

温度上昇の予測は「チューニング」されている

杉山 大志 (すぎやま たいし) 一般財団法人キヤノングローバル戦略研究所 研究主幹

地球温暖化問題を議論するとき、一般の人々は、モデル計算による温度上昇のシミュレーションを科学計算に基づく予測だと思って受け入れている。だが、じつは、シミュレーションは物理学や化学の基礎方程式をそのまま直接に解いたものではない。モデルには任意性のあるパラメーターが多数設定されており、CO₂等の濃度上昇に対して温度上昇がどの程度になるか、結果を見ながらチューニング(=調整)されている。このことはあまり公の場で語られてこなかったが、近年になって、一部の有力な研究者が公表するようになった。シミュレーションは研究の道具としては有用であり、チューニングはその一環を成している。しかし、その「予測」を政策決定に利用するならば、それが温度上昇の結果を見ながらチューニングされている、という事実を念頭に置く必要がある。温度上昇が急速に進むという一部のモデルの結果を強く信じすぎて、経済・社会的に悪影響が大きい極端な温暖化対策を採ることには、慎重になった方が良いのではないか。

1. 地球気候モデル (GCM) とは何か¹

地球気候モデル (Global Climate Model) は、コンピュータを使って地球気候システムのシミュレーションをするものだ。GCMには大気、海洋、地表、海水、氷床をモデル化したモジュールがある。大気モジュールは風、温度、湿度、大気圧の推移を計算する。GCMにはまた、海洋の水循環、それが熱をどう運ぶか、海洋が大気と熱や湿気をどうやりとりするかを表す数式もある。地表モジュールは、植生、土壌、雪や氷による被覆が、大気とエネルギーや湿度をどうやりとりするかを記述する。海水や氷床のモジュールもある。モデルの数式の一部は、ニュートンの運動法則や熱力学第一法則といった物理法則に基づいているが、主要プロセスの中には、物理法則に基づかない近似もある。

コンピュータでこうした方程式を解くため、GCMは大気、海洋、陸地を三次元のグリッドに切り刻む。そしてグリッドのそれぞれのセルごとに方程式が計算される。これがシミュレーション期間の時間ステップについて繰り返される。グリッドとセルの数が、モデルの解像度を決める。GCMで一般的な解像度は、水平方向25-300km、垂直方向は1km、時間ステップは30分ごとであるが、これは年々高くなっている。

とは言え、モデルの空間的・時間的解像度は現実の気候系と比べるとかなり粗い。そして、重要なプロセス(たとえば雲の形成や降雨の発生)はモデルの解像度より小さい規模で起こる。こうしたグリッドのサイズ以下の物理的・化学的なプロセスは、「パラメーター化」により表される。これは実際のプロセスを近似しようとする単純な数式で、実測に基づいたり、もっと詳細なプロセスモデルから導かれたりする。こうしたパラメーターは、過去の観測値と気候モデルの出力を近づけるために「チューニング」される。

GCMで使われる数式は、気候系における物理的・化学的プロセスの近似でしかなく、こうした近似の一部はどうしても粗雑になる。この理由は、プロセスが科学的によく分かっていなかったり、観測データが不足していたり、コンピュータの計算能力に限界があったりするためだ。

¹ この説明は以下に依っている：<http://ieei.or.jp/wp-content/uploads/2019/07/Climate-Models-Japanese.pdf>