

よくある質問と回答

FAQ 10.1 | 気候は常に変化している。観測された変化の原因をどのように決定するのか？

観測されている気候の長期的変動(10年以上の時間スケールの変動)の原因は、気候変動の様々な原因に予想される「指紋」が過去の記録に存在しているかどうかを判断することによって評価される。こうした指紋は、個別の気候の強制力によって生じる様々な気候変動パターンをコンピューターモデルで再現することで得られる。数十年規模の時間スケールでは、こうした強制力には温室効果ガスの増加や太陽輝度の変化のような過程を含んでいる。我々は再現された指紋パターンを観測された気候変動と比較することによって、観測された変化を最も良く説明するのはそれらの指紋パターンなのか、あるいは強制力なしで生じる自然の変動性なのかを決定できる。

人為起源の温室効果ガス増加の指紋は、観測された20世紀の気候変動パターンにはっきり見えている。観測された変化は、気候モデルで再現された自然起源の強制力や自然変動性といった他の指紋では説明できない。したがって原因特定に関する研究は、「1951年から2010年の世界平均地上気温の観測された上昇の半分以上は、人間活動が引き起こした可能性が極めて高い」との結論を裏付けている。

地球の気候は常に変化しており、その変化が現れる理由はいろいろ考えられる。観測された変化の主原因を決定するためには、観測された気候の変化が、全く強制力のない状態で現れる他の変動と違うのかどうかをまずはっきりさせなければならない。強制力によらない気候変動(内部変動と呼ばれる)は、気候システム内の諸過程の結果である。太平洋におけるエルニーニョ・南方振動(ENSO)のような大規模な海洋変動は、十年から百年規模の気候の内部変動性の主要な原因である。

気候変動は、火山噴火や太陽輝度の変化のように、気候システムの外部にある自然起源強制力によっても生じ得る。これらのような強制力は、地質記録にはっきりと示されている巨大な気候変動の原因である。人為起源の強制力には、温室効果ガスの排出や粒子状物質による大気汚染が含まれる。こうした強制力は、自然起源か人為起源かに関係なく、平均的な気候の変化を起こすだけでなく内部変動にも影響し得る。原因特定に関する研究では、観測された気候に検出された変化の原因を決定しようと試みる。過去一世紀に世界平均地上気温が上昇したことはわかっていることから、観測された変化が強制されたものであるとすれば、主要な強制力は寒冷化ではなく温暖化を引き起こすものであるに違いない。

系統的な気候変動の原因特定に関する研究は、気候モデルによる対照実験を用いて行われる。気候に対する特定の強制力についてモデルで再現された応答は、しばしばその強制力の指紋と呼ばれる。意味のある気候変動の原因特定に関する評価をもたらすためには、気候モデルが個々の強制力に関連した指紋パターン並びに強制されない内部変動のパターンを信頼できるレベルで再現しなければならない。気候の全ての特徴を完璧に再現できるモデルはないが、多くの詳細な研究からは、現行モデルを用いたシミュレーションは原因特定に関する評価を実施する信頼性が十分にあることが示されている。

