



# テクノロジーフロンティア

破壊的技術革新は投資をどう変えるか？

2018年 秋

機関投資家限すべての投資には価格変動リスクがあり、元本に損失が生じる可能性があります。

# はじめに

我々はこれまでにない技術革新の時代に生きている。これらの進歩によってもたらされた混乱は、世間一般の感覚に反して、シリコンバレーの新興企業やFAANG（訳注：Facebook, Amazon.com, Apple, Netflix, Googleの5大IT企業を指す）をはるかに超えて広がっており、世界経済のほぼすべての産業を劇的に変えることになりそうだ。技術革新がもたらす破壊的創造は、資産クラスや地域にまたがる投資機会を根本的に変えるものとなるだろう。今後、投資家にとって、既存のポートフォリオにおける陳腐化のリスクを管理することと、未来の勝ち組企業を特定することが等しく重要な課題となるだろう。

当レポートでは、技術革新と生産性向上の予期せぬ相互作用、企業が直面しているマクロ経済環境の変化、そして、その結果が機関投資家の投資判断にどう影響するのかを探るために、PGIMグループの各運用会社から30人以上の運用プロフェッショナルの知見を集め、第一線の学者、政策立案者、および技術専門家の考察も参考にした。

加熱するハイテク相場のその先を見据えて利益を追求し、急速な技術革新のリスクを熟知した投資家が、長期的な投資成果を手にする我々は考える。



**David Hunt**  
PGIM  
社長兼最高経営責任者



**Taimur Hyat**  
PGIM  
最高戦略責任者

## PGIMについて

PGIMはPrudential Financial, Inc. (PFI)\*の資産運用部門です。運用総資産額は1兆2,000億ドル（2018年6月30日現在）にのぼり、資産規模では世界で上位10社に入る運用会社です\*\*。

PGIMには、債券、株式、マルチアセット、オルタナティブ、不動産エクイティおよびデットの資産クラスごとに特化したブティック型の運用ユニットがあり、それぞれが独自の調査分析に基づくアクティブ運用を行っています。運用の専門性とお客様の多様なニーズに応じた運用戦略の組み合わせをご提案できることが強みです。安定した財務基盤を有し、様々な資産クラスへの分散投資とリスク管理により、優れた投資成果を長期的にお客様に提供する努力を続けています。PGIMの詳細については[www.pgim.com](http://www.pgim.com)をご参照下さい。

\*米国のPrudential Financial, Inc.は英国のPrudential plcとはなんら関係はありません。

\*\*Pensions & Investments誌2018年5月28日号に掲載のランキング（2017年12月31日現在、Prudential Financial傘下で機関投資家向けに運用している資産の総額に基づく）

# 序章

科学技術の進歩はシリコンバレーに先立つこと少なくとも100万年、南アフリカのワンダーウェク（Wonderwerk）洞窟で人類が初めて火を制御して、暖かさ、料理、捕食者からの防御を生んだ時点に遡る<sup>1</sup>。その後、3万5,000年以上前に笛が発明された後、5,500年前に車輪が発明されたように、技術革新のペースは加速と減速を繰り返し、非線形的な動きを示してきた<sup>2</sup>。

我々は再び急速な技術による破壊的創造の時代に入ったと思われる。しかし、この技術革新の時代は本当に過去のパターンとは異なるのだろうか\*。その問いに対し、次に述べる3つの理由から、明らかに「異なる」と我々は考える。

**第1に、技術革新の速さに前例がない点だ。**蒸気船や発動機船が最初に発明された後に各国で普及するまでに平均121年かかったのに対し、パソコンの場合はわずかに16年、インターネットは7年に過ぎなかった（次頁 図表1）<sup>3</sup>。

**第2に、技術革新が世界的な広がりを見せている点だ。**国境を超えて密接に統合されたサプライチェーンは「リ버스・イノベーション」を促進した<sup>4</sup>。例えば、インドで開発されたモバイル端末向けの広告用プラットフォームが世界的に利用され、ケニアで開発されたモバイル医療サービスが欧州の患者に導入されるなど、広告から医療に至る様々な業界の企業が、先進国での成長を推進するために、新興市場で開発された技術を使っている。

伝統的な海外直接投資モデルや新興市場への大規模な人材の移転に依存した国際的な協業は、多国間でのコードとインターネット・プロトコル（IP）のやり取りのスピードとコスト効率によって一層円滑化された。地域内でのナレッジベース構築により、特に中国は多くのハイテク分野で主導権を握っている。人工知能（AI）による顔認識の大量導入で中国は世界をリードするほか、世界最高性能のスーパーコンピュータにおける中国のシェアは、2014年の15%から2017年には32%に上昇した<sup>5</sup>。

**第3は、今日の技術は、実体の世界とデジタル的な世界の間で異種の分野を統合している点である。**例としては、バイオゲノミクス、モノのインターネット化（IoT）、3D印刷などが挙げられる。例えば、四肢麻痺の患者の脳にAI駆動チップを挿入して、四肢の動きを自分の思考で制御できるようにする「神経バイパス」手術の可能性を想像していただきたい。10年前にはSF小説のように思えたものが、2016年に「ネイチャー」誌で最初に報じられたように、今日では可能なものとなった<sup>6</sup>。同様に、農業——人類が行ってきた最も古くて物理的な産業——がデジタル化し始めており、生産性を向上させ、水やエネルギーを節約するためにスマートセンサーや衛星画像が使われている。

急速に技術が流入する世界では、人間の生活と仕事の多くの側面が根本的に変化するだろう。当社が注目しているのは、

破壊的技術革新が投資判断に及ぼす影響について、である。今日まで投資家の焦点は、ハイテクセクターやベンチャーキャピタルが支援する新興企業にやや狭く絞られていた。当社は、機関投資家は視野を広げ、少なくとも3つの次元で技術革新を考察すべきだと考えている。

**マクロ経済面への影響** 急速な技術革新が生産性の向上につながっていないのはなぜだろうか。第1章では、生産性の向上は起きているが、技術革新が起きてから、多数の企業に技術による生産性向上が普及するまでの間には、必然的に時間差が存在すると論じている。さらに、現在の技術サイクルでは、いくつかの短期的な技術上のメリットが数社の「総取りの勝者」となった企業に持っていられる一方で、他の企業は受容曲線よりも大幅に遅行するという事実により、上記の時間差は深刻になっている。

**産業面での影響** 技術革新は形式的なITセクター自体を超えて企業に影響を与えているため（小売りに対するアマゾンやメディアに対するNetflixの影響を考えてほしい）、「ハイテクセクター」という考え方はもはや意味をなさないようだ。この新しい環境下で、経済の他の分野への投資に対する技術革新の意味合いをどのように考えるべきだろうか。第2章では、不動産、エネルギーおよび消費財分野における新たな投資機会について論じる。

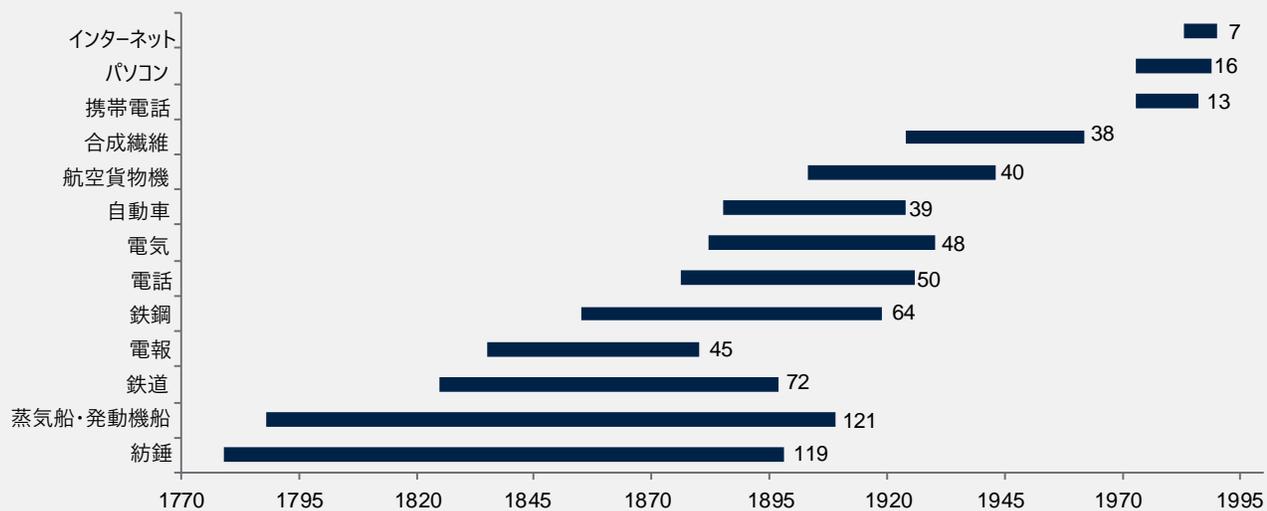
**ポートフォリオへの影響** 破壊的技術革新は、特定のセクターや資産クラスの垣根を超えて、ポートフォリオにおける投資機会とリスクの根本的な評価軸に影響する可能性がある。技術による破壊リスクに直面している企業への投資に対するリスク・リワードや投資戦略・投資商品の評価、社内および社外の運用者の評価、そして技術、規制、政治的リスクがどのように結びついているのかについて、多くの最高投資責任者（CIO）はこれまでの判断の見直しを迫られるだろう。第3章では、技術革新の波が投資判断に与える影響に焦点を当てる。

技術革新による破壊的創造は投資家のポートフォリオにリスクをもたらす可能性がある一方、新たな投資機会も創出する。本稿が、読者の皆様にとって、急速な技術革新の波間に航行するための有益で示唆に富んだガイドとなることを願う。

\*主な破壊的技術の一覧については付属資料を参照。

## 図表1：技術の国家を越えた導入は加速している

技術が発明後に導入されるまでの時間差の平均（年数）



出所：Diego Comin & Martí Mestieri「If Technology Has Arrived Everywhere, Why Has Income Diverged?（技術があらゆる場所に届いたのであれば、所得にばらつきがあるのはなぜか）」、*American Economic Journal: Macroeconomics*, volume 10(3)、2018年、137～178ページ

注：導入までの時間差は、代表的な国々で発明の日から新しい技術を導入し始めるのに要した平均年数を表す。

## 第1章

# 技術と生産性の謎

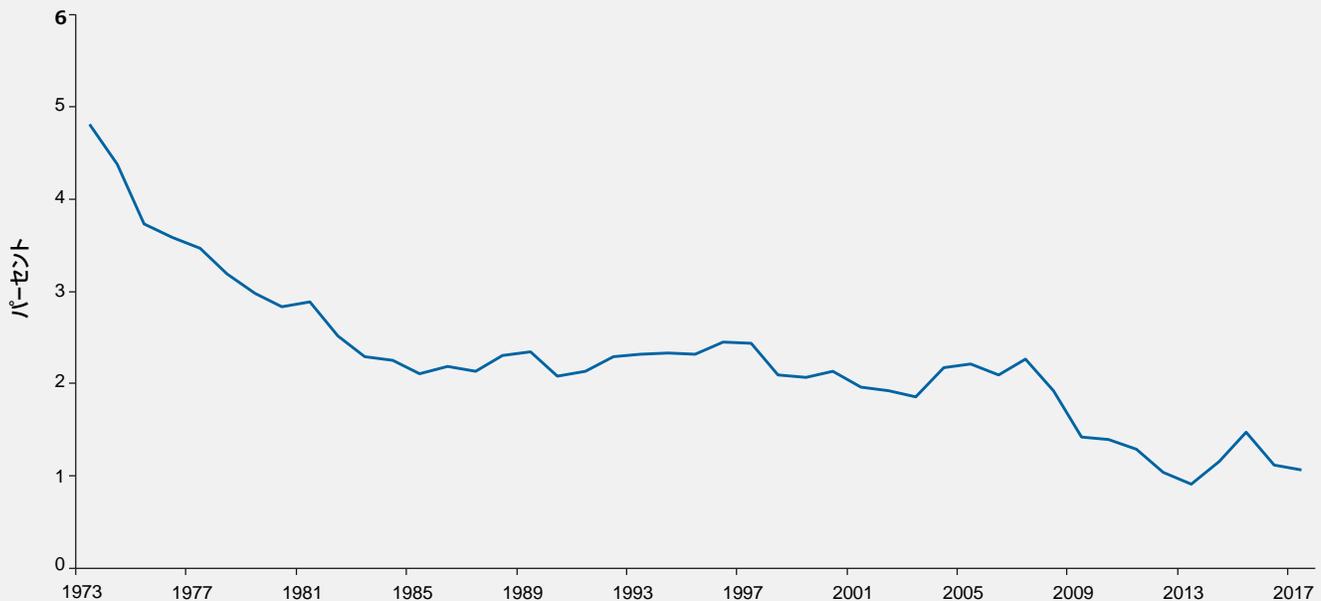
技術は我々の世界のあらゆる面を変えているにもかかわらず、なぜ生産性の統計にはそれが現れないのだろうか（図表2）<sup>7</sup>？スマートフォン、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、人工知能、ゲノミクスなど、数多くの強力な技術革新が、米国やその他の先進国で労働生産性の上昇につながっていないのはなぜだろうか？長期的なマクロ経済成長、実質賃金、投資家が手にすることができる資産や将来の収益の魅力を決定する上で生産性が決定的な役割を果たすため、この質問に対する答えは非常に重要である<sup>8</sup>。

急速な技術革新とデジタル化は、実際には世界的に著しい労働生産性の伸びをもたらすと考えられるものの、主に4つの理由から全体的な生産性統計にはまだ現れていない。

### 業種間の技術の拡散が遅い

ITセクター外の企業が新技術を導入するには時間と投資（技術そのものへの投資に加えて、新技術の利点を生かすために必要なビジネスプロセスや人事異動）を必要とするため、新技術の導入は、依然として業種間で大きなばらつきが見られる\*。

