

## 近未来予測

建部洋晶\*1・石井正好\*2

気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書 (IPCC AR5) の最終版が2014年1月に刊行された (IPCC 2013)。IPCC AR5では、IPCC 第4次評価報告書 (IPCC AR4；IPCC 2007) にはなかったいくつかの新しい章が追加されており、近未来予測はその一つである。本稿で近未来予測を解説するにあたり、まずは IPCC AR4について触れる。

IPCC AR4では、20世紀半ば以降に観測された地表気温の上昇傾向、すなわちここ数十年間の地球温暖化が人為起源温室効果気体の増加に起因する可能性が非常に高いと結論された。また、温室効果気体の排出量が現在以上の割合で増加し続けた場合、21世紀にはさらなる温暖化が進行する見通しであることが指摘された。この報告書は、我が国のみならず世界各国において地球温暖化問題が広く認識されるきっかけとなり、また、自然科学分野では、異常気象頻度、水循環、水産資源などに対する温暖化の影響評価や適応策策定に資する研究を重点化する契機となった。

IPCC AR4の将来気候予測は、気候モデルによる過去150年間の気候再現実験及び将来100年間の温暖化予測実験に基づく。前者では観測データ、後者では社会経済学的に設定された複数のシナリオに従った人為起源温室効果気体及びエアロゾル排出量、太陽活動、火山活動などの外部強制が境界条件として与えられている。外部強制に対する気候システムの応答を計算するという点において、両実験は本質的に同じである。IPCC 報告書の作成に先立ち、結合モデル間相互比較プロジェクト (CMIP) の下、世界各国の気象研究機

関がそれぞれ異なる気候モデルをもってこれらの実験に参加し、モデル間相互比較が行われた。この試みにより、気候シミュレーションにおける不確実性の定量的評価、地球流体諸過程の理解などが進展し、AR4では以前の IPCC 報告書よりも気候モデル実験の結果が重視されることとなった。

地球システムの長期的な温暖化がほぼ確定的となったことを受けて、政策決定機関及び産業界の意思決定機関が喫緊の施策決定に必要とする、気候変動予測情報に対する要請が次第に高まった。このため、IPCC AR5では、将来100年先の温暖化予測に加えて、数年から数十年先の気候変動予測、すなわち「近未来予測」が取り上げられた。近未来予測が焦点とする時間規模の気候変動では、外部強制に対する気候システムの応答に加えて、気候システムに内在する自励的な変動 (以下、内部変動) も予測対象となる。内部変動は、より短い時間規模では、例えば偏西風の蛇行、エルニーニョ現象など、大気変動の非線形性や大気海洋相互作用によって生じる、外部強制によらない変動成分を指す。近未来予測で重要となるのは、太平洋十年規模振動、大西洋数十年規模変動など、空間的には海盆規模、時間的には十年から数十年規模の、大気海洋結合系における内部変動である。このような内部変動の時間規模は、海洋垂表層における水温・塩分の移流、極域での深層対流とこれに伴う海洋子午面循環の変動など、大気と比較して極めて持続期間の長い海洋過程により決定されていると考えられている。

内部変動は外部強制とは独立した現象であるため、気候モデルで再現される内部変動の位相は、観測の位相と一致しない。したがって、内部変動の予測を行うには、モデル内でのその位相を観測と同期させる作業として、気候モデルの初期値化が必要となる。また、予測を可能とする物理過程を考慮し、適切なモデル変

\*1 (連絡責任著者) Hiroaki TATEBE, 海洋研究開発機構. tatebe@jamstec.go.jp

\*2 Masayoshi ISHII, 気象研究所.

© 2015 日本気象学会

数を初期値化すべきである。十年規模の内部変動では海洋過程が重要となるため、近未来予測では海洋変数の初期値化に主眼が置かれる。温暖化予測は外部強制で規定される境界値問題のみを気候モデルで解くことに対して、外部強制と内部変動の両方を考慮する近未来予測は、境界値問題と初期値問題の両方を解くことに対応する。

次に、IPCC AR5第1作業部会報告書第11章「近未来予測」について触れる。この章は、第5期CMIP(CMIP5)で定められた十年規模気候変動予測実験のプロトコルにしたがって実施された気候モデル実験の結果に基づいて記述されている。CMIP5では、1960年から2005年までの期間5年毎10事例の事後予測実験及び2006年以降30年間の近未来予測実験が実施され、事後予測と観測との比較による予測精度の検証、初期値化の有意性、気候変動予測の不確実性などの定量的評価が行われた。これらを受け、地表面気温変化の予測は、予測開始から10年先まで高い確信度で可能であること、また、最初の数年間は初期値化による内部変動予測が、その後は外部強制が、それぞれ予測精度の向上に寄与していることが報告された。十年規模気候変動予測という新しい試みにおいて、国内の研究活動の中からも注目すべき知見が得られている。例えば、太平洋十年規模振動には5年程度の予測可能性があること、1990年代以降の太平洋における十年規模気候変動が大西洋との海盆間相互作用過程に起因する可能性のあること、などである(Mochizuki *et al.* 2010; Chikamoto *et al.* 2012; 河宮ほか 2013)。

現時点では、政策立案に直結するほどに実用的な数年先までの気候予測精度が保証されているわけでは必ずしもない。例えば、観測に見られる2000年以降の地表面気温上昇の停滞(ハイエイタス; 渡部 2014)はCMIP5に参加した多くの気候モデルで予測できておらず、また、このメカニズムについての統一的な見解

も未だ得られていない。物理過程の理解とこれを反映した気候モデルの精緻化、初期値化手法の高度化、気候変動予測における不確実性の定量化などは、今後も継続して取り組む課題である。

#### 略語一覧

AR4/5 : fourth/fifth Assessment report  
 CMIP : Coupled Model Intercomparison Project  
 IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

#### 参考文献

- Chikamoto, Y., M. Kimoto, M. Watanabe, M. Ishii and T. Mochizuki, 2012: Relationship between the Pacific and Atlantic stepwise climate change during the 1990s. *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L21710, doi:10.1029/2012GL053901.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon *et al.* eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996pp.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, T. F. Stocker *et al.* eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.
- 河宮未知生, 石井正好, 鬼頭昭雄, 木本昌秀, 2013: 「21世紀気候変動予測革新プログラム」における, CMIP5実験仕様に基づいた温暖化予測実験. *天気*, **60**, 223-246.
- Mochizuki, T. *et al.*, 2010: Pacific decadal oscillation hindcasts relevant to near-term climate prediction. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **107**, 1833-1837.
- 渡部雅浩, 2014: ハイエイタス. *天気*, **61**, 277-279.