

Lidar measurements of the mesospheric sodium layer have been made at Shinshu University, Nagano-shi(36° 40' N, 138° 12' E) during the period from February, 1991 to March, 1990. In this report, we discuss the nightly and seasonal variations¹ of the sodium layer and atmospheric wave activities on the basis of the data of 30 nights.

1. はじめに

今年から5か年計画の国際協同観測であるSTEPがスタートした。信州大学ではその一環として中間圏ナトリウム層のライダー観測を行っており、1990年2月から1991年3月までの期間に30夜の観測に成功している。ライダーシステムについては前の報告¹⁾に託し、ここでは解析処理とナトリウム層と大気波動についての季節変化と夜間変化の特徴について報告する。

2. 解析処理

解析処理はライダー方程式をベースにしたナトリウム原子密度に関する解析とFFTによる空間スペクトル解析をベースとした大気波動に関する解析を行っている。その流れをFig.1に示す。プログラムは処理速度向上と可搬性及び大型計算機への移植時におけるデータ転送の簡素化を考慮して、MS-DOS上においてC言語で記述してある。ここで示す解析例は、レーザ出力100mJ、繰り返し0.2Hz、距離分解能1kmの条件下で1990年12月4日から5日にかけて観測されたデータに基づくものである。

2. 1. リアルタイム処理

観測された地上から511kmまでの1km毎の受信光子数は、100ショット毎に積算されて一次データベースに蓄えられる。その際に距離二乗補正されたAスコープを対数表示とリニア表示でリアルタイムに行う。

2. 2. 気柱密度と高度分布の夜間変化

観測後にまずナトリウム原子密度に関する解析を行う。一次データベースから高度

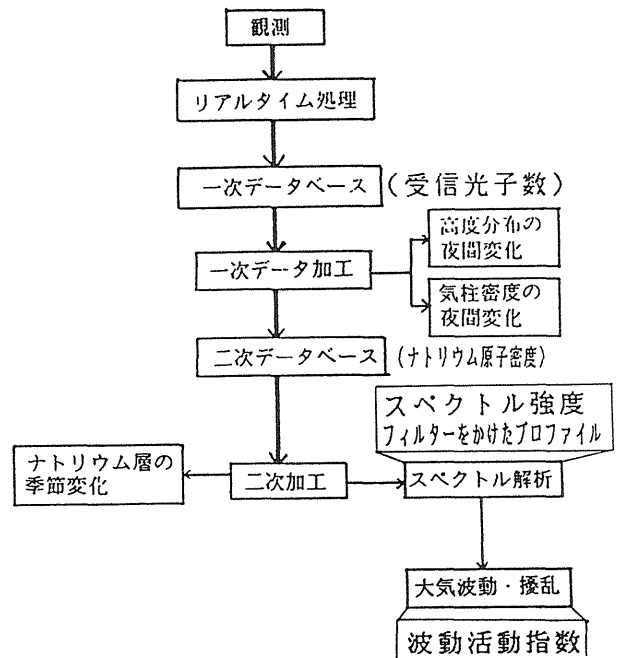


Fig.1 Flow chart of analysis.

411km~511kmのデータを背景光として差引き、高度30km~35kmのレーラー散乱信号で出力の変動を補正した後に、ライダー方程式によりナトリウム原子密度を各高度毎に算出する。その後、まずナトリウム原子密度の高度方向への積算値である気柱密度の夜間変化をもとめる。その解析例をFig.2に示す。この夜、気柱密度が0時付近で極大を向かえたことがわかる。さらに気柱密度で各高度毎のナトリウム原子密度を規格化し、ナトリウム原子密度の高度分布の夜間変化を求める。その解析例をFig.3に示す。これよりナトリウム層は明け方

に向かい原子密度のピークがつぶれ、層幅が厚くなっていったことがわかる。その後、各高度毎のナトリウム原子密度は二次データベースに蓄えられる。

2. 3. 空間スペクトル解析

二次データベースから空間スペクトル解析を行う。ナトリウム原子密度の高度分布毎にFFT解析を行い、静穏夜とのパワースペクトルの比を8段階の濃淡表示で求めた。その例をFig.4に示す。21時から0時にかけて鉛直波長13kmと5km付近に、また23時には4km~13kmの広い波長域において強い波動活動があったことや、0時以降にはそれほど強い波動活動はなかったことがわかる。