**図表2：世界の労働生産性の伸びは1970年代から低下してきた**  
労働生産性の伸びの中央値の5年移動平均



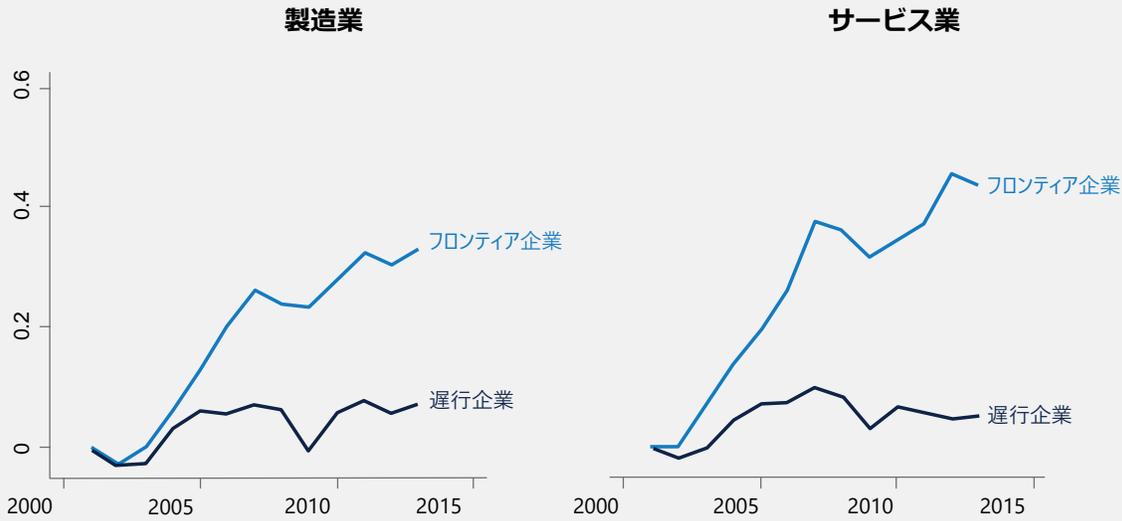
出所：コンファレンス・ボード 2018年9月4日現在

注：労働生産性は国ごとに、労働時間当たりのGDPと定義。

\* 新技術が発明された直後により多くの「早期導入企業」が存在したとしても（図表1）、他の企業による使用開始が遅ければ拡散は低い状態に留まることもある。

### 図表3：世界のフロンティア企業と遅行企業の労働生産性の格差は広がっている

労働生産性：労働者1人当たりの付加価値



出所：Dan Andrews、Chiara Criscuolo およびPeter Gal「Frontier Firms, Technology Diffusion and Public Policy: Micro Evidence from OECD Countries (フロンティア企業、技術の拡散と公共政策：OECD加盟諸国におけるマイクロ面での証左)」、*OECD Future of Productivity: Main Background Papers*, 2015年

マッキンゼーの産業デジタル化指数は、デジタル化の先頭を走る業種（例、情報・通信技術、メディア、専門家サービス、高度製造、石油・ガス）と、はるかに遅れている業種（建設、農業、医療、政府など）の格差を浮き彫りにしている<sup>9</sup>。

この事象が意味するところを考える際に参考になると思われるのが、1990年代後半の技術進歩の波だ。1995年から2000年にかけては、インターネット上で最先端の技術を開発していたIT企業が生産性向上の約60%を占めていた。2000年から2007年にかけては、ITを利用する側の企業\*がこれらの新技術を採用し始め、2つの部門を合わせると、当該期間の生産性向上の90%近くを占めるようになった<sup>10</sup>。現在の革新の波でも同様の展開を見ることができる。つまり、技術がITセクターで発明されるものの、時間が経つと、他業界の大半の企業が新技術のメリットを享受している。

### 勝者総取り

最近の技術革新による生産性向上の事例は少数の企業に集中しており、同業種の他の企業はまだデジタル化していないか、デジタル化していても最先端に行く企業と競争すらできていない。生産性を向上させた「フロンティア企業」（より若く、より収益力が高く、特許集約的である）は、最先端の技術を最初に採用する傾向があり、根本的には生産性の面で同じセクターの他の企業と違う道歩んでいる（図表3）<sup>11</sup>。

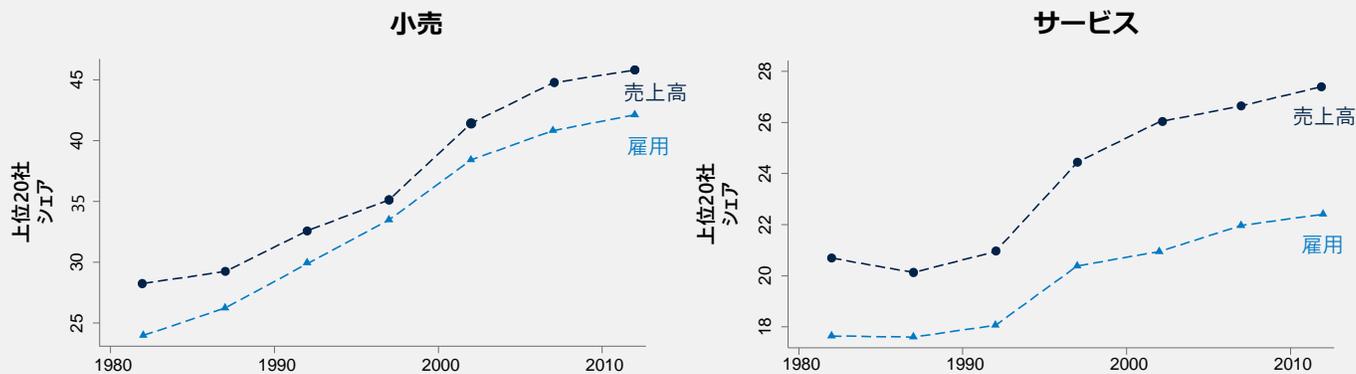
このような状況においては、単一の企業が支配的な市場シェアを持つことになる（その好例は、小売りや第三者プラットフォーム構築におけるアマゾン、運輸におけるウーバー、ホームシェアリングにおけるエアビーアンドビー、検索におけるグーグル、ストリーミング配信

におけるネットフリックスなど）。この「勝者総取り」というモデルは、新規参加者が、長期間存在していた仕組みを急速に置き換え、先駆者にとって替わる可能性を示唆している。確かに、大手デジタル企業が存在する業種では集中が高まり始めており、寡占化と、独自のITシステムへの投資や特許の集中の間には、強い正の相関がある<sup>12</sup>。これは既に米国で起きており、1980年代以降に主要業種では売り上げと雇用の両面で同一業種内における大規模な集中が観察される（次頁図表4）。例えば、米国の小売業界のデジタル化は業界を集約する重要な要因となった。アマゾンの電子商取引による売り上げは2017年に、ウォルマート、ターゲット、ベスト・バイ、ノードストローム、ホームデポ、メーシーズ、コールズおよびコストコの電子商取引による売り上げを合計した額の2.3倍以上となり、米国の電子商取引の売り上げ全体に占める比率は2012年の25%、2015年の33%から2017年は43%に達した<sup>13</sup>。

この「勝者総取り」のトレンドは、大規模なデジタルプラットフォーム上で起きているものではない。情報通信技術の価格が下落を続ける中、企業が大規模であるほど、技術主導のビジネスチャンスにより有効に活用できることが証明されている。例えば、大規模小売業者は、独自の技術とそれを補完する人的および組織的資本に投資し、深く統合されたサプライチェーン網を開発して、より小規模な「家族経営の店」よりも低価格で多様な商品を提供することができるようになってきている<sup>14</sup>。

\* IT利用企業とは、IT機器の生産やソフトウェアとITサービスの開発に関与しない米国の全産業の中で、IT資本投入の集中度が中央値よりも大きな企業と定義される。

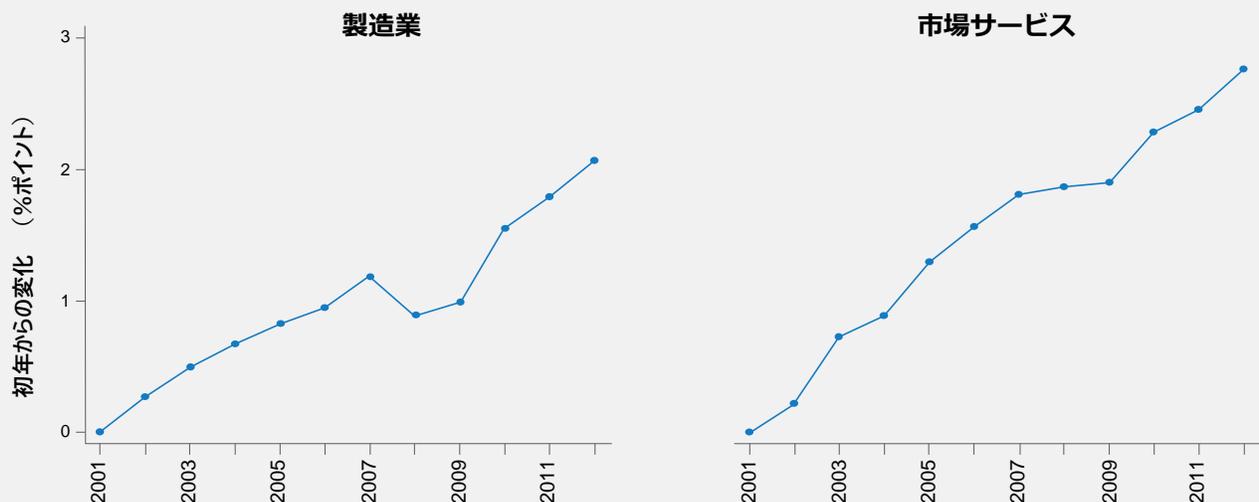
図表4A：米国の主要セクターにおいて業界の集中度が増した



出所：David Autor et al., 「The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms. (労働分配率の低下とスーパースター企業の上昇)」、National Bureau of Economic Research Working Paper Series, 2017年

図表4B：欧州の主要セクターにおいて業界の集中度が増した

上位10分の1による総生産額におけるシェア（売上高で計測）



出所：Van Reenen, John「Increasing Differences between firms: Market Power and the Macro-Economy (拡大する企業間差異：市場占有力とマクロ経済)」、Kansas City Fed, 2018年8月31日 (OECD Multiprod, Criscuolo (2018) による)

注：本研究に含まれる国はベルギー、ドイツ、デンマーク、フィンランド、フランス、ノルウェー、ポルトガルおよびスウェーデン。

総生産額は、中間ユーザーと最終消費者の両方を含む企業の顧客に対して生産または販売される製品の価値で測定している。業種間の会計ルールの違いにより、「総売上高」とわずかに異なる場合がある。

新技術の生産性向上がネットワークや規模の恩恵を受ける単一の支配的なプレーヤーに取り込まれることで、「勝者総取り」のトレンドに向かう経済活動は、同一業種内の他企業の幅広い生産性向上を阻む短期的な要因となっている。残念なことに、アップルやネットフリックスなどの大手企業は特許や大規模な法務チームを使って知的財産を守ることができる一方、新規参入の小企業にとってアルゴリズムやナレッジベース資本の成果の流出を防ぐことは困難だ<sup>15</sup>。結果として、大手企業は時にはアプローチをコピーして新規参入企業の価値を低下させることもできる。インスタグラムがスナップチャットの重要な機能を複製してストーリー機能を持たせ、スナップチャット利用成長率の大幅な鈍化を招いたことはその一例だ<sup>16</sup>。

時間の経過とともに、最も生産的な企業が確実に勝ち残る。この結果はあらかじめ決定されているわけではないが、独占的な巨大企業または新たな攻撃者のいずれかが世界経済のより大きなシェアを占めるようになると、全体の生産性はそれに合わせて上昇するはずだ。

### 運行指標としての生産性

技術革新の歴史は、新技術を生産性向上に転換するには新たな事業投資だけでなく、プロセス、人員、行動という常に予想以上に時間のかかる補助的な変更が必要であることを示して、我々に忍耐強さを求めている (次頁図表5)。企業も新技術を産業界でどのように適用するかを考えるよう求められている。

## 技術革新による生産性向上：計測結果は実際と乖離？

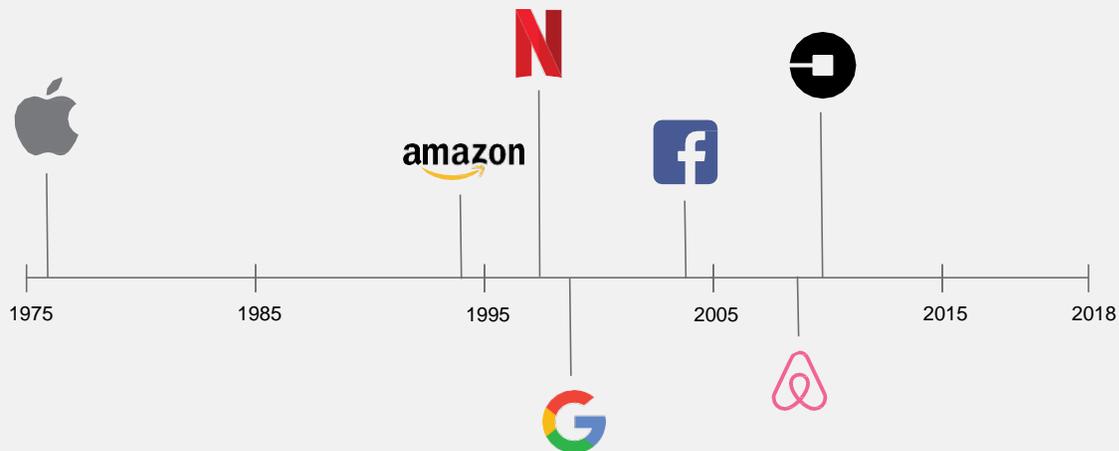
生産性上昇の鈍化は単純に計測ミスの問題だとする見方がよく聞かれる。つまり、技術からの恩恵は事実であり、国民所得勘定で適切に把握できていないだけだということだ。この議論にはいくらかの真実はあるものの、かなり誤解を生むものだと考えている。確かに計測についての懸念はあるものの、その懸念はこれまでも常に存在しており、今回の技術革新の波に固有のものではない。

一般に2つの仮説が提起されている。最初の議論は哲学的なものだ。技術革新から得られる多くの恩恵は社会福祉としては感じられるが、GDPに反映されないというものだ。スマートフォンは写真を撮影して共有することができるが無料であり、GPSを使用することで道に迷うことを防げるかもしれないが、こうした価値や個人的な満足感はGDP統計では把握されない。第2の論点は技術的なものだ。一部のエコノミストは、国民経済計算データの基礎となる価格指数は、次の世代に技術が移行することによる新製品や品質向上を適切に捉えておらず、真のGDPと生産性の伸びを抑えていると心配している。米国と英国のGDP成長率がこれによって毎年0.35～0.66%過小評価されているとの推計もある<sup>17</sup>。

明らかにこれらの懸念にはともに一理あるものの、いずれの現象も現在の技術革新の波に固有なものではなく、長年にわたり測定誤差の原因となってきた。例えば、20世紀半ばのGDPでは、テレビの出現による直接的な販売額と広告収入は測定されたものの、家庭における新しい娯楽形態による幅広い恩恵を取り込むことはできなかった。同様に、品質改善を価格指数に反映することは間違いなく困難だが、この問題も何十年前から存在していた。直近のドットコム時代には、新しい商品やサービスが定期的に導入された（これらの進歩を牽引したコンピュータは年々更新されていた）が、それでも技術主導型の実生産性向上が現れ、実際1990年代後半から2000年代初めにかけて加速した<sup>18</sup>。

