

MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

Vol.

80

2025.12

生命のリデザイン
マンモスは蘇るのか

News&Trends

オープンAIの新モデル、幻覚の原因解明へ
英国が動物実験廃止計画、臓器チップで代替

Interview

武田俊太郎（東京大学）

003

特集

生命のリデザイン マンモスは蘇るのか

004 歴史を書き換え、未来を救う
驚きの「古代DNA革命」

014 ダイアウルフを復活?
謎の「白いオオカミ」の正体

020 遺伝子編集動物は誰のもの?
知財ビジネスを目論む企業も

023 2027年にマンモス復活へ
「脱絶滅」企業の野望

026 合成胚で肉牛を作る
クローニング2.0の衝撃

031 U35 イノベーターの軌跡 #32

武田俊太郎（東京大学）
日本発の光技術で世界の量子計算レースに挑む

034 News&Trends

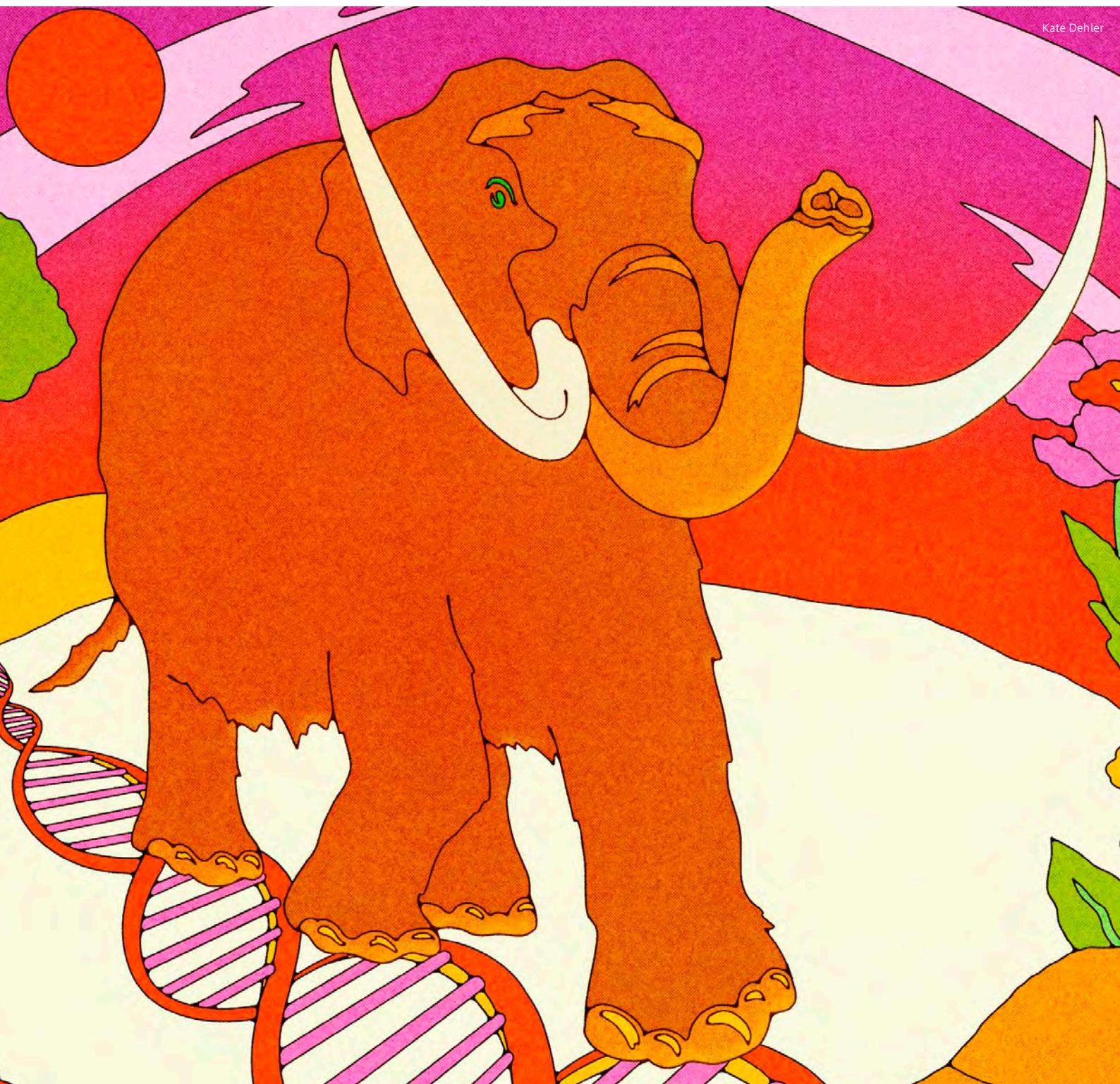
オープンAIが新モデル、幻覚や暴走の原因解明へ
量子技術でDeepSeekを小型化、「検閲解除」にも成功
英国が動物実験廃止計画、臓器チップやAIで代替
高温製錬に代わる銅抽出法、電池化学の応用で新発想

