

成層圏QBOのモデリング

東大気候システム研究センター 高橋正明 (TAKAHASHI Masaaki)

大気大循環モデル (GCM) を用いて、赤道下部成層圏に存在する準2年振動 (QBO) を再現した。水平分解能を変更させることで、より現実的な結果を得た。QBOをつくる波動について、T21水平分解能では、Kelvin波、Rossby-重力波、重力波、中緯度からのRossby波であることをしめす。一方、より現実的なQBOを再現したT42では、主なQBOの生成波動は重力波である。この結果は、最近の様々なQBO研究での結果と矛盾しない。

上のような低分解能では水平拡散を小さくしないと振動は再現されない。また湿潤対流調節では再現され、Arakawa-Schubertスキームでは再現されないようである。この違いについて比較した。

1. これまでの研究

赤道下部成層圏に存在するQBOはLindzen-Holton (1) やHolton-Lindzen (2) によると赤道波と平均流の相互作用として理解されている。波に関してはHolton-LindzenによるとQBOの西風はKelvin波で、東風はRossby-重力波で生成されると考えられてきた。しかし、例えばTakahashi-Boville (3) によると、Kelvin波では観測より大きい波の強制が必要であり、Rossby-重力波ではかなり大きな値を用いなければQBOは再現されない (観測についてはWallace-Kousky (4), Yanai-Maruyama (5))。また、最近のSato-Dunkerton (6) によると重力波の加速の方が大きい。

一方、大気大循環モデル (GCM) においてQBOはこれまで再現されていなかった。最近、筆者(7), (8) はQBOをGCMで再現したので、それに関して報告する。

2. モデル

用いたモデルは気候センターと国立環境研の大気大循環モデルである (CCSR/NIES AGCM)。このモデルを用いて、鉛直には60層 (下部成層圏で500mの分解能)、水平にはT21とT42を使った。重力波の生成にとって重要な対流スキームは湿潤対流調整を用いた。また、ふつうの水平拡散の値ではQBOは再現されないので、1桁程度小さな値を用いた。T42については、比較のためにArakawa-Schubertスキームも用いた。等温静止からはじめて、数年の数値積分をおこない、その結果を解析する。

3. 結果

T21水平分解能

図1に赤道での平均東西風の時間-高度断面図を示す。約1.5年の周期をもつQBOが再現されている。いくつかの欠点をもっているが (東風が弱いこと、QBOの高度がすこし高いこと)、大枠の性質は再現されたと言っていいであろう。図2はそのときの30hPaでの運動量フラックスのスペクトル分布である。Kelvin波、Rossby-重力波、重力波のシグナルがみられ、重力波のシグナルが一番つよいことがわかる。

T42水平分解能

図3にT42の場合の赤道での平均東西風の時間-高度断面図を示す。2年強の周期のQBOが再現されている。T21に比べて、周期が長いことや東風が強いこと、また高度がより現実的になっている。図4では20hPaでの赤道域の平均運動量フラック

