

Studies of gravity waves by mesospheric sodium density and temperature

長澤 親生* C.Y. She** J.W. Huang** J.R. Yu** 阿保 真*

C. Nagasawa

M. Abo

*東京都立大学 工学部

**コロラド州立大学

*Tokyo Metropolitan University

**Colorado State University

Abstract Mesospheric sodium temperature was measured by sophisticated lidar technique. The wavelike features of mesospheric sodium density and temperature observed by this lidar are analysed by Fast Fourier Transform (FFT) and Maximum Entropy Method (MEM). Their results are compared with the theoretical response model to gravity waves.

1. はじめに

上層大気中には下層大気から伝搬してきたと思われる低周波の大気重力波と呼ばれる大気波動が存在する。従来、この波動は大型のレイリーライダーや共鳴散乱を利用したNaライダーによって検出されてきた。大気重力波は、高層大気の温度場や子午面方向の風系に大きな影響を与えており、高層大気の大気大循環を理解するには、是非とも必要な測定である。レイリーライダーにより上層大気分子の密度変動を検出するためには、極めて大型のライダー装置を必要とするため現在のところ精度のよい観測は実現していない。

一方、高度90km付近にあるNa層を利用した大気波動観測は、Naの共鳴散乱強度の強さと、波動に対する応答感度の良さのために小型のライダーにより実現可能なことから実用化されてきた。最近、Fricke and Zahn(1985)やShe et al.(1990)は、NaD₂線の微細構造の温度依存性を利用して、精度の高いNa温度のライダー観測に成功している。ここでは、ほぼ同時に行われたNa密度と同温度のライダー観測データから、それらの間の波動の性質の関係をスペクトル分析等を利用して検討を加えた結果を述べる。

2. 観測

NaD₂線の中でNaD_{2a}とNaD_{2b}との間に蛍光強度が極小のところが存在する。そこをNaD_{2c}とすると、蛍光強度が極大のNaD_{2a}とNaD_{2c}との比は、その温度に非常に敏感である。この性質をライダーに利用し、NaD_{2a}とNaD_{2c}に同調した2波長の狭帯域レーザを使って、中間圏Na層の温度観測が可能である。この方法はNaD₂線を掃引する方法に比べ短時間で行える利点がある。当然、同時にNa層の密度分布も得られる。その例をFig. 1に示す。これは、1990年3月2日に米国Colorado州Ft. Collins (40.6°N, 105°W)で測定されたものである。

3. データの解析

大気重力波とライダーによるNa密度の測定結果との関係は、非常に複雑ではあるが、Gardner and Shelton(1985)等により理論的考察が行われてきた。しかしながら、実験的にはまだ十分に検証されたとはいえない。この検証法の一つがNa層の密度とNa層の温度との比較である。Na層の温度は大気の温度とほぼ同じだと考えられ、またこの高度では一般的に静水圧平衡大気を仮定することができ、大気の温度と大気密度を結びつけることができる。大気温度の変動は、大気密度の変動に対応するのでNa層の温度変動は、直接的に大気重力波を表すことになる。

Gardner and Shelton(1985)等は、着目した時間内におけるNaの化学変化による変動を無視するならば、モデル計算により高さ方向の周波数分析をすると、本来大気重力波が現れるべき位置にはスペクトルの谷が現れることを報告している。温度分布を同じく高さ方向に周波数分析を行うと、

本来大気重力波が現れるべきスペクトルの位置にはピークが現れるはずであるから、これを比較することにより前記理論を検証することができると考えられる。

通常最もよく使われる周波数分析法は、高速フーリエ変換 (FFT) である。これは十分信頼のおける周波数分析法であるが、サンプル数が2のべき乗点に限定されるため、75mの距離分解能で256点の場合、一周期19.2kmになり、128点では9.6kmとなる。周期が長いほど周波数分解能は良くなる。Fig. 1 からわかるように、Na密度の場合は19.2kmの周期をとることができるが、温度の場合は19.2kmでは誤差の大きい両端の部分を含んでしまい、結果の信頼性を損なう。更に温度の場合は、Hanning windowを用いた。Fig. 2 に一例を示す。FFTのように周期を制限されず、周波数分解能を上げることができる周波数分析法として最大エントロピー法 (MEM) があるが、現在これを適用した計算を試みている。

