

熱帯循環の変化が冬季東アジアの定在波に与える影響 ～線形傾圧モデルによるメカニズム解析～

*若松俊哉・原田昌・平原翔二・村井博一・石原幸司・及川義教・前田修平

(気象庁 地球環境・海洋部 気候情報課)

1. はじめに

ハドレー循環の強弱が亜熱帯ジェットの強さや位置に影響を与え、ウォーカー循環に伴う対流圏上層発散がその南北に高気圧性定在波を形成するなど、海洋大陸付近における積雲対流に伴う大規模な凝結加熱は、熱帯外の循環に影響を及ぼしている。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 5 次評価報告書では、地球温暖化によって北半球ハドレー循環とウォーカー循環が 21 世紀末までに弱まる可能性が高いとしている。Harada et al. (2013) では、第 5 期結合モデル相互比較計画 (CMIP5) のマルチモデルデータ解析から、ウォーカー循環の弱化にตอบสนองして松野-ギル応答が弱まり南シナ海での亜熱帯ジェットが強まることと、低緯度から高緯度へのロスビー波の伝播の変化によって日本付近の定在波が変化する可能性を指摘した。図 1 は Harada et al. (2013) で予測された、CMIP5 マルチモデル (RCP4.5 シナリオ) による定在波の変化である。

本研究では、Harada et al. (2013) で指摘した熱帯域の上層発散の弱化と東アジアの定在波変化の関係について、その力学的なメカニズムの解析を行う。

2. 実験設定

将来気候と現在気候との線形モデルの応答差が、強制の変化と基本場の変化の和で表されることを利用した先行研究 (Joseph et al. 2004) の手法に習って、帯状平均した基本場に東西非一様な強制を与えた場合の定常解を、帯状平均場の周りに線形化した傾圧モデル (LBM: Watanabe and Kimoto 2000, 2001) により算出し、地球温暖化による循環場変化の要因を、成層の安定化などによる基本場の変化と、熱帯域における加熱の増加などによる加熱強制の変化に分けて調査した。

3. 結果

LBM を用いた数値実験の結果、地球温暖化に伴う熱帯域対流圏の成層の安定化が日本付近での大気循環の変化において支配的な要因であるが、熱帯域における加熱強制の東偏も一定の役割を果たしていることがわかった。両者の効果を足し合わせると図 2 左となり、CMIP5 による将来予測 (図 1) のパターンをある程度説明できていくことがわかる。LBM 実験における他の強制として、地形による強制と移動性擾乱による渦強制があるが、地形による強制の効果について LBM 実験から算出すると、線形定常応答のパターンは図 1 により近づいたため、地形強制も定常波の変化に寄与していることがうかがえた。

移動性擾乱による渦強制の効果については、定性的な解析を行った。まず、帯状平均基本場と、加熱強制に対する応答から作成した基本場にランダムな微小擾乱を与えて、その時間発展を計算することにより渦強制を得た (スト

ムトラック実験)。次に、その渦強制を LBM に与えることによって、非定常擾乱によるフィードバックの効果を見た結果が図 2 右である。この効果は、基本場と加熱強制の変化による LBM の定常応答 (図 2 左) をわずかに北東へと移動させていることがわかる。

以上から、地球温暖化に伴う熱帯循環の変化が冬季東アジアの定在波に与える影響としては、熱帯域対流圏の成層安定化が支配的に寄与しているものの、熱帯域における加熱強制の東偏や地形強制、移動性擾乱による渦強制の効果も一定の役割を果たしていることがわかった。

3. 謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (2A-1201) 「CMIP5 マルチモデルデータを用いたアジア域気候の将来変化予測に関する研究」により実施された。

4. 参考文献

Harada, M. et al., 2013: SOLA, 9, 94-97.
 Joseph, R. et al., 2004: J. Climate, 17, 540-556.
 Watanabe, M. and M. Kimoto, 2000: Quart. J. R. Met. Soc., 126, 3343-3369.
 Watanabe, M. and M. Kimoto, 2001: Quart. J. R. Met. Soc., 127, 733-734.

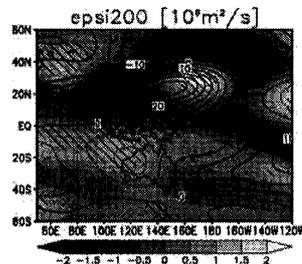


図 1: CMIP5 の 27 モデル平均による、200hPa 流線関数の将来変化。等値線は現在気候。陰影は将来変化。12 月～2 月の平均で、斜線は変化が 95% で有意な領域を表している。単位は $1 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 。Harada et al. (2013) の図より領域を拡大して描画。

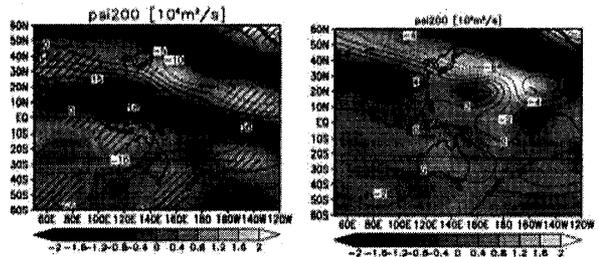


図 2: 200hPa 流線関数の将来変化。等値線は現在気候。陰影は将来変化。12 月～2 月の平均。(左) 基本場と加熱強制による LBM 実験による応答。斜線は変化が 95% で有意な領域。単位は $1 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 。(右) ストームトラック実験から得た非定常擾乱を用いて計算した LBM 実験による応答。単位は $1 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 。