

ヒルベルト変換の導入による大気重力波解析法の改良 Improvement of gravity wave analysis using hilbert transform

木暮優¹、中村卓司^{1,2}、江尻省^{1,2}、西山尚典^{1,2}、
堤雅基^{1,2}、富川喜弘^{1,2}、津田卓雄³

Masaru Kogure¹, Takuji Nakamura^{1,2}, Mitsumu Ejiri^{1,2},
Takanori Nishiyama^{1,2}, Tsutumi Masaki^{1,2}, Yoshihiro Tomikawa^{1,2}, Takuo Tsuda³

¹総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻、

²国立極地研究所、³電気通信大学

¹Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced
Studies,²National Institute of Polar Research,
³The University of Electron-Communications

Abstract: The gravity waves are generated in lower atmosphere, propagate upward and transfer momentum and energy to the middle atmosphere. It has been found that the gravity waves induce large scale meridional circulation and drive the middle atmosphere away from radiative equilibrium [Lindzen, 1981; Holton, 1982; Matsuno, 1982]. However, we have not completely known the quantification of gravity wave roles in the middle atmospheric circulation. A Rayleigh/Raman lidar was installed in January 2011 at the Syowa station, Antarctica (69° S, 40° E). The lidar has measured temperature profiles between 5 and 80 km for more than 300 nights (before the end of October in 2014). To investigate gravity wave activities, we have analyzed the lidar data using the same method with Alexander et al. (2011). In the result, several days showed quite small gravity wave activities in comparison with results at the Davis station by Alexander et al., (2011). We improved gravity wave analysis using the Hilbert transform in order to reveal that the result is true or not.

1. はじめに

下層大気で発生した重力波は上方伝播し、中層大気へ運動量・エネルギーをもたらす。その効果は、中層大気の水平平均風を変化させ、大規模子午面循環を引き起こし、中層大気の鉛直気温プロファイルを大きく変化させることが定性的に理解されている[Lindzen, 1981; Holton, 1982; Matsuno, 1982]。しかし、現在でも重力波の水平平均風への定量的寄与は理解が不十分である。そのため、国立極地研究所は南極昭和基地(69° S, 40° E)にレイリー/ラマンライダーを設置し、2011年2月から高度約5-80 kmの気温観測を行い、重力波の気温擾乱を観測している。2014年10月終わりまでに300晩以上の観測を行った。

昭和基地に近いDavis基地(69° S, 78° E)のレイリーライダーで観測された2007-2008年の中層大気温度プロファイルを解析することによって大気重力波の活動度を議論した先行研究[Alexander et al., 2011]の解析手法を参考に、我々も重力波解析を行った。図1は高度49kmの重力波ポテンシャルエネルギー(Ep)の日々変動を示している。この結果は、Alexander et al. (2011)と比べ Ep が極端に小さくなる日が存在する可能性を示している。本研究はこの結果が実際の自然現象なのか、解析上の問題なのかを明らかにするために、先行研究の解析手法を見直した。

2. 使用データ

南極昭和基地レイリー/ラマンライダーの気温観測値(高度分解能 300m・時間分解能 1 時間)を用いた。期間は 2011 年 2 月-2013 年 10 月(夏季を除く)である。また、1 日の観測時間が 3 時間以上であり、信号が上空まで十分観測できている日(72km 以下全高度で S/N が 0.2 以下)を選んだ。

3. 解析方法

Alexander et al. (2011)と同様の方法で背景気温場・気温擾乱を求めた。また、我々は気温擾乱の 2 乗平均値を求めるのに時間平均するだけでなく高度方向の位相変化も考慮して 2 乗平均値を求めるという改良を加えた。具体的には、気温擾乱に大気密度の 1/4 乗をかけて振幅の高度変化を小さくした後に、ヒルベルト変換を行い、その結果を大気密度の 1/4 乗で割って振幅を元に戻す。次に、元の気温擾乱とヒルベルト変換して得られた 90° 位相がずれた気温擾乱から各高度の最大振幅の 2 乗を計算し、これの 1/2 倍した値を時間平均し気温擾乱の 2 乗平均値を求めた。

4. 解析結果

図 2 が改良を加えて解析を行った結果である。図 1 と比べて E_p が極端に小さい日(例えば 2012 年の DOY130)が無くなり、はっきりとした冬極大の季節変動が示された。この傾向は Davis 基地での観測結果と類似している。解析に使う観測データの選別において、Alexander et al. (2011)では 6 時間以上連続して良好な気温プロファイルが得られていることが条件であったのに対して、我々の解析では、その半分の 3 時間を最短の連続観測時間数としていた。従って、 E_p が極端に小さくなった原因は、観測時間が短かったため、気温擾乱のサンプル数が少なく 2 乗平均値が過小評価されていたためと考えられる。また、改良を加えることにより従来と比べ短い観測時間でも正確な E_p を計算できることが示された。

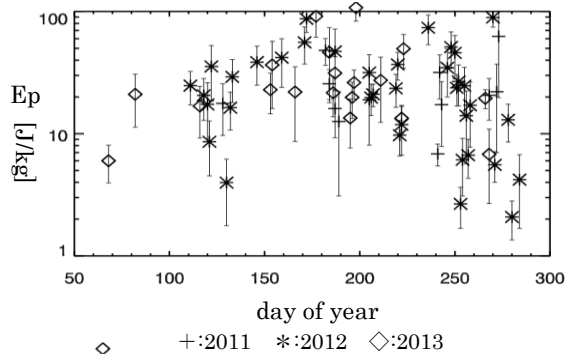


Fig. 1. The nightly changes in E_p per unit mass for 2011(+), 2012(*), 2013(◇) at 49 km. The calculation method of E_p is same as Alexander et al. [2011].

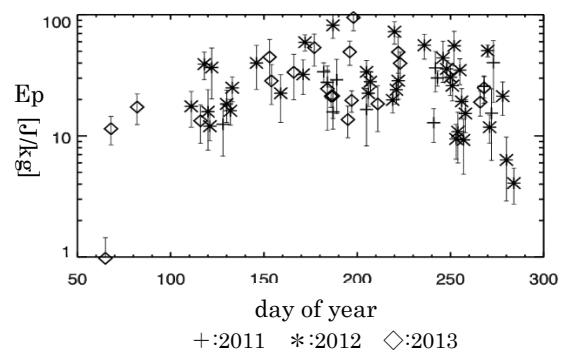


Fig. 2. The same as Fig 1, but the calculation method of E_p is our analysis.

5. まとめと今後の展望

従来の解析方法では、気温擾乱のサンプル数が少ない場合 E_p を過小評価してしまうことが示された。また、本研究の改良を加えることで従来では E_p が計算できなかった短い観測時間でも計算が出来ることが示された。今後は、レイリー/ラマンライダーの広い高度領域を同時観測できるという利点を生かして、上下大気層の重力波活動度の関係性について研究していく予定である。

参考文献

S.P.Alexander et al. (2011), Rayleigh lidar observations of gravity wave activity in the upper stratosphere and lower mesosphere above Davis, Antarctica (69°S, 79°E), J.Geophys. Res., 116, D13109, doi:10.1029/2010JD015164.