当社はGDPや生産性が誤って評価されているかどうか疑問を持っているのではなく、ほぼ間違いなく誤りがあると考えている。しかし、計算に長年の歪みが蓄積しているのは確実であり、最近の生産性上昇の鈍化を勘案すると、これらのゆがみは著しく悪化しているに違いない。ただし、そうであることを示唆する説得力のある経験的証拠は現時点ではない。

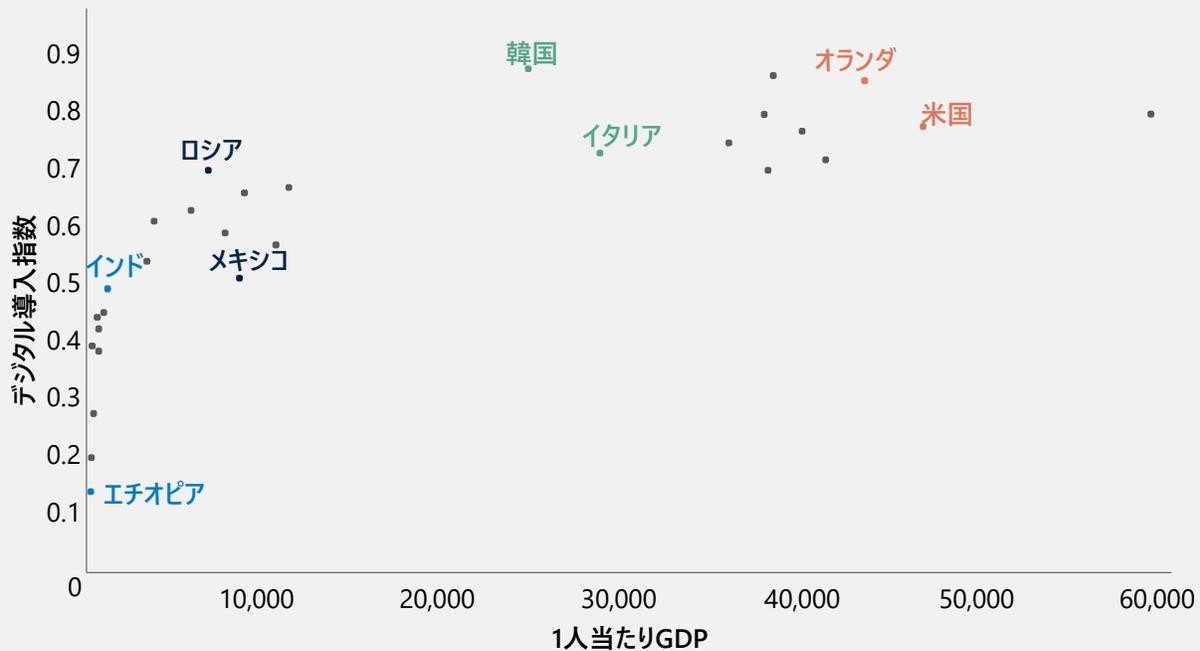
図表5：今日の技術集約型企業の巨人が現在の規模に到達するのには何年もかかった



出所: 各社ウェブサイト

\*グーグルのチーフエコノミストであるHal Varianによると、世界中で撮影された写真の数は2000年の800億枚から2015年には1.6兆枚に増加し、写真1枚当たりの価格は50セントから50セントに低下した。しかし、物価指数に含まれる写真価格にはフィルムの価格が含まれること、写真はほとんど共有されているものの販売されていないこと、およびカメラがスマートフォンに吸収された際にGDPの低下要因となったことを勘案すると、写真の価格低下の事実はGDP指標には現れていない。

図表6：1人当たりGDPの水準が同様でもデジタルの導入状況は大きく異なる



出所：世界銀行データバンク 2018年8月17日現在  
 注：デジタル導入指数は、各国の政府、人々、企業による新技術導入比率の推定値を表す。

例えば、IBMの質問応答システムである「ワトソン」は、テレビクイズ番組「ジョパディ」の記録保持者（連続優勝や累積獲得賞金で）だったKen Jennings氏とBrad Rutter氏に2011年に勝利したものの、同社の顧客が医学や金融の分野でワトソンをツールとして効果的に使う方法を定めるまで何年もかかった。

同様に、電子商取引が現在の影響力を持つまでには当初の予想よりも長くかかった。大きさに言うと、フィラデルフィア在住のPhil Brandenberger氏が1994年に史上初めてオンラインで注文し、クレジットカードを使ってオーディオCDを購入したことが小売業界を根本的に変えたことになる<sup>19</sup>。アナリストは、電子商取引が利益率を押し下げてよりカスタマイズ化し、ある時点で「本当に大きなビジネス」になる方法について論じていた<sup>20</sup>。しかし1994年に電子商取引が初めて行われたにもかかわらず、流通インフラ、安全な決済システムおよび顧客の「再訓練」に対する補完的な投資にかなりの時間を要したため、小売売上数量全体の10%に近づくようになるまでには約25年かかった<sup>21</sup>。

現代の技術も同様の道のりをたどる可能性が高い。例えば、マサチューセッツ工科大学（MIT）とボストン・コンサルティング・グループ（BCG）による2017年の調査によると、人工知能（AI）が自社の競争優位を獲得し維持するのを手助けすると考える企業幹部は全体の約85%に上るものの、実際にAIを企業の製品やプロセスで使っている例は20%にとどまっている<sup>22</sup>。

## 世界的なデジタルデバイド

新しいデジタル技術の普及や、それによる潜在的な生産性の向上が遅れているのは、世界には基本的なインターネットアクセスさえままならない国や地域が多くあるからだ。世界で最もブロードバンドが使われている韓国などのアジア新興市場と、インターネットにアクセスできる人口が10%未満であるサハラ以南の多くのアフリカ諸国に大きく分かれているように<sup>23</sup>、世界人口の60%近くがまだオフラインであり、デジタル経済に参加していない状況だ。

さらに、新技術の導入率が高い新興市場であっても、デジタル化から恩恵を受けるまでには至っていない場合がある。これは、補完的な「アナログ」投資の不足、インターネット接続に関する不平等、堅固な事業環境を作り出して企業がデジタル技術を効果的に活用できるようにする基本的な規制の欠如によるものだ（図表6）。これら必要な改革が欠けているため、多くの国で新しいデジタル技術の飛躍的な恩恵を受ける機会が限定されている。しかし、緑の革命や世界的に統合されたサプライチェーンなどの先行技術に見られるように、時間の経過とともに追いつき、生産性を向上させると考えている。

技術革新は、長期的にゆっくりとした拡散しているが、最終的に起こりうる可能性の高い変化の先にあるものを見失わないことが長期投資家にとっては重要となる。1995年以来、IT生産に関わる産業や集中的にITを導入している産業が、米国の生産性向上のほぼすべてを占めている<sup>24</sup>。このことが示唆するように、現在の技術革新の波が、世界の生産性と成長を促進する上で重要である。この影響は蓄積するのに時間がかかるが、不可避なものであり、投資家は準備しておく必要がある。

## 第2章

# ハイテクの境界を超えた技術

急速な技術革新の影響は小規模なスタートアップ企業をはるかに超え、すでに確立された正統的な「ハイテク」産業の枠さえもはるかに超えている。現在の新技術の波は、企業規模の大小にかかわらず、世界のすべての産業においてビジネスと投資機会の姿を根本的に変えることになる。

新技術の広がりには時間がかかるものの、最終的にはそれが大きな変革をもたらすことになる。必要な初期投資は既に行われており、キャタピラー、フェデックス、アンダーアーマー、ドミノ・ピザなどの多様な企業が人工智能に投資しているほか、2017年の一時期をとって見ると、ユナイテッドヘルスが最も多くのハイテク技術者を雇用しており、その数はアマゾンの約15倍に相当する<sup>25</sup>。決済、娯楽、ゲーム（例えば、eスポーツ）、輸送、物流、メディアやコンテンツなどの多様な分野は、新しい技術を採用することで変化する可能性が高い。

本章では、3つのセクターを詳細に分析し、技術革新が幅広く、時には予期せぬ影響を投資の世界にもたらすことを論じる。3つのセクターとは不動産、エネルギー、消費財であり、3セクターを合わせると米国民間セクターの実質GDPの30%以上を占める<sup>26</sup>。これら「実世界」の3セクターでは、現在の技術革新の波が新しい投資機会とリスクを創り出している。

## 不動産

新しい技術は、私たちの働き方や生活様式を変えており、この変化は、不動産の開発、使用、再利用の方法を根本的に変えることになりそうだ。これらの不動産における変化の一部は、最初はゆっくりとした動きかもしれないが、累積的な影響は非常に大きくなると思われる。

**伸縮する距離** 技術は不動産市場における「時間距離価値命題」を根本から変えている。歴史的に、時間と距離のトレードオフを最適化するように不動産に対するプレミアムが支払われてきた。例えば、仕事をしたり、買い物をしたり、学校に通ったり、これらの目的地に向かうためのハブに近いところに住むためには高い費用負担を厭わなかった。しかし、新しい技術は移動の機会費用を劇的に変える可能性がある。例えば、柔軟な勤務スケジュールや遠隔地での勤務が増えているため、従業員や起業家がオフィスへのアクセスではなく、娯楽と快適さを軸とした住宅を選択肢として潜在的に考えられるようになっている。同様に、実店舗から電子商取引への移行は大規模小売店舗に隣接するマルチファミリー型住宅のメリットを減少させる可能性がある一方、ラストマイルのための配送センターや倉庫の価値を高める。その結果、投資家は、柔軟性のある職場立地やネットショッピングによる配送という選択肢が増加している世界における、時間と距離のトレードオフの転換を念頭に置いて投資機会を評価する必要がある。友人やコミュニティが近くにあることは常に重要だが、柔軟性のある職場やオンラインショッピングなどの発展に加えて、乗り手が通勤時間をより生産的に使える（例：業務、睡眠、余暇）ようになる自動運転車が開発されれば、例えば、不動産の機会を評価する際の「徒歩圏内の利便性」や「公共交通機関へのアクセス」といった尺度の相対的な重要性は大幅に変わるようになるだろう。

## 不動産セクターのカギとなるテーマ



伸縮する距離



自動車は所有からシェアリング、自動運転へ



「将来に備えた」不動産



小売業の改革



トークン化

図表7：自動運転車からの潜在的な影響

潜在的な勝者	潜在的な敗者
大規模な物流配送ハブ事業	自動車ディーラーと一部の関連事業
郊外のマルチファミリー型住宅	交通ハブ
ハイテク関連市場	有料駐車場
商業施設や集合住宅で転用された駐車場スペース	交通の便に重点を置いたホテル

**自動車は所有からシェアリング、自動運転へ** 導入に関してはまだ初期段階ではあるものの、自動運転車は、前述の時間と距離のトレードオフ関係の変化を加速することが期待されている。さらに、自動運転車とシェア経済（Uberなどの企業に代表されるような）が組み合わせると、自動車の保有比率が根本的に低下する可能性がある。現在、米国の駐車場の多くは優良な不動産に存在しており、駐車スペース全体の推定面積は5億台分を超え、デラウェア州とロードアイランド州を合わせた土地を上回る<sup>27</sup>。米国にある自動車は全体の95%の時間において使われていない<sup>28</sup>。自動運転車が乗用と商用の両方で人とモノの移動に幅広く使われるようになると、不動産に対して極めて大きな影響をもたらすことになろう（図表7）。

**「将来に備えた」不動産** これらの技術革新のいくつかは遠い未来の話だと思ふかもしれないが、進化の一方で本質的に非流動的な不動産市場で投資運用を続けるには、将来の変化に備えた投資戦略に今から変えていく必要がある。このためには、高い資本コストや、より徹底した計画によって資産を転換させる柔軟性を構築する必要がある。そして、このように新しく建設された柔軟性のある最先端の物件はより多くの需要を生み、その空間からより多くの価値を引き出せるテナントのより高い賃料によって報われることになる。駐車場が一番の例だ。自動運転車などの技術の最終的な状況を勘案して、駐車場は現在、平らな床（傾斜路ではなく）と高い天井を持つように設計されており、配送センターなどの代替用途への容易な転換を可能にしている。世界的に見られる別の例としては、産業倉庫と物流倉庫が挙げられる。将来の需要に備えて、現在のテナントが必要とするよりも天井が高い建物を建設し、より高いラッキングシステムにも対応できるようにすることが賢明だろう。米国では、最先端のマルチファミリー型住宅向けの、電子商取引の配送品の保管スペースや配達された生鮮食品の冷蔵保管スペースといったインフラ建設に潜在的な価値があると考えられる。従来、これらの設備の組み込みは費用面で断念せざるを得ないか物理的に不可能だった。

**小売業の改革** 小売業界では、実店舗による小売りと物流市場の「2つのセクターの話」が進展している。電子商取引の売上が増加するにつれて、実店舗での小売りに対する需要は弱まり、ほとんどの先進国市場で店舗の閉鎖、倒産、そして改装を行わない可能性が高まっている<sup>29</sup>。一方、オンライン販売を可能にする物流センターの需要は世界のほとんどの地域で拡大

している。物流業者は、特に同日配送の需要増加に関連して、ますます困難に直面している消費者指向のサプライチェーンに対応するための物流スペースの確保に動いている。こうした動きは主要な人口集中地域で役立つ「インフィル」開発や「ラストマイル」配送センターの需要につながる。

しかし、小売セクターの全てが陰々滅々としているわけではない。2017年半ばのアマゾンによるホールフーズ買収は、オムニチャネルモデルにおいて強力な存在感を有する実店舗の潜在価値に関して、興味深い実験となりそうだ。土地の所有者はそのモールやショッピングセンターに、レストラン、サロン、フィットネスセンターなどのサービスと経験志向のテナントを混在させることで差別化する方法を追求している。同時に、オンライン小売プラットフォームの側は実店舗を徐々に開設していることから従来の線引きが曖昧になっており、小売業向け物件の所有者は小売業者のビジネスモデルや消費者の購買行動の変化に積極的に対応する必要があることを示している。ますます性急になっている消費者のニーズを満たすためには、小売店は配達を「同日」から「1時間内」に移行する必要があるかもしれない。そうした場合に昔ながらの小売店舗は、ブランド体験の一部としての役割を担う他、ほぼ即時の商品・サービス提供を求める顧客に対して、実店舗とオンラインでの絶え間ない要求に対応する「ラストマイル」の倉庫としての役割の一部を果たすように、再活性化されることになる。ZARAはこのコンセプトの実験を始めており、小売店舗がオンラインで購入した消費者に直接出荷できるようにしている。他の小売企業も追従する可能性がある<sup>30</sup>。全体として、オンライン小売は米国などの「小売り過剰」市場の合理化に役立つと思われる一方、将来を見据えた、より質の高い従来型の小売店も引き続き繁栄するだろう。

