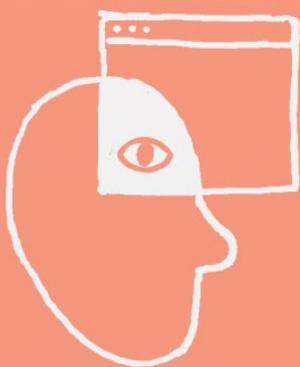
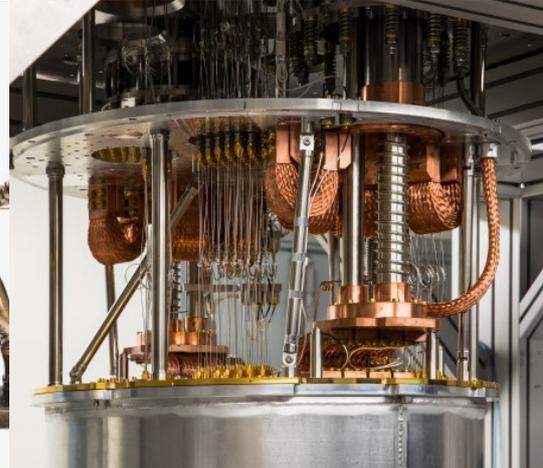
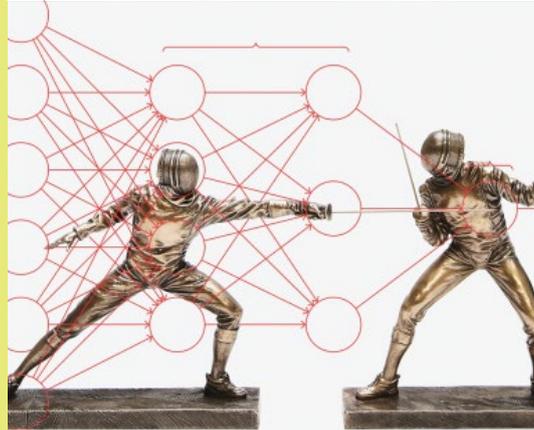
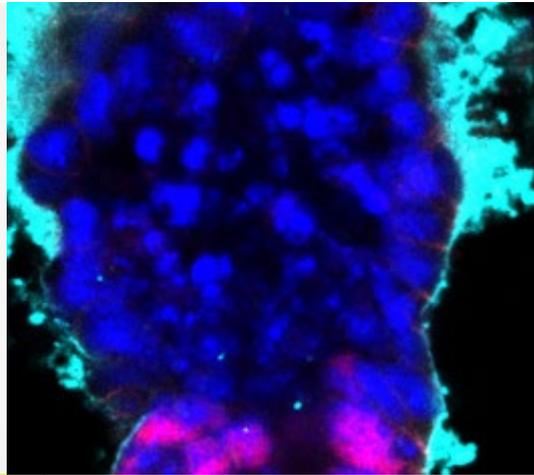


MIT Technology Review

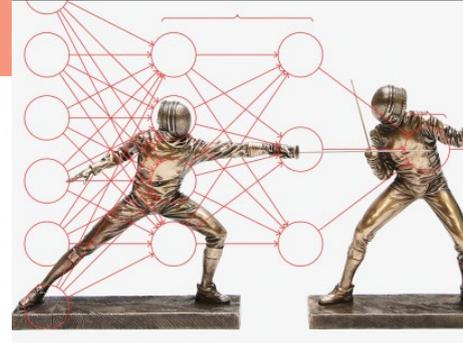
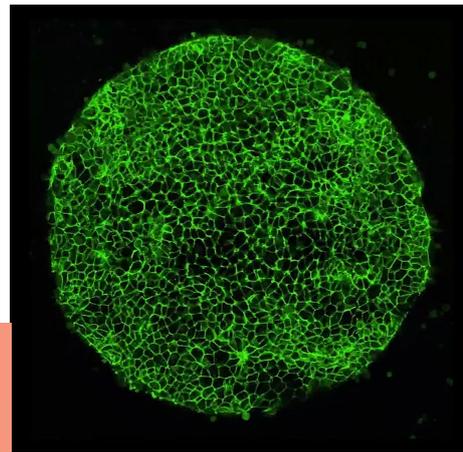
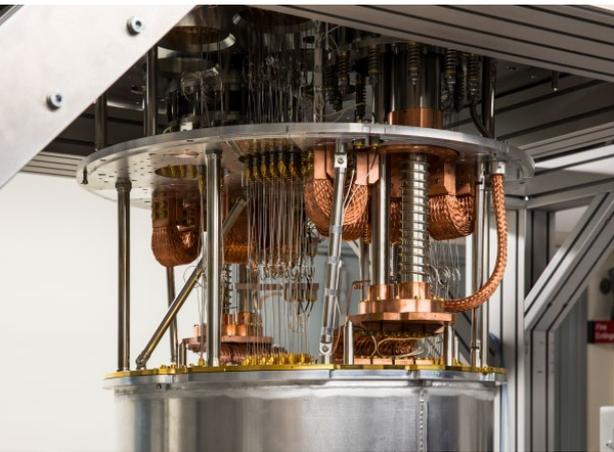
Published by KADOKAWA / ASCII



