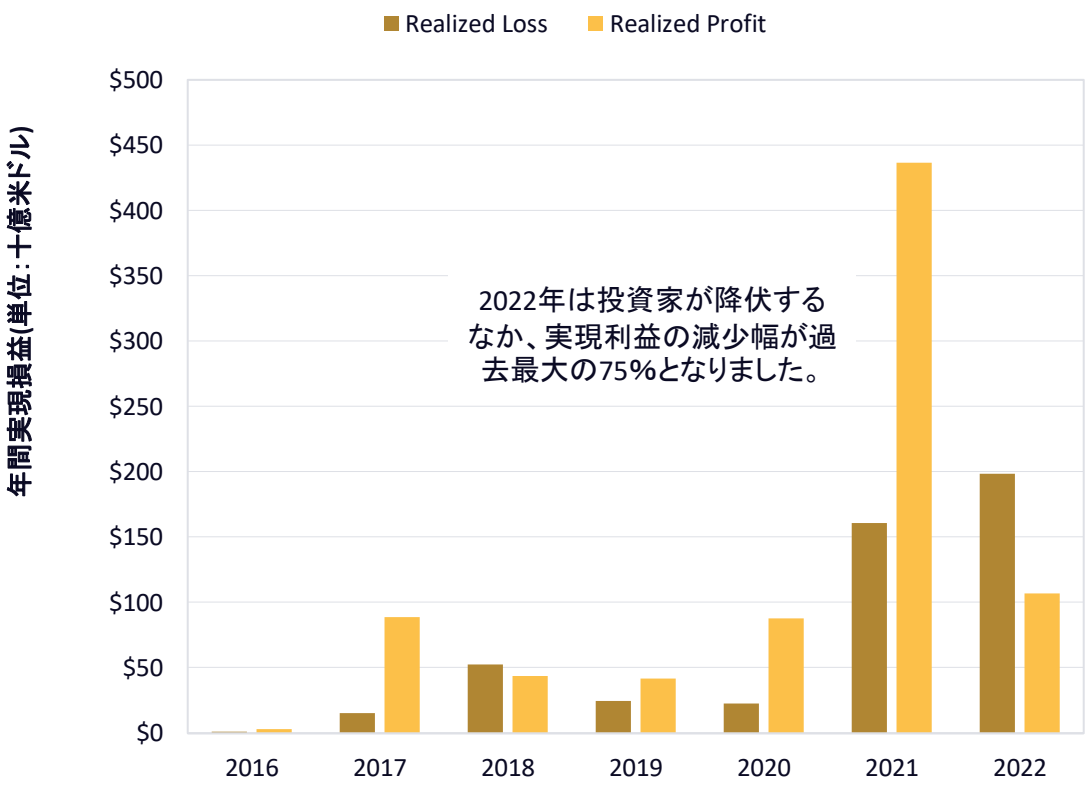
ビットコインの「降伏」状況は過去の底値圏時の水準に到達

2022年はビットコイン保有者の降伏（損失を出している状態で売却）が過去サイクルの安値圏と同様の水準となりました。

2022年は損失を出している状態で取引された ビットコインの割合が過去最高に[1]



2022年はビットコイン保有者による実現損失が 過去最高の約2000億ドルに[2]

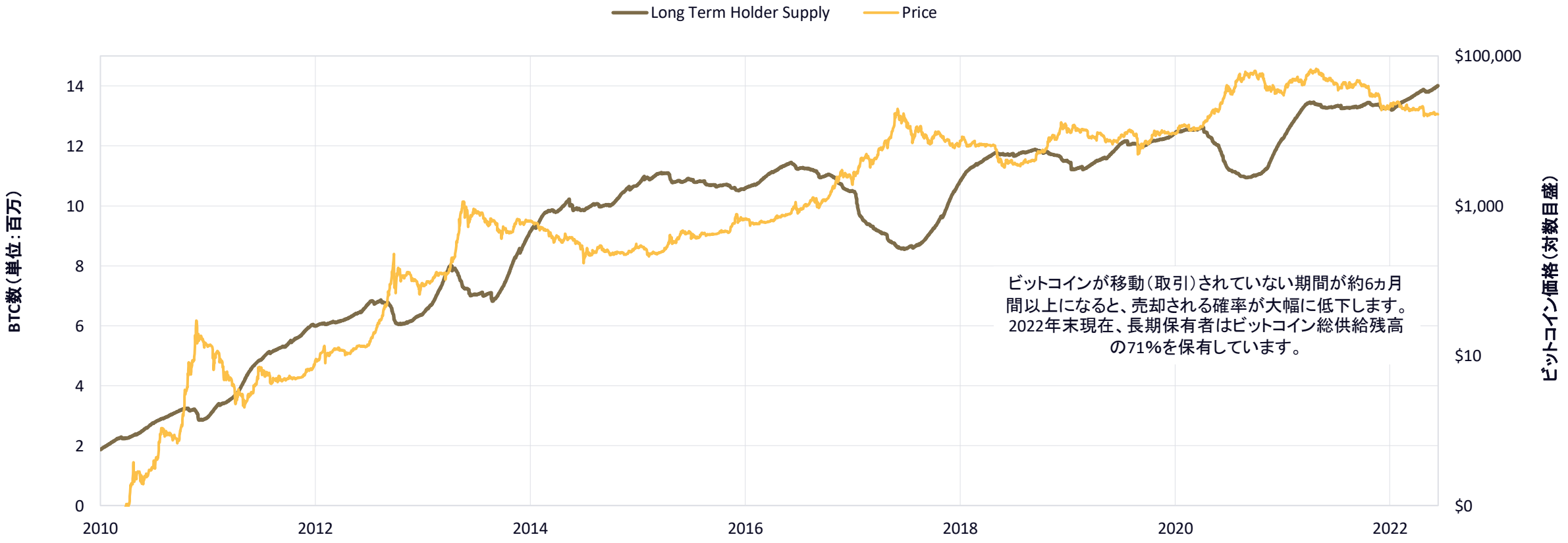


[1] 損失を出している状態のビットコインの割合は、7年以上移動されていないコインを除いて調整されています。これは、流通しなくなった可能性のあるコインを除外する発見的原理の役割を果たしています。 [2] 実現損失：オンチェーンにて前回移動時よりも低い価格で移動されたコインに生じる損失を示しています。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/20/23.上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

かつてないほど長期志向が強まっているビットコイン保有者

複数の暗号資産企業大手の倒産を受けて市場の不安心理が極度に高まったものの、ブロックチェーン上のデータによると、ビットコイン保有者は引き続き長期的ファンダメンタルズ重視の姿勢を維持していたことがうかがえます。

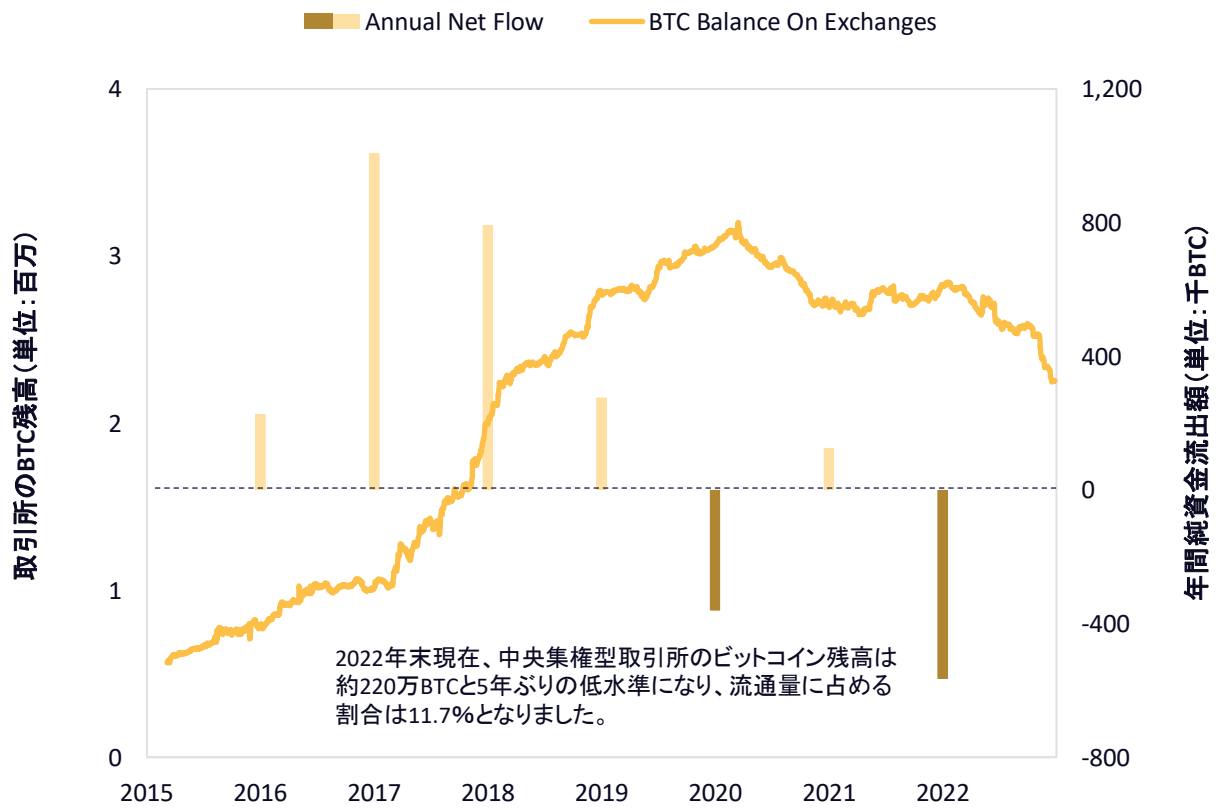
2022年には長期保有者によるビットコイン保有量が過去最大に達する[1]



[1]長期保有率：最後に移動されてから155日以上が経過しているビットコインの比率。155日間というのは、ビットコインがその後使われる確率が大幅に低下する目安とされています。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/20/23.
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。

暗号資産取引所は中央集権型の暗号資産企業への信頼崩壊を受けて透明性を強化

2022年は中央集権型取引所からの純資金流出額合計が過去最大の560,000BTCに[1]



「取付騒動」を受けて、監査可能な財務データや、暗号による検証可能な支払能力証明書（PoR：プローフオブリザーブ）の発行を迫られた取引所の数が記録的水準に達しました。

取引所	“PoR”発行年[2]
Binance	2022
BitMEX	2021
ByBit	2022
Coinbase[3]	2021
Crypto.com	2022
Deribit	2022
Gate.io	2020
Kraken	2014
Kucoin	2022
Luno	2021
OKX	2014

[1] 2022年は取引所からの資金流出額が過去最大にのぼり、それらの取引所の市場シェアも同様の変化をみせました。そうしたなかCoinbaseを例に挙げると、法定通貨から暗号通貨への交換（オンランプ）サービスを提供する取引所のなかでの市場シェアが2022年中に29%から11ポイント増加して40%となり（出所：The Block）、規制監督下にある個人向けオンランプ・サービスの米国最大手の座を維持しています。 [2] 上記のプルーフオブリザーブは品質や基準が様々に異なります。 [3] Coinbaseは暗号によるプルーフオブリザーブの発行を行っていないものの、上場企業であることから「支払い能力の証明」となる詳細な報告書の公表を義務付けられています。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/20/23; Carter, N. 2022.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。

2022年はビットコインのハッシュレートが過去最高に到達

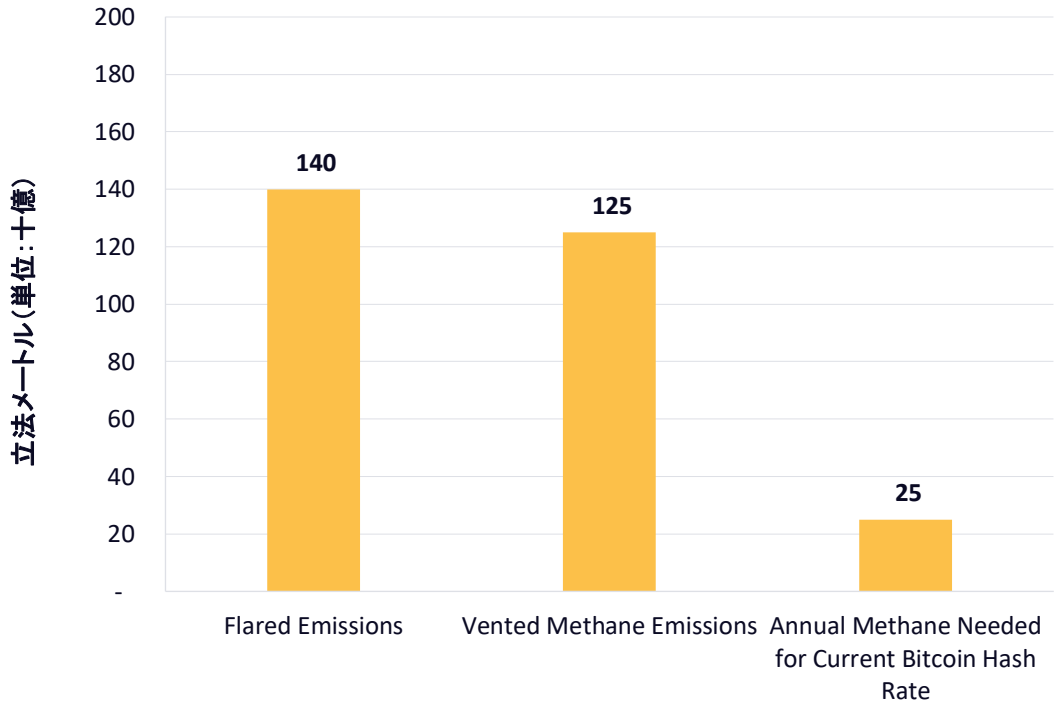
ビットコインのハッシュレート（マイナーによる1秒間の演算回数、ネットワークの安全性を示す尺度）は12年連続で向上しており、2022年には過去最高の272エクサハッシュ/秒に達しました。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Glassnode, data as of 01/17/23.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。

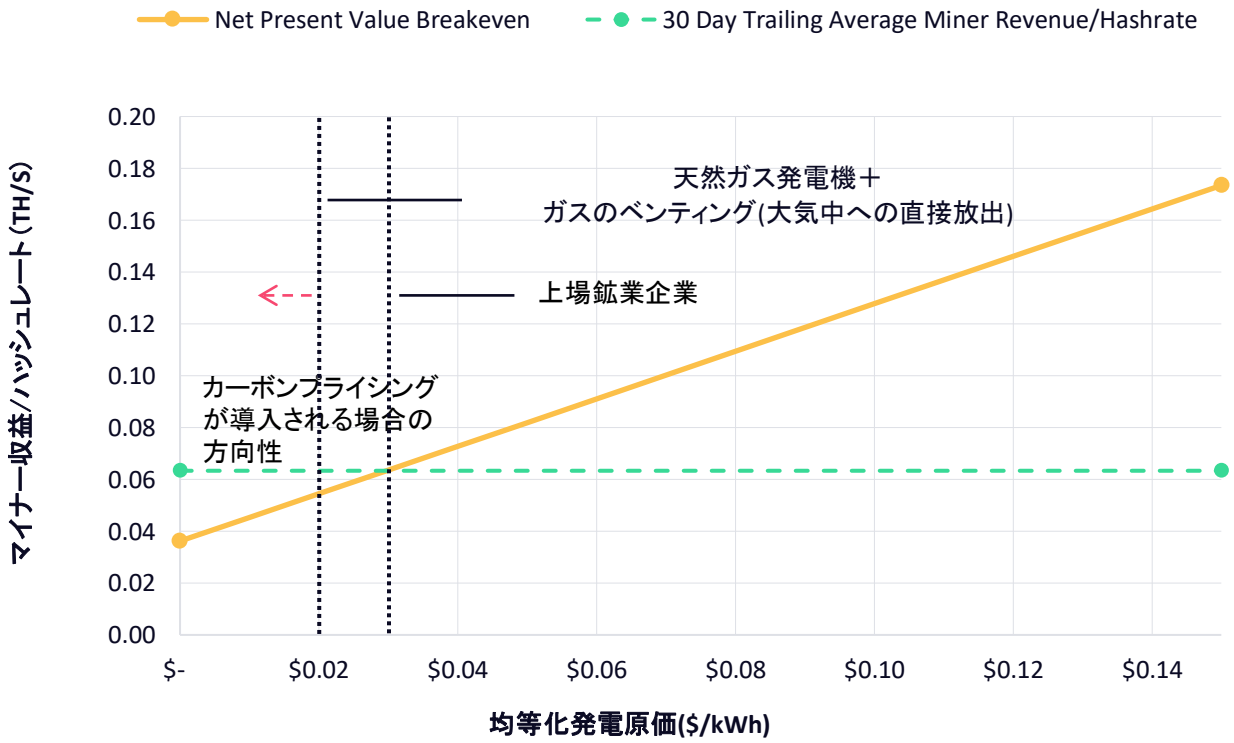
ビットコイン・マイニングで進められている天然ガス排出の活用と抑制

ビットコイン・マイニングは石油・ガス採掘施設にとって理想的と言えます。操業中の油井・ガス井への輸送や油井・ガス井間での移動が可能なモジュール型ハードウェアとなっているなど、分散型であり拡張性も高くなっています。油井・ガス井の寿命は多くの場合限られていることから、ビットコイン・マイニングによって投資収益率の高低の差が出てくる可能性があります。

毎年2,650億立方メートル超の天然ガス[1]が無駄に



石油・ガス採掘施設でのビットコイン・マイニング導入に伴い、独立系ビットコイン・マイナー[2]は赤字になる可能性



[1] フレアリングによる排出量:石油生産において発生する余剰ガスの焼却処分により生じる排出量。ベンティングによるメタン排出量:意図的に制御しながら大気に放出されるアルカン炭化水素を含むガス(大部分はメタン)の排出量。[2] 独立系ビットコイン・マイナー:ビットコイン・マイニング専業のビジネスモデルで、それが唯一の収益源となっているマイニング企業のことを言います。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Chen, Y. et al. 2022; Glassnode, data as of 01/17/23.
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。

金融機関はベアマーケット中にビットコイン事業を本格化

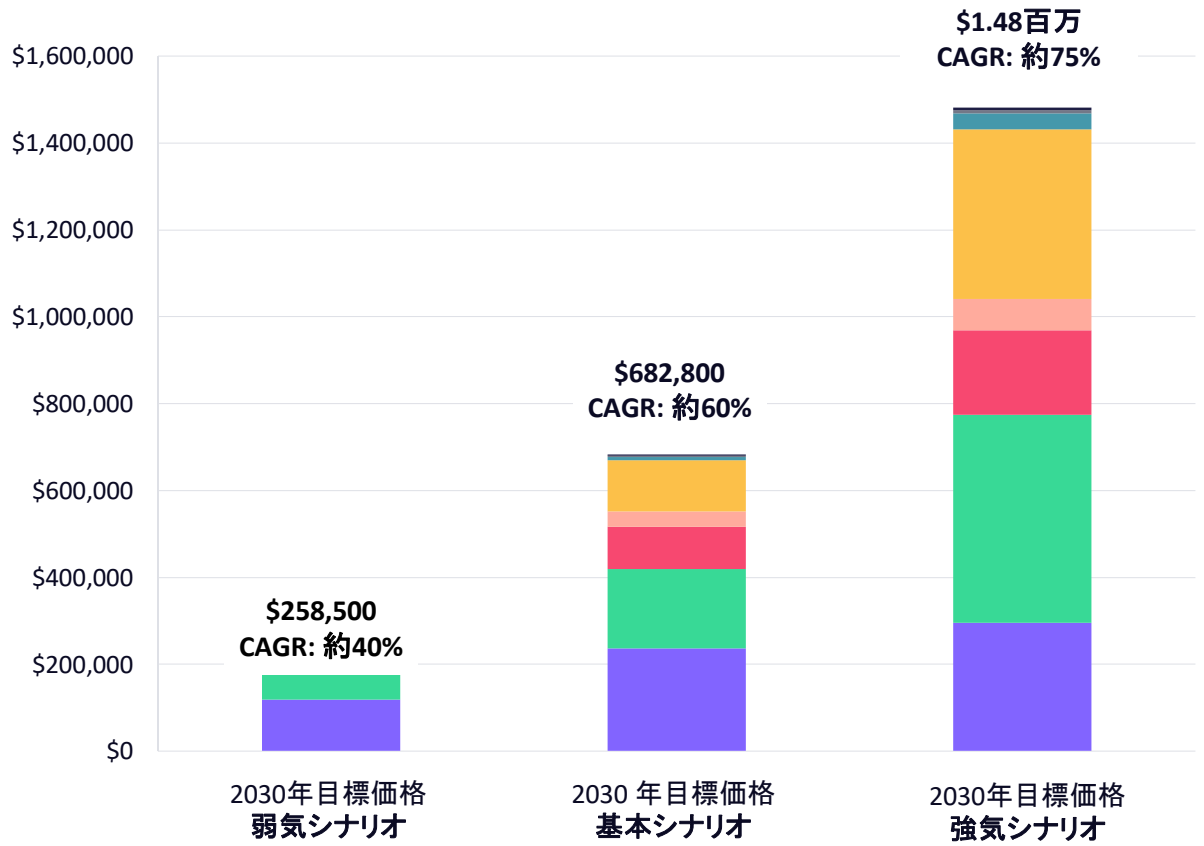
企業	市場の検証
BlackRock	**2022年6月**：同社の資産管理システム「Aladdin」において機関投資家顧客が暗号資産（最初はビットコインから）へ直接アクセスできる機能を提供するべく、Coinbase Primeと提携しました。Coinbase Primeとつながることで同社のAladdinは今後数兆米ドルの資金を当該資産クラスに呼び込むと期待されます。
BNY Mellon	**2022年10月**：機関投資家を対象に資産を安全に保管・管理する暗号資産カストディプラットフォームを提供開始しました。世界の投資可能資産の20%超にかかわっている同社は、ビットコインを用いることで、高い費用対効果を実現しながら金融サービスを拡大していける可能性があります。
Eaglebrook Advisors	**2022年10月**：ARK Investment Managementと提携し、ファイナンシャルアドバイザーにアクティブ運用の暗号資産投資戦略へのアクセス（暗号資産の直接保有、低水準の最低投資額、ポートフォリオ・レポーティングへの対応なども含む）を提供してくことを発表しました。
Fidelity	**2022年11月**：個人投資家向けのビットコイン/イーサ取引口座を提供開始し、投資家が同社プラットフォーム上で暗号通貨を売買・保管できるサービスを実現しました。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023.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。

ビットコインは数兆米ドル市場へと拡大していく見通し

ARKのリサーチによると、2030年にはビットコインの価格が100万米ドルを突破する可能性があるとみられます。[1]

2030年時点でのビットコインの目標価格
（2022年12月31日～2030年12月31日、CAGR）



目標価格における想定条件

ビットコインの用途	普及率 弱気	基本	強気
企業の財務 市場規模：企業の現金・現金同等物	0%	2.5%	5%
送金 市場規模：世界の送金額	5%	10%	25%
国家資産 市場規模：世界の外貨準備高	0%	1%	5%
新興国の通貨 市場規模：4大通貨以外の通貨供給量(M2)	0.5%	3%	10%
グローバル決済 市場規模：米国銀行の決済額	1%	5%	10%
差し押さえ対象にならない資産 市場規模：世界の富裕層資産	1%	3%	5%
機関投資家 市場規模：機関投資家資産	1%	2.5%	6.5%
デジタルゴールド 市場規模：金の時価総額	20%	40%	50%

[1] ビットコインの目標価格については、2022年の「Big Ideas」では1つの目標価格のみ提示していましたが、今年は弱気シナリオ、基本シナリオ、強気シナリオの目標価格を追加しています。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023.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。

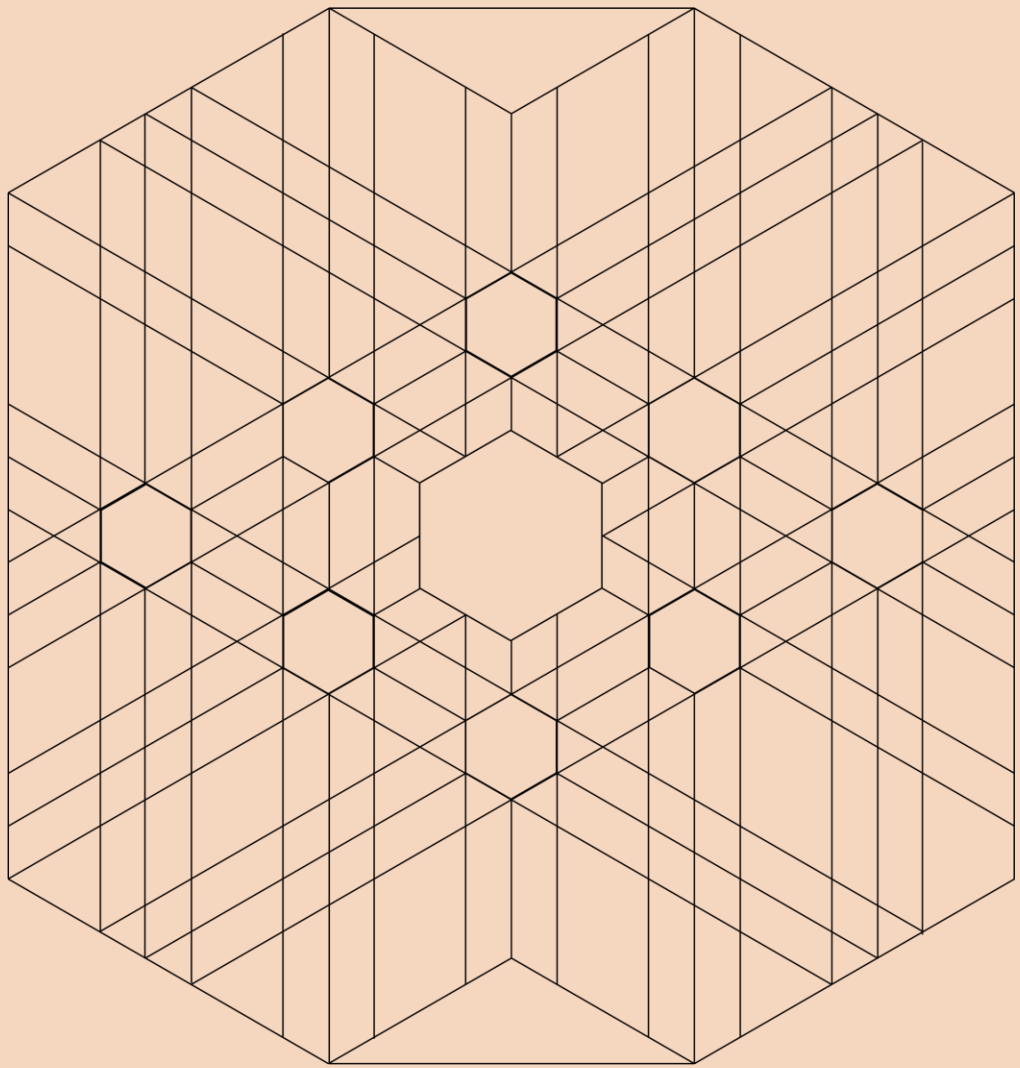
スマートコントラクト・ネットワーク

金融およびインターネットの革命を可能に

昨年起こった中央集中型暗号資産仲介業者の壊滅的倒産の余波のなか、分散型パブリック・ブロックチェーン上での自動実行型契約は、透明性の高い非保護預かり金融サービスの新たな選択肢を提供しています。

パブリック・ブロックチェーン・インフラの本来の提供価値を維持するにあたって、分散化はその重要性を増しています。

当社のリサーチによると、トークン化された金融資産の価値がオンチェーンで増大するのに伴ない、分散型アプリケーションとそれを支えるスマートコントラクト・ネットワークは、2030年までに年間売上高が4,500億米ドル、市場価値が5.3兆米ドルに達する可能性があります。



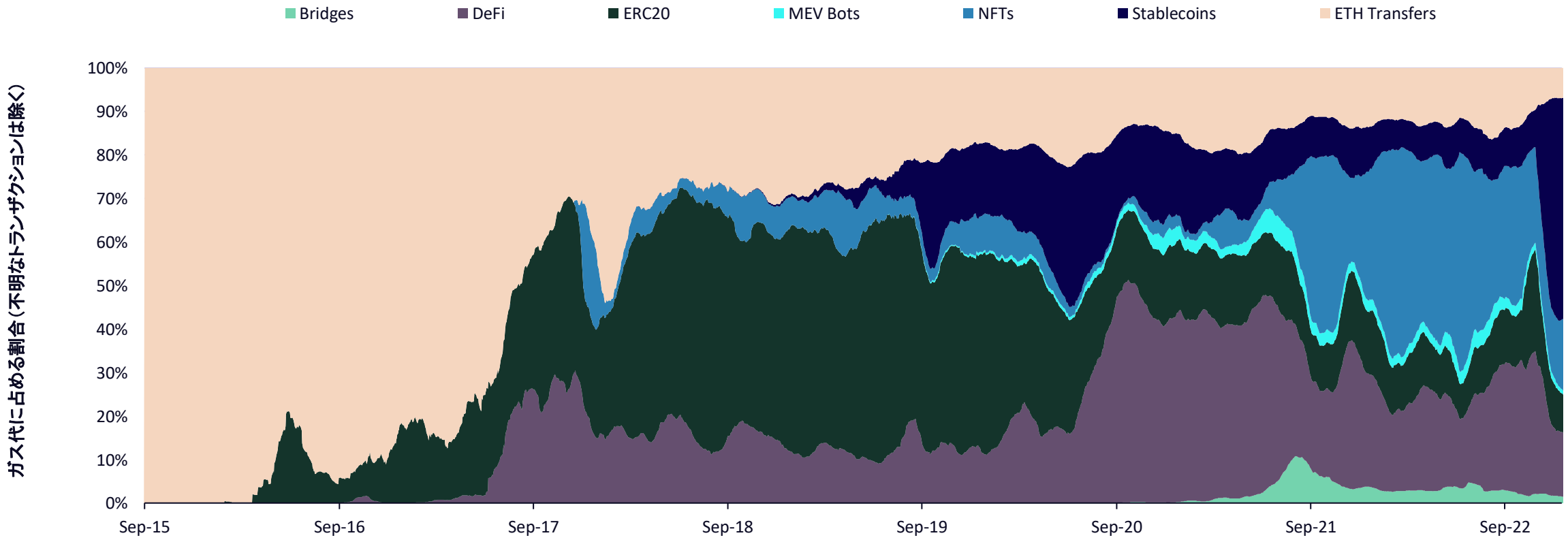
リサーチ担当者：Frank Downing（次世代型インターネット・リサーチ責任者）
Yassine Elmandjra（暗号資産担当）
David Puell（リサーチアソシエート）

出所：ARK Investment Management LLC,（2023年）
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。

スマートコントラクト・ネットワークの有用性は拡大・多様化しつつある

イーサリアムのようなパブリック・ブロックチェーンでの活動は、かつては単純な資産の移動が主流でしたが、分散型金融サービス（DeFi）やNFTベースでのデジタル商品の製作・所有など、様々なアプリケーションへと多様化しています。

トランザクション・タイプ別で見たイーサリアムの利用[1]



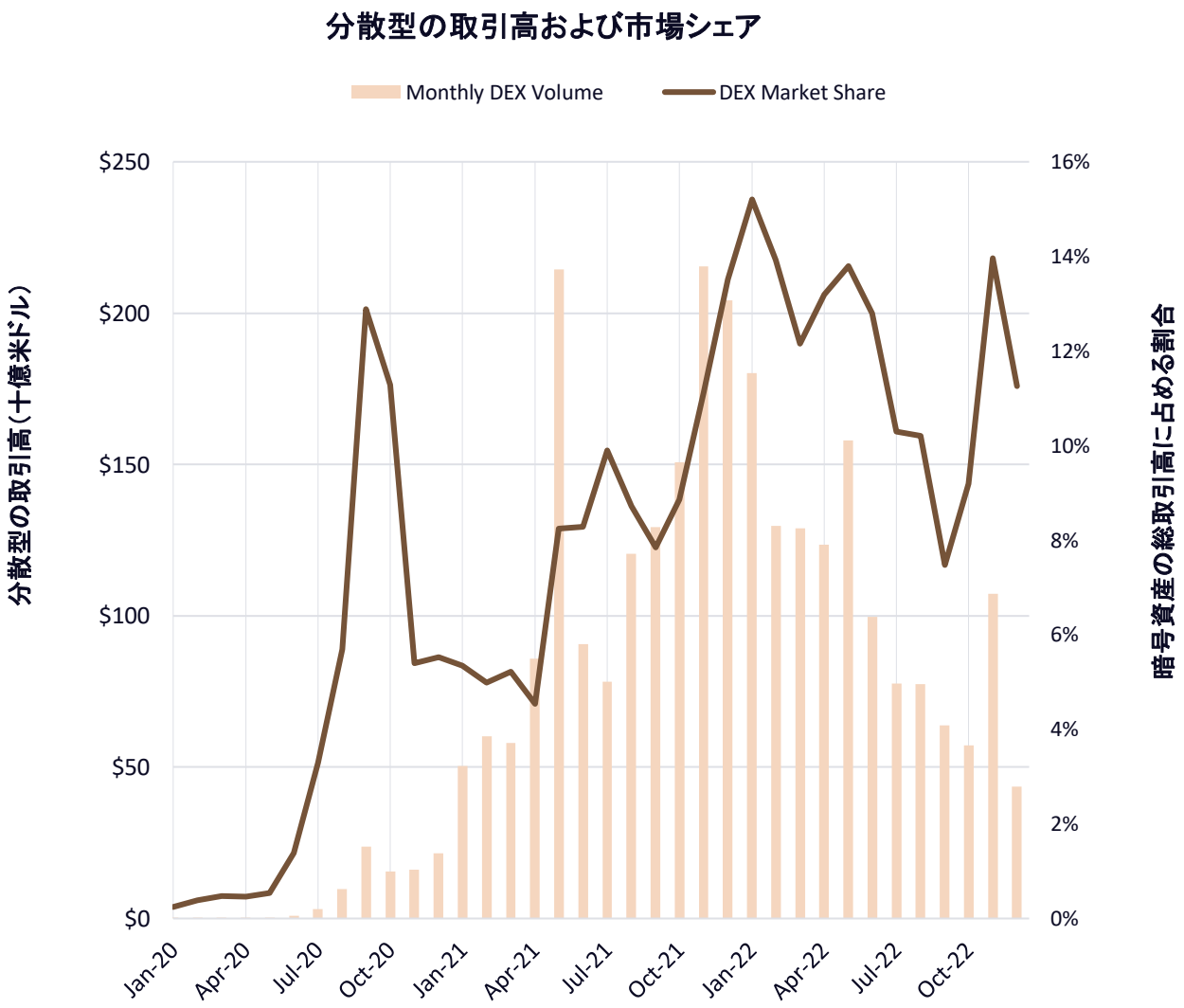
[1] 30日の単純移動平均
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Glassnode（データは2023年1月17日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

分散型金融は中央集中型仲介業者に代わる選択肢として有望

トレーダーのあいだでは透明性の高い分散型取引所を好む傾向が強まっており、中央集中型仲介業者の利用をやめて自己保管型ソリューションに移行するようになってきています。

2020年以降、暗号資産の取引高全体に占める分散型取引所（DEX）の割合は拡大傾向にあります。

夏には、おそらくTerra／Luna、CelsiusおよびThree Arrows Capitalの破綻を受けてDEXに限定されているロングテール資産の投機的取引が下火になったことから、当該割合は低下しました。しかし、11月にFTXが破綻した後、総取引高に占めるDEXの市場シェアは9～14%から52%へと急拡大しました。



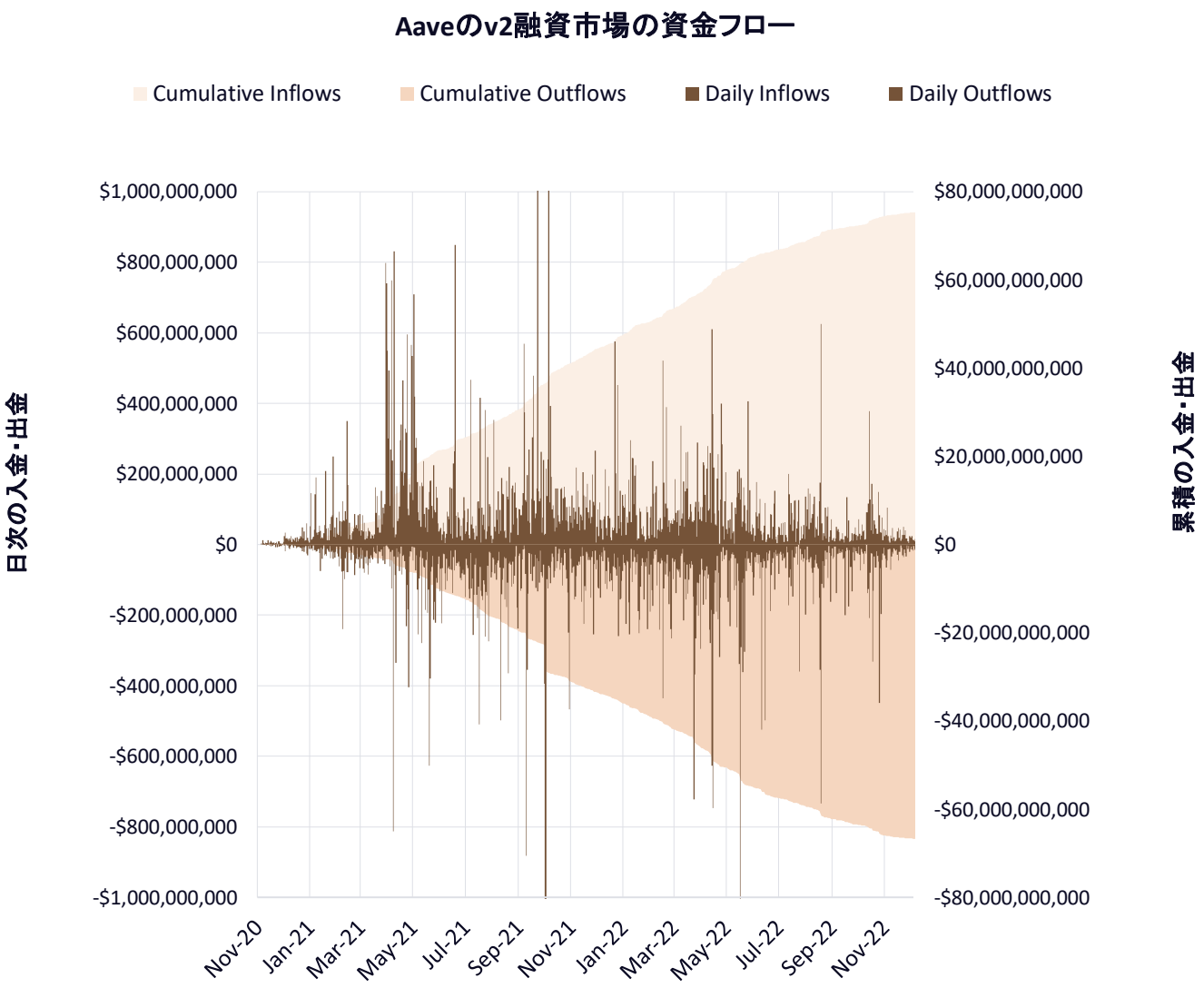
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、The Block（データは2023年1月17日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

中央集中型の暗号資産融資業者が破綻するなか、DeFiの融資プロトコルは意図された通り機能

CelsiusやVoyagerなど暗号資産融資ビジネスで広く支払不能に陥るケースが発生するなか、Aaveのような分散型融資市場は意図された通りに運営を続け、サービスを中断することなく、入金・出金・融資実行・清算を処理することができました。

2020年11月以降、Aaveは750億米ドル超の入金と660億米ドル超の出金をすべてスマートコントラクトで自動的に処理しました。

リスク管理と預金・ローン・担保率の完全な透明性が、DeFiの安定性に寄与しています。

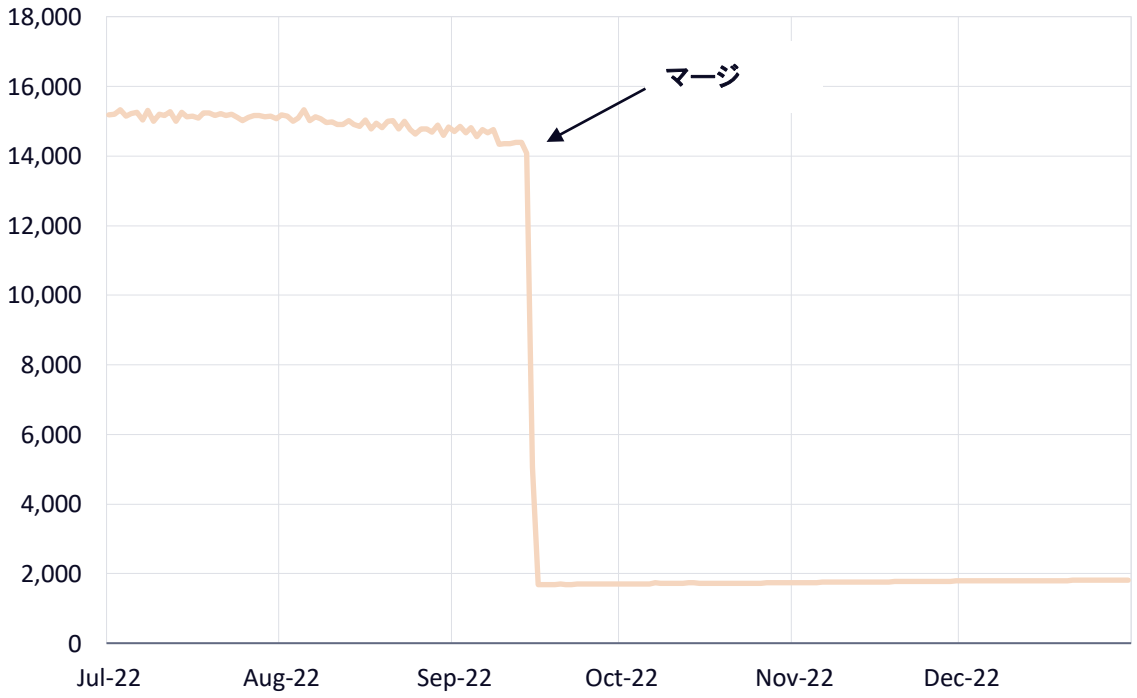


出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、DefiLlama（データは2023年1月3日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

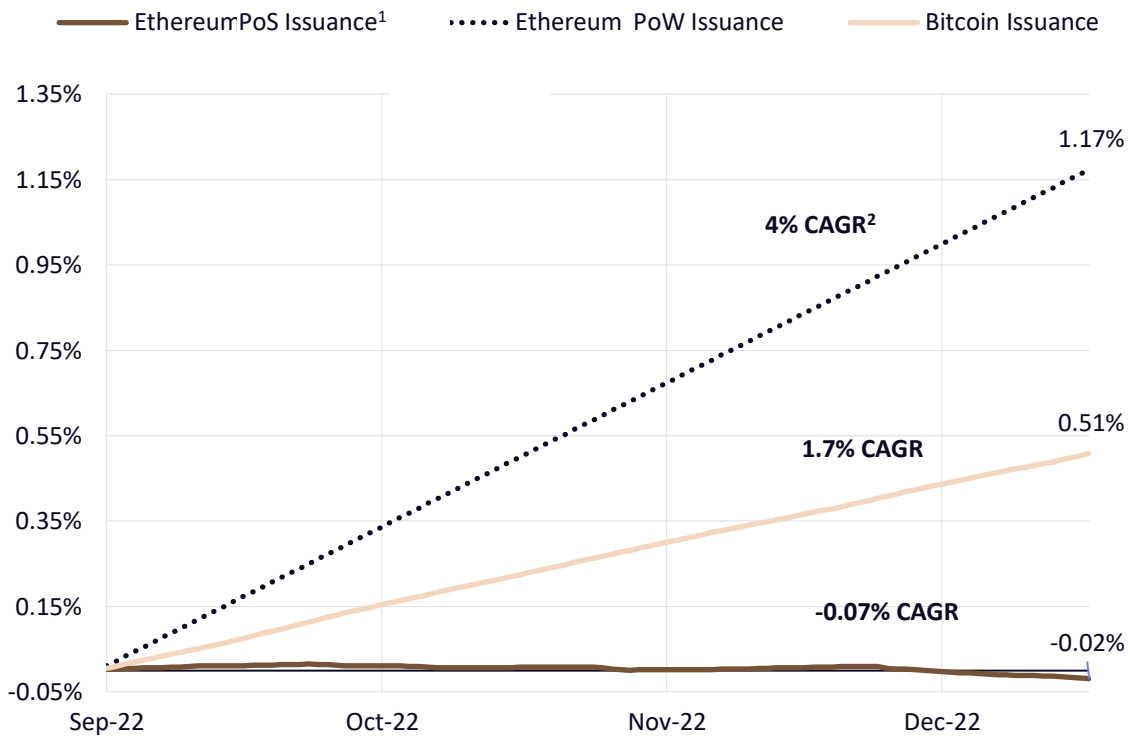
イーサリアムはマージにより新時代へ

2022年9月に実施された「マージ」で、イーサリアムはPoW（「プルーフ・オブ・ワーク」、演算作業によるトランザクション承認）からPoS（「プルーフ・オブ・ステーク」、保有によるトランザクション承認）へと移行しました。安全性担保のためにエネルギー消費量の大きいマイナー（採掘者）に報酬を支払う必要がなくなったことから、イーサリアムは通貨ポリシーが強化され新規トークンの発行が減少しました。新しいトークン・モデルではイーサリアムの年間純発行量は横這いとなっており、今ではビットコインの1.7%や以前のPoWモデルにおけるイーサリアムの4%を下回っています。持続的なネットワークにより、イーサの供給量は減少するとみられます。

イーサの日次発行量



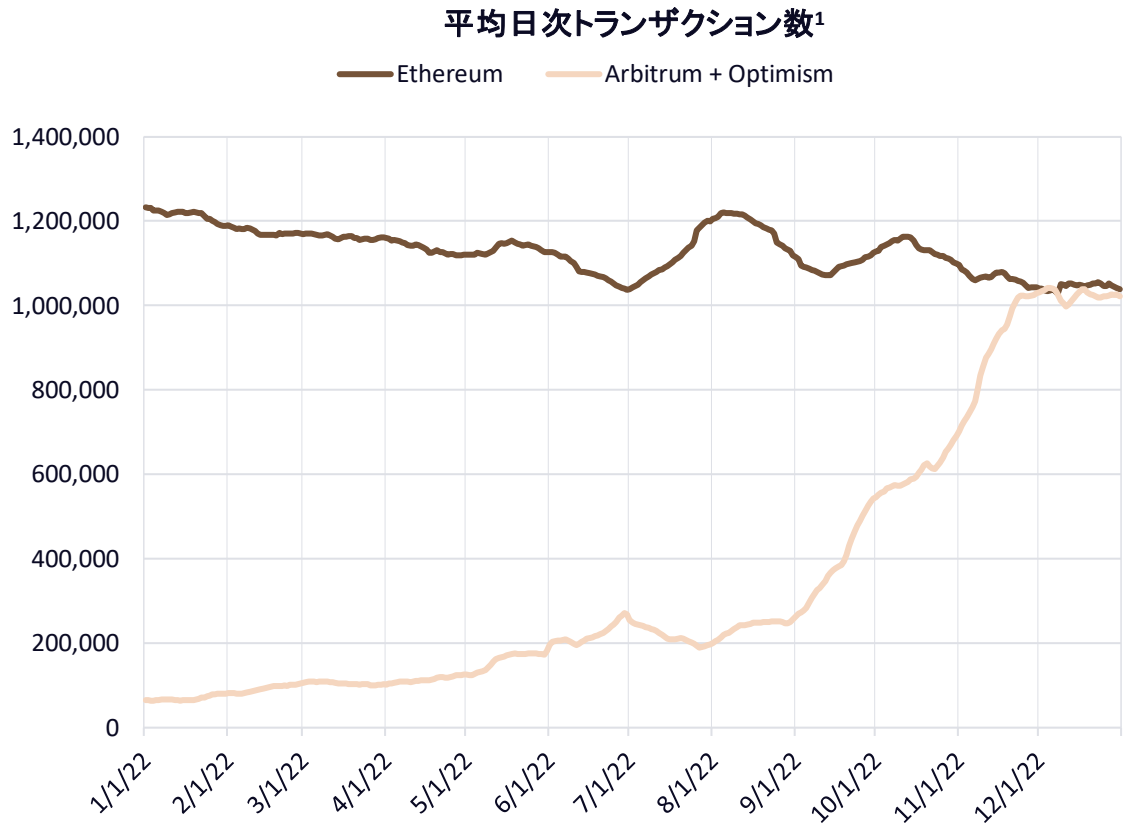
マージ後の供給増加率の比較



[1]トークンの発行は新しいトークンを作成し暗号資産の総供給量に追加するプロセスです。[2] 年平均成長率
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Glassnode（データは2023年1月17日時点）
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。

イーサリアムのレイヤー2ネットワークは依然初期段階ながらも拡大し始めている

かつてネットワークの混雑が大きな課題であったイーサリアムは、規模拡大へのソリューションとして「レイヤー2」ネットワークを開発し、これによって大きく弾みがついています。レイヤー2ネットワークとして人気の高いArbitrumとOptimismのトランザクション数は、今ではイーサリアムのベースレイヤーのトランザクション数と同水準となっており、アクティブアドレス数は2022年にそれぞれ11倍、19倍へと増加しています。



[1] 30日の単純移動平均
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Dune Analytics（データは2023年1月17日時点）
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。

マージ後はネットワーク検閲への懸念が増大

バリデータ（検証業者）の集中

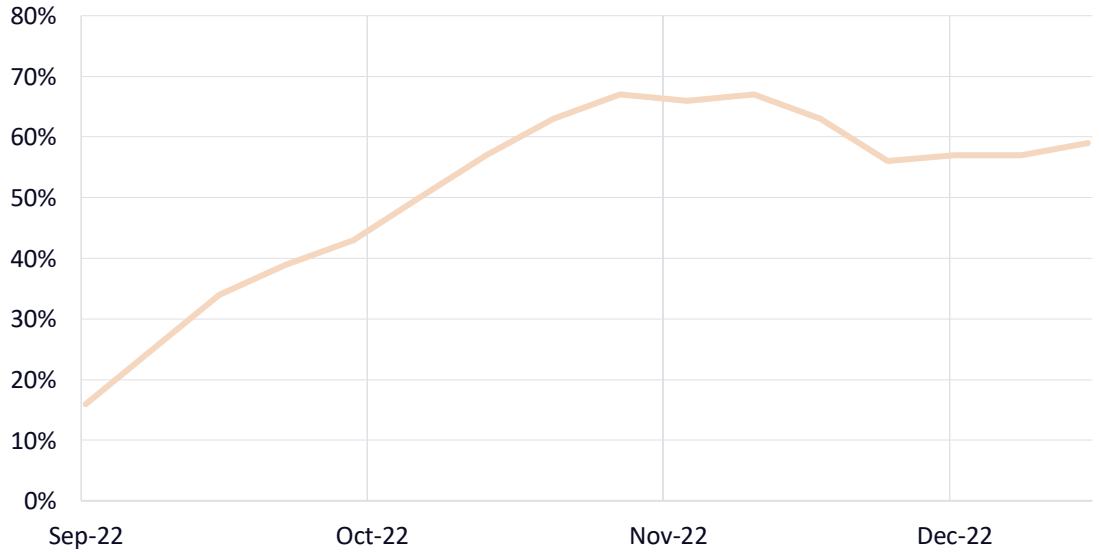
ステーカーが分散化よりも利便性を優先するなか、ステーキングされたイーサ総額のおよそ3分の2がステーキング・サービス上位3社に集中しています。

