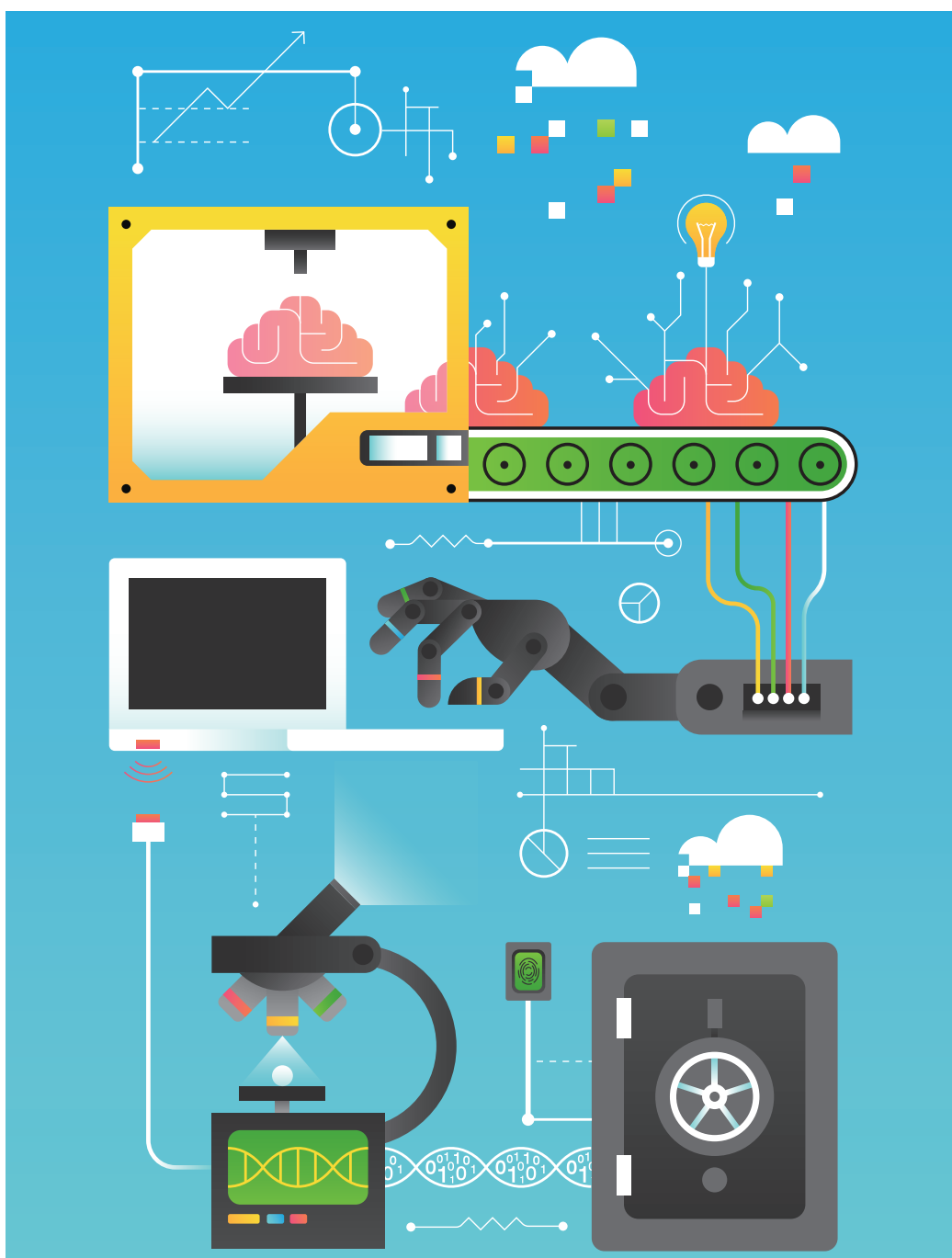


Thought Leader's News vol.7
Tech Trends 2015
ビジネスとITの融合
エキスポネンシャルテクノロジー





Follow @DU_Press

Sign up for Deloitte University Press updates at www.dupress.com.

デロイトユニバーシティプレスについて

デロイトユニバーシティプレスはビジネスや公共サービス、そしてNGOに関わる人々にインサイトを与える、オリジナルの記事やレポート、定期刊行物を発行しています。私共のプロフェッショナルサービスを提供する組織とビジネスや学術に関わる共著者から研究成果や経験を引き出し、企業幹部や政府のリーダーとなる方々に、幅広い視野で議論を進めて頂くことを目的としています。

デロイトユニバーシティプレスは、Deloitte Development LLC.によって発行されています。

この出版物は一般に公開されている情報だけを含んでおり、Deloitte Touche Tohmatsu Limitedおよびそのメンバーファーム、関連法人は、この出版物により、会計・ビジネス・ファイナンス・投資・法律・税務その他のプロフェッショナルとしてのアドバイスやサービスについて影響を受けるものではありません。この出版物はプロフェッショナルとしてのアドバイスやサービスを代替するものではなく、ファイナンスやビジネスの成果に関わる、組織の決断や行動を判断する際の基礎資料となるものでもありません。ファイナンスやビジネスに影響し得るいかなる行動・決断についても、事前に適切なプロフェッショナル・アドバイザーに相談されることをお勧めします。

この出版物に基づく判断により個人が損失を受けた場合でも、Deloitte Touche Tohmatsu Limitedおよびそのメンバーファーム、または関連法人は、いかなる責任も負うものではありません。

目次

Exponentials — エクスポネンシャルテクノロジー		2
Artificial Intelligence — 人工知能		8
Robotics — ロボティクス		9
Additive Manufacturing — AM、付加製造		10
私の見解		11
Quantum Computing — 量子コンピュータ		12
Industrial Biology — 産業生物学		13
Cyber Security — サイバーセキュリティ		14
出典一覧		15

原著: [Global Tech Trends 2015]、第9章

第1章から第8章までは「Global Tech Trends 2015 日本語版レポート」をご参照ください。

注意事項

本誌はDeloitte Development LLCが発行した内容をもとに、有限責任監査法人トーマツとデロイト トーマツ コンサルティング 合同会社が翻訳したものです。和訳版と原文(英語)に差異が発生した場合には、原文を優先します。

Exponentials

エクスポネンシャルテクノロジー

ディスラプションを引き起こす

「エクスポネンシャルテクノロジー」が初めて取り上げられたのは『Tech Trends 2014』であった。ムーアの法則は「技術はコスト（そしてサイズ）に比例して12 - 18カ月ごとに性能が倍増する」と説いているが、本レポートでは、その法則を上回るペースで加速している様々な革新的技術「エクスポネンシャルテクノロジー」について、シリコンバレーの中心に拠点を置くCiscoやGoogleなどによって設立された「Singularity University」の教授陣と共同で調査を行った。

エクスポネンシャルテクノロジーの急成長は極めて重要な意味を持っている。例えば量子コンピュータ、人工知能(Artificial Intelligence)、ロボティクス、付加製造(Additive Manufacturing)、合成生物学または産業生物学などの強力な技術の進化により、これまで各業界で支配的な地位を占めてきた企業は新たな競争を迫るディスラプションに直面している。『Tech Trends 2015』では、エクスポネンシャルテクノロジーに再度着目し、その行方と潜在的影響について意識を高め、新たな知識を共有することにする。

エクスポネンシャルテクノロジーは「組織のエコシステム戦略」に大きな改革を迫る

エクスポネンシャルテクノロジーについては、既に多くの議論が交わされているが、個々のエクスポネンシャルテクノロジーを次世代の新たな「ダイヤの原石」と決めつけ、組織立ってむやみに追いかけることのないよう警鐘を鳴らしておきた

い。今後3-5年の戦略計画を立案する企業の幹部が、そうした狭い視野に囚われてしまっは、ますます大局を見失う結果となり得る。業界に変革を起こすには、技術戦略を超えるものが必要だ。それには、個々の技術的ブレイクスルーの要因を把握するとともに、組織の能力、特に革新を遂行する能力と変化に対する適応力を高めることが、将来的に求められている。

