

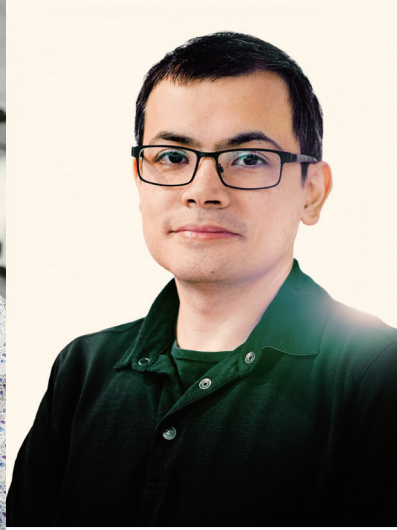
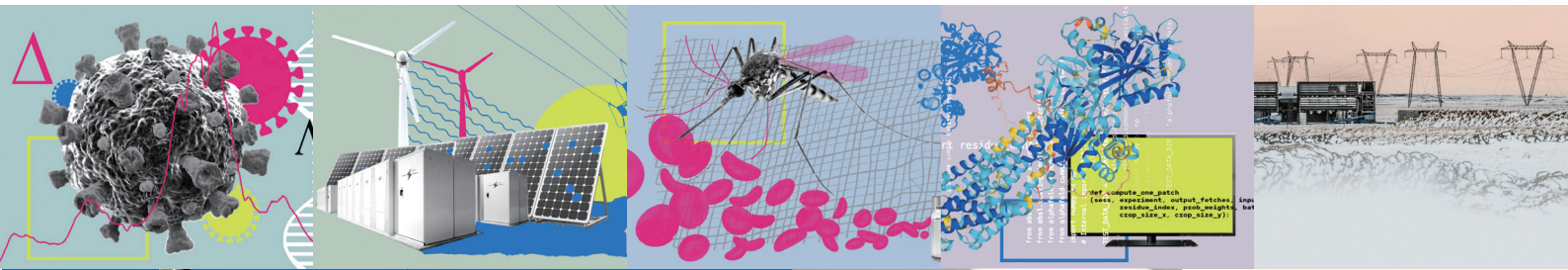
MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

A large, 3D-rendered number '10' in a golden, textured font is centered on a background of overlapping, translucent blue geometric shapes, primarily triangles and polygons, creating a dynamic, crystalline effect. The number has a slight shadow and a bright highlight on its top surface, giving it a three-dimensional appearance.

10 BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES 2022

MITTR が選ぶ、世界を変える 10 大テクノロジー



CONTENTS

- 001 MIT テクノロジーレビューが選んだ、
世界を変える 10 大技術
- 024 新型コロナ変異株追跡、
試されたゲノム解析の真価
- 035 ソフトバンクも買う巨大「鉄フロー電池」、
再エネシフトの切り札なるか
- 044 ディープマインド CEO 独白
「私がアルファ碁よりも本当に作りたかった AI」

MITテクノロジーレビューの「ブレイクスルー・テクノロジー 10」は、今後数年間で世界に最も大きな影響を与えるテクノロジーの進歩を紹介する年次企画だ。今年も、医療、エネルギー、デジタル技術など幅広いテーマから 10 の技術を選定し、関連する記事も併せて掲載した。今年で 21 年目を迎えるリストから、未来への一步を楽しんでいただければ幸いだ。



10 Breakthrough Technologies 2022

MIT テクノロジーレビューが選んだ、 世界を変える 10 大テクノロジー

MIT テクノロジーレビューの「ブレイクスルー・テクノロジー 10」は、今後数年間で世界に最も大きな影響を与える技術の進歩を紹介する年次企画です。毎年、医療、エネルギー、デジタル技術など幅広いテーマについて、専門記者と編集者が調査し、私たちの生活に有意義な影響を与えるで

あろう進歩を選定します。今年で 21 年目を迎えるリストには、私たちの生活や仕事のあり方をすでに変え始めている技術もあれば、間もなくそうなりそうな技術もあります。未来への一歩をお楽しみください。