サービス・プロバイダー	ステーキングされたイーサ	シェア
Lido Finance	4,642,432	29%
Coinbase	2,066,976	13%
Kraken	1,205,536	8%
Binance	1,012,864	6%
Staked.us	561,408	4%
Bitcoin Suisse	459,488	3%
Rocket Pool	410,560	3%
Figment	396,032	2%
その他	1,270,032	8%
アドレス不明	3,844,579	24%
合計	14,730,023	100%

トランザクション検閲

ステーキング報酬を最大化したいという金銭的インセンティブが検閲への抵抗を上回り始めたため、Flashbotsなどトランザクションを検閲するサービスが新規ブロックにおけるシェアを伸ばしています。

Flashbotsが提案した新規ブロックのシェア（2022年）



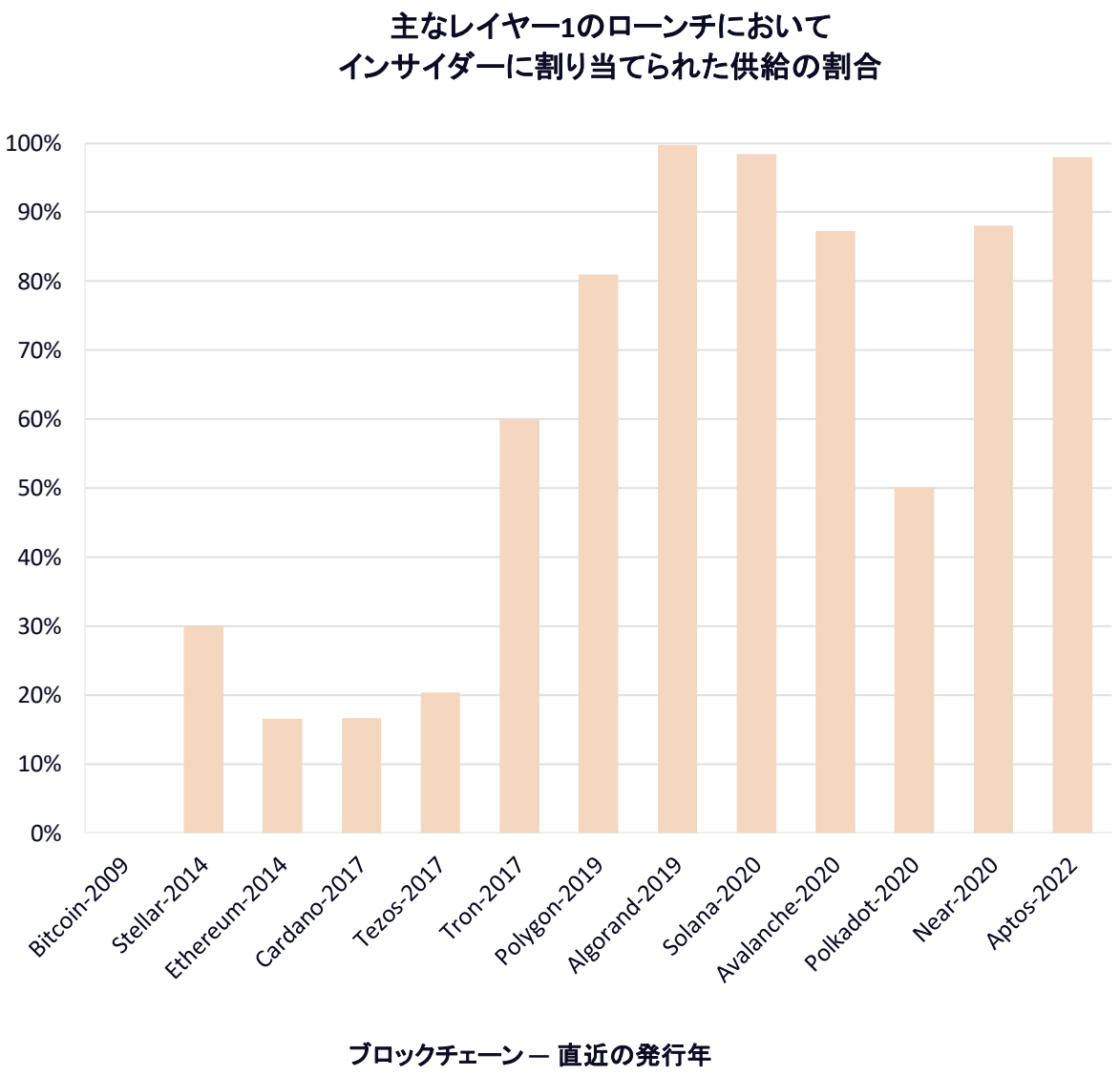
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Nansen（データは2023年1月17日時点）、Flashbots（データは2023年1月17日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

真の分散化は新しいネットワークにとってより困難

レイヤー1のブロックチェーンでは、インサイダー（発行者チーム、関係する投資家、関係する財団およびエコシステム基金）に割り当てられるトークン供給の割合が増加しています。

2017年以降、新規暗号資産の発行者は既存暗号資産に対抗するための「軍資金」を増やしており、ベンチャーキャピタルはベースレイヤー・プロトコルに積極的に投資しています。加えて、規制面の懸念が公開流通モデルとしてのICO（新規暗号資産公開）の障害となっています。

この結果、新しいネットワークはトークン保有者ベースで十分に分散化されているとは言い切れず、インサイダーからの圧力を受けやすくなる可能性があります。

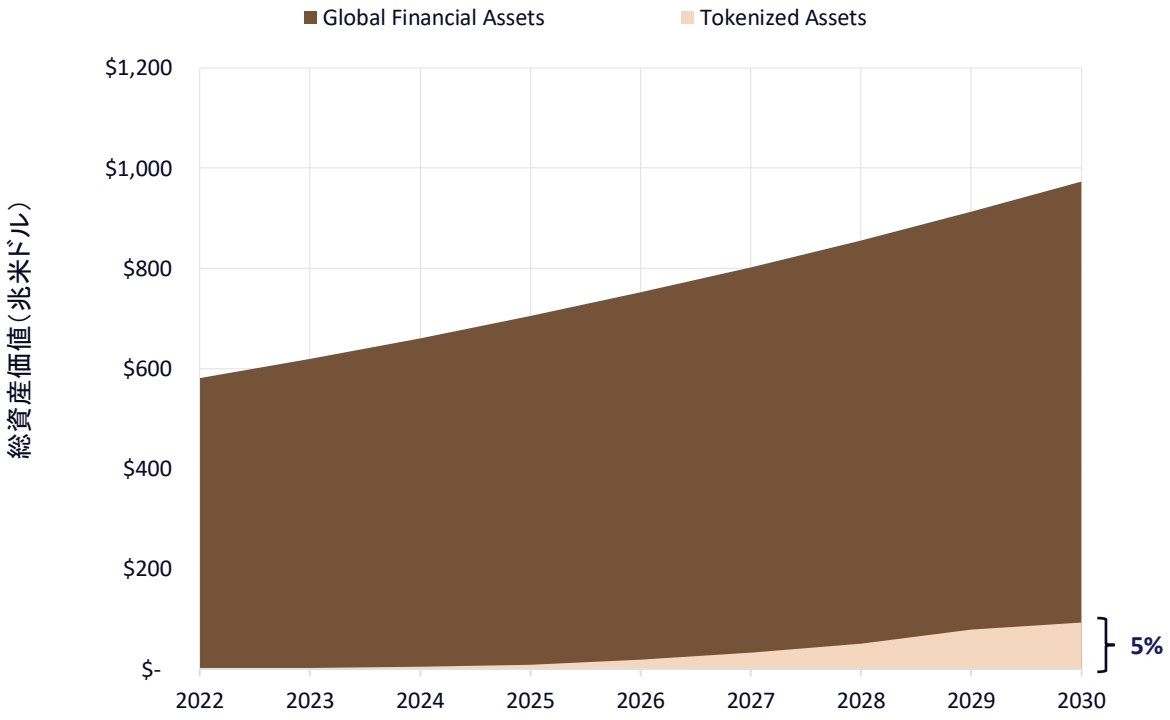


出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Messari（データは2023年1月25日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券や暗号資産の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

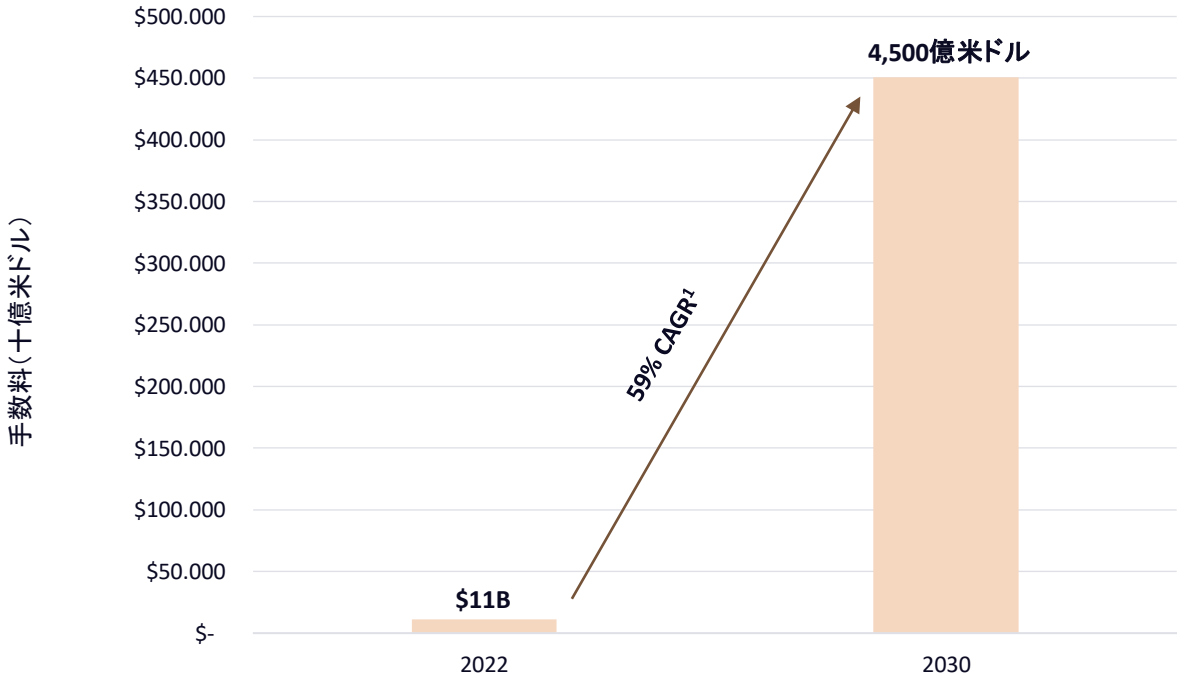
スマートコントラクト・ネットワークは2030年までに4,500億米ドルの年間手数料創出を促す可能性

スマートコントラクトにより、トークン化された資産の組成・所有・管理を、従来の金融サービスに比べて数分の一のコストで行えるようになる可能性があります。金融資産のブロックチェーン・インフラへの移行がインターネット普及初期と同様のスピードで進み、分散型金融サービスが従来の金融サービスが課している料率の3分の1の料金を課すと仮定すると、スマートコントラクトは2030年までに年間4,500億米ドルの手数料を生み出し5.3兆米ドルの市場価値を創出すると考えられます。

トークン化された資産と全金融資産



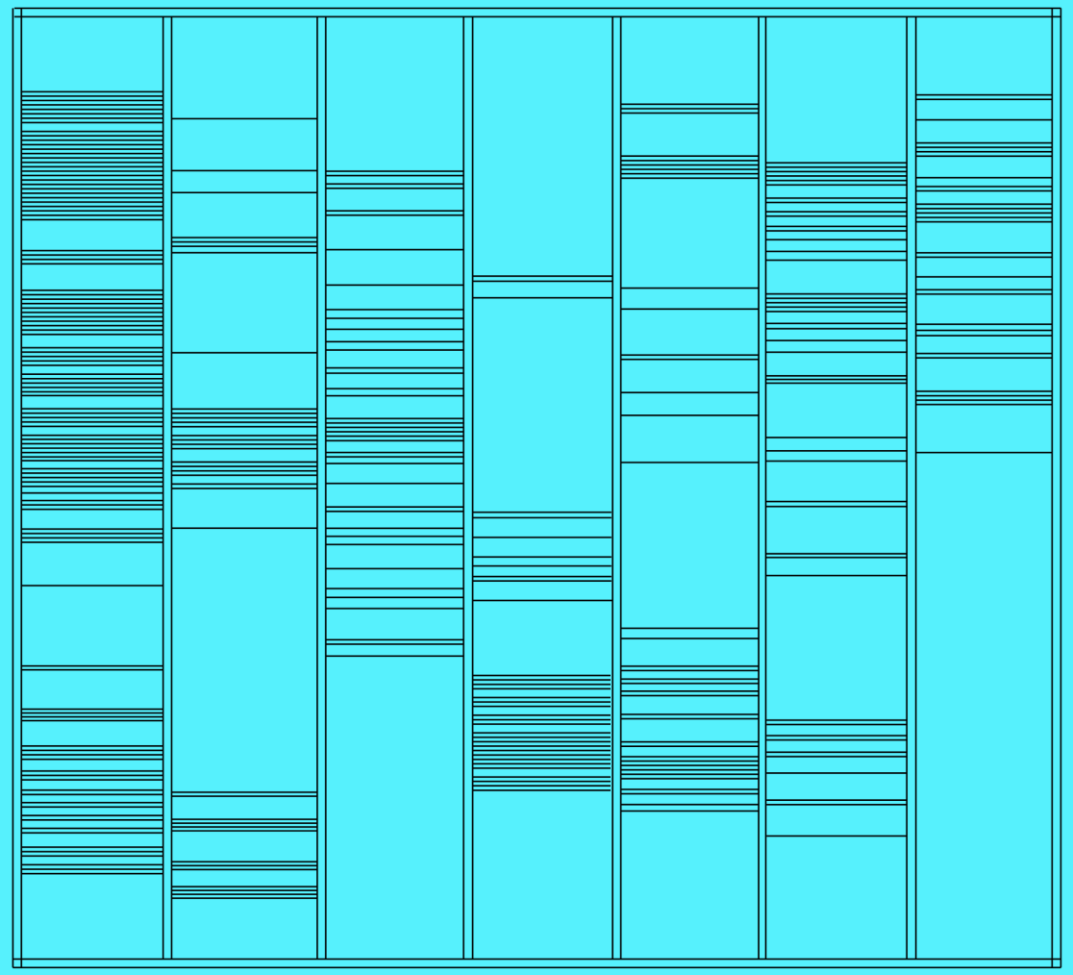
スマートコントラクトによって生み出される手数料



[1] 年平均成長率
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Token Terminal（データは2022年1月3日時点）、McKinsey & Company（2021年）
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。

精密治療

病気を治すための医療の拡大



精密治療は、患者を中心に考え、症状ではなく病気の根本原因を標的とします。実験的でコンピューターを駆使した斬新な方法で設計された精密治療は、従来の治療法よりも早く進められ、かつ費用対効果も向上できる可能性があります。

AI（人工知能）、DNA・RNAのシーケンシング、CRISPR遺伝子編集、実験室の自動化といった技術の急速な進歩により、新しい治療法が生み出され、これまで難治とされていた疾患の治療が可能となってきています。精密治療ではマルチオミクスの活用が増えており、作用機序がDNA、RNA、タンパク質などにわたっています。

当社のリサーチによると、精密治療に特化する企業の企業価値は、2022年の約5,000億米ドルから年率29%で上昇し、2030年までに約3兆米ドルに達する可能性があります[1]。

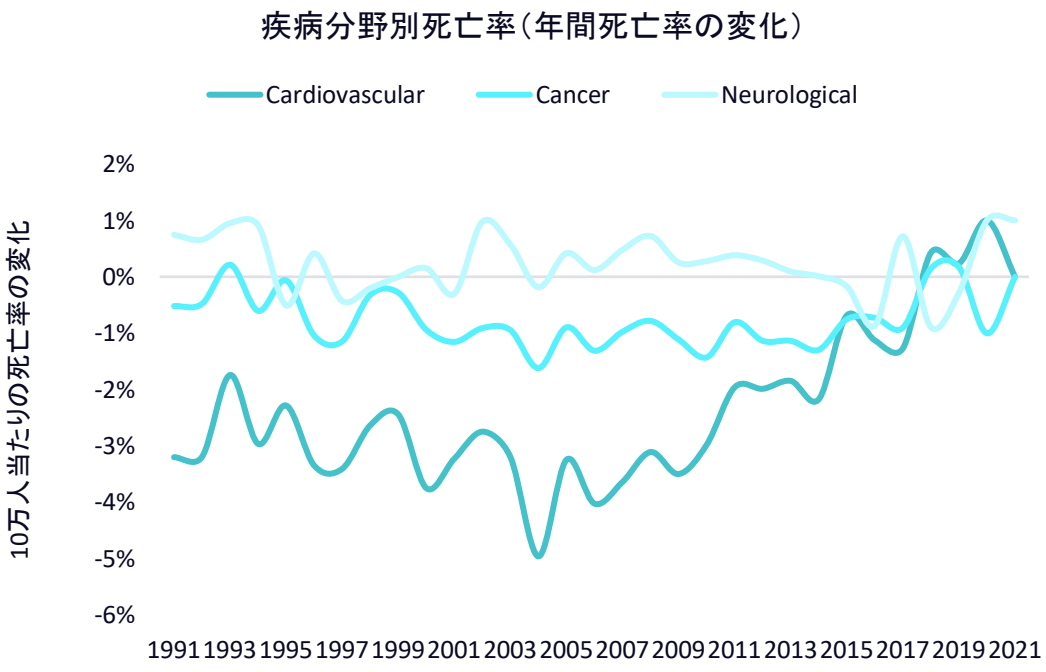
リサーチ担当者：Ali Urman（アナリスト）
Pierce Jamieson（リサーチアソシエート）

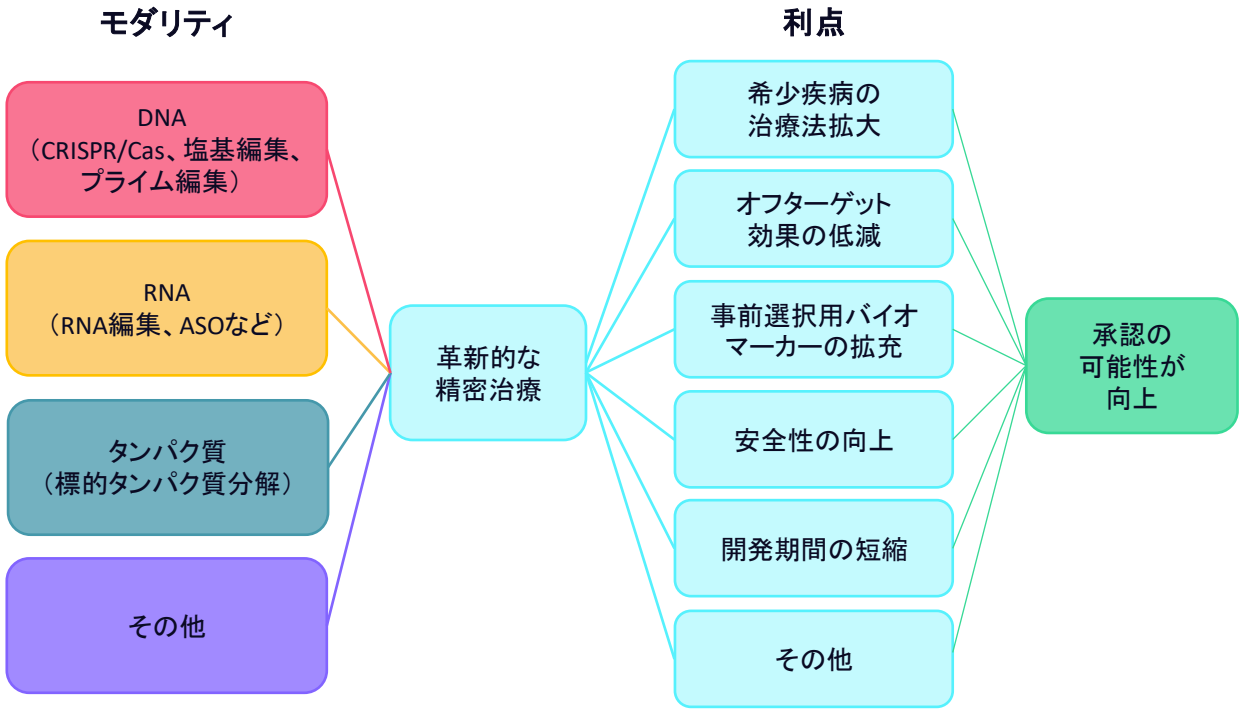
[1] 既存のパイプラインに基づく
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

医薬品業界にはイノベーションが必要

過去30年と異なり、ここ5年間はがんや心血管疾患に関する死亡率は大きな改善を見せておらず、既存のアプローチが収穫限界まで達していることを示唆しています（左下のグラフ参照）。新たに生まれてきている精密治療は最高クラスの治療法となり、神経系など多くの疾患にわたって死亡率を低下させられる可能性があります。

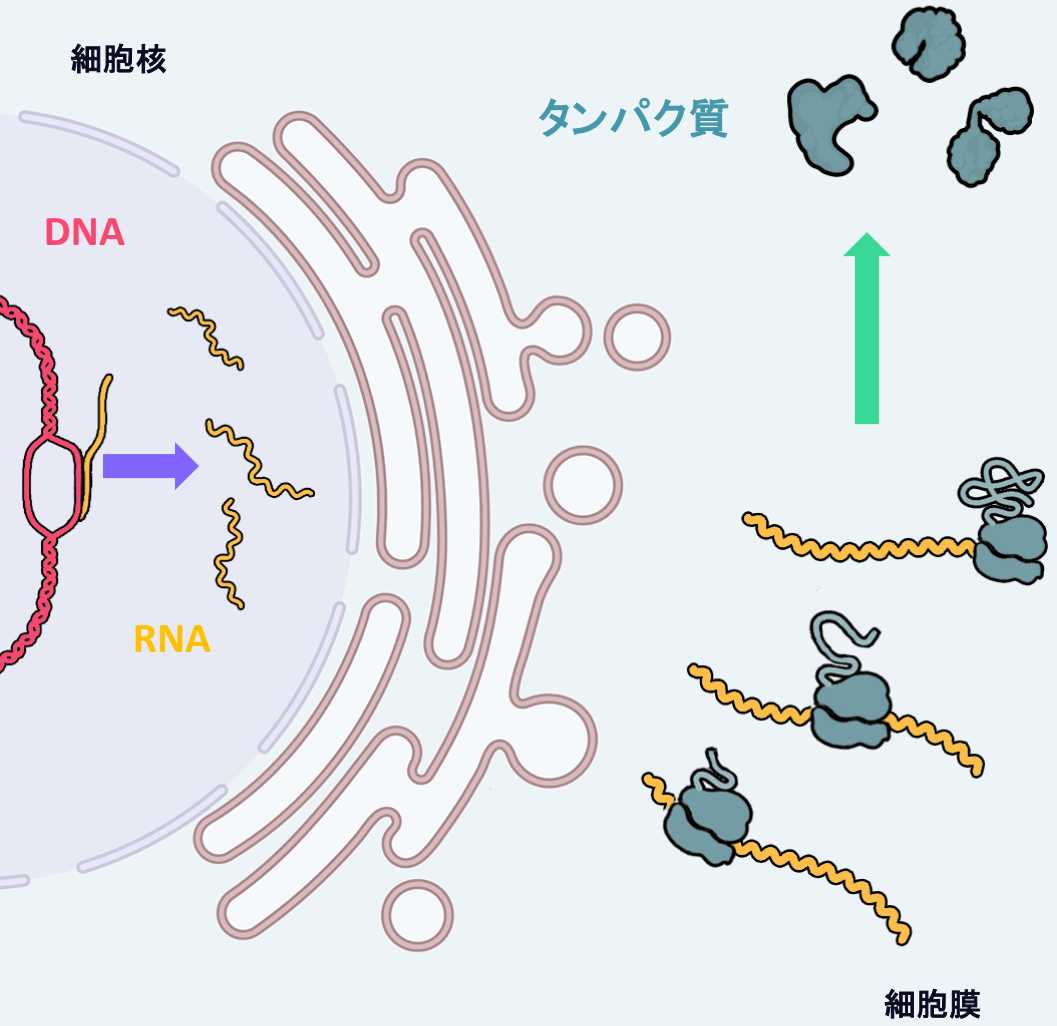
旧来の医薬品と比較して、革新的な精密治療には市場シェアに大きな変化をもたらし得る利点があります。精密治療はDNA、RNA、タンパク質などを標的とする技術によってツールキットが広がっており、研究者は様々な疾患に対しかつてないほど柔軟な形で取り組むことができます。



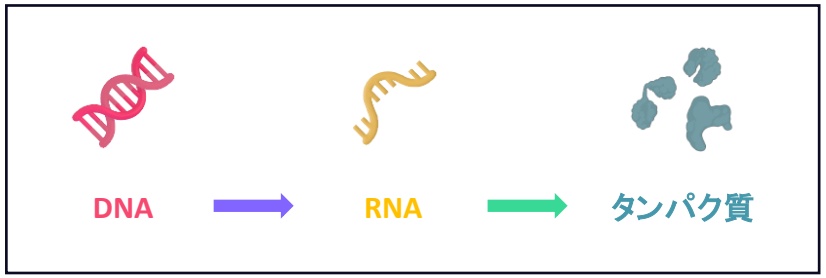


出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、世界保健機関（データは2023年1月17日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

生物学のセントラルドグマ



セントラルドグマは生態系における情報の流れを示す概念です。私たちの細胞は、DNAを鋳型としてRNA分子を転写し、それがタンパク質へと伝えられます。この過程でDNAの突然変異が起こり、時として機能不全のタンパク質が作られます。
病気の原因は主にタンパク質ですが、精密治療では科学者はDNA、RNA、タンパク質などあらゆる分子を標的とすることができます。



治療の標的が増えれば、患者さんの治療結果も改善される可能性があると考えられます。

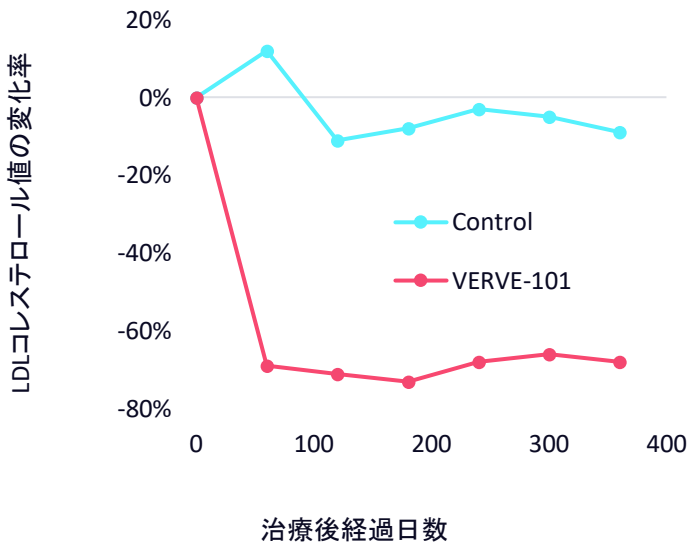
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、C. マローン（2007年）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

革新的な治療はセントラルドグマの各パートを標的としている

研究者は、遺伝子編集を用いてDNA[1]を標的にすることで心臓病を治療・予防したり、RNA[2]のサイレンシング（不活性化）によって多発性神経障害を制御したり、タンパク質[3]を分解して腫瘍の成長を抑制したりすることができます。

DNA

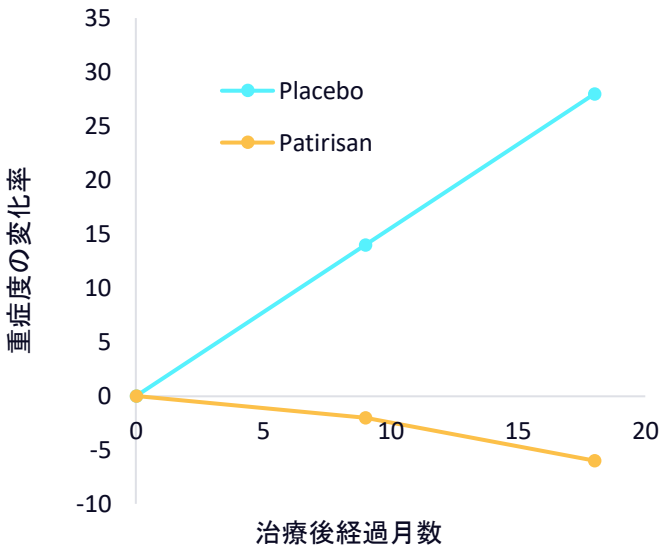
ヒト以外の霊長類では
DNA編集が心血管系疾患を予防



VERVE-101は、Verve Therapeuticsが臨床研究中の高コレステロール血症治療用遺伝子編集薬剤です。

RNA

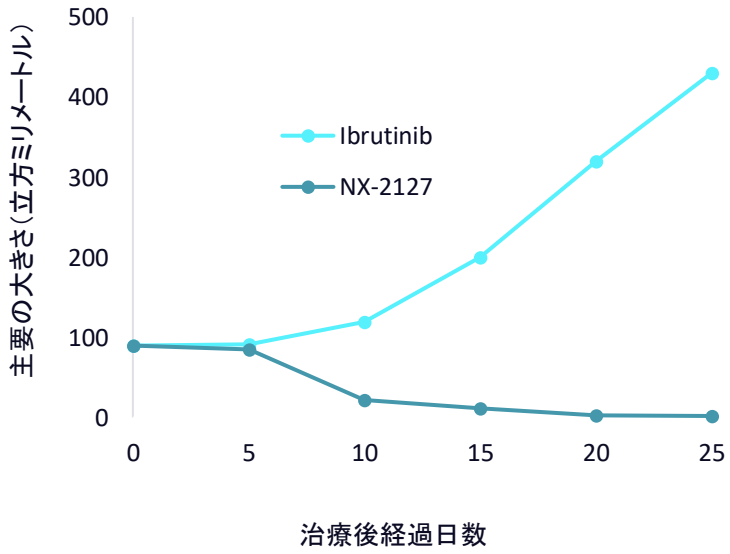
RNAサイレンシングは
神経疾患の治療に有効



Alnylam Pharmaceuticalsが開発したパティリサンは、多発性神経障害を引き起こす遺伝性ATTRアミロイドーシス治療薬として、最近米FDA（食品医薬品局）から承認されました。

タンパク質

標的タンパク質分解誘導薬が
腫瘍の成長を抑制



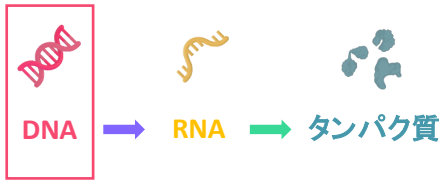
イブルチニブは複数種類のがんに用いられる低分子治療薬です。

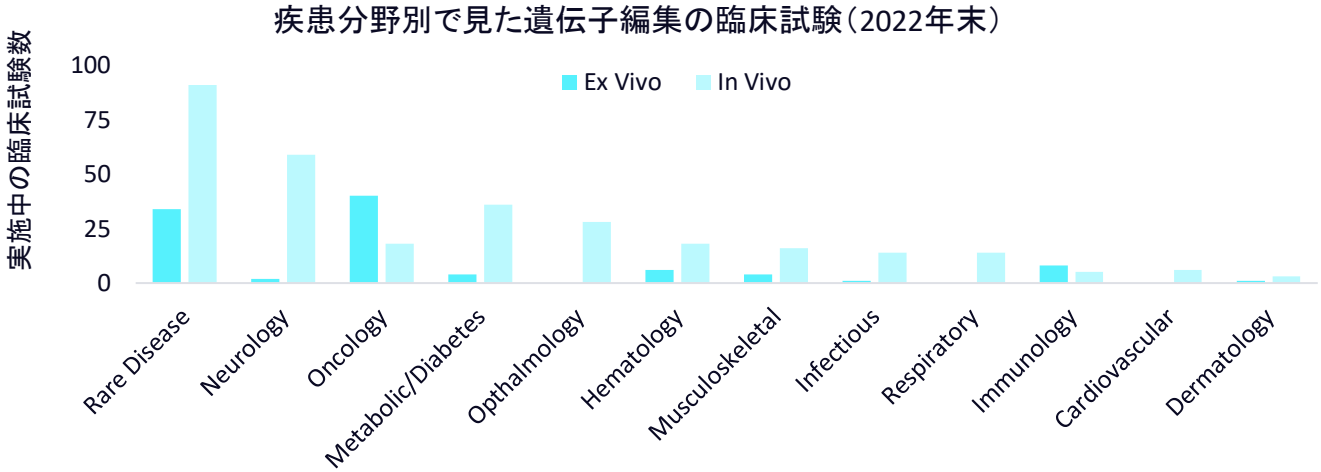
NX-2127はNurix Therapeuticsの標的タンパク質分解誘導薬で、現在臨床研究中です。

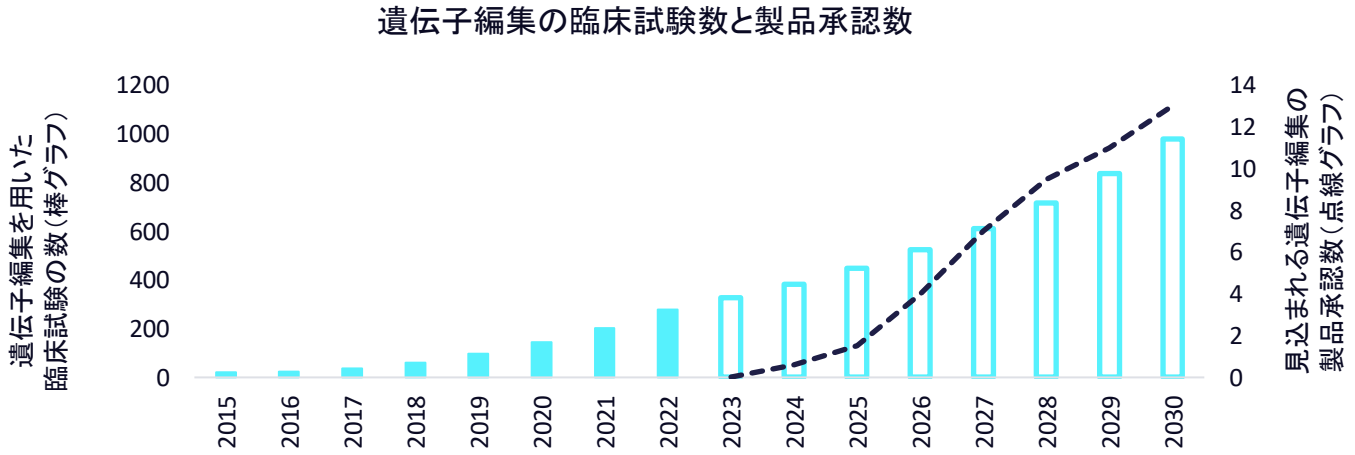
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）
[1] K. Musunuru他（2021年）; [2] D. Adams他（2018年）; [3] D. Robbins他（2020年）

商用化が近い遺伝子編集

- 遺伝子編集（遺伝子の組み換え・挿入・削除を行なうことができる技術）は、病気をその根源から食い止められる可能性があります。
- 遺伝子編集に基づく治療法は、希少疾患、神経疾患、がん、眼科などの分野で臨床応用されています。
- 一部の疾患では、患者の細胞を体外で組み換えてから移植するex-vivo（生体外）アプローチで十分です。しかし、より汎用性が高いのは患者の細胞を体内で組み換えるin-vivo（生体内）アプローチです。In-vivo遺伝子編集は、相対的に費用対効果が高く製造・量産が容易であり、肝臓や眼球、中枢神経系（CNS）、筋肉へのアクセスも可能となります。
- 遺伝子編集の臨床試験は10年後までに3倍に増える可能性があり、最初の製品承認が加速するとみられます（右下のグラフ参照）。

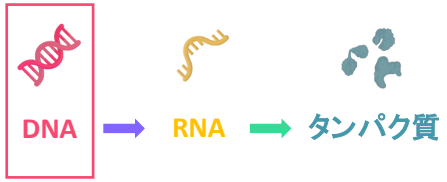






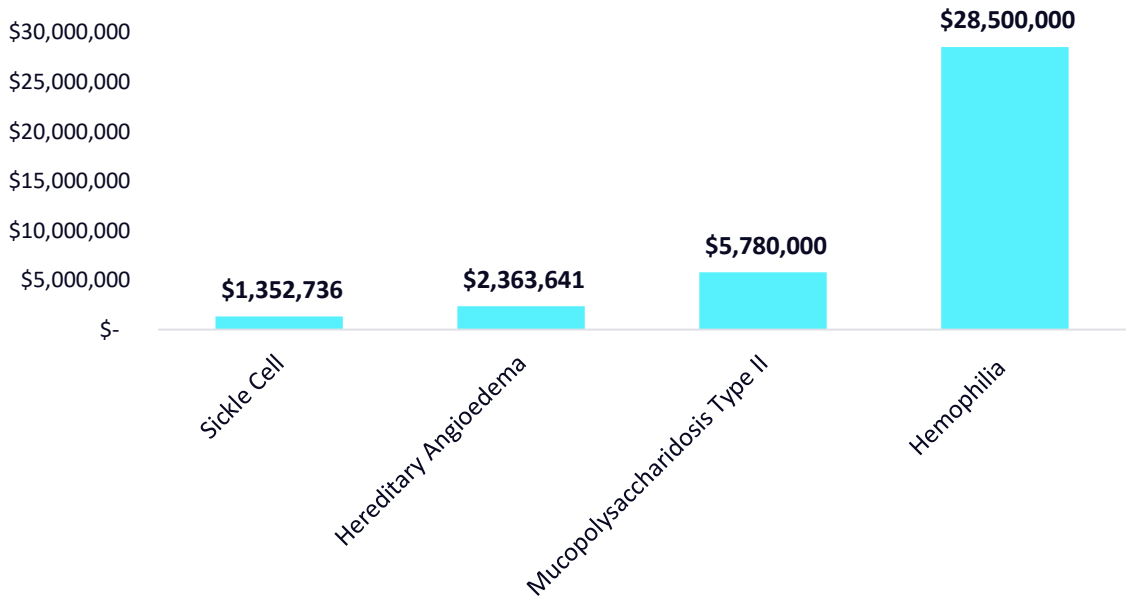
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Biomedtracker（データは2023年1月17日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

遺伝子編集治療はプレミアムでの価格設定を享受する可能性

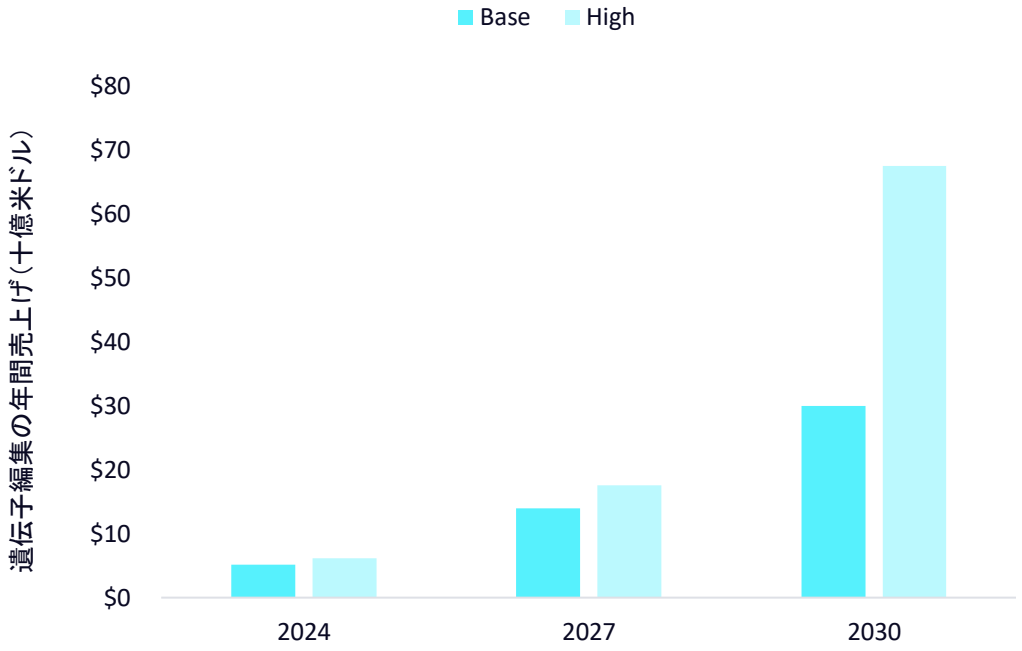


遺伝子編集治療の価格は中央値で約250万米ドル、特定の適応症ではそれ以上となる可能性があります。実際、最近承認された血友病Bの遺伝子治療は、1回当たりのコストが350万米ドルとなっています。当社の基本シナリオでは遺伝子編集の売上げを約300億米ドルと予想していますが、1型糖尿病などの疾患への適用が承認されれば、2030年までに600億米ドルにまで拡大する可能性があります。

遺伝性疾患の治療にかかる生涯直接費用



遺伝子編集の売上げ予想*

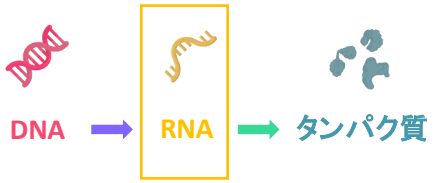


* この予想では、当該疾患の治療にかかる年間直接費用を15,000～34,000米ドル、患者の年齢層を20～50歳と想定しています。QOL（生活の質）や就労損失などの間接費用を考慮に入れれば、払い戻し額はさらに高くなる可能性があります。治療費の総額の算出にあたっては、年間直接費用を治療年数で平均しています。考えられる治療については、承認された薬剤の中央値を想定しています。

出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、A. Irvine（2019年）

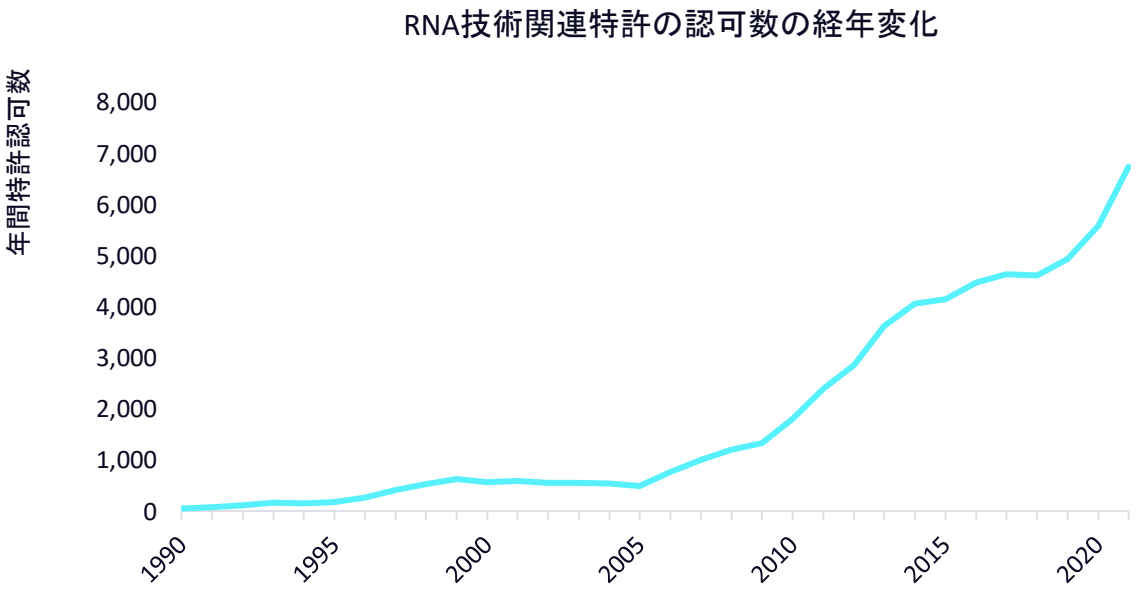
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

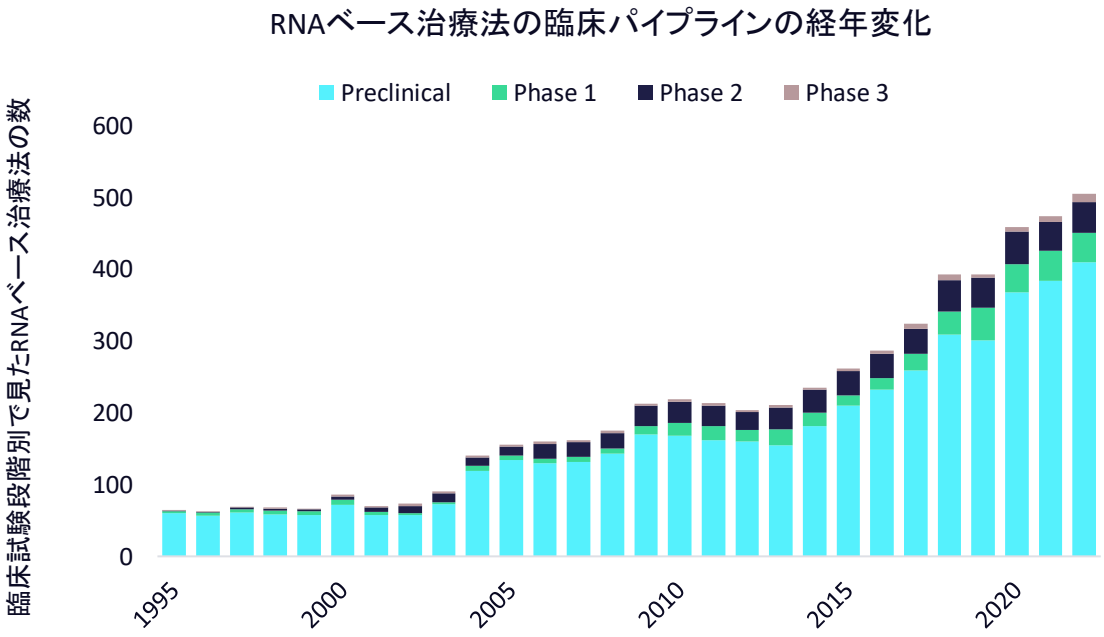
開発に拍車がかかるRNAベースの治療法



RNAベースの医薬品は、RNAや他の分子の構造・機能・量・局在を修正し、「薬が投与できない」標的を治療することができます。従来の低分子治療はタンパク質の活性結合部位を標的とするものですが、そのような部位があるタンパク質は14%にすぎず、RNAベースの医薬品はこのギャップを埋められる可能性があります[1]。

過去20年で、RNA関連の特許の認可件数は10倍に増えており、臨床パイプラインにあるRNAベースの治療法の数は約500件と5倍超に達しています。

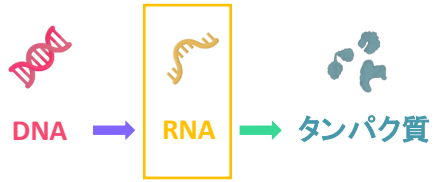




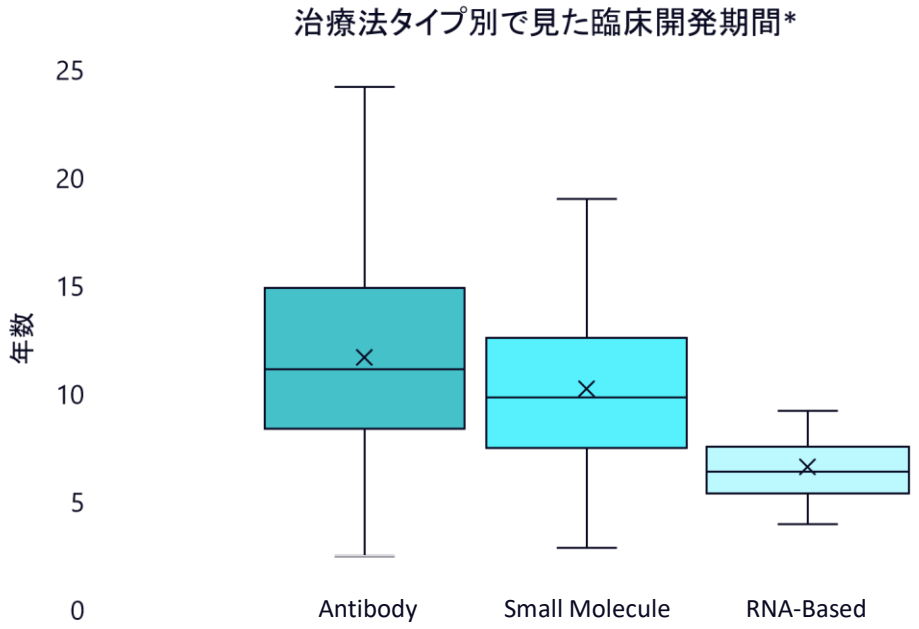
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Clarivate（データは2023年1月17日時点）、Biomedtracker（データは2023年1月17日時点）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

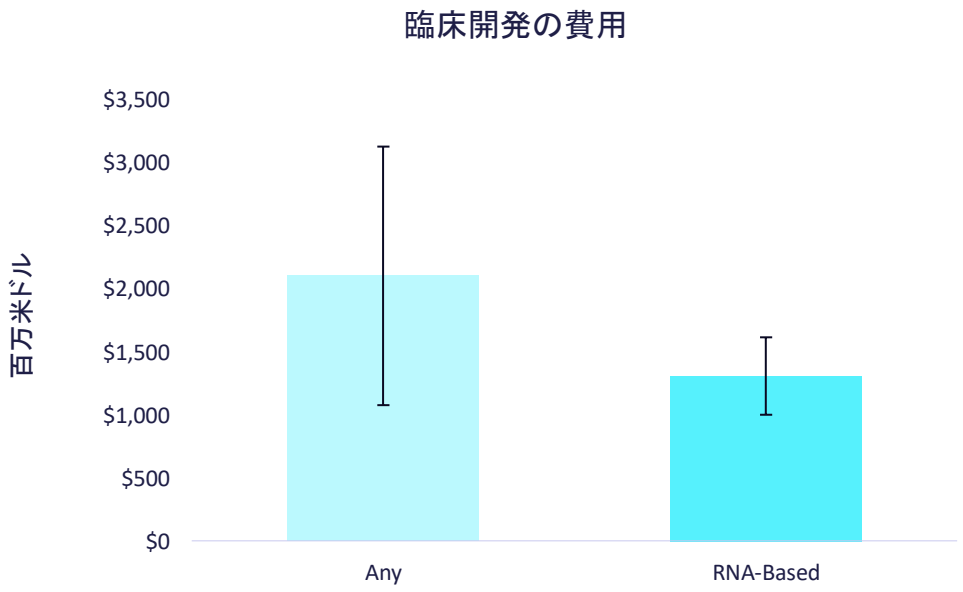
RNAベースの治療法によってコストが下がり市場投入までの時間が短縮化する見込み

商業化前の臨床開発は従来、失敗のコストを含め、平均20億米ドルの費用と10年の期間がかかってきました。次世代型シーケンシングやCRISPR遺伝子編集、人工知能といった近年のマルチオミクスにおける飛躍的進歩のおかげで、創薬の失敗率が低下し商業化にかかる時間が短縮化するとみられます。



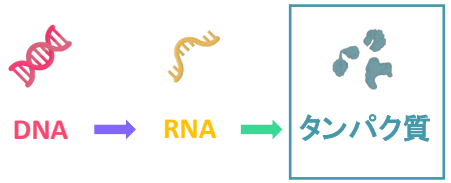
RNAベースの治療法は、他のモダリティに比べて生産にかかる時間と費用が少なく済みます。低分子治療薬や抗体の臨床試験には平均で20億米ドル超の費用と10年の期間がかかるのに対し、RNAベースの開発にかかる費用と期間は失敗を含め平均でそれぞれ12.5億米ドルと5年となります。





