

高解像度 GCM データを用いた成層圏界面 3 次元構造の研究

増田 陽洋¹、岡本 功太¹、佐藤 薫¹
¹ 東大院理

On Three-dimensional Structure on the Stratopause Using a Gravity Wave Resolving GCM

Akihiro Masuda¹, Kota Okamoto¹ and Kaoru Sato¹

¹Department of Earth and Planetary Science, School of Science, the University of Tokyo

We examine the formation of the unstable field in the mesosphere as the increasing events of potential vorticity (PV) in the middle-latitude mesosphere and analyze the detailed structure of the events using data from a gravity-wave resolving T213L256 general circulation model. The model data enable us to quantify the contribution to the wave forcing by vertically propagating gravity waves from the lower atmosphere which is important for the variation in the mesospheric circulation. We will show the relationship between the PV increasing events and spatial change in gravity wave forcing associated with the movement of polar night jet around the boreal winter stratopause.

We discuss the effect of gravity wave filtering to explain why the movement of polar night jet brings the spatial change in gravity wave forcing. It is shown that the zonal assymetry in the PV increase results from the zonal assymetry in the gravity wave forcing associated with the meandering polar night jet and local planetary wave forcing.

1. はじめに

冬季北半球中間圏には、不安定場の形成がしばしばみられる。本研究では重力波解像 GCM データを用いて、この不安定場の形成が中緯度における下部中間圏の渦位増大イベントとしてとらえられることを示す。また、極夜ジェットの変位に伴う重力波強制の緯度方向の変化が、残差循環による断熱的温度変化を介して、渦位増大をもたらしていることを明らかにする。

一方、このイベントにおける渦位増大は、顕著な東西非一様構造をもつ。本研究では極夜ジェットの変位による重力波伝播変調を説明するメカニズムとして、重力波フィルタリングの重要性を議論する。渦位増大の東西非一様性は極夜ジェットの蛇行に伴う重力波強制の東西非一様分布や惑星波砕波域の局所性により説明できる。

2. データと解析手法

下層から伝播してきた重力波の散逸に伴う波強制は中間圏循環の駆動とその変動にとって重要である。本研究では、重力波解像 T213L256 GCM (Watanabe et al., 2008) シミュレーションデータを用いて解析を行った。

不安定の必要条件は、以下に示す修正エルテル渦位 (MPV: Lait, 1993) を用いて評価した。

$$MPV = -g \frac{f + \zeta}{\frac{\partial p}{\partial \theta} \cdot \left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^2}$$

摩擦などの力学的強制や非断熱加熱のない場合、MPV は等温位面で保存量である。その東西平均量が等温位面上で負の南北勾配をもつことが不安定の必要条件である。

また、重力波とロスビー波に適用可能な三次元残差流と波活動度フラックス (Kinoshita and Sato, 2012a,b) を用いて重力波強制と残差循環を評価した。

3. 結果

図 1 に、70km における重力波強制と各高さにおける東西風速の緯度 15°N から 90°N での空間相関係数を計算した結果を示す。70km における重力波強制とその下の東西風速には有意な負相関がある。これは、上部成層圏の極夜ジェットの西風が強まるとその直上で、中間圏重力波砕波による西向き強制が強くなることを意味している。また、相関は渦位増大イベント時に大きくなる。

重力波は対流圏の多様な励起源から発生し、様々な位相速度をもつと考えられる。西風が強くなれば、東向き位相速度をもつ重力波は下層で砕波・吸収されるため、中間圏では相対的に西向きの重力波強制が大きくなる (重力波フィルタリング) と解釈することができる。

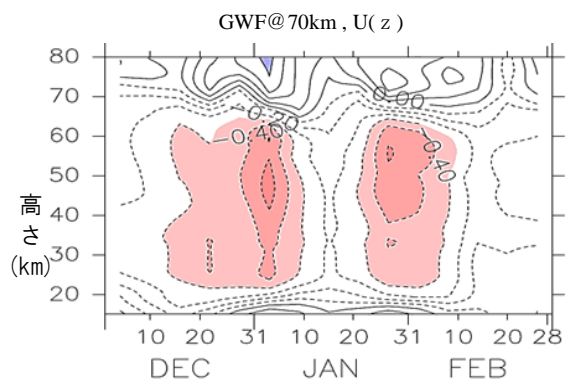


図 1. 70km における重力波強制とある高さにおける東西風速との相関係数を表す。

また、同様のメカニズムによって、中間圏の東西非一様な渦位増大（温度低下）と極夜ジェットの東西非一様性の結合を説明できる。図2にその一例を示す。図2（左）は1年目12月第1週の4000K面におけるMPV（濃淡）とモンゴメリーの流線関数（M、等値線）の水平分布である。40°N-60°N域でMPVが増大しており、30°W-90°Eで顕著であることが分かる。このMPV増大は下層での温度低下によるものである。図2

（右）は同じ時期の高度70kmにおける重力波強制（濃淡）と高度50kmにおける平均東西風の水平分布を示す。重力波強制の分布よりMPV増大域の北側で北向き、南側で南向きの残差循環が生じることが分かる。その補償流として、同領域で上向き残差循環が生じていることを示唆し、これは温度低下と整合的である。また、西向き重力波強制は50kmにおける西風の大きい領域で大きくなる。

一方、惑星波強制は東西非一様な構造をもっていて、重力波強制と逆符号であることが示されており(Sato et al., 2013)、詳細な解析が必要である。今後は、極夜ジェット変位の原因を探るとともに、MPVや重力波強制の季節変化を明らかにする計画である。

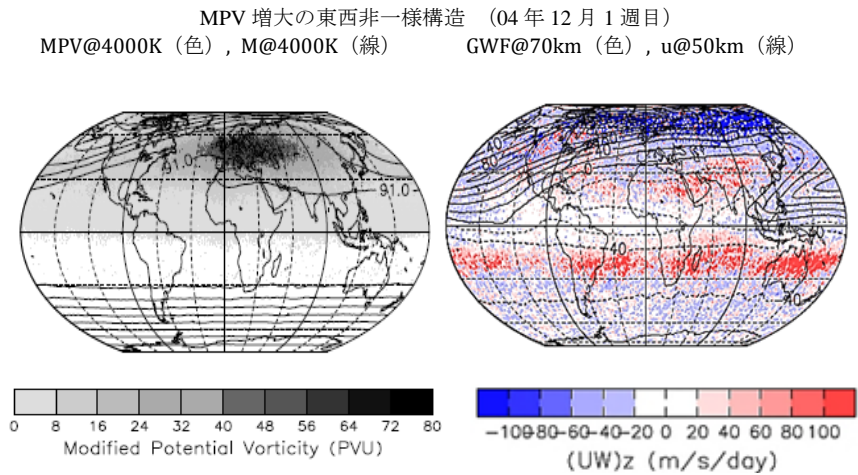


図2. 色は4000 K面におけるMPV、等値線はモンゴメリー流線関数（左）。色は70mの重力波強制、等値線は50kmの東西風速（右）