

## はじめに 避けられないこと

あらゆる旅から、人は学ぶことができる。世界中どこへ行くこうとも、  
寛大なる自然が模倣すべきものを与えてくれるのだから。

レオナルド・ダ・ヴィンチ

ノートパソコンを開き、画面が明るくなると、私は文字を打ち込み始める。キーボードに置かれた指の奏でる柔らかなタイピング音。それが、隣の部屋から聞こえる、すすぎから脱水に移った洗濯機の騒音と混ざり合う。いい天気なので、これ幸いと庭に自動芝刈り機を走らせる。機械が芝生を刈っているあいだ、私は仕事に精を出す。こうして、日曜日にやらなければならぬことが一つ減った。だが、今度は自分の世界に没頭してしまい、友人たちを招いた今晚のディナーの準備をするのをすっかり忘れてしまった。しょっちゅう仕出かす失敗だ。まもなく最初のお客がやってくるだろう。視線をコンピュータの時計に向ける。もうこんな時間だ！

家の中は散らかり放題だし、料理もまだ始めていないのに。パニックを起こしかけるが、いつも頼りになるコンビを見たたん、気分が落ち着く。そのコンビとは、愛用の掃除ロボットと床拭きロボットのことだ。この二体は完全に自動で、寄せ木張りの床の掃除をこなしてくれる。スイッチを入れるだけで、あとはすべてお任せだ。

ノートパソコン、洗濯機、自動車など、誰もが毎日のように使っているもののほとんどは、ロボットによって製造されている。そうした完全自動の大型ロボットは工場に革命をもたらし、産業発展や技術革新を扱ったテレビのドキュメンタリー番組やニュースで目にすることも多い。

一方、自動芝刈り機や自動床拭き機、自動掃除機もロボットだが、工場のロボットよりも小さく、工場外の環境に完璧に適応したロボットである。NASAが開発したヘキュリオシテインと同じようなものだ。このロボットは、火星の過酷な大地を探索し、かつて存在していた、もしくは現存する生命体を探すために開発された。二〇一二年以来、火星のすばらしい映像を私たちに送り届けている。さらには、私がこの文章をしたためているあいだも、海底を探索する自律型ロボットや遠隔操作ロボットの小隊が、地球に存在する別の生態系を調査している。神秘に満ちた深海というこの生態系は、はるかなる大宇宙と同じく、陽の当たる地上の民である人類を魅了してやまない。

こうした補佐役のロボットは、人間をテクノロジーによって拡張したものであり、私たちに足を踏み入れることのかなわぬ場所にたどりつき、目や腕、足になってくれる。鼻になることだってある。要するにロボットとは、人間の「ある能力」に奉仕する恐るべき（そして、強力かつ精巧な）道具なのだ。人間のあらゆる能力のうちで最も優れ、人間に特とされてきたその能力とは、発見すること、知ること、理解することへの好奇心である。

しかしよく考えてみれば、私たちは仕事から解放してくれるロボットの到来を長いあいだ待ち望んできたし、今もなお待ち続けている。一般向けの月刊科学誌『サイエンスフィック・アメリカン』の二〇〇七年一月号の表紙にはロボットが登場し、マイクロソフトの創始者ビル・ゲイツの「どの家にもロボットが一体」という未来を告げる言葉が掲載されている。この言葉は、彼が一九七五年に語った「将来には、どの机にも、どの家にもコンピュータが一台ずつ置かれているだろう」という有名な言葉を現代的に言い直したものだ。また、その数年後の二〇一四年三月、イギリスの週刊誌『エコノミスト』は、「ロボットの台頭」を描いたイラストを表紙に掲載して、ロボットと人間が共存する世界が到来すると宣言し、この近未来のシナリオのさまざまな面について論じた。だがそうすると、おのずと疑問がわき上がってくる。本当にそんなふうに、私たちの周りはロボットだらけになるのだろうか？ 実際のところ、ミラノ、ニューヨーク、ロンドンなどの大都市であっても、家の中を見回したり、通りに出たりしたとき、どれだけのロボットに遭遇するだろう？ ごくわずかしか見当たらない、というのが

実情だ。それでも私は、個人的には、ロボットは本当に必要だと感じている。人間の作業員にとって危険な状況を目にするたびに、つくづくそう思う。例を挙げるなら、地震で崩れた建物の瓦礫の下から生存者を探すときのような、緊急救助が必要な場面。または、環境汚染をもたらす大災害が発生した後に、立ち入り禁止になった工業地域の汚染除去作業をする場合。ここではタイプの異なる二つの例を挙げたが、同様の事態をもっとたくさん列挙することもできるだろう。最初に挙げた例では、今日でもなお、専門の救助隊員が訓練された救助犬とともに作業に取り組んでいる。もしこうした仕事でロボットに任せられれば、どれほど能率が上がり、安全性が増すことだろうか！

また、日常生活の領域でも、ロボットを幅広く利用することができるだろう。例えば、いまだ作業員の手作業で行なわれている町のゴミの収集と処理や、物流の「ラストワンマイル」(最寄りの拠点から最終目的地に商品を移送する、物流の最後の区間)でも使うことができる。だが、いったいどこにロボットはいるのか？ 人間の生命の危険を減らすだけでなく、家事を手伝ったり、サポートが必要なお年寄りを助けたりしてくれるはずの自律型ロボットはいったいどこににいるのだろうか？