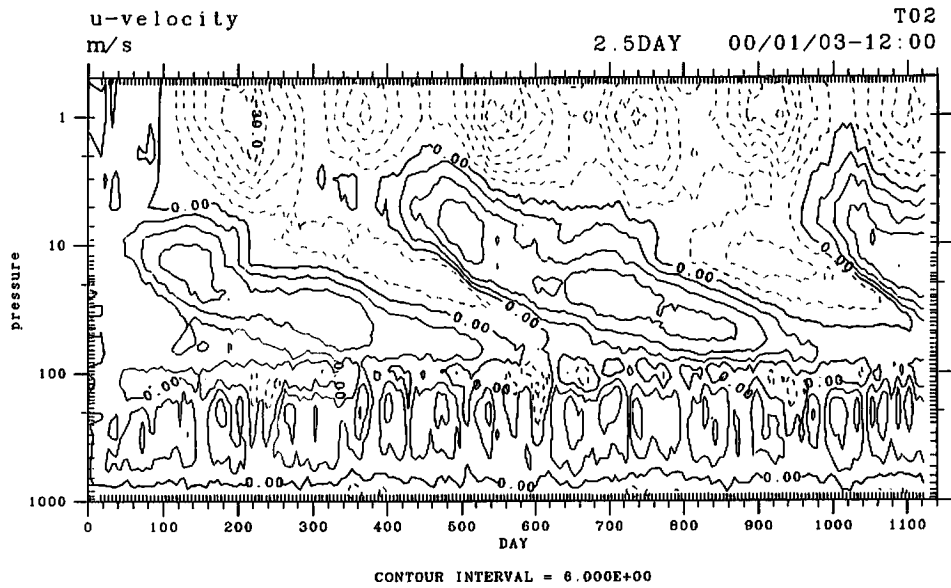


図1：T21での赤道での平均東西風の時間-高度断面図。等値線は6m/s 間隔おきで実線が西風である。

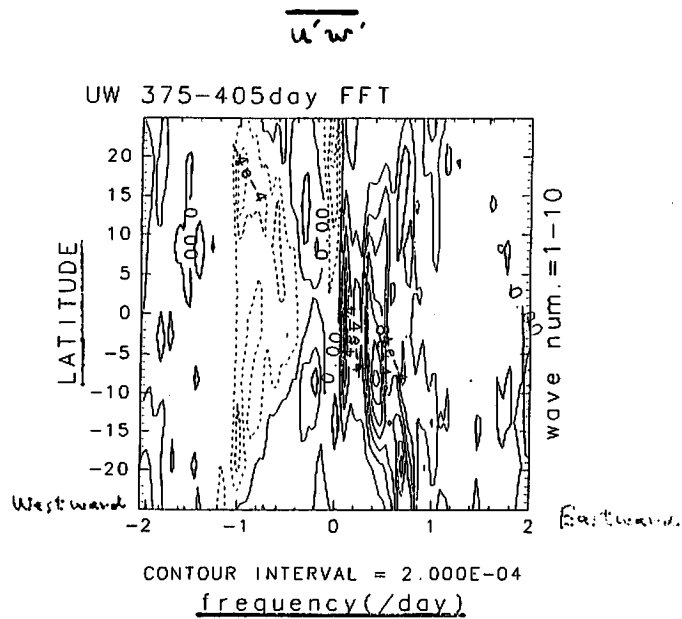


図2：T21での30hPaでの運動量フラックスのスペクトル分布。

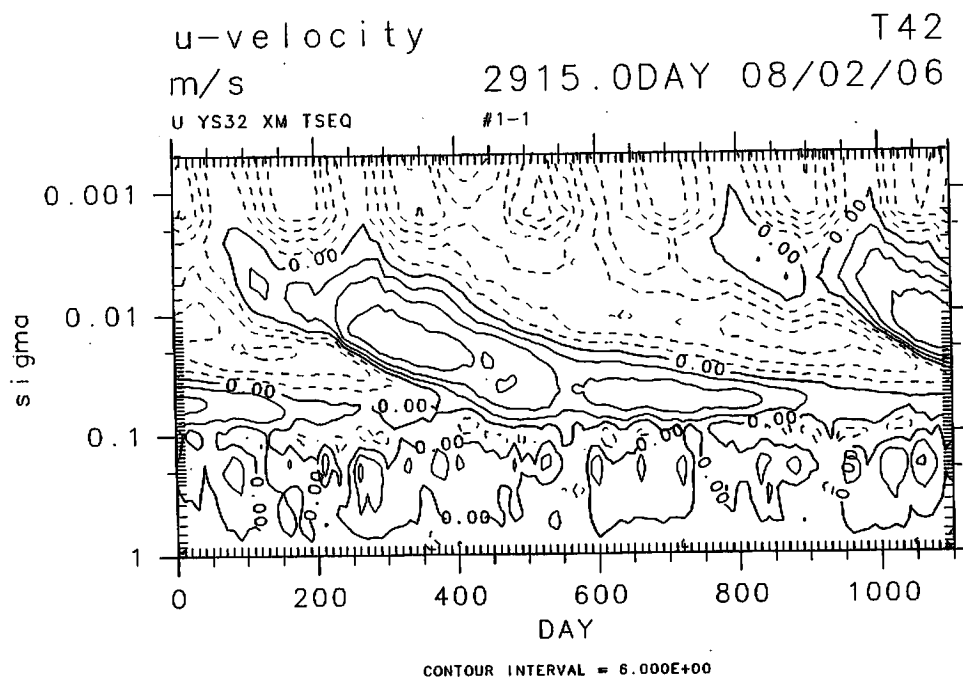


図3：T42での赤道での平均東西風の時間一高度断面図。等値線は6 m/s 間隔おき。

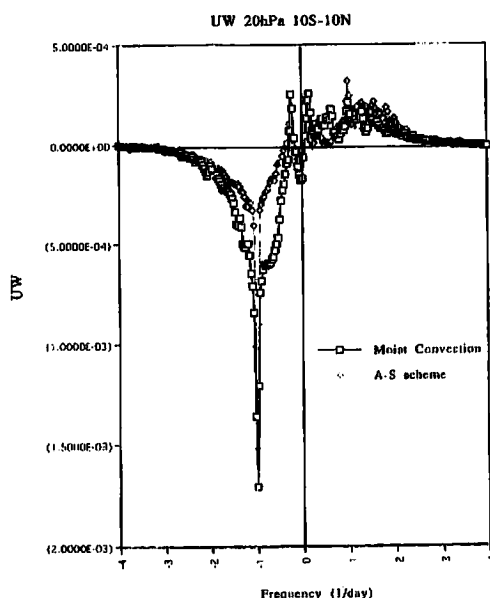


図4：赤道域の平均運動量フラックス。実線が湿潤対流調節で点線がArakawa-Schubertスキーム

クスを示す。点線がArakawa-Schubertで実線が湿潤対流調節の場合をしめす。図2に比較して重力波のシグナルがより強くなり、東西風が殆ど重力波でつくられている事がわかる。この結果はこれまでの研究結果と矛盾しない。またここでは示していないが、中緯度からのRossby波の寄与も弱いことがわかった。

