

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目

Study on optical properties of dust particles using Mie-scattering lidar: estimation of lidar ratios and improvement of cloud masking processes

(ミー散乱ライダーを用いたダスト粒子の光学特性に関する研究：ライダー比の推定と雲マスクの改良)

氏 名 神 慶孝

論 文 内 容 の 要 旨

大気中に浮遊するダスト粒子は、太陽光の散乱と吸収を通じて直接的に、雲との相互作用を通じて間接的に、地球の放射収支に影響を与える。ダストの気候への影響を正しく評価するためには、光学特性(消散係数など)の鉛直分布の情報が必要不可欠である。受動型センサによるダストの衛星観測では、光学特性の鉛直分布の情報は得られない。衛星 CALIPSO に搭載されたライダー(CALIOP)によって、2006年6月から全球の雲とエアロゾルの鉛直分布を観測できるようになった。CALIOPの観測データから光学特性を導出するには、ライダー比(消散係数と後方散乱係数の比)が必要となる。CALIOPなどのミー散乱ライダーでは、ライダー比は未知数となる。そのため、CALIOPで検出された層に対して、エアロゾル光学モデルから得られたライダー比を適切に割り当てなければならない。この時、検出された層が雲かエアロゾルなのかを正しく判別する必要がある。雲とエアロゾルの誤判別は、ライダー比の誤った選択につながるため、光学特性を正確に推定できなくなる。

CALIOPデータの雲を特定する雲マスクでは、ダストを雲と誤判別する場合がある。そのため、雲マスクによって特定された雲について、誤判別雲を識別する必要がある。また、光学特性を正確に推定するために、光学モデルから得られたライダー比を地上ライダー等で検証する必要がある。タクラマカン砂漠は主要なダストの発生源地域であるにも関わらず、これまでライダー比を測定した研究事例は無かった。本論文では、ミー散乱ライダーデータからダストの正確な光学特性の鉛直分布を推定するために、1) タクラマカン砂漠におけるダストのライダー比を地上・衛星ライダーの同期観測から推定すること、および、2) CALIOPの雲マスクに含まれる誤判別雲を判別分析によって識別することを目的とした。

タクラマカン砂漠におけるライダー比を推定するため、地上/衛星ライダーによるダストの同期観

測が 2009 年 3 月に行われた。この時に同期測定された地上と衛星ライダーの信号から後方散乱係数を計算し、両者の差が最も小さくなる時のライダー比を推定値とした。推定されたライダー比は波長 532 nm に対して 41.97 sr、波長 1064 nm に対して 45.86 sr だった。532 nm のライダー比は、他のアジア域で測定された値よりも 3~24% 小さかった。ライダー比の推定誤差は、532 nm に対して 9.52%、

1064 nm に対して 41.6% だった。エラー解析の結果、1064 nm のライダー比はライダー信号の校正の誤差に強く依存することがわかった。推定したライダー比を使って後方散乱係数を計算し、CALIOP level 2 プロダクトと比較した。その結果、CALIOP level 2 の後方散乱係数は本研究による結果と比べて 21% 小さいことがわかった。この違いは、CALIOP level 2 の vertical feature mask (VFM) でダストを雲と誤判別し、ライダー比の選択が誤っていたことが原因であると示唆された。

CALIOP の雲マスクに含まれる、誤判別された雲を識別するために判別分析を行った。判別モデル(線形判別関数)を構築するために、雲と誤判別雲の学習データを決定した。この時、CloudSat および MODIS の雲マスクと相対湿度を用いた。構築した判別モデルを使って、CALIOP の雲マスクで検出された雲の再分類を行った。その結果、昼間と夜間、そして陸上と海上でも、誤判別雲の識別に成功した。一方、従来の判別モデルは昼間の学習データしか使用していないので、夜間の識別がうまくいかなかった。本論文の判別モデルは、91.68% の検出精度で誤判別雲を識別できた。雲マスクに含まれる誤判別雲の割合は北半球(高度 1-7 km, 20°W-120°E, 0°-50°N)の夏季(JJA)で 6% だった。誤判別雲の頻度はタクラマカン砂漠の上空で最も高かった。タクラマカン砂漠におけるダストのプロファイルのうち、34.6% が雲マスクで誤判別されたプロファイルだった。雲マスク改良後のダスト消散係数のプロファイルは改良前に比べて最大 2.6 倍大きかった。また、本論文で得られた消散係数は CALIOP level 3 データと比べて最大 2 倍大きかった。先行研究との比較の結果、CALIOP level 3 データの消散係数が負のバイアスをもつことがわかった。この負のバイアスは、VFM がダストを雲と誤判別していることが原因であると示唆された。

本論文の成果は、ミー散乱ライダーデータからダストの光学特性を正確に推定することに役立つ。また、データ同化などを通じて化学輸送モデルの精度向上への貢献が期待される。