エクスポネンシャルテクノロジーによって新しいプレイヤーが参入し、市場のダイナミクスが変わることで、全く新しいタイプの「エクスポネンシャルテクノロジー起業家」が生まれつつある。こうした新しいタイプの起業家は、クラウドソーシング、クラウドファンディング、クラウドソリューションを使用することで短期間に急成長を遂げている。彼らは消えつつある参入障壁を絶好の機会と捉え、大きなリスクにも積極的に立ち向かうため、既存企業にとって新たな競合となっている。それと同時に、新しいタイプの起業家は市場のパートナー及び仲間として、新たな機会を提供してくれる可能性もある。Singularity Universityの共同設立者でもあるピーター・ディアマンディス博士の「ディスラプションセオリー」は、多様な業界で実証されている。技術がデジタル化されたことで既存の製品やソリューションが物理的な意義を失うと、技術群が広く共有される可能性を生み、既存企業は市場での地位を脅かされ、やがては減益へと繋がりがかねない。エクスポネンシャルテクノロジーがもたらす影響は研究機関やベンチャー企業、インキュベーターなどに限定された話ではない。理論上、グローバルな大企業も潮流に乗り、劇的な成果を上げることが可能である。しかし実現には、大胆で想像力に富む考え方が求められ、業務の大胆な変革も必要となるだろう。

繰り返し議論されてきたことであるが、革新は自然発生的で突発的に生まれるという神話はもはや忘れた方がよい。かの有名なピーター・ドラッカー氏の格言でも「革新は才能ではなく、努力から生まれる¹⁾」と述べている。大規模な企業、機関、組織が自己革新する力を呼び起こし、どのように行動するかが鍵となるが、その方法としては、対象の特定、実験、投資に対しての測定可能なアプローチを確立し、同時に有機的で創造的、かつ起業家精神に富んだ革新に向けた環境を醸成することである。

先進的企業は「トレンド感知力」、「エコシステム」、「実験」、「エッジでスケールを計る」という4つの次元を網羅する効果的な革新戦略を設定している。ここからはその4つの次元について述べる。

トレンド感知力

企業は新たな技術発展を熟知しておくため、さらには既存の分野に影響を及ぼすであろうエクスポネンシャル技術と持続的進展とを見極めるために、さまざまな手段を駆使してきた。その一つとして、社員の好奇心や学習意欲を育む企業文化を確立することは有効ではあるものの、新たな分野の変化速度や複雑性を考慮すると、それだけで十分とは言い難い。企業が新たな技術やビジネスのトレンドを展望、分析、つまりは「感知」した上でその潮流に乗るには、同時進行的にアプローチを講じる必要がある。まず、企業は既存のパートナー、ベンダー、アライアンスを活用し、最も関係性の深いグループの動向を探る必要がある。例えば、それらの企業と共同で自社の組織に直接影響を及ぼすトレンドについて把握するための「イノベーションワークショップ」を開催してみるなどのアクションが含まれる。それにより、CIOやその他の戦略担当者が新たな考え方や既存パートナーのロードマップに触れることで、今までにないアイデアの着想に繋がるかもしれない。さらに、従来の関係性に新たな協力関係が生まれ、一方で変化を引き起こす画期的な手段を見出して始動する可能性もある。

また多くの企業は社内に研究開発部門を設立することで、進捗管理やビジネスへの影響度の予測を的確に行っている。そしてシナリオプランニングの手法を用いてデューデリジェンスや商機特定活動を通じて実際のビジネスチャンスや脅威性を探ろうとしている。例えば、ある小売企業は小売業の将来を模索するためにSF作家を雇用したり²⁾、また他の企業では、段階的発展な考え方から決別するため、R&Dで生まれた概念をデモやプロトタイプ、視覚化したストーリーボードなどを使用して可視化したりしている。つまり、「語る」代わりに「見せる」ことで従来の段階的発展から脱却しようとしている。また一部の大手企業は、従来とは異なるステークホルダー（新興企業、科学者、インキュベーター、ベンチャー投資コミュニティ、学術界、研究機関など）と新たな関係を発展させることで、より幅広いエコシステムを形成して、様々な将来の展望を模索している。

エコシステム

新たな関係性の構築は、様々な企業が連携、競争、協力、成長、生存する共同ネットワーク、つまりエコシステムのシフトを意味する。多くの企業はこれまで、長年取引のあるベンダー、サプライヤ、顧客などを主体とする、既存の関係性に依存したエコシステムを構築してきた。もしくは自社を補完する企業とアライアンスを組み、販売やマーケティングを行ってきた企業もあるだろう。こうした協力関係に付随して、予測可能で一貫性のある運用手順が確立されてきた。例えば、長年のサプライヤやメーカーで構成されるエコシステムでは、効率向上のために多面的な関係が事前に構築されており、例外要因はほとんど存在しなかった。

革新スピードが直線的である場合には、このようなエコシステムは効率がよい。しかし、圧倒的なディスラプティブテクノロジーによって変革スピードがエクスポネンシャル式に高まると、従来型のエコシステムは概念の見直しを迫られ、多くの場合に行き詰まる可能性がある。新しいエコシステムの思考法は、固定的で静的なものではなく、機敏かつ柔軟であることが求めら

れる。直線的な変化に慣れた企業がエクスポネンシャル的变化に備えた場合、変化対応に非常に大きなギャップが生まれる可能性がある。

既存の自動車メーカーの例を考えてみよう。彼らのエコシステムは、「安定した製品」を「ほぼ一定のエンドユーザー」に提供することを目的とした、伝統的な製造技術を基に発展してきたものである。しかし突然、AI、ロボティクス、センサなどのエクスポネンシャル的变化により、自動車の重要部品やシステムそのものは「エンジン性能」から、自動運転の制御や拡張現実によるインフォテインメント・システムなど、「車載技術」へとシフトする。製造技術そのものよりも、超小型スーパーコンピュータ、アナリティクス、そして顧客体験などが競合との差別化要因となる。同時に、一般消費者を対象とする自動車市場は、Uber、Zipcar、Lyftなどのサービスを一例とするクラウドソーシングによって、急激な変革に直面している。こうした業界全体のシフトを考えると、従来では協業が難しかった新しいタイプの起業家、スタートアップ、ベンチャーキャピタリスト、科学者、技術者などで構成された集団の参入が必要であろう。具体的には、既存の提携先や戦略的パートナーと協力関係を結ぶ、新たなパートナー集団などである。

実験

第3の次元は「実験」だ。企業は計画、資金調達、デリバリーモデルを再検討し、新しい概念やアイデアを探求する必要がある。多くの大企業では、やや直線的なアプローチに則って投資を行った後に、明確なROIと固定的なタイムラインに沿ったビジネスケースを構築している。エクスポネンシャル組織を構築するには、重要事項を大胆に実験する文化を学習・成長プロセスに取り込み、定着させる必要がある。つまり早い段階で失敗を経験し、コストを抑えつつも、前進する文化が必要なのだ。Doblin³は10種類のイノベーションタイプを定義しており、多くは組織構造やビジネスモデル、チャネル、顧客体験に関係している⁴。戦略的なものには、「漸進的なインパクトの先を考える」ことが含められる。さらに、アイデアの案出については、新しい製品やビジネスオフリングだけに限定すべきではないとしている。初期段階では、多大な労力を要するビジネスケースを避け、インパクト、実現可能性、リスクに関するシナリオ作成に焦点を絞るべきである。新しい概念を実現する場合には、共同投資モデルを検討し、ベンダーやパートナーとのリスク分担を可能にしておく必要がある。

エクスポネンシャル組織

サリム・イスマイル氏

Singularity Universityの創設エグゼクティブ・ディレクター。

著作には、筆頭著者を務めた『Exponential Organizations: Why New Organizations Are Ten Times Better, Faster, and Cheaper (and What to Do About It) (エクスポネンシャル組織:なぜ新しい組織は既存組織よりも10倍も優れ、速く、安いのか(そしてそれに対してどうすべきか)』がある。