10 BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES

2018

MITTR が選ぶ、
世界を変える 10 大テクノロジー



CONTENTS

- 001 ブレークスルー・テクノロジー 10
2018 年版発表にあたって
- 004 10 BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES 2018
2018 年版ブレークスルー・テクノロジー 10
- 005 3D 金属プリンティング
- 007 人工胚
- 009 センシング・シティ
- 011 みんなのための人工知能
- 013 競争式生成ネットワーク
- 015 バベルフィッシュ・イヤホン
- 017 ゼロカーボン天然ガス
- 019 完璧なオンライン・プライバシー
- 021 遺伝子占い
- 023 材料の量子的飛躍
- 025 街を丸ごとスマホ化する
グーグルが考える本物のスマートシティ
- 034 イアン・グッドフェロー
人工知能に想像力を与える男
- 043 病気も IQ も予測、
多遺伝子スコアは何をもたらすのか？
- 055 量子コンピューターは
なぜ必要なのか？

MITテクノロジーレビューでは、2001年から「ブレークスルー・テクノロジー 10 (10 Breakthrough Technologies)」として、いま、そしてこれから何年間も私たちの仕事と暮らしに影響を与える可能性のある 10 のテクノロジーを発表しています。この e ムックでは、2018 年版のブレークスルー・テクノロジーを紹介するとともに、併せて読みたい関連記事を収録しました。

MITテクノロジーレビューが発表した「2018年版ブレークスルー・テクノロジー 10」の注目点を米国版編集長のギデオン・リッチフィールドが解説する。

「ブレークスルー・テクノロジー 10」 2018年版発表にあたって

by Gideon Lichfield



MITテクノロジーレビューは、「ブレークスルー・テクノロジー 10」として毎年、世界を変える10のテクノロジーを紹介している。注目するテクノロジーを網羅的に取り上げようとしているが、ここ数年間を振り返ってみて顕著なのが、人工知能（AI）の進歩だ。

2008年、機械学習の一形態「驚きのモデル

化（Modeling Surprise）」を紹介した。その後、「AIアシスタント（Intelligent Software Assistant, 2009）」「深層学習（2013）」「ニューロモーフィック・チップ（Neuromorphic Chips, 2014）」「会話型インターフェイス（Conversational Interfaces, 2016）」「教え合うロボット（Robots That Teach Each Other, 2016）」「自動運転トラッ

ク(2017)」「強化学習(2017)」が続いている。

学習するアルゴリズムは何十年も前から存在するのに、なぜ突然開花したのか。よりよいアルゴリズムはもちろんだが、大部分は、写真から医療統計情報、オンライン・ショッピングの行動データに至るまで、学習に利用できるデータ量が爆発的に増加したこと、大量のデータをうまく処理できる新しいチップのおかげだ。

2018年のブレークスルー・テクノロジー10にもまた、2つのAI関連技術がエントリーしている。1つはGAN(Generative Adversarial Networks)とも呼ばれる競争式生成ネットワークだ。GANは進化的軍拡競争のように互いが対抗するAIで、ときとして学習スピードを桁違いに速める。もう1つは、クラウドベースのAIだ。深層学習アルゴリズムをいたるところで、ブログ・ソフトウェアのように簡単に利用できるようにする。

これら2つの革新的な技術を組み合わせることで、はるかに多くの人に、はるかに多くのAIのパワーを届けられる。だが、優れたテクノロジーには常に良い面だけでなく悪い面もある。科学研

