

## 宇宙からのライダー観測についての考察

## Investigation of Space Lidar

野村彰夫 和田弘仁 山口堅治 齊藤保典 鹿野哲生  
A. Nomura, H. Wada, K. Yamaguchi, Y. Saito and T. Kano信州大学工学部  
Faculty of Engineering, Shinshu University

We investigate the possibility of measurements of the mesospheric metal layer by a space lidar. By simulating height distribution of SNR of the received signals, it is indicated that sodium density profile can be obtained with good SNR ( $>10$ ). However, this measurement is limited over the nighttime hemisphere.

1. はじめに

近年オゾン層破壊や温暖化等地球上の生物活動に密接に関連した深刻な地球環境問題が提起されてきた。そこでこれらの問題に対処するためにグローバルスケールでの地球環境データを高精度で三次元的に把握することが要求されている。そこで三次元観測可能なアクティブセンサーを搭載した衛星による観測が重要視されてきた。その一つとしてスペースライダーがあげられる。NASAではLITE, GLRS, LAWS計画、ESAではALTI D計画によるスペースライダー観測が進行している。また日本でもJPOPによるスペースライダー観測計画が検討され始めた(これについては本シンポジウムで内野氏が講演を行っている)。これらのスペースライダーの観測対象は主に対流圏から成層圏にかけての地球大気環境パラメータとなっている。

筆者らは前述のスペースライダー観測の対象となっていない更に高い高度の中間圏金属原子層のスペースライダー観測の可能性について報告を行う。この観測の意義は金属原子層の起源および生成維持機構の解明の他に二つの重要な観測の意義がある。一つは金属原子層は高層中性大気の力学的変動を検出するトレーサーの役割を担っている。そこで高層大気の力学的構造を解明する上で貴重なデータを提供できる。二つめは金属原子層は熱圏と中間圏との圏界面付近に存在していることから、上下大気の相互作用についての情報が得られる。従来、金属原子層の観測は数少ない地上ライダーにより行われてきたが、グローバルスケールでの水平方向のデータが全く得られてこなかった。そこでスペースからの観測が実現できれば、全く新しいデータ、特に大気波動の水平波長、金属原子層の緯度変化等のデータが得られる。

本報告では金属原子層の中のカリウム、ナトリウムおよび鉄原子について、シミュレーションによる観測の可能性について検討を行った。

2. シミュレーションによる検討結果

ライダー方程式は衛星軌道高度から下向きに観測した場合の式に変更しただけである。用いた大気モデルは大気分子がスケールハイト7km(一定)で高度120kmまで分布し、それ以上の高度ではゼロとした。エアロゾル項は無視した。金属原子層は高度80-100kmの間で一様に分布していると仮定し、その密度は従来観測で得られていた値とその半値と1/10値の三つの値を用いた。またシミュレーションに用いたシステムパラメータと観測パラメータをTable 1に示す。

カリウム、ナトリウムおよび鉄原子を観測した場合のSNRの高度変化についてシミュレーションした結果をFig.1~3に示す。ただし、これらの結果は夜間観測を想定している。観測精度の目安としてSNR $>10$ とすると、濃度1/10値までこの精度で観測が可能であるのはナトリウム原子である。またカリウムについては1/10値までは苦しいがほぼそのプロファイルを捕えることはできる(水平分解能を犠牲にして積算回数を4倍にすればナトリウムと同程度のSNRで観測が可能となる)。しかし鉄原子については散乱断面積が小さいことでSNR $>10$ での観測は難しい。また昼間の観測の可能性をナトリウム原子についてシミュレートした結果、SNR $>10$ での観測は困難である。

これらの結果からナトリウム原子を観測することが最も良い。その場合、緯度方向分解能は680kmとなり、大気波動の水平方向波長が観測可能となる。

また金属原子層観測と同時に30km以下の大気からのレーラー散乱信号がSNR $>10$ で観測できることから、大気密度の高度分布、温度分布、シーラスおよび雲頂高度等の観測も十分可能である。

