

地球温暖化時の赤道準 2 年振動

河谷芳雄¹, Kevin P Hamilton², 渡辺真吾¹ (¹JAMSTEC, ²IPRC, The University of Hawaii)

1. はじめに

大規模循環場と重力波の相互作用に関する有名な現象として、赤道準 2 年振動 (QBO) がある。QBO は中緯度プラネタリー波の伝播特性を変え、成層圏の極渦や地表面の気圧配置等、中高緯度の気候にも影響を及ぼす。またオゾン・水蒸気・メタン等の化学組成にも影響を与える為、重要な気象現象の 1 つとして認識されている (cf. Baldwin et al. 2001)。

IPCC 第 4 次成果報告書の中には、温暖化に伴う重力波活動と QBO の変化に関する論文は無い。IPCC レポート以外では、Giorgetta and Doege (2005) が T42L90AGCM に非地形性重力波パラメタリゼーション (Hines 1997) を組み込んで、温暖化に伴う QBO の変化を調べた例がある。しかし重力波ソース分布は現在気候実験と温暖化実験で同一で温暖化に伴う変化が考慮されておらず、また QBO 変化はパラメタリゼーションの中で人為的に与える重力波ソース強度に大きく依存していた。従って地球温暖化時に QBO がどのように変化するかは、まだ殆ど理解されていない。

CMIP3 モデルデータを調査したところ、QBO を表現しているモデルは無く、また波動-平均流相互作用や残差子午面循環の変化を調べるにはデータ出力間隔が粗く不十分である。そこで本研究では、将来の QBO 変化を研究する為に、CMIP3 マルチモデル結果に基づいた、温暖化に伴う海面水温及び海水分布の境界条件 (Mizuta et al. 2008) を利用して、AGCM による QBO 温暖化実験を行った。

2. 実験設定

Kawatani et al. (2010) は 3 年積分した T213L256 の AGCM 結果から、QBO 加速には東西波数 43 以上の波が重要である事を示した。本研究では非地形成重力波パラメタリゼーションを用いなくても QBO をシミュレート可能で、且つ長期積分も可能である解像度の AGCM (T106L72: 鉛直解像度 550m) を用いて、85 年間積分を行った。従って温暖化に伴う水平波長約 380km 以上の波活動変化が解析可能である。尚、山岳起源の重力波パラメタリゼーション (McFarlane 1987) は使用した。コントロールラン (現在気候実験) では、HadISST の海面水温と海水の気候値分布を境界条件として使用した。CO₂ 濃度は現在気候で 345ppm、将来気候は 690ppm とした。オゾンは現在・将来ともに UGAMP のデータを用いた為、オゾンの将来変化に伴う影響は入っていない。

3. 結果

図 1 に赤道上における帯状平均東西風の時間-

高度断面図を示す。温暖化に伴って QBO の周期は長く、振幅は弱く、下端高度が上がる特徴が見られる。帯状平均東西風の緯度-高度分布を見ると、温暖化に伴う帯状平均温度場の変化と対応して、上部対流圏から成層圏に掛けて中緯度西風ジェットが強化され、且つ風速 0 ms⁻¹ ラインが赤道寄りになる。この背景東西風の変化が、中緯度ロスビー波および山岳起源重力波による東風加速領域の位置を変え、結果として赤道から中緯度へ向かう残差子午面循環を強化させる (cf. Garcia and Randel 2008; 岡本 2010 等)。

CMIP3 マルチモデル平均にも見られるように、本実験でも温暖化時に赤道上の平均降水量は増加した。対流加熱の時間変動成分も大きくなり、重力波がより多く励起され、上部対流圏から下部成層圏では、重力波に伴う運動量フラックスは 10-14% 増加していた。しかしながら下部成層圏での EP-flux の鉛直成分 (F_z) の東西波数一周波数スペクトルを調べると、対地東西位相速度 C_x の絶対値が大きな領域では温暖化に伴って F_z は増加しているが、QBO 加速に効く $2 \text{ ms}^{-1} \leq C_x \leq 20 \text{ ms}^{-1}$ 及び $-30 \text{ ms}^{-1} \leq C_x \leq -15 \text{ ms}^{-1}$ の領域では F_z は殆ど増加していなかった。熱帯域の波動ソースである雨のスペクトルを調べると、 F_z と同様な特徴が見られた。温暖化に伴って本モデルでは高周波数 (周期 6 時間以下) の雨が増える傾向にあり、QBO より上空の東西風 (SAO 等) が変わりうる事を示唆している。温暖化に伴って波動励起と赤道上昇流は共に増えるが、QBO が存在する高度では赤道上昇流の効果が上回るため、図 1 に見られる変化が引き起こされる、というのが結論である。

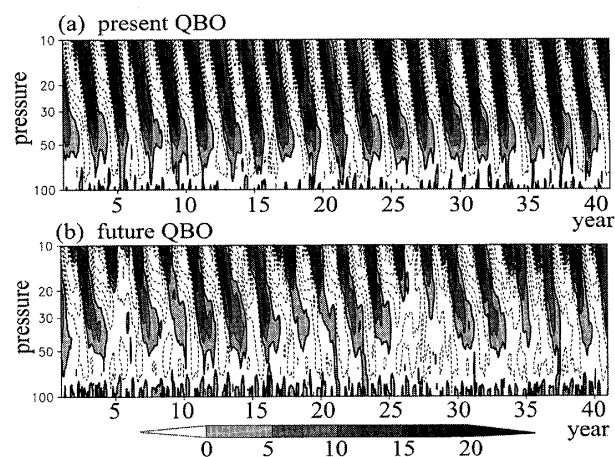


図 1: 赤道上における帯状平均東西風の時間-高度断面図。(a)現在気候、(b)二酸化炭素倍増時

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。