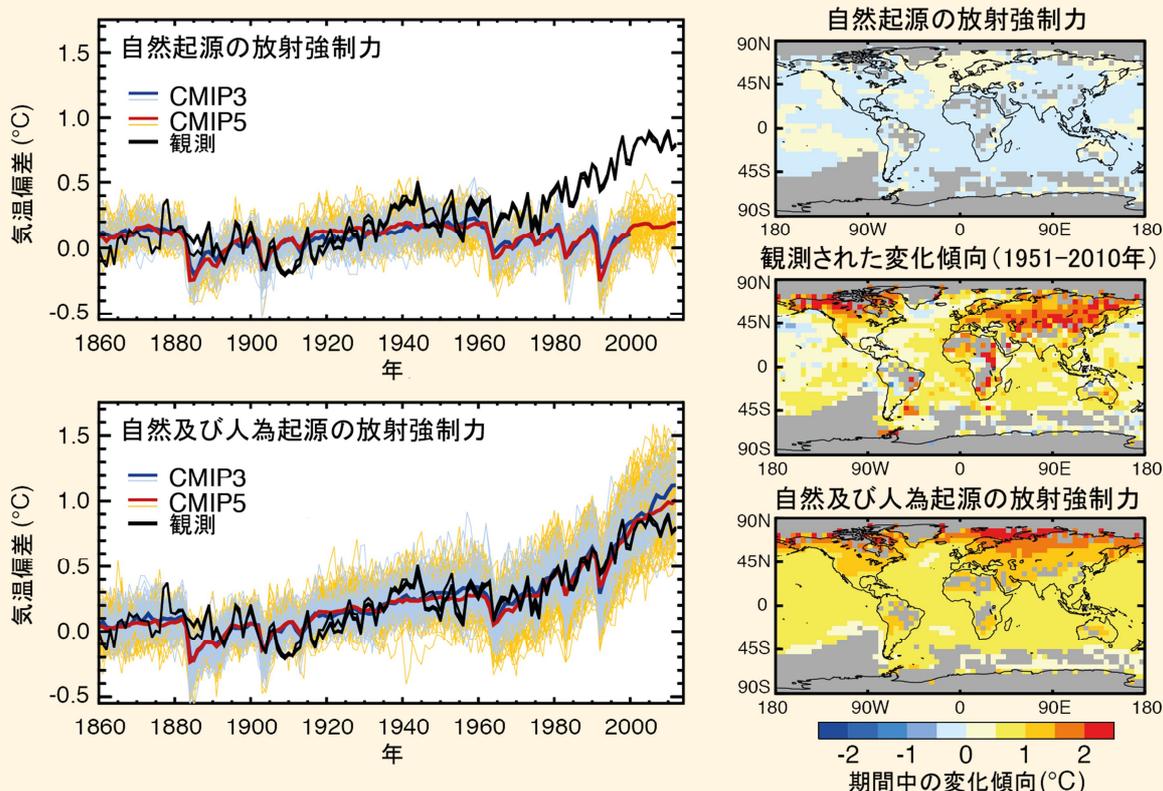
FAQ 10.1 図1は、20世紀後半における世界の地上気温変化の指紋評価の一部を説明したものである。20世紀後半に観測された変化(左の2つの図における黒線の時系列)は、内部変動性だけで予測される変化よりも大きい。自然起源の強制力だけを駆動要因としたシミュレーション(左上の図の黄と青の線)は、20世紀後半の世界全体での地上の温暖化を再現できておらず、変化の空間分布(右上図)は観測された変化分布(右中図)と全く異なっている。自然起源と人為起源の強制力を両方含んだシミュレーションは、観測された地上気温の変化の時間変化率(左下図)と空間パターン(右下図)を非常に良く表現している。

左側の上下の図を見ると、1982年や1991年に発生したような大きな火山噴火後1~2年間に観測された、自然起源の強制力による地上気温の低下を、コンピューターモデルが再現していることがわかる。自然起源の強制力のシミュレーションは噴火後の短寿命の気温変化を捉えているが、より長期にわたる温暖化傾向を再現しているのは自然+人為起源の強制力のシミュレーションだけである。

より完全な原因特定評価は、FAQ 10.1 図1に示された地上気温の結果に加え、上空の気温や、おそらく他の気候変数も検証するだろう。個々の強制力に関連する指紋パターンは、評価で考慮される変数が増えるほど区別が容易になる。(次ページに続く)

FAQ 10.1 (続き)

FAQ 10.1 図 1 は全体として、観測された気温変化のパターンが、自然起源の強制力だけに対する応答パターンと有意に異なっていることを示している。人為起源を含む全ての強制力に対する応答のシミュレーション結果は、観測された地上での変化と良く一致する。温室効果ガス、成層圏オゾン、エアロゾルをはじめとする人為起源の強制力に対する応答を含めないと、最近観測されている気候変動を正しく再現できない。自然起源の変化は今までどおり気候システムに起こっているが、最近の気温変化傾向は大部分が人為起源の強制力に原因がある。



FAQ 10.1 図 1 | (左)1860 年から 2010 年にかけての世界平均地上気温の年平均時系列。左上の図は、自然起源の強制力だけを駆動要因とした 2 つの気候モデルアンサンブルから得た結果(青と黄の細線)と、気温変化のアンサンブル平均(青と赤の太線)を示している。3 つの異なる観測推定値は黒線で示している。左下の図は、同じモデルだが、駆動要因として自然起源の強制力と人為起源の温室効果ガス及びエアロゾルの変化を両方含んでいる。(右)1951 年から 2010 年にかけての局所的地上気温変化傾向の空間分布。上の図は、自然起源の強制力だけを駆動要因とした多数の第 5 期結合モデル相互比較計画(CMIP5)シミュレーションのアンサンブル平均から得た変化傾向のパターンを示している。下の図は、上図に相当するシミュレーションのアンサンブル平均だが、自然起源と人為起源を合わせた強制力を駆動要因に用いた結果の変化傾向を示している。真ん中の図は、この期間に観測された変化傾向のパターンを示しており、英国ハドレーセンターと気候研究ユニット^[訳注]による格子化地上気温データセットバージョン 4(HadCRUT4)を用いている。

【訳注】英国 イースト・アングリア大学の組織。