

巻/頭/言

物理シミュレーションの超越

Transcendental Physical Simulation



中村仁彦
Yoshihiko Nakamura

物理シミュレーションの意味するところは微視から巨視への展開にある。微分方程式で表される微視的なモデルを長い時間や大きな空間で解いていくと、意外な全体像が見えてくる。直感が想像したとおりの全体像が見えてくるときには、直感の正しさを教える。

物理シミュレーションはわれわれの認知能力を補うツールでもある。流体の偏微分方程式を、海底の地形、地球の運動、海水の温度分布等の条件のもとで解いていくと、地球規模の水圏の様相が見えてくる。大気の様相と海流とは相互にかかわり地球規模の気圏の様相を与え気候変動の予測を可能にする。地球表面の地殻変動を岩盤のせめぎ合いであらわすプレート・テクトニクスは、岩石圏の様相を与える。陸地部では地震のシミュレーションを可能にし、海底の岩盤の変動と海水の挙動を連成させると津波のシミュレーションが可能になる。物理シミュレーションは微視的モデルと境界条件からの帰結であり、何も付け加えない。しかし、われわれの理解はそのままでは巨視的な世界に至らないのである。シミュレーションは、日常の我々の経験的認識を超越した“神の視野”ともいえる巨視的世界を、経験的認識の人の視野の中にもたらすのである。

微視的な物理現象は基礎的な微分方程式で表されることが多い。巨視の様相を求めてこれを解いていくところにシミュレーションの困難がある。わずかな数値の誤差が計算結果に大きな違いを与えることがある。いわゆる“バタフライ効果”とよばれるものである。エドワード・ローレンツの1972年の講演でブラジルでの蝶(ちょう)の羽ばたきがテキサスで竜巻を引き起こす可能性を、予測不可能性の例として言ったものである。これは計算モデルが発散的な性質を持っているときに起こる。一方で、東太平洋のペルー沖の海水温度が12月ごろに上昇するいわゆる“エルニーニ

ョ現象”は気圏の様相に大きな変化を与える地球規模の気候変動の兆候として捉えられており、そのシミュレーションは精度を上げつつある。いずれも“風が吹けば桶屋が儲(もう)かる”ような意外性があるが別物である。物理シミュレーションの結果に意外性が発見された場合に、計算不可能性によるものなのか計算の当然の帰結なのかの判断は大規模な物理シミュレーションにつきまとう問題である。

個の人の運動や行動を物理シミュレーションする研究分野も広がっている。人の筋骨格的モデルを物理シミュレーションとして微分方程式で解いて解析するバイオメカニクスの研究については、ロボットの力学・運動学の計算論にもとづいて近年大きく発展してきている。平成23年度から始まった文部科学省の“次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム”の“(分野1)予測する生命科学・医療および創薬基盤”では「予測医療に向けて、神経系から身体力学系までを含めた人の行動シミュレーションの研究」を東京大学と沖縄科学技術大学が共同で始めており、筆者らもこれに参加している。人の神経系と身体系を含む大規模計算を、次世代スーパーコンピュータを用いて行う研究である。

物理シミュレーションが人の神経系の活動を模擬して行動の予測に結びつけられれば、神経疾患と運動や行動の変化などの関係を明らかにすることができる。また、身体と結びついた神経系の挙動の解析は人の認知過程の解明にもつながるだろう。長い道のりの研究のはじまりにしかすぎない。しかし、物理シミュレーションの力を借りて、われわれの認知能力を補い、われわれの認知過程を捉えようとする研究の第一歩と考えれば心が躍ってくる。

物理シミュレーションは超越した先で、どんな全体像を見せてくれるだろうか。