

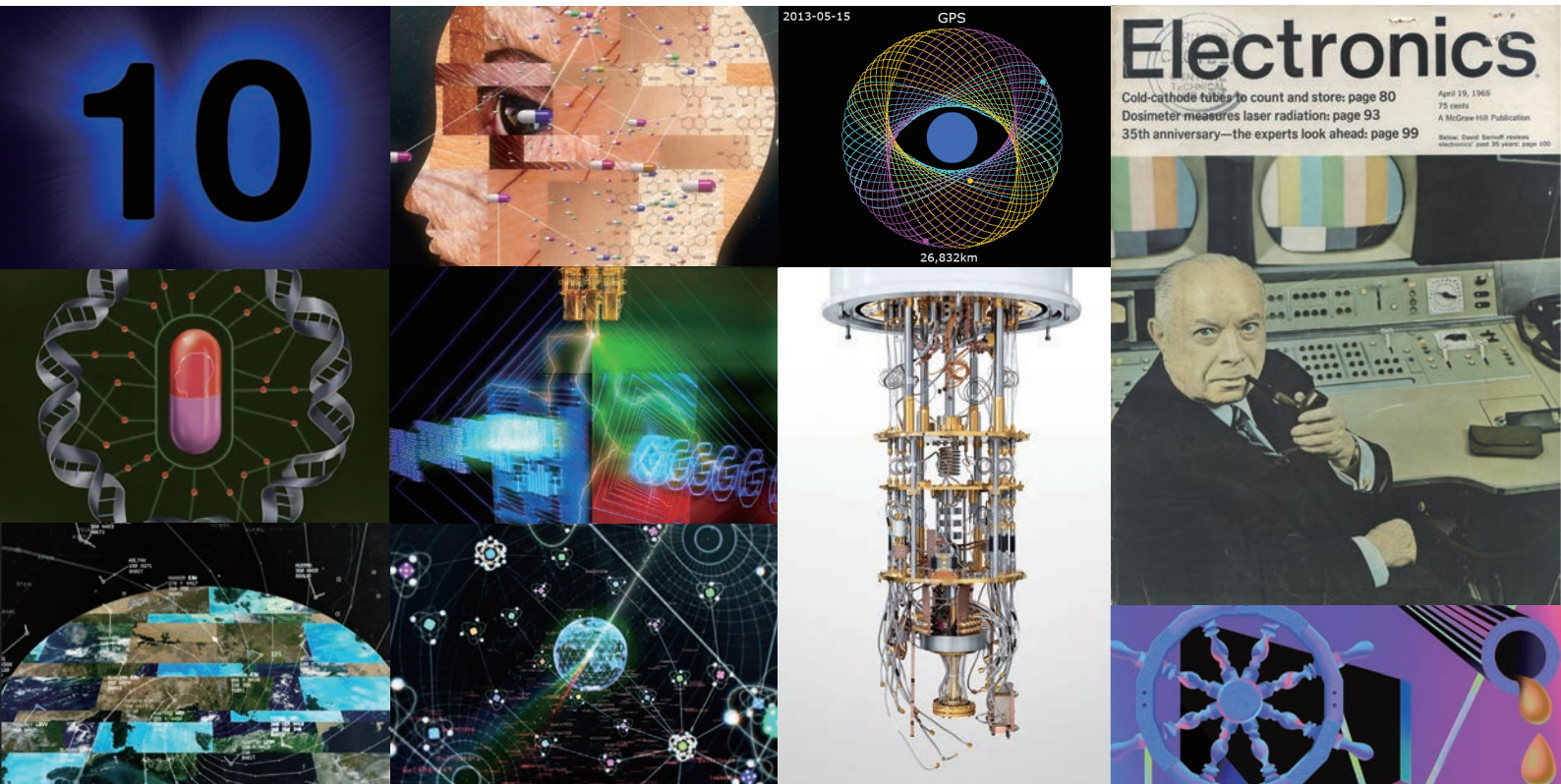
MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

