

地域気候モデルによる日本域の気候への黒潮大蛇行の影響

村崎万代・辻野博之・栗原和夫（気象研究所）・本井達夫（気象大学校）

1. はじめに

日本の南方から熱を大量に運ぶ黒潮は、日本沿岸に沿って常に同じ流路を流れるのではなく、日本付近で大きく蛇行する時期もあればそのまま沿岸に沿うように北上する時期もあるというユニークな性質を持っている。近年、黒潮大蛇行の気候への影響についての研究が、モデル、観測両面で進められつつある（Koseki et al, 2010, Qui et al, 2010, Nakamura et al, 2012）。しかしながら、黒潮大蛇行が現れる期間は限られており、統計的有意性を考慮した上でのインパクト量の見積もりはまだ十分に行われているとは言えない。本研究では高分解能海洋モデルと地域気候モデルを用い長期積分をおこなうことにより黒潮大蛇行による日本域の気候への影響を調査した。

2. モデルの概要と実験設定

本研究に使用したモデルは、大気モデルは気象研究所地域気候モデル（MRI-RCM）、海洋モデルは高分解能北太平洋海洋モデル（NPOGCM v.2）である。NPOGCM v.2は、Sato et al. (2006)で用いた海洋モデルの改良版を用いており、MRI community ocean mode (MRI.COM; Ishikawa et al. 2005) を元としている。モデル領域は緯度方向には100°E-75°W、経度方向には15°S-65°Nで、分解能は経度方向は1/4°、緯度方向には1/6°、ただし日本領域(120°E-160°E, 25°N-50°N)では1/10°と細かくなっている。鉛直レベルは34層に設定している。

RCM20は気象庁で短期予報のために開発されたモデル(NPD/JMA 1997)を元にして、長期連続積分可能にするためにスペクトル結合(Kida et al, 1991)、及びTakayabu et al (2004)の陸面過程を取り入れている。本研究では分解能約20km, 鉛直分解能36層に設定している。

最初に JRA-25 の26年平均月平均場で NPOGCMを20年間スピンアップした後、1979年からのJRA-25の6時間毎の大気場を外力として与え、2004年12月までの長期積分をおこなった。得られたSST及び海氷のデータを下部境界条件とし、NPOGCMを駆動した大気場と全く同じJRA-25の大気場を側面境界条件としてRCM20の長期ランをおこなった(OGCM-run)。

また、比較のためにJRA-25のSSTを下部境界条件に使ったRCM20の長期積分結果(JRA-run; Murazaki et al, 2010)をコントロールランとして用いた。

3. NPOGCM による 20 年積分の結果

図 1 は JRA-25 の大気場で駆動した NPOGCM の1985年～2004年までの20年平均の冬(12,1,2月)のSST分布を示している。JRA-SSTでは黒潮を表現することは難しいが(図省略)、NPOGCMの結果では日本の太平洋沿岸を流れる黒潮に伴い、SSTが高くなっている様子が表現されており日本列島周辺の暖流を現実的に再現していることがわかる。

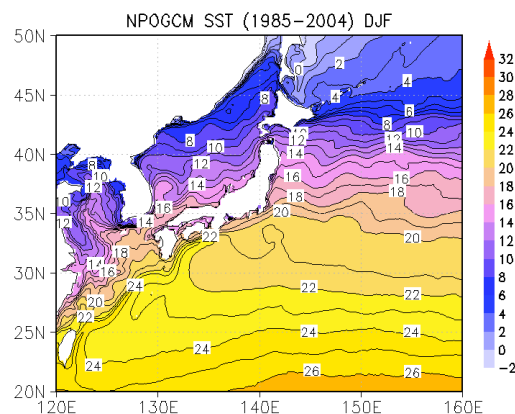


図1 NPOGCMによる冬期20年平均SST. 単位は℃.

