

よくある質問と回答

**FAQ 9.1 | 気候モデルは良くなっているのか？どうやってそれがわかるのか？**

気候モデルは、気候システムに関する我々の理解を包含し、大気、海洋、陸面、雪氷、地球の生態系、そして多様な化学的・生物学的過程の複雑な相互作用を現在実行可能な限り忠実に再現する、きわめて高性能なコンピュータープログラムである。

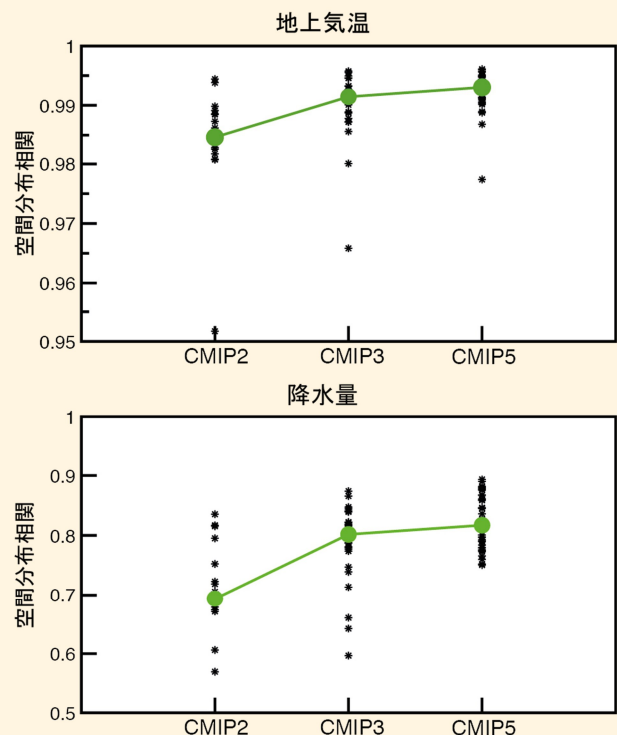
1990年のIPCC第1次評価報告書以来、気候モデルの複雑さ(すなわち、多くのモデルにおける雲や陸面の相互作用などの物理過程の表現、地球の炭素及び硫黄の循環の表現)は大幅に増しており、その意味においては、現在の地球システムモデルは当時のモデルよりもはるかに「良くなって」いる。モデルの向上には他の要因も貢献しているが、この進展は第4次評価報告書以降続いている。より強力なスーパーコンピューターのおかげで、現在のモデルは空間的により精密で細かい部分まで解像することができる。今日のモデルはまた、気候過程の仕組みに対する理解の深まり(すなわち、新しい観測結果と、改善された観測結果と合わせて、進行中の研究と分析から得た理解)も反映している。

今日の気候モデルは、基本的に先行モデルよりも優れている。しかし、再現される気候の何らかの側面を改善しようという意図によるものとはいえ、何らかの複雑さを少しでも付け加えると、誤差を生む新たな原因(例えば、不確実なパラメータを介して)や、たとえ一時的なものにすぎなくとも、そのモデルが気候システムの他の側面について行うシミュレーションを劣化させるかもしれないような、モデルの構成要素間の新たな相互作用を持ち込むことにもなる。さらに、これまでの進歩にもかかわらず、多くの過程の詳細に関する科学的不確実性は残っている。

考えておかなければならないことは、モデル性能は自然の内部変動を考慮したうえで、過去の観測結果との対比でしか評価できないことである。こうしたモデルの将来予測を信頼するためには、過去の気候、及びその変動性と変化がうまく再現されなければならない。利用可能な観測結果の種類と量、より良く調整されたモデル実験の利用可能性、そして様々な性能測定基準の幅広い使用に関して、モデル評価の範囲はモデル性能についてこれまでよりはるかに多くの量的情報を提供している。しかし、これだけでは不十分である。天気予報と季節予報は定期的に検証できるが、1世紀以上にわたる気候予測では無理である。特に、人為起源の強制力が気候システムをかつて測器記録で観察されたことのない状態へと駆動している中ではなおさら無理であり、このことは常に制約になるだろう。

モデル性能の定量化は、過去のIPCC第1作業部会報告書全てで取り上げられてきた話題である。こうした以前の評価を読み返してみると、これまで果たされてきた改善の大ききところが見つかる。多くの場合、過去の報告書はモデル性能についてかなり幅広い調査を行い、気候に関する様々な数量についてのモデル計算結果と、それに対応する観測推定値との差を示している。

特定の気候変数についてあるモデルの方が他のモデルよりも優れていることはあって当然だが、どれか1つのモデルが全部の中で明らかに「最良」であるという事例はまだない。最近では多様な性能測定基準の計算が進歩しており、こうした計算では単純な数値スコアにしたがって、一連の異なる観測結果と比較し  
(次ページに続く)



**FAQ 9.1 図 1 | 年平均気温と降水分布のシミュレーションに関するモデル性能。最近3期の結合モデル相互比較計画(CMIP2、2000年頃のモデル; CMIP3、2005年頃のモデル; CMIP5、現世代のモデル)の結果で検証。数値は、地上気温(上図)と降水(下図)の観測値とモデル計算値との相関関係(分布の類似度を表す尺度)を表す。数値が大きいくほどモデルと観測の空間分布の相関関係が良いことを示す。黒のマークは個々のモデルに対する相関係数を表し、大きな緑のマークは中央値(モデル結果の半数がこの数値より上にあり、もう半数がこの数値より下にある)を示す。モデル世代が進むごとに相関関係が増していることから、モデル性能が改善していることは明らかである。【訳注】**

FAQ 9.1(続き)

てモデル性能を統合している。もちろん、こうしたスコアの定義、計算方法、用いる観測結果(それぞれに不確実性を含む)、そして多様なスコアの組み合わせ方はどれも重要であり、最終結果に影響することになる。

それでもなお、測定基準が一貫性を保って計算されていれば、異なる世代のモデルを比較することができる。そのような比較の結果を見ると、世代ごとに性能の範囲に一定の幅はあるが、総じて平均的なモデル性能指数は世代間で着実に改善している。FAQ 9.1 図 1 にモデル性能の変化の例を示している。図からは、緩やかではあるが継続的に改善していることがわかる。興味深いのは、性能が最低のモデルと最高のモデルがどちらも改善を示している点と、この改善はモデルがより複雑になっていくこと及び大気と海洋の結合に対する人為的調整(いわゆる「フラックス調整」)を排除したことと並行している点である。この改善が実現した理由としては、様々な気候過程に対する理解の深まりと、気候モデルにおけるそれら過程の表現が向上したことなどがある。気候観測がより包括的になっていることも改善を推進している。

以上に述べたとおり、確かに気候モデルは良くなっており、そのことは過去の観測に基づいた定量的な性能測定基準で実証することができる。将来の気候予測を直接評価することはできないが、気候モデルは検証可能な物理的原理にかなりの程度まで基づいており、外部強制力への過去の応答の多くの重要な側面を再現することができる。気候モデルはこのようにして、異なるシナリオに沿った人為起源の強制力への気候応答について、科学的根拠に基づいた予告を見せてくれるのである。

【訳注】この図の対象領域が明記されていないが、おそらく地球全体と思われる。