

# てんきすと

自然と共に歩む 日本気象予報士会 CAMJ 日本気象予報士会会報

第1期  
定時社員総会  
記念講演  
Vol.2

## 北極振動と地球温暖化

地球温暖化が示す不都合な真実

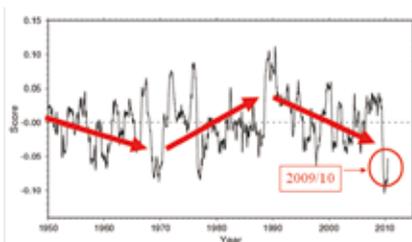
田中 博

筑波大学計算科学  
研究センター教授

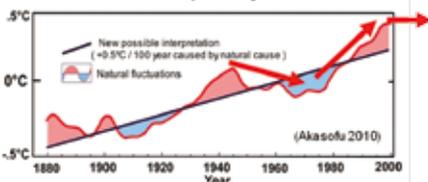


### 7. 現実大気の温暖化トレンドの空間パターン

ここで、現実大気について過去の北極振動と地上気温の関係を振り返ってみましょう。図10は1880年以降の北半球平均気温の時系列と1950年以降のAO指数の時系列を比較

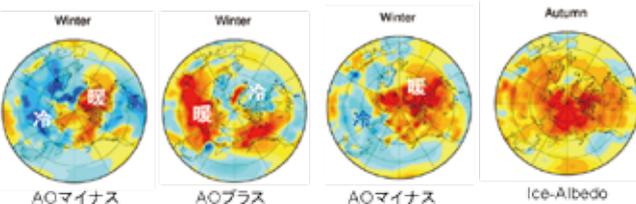


Variations of the Earth's surface temperature for the past 140 years



したものです。近年では、1940-1970年にかけて寒冷化し、1970-1990年にかけて急激に温暖化が進み、1997年のエルニーニョ年をピークに21世紀になって温暖化がほぼ止まっています。この気温の長期変化に対応してAO指数も

同様に長期的に変化しています。そこで、AO指数が正から負に変化した1949-1969年、負から正に変化した1969-1989年、そして最近の1989-2008年の期間で求めた北半球冬季(DJF)の気温トレンドの分布図を図11に示しました。ただし、一番右の図は1989-2008年の秋季(SON)の気温トレンドの図です(Ohashi and Tanaka 2010)。



良く知られているように、1940-1970年代にかけて気温は低下し、一部では氷河期の到来が予想されました。この期間の気温トレンドの分布をみると、シベリアや北米で負の値を示す一方で、グリーンランド付近で正というAOマイナスの特徴が見られます。つづく1970-1990年代にかけては気温が急激に上昇し、氷河期の到来から一転して地球温暖化の問題が浮上してきました。この期間の気温トレンドの分布をみる

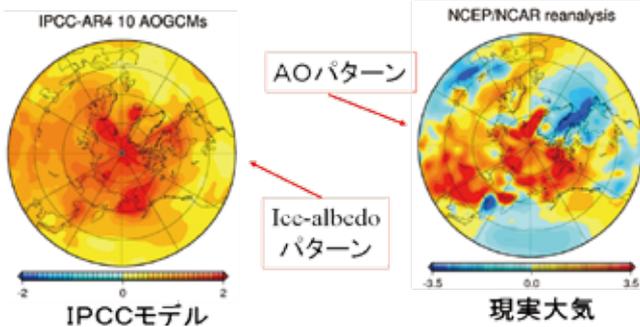
と、シベリアや北米で大きな正の値を示す一方で、グリーンランド付近で負という典型的なAOプラスの特徴が見られます。この解析はNCEP/NCAR再解析データによるものですが、地点データから詳しく解析した気温トレンドの分布が図4になります。そして最後に1990-2010年にかけては、上述のようにAO指数が正から負に転じていますが、この期間の気温トレンドの分布をみると、シベリアで負の値を示す一方で、グリーンランド付近で正というAOマイナスの特徴が見られます。この特徴は2009/2010年のデータ(図6)を用いると一層はっきりと見られ、冬季(DJF)と同様に春季(MAM)においてもAOマイナスの特徴が見られます。この解析結果から、地球温暖化曲線に重なる10年スケールの気温の上がり下がりが、北極振動に大きく支配されている事を確かめることができます。

一方、図11の一番右の図は、同様にして解析された1989-2008年の秋季(SON)の気温トレンドの分布図です。昇温トレンドは北半球全域に見られ、特に北極域に集中しています。これは地球温暖化により北極海の氷が融け、アイス・アルベドフィードバックにより気温が上昇したものと考えられます。特に2007年9月の海水激減は、地球温暖化の動かぬ証拠としてマスコミでも取り上げられました。このパターンはIPCCの気候モデル群が21世紀の来るべき地球温暖化の特徴として共通して予測するもので、アイス・アルベドパターンと呼ぶ事にします。解析結果によるとこのパターンが出現するのは1989-2008年の秋季(SON)のみで、それ以前のデータや他の季節には見られませんでした。また、心配された北極海の海水も、2008以降は平年値に戻る傾向を示しています。

### 8. IPCCモデルの温暖化トレンドの空間パターン

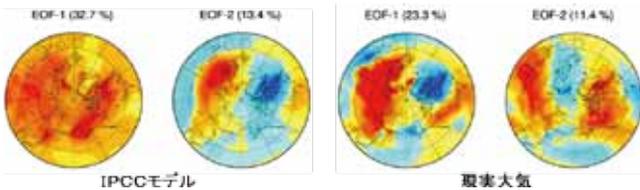
図12は1951-1999年の50年間の温暖化トレンドの分布をIPCC-AR4モデル群(代表的な10モデル平均)とNCEP/NCAR再解析データ(ここでは現実大気と呼びます)とで比較したものです。両者を比較すると、IPCC-AR4モデル群の温暖化は、基本的に上述のアイス・アルベドパターンで昇温していることが解ります。これは人為的な温室効果ガスの増加による温暖化パターンです。それに対し、現実大気では、平均期間が長いために多少変形していますが、基本的にAOパターンで昇温しているという違いが理解できます。詳しく見るとアイス・アルベドパターンも含まれていますが、それに重なるAOパターンを認識できます。この矛盾が重要な意味を