たった1人が持つ新技術が、瞬時に何百万人に拡散するといった現象は、ごく当たり前となってきた。しかし、指数関数的スピード、つまりエクスポネンシャル的に組織が拡大するということになると、話は全く別である。一般的に組織の成長は直線的であり、漸進的で遅いものである。しかし最近では、WazeやWhatsAppといった新しいタイプのエクスポネンシャル組織 (ExOs、Exponential Organizations) が、ほんの数年間で劇的な成長を遂げ、時価総額何百万ドルという成果を達成している⁵。

従来の企業は組織が所有する資産・ fewer Than You 人員を組み合わせ、それらの組み合わせによる成果を販売してきたが、ExOsは従来型企業とは大きく異なり、他者が所有する車や不動産などをアセットとして活用する。我々が実施したベンチマークによれば、ExOsは少なくとも伝統的な競合の約10倍の業績を上げている。例えば、従来型の消費財メーカーは、アイデア段階から開発を行い、発売に至るまで平均300日をかけている。それに対し、Quirkyというクラウドソーシングを活用して新製品アイデアを実現化するExOsは、約29日で商品化を実現することができる⁶。

新しいタイプのExOsによる主な成長力を挙げると、以下のようにS・C・A・L・E (スケール) と I・D・E・A・S (アイデア) という頭文字で要約できる。

「SCALE」とは、ExOsが採用する社外メカニズムであり、成長を促す源泉となる。

- Staff on demand (オンデマンドによる人員確保): ExOsは多数の従業員を雇用せずに外部人材を活用する。
- Community and crowd (コミュニティとクラウド): ExOsはコミュニティを構築、結合することで急速な拡大を実現している。
- Algorithms (アルゴリズム): 世界中でビッグデータが注目される中、ExOsはアルゴリズムや機械学習に長けている。
- Leased assets (リースによる設備調達): ExOsは設備の一時使用または借用で費用を節約する。例えば、Lyftは自社で車を所有していない。
- Engagement (エンゲージメント): ゲーミフィケーション (ゲームの仕組みを活用する活動) やインセンティブ (評価・書き込みによるポイント付与など)、ExOsが市場で急拡大する主要因である。

「IDEAS」とは、ExOsが採用する社内管理メカニズムであり、組織スピードを高める源泉となっている。

- Interfaces (インターフェース): ExOsは社外アセットを活用するためのインターフェース構成を行う。例えば、Uberは独自のシステムで、ドライバーを管理している。
- Dashboards (ダッシュボード): ExOsはリアルタイムで指標や業績を追跡するため、例えばObjective and Key Result (OKR: 目標と主な結果) のような手法を使用する。
- Experimentation (実験): ExOsはリーン生産方式などを使用することで、迅速にフィードバックを得て短期間に実験やプロセス改善を行っている。
- Autonomy (自律性): ExOsの組織は非常にフラットであり、管理部門を持たない場合もある。
- Social (ソーシャル): ファイル共有やアクティビティストリームにより、タイムラグの無いリアルタイムの会話を組織全体で実現している。

現在、60社から80社のExOsが素晴らしい業績を上げている⁷。彼らの急成長は、今後ビジネスの構築・運営手法がどのように変化するかを予感させるものである。既存の企業は、こうした変化の到来が早まることはあっても遅れることはないことを認識する必要がある。

図1. 設計の原則

		設計の原則			
		開始 最初に押さえておくべき事	構成 適切なリソース動員	増幅 ディスラプションによる成長	実行 改善の効果測定
LEVERS	集中 プラスの可能性を最大化	コア(中核)ではなくエッジ(末端)に注目し、ビジネス転換を可能にする要因を特定する	スキルより熱意を持った人材を選び、個人の意欲によって変化を実現する	コアITへの依存を断ち、最小限の投資で成長できる力をつける	コアとエッジ指標を追跡できるよう、二重の指標を採用する
	活用 投資を最小限に抑制	社内ではなく社外に目を向け、社内の課題を回避する	エッジを貪欲に追求し、自発性と創造性を高める	社外の情熱的な人材を動員して外部の専門知識を活用する	エコシステムの状況を計測し、効果を評価する
	加速 リードタイムを短縮	迅速に学び、行動することで、安定したフィードバックループを構成し、学習を加速する	反復サイクルを加速させ、より多くの新たなアイデアを、より早く進展させる	エコシステム内での「出会いから関係構築」を実現し、協業を促進する	現在のポジションではなく「軌跡」に注目し、学習・改善進捗を評価する

出典: Deloitte Development LLP『Scaling edges: A pragmatic pathway to broad internal change (スケーリングエッジ: 広範な社内変革への現実的道筋)』2012年刊

エッジでスケールを計る

企業は「エッジ」においてスケールを計る手法を身に付ける必要がある。仮にディスラプションの到来を意識している場合であっても、直線的な思考に偏っていると、上層部が変化のペースを過小評価してしまう可能性がある。初期の段階では、エクスポネンシャル的变化の影響は認識できないほど小さく、それらがもたらすプラスの影響は影をひそめてしまいがちである。たとえ将来的にディスラプションの脅威が存在していた場合でも、コアビジネスは、これまでと同様に管理し、養成する必要はあるだろう。しかも、経営幹部が大規模な社内改革や転換を行おうとすると、大反対にあう場合もある。

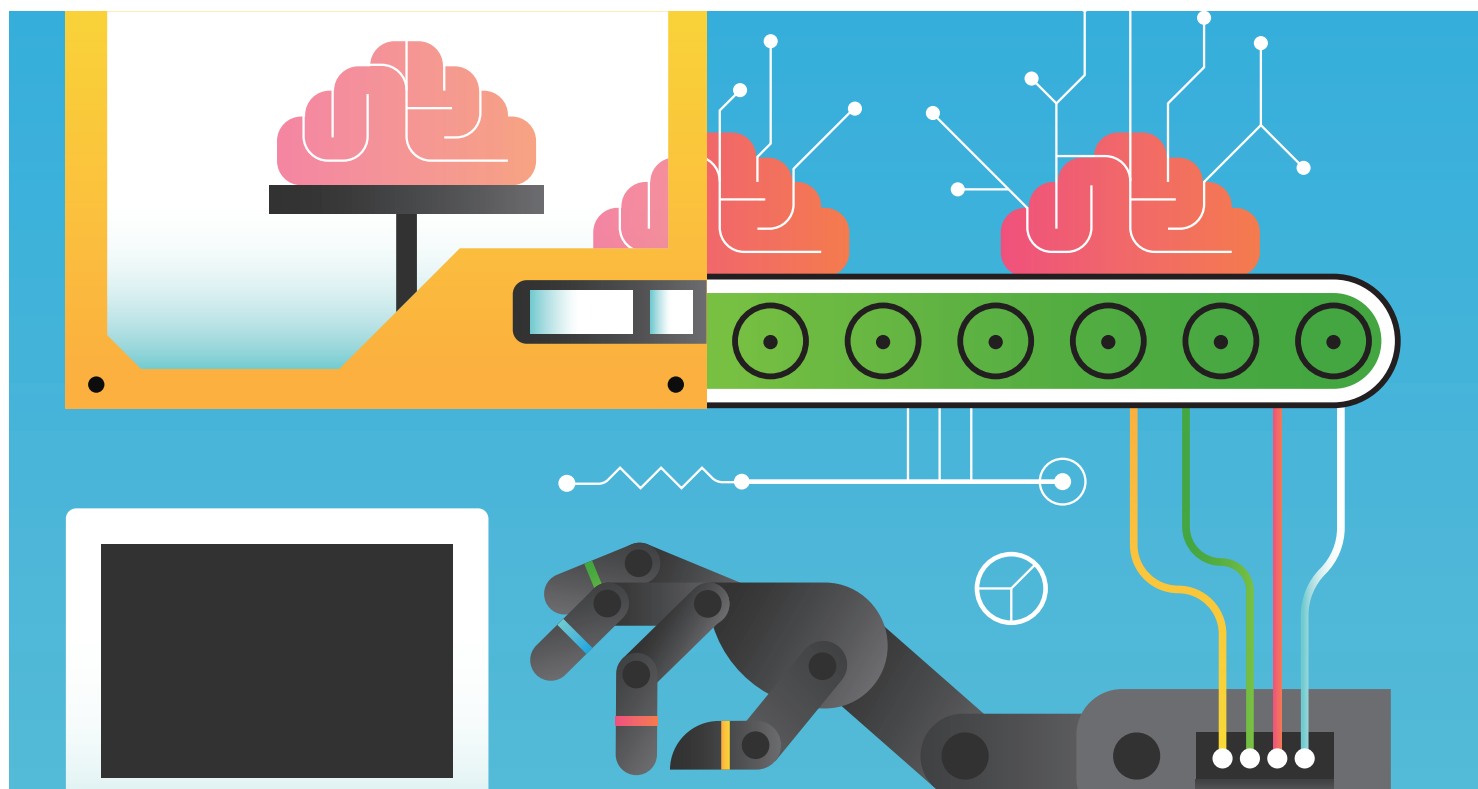
ジョン・シーリー・ブラウン氏とジョン・ヘイゲル氏は、組織レベルでの革新実現に関して広範な研究を行った⁸。彼らは組織の末端、つまり「エッジ」に新しいチームを発足させることで、エクスポネンシャル的革新を促進する方法を推奨している⁹。その手法の全体的なライフサイクルにおける設計原則と戦略的手段が、図1に示されている。