- ① パスワードの終わり
- ② 新型コロナウイルス変異株追跡
- ③ 送電網向け「長持ち」蓄電池
- ④ タンパク質構造の AI 予測
- ⑤ マラリア・ワクチン
- ⑥ プルーフ・オブ・ステーク
- ⑦ 新型コロナ飲み薬
- ⑧ 実用的な核融合炉
- ⑨ AI のための合成データ
- ⑩ 二酸化炭素除去工場



Andrea D'aquino

①パスワードの終わり

企業はようやく、安全性が低いことで有名なパスワードによる認証から、他の認証方法へ移行し始めている。面倒なパスワード管理の作業を厄介払いできるようになりつつあるのだ。

キープレイヤー：マイクロソフト、グーグル、オクタ (Okta)、デュオ (Duo)

実現時期：実現済み

1960年代初頭、新しいタイプの共有コンピューター・システムを開発していたマサチューセッツ工科大学 (MIT) のフェルナンド・コルバト教授は、ユーザーのプライベートなファイル

を保護するための方法を欲していた。コルバト教授の考えた解決策が、パスワードだった。以降、長年にわたってパスワードは他の認証方法を駆逐し、あらゆる場所で、あらゆるものにログオンするための標準的な方法になった。

だが、パスワードには難点がある。それは、本質的に安全性が低いということだ。パスワードは盗まれたり、推測されたり、力づくで破られたり

する可能性がある。むしろほとんどの人は、危険なパスワードを使っている（さらに悪いことに、パスワードを使い回しすらしている）。

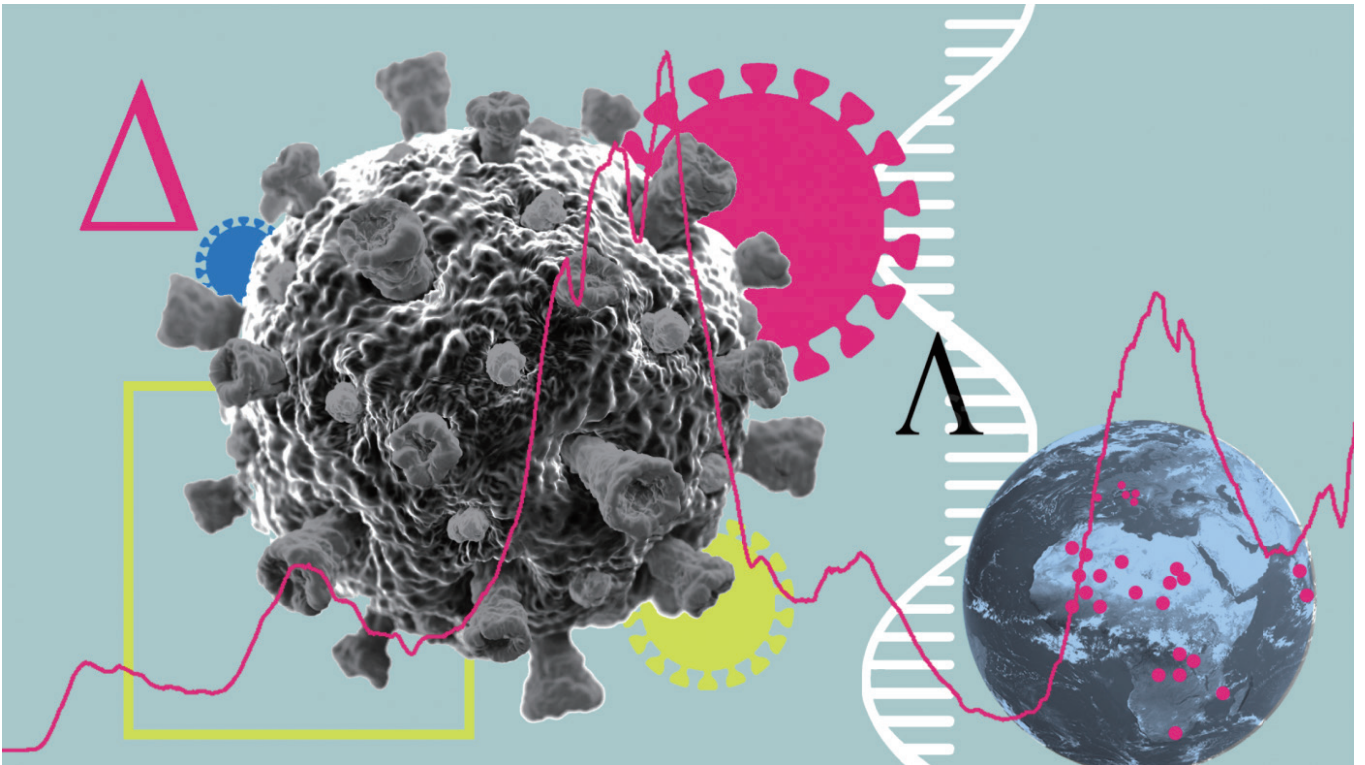
ダッシュレーン（Dashlane）やワン・パスワード（1Password）といったパスワード管理ソフトは、パスワードのさまざまな英数字をすべて追跡し、弱いパスワードを置き換えることもできる。だが、セキュリティに関して言えば、パスワード管理は中途半端だ。本当のセキュリティ対策は、パスワードを完全になくすことだ。