さらに波動活動を視覚的に解析するために波長域を10.7kmで長波長域と短波長域に分け、波長4.0km以下をノイズレベルとしてカットし、バンドパスフィルターを用いた逆FFT処理を行い、フィルターをかけたプロファイルを求める。その例をFig.5, 6に示す。位相伝播方向は下向きで、Fig.5からは伝播速度0.9km/hの波動が、Fig.6からは伝播速度1.1km/h、鉛直波長10kmの波動が見られる。このようにフィルタリング処理により波動のダイナミカルな動きー鉛直波長、伝播方向、位相速度、周期等がわかる。

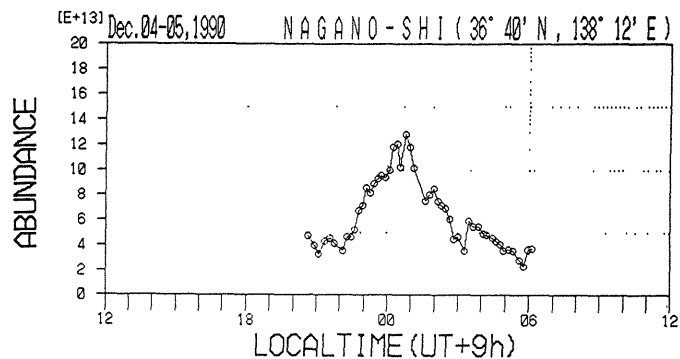


Fig.2 Time history of sodium abundance.

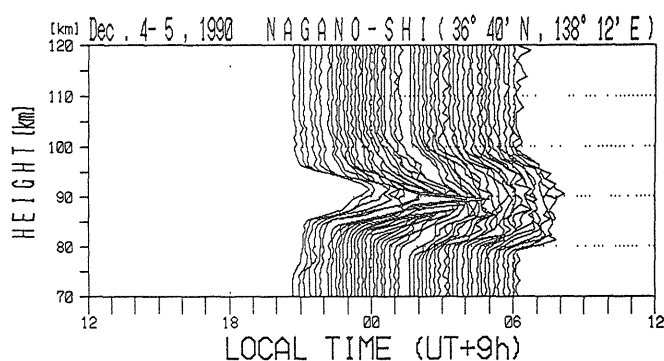


Fig.3 Time history of sodium density profiles on Dec.4-5,1990.

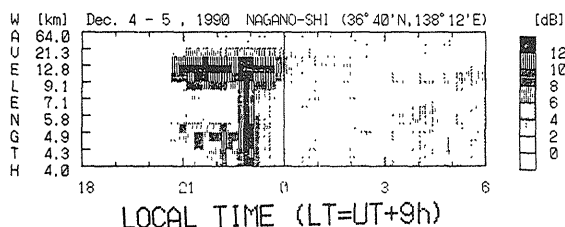


Fig.4 Spatial spectra of sodium density profiles on Dec.4-5,1990.

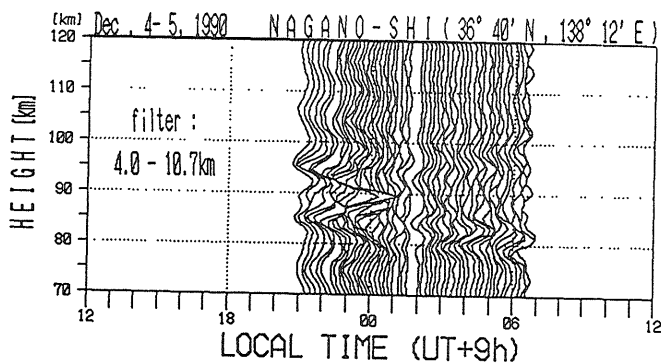


Fig.6 Time history of sodium density profiles passing through a bandpass filter of 4.0km-10.7km.

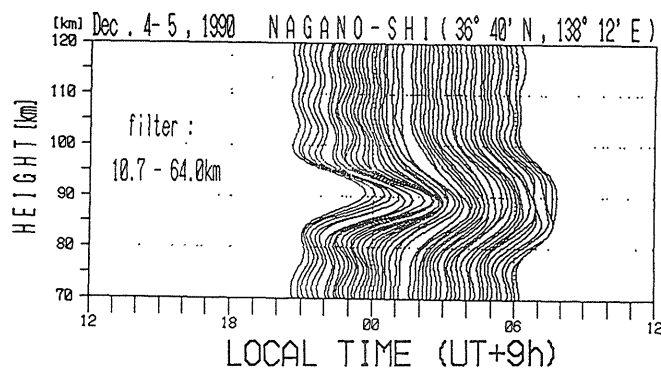


Fig.5 Time history of sodium density profiles passing through a bandpass filter of 10.7km-64.0km.

