

地球科学におけるモデルとシミュレーション Models and Simulations in Geosciences

鈴木 秀憲^{1*}, 吉田 茂生², 長縄 直崇³, 戸田山 和久⁴

Hidenori Suzuki^{1*}, Shigeo Yoshida², Naotaka Naganawa³, Kazuhisa Todayama⁴

¹ 名古屋大学情報科学研究科, ² 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門, ³ 名古屋大学現象解析センター, ⁴ 名古屋大学情報科学研究科

¹Nagoya University, ²Kyushu University, ³Nagoya University, ⁴Nagoya University

地球科学では研究対象に介入できる場合は少なく、実験できることは限られてくる。例えば、過去の対象は原理的に介入不可能であるし、惑星のようなマクロな対象や地球内部は（ほとんどの場合）技術的に介入不可能である。またこれらの対象は、観測も不可能であったり、観測データが不十分であったりする。それゆえ地球科学においてはコンピュータシミュレーションが果たす役割が大きいと考えられる。

Winsberg(1999)は、シミュレーションにおける理論から現象モデルをつくる過程を分析し、シミュレーションが単純な理論からの演繹ではなく、雑多な方法論をもつものであり、観測や実験のデータとの容易な比較も許さないという特徴を確認し、「シミュレーションの結果はなぜ、どういう場合に、どれだけ信頼できるのか」という問題の重要性を説いた。そこから Winsberg は「シミュレーション研究の結果への信念を正当化する方法の研究」としてのシミュレーションの認識論（これは Franklin(1986)による「実験の認識論」に倣ったものである）の必要性を主張する。

本発表では、この「シミュレーションの認識論」に取り組み、シミュレーション研究にはどのような注意点があり、現場の科学者はその結果を正当化するためにどのような戦略を使っているのかを明らかにする。

われわれは、地球科学者がシミュレーションを正当化する方法を整理した。正当化には、モデルの妥当化と数値計算の検証の2つのステップがある。モデルの妥当化としては、(1)よく確かめられた物理過程に基づいて定式化されている(2)過去の研究に立脚していること、などがあり、数値計算の検証には(1)単純な場合に厳密解に一致すること(2)理論的な数値計算精度が高いこと(3)計算グリッドの大きさを変えても結果が変わらなくなる程度に収束していること(4)ベンチマーク計算で他のコードと結果が一致すること、などが用いられている。両方に関係する正当化としては(1)シミュレーション結果と観測結果の整合性(2)パラメタや初期条件などを変えても安定して結果が求められること、などがある。

また地球科学におけるシミュレーションのケーススタディにおいて、近似・理想化やシミュレーションと観測データの組み合わせを實踐に即して分析し、「シミュレーションの認識論的ステータス（観察・実験に比しての信頼性）はどのように考えられるべきなのか」という問題についての含意を検討する。

キーワード: 科学哲学, シミュレーション, モデル

Keywords: philosophy of science, simulation, model