042 Opinion

太陽地球工学に民間マネー 地球冷却ビジネスの根本問題

生命のリデザイン マンモスは蘇るのか

まるで映画『ジュラシック・パーク』の世界が現実に迫っているかのようだ。かつてはフィクションの産物だった“絶滅動物の復活”が、古代DNAの復元技術と遺伝子編集の進歩によって、実験室の中で現実味を帯び始めている。マンモス復活を掲げる脱絶滅ベンチャーの挑戦に加え、卵子も精子も使わない合成胚によるクローン2.0まで登場した。生命は読み解くだけでなく、つくり変える対象になったのだ。人類はどこまで踏み込むべきか——その境界を探る。



Story

1

生命のリデザイン マンモスは蘇るのか

歴史を書き換え、未来を救う 驚きの「古代DNA革命」

エスケ・ウィラースレフ教授率いるコペンハーゲン大学の研究チームは、古代DNAの解読で歴史を書き換えてきた。狩猟採集民から農耕民への移行、多発性硬化症のルーツ、絶滅した生態系の解明——はるか昔の人類や環境について教えてくれる古代DNAは、未来を救うことにもつながるのだろうか。

by Antonio Regalado (米国版生物医学担当上級編集者)

II

スケ・ウィラースレフ(コペンハーゲン大学教授)

は、モントリオールのレッドバス博物館で見学ツアーに参加していた。レッドバス博物館にはビクトリア朝時代の70万点の収蔵品からなる自然史コレクションがあり、その多くが木とガラスでできた棚に展示されている。「非常にさまざまなものがあります」と学芸員が説明するこれらのコレクションは、19世紀の旅行者や地質学ファンが土産物として興味を持ったものが集められている。訪れた人が見ることができるのは、絶滅したステラーカイギュウの脚の骨、侍の甲冑、クーガーの剥製、2体の人間のミイラなどだ。

古い骨や物体からDNAを採取する専門家として知られるウィラースレフ教授は、この寄せ集めの収蔵品の中に生物学的サンプルの可能性を見ていた。エジプト製の小さな調理鍋に目をやりながら、彼はツアーリーダーに尋ねた。「これらの鍋の中で穀物が見つかったことはありますか?」。恐竜の骨格標本が本物の骨ではなく鋳型であることが分かった後、ウィラースレフ教授はこう口にした。「残念です。歯にタンパク質が付着していることがあるので」。

「私はいつも、『DNAを採取できる何かおもしろいものはないか』と考えているんです」と、ウィラースレフ教授はちらりと学芸員たちを見て言った。「しかし、歓迎はされません。なぜなら……」最近まで小型の電動ノコギリを持って旅していた彼は、手で前後にスライスするジェスチャーをしてみせた。

