

C 1

XeF ライダーによる超高層大気観測

XeF Lidar Observation of Upper Atmosphere

前田三男 柴田 隆 福田光伸

Mitsuo MAEDA Takasi SHIBATA Mitsunobu FUKUDA

九州大学 工学部

Kyushu University, Faculty of Engineering

我々は XeFエキシマーレーザーを、Rayleigh lidar に初めて応用し、昨年 4 月より定期的な大気密度・温度の観測を続けてきた。Nd:YAG レーザー SHG (532 nm) と比べると、XeF レーザーの波長 (352 nm) では Mie 散乱の寄与が小さく、この目的のライダーに適している。また、レーザーの平均出力が大で、より精度のよい測定が期待できる。観測結果の一部は前回のシンポジウムですでに発表した (Shibata et al. 1986)。今回は以後の観測結果、改良点について述べる。

観測は快晴の夜に限られることから、月約 2 回の頻度で、1 夜につき平均 5 時間の観測を行なった。得られたデータの高度範囲は 30 から 70 km、最小時間、距離分解能はそれぞれ 2.5 分、150 m である。測定誤差は 15 分、1.5 km の分解能で、高度 50, 60 km それぞれについて約 1%, 3 K, および、3%, 10 K である。後で述べるように、測定精度は最近、いくぶん改善された。

得られた密度データより 15 km 以下の鉛直スケールの変動成分をもとめ、その特徴を調べた。図 1 に昨年 8 月 21 日から 22 日にかけての観測例を示す。鉛直波長約 10 km の波の位相が下向きに移動している様子が見える。これは、ほとんどの観測例で見られる。変動のピークの移動の様子から、特に図 1 の例では位相速度下向き 1 km/h が見積られる。図 2 は同様の方法で得られた昨年 4 月から本年 3 月までの位相速度の変化を示している。9 月に最小値 -1.2 km/h をとるが、冬期は位相の動きが非常に遅く、1 月、2 月はほぼ 0 km/h である。図 2 右側に卓越波長 10 km に対して位相速度から求めた周期を示している。半数以上の例で、周期は、福岡 (33.6° N) での慣性周期約 22 時間を越えている。これらの例では、密度の変動が慣性重力波によるとすれば、平均流による Doppler-shift で周期が長くなったと解釈できる。これは、波の水平位相速度が平均流とは逆向きになっているべきことを示している。このほか以下のようなことが明らかとなった。波長 10 km 付近の波の振幅は 4 月、10 月に極小、8 月 2 月に極大をとり、半年変化を示す (図 3)。この結果は、ロケットによる風の観測の解析結果と定性的に一致する (Hirota and Niki, 1985)。図 4 は 1 年間の平均の鉛直波数に対するパワースペクトル密度を示す。波長 5 km 付近のスペクトルの傾きは約 $-5/2$ で、従来風の観測から得られてきた傾きと一致する (Endlich et al., 1963 etc)。また絶対値も、風からの値と矛盾しない (Dewan et al., 1985)。図 5 の横軸は波のエネルギーに比例する量で、これによると、波のエネルギーは 45 km 付近まで高さとともに減少傾向を示す。

以上の観測に用いた XeF レーザーは安定共振器を用いていたが、beam divergence がコリメーターを通した後でも約 1 mrad と大きく、受信望遠鏡の視野を約 2 mrad 程度とする必要があった。測定高度の上限はこの視野からのバックグラウンドノイズにより制限された。今回、不安定共振器を用い、divergence を小さくし、視野を狭くすることを試みた。不安定共振器とすることでパルスあたりのエネルギーは、安定共振器の場合の約半分の 140 mJ となったが、beam divergence は約 $1/5$ の約 0.3 mrad 以下となった。予備的な観測で 1 mrad の視野で測定した結果、同一の精度で約 3 km 測定高度を上げることができた。

高度 30 から 70 km にかけては、連続的に力学的情報を得る方法がなく、MST レーダーでは特にこの間は死角領域にあたる。XeF Rayleigh ライダーはこの高度域の貴重なデータを与えるものと考えられる。

