

47-2 産業革命以降の気候の再現に関する研究 (研究期間：平成14年度～平成16年度)

気象研究所 鬼頭昭雄(kitoh@mri-jma.go.jp)

1. 研究の目的

人間活動による二酸化炭素・メタン・オゾン・エアロゾルの変化及び太陽活動や火山性エアロゾルによる自然変動をそれぞれ考慮して、産業革命以降の気候変動の再現実験を行い、その結果の解析から温室ガス等の気候変化に対する個別要因の影響評価を行うことを目的とする。

2. 研究の方法

産業革命以降の気候変化について、太陽活動や火山性エアロゾルなどによる自然変動と、温室効果ガスの排出など人間活動による変化を識別し、それぞれの要因による影響評価を行う。

サブ課題1「観測データ及び各種強制力データの整備とデータ解析」では、産業革命以降の気候システムの長期的変動を調べるため大気観測データを収集し、3次元構造を解析する。また、モデルの境界条件として使用する植生・エアロゾルデータ等を収集・整備する。

サブ課題2「歴史的海面水温・海氷データを用いた大気大循環モデルによる気候再現に関する研究」では、大気大循環モデルの気候再現性を評価し、海面水温が変動したときの大気の変動を調べるため、19世紀後半からの解析された歴史的な海面水温・海氷分布を境界条件とした大気大循環モデルアンサンブル積分を行い、観測データと比較する。その結果を用いて大気変動に関し、海面水温・海氷分布の変動に起因するものと、それ以外の自然変動に起因するものに分離評価する。この課題は過去130年間の(及び1949年以降は重点的に)気候変動・変化について、観測海面水温データで強制した大気大循環モデルと観測データから研究する「20世紀の気候シミュレーション(C20C)」プロジェクト(<http://grads.iges.org/c20c/>)にも対応するものである。

サブ課題3「気候モデルによる気候再現と気候変化への各種要因の影響評価に関する研究」では、気候モデル(大気海洋結合モデル)を用いて産業革命以降の気候再現シミュレーションを行い、観測データ及び大気大循環モデル結果と比較する。特に、気候変化に対する温室効果ガスを始めとする各種要因の役割を評価するために、温室効果ガス、成層圏オゾン、エアロゾル(火山性エアロゾルを含む)、太陽活動の各種強制力を別個に用いた感度実験を行い、各種

強制力の影響評価を行う。

3. 研究の成果

3.1 観測データ及び各種強制力データの整備とデータ解析

NCEPの再解析データ(1958-2001年)を北極振動の長期変動に着目して解析した。北極振動指数は極域気圧変動、子午面循環、運動量強制、運動量輸送とそれぞれ深い関係があることが解析された。まず波の伝播に伴う運動量輸送の変化があると、運動量輸送のたまりである運動量強制が変化する。すると運動量強制の駆動する子午面循環も変化し、子午面循環の変化はその上昇下降域である極域の地表面気圧を変動させる。極域地表面気圧は北極振動の極域中心であるから、ほぼ北極振動指数に比例すると考えられる。実際に、これらの平均量を北極振動指数とよく相関している領域平均で定義すると、互いによく相関している事が確かめられた。この点については、気象研究所の大循環モデルによる1951年～2001年の計算結果でも確かめることができている。

3.2 歴史的な海面水温・海氷データを用いた大気大循環モデルによる気候再現に関する研究

大気大循環モデル"MJ98"によって再現された1872年から2001年までの130年間の気候変動と変化を評価した。モデルの水平分解能は約270kmである。モデルは30の鉛直層を持ち、最上層は0.4 hPaで高度55kmに相当する。

「20世紀の気候シミュレーション(C20C)」プロジェクトでの実験設定に従って、観測された海面水温と海氷データ"HadISST1"をモデルに与え、6メンバーのアンサンブル積分を1872年から2001年まで行った。温室効果気体としては、観測された二酸化炭素(CO₂)濃度を1872年の288 ppmvから2001年の366 ppmvまで増加させ、季節変化無しで大気全体に一樣に与えた。メタン(CH₄)の濃度は1650 ppbv、一酸化二窒素(N₂O)の濃度は306 ppbvとした。CH₄、N₂Oともに時間変化は無く、大気全体に一樣に与えた。

モデルは全130年間の全球年平均陸面地上気温の正のトレンドを良く再現しているが、1910年以前にはモデルは観測より高く、1980年以降にはモデルは観測より低い結果となった。このこ

とから、モデルは観測された全130年間の正のトレンドを過小評価していると考えられる。観測によると、1910年から1945年までに正のトレンド、1946年から1975年までに負のトレンド、1976年から2001年までに大きな正のトレンドが見られる。注目すべきことに、モデルもこの3つのトレンドすべてを良く再現している。これは、モデルが陸面地上気温の数十年変動も再現できることを意味する。

同様の計算を4つの全ての季節について行ったところ、モデルは全ての季節で観測された正のトレンドを再現したが、その大きさは過小評価だった。再現されたトレンドの季節による違いは、観測に比べ小さかった。

3.3 気候モデルによる気候再現と気候変化への各種要因の影響評価に関する研究

産業革命以降の各種強制力（温室効果気体、硫酸エアロゾル、太陽活動による太陽定数の変化、および火山活動による成層圏エアロゾルの放射強制力）のすべてを与えた気候再現実験を行い、その結果を解析した。モデルは全球平均地上気温の変化において、産業革命以降の観測された数十年規模の変動をうまく再現している。

アンサンブル実験から、アンサンブル平均を外部強制力に対する応答とし、各メンバーのアンサンブル平均からの残差を内部変動によるものとして分離する解析を行った。最近注目されている「北極振動」の数十年規模変動について調べた。平均海面気圧の主要な変動は北極を中心とする円環状パターンを示し、そのアンサン

ブル平均の主成分時系列は20世紀の全般的な上昇傾向と1970年代以降の相対的に大きな上昇トレンドを示す。これらは観測されている「北極振動」の数十年規模変動と矛盾しない。

この平均海面気圧の円環状パターンは内部変動あるいは短周期の北極振動に似ているが、より東西対称的で、中緯度の北大西洋と北大西洋の偏差が小さい。数十年規模変動に伴う大気の変動の3次元構造は、内部変動によるものと、外部強制力に対する応答で大きく異なることが示された。

4. 今後の課題

気候モデル実験では、各種外部強制力をまとめて扱った実験結果について示したが、強制の種類により応答の仕方は異なると考えられる。たとえば、温室効果気体の強制は地表を温める一方、成層圏を冷却する効果を持つが、太陽活動の場合は対流圏と成層圏で同じ符号の強制力を与えると考えられる。最終年度に向けて各種要因別の強制を与えた実験と比較することにより、このような要因別の応答の違いを調べていく。

5. 成果文献

Matthes, K., K. Kodera, J. D. Haigh, D. T. Shindell, K. Shibata, U. Langematz, E. Rozanov, and Y. Kuroda: GRIPS Solar Experiments Intercomparison Project: Initial Results. Pap. in Meteorol. and Geophys., 54, 71-89 (2003)