ウィラースレフ教授は、世界文化理事会から科学賞を受賞するためにモントリオールを訪れていた。この賞は、過去には弦理論家のエドワード・ウィッテンや、天体物理学者でクエーサーに関する研究で知られるマーガレット・バービッジが受賞している。ウィラースレフ教授は、「進化遺伝学における数々のブレークスルー」が認められて受賞することになった。その中には、2010年に古代人のゲノムを初めてほぼ完全に復元したことや、これまでに回収された最古の遺伝物質の記録を樹立したことも含まれる。グリーンランドの凍土から採取された240万年前の遺伝子から、この北極圏の砂漠がかつては森であり、ポプラやカバが生い茂り、マストドンが歩きまわっていたことを明らかにした。

これらの発見は、「古代DNA革命」と呼ばれる研究の一環であり、現代

の生物のDNAを解析するための高速機器が、過去の標本の研究にも活用されるようになったことで実現した。ウィラースレフ教授が所属するコペンハーゲン大学グループ研究所(Globe Institute)には、考古学者

「私たちは文字通り、
現在と過去のDNAの上を歩いているのです」

エスケ・ウィラースレフ(コペンハーゲン大学教授)



エスケ・ウィラースレフ教授は、人間、動物、環境から古代DNAを抽出し、その塩基配列を決定する先駆的な研究に取り組む世界有数の研究所を率いる人物だ。主な競争相手は、ハーバード大学や、ドイツのライプツィヒにあるマックス・プランク進化人類学研究所である。

JONAS PRYNER ANDERSEN

によって発掘された人骨から切り出された臼歯や耳の骨が詰まった冷凍庫がある。また、別の冷凍庫には湖底から掘削された堆積物コアが保管されており、ウィラースレフ教授の研究チームは、それを用いてかつて存在していた生態系全体の痕跡を調査している。

グローブ研究所のような資金力のある研究機関のおかげで、「遺伝子のタイムマシン」はかつてないほど活発に稼働している。現在、スミルドンやホラアナグマ、バイキング、ポリネシアの航海者、そして多くのネアンデルタール人を含む数千人の古代人の遺伝子地図が作成されている。ネイチャー誌に掲載された

2024年12月の集計によると、研究対象となった古代人の総数は1万人を超える、今も急速に増加している。また、DNAの供給源も増えている。研究者たちは、氷河期の女性のDNAをトナカイの歯の表面に吸収された形で発見することに成功した。さらに、洞窟の床を掘削することで、かつてそこに住んでいた人々や動物の痕跡を明らかにしている。

「私たちは文字通り、現在と過去のDNAの上を歩いているのです」。ウィラースレフ教授は語る。

古代の遺伝子は、すでに人類が世界中を移動してきた驚くべき歴史を明らかにしてきた。しかし、研究者たちは古代DNAを単なる過去を映

す望遠鏡以上のものとして活用できることを期待している。彼らは、古代DNAが現代において具体的な実用性を持つことを望んでいるのだ。すでに、一部の研究者は糖尿病や自己免疫疾患といった現代病の起源を探る手がかりを求め、古代人のDNA解析を開始している。また、過去の遺伝子データを活用して、現存する生物を改変することを目指す動きもある。

例えば、ウィラースレフ教授の研究センターでは、デンマークの製薬会社ノボ・ノルディスク (Novo Nordisk) を所有する財団から5億クローネ (6900万ドル) の助成金を受け、古代の気候下で生息してい

た植物のDNA変異を大麦、小麦、米などの食用作物のゲノムに組み込むプロジェクトを進めている。この計画は、気温の上昇や予測不能な気象に耐えられる作物、さらには生態系全体を再設計することを目的としており、すでに実施段階に入っている。2024年には、グリーンランドの気温が現在よりはるかに高かった200万年前に生息していた植物の遺伝情報を持つ大麦の新芽が、実験温室で発芽し始めた。

氷床コアから遺伝物質を探し始めたウィラースレフ教授は、古代DNA研究の次のフロンティアとしてこの可能性に注目している。歴史的好奇心を、地球を救う可能性のある研究へと発展させようとしているのだ。「食用作物が気候変動に適応できるように手を打たなければ、人々は飢えてしまうでしょう」とウィラースレフ教授は語る。「しかし、世界中の異なる気候レジームを過去にさかのぼれば、有用な遺伝的適応が見つかるはずです。それは気候変動に対する自然の応答です。そして、それを活用できるか？ 私は、できると信じています」。