2. 4. 波動活動指数

次に波動活動の変動をさらに定量化するために逆FFT処理によって得られたそれぞれのプロファイルの二次微分の二乗平均値を求め、大気波動活動の定量化を行う（大気波動活動指数）。その例をFig.7に示す。長波長、短波長成分ともに0時以前に活発な活動がみられ、23時に特に強い活動があったことがわかる。

3. 季節変化

各夜のデータを1日毎にまとめ、日を追って表示することにより季節変化の解析ができる。以下に示すのは1990年2月から1991年3月までの30夜のデータに対して季節変化の解析を行ったものである。気柱密度の季節変化をFig.8に示す。○はその日の時間平均、バーはその日の変動幅を示している。これより気柱密度は冬に増大しており、5月の極小値に比べ約5倍に達していることがわかる。

次に波動活動指数の季節変化をFig.9に示す。データ数が少ないためはっきりとしたことはいえないが、気柱密度ほど激しい変化はない。

4. 平均的な夜間変化の特徴

全データの時間毎の平均をとる事により夜間変化の平均的な特徴がわかる。以下に示すデータは全30夜のデータに対し時間毎に平均をとったものである。平均的なナトリウム原子密度の高度分布の夜間変化をFig.10に示す。明け方に向かうにつれピークが平らになり層幅が厚くなっているのが平均的な特徴である。Fig.3はその典型的な例と言える。

次に平均的な波動活動指数の夜間変化をFig.11に示す。データ数が少ないためはっきりとしたことはいえないが、長波長域において22時付近に微弱ながらピークがみられる。また波動活動は0時以前のほうが、それ以後よりはやや活発である事がわかる。

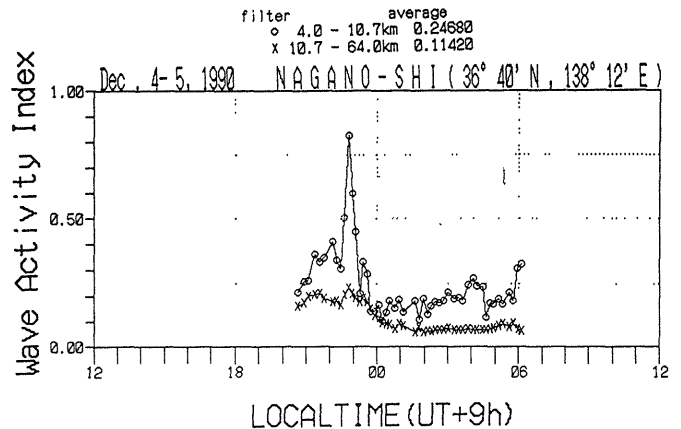


Fig.7 Nightly variations of wave activity index.

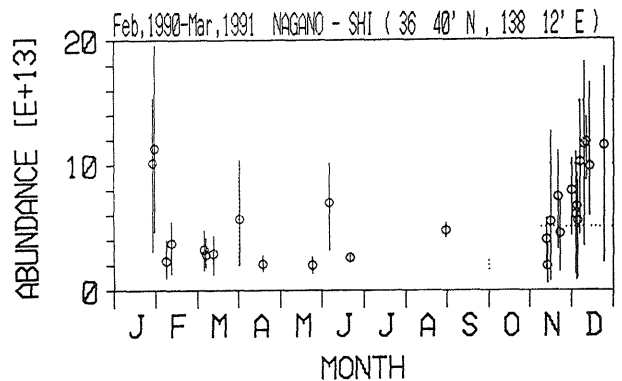


Fig.8 Seasonal variation of sodium abundance.