究が進歩し、経済的生産性が加速度的に高まることが約束されている一方、本物そっくりのねつ造画像や映像を多くの人々が作れるようになり、真実と嘘を区別する社会的な能力がさらに低下する可能性もある。MITテクノロジーレビューのサンフランシスコ支局長であるマーティン・ジャイルズが書いているとおり、GANの発明者であるイアン・グッドフェロー博士は自身の発明が悪用される可能性の防止に積極的に取り組む、稀な科学者だ。

2018年のブレークスルー・テクノロジー10には、ほかにも善悪の2つの側面を持つテクノロジーがある。生物医学担当アントニオ・レガラーダ上級編集者の記事にあるように、いまや遺伝学は単独の遺伝子だけでなく数千もの遺伝子が関わる心臓病やアルツハイマー病などにかかるリスクの高い人を特定できるようになっている。だが一方で、背の高さやIQといった形質も予測できるようになる。そういった知識を何に利用するのか？人工胚は、医学研究者がヒトが誕生する段階の研究には役立つが、非倫理的とされるのはど

の段階なのか？ アルファベット（グーグル）の サイドウォーク・ラボは、トロント近郊の地区を スマート・シティの実験所にして、街のあらゆる 場所にセンサーを設置し、住民のすべての動きに 関するデータを取り込む計画を立てている。ビジ ネス担当編集者のエリザベス・ウォイキは、この 実験は公共の利益のためにビッグ・データを利用す る輝かしい例となるのか、あるいはプライバシー にとっての悪夢となるのか、どちらなのかと問う ている。

幸運なことに、2018年版のブレークスルー・ テクノロジー 10 で取り上げたテクノロジーのす べてがこのような倫理的な問題を抱えているわけ ではない。二酸化炭素を排出しない天然ガス発電 所、金属用 3D プリンター、一部に熱狂的なファ ンを持つ名作『銀河ヒッチハイク・ガイド』に出 てくる万能翻訳魚「バベル・フィッシュ」のよう に耳にそっとささやいてくれる同時通訳デバイス など、ここで説明した以外のテクノロジーも取り 上げている。17回目となるブレークスルー・テ クノロジー 10 を楽しんでもらいたい。📖



10 BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES 2018

2018年版ブレイクスルー・テクノロジー10

競争式生成ネットワーク、人工胚、クラウドAI——。いま、そしてこれから何年間も私たちの仕事と暮らしに影響を与えるであろう10のテクノロジーを発表する。

MITテクノロジーレビューは、2001年から「ブレイクスルー・テクノロジー10」と題した特集を組んできた。「ブレイクスルー」とは具体的には何なのか、という質問をよく受ける。これは妥当な質問だ。取り上げたテクノロジーの中には、まだ普及していないものもあれば、まさに商品化されようとしているものもあるだろう。MITテクノロ

ジーレビューが真に求めているのは、われわれの生活に重大な影響を与えるテクノロジーだ。

2018年版では、GANと呼ばれる新しい手法で想像力を得る人工知能、生命誕生の再定義や人間生命の初期段階における研究の糸口となりえる人工胚（これには異論の多い倫理上の制約がある）、当面の主要なエネルギー源となるであろう天然ガスを使った完璧な低炭素電力発電の試験プラント（石油化学産業の中心地、テキサス州にある）などを紹介する。リストに上がったテクノロジーはどれも注目に値するものだ。📖(編集者一同)



DEREK BRAHNEY

3D 金属プリンティング

3D プリンティングは数十年も前からあるテクノロジーだが、その多くは一部の愛好家やデザイナーの間で一度きりの試作品として使われているだけだった。また、プラスチック以外の材料を使った 3D プリンティングの中でも、特に金属プリンティングは非常に高コストで恐ろしく動作が遅かった。

だが今では部品製造が現実的になるほど安価で簡単になってきた。広く普及すれば、多くの製品を大量生産する方法が変わるかもしれない。

短期的には、製造業者が大量の在庫を抱え込まずにすむだろう。中古車などの交換部品などは

ニーズに合わせてプリントすればいいからだ。

長期的には、限られた種類の部品を大量生産する大規模工場は、顧客の要請に応じて多様な品種を作る小規模工場に置き換わるかもしれない。

3D 金属プリンティングを使えば、従来の金属加工技術では作れないような軽量で高強度の部品や複雑な形を作れる。また金属の微細構造も、より正確に制御できる。2017 年、ローレンス・リバモア国立研究所の研究者が、従来の方法の 2 倍の強度を持つステンレス部品を作る 3D プリンティングを開発したと発表した。

