

F 6

スペースライダーシミュレーション Space Lidar Simulation

内野 脩 M. P. McCormick*
O. Uchino

気象研究所
Meteorological Research Institute,

* NASA Langley Research Center
Hampton, VA 23665

1. 地上設置のライダーに比べ、飛行機搭載ライダーの場合測定範囲が広がる。NASA ランカレ-研究所ではエルネラヨニ火山爆発後、飛行機搭載レーザーライダーで $90^\circ N \sim 50^\circ S$ の範囲でエアロソルの測定を行っている。¹⁾ また YAG レーザ励起色素レーザーを用いて DIAL 法で O_3 や H_2O の飛行機観測を行っている。²⁾ このような技術をふまえてさらにスペースシャトル、スペースステーション、衛星等をベースとしたライダーを用い、パッシブ法では得られない距離分解能をもつ精度のよい測定がグローバルにまた短時間に可能となる。³⁾

現在 NASA では LITE (Lidar In-space Technology Experiment) が進められている。この計画ではシャトル搭載のライダーで成層圏、対流圏のエアロソル、雲の測定を主な目的としているが、さらに温度測定も試みる予定である。ここでは温度測定について考察する。

2. 温度測定法

エアロソルが無視できる高度 30 km 以上ではライダーによる大気密度の測定データと気体の状態方程式及び静力学の方程式を用いて温度の垂直分布を求めることができる。⁴⁾

しかし高度 30 km 以下ではエアロソルによるミ-散乱が無視できなくなりこの方法は使えないが、例えばアレキサンドライトレーザーの基本波 (710 nm) と高二高調波 (355 nm) の二波長を用いて、355 nm では成層圏エアロソルが少い時にはミ-散乱よりもレーリ-散乱が卓越するので、また 710 nm の長波長で通常の大気モデルを用いてエアロソルの分布を測定し、この測定データとエアロソルの光学モデルを仮定して、355 nm のデータからミ-散乱の部分を差し引くことかできる。下部成層圏の温度

測定も可能である。⁵⁾

3. シミュレーション

ここではもっと一般的に次のような問題に対してライダーで求めた温度とモデルとして採用した温度 T_s の差 $\Delta T = T - T_s$ について考える。

- a) 一波長のライダーで温度を測定するとき、トランシエントが薄く、エアロソル層があるとき。
- b) 二波長ライダーで、エアロソルの光学モデルが悪い等のために、完全にエアロソルの散乱を除けなかったとき。
- c) 測定器のダイナミックレンジが十分とれないために、別々に測定した信号を接続するとき考えられる接続誤差。
- d) 多重散乱による効果。

Fig. 1 は上の4つのケースに対してモデル大気から期待されるレーリ-後方散乱に対して規格化したライダー信号を示す。

Fig. 2 は4つの場合について計算された ΔT の垂直分布を示す。高度 50 km 付近の ΔT の 0 からのずれは、90 km の高さで仮定された温度の境界条件 $T_s + 40 K$ によるものである。結果は次のように要約される。

- a) 34 km の $R=1.04$ に対して、 $\Delta T = -0.3 K$ 。しかし 33 km では $\Delta T = 1.2 K$ になり、20 km 以下ゼロに近づく。したがって 4% のレーリ-散乱を超えようとする薄層は簡単に見分けられる。
- b) $R \leq 1.02$ に対し、 $\Delta T \leq -1.2 K$ 。バックグラウンドの成層圏エアロソルに対し、355 nm の

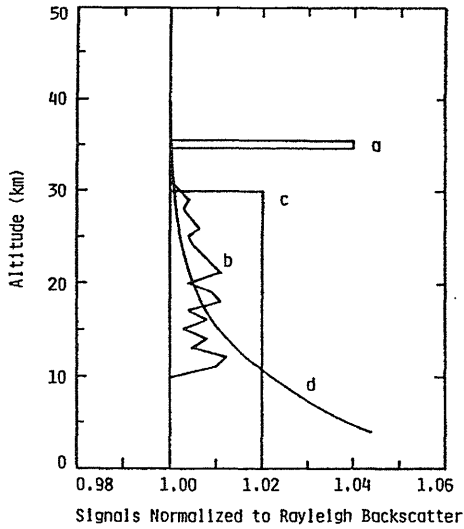


Fig. 1. Excess lidar signals normalized to Rayleigh backscatter signals for four cases : a. transient thin aerosol layer, b. residual aerosols, c. splicing error, and d. multiple scattering.

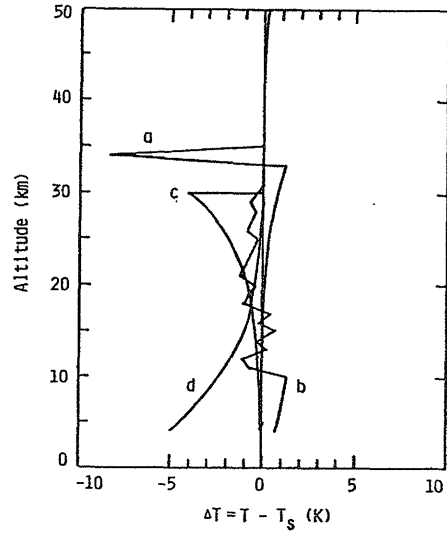


Fig. 2. Temperature difference between temperature T retrieved by lidar and model temperature T_s for four cases in Fig.1.

7) $R_{max} \sim 1.04$

c) 30 km 以下で 2% の接続誤差に対し、30 km で $\Delta T = -4.2 K$ になるが、高度に向うにつれ ΔT は指数函数的に小さくなる。

d) 4 km で 4.4% ($R=1.044$) で、上向きに大気密度に比例して減衰するようなる多重散乱効果に対し、4 km で $\Delta T = -5 K$ とするが、上向きに ΔT は指数函数的に減衰し 15 km で $\Delta T = -1 K$ 程度になる。多重散乱の効果はライダーパラメータがわかると理論的にある程度推定できる。⁶⁾

これらのシミュレーションから $\pm 3 K$ 以内で大気温度を測定しようとするならば、 $\pm 1.5\%$ 以内でレイリ散乱を測定する必要がある。十分に注意深く設計されたライダーシステムならば不可能ではない。LITE 計画では、高度 10-40 km の範囲で、 $\pm 3 K$ の温度測定が可能であろう。そのときの水平垂直分解能は 1 km,

200 km の予定である。⁷⁾

参考文献

- 1) McCormick et al., *Geof. Int.*, 23-2, 187 (1984)
- 2) Browell et. al., *Appl. Opt.* 22, 522 (1983)
- 3) NASA Spec. Publ. 433 (1979)
- 4) A. Hauchecorne & M. L. Chanin, *Geophys. Res. Lett.*, 7, 565 (1980)
- 5) P. B. Russell & B. M. Morley, *Appl. Opt.* 21, 1554 (1982)
- 6) J. D. Spinhire, *Appl. Opt.*, 21, 2467 (1982)
- 7) M. P. McCormick & T. J. Swisler, *Private Communication*