道はまだ遠い。果てしなく長い道のりだ。しかし、もう前進し始めている。ロボットを利用するといふこの道はもはや避けて通れないと言っている。だが、高度な知能をもち、複雑な環境で活動するのに適した体を備え、人間に合うように考えられ整えられた世界とやりとりのできるロボットを設計するには、科学者やエンジニアのさらなる努力が必要だ。

工場の外の環境は変化しやすく、適切に整えられていないので、予測するのが難しい。そうした環境下で活動できる機械を作りたいという声に応えるには、新しいロボット工学(ロボティクス)が必要だ。そのために私たち科学者は、これまでとは違う新しい興味をもって、自然に目を向けている。生物というものは、ダイナミックに変化する環境にうまく反応し、適応するようにデザインされているからだ。したがって、今私たちが開発している新しいタイプのロボットにとって、生物はすばらしいインスピレーションの源になる。私たちは、動物、植物、細菌の形態、振る舞い、さらにはコミュニケーション能力まで、ロボットに取り入れたいと考えている。

このような分野は、バイオインスピレーションもしくはバイオミメティクスによるロボット工学と呼ばれる\*1、生物学、化学、物理学の基礎原理をもとにしている。この新たな分野の誕生により、生物や、生物と環境との相互作用を観察し研究する方法は変わろうとしている。このロボット工学は、生物やその相互作用の機能を理解し、生物に備わったさまざまなメカニズムを非生物的なシステムに移し替えることを目指している。

先ほど述べたように、人類のあらゆる技術の進歩は、「周囲の世界に対する人間の飽くこと

のない好奇心を満たす」ためだけに考案され、開発されてきたように思われる。この点で、バイオインスピレーションによるロボットも例外ではなく、最もすばらしい戦略の一つでもある。私たちはこの戦略を用いて、自然がいまだ明かすのを拒み続けている答えをもぎ取るという、最大の目標に執拗に挑んでいるのだ。

だが、この魅力的な学問分野には、別の側面もある。こうしたロボットは、生物の機能のもとにある原理を適切に整理し、単純化することによって開発される。そのため、そうしたロボットを使えば、そのモデルになった生物——ロボット開発の出発点になったり、発想の源であった生物——自体の機能について、仮説を検証することができるのだ<sup>3</sup>。

脊椎動物の二肢を使う泳法は、どのように進化したのか？ なぜ植物の根は先端が成長するのか？ タコの吸盤はどのような仕組みなのか？ ゴキブリは、体の相対的なサイズを考えると、陸上競技の短距離走の選手よりも速く走れるが、それはどうしてなのか？ さらに、これらの問いすべてにおいて、ロボットはどのような役割を担うのか？

生物学とテクノロジーは固く結びつき、知の進歩をもたらす好循環を形成し、終わることなく両分野を前進させていく。この二つの分野の出会いから、人類が環境的に持続可能な未来を思い描けるための、絶好のチャンスが生まれる。

私は読者の皆さんを、まだほとんど知られていないこの世界——生物と、生物を模倣するこ

とで生まれた解決策とで作られている世界——へとお連れしよう。旅の終わりに、皆さんが白の女王の前に立ったアリスのように困惑し、「なに言ってるのかよくわかりません。ひどくこんがらがってますよ！」と言うことにならなければいいのだが。

\*1 バイオインスピレーションもしくはバイオミメティクスによるロボット工学は、バイオロボティクスと呼ばれる、より広い研究分野の一部である。聖アンナ高等大学院大学のパオロ・ダリオ教授は、バイオロボティクスを明快かつ的確に定義した。この分野のバイオニアである彼は、バイオロボ2006で研究報告を行なった際に、その定義を発表した。バイオロボ2006は、IEEE（電気電子技術者協会）が主催した、バイオメディカル・ロボット工学とバイオメカトロニクスに関する初めての国際会議である。彼が発表した定義は、現在オンライン事典「エンチクロペディア・トレッカーニ」のサイトで全文が公開され、「バイオロボティクス (birobotica)」という語を詳細に説明している。以下、その一部を引用する。

「バイオロボティクスとは、ロボット工学と生物学を合体させた、科学的・技術的な新分野である。とりわけ、生物学にインスピレーションを得て、生物医学の分野で応用されるロボットシステムの設計・開発についての科学と技術を指す。この分野はきわめて学際的な特徴をもち、その知識の範囲や応用範囲は、工学の多くの分野、基礎科学や応用科学（特に、医学、神経科学、経済学、バイオテクノロジー、ナノテクノロジー）、さらには人文学分野（哲学、心理学、倫理学）にまでいたる。バイオ

ロボティクスは、二つの異なる観点から理解し研究することができる。一つは、科学としてのバイオロボティクスだ。それは新しい発見を、ひいては新しい知見を生み出し、科学の進歩に貢献する。もう一つは、工学としてのバイオロボティクスであり、新しいテクノロジーを考案し、生み出すために利用される。その目的は、工学的な観点から生物系の機能についての知見を深め（中略）その優れた認識を活用して、革新的な方法論とテクノロジーを進展させることである。そうすればバイオインスピレーションによって、非常に優れた作業ができる（マクロ、ミクロ、ナノサイズの）機械やシステムを設計し、開発することが可能になる（例えば、「アニマロイド」ロボットや「ヒューマノイド」ロボットなど）。また、バイオメディカル分野で使われる、工業生産も可能な機器、特に低侵襲性の手術や治療、リハビリテーションのための機器を開発することもできる」