

3次元伝播を考慮した大気重力波の強制の計算

雨宮 新、佐藤 薫 (東大院理)

1. はじめに

大気重力波は主に対流圏で発生して中層大気へと伝播し、平均流に加速、減速を与える。この波強制は大循環の駆動に本質的であるが、一般の気候モデルにおいては重力波は十分に解像できず、波強制はパラメタリゼーションによって計算される。

現在ほとんどのパラメタリゼーションでは、重力波が波源から鉛直方向にのみ伝播すると仮定して波強制を計算している。しかし実際のところ、ジェット付近などのシアのある背景風のもとでは重力波は屈折して伝播することが示されている (Sato et al., 2009)。このような3次元伝播は波源のない緯度経度の上空にも波強制をもたらす。例えば南氷洋の南緯 60° に重力波強制を与えると、現在の化学気候モデルにおけるオゾンホール消滅時期の予測の系統的バイアスが大幅に改善されることが指摘されている (Mclandress et al., 2012)。

そこで本研究では、鉛直方向だけでなく3次元的に屈折する波線に沿って波束を追跡し、波強制の計算を行った。

2. 波強制の計算手法

まず、WKB 近似のもとで、大気重力波はある位置に局在し、ある局所波数および局所周波数を持った波束であると捉える。背景場を時間的にほぼ定常とみなし、周波数は一定とする。位置及び局所波数の時間変化は Ray tracing 方程式を用いて計算する。また、波束の振幅は wave action 保存則を用いて計算する。

伝播に伴う各地点での強制は、波の飽和の条件を用いて計算する。すなわち、振幅が力学的不安定の起こる飽和条件を越えれば波は飽和したとみなし、飽和条件を満たす振幅まで減少させ、対応する擬運動量の差を平均流に対して与える強制とする。

波源での振幅は、ある水平波数に対し、水平位相速度に対する離散化したスペクトルとして与える。各々の波束について、Ray tracing 方程式と wave action の時間変化の式を数値積分し、各位置での強制を計算することを繰り返す。それらの総和が最終的に得られる強制の分布となる。

平均場として、南半球7月の東西平均東西風および温度の SPARC 気候値を用いて波強制の分布を計算した。また既存のパラメタリゼーションとの比較のため、伝播を鉛直方向のみとした計算も行った。

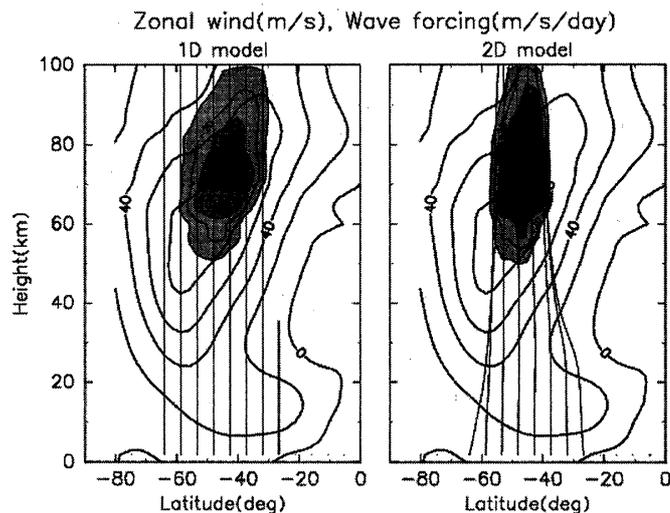
波源は地形性重力波を想定して、中心 $c=0.0\text{m/s}$ 、半値幅 1m/s のガウス型位相速度スペクトルを高度 2km に与えた。波源の振幅は各緯度で運動量流束の総量が一律に 2.0mPa となるように定めた。

3. 結果

東西波長 300km に対する背景風および強制を下図に示す。波の屈折により波強制の分布は大きく変化し、ジェットの軸付近により局在している。また、負の強制の大きさの最大値は約 -76m/s/day から -123m/s/day へと増大している。

同様の計算を1月の北半球、 $20\text{km}\sim 1000\text{km}$ の範囲の他の東西波長に対しても行ったが、類似した結果が得られた。

この波強制計算スキームは3次元分布する波源および背景場に適用することも可能である。発表では実際の地形より発生する重力波による強制とその3次元分布についての計算結果についても述べる。



図：7月気候場における波強制の分布
 左：鉛直伝播モデル、右：本モデル
 (太線:東西風、網掛け:強制の強さ
 細線: $c=-0.8\text{m/s}$ の波線)