

# MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

125周年記念  
特別号

Vol.

68

2024.12



## 未来のミライ 次の125年を形作るもの

### News&Trend

AIとの2時間の会話で「そっくりさん」  
DNAデータストレージ実用化へ新手法

### Interview

鈴木泰成 (NTTコンピュータ&データサイエンス研究所)

003

特集

## 未来のミライ 次の125年を形作るもの

004

こんにちは赤ちゃん！  
125年後の未来への手紙

014

「進化」の未来  
遺伝子編集ベビーの次に来るもの

023

「資源」の未来  
ネオジムで考えるらせん型経済

029

「歴史」の未来  
デジタルの記録をどう残すべきか

038

驚異的なテクノロジーが「人間らしさ」を开花させる

040

人類の未来に必要なのは「希望」ではない

043

ユーチューブ、ティックトックは活字文化に終わりを告げるか

046

生成AIアダルト文化が「性」の価値観を変えていく

049

人手不足を補うAIがなぜ、経済格差を拡大するのか

051

U35 イノベーターの軌跡 #20

鈴木泰成 (NTTコンピュータ&データサイエンス研究所)

「エンジニアリング」の力で量子コン実用化を支える研究者

054

News&amp;Trends

AIとの会話で「そっくりさん」、スタンフォード大ら新技術

DNAデータストレージ、北京大が実用化へ新手法

●本PDFに収録した記事の情報は原則として、初出時の情報です。記事中の初出日をご確認ください。

●WebサイトのURLやソフトウェアのバージョン等は予告なく変更されている場合があります。

●本PDFは情報の提供のみを目的としています。本PDFを運用した結果について、著者およびMIT Technology Review Japan/株式会社角川アスキー総合研究所は一切の責任を負いません。

●本PDFに登場する会社名、商品名は該当する各社の商標または登録商標です。本PDFでは®マークおよびTMマークの表示を省略しています。

●Cover illustration by Aaron Lowell Denton

# 未来のミライ 次の125年を形作るもの

MITテクノロジーレビューは、1899年に『The Technology Review』として創刊された。ライト兄弟が飛行機に乗る4年前、原子分裂の33年前、集積回路の59年前、月面歩行の70年前、そしてWWW（ワールド・ワイド・ウェブ）が発明される90年も前のことだ。この間、テクノロジーはある面では私たちの予測を裏切り、イノベーションによって想像もしなかった未来を作り出してきた。では、次の125年で世界はどのように変わっていくのか。世界が進むであろう未来の方向性を探ってみた。

David Biskup



Story

1

未来のミライ 次の125年を形作るもの

# こんにちは赤ちゃん！ 125年後の未来への手紙

2024年生まれの赤ちゃんの人生は、私たちの想像を超えるものになるだろう。本誌創刊125周年を記念し、人工知能（AI）とテクノロジーが織りなす125年後の未来を大胆に予測。誕生から老年期まで、変貌する日常を専門家の洞察とともに描いてみた。

by Kara Platoni (科学記者兼編集者)

こんにちは赤ちゃん。お誕生日おめでとう！

キミは知能を持つ機械の時代に生まれた。機械は受胎したときから、ほぼずっとキミを見守ってきた。機械のおかげで、両親はキミの小さな心音を聴いたり、アプリで妊娠期間を記録したり、超音波画像をソーシャルメディアに投稿したりできた。生まれるずっと前から、キミはアルゴリズムに把握されていたのだ。

キミが生まれたのは、奇しくもMITテクノロジーレビューの創刊125周年と時を同じくした。ほんの少しの運と、優れた遺伝子に恵まれれば、キミは次の125年間を見届けられるかもしれない。キミと次世代の機械は、どのように共に成長していくのだろうか？ 私たちは12人の専門家に、キミの未来を想像してもらった。そして、これは思考実験であると説明した。つまり、自由な発想で考えてほしいと依頼したのだ。

過去の捉え方については、ほぼ全員の意見が一致した。コンピューターは巨大な共有型の産業用メインフレームから個人用のデスクトップ・デバイス、そして環境に溶け込むほど小さな電子片へと縮小した。以前はパンチカード、キーボード、マウ