エクスポネンシャルテクノロジーは今後10年にわたって、多くの業界の構図を根本から変えていくと考えられる。特にやや直線的に進化してきた組織は、技術はオンラインで拡散されているということを理解するだけでなく、より広義で自社の業界、市場、ビジネスモデルを理解することが求められている。

連続性は、分野や地域を超えて存在する。極端な例を挙げれば、業務形態の変化、顧客が使用する技術の多様化、競争順位の変化などにより、革新や成長に繋がる予期せぬ機会が訪れる場合がある。換言すれば、崩壊の脅威が待ち受けているともいえる。ベンチャー企業や起業家的な市場創出企業に活躍の機会が与えられる。同じ条件下で、それまで業界を支配してきた大企業も繁栄可能だが、大企業は目先にある機会（そして潜在的インパクト）を認識し、慎重に行動し、エクスポネンシャル組織へと進化することが求められる。

このレポートでは、人工知能 (AI)、ロボティクス、付加製造 (AM)、量子コンピュータ、産業生物学 (Industrial Biology)、サイバーセキュリティという6つのエクスポネンシャルについて

て、詳細に紹介する。官民にわたり、より幅広い分野で大きな投資や研究が行われ、各エクスポネンシャルが進められている。本レポートの目的は各エクスポネンシャルについて記述すると同時に、その重要性・方向性を説明し、意識を高めることにある。企業の経営陣は、自社を崩壊の危機から救い、企業、機関、組織のディスラプティブイノベーションを進めるため、いかにエクスポネンシャルを活用するかを考える必要がある。本質的にエクスポネンシャルは特定が難しい。その倍増効果は、初期段階では比較的軽微に見えるにもかかわらず、大きく倍加されたものが更に倍加され、突然、非常に強力なインパクトを持って現れる。企業は、組織全体でイノベーションに率先して取り組むことで、エクスポネンシャルの構成要素を的確に理解することができ、結果的に想定外の事態を回避できる。



Artificial Intelligence 人工知能

人工知能 (AI) は未来的なサイボーグやアンドロイドを想起させる場合が多いが、AIは既に日常生活の身近なところで浸透しつつあり、医療システムから交通手段に至るまで、多岐の分野で大きな役割を果たしている。また、AIが人間の知能を補強するようになったことで、個人または集団を率いる意思決定者は、膨大な量のデータを活用し、エビデンスに基づいて結論を下すことが可能となった。

1956年、AIに関する公式な会議が初めて開催されて以来、この領域は3つの軸をベースに発展を遂げてきた。第1軸である機械学習は、脳の働きを模倣することによってパターンを識別する。第2軸の知識工学では、狭い領域についての高度な専門性を活用し、特定の課題について問題を解決する。第3軸は脳の働きに対するリバースエンジニアリングで、脳波図 (EEGs) や機能MRI (fMRI) などのツールを使用することで、特定のタスクを実行する部分が脳のどこにあるのかを特定する。研究者はそこから、ソフトウェアとハードウェアに同様のオペレーション原則を用いて、同じタスクの再現を試みる。

IBMのWatsonによってAIが高い注目を集めるようになったが、最近はより高度なブレイクスルーが見られている。例えば2011年、DARPAの支援を受けたSynapseプログラムでは、ニューロモーフィック (神経形態学的)、つまりコグニティブ (認知) コンピュータチップを開発した。このチップは複数の神経プロセスを複製でき、26万2000個のプログラム可能なシナプスで構成されている。2014年には、IBMがニューロモーフィックコンピューティングに向けたTrue Northアーキテクチャを発表し、2億5600万の設定可能なシナプスを保有しつつも、消費電力は補聴器よりも少ないというニューロチップも発表した。これらのチップ性能は、将来的に現在のスーパーコンピュータを上回る可能性すら秘めている。同時に、これらは省電力チップの劇的な性能向上と、AIを支援可能なアーキテクチャへの重大なシフトを意味している。

Deep Learningアルゴリズムは強力で汎用性ある機械学習方式として、主流になりつつある。Deep Learningは擬似神経系を使用し、高度な抽象化、つまり音声認識や画像パターン認識などを行う。Deep Learningは、トロント大学の教授を務め、Googleの研究者でもあるGeoffrey Hinton氏によって2006年に発表されて以降、多様な難題に対して実力を実証しており、新薬の開発から、英会話を中国語に翻訳することまで対応している。Googleはアンドロイドベースの携帯端末にDeep Learningを取り入れることで音声コマンドを認識したり、同社のソーシャルネットワークで画像識別やタグ付けを行ったりしている。またFacebookはターゲット広告や、顔またはオブジェクトなどを識別するためのツールとして、Deep Learningの導入を開始している。

Googleに買収されたDeep Mindという会社は最近、Neural Turing Machineと呼ばれるものを発表した。このアーキテクチャは一種の再起結合型神経回路 (Recurrent Neural Network) を使用することで、感覚的に認知したデータの取り込みから解釈、行動に至るまで、エンドツーエンド処理を行う。このシステムを使用してゼロの状態からゲームを学習する実験が行われ、複数のケースで人間を上回る性能が実証された。

AIは労働分野で大きな影響を与える可能性を秘めている。創造性や判断力を必要とする複雑な作業でAIが人間を補い、また定型的な作業では次第に人間に取って代わることが予想される。適切なインターフェースを備え、人がコンピュータに作業を任せられるような作業補助システムが登場しつつある。

本記事はSingularity Universityで実行知能及びロボット工学のコ・チェアを務めるニール・ヤコブステイン氏の協力で執筆された。

ヤコブステイン氏はSingularity Universityでの指導に加え、スタンフォード大学ではメディアXプログラムを担当し、Institute for Molecular Manufacturingで議長を務めている。多様な業界組織、非営利組織、政府組織でAI研究開発の技術コンサルタントを務めてきた。

Robotics ロボティクス

人類はこれまで、単純作業はもとより、複雑なタスクを行う機械装置を作り出そうと何千年も試みてきた。現在では技術のエクスポネンシャル的進歩とAIにより、一度は夢物語と諦められたものでもビジネスや社会の表舞台に登場しつつある。

単調な作業を置き換えることを目標に、多くの企業が製造ラインや倉庫での作業にロボットを導入したことがこのような流れの始まりであり、こうした初期段階を経て、技術の応用範囲は広がっていった。例えばAmazonは配送センターの大部分を自動化し、1800万平方フィート(約167万平方メートル)以上もある倉庫で、ロボットが商品のピック、梱包、発送を行っている¹⁰。次にロボットの導入が進むのは従来型の知識労働分野であり、リアルタイムのデータ収集や解釈は機械に置き換えられると考えられる。いずれは、タイプを問わずあらゆる仕事が、ロボットの進歩によって何かしらの影響を与えられると予測される。