**トークン化** ブロックチェーンとスマートコントラクトを組み合わせることで、理論的には、単一の資産レベルで不動産の証券化を可能にし、事実上無制限の数に分割し、個人投資家もしくは機関投資家がアクセスできるようになる。不動産市場におけるこうしたトークン化またはユニット化の例はすでに存在している。オーストラリアの不動産会社であるブリックエックス（BrickX）は不動産を1万分の1単位に分割し、それらが新規公開によって投資家に売却され、プラットフォーム内のセカンダリ市場で取引されることで、実物資産への投資に関わる非流動性を減らしている。米国のように、より流動性の高い投資用市場を持ち、規制環境を整備し、所有権と移転プロセスを深く定着させているような市場では、トークン化の導入は遠い将来の話だと思われるかも知れない。しかし、潤沢な流動

性のあるREIT市場を持たず、ブロックチェーンによって追加された証券から恩恵を受ける可能性のある市場で、投資家は将来の大きな収益機会を見出す可能性がある。現時点で不動産市場のトークン化は時期尚早であるが、長期投資を基本姿勢とする機関投資家は、この分野における発展に注目しておきたい。

## エネルギー

エネルギー分野では、長期に亘りアナログとデジタルの両面で常に最新のテクノロジーが導入されてきた。21世紀には、水平掘削と水圧破砕の組み合わせにより、膨大な石油やガスの埋蔵量が確保され、世界のエネルギー市場における米国の役割が根本的に変化した。将来的には、新エネルギーの抽出と発電技術の導入により、再生可能エネルギーの役割が拡大するとともにエネルギーへのアクセスコストが大幅に削減されることで、セクターの再編が続くことになる。

**生産方法と地域の多様化** 過去10年間の石油・ガス産業において、最も強力かつ環境面の議論の多いイノベーションである水平掘削によるシェール破砕法は、探査と生産の業界を再編した。テキサス州、ペンシルベニア州、ノースダコタ州の埋蔵資源へのアクセスを開放することで、価格決定力のバランスが従来の石油輸出国機構（OPEC）の生産者から離れ、EODやアナダルコなどの独立事業者を生み出す助けとなった。これらのプレーヤーは急激な価格の上昇や下落に迅速に対応することができ、ゆっくりとした複数年にわたるブームバストサイクルを、より速く、振れ幅の小さい価格変動に転換するのに役立った。

この短いサイクルを乗り切る必要のある従来からの生産企業のうち、投資家は2つの方法で生産を多様化している企業に注目すべきである。投資家が探すべき第1の生産者は、長期的かつ資本集約的な深海探査のようなプロジェクトを、北米における短いサイクルの（そして必要な資本が小さい）シェール油田開発で補完している企業だ。第2に注目すべきなのは、アルゼンチン、ロシア、中国、一部の中東諸国のプロジェクトなど、北米以外での破砕法による開発を行っている企業だ。例えばBPは、オマーンにおける水平掘削と破砕プロジェクトに最近120億ドル以上を投資した<sup>31</sup>。ただし、水と砂へのアクセス、地下地質に関する豊富なデータ、パイプラインネットワークおよび開発を促す所有権構造などの主要インフラは、北米以外では限りがあるため、破砕法の世界的な拡大についてはかなりの議論があることを投資家は認識すべきだろう。

**破砕法の先にあるコスト面の優位性を捉える** 短期的には破砕法によるコスト削減余地が限られる可能性が高いため、生産企業はコスト削減と更なる生産性の向上を目指し、原油価格の低迷や人件費の上昇といった状況下で不可欠となる先進的なロボット工学、自動化、およびビッグデータに注目し始めている。

高度な掘削システムがカギを握っている。例えば、自動パッド掘削システムにより、リグオペレーターは、リグを降下させて新しい場所ですべて再度組み立てる代わりに、次の掘削サイトに掘削リグを「歩かせる」ことによって、坑井のグループをより効率的に掘削することができる<sup>32</sup>。操縦可能なドリルや掘削中の測定システムなどの高度な掘削技術により、オペレーターは埋蔵箇所の正確な位置を特定し、埋蔵箇所に達するための掘削経路をリアルタイムで調整することで、結果として原油やガスの産出量の拡大を少ない人員で行うことができるようになった（次頁図表8）<sup>33</sup>。そして、より多くの掘削プロセスが遠隔操作または完全に自動化されるにつれて、オペレーションセンターにいる小規模の技術専門家チームが、現場にいる熟練労働者を代替し始めている<sup>34</sup>。これらのツールはすでに実用化されており、ノルウェーの石油会社であるエクイノールは最近、船上に一人の人間も置かず操作できるように設計されたオフショア掘削リグを開発した<sup>35</sup>。

これらの先進的な掘削技術の成功の根底にあるのは、膨大な地質情報を捕捉し、迅速に処理し、最前線のリグ作業員に実践可能な洞察を提供できる分析機能だ。最大のオペレーターうちの何社かはこの知識ベースを自社内で開発している。例えばEOGリソースでは、テキサス大学オースティン校のデータサイエンティストやコンピュータサイエンス卒業生を積極的に採用することで、リターンを高め、増産するための60以上の社内アプリケーションを開発した<sup>36</sup>。他のケースでは、油田サービス会社がデータ分析ツールを業界内で販売することを検討している。例えば、2017年にシュルンベルジェは、業界データの中央情報センターと高度な分析プラットフォームを目指してクラウドベースのプラットフォームを立ち上げた<sup>37</sup>。

## エネルギーセクターのカギとなるテーマ



生産方法や地域の多様化



破砕法の先にあるコスト面の優位性を捉える



コスト効率のよい再生可能エネルギーの台頭

これらを含めた先進技術は引き続き世界の生産コストを引き下げており、追従できない企業は長期的に生き残るのが難しくなっている。この状況において資産運用者は、ポートフォリオの組み入れ銘柄の発行企業がコスト削減技術に適切に投資し、セクター全体にかかっている厳しいコスト削減圧力の先を行っているかどうかを見極める必要がある。

**コスト効率のよい再生可能エネルギーの台頭** 従来のエネルギー源を取り出すコストが下がっても、再生可能エネルギー源（バイオ燃料、地熱エネルギー、太陽光、風力など）の費用対効果の高い利用が急速に拡大しており、2000年以降に世界の再生可能エネルギーの使用量は10倍近く上昇した<sup>38</sup>。再生可能エネルギーは短期的には石油・ガス市場に直接的な脅威とはならないものの、世界のエネルギー需要はあまりにも高く、ピークを過ぎた多くの油田による生産縮小により世界的に供給が減る可能性がある。このため、再生可能エネルギーによる発電設備の開発が先進的なバッテリー技術と組み合わせることでエネルギー・セクターの勢力図が変わりつつある。

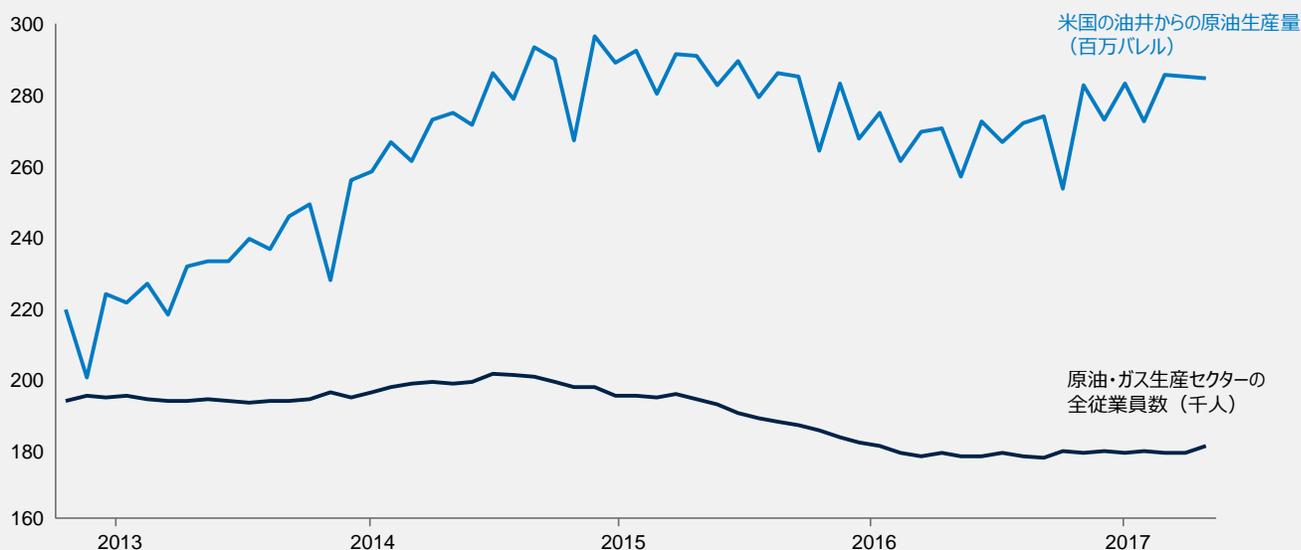
コストが大幅に低下しても（例えば、過去5年間に太陽光発電のコストは50%以上の低下）、多くの再生可能エネルギーには間欠的な性質があり、これが電力グリッド内でシェアを広げる妨げとなっている。長期的な貯蔵を可能にするバッテリー技術と、電力需給のバランスを改善する新しいスマートグリッドの進歩は、再生可能エネルギーの寄与度を安定させるのに役立つ。シスコやABBなどのネットワーク企業は、電力会社が停電を自動的に特定して分離できるようにするスマートグリッド技術を開発しており、電力供給のバックアップと迅速化を支援している。供給の増加、ストレージの効率化、需要管理の効率化の組み合わせ

により、再生可能電力が電力グリッド内でより中心的な役割を果たすことが可能になる。投資家にとって、エネルギー貯蔵技術に対する需要の高まりは、魅力的な投資機会を創出するかもしれない。コバルトやリチウムなどの高度なバッテリーで使用される金属は、一般にコンゴ民主共和国などの限られた数の新興国から供給されているが、需要は増加すると予想される。マッキンゼーは、2030年までに、高度なバッテリーの主要ユーザーとなる電気自動車が道路上に約1億4,000万台存在するようになると予想している。この段階になると価格が大幅に変動する可能性があるほか、その後に競合する新材料が出現する可能性がある。同時に、再生可能エネルギーは公益事業で必要とされる資金調達タイプを変えることになる。従来の発電所とは異なり、バッテリーの利用計画は5年未満の寿命であることが多く、その時点になると古い技術が使われなくなるような新しい技術が登場していることになる。同様に、新しい通信技術を組み込んだグリッド近代化計画も5年から10年の寿命しかない。公益事業のセクターでずっと長期の投資機会に慣れていた投資家には、セクターにおける投資の期間、利回り、リスクについて適切な組み合わせを特定することを目指して、投資目標を調整する必要が生じるだろう。

### 消費財

ソーシャルメディアから予測分析に至るまで、消費財企業はかつてない金額を技術に投資しており、小規模ブランドと世界的な小売業者が同様の商機と課題に直面している。投資家は、そうした商機に最も適応した企業を詳細に評価分析し、投資対象を慎重に選択する必要がある。

**図表8：米国の原油生産はより効率的になっており、より少ない人員でより多く生産している**

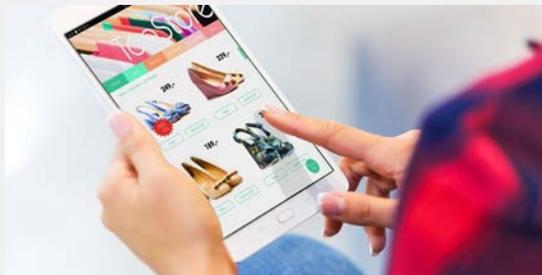


出所：米労働省労働統計局および米国エネルギー情報局 2018年5月3日現在

## 消費財セクターのカギとなるテーマ



小規模ブランドが世界に進出する一方、卸売りは苦境に



予測分析への投資が増している

### 小規模ブランドが世界に進出する一方、卸売りは苦境に

インスタグラムやユーチューブなどのソーシャルメディアプラットフォームを通じて、ユーザーは世界中のブランドとの感情面でのつながりを発見して構築することができる。カイリー・ジェナー（Kylie Jenner）の化粧品ブランドはわずか3年で10億ドル規模に達した。アマゾンや他の販売業者が構築した世界を統合する配送ネットワークは、顧客との接続が確立されれば、世界中のどこであっても（ヒマラヤの遠隔地の村であっても）ブランドが消費者に届くことを意味する。

その結果、消費者の意思決定に対する従来の店舗の力は薄れている。代わりに、従来の店舗がショールームになり、オンラインから発祥したブランドがデジタルの世界から現実の世界に拡大しており、ボノボス（Bonobos）やワービー・パーカー（Warby Parker）などのファッションブランド企業はオンライン販売を推進するために、実際の店舗やキオスクを積極的に出している。また、従来からの高級ブランドでも消費者との密接なつながりを維持することを優先させた企業が成功しており、例えば、ボッテガ・ヴェネタ（Bottega Veneta）やバーバリー（Burberry）などのプレミアムブランドがブラジルなどの国で市場シェアを拡大させた<sup>39</sup>。

顧客のブランド発見がデジタル世界に広がるにつれ、投資家は慎重に投資対象企業を評価する必要がある。つまり、ゲートキーパーとしての役割が成り立っていない企業への投資をやめ、投資している企業がオンラインとオフラインの両方で顧客とのブランドの接続をうまく維持できているかを確認する必要がある。

**予測分析への投資が増している** テクノロジーが消費者に新しいブランドを見つけることを可能にするように、早くも小売業界にとっての配管設備になりつつある人工知能によって、ブランドは世界の消費者のニーズを発見し理解することができるようになる。そうなれば、消費者が自覚するよりも前にニーズを探知する可能性すらある。

進化した分析では、オンライン購入、ソーシャルメディアのやりとり、グーグルとアレクサ（Alexa）の検索、スマートフォンや健康機器のデータ、歩行や通勤のGPSルートなど、さまざまな情報源から消費者の欲求に関する情報を取り込むことができる。それによって企業は、消費者が来店時やオンライン検索で情報を要求するのを待つのではなく、顧客の気分、嗜好、場所、行動に基づいて消費者に情報を積極的に発信する各個人向けに作られたメッセージやターゲットを絞った広告の作成が可能になっている。アマゾンは、顧客が注文する前に製品を配送するプロセスである「先行出荷」の特許さえ取得している<sup>40</sup>。

