

明日をどこまで計算できるか？



タイトル	「明日をどこまで計算できるか？」 —予測する科学の歴史と可能性—
原題	APOLLO'S ARROW: The Science of Prediction and the Future of Everything
著者	デイビッド・オレル (David Orrell)
訳者	太田直子・鍛原多恵子・熊谷玲美・松井信彦
出版社	早川書房
発売日	2010年1月23日
ページ数	462p

デイヴィッド・オレルは1962年エドモントン生まれで、オックスフォード大学より数学の博士号を取得しています。数学者、サイエンス・ライターで、システム生物学の研究にも従事しています。

本書は、「天気予報は本当に当たるようになったのか？リーマン・ショックのような事態がいまなお起こるのはなぜか？予測をめぐる科学の発展史をおさえつつ、依然として困難に満ちたその営みの最前線を紹介するポピュラー・サイエンスです。

本書の構成は以下の通りです。大きく「過去」、「現在」、「未来」と分かれています。

過去 第1章 不法な運命の矢弾—予測の始まり
第2章 光あれ—ティコ・ブラーエとモデル構築者たち
第3章 分割統治アプローチ—決定論的科学主義

現在 第4章 「夕焼けは船乗りの喜び」—天気を予測する
第5章 遺伝子の中に—病気を予測する
第6章 上げ相場と下げ相場—経済を予測する

未来 第7章 全体像—気候と健康と富の関係
第8章 振り出しに戻る—私たちはどこで道を誤ったか
第9章 水晶玉へのお伺い—2100年の世界

内容は各章のタイトルでも判るように、「天候」、「医療」、「経済」の三領域における科学的な予測、すなわち、嵐と好天、病気と健康、好況と不況などをどう予知するかに関するものです。

「過去」の予測の歴史は、ピタゴラス、プラトン、アリストテレス、ケプラー、ガリレオ、ニュートン、アインシュタインとたどってきた未来の予測を原因と結果によって表す線形の方法が必ずしも役立つわけではないというところから話が始まります。

現在の気象モデルは、大気を巨大な三次元格子である球座標系に分割し、地球を鳥かごのように囲み、気象センターに送られてきたデータを各格子点に入力し、計算結果から気象解析を行います。ただ、海洋・大気システムは複雑で、微視的なスケールから全球的スケールまで、あらゆるスケールに構造が存在するため、局所的な相互作用の評価が難しいことも判っています。

GCMの略称で知られる大気循環モデル(General Circulation Model)や全球気候モデル(Global Climate Model)や全球結合モデル(Global Coupled Model)の登場は、人類の夢であり、ラプラスの決定論的な世界観にさえ手が届くようにさえ思われ、今後は地球を回る月の軌道と同じくらいの正確さで、未来の天気が予測でき、さらに天気を制御することもできるだろうと学者たちは大喜びしますが、MITの気象学者のE・ローレンツがカオスを発見することにより、現在の大気の正確な状況、すなわち初期条件を完全に知ることは出来ないのです、たとえ解析モデルが完璧でも、未来の天気を完全に予測することは決してできないことを知ります。つまり、カオスのせいで完璧な天気予報が手に届かないものになってしまったわけです。

ところが、カオスは否定的な話ばかりではなく、膨大な時間や資金、知力を費やしてきたのに、「何故天気予報はいつも間違うのか」という疑問に答えるのに役立っているというのです。すなわち、決定論的なアプローチやGCMのもとになっている物理法則や科学の質が問題なのではなく、問題は方程式そのものから自然に生じてくるものだったということがわかったからです。

気象モデルと同じような問題が第8章でも地震予知として出てきます。地震はマグマの上に浮かぶ岩の巨大なプレートがずれ動いて起こります。1960年代にプレートテクトニクス機構が理解されるに至り、それを契機に地震予知の楽観の時代が幕を開けます。三つのプレートの交差点にあたる日本では、30年以上にわたって1600億円が使われ、地震の前には予想可能なパターンないしは信頼性の高い前兆があるとする説が多数提案されました。ところが、この研究はほとんど実を結んでいません。

DNAは、当初遺伝子発現のためのソフトウェアプログラムのようなものと考えられていました。科学者がオペレーティングシステムを理解できれば、そのプログラムをうまく改変して、未来を読み取り、さらには変えることさえできるかも知れないと思われて

いました。

コンピュータを用いた生物学的予測は新しい分野で、急速に発展しつつあります。しかしこの分野の中でも遺伝子検査には多くの倫理的問題が生じています。「あなたの子供が不治の病にかかる可能性が高いとしたら、その子は本当にそれを知りたいだろうか」「その子はあなたに知って欲しいだろうか」「あなたは保険会社や雇い主に知って欲しいだろうか」、そして、どんな場合に遺伝子検査が優生学との境界線を踏み越えるのだろうか。

さらに問題を複雑にしているのは、遺伝子の所有者が特許保護を受けた「ミリアド」と呼ばれるソルトレークシティのバイオテック会社であるということです。このことは、請求される料金を支払う余裕のない人にとっては深刻です。

遺伝性の要素を持っている病気のほとんどは、さまざまな遺伝因子と環境因子(最も重要なのは飢えと貧困の二つで、健康は遺伝子より経済学に左右されることが多い)に発症が影響されると言われており、人格のような形質を突き止めるのはもっと難しい。

天気予報と同様に、複雑な形質や病気の予測は、私たちの計算能力を拒んでいるようです。惑星が空を描く弧をモデル化できたようには、生命の軌跡をモデル化することはできないだろうと考えられています。