しかし、既存の仕事がロボットに置き換えられるという事実は、将来像の一部分でしかない。国際ロボティクス連盟(IFR: International Federation of Robotics)の予測では、ロボットまたは類似の装置が創出する仕事の数は、2012年から2016年の間に90万から150万件に上るとされている。2017年から2020年の間には、ロボットの使用によって200万件もの新たな職務が発生するとも予測されている¹¹。ロボットの登場で仕事が創出される、その主な理由は単純で、人と機械が別々に作業するよりも両者を組み合わせた方がお互いの長所を引き出すため、良い結果を生む場合が多いからである。

その好例は2009年にUS Airwaysのジェット機がハドソン川に不時着水した事故である。エンジンの完全停止という事態に直面した機長は、近くの空港への滑空から川への着水に至るまで、幾つもの危険な選択肢を検討せざるを得なかった。AIは航空機を飛行させることもでき、将来的には川や海への不時着も可能となるかもしれない。しかし、そのための判断には、経験豊富なパイロットが必ず必要となる。

より一般的な例は、ビジネス界で見られる。例えばMarlin Steel社では以前、長い金属線の折り曲げという危険な作業を最低賃金で雇われた労働者が行っていた。現在はロボットがその作業を行っており、同社の生産性は大幅に改善し、価格も下がり、需要が喚起された。労働者は導入されたロボットの保守・管理を行う作業へとシフトしていき、結果的に賃金も増加した¹²。

多くの企業がロボットの導入を視野に入れているが、実際に導入する場合には、職場で不安が広がることを想定する必要がある。この不安を緩和するためには、まず退屈な反復作業からロボットへの置き換えを開始する必要がある。そして経営陣は今後10年間にロボットの導入によって置き換えが可能な職種を判定し、スムーズな転換と訓練によって従業員を新しい業務へ転向させる必要がある。ロボットによって多くの業務が代替されるため、企業や社会全体に新たな雇用を創出するという難題が課されるが、それは確実に解決できる性質のものではなくである。

本記事はSingularity Universityで人工知能及びロボット工学のコ・チェアを務めるダン・バリー氏の協力で執筆された。

ダン・バリー氏は、かつてNASAの宇宙飛行士として活躍し、3回の宇宙飛行と4回の宇宙遊泳を行い、国際宇宙ステーションへの飛行を2回も行ったベテランである。彼は外科医であると同時に技術者(MD、PhD)でもあり、ロボット工学、特に時間/周波数共同領域解析(JTFA)を中心とする信号処理、極限環境へのヒトの適応などを研究領域としている。

Additive Manufacturing (AM、付加製造)

Additive Manufacturingのルーツは19世紀に行われた地形学、及びフォトスカルプチャー分野の研究活動に遡る。それから一世紀以上の時間が経過した今日、一般的に3Dプリンティングとも呼ばれる技術は、複雑な工程に伴うコスト低減の可能性を生み、安さか質かという長年のトレードオフ関係を解消できるかもしれない時代の幕開けを飾ろうとしている。AMを駆使すれば、可動部を持つ部品はもとより、多数の物体を積層造形法により作成できるため、製造コストの大幅な削減が可能だ。また各層に必要な量の素材を正確に積層するため、従来の製造プロセスで発生していた廃棄物も削減できる。さらに、成形が困難または不可能な幾何学形状についてもAMを用いることで正確に成形できるため、全く新しい製造デザインが実現可能となった。AMの用途は潜在的に未知数であり、今日では手軽な試作品・模型作成ツールから、もっと複雑で実用的な末端部品の製造ツールへと変化を遂げつつある。General Electric、Boeing、Diametalなどの企業は既にAMを使用してエンドユーザー製品を生産し、製造に要する時間の短縮や製品の堅牢性向上などに効果を発揮している¹³。

Deloitteの調査では、AMを利用する企業の多くは、自社のサプライチェーンや製品への影響度に応じて、以下に示す4通りの何れかの方向で活用を進めている¹⁴。第1の方向は現状維持のための活用である。現在の製品やサプライチェーンにおける改善を低リスクで実現しようという、初歩的な活用に着手する企業が多い。例えば宝飾品を製造する企業において、AMの使用により必要な組み立て治具を作成したり、航空機メーカーではクロム処理やコーティング処理に必要なパーツを3Dプリンタで作成している¹⁵。第2の方向は、AMの利用によるサプライチェーンの変革だ。例えば補聴器メーカーではAMによる高度なカスタマイズ性を利用し、顧客が医師と製作所を行き来する回数の削減に成功している。

第3の方向は製品そのものの革新だ。製品のカスタマイズ作業にAMを利用する企業が増えている。例えば靴メーカーではAMを活用して、顧客の身体能力や体型に合わせたランニングシューズを製造する試みを始めている。第4の方向はサプライチェーンと製品の両方に変化を起こすという新しいビジネスモデルの追求だ。その一例が浴室用機器メーカーのSymmonsである。同社はサプライチェーンが保持する顧客との直接対話を通じて新しいカスタム製品をデザインし、製造している¹⁶。

どの方向を選択するかはケースバイケースだ。直接的成本と間接的要因の両方を考慮した上で、AMの利用が従来の製造方式かを比較検討する必要がある。直接的経費という点では、AMの利用によりツールにかかるコストは大幅に削減できる。一例を挙げると、ある航空機メーカーはAMを使用してブラケットを製造した結果、航空機の重量を22ポンド(約10キロ)削減することに成功した¹⁷。僅かな削減に思えるかもしれないが、これにより同社は顧客が支払うサーチャージを1機当たり年間40万ドル以上節約したことになる¹⁸。企業がAMを評価する際には、顧客にもたらす価値についても考慮する必要がある。

本記事はDeloitte Services LPの調査担当ディレクター、マーク・コットリアの協力で執筆された。

マーク・コットリアはDeloitte Services LPの調査担当ディレクターである。主に業績及び業績改善に関連する問題の調査を行っており、先端製造、サプライチェーン、流通、ビジネス分析など、広範なテーマを追究している。

私の見解

ピーター・H・ディアマンディス氏

Singularity Universityのマネージングディレクター、共同設立者兼エグゼクティブ・チェアマンを務め、XPRIZE Foundation会長兼CEOでもあり、著作に『Bold: How to Go Big, Create Wealth and Impact the World (日本語未翻訳)』がある。

3Dプリンティングについての記事が毎日のように取り上げられるため、同技術を一夜で全てを完結させることのできる、「ビッグバン」のようなディスラプションと捉えがちであるが、事実は異なる。多くのディスラプティブテクノロジーと同様、3Dプリンティングは何十年もの時をかけて発展してきた。ようやく脚光を浴びるようになったのは、チャック・ハル氏の不屈のビジョンが大きく貢献している。

ハル氏は1980年代に3Dプリンタを発明し、同技術を商用化するために3D Systems社を設立した。最初の20年間は開発が遅々として進まず、膨大な費用を要したにも関わらずユーザーインターフェースが複雑という難題に直面していた。2000年代初め、同社は先発企業として優位にありながら、破産寸前に陥った。現在、3D Systemsの時価総額は30億ドルを超えている¹⁹。

ビジョンに裏打ちされた自信がハル氏を支え、彼はディスラプションに至る道のりを戦い抜いた。多くの起業家が直面する、「新しいアイデアを疑い続ける投資家や取締役会、従業員、顧客」に対応する必要があった。ある企業が従来とは全く異なる何かを創出しようとするとき、多くは最後の最後までその可能性を信じない。実物を実際に手にしたときでさえ、市場性について懐疑的であるものだ。

ハル氏は勇気を持って新事業に取り組み、数々の難題を克服してビジョンを実現した。失敗と学習を繰り返し、最後に周囲を説得し、ディスラプションを成立させるには信念が不可欠である。これはまさに、Appleの有名な宣伝文句、「Crazy Ones

(いかれた奴ら)」とも重なる。同社は1997年のテレビコマーシャルで、ビジョンや信念が当時の常識とかけ離れていながら最終的に常識を覆した人物として、ボブ・ディラン、マーティン・ルーサー・キング・ジュニア、トーマス・エジソンらを挙げた。

