

PANSY レーダーで観測された成層圏対流圏風速擾乱の周波数スペクトル解析

南原 優一 [1]; 佐藤 薫 [1]; 堤 雅基 [2]; 佐藤 亨 [3]; 中村 卓司 [2]; 西村 耕司 [2]; 富川 喜弘 [2]; 高麗 正史 [1]
[1] 東大・理; [2] 極地研; [3] 京大・情報学・通信情報システム

A study of frequency power spectra of wind disturbances based on observation data by the PANSY in the Antarctic

Yuichi Minamihara[1]; Kaoru Sato[1]; Masaki Tsutsumi[2]; Toru Sato[3]; Takuji Nakamura[2]; Koji Nishimura[2]; Yoshihiro Tomikawa[2]; Masashi Kohma[1]

[1] Graduate School of Science, Univ. of Tokyo; [2] NIPR; [3] Communications and Computer Eng., Kyoto Univ.

1. Introduction

Atmospheric waves mainly originating from the troposphere play an important role driving the general circulation in the middle atmosphere by redistributing momentum. Gravity waves are most difficult to observe because their spatial and temporal scales are small. Especially observations of gravity waves in the polar region are still not sufficient. However, recent studies indicate the importance of gravity waves in high latitudes for improving climate models such as cold bias in the polar stratosphere and bias in the timing of the polar vortex breaking (e.g. Geller et al., 2013). The PANSY radar provides wind vectors with high temporal and vertical resolutions continuously by using five beams pointing to the vertical, to the north, east, south, and west at a zenith angle of 10 degrees. The purpose of this study is to elucidate dynamical characteristics of wind disturbances in the polar region in terms of the frequency spectra by using the PANSY radar observation data.

2. Data and Analysis

An analysis was made of three-dimensional wind vectors over about three years from May 2012 to May 2015 with the time intervals of 180-240s. This time resolution and duration of observations are sufficient to analyze a full range of the gravity wave frequency, from the inertial frequency to the buoyancy frequency, if we can assume that the Doppler effects by the background wind are weak. For comparison, reanalysis data (JRA55) and JMA radiosonde observation data for the same time period are also used. As the observations were performed by a partial system of the PANSY radar before March 2015, the data in the height range from 1.5 to 5 km, where data quality is sufficiently high, is used for the spectral analysis. The vertical resolution is 150 m in the line-of-sight direction.

3. Results

Figure 1a shows the frequency spectra of the zonal wind fluctuations calculated using the PANSY radar data over the whole time period of three years. It is clear that the spectra slopes are different between the high (wave periods shorter than 10 d) and low (longer than 10 d) frequency ranges. For the low frequency range, the spectrum slope is about -0.4. This is consistent with the spectrum obtained from JRA55. For the high frequency range, its slope is about -1.9. This is much different from that of JRA55 whose slope is about -2.4. The spectra of meridional wind fluctuations have similar structure. The vertical wind spectrum obtained by the PANSY radar observations is shown in Fig. 1b. The spectral shape is different from that of the horizontal wind spectrum in terms of the spectral slope and transition frequency. For high frequency range (wave periods longer than 1 d), the spectral slope is about -0.3, which is consistent to the spectrum by JRA55. For low frequency range (shorter than 1d), the spectral slope is about -1.0, which differs from the JRA55 spectrum whose slope is about -1.5.

1. はじめに

大気波動は主に対流圏で発生し、中層大気に伝播して、運動量再分配することで大気大循環を駆動する役割を担っている。このうち重力波については時空間スケールが小さく観測が難しい。特に極域重力波の実態把握は不十分である。多くの気候モデルに共通する極渦崩壊期の再現バイアス (10日~2週間遅れ) の解決の鍵は、極域の重力波パラメタリゼーションの改善であると考えられている (e.g. McLandress et al., 2012)。

PANSY レーダーは鉛直方向を含む風速ベクトルの鉛直プロファイルを高分解能高精度で連続観測することができる南極初の大型大気レーダーである。本研究の目的は、PANSY レーダーの長期観測データを用いて南極域の重力波を含む風速擾乱の力学特性、特に周波数スペクトルの特性を明らかにすることである。

2. データと解析手法

解析期間は2012年5月~2015年5月の37ヵ月。観測物理量は鉛直および東西南北各方位の天頂角10°の視線速度である。鉛直分解能は150m。時間分解能は時期によるが180~240秒であり、(背景風によるドップラー効果が弱い場合)慣性周波数から浮力振動数までの重力波の持つ周波数帯域をほぼ全て解析できる。比較のため再解析データ (JRA55) と気象庁のラジオゾンデによる高層気象観測データも用いた。

まず、Blackman-Tukey法を用いて、PANSY レーダーで観測された約3年分の対流圏成層圏データからの東西風、南北風、鉛直風の周波数スペクトルを求めた。なお、水平風の周波数スペクトルは、各視線速度の周波数スペクトルを組み合わせた精度の高い方法で推定した。同期間のJRA55、ラジオゾンデのデータについても同様に、周波数スペクトル

を計算した。

3. 結果

図1 (a) に PANSY レーダーの東西風の周波数スペクトルを示す。10 日周期付近にスペクトルの折れ曲がりが見られる。10 日より長周期（低周波数）では傾きはおよそ-0.4 である。これはラジオゾンデ、JRA55 のスペクトルと整合的である。10 日より短周期（高周波数）では傾きはおよそ-1.9 である。これはラジオゾンデのスペクトルと整合的であるが、JRA55 のスペクトルとは異なっている。

鉛直風（図1b）についても1日周期付近に折れ曲がりが見られる。1日の周期よりも長周期（低周波数）では傾きはおよそ-0.3 である。これはJRA55 のスペクトルとも整合的である。1日より短周期（高周波数）では傾きはおよそ-1.0 である。これはJRA55 のスペクトルとは大きく異なるものになっている。

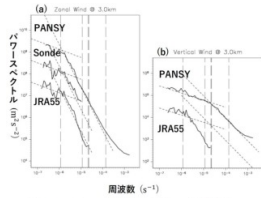


図1. $z = 3(\text{km})$ の周波数スペクトル（両軸対数）。
 $P_e(u)$ 東西風スペクトル (a), $P_v(w)$ 鉛直風スペクトル (b) を示している。各スペクトルは縦方向に1桁ずつずらしてある。破線は10日周期、1日周期、慣性周期（約13時間）、半日周期、2時間周期を示し、点線はPANSYの近似直線を示している。

$P_e(u)$	$\tau > 10d$		$\tau < 10d$	
	$\tau > 10d$	$\tau < 10d$	$\tau > 1d$	$\tau < 1d$
PANSY	-0.46	-1.98	-0.28	-1.01
Sonde	-0.29	-1.79		
JRA55	-0.41	-2.30		

表1. 東西風 (a) 及び鉛直風 (b) の周波数スペクトルの値