同じく 2017 年、ボストン郊外に拠点を置く

3D 金属プリンティング

ブレークスルー

金属 3D プリンターで金属製品がすばやく安価に製造できるようになった。

なぜ重要か

顧客の要求に応じた大型で複雑な金属製品を作る能力が、製造業を一変するかもしれない。

キー・プレーヤー

マークフォージド (Markforged)、デスクトップ・メタル (Desktop Metal)、ゼネラル・エレクトリック (GE)

実現時期

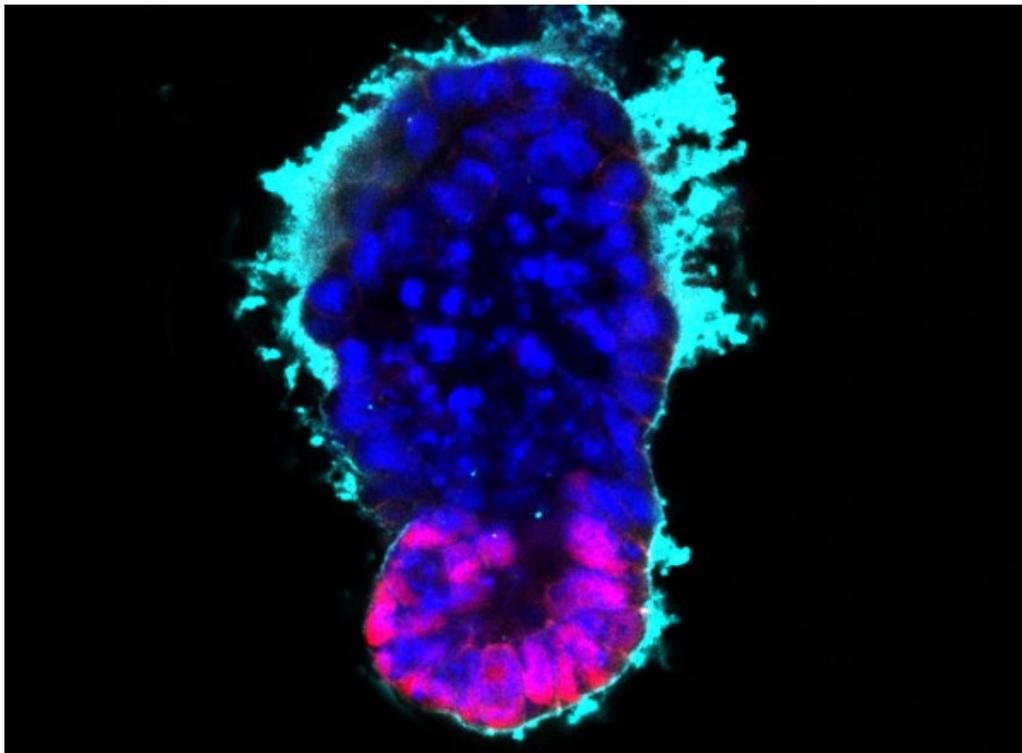
実現済み

3D プリンティング・スタートアップ企業のマークフォージド (Markforged) は、初めて 10 万ドルを切る金属 3D プリンターを発売した。

ボストンに拠点を置く別のスタートアップ企業、デスクトップ・メタル (Desktop Metal) は、2017 年 12 月、初の試作用金属 3D プリンターの出荷を開始した。デスクトップ・メタルは、従来品と比べ 100 倍のスピードでプリントできる製造業向けの大型金属プリンターも発売予定だ。

金属部品の 3D プリンティングは容易にもなっている。デスクトップ・メタルは、3D プリンティング用の設計ソフトウェアを提供している。ユーザーがプリントしたい部品の仕様を入力すると、ソフトウェアが仕様に合ったコンピューター・モデルを構築するのだ。

自社の航空部品に 3D プリンティングを使うことを長年提唱してきたゼネラル・エレクトリック (GE) は高速で大型部品をプリントできる新しい金属 3D プリンターの試験機を作った。GE は完成機を 2018 年に発売する予定だ。✚(エリン・



UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

人工胚

生命創造を再定義するブレークスルーの1つとして、英ケンブリッジ大学の発生学者はマウスの幹細胞のみを使って本物の胚のようなものを成長させた。卵子も精子も使わず、別の胚から抽出した細胞だけでだ。

研究者は3次元の土台の上に注意深く細胞を配置し、観察し、魅了された。細胞が動き出し、数日たったマウスの胚の特徴であるエンドウ豆のような形に並んでいったのだ。

「幹細胞が多くの可能性を秘めていることは誰もが知っています。幹細胞が非常に美しく、また完璧に自己組織化することに気づかなかったので

す」と、研究チームのリーダー、マグダレーナ・ゼルニカ=ゲッツ教授は当時インタビューに答えた。

ゼルニカ=ゲッツ教授は、自身が作った「合成」胚はおそらくマウスには成長しなかっただろうという。それでも、こういった合成胚の存在は、いずれは卵子がなくとも哺乳類が生まれる可能性を示唆している。

だが、それがゼルニカ=ゲッツ教授のゴールではない。ゼルニカ=ゲッツ教授は、初期胚の細胞がどういった特別な役割を担っているのかを研究したいという。その次の段階は、ヒトの幹細胞か

人工胚

ブレイクスルー

研究者は、卵子や精子を使わずに幹細胞のみで胚のような構造体を作り出した。これは生命誕生のまったく新しい道筋となるだろう。

なぜ重要か

人工胚の登場により、研究者は謎に包まれた人間の生命の始まりを探究しやすくなるが、一方で生命倫理をめぐる新しい論争を引き起こしている。

キー・プレイヤー

ケンブリッジ大学、ミシガン大学、ロックフェラー大学

実現時期

実現済み

ら人工胚を作り出すことだ。研究はミシガン大学とロックフェラー大学で進められている。

合成ヒト胚によって、発生の初期段階で起こる事象の解明という恩恵がもたらされるかもしれない。人工胚は容易に操作された幹細胞から発生するため、成長過程を調べるために研究室では遺伝子編集などのあらゆるツールを利用できるだろう。

だが、人工胚は、生命倫理上の問題を投げかける。本物の胚と見分けがつかなかったらどうするのか？ 胚が痛みを感じるまでのどのくらいの間、研究室で成長させられるのか？ 生命倫理学者は、研究競争がこれ以上進む前にこういった問題に取り組む必要があると主張している。👤(アントニオ・レガラード)



SIDEWALK TORONTO

センシング・シティ

スマートシティ建設の多くが遅れている。意欲的だった目標がトーンダウンするか、超富裕層以外の住民が閉め出されているのが現状だ。キーサイド（Quayside）と呼ばれるトロントの新しいプロジェクトでは、都市を徹底的に考え直し、最新のデジタルテクノロジーをもとに再構築することで、この失敗のパターンを変えようとしている。

アルファベット（グーグル）傘下のサイドウォーク・ラボ（Sidewalk Labs = 本社ニューヨーク市）は、トロントの臨海工業地区に建設予定のハイテク・プロジェクトをカナダ政府と協力して進めている。

プロジェクトの目標の1つは、大気環境から

人々が作り出す騒音レベルまで、あらゆる情報を巨大なセンサーのネットワークによって収集し、それに基づいて都市設計や政策、テクノロジーに関して決定することだ。

計画では、すべての車両は自律運転車となり、住民に共有される予定だ。ロボットが地下で動き回り、郵便配達などの雑用をこなす。サイドウォーク・ラボによれば、同社開発のソフトウェアやシステムへのアクセスをオープンにし、まるでモバイルアプリのようにサードパーティ企業がサービスを構築できるようにする予定だという。

サイドウォーク・ラボは公共インフラを注意深



MIGUEL PORLAN

みんなのための人工知能

これまで人工知能（AI）は主にアマゾンやバ
イドゥ、グーグル、マイクロソフトなどの巨大テッ
ク企業や、一部のスタートアップ企業のものだっ
た。そのほかの多くの企業にとって AI システム
は高すぎるし、完全な実装が難しいのだ。

