

異常気象をもたらす 気候変動現象の発見とその予測

山形俊男

1. 地球温暖化と異常気象

2013年5月、ハワイのマウナロア観測所において二酸化炭素濃度が1957年の観測開始以来、初めて400 ppmを超えた。2014年4月には北半球全体の平均値でも400 ppmを超えている。産業革命以前は280 ppm程度であったから、驚くべき上昇である。IPCCの報告書は産業革命以来、一貫して進行する人為起源の温暖化気体濃度の増大が地球温暖化の主因となっている可能性が極めて高いとしている¹⁾。こうした地球温暖化に代表される気候システムの変化 (climate change) は、システムの内部変動である気候の変動 (climate variability) に影響を及ぼし、世界各地で異常気象を引き起こしていると考えられている。その発生頻度や強さも気候の変化に呼応して、近年、著しく増大傾向にある。

米国国立気候データセンター (NCDC) の調査報告によれば、1980年から2013年の間に10億ドル以上の損害をもたらした気象／気候災害 (Billion-Dollar Weather / Climate Disaster) は米国内だけで170件であり、総損害額は1兆ドルにも及ぶ²⁾。ここで取り上げられた気象／気候災害は熱波、暴風雨、竜巻、干ばつ、洪水、ハリケーン、山火事などであるが、損害保険のカバーする範囲についての情報の不完全性も考慮すると、この損害額は実際よりも少なく見積もられていると考えるのが自然であろう。政治・経済・社会全体への波及効果まで考慮するなら

ば、頻発する気象／気候災害の影響は想像を超えるほどに大きなものになるはずである。

国際社会のさまざまな努力にもかかわらず、人為起源の温暖化気体排出量はIPCCの高排出量シナリオであるRCP8.5 (2100年における人為的放射強制力が 8.5 W/m^2) に近い状態で推移している現実がある¹⁾。指数関数的な経済発展を続ける中国に加えて、アジア、アフリカの発展途上国では化石燃料の利用が今後も増え続けることが予想されることから、地球温暖化の進行を止めることは至難に近い技である。このような現実社会にあっては、激化する異常気象や極端現象による災害を減じるための様々な方策を練っておくことが重要になる。特に、異常気象や極端現象の発生しやすい期間や場所を、天気予報のような形であらかじめ予測できるならば、早期対策が可能になり、社会活動の面からも産業活動の面からも極めて有効である。果たしてそれは可能であろうか。

2. 海洋起源の気候変動現象が 引き起こす異常気象

2013年の夏、日本列島は猛暑となり、特に6月から9月にかけての西日本の気温は1946年以降で最も高かった。猛暑日の統計を見ると1994年、2013年、2010年の順で多い。興味深いことに、これらの猛暑年は熱帯海洋に発生する重要な気候変動現象に関係している。1994年はイ

インド洋にダイポールモード現象が起きた年であり、猛暑により589名が亡くなった。実際、この猛暑の源を探る過程で著者らはダイポールモード現象を発見したのである³⁾。2010年は熱帯太平洋に発生したラニーニャ現象により、熱中症死者数は1,745名にも上った。2013年の状況は、2010年と極めて良く似ていた。

熱帯海洋に発生した気候変動現象が日本列島に異常気象をもたらした年はこれだけではない。2004年は10個もの台風が日本に上陸した特異な年（台風は平均して毎年26個程度発生するが、そのうち上陸するのは3個程度）として知られている。この年は熱帯太平洋にエルニーニョモドキ現象が発生し、猛暑に襲われた日本では熱中症死者が449名と多かった。エルニーニョモドキ現象はこの異常気象を明らかにする過程で筆者らが発見したものである^{4)・5)}。2005～2006年は豪雪だったが、これはラニーニャ現象が日本列島の冬に及ぼす典型的な影響である。翌2007年は、このラニーニャ現象が継続しているところに、ダイポールモード現象が発生し、猛暑により904名もの人々が亡くなった。一方、1982年は、熱帯太平洋にエルニーニョ現象が発生し、日本は冷夏となって熱中症による死者数が26名と少なかった。1993年も冷夏で、特に東北地方では日照時間も短く稲穂に実が入らない不作の年になった。この年は日本に冷夏をもたらすエルニーニョ現象に加えて、インド洋熱帯域には負のダイポールモード