10 BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES 2020

MITTR が選ぶ、未来を形作る 10 大テクノロジー





CONTENTS

- 001 ブレークスルー・テクノロジー 10
2020 年版
- 002 ハッキングされないインターネット
 - 004 超個別化医療
 - 006 デジタルマネー
 - 008 アンチエイジング薬
 - 010 人工知能が発見する分子
 - 012 人工衛星メガコンステレーション
 - 014 量子超越性
 - 016 小さな AI
 - 018 差分プライバシー
 - 020 気候変動アトリビューション
- 022 量子コンピューター開発競争
グーグル対 IBM の舞台裏
- 039 「ムーアの法則」
終焉後の世界にどう備えるか？
- 048 未来を形作る
「5 つの要因」
- 051 完全オーダーメイドの
「超個別化医薬品」が現実になる日
- 061 人工知能に
まだできないこと
- 071 人工衛星メガコンステレーションは
宇宙開発はどう変えるのか？
- 073 ダボス会議に集う世界の知識人たちに聞いた、
2030 年の世界予測

MIT テクノロジーレビューは、毎年、我々の生活や仕事の仕方を実際に変えるようなテクノロジーを選び、紹介している。本書はその 2020 年版だ。加えて、2020 年時点から将来を予測するのに役立つ関連記事を 7 つを選んで収録した。すぐそこにある未来を実感できるそれぞれのテーマから、今後の世界の発展を実感してほしい。

10 Breakthrough Technologies 2020

ここに、MITテクノロジーレビューが、重要課題の解決に実際に変化をもたらすと信じる技術的進歩の2020年版リストを紹介する。選択基準として、実証回数の少ないものや、誇大宣伝されている新しいガジェットは除いた。その代わりに、我々の生活や仕事の仕方を実際に変えるようなブレークスルーを選んだ。

- ① ハッキングされないインターネット
- ② 超個別化医療
- ③ デジタルマネー
- ④ アンチエイジング薬
- ⑤ 人工知能が発見する分子
- ⑥ 人工衛星メガコンステレーション
- ⑦ 量子超越性
- ⑧ 小さな AI
- ⑨ 差分プライバシー
- ⑩ 気候変動アトリビューション



YOSHI SODEOKA

① ハッキングされないインターネット

2020 年後半、オランダの研究者はデルフトとデン・ハーグを結ぶ量子インターネットを完成させる予定だ。

量子物理学に基づくインターネットの登場で、まもなく本質的に安全な通信が可能になる。デルフト工科大学のステファニー・ウェナー教授が率いるチームは、量子テクノロジーだけを使って、オランダの 4 都市を結ぶ量子インターネットを構築している。このネットワークを介して送信されるメッセージは、ハッキング不可能だ。

この数年間で、科学者たちは光ファイバーケー

ブルを介して伝送する光子のペアを使うことで、符号化された情報を完全に保護する方法を習得している。中国のあるチームは、このテクノロジーを使って北京と上海を結ぶ 2000 キロメートルの基幹ネットワークを構築した。しかし、このプロジェクトは部分的に従来技術に依存しているため、新しい量子リンクを確立しないうちに定期的にリンクが切断されてしまい、ハッキングの危険性が生じる。対照的に、デルフト工科大学のネットワークは、量子技術だけでエンド・トゥ・エンドで都市間で情報を伝送する最初の量子インターネットとなる。

