

衛星搭載レーザ・レーダによる地球規模大気環境観測のシミュレーション
 Analysis for Global Monitoring of the Atmosphere using a Space Lidar
 斉藤保典、野村彰夫、鹿野哲生
 Y. Saito, A. Nomura and T. Kano
 信州大学工学部
 Faculty of Engineering, Shinshu University

Abstract A simulated analysis of cirrus cloud and sodium layer observations using a space lidar is presented. Scale parameter defined as "laser energy x number of shots [mJ·pulse]" was introduced to estimate the feasibility of the space lidar. In the general, the value of the scale parameter was of the order of 10^4 in the cirrus cloud observation and was of the order of 10^6 in the sodium layer observation to obtain a signal to noise ratio of over 10. However, there were large differences of the value depending on their observation conditions.

1. はじめに 地球規模大気環境観測用アクティブセンサーとしての衛星搭載レーザ・レーダを取り上げ、シミュレーション結果に基づいてその可能性を議論する。衛星搭載レーザ・レーダの利点として、観測波長を任意に設定できること、高度方向（分布）の情報が得られること、昼夜の区別なく観測が行えること、天候に左右されないこと、機動性に富むこと等が挙げられる。

2. シミュレーション結果

2. 1 上層雲観測のシミュレーション 上層雲の代表として巻雲を選んだ。巻雲は地球温暖化物質の一つとして知られており、その観測意義は非常に大きい。信号対雑音比が10以上であることを観測の条件とし、そのために必要なレーザエネルギーおよび積算回数の高度依存性を求めた。特に巻雲の実測値¹⁾に基づいて、多層雲鉛直構造（オーバーラップ）の把握および偏光解消度観測の可能性について検討した。雲観測用衛星搭載レーザ・レーダの仕様と観測条件を表1に示す。図1に多層雲観測の結果を示す。雲構造の違いによって必要とされるスケールパラメータ（“レーザエネルギーと積算回数の積 [mJ·回]”と定義）の値が異なることが分かる。人工衛星からの夜間観測においては、10km以下および10-13km付近の雲ではスケールパラメータ値が $7 \times 10^2 - 2 \times 10^3$ 程度で観測が可能であるのに対し、高度14km付近の雲は光学的に薄いため 1×10^4 程度が要求される。図2に、スケールパラメータ値を 5×10^3 とした時の偏光解消度観測の相対誤差の高度依存性を示す。与えた偏光解消度の値は上の雲より順に0.8、0.5、0.2である。雲形状、偏光解消度の値あるいは観測時間等により、相対誤差に二桁程度の違いが生じるため一概には言えないが、全体的にみて相対誤差10%（S/N=10）程度で観測を行うためには 1×10^4 程度の値が必要である。

2. 2 Na金属原子層観測のシミュレーション 中間圏に存在するNa原子層のライダー観測は、ライダー以外に有効な観測手段が無い超高層大気物理学に対して、極めて有効な情報を与える。共鳴散乱ライダーを想定し同様のシミュレーションを行った。シミュレーション結果より、日中における衛星観測では 10^6 程度また夜間観測では 10^5 程度以下の値が必要なこと、より低高度のスペースシャトルからの観測では、衛星観測よりも約一桁小さい値が良いこと等が分かった。

3. おわりに 衛星搭載レーザ・レーダによる宇宙空間からの地球大気環境観測の可能性は十分に示された。上層雲、Na原子層以外にも観測対象として興味深い対象物が数多く存在している。

謝辞 巻雲観測データを提供して頂いた資源環境研究所の今須良一氏、および討論して頂いた光協会衛星搭載レーザ・レーダ検討委員会の各委員（委員長：小林喬郎福井大教授）に感謝致します。 参考 1) R. Imasu and Y. Iwasaka, J. Meteor. Soc. Jpn., 69, (1991), 401.