細切れと痕跡

1993年、スティーブン・スピルバーグ監督の大ヒット映画『ジュラシック・パーク』が公開される前日、科学者たちは琥珀の中に保存されていた1億2000万年前のゾウムシからDNAを抽出したと論文で発表した。この発見は、映画に登場するクローンのティラノサウルスを現実へと近づけたように思われた。当時、ある科学者はこう述べている。「遅かれ早かれ、恐竜の血液を食料としていた刺咬昆虫が入った琥珀が見つ

かるでしょう」。

しかし、その研究結果には誤りがあることが判明した。現代のDNAに汚染されていた可能性が高かったのだ。問題は、現代のDNAは古い歯や土壤サンプルに残っているものよりもはるかに豊富に存在していることである。遺伝子分子は常に微生物に分解され、水や放射線によって破壊されていく。そのため、時間が経つにつれてDNAの断片はどんどん短くなり、最終的には、それが人間のものかスミロドンのものかさえ判別できなくなるほど小さくなってしまうのだ。

「古代ゲノムを、大きな古い本だと考えてみてください。すべてのページが破り取られ、シュレッダーにかけられ、空中に放り出され、風とともに失われてしまったとします。残っているのは、ほんの数枚の紙切れだけです。さらに悪いことに、そこには古いものや新しいものを含め、別の本の切れ端も混ざってしまっています」。こう語るのは、科学史家のエリザベス・ジョーンズだ。ジョーンズの2022年の著書『こうして絶滅種復活は現実になる：古代DNA研究とジュラシック・パーク効果（原題：Ancient DNA: The Making of a Celebrity Science）』（原書房刊）では、研究者たちが汚染を極度に恐れていることが詳述されている。その汚染には、現代のDNAによる物理的なものもあれば、科学者たちが名声や「第一発見者」としての地位を求めるあまり、乏しいデータを誇張し、奇抜な物語を作り上げてしまうという比喩的なものも含まれる。

「私がこの分野に足を踏み入れたとき、上司に『それは非常にリスクの高い道だ』と言われました」とウィラースレフ教授は語る。

しかし、古い遺伝子の混在や断片化の問題は、2005年に米国企業が超高速次世代シーケンサーを初めて導入したことで、ほぼ解決された。これらの機器はもともと医療研究のために開発され、高速処理のために短いDNA断片を解析するよう設計されている。古代DNAの研究者たちは、この技術を応用すれば、保存状態の悪いサンプルでも解析できることを発見した。そして、ほぼ即座に彼らはホラアナグマやマンモスのゲノムの大部分を復元し始めたのだ。

古代人のゲノム解析がそれに続くまで、そう時間はかかるなかった。当時、ウィラースレフ教授（まだ無名だった）は人骨を入手することができず、ましてやネアンデルタール人の骨など手に入るはずもなかった。なぜなら、保存状態の良いネアンデルタール人の骨は、すでにドイツで次世代シーケンサーを使った分析を進めていたスヴァンテ・ペーボ（マックス・プランク進化人類学研究所所長）によって押さえられていたからだ。しかし、ウィラースレフ教授は、グリーンランドの海岸にある4000年前のごみ捨て場（ミッデン）から採取された長さ約15センチメートルの毛髪の存在を知った。この毛髪は、デンマーク国立博物館で何年もの間、ビニール袋に入れられたまま保管されていた。彼がこの毛髪について学芸員に尋ねると、それが人間のものだとは思うが、確証はないとの答えが返ってきた。

「まあ、つまりですね、グリーンランドに黒い直毛を持つ動物が他にいるでしょうか？」とウィラースレフ教授は言う。「いないですよね？」。

その毛髪には保存状態の良いDNAが含まれていることが判明し、

「考古学者たちは評価されるべきです。なぜなら、彼らは仮説を立てたからです。しかし、私たちはそれを実証し、『そう、これが実際に起ったことです』と言つことができるのでです」

