

高解像度気候モデルデータに基づく鉛直波数スペクトルの全球的特徴の解析

高野一生¹、佐藤薫¹、渡辺真吾²、河谷芳雄²

¹ 東京大学

² 海洋研究開発機構

Global characteristics of vertical wavenumber spectra based on a high-resolution climate model

Issei Takano¹, Kaoru Sato¹, Shingo Watanabe² and Yoshio Kawatani²

¹The University of Tokyo

²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Global characteristics of vertical wavenumber (m) spectra is examined for temperature, horizontal and vertical wind fluctuations by using data from a high-resolution gravity-wave resolving climate model. It is well known that observed vertical wavenumber spectra of temperature and horizontal wind fluctuations have a characteristic shape roughly proportional to m^{-3} . However, there is an observational evidence showing that the spectral slope seems to depend on the latitude. As observations are usually made in limited geographical and vertical regions, we analyzed data from a high resolution gravity wave resolving climate model with fine vertical resolution of 300 m in the middle atmosphere to examine three-dimensional characteristics of vertical wavenumber spectra.

1. はじめに

本研究は、高解像度気候モデルデータを用いて、水平風・鉛直風・温度の各鉛直波数スペクトルの地域及び高度依存性を調べることを目的としている。観測データを用いた先行研究により、水平風と温度の鉛直波数スペクトルは鉛直波数(m)のマイナス3乗の定数倍でよく近似されることが知られている(Allen and Vincent, 1995, Sato and Yamada, 1994, Sato et al., 2003, Smith et al., 1987, Tsuda et al., 2002)。しかし、先行研究に用いられた観測データは地域や高度、観測期間のいずれかが限定されたものである。高度に関しては比較的データの多い下部成層圏まではよく解析されているが、データの少ない中間圏以上では特に解析が限定的である。次いで地域に関しては観測地点の分布に偏りがあるため全球に渡る解析はほとんど行われていない。また、スペクトルの傾きは厳密にはマイナス3前後ではらついていて、何らかの分布を持っている可能性も先行研究から示唆されている(Allen and Vincent, 1995, Sato et al., 2003)。そこで、本研究では鉛直分解能の高い重力波解像可能な気候モデルのシミュレーションデータ(Watanabe et al., 2008)を用いて、全球での鉛直波数スペクトルの3次元的特徴の解析を試みた。また、ほとんど解析されていない鉛直風の鉛直波数スペクトルについての計算も行った。

2. データ解析

スペクトルの計算は、浮力振動数がほぼ一定である4つの高度領域18-25km、20-35km、35-50km、55-70kmにおける温度・東西風・南北風・鉛直風それぞれに対して行った。解析した期間は6月と12月である。Allen and Vincent(1995)にならって、パワースペクトル $P(m)$ を以下のようにフィッティングして、

$$P(m) = F_0 m / m_* / (1 + (m/m_*)^{t+1})$$

スペクトルの形状を決める3つのパラメータ F_0 、 m_* 、 t を推定した。特に m_* と t の分布の地域や高度、そして季節による違いを調べた。

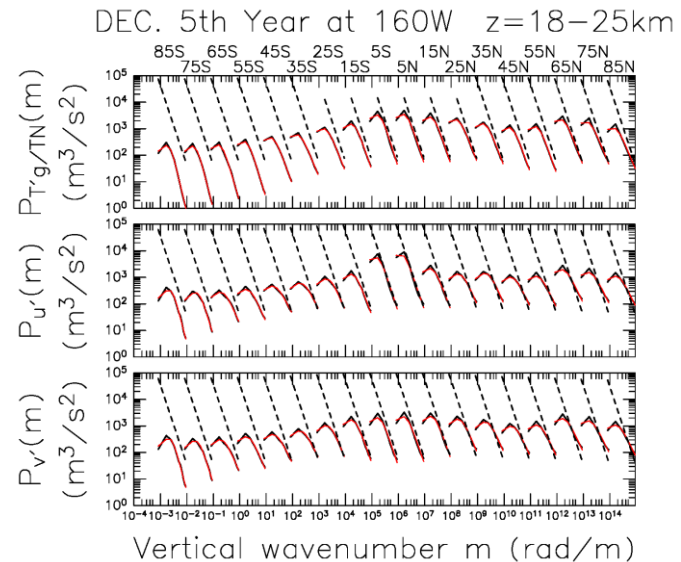


Figure 1. Power Spectra for normalized temperature, zonal wind, meridional wind at lower stratosphere along 160W (black curves) with fitting curves (red ones).