消費者に絶え間ない経験を提供するために指数関数的に多くのデータが収集・分析されていることから、分析資源とそのデータを掘り起こす機能を持つ大企業は市場の統合を促進し、技術を活用できずにオンラインとオフラインの生活の中で顧客のニーズを満たしていない旧来企業の先を行くことができる。アマゾンの電子商取引における優位はその一例に過ぎない<sup>41</sup>。消費者に直結した配送、市場への投入スピードの優位性、柔軟なサプライチェーン、価格決定力を備えた、強固なブランドの垂直統合型消費者製品企業は成功しそうだ<sup>42</sup>。

急速にデジタル化が進むこの時代において、投資家は、小規模、ニッチブランド、グローバルな小売業などのポートフォリオ企業が、長期にわたる顧客のロイヤルティの確立を約束する最先端の技術にどのように投資し、その技術をどのように使っているかを理解する必要がある。

投資家の足元で起きている不動産、エネルギー、消費財における変化は幅広いトレンドの一例、すなわち破壊的技術革新が世界経済全体にもたらす急速な創造的破壊である。セクション3では、現在の技術革新の波がポートフォリオ全体に与える広範な意味合いを検討する際に、機関投資家が考慮に入れておきたい行動を提案する。

## 第3章

# ポートフォリオ全体への影響

現在の技術革新の波は強烈なものだが、拡散の速度と潜在的な影響はセクター、地域、資産クラスによって大きく異なる。最高投資責任者（CIO）は、どのようにポートフォリオ全体に対する影響を考えるべきか。長期的な機関投資家が、破壊的創造の恩恵を受けると同時に、そのリスク回避するために取り得る5つの方策を考察する。

## 1. 増大する陳腐化リスクにポートフォリオの備えを固める

旧態依然とした企業だけでなく、デジタルに強い企業であっても時流に乗り遅れていけば、新技術がもたらす規模の経済とネットワーク効果によって急速に取って代わられる。それゆえに、支配的な市場占有率を獲得するような単一企業がしばしば出現することになる（例：小売りや第三者プラットフォーム構築におけるアマゾン、輸送におけるウーバー、ホームシェアにおけるエアビーアンドビー、検索におけるグーグル、ストリーミング配信におけるネットフリックスなど）。この「勝者総取り」というモデルは、小さな品質やコストの差が成功における大きな違いにつながることで、新規参入者が長期間存在していた仕組みを急速に置き換え、破壊的創造の道を切り開くことが可能であることを例示している。これはハイテクセクターだけで起きている事象ではなく、製造業、金融、サービス、公益事業、運輸、小売業、卸売業などさまざまな業界で、市場集中度が高まっている。

皮肉なことに、新技術が伝統的なビジネスモデルの死を加速すると同時に、投資家の長期投資に対する需要が高まっている。例えば米国では、米国企業の社債の平均満期は1996年の9.5年から2017年には15年以上に延びている<sup>43</sup>。投資家は、例えば寿命が長くなったことや年金制度や生命保険が寿命の長期化に合わせてポートフォリオを調整することから、投資期間をさらに長くするよう求められている<sup>44</sup>。さらに、金融危機後の低利回り環境は、投資家に、追加の利回りを求めて債券ポートフォリオの長期化を強いる圧力となった。

満期を延ばすことは新しい現象ではないものの、今日の未曾有の技術革新のペースは、投資家が債券投資で長期的なバイ・アンド・ホールド投資を行う際や、流動性の低い私募の資産や不動産やインフラストラクチャーへの投資を行う際に、負うリスクを大きくする可能性がある<sup>\*</sup>。これらのリスクには、企業が成功裡に撤退できるほど、もしくは債務返済するほど十分な長期間存続するかどうかが含まれる。債券投資家は、イーストマン・コダックが当初の予定よりも5,000万ドル多く2億5,000万ドルの8年満期のシニア担保債を発行し、それから12カ月経つ前に破産法11条の適用を申請したことを思い起こすかもしれない。

陳腐化のリスクが高まる中、アセットオーナーが考慮すべき2つの具体的な手順がある。まず、CIOが資産クラスを超えたチームを編成して、すべての保有資産に対する技術革新の影響を評価することが検討項目として挙げられる。これには、どのような資産のタイプ、証券もしくはセクターで破壊的技術による陳腐化のリスクが高いかについて定期的に市場調査を実施することに加え、技術に対する投資が不足している、もしくは取り残される可能性が高いと思われるポートフォリオ企業に対して個別に随時行われる定性評価も含まれる。

第二に、ロックアップ期間が長い場合やデレギュレーションの長い投資（特に、クレジットポートフォリオの場合、投資家は技術革新によるリスクを負う一方で収益の上乗せはない）の場合、技術による破壊の速さを考慮すると、十分なセーフガードを構築するためにより綿密な注意が必要となる。アセットオーナーはポートフォリオのリスクがどのようなものになるかを理解し、そのようなイベントの影響を抑える可能性のあるツール（私募市場において、長期的なトレンドに対する追加的な保護を提供するコベナンツや担保付債務、もしくは公募市場の仕組み商品など）を特定するために、投資マネジャーと緊密に協力しなければならない一方で、ポートフォリオの目標が十分に達成されていることも確保する必要がある。

## 2. 技術革新の最先端を行く企業を特定する投資フレームワークを開発

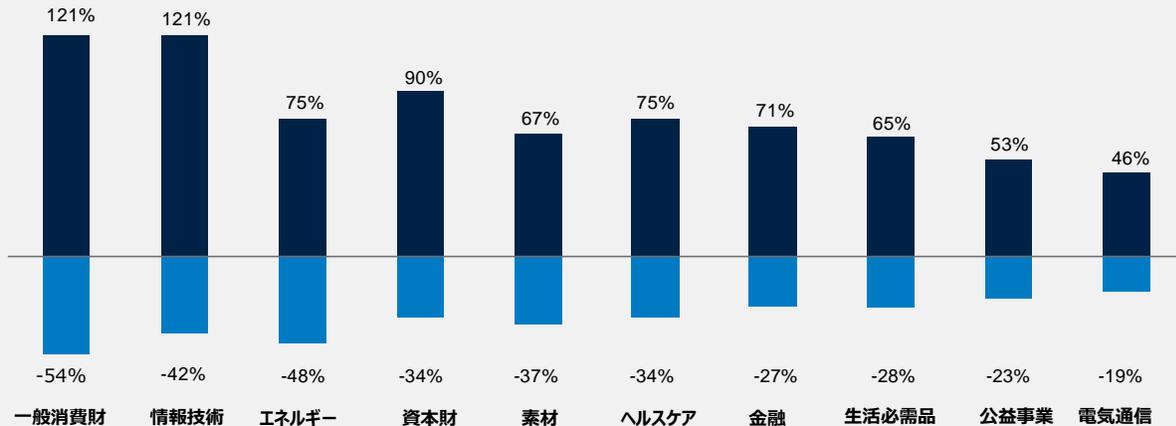
先頭を走る企業は株式市場におけるリターンで出遅れ組をアウトパフォームするだけでなく、市場全体のリターンを押し上げる。実際、1926年以来、米国株式市場で生み出された富の純資産価値は上位4%の企業がすべてを担ってきた<sup>45</sup>。第2部で議論したように、特定のセクターでは近年、パフォーマンスの良い企業と悪い企業の差が大きく広がってきた。（次頁図表9）

今後は、技術を統合して永続的な競争上の優位性と利益成長を生む一部の企業群が、投資リターンにおいて不均衡に大きなシェアを占めると考えている。投資家にとっては、特定のセクターや地域に賭けるのではなく、勝ち組になる可能性がより高い技術主導型の企業を早期に特定することが重要となる。投資家は当初、いくつかの企業に投資する必要があるが、長期的には、成功を収める可能性の高い企業が持つ5つの特性（次頁以降で詳説）を把握して、将来の勝ち組企業へ投資ポジションを着実に統合することが目標となる。

\* 19世紀の終わりから企業は超長期債を発行している。例えば、カナディアン・パシフィック・コーポレーションは1883年に1,000年債を発行し、シカゴ・アンド・イースタン・レールロードは1954年に100年債を発行した。最近ではウォルト・ディズニーが1993年に100年債を発行した。

## 図表9：パフォーマンスの上位企業と下位企業ではパフォーマンスに大きな開きがみられる

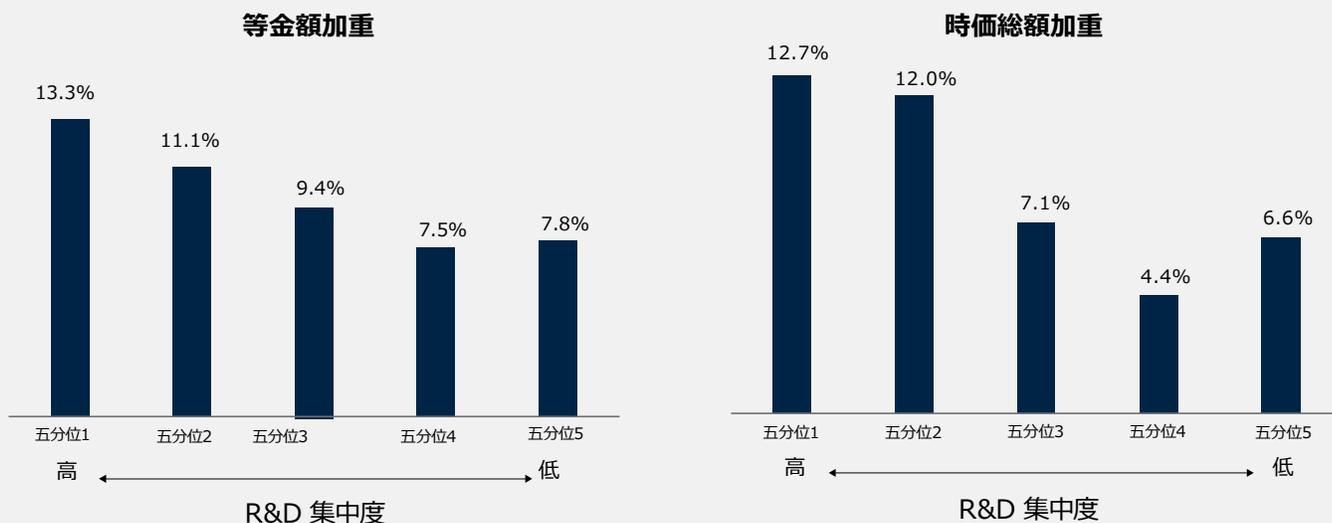
S&P500指数セクター内の株価パフォーマンス上位と下位の平均 2017年12月31日現在



出所：IMF ワールド・エコノミック・アウトルック（Akin Oyedele「The winner takes all: A \$17 billion investor breaks down the huge opportunities lurking in a corner of the market that has spooked Wall Street（勝者総取り：170億ドルの投資家がウォール街を驚かせた市場の片隅に潜んでいる莫大な投資機会を分析）」、*Business Insider*、2018年6月1日 による）

- 自社のプロダクト提供においてネットワーク効果を得られる企業** 従来の資本面での制約のような参入障壁は常に残る一方で、ネットワーク効果は克服すべきより重要な障壁のようだ。これは、ソーシャルメディアプラットフォームやデジタルの製品やサービスだけのことではない。大企業は、より多くの製品やサービスを販売してより多くのデータを独自に収集することで、消費者が自社の製品やサービスを使用するためのより大きなインセンティブを創り出し、消費者が求める製品やサービスをさらに効率的に供給することになる<sup>46</sup>。例えば、航空会社は以前のフライトで得られたデータを使用して乗客の体験をパーソナライズし、フライトの質を向上させるよう努めており、乗客はそのニーズに最も合った航空会社を選ぶようになる可能性がある<sup>47</sup>。また、消費者の嗜好は変化し、新しいサービスや製品が既存の企業に取って代わるかもしれないが、フェイスブックのような企業は深いネットワーク効果を生み出して根強く浸透しており、倒されにくいように見える。このような状況では、品質のわずかな違いが、高収益を享受する支配的な企業と最終的に消滅する負け組企業間の違いを生み出す可能性がある<sup>48</sup>。
- 研究開発費、特に他社が真似できない不可欠の独自ITシステムに不釣り合いなほどに支出する企業** 成功した企業は、独自の技術の開発に重点を置き、それを自社のビジネスプロセスに統合し、将来の技術的破壊に備えている<sup>49</sup>。研究開発投資に費やされた金額は一つの指針となる。大企業上位1,000社が支出した研究開発費は過去5年で50%以上増加して7,000億ドルに達した<sup>50</sup>。これで月ロケットを打ち上げたわけではない。研究開発への継続的な投資は、長期間それを行っている企業にとって大きな投資リターンに直結している（次頁図表10）。
- 社内の技術開発を技術主導のM&Aで積極的に補完する企業** あらゆる新たな技術進歩がすべて社内開発されると予想するのは非現実的であり、M&Aが重要な役割を担うことになる。M&Aにより、企業は事実上、最先端の技術とそれをさらに発展させるために必要な人的資本の両方を得ることができる。ハイテク部門以外の企業は、開発を加速するためにM&A戦略を採用している。実際、2016年には、インターネット時代が始まって以来初めて、非ハイテク企業によるハイテク企業の買収件数が、他のハイテク企業による買収件数を上回った（プライベートエクイティ案件を除く）<sup>51</sup>。フォードによる輸送関連のアーキテクチャーとテクノロジーのプロバイダーであるオートノミック（Autonomic）の買収や、ロリアルによる拡張現実ソリューションを提供する美容関連IT企業モディフェイス（ModiFace）の買収を見れば、非ハイテク企業が製品やサービスをデジタル化するために戦略的な買収を利用していることが分かる。
- 技術の採用を意識してビジネスモデルを構築している企業** 投資家は、企業がどのようにして技術をビジネスプロセスに効果的に統合し、競争上の優位性を高めているかを理解するよう努めなければならない。人工知能、ブロックチェーンまたはビッグデータはそれだけでは効果が発揮されない。こうした技術によって、企業が主導的立場を確立するための生産性向上を達成するには、社内の法務、人事や業務部門のような分野にまたがり張り巡らされたシステムが必要となる。補完的なスキル、経営陣の訓練およびビジネスモデルに投資することでポートフォリオ企業が技術主導の将来に対してどのように効果的に備えているかを、投資家は理解しようとしている<sup>52</sup>。例えば、投資家は、ポートフォリオ企業が最高技術責任者、最高データ責任者または最高変革責任者を抱えているかどうか、そしてその任にある人物は誰なのかを知りたい