スなどを介して手の届く程度の範囲で操作されていたコンピューターはウェアラブルになり、そしてごく最近では身体の中に入っていった。私たちの時代では、目や脳のインプラントは治療のみを目的としているが、キミたちの時代ではどうなるか、誰にも分からない。

将来、誰もが考えるように、コンピューターはさらに小型化し、より普及するだろう。しかし、キミたちの時代における最大の変化は、知的エージェントの台頭になるだろう。コンピューターの反応はより速く、より親密になり、特定のプラットフォームに限定されなくなる。コンピューターはツールというよりも、仲間のような存在になるだろう。コンピューターはキミから学習し、キミの案内役にもなるだろう。

つまり、コンピューターは友人になるのだ。

## 今日から2034年まで 《0～10歳》

キミが生まれたとき、家族は「スマート」なものでキミの身の回りを囲んだ。揺りかご、モニター、子守唄を奏でるランプなどだ。

しかし、キミがテクノロジーに初

めて触れる体験としてそれらを挙げる専門家は誰一人としていなかった。代わりに、両親の携帯電話やスマート・ウォッチを挙げた。それは当然とも言える。愛する人たちがキミを揺りかごであやす時、その点滅する魅力的なものがすぐそこにあるのだ。赤ちゃんは、触って何が起こるか確かめることで試行錯誤しながら学ぶ。キミは画面をタップする。すると、光ったり音が鳴ったりする。魅力的だ！

認知的には、生後2歳までは、このようなやり取りから得られるものは多くないと、デジタル世代を研究するワシントン大学のジェイソン・イップ准教授は言う。一方、ロボット工学とコンピューティングにおける疑似触覚を研究するスタンフォード大学機械工学科「シェイプ・ラボ



DAVID BISKUP

(SHAPE Lab)」のショーン・フォルマー所長は、それは生き物のような物体の世界に導く手助けになると話す。キミは何かを触ると、どう反応するのかと考えるようになる。

キミは、ミレニアル世代(1980年代から2000年代初頭までに生まれた人)とZ世代(1990年代中盤以降に生まれた世代)の子どもだ。つまり、デジタル・ネイティブであり、初めて「インフルエンサー」という概念を確立した世代の子どもなのだ。そのため、成長していく過程において至るところにカメラがある。スクリーンに映る自分の姿を見て、画面の向こう側にいる人たちに笑顔を見せたり、手を振ったりすることを覚える。祖母はビデオ通話のフェイスタイム(FaceTime)を使って本を読み聞かせ、キミはズーム(Zoom)の会議に映り込む。キミは大きくなるにつれて、自分の画像が社会的な通貨、つまり他人との関係において重要な要素になることに気づくだろう。

小学校には確実にコンピューターが導入されているが、教育者が現実世界とスクリーン上での指導のバランスをどのように取るのかは、今日の教育上の論点となっている。しかし、専門家はキミが初めて知的エージェントと出会うのは、学校だと考えている。チューターやコーチという形で。人工知能(AI)のチューターは、拡張現実(AR)による指導と物理的な課題を組み合わせた活動を通じて、キミを指導するかもしれない。従来の授業とは異なる新しい形の教育手法の、ある種の折衷策だ。

カーネギーメロン大学ヒューマン・コンピューター・インタラクション研究所(Human-Computer Interaction Institute)のネスラ・ヤニ

エは、一部の学校図書館はスキル習得と並行して批判的思考を教える「メイカースペース」のような場所になると考えている。ヤニエは、物理的現実と実質現実(VR)を組み合わせた複合現実を用いて科学や工学の概念を教える教育システム「ノリラ(NoRILLA)」を開発している。例えば、子どもたちは木製のブロックで構造物を組み立て、アニメのAIゴリラからのフィードバックを利用しながら、それがどのように倒れるかを予測する。ノースウェスタン大学ヒューマン・コンピューター・インタラクション・デザインセンター(Center for Human-Computer Interaction and Design)のリス・ガーバー共同センター長は、学習はますます自己決定的なものになっていくと語る。未来の教室は「高度に個別化される」だろう。AIのチューターがマンツーマン指導や反復型のスポーツの練習を手助けする可能性もある。