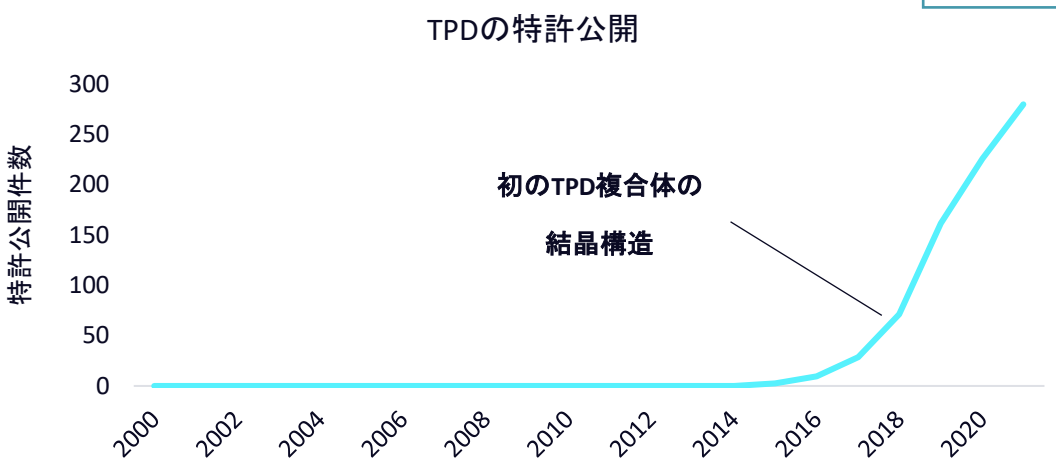
* エラーバーを含むデータを表示するのに使用される箱ひげ図で示しています。
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、O. Wouters他（2020年）、D. Brown他（2021年）、R. Lindeborg他（2021年）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

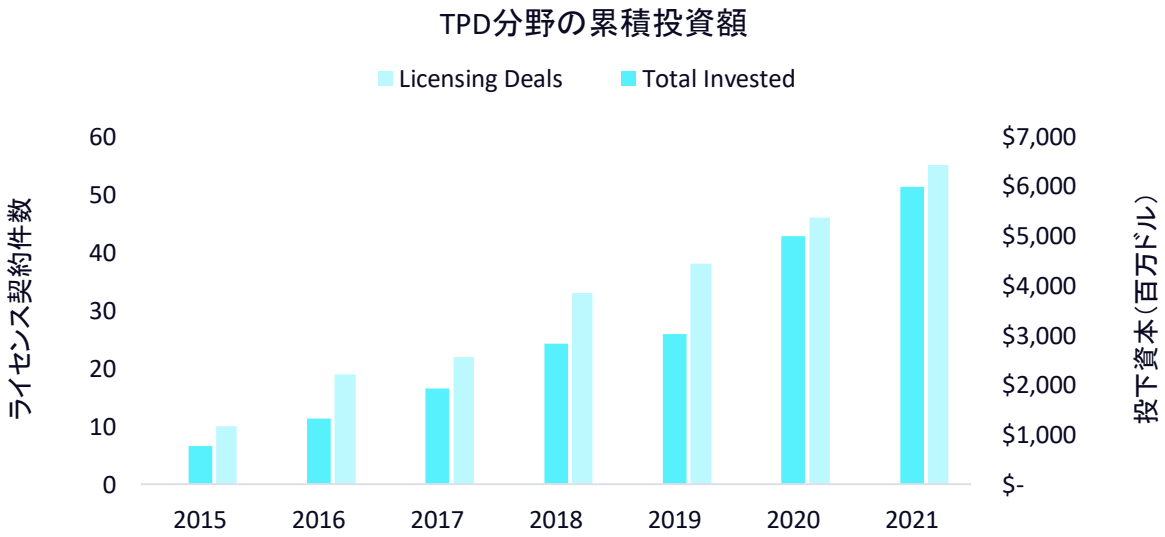
多くの病気を治療し得るTPD（標的タンパク質分解誘導薬）

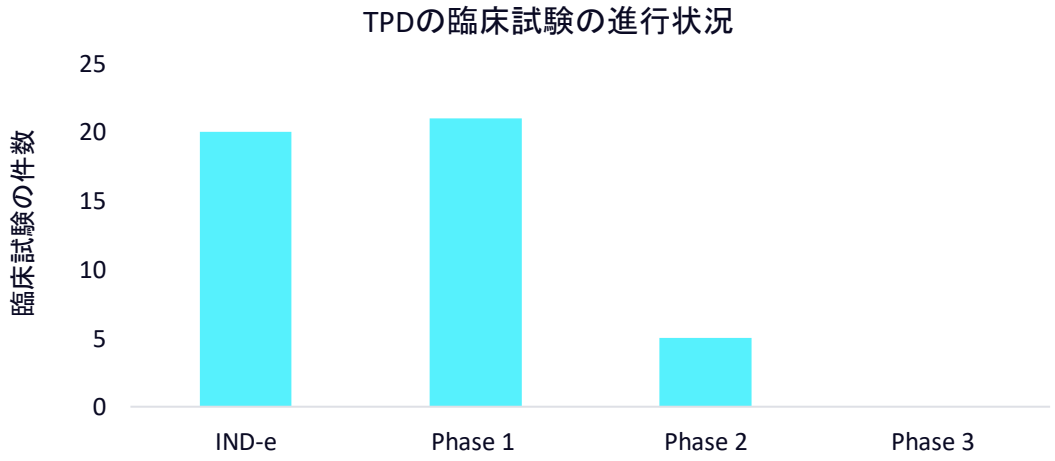


TPD（標的タンパク質分解誘導薬）は、体内のシステムを活用して病気の原因となるミスフォールド・タンパク質の数を減少させます。薬物投与が可能なタンパク質の数を2倍に増やしたTPDは、場合によっては細胞療法と組み合わせ、がんや自己免疫疾患、線維性疾患で臨床試験が進められています。

2015年～2020年の期間において、TPDの特許公開件数は10倍に増加しました。当社のリサーチによると、TPDの臨床試験の88%は初期段階にありますが、TPDのライセンス契約数は10倍を超える50件超に増加しています。

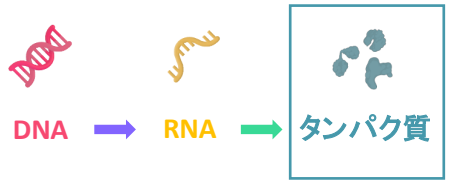






出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、T. Koppal他（2020年）M. Nasir他（2022年）、Biomedtracker（データは2023年1月17日時点）、K. Samarasinghe他（2021年）、M. Békés他（2022年）
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

TPD療法は「薬が投与できない」プロテオームに対処し得る



研究中のタンパク質標的の半数以上がTPDで対処可能に

治療モダリティの利点	低分子阻害薬	TPD
薬物投与ができないタンパク質の治療	不可	可
反復的作用機序	不可	可
経口投与	可	可
製造容易性	容易	容易
前臨床検証	済	済
臨床検証	承認済	第II相

TPD（標的タンパク質分解誘導薬）によって、薬物治療が可能なヒトのタンパク質標的の数は2倍超に増加しました。

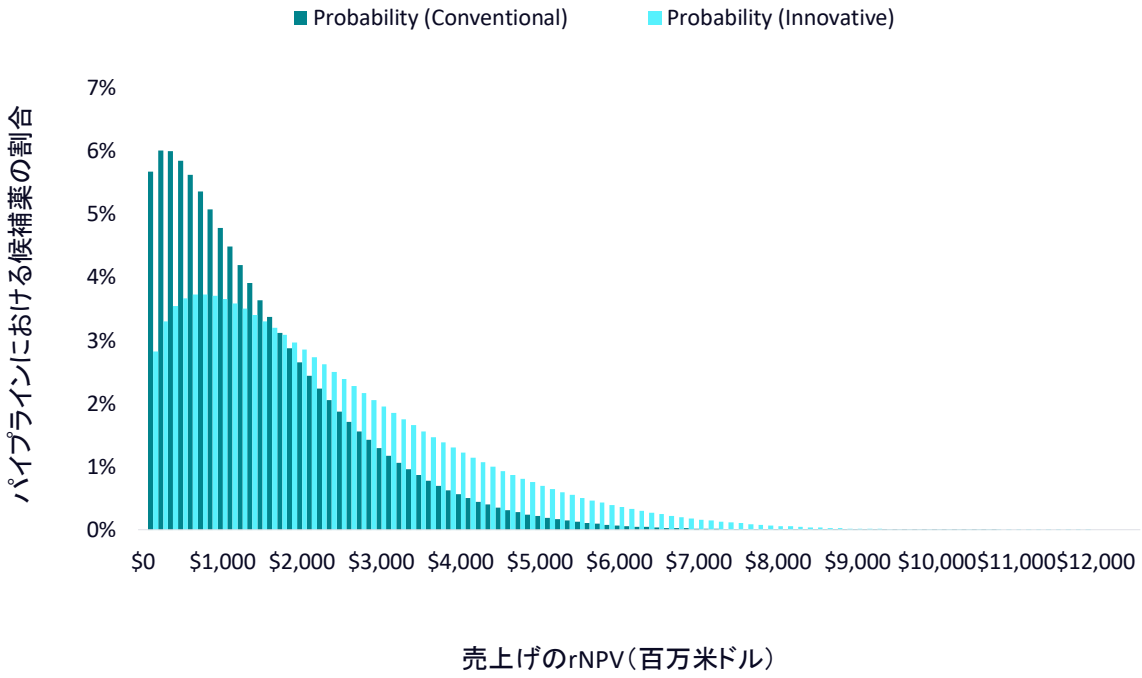
従来の低分子阻害薬が1つのタンパク質しか標的できないのに対し、TPDはその有効期間のあいだに1分子で何百もの標的タンパク質を分解することができます（反復的作用機序）。したがって、TPDは低分子治療薬に比べ安全性の面で非常に魅力的であると言えます。

出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Biomedtracker（データは2023年1月17日時点）
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。

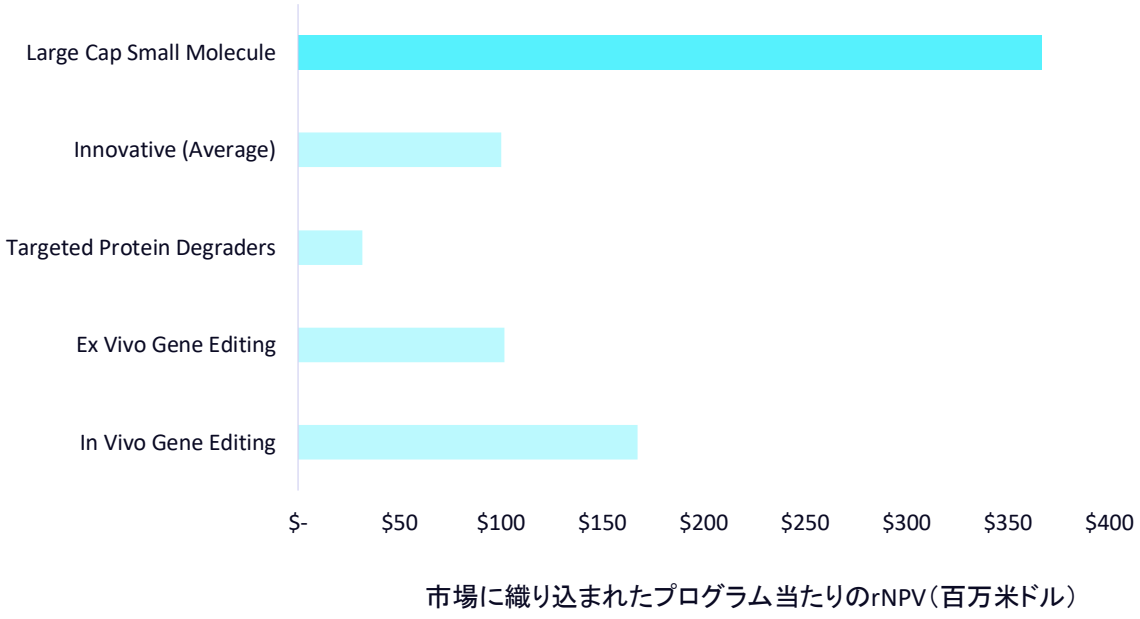
イノベーションが研究・開発の効率化のカギに

革新的精密治療は、低分子治療薬のような従来の治療法に焦点を当てた大手製薬会社に比べてrNPV（リスク調整後正味現在価値）の魅力度が高いにもかかわらず、過小評価されていると当社では考えています。当社のリサーチによれば、革新的精密治療企業の総企業価値は、2022年の約5,000億米ドルから2030年までに約3兆米ドルへと年平均成長率29%の拡大を見せると想定されます。

革新的医薬品はより魅力的なリスク調整後NPVを提供



革新的治療は伝統的な医薬品に比べて市場でほとんど評価されていない



* 標準化した進行ペースで計算
出所：ARK Investment Management LLC（2023年）、Biomedtracker（データは2023年1月17日時点）
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。

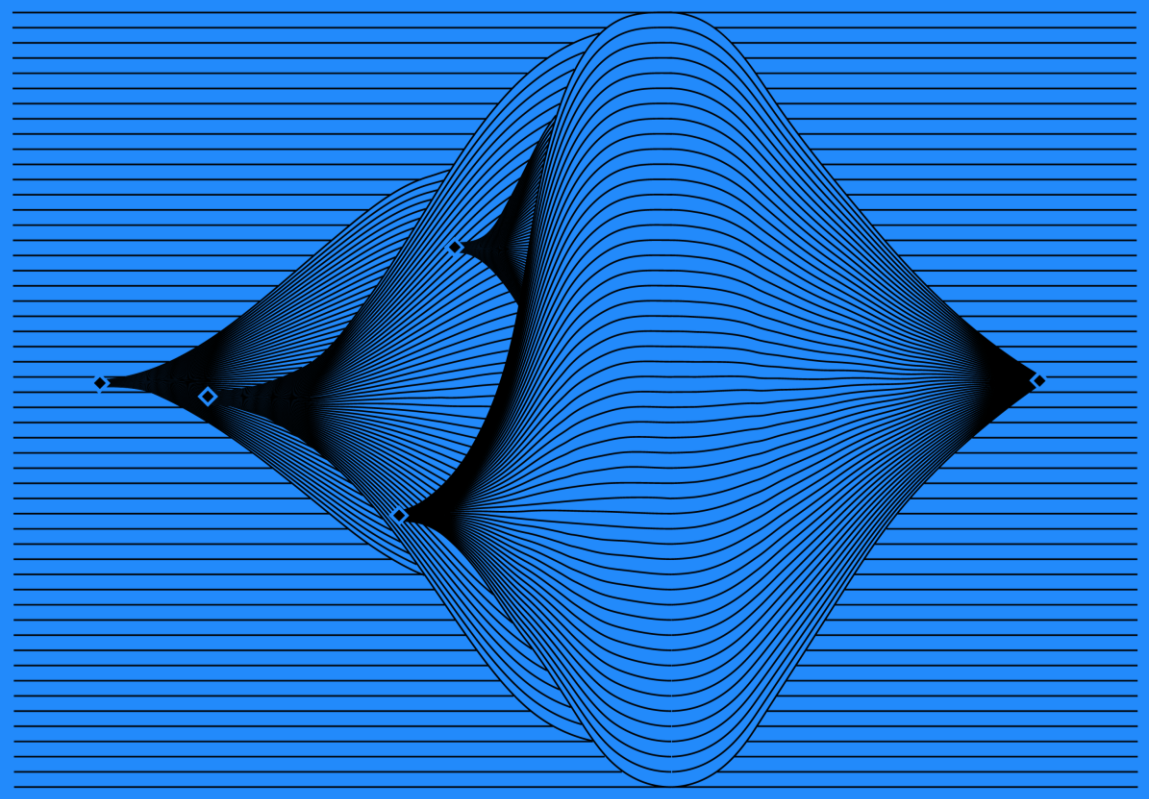
がん分子診断

生体情報を使って患者の病状を改善

次世代DNAシーケンシング（NGS）のコストは大幅に低下していることで、かつてないほど分子診断テストが実用性が高まり、腫瘍生物学の理解が急速に深まっています[1]。

人工知能（AI）を活用することで、がん診断を行なう研究機関は、組織生検を補完するリキッドバイオプシーのような、低侵襲検査の方法を開発しました[2]。

臨床的有用性の証拠が蓄積するにつれて、ARKでは、米国におけるがん分子診断テスト分野の獲得可能な最大市場規模（TAM）を約950億米ドル、売上高は2022年の約50億米ドルから向こう5-10年で年間20%のペースで増え続け、2030年には240億米ドルになるとみています。さらに、がん分子検査企業の合計企業価値も、2022年の約300億米ドルから同程度のペースで増え、2030年には1,450億米ドルになるとみています。



リサーチ担当者：Simon Barnett（ライフサイエンス分野担当リサーチディレクター）

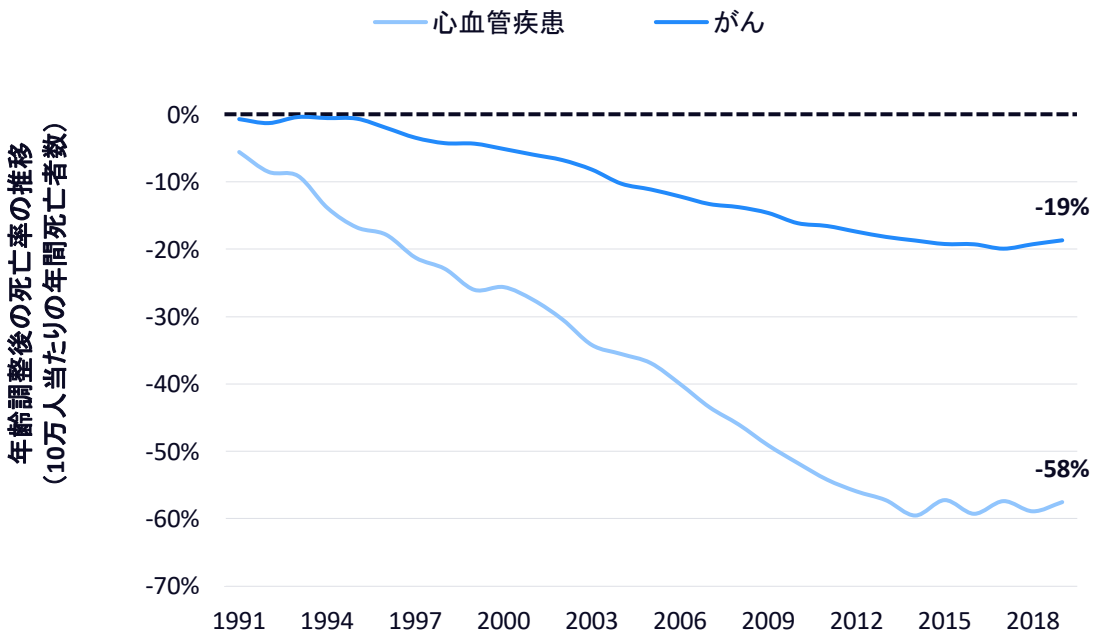
出所: ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Wetterstrand, K. 2021; [2] ASCO, data as of 01/19/23.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

公衆衛生における次の勝利はがんの克服か

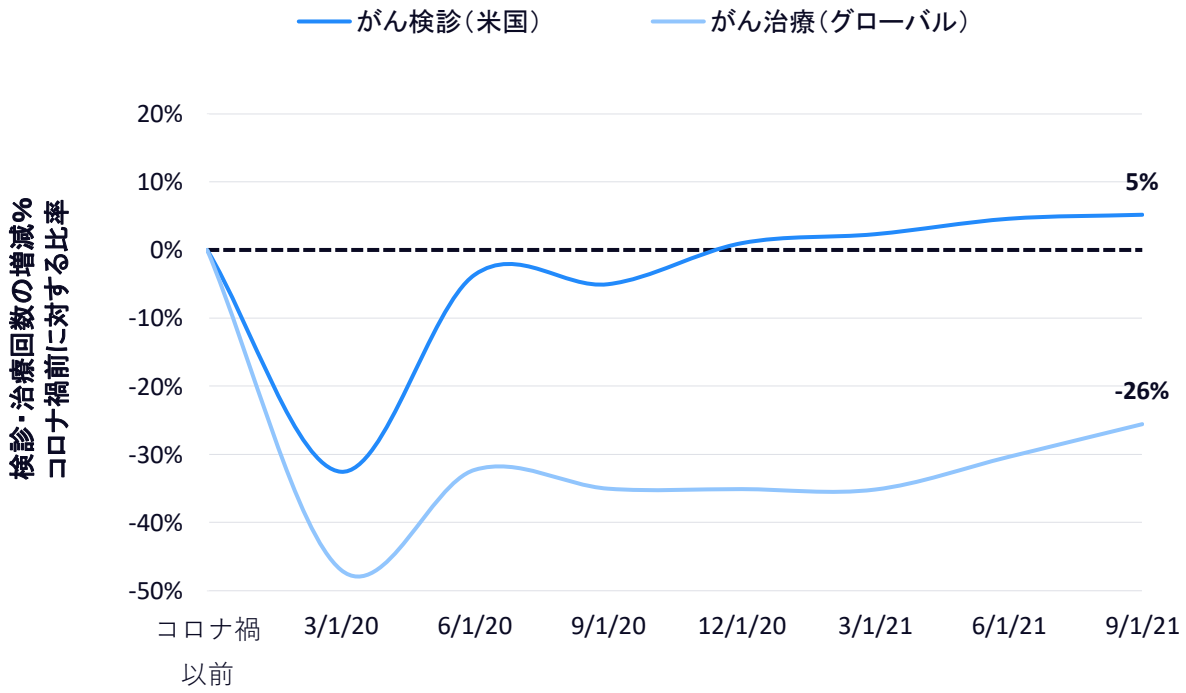
1990年以来、心血管疾患による年齢調整死亡率は50%以上低下しましたが[1]、がんの死亡率は約19%の低下にとどまっています[2]。今後は、治療法の改善に加えて、最新の診断方法により、がんの死亡率は劇的に低下する可能性があります。

特にコロナ禍によってがんの予防・治療が進まず、スクリーニングは3,000万回以上、診断の機会は約6万回も減少したことから、がんに注意する必要性は今まで以上に高まっています[3]。

心血管疾患ならびにがんとの戦い[1,2]



世界のがん治療におけるコロナ禍の影響[3]



出所： ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Mensah, G. et al. 2017; [2] Roser, M. et al. 2019; [3] IQVIA Inc 2022.

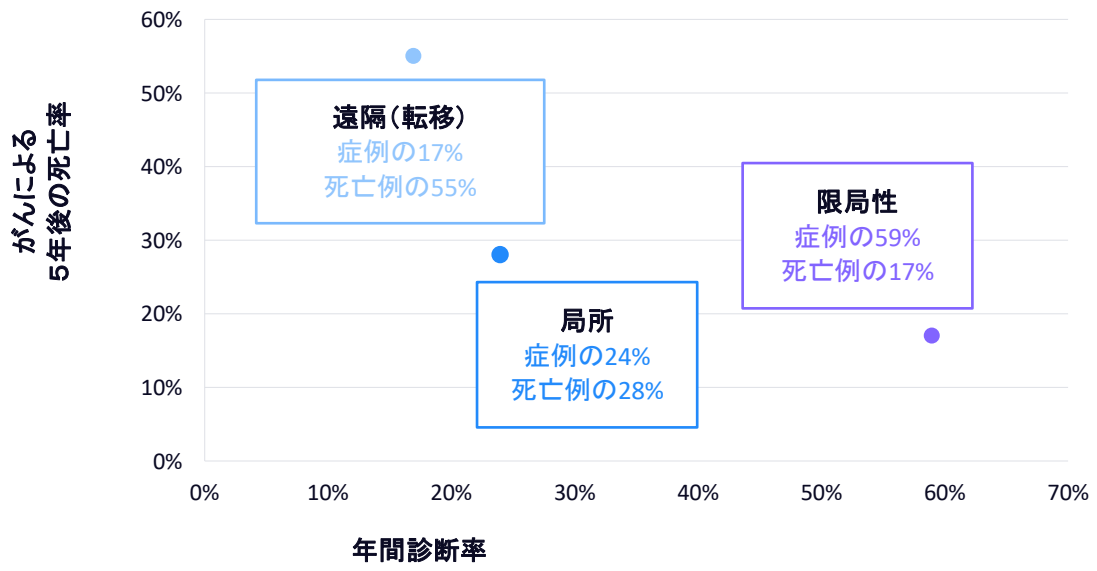
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

診断＋治療でがんの死亡率を低減できるはず

私たちは、次世代診断と治療を組み合わせることでがんの死亡率を低減させることができると考えます[1]。

毎年新たにがんと診断された人のうち、進行がんはわずか17%にすぎないにもかかわらず、5年後には55%が死亡しています。早期発見の重要性は明白です[2]。

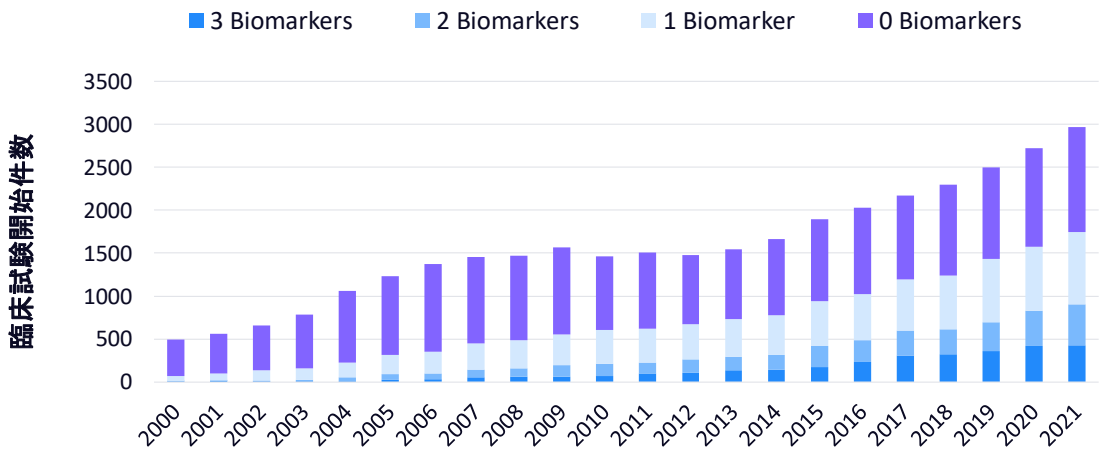
新規症例のうち、進行がんの方が少数であるにもかかわらず、死亡者数では大半を占める[2]



高精度治療にとって、分子検査は必須です。この検査は、「バイオマーカー」とも呼ばれる腫瘍特有の変異を検出することで、がん専門医が具体的な治療方法を決定することに寄与します。

バイオマーカー使用による試験結果の成功率改善を示すエビデンス[3]があることから、今では大半の臨床試験で分子バイオマーカーが使用されています[4]。

腫瘍臨床試験の大半で分子バイオマーカーを使用[4]

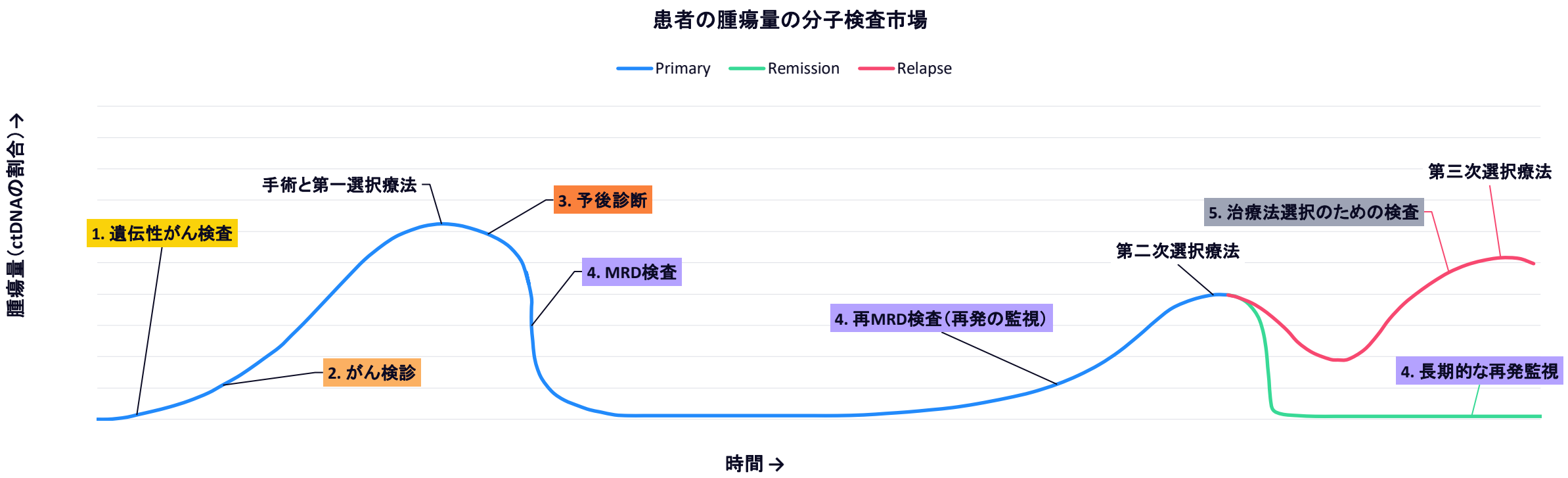


出所：ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Mensah, G. et al. 2018; [2] National Cancer Institute, data as of 01/19/23; [3] Parker, J. et al. 2021; [4] Vadas, A. et al. 2021.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

「腫瘍量」別がん分子検査市場セグメント

がん分子検査では、血液や組織など生体試料を調べ、次世代DNAシーケンシング（NGS）などの手法を使って生体情報をデジタル化します。がんの分子検査の主なカテゴリーは、(1) 遺伝性がん検査、(2) 検診、(3) 予後診断、(4) 微小残存病変（MRD）、(5) 治療選択 です。

腫瘍量とは、がんの重症度の目安として使われる指標で、通常は患者の血液中の腫瘍DNA（ctDNA）の量です。上記の分類方法で検査市場をセグメント分けした図は以下のとおりです。



この図で使われている縮尺は必ずしも正確ではありません。腫瘍量と時間との関係は純粋に説明のみを目的としたもので、特定のデータセットのものではありません。

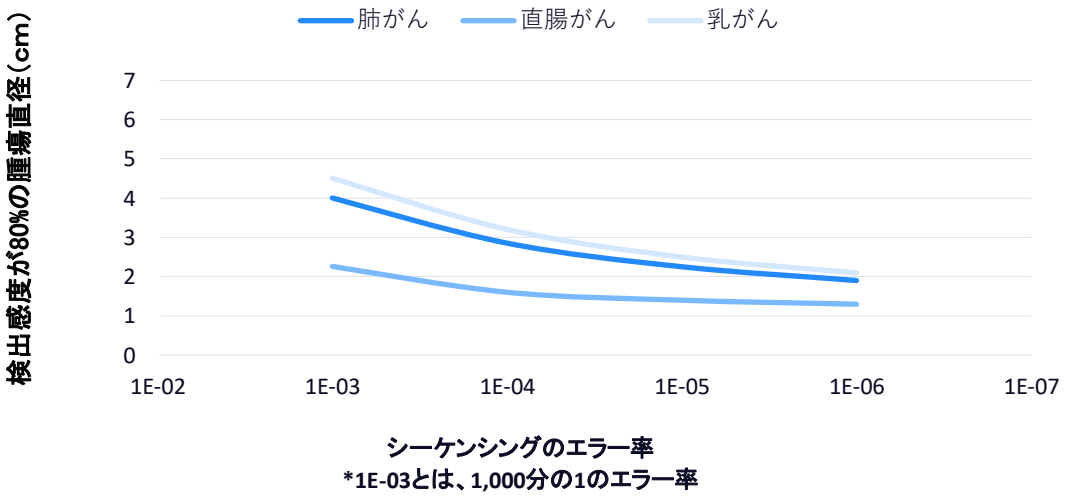
出所：ARK Investment Management LLC, 2023.

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。

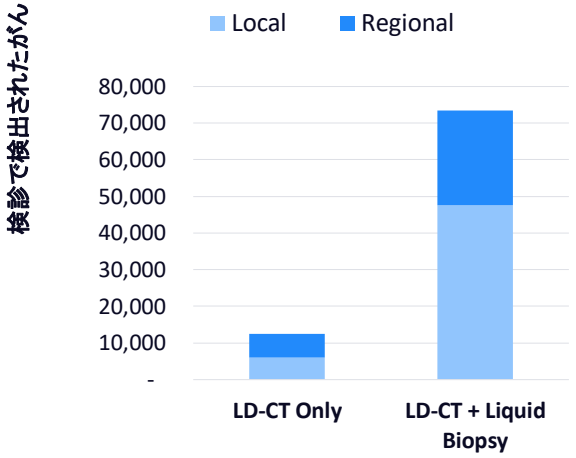
致死性が最も高いがんの発見に役立つマルチオミクス

Cologuard（コロガード）などの非侵襲検査は、標準的な検診技術の補完機能を果たすものであり、この傾向は今後加速するとみられます。 ctDNAの変異をシーケンシングするだけで、早期がんを必ず発見できるわけではありません[1]。極めて正確なctDNAシーケンシング法でも、以下に示すように、直径1-2センチに成長するまではがん細胞を発見するのが困難です[1]。マルチオミクス検査では、 DNA断片化パターンなど、他の循環がん細胞の信号を発見することで、より優れた結果を出すことができます。

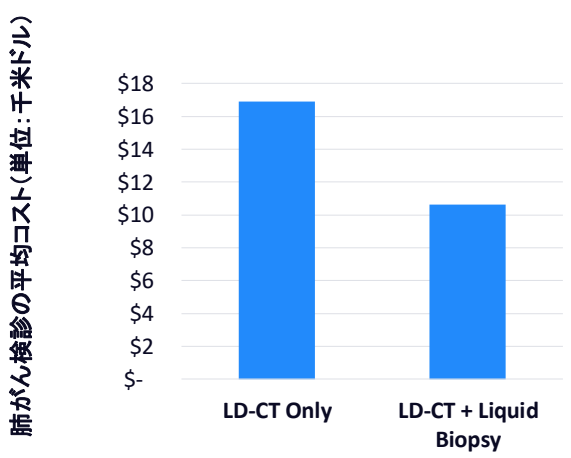
コスト面でDNA変異だけでは大半のステージ1のがんを発見するには不十分[1]



血液検査で肺がん検診の検出結果が改善[3]



血液ベースの検査による肺がん検診の平均コストの低下[3]



LD-CT= 低線量CTスキャン

血液検査の普及に伴い、ガイドラインに基づくがん検診を受ける患者数も増えると推測されます[2]。膵臓がんなど、死亡率の高いがんに焦点を当てた有効な検査が、向こう5年間に幅広く利用可能となるでしょう。

現在利用可能なデータによれば、血液検診での肺がんの早期発見は6倍に増えると予想されています[3、4]。がんの発見能力が改善すれば、平均検診コストも低下すると思われます。

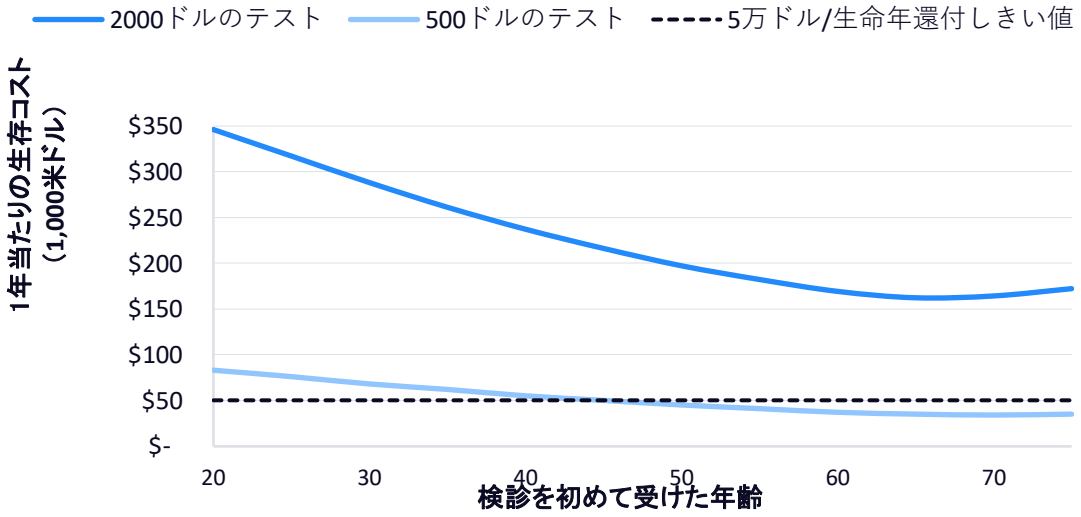
出所：ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Avanzini, S. et al. 2020; [2] Bokhorst, L. et al. 2015; [3] Mathios, D. et al. 2021; [4] Zhao, Y. et al. 2011.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

複数がんの早期発見につながるMCED検査はムーンショット目標

単一がん検査とは異なり、 MCED検査は1回の血液検査で多くの種類のがんを検出できます。現在の実績データによれば、45-75歳の成人の場合、 MCED検査の費用が500米ドルであれば「元が取れる」計算になります[1]。

幅広く普及させるためのコストは、国家ベースでは10年近くかかるかもしれません[2]。今日、MCED検査が完全に普及すれば、がんによる死亡率を15%減らすことが可能です。

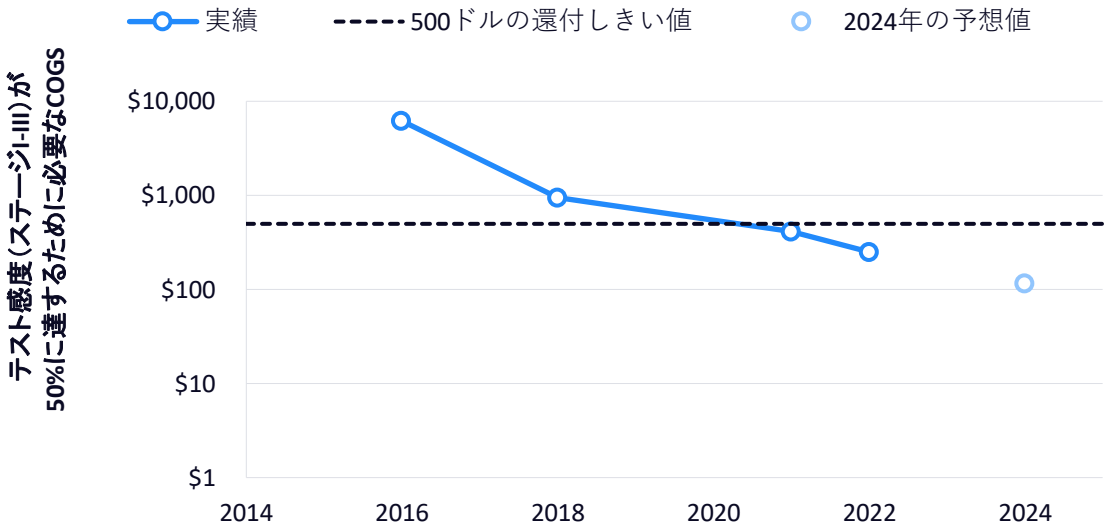
45－75歳の成人の場合
500米ドルのMCED検査は優れたコスト効率を示す



MCED検査の原価（COGS）は、この5年間で90%以上低下し、500米ドルでも粗利益が出るようになっています。

検査はますます効率的になってきており、MCED検査を提供する企業は、コストを、検査感度を高めることに割り当てるか、より多くの利益を出すかを選択することができます。当社は、企業は感度を高める方を選択すると考えます。

収益が既にプラスになっているMCED検査
コスト効率はさらに改善

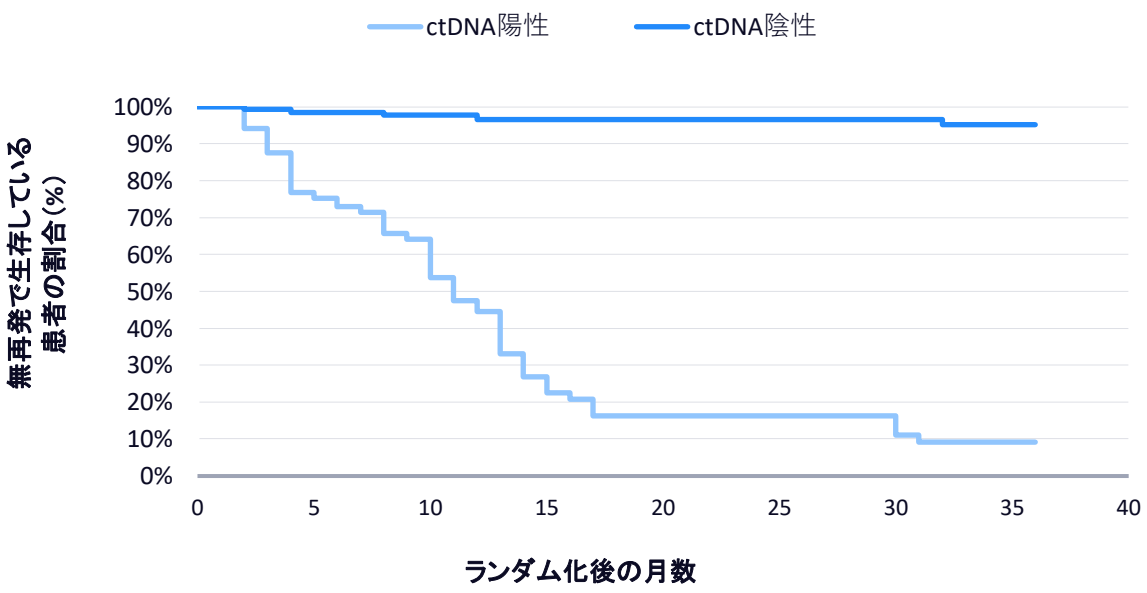


出所：ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Rowland, T. et al. 2022; [2] Grail, data as of 01/19/23.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

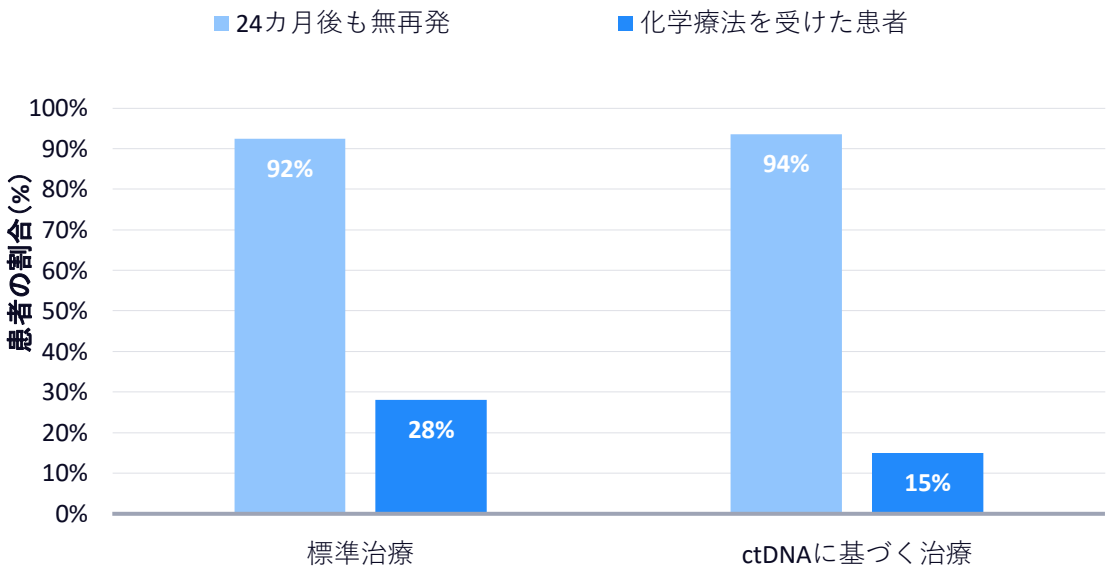
血液検査が早期がん治療に革命をもたらす可能性

これまでがん専門医は、多発性骨髄腫などの液性腫瘍治療に、微小残存病変（MRD）と呼ばれる、治療後も患者の体内に残っている腫瘍量を指標としてきました[1]。年間症例数の90%を占める固形がんの発見は最近まで、高価な詳細シーケンシングを必要としていたため、 MRD検査はふつうの人々の手には届かない高価なものとなっていました[2]。より安価なシーケンシング手法が開発されたおかげで、今ではがん専門医は、固形がんの患者を画像診断だけでなく、分子MRD検査で診断できるようになっています。また、無再発生存期間を予測できるctDNAによって、患者は化学療法を行なう必要がなくなります[3、4]。

複数がんの無再発生存期間の予測に役立つctDNAステータス[3]



ctDNAに基づくがん治療は、化学療法を受ける患者比率を半分にしながら、同程度の生存率[4]

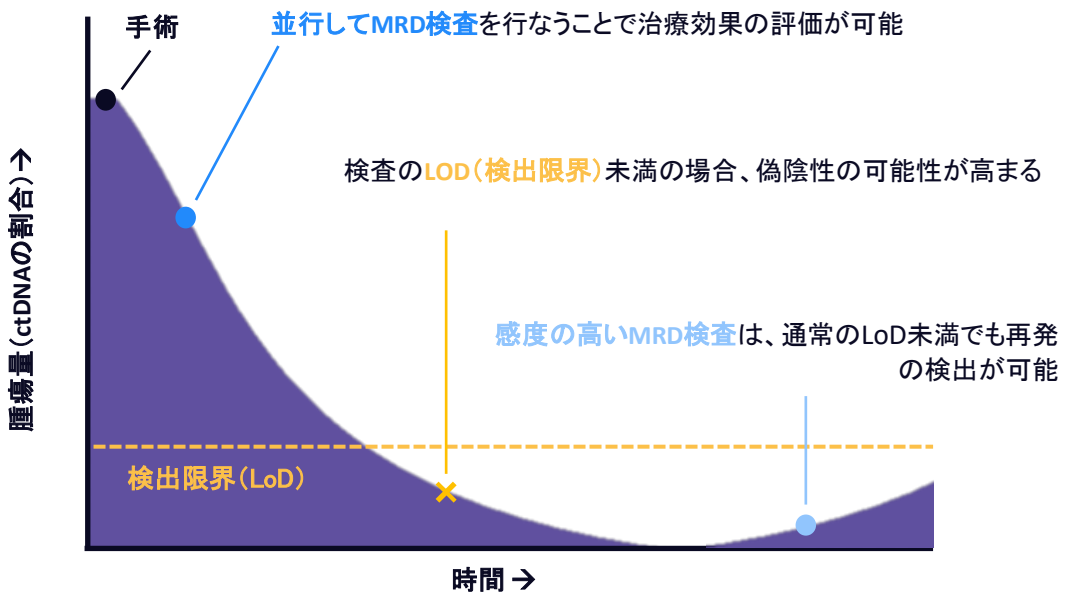


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Rawstron, A. et al. 2015; [2] Haque, I. et al. 2018; [3] Natera, Inc, data as of 01/19/23; [4] Tie, J. et al. 2022.
上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

感度の高い検出技術を用いてがんの再発を発見

治療に成功すると、ctDNAレベルはMRD検査でがんを検出できる限界である100万分子当たり10ctDNA（LoD：検出限界）をはるかに下回る水準まで低下する可能性があります[1]。

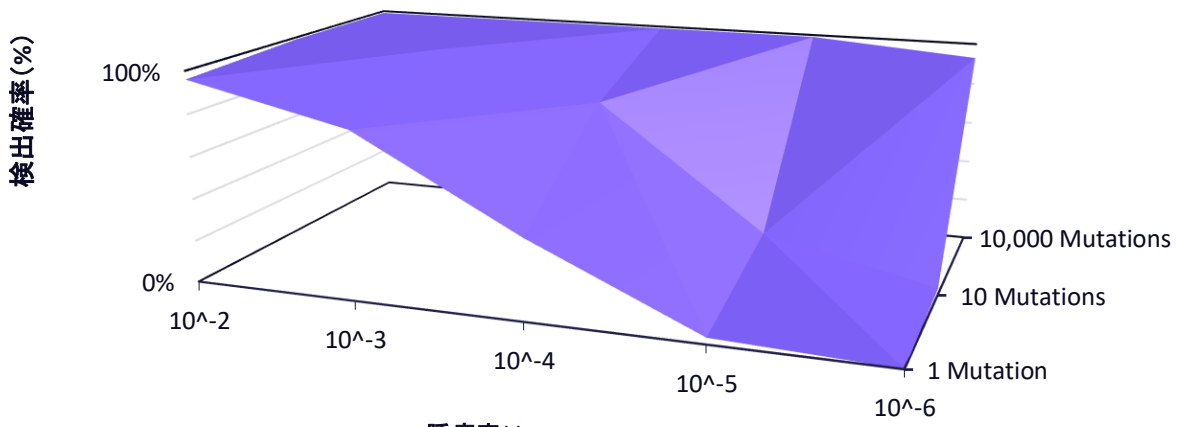
ctDNAをほとんど出さない乳がんなどの早期腫瘍やがんでは、LoDが障害となることが多くあります[2]。



新たなMRD検査では数千のctDNA変異を測定することが可能で、格段に検出感度が向上し[3]、治療に伴う腫瘍量の減少の評価に役立ちます[4]。

広範囲のMRDパネルは法外に高価ですが、競争によってDNAシーケンシングのコストは劇的に低下しており、高感度MRD検査の実用化が近づいています[5]。

NGSのコスト低下に伴うMRDパネルの普及・改善[3]



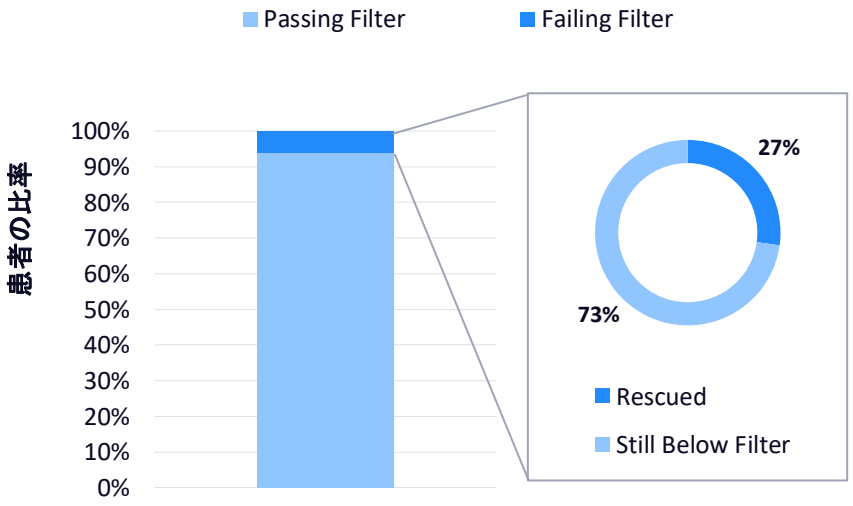
*血液検体中、2,000ゲノム相当のDNA
**10^-4 は、100万分の100のctDNA（PPM）

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Personalis Inc, data as of 01/19/23; [2] Avanzini, S. et al. 2020; [3] Zviran, A. et al. 2020; [4] Abbosh, C. et al. 2017; [5] Rusinek, I. et al. 2022.
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。

治療法選択のための検査に使われる試料は量・種類とも増加

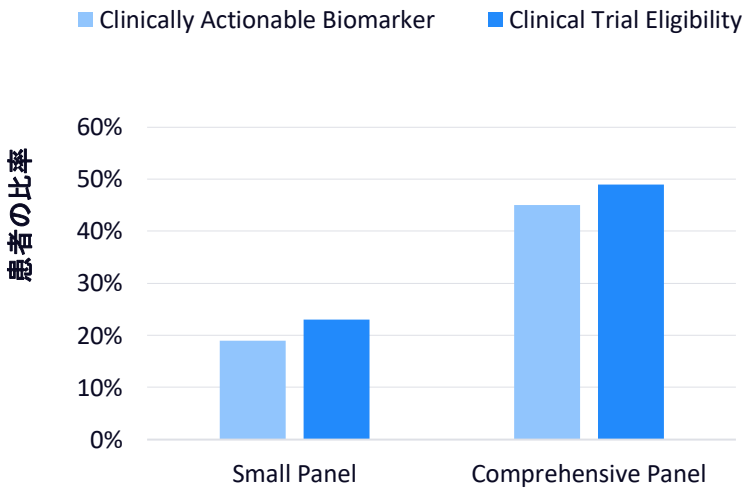
進行がん患者のための治療法選択検査によりがんのドライバー遺伝子を明らかにします。他の分子診断よりも成熟している治療法選択検査ではありますが、血液など、より多くの試料[1]や遺伝子、RNAなどの検体を利用することで精度を高めており、患者にとって今まで以上に標的治療と臨床試験を行なうことが容易になるとともに、どちらがより適切かの判断の精度も向上しています[2,3]。固形がんの大半において治療法選択検査はおそらく標準的な治療法となり、2022年に25%であった普及率は2030年には2倍以上の50%超になる見通しです。

