

アンデス山脈領域における重力波に伴う 3 次元残差流の研究

木下武也・佐藤薫（東大院理）

1. はじめに

大気重力波は中層大気大循環の駆動に重要な役割を担っており、変形オイラー平均 (TEM) 系の残差流や波活動度 flux を用いて広く解析が行われてきた。しかし TEM 系では、東西平均を用いるため経度方向の解析を行えない問題がある。また Sato et al. (2009) では重力波解像 GCM を用いて中間圏に伝播する重力波の起源が様々ではなく、南半球冬季では特にアンデス山脈、南極半島及び対流圏ジェットが強い重力波発生源であることを示している。

そこで本発表では、慣性重力波及びロスビー波に適用可能な新たに導出した Stokes drift と波活動度 flux の式 (2011 年春季大会で発表済) をアンデス山脈領域に適用し、重力波に伴う南北方向の残差流を解析した結果を報告する。また、この残差流の成因について議論する。

2. 使用データの概要

本研究では重力波を陽に表現可能な T213 L256 の高解像度 GCM (CCSR/NIES/FRCGC GCM : KANTO プロジェクト) データを使用した。背景場は月平均データを用いる。重力波は水平波数 22 以上の擾乱とし、アンデス山脈領域の重力波エネルギーが大きい 7 月を解析対象とした。また山岳波に対する流れが非定常であり、山岳波も非定常成分として取り出せると仮定する。

3. アンデス山脈領域の 3 次元残差流

擾乱に伴う 3 次元残差流の南北成分と波活動度 flux は、以下で表される。

$$\bar{v}^* = \bar{v}_{(a)} - \left(\bar{S}_{(p)} / f \right)_x - \rho_0^{-1} \left(\rho_0 \bar{v}' \Phi'_z / N^2 \right)_z, \quad (1)$$

$$F_1 = \rho_0 \left[\frac{\bar{u}'^2 - \bar{S}_{(p)} + \bar{u}_y \bar{S}_{(p)} / f - \bar{u}_z \bar{u}' \Phi'_z / N^2}{\bar{u}' v' - \bar{u}_x \bar{S}_{(p)} / f - \bar{u}_z \bar{v}' \Phi'_z / N^2} \right], \quad (2)$$

$$\bar{S}_{(p)} = \left(\bar{u}'^2 + \bar{v}'^2 - \bar{u}' \Phi'_y / f + \bar{v}' \Phi'_x / f \right) / 2. \quad (3)$$

ここで $\bar{}$ は月平均を表し、 $v_{(a)}$ は非地衡風である。図 1 に 1 年目 7 月における (a) 3 次元残差流の南北成分、(b) $\frac{-\rho_0^{-1}(\nabla \cdot \mathbf{F}_1)}{(u_y - f)}$, (c) 水平波数 22 以上の $\frac{-\rho_0^{-1}(\nabla \cdot \mathbf{F}_1)}{(u_y - f)}$ の経度高度断面図を示す。(a)と(b)を比較すると、3 次元残差流と波活動度 flux の収束発散の分布は 0.5hPa 付近を除いてほぼ一致

し、近似的に以下が成立することがわかる。

$$\bar{v}^* \approx -\rho_0^{-1} (\nabla \cdot \mathbf{F}_1) / (u_y - f), \quad (4)$$

(1)~(4)の式は全て球面座標を用いて解析した。1hPa より上層では 0.2~0.05hPa に向け赤道向きの大きな残差流が存在し、(b)と(c)を比較すると重力波以外が寄与することがわかる。また、この領域における重力波に伴う残差流は南極向きである。これは東西平均した中間圏の夏極から冬極に見られる子午面循環の一部と考えられる。さらに (a)と(c)を比較するとアンデス山脈領域において、1hPa より下層では山脈の西側で南極向き、東側で赤道向きの弱い残差流が見られる。これはアンデス山脈起源の山岳波が間欠的に存在し、時間変化として捕えられたものであり、2 節の仮定はほぼ妥当である。

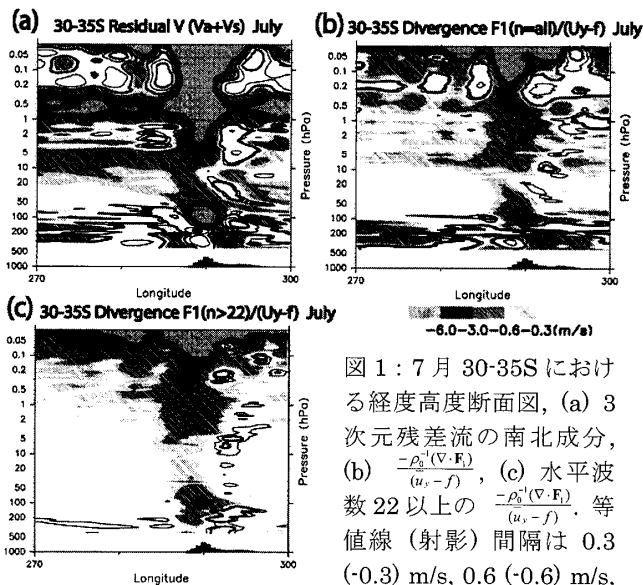


図 1: 7 月 30-35S における経度高度断面図, (a) 3 次元残差流の南北成分, (b) $\frac{-\rho_0^{-1}(\nabla \cdot \mathbf{F}_1)}{(u_y - f)}$, (c) 水平波数 22 以上の $\frac{-\rho_0^{-1}(\nabla \cdot \mathbf{F}_1)}{(u_y - f)}$ 等値線 (射影) 間隔は 0.3 (-0.3) m/s, 0.6 (-0.6) m/s, 3 (-3) m/s, 6 (-6) m/s.

4. アンデス山脈起源の山岳波の性質

次に、アンデス山脈上空の山岳波の波活動度 flux の東西、南北、鉛直成分における収束発散の寄与を調べた結果、0.5hPa より上層では、 $\rho_0^{-1}(F_{11})_x$ 特に $(u'^2)_x$ 、下層では $\rho_0^{-1}(F_{13})_z$ 特に $\rho_0^{-1}(u'w')_z$ が卓越することがわかった。特に卓越する成分は山岳波に対する方程式系を用いた波活動度 flux の計算結果と一致する。以上の結果から 0.5hPa より上層では重力波が碎波し擬運動量を背景場に与えているのに対し、下層では重力波の運動エネルギーの空間分布がほとんど変化しないためであると考えられる。