

The World of Tomorrow

Robbert Dijkgraaf

明日の  
世界

ロベルト・ダイクラーフ

第二次世界大戦の暗雲が迫りつつある一九三九年四月三〇日、ニューヨーク、クインズ区のフラッシング・メドウズ・パークで万国博覧会が開かれた。テーマは「明日の世界」。一年半の会期中に、四五〇〇万近い人々が、新たな技術が形づくる未来社会を垣間見た。展示物のいくつかは当時の人々にとって、まさに夢のようなものだった。とりわけ注目を集めたのは、自動食洗機、エアコン、ファックスである。フランクリン・ルーズベルト大統領の開会のスピーチは生中継され、そのときにアメリカ人は初めてテレビを経験した。ニュース映像には身長二メートル超のアルミ製ロボット、「機械人間エレクトロ」が登場し、ぎこちなく動きながら、七八回転のSPレコードを使って話したり、タバコを吸ったり、ロボット犬のスパルコと遊んだりした。そんな会場であって、世界最大級の蒸気機関車が高速で走るといった従来型のアトラ

クシヨンは、過去の世界の最後のあがきのように見えた。

博覧会の科学諮問委員会名誉会長であるアルベルト・アインシュタインは、公式の点灯式を監督し、テレビの生中継にも登場した。彼は大勢の聴衆を前にして、宇宙から地球に降り注ぐ高エネルギーの素粒子である宇宙線について語った。しかし、このイベントは後に、「失敗の喜劇」と呼ばれることになる。アインシュタインの話はほとんど理解できなかった。彼が話し始めてすぐ、拡声装置が故障したからだ。加えて、オーブニングイベントとして予定されていた十本の宇宙線の検出は、大失敗に終わった。宇宙線の粒子は、電話回線でマンハッタンのヘイデン・プラネタリウムからクイーンズの博覧会会場に転送され、ベルの音と光がその到着を知らせた。しかし、十本目が検出された瞬間に、会場は停電になった。興奮した観客は帰ってしまった。翌日の『ニューヨークタイムズ』は、「大衆は科学より拍手喝采できる見世物が好きだ」と報じた。

この博覧会には、まもなく世界を席卷することになる二つの発明は登場しなかった。それは、核エネルギーとコンピュータだ。驚くべきことにこの二つの技術はどちらも、

アインシュタインが一九三三年から研究の拠点にしていたニュージャージー州のプリンストン高等研究所で生まれた。同研究所は、初代所長となるエイブラハム・フレクスナーの発案で設立された。目指したのは講義や管理業務のない「学者の天国」、すなわち、最高レベルの研究者が、日常の雑事や実務的な仕事から解放されて、思索に

## ニューヨーク万国博覧会

第二次世界大戦直前の一九三九年四月三〇日から始まっ

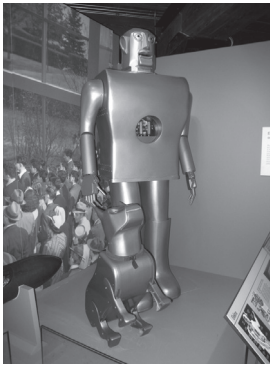
た万国博覧会。「明日の世界の建設 (Building The World of Tomorrow)」を統一テーマにして、一回目は同年一〇月三

## C o l u m n

一日まで開催された。テーマに掲げられた「明日の世界」というのは、「民主主義の発展した豊かなアメリカ」という意味合いがこめられている。このテーマには、当時、ドイツ、イタリアで台頭していたファシズムや、共産主義のソビエト連邦への警戒感がこめられている。

一九四〇年五月一日〜一〇月二七日に二回目が開かれている。

各国や企業が展示館を開設する中、日本からも出展、神社の社殿風の日本館を特設した。



「機械人間エレクトロ」

没頭できる環境である。それは「役に立たない知識を誰にも邪魔されずに探究する」というフレクスナーの構想を実現したものであり、仮にそのような知識が何かの役に立つとしても、それは数十年先のことだろうと、フレクスナーらは考えていた。

しかし、予想より早く、それが役に立つ時代が訪れた。学者の天国をつくったフレクスナーは、思いがけず、核とデジタルの革命を導いたのだ。彼が最初に同研究所に迎え入れた学者の一人であるアインシュタインは、万国博覧会でスピーチした後の一九三九年八月、ルーズベルト大統領に送った有名な手紙で、原子爆弾の開発を促した。九月一日には、ニールス・ボーアとジョン・ホイーラーによる核分裂メカニズムに関する画期的論文が『フィジカル・レビュー』<sup>★</sup>誌に掲載され、同日、第二次世界大戦が幕を開けた。