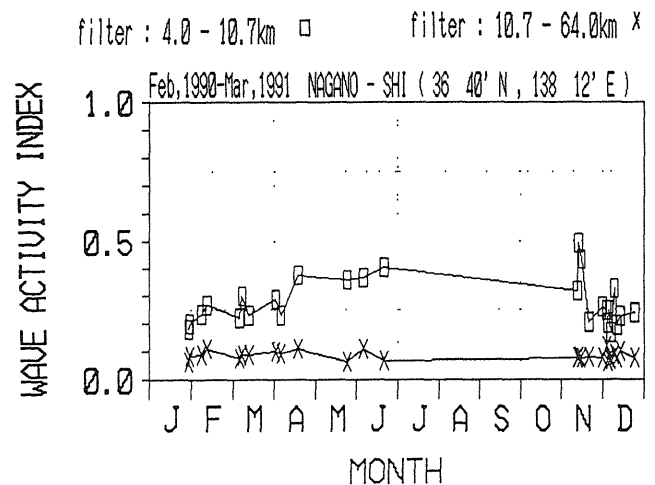


Fig.9 Seasonal variations of wave activity index.

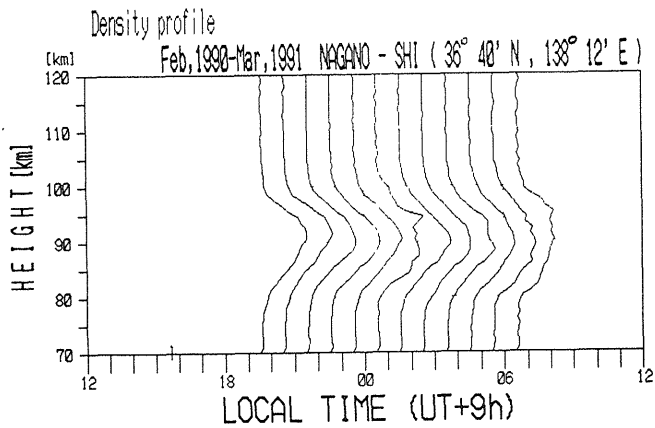


Fig.10 Averaged time history of sodium density profiles obtained from all data of 30 nights during the period from Feb.,1990 to Mar.,1991.

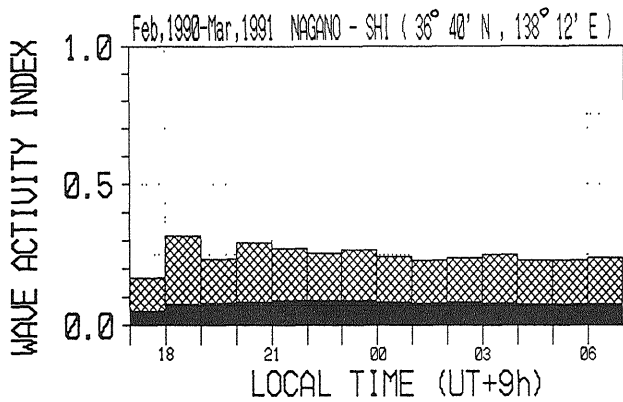


Fig.11 Averaged time history of wave activity index obtained from all data of 30 nights during the period from Feb.,1990 to Mar.,1991.

5. 終わりに

以上のように信州大学ではナトリウム原子層の観測及び解析を定常的に行っている。その結果、気柱密度が冬に増大していること、ナトリウム層は明け方に向かい層幅が厚くなることがわかった。波動活動指数については0時以前の方がそれ以降よりも波動活動が活発である傾向がある。最後に参考資料としてTable.1に全30夜の観測成功日数を月別に示しておく。

FEB, 1990 - MAR, 1991

JAN.	2
FEB.	4
MAR.	4
APR.	3
MAY.	1
JUN.	2
JUL.	0
AUG.	0
SEP.	0
OCT.	0
NOV.	5
DEC.	9
TOTAL	30

Table.1 The number of monthly measurement nights.

文献

- 1)原博文ほか, "信州大学における高層大気観測用ライダーシステム", 第14回レーザーレーダシンポジウム講演予稿集, P 22.
- 2)野村彰夫ほか, "長野市における中間圏ナトリウム層のライダー観測", 第89回地球電磁気・地球惑星圏学会講演予稿集, H 42-08.
- 3)藤森幸光ほか, "長野市における中間圏ナトリウム層のライダー観測", 平成3年春期第38回応用物理学関係連合講演会講演予稿集No.3, 28p-D-4, p.p.881.
- 4)藤森幸光ほか, "長野市における中間圏ナトリウム層のライダー観測(II)", 平成2年度電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, 74.