PROFILE

山形俊男
(やまがた としお)
日本学術会議連携会員、海洋研究開発機構上席研究員、海洋政策研究財団特別研究員、日本海洋科学振興財団会長
専門：海洋物理学、気候力学

現象が起きていたのである。ここで言及したような海洋起源の気候変動現象の発生とその遠隔地への影響（テレコネクション）を予測できるならば、異常気象の起きやすい季節を世界各地で前もって知ることが可能になる。

3. 気候変動予測科学・技術と 気象・気候エンジニアリング

地球温暖化に代表される気候変化の下で、地球気候システムの内部変動である気候変動現象も変調を起し始めていることが世界の気候研究者に認識され始めている。たとえばインド洋熱帯域では、ダイポールモード現象が頻発するようになり、太平洋熱帯域に発生するエルニーニョ現象やラニーニャ現象だけでは世界各地の異常現象を説明できなくなっている⁵⁾。太平洋熱帯域においてすら、エルニーニョ（ラニーニャ）現象とは性質を異にするエルニーニョ（ラニーニャ）モドキ現象が頻繁にみられるようになった⁶⁾。地球温暖化により付加された熱エネルギーの93%は海洋が受容しており、海洋温暖化が海洋酸性化とともに確実に進行しているか

らである⁷⁾。地球温暖化、そしてその結果としての海洋温暖化に伴って異常気象や極端現象はますます増大するであろう。

しかし、ここに朗報がある。最近の気候変動予測（ここではシナリオ主導の地球温暖化予想（climate change projection）ではなく、文字通りにclimate variability predictionを意味している）分野の進展は著しく、エルニーニョ現象やダイポールモード現象は地球シミュレータ上にかなり精度よく再現されるようになった。図1に示すように、大気や海洋の地球観測データをシミュレーションの初期値として導入することで、半年から1年先くらいまでの世界の季節をあらかじめ見通すことが可能になりつつあ

るのである。私たちの研究グループでは、2005年に2006年のダイポールモード現象を初めて予測することに成功した⁸⁾。2007年のダイポールモード現象の発生と付随するオーストラリアの干ばつ予測の成功は、この公開予測情報（<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/e/seasonal/outlook.html>）を知らずに小麦の先物取引で10億オーストラリアドルもの負債を被った農業関係者に気候変動予測の重要性を認識させることになった（2007年10月24日、The Weekly Timesから）。最近では、こうした季節予測の精度は更に向上している。図1は2月に5月、8月、11月の気温と海面水温（左コラム）と降水量（右コラム）を予測した場合

