

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¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

Calculation of gravity wave drag distribution by three-dimensional propagation

Arata Amemiya and Kaoru Sato¹

¹Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

Gravity wave drag (GWD) is considered to play an essential role in driving the large-scale circulation of middle atmosphere. Thus its parameterization (GWDP) has been a standard component of climate models. Most GWDP schemes calculates GWD by taking only vertical propagation into account. However, a recent study indicates that the effect of horizontal refraction cannot be neglected, especially near the jets where there is large meridional shear of the basic zonal flow (Sato et al., 2009). Moreover, it is also shown that the prediction bias in chemical climate models can be significantly improved by additional drag at 60°S, where there is no topographic gravity wave source in existing parameterization schemes (McLandress et al, 2012).

In this study, a new scheme for GWDP considering three dimensional propagation of gravity waves is developed. Wave sources are given as a zonal phase speed spectrum of pseudomomentum flux. For each wave with discretized phase speed, the location and the local wavenumber are calculated by integrating ray tracing equations. GWD is obtained from the saturation hypothesis of wave amplitude.

We calculated the distribution of GWD using this new scheme for the zonal mean zonal wind and temperature from SPARC climatology in the Southern Hemisphere in August and compared the results with a standard 1D scheme. Results are shown in Figure 1. The difference between the two schemes in distribution of GWDs is clear. The area where strong drag forces are distributed shrinks to a narrower region around the jet axis and the absolute value of drag is almost doubled.

大気中を伝播する重力波が東西風に与える力学的強制は中層大気の大循環を駆動しており、そのパラメタリゼーションは気候モデルの不可欠な要素のうちの一つである。現在ほとんどのパラメタリゼーションでは重力波強制を波源から鉛直方向の伝播のみ考慮して計算している。しかし実際は、ジェット付近での背景風の南北シアによる重力波の水平方向の屈折のため、波源のない緯度経度の上空にも強制が生じることになる (Sato et al., 2009)。そのインパクトは大きく、例えば南氷洋の南緯 60° に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、3次元的に屈折する重力波の伝播を考慮した波強制の計算を行った。波源は擬運動量フラックスの東西位相速度スペクトルとして表現し、離散化した個々の位相速度の波に対して伝播を計算する。背景場を時間的に定常とみなせば周波数は一定であり、波束の位置と局所波数は Ray tracing 方程式を時間積分して求められる。また振幅は wave action 保存則を用いて計算し、力学的不安定の条件から求めた飽和振幅を上回る場合に振幅を減少させ、対応する強制を背景流に与える。

本スキームを用いて、南半球 8 月の東西平均東西風および温度の SPARC 気候値に対する波強制の分布を計算し、伝播を鉛直方向のみとした計算と比較した。波源は地形性重力波を想定して、中心 0.0m/s、半値幅 1.0m/s のガウス型のスペクトルをもつ擬運動量フラックスの総量が 2.0mPa となるように高度 6km に一様に与え、各緯度での標高の標準偏差で重みづけした。東西波長は一様に 300km とした。緯度高度断面における背景風および計算された強制の分布を図 1 に示す。波の屈折により強制の分布はジェットの軸の付近に局在している。また負の強制の大きさの最大値は 2 倍以上に増大している。

References

McLandress et al., Is Missing Orographic Gravity Wave Drag near

60°S the Cause of the Stratospheric Zonal Wind Biases in Chemistry–Climate Models?. *J. Atmos. Sci.*, 69, 802–818, 2012.

Sato et al., On the Origins of Mesospheric Gravity Waves, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L19801, 2009.

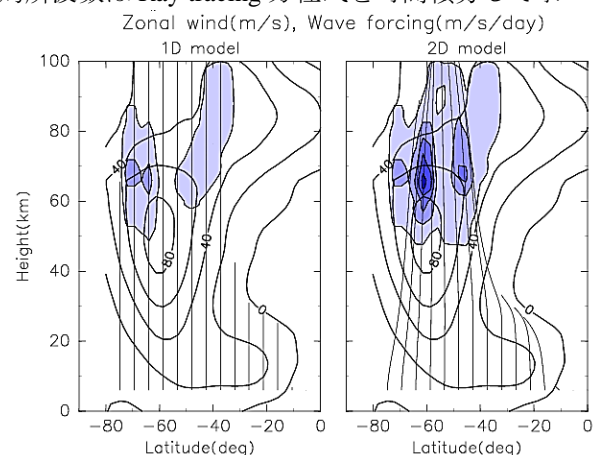


Figure 1. Zonal mean zonal wind (thick contour) and gravity wave drag (shaded). The contour interval is 20m/s and the shade level interval is 3m/s/day. Lines are ray paths for zonal phase speed of -2.5m/s. Left: 1-D model, Right: our model