フレクスナーが初期に迎え入れたもう一人の学者は、ハンガリーの数学者ジョン・フォン・ノイマンだ。彼は、宇宙人かと思うほどの天才で、アインシュタインを凌ぐほど優秀だった。フォン・ノイマンはハンガリー出身の影響ある科学者と数学者のグループ「火星人たち」(コラム参照)の一人で、そのメンバーには、エドワード・テ

ラー、ユージン・ウイグナー、レオ・シラードもいた。シラードはアインシュタインがルーズベルト大統領に宛てた手紙の草案を書いた物理学者だ。このようにハンガリー生まれの優秀な科学者が多かったため、物理学者のあいだで次のようなジョークが流布した。

エンリコ・フェルミが「宇宙には無数の星があり、その中には生命が誕生してもおかしくない星も相当数あるはずなのに、いまだに優秀な宇宙人が地球にやってこないのは不思議だ」と言うと、シラードはいたずらっぽくこう答えた。「宇宙人はもう来ているよ。だが、彼らは、自分たちのことをハンガリー人と呼んでいるのだ」。

フォン・ノイマンは早い時期から、純粹数学と量子力学の基礎に関する業績で知られていた。彼やアメリカの論理学者アロンゾ・チャーチがいたことから、一九三〇年代のプリンストン高等研究所は数理論理学の中心地となり、クルト・ゲーデルやアラ

---

★1——一九九三年から刊行されているアメリカ物理学会が発行する学術雑誌。物理学の専門誌として高い権威を誇る。

ン・チューリングなどの天才を引きよせた。フォン・ノイマンは、チューリングの「数学の定理を機械的に証明できる万能の計算機」という漠然としたアイデアに魅了された。原子爆弾開発計画で大規模な数理解析モデルが必要になったとき、フォン・ノイマンは高等研究所の技術者を集めて、コンピュータの設計、製造、プログラミン グに着手した。つまり、チューリングの万能機械を実現したのだ。一九四六年にフォン・ノイマンはこう述べている。「わたしは爆弾よりはるかに重要なものについて考えている。それはコンピュータだ」。

フォン・ノイマンは、仕事の空き時間には、チームに指示して、兵器開発以外の多

---

---

### 火星人たち

宇宙人は、小説や映画などでたくさん登場する。そのた  
め、現代人にとっては、宇宙人と聞くと、『スターウォー  
ズ』や『スタートレック』などの映画に登場するものを思  
い浮かべて、なかなか火星とは結びつかないだろう。実際、現在の火星には地球外知的生  
命体（つまり、宇宙人）はいないと考えられている。だが、一九世紀の終わり頃、火星に宇

---

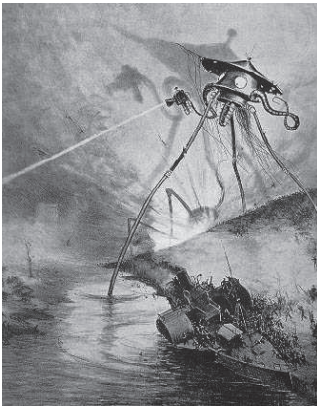
---

C o l u m n

宙人がいるという説が唱えられた。唱えたのはアメリカで実業家から天文学者に転身したパーシヴァル・ローウェル。彼は私財を投じて建設したローウェル天文台で火星を観察し、火星には高度な文明をもつ火星人がいるに違いないと結論づけたのだ。この説は、すぐに他の天文学者から反論され、論争に発展した。

さらに、一八九八年にイギリスの小説家ハーバート・ジョージ・ウェルズが、火星人が地球に襲来するSF小説『宇宙戦争』を出版。ベストセラーとなると火星人のイメージは、広く社会に定着した。『宇宙戦争』は、一九三八年にアメリカでラジオドラマ化された。

このドラマは舞台をアメリカに変え、宇宙船が着陸した現場からニュースキャスターが生中継をするという設定でおこなわれた。真に迫った演技に影響されてか、番組途中で「これはドラマです」と断りが入ったにもかかわらず、このドラマを聞いた人たちがパニックを起こした。一九三〇年代から四〇年代の人たちにとって、火星人は宇宙人の代表的な存在だった。



ウェルズ『宇宙戦争』より



くの問題を、開発中の計算機で解かせた。一九四九年には、気象学者のジュール・チャーニーと協力して、史上初の数値天気予報をおこなったが、正確に言えばそれは、予報ではなく「後報」だった。と言うのも、翌日の天気を予測するのに四八時間かかったからだ。フォン・ノイマンは現在の気候変動を予期して、天気と気候の研究に關してこう記している。「これらの問題は核の脅威や他のあらゆる戦争よりはるかに強力に、すべての国の関心を一つに統合するだろう」。