ではどうしたらいいのだろうか？ クラウド
ベースの機械学習ツールを使えば、非常に広範
なユーザーが AI を使えるようになる。クラウド
AI 市場はこれまでは、アマゾンの子会社アマゾ
ン・ウェブ・サービス（AWS）が独占してきた。
グーグルは、他の機械学習ソフトウェアを構築で
きるオープンソースの AI ライブラリであるテン

ソルフロー（TensorFlow）で対抗している。最
近グーグルは、事前訓練済みのシステムであるク
ラウドオート ML（Cloud AutoML）を発表した。
これで AI を簡単に使えるようになるという。

クラウド・プラットフォームであるアジュール
（Azure）を持つマイクロソフトは、アマゾンと
協力してオープンソースの深層学習ライブラリで
あるグルーオン（Gluon）を提供している。グルー
オンは、スマホアプリを構築するのと同じくらい
簡単に、AI の重要なテクノロジーであるニュー
ラル・ネットを作れるという。ニューラル・ネッ
トは、人間の脳の学習方法を模倣した AI の基幹

みんなのための人工知能

ブレイクスルー

クラウドベースの AI は、安価で導入しやすい。

なぜ重要か

現在、AI を導入しているのは比較的一部の企業に限られているが、クラウドベースのサービスによって、広く使われるようになり、経済の活性化が見込める。

キー・プレイヤー

アマゾン、グーグル、マイクロソフト

実現時期

実現済み

技術だ。

このうちのどの企業がクラウド AI サービスで主導権を握るのかは定かではない。だが、勝者にとっては大きなビジネスチャンスだ。

これらの製品は、AI 革命がさまざまな分野に広がるために必要不可欠なものだ。現在、AI は主にテック業界で効率化、および新製品や新サービスを生み出すために活用されているが、多くの企業や産業界は AI の進歩を生かそうと奮闘してきた。AI を完璧に組み込むことができれば、医学界や製造業、エネルギーといった産業界は一変し、経済的な生産性は飛躍的に向上するだろう。

だが、ほとんどの企業で AI の活用法を理解する人材がまだ不足しており、アマゾンやグーグルはコンサルティング・サービスを立ち上げている。クラウドによって AI が誰の手にも届くようになれば、本当の AI 革命が始まるだろう。✚

(ジャッキー・スノウ)

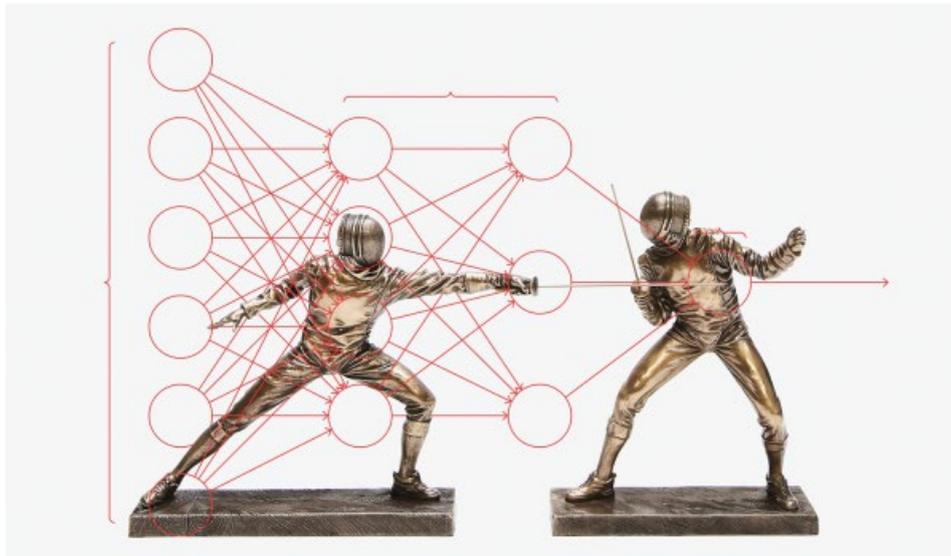


ILLUSTRATION BY DEREK BRAHNEY | DIAGRAM COURTESY OF MICHAEL NIELSEN, "NEURAL NETWORKS AND DEEP LEARNING", DETERMINATION PRESS, 2015