参考文献

- T. Shibata, M. Kobuchi and M. Maeda : Appl. Opt. 25 p685 (1986)
 I. Hirota and T. Niki : J. Met. Soc. Jap. 63 p1055 (1985)
 R. Endlich, R. C. Singleton and J. W. Kaufman : J. Atmos. Sci. 26 p1030 (1969)
 E. Dewan, M. Grossbard, A. F. Quesada and R. E. Good : Geophys Res. Lett. 11 p624 (1984)

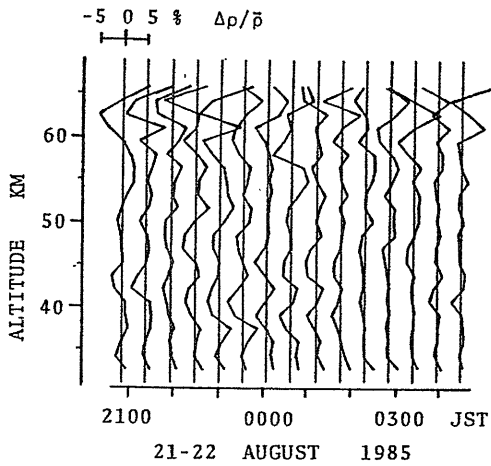


図1 8月21-22日にかけての密度変動の変化

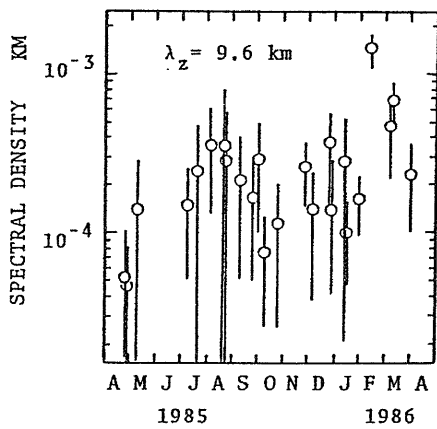


図3 波長9.6kmでのスペクトル密度の年変化

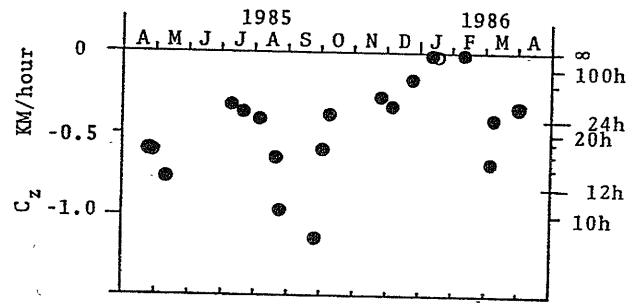


図2 位相速度の年変化。右は波長10kmに対する周期

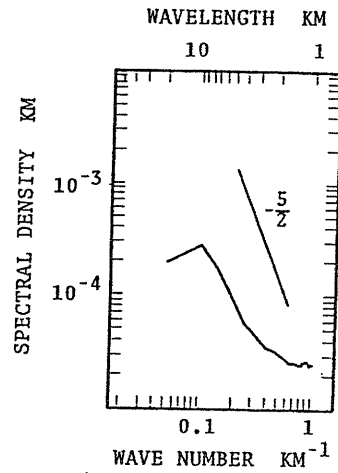


図4 鉛直波数に対する大気密度のスペクトル密度の年変化

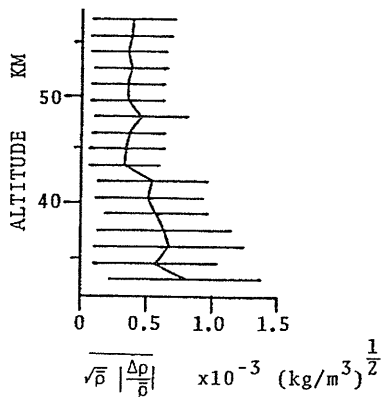


図5 横軸は波のエネルギーが一定なら一定となるべき量