

書評

Paul Humphreys

Extending ourselves: Computational science, empiricism, and scientific method (Oxford University Press, 2004)

コンピュータを用いて様々な自然・社会現象を分析するという手法が「科学的方法」の一つとして市民権を得てから既に久しい。しかしながら、こうした手法についての科学哲学的な分析が本格的に始まったのは最近のことであり、本書がこのテーマについて書かれたおそらく最初の単著である。

著者の基本的な立場は、二十世紀後半におけるデジタル・コンピュータの発展によって科学は新しい段階に入っており、それを踏まえた経験主義の立場を採るべきだというものである。この主張のために、本書では大きく分けて二つのことが試みられている。一つは計算科学 (computational science) の世界で実際に何が行われているのかを分析することであり、もう一つは経験主義を人間の能力を超えたところまで拡張することである。しかし評者の見る限りでは、これらの議論は断片的で不十分であるように思われる。計算科学の営みに関する分析では、後述するように著者の立場が一貫していないように感じられるし、「我々自身の拡張」(言わば、人間の能力を超えた経験主義) というテーゼを主張する自然主義的な議論は、評者にとっては物足りない。ただそれでも、著者が計算科学に関する重要な指摘を行っているのは確かであり、評者が本書をここで紹介するのも主としてそのためである。

導入部にあたる第一章に続き、著者は第二章で「科学的経験主義」(scientific empiricism) を論じている。ここでは主に観測機器の認識論が議論され、「観察可能なもの」と「観察不可能なもの」との境界線は観測機器の発展とともに変化すると主張される。著者によれば、観測機器は我々の感覚を拡張 (augment) している (人間が自然には検知できないような性質にアクセスすることを可能にする機器の働きを、著者は“argumentation”と呼ぶ)。その際、人間の感覚の領域外における機器の使用は、「重なり合いの議論」(overlap argument) と名付けられた論法によって正当化されることになる。単純な例として、X線写真を取り上げよう。これを用いた観察の正当性はまず、X線写真に写った骨の像と解剖によって見られる骨とがうまく重なり合うことによって保証される。そしてその後で、この正当化は直接観察できない領域へと延長されていくのである。

著者はこの議論を、コンピュータの発展を基礎に据えた認識論に接続しようと試み

る。「ちょうど観察可能性というものが、人間としての我々が感覚の領域において我々自身を拡張してきた領域であるように、計算可能性 [computability] は我々が数学的表現の領域においてわれわれ自身を拡張してきた領域である」(p. 50)。著者はこの議論を正当化するため、「重なり合いの議論」が顕微鏡などと同様、計算科学の分野でも使われることに注意を促す(4.3節)。この場合には、数値モデルはまず解析的に得られる解を再現できるかどうかによって正当性をチェックされ、その後、数値的にしか解が得られない場合に利用されていくことになる。

こうした一連の議論において評者が感じるのは、著者の立場はやや素朴過ぎるのではないかということである。確かに、現代の科学者は様々な観測機器やコンピュータを駆使して新しい世界像を構築しており、科学哲学もそれを踏まえるべきだというのが一つの立場としてありうることは理解できる。だが評者のように、我々はなぜその世界像を正しいものとして受け入れるべきなのかという問いに関心を持っている側からすると、著者はこの肝心の問いにはほとんど答えてくれていないと感じる。「我々自身の拡張」という本書の主張が評者には説得力を欠くように思われるのはこのためである。

次に、計算科学そのものに関する本書の分析(第三章)に移ろう。著者は計算科学という営みが理論・観測・実験という従来の枠組みに収まらないものだと考えているが、その基礎にあるのは「原理的に可能」ということと「実際に可能」ということとは別だという主張である。著者によれば、現代の物理科学の進歩は計算できるかどうかにかかっている。すなわち、問題を解くための数学的手法を考案することが進歩をもたらしているのであり、反対に、科学における大部分のモデルは利用可能な数学による制約を受けている。こうした状態にある現代の科学を考察するには、伝統的な科学哲学のアプローチ、例えば理論を分析の対象とすることは意味をなさない。なぜならそうしたアプローチでは、いったん理論が公理の形で書かれてしまえば、その帰結は論理的に、「原理的に」得られるとされてしまうからである。ここには計算科学を特徴づける「実際に可能」という要素が入る余地がない。