Table 1. Specification of the space lidar used for the simulation of cloud observation

| | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------|
| Transmitter | | | |
| Laser Wavelength | 532nm (Nd:YAG SH) | | |
| Pulse Energy | Variable | | |
| Receiver | | | |
| Telescope Diameter | 1.0m | | |
| Field-of-View | 0.1mrad | | |
| Optical Bandwidth | 1.0nm (Night Time), 0.1nm (Day Time) | | |
| System Optical Efficiency | 30% (Night Time), 15% (Day Time) | | |
| PMT Quantum Efficiency | 20% | | |
| Condition | | | |
| Target | Cirrus | | |
| Background Noise | 1.842W/m ² /nm | | |
| Number of Shots | Variable | | |
| Height Resolution | 150m | | |
| Flight Model | Spaceshuttle | Space-station | Satellite |
| Altitude | 300km | 460km | 800km |
| Velocity | 7.7km/s | 7.6km/s | 7.5km/s |

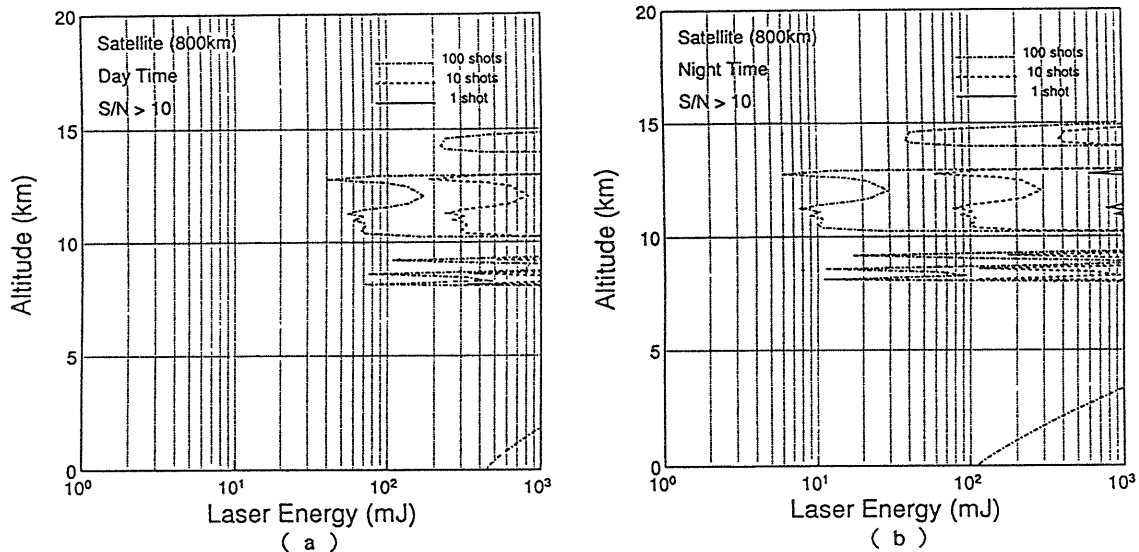


Fig.1 Simulation results of multi-layer cirrus cloud observation using the satellite-borne lidar, altitude region where the signal to noise ratio is over 10; (a) daytime observation and (b) nighttime observation

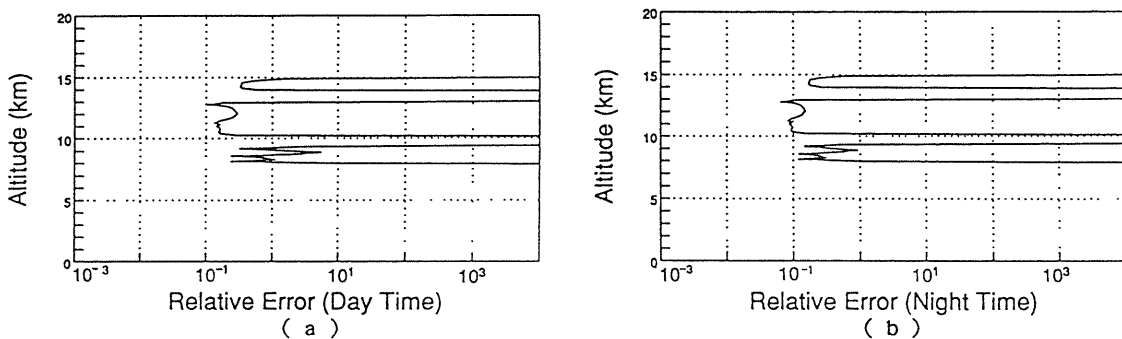


Fig.2 Simulation results for the error in depolarization measurement of multi-layer cirrus cloud using the satellite-borne lidar (scale parameter is 5×10^3): (a) daytime observation and (b) nighttime observation