ハッキングされないインターネット

なぜ重要か

インターネットはハッキングに対してますます脆弱になっているが、量子インターネットはハッキングできない。

キー・プレーヤー

デルフト工科大学、量子インターネット・アライアンス、中国科学技術大学

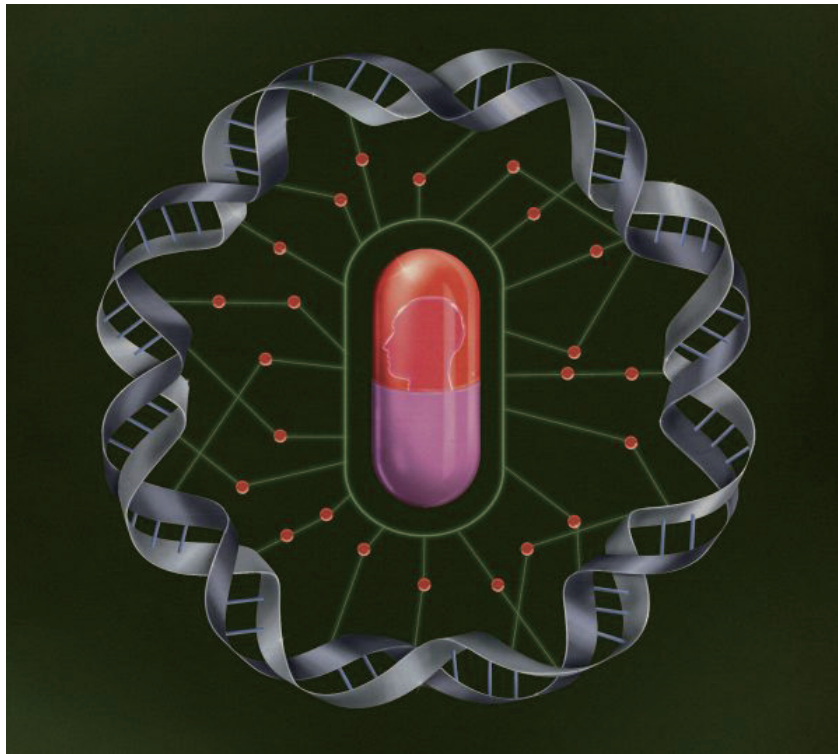
実現時期

5年

このテクノロジーは、「量子もつれ」と呼ばれる原子粒子の量子的な振る舞いに依存している。量子もつれ状態にある光子を傍受しようとするとき、コンテンツが破壊されるためハッキングできない。

だが、量子もつれ状態にある光子を作るのは難しく、長距離の伝送はさらに難しい。ウェナー教授のチームは、1.5 キロメートル以上伝送できると実証しており、2020 年の終わり頃までにはデルフトとデン・ハーグの間に量子リンクを構築できると確信している。より長い距離を確実に接続するには、ネットワークを拡張する量子中継器が必要になる。

そうした中継器は現在、デルフト工科大学などで設計中だ。最初の中継器は今後 5～6 年で完成し、10 年後には世界的な量子ネットワークが完成するだろう、とウェナー教授は話す。📌(ラス・ジャスカリアン)



JULIA DUFOSSÉ

②超個別化医療

ある患者固有の遺伝子変異を治療する、新しい医薬品が開発されている。

絶望的な症例として定義されるのは、治療法のない、極めて稀で、致命的な疾患を持つ子どもだ。症例数が少なすぎて、その疾患を研究する研究者もいない。「治療するにはあまりにも珍しすぎる」といわれるほどだ。

だが、患者の遺伝子に合わせて個別にあつらえる新しい医薬品の登場で、状況は変わろうとしている。特定の DNA の損傷によって起こる極めて稀な病気は数千とあるが、遺伝子治療のおかげで、

少なくとも病に立ち向かえる可能性が出てきた。

患者固有の遺伝子の突然変異に起因する絶望的な病気に苦しむ少女、ミラ・マコベックの症例がその1つだ。ミラのためだけに、医薬品が作られたのだ。ミラの遺伝子異常を医師が解読してからわずか1年で治療が始まり、2019年10月、ニューイングランド医学ジャーナル (New England Journal of Medicine) に論文が発表された。薬は、ミラにちなんで「ミラセン (milasen)」と名づけられた。

この治療でミラの病気が治癒したわけではない。だが、ミラだけのための薬によって、病状は

超個別化医療

なぜ重要か

ある1人の患者に向けた遺伝子医療は、治療法がない病気を患った人々に希望を与える。

キー・プレイヤー

A-Tチルドレンズ・プロジェクト (A-T Children's Project)、ボストン小児病院、アイオニス・ファーマシューティカルズ (Ionis Pharmaceuticals)、米国食品医薬品局 (FDA)

