

CMIP3 マルチ気候モデルにおける成層圏極渦のバイアスと対流圏循環の再現性

西井和晃・宮坂貴文・小坂優・中村尚(東京大学大学院理学系研究科)

1. 目的

冬季において、成層圏環状モードの変動に伴い、対流圏の環状モードが変動することが知られている (Baldwin and Dunkerton 1999, 2001)。また、Shindell et al. (1999, 2001)は、近年の北極振動の正のトレンドは、温室効果ガスの増大に伴って寒冷化している成層圏を含めた気候モデルでのみ再現されると主張した。Thompson and Solomon (2002) と Gillet and Thompson (2003) は成層圏オゾンの減少のために南半球の対流圏環状モードが強化するトレンドにあることを示した。Son et al. (2008)では成層圏オゾンの回復を条件に与えた気候モデルと化学気候モデルでは、将来南半球夏季の対流圏ジェットの外側での風速の弱化を予測する傾向にあることを示した。以上の先行研究は、気候モデル中の成層圏の再現性が、対流圏の再現性に影響を与えることを示唆している。本研究ではIPCC 第4次報告書に用いられた23のCMIP3マルチ気候モデルの結果を用い、成層圏極渦の強さのバイアスが対流圏循環バイアスに与える系統的な影響を調べた。

2. 用いたデータと手法

1959年から1998年までの現在気候再現実験(20c3m)の月平均場のプロダクトを用いた。30 hPa 東西平均かつ北緯50度から90度まで平均した東西風を極渦の強さの目安とし、11月から3月まで(NDJFM)の平均値を23のモデル出力において計算した(表1)。このうち、モデル間標準偏差の1/2を越える6つのモデルグループ(S)と、下回る9つのモデルグループ(W)の2つのグループのNDJFM気候平均場をそれぞれ合成し、その差を調べた。合成図を作成する際には緯度・経度を2.5度間隔に統一した。

3. 結果

CMIP3 models	U30(m/s)
cnrm_cm3	12.6
ukmo_hadcm3	12.7
miroc3_2_hires	12.7
csiro_mk3_5	12.7
csiro_mk3_0	12.9
bccr_bcm2_0	13.5
miroc3_2_medres	13.5
cccma_cgcm3_1	14.3
inmcm3_0	14.8
cccma_cgcm3_1_t63	15.4
mpi_echam5	15.9
giss_aom	16.4
ukmo_hadgem1	17.1
giss_model_e_r	18.2
gfdl_cm2_0	18.3
ncar_pcm1	19.2
mri_cgcm2_3_2a	19.4
giss_model_e_h	21.2
gfdl_cm2_1	21.3
ingv_echam4	24.6
iap_fgoals1_0_g	25.1
ncar_ccsm3_0	26.4
ipsl_cm4	29.2

表1 23のCMIP3気候モデルの冬季気候平均(1969-1998年、NDJFM)の30 hPaの東西平均東西風を北緯50度から80度まで平均した値。値の小さいモデル順に並べている。上の9つのモデルをW、下の6つのモデルをSグループと定義する。

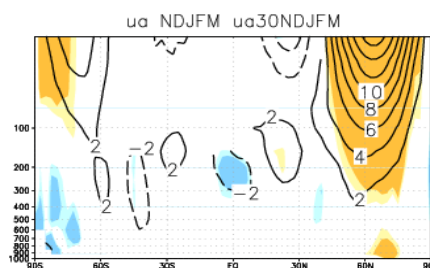


図1 SグループとWグループの東西平均東西風のNDJFM気候平均場の差。黄(青)色の影は正(負)の偏差がt検定で90%以上有意である領域を示す。

東西平均東西風は、成層圏と対流圏界面付近及び地表面付近で、Sグループの方が強かった(図1)。また、東西平均温度は成層圏と対流圏界面付近で温度が低い傾向にあった。300 hPa