Arakawa-Schubertスキーム

図5にT42水平分解能でArakawa-Schubertスキームを用いた場合の赤道上での平均東西風の時間一高度断面図を示す。この場合、QBOは再現されない。理由は図4で示してあるとおり、運動量フラックスが小さいことである。

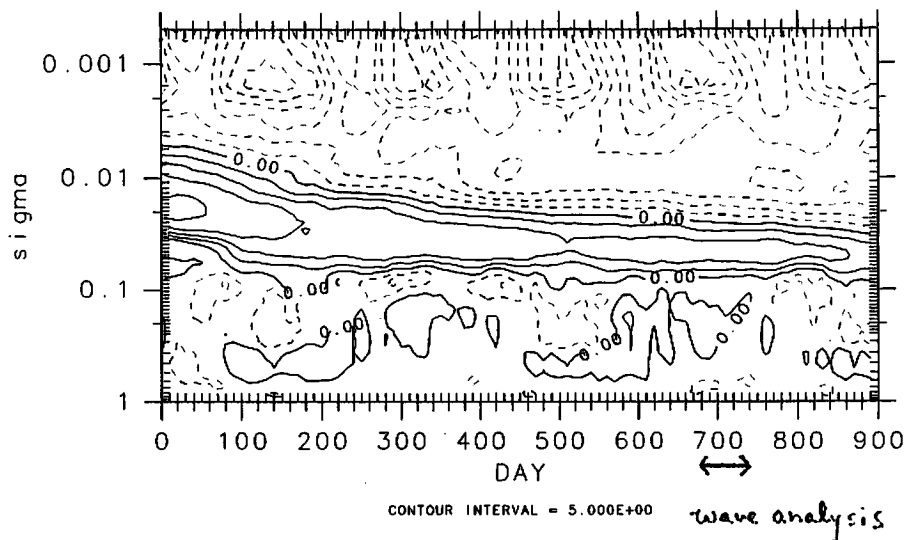


図5：T42水平分解能でArakawa-Schubertスキームを用いた場合の赤道での平均東西風の時間-高度断面図。等値線は5 m/s 間隔おき。

4. まとめ

CCSR/NIES AGCMを用いて、赤道下部成層圏に存在するQBOを再現した。分解能をあげることで、より現実的な結果を得た。QBOをつくる波動について、T21水平分解能では、Kelvin波、Rossby-重力波、重力波、中緯度からのRossby波である。一方、より現実的なQBOを再現したT42では主なQBOの生成波動は重力波であることがわかった。この結果は、最近の様々なQBO研究での結果と矛盾しない。

今回のモデル実験のような低分解能では水平拡散を小さくしないと振動は再現されない。また湿潤対流調節のみで再現され、Arakawa-Schubertスキームでは再現されないようである。この違いについて比較、検討をおこなった。

参考文献

- (1) Lindzen, R. S. and J. R. Holton, 1968: A theory of the quasi-biennial oscillation. *J. Atmos. Sci.*, **25**, 1095-1107.
- (2) Holton, J. R. and R. S. Lindzen, 1972: An updated theory for the quasi-biennial cycle of the tropical stratosphere. *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1076-1080.
- (3) Takahashi, M. and B. A. Boville, 1992: A three-dimensional simulation of the equatorial quasi-biennial oscillation. *J. Atmos. Sci.*, **49**, 1020-1035.
- (4) Wallace, J. W. and V. E. Kousky, 1968: Observational evidence of Kelvin waves in the tropical stratosphere. *J. Atmos. Sci.*, **25**, 900-907.
- (5) Yanai, M. and T. Maruyama, 1966: Stratospheric wave disturbances propagating over the equatorial Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, **44**, 291-294.
- (6) Sato, K. and T. J. Dunkerton, 1997: Estimate of momentum flux associated with equatorial Kelvin and gravity waves. *J. Geophys. Res.*, **102**, 26247-26261.
- (7) Takahashi, M., 1996: Simulation of the stratospheric quasi-biennial oscillation using a general circulation model. *Geophys. Res. Letters*, **23**, 661-664.
- (8) Takahashi, M., 1999: Simulation of the quasi-biennial oscillation in a general circulation model. *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 1307-1310.