競争式生成ネットワーク

人工知能（AI）の認識能力が向上している。100万枚の画像を見せれば、歩行者が横断する様などを高い精度で解析する。だが、AI自身が歩行者の画像を作り出すことは絶望的だ。もしそれが可能ならば、さまざまな状況における大量の現実的な歩行者の合成画像を作れるだろう。この合成画像を使えば、自動運転車は道路に出ることなく自分で学習できる。

問題は、まったく新しい何かを作ることは想像力を必要とし、そしてその想像力が今までAIを混乱させてきたということだ。

2014年、当時モントリオール大学の博士課程に在籍中だったイアン・グッドフェローが、最初に解決策を思いついた。バーで学問的議論を展開していたときだった。競争式生成ネットワーク

（GAN: Generative Adversarial Networks）として知られるこのアプローチは、2つのニューラル・ネットワークをデジタルいたちごっこで互いに戦わせるものだ。

いずれのニューラル・ネットワークも同じデータセットで訓練する。1つは生成モデル（generator）と呼ばれ、すでに見たことがある画像をさまざまに変化させ、歩行者にもう一本別の腕があるような画像を作り出す。もう1つは、識別モデル（discriminator）と呼ばれ、とらえたサンプルがいままで訓練したことがあるものなのか、あるいは生成モデルによって作られた偽物なのかを特定する。さて、腕が3本ある人間は本物だと判断するだろうか？

時が経つにつれ、生成モデルの画像生成能力が

競争式生成ネットワーク

ブレイクスルー

2つのAIシステムが対決することで、超現実的な独自の画像や音声を作り出す。これまでのAIにはできなかったことだ。

なぜ重要か

AIが想像力のようなものを得ると、人間への依存度が減り、デジタル模倣機として驚くほど強力なツールに変貌するかもしれない。

キー・プレーヤー

グーグル・ブレイン (Google Brain)、ディープマインド (Deepmind)、エヌビディア (Nvidia)

実現時期

実現済み

向上し、識別モデルが偽物を見分けられなくなる。本質的に、生成モデルは本物の歩行者のような画像を認識して作り出すように教えられている。

このテクノロジーは、過去10年間で最も期待できる成果の1つとなった。人間ですら騙されるような結果を機械が作り出せるようになったのだ。

GANは本物のような音声や偽物画像を作り出すために使われてきた。半導体メーカーのエヌビディア (Nvidia) がGANにセレブの写真を与え、本物と見分けのつかない実在しない人のもっともらしい顔写真を何百枚と作り出したことは、注目せずにはいられない例の1つだろう。他の研究グループは、ゴッホの作品らしく見えるもっともらしい偽絵画を作り出した。さらにいうと、太陽が降り注ぐ道路を雪の降る道路にしたり、馬をシマウマにしたりと、GANは異なる方法で画像を再形成できる。

いつも完璧な結果が得られるというわけではない。GANはハンドルを2つ付けた自転車や、眉が変なところについた顔なども作り出す。だが、

多くの画像や音声は驚くほど本物そっくりなため、GANが見たり聞いたりした世界の基本的な構造を理解し始めていると、一部の専門家は信じている。つまり、想像力を得たAIは、目の前の世界を理解する別の能力を持つ可能性があることを意味している。📖 (ジェイミー・コンドリフ)

関連記事 P34



イアン・グッドフェロー 人工知能に想像力を与える男

深層学習システムは何かを認識することは得意だが、何かを創り出すことは不得意だ。グッドフェロー博士が考案したGAN（競争式生成ネットワーク）は、機械に想像力を与えようとしている。

※ MITテクノロジーレビュー [日本語版] では「Generative Adversarial Networks」の日本語訳として「競争式生成ネットワーク」を採用しています。

**eムックは、MITテクノロジーレビュー
有料会員限定サービスです。
有料会員はすべてのページ（残り50ページ）を
ダウンロードできます。**

ご購入はこちら



<https://www.technologyreview.jp/insider/pricing/>

No part of this issue may be produced by any mechanical, photographic or electronic process, or in the form of a phonographic recording, nor may it be stored in a retrieval system, transmitted or otherwise copied for public or private use without written permission of KADOKAWA CORPORATION.

本書のいかなる部分も、法令または利用規約に定めのある場合あるいは株式会社 KADOKAWA の書面による許可がある場合を除いて、電子的、光学的、機械的処理によって、あるいは口述記録の形態によっても、製品にしたり、公衆向けか個人用かに関わらず送信したり複製したりすることはできません。