4. NPOGCM による黒潮流路の変動の再現性

NPOGCM での黒潮流路の再現性を明らかにするため、Kawai (1972)に従って 136°E～139°E の範囲における水深200mでの 15°Cコンターの最南下緯度が 32°N より南にあるときに黒潮大蛇行がおきてると定義し、その変動を調べた。図2はNPOGCMで計算した1985年～2004年までの月平均水温分布の最南下緯度を示している。モデル結果では1987年～1996年まではきわめて安定した非蛇行期となっており、その後は大蛇行が卓越するモードに移行している。観測では1986年12月～1988年7月、1989年12月～1990年12月、2004年7月～と短い期間の大蛇行期があるものの、それ以外の期間は直進経路を取っている。

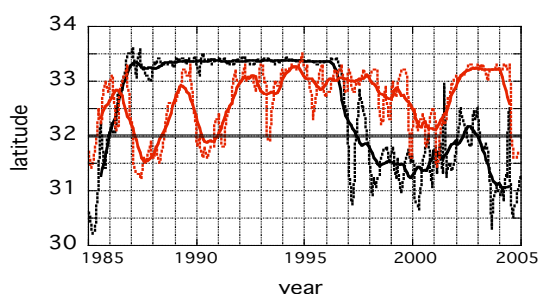


図2 水深200mの水温15°Cの最南下緯度の時系列。波線は月平均値、実線は13ヶ月移動平均。赤線は観測値、黒線はNPOGCMでの結果を示している。縦軸は緯度(°N)、横軸は時刻(年)。

そこで期間を直進期8年間 (term 1:1989-1996年)と大蛇行期8年間 (term 2: 1997-2004年)の2期に分け、NPOGCMの海面水位のコンポジットをとった(図3)。非蛇行期には黒潮 front に対応する急勾配域が図3上図のAからBにかけて分布し、Bを過ぎてからは日本列島から離岸しているのがわかる。一方、大蛇行期(図3下図)は、紀伊半島沖(C)から進路を南東に変え、大きく蛇行しD付近で再び進路を北へ変える。そして、E付近からは

日本列島から遠ざかっている。これらの分布は、大蛇行期、直進期の特徴としては非常によく再現していることがわかる(Kawabe, 1995)。このように大蛇行のタイミングは異なっているものの、NPOGCMが大蛇行と非蛇行期の流れの特徴を再現できたのは注目すべきことである。

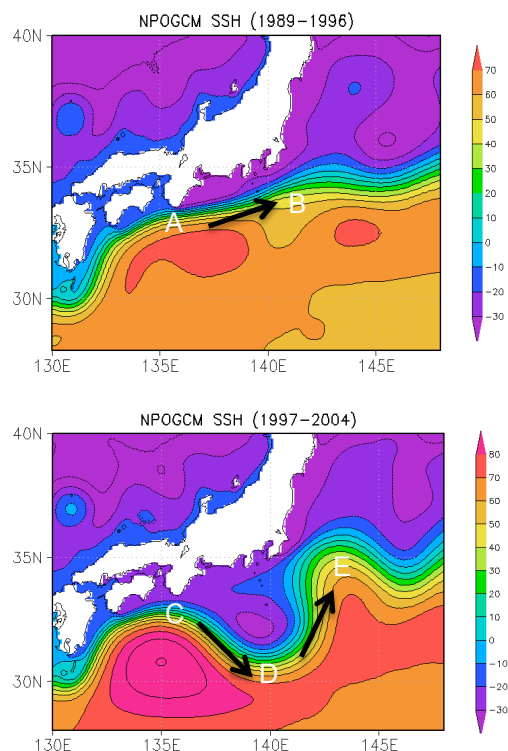


図3 8年平均海面水位。term1(上図)、term 2(下図)。コンター間隔は10cm。

5. RCM20 を用いた黒潮流路変化の大気場の応答

大蛇行期と直進期の大気の応答を抽出するために、JRA-run、OGCM-runそれぞれのアンマリを求め、両者の差をとることにより、微少な大気応答の変化を抽出した。その量が直進期 (term 1) と大蛇行期 (term 2) でどうかわるのかを調べ、黒潮の経路の違いによるアンマリの变化(ここでは Δ 物理量と表記)を調べた。

図4は Δ SLP (海面気圧)のterm 1とterm 2の差を示している。黒潮大蛇行により SST がプラスに変化する領域では低気圧傾向が、マ

イナスに変化する領域では高気圧傾向が現れる (SST 図省略)。これらは観測データを用いて黒潮上の海面気圧アノマリと風の収束の関係を調べた Tokinaga et al. (2009) と一致している。