そのプロセスはすでに始まっている。オクタ（Okta）やデュオ（Duo）といった大企業を顧客とする会社や、グーグルなどの個人 ID プロバイダーは、パスワードを入力せずにアプリやサービスにログインする方法を提供している。アップルの顔認識システムは生体認証ログインを主流の地位に引き上げた。中でも注目すべきなのは、マイクロソフトが 2021 年 3 月、一部の顧客は完全にパスワードレス認証に移行できると発表したことだ。さらに 9 月には、パスワードを完全に削除するよう人々に促した。それに代わるのは、か

つて駆逐された他の認証方法だろうか？ ついに、他の認証方法がパスワードに逆転勝利する時がやってきたのだ。

読者もおそらく次のような認証方法を経験したことがあるだろう。Web サイトにログインしたり、アプリを起動したりする際に、パスワードを入力する代わりに、認証アプリに表示される 6 桁のコードを入力したり、携帯電話の通知をタップしたり、メールで送信されたリンクをクリックしたりするのだ。あるいは、携帯電話を顔に向けるだけで済むかもしれない。いずれも非常に簡単だ。

山ほどの文字や記号を入力して、それを思い出したり、書き留めたり、データベースに保存したりする作業は必要なくなる。そんなものはすべて厄介払いできるのだ。（Mat Honan）**T**



Andrea D'aquino

② 新型コロナウイルス変異株追跡

新型コロナウイルスは地球上でもっとも遺伝子解析が進んだ生命体となった。
新たな変異株が広がったらすぐに見つけられるようになっている。

キープレイヤー：ジスエイド (GISAID)、ネクストストレイン (Nextstrain)、イルミナ (Illumina)

実現時期：実現済み

今回のパンデミックを通じて、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の陽性反応が出た鼻腔スワブのうち、およそ 100 本に 2 本が追加検査に回され、ゲノム解析が実施されている。その目的は、新型コロナウイルス (SARS-CoV-2)