数学の定理を証明できる機械という構想や、原子核の構造に関する高度に専門的な論文は、無益な努力のように思えるかもしれない。しかし実際のところそれらは、わたしたちの生活を革命的に変える技術の開発において、重要な役割を果たした。物質

---

---

## C o l u m n

数学の定理を機械的に

証明できる万能の計算機

チューリングが『計算可能数とその決定問題への応用』

の中で登場させた仮想的な装置。チューリング・マシンとも呼ばれている。チューリング・マシンは、情報を読み書

きできるヘッドと無限の長さをもつ記録媒体としてのテープで構成されている。テープはいくつものマス目に分かれていて、マス目には記号が書かれているか空白の状態である。

---

---

---

チューリング・マシンは、ユーザーからあらかじめ指示表(プログラム)を与えられていて、テープのマス目に記録された記号の指示に従う。このチューリング・マシンは、現在わたしたちが使っているコンピュータと原理的にはまったく同じ働きをするもので、コンピュータの原型ともいえる。チューリングは、人間の記述できるアルゴリズムはチューリング・マシンですべて記述し、処理できることを示した。数学は、公理や定義をもとにして、ルールに則り数式を処理していくので、チューリング・マシンで処理することができる。数学の公理や定義もプログラムとして定義し、指示表として与えておき、証明したい数式を記号化し、テープで読ませることで、数学の定理をチューリング・マシンで機械的に証明できる可能性がある。チューリングは、このマシンを考える中で、計算を実行しても停止しないチューリング・マシンがあることに気がついた。そして、あるチューリング・マシンに指示表とテープを与えて計算を始めた際に、そのマシンが停止して答えを導き出すか、それとも止まらずに永遠に動き続けるのかを判定する一般的なアルゴリズムがあるかどうかを考えた。そして、そのようなアルゴリズムは存在しないということを証明した。

---

★2——物理学の方程式を使い、コンピュータの中で風速や温度などが時間の経過とともにどのように変化していくのかを計算し、将来の天気を予測する方法。地球の大気や海を細かく格子状に区切って、それぞれの地点における気温、気圧、風速、湿度などの数値を方程式によって導いていく。

と計算の基礎への好奇心に駆り立てられたこれらの探究が、核兵器とデジタル・コンピュータの開発を導き、それが世界秩序を軍事的にも経済的にも永久に変えたのだ。「役に立つ」知識と「役に立たない」知識との間に、不明瞭で人為的な境界を無理やり引くのもうやめよう。わたしたちは応用研究と「まだ応用されていない」研究について語った、イギリスの化学者でノーベル賞受賞者のジョージ・ポーターを見習うべきだろう。

応用研究とまだ応用されていない研究の両方を支援することは、賢明なだけでなく、社会的にきわめて重要である。科学のイノベーションが社会にさまざまな形で浸透していくことを可能にし促進するには、金融資産を管理するときと同様に、しっかりとポートフォリオ〔訳注：最適な資源配分〕を考えるのが有益だ。バランスのとれたポートフォリオには、予測可能で安定した短期投資とともに、リスクはあるものの桁違いの利益を期待できる長期的な投資が含まれるだろう。研究における健全でバランスのとれたエコシステムは、相互に依存し制御しあう網目状のネットワークを育成しながら、あらゆる学問分野の支援につながるはずだ。

しかし、現在の研究環境は、不完全な「評価指標」と「政策」<sup>ポリシー</sup>に支配され、この賢明なアプローチを妨害している。不安定な経済、世界的な政情不安、短くなる一方の時間サイクル、それに深刻な資金不足、という環境にあつて、研究を選ぶ基準は、保守的な短期目標を重視する方向へ、危険なまでに傾いている。このままでは、緊急性の高い問題ばかり追つて、人間の想像力が長い年月をかけて達成する大きな進歩を逃すことになりかねない。フレクスナーの時代と同様、今日、そして明日の世界へとつづく進歩は、技術的な専門知識だけでなされるわけではない。妨げられることのない好奇心、現実的な考察の流れに逆らつてはるか上流へとさかのぼろうとする気概、そして、それを楽しむ心によつてなされるのだ。

\* \* \*

エイブラハム・フレクスナーとはどんな人物だったのだろうか。そして、なぜ、束縛のない研究環境が重要だと確信するようになったのだろうか。フレクスナーは、一八六