ラッセ・ヴィナー（コペンハーゲン大学グローブ研究所古代DNAラボ運営統括）

ウィラースレフ教授は2010年、ナイチャー誌に「絶滅したパレオ・エスキモー」のゲノムを記述した論文を発表した。このゲノムは、古代の人類のものとして初めてほぼ完全な形で復元されたものだった。分析の

結果、この毛髪の持ち主はA+型の血液型を持つ男性で、おそらく褐色の瞳に太く黒い髪をしていたことが分かった。そして何よりも決定的だったのは、彼には子孫がいなかったという事実である。彼のDNAには、現在のグリーンランドに住むイヌイットには見られない独特の遺伝パターンがあったのだ。

その毛髪は、約4500年前にグリーンランドへ初めて到達したサッカク人と呼ばれる集団がかつて居住していた場所から採取されたものだった。考古学者たちはすでに、サッカク族が鳥用のダーツや槍を作る独特的な技術を持っていたこと、そしてそれが突如として姿を消したことを知っていた。ただ、それは彼らが他の集団と合流したか、あるいはこの土地を去ったためではないかと考えられていた。しかし、この男性のゲノムには、遺伝的に子孫がいないことを示す特徴があった。極端な孤立と近親交配がこの集団を弱体化させ、最終的に本当に絶滅してしまったことが示唆されたのだ。もしかすると、トナカイが渡ってこなかった年があり、それが致命的だったのかもしれない。

「考古学者たちは評価されるべきです。なぜなら、彼らは仮説を立てたからです。しかし、私たちはそれを実証し、『そう、これが実際に起ったことです』と言うことができるのです」。こう語るのは、コペンハーゲン大学グローブ研究所で古代DNAラボの運営業務を統括するラッセ・ヴィナーだ。「私たちは、いくつもの考古学的仮説を証明し、あるいは誤りを立証してきました」。

2024年11月、ヴィナーは頭からつま先まで白いカバーオールを着込み、コペンハーゲンの自然史博物館

の地下にある研究所を案内してくれた。そこでサンプルは、一連の陽圧制御されたクリーンルーム内で処理される。そのうちの1つの部屋では、床がまだ漂白剤で濡れていた。これは、研究者の靴や浮遊する花粉などによって現代のDNAが混入するのを防ぐための、入念な対策の一環にすぎない。

古代DNA研究が、熾烈な競争を繰り広げる少数の強力な研究所（コペンハーゲン大学、ハーバード大学、ドイツのライプツィヒ研究所など）に支配されているのは、この研究が高価なテクノロジー、専用のクリーンルーム、そして高度な専門知識を必要とするからである。2019年のニューヨーク・タイムズ・マガジンの調査では、この分野は「寡占状態」であり、歪んだ動機がはびこり、「見つけたら奪い取る」ような文化、つまり映画『レイダース/失われたアーク』（原題：Raiders of the Lost Ark）『そのままの遺物争奪戦が繰り広げられていると評されている。

競争に後れを取らないために、ウィラースレフ教授は自身の知名度を活用してきた。彼は、ツイードのジャケットを着た伝統的な学者のイメージから脱却し、長靴を履き、極寒の環境やネイティブ・アメリカンの洞窟を探検する現代の冒険家というブランドを確立したのだ。さらにそこに、過去の失敗を乗り越えたというストーリーが加わる。ウィラースレフ教授は、学生時代やシベリアでミンクハンターになろうとしていた頃の苦労をよく語る。「私は、ただの落ちこぼれの学生だっただけでなく、猟師としてもとんでもなくダメでした」と冗談交じりに。しかし、その後、科学に出会い、彼の運命は

Insider Online限定

eムックはMITテクノロジーレビュー[日本版]の
有料会員限定サービスです。

有料会員はすべてのページ、バックナンバーを
ダウンロードできます。

ご購読はこちら



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