のゲノム、約 3 万個の塩基すべての最新遺伝子マップを作成し、変化の過程をたどることにある。

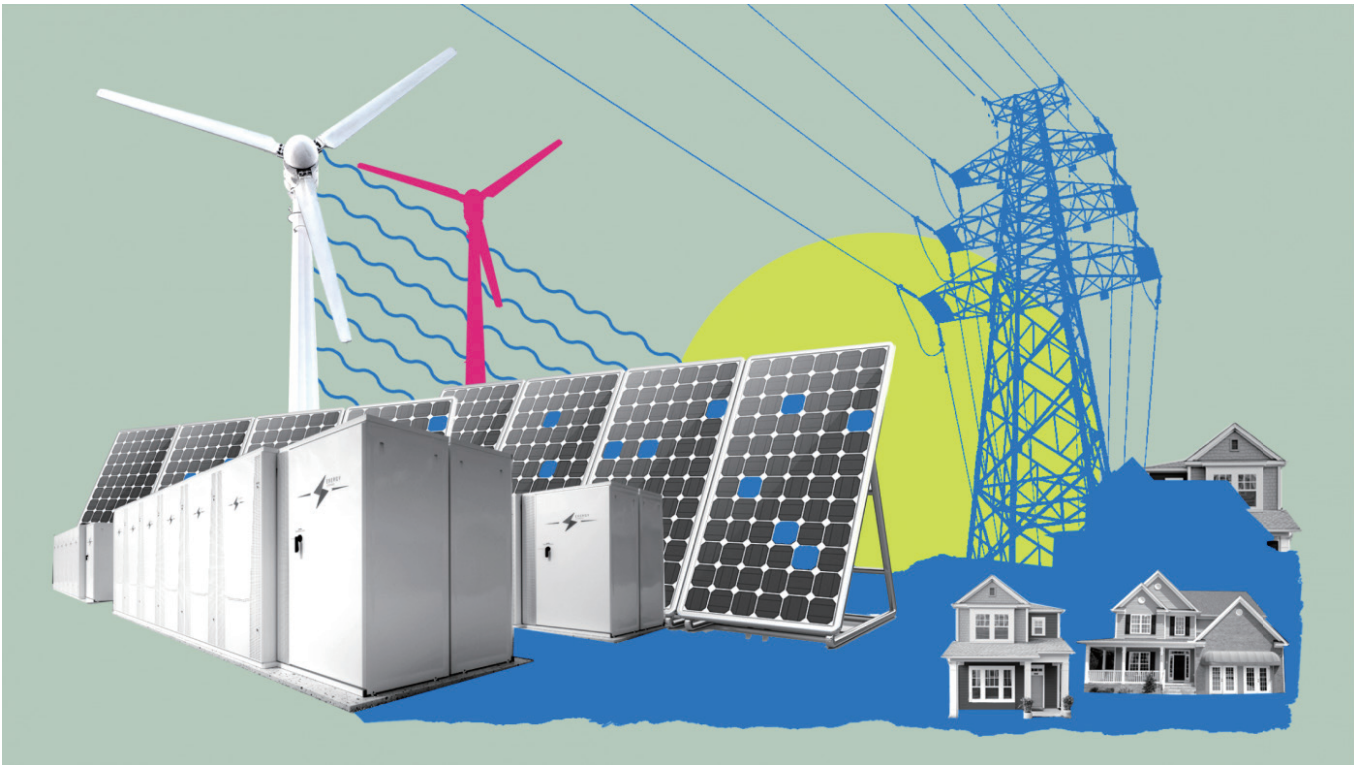
ウイルスの遺伝子を監視することで、科学者たちはアルファやデルタ、そして最近ではオミクロンといった変異株をすばやく特定し、警鐘を鳴らすことができた。これまでになかった試みであり、新型コロナウイルスは歴史上もっとも遺伝子の解析が進んだ生命体となった。それは、インフルエンザや HIV (ヒト免疫不全ウイルス)、さらには

ヒトのゲノムさえも上回るほどだ。ジスエイド (GISAID) やネクストストレイン (Nextstrain) などのオープンデータベースには現在、新型コロナウイルスの遺伝子マップが 700 万以上集まっている。

オミクロン株は、これまでもっとも劇的な進化を遂げた変異株だ。南アフリカのある研究所が遺伝子を解析したところ、50 以上の変異のあるゲノムが発見され、2021 年 11 月に初めて警告が発せられた。その後すぐにシアトルやボストン、ロンドンのコンピューターにデータが入力され、「オミクロンは抗体をすり抜ける変異種であり、問題となる」という予測がはじき出された。