血液検査による治療法選択検査は、組織が不十分な患者にとって代替となる[1]

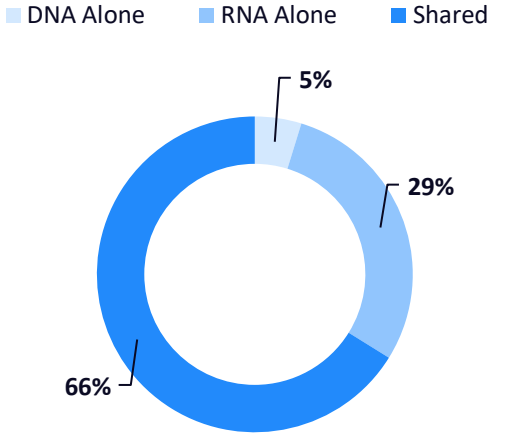


フィルタ合格とは、患者が分子検査のために必要な質の良い腫瘍細胞を十分に持っていることを意味します。

総合的な治療法選択検査によって、患者の治療に役立つ多くの情報を得ることが可能



RNAシーケンシングは、DNAシーケンシング単独より29%多く融合ターゲットを検出[3]



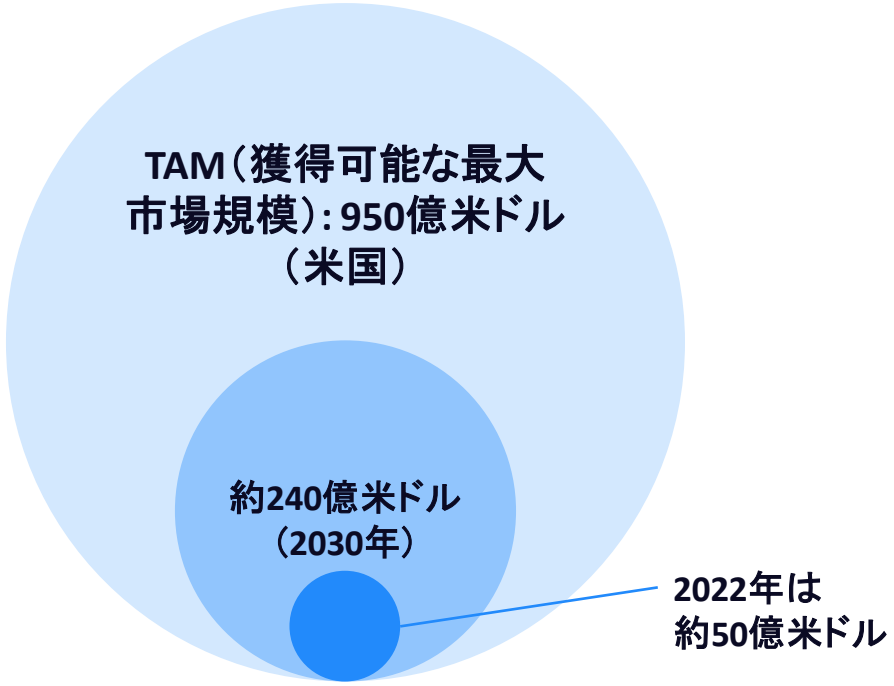
RNA融合は、がん治療用のドラッガブルターゲットの一種

出所：ARK Investment Management LLC, 2023. [1] Mackay, M. et al. 2022; [2] Raval, A. 2022; [3] Michuda, J. et al. 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。

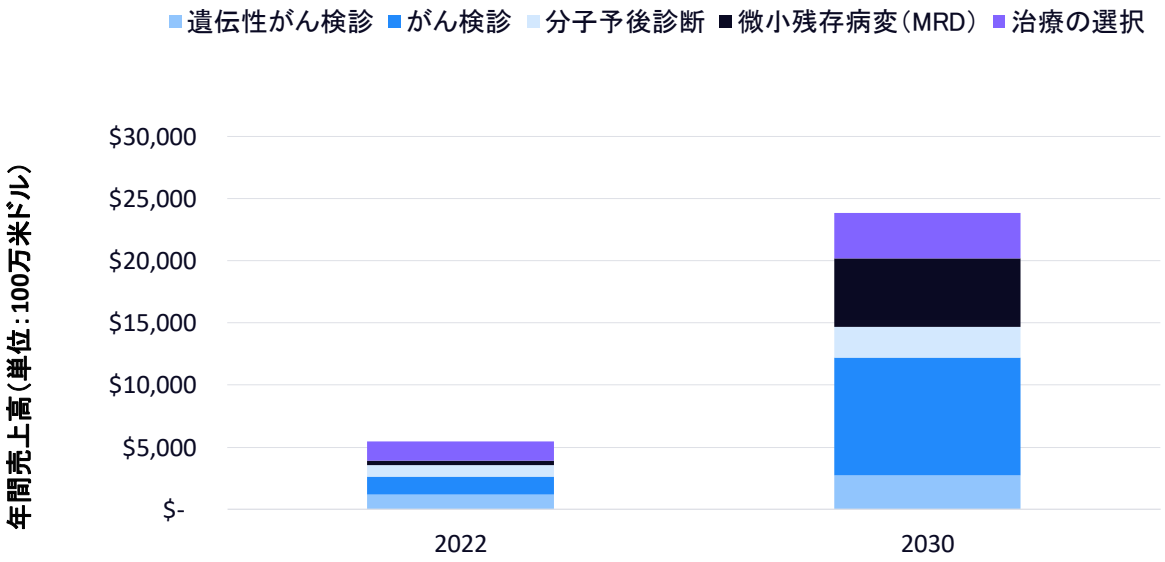
予想される市場規模

がんとの戦いにおいて、優れた診断、治療に対する需要は高まっています。特にシーケンス技術を中心にコストが急速に低下したおかげで、がんの検診、診断、リスク分類、監視の分野における分子腫瘍学が一般的な臨床に採用され始めています。

当社リサーチによれば、分子診断のTAM（獲得可能な最大市場規模）は米国だけでも950億米ドルに上るとみられます。がんの分子診断売上高はおそらく年間20%以上のペースで成長が続き、現在の約50億米ドルから2030年には240億米ドルへと拡大するとみています。がん検査企業の合計企業価値も同様のペースで成長が予想され、2022年の約300億米ドルから2030年には1,450億米ドルになるとみています。



分子腫瘍検査企業の売上高は2030年まで、またそれ以降も年間20%以上の成長を予想



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。

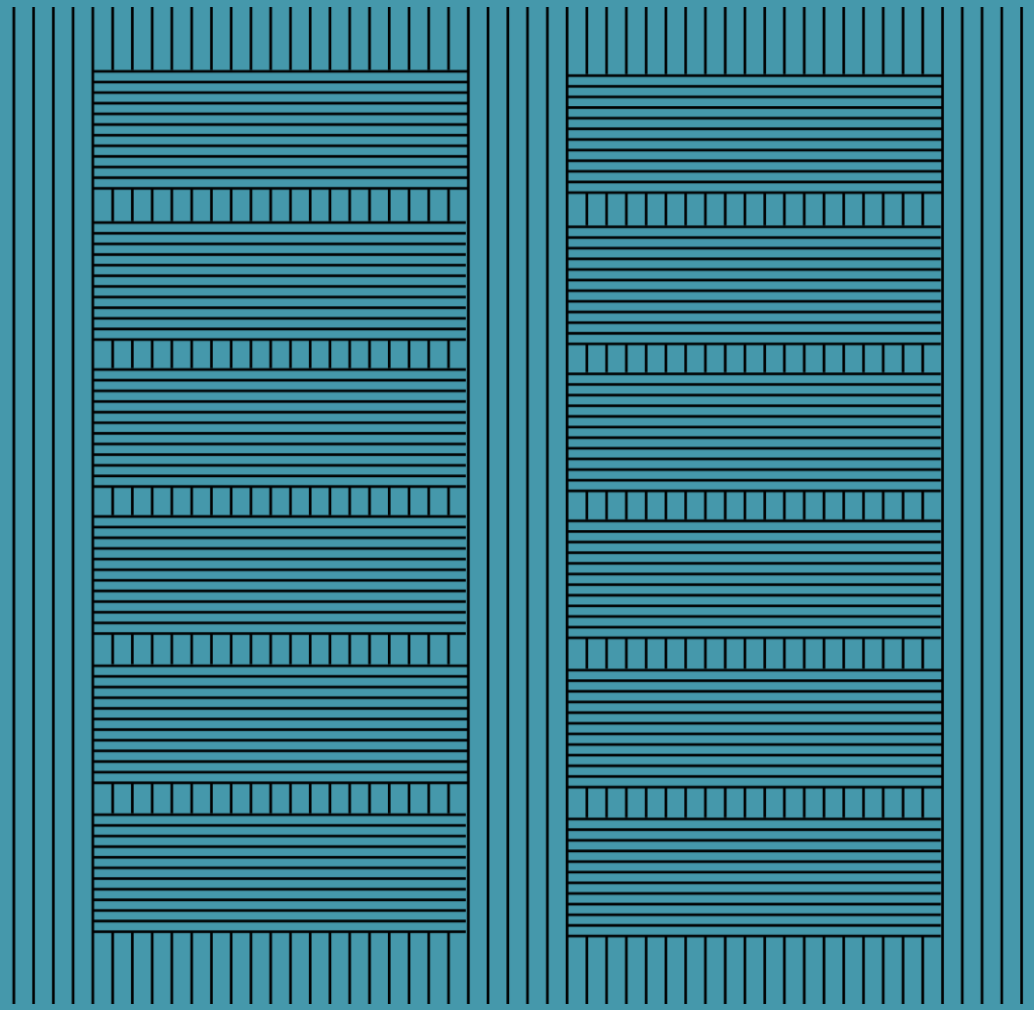
電気自動車（EV）

指数関数的成長で懐疑論を打破

かつて投資家は、「未来は電気の時代になるのか」と問いかけたものです。コモディティ価格の高騰によってコスト低下が一時的に足踏みしているにもかかわらず、電気自動車（EV）の需要は増え続けています。今では投資家の疑問は「成長が指数関数的になるのか」です。

電気自動車をめぐる議論は需要サイドから供給サイドへとシフトしました。ライトの法則に沿って、ARKは、EV価格は低下し、販売台数は2022年の780万台から年率50%のペースで増え続け、2027年には7倍以上の6,000万台に達すると予測しています。

当社予想にとって最大の下方リスクは、供給力が抑制されることで、販売価格と従来の自動車メーカーの電気自動車シフトのペースが鈍化することです。

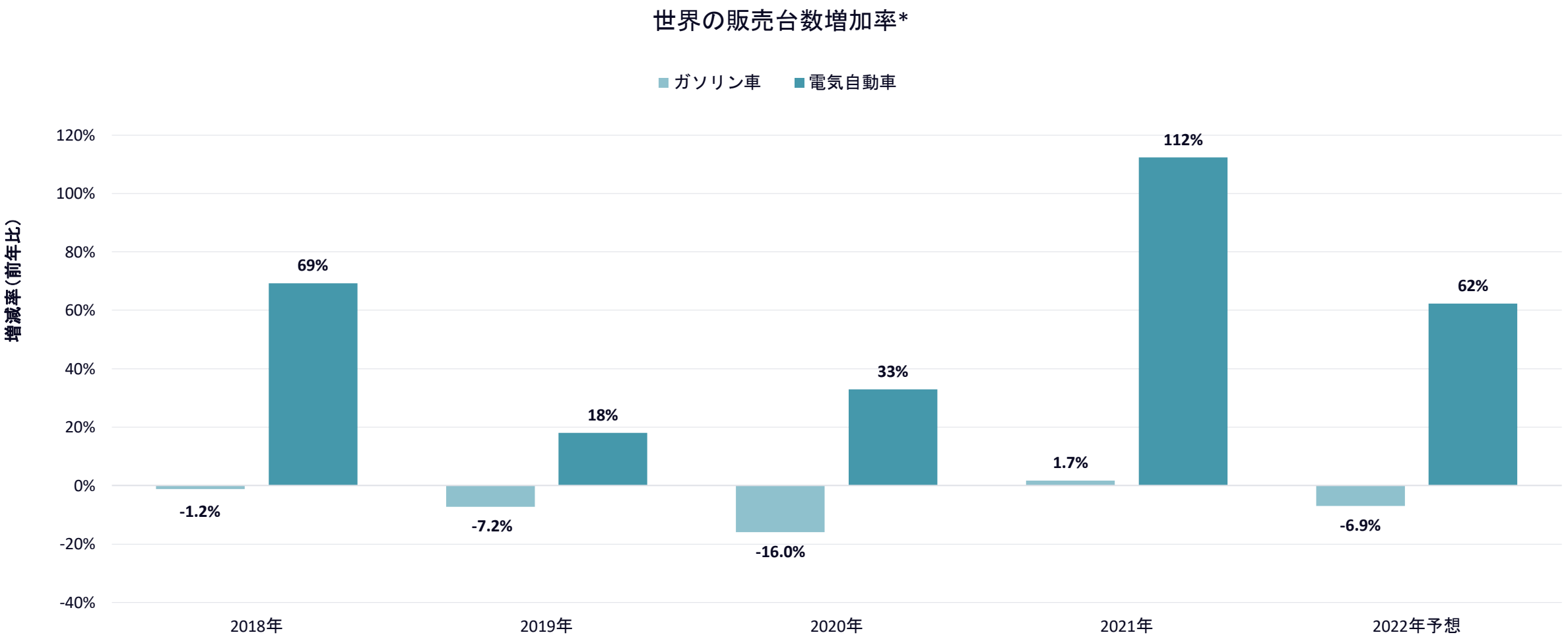


リサーチ担当者：Sam Korus（自動運転テクノロジー＆ロボティクス分野担当リサーチディレクター）

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。

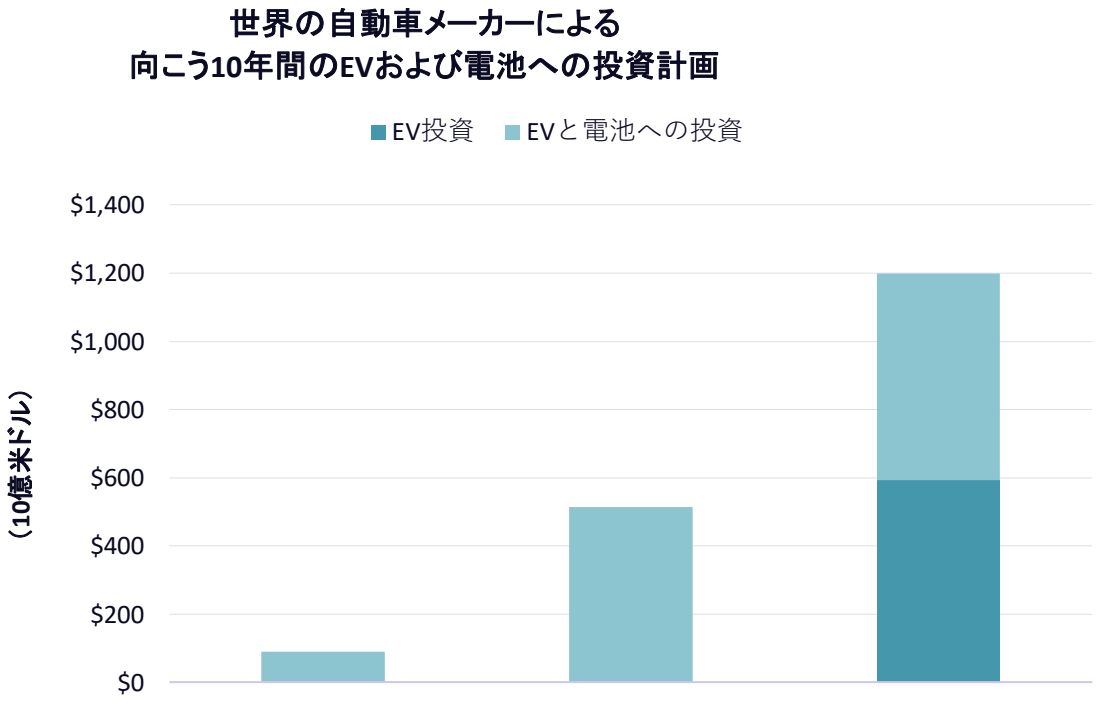
電気自動車のシェア拡大は続く

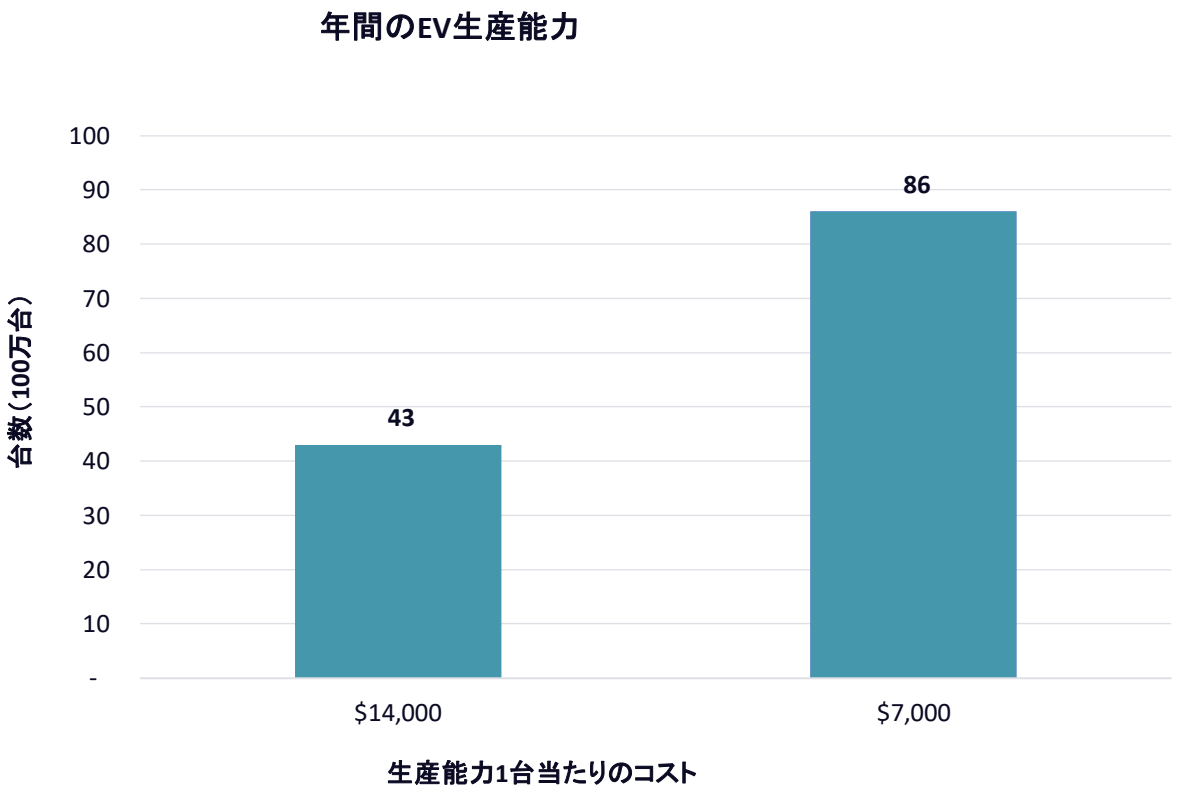


*「ガソリン車」はハイブリッド車を含みます。出所：ARK Investment Management LLC, 2023.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

世界の自動車メーカーによるEVとバッテリー投資額計画はこの4年間で10倍以上に

自動車業界のデータによると、1台当たりの資本効率は14,000米ドルであり、このデータをEVへの投資計画額である年間約6,000億米ドルに当てはめると、年間生産台数は4,300万台になります。自動車メーカーがEV1台当たりの資本効率を実現できれば、年間6,000億米ドルの投資を行なうと、EV生産台数は、現在の自動車生産台数にほぼ匹敵する8,600万台になる計算です。

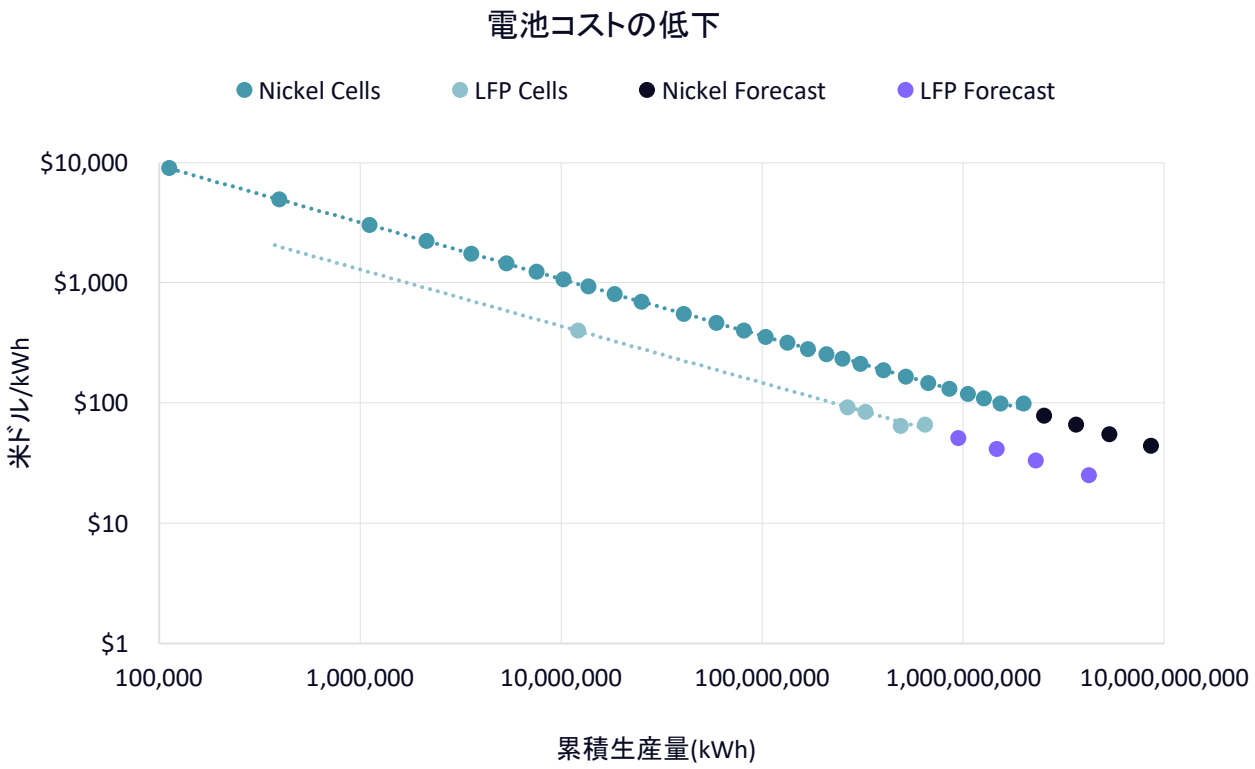


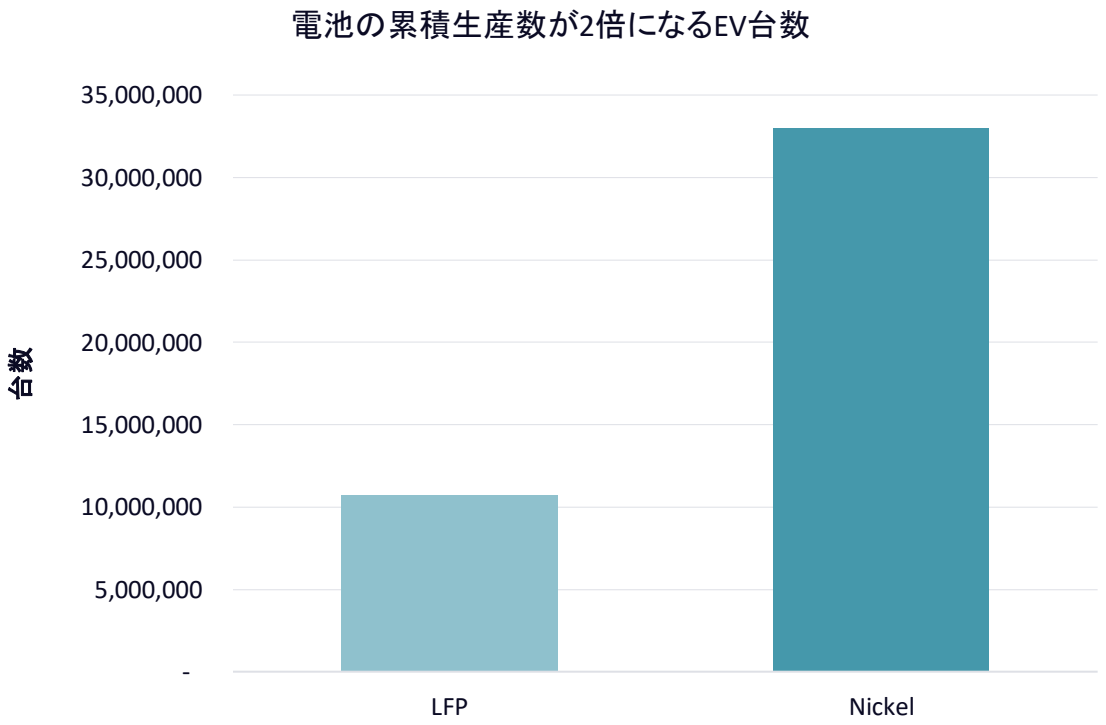


出所：ARK Investment Management LLC, 2023. Lienert, P. 2022; Lienert, P. et al. 2021; Lienert, P. 2018; White, J. et al. 2017.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

ライトの法則を適用したモデルは電池コストの低下を的中させ、LFP＊セルが支配的になることを示唆

EVにとって最もコストが高い部品は電池であり、小売価格をガソリン車並みにするためには電池コストを下げることが不可欠です。ライトの法則によれば、電池の累積生産数量が2倍になるとコストは28%低下します。最近のコモディティ価格の急騰に伴って電池価格が上昇していますが、この関係式は長期的には変わらないとみられます。ベースとなる現在のLFP電池の生産量が少ないため、今後はコストと価格の低下が加速すると考えられます。



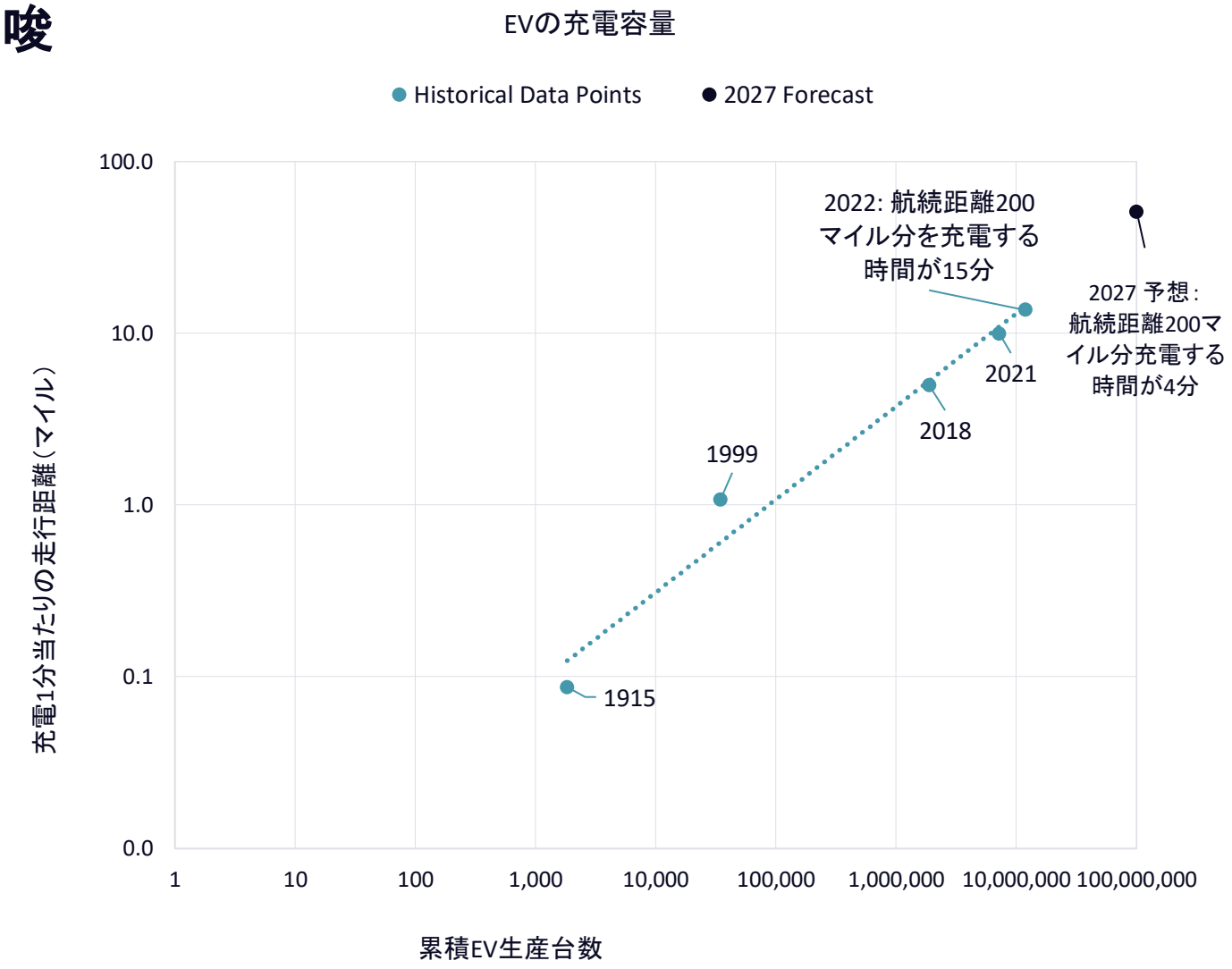


＊リン酸鉄リチウム（LFP）。出所：ARK Investment Management LLC, 2023.

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。

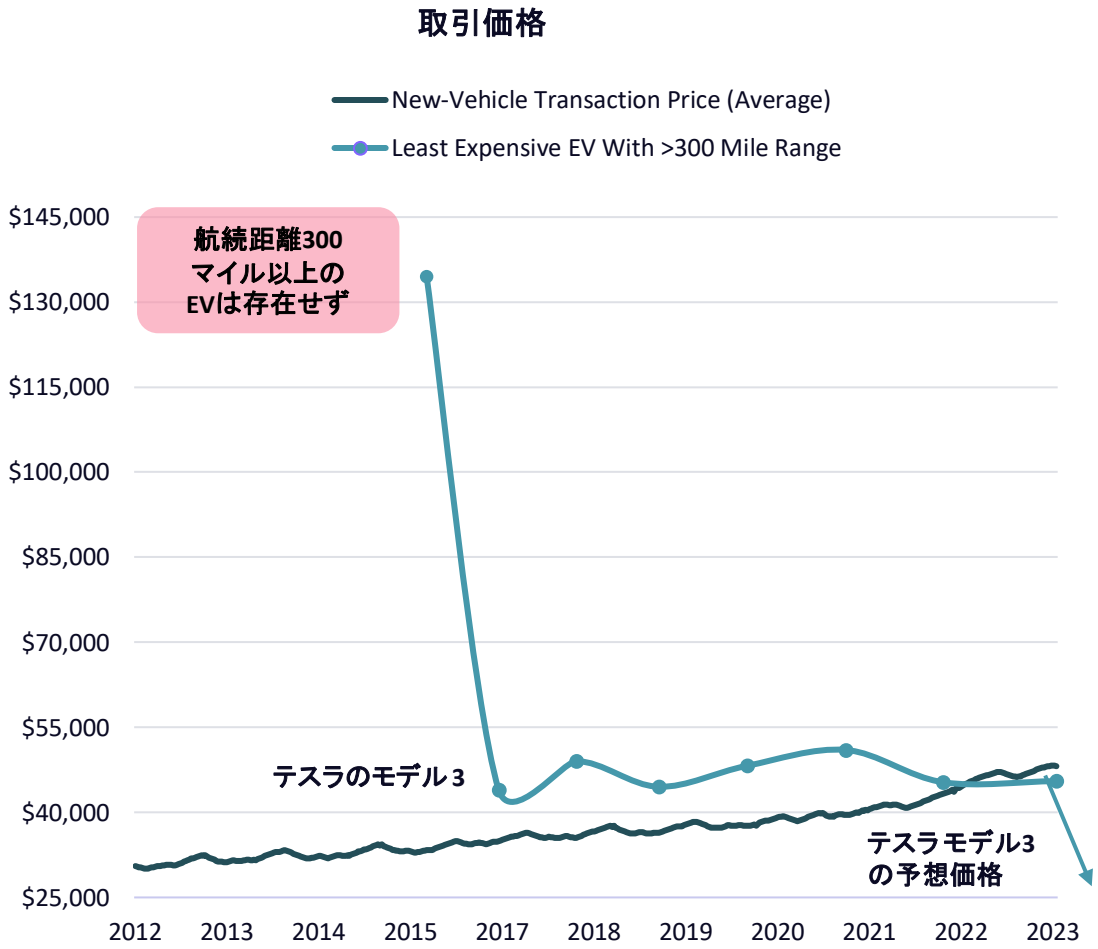
ライトの法則は、EV充電容量の拡大を示唆

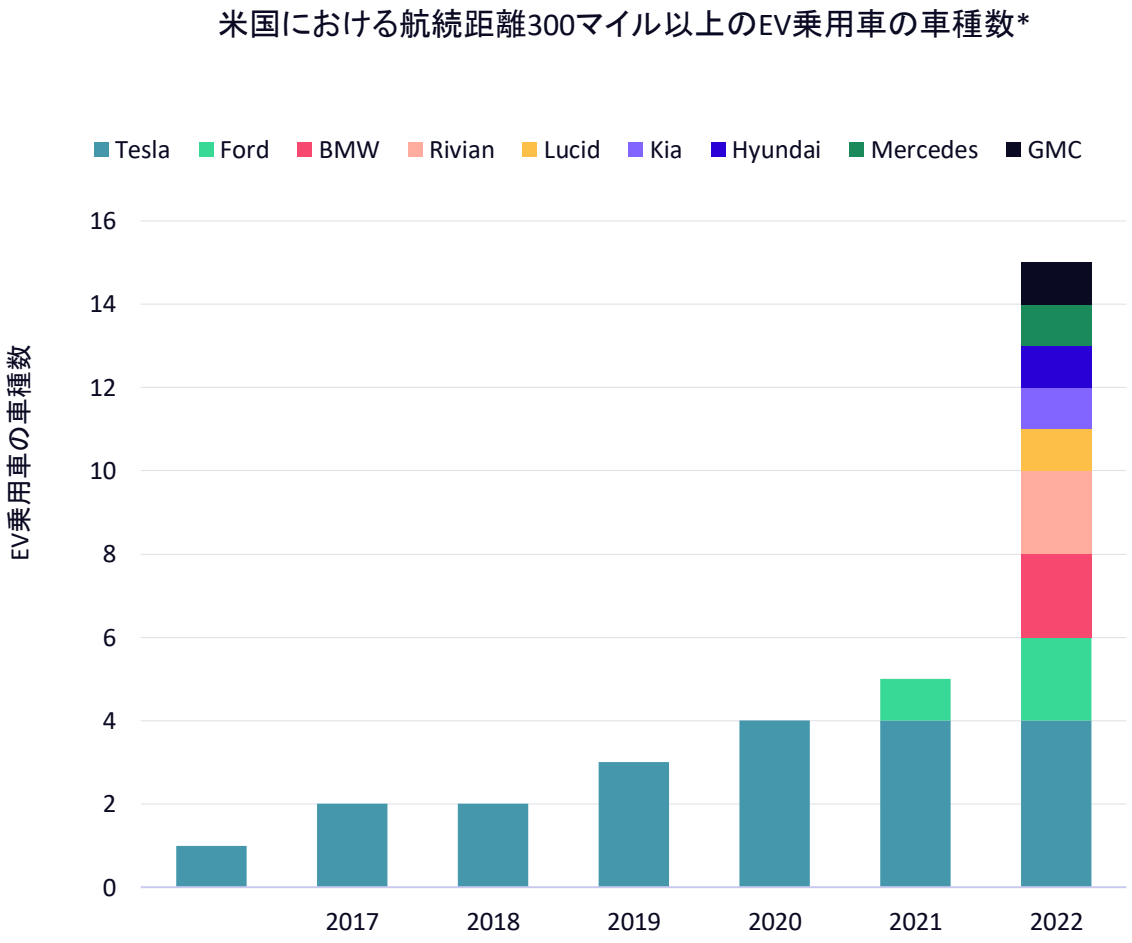
ARKは、システムの効率、航続距離、出力などの全体的な性能を測定する指標としてEVの充電容量が適していると考えます。過去4年間で充電容量は3倍近くになり、航続距離200マイル分の充電に要する時間は40分から15分に短縮されました。向こう5年間でその充電容量は4倍になり、充電時間は4分に短縮される可能性があります。EVの充電容量が妥当な水準に達すれば、業界は自動運転や安全性、エンターテインメントなど、他の機能のための最適化を目指すとARKは予想します。



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。

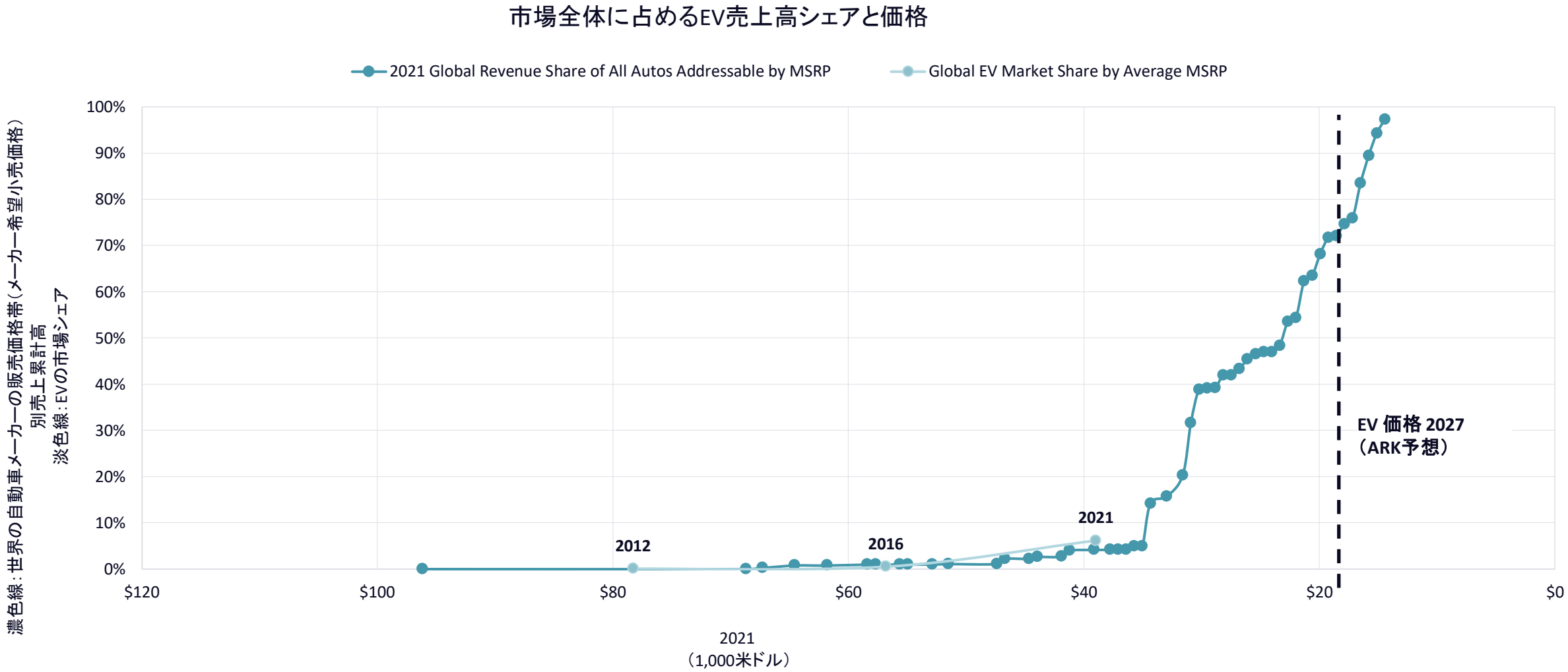
EVの価格はガソリン車価格以下に





*Model Year 2016-2022. 出所：ARK Investment Management LLC, 2023. Kane, M. 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。

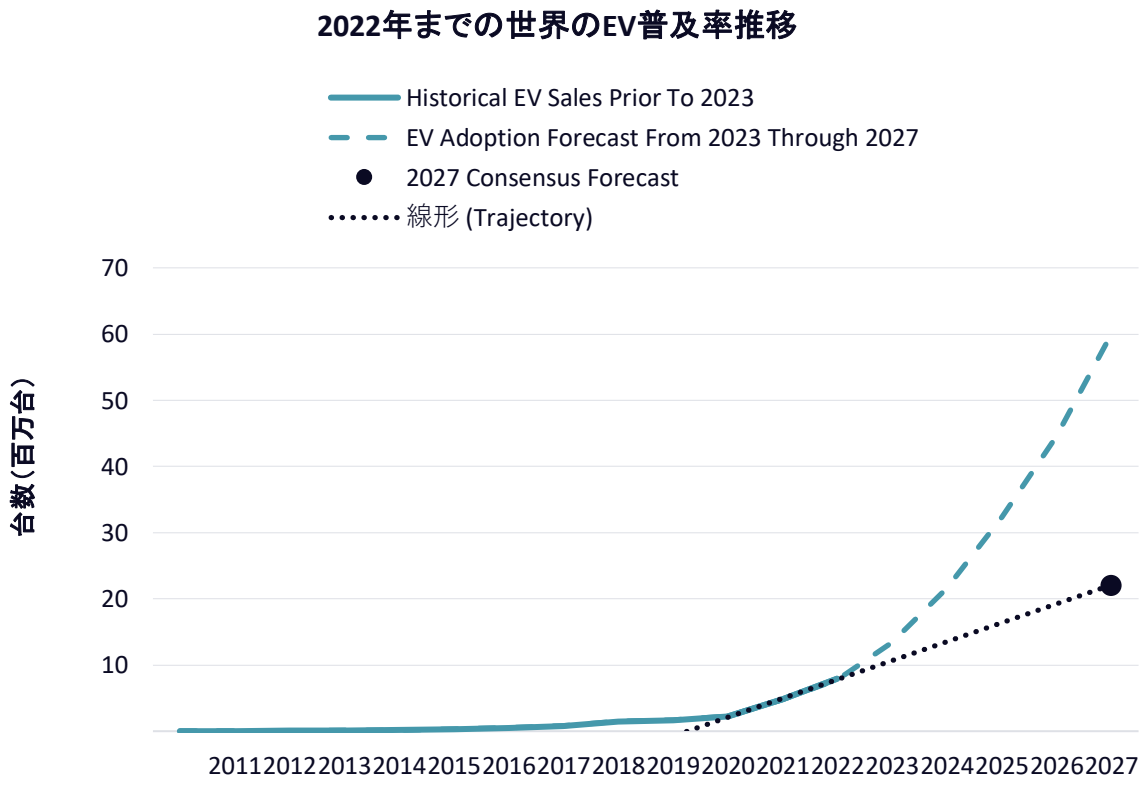
電池コストの低下でEV販売台数は指数関数的な伸びが続く見通し



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。

EV販売台数は指数関数的に拡大したが、コンセンサス予想は直接的な増加

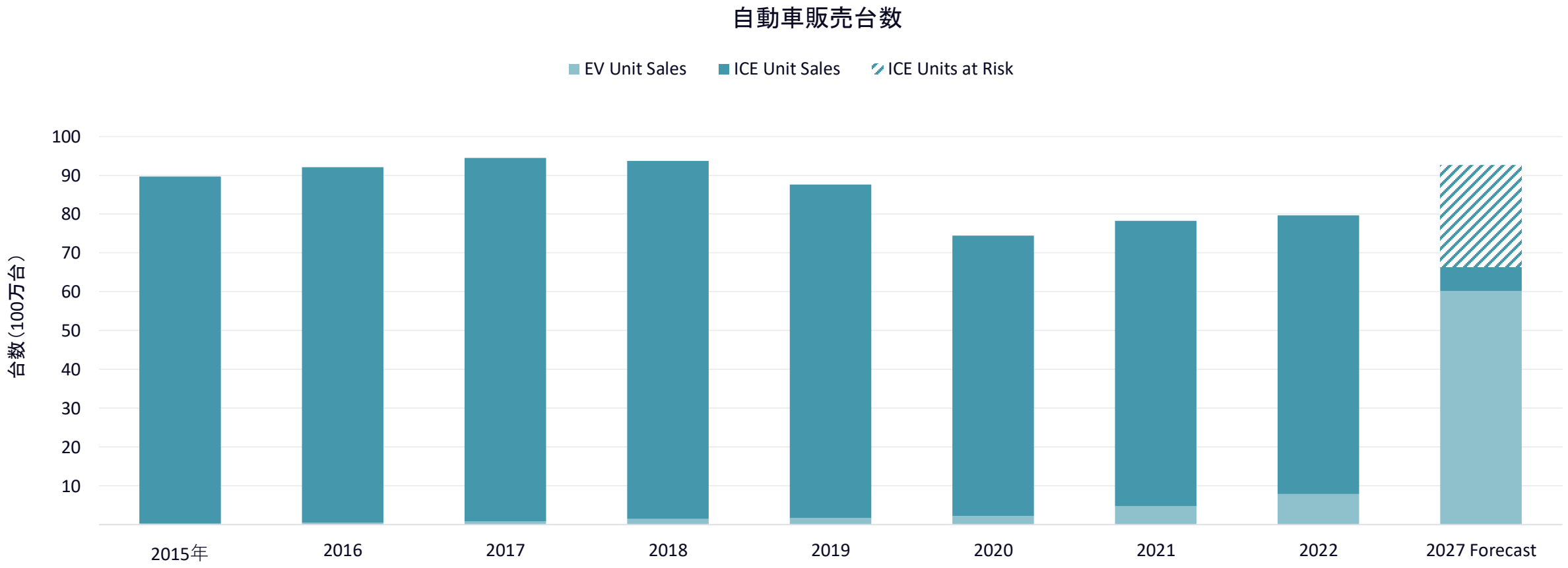
2017年にARKは、航続距離200マイル以上のEVの世界の販売台数は2022年までに1,700万台に近づくと予想していました。その後の世界的なパンデミックやサプライチェーン問題、コモディティ価格の高騰、消費者による航続距離志向などにより、販売台数は約800万台にとどまりましたが、それでも、2017年のコンセンサス予想の4倍に上っています。つまり、実際の販売台数とARKの予想とのかい離幅は約45%でしたが、一方、コンセンサス予想のかい離幅は約400%でした。それでは、2027年の予想の違いをみてみましょう。EVが全自動車販売台数に占める割合は25%になるのでしょうか、それも65%になるのでしょうか。



出所：ARK Investment Management LLC, 2023. Irle, R. 2022; Bloomberg Finance L.P., data as of 01/19/23.
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。

ガソリン車（ICE）のシェアは大幅に低下する見通し

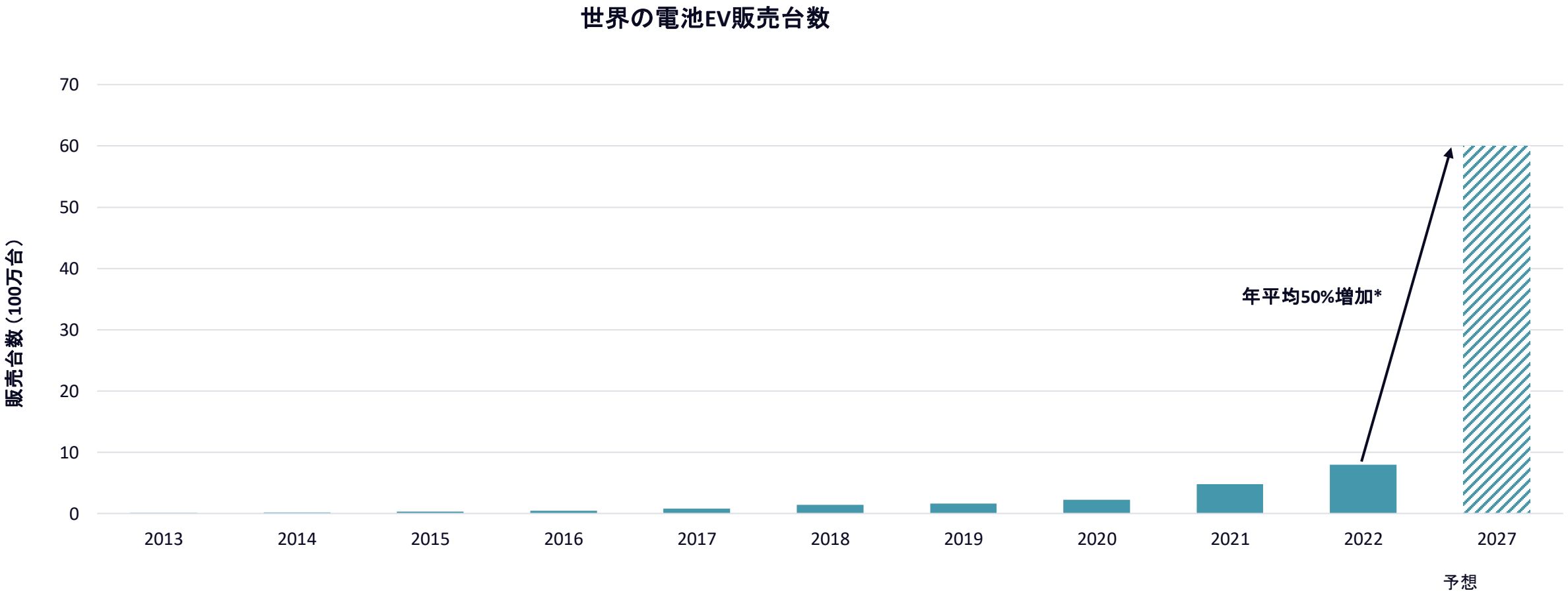
2027年までには、自動車の購入者は、ICEの中古車とEVの新車が、ICEの新車よりも経済的合理性があるとの結論を出すことになるとみられます。その場合、ICE車販売台数の低下が多くの既存の自動車メーカーにとって「死のスパイラル」の始まりとなるでしょう。消費者は価格低下に反応してEV購入を先送りするか、ICEの新車価格で購入できるEVの中古車を選択することになると思われます。



出所：ARK Investment Management LLC, 2023. Irle, R. 2022; S&P Global, data as of 12/29/22.
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。

設備投資計画は、向こう5年間でEV生産台数は年間780万台から 6,000万台へと7倍に増加する可能性を示している

ARKの2027年予想が正しければ、EVの販売台数は向こう5年間に年平均50%増え続け、2022年の約780万台から 2027年には6,000万台になる見込み



*年平均成長率 (CAGR). 出所ARK Investment Management LLC, 2023. Irle, R. 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。