3. 実現に向けての技術的問題点

金属原子層のスペースライダーによる観測を実現するためには、いくつかの問題点があげられる。特に重量および電力制限と信頼性から派生してくる技術的問題が中心となる。

Mg

- 1) 共鳴波長に同調可能な固体レーザーの開発
- 2) レーザの高効率化、小型化および軽量化
- 3) 受信望遠鏡の軽量化

しかしこれらの問題点は、ここ10年の間に解決される可能性は非常に大きい。

おわりに

本報告では宇宙科学研究所で1年半かけて行った地球大気観測ワーキンググループでの検討をまとめた報告書「地球大気観測計画」(1991年1月)の中のライダーグループが担当したスペースライダーの章を参考させていただいた。更に興味のある方は、この報告書を参照して下さい。

Table 1, System parameters and measurement conditions.

スペースライダー

[送信系]

送信波長 : 769.9 nm (K原子)  
 589.0 nm (Na原子)  
 372.0 nm (Fe原子)  
 スペクトル幅 : 5 pm  
 出力 : 50 mJ/pulse  
 繰返し : 10 Hz  
 ビーム広がり : 0.5 mrad.

[受信系]

受信望遠鏡径 : 1 m  
 光学効率 : 0.3  
 量子効率 : 0.15  
 スペクトル幅 : 1 nm (夜間)  
 0.1 nm (昼間)  
 視野重なり : 1  
 視野角 : 1.5 mrad (夜間)  
 0.1 mrad (昼間)

搭載衛星 (太陽同期、極軌道)

軌道高度 : 720 km  
 速度 : 7.2 km/s  
 軌道数 : 14 軌道/日

観測条件

高度分解能 : 1 km  
 積算回数 : 1000

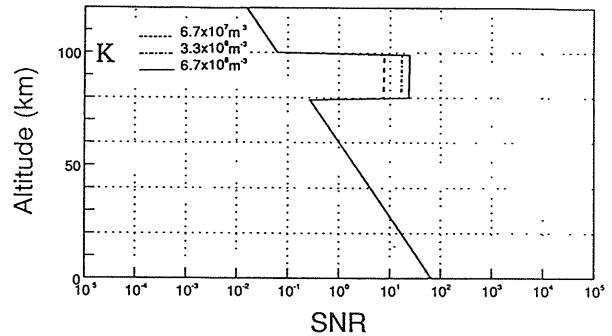


Fig.1, Variation of signal to noise ratio with altitude in the case of potassium atom measurement with a parameter of atomic number density.

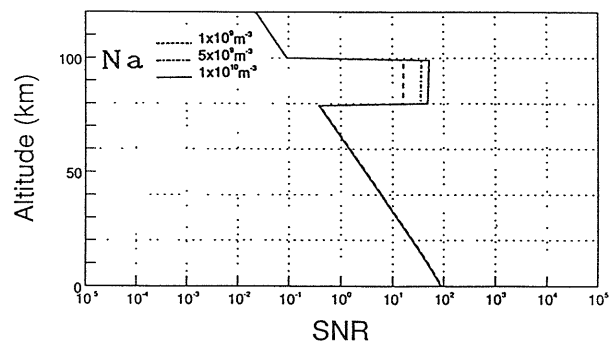


Fig.2, Variation of signal to noise ratio with altitude in the case of sodium atom measurement with a parameter of atomic number density.

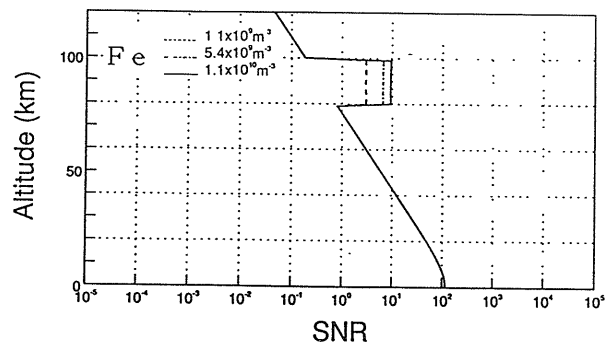


Fig.3, Variation of signal to noise ratio with altitude in the case of iron atom measurement with a parameter of atomic number density.