だが、遺伝子解析をもってしても、新型コロナウイルスの今後の進化に関する正確な予測は立っていない。そのため、新型コロナウイルスをさらに綿密に追跡すべきだという意見もある。解析の大部分は英国や米国、デンマークといった国でなされている。だが、新型コロナウイルスが解析能力のない場所で密かに進化する可能性もある。幸いなことに、南アフリカですばやくオミクロン

株が特定され、その広がりが調査されたおかげで、世界は早期の警戒体制をとることができた。(Antonio Regalado) **T**



Andrea D'aquino

③送電網向け「長持ち」蓄電池

安価で長持ちする鉄系電池は、再生可能エネルギーで発電した電力の供給を安定化し、使用を拡大するのに役立つ可能性がある。

キープレイヤー：ESS、フォーム・エナジー（Form Energy）

実現時期：実現済み

2021年4月のよく晴れた日の午後の数秒間、カリフォルニア州の主要送電網で再生可能エネルギーがそれまでの記録を更新し、94.5%の需要を満たす電力を供給した。この瞬間は、脱炭素化への道の重要な節目として称えられた。しかし、

日が沈み、風が止まったらどうなるのか。

再生可能エネルギーの発電量の変動に対処するには、一度に数時間あるいは数日間の分の電力量を、安価に貯蔵できる電池が必要となる。新しいタイプの鉄系電池が、その役割を果たせるかもしれない。

オレゴン州に本社を置くESSが製造する電池は、4時間から12時間の分の電力量を貯蔵できる。ESSは2021年に同社初のグリッドスケール（送

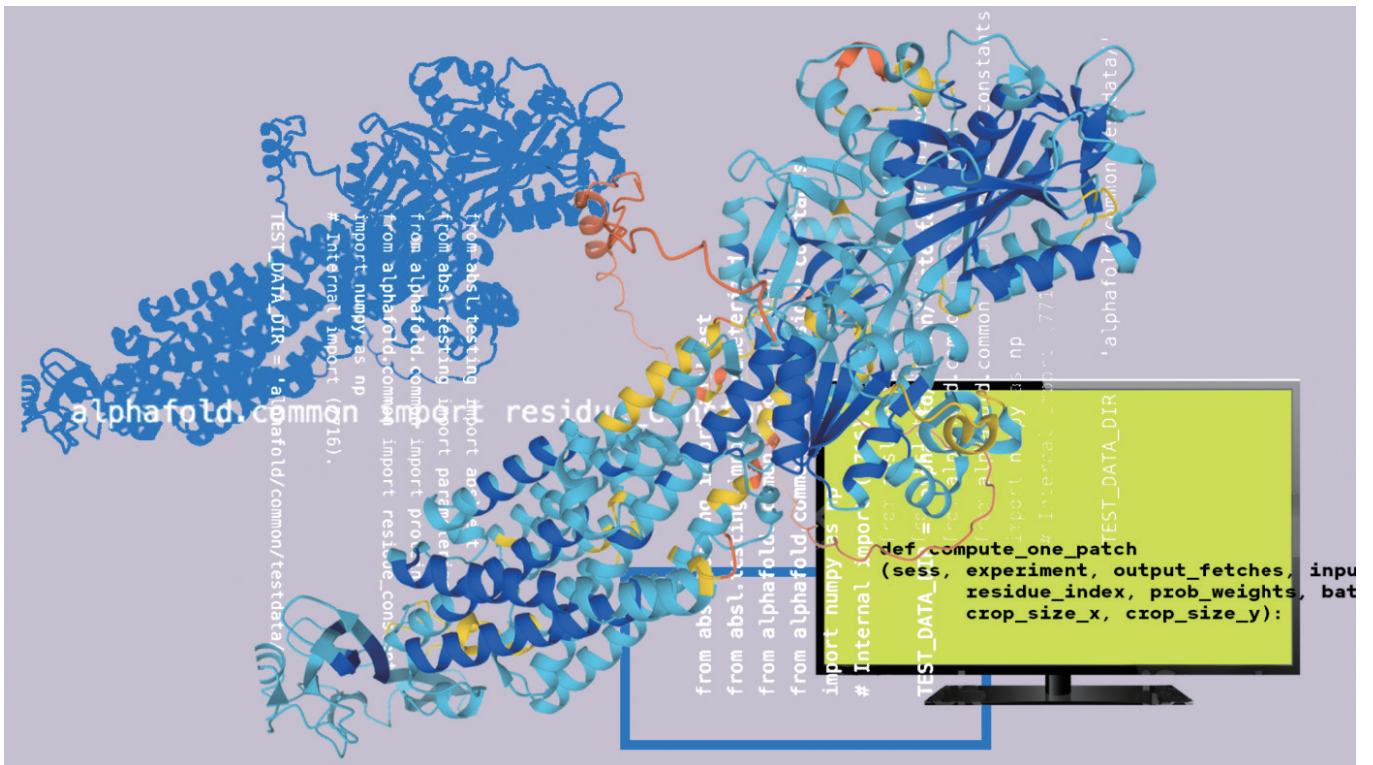
電網用蓄電池)のプロジェクトを立ち上げた。一方、マサチューセッツ州を拠点とし、2021年に2億4000万ドルの資金を調達したフォーム・エナジー (Form Energy) は、最大100時間分の電力量を貯蔵できる電池を開発した。この電池は、2023年に完成予定のミネソタ州の1メガワットの試験設備に初めて導入される。