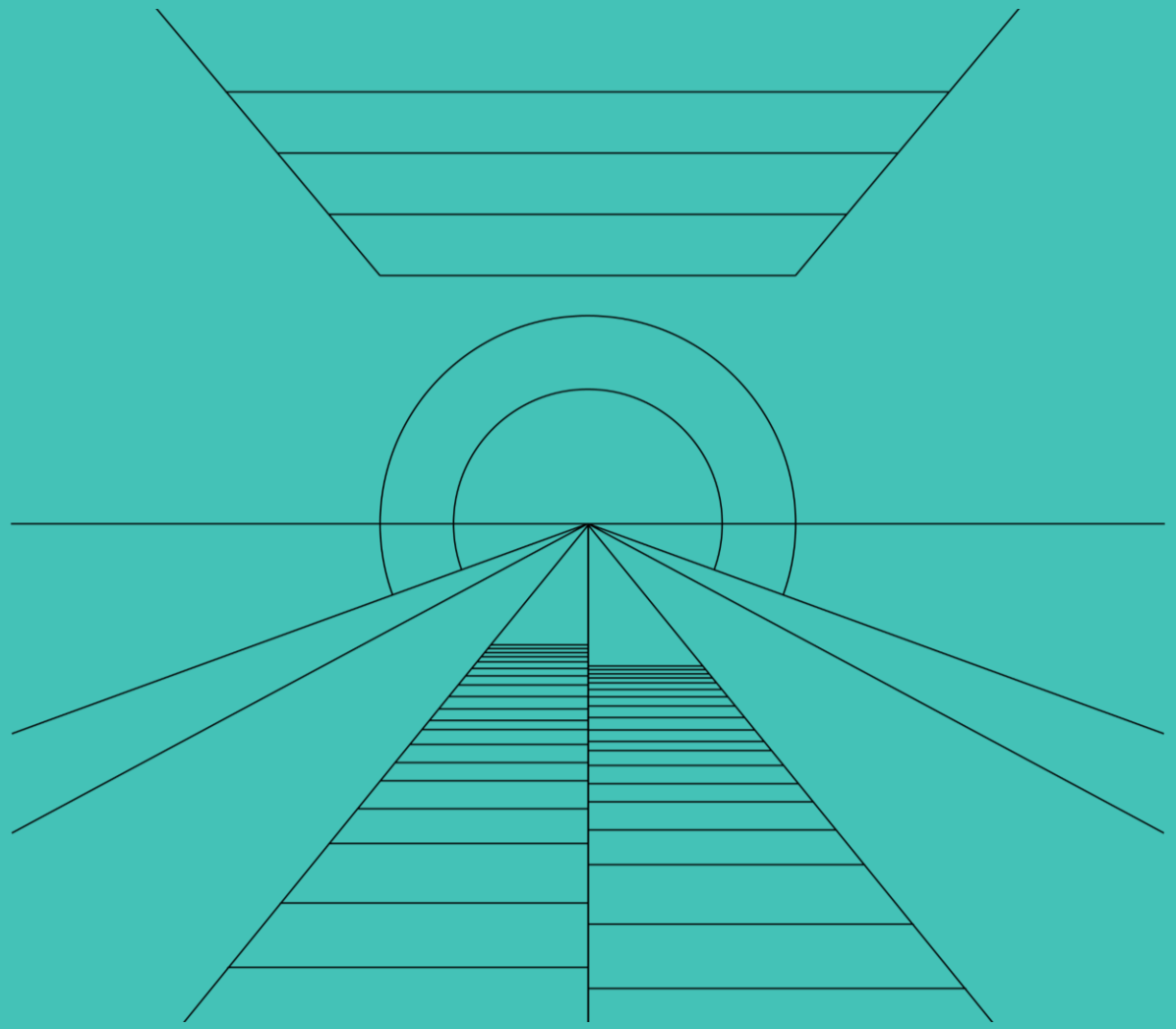
自動運転配車サービス

広範な商業利用に向けた規模の拡大

自動運転配車サービスは、すでに世界の約15都市*で乗客の好評を博しており、今後10年以内に商業利用に拍車がかかる規模に拡大する見通しです。

自動運転による移動コストは、人間が運転する現在の配車サービスの平均コストの約12%になると考えられます。

ARKのリサーチは、世界の自動運転配車サービス・プラットフォームが、今後5年間の売上高4兆米ドルを前提として、14兆米ドルの企業価値を生み出すことを示唆しています。



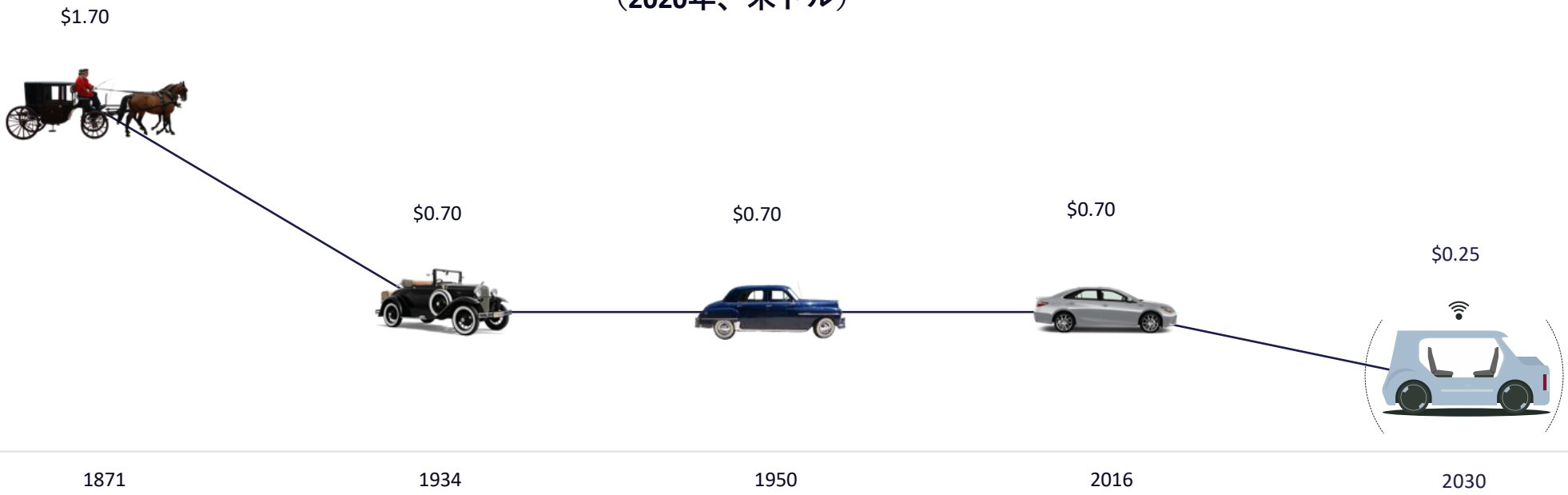
リサーチ担当者：Tasha Keeney（CFA、投資分析・機関投資家向け戦略担当ディレクター）

*2022年末現在で営業している商業向けと非商業向けサービスが含まれています。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。

自動運転配車サービスは2地点間の移動手段として利便性が高く、利用が増加する見通し

インフレ調整ベースで見ると、自家用車を所有し運転するコストは約100年前のT型フォード発売当時から変わっていません。ARKの試算によると、自動運転タクシーの規模が大きくなれば、消費者が支払うコストは1マイル当たり0.25 米ドルとなり、普及に拍車がかかるとみられます。

個人所有車両のマイル当たり移動コスト
（2020年、米ドル）

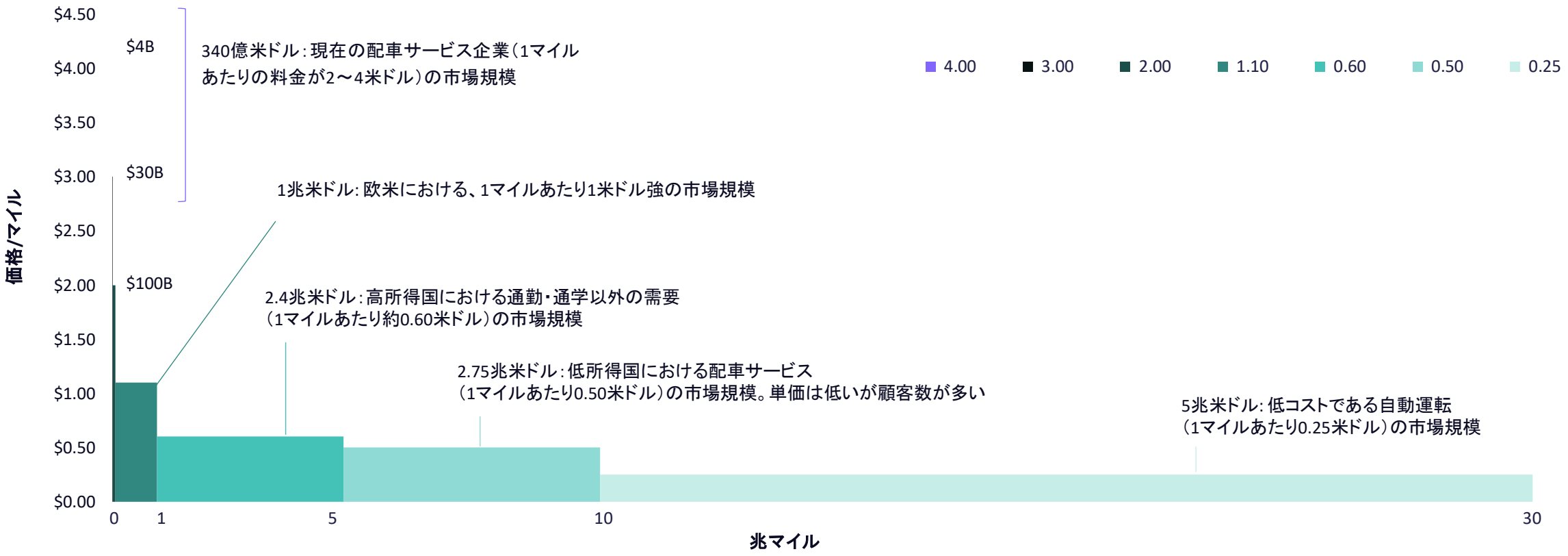


出所: ARK Investment Management LLC, 2023.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

配車サービスは11兆米ドル規模の市場になる見通し

自動運転配車サービスが1マイル当たり0.25米ドルになることで、現在の配車サービス利用者よりも幅広い層を惹き付けると思われます。また、消費者が感じている時間の価値を考慮すると、高価格帯に大きな需要があると予測します。

価格帯別の市場規模*

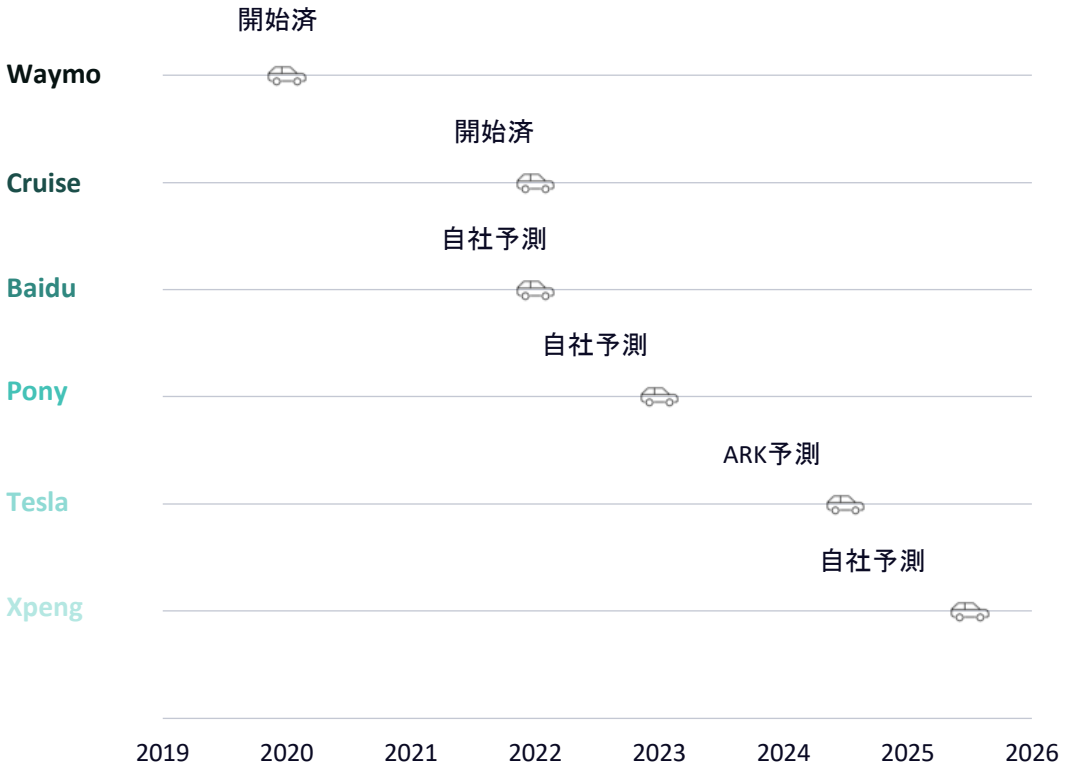


*11兆米ドルは獲得可能な市場規模で、ARKが予測する2030年の売上高ではありません。すべてに自動運転が浸透するとは予測していません。出所：ARK Investment Management LLC, 2023.
予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

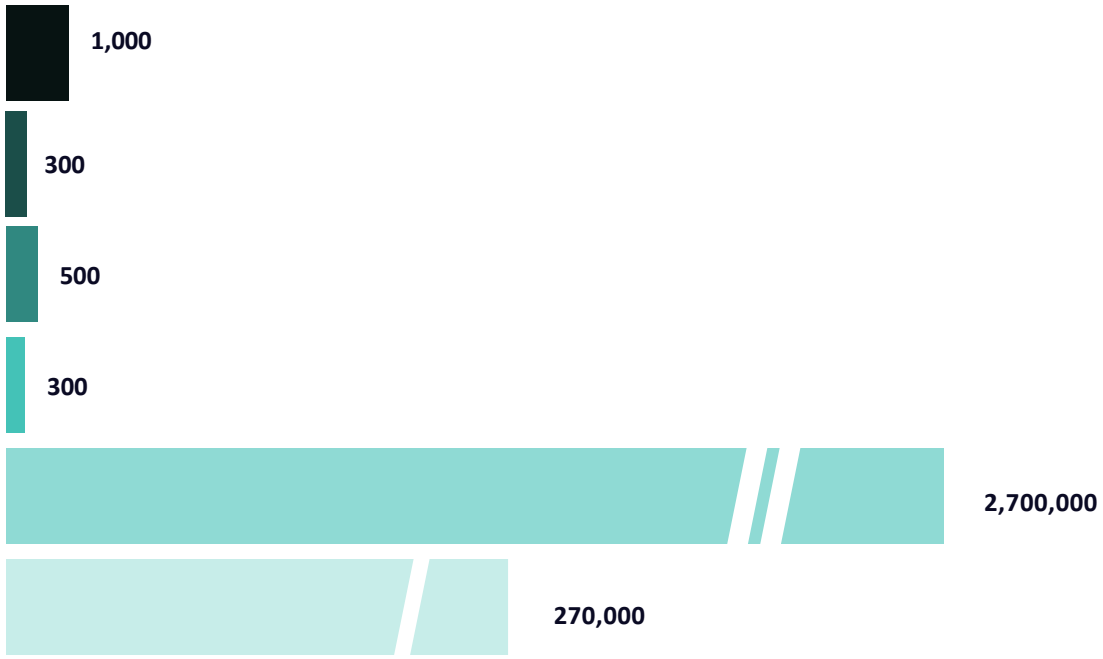
自動運転タクシーはすでに現実のもの

最初に規模を拡大させた企業が市場リーダーになると考えられます。

自動運転タクシー・サービスの開始年



現在データを収集している車両の数*

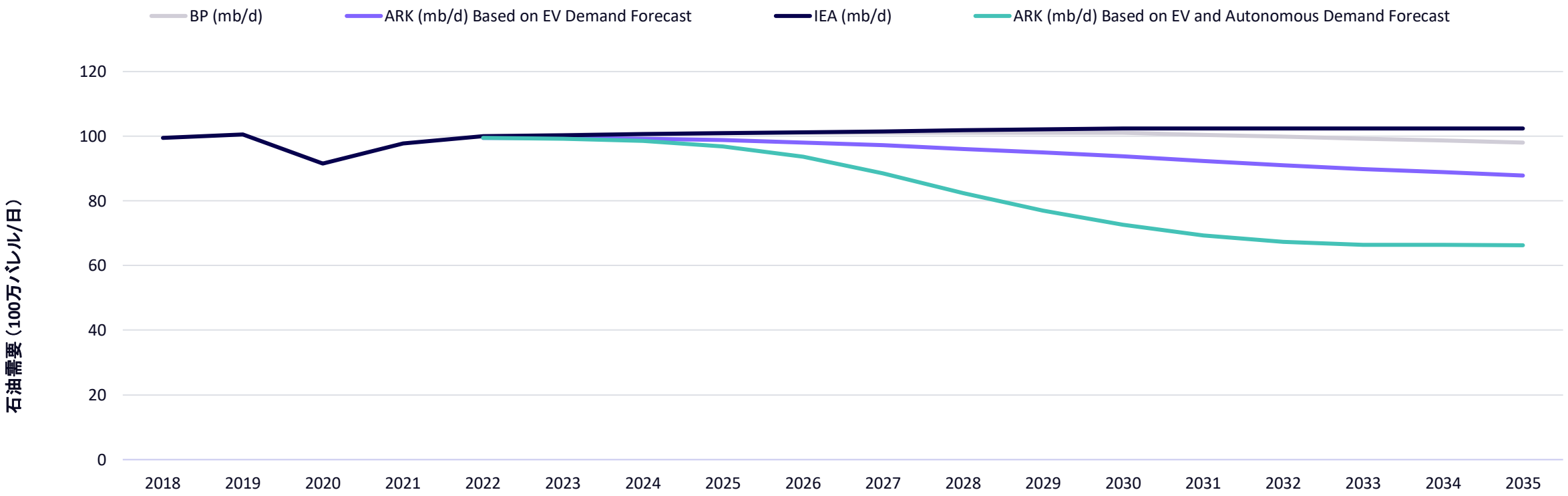


*自動運転のデータを収集できる車両数、ただし、Xpengはまだ全車両が「自動運転」対応ではありません。予測は公表されているデータとARKのリサーチに基づいています。数字は四捨五入してあり、正確な数ではない可能性があります。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Welch, D. 2022; Bellan, R. 2022; Zhang, P. 2022; Irle, R. 2022; Lee, T. 2022; Wessling, B. 2022; TechNode 2022; TechNode 2022; Pandaily 2022; Bellan , R. et al. 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。

自動運転の電気自動車へのシフトが起こると、2030年には石油需要が30%減少する可能性

電気自動車に関するARKの予測に基づくと、石油需要は間もなくピークを迎え、2030年には5%（日量500万バレル）、2035年には10%減少する可能性があります。稼働率が自家用車の10倍になり得る自動運転車の普及を考慮に入れると、2035年には石油需要が日量3,000万バレル減少する可能性があります。

世界の石油需要



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Cozzi, L. et al. 2022; BP p.l.c. 2022; IEA 2021.
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。

世界の自動車販売台数は2017年がピークだったかもしれない

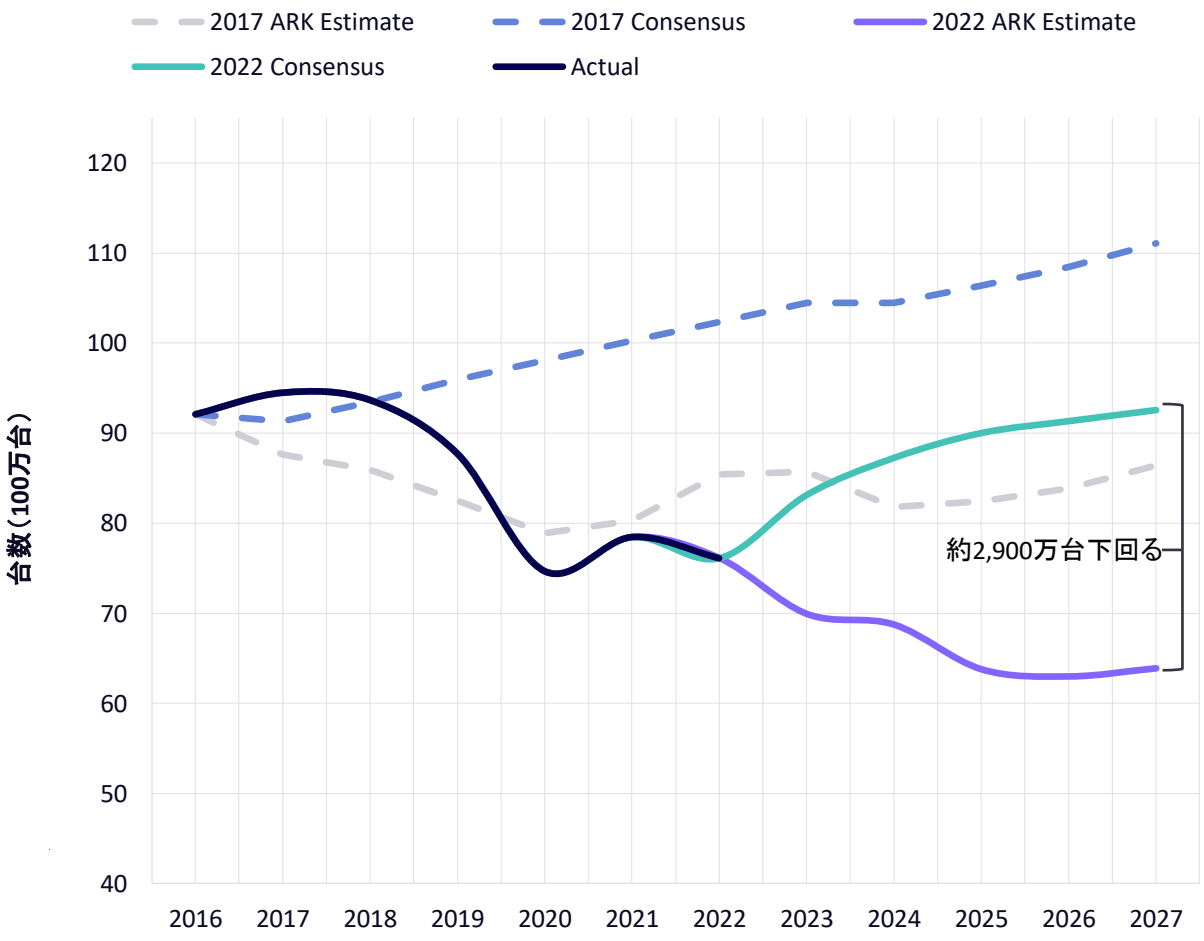
ARK は2017年に、人間が運転する配車サービスと自動運転タクシーによって2025年には自動車販売台数がコンセンサス予測を約2,400万台下回ると予測しました。

2017年以降、実際には新型コロナウイルス感染症に関連したサプライチェーン危機が主因で自動車販売台数はARKの予測以上に減少しました。

自動運転車は人間が運転する車両より稼働率が高く、利用者数と1人当たりのマイル数（距離）が多いことを相殺しても、道路上の車両数は減少すると考えられます。

ARKは現在、自動運転タクシーが都市輸送の中心になる中で、自動車販売台数は2025年と2027年のコンセンサス予測をそれぞれ約2,600万台、約2,900万台下回ると予測しています。

世界の年間自動車販売台数



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. S&P Global、 2022年12月28日現在。
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。

自動運転タクシーが短距離便の航空路線を約60%減少させる可能性

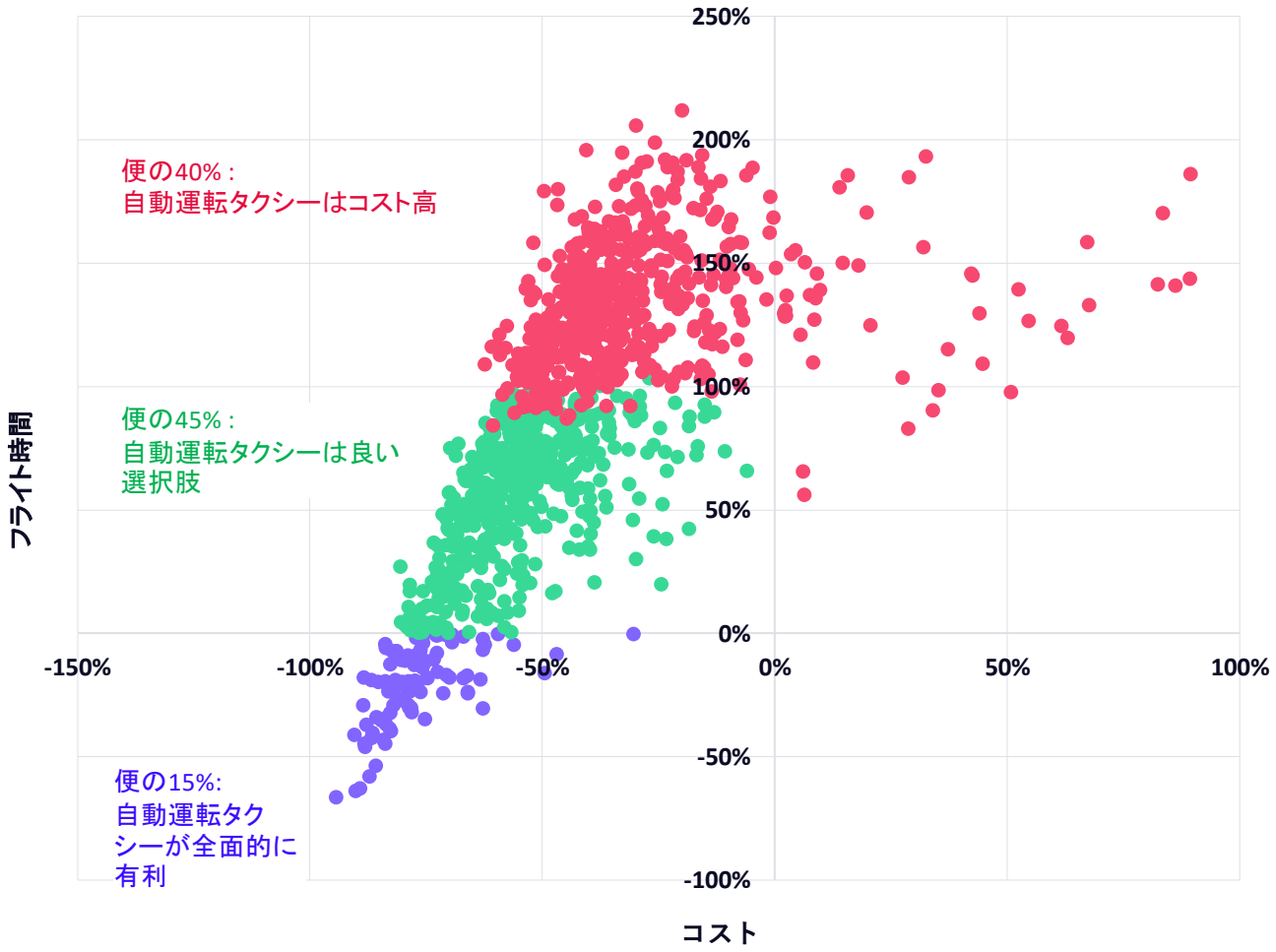
自動運転タクシーの価格が4米ドル（1マイル当たり）から0.25米ドルに低下することが見込まれることから、空港へ（から）の移動時間とコストを考慮すると、自動運転タクシーを利用する方が短距離便の約60%よりも魅力的な選択肢になる可能性があります。

現在、自動運転タクシーに置き換えらえる可能性がある短距離便の合計運賃は1,000億米ドルと、世界の全航空会社の売上高の20%に相当します。

自動運転タクシーの料金が1マイル当たり0.50米ドルであれば、半分以上の短距離便数よりも安価になります。1マイル当たり0.25米ドルであれば、短距離便数の95%よりも費用対効果が高くなると考えられます。

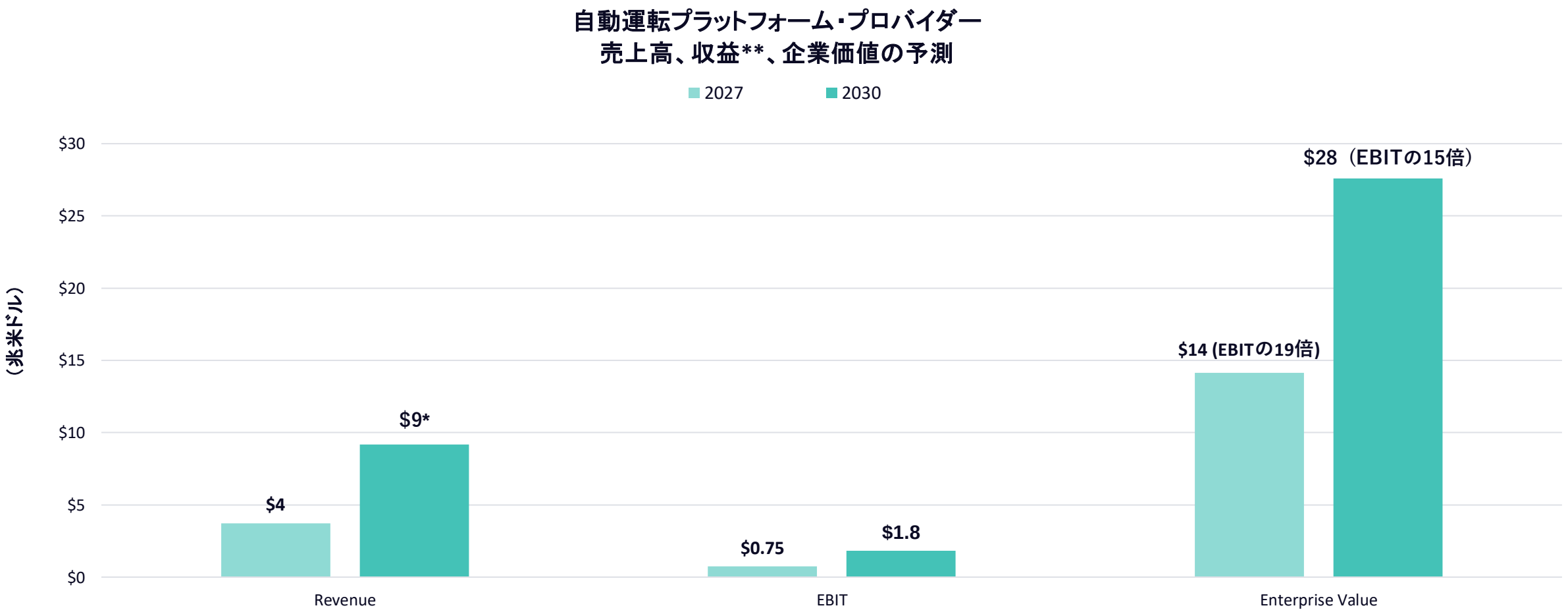
人数が多い場合、コストと時間のメリットはより大きくなります。2人、3人で自動運転タクシーを利用する場合は、短距離便数の75～84%よりコストをセーブすることができると考えられます。

自動運転タクシーと短距離便のコストと時間の比較*



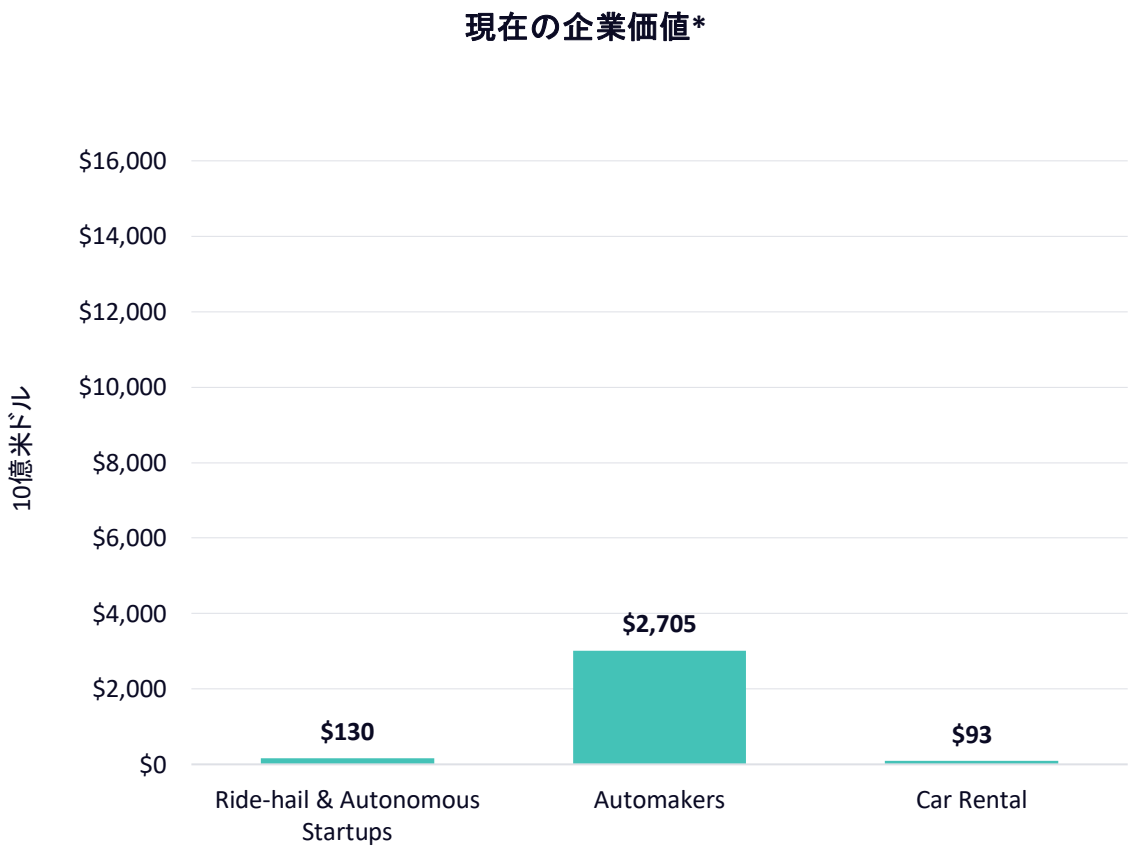
* 旅行者1人の短距離便。自動運転タクシーは1マイル当たり0.25 米ドル。分析ではARKが予測する自動運転タクシーによる交通量の増加と飛行時間を考慮しています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Google Fligths、2023年1月20日現在。Miller, A. 2021; Federal Highway Administration 2020; Federal Highway Administration、2022年12月28日現在。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または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。

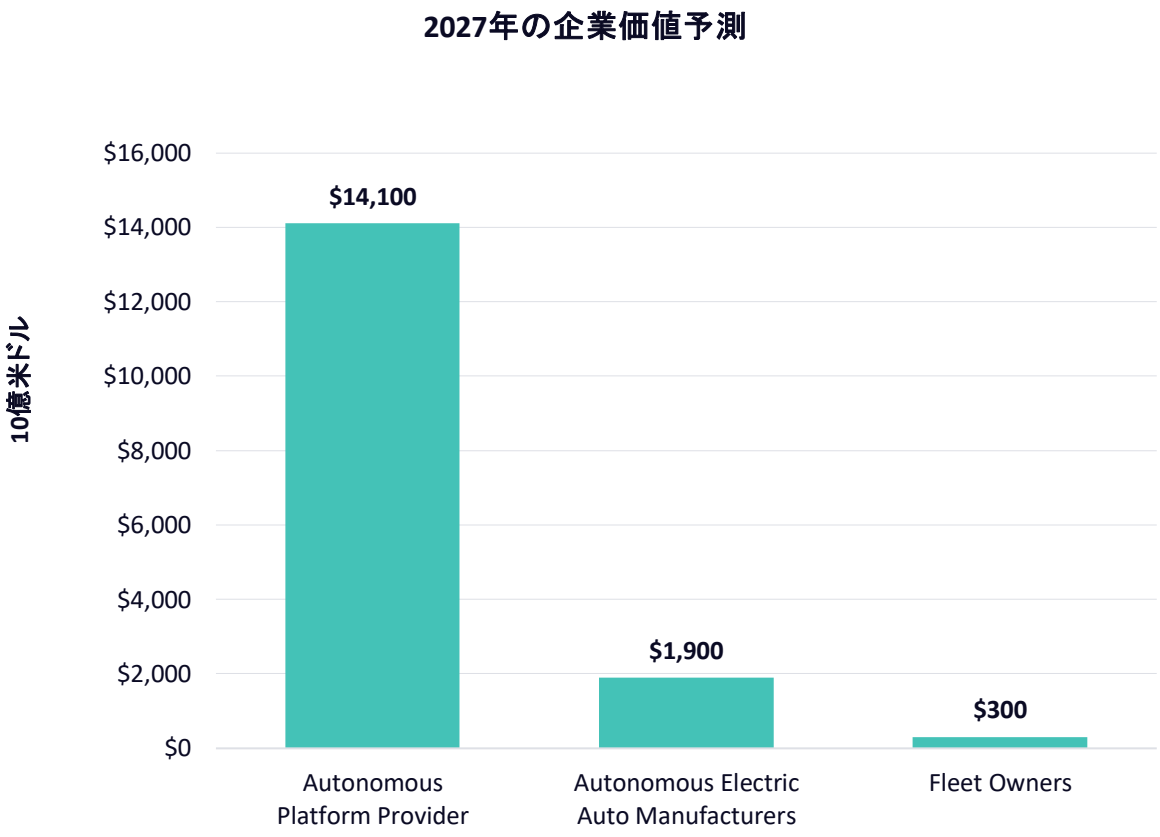
2027年には自動運転タクシーの収入が4兆米ドルに達する可能性



*9兆米ドルはARKによる普及予測に基づく2030年の予測売上高です。獲得可能な市場規模全体は11兆米ドルと予測しています。**支払利息および税引き前利益(EBIT) 。
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。

2027年には自動運転配車サービス・プラットフォーム企業が自動運転関連企業の企業価値の大部分を占める可能性





昨年：	3,000億米ドル	4兆1,000億米ドル	1,000億米ドル	5年平均成長率（複利）：	137%	-7%	99%

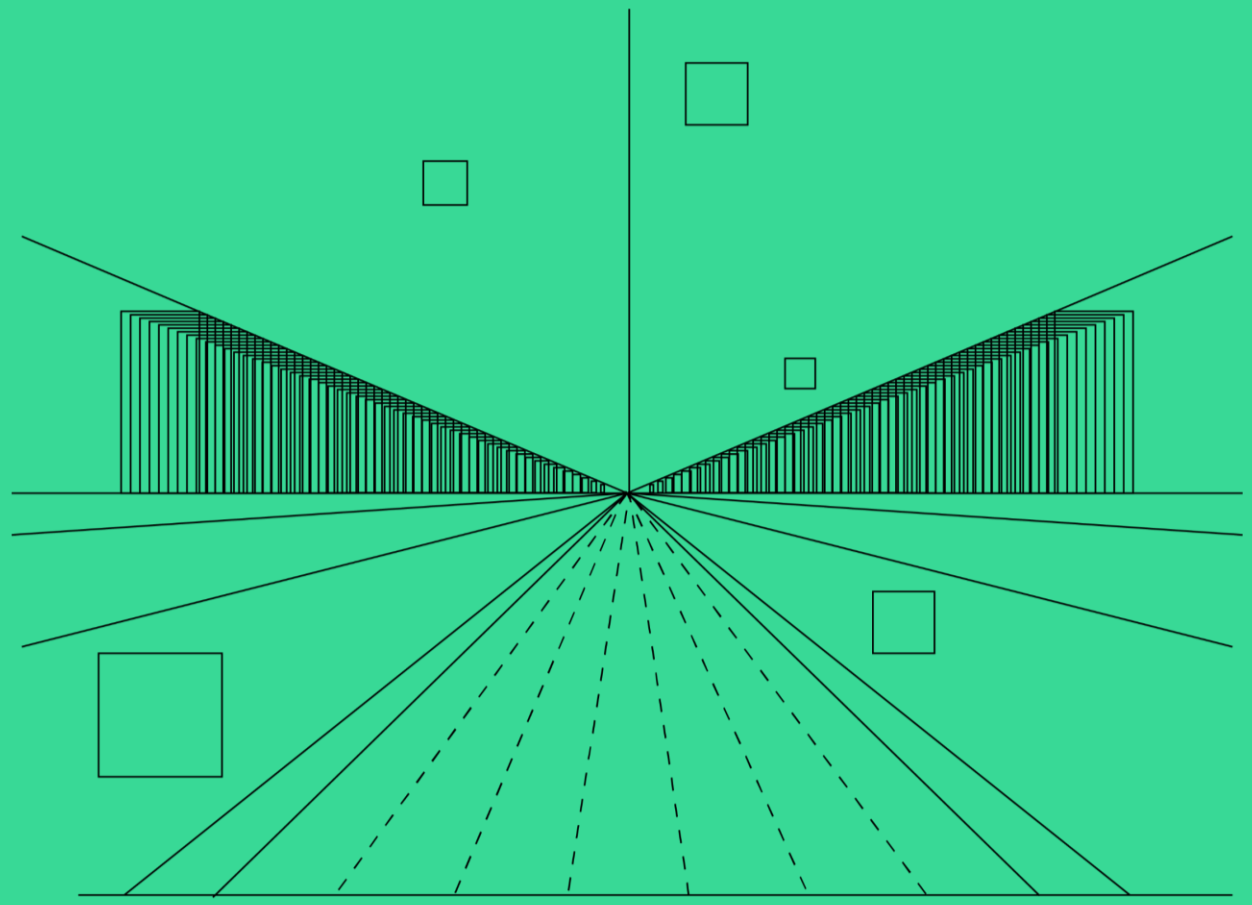
* 2023年1月の企業価値。自動運転のスタートアップ企業については現在の企業価値からプライベート企業調整値60%を割引 いた数値を使用しています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. CapitalIQ、2023年1月23日現在。Kuzmichenok, V. 2021; PitchBook, 2023年1月23日現在。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

自動配送

新しい形のグローバル・サプライチェーン

トラック、ドローン、自動配送ロボットなどによる自動配送は、配送コストを下げ、利便性を高めることにつながります。

ARKの最新の価格予測に基づくと、自動配送の収入は現在のゼロから2030年には1～2兆米ドルまで拡大すると予測しています。1配送あたりの料金は0.20米ドル～10米ドルになると考えられます。



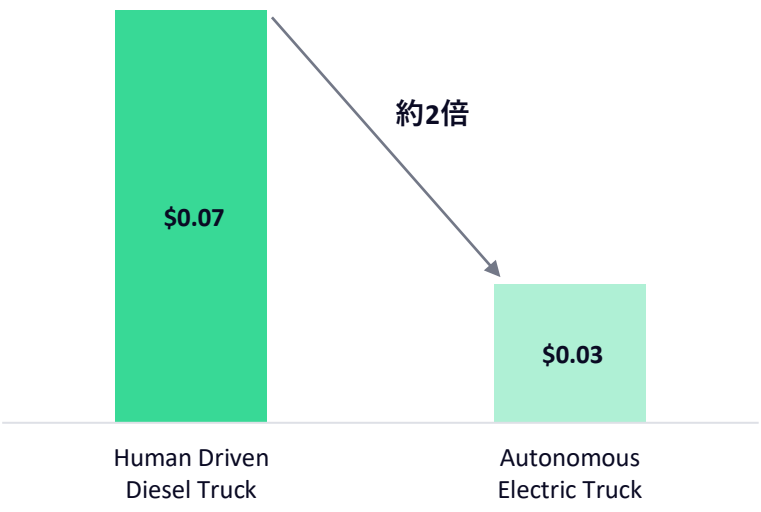
リサーチ担当者:Tasha Keeney（CFA、投資分析・機関投資家向け戦略担当ディレクター）

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。

自動運転車（地上走行と飛行の両方）がサプライチェーン全体のコストを低下させる

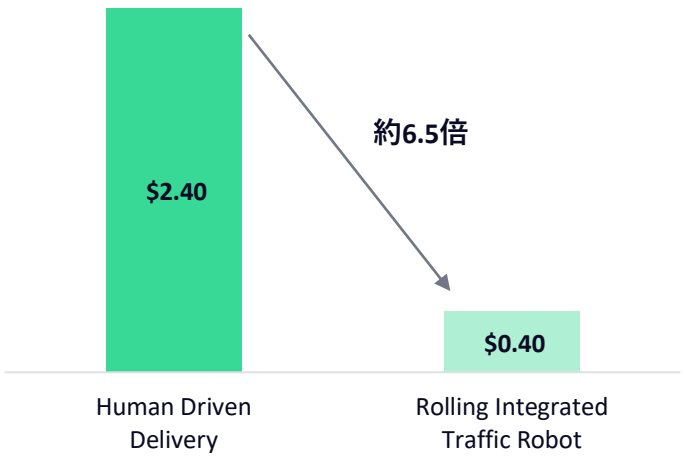
ARKのリサーチによると、自動運転車の稼働率は人間に依存する方法よりも高くなり、特にラストマイル（最終配送拠点から届け先まで）の少量輸送において、よりコスト効率の高い配送システムとして機能します。

トラックの配送コスト（トン・マイル当たり）



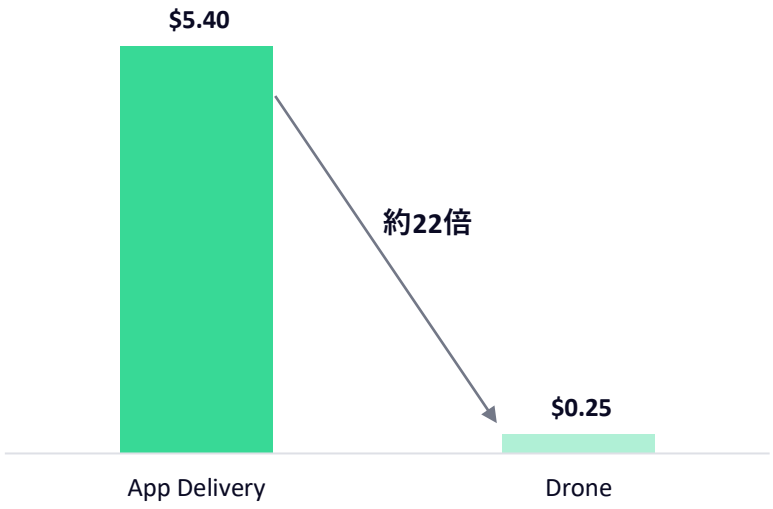
自動運転の電気トラックは、人間が運転するディーゼルトラックよりも稼働率が高く、維持費や人件費が低いというメリットがあります。

短距離の一斉配送コスト（配送回数当たり）



食料品の自動配送ロボットは低コストで便利な配送を可能にし、消費者の買物様式を変えると考えられます。

短距離の小口配送コスト（配送回数当たり）



自律型ドローンはオンライン販売の品物や食事の配送において相当のシェアを獲得する見通しです。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Bureau of Transportation Statistics 、2023年1月27日現在。Kilcarr, S. 2014; AAA 2021; Morrison, R. et al. 2015; Ferguson, D. 2020; DJI 、2023年1月27日現在。Chen, B. 2020.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。

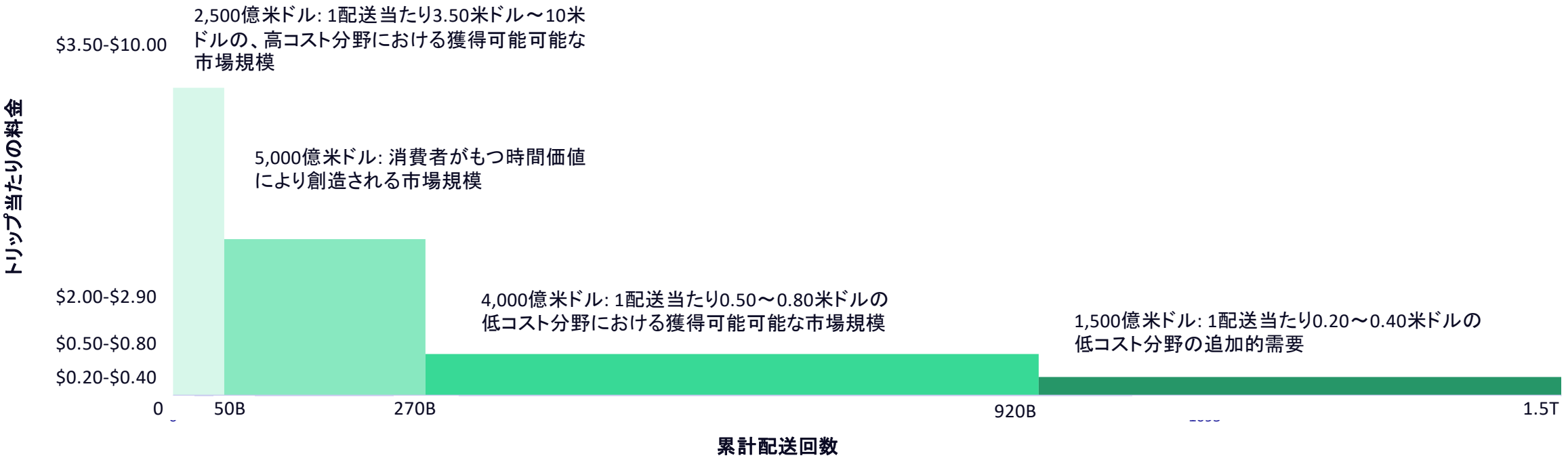
自動運転配車サービスと同様に、ロボットとドローン配送のインパクトはコストの高い国の方が大きくなる見通し

*点線部分はプラットフォームによる価格の幅を示しています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Pitney Bowes Inc、2023年1月27日現在。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。

リアルタイム自動配送の獲得可能な市場規模は2030年に1～2兆米ドルになる見通し

ドローンやロボットによる配送は、1配送当たり0.20～0.40米ドルで採算が取れるようになりますが、短期的には、現在の郵送やリアルタイム配送の料金体系では、1配送当たり10米ドルでも採算が取れる可能性があります。

2030年に自動配送の獲得可能な食品配達と宅配の市場規模*
—価格帯別の市場セグメント—

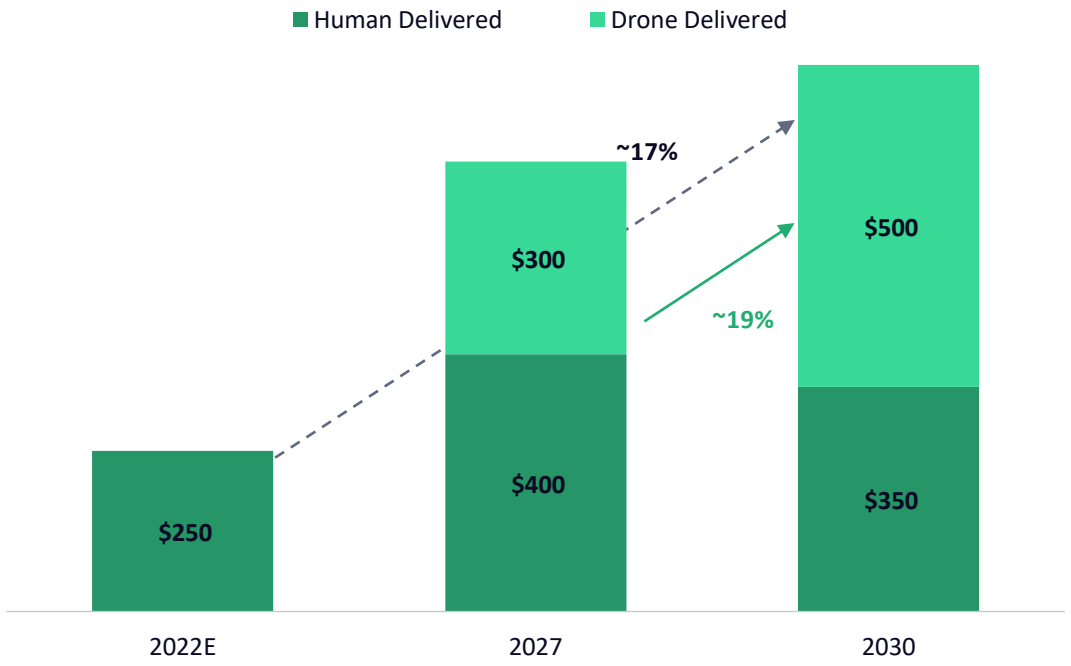


*グラフ中の数字は四捨五入してあります。約1.2兆米ドルは獲得可能な市場規模であり、2030年の売上高と市場規模は普及率に依存します。数字の詳細は次のスライドに記載されています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