**図表10：研究開発費が集中している企業は長期的には市場全体に対してアウトパフォームする傾向があるR&D集中ファクターによる10年リターン**



出所：S&P 2018年6月22日現在

注：リターンのデータは2008年6月30日から2018年5月31日までのS&P Global Broad Market Indexで計測

R&D集中度は、過去4四半期の研究開発費合計の過去4四半期の売上高合計に対する比率と定義

と思うかもしれない。さらに投資家は、最高財務責任者が技術プロジェクトに資本配分を約束しているかどうかを聞きたいかもしれない。その場合、資金配分はどうか（例えば、技術開発に対して技術メンテナンスに振り向ける資金の割合、イノベーションを増やすためのマネジャー訓練に対する投資など）に関心が向かう。独自の最先端ITシステムとソフトウェアの競争力を勘案すると、他の企業がより簡単に複製できる既製技術ではなく、社内のソフトウェア開発への投資額を精査することも有用だ。

- 防御しやすいビジネスモデルによって新市場を破壊する企業**  
 多くの場合、最も破壊的で先頭を走る企業は、革新的な製品やサービスによって脅かされる可能性のある旧来の企業構造や収益の流れといった重荷を負わずに市場参入している。しかし、破壊的創造力のある製品やサービスを以って市場に参入することは成功の前提条件ではあるものの、企業が支配的なプレーヤーとして台頭するには十分条件とは言えない。持続的成長と長期的な競争上の優位性を維持するには、しばしば、隣接する製品やサービスからより多くの収益源を獲得する能力が必要となる<sup>53</sup>。ブロックバスター技術が先駆者としてのメリットを生み出す可能性はあるとしても、競争から守ることになるのは、企業が継続的に革新し回転し続ける能力である。ネットフリックスは明確な例である。同社は当初、新たなDVDの郵便によるレンタル事業を創造することで映画レンタル市場を混乱させた。しかしネットフリックスがストリーミングサービスを提供し、最終的にオリジナルのコンテンツを生成して市場での地位を守り、1億3,000万人を超えるユーザーを持つ企業に成長したのは、同社の能力によるものだ。

これらの特性は将来先頭に立つ技術主導の勝者を決定する上で重要である。ただし、長期的に勝ち組でありつづけるための必須条件ではあるが、それだけでは十分ではない点に注意が必要だ。実際、調査によると、市場は通常、指数関数的な長期成長にあると考えられる企業を過度に評価することがわかっている（「宝くじ」プレミアム効果）。「場外ホームランを打つ」可能性があるすべての企業でポートフォリオを構築すると、潜在的にかなりコストがかかることになる。1990年代後半のドットコムバブルでは、新しい成長指標（クリック数や閲覧回数など）に重点が置かれ、持続不可能な高値とその後の多くの持続不可能なビジネスモデルの崩壊を招いた。技術集約型セクターへの投資を成功させるには、市場全般が依然として懐疑的で、株式や債券の選択を勝者となり得る企業群にまとめて行ってしまっている時期に、「勝者総取り」の早期サインを見つけられる熟練したアクティブ運用者、あるいは、割高すぎる、定性面のスコアが悪い（例：収益性の低さやバランスシートの質）およびボラティリティが大きな企業を特定することで、「宝くじ」タイプの特徴を持つ銘柄を系統的に組み入れたり除外したりすることができるクオンツ運用者が必要となる。

### 3. 技術主導の投資機会を捉えるためにベンチャーキャピタルの先を読む

もちろん、技術を先導する企業を特定するだけでは十分ではない。投資家は、これらの投資機会にアクセスするための最適な手段を把握するために、社内のチームや資産運用会社と協力する必要がある。これは新興企業や破壊的技術を持つ企業に限った議論ではなく、投資家は広範囲のアクセスポイントや投資手段を以って投資機会を捉えるために視野を広く持つ必要がある。

- 小規模なテクノロジー関連企業が株式市場で話題になることが稀であっても、注目されるのは殆どの場合、新技術の投入によって長期的な成長を遂げている非テクノロジー企業（多くの場合は株式を公開している大企業）である。例えば、資産管理プラットフォームとしてウェルスフロント（Wealthfront）やベターメント（Betterment）などのスタートアップ企業がマスコミで注目を集める一方で、大手の証券会社やブローカーディーラーが開発したAIツールは、既に大きな影響力を持っている。長期的に最先端の技術を構築、購入または採用できる能力を備えた公開企業（多くはITセクター以外の企業）の中から、こうした新技術を活用して成長を遂げる企業を、投資家は選別する必要がある。
- 株式を非公開のままにして、公開市場における大きな注目から離れたところで最先端の技術を開発している多くの大規模なIT企業に、投資家は目を向ける必要がある。こうした企業は増加の一途をたどっている。開発ステージ後半にある企業への投資額は、2018年第2四半期には前年同期比で約150%増加し、約600億ドルと当四半期における世界のベンチャー投資の3分の2を占めた<sup>54</sup>。直接株式を取得するにしても資産運用会社を経由するにしても、開発中の最新技術に直接的なアクセスを望む投資家にとって、開発ステージの後半にある非公開会社への投資は、スタートアップ企業への投資に対する有効な代替投資手段となりそうだ。
- 技術の急速な成長を可能にする物理的およびデジタル的なインフラストラクチャーも、投資家が考慮すべき点である。携帯電話基地局向けの鉄塔、物流センター、再生可能エネルギーによる電力などの実物資産への投資は、ハイテク企業そのものに投資せずに技術成長の恩恵に浴する魅力的な代替手段となる可能性がある。投資判断者は、実際の実物資産投資が技術トレンドからどのような恩恵を受けるか（またはリスクにさらされているか）を理解しておくべきだろう。
- 新技術にアクセスするためにベンチャーキャピタル（VC）を投資手段として使ってきたアセットオーナーの場合、全体としてVCは必ずしも最良の手段ではないかもしれない。プライベートエクイティ企業の中でもVCは、平均すると最も高いリスクと最も低いリターンを提供してきた。具体的には2000年以降、平均で3%のリターンしか得られず、ネットアルファはゼロだった<sup>55</sup>。選別されたVCの中には優れたリターンを出しているものもあるが、長期リターンのデータに基づけば、VC全体としては、投資家が破壊的創造力のある技術によって提供される長期的成長の可能性にアクセスする方法としては最良の手段ではない。

### 4. ファンダメンタル重視のマネジャーによって代替的なデータや予測分析がどのように使われているか評価する

投資家にとって一部のテクノロジーはあまり関係のないことかもしれないが、資産配分を三次元プリンターで印刷できるようになる前と後では、技術革新がもたらす変化は我々の想像を超えているかもしれない。中でも予測分析、ビッグデータおよび機械学習はファンダメンタル重視の運用者にとって重要な意味を持つ可能性があり、それらの技術を慎重に見極めるべきだろう。

まず重要なことは、クオンツマネジャーが何十年もの間、ビッグデータであろうがなかろうが、常に新しいデータを使用してきたという事実と、ビッグデータは新たなデータソースとしての価値はあるが、万能ではないと認識することだ<sup>56</sup>。主な問題点は、データセットが大きくなるほど、そして予測分析テクニックが複雑になるほど、データマイニングの可能性が高くなるということである。つまり、因果関係のない、確固とした根拠を欠いた偽のパターンを見つけることになる<sup>57</sup>。これらの擬似的な相関関係は、バックテストで目にした段階では素晴らしいが、従来の相関関係がいつ崩壊するか不明なため、将来を見据えた投資の観点からは有用ではない。

これらの膨大な情報処理機能を持つツールは、ファンダメンタル重視の運用者にとってもその有用性が期待できるものだが、クオンツ分析の運用者とは異なり、ファンダメンタル重視の運用者にとっての課題は、従来のアナリストとこれらの新しいデータセットを使用するように訓練されたデータサイエンティストとの間に生じる文化的な衝突のリスクをどう解決するか、である。そのギャップをうまく埋められたファンダメンタル重視の運用者には、公開市場や私募市場における投資戦略を改善するための機会が存在する。例えば、業績発表の際のコンファレンスコールで感情分析に自然言語処理を使用したり、小売り施設における来店客数を測定するために携帯電話の位置データを使用したり、独自の不動産運営コストのデータと衛星画像を組み合わせてテナントの行動の要因についての洞察を提供するなどである。将来、利用可能なデータセットが増え、予測モデルが改善されると、運用者は気候変動の予測を使用して、例えば建物の配置や評価についてより良い投資判断を行うことも可能になる。

ポートフォリオ管理におけるファンダメンタルアプローチとクオンツアプローチの境界線が益々曖昧になるにつれて、投資家は、落とし穴を回避しつつ予測技術を投資プロセスに効果的に組み込む方法を慎重に評価する必要がある。これらの機能を自社で実現することを目指すアセットオーナーにとっては、質の高いデータセットにアクセスできる熟練データサイエンティストのチームが必要となる。投資家は、ファクトセットなどの従来のプラットフォームや1010データ（1010Data）などの新たなプロバイダーがプラットフォームを構築した専門のデータクレンジングハウスとの提携を望むかもしれない。その目的は、重要な非公開情報または個人レベルのデータにおける潜在的なプライバシー侵害などの付随するリスクを低減しながら、上記の新しい情報源を追跡、ソース化、クリーンアップして使用することである。

\*アルファは適切な基準（通常は市場インデックスと呼ばれる一連の投資結果）と比較した投資パフォーマンス（プラスまたはマイナス）を示す。

公募ファンドであっても一任勘定のポートフォリオであっても、代替データと予測分析が潜在的に新しいアルファ源を特定するのに役立つ可能性があると考えらる必要がある。これらのツールがより一般的になるにつれて、それらをポートフォリオ管理プロセスに効果的に統合することが重要になる。

アセットオーナーは、ファンダメンタル重視の運用者が代替データと予測分析を投資プロセスに組み込むか、組み込む場合はどこでどのように行うかを理解しておくべきだろう。具体的には、ファンダメンタル重視の運用者を評価する際に、RFPもしくはデューデリジェンスのアジェンダの中に、技術に対する姿勢を質問するセクションを追加するのが望ましい。以下に、CIOが運用者選定の際に候補者に尋ねる質問の例を示す。

- 御社において過去5年の間に、技術が御社のフロントオフィスの投資管理プロセスを変えましたか、また変えた場合はどのように変えましたか。
- 運用向けの技術系人材についてどう思われますか。データサイエンスチームを抱えることを考えたことがありますか（もしくは既に抱えていますか）。もしそうならば、ファンダメンタル重視のポートフォリオにおいてデータサイエンティストの見通しをどのように投資判断に織り込んでいますか。
- 代替データもしくはビッグデータを評価したことがありますか（もしくは既に利用していますか）。既に代替データもしくはビッグデータを使用している場合、それを主にクオント的な売買シグナルを発するために使っていますが、それとも投資の洞察の追加的生成に利用して、ファンダメンタル分析のアナリストの独自の見方に織り込んでいますか。

## 5. 「テックラッシュ」に備える

多くのハイテク企業に対する軽い、もしくは時代遅れの規制により、複数の技術中心型企業が、顧客を獲得し、税負担を軽減し、政府の裏をかくことを目指して、限定的なローカル規則や規制を利用した。ウーバーとエアビーアンドビーはこの積極的で挑戦的なアプローチを最初に採用した企業に含まれるが、唯一の企業ではなかったことも確かだ。州のライセンス要件を回避するソフトウェアを積極的に設計した人事関連給付プロバイダーのゼネフィット（Zenefits）など、公然と華々しく散った企業もある<sup>58</sup>。

政府が規制を強化しようとするにつれて、ハイテク企業は規制の不確実性から深刻な影響を受ける可能性がある。ソーシャルメディア主導の「偽ニュース」の台頭により、特に2016年から2017年の米国とフランスの国政選挙中にロシアが情報操作を試みようとしていたことが明らかになった後、コンテンツ所有権の問題が再度浮上した。データプライバシーも重要な懸念事項であり、世界各国の政府は、欧州連合（EU）の一般データ保護規則（GDPR）から、インド、モロッコ、ブラジル、南アフリカ、台湾などの新しい法律に至るまで、個人データを保護する取り組みを始めた<sup>59</sup>。準独占状態を管理するための最適な方法、最終データの所有者（企業、またはデータの収集元である個人）、そのデータの配布方法、ソーシャルメディアにアップロードされたコンテンツの責任者などをめぐる疑問は増え続けている<sup>60</sup>。技術主導の企業が、規制当局が新たな規制を打ち出すのを待たず、どの程度積極的に自主規制を行うかは、引き続き今後の注目点である<sup>61</sup>。

同様の懸念として、先端技術の開発競争とそれに関連した知的財産権に関する紛争は、現在、米国と中国の緊張の重要な部分を占めているように思われる。中国はAIを戦略的技術と宣言し、現地のハイテク開発を促進するために「メイド・イン・チャイナ2025」計画を発表した<sup>62</sup>。米国民に対しては、ホワイトハウスが「中国は未来の米国産業をターゲットとしている」と宣言しており、例えば、アント・フィナンシャル（Ant Financial）によるマネーグラム（MoneyGram）買収を拒否し、チャイナ・モバイル（China Mobile）のアプリケーションソフトが米国内で利用されるのを阻止するなど、中国のハイテク企業が米国内で地歩を固めるのを阻止するように動いた<sup>63</sup>。

これらの増大する地政学的課題に直面している機関投資家は、規制上のリスクが投資のフレームワークに明示的に反映されるように、「テックラッシュ」リスク（ハイテク企業に対する反発のリスク）を検討課題に挙げることを望むだろう。また、ポートフォリオ全体がこれらの規制変更からどのような影響を受けるかについて、CIOは資産を委託している運用者と協議したほうがよいだろう。例えば、ネットワーク効果を捉える利点に着目した投資テーマが、ネットワーク規模に上限を課すことを強制する反トラスト訴訟によって損なわれる可能性があるかどうか、また、ユーザーデータへのアクセスと利用に依存する企業の証券をポートフォリオで保有する場合、データプライバシーに関する積極的な規制が当該企業の事業にとって脅威となるかどうか、などだ。投資家は、データ使用や価格戦略などの分野に関する経営陣の議論に注意を払い、ポートフォリオの組み入れ銘柄が、既存の規制に準拠し、変化する規制環境に対応できていることを確認する必要がある。急速に進化する環境では、デューデリジェンスは不可欠である。

投資家はまた、新たな技術や投資機会の評価をする際に、規制環境を考慮する必要がある。これらの最先端技術が継続して出現するにつれ、成功か失敗かを定める役割を政府が担うことになる。政府の手の届かないところで動作するように明示的に設計された技術（特にビットコイン）は、ユーザーにとって、数多くの法規制上の問題を引き起こしている。これらの問題にどのように対処するかについての規制当局の決定は、登場する技術に対して今後何年にもわたって影響する可能性がある。そして投資家は、議論に影響を与えようとしている政策立案者とロビー組織の両方を注視することになる。