経済の嵐を予報できる経済の力学モデルすなわち世界的資本モデルを構築するのは可能なのだろうか。十分なデータと大量のコンピュータがあれば、火星の軌道を予測できるのと同じように、資金の流通も予測できるのだろうかというのがテーマです。

人口統計と財務状態で経済の現状はいくらか見通せますが、それがどこに向かっているかを知るには、社会の力学、とくに金銭の力学を理解する必要があります。資本の動きにとってのニュートンの運動法則のような、経済学を支える単純な法則はあるのでしょうか。物理学の数学モデルは通常同じ一般原理に基づいているのに対し、経済モデルは目的もアプローチも実にさまざまです。マルクス主義の観点からのモデル、ケインズ理論の見方からのモデル、資本家と労働者の食うものと食われるものの関係としてのモデル、など多くのモデルが構築されています。しかし人間は実験のためにじっとしているわけではないので、どんな理論も明確に間違いだと証明することは難しいのです。

大気システム、生物学的システム、ないし社会システムの正確な方程式を手にすることは出来ないし、手持ちの方程式は概してパラメータ化の誤差に敏感です。いくつかのパラメータを一見合理的な範囲内で変化させると、一つの気候モデルから全く違った答えが出てくることがあります。今後研究が進んでも、コンピュータの処理速度がもっと速くなっても、こうした問題はなくなるまいだろうといわれています。不明なパラメータの数は爆発的に増えるし、私たちに答えを教えてくれる文明状態リスク評価試験

などないのです。私たちが知っているのは、私たちが何も知らないということだけなのです。どんな予測にも少しは主観性が必要です。数値モデルでは不十分なのです。

ともあれ、人類が崖っぷちに立った時、観念モデルによって全くの盲目になっているよりも、世界を感覚的にみられるほうが好ましいし、「何を判っていないか」を判っているほうが好ましいわけです。創造性は往々にして、不確かなところから湧き出てきます。その意味で、問題の一端は、環境の行き過ぎたモデル化の産物です。嵐を予言することはできなくても、嵐の乗り切り方なら予言できます。

- ・ 技術者は、洪水、台風、津波などの災害に対する構造物の脆弱性を計算して、適切な建築基準を確立するのに貢献できるし、
- ・ エコノミストは、一国の金融システムの弱点を指摘できるし、
- ・ 公衆衛生に携わる者は、流行に対抗するために必要な薬の量を決定できる。

数理モデルは、これからも常に必要とされるでしょう。数理モデルの助けがあれば、シミュレーションで仮定的な事件を行ったり、可能なシナリオを探ったり、弱点を明らかにしたりすることができます。そして、何よりも数理モデルは今何が起きているかを理解する一助になっています。

我々は、確信を持って未来を予測することは出来ないかも知れないし、そもそも全く無理かもしれないが、少なくとも知性を働かせ、現状理解を深めてくれる数理モデルやコンピュータシミュレーションを用いて、未来に生き延びる確率を高めることは出来ます。

著者は、「私たちは今後気候に影響を与えるだろうし、その結果として温暖化や異変が起きることを歓迎しないが、真の問題は、空模様でなくて私たちの対応です。私は人類が説得力ある詳しい予測を立てられないうちに気候変動が起きると思っています。

科学者が解決策を計算するのを待つべきではない。計算ではなく、行動の時が来たのです。私には嵐が近づいている気がしていますが、それが大気絡みなのか、病気絡みなのか、経済絡みなのか、この三つすべてが絡むのかは判りません。思うに、私たちがいるのはこの物語のまだ第二幕であり、緊張感が高まり、力の向きが揃いつつあり、暗雲が垂れこめ始めています。どんな展開が待ち受けえるのか、あるいはどんな結末を迎えるのか、はっきりしていません。自然はまだ奥の手をいくつか残していると思われる。数理モデルに不確かさがある限り、楽観論者と懐疑論者という対立の勢力の間で意見が極端に分かれる。これが、未知なる将来の危険を見積もることの難しさを含んでおり、この論争がどんな結末を迎えるのかは、実際に影響が明らかになるまで想像もつかない。」と懸念します。

予測する科学の歴史を振り返って、人類生き残りの可能性を探る一冊です。

なお、巻末に付録があります。本書に出てきたアイデアの紹介です。また、用語集も用意されています。聞きなれない言葉が出てきたらここを見るとよいでしょう。

付録1. は、カオス系は、複雑系とは同じではない。前者では予測には正確な初期条件が必要になる。後者では、予測は不可能である。として、カオス系の簡単な例としてシフトマップを挙げています。いわゆる、パイこね変換で、パイ作りの職人がよく材料が混ざるように使う技術ですから、カオスになることは想像できますね。

付録2. は、長期的には、方程式の誤差は、変数の初期誤差よりも重要である。これはカオス系でもそうである。として、ローレンツ系を取り上げています。

付録3. は、自己調節システムは、拮抗する力の動的なバランスで成り立っており、モデル化も予測も難しい。として、かつてJ. ラブロックがガイア理論の説明を補強するために考案した「デージーワールド」を取り上げています。「地球は自己調節的な生き物のようにふるまう」というガイア理論の核心をなす概念を考え出したのはJ・ラブロックですが、地球を生き物として見ることは理に叶っているのでしょうか？彼は年ごとに理論武装しているようですが、将来予測をするのに、生殖をしない地球システムをどのように考えたらよいのでしょうか？

2010.. 3. 7