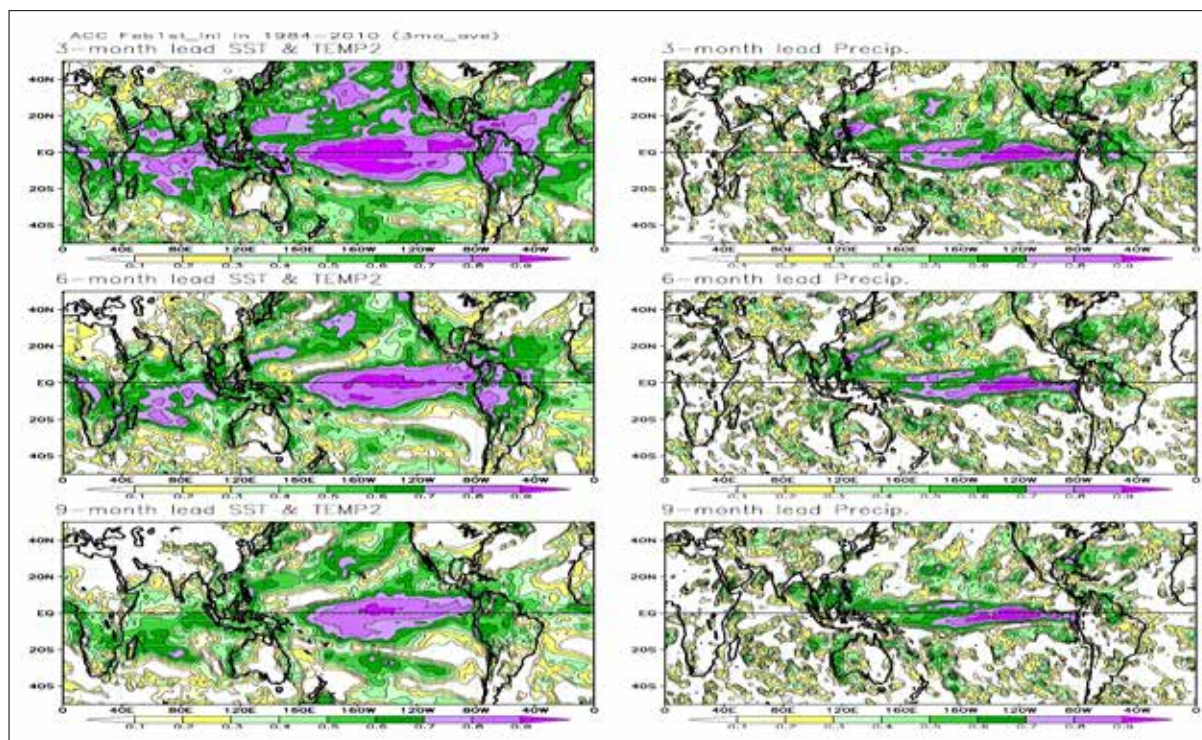


図1 大気海洋結合大循環モデルを用いた温度（地上気温、海面水温）と降水量の季節予測精度

の相関係数を示したものである。色の濃い部分は6割から9割以上のよい精度で予測できている。熱帯付近では9カ月前の予測もかなり良いことがわかる。

このような気候変動予測の応用範囲は広い。防災関係はいうまでもなく、主要穀物の収穫予測、マラリアや眠り病などの感染症対策、食品業界、アパレル（衣服）関係も対象範囲に入る。人間安全保障にかかわるすべての分野に関係しているといっても過言ではない。今回のシンポジウムのメインテーマである人工降雨の新展開は、地球温暖化の下で変質しつつある気候変動現象とそれがもたらす異常気象や極端現象への対応策の一環として捉えることができる。人工降雨は社会に受け入れられやすい気象・気候エンジニアリング技術であり、本稿で示したような気候変動予測の高度化をめざす試みと適切に連携するならば、新しい未来を拓くことができるのではないだろうか。

.....
引用文献

- 1) IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press.
- 2) Smith, A. and R. Katz, 2013 : Billion-dollar Weather and Climate Disasters: Data Sources, Trends, Accuracy and Biases. *Natural Hazards*. DOI: 10.1007/s11069-013-0566-5.
- 3) Saji, N.H., B. N. Goswami, P.N. Vinayachandran and T. Yamagata, 1999: A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature* **401**: 360-363. DOI: 10.1038/43854.
- 4) Ashok, K., S. K. Behera, S. S. Rao, H. Weng and T. Yamagata, 2007: El Niño Modoki and its Possible Teleconnection. *J. Geophys. Res.* **112**, C11007, DOI: 10.1029/2006JC003798.
- 5) Cai, W., A. Santoso, G. Wang, E. Weller, L. Wu, K. Ashok, Y. Masumoto and T. Yamagata, 2014: Increased Frequency of Extreme Indian Ocean Dipole Events due to Greenhouse Warming. *Nature* **510**: 254-258. DOI: 10.1038/13327.
- 6) Ashok, K. and T. Yamagata, 2009: Climate Change: the El Niño with a Difference. *Nature* **461**: 481-484. DOI: 10.1038/461481a.
- 7) Victor, D. G. and C. F. Kennel, 2014: Ditch the 2°C Warming Goal. *Nature* **514**: 30-31. DOI: 10.1038/514030a.
- 8) Luo, J.-J., S. Masson, S. Behera and T. Yamagata, 2007: Experimental Forecasts of Indian Ocean Dipole Using a Coupled OAGCM. *J. Climate* **20**: 2178-2190.