## 結論

我々は急速な技術革新の時代に生きている。人工知能、自動運転車、拡張現実、その他の破壊的創造力をもった技術の影響は現れ始めたばかりだが、マクロ経済レベルであっても個々の産業であっても、投資家のポートフォリオに対する影響は多大なものとなりそうだ。これらの進歩が世界経済に深く統合されるにつれて、投資家は経済成長と産業における集中に関する前提を慎重に評価する必要がある。デジタル世界と現実世界の両方の産業に機会とリスクがあり、投資家のポートフォリオは全体として、技術革新の恩恵を受ける企業あるいはリスクにさらされようとしている企業に対するエクスポージャーを持っているからだ。より長期的に見ると、これらの技術は、社会の驚くほどの進歩を牽引する可能性を秘めている。新たなテクノロジーフロンティアのリスクを回避しながら利益を得ることができるかどうかは、投資家や資産運用者次第である。

## 付属資料：破壊的技術

	ブレイクスルー	定義
	モバイルインターネット	モバイルコンピューティングデバイス、高速ワイヤレス接続、アプリケーションの組み合わせ
	適応知能／人工知能	構造化されていないコマンドと微妙な判断を含む知識労働タスクを実行できるソフトウェアシステム
	モノのインターネット（IoT）	それ自体の内部や外部環境とやりとりし、認識し、相互作用が可能な物理的な物の間のネットワーク
	クラウド技術	コンピューティングリソースの共有プールへのネットワークアクセスを可能にするコンピュータアーキテクチャ
	先進ロボット／自動化	より高度な移動性、器用さ、柔軟性、順応性、そして人間から学び、やり取りする能力を備えた新世代
	自動運転車／準自動運転車	人間による操作が減少しても、またはゼロでも操縦できる車両。マシンビジョンは重要な実現技術
	ゲノミクス	遺伝子シーケンシング技術、ビッグデータ分析技術、および生命体の改変が可能な技術の組み合わせ
	エネルギー貯蔵	電気を後で使用するために貯蔵できる形式に変換するシステムの、大きさ、出力およびコストにおける改善
	3D印刷	デジタル信号によるモデルから立体的物を作成するデバイス
	原油・ガスの先進的探査と回収	以前は採掘不可能だった原油や天然ガスへのアクセス
	仮想現実／拡張現実	現実世界の代わりに存在する、または現実世界の上に重なっているコンピュータが生成した双方向環境
	ブロックチェーン／分散型台帳	中心となる決済機関なしで複数の取引相手間における一貫した記録を保持するためのアプローチ
	ナノテクノロジー	物質に対する原子レベルまたは分子レベルでの人為的な操作

## 謝辞

当レポートの作成にあたりご貢献いただいた皆様に感謝申し上げます。

Sir Charles Bean, Professor of Economics at the London School of Economics

Jay Bellisimo, Managing Partner of Global Cognitive Process Transformation at IBM

Erik Brynjolfsson, Director of the MIT Initiative on the Digital Economy, Professor at MIT Sloan School, and Research Associate at the National Bureau of Economic Research

Valerie Clark, Chief of Staff to General Manager of Global Cognitive Process Transformation at IBM

Adam Segal, Ira A. Lipman Chair in Emerging Technologies and National Security and Director of the Digital and Cyberspace Policy Program at the Council on Foreign Relations

Roger Urwin, Global Head of Investment Content, Willis Towers Watson, co-founder Thinking

Ahead Institute Staci Warden, Executive Director of the Center for Financial Markets at the Milken Institute

## PGIM グループ内の執筆・情報提供者

Mark Baribeau, Jennison Associates  
Ed Campbell, QMA, a PGIM

Company Wendy Carlson, Pricoa  
Capital Group Peter Cody, PGIM  
Fixed Income

Steve Collins, Pricoa Capital Group  
Scott Dalrymple, PGIM Real Estate

Mathew Douglass, Pricoa Capital  
Group Matt Duda, PGIM Fixed

Income Laurence Dworkin, PGIM  
Seth Ginns, Jennison

Associates Dr. Peter Hayes,  
PGIM Real Estate David Hunt,  
PGIM

Dr. Taimur Hyat, PGIM  
Rebecca Irwin, Jennison Associates

Alison Jacobs, PGIM Real Estate  
Finance Ed Keon, QMA, a PGIM

Company Natasha Khulkin,  
Jennison Associates

Theresa Ho Kim, Jennison  
Associates Erika Klauer,  
Jennison Associates David  
Klausner, PGIM

Dr. Joshua Livnat, QMA, a PGIM  
Company Lee Meniffee, PGIM Real  
Estate

Dr. Harsh Parikh, PGIM Institutional Advisory and  
Solutions Greg Peters, PGIM Fixed Income

Nicolas Rubinstein, Jennison Associates  
Dr. George Sakoulis, QMA, a PGIM  
Company John Sarokhan, PGIM Real  
Estate

Jay Saunders, Jennison Associates  
Dr. Nathan Sheets, PGIM Fixed  
Income Brian Thomas, Pricoa

Capital Group Edwin Wilches,  
PGIM Fixed Income David Winans,  
PGIM Fixed Income Dr. Arvind

Rajan, PGIM Fixed Income Gary  
Stromberg, PGIM Fixed Income

## 出典

- 1 Berna, Francesco, et al., "Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, [May 15, 2012](http://www.pnas.org/content/109/20/E1215.long). <<http://www.pnas.org/content/109/20/E1215.long>>
- 2 Wilford, John Noble, "Flutes Offer Clues to Stone-Age Music", *New York Times*, [June 24, 2009](https://www.nytimes.com/2009/06/25/science/25flute.html). <<https://www.nytimes.com/2009/06/25/science/25flute.html>>; Gambino, Megan, "A Salute to the Wheel", *Smithsonian*, June 17, 2009. <<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/a-salute-to-the-wheel-31805121/>>
- 3 Comin, Diego A. and Ferrer, Marti Mestieri, "If Technology Has Arrived Everywhere, Why has Income Diverged?", *NBER*, [May 2013](http://www.nber.org/papers/w19010.pdf). <<http://www.nber.org/papers/w19010.pdf>>
- 4 Winter, Amos and Govindarajan, Vijay, "Engineering Reverse Innovations", *Harvard Business Review*, July-August 2015. <<https://hbr.org/2015/07/engineering-reverse-innovations>>
- 5 Ding, Jeffrey, "Deciphering China's AI Dream: The Context, Components, Capabilities, and Consequences of China's Strategy to Lead the World in AI", *Future of Humanity Institute, University of Oxford*, [March 2018](https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf). <[https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering\\_Chinas\\_AI-Dream.pdf](https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf)>
- 6 Baer, Drake, "'Neural Bypass' has Given a Paralyzed Patient the Use of His Arm — Using Only His Thoughts", *Business Insider*, [April 13, 2016](http://www.businessinsider.com/neural-bypass-gives-paralyzed-patient-use-of-arm-2016-4). <<http://www.businessinsider.com/neural-bypass-gives-paralyzed-patient-use-of-arm-2016-4>>
- 7 Solow, Robert, "We'd better watch out", *New York Times Book Review*, July 12, 1987.
- 8 Nathan Sheets and George Jiraneck, "The U.S Labor Productivity Puzzle," *PGIM FI*, July 2018. <<https://www.pgim.com/insights/pgim-expertise/US-Labor-Productivity-Puzzle>>
- 9 "Digital America — A Tale of the Haves and Have Mores", *McKinsey Global Institute*, [December 2015](https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/digital-america-a-tale-of-the-haves-and-have-mores). <<https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/digital-america-a-tale-of-the-haves-and-have-mores>>
- 10 Jorgenson, Dale W., "The World KLEMS Initiative: Measuring Productivity at the Industry Level", February 26, 2017. <[https://scholar.harvard.edu/files/jorgenson/files/oxford\\_chapter\\_21\\_klems\\_16\\_07\\_20\\_with\\_figures\\_tables\\_1.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/jorgenson/files/oxford_chapter_21_klems_16_07_20_with_figures_tables_1.pdf)>
- 11 Andrews, Dan, Criscuolo, Chiara, and Gal, Peter N., "Frontier Firms, Technology Diffusion and Public Policy: Micro Evidence From OECD Countries", *OECD*, 2015. <<https://www.oecd.org/eco/growth/Frontier-Firms-Technology-Diffusion-and-Public-Policy-Micro-Evidence-from-OECD-Countries.pdf>>
- 12 Autor, David, et. al., "The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms", *NBER*, [May 1, 2017](http://www.nber.org/papers/w23396). <<http://www.nber.org/papers/w23396>>; Bessen, James, "Information Technology and Industry Concentration", *Boston University School of Law & Economics*, Paper No. 17-41, December 22, 2017. <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3044730&download=yes](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3044730&download=yes)>
- 13 "Amazon accounts for 43% of US online retail sales", *Business Insider*, [February 3, 2017](http://www.businessinsider.com/amazon-accounts-for-43-of-us-online-retail-sales-2017-2). <<http://www.businessinsider.com/amazon-accounts-for-43-of-us-online-retail-sales-2017-2>>; "Ecommerce trends and store sales for top retailers", *eMarketer*, accessed July 2, 2018. <<https://retail-index.emarketer.com/dashboard/c/retailers/5374f2454d4afd824cc15571/ttm/AllCompanies/All%20Sectors>>
- 14 Van Reenen, John, "Increasing Differences between firms: Market Power and the Macro-Economy", *Kansas City Fed*, [August 31, 2018](https://www.kansascityfed.org/~media/files/publicat/sympos/2018/papersandhandouts/jh%20john%20van%20reenen%20version%2020.pdf?la=en). <<https://www.kansascityfed.org/~media/files/publicat/sympos/2018/papersandhandouts/jh%20john%20van%20reenen%20version%2020.pdf?la=en>>; Bessen, James, "Information Technology and Industry Concentration", *Boston University School of Law & Economics*, Paper No. 17-41, December 22, 2017. <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3044730&download=yes](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3044730&download=yes)>
- 15 Wolfe, Jan and Nellis, Stephen, "U.S. jury awards Apple \$539 million in Samsung patent retrial", *Reuters*, [May 24, 2018](https://www.reuters.com/article/us-apple-samsung-elec-us-jury-awards-apple-539-million-in-samsung-patent-retrial-idUSKCN1IP3Q1). <<https://www.reuters.com/article/us-apple-samsung-elec-us-jury-awards-apple-539-million-in-samsung-patent-retrial-idUSKCN1IP3Q1>>; Spangler, Todd, "Netflix Scores Victory in Rovi Patent Litigation", *Variety*, July 16, 2015. <<https://variety.com/2015/digital/news/netflix-rovi-patent-lawsuit-1201541708/>>
- 16 Constine, Josh, "Snapchat growth slowed 82% after Instagram Stories launched", *TechCrunch*, February 2, 2017. <<https://techcrunch.com/2017/02/02/slowchat/>>
- 17 Bean, Charles, "Measuring the Value of Free", *Project Syndicate*, [May 3, 2016](https://www.project-syndicate.org/commentary/measuring-gdp-in-digital-economy-by-charles-bean-2016-05?barrier=accesspaylog). <<https://www.project-syndicate.org/commentary/measuring-gdp-in-digital-economy-by-charles-bean-2016-05?barrier=accesspaylog>>; Groshen, Erica L., et al., "How Government Statistics Adjust for Potential Biases from Quality Change and New Goods in an Age of Digital Technologies: A View from the Trenches", *Journal of Economic Perspectives—Volume 31, Number 2—Spring 2017—Pages 187–210*. <<https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.31.2.187>>; Bean, Charles, "Independent Review of UK Economic Statistics", *Cabinet Office, HM Treasury, The Rt Hon Matt Hancock MP, and The Rt Hon George Osborne*, March 2016. <[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/507081/2904936\\_Bean\\_Review\\_Web\\_Accessible.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/507081/2904936_Bean_Review_Web_Accessible.pdf)>
- 18 Byrne, David M., John G. Fernald, and Marshall B. Reinsdorf (2016). "Does the United States have a Productivity Slowdown or a Measurement Problem," *Finance and Economics Discussion Series 2016-017*. [Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System](http://dx.doi.org/10.17016/FEDS.2016.017), <<http://dx.doi.org/10.17016/FEDS.2016.017>>
- 19 Lewis, Peter H., "Attention Shoppers: Internet is Open", *New York Times*, [August 12, 1994](https://www.nytimes.com/1994/08/12/business/attention-shoppers-internet-is-open.html). <<https://www.nytimes.com/1994/08/12/business/attention-shoppers-internet-is-open.html>>
- 20 Tuttle, Brad, "8 Amazing Things People Said When Online Shopping Was Born 20 Years Ago", *Time*, [August 15, 2014](http://time.com/money/3108995/online-shopping-history-anniversary/). <<http://time.com/money/3108995/online-shopping-history-anniversary/>>
- 21 Brynjolfsson, Erik, Rock, Daniel, and Syverson, Chad, "Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics", *NBER*, December 2017. <<http://www.nber.org/chapters/c14007.pdf>>
- 22 Sam Ransbotham, David Kiron, Philipp Gerbert, and Martin Reeves, "Reshaping Business with Artificial Intelligence: Closing the Gap Between Ambition and Action", *MIT and BCG*, September 6, 2017. <<https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence/>>
- 23 World Bank Databank, as of September 10, 2018; "World Development Report 2016: Digital Dividends", *World Bank Group*, 2016. <<http://documents.worldbank.org/curated/en/896971468194972881/pdf/102725-PUB-Replacement-PUBLIC.pdf>>
- 24 Jorgenson, Dale W., "The World KLEMS Initiative: Measuring Productivity at the Industry Level", February 26, 2017. <[https://scholar.harvard.edu/files/jorgenson/files/oxford\\_chapter\\_21\\_klems\\_16\\_07\\_20\\_with\\_figures\\_tables\\_1.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/jorgenson/files/oxford_chapter_21_klems_16_07_20_with_figures_tables_1.pdf)>
- 25 Duggan, Wayne, "Non-Technology Companies Betting Big on AI", *U.S. News & World Report*, July 24, 2017. <<https://money.usnews.com/investing/articles/2017-07-24/non-technology-companies-betting-big-on-artificial-intelligence>>; Gelber, Mack, "25 Companies Hiring Tech Workers Right Now", *Monster*, [June 2018](https://www.monster.com/career-advice/article/companies-hiring-tech-july). <<https://www.monster.com/career-advice/article/companies-hiring-tech-july>>
- 26 United States Bureau of Economic Analysis, as of April 19, 2018.
- 27 Ridgeway, Megan, "Design parking garages so they can easily become housing", *Fast Company*, July 23, 2018. <<https://www.fastcompany.com/90206069/design-parking-garages-so-they-can-easily-become-housing>>
- 28 Morris, David Z., "Today's Cars Are Parking 95% of the Time", *Fortune*, [March 13, 2016](http://fortune.com/2016/03/13/cars-parked-95-percent-of-time/). <<http://fortune.com/2016/03/13/cars-parked-95-percent-of-time/>>
- 29 "Global Outlook: Focusing on Growth", *PGIM Real Estate*, [May 2018](http://www.pgimrealestate.com/re/pdf/PGIM_RE_May_2018_Global_Outlook.pdf). <[http://www.pgimrealestate.com/re/pdf/PGIM\\_RE\\_May\\_2018\\_Global\\_Outlook.pdf](http://www.pgimrealestate.com/re/pdf/PGIM_RE_May_2018_Global_Outlook.pdf)>
- 30 Neumann, Jeannette, "Out of Stock Online? Zara Hopes Shipping From Stores Will Boost Sales", *The Wall Street Journal*, [July 31, 2018](https://www.wsj.com/articles/out-of-stock-online-zara-hopes-shipping-from-stores-will-boost-sales-1533034800?emailToken=fc4b74343adbab8e31caf7c6c39ddac0skOTabUsdAC7wirATYVu0T-456foA96JdXUjN4AwDvlCqHEEiv6NHlWmHstQghQNIMQZYwIQPjuQH0M2VUblB0t+GyZ/OsCr1WTTQpsNb8pHy1jxQpCung/HGvVvtmbH&reflink=article_email_share). <[https://www.wsj.com/articles/out-of-stock-online-zara-hopes-shipping-from-stores-will-boost-sales-1533034800?emailToken=fc4b74343adbab8e31caf7c6c39ddac0skOTabUsdAC7wirATYVu0T-456foA96JdXUjN4AwDvlCqHEEiv6NHlWmHstQghQNIMQZYwIQPjuQH0M2VUblB0t+GyZ/OsCr1WTTQpsNb8pHy1jxQpCung/HGvVvtmbH&reflink=article\\_email\\_share](https://www.wsj.com/articles/out-of-stock-online-zara-hopes-shipping-from-stores-will-boost-sales-1533034800?emailToken=fc4b74343adbab8e31caf7c6c39ddac0skOTabUsdAC7wirATYVu0T-456foA96JdXUjN4AwDvlCqHEEiv6NHlWmHstQghQNIMQZYwIQPjuQH0M2VUblB0t+GyZ/OsCr1WTTQpsNb8pHy1jxQpCung/HGvVvtmbH&reflink=article_email_share)>