両社とも、地球上で最も豊富に存在する材料の1つである鉄を使用した電池を主力としている。つまり、両社の製品はゆくゆく、リチウムイオン電池やバナジウムフロー電池などの他の送電網用蓄電池の候補より安価となる可能性がある。フォーム・エナジーは、同社の電池コストが最終的に1キロワット時あたりわずか20ドルになるとしている。今後数十年のリチウムイオン電池のコストの楽観的な予測よりも安価だ。

対処すべき課題もまだある。通常、鉄系電池は効率が低い。つまり、電池に蓄えたエネルギーの結構な割合が回収できない。望ましくない副反応により、時間とともに劣化する可能性もある。だが、鉄系電池は、十分安価に広範囲に配置でき

れば、世界のより多くの地域に再生可能エネルギーで電力を供給するのに役立つ可能性がある。

(Casey Crownhart) 



Andrea D'aquino

④タンパク質構造の AI 予測

深層学習 AI の手法により生物学 50 年来の難問を解決したことで、
ディープマインドは創薬の新しい道を開いた。

キープレイヤー:ディープマインド (DeepMind)、
アイソモーフィック・ラボ (Isomorphic Labs)、
ベイカー・ラボ (Baker Lab)

実現時期: 実現済み

2020 年末の時点で、英国に本拠を置く人工知能 (AI) 企業ディープマインド (Deep Mind) は、AI に関して驚くべき業績をいくつもあげていた。

中でも、同年 9 月にタンパク質の折りたたみ構造 (フォールディング) を予測するためのプログラムを公開した際には、その出来の良さに生物学者は舌を巻いた。

人体の働きには必ずと言っていいほどタンパク質が関わってくる。そのため、個々のタンパク質の機能を解明することは、創薬全般において、またさまざまな病気について理解を深めるうえで非