実現時期

実現済み


安定したようだ。ミラの発作は減少し、介助があれば立ち上がって歩けるようになった。

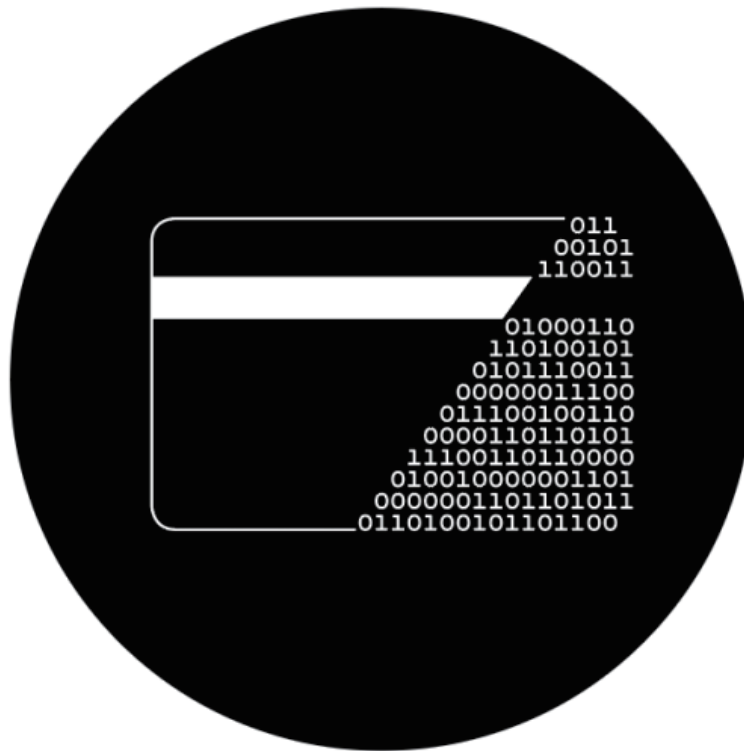
治療が実現したのは、より迅速に遺伝子治療薬を作れるようになり、効果が現れる可能性も高まったからだ。こうした新しい医薬品は、遺伝子置換、遺伝子編集、アンチセンス（ミラが投与されたタイプ）と呼ばれる、誤った遺伝子情報を消去・修正する分子消しゴムのような形式になるだろう。これらの治療法に共通しているのは、遺伝性疾患のDNAの修正や補正をデジタルスピードでプログラムできる点だ。

ミラのような治療例は、どれくらいあるだろうか。現時点では、ほんのわずだ。

だが、今後、多くの症例が出てくるだろう。かつては、さまざまな障害を発見し「残念です」と断っていた研究者たちが、今やDNAに解決策を見出し、何かできるかもしれないと考えている。

「n-of-1」治療の真の課題は、医薬品の開発・試験・販売に関して一般的に受け入れられている、あらゆる概念に反していることだ。開発や製造に大量の人材を必要とするような医薬品を使って1

人の患者を救った場合、誰がその費用を負担するのだろうか？ (アントニオ・レガロード)



③ デジタルマネー

デジタル通貨の台頭は、金融プライバシーに大きな影響を与える。

2019年6月、フェイスブックは「世界通貨」を標榜する「リブラ (Libra)」を発表した。構想は反発を招き、少なくとも当初想定されていた形でのリブラの発行はなくなりそうだが、それでも変化は生まれた。フェイスブックの発表からわずか数日後、中国人民銀行の関係者が、中国独自のデジタル通貨の開発加速を示唆したのだ。現在、中国は主要経済国の中で初めてデジタル通貨を発行し、物理的な現金と置き換えようとして

いる。

準備金の大部分を米ドルが占め、米ドルが基軸となるリブラを、中国の指導者たちは明らかに脅威と感じているようだ。米ドルが事実上世界の準備通貨となっていることから、米国は世界の金融システムにおいて不釣り合いなほど大きな力を持っており、リブラの誕生でその力が強まる恐れがある。中国はデジタル人民元を国際的に推進するつもりではないか、との疑念もある。

現在、フェイスブックのリブラの発行は地政学的問題になっている。2019年10月、フェイスブックのマーク・ザッカーバーグ CEO (最高経営責

デジタルマネー

なぜ重要か

物理的な現金の利用が減少するにつれ、仲介者がいない（売買の直接）取引の自由度も低下している。一方、デジタル通貨テクノロジーが、世界の金融システムの分断に利用される可能性がある。