しかし当然ビジョンと信念のみでは十分ではない。影響力を発揮するには柔軟な組織が必要である。多くの部門がサイロ化し、漸進的な革新に固執する企業では、エクスポネンシャル的变化に追いつけず、ましてや市場を創造的に破壊することなどできない。現状に固執する組織にとって、本レポートで取り上げる6つを含むエクスポネンシャルテクノロジーは複雑に連携していると同時に、圧倒的なスピードで進歩している。

例えば3Dプリンティングは、より壮大なエクスポネンシャルテクノロジーであるロボティクスの一部である。やがてロボットの進化にAIが寄与し、倉庫作業といった単純作業を超えた進化を遂げる。ドライバーに頼らずに自動運転を制御し、更には手術といった高度作業も可能になるかもしれない。また、モノのインターネット (IoT) という別のエクスポネンシャルテクノロジーにより、2020年までに500億個以上の端末がインターネットに接続される可能性がある²⁰。つまり、IoT端末と何兆個ものセンサーが、高度な人工知能を備えたマシンに接続されることになる。最終的に無限の計算能力とAIが組み合わせられ、合成生物学の分野が著しく進歩し、斬新な食品から革命的なワクチンに至るまで、あらゆるものを創出することも考えられる。

ビジョンは自信を生み、自信が信念を生む。新しいものを導入する場合に直面する課題を克服するには、どちらも非常に重要である。不確実性に躊躇しがちな時代においては、先頭に立って現状を打破することを最優先に考える必要がある。自分自身を破壊し、創り直さなければ、いずれは競合が代わりにそれを成し遂げるだろう。

Quantum Computing 量子コンピュータ

コンピュータは一般的には人間が現実体験する事象と、その背後で処理される計算結果を映し出す物であると考えられる。しかしその先には、量子力学による複雑で非直感的な数学世界が広がっている。30年ほど前、アルゴンヌ国立研究所のポール・ベニオフ氏は、もしコンピュータが量子力学に基づいて作動すれば、想像をはるかに超えた処理能力と機能が実現する可能性がある、という考えを提起した²¹。

量子コンピュータの可能性が秘める真の価値は、その膨大な処理能力によって計算処理が2進数の連続演算から解放されることにある。現存する最も強力なコンピュータでさえ、0と1の組み合わせに依存し、個別に実行される処理に依存している。一方、量子コンピュータは情報を量子ビット、つまりキュービット (qubit) にコード化する。キュービットは量子力学の世界を模倣した動作をするが、この世界では亜原子粒子が複数の状態で同時に存在できる。そのため、キュービットは0と1を表現するだけでなく、その中間的な0でも1でもない状態も表現する。つまり量子コンピュータは個々の計算を連続的に行うのではなく、無数の計算を同時に実行するのだ。それが秘める可能性は未知数である。ある予測では、従来のコンピュータで答えを得るのに何百万年も要する問題でさえ、量子コンピュータを駆使すれば容易に解くことができるとも考えられている²²。量子コンピュータは理論上、従来のコンピュータが宇宙の誕生から消滅までの時間以上を要するような計算をも実行可能なのだ。

まだ実際に量子コンピュータを作り出した者はいないが、カナダのバンクーバーにあるD-Waveは、量子コンピュータの原理を一部利用することで、極めて複雑なシステムの最適化を行った。初期段階の量子コンピュータとも言えるこの機会はゲートコンピュータとも呼ばれ、因数分解のような非常に特殊な問題にも対応できる。また、量子アニーリングと呼ばれる量子コンピュータの代替モデルが、カナダのバンクーバーにあるD-Waveで研究されている。

Googleも量子コンピュータに投資している。Googleは2009年からD-Waveのコンピュータを用いた実験を行っており、最近、D-Waveチップと同様のチップを構築するために自社の研究室を設立した²³。こうした努力が実を結ぶかどうかはまだ分からないが、テクノロジー業界の超巨大企業が注目するという時点で、量子コンピュータの秘める魅力が表れている。

複雑な数学問題を解く量子コンピュータの手にかければ、膨大で重要性の高いビッグデータも簡単に処理できるだろう。つまり、気象予報から新薬開発といった、あらゆる分野で新境地を切り開くことも期待される。とはいえ、複雑な数学問題を解く能力は同時に不安の種でもある。量子コンピュータは非常に大きな数の因数分解を極めて簡単に行うかもしれない。しかし因数分解はほぼ全ての公開鍵暗号システムの核心でもある。現在の暗号は、最も強力なコンピュータでさえ解読に何百年も要するからこそ安全と考えられている。量子コンピュータであれば、そうした暗号を数分で解読できてしまう。そうなればインターネットを利用した金融取引や認証が一夜にして脆弱になってしまう恐れもある。

本記事はSingularity Universityでネットワーク及びコンピューティングのチェアを務めるブラッド・テンプレート氏の協力で執筆された。

ブラッド・テンプレート氏は、自動運転車の開発者兼コメンテーターであり、ソフトウェアアーキテクト、Electronic Frontier Foundationの役員、インターネット起業家、未来に関する講演者、サイバー空間の問題に関するライター兼オブザーバーを務める。著作権法、コンピュータ及びネットワークに関する政治的・社会的問題、新技術による自動交通システムについての講演者、ライターとしても知られている。

Industrial Biology 産業生物学

様々な科学者や企業が、ゲノムの複雑な構造を解読しようと何十年も努力してきた。これまで、実験コストの高さから産業レベルでのゲノム研究は困難であった。例えば、人ゲノムの配列を最初に解析した時には約30億ドルを要している²⁴。

しかし現在、デジタル技術の投入により、産業及びデジタル生物学の分野において、DNA操作、遺伝子接合、ゲノム制御などへの関心が再び高まっている。また並行して、多様なハードウェア、データ、ツールを利用できるようになり、コストは急速に低下している。例えば、CRISPR法 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) を利用することで、1000ドル以下で遺伝子を操作できるようになった。また、近い将来、そのコストはデスクトップアプリケーションによって数百ドル程度に低下するかもしれない。

しかしゲノム研究の進歩にとって、課題はコストだけではない。遺伝子工学に対する人々の懸念から、応用分野の広さや重要性にもかかわらず、研究は制限されてきた。既に1990年代には、絶滅寸前であったハワイのパパイヤがゲノム研究によって救われている。同様のことが、米国でオレンジの木を寄生虫から守るための手段として研究されている。こうした寄生虫を放置すると、アメリカ人の朝食に欠かせないオレンジジュースが贅沢品になるかもしれないのだ。NatureWorksやCalystaなどの企業は、環境に悪影響の少ないプラスチックや繊維を作り出すバイオプラスチック技術を大きく進歩させている。

デジタル生物学が人間の健康に大きく貢献すれば、世論も変わるかもしれない。健康増進面での進歩は既に観測されている。医薬品メーカーは、従来治療困難であった病状を対象に、遺伝子操作で作られた薬を市場に投入している。また、微生物の製造や制御面で大きく進歩した企業もある。例えば石鹸は、有害な微生物を制御する微生物スプレーに置き換えられるかもしれない。また、微生物を体内に取り込むことで体重の制限や気分の改善が可能になるかもしれない。

デジタル生物学が最も大きくインパクトを与えるのは、おそらく医療とビッグデータが組み合わせられたときだろう。組み合わせ例としては、ウェアラブル機器に人体の遺伝子マップを読み取らせることによって、ユーザーの体調をモニタリングすることなどが考えられる。Googleは最近、そうした遺伝子マップの作成を目指す大がかりな研究プロジェクトを開始した。2014年には、人体の遺伝子マップをクラウドソーシングで作成するベースラインスタディーを発表し、医療専門家が病気の初期段階でバイオマーカーを特定できるようにする目標を掲げた。このプロジェクトでは175人の遺伝子データと分子データを収集しており、Googleはこの研究への参加者を数千人にまで拡大することを計画している²⁵。