常に重要となる。タンパク質の機能を決めるのは、その三次元構造である。

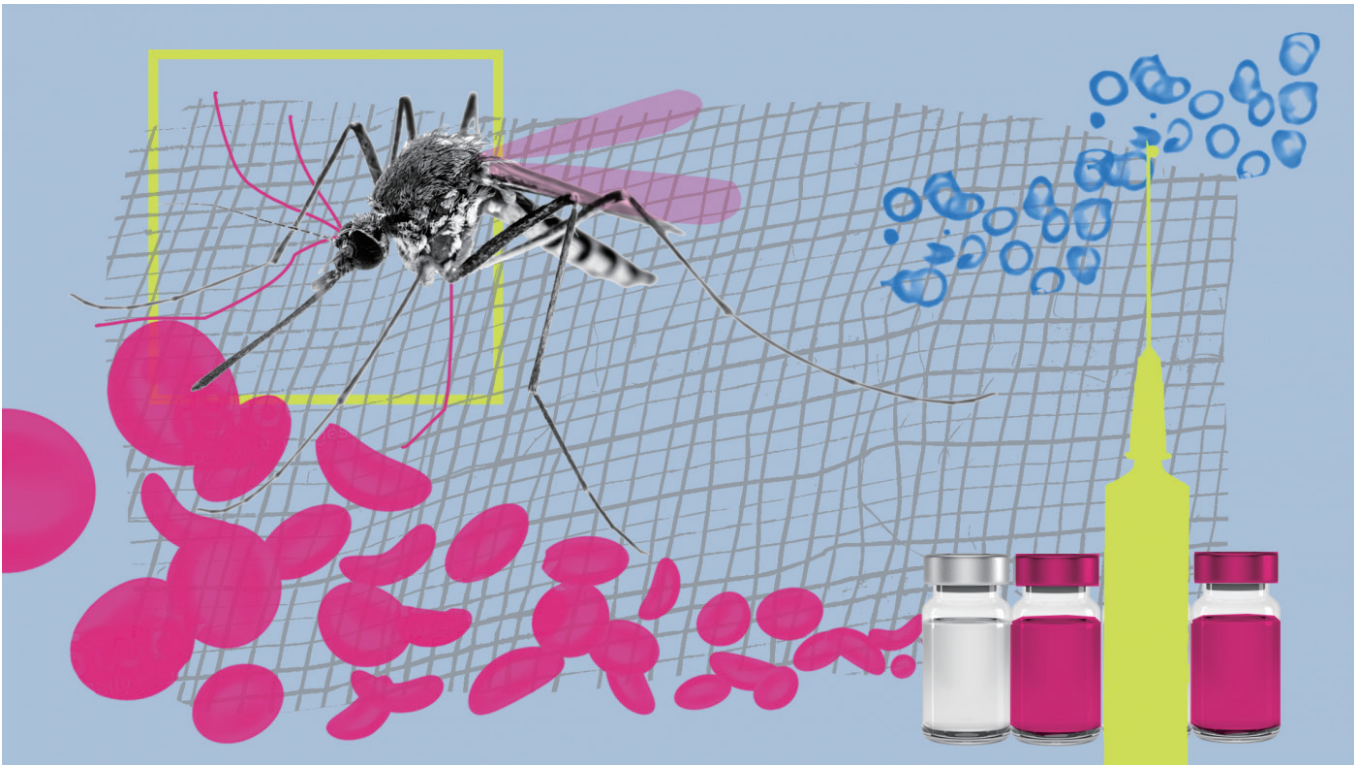
タンパク質は、ひも状に連なるアミノ酸が複雑にねじれたりよじれたりして、折りたたまれることで出来上がる。その構造や機能を研究室で解明するには何カ月もかかる。科学者は長い間にわたり、その作業を簡略化するためコンピューターを使った予測手法を試してきた。しかしどんな手法も、人間による予測の精度には遠く及ばなかった。

だが、ディープマインドの「アルファフォールド (AlphaFold) 2」によって状況は変わった。アルファフォールド 2 は深層学習という AI の手法を使ったソフトウェアであり、タンパク質の構造を原子レベルの単位で予測できる。研究所で使われる予測手法は時間を要する代わりに精度が高い。その精度にコンピューターが初めて匹敵したのだ。

世界各地の科学者チームはすでにアルファフォールド 2 を、がんや抗生物質耐性、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の研究に利用し始めている。加えてディープマインドは、ア