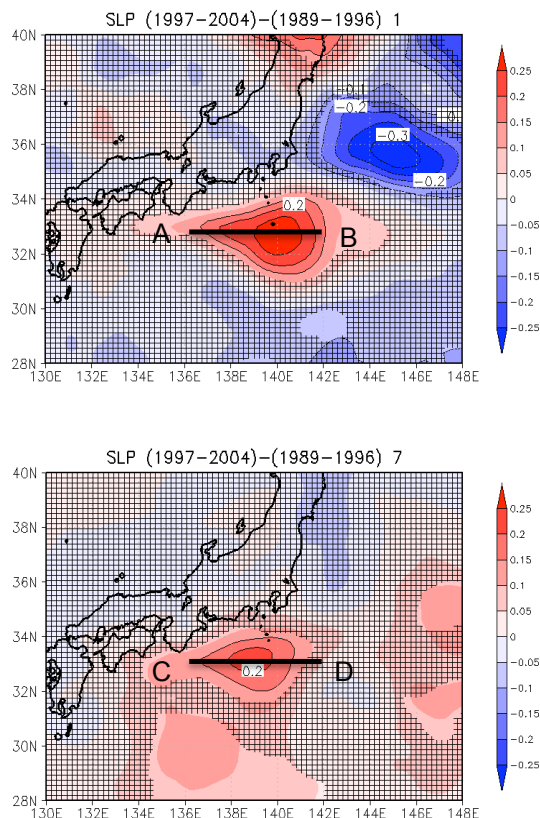


図4 図11は Δ 海面気圧のアノマリの1期と2期の差。1月(上図)、7月(下図)。単位はhPa。有意水準 0.1%出有有意性がない領域にハッチをかけている。

図5は1月と7月の $\Delta\omega$ (鉛直流) の鉛直断面図を示している。アノマリ差がプラスということは、下向き鉛直流が強化されることを意味し、上昇流が抑制される傾向を示している。図5上図の1月のケースを見ると、800hPa高度より下層では137E-141E付近まで殆ど有意なプラス領域となっている。特に140E付近では最大では800hPa-900hPaレベル付近で 3hPa h^{-1} を超える。図5下図が示すように、7月ではアノマリ差の大きさは 1hPa h^{-1} と弱めではあるが高度300hPaを超える上空まで達

していることがわかる。

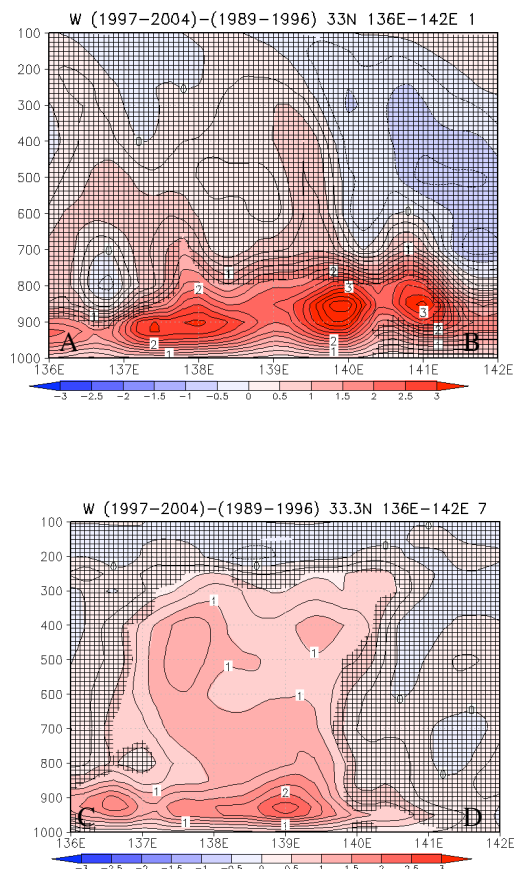


図5 $\Delta\omega$ の1期から2期への変化の鉛直断面図。1月(上図)、7月(下図)。A-B,C-Dの位置は図4参照。コンターは 0.25hPa h^{-1} 。

6. 黒潮流路変化による日本列島の気候への影響

次に、日本列島上への気候の影響を定量的に見積もるために、図6の領域が示すように、黒潮蛇行の影響が大きい伊豆諸島海域に加えて日本列島の2つの領域についても陸域平均をとり、比較をおこなった。