4. まとめ

ライダーから得られたNa密度と温度のデータの周波数分析を行い、大気重力波に係わる理論を検証するためには、解析に細心の注意が払われなければならない。たとえばまず、大気重力波が monochromatic な状態で存在するデータを解析しなければならない。更に、Naの化学反応による変動にも注意を払うべきであろう。このデータ解析は非常に複雑ではあるが、比較的容易なNa層の観測から大気重力波の情報を得るためには不可欠である。

参考文献

- K.H.Fricke and U von Zahn, J. Atmos. Terr. Phys., 47, 499-512 (1985)
- C.Y.She et al., Geophys. Res. Lett., 17, 929-932 (1990)
- C.S.Gardner and J.D.Shelton, J. Geophys. Res., 90, 1745-1754 (1985)

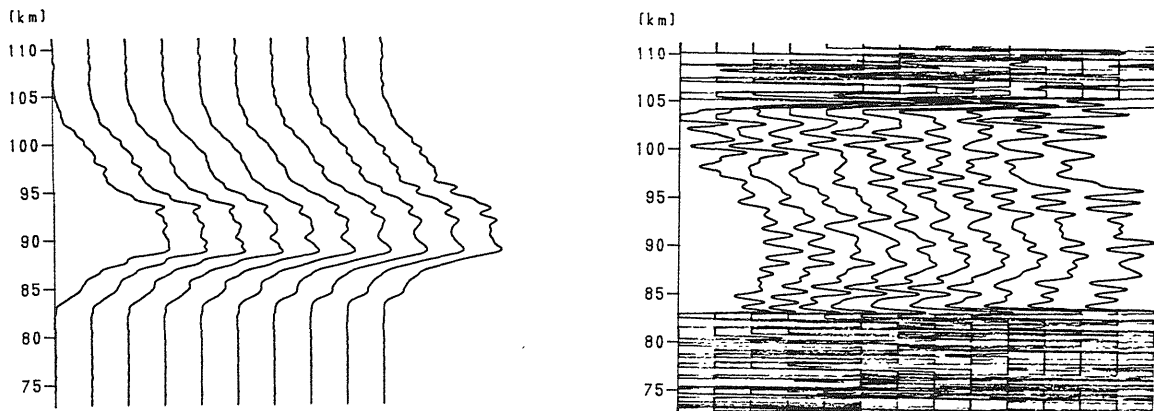


Fig.1 examples of (a) sodium density profiles and (b) temperature profiles

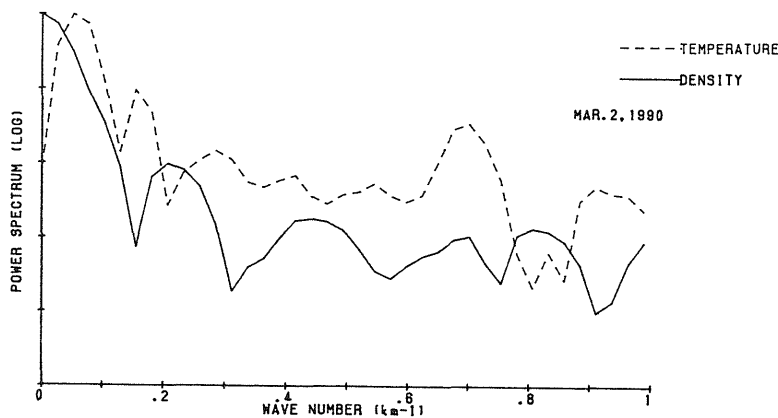


Fig.2 an example of power spectrum of sodium density and temperature