### Linear trend of surface air temperature (1951–1999 winter: Dec–Feb in K)



持つことになります。

両者の差異をさらに解りやすく分析するために、IPCC-AR4モデル群(10モデル平均)と現実大気の冬季の気温場を、経験直交関数展開(EOF)を用いて解析しました。図13はその結果得られたEOF-1とEOF-2の構造を両者と比較したものです。IPCCモデル群では、EOF-1としてアイス・アルベド



パターンが33%の寄与率で見られ、EOF-2としてAOパターンが13%の寄与率で見られます。EOF-1の時系列は20世紀の温暖化曲線を表していますが(図省略)、EOF-2の時系列は当然のことながら、現実のAO指数とは一致しません。一方、現実大気では、EOF-1としてAOパターンが23%の寄与率で見られ、その時系列はAO指数と似たものとなります。シベリアと北米で正、グリーンランド付近で負という特徴はAOの構造そのものです。しかし、EOF-2からEOF-4までを探しても、現実大気にはアイス・アルベドパターンが見当たりません。気温トレンドの背景には人為的温室効果による温暖化が少なからず存在するはずですが、卓越するものではないということです。AOが温暖化のすべてを説明するとは言いませんが、AOパターンが10年スケールの気温変化の主要部分を引っ張っていることは確かです。それに対し、IPCCモデルでは、AOによる昇温の効果の再現は無理なので、観測的には卓越していない人為的温室効果ガスの増大で、20世紀後半の温暖化を再現しているという矛盾が見えてきます。

## 9. 地球温暖化が示す不都合な真実

以上の解析結果から、20世紀後半に、現実大気はAOパターン(内部変動)で温暖化しているのに、IPCCモデル群はアイス・アルベドパターン(人為的温室効果)で温暖化させている、という重要な矛盾が示されました。上述の図8と図9で説明したように、本来、予測が不可能な内部変動としてのAOによる昇温を、IPCCモデル群は人為的な温室効果ガスの増加でもって温暖化させ、観測される温暖化曲線とぴったり一致するようにチューニングしたことが明らかです。モデル開発とは、過去に得られた観測結果を可能な限り忠実に再現できるように、モデルを改良しチューニングを重ねることから始まります。恣意的にパラメータの許容量を超えて現実と合せる事はしませんが、観測される温暖化曲線と大幅に異なる

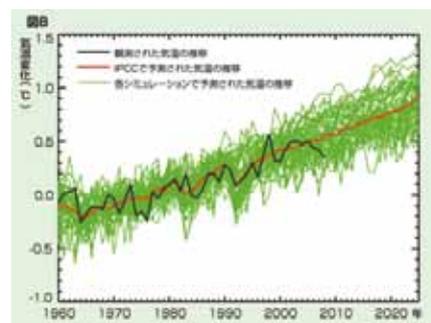
時は、5年10年のスパンでモデルの改良を重ね、観測される温暖化曲線と一致すればモデルは改善したものとみなします。現時点の解像度の粗いモデルについては、全球平均温度の時系列が観測と一致するまで改良が進んだが、温暖化の詳細な空間パターンまで観測と合せるのは困難であるとの認識ははずです。

本研究で言いたい不都合な真実とは、20世紀後半の温暖化が、IPCCモデルではアイス・アルベドパターン(人為的温暖化)で生じているのに対し、現実大気ではAOパターン(カオス的な内部変動)で生じているという点です。図13のふたつのEOF-1のパターンが、モデルと現実とで合わないことです。地球温暖化地獄というジグソーパズルを埋めていくと、最後の1枚がアイス・アルベドパターンのピースであるべきところ、AOパターンになっていて、ジグソーパズルは完成しません。

地球温暖化に対して、AOが具体的に何割程度貢献しているのか、という疑問に定量的に答える事は重要です。図13にはそのヒントがあります。IPCCモデル群のEOF解析の分散比はEOF-1とEOF-2とで5:2(33:13)になっています。EOF-1のアイス・アルベドパターンが温室効果ガスの増加という外部強制によるもので、EOF-2のAOパターンがランダムな確率過程に従う10モデルの平均だとすると、単純計算ではIPCCの単一モデルに対する分散比は5:20となり、北極振動による貢献が非常に大きい事が理解されます。

## 10. IPCCによる温暖化の将来予測は過大評価

20世紀後半の急激な温暖化トレンドはAOプラスのパターンで進行しましたが、21世紀になり温暖化が止まっています。一部には太陽活動の長期変化から、このまま寒冷化するという予測もありますが、これは一時的な自然変動の範囲内であると考えられています(図14、吉田他 2009)。我々の考えでは、AO指数がマイナスに転じ、人為的な温暖化トレンドにAOマイナスによる内部変動が重なったためです。2010年の異常なAOマイナスは、それをさらに裏付ける結果となりました。北極振動という内部変動が、10年スケールで気温の変動をある程度コントロールしていることは明らかですが、ここからも



矛盾点が見えてきます。もし、21世紀になり温暖化が止まったことが一時的な内部変動によるものだとすれば、1970-1990年代の急激な温暖化の約半分も内部変動に