これらはすべて今までにないものであるため、専門家たちは未来の形態を推測する必要があった。もしかしたら、学習中に目立たないプレスレットやスマートウォッチがキミのパフォーマンスを追跡し、データをタブレットと同期することで、チューターが練習を手助けしてくれるようになるかもしれない。

そのエージェントは、どのようなものになるだろうか？ 盲目の生徒や視力の弱い生徒の指導経験を持つフォルマー所長は、単なる音声になるかもしれないと考えている。ヤニエは、アニメーションのキャラクターを奨励している。ガーバー共同センター長は、デジタル・アバターとぬいぐるみや、あるいは好きな見たい物理的なものを組み合わせる

ことも可能だと思いを巡らす。「想像上の友達です」と同共同センター長は言う。「それが誰なのかは、自分で決めることです」。

AIチューターに誰もが納得しているわけではない。イップ准教授の研究では、子どもたちはAI搭載テクノロジーを「気味が悪い」と表現することが多い。子どもたちは、予測不可能であったり、怖かったり、見張られているように感じるのだ。

子どもたちは社会的交流を通して学ぶため、イップ准教授は、孤立させるようなテクノロジーにも懸念を抱いている。また同准教授は、AIはチュータリングで知識の習得、問題解決といった認知的な側面は扱えると考えているが、社会的側面については確信が持てていない。優秀な教師は、生徒のやる気を引き出す方法や、生徒の気分や体調にどう対処するかを心得ている。子どもが皮肉を言っていることが、機械に判別できるだろうか？ トイレでサボっている子どもを、正しい方向に導けるだろうか？ 同准教授は問う。子どもが泣いたり怒ったりしてぐずったとき、AIは「この子はお腹が空いていて、おやつが欲しい」と理解できるだろうか？

## 2040年《16歳》

16歳になる頃、キミは、高速道路や郊外、気候変動など、自動車が存在しその影響を受ける世界に依然として住んでいる可能性が高い。しかし、自動車文化の一部は変化しているかもしれない。ガソリンスタンドに代わって充電スタンドが普及しているかもしれない。そして、知的エージェントがキミの学校生活を支援したのと同じように、今度は知的

知的エージェントがキミの学校生活を支援したのと同じように、今度は知的エージェントがキミと一緒に運転し、そしておそらく、キミのために運転することになるだろう。



DAVID BISKUP

キャルティ・デザイン・リサーチ (Calty Design Research) のチーフ・デザイナー、ウィリアム・チェルゴスキーは、これを「まさに車の中の友人」と呼ぶ。

若いうちは、そのエージェントは付き添いのようなもので、速度を制限したり、門限に間に合うように家に送り届けてくれたりすると、チェルゴスキーは言う。また、ハンバーガーチェーンのイン・アンド・アウト・バーガー (In-N-Out Burger) の近くに来ると、キミが「アニマル・フライ (Animal Fries)」が好きなことを把握しているので、教えてくれるはずだ。そして、キミはネットと現実の世界の両方で友人たちと交流したいので、エージェントはソーシャルメディアのフィードをくまなくチェックし、キミの友人たちがどこにいるのかを確認し、待ち合わせを提案してくれる。

車は長い間、ティーンエイジャー

のたまり場であったが、運転の自動化が進むにつれ、車内はリビングルームのような空間になる可能性がある (道路や、つまみだらけの計器盤に目を向ける必要はなくなるだろう)。メラズは、乗客が向かい合って会話したり、ゲームができるようにシートの位置が再配置されたりすると予想している。「自分が運転している世界とやり取りするゲームや、速度、時間帯、地理的要素がストーリー展開に影響を与えるように設計された映画を想像してみてください」。

計器盤がなければ、どうやって車を制御するのか？ 今日の最小限の内装ではダッシュボードにタブレットが搭載されているが、画面上の無限に続くメニューをたどっていくのはあまりにも非直感的だ。次のステップはおそらくジェスチャーやボイス・コントロールだろう。理想的には自然言語による制御だ。転機とな