- 31 Kent, Sarah, "Oil Industry Tries to Take the Fracking Boom Global", *The Wall Street Journal*, [June 19, 2018](https://www.wsj.com/articles/taking-the-fracking-boom-global-1529409963). <<https://www.wsj.com/articles/taking-the-fracking-boom-global-1529409963>>
- 32 "Pad Drilling and Rig Mobility Lead to More Efficient Drilling", *U.S. Energy Information Administration*, [September 11, 2017](https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=7910). <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=7910>>
- 33 Wethe, David, "Robots Are Taking Over Oil Rigs", *Bloomberg*, [January 24, 2017](https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-01-24/robots-are-taking-over-oil-rigs-as-roughnecks-become-expendable). <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-01-24/robots-are-taking-over-oil-rigs-as-roughnecks-become-expendable>>
- 34 Matthews, Christopher M., "Oil's New Technology Spells End of Boom for Roughnecks", *The Wall Street Journal*, [July 10, 2018](https://www.wsj.com/articles/oils-new-technology-spells-end-of-boom-for-roughnecks-1531233085). <<https://www.wsj.com/articles/oils-new-technology-spells-end-of-boom-for-roughnecks-1531233085>>
- 35 Kent, Sarah and Alessia, Christopher, "Big Oil's New Strategy: Smaller Wells, Smarter Tech", *The Wall Street Journal*, [July 26, 2018](https://www.wsj.com/articles/big-oils-new-strategy-smaller-wells-smarter-tech-1532617171). <<https://www.wsj.com/articles/big-oils-new-strategy-smaller-wells-smarter-tech-1532617171>>
- 36 Ailworth, Erin, "Fracking 2.0: Shale Drillers Pioneer New Ways to Profit in Era of Cheap Oil", *The Wall Street Journal*, [March 30, 2017](https://www.wsj.com/articles/fracking-2-0-shale-drillers-pioneer-new-ways-to-profit-in-era-of-cheap-oil-1490894501?mod=article_inline). <[https://www.wsj.com/articles/fracking-2-0-shale-drillers-pioneer-new-ways-to-profit-in-era-of-cheap-oil-1490894501?mod=article\\_inline](https://www.wsj.com/articles/fracking-2-0-shale-drillers-pioneer-new-ways-to-profit-in-era-of-cheap-oil-1490894501?mod=article_inline)>
- 37 "What is the DELFI Environment?", *Schlumberger*, accessed [August 12, 2018](https://www.software.slb.com/delfi/what-is-delfi). <<https://www.software.slb.com/delfi/what-is-delfi>>
- 38 "Renewable Power", *BP Global*, accessed [July 29, 2018](https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/renewable-power). <<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/renewable-power>.html>
- 39 "The 2015 Global Retail Development Index – Global Retail Expansion: An Unstoppable Force", *A.T. Kearney*, [2015](https://www.atkearney.com/documents/10192/5972342/Globa+Retail+Expansion-An+Unstoppable+Force++2015+GRDI.pdf/22c67371-43ec-4c27-b130-5c7c63c296fc). <<https://www.atkearney.com/documents/10192/5972342/Globa+Retail+Expansion-An+Unstoppable+Force++2015+GRDI.pdf/22c67371-43ec-4c27-b130-5c7c63c296fc>>
- 40 Bensing, Greg, "Amazon Wants to Ship Your Package Before You Buy It", *The Wall Street Journal*, [January 17, 2014](https://blogs.wsj.com/digits/2014/01/17/amazon-wants-to-ship-your-package-before-you-buy-it/). <<https://blogs.wsj.com/digits/2014/01/17/amazon-wants-to-ship-your-package-before-you-buy-it/>>
- 41 "Amazon accounts for 43% of US online retail sales", *Business Insider*, [February 3, 2017](http://www.businessinsider.com/amazon-accounts-for-43-of-us-online-retail-sales-2017-2). <<http://www.businessinsider.com/amazon-accounts-for-43-of-us-online-retail-sales-2017-2>>; "Ecommerce trends and store sales for top retailers", *eMarketer*, accessed [July 2, 2018](https://retail-index.emarketer.com/dashboard/c/retailers/5374f2454d4afd824cc15571/ttm/). <<https://retail-index.emarketer.com/dashboard/c/retailers/5374f2454d4afd824cc15571/ttm/> AllCompanies/All%20Sectors>
- 42 "Growth Investing in Disruptive Innovation", *Jennison Associates*, 2018.
- 43 "US Corporate Bond Issuance", *Securities Industry and Financial Markets Association*, accessed [May 26, 2018](https://www.sifma.org/resources/research/us-corporate-bond-issuance/). <<https://www.sifma.org/resources/research/us-corporate-bond-issuance/>>
- 44 "A Silver Lining: The Investment Implications of an Aging World," *PGIM*. <<https://www.pgim.com/insights/megatrends/longevity/>>
- 45 Bessembinder, Hendrik, "Do Stocks Outperform Treasury Bills?", *Journal of Financial Economics*, May 2018 (Forthcoming)
- 46 Rolnik, Guy and Schechter, Asher, "Is the Digital Economy Much Less Competitive Than We Think It Is?", *Stigler Center at the University of Chicago Booth School of Business*, September 23, 2016. <<https://promarket.org/digital-economy-much-less-competitive-think/>>
- 47 Hodgson, Camilla and Waldmeir, Patti, "How airlines aim to use big data to boost profits", *Financial Times*, [May 8, 2018](https://www.ft.com/content/f3a931be-47aa-11e8-8ae9-4b5ddcca99b3). <<https://www.ft.com/content/f3a931be-47aa-11e8-8ae9-4b5ddcca99b3>>
- 48 Van Reenen, John, "Increasing Differences between firms: Market Power and the Macro-Economy", *Kansas City Fed*, [August 31, 2018](https://www.kansascityfed.org/~media/files/publicat/sympos/2018/papersandhandouts/jh%20john%20van%20reenen%20version%2020.pdf?la=en). <<https://www.kansascityfed.org/~media/files/publicat/sympos/2018/papersandhandouts/jh%20john%20van%20reenen%20version%2020.pdf?la=en>>
- 49 Bessen, James, "Information Technology and Industry Concentration", *Boston University School of Law & Economics*, Paper No. 17-41, December 22, 2017. <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3044730](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3044730)>
- 50 PwC Innovation 1000
- 51 Picker, Leslie, "For Non-Tech Companies, if You Can't Build It, Buy a Start-Up", *The New York Times*, [January 2, 2017](https://www.nytimes.com/2017/01/02/business/dealbook/mergers). <<https://www.nytimes.com/2017/01/02/business/dealbook/mergers>.html>
- 52 Bloom, Nicholas, et al., "IT and Management in America", 2014. <<https://www.hbs.edu/faculty/conferences/2014-world-management-survey/Documents/TNIT.pdf>>
- 53 "Growth Investing in Disruptive Innovation", *Jennison Associates*, 2018.
- 54 Rowley, Jason, "In Q2 2018, late-stage deals led the world's venture capital market", *TechCrunch*, [July 15, 2018](https://techcrunch.com/2018/07/15/in-q2-2018-late-stage-deals-led-the-worlds-venture-capital-market/). <<https://techcrunch.com/2018/07/15/in-q2-2018-late-stage-deals-led-the-worlds-venture-capital-market/>>
- 55 Parikh, Harsh and Cheng, Tully, "Revisiting the Role of Alternatives in Asset Allocation", *PGIM Institutional and Advisory Solutions*, [July 2016](https://www.pgim.com/insights/current-views/asset-allocation/alternatives-allocation). <<https://www.pgim.com/insights/current-views/asset-allocation/alternatives-allocation>>
- 56 Dyson, Andrew, "Bridge too far: Maintaining perspective on the promise and potential pitfalls of Big Data and AI", *QMA, a PGIM Company*, [April 2018](https://www.qma.com/assets/pdf/QMA_Letter-Bridge_Too_Far.ADA.pdf). <[https://www.qma.com/assets/pdf/QMA\\_Letter-Bridge\\_Too\\_Far.ADA.pdf](https://www.qma.com/assets/pdf/QMA_Letter-Bridge_Too_Far.ADA.pdf)>
- 57 Dyson, Andrew, "Bridge too far: Maintaining perspective on the promise and potential pitfalls of Big Data and AI", *QMA, a PGIM Company*, [April 2018](https://www.qma.com/assets/pdf/QMA_Letter-Bridge_Too_Far.ADA.pdf). <[https://www.qma.com/assets/pdf/QMA\\_Letter-Bridge\\_Too\\_Far.ADA.pdf](https://www.qma.com/assets/pdf/QMA_Letter-Bridge_Too_Far.ADA.pdf)>
- 58 Manjoo, Farhad, "Zenefits Scandal Highlights Perils of Hypergrowth at Start-Ups", *New York Times*, [February 17, 2016](https://www.nytimes.com/2016/02/18/technology/zenefits-scandal). <<https://www.nytimes.com/2016/02/18/technology/zenefits-scandal>-highlights-perils-of-hypergrowth-at-start-ups.html>
- 59 "What's Data Privacy Law In Your Country?", *PrivacyPolicies.com*, 2018. <<https://privacypolicies.com/blog/privacy-law-by-country/>>
- 60 For a more pessimistic view of technology's negative relationship with governance, see "Harari, Yuval Noah, "Why Technology Favors Tyranny", *The Atlantic*, [October 2018](https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2018/10/yuval-noah-harari-technology-tyranny/568330/). <<https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2018/10/yuval-noah-harari-technology-tyranny/568330/>>
- 61 "The End of Sovereignty?" *PGIM*, 2018. <<https://www.pgim.com/insights/megatrends/sovereignty/>>
- 62 Laskai, Lorand, "Why Does Everyone Hate Made in China 2025?", *Council on Foreign Relations*, [March 28, 2018](https://www.cfr.org/blog/why-does-everyone-hate-made-china-2025). <<https://www.cfr.org/blog/why-does-everyone-hate-made-china-2025>>
- 63 Donnan, Shawn, "The tech fear behind Donald Trump's trade war with China", *Financial Times*, [July 5, 2018](https://www.ft.com/content/40304bea-7eb9-11e8-bc55-50daf11b720d). <<https://www.ft.com/content/40304bea-7eb9-11e8-bc55-50daf11b720d>>



**PGIM, Inc.**  
Prudential Tower  
655 Broad Street  
Newark, NJ 07102  
+1 973 367 9213

For media and other inquiries, please contact  
[thought.leadership@pgim.com](mailto:thought.leadership@pgim.com).

Visit us online at [www.pgim.com](http://www.pgim.com).

Follow us @PGIM on LinkedIn, Twitter  
and YouTube for the latest news and content.

## 留意事項

本資料は、米国SECの登録投資顧問会社であるPGIMインクが作成した“The Technology Frontier”をPGIMジャパンが翻訳したものです。原文レポート（英語版）と本資料の間に差異がある場合には、原文の内容が優先します。

本資料の原文レポート（英語版）は、下記のウェブサイトでご覧が可能です。

<http://insights.pgim.com/pgim/insights/pdf/The-Technology-Frontier.pdf>

本資料は、PGIMグループの資産運用ビジネスに関する情報提供を目的としたものであり、特定の金融商品の勧誘又は販売を目的としたものではありません。また、本資料に記載された内容等については今後変更されることもあります。

記載されている市場動向等は現時点での見解であり、これらは今後変更することもあります。また、その結果の確実性を表明するものではなく、将来の市場環境の変動等を保証するものではありません。

本資料に記載されている市場関連データ及び情報等は信頼できると判断した各種情報源から入手したものです。その情報の正確性、確実性について当社が保証するものではありません。

過去の運用実績は必ずしも将来の運用成果等を保証するものではありません。

本資料は法務、会計、税務上のアドバイスあるいは投資推奨等を行うために作成されたものではありません。

当社による事前承諾なしに、本資料の一部または全部を複製することは堅くお断り致します。

“Prudential”、“PGIM”、それぞれのロゴおよびロック・シンボルは、プルデンシャル・ファイナンシャル・インクおよびその関連会社のサービスマークであり、多数の国・地域で登録されています。

PGIMジャパン株式会社は、世界最大級の金融サービス機関プルデンシャル・ファイナンシャルの一員であり、英国ブルーデンシャル社とはなんら関係がありません。

### PGIMジャパン株式会社

金融商品取引業者 関東財務局長（金商）第392号

加入協会： 一般社団法人 投資信託協会、

一般社団法人 日本投資顧問業協会