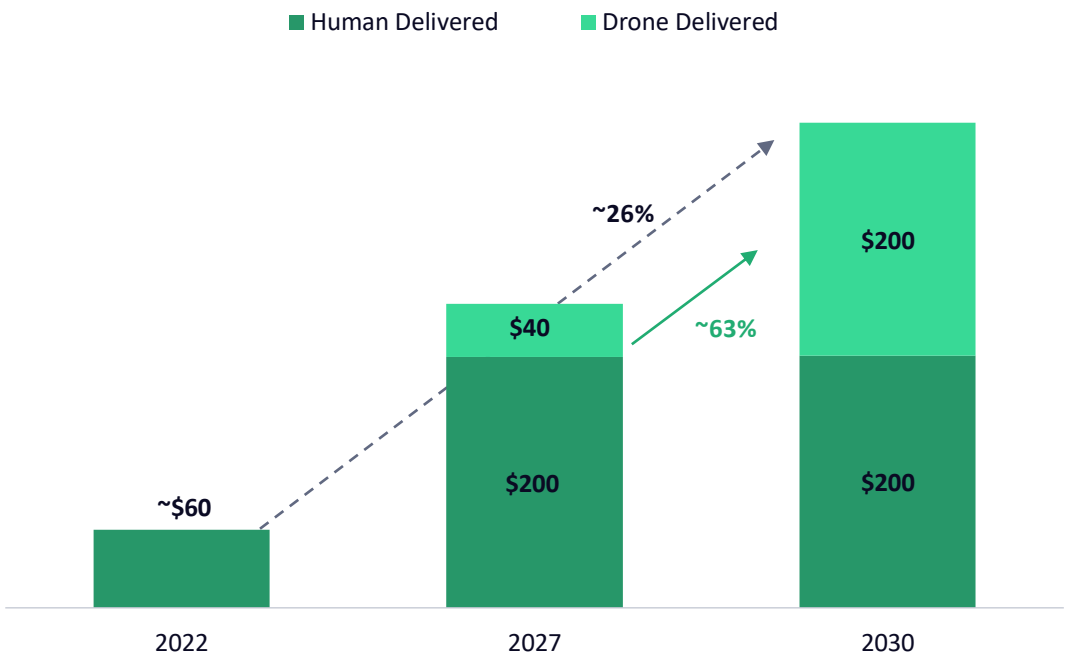
ドローンによる食事と宅配便の配送が当初の予測よりも規模が大きくなると考えられる

当初の配送料が予測を上回ったため、ドローンによる配送規模は、2030年には宅配便が5,000億米ドル、レストランの食事配送が2,000米億ドルと、ARKが以前に試算した金額の約6倍になる可能性があります。2030年には、オンライン取引（20兆米ドル）、食事（2兆米ドル）のそれぞれ半分以上がドローンによる配送に切り替わる可能性があります。2020年代の終わりに向けての成長は、超指数関数的なものになりそうです。

宅配便の配送料（単位：10億米ドル）



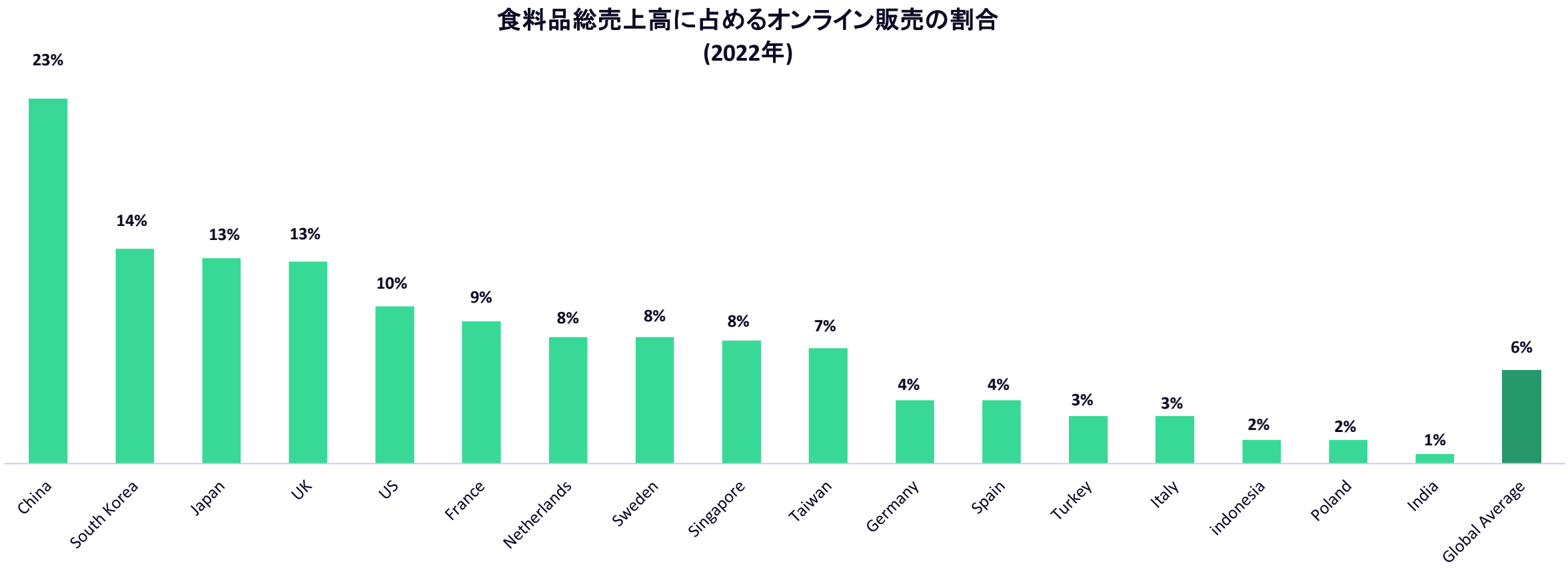
ドローンによる食品配送料（単位：10億米ドル）



*宅配便料金はラスト・マイルみの料金です。2022年の数値は四捨五入しています。宅配便料金は、 Pitney Bowes社のデータを使い、同社の向こう5年間の予測レンジ内の年平均成長率を使用しています。グラフ内の数字は四捨五入されており、成長率はその数字に基づいて計算されています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Pitney Bowes 、 2023年1月23日現在。Insider Intelligence、2023年1月23日現在。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。

全世界の食料品売上高に占めるオンラインの割合はわずか6%に過ぎない

興味深いことに、米国においてオンラインで食料品を注文した購入者の30～40%は店頭で商品を受け取っています。しかし、便利で安価なロボット配送システムの普及により、この数字は低下すると考えられます。

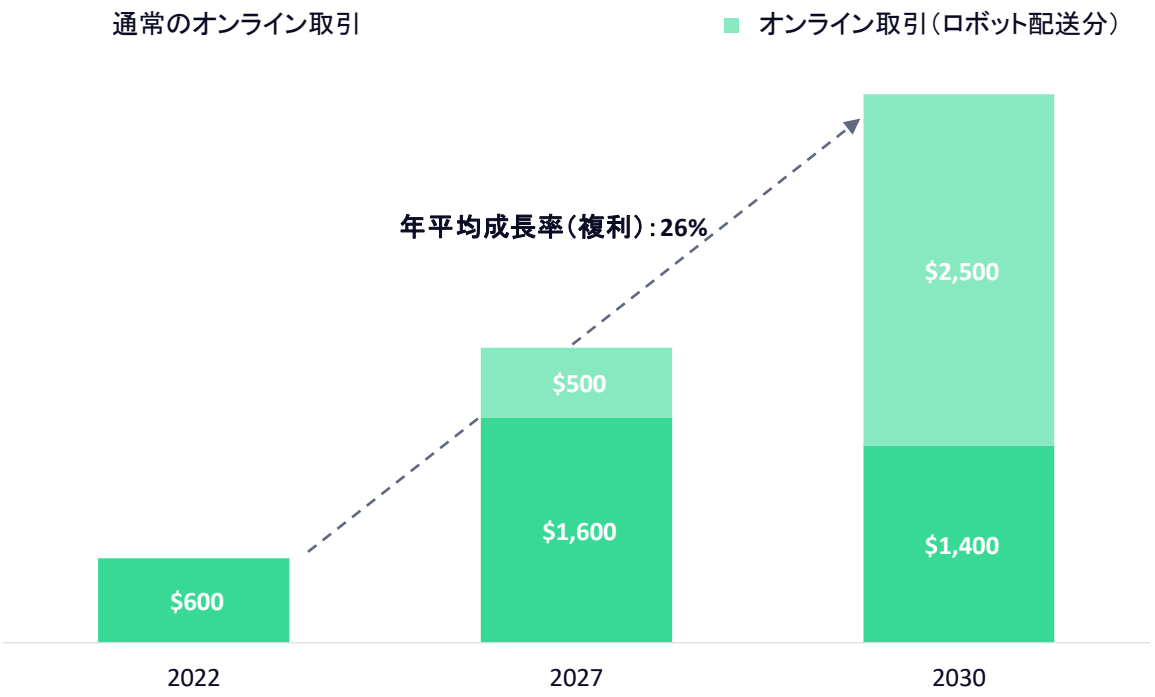


*日本、スペイン、イタリア、ポーランド、スウェーデンの数字はそれぞれの2018年、2019年、2021年のデータを基に推定しています。 世界平均は各国における内食のシェアで加重平均しています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Crisp, A. 2018; Simmons, V. et al. 2022.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

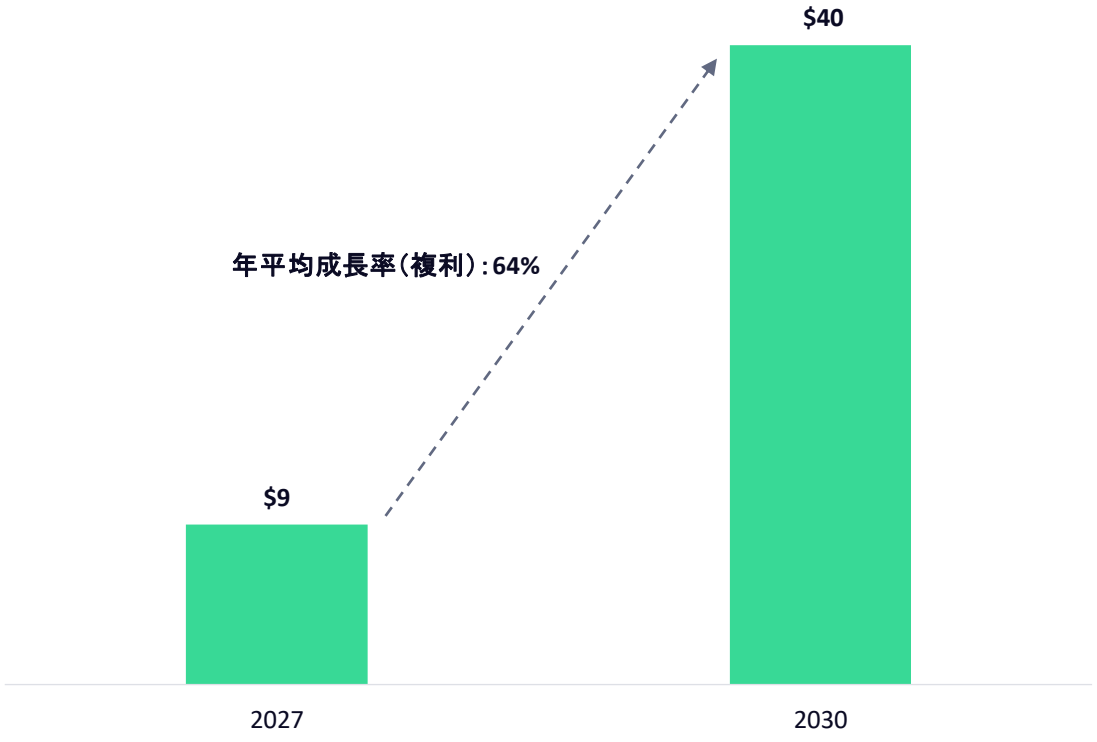
2030年にはロボットによる食料品配送の収入は400億米ドルになる見通し

2030年にはオンライン取引が世界の食料品市場（11兆米ドル）の35%を獲得し、その配送の半分以上がロボット配送に切り替わる可能性があります。

食料品のオンライン売上高
（配送料を除く、 単位：10億米ドル）



ロボットによる食料品配送料金*
（単位：10億米ドル）

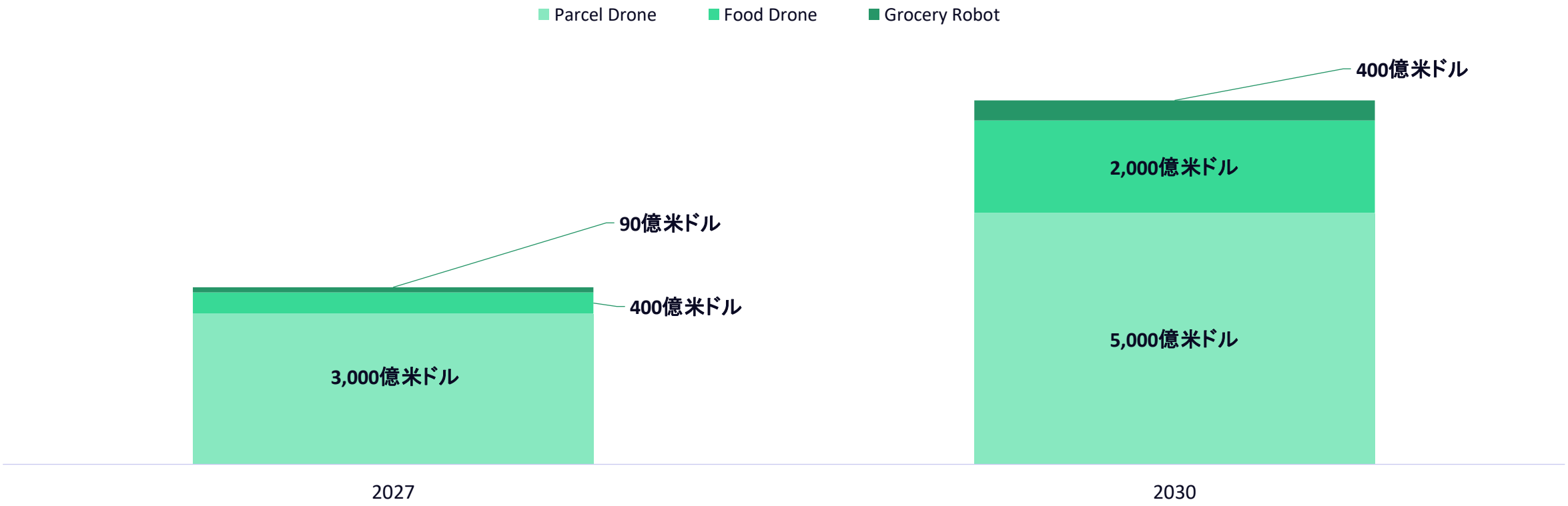


*ARKのロボット配送予測において最も不透明な点は自動配送ロボットの生産ペースです。ARKの予測通りに向こう10年間に自動車販売台数が減少すれば、従来型の自動車メーカーがより迅速にロボットなどの機械に生産をシフトさせると考えられます。出所: ARK Investment Management LLC, 2023.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

2030年にはドローンによる宅配便と食料品配送の収入は7,000億米ドル超になる見通し

Google Wing、Amazon Prime Air、Nuro、Meituan、Alibaba、JD、Walmart、Domino's Pizzaが自社、あるいは他社と提携してドローンとロボット配送ソリューションを開発しています。ARKの見解では、自動配送に関する多くのテクノロジーを保有し運営する企業が大きな市場シェアを獲得すると考えられます。

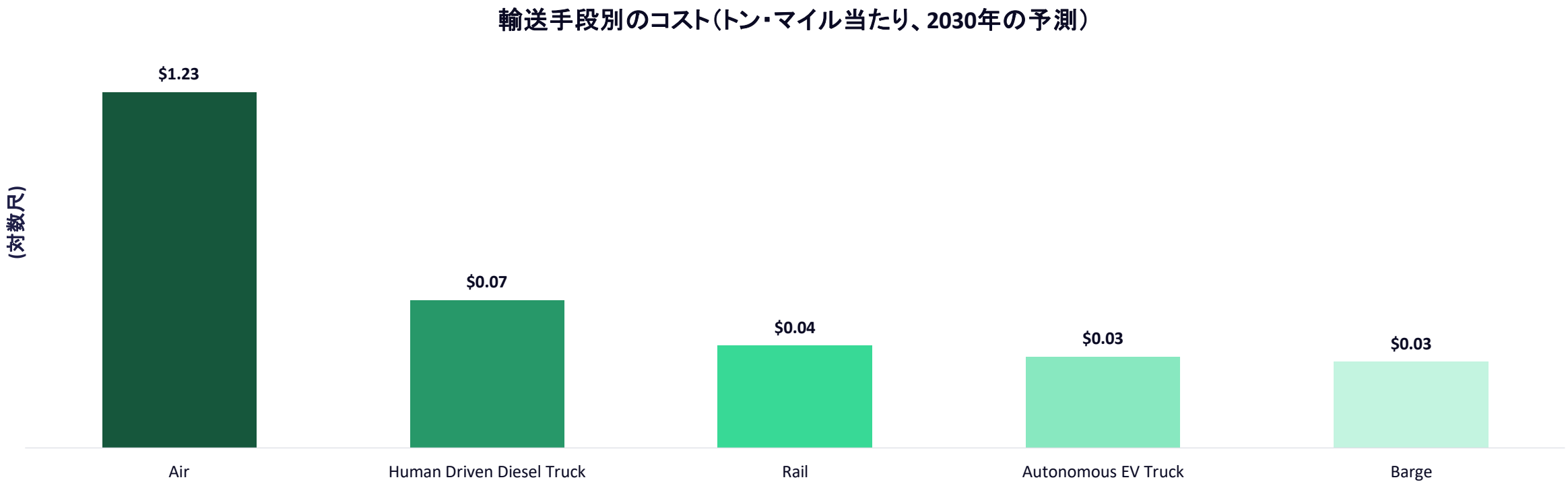
リアルタイム自動配送の収入*



*グラフ内の数字は四捨五入してあります。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年には自動運転トラックの費用対効果が鉄道を上回る見通し

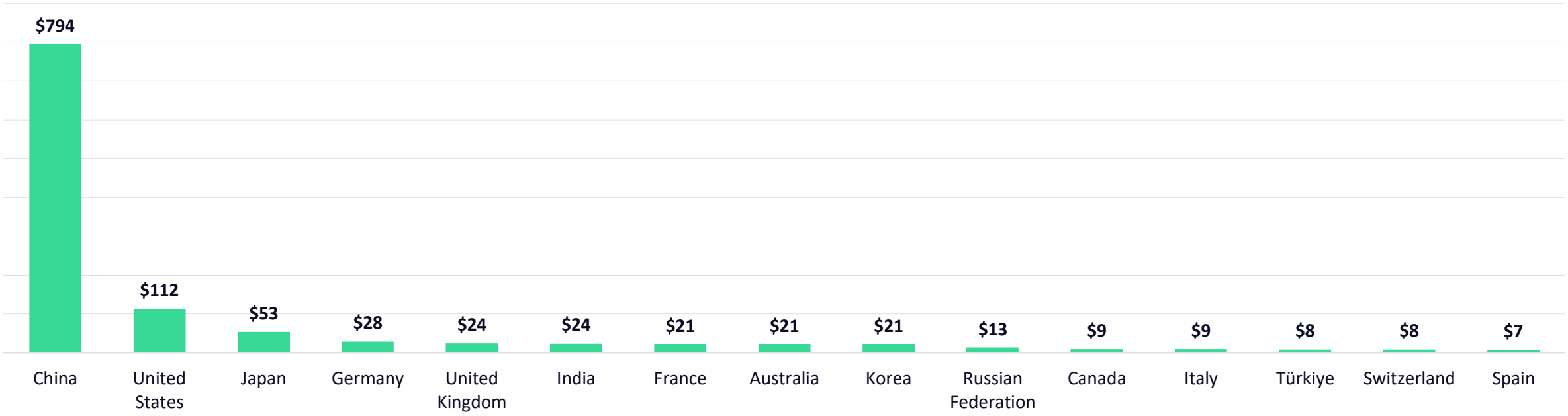
ドア・ツー・ドアの輸送においては、トラックは鉄道に比べて配送時間の面で大きなメリットがあり、複合一貫輸送のシェアを奪うと考えられます。Aurora、Waymo、Pony.ai は自動運転トラック・プラットフォームを開発している企業の例です。



注：グラフ内の数字は四捨五入してあります。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Bureau of Transportation Statistics 2017.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。

自動運転トラックが鉄道インフラを陳腐化させる可能性

世界全体で年間1.2兆米ドル超が鉄道インフラに投じられており、その半分超を中国が占めています*。

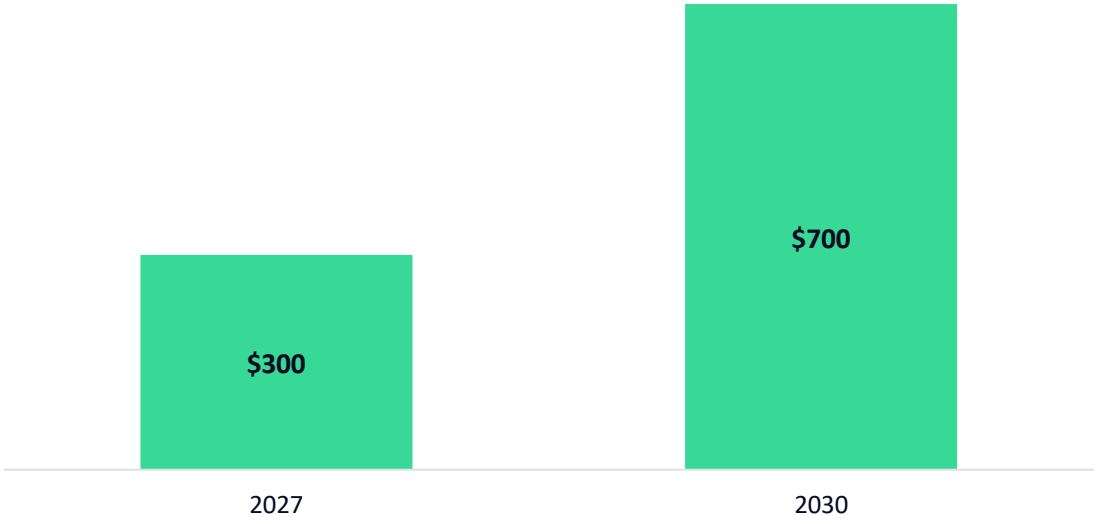


* 2016年～2020年の入手可能な最新データを使用。1.2兆米ドルは入手可能なデータの国の投資額の合計であり、世界全体の総額はこの数字を若干上回ると推定されます。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Barreto, M. et al. 2022.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

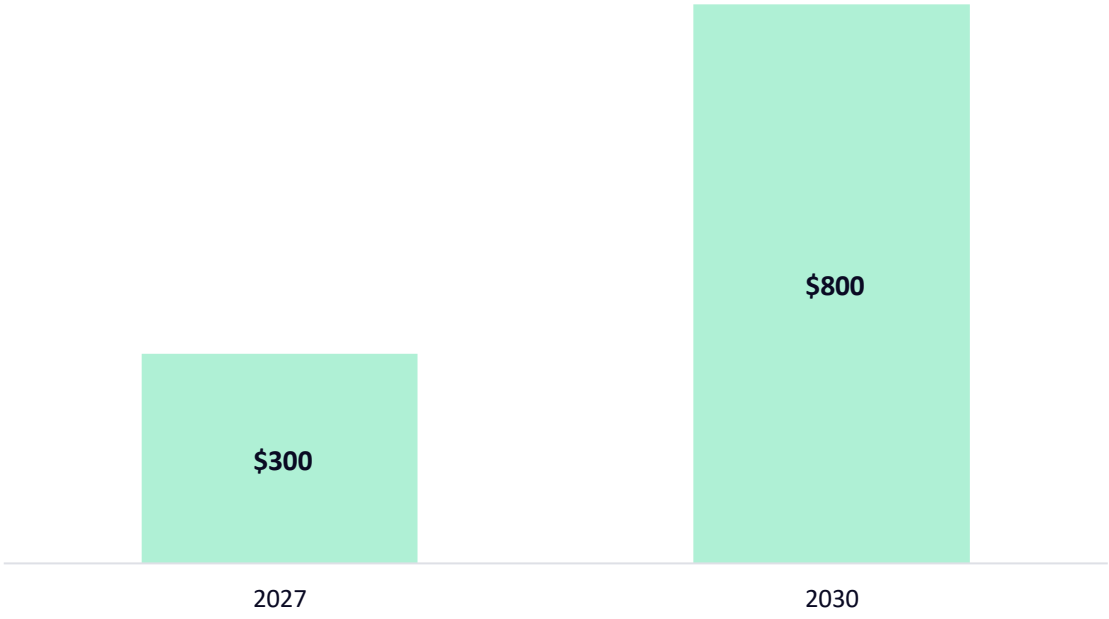
2030年に世界の自動配送収入が1～2兆米ドルに達する可能性*

自動配送は企業から消費者、企業から企業への商品輸送の大幅な迅速化と利便性向上に寄与し、新しい買物様式や新しいグローバル・サプライ・チェーンを生み出すことにつながると考えられます。

リアルタイム自動配送による収入
（ロボットとドローンのみ、単位：10億米ドル）



自動運転トラックによる配送の収入
（単位：10億米ドル）

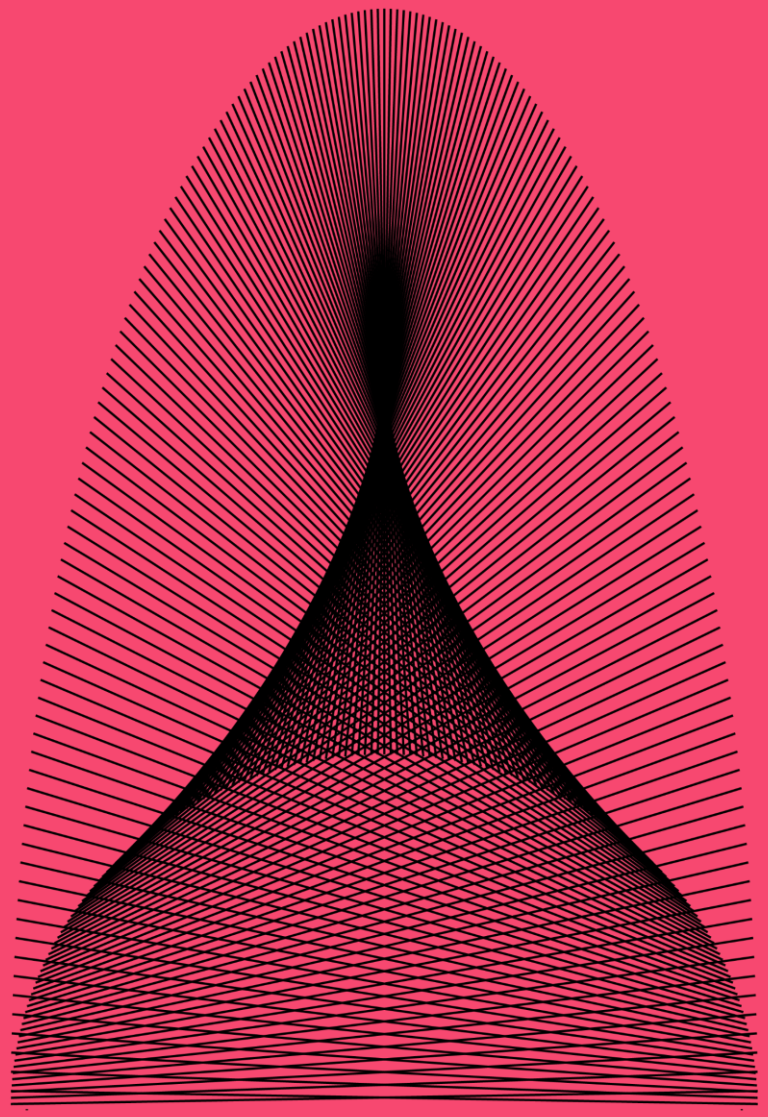


*インスタント・デリバリー（即納サービス）の収入は純額ベースですが、自動運転トラックの収入は総額ベースです。現在の自動運転配車サービス会社と同様に、自動運転トラック企業がシェアを高めるとARKは予測しています。出所: ARK Investment Management LLC, 2023.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

ロボティクスと3Dプリンティング

製造業の革命を促進

ロボティクスと3Dプリンティングは、開発から生産までの時間を短縮し、サプライチェーンのボトルネックを回避し、廃棄物を削減し、コストを削減することが可能です。
ロボティクスと3Dプリンティングが今後8年間に年率約80%以上のペースで市場規模を拡大し、企業価値が2022年の700億米ドルから2030年には約9兆米ドルに達するとARKは推定しています。

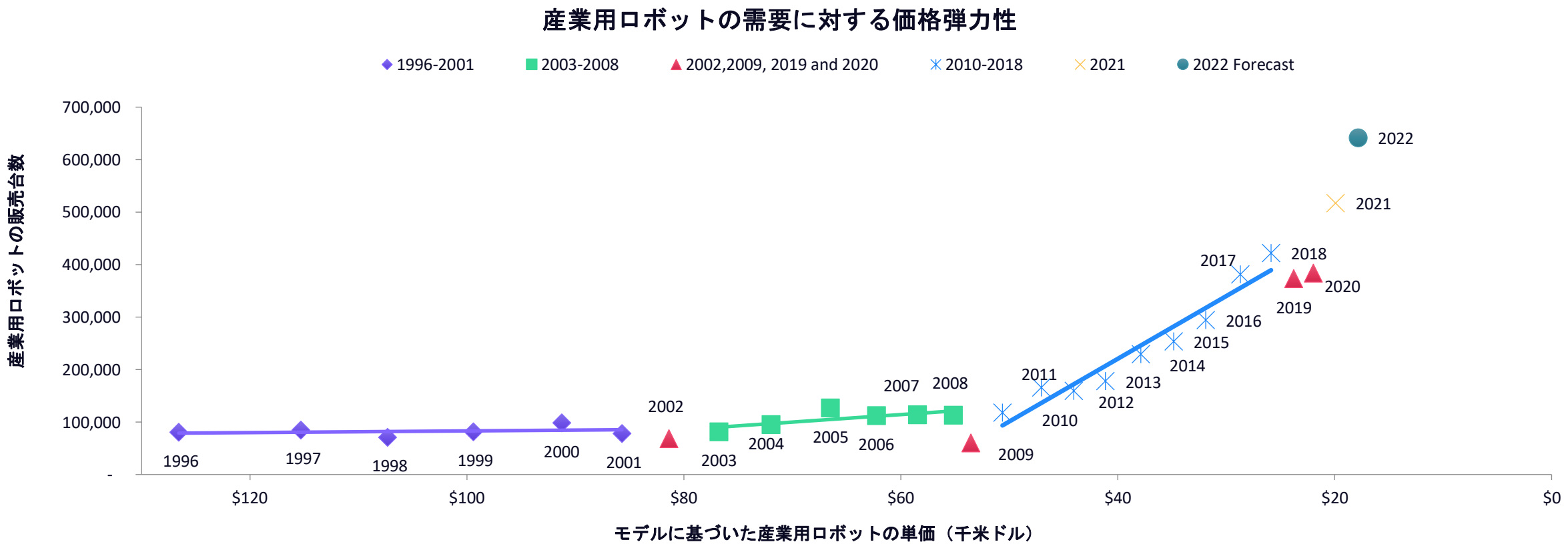


リサーチ：Sam Korus（自動運転技術およびロボティクス担当リサーチディレクター）
Tasha Keeney（CFA、投資分析・機関投資家戦略担当ディレクター）

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。

自動化はリセッションや危機時に加速することが多い

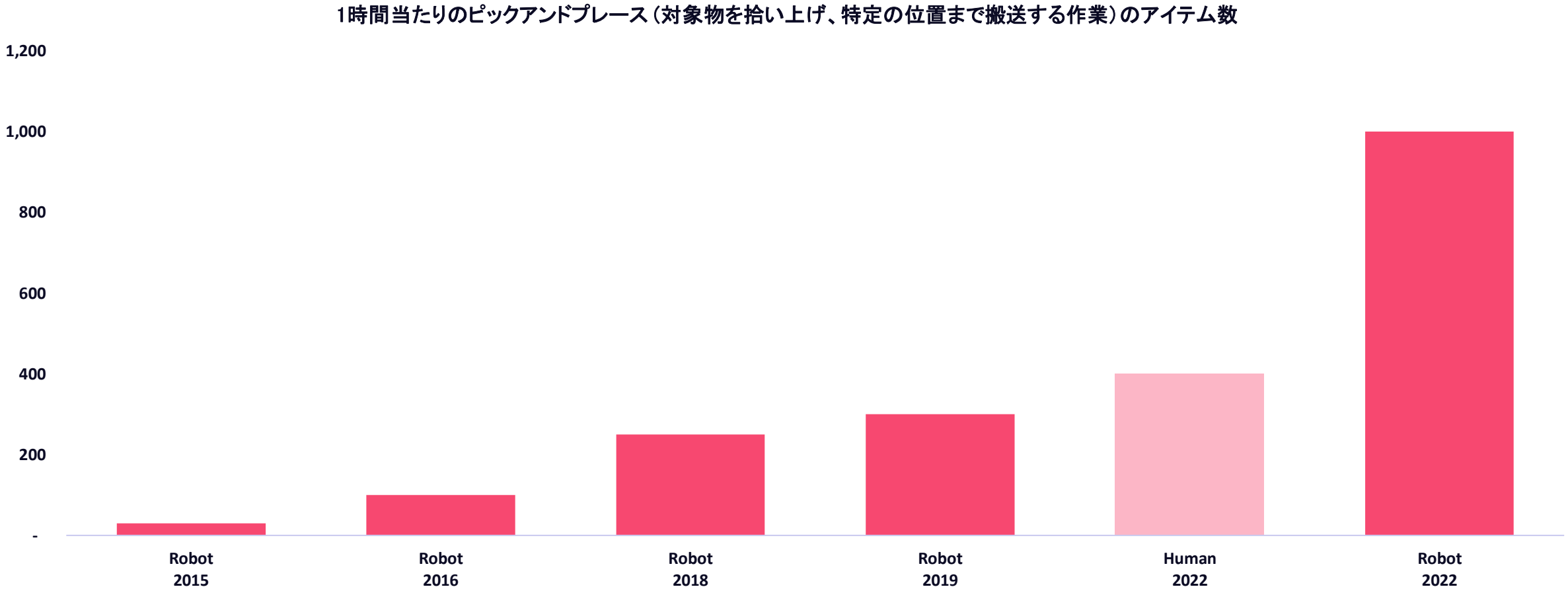
産業用ロボットの導入は、2002年のドットコムバブルの崩壊後に加速し、2008年～2009年の世界金融危機後に再び加速しました。2019年の米中貿易摩擦、2020年～2022年にサプライチェーンにボトルネックが発生した際にも加速しました。



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Müller, C. 2022. International Federation of Robotics. 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。

ロボットの性能は過去7年間で33倍に向上

コンピューター化されたロボットビジョン(カメラシステム)やディープラーニングの進歩により、ロボットの性能は向上しています。

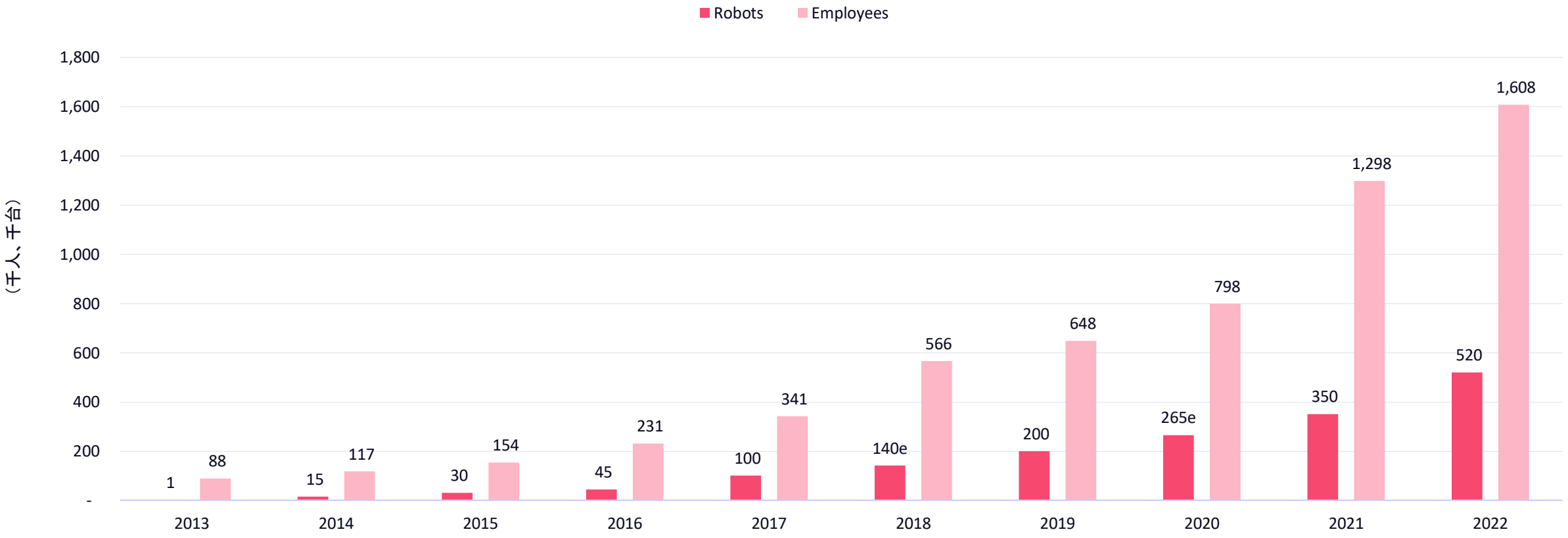


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Roach, J. 2022.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

Amazonがロボティクスの転換期に近づいている可能性

Amazonは1日あたり約1,000台のロボットを導入しています。今後数年のうちに、年間に採用する従業員数よりもロボットの導入数が多くなる可能性があります。

Amazonの従業員数とロボット数

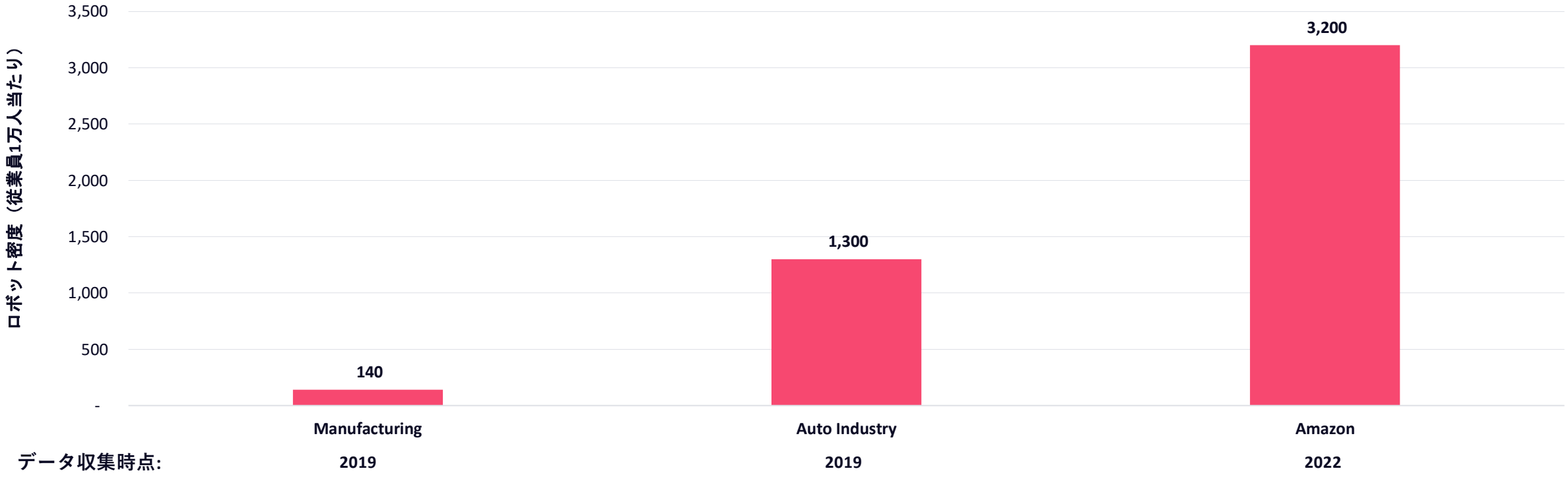


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Jabil Inc. 2021。 Amazonのデータは2022年12月末現在。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

製造業でのロボット普及の可能性は無限

Amazonは、ロボットの大量活用時代に突入する段階にあり、他の企業の先導役になっています。米国の製造業が、ロボット密度をAmazonと同程度にするには、新たに400万台を導入する必要があり、これは現在の全世界における産業用ロボット販売台数のおよそ6年分に当たります。長期的にみた場合、ロボット密度はどこまで増加するのでしょうか。

米国における自動化の流れ

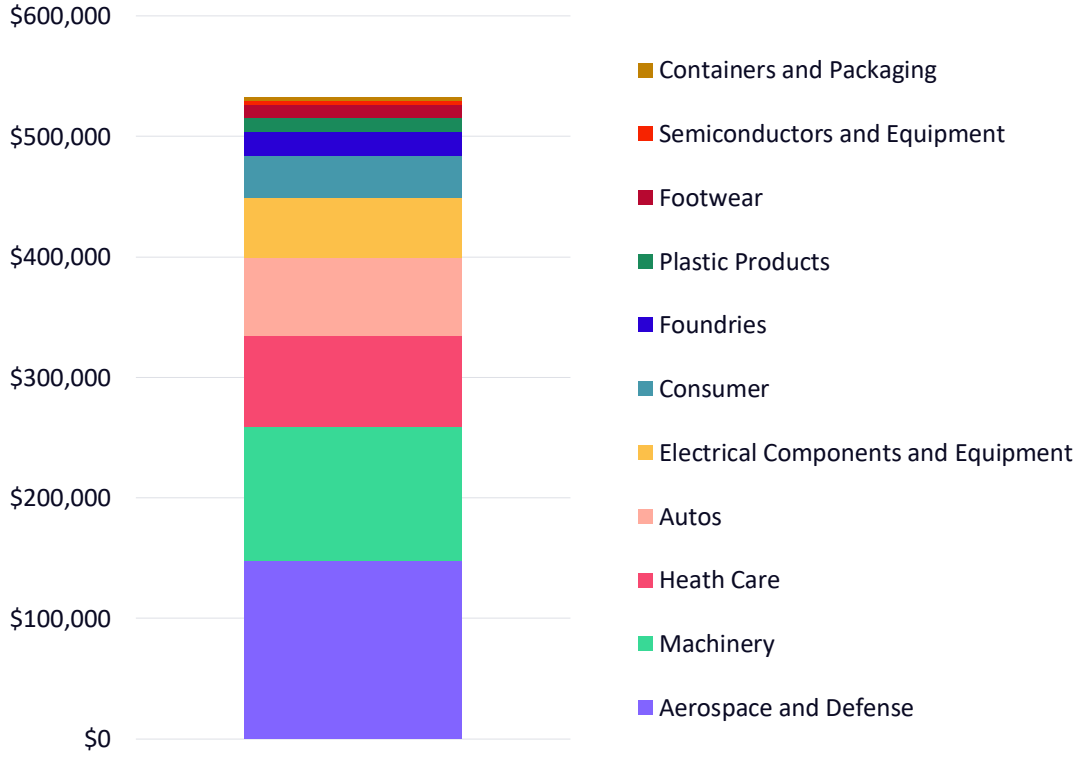


出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Automation.com 2021; Amazon 2022.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

3Dプリンティングが多くの産業に影響を与える可能性

ARKは、現在の生産工程に全面的に3Dプリンターを導入した場合、その市場規模は5,000億米ドルになると予測しています。

3Dプリンターの潜在的需要
（2022年、単位：百万米ドル）



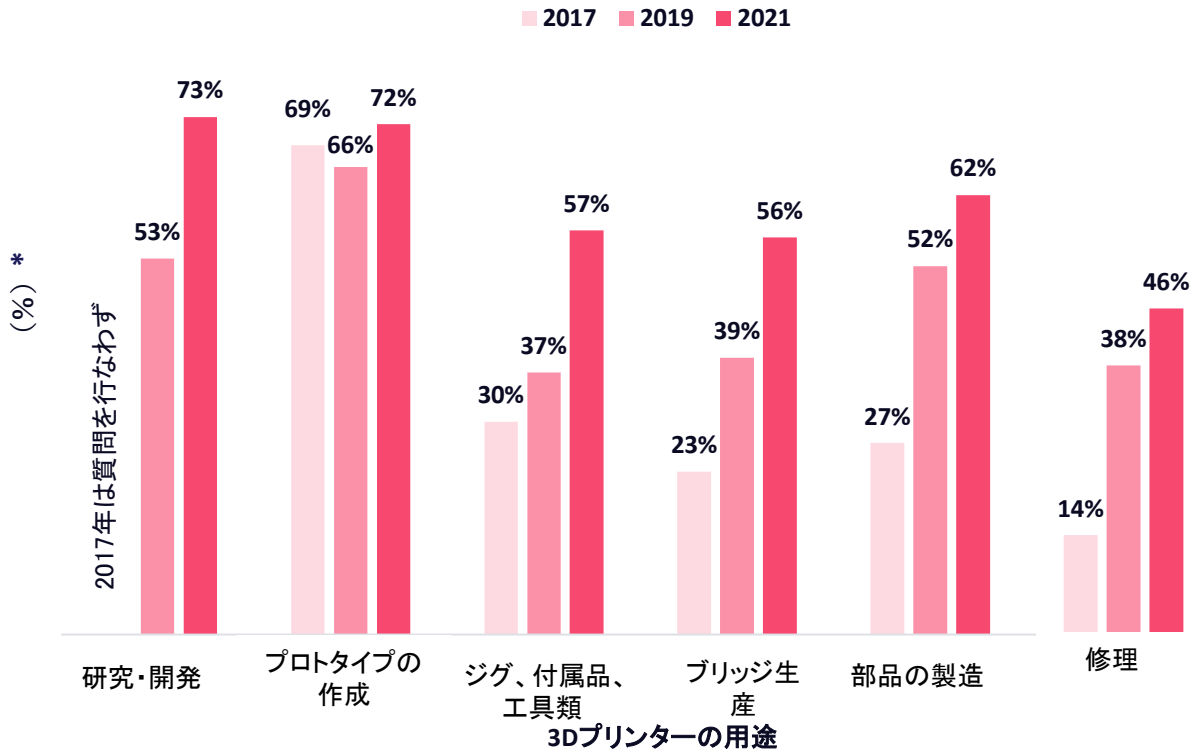
3Dプリンティングは、新製品の開発と新たな市場の創造を可能にすることができると考えられます。例えば、Boston Dynamicsのヒューマノイド・ロボット「Atlas」は、3Dプリンターを使用することにより、跳躍や宙返りを可能にする強度重量比を達成しました。

出所: ARK Investment Management LLC, 2023. S&P Global Market Intelligence,、2023年1月26日現在。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。

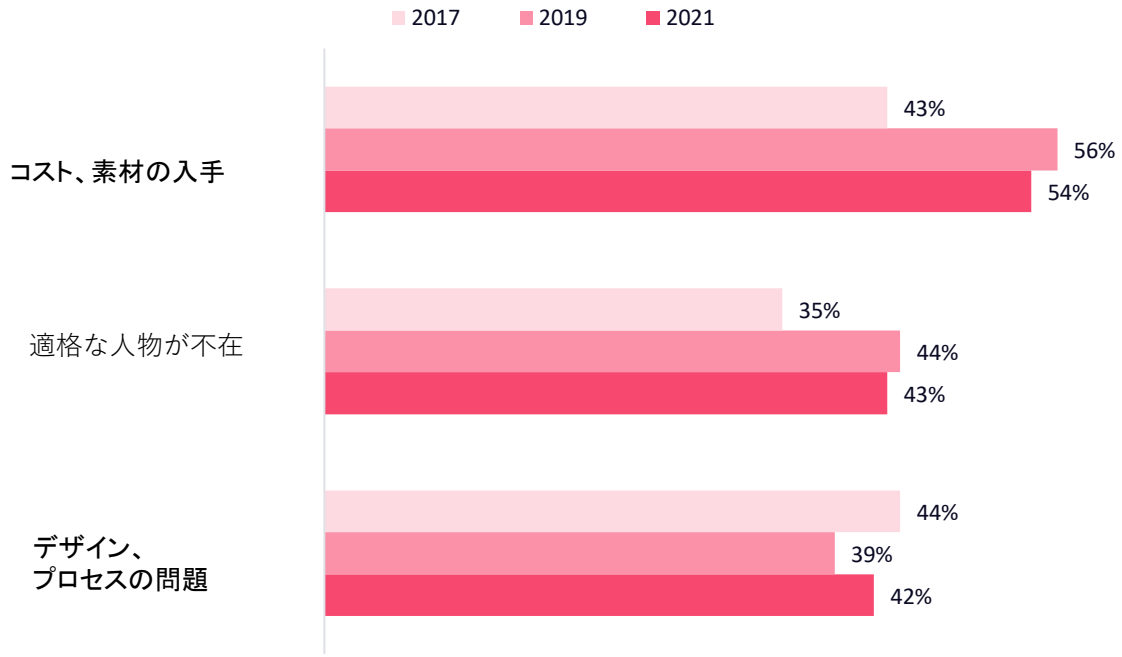
3Dプリンター導入の主な障壁は材料、コスト、ノウハウ、加工

3Dプリンターのコストを分析するには、従来の製造工程における部品の設計から廃棄までの全コストと比較する必要があります。初期コストは高くなりますが、3Dプリンターで製造された部品は、従来の製造方法で作られた部品よりも高い耐久性を備え、はるかに速く製造することができます。

用途ごとの3Dプリンターの使用頻度の推移
「現在、貴社はどのような用途で3Dプリンターを使用していますか」



3Dプリンター導入の3大障壁*
「現在、貴社の生産現場で3Dプリンターの導入を妨げていることは何ですか」



*回答者の割合。回答者は、世界的なエレクトロニクス、プラスチック・パッケージング、産業機械、重機、自動車、ヘルスケア、フットウェア、整形外科、航空宇宙・防衛、輸送の各業界の製造企業で3Dプリンター導入に決定権を有する302名。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Jabil Inc. 2021.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。

