

# 北極域環境研究最前線： 北極がホットになるホットな話題

国立大学法人筑波大学 生命環境系 教授 計算科学研究センター 地球環境研究部門長 田中 博

## はじめに

地球温暖化は北極圏でもっとも顕著に現れることが、気候モデル予測の結果から知られている。全球平均気温が4℃上がる場合、北極圏ではその3倍の12℃も上昇する(図1と図2右)。この特徴的な地球温暖化の空間分布は、北極温暖化増幅(Arctic Amplification)と呼ばれている。北極温暖化増幅は、観測的には2000年以降のデータにその傾向が明瞭に表れているが、それ以前の1970年から1990年代には、北極振動(図2左)に対応した気温偏差の分布が卓越して見られた。北極圏で温暖化が顕著に現れる原因としては、アイスアルベド・フィードバックに伴う短波放射収支の変化が最も重要とされているが、他にも大気と海洋の大循環に伴う中緯度からの熱輸送の変化などが貢献している。これらは互いに密接に関係しており、たとえば、アイスアルベド・フィード

バックを落とした気候モデルでも、温室効果気体による放射強制に対し中緯度からの熱輸送が増加して、北極温暖化増幅が生じることが知られている。つまり、アイスアルベド・フィードバックは、大循環により生じる北極温暖化増幅をさらに増幅させる働きをしている。

## 北極温暖化増幅と北極振動の関係

二酸化炭素倍増の放射強制に対し、北極温暖化増幅が起こることで、全球の温暖化が強化され、全体的な放射冷却も増加することが解かった。北極温暖化増幅(図1)は、地球を最も効率よく冷却するために、気候システムが選択した応答と考えることも可能である。これに、大気の力学的固有解である北極振動(AO)の影響を導入すると、AO指数が負の時に、北極圏の気温が上がり、中緯度の気温が下がるため、海氷が融けて北極温暖化増幅はさらに強化される

IPCC, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

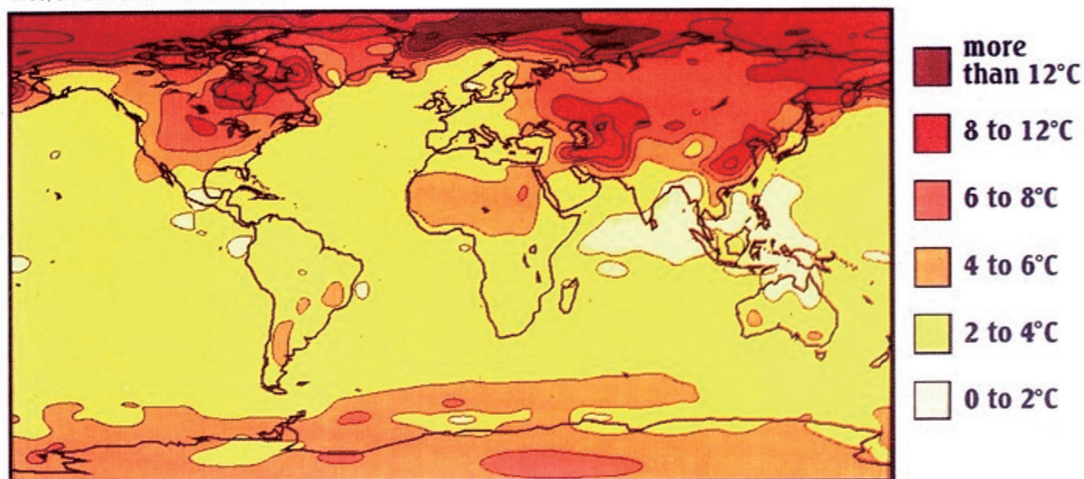


図1 北極温暖化増幅(IPCC報告より)

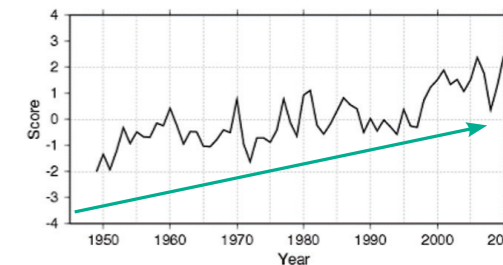
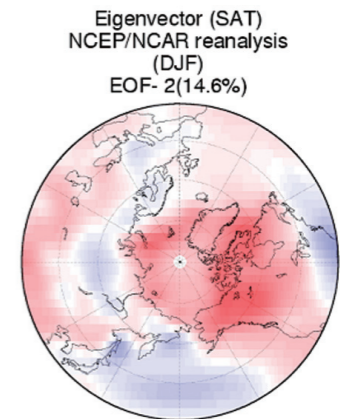
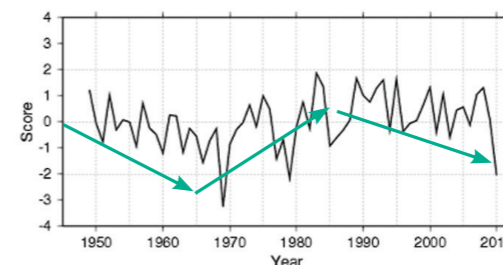
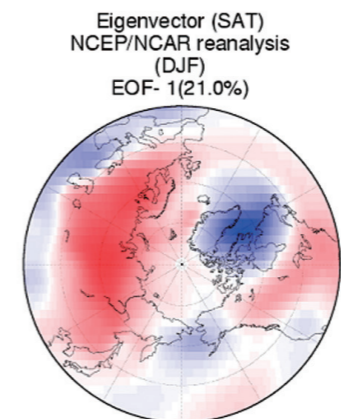


図2 地上気温のEOF-1とEOF-2の空間分布と時系列

という状況を作り出す。これは、北極振動がアイスアルベド・フィードバックを介して北極温暖化増幅に貢献していることを示している。

## 地球温暖化が2000年以降に止まっている

近年の北極圏の温暖化は、海氷の融解を仲介した北極温暖化増幅により生じている一方で、それをしのぐ寄与率の自然変動としての北極振動がローカルに重なって生じていることが解る。図2は地上気温の変動の主成分分析の結果であり、寄与率21%の北極振動モード(左図)が寄与率15%の北極温暖化増幅モード(右図)に重なっていることを示す。2000年以降、北極海の海氷が激減し、北極圏が温暖化する一方で、全球平均気温の上昇が止まっている。この理由は良くわかっていないが、hiatus問題と呼ばれている。近年、北極振動の負がピークになり、北極振動が海氷の融解をもたらしているため、北極圏が温暖化する一方で中緯度の気温が低下し、半球平均気温の停滞をもたらしていると考えられる。

## おわりに

IPCC-AR4で報告されている気候モデル群は、温暖化による北極海の海氷面積の減少を過小評価している。これは、観測される2000年以降の急激な海氷の減少が、カオス的に振る舞う負の北極振動によるものと考えれば説明がつく。地球温暖化が人為的放射強制力の増大により生じていることは間違いないが、地球温暖化に占める自然変動(内部変動)の影響は、現在認識されているものより大きく、予測される温暖化と同程度の大きさの自然変動が重なっていると思われる。したがって、2000年以降のhiatus問題の原因を自然変動とするならば、1970年から2000年頃までの急激な温暖化にも、カオス的な自然変動が含まれることになるので、観測される温暖化のほとんどが、人為的な温室効果の増加で説明できるとする今日の認識は再度検証される必要がある。そして、そのようなモデルによる100年後の温暖化予測は、温暖化を過大評価していることになり、自然変動を再評価した場合には、温暖化は約半分になると考える。