3. 結果

図1は12月における、西経160度線に沿った下部成層圏の高度18~25kmスペクトルの緯度変化を示す。これはSato et al. (2003)によるラジオゾンデによる中部太平洋スキャン観測が行われた経度線である。赤道域ではほぼ m^{-3} の傾きを持つが、中緯度ではそれより緩やかである。冬である北半球高緯度ではほぼ m^{-3} に沿うかやや緩やかであるのに対し、夏である南半球極域では-3乗より急峻である。

次に、図2に t のグローバル分布を示す。図1で見られた緯度依存性はどの経度域においても同じような分布をしていることがわかる。全体として t が冬半球より夏半球で値が大きくなっており、夏半球中緯度では傾きが緩いという傾向が見られる。これは6月も同様であった。鉛直風のスペクトルに対する t は5前後である。これは連続の式から $t=3$ をとる u スペクトルの形状と調和的である。また、図3に m_* のグローバル分布を示す。特性鉛直波数 m_* については、高度とともに値が減少している様子がみられた。これはSmith et al., (1987)で示された上空ほど小さく、卓越する波長が長くなることを理論的に示した結果と調和的である。

References

Allen, S. J., and R. A. Vincent, Gravity wave activity in the lower atmosphere: Seasonal and latitudinal variations, *J. Geophys. Res.*, 100, 1327-1350, 1995

Sato, K., and M. Yamada, Vertical structure of atmospheric gravity waves revealed by the wavelet analysis. *Geophys. Res.*, 99, 20,623-20,631,1994

Sato, K., M. Yamamori, S.-Y. Ogino, N. Takahashi, Y. Tomikawa, and T. Yamanouchi, A meridional scan of the stratospheric gravity wave field over the ocean in 2001 (MeSSO2001), *J. Geophys. Res.*, 108(D16), 4491, doi:10.1029/2002JD003219, 2003.

Smith, S. A., D. C. Fritts, and T. E. VanZandt, Evidence of a saturation spectrum of atmospheric gravitywaves, *J. Atmos. Sci.*, 44, 1404-1410, 1987.

Tsuda, T., and K. Hocke, Vertical Wave Number Spectrum of Temperature Fluctuations in the Stratosphere using GPS Occultation Data, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 80, 925-938, 2002,

Watanabe, S., Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, M. Takahashi, and K. Sato, General Aspects of a T213L256 Middle Atmosphere General Circulation Model. *J. Geophys. Res.*, 113, D12110, doi:10.1029/2008JD010026, 2008.

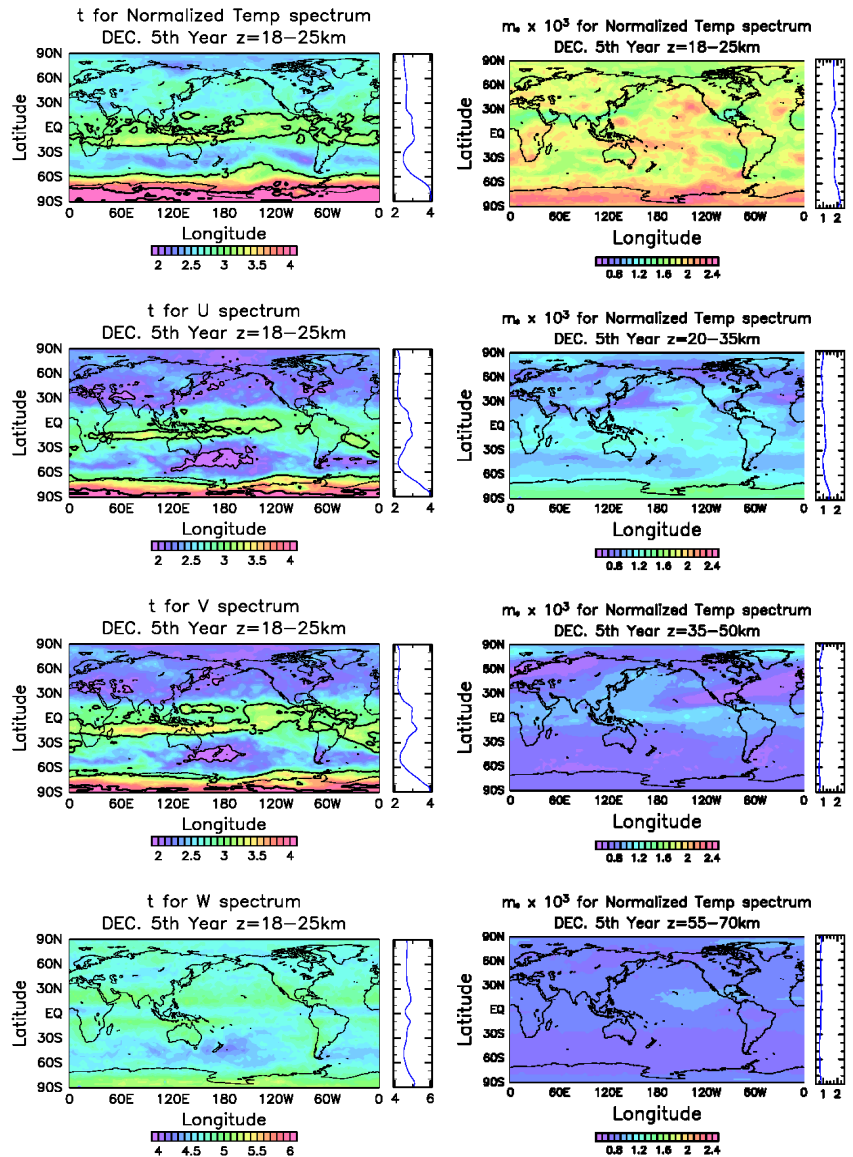


Figure 2. Global map of spectral parameter t . Its of normalized temperature, zonal, meridional and vertical wind spectra are shown from the top.

Figure 3. Global map of spectral parameter m_* of normalized temperature spectra. Its of altitude range 18-25km, 20-35km, 35-50km and 55-70km are shown from the top.