ヘルスケアの分野では、3Dプリンターは手術室以外でも大きな効果をもたらす

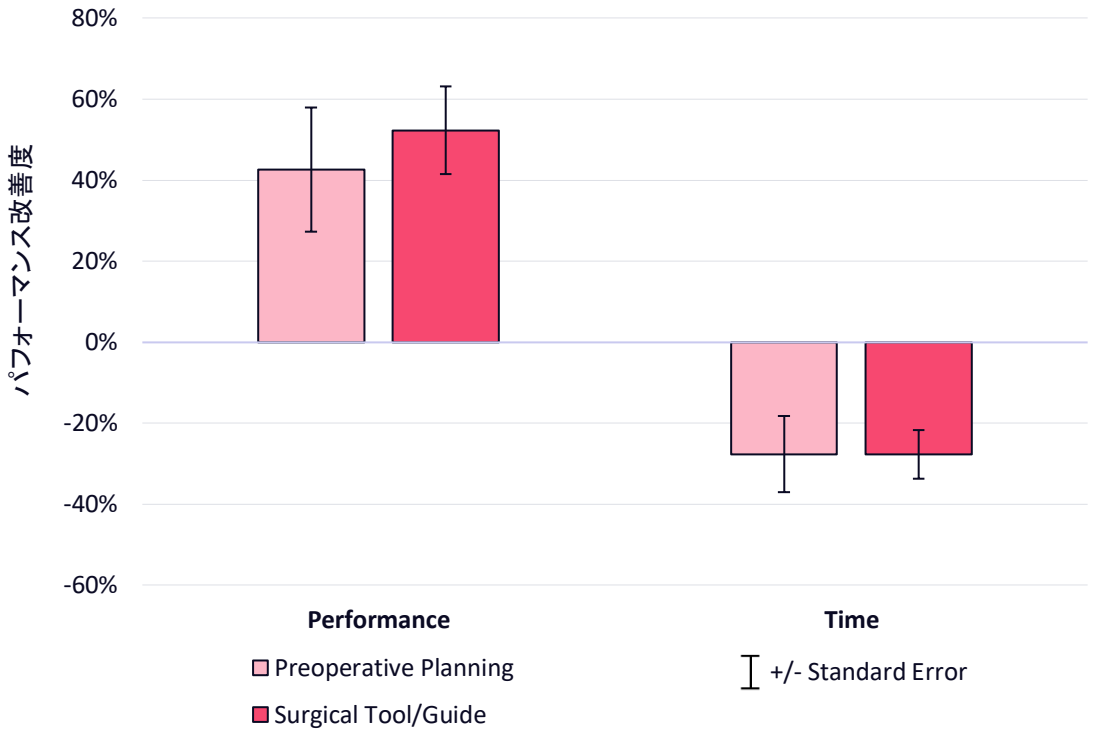
医師は、患者ごとに事前に3Dプリンターで作成したモデルを利用して手術の事前計画を立て、手術中もその患者のために3Dプリンターで作成した器具やサージカルガイドを使用することで、手術時間を短縮することができと共に、手術成功率を上げることができます。

広範な種類の手術において、3Dプリンターで作成された器具、サージカルガイド、モデルを使用することにより、手術時間を平均で約30%短縮させ、手術の精度と結果に基づいて算定されるパフォーマンスを平均40～50%向上させることができるようになりました。

ARKのリサーチによると、米国において、3Dプリンターを使用することにより、全種類の手術に必要な時間を合計で5%短縮でき、約125億米ドルのコスト削減が可能になります。世界全体では、手術時間だけで800億米ドルものコスト削減が可能になり、このほか、手術精度の向上、合併症の減少、患者の早期回復の効果もあります。

3Dプリンティングは、コストを削減し、手術の能力を向上させることで、世界中で手術が受けやすいものになるとみられます。現在、医療システム・サービスは、患者が必要とする手術件数のうち、年間およそ1億4,000万件に応えることができていません*。

外科手術：
3Dプリンターで作成された器具、サージカルガイド、モデルを使用することで手術の時間を短縮し、精度を向上させる



注：3Dプリンターで作成されたサージカルガイド、および事前計画段階でのモデルによってもたらされる時間短縮と精度の改善。赤い部分は、Bergmann、他（2017年）およびWoodard、他（2019年）による、平均的な時間とパフォーマンスの改善値。各サンプルはN=6-9。細線は標準誤差。上記の分析は医療分野全般にわたって行なわれましたが、口腔顎顔面外科手術と筋骨格系学の例が多くありました。

*2015年（入手可能な最新データ）。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Diment, L. et al. 2017; Meara et al. 2015; Dobson, G. 2020.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が3Dプリンターの精度、強度、再現性を向上

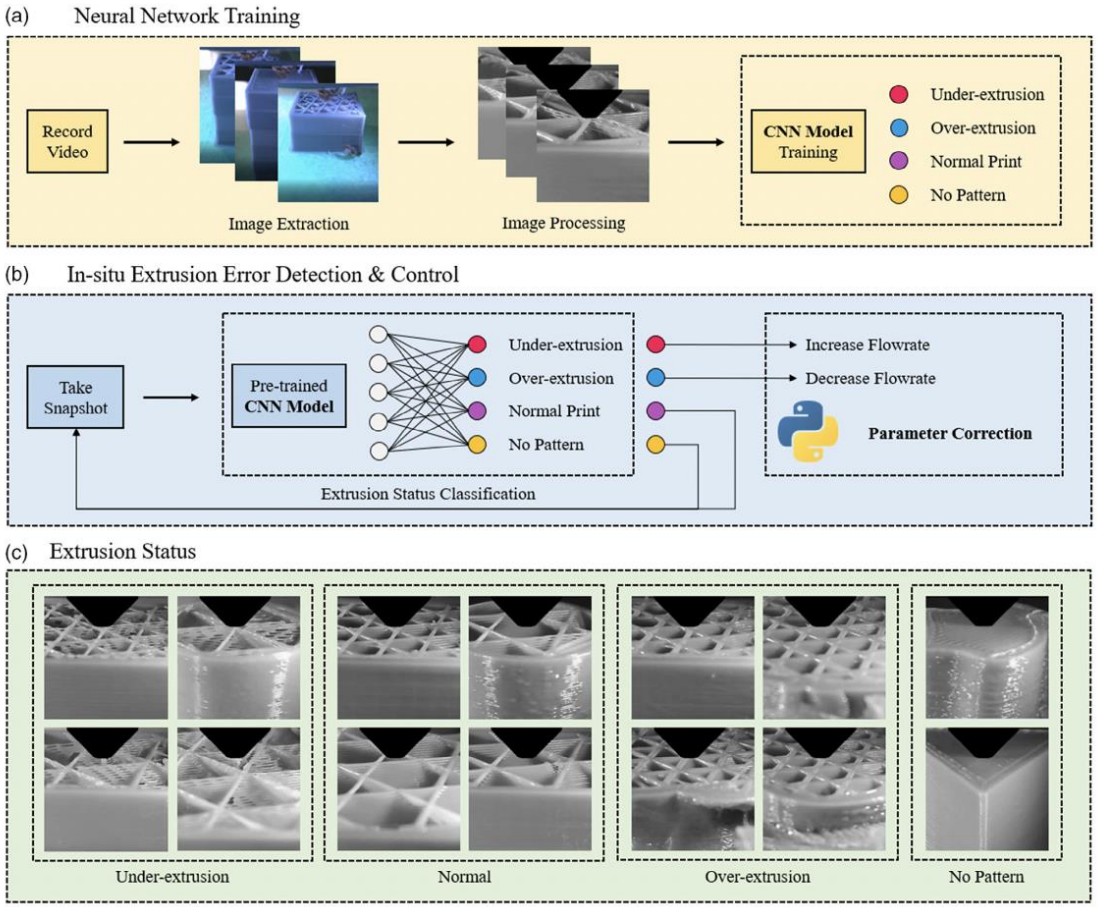
センサーと機械学習アルゴリズムを使用してプリント工程を制御することで、研究者はプリントのエラーを約30%減らし、製品強度を最大2倍にし、材料の廃棄を最大40%削減することができるようになりました。

精度の向上にしたがって、人間が操作する3Dプリント工程よりも仕上がりが良く、後処理の必要性が減少し、欠陥品を減少させることができると考えられます。

AIは再現性を可能にすると考えられます。再現性は、厳格な製造基準を設けている企業や、複数の拠点で3Dプリンターを使用する企業にとって極めて重要です。

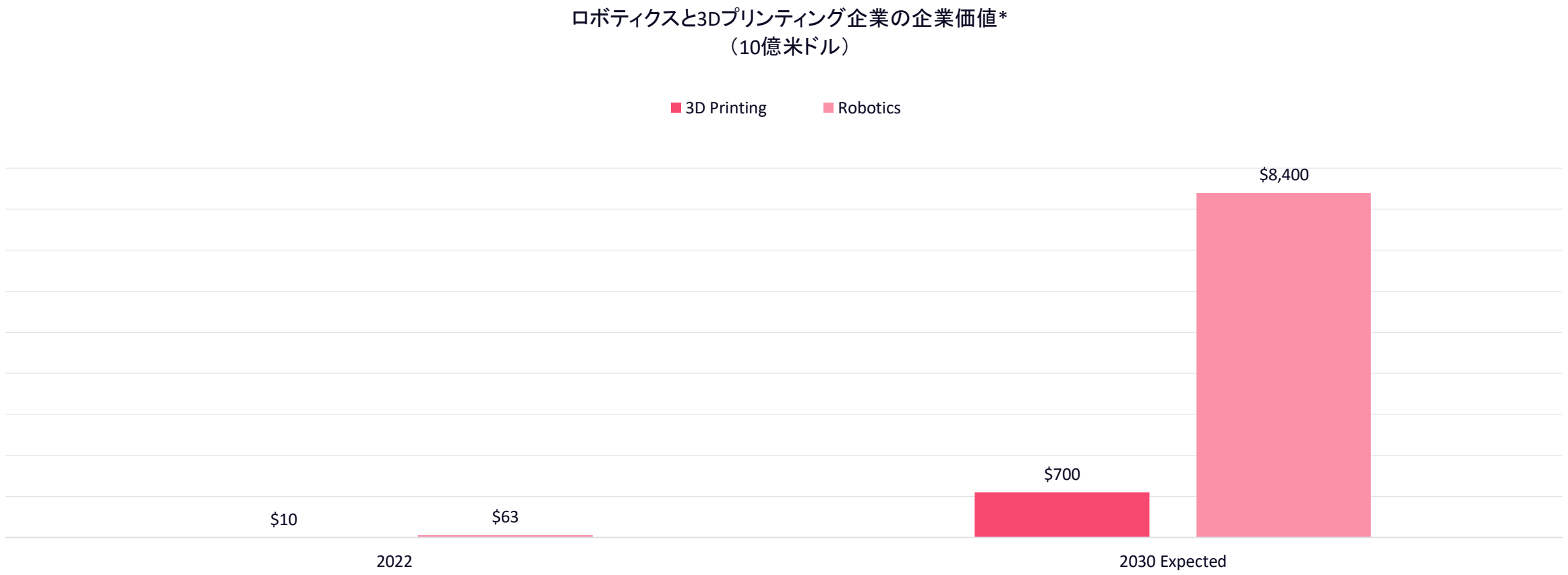
多くのソフトウェアを保有し、データ収集用センサーを備えたプリンターを製造し、ソフトウェアのアップデートを遠隔で行なう技術を有している企業が、競争上優位性に立てると見られます。

例：3Dプリンティングのための機械学習制御アルゴリズム



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Lee, W. et al. 2022; Piovarči et al. 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。

ARKはロボティクスと3Dプリンティング企業の企業価値が今後8年間で年率80%で成長し、現在の700億米ドルから2030年には9兆米ドル以上に増加すると予測



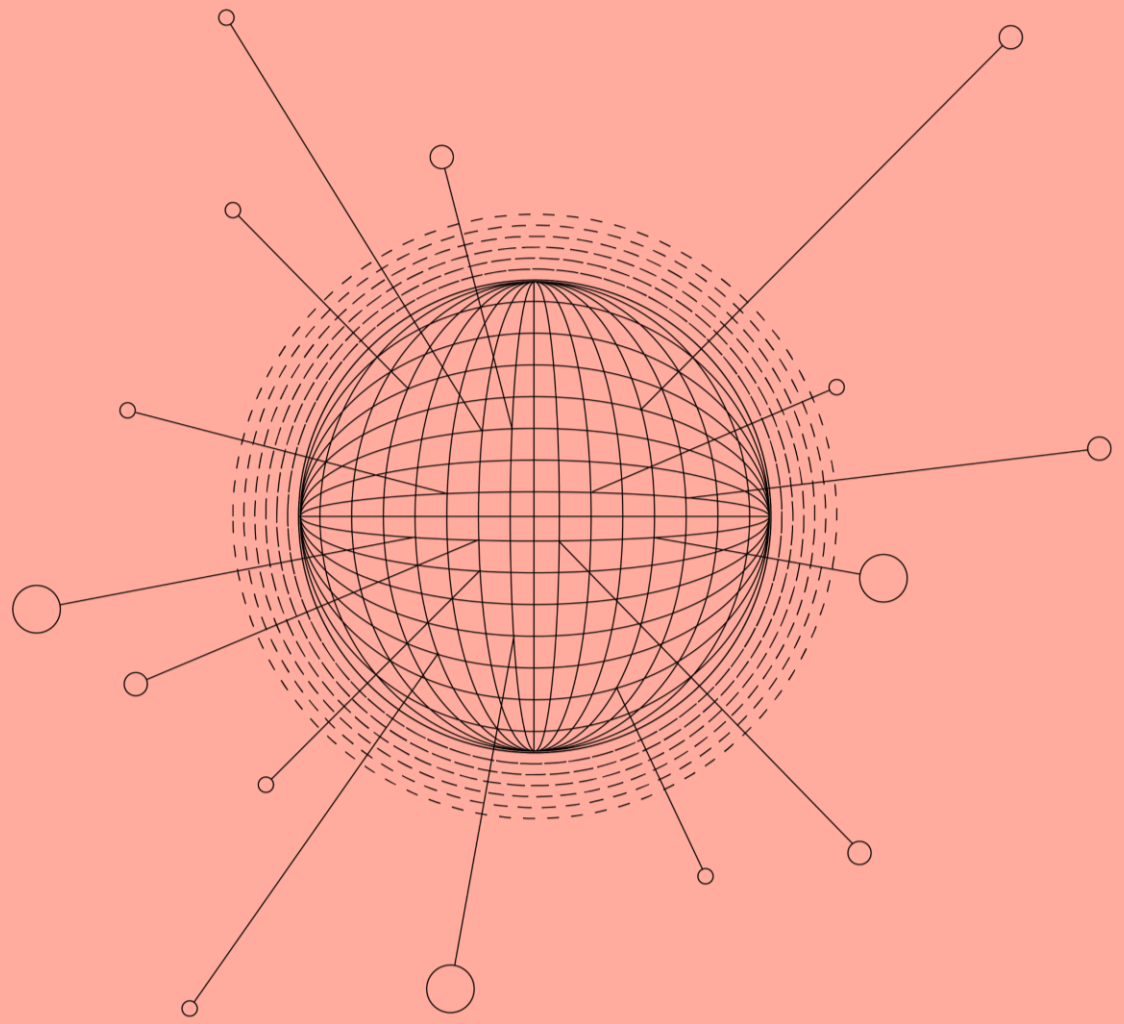
* 2022年の非公開の3Dプリンティング企業の企業価値は、非公開企業調整値として約60%割引いた数値を使用しています。ARKは、足元の成長率により適合させるため、3Dプリンティングの普及曲線を更新しました。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. PitchBook、2023年1月26日現在。S&P Global Market Intelligence、2023年1月26日現在。予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

地球周回軌道

グローバル・コネクティビティを実現

ディープラーニング、モバイル接続、センサー、3Dプリンティング、ロボティクスなどの技術の進歩により、航空宇宙関連のコストが低下しています。その結果、人工衛星の打ち上げや着陸可能なロケットが急増しています。

今後10年間で衛星ブロードバンドの年間収入が840億米ドル程度、極超音速飛行が同2,700億米ドル程度に達する可能性があります。



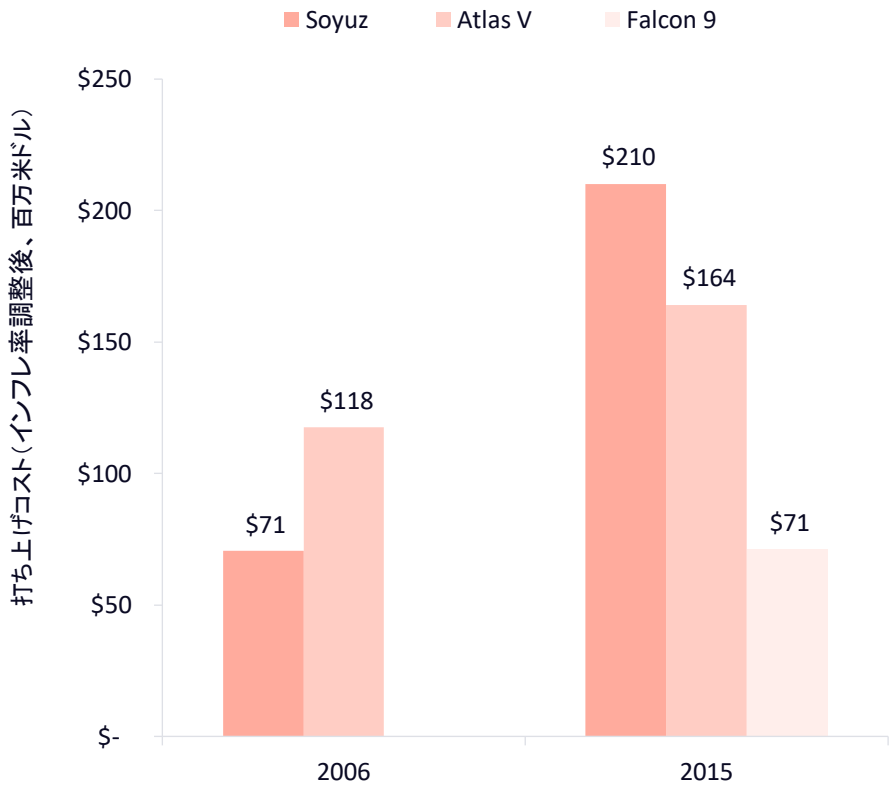
リサーチ担当者：Sam Korus（自動テクノロジーおよびロボティクス担当リサーチ・ディレクター）

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。

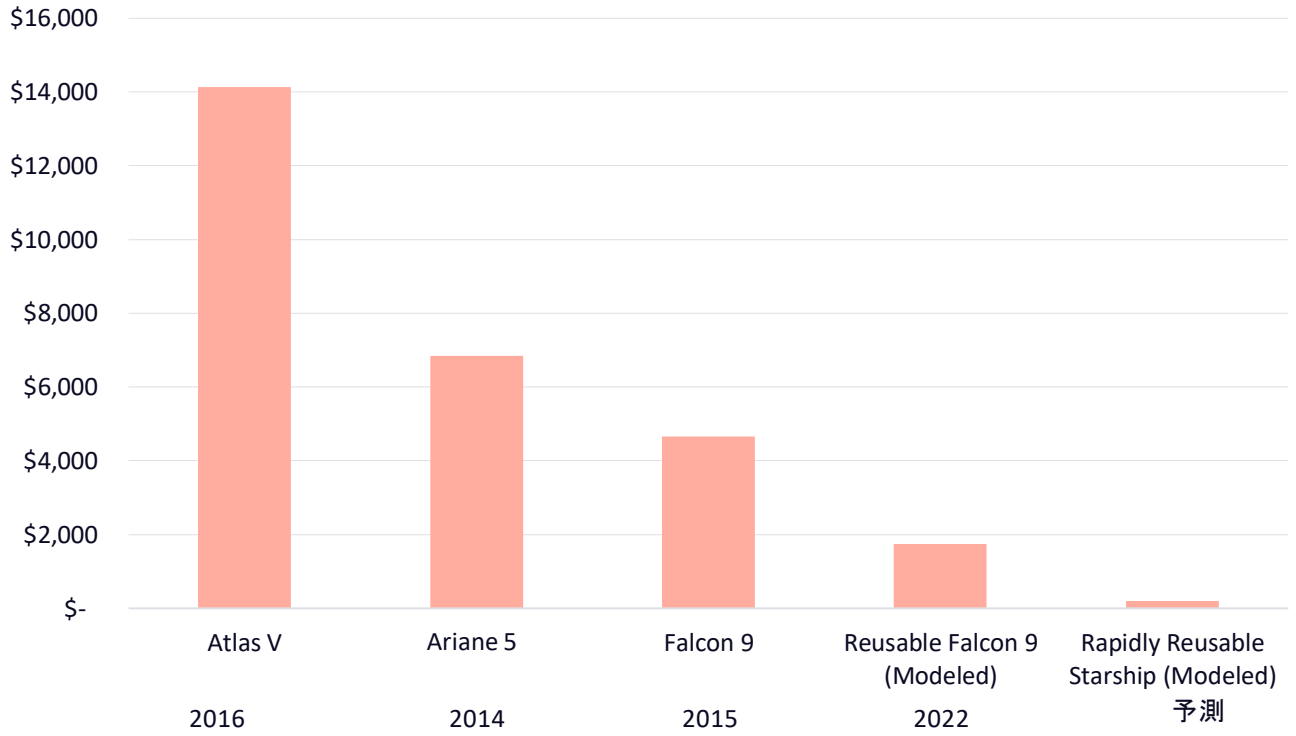
再使用ロケットが打ち上げコストを一桁、もしかしたら二桁（！）低下させる可能性

SpaceXは、再使用型ロケットFalcon9で、打ち上げコストの高騰に歯止めをかけることができました。Falcon9は、同じブースターを14回使用しました。再利用ロケットにより、SpaceXは2022年の打ち上げ回数を61回とほぼ倍増させました。

過去のロケット打ち上げのコスト



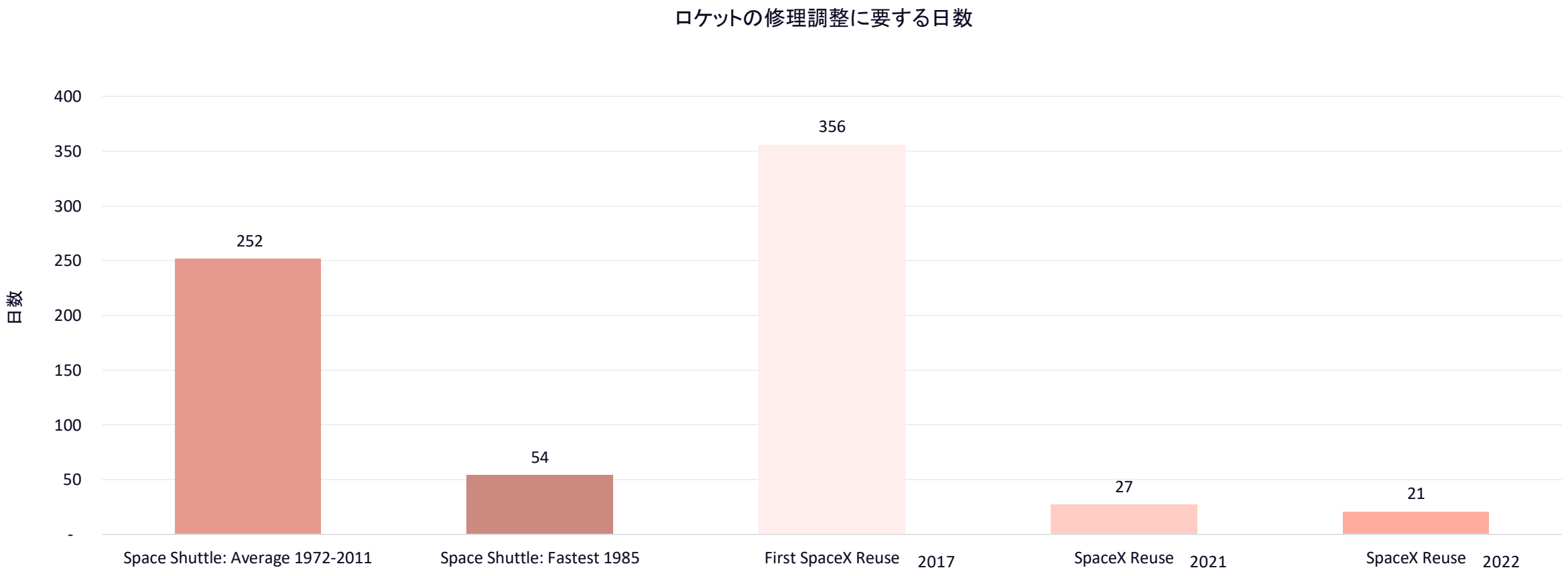
低軌道へのロケット打ち上げコスト（米ドル/kg）



出所: ARK Investment Management LLC, 2023. SpaceX、2023年1月12日現在。Svitak, A. 2011; Martin, P. 2013; United Launch Alliance、2023年1月19日現在。de Selding, P. 2014.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。

SpaceXは記録的な速さで再利用のための修理調整を可能に

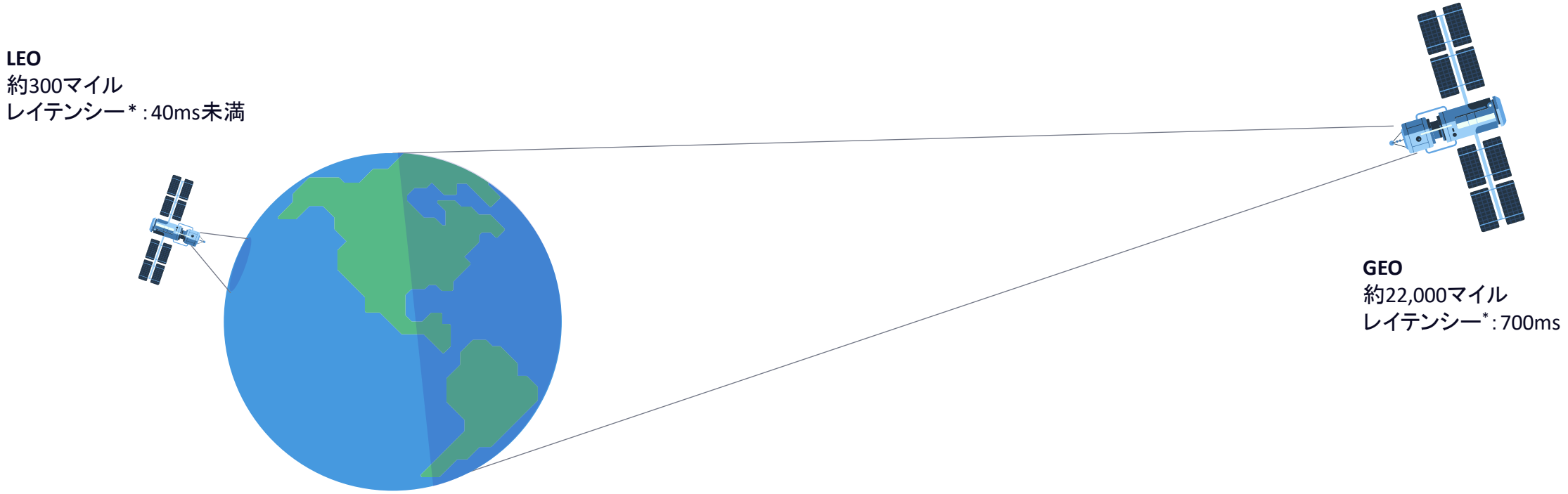
ARKのモデルによれば、迅速な修理調整が可能になったことで、Falcon9の第一段ロケットの修理調整費用は100万米ドルを下回るようになりました。対照的に、スペースシャトルの1回当たりの打ち上げ費用は約15億米ドルです。



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。

衛星打ち上げコストの低下で、全世界を網羅する低遅延の通信が可能に

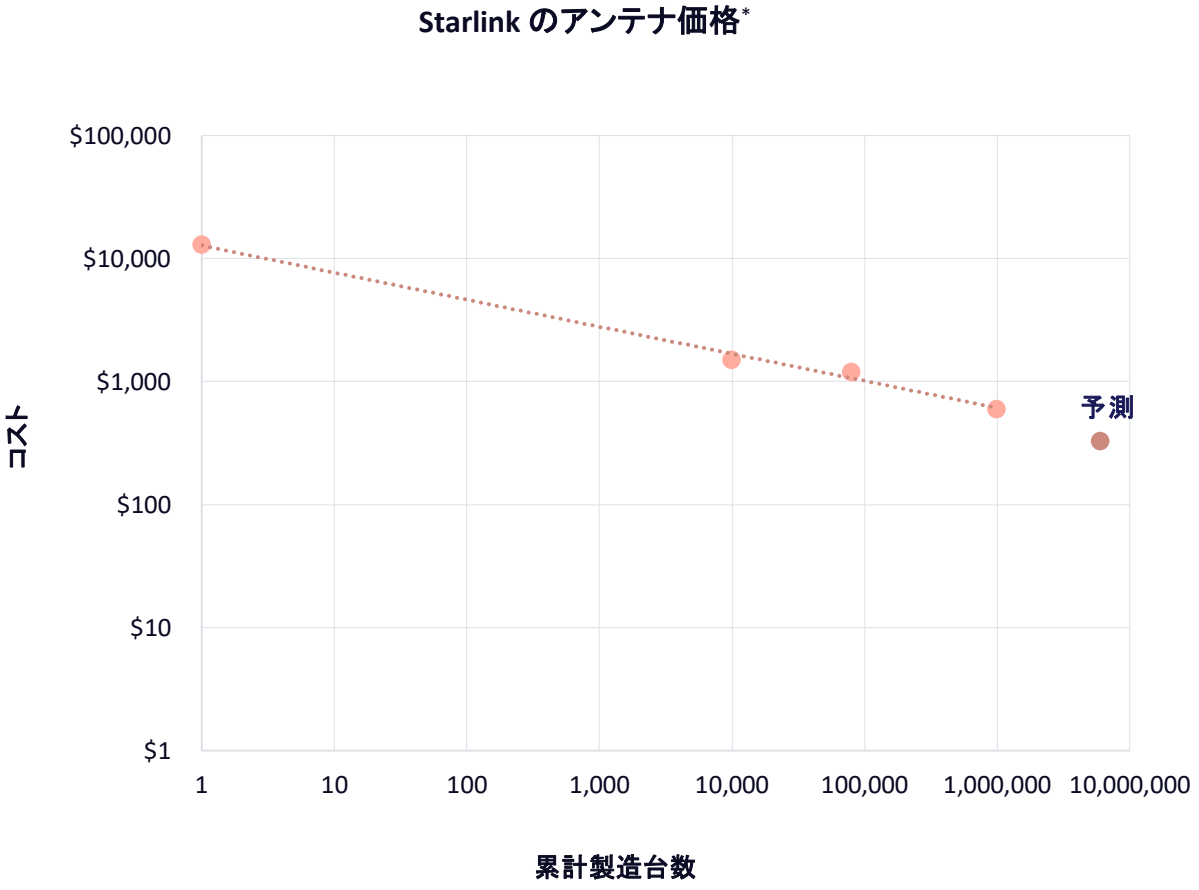
静止衛星（GEO）が実現した時点で全世界を網羅する通信ネットワークが実現したものの、レイテンシー（遅延）は避けられず、魅力的なブロードバンド・インターネットサービスとは言えませんでした。今日、 SpaceX、OneWeb、Amazonなどの企業は低コストで低軌道を周回する（LEO）数千機の衛星の打ち上げを計画しており（一部は打ち上げ済み）、全世界を網羅する低レイテンシーの通信が現実になりつつあります。

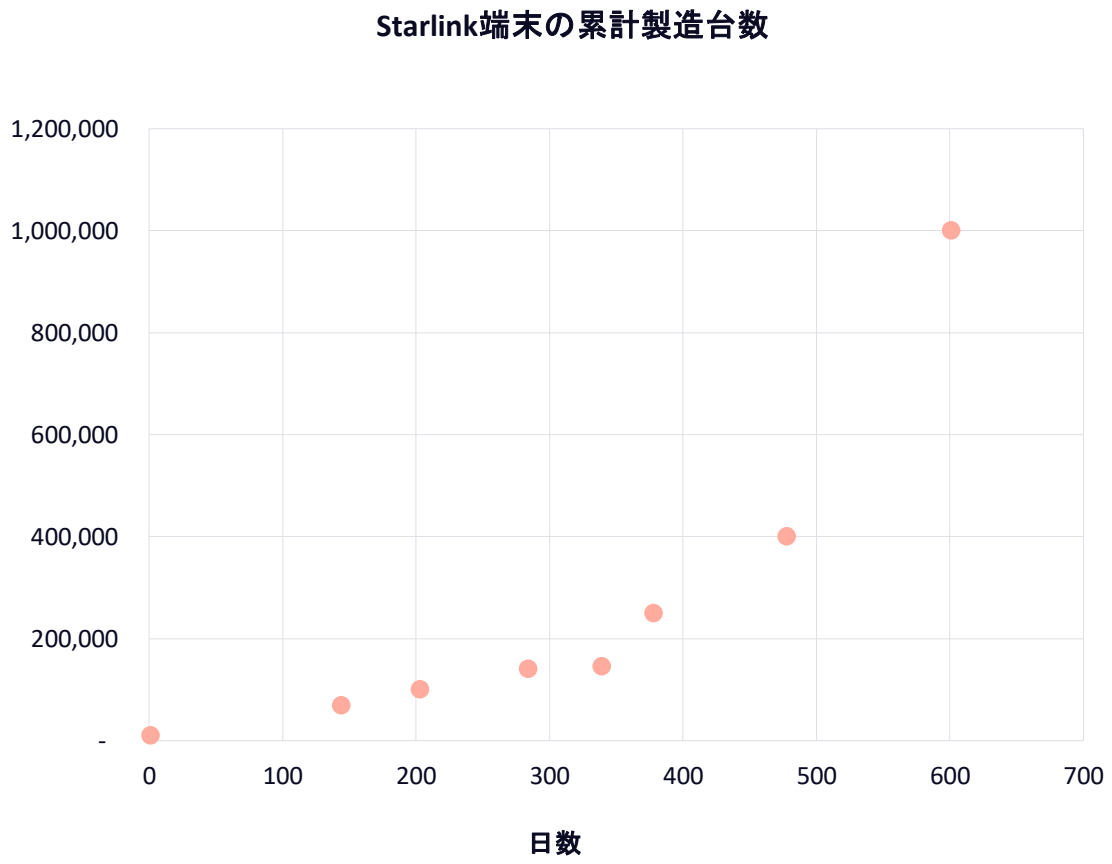


*レイテンシーの単位はミリ秒（1/1000秒）。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

アンテナの価格が2027年までに数百米ドルに低下する可能性

現在のアンテナのコストは約500米ドルですが、ARKのリサーチによると、累積生産台数が600万台に達すると予測される2027年末には300米ドルまで低下する可能性があります。SpaceXは、2年足らずの期間に約100万台のStarlink端末を製造しました。

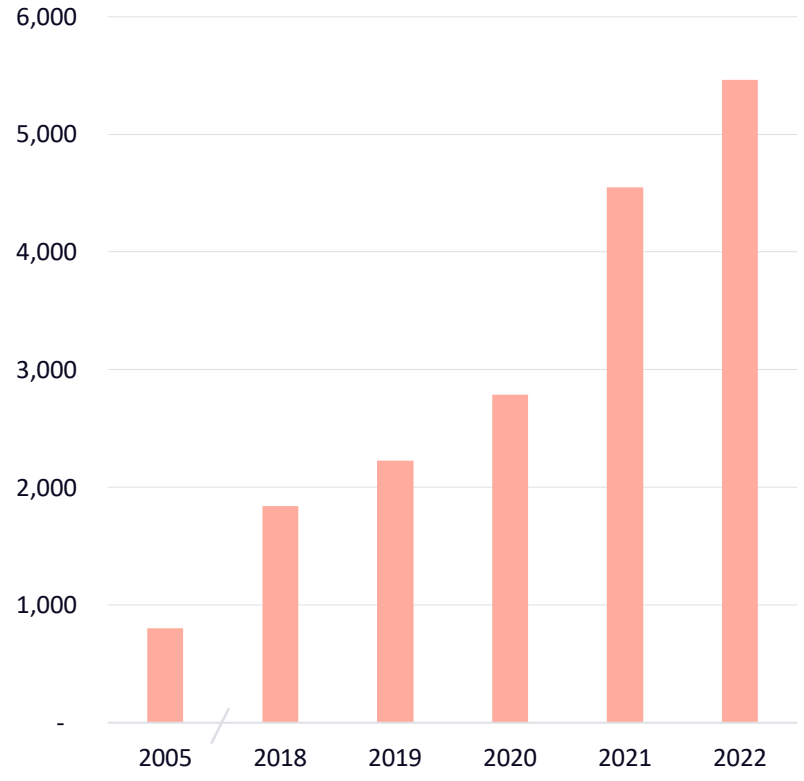


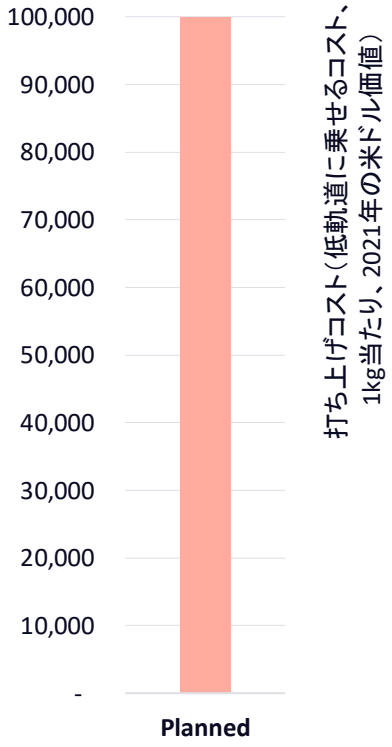


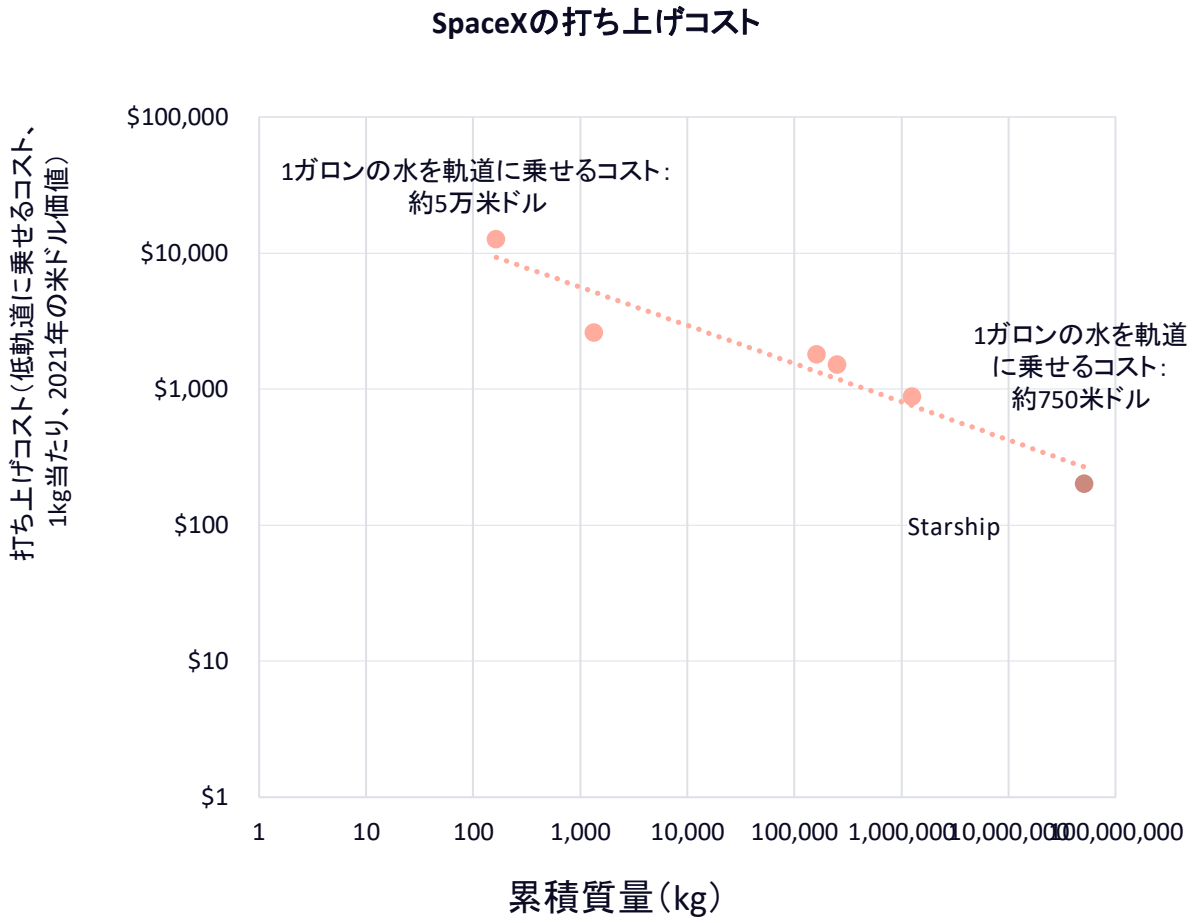
*この試算は、ARKによるStarlink ユーザーの導入曲線のモデルなどの限られたデータに基づいたものです。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Quilty, C. et al. 2020.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

コスト低下にしたがって、打ち上げられる人工衛星数の大幅な増加が見込まれる

ロケットと衛星の打ち上げが垂直統合されることで、ロケット打ち上げのコストを継続的に低下させることが可能とみられます。



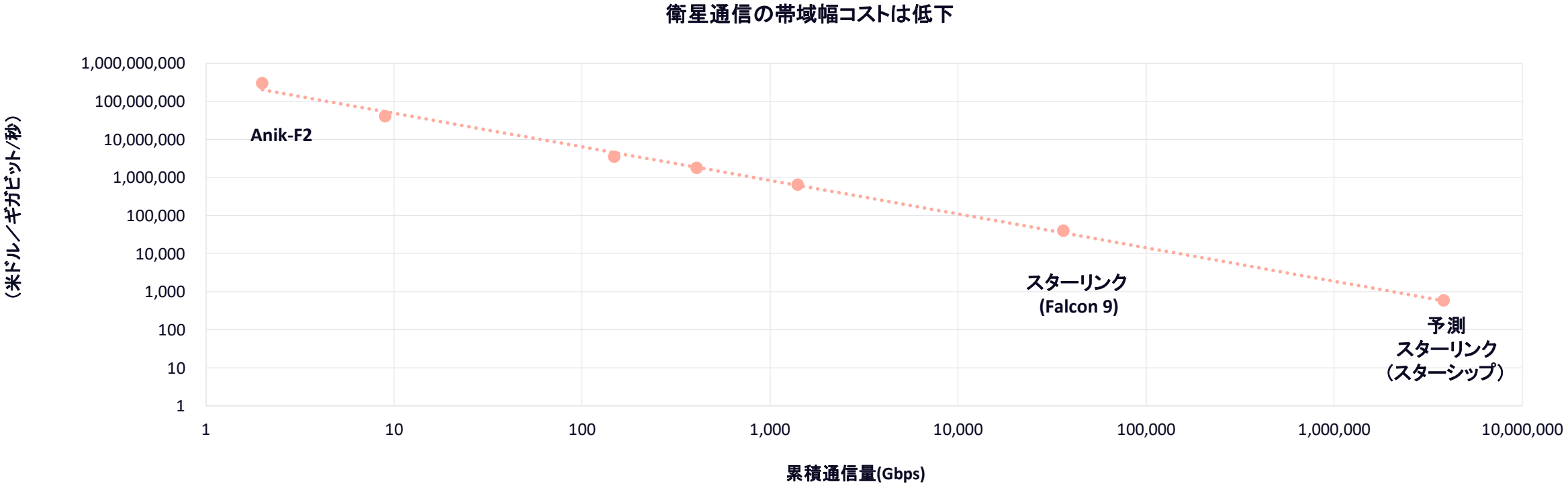




*ARKは10年以内（2023年まで）に実現すると予測しています。 出所: ARK Investment Management LLC, 2023. Lifson, M. et al. 2022; UCS 2022; Roberts, T. 2022.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

ライトの法則によると、衛星通信の帯域幅コストは、衛星のギガビット/秒が累積で2倍になるごとに約45%低下する

2004年以降、衛星通信の帯域幅コストはギガビット（Gbps）/秒当たり3億米ドルから4万米ドルへと7,500分の1に低下しました。Starship*により、今後5年の間にコストはさらに40分の1になり、約1,000米ドル/Gbps程度になる可能性があります。ARKのリサーチによると、1Gbpsで200人の需要を賄うことができます。1,000米ドル/Gbpsのコストでは、SpaceXは1顧客あたり5米ドル（1回払い）でStarshipへの投資を回収できることになります**。



*Starshipとは、SpaceXの次世代ロケットと人工衛星のことです。**オーバーサブスクリプション比率が20:1（実際に利用しているユーザー人の20倍のユーザーが加入)の場合。なお、この計算には、コストや価格決定に影響を与える、衛星寿命、衛星稼働率、地上のインフラのコストなどは含まれていません。.出所: ARK Investment Management LLC, 2023. VanderMeulen, R. et al. 2015.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。

衛星ブロードバンド回線の収入は今後10年で年間840億米ドルに達する可能性

	潜在的加入者*		ブロードバンドの年間料金*		潜在的市場(年間収入額)*
ブロードバンドにアクセスがない世界人口	6億	×	$60	=	約400億米ドル
キャンピングカー	1千1百万	×	$1,620	=	約180億米ドル
プレジャーボート	850万	×	$1,620	=	約140億米ドル
商用航空機	2万5千	×	$225,000	=	約60億米ドル
クルーズ客船 軍艦 商船	10万	×	$60,000	=	約60億米ドル
					約840億米ドル

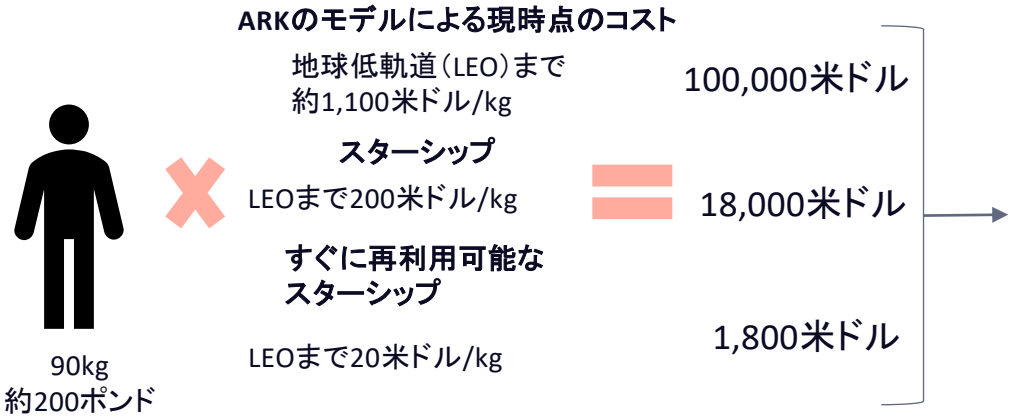
*列の数値は予測値です。出所: ARK Investment Management LLC, 2023. VanderMeulen, R. et al. 2015.予想は本質的に限界があり、依拠することはできません。上記は情報提供のみを目的としており、投資助言または特定の有価証券の売買・保有推奨とみなされるべきではありません。過去の実績は必ずしも将来の成果を示唆するものではありません。

開発費用が低下することで、極超音速旅客機のフライトに対する需要が急増する可能性

ARKのリサーチによると、近距離フライトの乗客は、プライベート機の利用で短縮される時間（2時間）に対し、約1万5千米ドルを支払ってもかまわないと考えているようです。

したがって、近距離フライト市場の経済合理性に基き、ニューヨーク～日本間の移動時間を13時間も短縮し、2～3時間で到着するような極超音速のプライベート機の利用に対し、乗客や企業が支払ってもかまわないとする金額は、10万米ドルになるだろうとARKでは予測しています。

極超音速のコストは時間とともに低下



2018年の旅客機乗客数は約45億人

↓ 7時間を超えるフライトは15%

7時間より長いフライトの乗客数は約6.8億人

↓ プライベート機を利用した乗客は0.4%

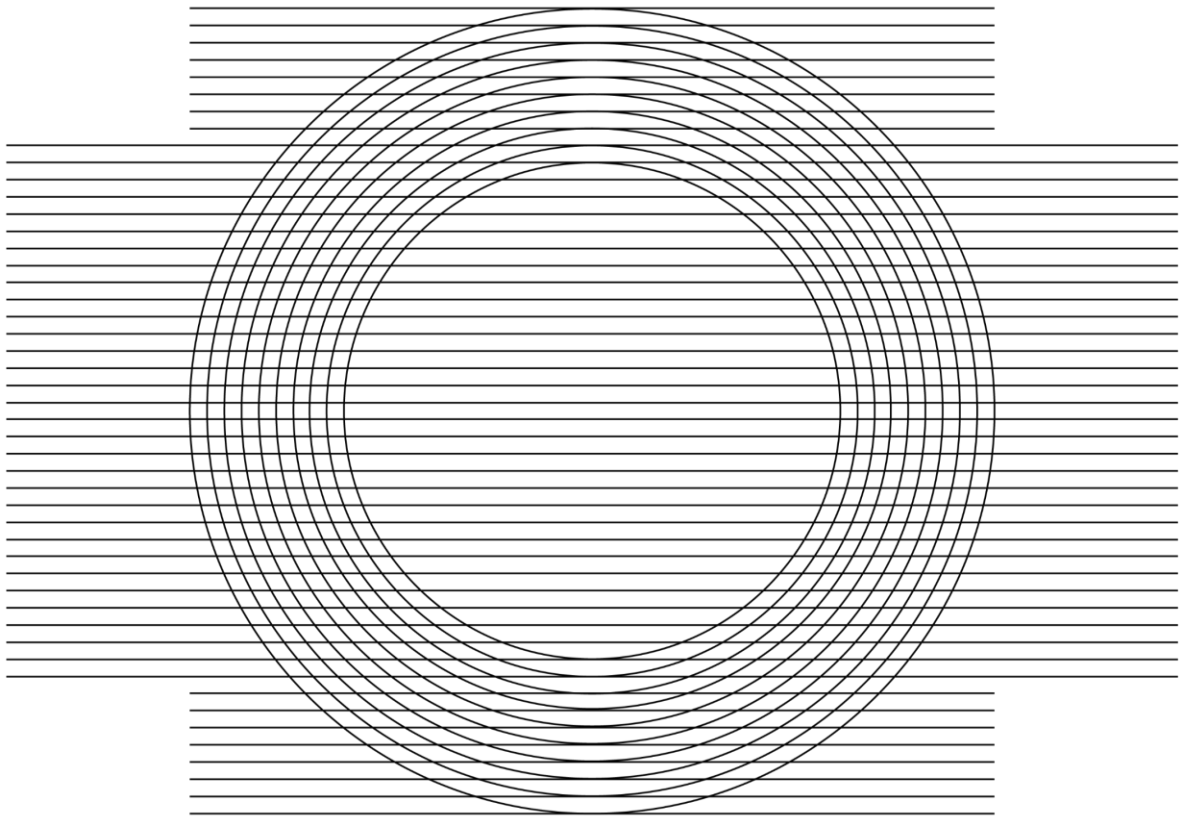
極超音速フライトの潜在市場規模は年間約270万人

↓ 極超音速機の1フライト当たりのコストは10万米ドル

年間売上高は2,700億米ドル

*本リサーチは、現時点で上記価格を支払うだけの財力を有する旅客や企業を想定しており、一般的な旅行者ではありません。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。