著者はそこで、計算科学の分析単位として「計算テンプレート」(computational template)という概念を提唱する。これは数値計算可能な方程式(系)であり、万有引力の下での運動方程式や、捕食者・被食者関係を表すロトカ・ヴォルテラ方程式などがその例である。著者はこうしたテンプレートがどのように構築されるのかを分析し、ある重要な結論を得ている。それは、「テンプレートは通常、特定の理論に基づいてではなく、保存則や数学的近似といった非常に一般的な要素を用いて構成されており」

(pp. 90-91), したがって異なる理論を前提しても同じテンプレート(方程式)が得られうるということである。また反対に, 同一のテンプレートが全く異なる現象(その背後にある法則や理論は異なると考えられる)に適用されうるという事態も, いま述べたようなテンプレートの性質によって説明されることになる。

加えて, 著者が計算テンプレートを含む六つの要素によって「計算モデル」(computational model) の概念を特徴づけている際, 出来上がったモデルだけでなく, それが構築され, 改変されるプロセスにも注目している点は評価されるべきであろう。著者はテンプレートを最初から出来上がった形で提示されたものと捉える「所有者なき観点」(no-ownership perspective) を批判し (p. 70), この分析をさらに推し進めて, テンプレートの中の特定の 全ての, ではなく 要素が系の一部に対応付けられるとする「選択的実体实在論」(selective entity realism) の立場を打ち出す (p. 84)。もっとも評者の見る限り, この立場が哲学的にどのように擁護できるかという議論は不十分であるが, 計算科学という分野で科学者は何をしているのかについて著者が興味深い見解を提示していることは確かである。

本書ではまた, シミュレーションについて特に一章が充てられている(第四章)。これに関しては, 計算過程に関わる「コア・シミュレーション」(core simulation) とその結果の「表現」(representation) とを区別している点が本書の特徴であろう(両者を併せたものは「フル・シミュレーション」(full simulation) と呼ばれる)。著者がこの二つのプロセスを区別するのは, 同じ計算結果であってもそれがどう表現されるかによって我々の理解が大きく変わってくるからである(例えば, 数字の羅列とグラフとを比べてみればよい)。その根底にはやはり, 表現による違いを「原理的に」同じものだとして排除することへの反発がある。

このように, 本書は概して, 現代の計算科学のあり方を積極的に肯定して科学哲学を推進する立場から書かれている。だが例外的に, エージェントベースモデル(agent-based model, ABM) を用いたシミュレーションに対しては厳しい態度が取られており, 評者はこの点が腑に落ちない。経済学や社会学などで頻繁に用いられているこの種のシミュレーションにおいては, 与えられるのはエージェントの振る舞いに関する簡単な規則であり, 微分方程式で表わされるようなテンプレートは存在しない。著者はこうしたシミュレーションがテンプレートに基づくシミュレーションの持つ困難を乗り越える可能性に言及しているものの, 全体としては, ABM によって(社会)現象の理解が得られるということには疑問を呈している(4.6節)。しかしながら, ABM によるシミュレーションも著者の言う「我々自身の拡張」であるには違いないと思わ

れるし、現にこの種の手法は社会科学において広く認められつつある。だとすれば、本書全体の論調からして、これを肯定しないのは奇妙だと言わねばならない。あるいは、ABM について懐疑的な議論を行うのであれば、同様の問いをテンプレートに基づくモデルについても提出するべきであろう。この点で、著者の計算科学に関する分析は一貫性を欠いているように思われる。

以上見てきたように、本書は計算科学に関する興味深い指摘を数多く行っているものの、議論全体としては十分なものになっていない。計算科学の哲学的分析はやはり、まだ始まったばかりと言わねばならないであろう。とは言え、本書は科学史・科学哲学の専門家にはあまり馴染みのない計算科学の世界の実際を紹介してくれているし、計算テンプレートの概念を初めとするいくつかの論点は追及するに値すると評者は考える。計算科学を論じるにあたり、本書を一読しておくことは決して無益ではないであろう。

(有賀暢迪, 京都大学大学院文学研究科 博士後期課程)