キー・プレーヤー

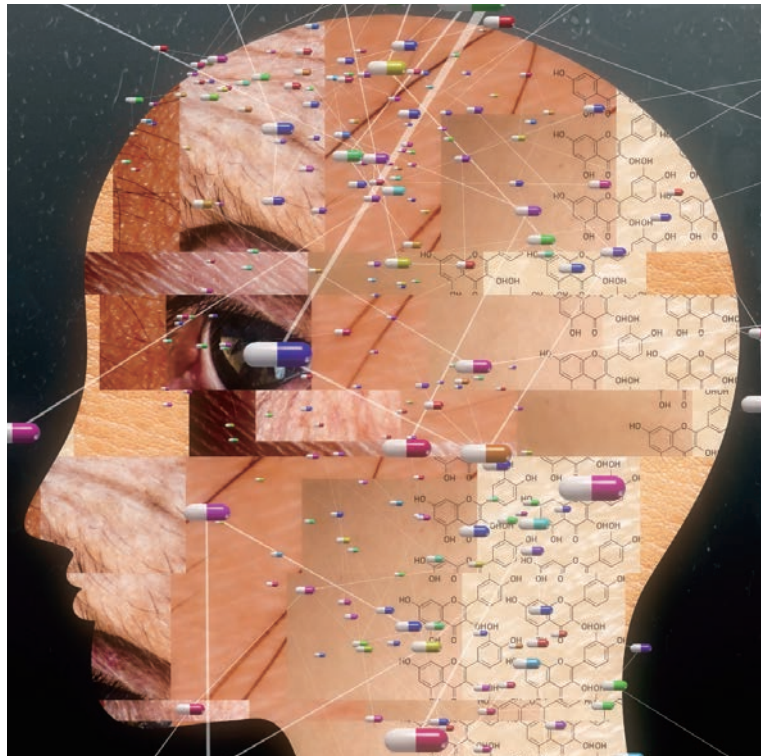
中国人民銀行、フェイスブック

実現時期

2020年

任者)は、リブラにより「民主主義的な価値観、監視体制だけでなく、世界の金融界における米国のリーダーシップは力を増すでしょう」と議会で約束した。デジタル・マネー戦争が始まったのだ。

✚ (マイク・オルカット)



YOSHI SODEOKA

④ アンチエイジング薬

体内の自然な老化プロセスに狙いを定めた疾患治療を試みる薬は、将来有望なことが明らかになってきた。

新しい種類のアンチエイジング薬の最初の波は、すでにヒト臨床試験に入っている。こういった薬で（まだ）長生きできるわけではないが、老化の根本的なプロセスを遅らせたり、逆行させたりすることで、特定の病気を治療しようとしている。

これらの薬は「セノリティクス (senolytics)」と呼ばれ、加齢とともに蓄積される特定の細胞を

除去する。これらの細胞は「老化」細胞として知られ、細胞修復の正常なメカニズムを抑制したり、隣接する細胞に有害な環境を作り出したりして、低レベルの炎症を引き起こす。

2019年6月、サンフランシスコに拠点を置くユニティ・バイオテクノロジー (Unity Biotechnology) は、軽度から重度の変形性膝関節症患者を対象とした初期の臨床試験結果を報告した。より大規模な臨床試験の結果は、2020年後半に発表される予定だ。また、同社は加齢に伴う目や肺などの疾患治療を目的とした、同様の薬剤も開発している。

現在、セノリティクスは老化やさまざまな疾患

アンチエイジング薬

なぜ重要か

がん、心臓病、認知症など、さまざまな疾患が、老化を遅らせることで治療できる可能性がある。

キー・プレイヤー

ユニティ・バイオテクノロジー (Unity Biotechnology)、アルカヘスト (Alkahest)、メイヨー・クリニック (Mayo Clinic)、オイシン・バイオテクノロジー (Oisín Biotechnologies)、シワ・セラピューティクス (Siwa Therapeutics)