図7は気温の領域別のアノマリの term1 と term2 の平均値を表している。伊豆諸島周辺海域ではterm1では 0.36°C 、term2では -0.45°C となり、その差は約 0.8°C になるのに対し、西日本太平洋側領域はterm1とterm2の差は 0.08°C 、本州中央部で 0.04°C となり、伊豆諸島

周辺海域のそれぞれ10%,5%となる。これらの値は Izu 領域と比べれば相対的に小さいが、これらの領域における年平均気温の標準偏差（西日本太平洋側領域で約 0.36°C、本州中央部で約 0.41°C）と比較すると、無視できない量である。

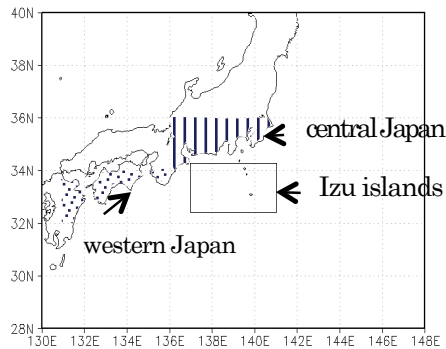


図 6 領域区分図. 伊豆諸島海域平均 (Izu islands: 32.3°N-34.3°N, 137°E-141°E)、西日本太平洋側陸域平均 (western Japan: 131°E~136°E, 32°N~34°N) と、本州中央部での陸域平均 (central Japan: 136°E~141°E, 34°N~36°N) .

降水量(図 8)については、西日本太平洋側領域については有意な差は得られなかったが、本州中央部については約 7.5mm month⁻¹の有意な降水量の変化が見られた。これは I 伊豆諸島周辺海域(約 28mm month⁻¹)と比べると、27%となり、日本列島にもかなりのインパクトがあることがわかる。本州中央部における年平均降水量の標準偏差は 24mm month⁻¹なので、流路変化による 7.5 mm month⁻¹ のインパクトは大きい。

7. まとめ

高分解能海洋モデルと地域気候モデルを用いて黒潮の大蛇行が日本の地域的な気候に与える影響を調べた。

1) 黒潮大蛇行による冷水域の周辺では対流が

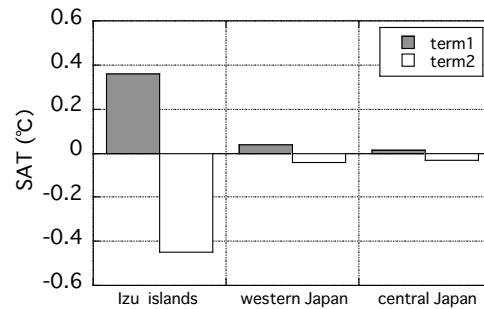


図 7 年平均地上気温の領域別アノマリ.

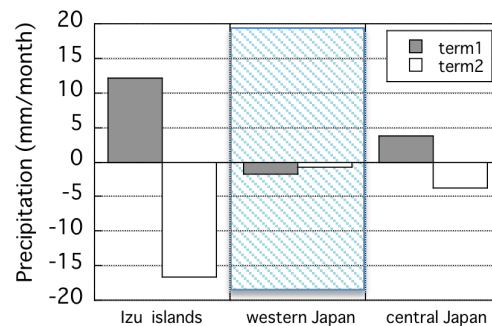


図 8 年平均降水量の領域別アノマリ. 斜線は統計的有意性がなかったもの.

抑制されることが統計的に有意に確かめられた。
2) 黒潮蛇行の影響は鉛直流では冬季に顕著で、800hPa 高度付近まで達していることがわかった。また、夏季では絶対値としては冬季より小さいものの、300 hPa を超える高度にまでインパクトがあるという結果が得られた。
3) 黒潮大蛇行によって日本列島（陸域）にも影響を及ぼしていることがわかった。その大きさは伊豆諸島周辺海域の 5~27%程度となった。

これらの結果は、黒潮経路の変化が日本の気候の将来予測実験、ダウンスケーリング研究において重要な因子の一つとなりうることを示している。

謝辞

本研究の一部は文科省「気候変動リスク情報創生プログラム」の助成を受けたものである。