Works Cited



8MarketCap. Gold Market Cap. Data as of 01/17/23. https://8marketcap.com
AAA 2021. "Your Driving Costs 2021." AAA. https://newsroom.aaa.com/wp-content/uploads/2021/08/2021-YDC-Brochure-Live.pdf
Abbosh, C. et al. 2017. "Phylogenetic ctDNA analysis depicts early stage lung cancer evolution." National Library of Medicine. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5812436/
Adams, D. et al. 2018. "Patisiran, an RNAi Therapeutic, for Hereditary Transthyretin Amyloidosis." The New England Journal of Medicine. https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1716153
Afonso, C. 2022. "Hertz CEO says their Teslas are saving 50-60% on maintenance costs VS ICE models." Electric Vehicles. https://myevsorg.wordpress.com/2022/08/02/hertz-ceo-says-their-teslas-are-saving-50-60-on-maintenance-costs-vs-ice-models/
Alphabet. Investor Relations. Data as of 12/30/22. https://abc.xyz/investor/
Altruda, C. 2022. "Legal US Sports Betting Revenue, Handle And Tax Totals Since PASPA Repeal." Sports Handle. https://sportshandle.com/sports-betting-revenue/
Amazon 2022. "10 years of Amazon robotics: how robots help sort packages, move product, and improve safety." Amazon. https://www.aboutamazon.com/news/operations/10-years-of-amazon-robotics-how-robots-help-sort-packages-move-product-and-improve-safety#:~:text=We%20have%20more%20than%20520%2C000,sort%20centers%20and%20air%20hubs.
Amazon. Company Filings. Data as of 12/31/22. Amazon SEC Filings
Anan, L. et al. 2020. "US digital payments: Achieving the next phase of consumer engagement." McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/banking-matters/us-digital-payments-achieving-the-next-phase-of-consumer-engagement
Anan, L. et al. 2022. "Consumer trends in digital payments." McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/banking-matters/consumer-trends-in-digital-payments
Ant Group 2023. "H Share IPO." Ant Group. https://www1.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2020/1026/2020102600165.pdf
Apple. iPhone 3GS - Technical Specifications. Data as of 07/26/17. https://support.apple.com/kb/sp565?locale=en_US
Apple. iPhone 6s - Technical Specifications. Data as of 04/15/21. https://support.apple.com/kb/sp726?locale=en_US
Apple. iPhone 14. Data as of 01/27/23. https://www.apple.com/iphone-14/specs/
Apple. List of iPhone models. Data as of 01/27/23. https://apple.fandom.com/wiki/List_of_iPhone_models
Arizona Department of Gaming. Current ADG Reports. Data as of 01/25/23. https://gaming.az.gov/resources/reports#current-adg-reports
Arrington, M. 2007. "YouTube Revenues: $15 million per year, or per month?." TechCrunch. https://techcrunch.com/2007/03/06/youtube-revenues-15-million-per-year-or-per-month/
ASCO. Special Series: Liquid Biopsies. Data as of 01/19/23. https://ascopubs.org/po/collections/liquid-biopsies
Automation.com 2021. "US Robot Density in Car Industry Ranks 7th Worldwide." Automation.com. https://www.automation.com/en-us/articles/march-2021/us-robot-density-car-industry-ranks-7th-worldwide
Avanzini, S. et al. 2020. "A mathematical model of ctDNA shedding predicts tumor detection size." American Association for the Advancement of Science. https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abc4308
Baid, G. et al. 2022. "Deep Consensus improves the accuracy of sequences with a gap-aware sequence transformer." Springer Nature Limited. https://www.nature.com/articles/s41587-022-01435-7
Bank for International Settlements. Global Debt Market Cap. Data as of 01/25/23. https://stats.bis.org/statx/srs/table/c1?f=pdf
Barreto, M. et al. 2022. "Spending on Transport Infrastructure." OECD. https://www.itf-oecd.org/infrastructure-investment-data-reveal-contrasts-between-countries
Békés, M. et al. 2022. "PROTAC targeted protein degraders: the past is prologue." Springer Nature Limited. https://www.nature.com/articles/s41573-021-00371-6
Bellan , R. et al. 2022. "Musk says Tesla aspires to mass produce robotaxis by 2024." TechCrunch. https://techcrunch.com/2022/04/20/elon-musk-mass-produce-robotaxi-by-2024/
Bellan, R. 2022. "Waymo is expanding its driverless program in Phoenix." TechCrunch. https://techcrunch.com/2022/05/18/waymo-is-expanding-its-driverless-program-in-phoenix/#:~:text=While%20Waymo%20wouldn't%20share,300%20cars%20in%20the%20city.
Biomedtracker. Clinical Pipeline of RNA-Based Therapies Over Time. Data as of 01/17/23. https://www.biomedtracker.com/index.cfm
Biomedtracker. Gene Editing Programs by Disease Area. Data as of 01/17/23. https://www.biomedtracker.com/index.cfm
Biomedtracker. Innovative Drug Candidates Have More Attractive Risk-Adjusted NPVs According to ARK's Valuation Framework. Data as of 01/17/23. https://www.biomedtracker.com/index.cfm
Biomedtracker. Maturity of TPD Landscape. Data as of 01/17/23. https://www.biomedtracker.com/index.cfm
Biomedtracker. The Market Seems to Undervalue Innovative Therapeutics Relative to Traditional Medicines. Data as of 01/17/23. https://www.biomedtracker.com/index.cfm
Bleeding Edge. Articles. Data as of 01/23/23. https://bleedingedge.ai
Block, Inc. Investor Relations. Data as of 12/29/22. https://investors.block.xyz/overview/default.aspx
Block, Inc.. Quarterly Results. Data as of 01/19/23. https://investors.block.xyz/overview/default.aspx
Bloomberg Finance L.P.. Opportunities generated.. Data as of 01/19/23. https://about.bnef.com/
Bloomberg. Despite Severe Drawdowns, Bitcoin Has Outperformed Every Major Asset Class Over Longer Time Horizons. Data as of 01/27/23.
Bloomberg. Global Equities Market Cap. Data as of 01/25/23.
Bloomberg. Global M2 Market Cap. Data as of 01/25/23.
Bokhorst, L. et al. 2015. "Compliance Rates with the Prostate Cancer Research International Active Surveillance (PRIAS) Protocol and Disease Reclassification in Noncompliers." Elsevier B.V.. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0302283815005151?via%3Dihub
Bolt, J. et al. 2022. "Maddison Project Database 2020." Groningen Growth and Development Centre. https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/releases/maddison-project-database-2020
BP p.l.c. 2022. "Oil demand." BP p.l.c.. https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/oil-demand.html
Brohan, A. et al. 2022. "RT-1: Robotics Transformer for Real-World Control at Scale." Robotics at Google. https://robotics-transformer.github.io/assets/rt1.pdf
Brown, D. et al. 2021. "Clinical development times for innovative drugs." Nature. https://www.nature.com/articles/d41573-021-00190-9
Bureau of Transportation Statistics 2017. "Appendix F. Estimating Transport costs." Bureau of Transportation Statistics. https://web.archive.org/web/20170125014817/https://ntl.bts.gov/lib/4000/4300/4318/ccf_apxF.pdf
Bureau of Transportation Statistics. Freight Facts and Figures. Data as of 01/27/23. https://www.bts.gov/product/freight-facts-and-figures
Bureau of Transportation Statistics. Table 3-21: Average Freight Revenue Per Ton-mile (Current cents). Data as of 02/03/17. https://www.bts.gov/archive/publications/national_transportation_statistics/table_03_21
Carroll, A. 2022. "A new genome sequencing tool powered with our technology." Google. https://blog.google/technology/health/a-new-genome-sequencing-tool-powered-with-our-technology/

Carter, N. 2022. "The Status of Proof of Reserve 2022年末時点。" Medium. https://medium.com/@nic__carter/the-status-of-proof-of-reserve-as-of-year-end-2022-48120159377c

Chen, B. 2020. "Up to 91% More Expensive: How Delivery Apps Eat Up Your Budget." The New York Times. https://www.nytimes.com/2020/02/26/technology/personaltech/ubereats-doordash-postmates-grubhub-review.html

Chen, Y. et al. 2022. "Quantifying Regional Methane Emissions in the New Mexico Permian Basin with a Comprehensive Aerial Survey." ACS Publications. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c06458

China Internet Watch 2022. "Alipay." China Internet Watch. https://www.chinainternetwatch.com/tag/alipay/

Choo, L. 2022. "The Crypto Bowl is the beginning of a blockchain advertising bonanza." Protocol. https://www.protocol.com/fintech/super-bowl-crypto-bowl

Clarivate. RNA Technology Patents Granted Over Time. Data as of 01/17/23. https://clarivate.com/

Colao, J. 2012. "Snapchat: The Biggest No-Revenue Mobile App Since Instagram." Forbes. https://www.forbes.com/sites/jjcolao/2012/11/27/snapchat-the-biggest-no-revenue-mobile-app-since-instagram/?sh=f5a0ee372000

Cozzi, L. et al. 2022. "World Energy Outlook 2022." IEA. https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf

Crisp, A. 2018. "IGD: online set to be fastest growing Asia channel with 194% growth predicted by 2022." The Institute of Grocery Distribution. https://www.igd.com/articles/article-viewer/t/igd-online-set-to-be-fastest-growing-asia-channel-with-194-growth-predicted-by-2022/i/19947

CryptoSlam. Avalanche Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/avalanche

CryptoSlam. Blockchains by NFT Sales Volume. Data as of 01/25/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains

CryptoSlam. BNB Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/bnb

CryptoSlam. Cardano Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/cardano

CryptoSlam. Ethereum Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/ethereum

CryptoSlam. Flow Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/flow

CryptoSlam. Immutablex Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/immutablex

CryptoSlam. NFT Trading Volume. Data as of 01/17/23. Cryptoslam.io

CryptoSlam. Panini Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/panini

CryptoSlam. Polygon Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/polygon

CryptoSlam. Ronin Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/ronin

CryptoSlam. Solana Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/solana

CryptoSlam. WAX Sales Volume Data, Graphs & Charts. Data as of 01/02/23. https://www.cryptoslam.io/blockchains/wax

de Selding, P. 2014. "Former Arianespace Chief Says SpaceX Has Advantage on Cost." SpaceNews. https://spacenews.com/39906former-arianespace-chief-says-spacex-has-advantage-on-cost/

De, N. et al. 2022. "Three Arrows Capital Files for Bankruptcy in New York Tied to British Virgin Islands Proceeding." CoinDesk. https://www.coindesk.com/business/2022/07/01/three-arrows-capital-files-for-bankruptcy-in-new-york-tied-to-british-virgin-islands-proceeding/

DefiLlama. AAVE V2 (AAVE). Data as of 01/03/23. https://defillama.com/protocol/aave-v2

DeLong, B. 1998. "Estimating World GDP, One Million B.C. - Present." University of California at Berkeley. http://holtz.org/Library/Social%20Science/Economics/Estimating%20World%20GDP%20by%20DeLong/Estimating%20World%20GDP.htm

Desjardins, J. 2020. "All of the World's Money and Markets in One Visualization." Visual Capitalist. https://www.visualcapitalist.com/all-of-the-worlds-money-and-markets-in-one-visualization-2020/

Diment, L. et al. 2017. "Clinical efficacy and effectiveness of 3D printing: a systematic review." BMJ Publishing Group Ltd. https://bmjopen.bmj.com/content/7/12/e016891

DJI. Phantom 2 Vision+. Data as of 01/27/23. https://www.dji.com/phantom-2-vision-plus/info

Dobson, G. 2020. "Trauma of major surgery: A global problem that is not going away." National Library of Medicine. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7388795/

Dune Analytics. Mints By Category ETH + Solana. Data as of 01/23/23. https://dune.com/queries/1921295

Dune Analytics. Total NFT Mints. Data as of 01/17/23. https://dune.com/queries/1886799?d=11

Dune Analytics. Transactions by Chain Charts (OP, Arbi, ETH). Data as of 01/17/23. https://dune.com/queries/1873519/3083010

Edmunds.com, Inc.. 2022 Tesla Model 3 Cost to Own. Data as of 01/27/23. https://www.edmunds.com/tesla/model-3/2022/cost-to-own/?style=401884809

Edmunds.com, Inc.. 2022 Toyota Camry Cost to Own. Data as of 01/27/23. https://www.edmunds.com/toyota/camry/2022/cost-to-own/?style=401903004

FDIC. Bank Data & Statistics. Data as of 01/17/23. https://www.fdic.gov/bank/statistical/

Federal Highway Administration 2020. "Traffic Congestion and Reliability: Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation." Federal Highway Administration. https://ops.fhwa.dot.gov/congestion_report/executive_summary.htm#congestion_worse

Federal Highway Administration. Travel Monitoring. Data as of 12/28/22. https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/travel_monitoring/tvt.cfm

Ferguson, D. 2020. "Introducing R2, Nuro's Next Generation Self-Driving Vehicle." Medium. https://medium.com/nuro/introducing-r2-nuros-next-generation-self-driving-vehicle-a9974ff6c2e0

FFIEC. Federal Financial Institutions Examination Council Central Data Repository's Public Data Distribution. Data as of 01/17/23. https://cdr.ffiec.gov/public/ManageFacsimiles.aspx

FIS 2020. "Global Payment Report January 2020." FIS. https://offers.worldpayglobal.com/rs/850-JOA-856/images/GPR-2020.pdf?

FIS 2021. "The Global Payment Report 2021." FIS. https://offers.worldpayglobal.com/rs/850-JOA-856/images/1297411%20GPR%20DIGITAL%20ENGLISH%20SINGLES%20RGB%20FNL11.pdf

FIS 2022. "The Global Payment Report For Financial Institutions and Merchants." FIS. https://offers.worldpayglobal.com/rs/850-JOA-856/images/ENGPR2022.pdf?_gl=1*d051l9*_ga*MzgwNTY2MTUzLjE2Njg1NDUyMDU.*_ga_SKZCV3S405*MTY2ODcwMDYzOC4yLjEuMTY2ODcwMDY1OS4wLjAuMA..

Flashbots. Transparency dashboard. Data as of 01/17/23. https://transparency.flashbots.net/

GitHub. Copilot · Your AI pair programmer. Data as of 01/27/23. https://github.com/features/copilot

Glasner, J. 1999. "Iridium Cuts Prices." Wired. https://www.wired.com/1999/06/iridium-cuts-prices/

Glassnode. Bitcoin Mean Hash Rate. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=mining.HashRateMean&s=1278892800&u=1673568000&zoom=

Glassnode. Bitcoin Price [USD]. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=market.PriceUsdClose&s=1278892800&u=1673568000&zoom=
Glassnode. Bitcoin Realized Cap [USD]. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=market.MarketcapRealizedUsd&s=1278892800&u=1673568000&zoom=
Glassnode. Bitcoin Realized Price [USD]. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=market.PriceRealizedUsd&s=1278892800&u=1673568000&zoom=
Glassnode. Bitcoin: Adjusted Percent Supply in Profit. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/workbench/btc-supply-percent-in-profit-adjusted
Glassnode. Bitcoin: Circulating Supply [BTC]. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&ema=0&m=supply.Current&mAvg=0&mMedian=0&modal=loginForm&zoom=all
Glassnode. Bitcoin: Lightning Network Capacity [BTC]. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=lightning.NetworkCapacitySum&s=1278892800&u=1673568000&zoom=
Glassnode. Bitcoin: Net Transfer Volume from/to Exchanges [BTC] - All Exchanges. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=transactions.TransfersVolumeExchangesNet
Glassnode. Bitcoin: Number of Addresses wirth a Non-Zero Balance. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=addresses.NonZeroCount&s=1278892800&u=1673568000&zoom=
Glassnode. Bitcoin: Number of Addresses. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=addresses.Count
Glassnode. Bitcoin: Number of Transactions. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=transactions.Count
Glassnode. Bitcoin: Percent of Supply Last Active 1+ Years Ago. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=supply.ActiveMore1YPercent&s=1278892800&u=1673568000&zoom=
Glassnode. Bitcoin: Realized Profit and Loss. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/workbench/btc-realized-pnl
Glassnode. Bitcoin: Total Miner Revenue [BTC] - All Miners. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=mining.RevenueSum
Glassnode. Bitcoin: Total Supply Held by Long-Term Holders. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=supply.LthSum&s=1278892800&u=1673568000&zoom=
Glassnode. Bitcoin: Total Transfer Volume [BTC]. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=transactions.TransfersVolumeSum
Glassnode. Bitcoin: Total Transfer Volume [BTC]. Data as of 01/20/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=&m=transactions.TransfersVolumeSum
Glassnode. Ethereum: Burned Supply [ETH]. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=ETH&category=&ema=0&m=supply.Burned&mAvg=0&mMedian=0&modal=loginForm&zoom=all
Glassnode. Ethereum: Circulating Supply [ETH]. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=ETH&category=&ema=0&m=supply.Current&mAvg=0&mMedian=0&modal=loginForm&zoom=all
Glassnode. Ethereum: Ethereum Gas Usage by Transaction Type (Absolute) (90d Moving Average). Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=ETH&category=Fees&ema=0&m=fees.TxTypesBreakdownSum&mAvg=90&mMedian=0&modal=loginForm
Glassnode. Ethereum: Issuance [ETH]. Data as of 01/17/23. https://studio.glassnode.com/metrics?a=ETH&category=&m=supply.Issued&modal=loginForm
Goldstein, T. 2022. "I estimate the cost of running ChatGPT is $100K per day, or $3M per month. This is a back-of-the-envelope calculation. I assume nodes are always in use with a batch size of 1. In reality they probably batch during high volume, but have GPUs sitting fallow during low volume.." Twitter. https://twitter.com/tomgoldsteincs/status/1600196995389366274
Google Flights. Shorthaul Flight v Robotaxi. Data as of 01/26/23. https://www.google.com/travel/flights
Gopalakrishnan, K. et al. 2022. "RT-1: Robotics Transformer for real-world control at scale." Google. https://ai.googleblog.com/2022/12/rt-1-robotics-transformer-for-real.html
Grail. GRAIL's multi-cancer early detection test. Data as of 01/19/23. https://grail.com/our-products/
Gregson, R. 1999. "Iridium Results Beat Expectations, but Road Ahead Still Bumpy." RCR Wireless News. https://www.rcrwireless.com/19990201/archived-articles/iridium-results-beat-expectations-but-road-ahead-still-bumpy
Hall, J. 2022. "UK hits double-digit inflation for the first time in 40 years." CoinTelegraph. https://cointelegraph.com/news/uk-hits-double-digit-inflation-for-the-first-time-in-40-years
Haque, I. et al. 2018. "Limitations on Mutation Detection for Early Detection of Cancer." Freenome Inc. https://static1.squarespace.com/static/54e4c4c4e4b06b5b9b5b6e2c/t/5ea81cc8eac6e000b6eba4c0/1588075724785/2018_AACR_Poster_2.pdf
Hasenstab, B. 1998. "Cell phone plan debuts." Cable News Network. https://money.cnn.com/1998/05/07/technology/attwireless/
Hoffmann, J. et al. 2022. "Training Compute-Optimal Large Language Models." arXiv. https://arxiv.org/abs/2203.15556
IAB 2022. "2021 Video Ad Spend & 2022 Outlook May 2022." IAB. https://www.iab.com/wp-content/uploads/2022/05/2022-IAB-Video-Ad-Spend-Report.pdf
IEA 2021. "Oil 2021 Analysis and forecast to 2026." IEA. https://iea.blob.core.windows.net/assets/1fa45234-bac5-4d89-a532-768960f99d07/Oil_2021-PDF.pdf
Insider Intelligence. Connected TV Ad Spending. Data as of 12/22/22.
Insider Intelligence. Connected TV Households. Data as of 01/12/23.
Insider Intelligence. Digital Video Viewers. Data as of 01/02/23.
Insider Intelligence. Meta Ad Revenues. Data as of 12/22/22.
Insider Intelligence. Retail Ecommerce Sales Worldwide, 2022-2026. Data as of 01/27/23. www.emarketer.com
Insider Intelligence. Retail Ecommerce Sales. Data as of 01/02/23.
Insider Intelligence. TikTok Ad Revenues. Data as of 12/22/22.
Insider Intelligence. TV Viewers and Penetration. Data as of 01/12/23.
Insider Intelligence. YouTube Ad Revenues. Data as of 12/22/22.
International Fund for Agricultural Development 2022. "12 reasons why remittances are important." International Fund for Agricultural Development. https://www.ifad.org/en/web/latest/-/12-reasons-why-remittances-are-important#:~:text=A%20staggering%20one%20billion%20people,average)%20benefit%20from%20these%20flows.
Iqbal, M. 2022. "Snapchat Revenue and Usage Statistics (2022)." Business of Apps. https://www.businessofapps.com/data/snapchat-statistics/

Iqbal, M. 2022. "TikTok Revenue and Usage Statistics (2022)." Business of Apps. https://www.businessofapps.com/data/tik-tok-statistics/
IQVIA Inc 2022. "Global Oncology Trends 2022." IQVIA Inc. https://www.iqvia.com/insights/the-iqvia-institute/reports/global-oncology-trends-2022
Irle, R. 2022. "Global EV Sales for 2022 H1." EV-Volumes. http://ev-volumes.com
Irle, R. 2022. "Global EV Sales for 2022 H1." EV-Volumes. https://www.ev-volumes.com/
Irvine, A. 2019. "Paying for CRISPR Cures: The Economics of Genetic Therapies." Innovative Genomics Institute. https://innovativegenomics.org/news/paying-for-crispr-cures/
Jabil Inc. 2021. "3D Printing Trends: Six Major Developments." Jabil Inc.. https://www.jabil.com/blog/3d-printing-trends-show-positive-outlook.html
Jang, E. et al. 2022. "BC-Z: Zero-Shot Task Generalization with Robotic Imitation Learning." arXiv. https://arxiv.org/abs/2202.02005
Johnson, P. 2022. "1/ Last year, stablecoins settled >$7tn on-chain. Current run-rate is ~$9tn/yr. This is significantly more than Mastercard (~$2.2tn), Amex (~$1tn), and Discover (<$200bn). In 2023, on-chain stablecoin volumes will surpass the largest card network, Visa, which processes ~$12tn/yr.." Twitter. https://twitter.com/TheChicagoVC/status/1605596279295201280
Kalliamvakou, E. 2022. "Research: quantifying GitHub Copilot's impact on developer productivity and happiness." GitHub, Inc.. https://github.blog/2022-09-07-research-quantifying-github-copilots-impact-on-developer-productivity-and-happiness/
Kane, M. 2022. "US: The Number Of EV Models With 300+ Miles Of Range Tripled in 2022." InsideEVs. https://insideevs.com/news/607517/us-number-models-300miles-range-2022/
Kasparov, G. et al. 2017. "Why the rise of authoritarianism is a global catastrophe." Washington Post. https://www.washingtonpost.com/news/democracy-post/wp/2017/02/13/why-the-rise-of-authoritarianism-is-a-global-catastrophe/
Kaspi. 3Q 2022 Results. Data as of 01/17/23. https://ir.kaspi.kz/media/3Q_2022_Presentation.pdf
Kaur , D. 2022. "Ten years later, Alipay is still the most popular digital wallet in the world." Tech Wire Asia. https://techwireasia.com/2022/08/ten-years-later-alipay-is-still-the-most-popular-digital-wallet-in-the-world/
Kemp, S. 2012. "DIGITAL 2012: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2012-global-digital-overview
Kemp, S. 2013. "DIGITAL 2013: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2013-global-digital-overview
Kemp, S. 2014. "DIGITAL 2014: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2014-global-digital-overview
Kemp, S. 2015. "DIGITAL 2015: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2015-global-digital-overview
Kemp, S. 2016. "DIGITAL 2016: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2016-global-digital-overview
Kemp, S. 2017. "DIGITAL 2017: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2017-global-digital-overview
Kemp, S. 2018. "DIGITAL 2018: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2018-global-digital-overview
Kemp, S. 2019. "DIGITAL 2019: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2019-global-digital-overview
Kemp, S. 2020. "DIGITAL 2020: GLOBAL DIGITAL OVERVIEW." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2020-global-digital-overview
Kemp, S. 2021. "DIGITAL 2021: GLOBAL OVERVIEW REPORT." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2021-global-overview-report
Kemp, S. 2022. "DIGITAL 2022: GLOBAL OVERVIEW REPORT." Kepios. https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report
Kilcarr, S. 2014. "Big rigs, big costs." Endeavor Business Media, LLC.. http://fleetowner.com/blog/big-rigs-big-costs
Koppal, T. 2020. "Understanding the nuances of targeted protein degradation." YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=hZPLBBYsAKQ
Korus, S. 2018. "Auto Capital Spending Suggests That EV Forecasts Are Much Too Low." ARK Investment Management LLC. https://ark-invest.com/articles/analyst-research/ev-forecasts/
Kuzmichenok, V. 2021. "Yandex Buys Uber Out of Food Delivery Partnership in $1Bln Deal." The Moscow Times. https://www.themoscowtimes.com/2021/08/31/yandex-buys-uber-out-of-food-delivery-partnership-in-1bln-deal-a74935
Lee, T. 2022. "Waymo finally launches an actual public, driverless taxi service." Condé Nast. https://arstechnica.com/cars/2020/10/waymo-finally-launches-an-actual-public-driverless-taxi-service/
Lee, W. et al. 2022. "Adaptive 3D Printing for In Situ Adjustment of Mechanical Properties." Wiley-VCH GmbH. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/aisy.202200229
Li, C. 2020. "OpenAI's GPT-3 Language Model: A Technical Overview." Lambda. https://lambdalabs.com/blog/demystifying-gpt-3
Lienert, P. 2018. "Global carmakers to invest at least $90 billion in electric vehicles." Reuters. https://www.reuters.com/article/us-autoshow-detroit-electric/global-carmakers-to-invest-at-least-90-billion-in-electric-vehicles-idUSKBN1F42NW
Lienert, P. 2022. "A Reuters analysis of 37 global automakers found that they plan to invest nearly $1.2 trillion in electric vehicles and batteries through 2030." Reuters Graphics. https://graphics.reuters.com/AUTOS-INVESTMENT/ELECTRIC/akpeqgzqypr/index.html
Lienert, P. et al. 2021. "Exclusive: Global carmakers now target $515 billion for EVs, batteries." Reuters. https://www.reuters.com/business/autos-transportation/exclusive-global-carmakers-now-target-515-billion-evs-batteries-2021-11-10/
Lifson, M. et al. 2022. "Is there enough room in space for tens of billions of satellites, as Elon Musk suggests? We don't think so.." SpaceNews. https://spacenews.com/op-ed-is-there-enough-room-in-space-for-tens-of-billions-of-satellites-as-elon-musk-suggests-we-dont-think-so/
Lindeborg, R. et al. 2021. "Cost of Clinical Trials: A Breakdown (Infographic)." Clinical Research. https://www.clinicalresearch.io/blog/industry-trends/cost-of-clinical-trials-breakdown/
Lopez, L. 2022. "PacBio Announces Revio, a Revolutionary New Long Read Sequencing System Designed to Provide 15 Times More HiFi Data and Human Genomes at Scale for Under $1,000." PacBio. https://www.pacb.com/press_releases/pacbio-announces-revio-a-revolutionary-new-long-read-sequencing-system-designed-to-provide-15-times-more-hifi-data-and-human-genomes-at-scale-for-under-1000/
Mackay, M. et al. 2022. "Dual tissue and plasma testing to improve detection of actionable variants in patients with solid cancers.." American Society of Clinical Oncology. https://ascopubs.org/doi/abs/10.1200/JCO.2022.40.16_suppl.3017
Malone, C. 2007. "Gene Regulation in Eukaryotes." California State University of Northridge. https://www.csun.edu/~cmalone/pdf360/

Malwa, S. 2023. "Ethereum Name Service Recorded Over 2.8M Domain Registrations in 2022." Yahoo. https://autos.yahoo.com/ethereum-name-recorded-over-2-075720583.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAE1S15_Gsif9zAC4o4CGwJwQxxS401ItNpifnl_2AWPLHnkg_Xm5OI-E4MC-dllBeU40bfsAiVwF3h9-LoZECxqnJSx-JyTilojz9ReCa2Uzl3szOM4AdraATfEn5zeVDwYzZEjvonOcl29HNWcKukFzzT4ddM5Rk9CEf84nLxbX

Martin, P. 2013. "NASA's Efforts to Maximize Research on the International Space Station." OIG. https://oig.nasa.gov/audits/reports/FY13/IG-13-019.pdf

Mathios, D. et al. 2021. "Detection and characterization of lung cancer using cell-free DNA fragmentomes." Springer Nature Limited. https://www.nature.com/articles/s41467-021-24994-w

McKinsey & Company 2021. "The rise and rise of the global balance sheet." McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/financial%20services/our%20insights/the%20rise%20and%20rise%20of%20the%20global%20balance%20sheet%20how%20productively%20are%20we%20using%20our%20wealth/mgi-the-rise-and-rise-of-the-global-balance-sheet-full-report-vf.pdf

McKinsey & Company 2022. "The 2022 McKinsey Global Payments Report." McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/financial%20services/our%20insights/the%202022%20mckinsey%20global%20payments%20report/the-2022-mckinsey-global-payments-report.pdf

Meara, . et al. 2015. "Global Surgery 2030." The Lancet Commission on Global Surgery,. https://www.lancetglobalsurgery.org/_files/ugd/346076_713dd3f8bb594739810d84c1928ef61a.pdf

Mensah, G. et al. 2017. "Decline in Cardiovascular Mortality: Possible Causes and Implications." National Library of Medicine. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28104770/

Mensah, G. et al. 2018. "Decline in Cardiovascular Mortality: Possible Causes and Implications." National Library of Medicine. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5268076/

Messari. Launch and Initial Token Distribution. Data as of 01/25/23. https://messari.io/

Meta Platforms, Inc.. Corporate filings. Data as of 12/30/22. https://investor.fb.com/financials/?section=secfilings

Michuda, J. et al. 2022. "Use of clinical RNA-sequencing in the detection of actionable fusions compared to DNA-sequencing alone.." American Society of Clinical Oncology. https://ascopubs.org/doi/abs/10.1200/JCO.2022.40.16_suppl.3077

Miller, A. 2021. "Airport Deserts – Exploring The Distance Between Airports And The Cities They Serve [Data Study]." Upgraded Points. https://upgradedpoints.com/travel/airports/airport-deserts-data-study/

Morrison, R. et al. 2015. "Most U.S. Households Do Their Main Grocery Shopping at Supermarkets and Supercenters Regardless of Income." Economic Research Service. https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2015/august/most-us-households-do-their-main-grocery-shopping-at-supermarkets-and-supercenters-regardless-of-income

MPayPass 2020. "China Payment and Clearing Association released the "2019 Mobile Payment User Survey Report"." MPayPass. https://m.mpaypass.com.cn/news/202001/06142719.html

MPayPass 2021. "China Payment and Clearing Association released the "2020 Mobile Payment User Survey Report"." MPayPass. https://m.mpaypass.com.cn/news/202101/12171328.html

MPayPass 2022. "China Payment and Clearing Association released the 2021 mobile payment user survey report." MPayPass. https://m.mpaypass.com.cn/news/202204/19131610.html

MPayPass 2022. "Payment and Clearing Association of China Releases 2022 Survey Report on Mobile Payment User Usage." MPayPass. https://m.mpaypass.com.cn/news/202212/13181900.html

Müller, C. 2022. "Executive Summary World Robotics 2022 Industrial Robots." VDMA Services GmbH. https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2022.pdf

Musunuru, K. et al. 2021. "In vivo CRISPR base editing of PCSK9 durably lowers cholesterol in primates." Nature. https://www.nature.com/articles/s41586-021-03534-y

Nalley, S. et al. 2021. "International Energy Outlook 2021 (IEO2021)." U.S. Energy Information Administration. https://www.eia.gov/outlooks/ieo/

Nalley, S. et al. 2022. "Annual Energy Outlook 2022." U.S. Energy Information Administration. https://www.eia.gov/outlooks/aeo/

Nansen. ETH2. Data as of 01/17/23. https://pro.nansen.ai/eth2-deposit-contract

Nasir, M. et al. 2022. "From drug target inhibition to degradation: a TACtical strategy." Springer Nature Limited. https://www.nature.com/articles/d43747-022-00173-8

Natera, Inc. Why circulating tumor DNA (ctDNA) for MRD assessment?. Data as of 01/19/23. https://www.natera.com/oncology/signatera-advanced-cancer-detection/

National Cancer Institute. All Cancer Sites Combined. Data as of 01/19/23. https://seer.cancer.gov/statistics-network/explorer/application.html?site=1&data_type=1&graph_type=2&compareBy=sex&chk_sex_3=3&chk_sex_2=2&rate_type=2&race=1&age_range=1&hdn_stage=101&advopt_precision=1&advopt_show_ci=on&hdn_view=0&advopt_show_apc=on&advopt_display=2#graphArea

New Hampshire Lottery Commission. Financial Reports. Data as of 01/25/23. https://www.nhlottery.com/About-Us/Financial-Reports

No Source Type Provided

O'Neill, A. 2022. "The Ethereum Merge Is Successful – How Will It Impact Traders and the Global Crypto Market?." The Daily Hodl. https://dailyhodl.com/2022/10/01/the-ethereum-merge-is-successful-how-will-it-impact-traders-and-the-global-crypto-market/#:~:text=It%20was%20a%20success%20%E2%80%93%20as,officially%20upgraded%20into%20Ethereum%202.0.

OECD Data. Hours worked. Data as of 12/28/22. https://data.oecd.org/emp/hours-worked.htm

OpenAI. DALL·E 2. Data as of 01/23/23. https://openai.com/dall-e-2/

PA Gaming Control Board. Gaming Revenue Fiscal Year 2022/2023. Data as of 01/25/23. https://gamingcontrolboard.pa.gov/?p=320

Pandaily 2022. "XPeng Plans to Develop Fully Unmanned Driving in Three Years." Pandaily. https://pandaily.com/xpeng-plans-to-develop-fully-unmanned-driving-in-three-years/

Parker, J. et al. 2021. "Does biomarker use in oncology improve clinical trial failure risk? A large-scale analysis." National Library of Medicine. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33620160/

Personalis Inc. Delivering Industry-Leading Sensitivity to Detect Residual Disease and Recurrence at the Earliest Timepoints. Data as of 01/19/23. https://www.personalis.com/next-personal/

Piovarči, . et al. 2022. "Closed-Loop Control of Direct Ink Writing via Reinforcement Learning." arXiv. https://arxiv.org/pdf/2201.11819.pdf

PitchBook. 3D Printing Enterprise Value Stock Screen. Data as of 01/26/23. pitchbook.com

PitchBook. Autonomous Ridehail Enterprise Value. Data as of 01/26/23. www.pitchbook.com

Pitney Bowes Inc.. Pitney Bowes Parcel Shipping Index. Data as of 01/27/23. https://www.pitneybowes.com/us/shipping-index.html

Pitney Bowes. Pitney Bowes Parcel Shipping Index. Data as of 01/27/23. https://www.pitneybowes.com/us/shipping-index.html

PLAYWV. West Virginia Sports Betting Revenue. Data as of 12/30/22. https://www.playwv.com/revenue/

Ponciano, J. 2022. "Crypto Lender Genesis Suspends Withdrawals: FTX Collapse Created 'Unprecedented Market Turmoil'." Forbes. https://www.forbes.com/sites/jonathanponciano/2022/11/16/crypto-lender-genesis-suspends-withdrawals-ftx-collapse-created-unprecedented-market-turmoil/?sh=29b93971782d

Ponnezhath, M. et al. 2022. "Major crypto lender Celsius files for bankruptcy." Reuters. https://www.reuters.com/technology/crypto-lender-celsius-files-bankruptcy-2022-07-14/
Property Rights Alliance. International Property Rights Index 2022. Data as of 01/25/23. https://www.internationalpropertyrightsindex.org/
Quilty, C. et al. 2020. "Flat Panel Antennas: The Next Big Thing or an Elusive Unicorn?." Quilty Analytics. Quilty Analytics
Raval, A. 2022. "Illumina to showcase the transformational impact of comprehensive genomic profiling in unlocking precision medicine for cancer patients, at ASCO." Illumina. https://www.illumina.com/company/news-center/press-releases/2022/3424cbc9-3dd5-498a-aa0b-4627310badef.html
Rawstron, A. et al. 2015. "Minimal residual disease in myeloma by flow cytometry: independent prediction of survival benefit per log reduction." American Society of Hematology. https://ashpublications.org/blood/article/125/12/1932/33718/Minimal-residual-disease-in-myeloma-by-flow
Roach, J. 2022. "Pinch-grasping robot handles items with precision." Amazon. https://www.amazon.science/latest-news/pinch-grasping-robot-handles-items-with-precision
Robbins, D. et al. 2020. "Nx-2127, a Degrader of BTK and IMiD Neosubstrates, for the Treatment of B-Cell Malignancies." ASH Publications. https://ashpublications.org/blood/article/136/Supplement%201/34/472476/Nx-2127-a-Degrader-of-BTK-and-IMiD-Neosubstrates
Roberts, T. 2022. "Space Launch to Low Earth Orbit: How Much Does It Cost?." Center for Strategic and International Studies. https://aerospace.csis.org/data/space-launch-to-low-earth-orbit-how-much-does-it-cost/
Roblox. Gucci Town. Data as of 12/30/22. https://www.roblox.com/games/7830918930/Gucci-Town
Roblox. NIKELAND [SNOWBALL FIGHT]. Data as of 12/30/22. https://www.roblox.com/games/7462526249/NIKELAND-NEW-3V3#!/about
Roblox. Tommy Play. Data as of 12/30/22. https://www.roblox.com/games/9129288160/FASHION-SHOW-Tommy-Play
Roblox. Vans World [GIFTS]. Data as of 12/30/22. https://www.roblox.com/games/6679274937/Vans-World
Roblox. Walmart Land. Data as of 12/30/22. https://www.roblox.com/games/10895555747/Walmart-Land
Roser, M. et al. 2019. "Cancer." Our World in Data. https://ourworldindata.org/cancer#cancer-survival-rates
Rowland, T. et al. 2022. "GRAIL Announces Final Results From the PATHFINDER Multi-Cancer Early Detection Screening Study at ESMO Congress 2022." Grail. https://grail.com/press-releases/grail-announces-final-results-from-the-pathfinder-multi-cancer-early-detection-screening-study-at-esmo-congress-2022/
Rusinek, I. et al. 2022. "Detection and monitoring of circulating tumor DNA using affordable high-depth whole genome sequencing on a new sequencing platform." Ultima Genomics. https://cdn.sanity.io/files/l7780ks7/production/f1794a36e12464e7ec57f7da7468df11c6ef5488.pdf
S&P Capital IQ. Capital IQ Equity Screening Report. Data as of 01/26/23. capitaliq.com
S&P Global Market Intelligence. 3D Printing Addressable Market. Data as of 01/26/23. capitaliq.com
S&P Global Market Intelligence. 3D Printing Enterprise Value Stock Screen. Data as of 01/26/23. capitaliq.com
S&P Global Market Intelligence. Global Advertising Expenditure Forecast. Data as of 01/25/23.
S&P Global Market Intelligence. Global gaming revenue, Q3 2022. Data as of 01/25/23.
S&P Global Market Intelligence. Market Cap Attributable to Robotics. Data as of 01/26/23. capitaliq.com
S&P Global. Automotive Industry Forecast: Light Vehicle Sales. Data as of 12/28/22. https://www.spglobal.com/mobility/en/products/automotive-light-vehicle-sales-forecasts.html
S&P Global. Automotive Industry Forecast: Light Vehicle Sales. Data as of 12/29/22. https://www.spglobal.com/mobility/en/products/automotive-light-vehicle-sales-forecasts.html
Samarasinghe, K. et al. 2021. "Targeted protein degradation: A promise for undruggable proteins." National Library of Medicine. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34004187/
Sandor, K. et al. 2022. "The Fall of Terra: A Timeline of the Meteoric Rise and Crash of UST and LUNA." CoinDesk. https://www.coindesk.com/learn/the-fall-of-terra-a-timeline-of-the-meteoric-rise-and-crash-of-ust-and-luna/
Sensor Tower Inc. Sensor Tower Usage Active Users Unified. Data as of 01/25/23.
Sigalos, M. 2022. "Sam Bankman-Fried steps down as FTX CEO as his crypto exchange files for bankruptcy." CNBC. https://www.cnbc.com/2022/11/11/sam-bankman-frieds-cryptocurrency-exchange-ftx-files-for-bankruptcy.html
Sigalos, M. et al. 2022. "Crypto firm BlockFi files for bankruptcy as FTX fallout spreads." CNBC. https://www.cnbc.com/2022/11/28/blockfi-files-for-bankruptcy-as-ftx-fallout-spreads.html
Simmons, V. et al. 2022. "The next S-curve of growth: Online grocery to 2030." McKinsey Insights. https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-next-s-curve-of-growth-online-grocery-to-2030
Singer, U. et al. 2022. "Make-A-Video: Text-to-Video Generation without Text-Video Data." Meta. https://makeavideo.studio
Snap Inc.. Corporate filings. Data as of 12/30/22. https://investor.snap.com/financials/quarterly-results/default.aspx
SpaceX. Falcon 9 First Orbital Class Rocket Capable of Reflight. Data as of 01/12/23. https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/
SpaceX. Upcoming Launch Starlink Mission. Data as of 01/12/23. http://www.spacex.com/about/capabilities
Stability 2022. "Stable Diffusion 2.0 Release." Stability. https://stability.ai/blog/stable-diffusion-v2-release
Starlink. Order Starlink. Data as of 01/12/23. https://www.starlink.com/
State of Colorado. Sports Betting Monthly Reports. Data as of 01/25/23. https://sbg.colorado.gov/sports-betting-monthly-reports
Statista. Digital Music - Worldwide. Data as of 01/25/23. https://www.statista.com/outlook/dmo/digital-media/digital-music/worldwide#revenue
Statista. Video-on-Demand - Worldwide. Data as of 01/25/23. https://www.statista.com/outlook/dmo/digital-media/video-on-demand/worldwide#revenue
Svitak, A. 2011. "Rising Engine Costs, Uncertainty Drive Up Atlas 5 Prices for NASA." SpaceNews. https://spacenews.com/rising-engine-costs-uncertainty-drive-atlas-5-prices-nasa/
TechNode 2022. "Baidu can start charging for fully driverless robotaxis in Wuhan and Chongqing." TechNode. https://technode.com/2022/08/08/baidu-can-start-charging-for-fully-driverless-robotaxis-in-wuhan-and-chongqing/
TechNode 2022. "Pony.ai to start charging money for its robotaxi services in Guangzhou." TechNode. https://technode.com/2022/04/24/pony-ai-to-start-charging-money-for-its-robotaxi-services-in-guangzhou/
TechnoPixel 2022. "Ethereum Majorly Passes First Major Test For PoS." TechnoPixel. https://www.technopixel.org/ethereum-majorly-passes-first-major-test-for-pos/
Tejpaul, B. et al. 2022. "Coinbase selected by BlackRock; provide Aladdin clients access to crypto trading and custody via Coinbase Prime." Coinbase. https://www.coinbase.com/blog/coinbase-selected-by-blackrock-provide-aladdin-clients-access-to-crypto-trading-and-custody-via
Tepper, T. 2022. "Federal Funds Rate History 1990 to 2022." Forbes. https://www.forbes.com/advisor/investing/fed-funds-rate-history/
Tesla 2022. "Tesla AI Day 2022." Tesla. https://www.youtube.com/watch?v=ODSJsviD_SU
The Block. DEX to CEX Spot Trade Volume (%). Data as of 01/17/23. https://www.theblock.co/data/decentralized-finance/dex-non-custodial/dex-to-cex-spot-trade-volume
The Block. DEX to CEX Spot Trade Volume. Data as of 01/17/23. https://www.theblock.co/data/decentralized-finance/dex-non-custodial/dex-to-cex-spot-trade-volume

The Block. DEX Volume. Data as of 01/17/23. https://www.theblock.co/data/decentralized-finance/dex-non-custodial/dex-volume-monthly
The Block. Ethereum Lending Market Liquidations. Data as of 01/17/23. https://www.theblock.co/data/decentralized-finance/cryptocurrency-lending/lending-market-liquidations-daily
The World Bank 2016. "2 Billion: Number of Adults Worldwide Without Access to Formal Financial Services." The World Bank. https://www.worldbank.org/en/news/video/2016/03/10/2-billion-number-of-adults-worldwide-without-access-to-formal-financial-services
The World Bank 2021. "The Global Findex Database 2021: Financial Inclusion, Digital Payments, and Resilience in the Age of COVID-19." The World Bank. https://www.worldbank.org/en/publication/globalfindex
The World Bank Group. GDP, PPP (constant 2017 international $). Data as of 01/27/23. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.KD
The World Bank. Final consumption expenditure (current US$). Data as of 12/30/22. https://data.worldbank.org/indicator/NE.CON.GOVT.CD
The World Bank. GDP (current US$). Data as of 12/30/22. https://data.worldbank.org/indicator/NE.CON.TOTL.CD
The World Bank. GDP per capita (current US$). Data as of 12/30/22. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD
The World Bank. Population, total. Data as of 01/19/23. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL
The World Bank. Population, total. Data as of 01/20/23. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL
Tie, J. et al. 2022. "Circulating Tumor DNA Analysis Guiding Adjuvant Therapy in Stage II Colon Cancer." The New England Journal of Medicine. https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2200075
Token Terminal. Master Protocol Revenue. Data as of 01/03/22.
TradingView. Total Crypto Market Cap. Data as of 01/17/23. tradingview.com
Tsotsis, A. 2012. "Facebook's IPO: An End To All The Revenue Speculation." TechCrunch. https://techcrunch.com/2012/02/01/facebook-ipo-facebook-ipo-facebook-ipo/
Twitter, Inc.. Corporate filings. Data as of 12/30/22. https://investor.twitterinc.com/financial-information/sec-filings/default.aspx
UCS 2022. "UCS Satellite Database." UCS. https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database
Unified. Sensor Tower Total Time Spent. Data as of 01/02/23.
United Launch Alliance. Atlas V. Data as of 01/19/23. https://web.archive.org/web/20161203124622/https://www.rocketbuilder.com/start/configure
Unstoppable Domains. Domains Registered. Data as of 01/16/23. https://unstoppabledomains.com/about
US Department of the Treasury 2022. "U.S. Treasury Sanctions Notorious Virtual Currency Mixer Tornado Cash." US Department of the Treasury. https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0916
Vadas, A. et al. 2021. "Special Report: The Evolution of Biomarker Use in Clinical Trials for Cancer Treatments." The Journal of Precision Medicine. https://www.thejournalofprecisionmedicine.com/the-journal-of-precision-medicine/special-report-the-evolution-of-biomarker-use-in-clinical-trials-for-cancer-treatments/
VanderMeulen, R. et al. 2015. "High Capacity Satellite Communications - Cost-effective Bandwidth Technology." Space Symposium, Technical Track. https://www.spacesymposium.org/wp-content/uploads/2017/10/R.VanderMeulen_31st_Space_Symposium_Tech_Track_paper.pdf
Venigalla, A. et al. 2022. "Mosaic LLMs (Part 2): GPT-3 quality for <$500k." Mosaic ML. https://www.mosaicml.com/blog/gpt-3-quality-for-500k
Virginia Lottery. Sports Betting. Data as of 12/30/22. https://www.valottery.com/aboutus/casinosandsportsbetting/sportsbetting
Welch, D. 2022. "GM's Cruise Expands Robotaxi Service to Phoenix and Austin Even With Safety Probe." Bloomberg L.P. https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-12-20/gm-s-cruise-expands-robotaxi-service-amid-federal-safety-probe?sref=1f7Aj053
Wessling, B. 2022. "Cruise starts daytime robotaxi rides in San Francisco." WTWH Media LLC. https://www.therobotreport.com/cruise-starts-daytime-robotaxi-rides-in-san-francisco/
Wetterstrand, K. 2021. "The Cost of Sequencing a Human Genome." National Human Genome Research Institute. https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Sequencing-Human-Genome-cost
White, J. et al. 2017. "Ford to cut costs $14 billion, invest in trucks, electric cars: CEO." Reuters. https://www.reuters.com/article/us-ford-motor-ceo/ford-to-cut-costs-14-billion-invest-in-trucks-electric-cars-ceo-idUSKCN1C82NL
Wikipedia 2023. "Size of Wikipedia." Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Size_of_Wikipedia
Wilhelm, A. 2013. "What Are The Revenue Targets Snapchat Must Meet To Be Worth $3 Billion?." TechCrunch. https://techcrunch.com/2013/11/13/what-are-the-revenue-targets-snapchat-must-meet-to-be-worth-3-billion/
Winton, B. 2021. "Solar Battery Bitcoin." GitHub, Inc.. https://github.com/ARKInvest/SolarBatteryBitcoin
World Health Organization. Global health estimates: Leading causes of DALYs. Data as of 01/17/23. https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/global-health-estimates-leading-causes-of-dalys
Worldpay, LLC 2017. "Global Payment Report." Worldpay, LLC. https://idoc.pub/documents/global-payment-report-2017-worldpay-6ngevv9p6jlv
Worldpay, LLC 2018. "Global Payments Report." Worldpay, LLC. https://offers.worldpayglobal.com/rs/850-JOA-856/images/Global%20Payments%20Report_Digital%202018.pdf?
Wouters, O. et al. 2020. "Estimated Research and Development Investment Needed to Bring a New Medicine to Market, 2009-2018." JAMA Network. https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762311
Wyoming Gaming Commission. Online Sports Wagering Revenue Reports. Data as of 12/30/22. https://gaming.wyo.gov/resources/revenue-reports/osw
Z Holdings. Investor Relations. Data as of 01/17/23. https://www.z-holdings.co.jp/en/ir/library/indicator/main/0/teaserItems1/00/linkList/0/link/en2022q2_kpi.xlsx
Zhang, P. 2022. "Baidu's robotaxi platform Apollo Go provides 196,000 rides in Q1, up over 11 times from a year ago." CnEVPost. https://cnevpost.com/2022/05/26/baidus-robotaxi-platform-apollo-go-provides-196000-rides-in-q1-up-over-11-times-from-a-year-ago/
Zhao, Y. et al. 2011. "NELSON lung cancer screening study." National Library of Medicine. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3266562/
Zviran, A. et al. 2020. "Genome-wide cell-free DNA mutational integration enables ultra-sensitive cancer monitoring." National Library of Medicine. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32483360/

For more research on disruptive innovation visit www.ark-invest.com

©2021-2026, ARK Investment Management LLC. No part of this material may be reproduced in any form, or referred to in any other publication, without the express written permission of ARK Investment Management LLC ("ARK").

Please note, companies that ARK believes are capitalizing on disruptive innovation and developing technologies to displace older technologies or create new markets may not in fact do so and/or may face political or legal attacks from competitors, industry groups, or local and national governments.

ARK aims to educate investors and to size the potential opportunity of Disruptive Innovation, noting that risks and uncertainties may impact our projections and research models. Investors should use the content presented for informational purposes only, and be aware of market risk, disruptive innovation risk, regulatory risk, and risks related to Deep Learning, Digital Wallets, Battery Technology, Autonomous Technologies, Drones, DNA Sequencing, CRISPR, Robotics, 3D Printing, Bitcoin, Blockchain Technology, etc. Cryptocurrency Risk. Cryptocurrencies (also referred to as "virtual currencies" and "digital currencies") are digital assets designed to act as a medium of exchange. Cryptocurrency is an emerging asset class. There are thousands of cryptocurrencies, the most well-known of which is bitcoin. Cryptocurrency generally operates without central authority (such as a bank) and is not backed by any government. Cryptocurrency is not legal tender. Federal, state and/or foreign governments may restrict the use and exchange of cryptocurrency, and regulation in the U.S. is still developing. The market price of bitcoin and other cryptocurrencies have been subject to extreme fluctuations. Similar to fiat currencies (i.e., a currency that is backed by a central bank or a national, supra-national or quasi-national organization), cryptocurrencies are susceptible to theft, loss and destruction. Cryptocurrency exchanges and other trading venues on which cryptocurrencies trade are relatively new and, in most cases, largely unregulated and may therefore be more exposed to fraud and failure than established, regulated exchanges for securities, derivatives and other currencies. Cryptocurrency exchanges may stop operating or permanently shut down due to fraud, technical glitches, hackers or malware, which may also affect the price of cryptocurrencies. Cryptocurrency Tax Risk. Many significant aspects of the U.S. federal income tax treatment of investments in bitcoin and other cryptocurrencies are uncertain and still evolving.

The content of this presentation is for informational purposes only and is subject to change without notice. This presentation does not constitute, either explicitly or implicitly, any provision of services or products by ARK and investors are encouraged to consult counsel and/or other investment professionals as to whether a particular investment management service is suitable for their investment needs. All statements made regarding companies or securities are strictly beliefs and points of view held by ARK and are not endorsements by ARK of any company or security or recommendations by ARK to buy, sell or hold any security. Historical results are not indications of future results. Certain of the statements contained in this presentation may be statements of future expectations and other forward-looking statements that are based on ARK's current views and assumptions and involve known and unknown risks and uncertainties that could cause actual results, performance or events to differ materially from those expressed or implied in such statements. The matters discussed in this presentation may also involve risks and uncertainties described from time to time in ARK's filings with the U.S. Securities and Exchange Commission. ARK assumes no obligation to update any forward-looking information contained in this presentation. Certain information was obtained from sources that ARK believes to be reliable; however, ARK does not guarantee the accuracy or completeness of any information obtained from any third party. ARK and its clients as well as its related persons may (but do not necessarily) have financial interests in securities or issuers that are discussed.

ARK Investment Management LLC