エージェントがキミと一緒に運転し、そしておそらく、キミのために運転することになるだろう。

BMWデザインワークスでインタラクション・デザインのクリエイティブ・ディレクターを務めるパオラ・メラズは、このエージェントを「道路上の友人」と表現している。トヨタの北米デザイン・スタジオである

るのは、詳細なコマンドを与えるのではなく、ただ「暑いから涼しくしてくれない?」とだけ言えば済むようになった時だとチェルゴスキーは言う。

キミの行動をすべて把握し、記録しているエージェントは、いくつか奇妙な問題を提起する。ドライバーによって性格が変わるのだろうか? (もちろん!) 秘密を守れるのだろうか? («お父さんはタコベルに行ったと言っていたが、本当に行ったのかな?») とチェルゴスキーは冗談めかして言う。) すべてを把握し、記録しているエージェントは、車内に限定されず、他の場所でも機能するのだろうか?

専門家は「それは必要ない」と言う。メラズは、(車内のエージェントは) 未来型のアレクサやグーグル・ホームなどの他のエージェントに統合されることを想像している。「すべてが接続されるのです」。そして、車が故障してもエージェントは故障しないと、チェルゴスキーは言う。「実際、その『魂』を車から車へと移すことができます。車をアップグレードしても、その関係が途切れるわけではありません。一緒に動くのです。一緒に成長してきたのですから」。

## 2049年《25歳》

20代半ばまでには、キミの生活に入り込んでいるエージェントは、キミについて恐ろしく多くのことを把握している。もしかしたら、エージェントは、実際にさまざまなデバイスを通じてキミを追跡し、必要なときに必要なサポートを提供する統合された1つの存在になっているかもしれない。この時点で、キミが最

もサポートを必要としているのは、自分の社会生活だ。

ボストン大学でオンライン・デートについて研究しているキャサリン・コドゥート助教授(メディア科学)は、みんなが大きな不安を抱いているのは、最初に口にする言葉だと語る。同助教授にとって、AIは10の選択肢をすばやく用意したり、ユーザー自身の試みを支援したりする、肉体を持たないゴーストライターのような存在である。あるいは、デートのコーチ役かもしれない。ネットで人と会うことになり、「AIが隔って『ねえ、こう言った方がいいんじゃない?』とか『これを忘れないで』とか言うのです。ちょっと背中を押してくれる感じです」。

バーチャルな初デートは、現代の難問の1つを解決するかもしれない。アプリによって、条件に一致する人を探すのはより簡単になるが、その人たちに関する情報は断片的で、場合によっては不正確だ。実際に会う価値がある人かどうか、どうやって見分けるのか? アプリにバーチャル・デート機能を組み込むことは、「人と出会いたいのが、多くの時間を初期投資することには不安がある多くのデート希望者にとって魅力的な機能」となり得るとコドゥート助教授は言う。

シラキューズ大学XRラボのT・マカナ・チョック所長は、さらにその先に行く可能性があると考えている。最初のデートでは、両者がAI版の自分をデートの場に代理として送り込むのだ。「そうすれば、お互いに、これはうまくいく、これは絶対にうまくいかない、と分かるでしょう」と同所長は話す。デートが失敗に終わっても、少なくともキミはデートに参加していないのだから問題ない。

「『いや、これだけで十分だ。家にいて、パートナー、つまり私のバーチャルな相棒と過ごせば良いのに、なぜ外に出かけてまでそんなことをするのか?』  
『というようないくつかの人が出てくるのではないかと懸念もあります』」

T・マカナ・チョック(シラキューズ大学XRラボ所長)

ジョージア大学のアドバンスド・コンピューター・ヒューマン・エコシステム・センター(Center for Advanced Computer-Human Ecosystems)のサン・ジュ・(グレース)・アン所長は、完全にバーチャルな存在とデートすることになるかもしれないと言う。あるいは、バーチャルなパーティに行っても

**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。