Googleはウェアラブル機器を使用して消化吸収や新陳代謝、心拍数などのデータを収集する(例えばスマート・コンタクトレンズで血糖値を測定するなど)。ドイツのBragiなどの企業は、同様の機能を備えたウェアラブル機器の商品化を始めている。Bragiは超小型の無線イヤホンを開発しており、このイヤホンは4GBの音声ファイルを保存できるばかりか、脈拍や酸素消費量の測定も可能だ。Bragiは、イヤホンをプラットフォーム化して、身体全体をカバーするセンサシステムを備えることを目指している。

産業生物学では、個々の遺伝子マップとセンサを組み合わせることで、体調の異常を検出することで、画期的なエコシステムを生む可能性がある。テクノロジー、薬学、ヘルスケア、エレクトロニクス関連企業が新しい方法で協力し、産業生物学の可能性が人々の健康向上として実を結ぶことが期待される。

本記事はSingularity Universityでバイオテクノロジー及びバイオインフォマティクスのチェアを務めるレイモンド・マッコリー氏の協力で執筆された。

レイモンド・マッコリー氏はバイオテクノロジーの最前線で活躍する科学者、技術者、起業家である。彼は技術(生物学、遺伝学、薬学、農学)の応用が人々に及ぼす影響を研究している。Singularity Universityでの勤務に加え、BioCuriousの共同設立者兼チーフアーキテクトも務める。

Cyber Security サイバーセキュリティ

サイバー犯罪は従来、コンピュータ画面の背後に潜む個人、そして世界の情報システムへの侵入という2次元的問題だったが、今日ではそれが3次元化しようとしている。ロボティクス、人工知能、AM、産業生物学などのエキスポネンシャルテクノロジーの着実な進歩により、我々の「物理的な生活空間」が第3の次元としてリスクに晒されようとしている。

ロボティクスを例にとれば、ドローン、つまりロボット制御の飛行体は玄関まで荷物を配達してくれる利便性を持つが、武器や爆発物を運ぶ危険性も併せ持っている。実際、数年前にFBIが逮捕したアルカイダ系の組織員は、遠隔制御のドローンを使用して米政府の建物への爆弾投下を計画していた²⁶。

産業生物学も脅威になろうとしている。この学問は急速に進歩しており、一部の調査によれば2013年から2019年までに年平均成長率(CAGR)32.6パーセントを達成する見込みである²⁷。生物学の分野では、急速に情報技術との融合化が進行しており、それにより、遺伝子工学がコンピュータ上のアプリケーションとして活用されると考えられる。それが転じると、人的被害を及ぼす物質が作り出され、それ自体が兵器と化した感染ウイルスを生み出す可能性すらある。コンピュータ上で設計され、我々の現実世界に侵入しかねないのである。

恐らく、より差し迫った脅威はモノのインターネット(IoT)の成長から派生するであろう。IPv4からIPv6に移行すると²⁸、世界の情報グリッドの規模は爆発的に増加すると見込まれている。現状のインターネットをゴルフボールのサイズとするなら、IPv6は太陽の大きさとなる。ほぼ全ての車両、コンピュータ、装置、玩具、サーモスタット、オフィス機器がウェブ上で繋がることになるが、それは同時に地球上のどこからでもハッキングを受ける可能性があることを意味する。

例えば最近、研究者やハッカーらが、飛行中の旅客機の衛星コミュニケーションシステムに、Wi-Fiや機内のエンターテインメントコンソールを介してアクセスが可能だと発表した²⁹。別の例として、米商務省に設置されたインターネット接続のサーモスタットは不正侵入を受けている³⁰。また、Webカメラ、インスリンポンプ、自動車、冷蔵庫は全て、ある条件下ではハッキング可能であることが実証されている³¹。

サイバー脅威と戦うための最も効果的な方法は明確に存在していないものの、何らか適切な方法があるとすれば恐らく、テクノロジー、法律、企業、公共政策など、あらゆる分野の協力がなくては実現できない。従来型の司法機関のシステムは閉鎖的であることが多く、国別にサイロ化している。これら機関も世界的規模の脅威に対抗するため奮闘しているが、情報化時代での犯罪ネットワークは容易に国境を越える。公共の安全とセキュリティ向上に向けて、クラウドソーシングを活用する方法が一つの可能性として考えられる。例えばラテンアメリカ諸国では、市民が麻薬ディーラーの活動をマッピングすることで、麻薬関連の殺人を防ぐ政府活動を支援している³²。究極的には、サイバー犯罪への対抗策として効果を上げるのは、世界レベルの草の根活動による犯罪根絶の取り組みかもしれない。企業は、ハッキングから完璧に守られるシステムは存在しないことを認識する必要がある。ただし幸いにも様々な手段を講じることで、より安全で隙のない、復旧力に優れた情報インフラを構築することは可能である。

本記事は、Singularity Universityで政策、法律、倫理のチェアを務めるマーク・グッドマン氏の協力で執筆された。

マーク・グッドマン氏は、セキュリティ、ビジネス、国際問題における技術進歩のディスラプティブ的影響に注目する世界的な戦略家、著作者、コンサルタントである。サイバー犯罪に関する彼の最新著作、『Future Crimes: Everything Is Connected, Everyone Is Vulnerable and What We Can Do About It (未来の犯罪: 全てが接続され、誰もが攻撃の対象となる時、それにどう対応するか)』は2015年2月24日に発売が予定されている。過去20年にわたって世界の産業界及び行政機関と協力し、サイバー犯罪、サイバーテロ、情報戦など、次世代のセキュリティ脅威について専門知識を蓄積してきた。

1. Peter F. Drucker, "The discipline of innovation," *Harvard Business Review*, August 2002, <https://hbr.org/2002/08/the-discipline-of-innovation>, accessed January 15, 2015.
2. Rachael King, "Lowe's uses science fiction to innovate," *CIO Journal by The Wall Street Journal*, July 20, 2014, <http://blogs.wsj.com/cio/2014/07/20/lowes-uses-science-fiction-to-innovate/>, accessed January 15, 2015.
3. Editor's note: In 2013, Deloitte Consulting LLP acquired substantially all of the business of Monitor, including Dublin.
4. Larry Keeley, *Ten Types of Innovation: The Discipline of Building Breakthroughs* (Wiley, April 15, 2013).
5. Reed Albergotti, "Oculus and Facebook close virtual-reality deal," *Wall Street Journal Digits*, July 21, 2014, <http://blogs.wsj.com/digits/2014/07/21/oculus-facebook-close-virtual-reality-deal/>, accessed January 14, 2015; Sydney Ember, "Airbnb's huge valuation," *New York Times Dealbook*, April 14, 2014, http://dealbook.nytimes.com/2014/04/14/morning-agenda-airbnbs-10-billion-valuation/?_php=true&_type=blogs&r=1, accessed January 14, 2015; Adrian Covert, "Facebook buys WhatsApp for \$19 billion," *CNN Money*, February 19, 2014, <http://money.cnn.com/2014/02/19/technology/social/facebook-whatsapp/index.html?iid=EL>, accessed January 14, 2015; Douglas MacMillan, "Dropbox raises about \$250 million at \$10 billion valuation," *Wall Street Journal*, January 17, 2015, <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702303465004579327001976757542>, accessed January 14, 2015.
6. Quirky, "Forums," <https://www.quirky.com/forums/topic/41864>, accessed January 14, 2015.
7. Salim Ismail, *Exponential Organizations: Why New Organizations Are Ten Times Better, Faster, and Cheaper Than Yours (and What to Do About It)* (Diversio Books, October 18, 2014).
8. Deloitte Development LLP, *Scaling edges: A pragmatic pathway to broad internal change*, 2012, <http://www2.deloitte.com/us/en/pages/center-for-the-edge/articles/scaling-edges-methodology-to-create-growth.html>, accessed January 15, 2015.
9. Ibid.
10. Singularity Hub, "An inside look into The Amazon.com warehouses (video)," April 28, 2011, blog, <http://singularityhub.com/2011/04/28/an-inside-look-into-the-amazon-com-warehouses-video/>, accessed January 14, 2015.
11. Peter Gorle and Andrew Clive, *Positive impact of industrial robots on employment*, International Federation of Robotics and Metra Martech Ltd., February 2013.
12. Drew Greenblatt, "6 ways robots create jobs," *Inc.*, January 22, 2013, http://www.inc.com/drew-greenblatt/6-ways-robots-create-jobs.html?utm_campaign=Wire%20Forms&utm_content=7106573&utm_medium=social&utm_source=linkedin, accessed January 15, 2015.
13. Deloitte University Press, *3D opportunity for end-use products*, October 16, 2014, <http://dupress.com/articles/3d-printing-end-use-products/>, accessed January 15, 2015.
14. Ibid.
15. Mark Cotteleer and Jim Joyce, "3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth," *Deloitte Review* issue 14, January 17, 2014, <http://dupress.com/articles/dr14-3d-opportunity/>, accessed January 15, 2015.
16. Ibid; 3Dsystems, "3D printing is heartbeat of Symmons Industries' Design Studio Live virtual design studio," <http://www.3dsystems.com/learning-center/case-studies/3d-printing-heartbeat-symmons-industries-design-studio-live-virtual>, accessed January 15, 2015.
17. EOS, "EOS and Airbus group innovations team on aerospace sustainability study for industrial 3D printing," press release, February 5, 2014, http://www.eos.info/eos_airbusgroupinnovationteam_aerospace_sustainability_study, accessed January 15, 2015; Mark Cotteleer, "3D opportunity for production: Additive manufacturing makes its (business) case," *Deloitte Review* issue 15, July 28, 2014, <http://dupress.com/articles/additive-manufacturing-business-case/>, accessed January 15, 2015.
18. David Churchill, "The weighting game," *Business Travel World*, 2008, pp. 21–22.; and Mark Cotteleer, "3D opportunity for production."