ルファフォールド 2 によるタンパク質構造の予測結果をデータベースとして公開している。データベースのエントリー数は現時点でおよそ 80 万に上る。ディープマインドは、来年にはさらに 100 万追加すると述べている。これは科学的に知られているタンパク質の総数とほぼ等しい。

ディープマインドの研究をもとに、アイソモーフィック・ラボ (Isomorphic Labs) という会社も立ち上がった (アルファベットの子会社であり、ディープマインドのデミス・ハサビス最高経営責任者 (CEO) が同じく CEO を務める)。アイソモーフィック・ラボは、既存のバイオテクノロジー企業や製薬会社と協力していくという。アルファフォールド 2 の本当のインパクトが現れるまでには 1~2 年を要するかもしれない。しかし、その可能性は、世界各地の研究所で急速に明らかになりつつある。(Will Douglas Heaven) **T**



Andrea D'aquino

⑤ マラリア・ワクチン

毎年何十万人もの子どもたちが、マラリアで命を落としている。

グラクソ・スミスクラインのワクチンは、

他の感染対策と組み合わせることでマラリアによる死亡率を 70%も減少させられる。

キープレイヤー：グラクソ・スミスクライン (GlaxoSmithKline)、世界保健機関 (WHO)

実現時期：一部実現済み

命に関わることで知られるマラリア原虫は、人の免疫機能で検出されることを回避して人体内で繁殖する方法を無数に進化させてきた。マラリアの感染は、主にサハラ砂漠以南のアフリカ地域に

集中しており、全体の感染者の約 95%がこの地域におけるものである。マラリアにより年間 60 万人以上が死亡しており、その大半が 5 歳以下の子どもだ。

2021 年 10 月、蚊によって媒介される致命的な病気であるマラリアに対抗する世界初のワクチンが、何年もの開発期間を経て、ようやく世界保健機関 (WHO) に承認された。

「RTS,S」または「モスキリックス(Mosquirix)」と呼ばれるグラクソ・スミスクライン (Glaxo SmithKline) のマラリア・ワクチンは、非常に効果が高いというわけではない。同社のワクチンは、生後5カ月から17カ月までの子どもに3回接種する必要があり、さらに3回目の接種から12カ月から15カ月後に4回目の接種が必要となる。ケニア、マラウイ、ガーナの80万人以上の子どもを対象に先行接種を実施したところ、1年目にはマラリアの重症化を防ぐ効果が約50%確認されたものの、時間の経過につれて効果は劇的に低下した。

それでも公衆衛生当局は、1987年から試験的に接種が実施されているこのマラリア・ワクチンについて、アフリカにおける「ゲーム・チェンジャー」と称賛している。虫を寄せ付けないよう殺虫剤をコーティングした蚊帳や、抗マラリア医薬品を雨季に投与するなど、他のマラリア対策と組み合わせることで、既存の医薬品を投与された子どもたちと比較して、マラリアによる死亡率を最大で70%減少させることが期待される。

モスキリックス はまた、人の寄生虫病に対し初めて承認されたワクチンであるという、より広い意味合いを持っている。寄生虫は複雑な多細胞生物であり、ゲノム情報の規模は一般的なウイルスや細菌のゲノム規模の500～1000倍にもなる。このように複雑な構造をしているため、寄生虫は、人間の免疫反応を受けた際に無数の変異を起こすことができる。グラクソ・スミスクラインのマラリア・ワクチンは、生後間もない寄生虫の表面に点在する1つのタンパク質を複製したものと、体の免疫系に警鐘を鳴らして人体に抗体産生を促すように設計された一連の分子で構成されている。これにより、本物のマラリア病原体による侵入から人体を保護することになる。

公衆衛生当局は、今回のマラリア・ワクチンの承認がイノベーションを促進する可能性が高いと述べる。第2世代のマラリア・ワクチンや、他の寄生虫病向けのワクチンの開発もすでに進んでいる。(Adam Piore) **T**

**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47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 ASCII Research Laboratories, Inc.

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 角川アスキー総合研究所 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。