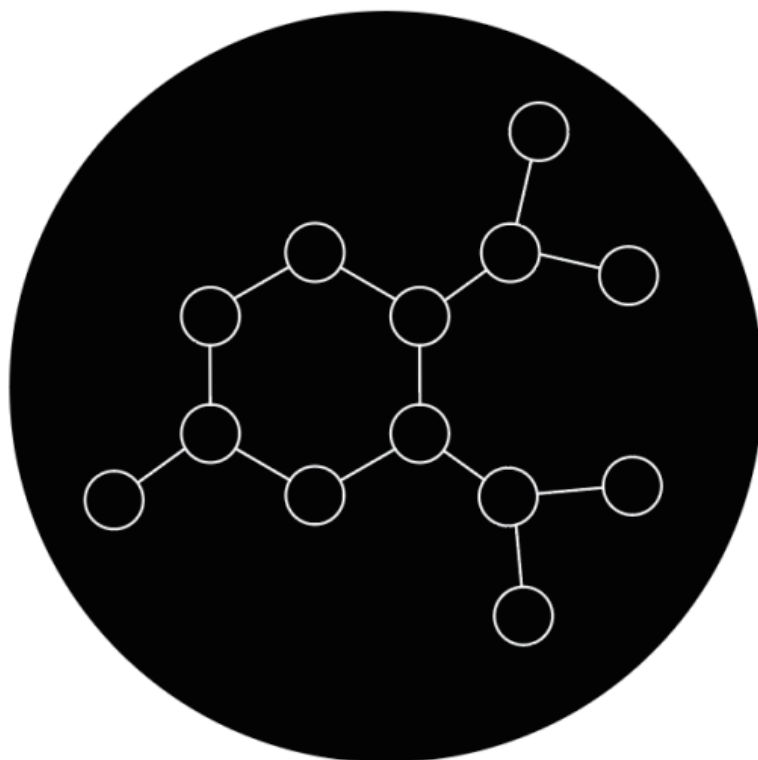
実現時期

5年以内

の原因となる生物学的プロセスを対象とした、他の多くの有望な手法とともに臨床試験が実施されている。アルカヘスト (Alkahest) は、若者の血漿を軽度から中等度のアルツハイマー病に苦しむ患者に投与し、患者の認知力などの機能低下を抑制しようとしている。また、同社はパーキンソン病や認知症治療薬の臨床試験もしている。

2019年12月には米国のドレクセル大学医学部の研究チームが、免疫抑制剤ラパマイシン (rapamycin) を含むクリームで、人間の皮膚の老化を遅らせる作用について臨床試験をした。

こうした臨床試験は、心臓病や関節炎、がん、認知症といった老化に関連する多くの疾患の発症をハッキングによって遅らせることができるかどうか、研究者たちが確かめる取り組みの広がりを反映したものだ。👤 (アダム・ピオル)



⑤人工知能が発見する分子

科学者たちは有望な薬品に類似する化合物を見つけようと、人工知能（AI）を活用している。

生命を救う可能性を秘めた薬に変わるかもしれない分子の宇宙は、驚くほど広い。研究者の推定では、およそ10の60乗もあるという。これは太陽系に存在する総原子数よりも多く、化学者が価値のある分子を見つけられれば、事実上、無限の化学的な可能性を提供する。

今や機械学習ツールは、既存の分子やその特性に関する大規模データベースを探索し、その情報を活用して新しい可能性を生み出そうとしてい

る。これにより、より速く、より低コストで新薬の候補が発見できるかもしれない。

2019年9月、香港に拠点を置くインシリコ・メディシン（Insilico Medicine）とトロント大学の研究者チームは、人工知能（AI）アルゴリズムが発見した複数の新薬候補を合成して、この戦略の取り組みが適切だと示す説得力のある第一歩を踏み出した。

囲碁で世界チャンピオンを打ち負かした生成モデルや、深層学習に類似した手法を使って、研究者たちは有望な特性がある約3万の新しい分子を特定した。その中から6つを選び、合成して

人工知能が発見する分子

なぜ重要か

新薬を商品化するには、平均約 25 億ドルの費用がかかる。その理由の 1 つは、有望な分子の発見が難しいからだ。

キー・プレイヤー

インシリコ・メディシン (Insilico Medicine)、キボティクス (Kebotix)、アトムワイズ (Atomwise)、トロント大学、ベネボレント AI (BenevolentAI)、ベクター研究所 (Vector Institute)

実現時期

3～5 年

テストしたところ、そのうちの 1 つは特に活性が高く、動物実験で有望だと証明された。

創薬に携わる化学者は、しばしば新しい分子を夢見る。創薬は、業界でも最高水準の研究者たちが、長年の経験と鋭い直感によって作り上げる芸術ともいえる。今や科学者たちは、新しいツールを手に入れ、創造力を膨らませている。✚ (デビッド・ロットマン)

**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69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。