19. Bloomberg BusinessWeek, "3d Systems Corp," <http://investing.businessweek.com/research/stocks/snapshot/snapshot.asp?ticker=DDD>, accessed January 21, 2015.
20. Cisco, "The Internet of Things," April 2011, http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf, accessed January 15, 2015.
21. Paul Benioff, "Quantum mechanical hamiltonian models of Turing machines," *Journal of Statistical Physics*, vol. 29, no. 3, 1982, pp. 515–546.
22. Tom Simonite, "Google launches effort to build its own quantum computer," *MIT Technology Review*, September 3, 2014, <http://www.technologyreview.com/news/530516/google-launches-effort-to-build-its-own-quantum-computer/>, accessed January 15, 2015.
23. Tom Simonite, "Microsoft's quantum mechanics," *MIT Technology Review*, October 10, 2014, <http://www.technologyreview.com/featuredstory/531606/microsofts-quantum-mechanics/>, accessed January 15, 2015.
24. The National Human Genome Research Institute, "The Human Genome Project Completion: Frequently Asked Questions," <http://www.genome.gov/11006943>, accessed January 27, 2015.
25. Chloe Albanesius, "Google X collecting genetic data for 'baseline' health project," *PCmag.com*, July 25, 2014, <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2461381,00.asp>, accessed January 15, 2015.
26. Marc Goodman, "Criminals and terrorists can fly drones too," *Time*, January 31, 2013, <http://ideas.time.com/2013/01/31/criminals-and-terrorists-can-fly-drones-too/>, accessed January 15, 2015.
27. PRNewswire, "Global synthetic biology market expected to reach USD13.4 billion in 2019: Transparency Market Research," press release, April 8, 2014, <http://www.prnewswire.co.uk/news-releases/global-synthetic-biology-market-expected-to-reach-usd134-billion-in-2019-transparency-market-research-254364051.html>, accessed January 15, 2015.
28. Deloitte Consulting LLP, *Tech Trends 2013: Elements of postdigital*, 2013, chapter 5.
29. Adam Clark Estes, "Researcher can hack airplanes through in-flight entertainment systems," August 4, 2014, <http://gizmodo.com/researcher-hacks-airplanes-through-in-flight-entertainm-1615780083>, accessed January 15, 2015.
30. Siobhan Gorman, "China hackers hit U.S. chamber," *Wall Street Journal*, December 21, 2011, <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052970204058404577110541568535300>, accessed January 19, 2015.
31. Neil Webb, "Home, hacked home," *Economist*, July 12, 2014, <http://www.economist.com/news/special-report/21606420-perils-connected-devices-home-hacked-home>, accessed January 19, 2015.
32. Rachel Glickhouse, "Technology update: A crowdsourcing guide to Latin America," *Americas Society/Council of the Americas*, January 12, 2012, <http://www.as-coa.org/articles/technology-update-crowdsourcing-guide-latin-america>, accessed January 15, 2015.

発行人

GLOBAL

Bill Briggs

Marcus Shingles

JAPAN

中山 一郎

楠 俊史

佐藤 通規

真鍋 裕之

井本 信太郎

狩山 絢美

Ichiro Nakayama

Toshifumi Kusunoki

Michinori Sato

Hiroyuki Manabe

Shintaro Imoto

Ayami Kariyama

有限責任監査法人 トーマツ

TMT (Technology, Media & Telecommunications) インダストリーグループ
〒100-6211 東京都千代田区丸の内1-11-1 パシフィックセンチュリープレイス 丸の内ビル
jp_tmt_contact@tohatsu.co.jp
<http://www.deloitte.com/jp/audit>

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

TMT/E (Technology, Media & Telecommunications / Electronics) セクター
〒100-6390 東京都千代田区丸の内2-4-1 丸の内ビルディング
Tel: 03-5220-8600 Fax: 03-5220-8601
jp_electronics_industry_group@tohatsu.co.jp
www.deloitte.com/jp/dtc

デロイト トーマツ グループは日本におけるデロイト トウシュ トーマツ リミテッド (英国の法令に基づく保証有限責任会社) のメンバーファームおよびそのグループ法人 (有限責任監査法人 トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー 合同会社、税理士法人 トーマツおよびDT弁護士法人を含む) の総称です。デロイト トーマツ グループは日本で最大級のビジネスプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査、税務、法務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー等を提供しています。また、国内約40都市に約7,900名の専門家 (公認会計士、税理士、弁護士、コンサルタントなど) を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト (www.deloitte.com/jp) をご覧ください。

デロイト トーマツ コンサルティング (DTC) は国際的なビジネスプロフェッショナルのネットワークであるDeloitte (デロイト) のメンバーで、日本ではデロイト トーマツ グループに属しています。DTCはデロイトの一員として日本のコンサルティングサービスを担い、デロイトおよびデロイト トーマツ グループで有する監査・税務・コンサルティング・ファイナンシャルアドバイザーの総合力と国際力を活かし、あらゆる組織・機能に対応したサービスとあらゆるセクターに対応したサービスで、提言と戦略立案から実行まで一貫して支援するファームです。2,000名規模のコンサルタントが、デロイトの各国現地事務所と連携して、世界中のリージョン、エリアに最適なサービスを提供できる体制を有しています。

Deloitte (デロイト) は、監査、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザーサービス、リスクマネジメント、税務およびこれらに関連するサービスを、さまざまな業種にわたる上場・非上場のクライアントに提供しています。全世界150を超える国・地域のメンバーファームのネットワークを通じ、デロイトは、高度に複合化されたビジネスに取り組むクライアントに向けて、深い洞察に基づき、世界最高水準の陣容をもって高品質なサービスを提供しています。デロイトの約210,000名を超える人材は、“standard of excellence” となることを目指しています。

Deloitte (デロイト) とは、英国の法令に基づく保証有限責任会社であるデロイト トウシュ トーマツ リミテッド (“DTTL”) ならびにそのネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびその関係会社のひとつまたは複数を含みます。DTTLおよび各メンバーファームはそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。DTTL (または “Deloitte Global”) はクライアントへのサービス提供を行いません。DTTLおよびそのメンバーファームについての詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、その性質上、特定の個人や事業体に具体的に適用される個別の事情に対応するものではありません。また、本資料の作成または発行後に、関連する制度その他の適用の前提となる状況について、変動を生じる可能性もあります。個別の事案に適用するためには、当該時点で有効とされる内容により結論等を異にする可能性があることをご留意いただき、本資料の記載のみに依拠して意思決定・行動をされることなく、適用に関する具体的事案をもとに適切な専門家にご相談ください。