西風は特に北緯 50 度から 60 度付近で S グループの方が強く、その南北で弱い傾向にあった(図 2)。850 hPa でも同様であった(図 3)。この西風構造に対応して、300 hPa の 8 日間以下周期の移動性擾乱による西風運動量の南北フラックスは、西風偏差場の南(北)で正(負)偏差を示し、また、850 hPa の顕熱の南北フラックスは西風正偏差に沿って正偏差を示した。これらの結果は、S グループにおいては移動性擾乱活動は西風偏差の維持・強化に都合の良い分布をとる傾向にあることを示している。対流圏下層における風速の強化傾向に伴い、大西洋上の地上 2m 気温及び海面水温は低下する傾向にあった(図 4)。また、南半球亜熱帯の太平洋、大西洋、インド洋と、北半球亜熱帯太平洋では高い傾向にあった。

4. 議論とまとめ

月平均場から計算した 100 hPa 東西平均南北渦熱フラックスの気候平均は冬季北半球中高緯度において S グループの方が強い傾向にあった。渦熱フラックスは中高緯度で E-P フラックスの上向き成分に対応するため、S グループの方が対流圏から成層圏への波動伝播が活発であることを示唆している。このため波動伝播による成層圏極渦の弱화가期待されるが、この解析ではそうはなっていない。このことは極渦の強いモデルには、活発なプラネタリー波伝播による西風減速に打ち勝って成層圏西風を強める機構が成層圏内部にあることを示唆している。このことは、南半球成層圏においても、冬季極渦が S グループの方が強い傾向にあることと整合的である。そうして強められた成層圏極渦が、中高緯度における対流圏でのバイアスに影響を与えていると考えられる。

謝辞

本研究は、環境省の地球環境研究総合推進費(S-5-2)の支援により実施された。

参考文献

Baldwin, M. P., and T. J. Dunkerton, 1999, Propagation of the Arctic Oscillation from the stratosphere to the

troposphere. *J. of Geophys. Res.*, 104, 30937-30946.

Baldwin, M. P., and T. J. Dunkerton, 2001, Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes. *Science*, 294, 581-584.

Thompson, D. W. J. and S. Solomon, 2002, Interpretation of recent southern hemisphere climate change. *Science*, 296, 895-899.

Gillet, N. P. and D. W. J. Thompson, 2003, Simulation of recent southern hemisphere climate change. *Science*, 302, 273-275.

Shindell, D. T. et al., 1999, Simulation of recent northern winter climate trends by greenhouse-gas forcing. *Nature*, 399, 452-455.

Shindell D. T. et al., 2001, Northern hemisphere winter climate response to greenhouse gas, ozone, solar, and volcanic forcing. *J. G. R.*, 106, 7193-7210.

Son S. W. et al., 2008, The impact of stratospheric ozone recovery on the southern hemisphere westerly jet. *Science* 320, 1486-1489.

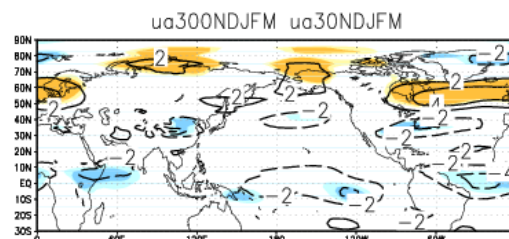


図 2 図 1 と同様。ただし 300 hPa 西風。

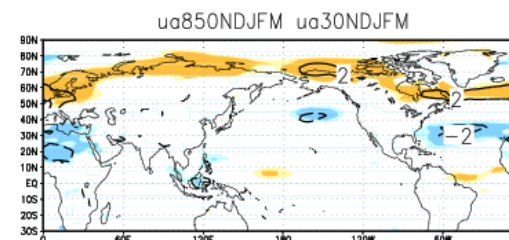


図 3 図 1 と同様。ただし 850 hPa 西風。

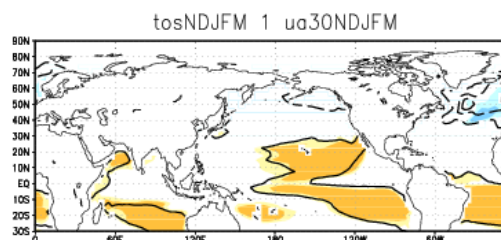


図 4 図 1 と同様。ただし海面水温。