

# 論文審査の結果の要旨

氏名 菊池麻紀

雲・降水・エアロゾルなどの大気粒子は放射過程や水循環への影響を通して地球の気候の形成・変化に深く関与している。しかしながら、大気粒子の相や形状といった微物理特性と分布、粒子間の相互作用に関する全球規模での把握と理解は乏しく、気候変化の予測における大きな不確実要因の一つとなっている。

本研究では、衛星地球観測の新しい要素である鉛直次元と時間次元での観測を活用して、大気粒子の微物理特性とその時空間特性を定量的に評価し、それらの知見をもとに新しいアルゴリズムを開発した。これにより、エアロゾル・雲・降水粒子をそれらの微物理特性（粒子の相・形状）や時空間変動特性の違いにもとづいて識別することが可能となり、異なる大気粒子の間の相互作用を調べる上で有用な観測情報が全球規模で得られるようになった。

本論文は6章からなる。

第1章は導入部であり、気候形成における雲・降水・エアロゾルの役割と観測についてのこれまでの研究の現状と問題点が述べられている。

第2章は、本研究で利用した衛星データの解説に充てられている。

第3章では、ライダーを搭載した CALIPSO 衛星から得られる偏光と後方散乱の観測を用いて、雲粒子タイプの全球解析を行った。この解析では、先行研究によって開発された識別手法に改良を加えることで、未定義だった粒子タイプに適切な氷晶タイプを割り当てるように修正し、解析期間を通年に拡張することで粒子タイプの季節変動の解析が可能となった。また本手法は、雲の微細な構造に関して鉛直方向に分解した情報が得られる利点があるため、これらの利点を有する本手法を用いた統計解析によって、様々な雲粒子タイプの鉛直に変化する気温や湿度等の環境条件への依存性や季節変動特性について初めて全球規模で求めることができた。特に、水平配向した平板状氷晶が年間を通じて気温-15°C付近に集中して出現することが明らかとなり、これは氷晶粒子の気候値的な特徴であることが示唆された。

第4章では、CALIPSO ライダ観測を CloudSat 衛星によるレーダ観測と全球的に複合することで、粒子タイプの気温と粒径に対する依存性を解析的に求めた。この解析によって、雲粒子と氷晶粒子の出現頻度は気温と粒径の双方に系統的に依存することが明らかとなり、従来室内実験で報告されてきた凍結過程に見られた現象と類似の特徴が初めて全球規模で確認された。この知見にもとづ

いて作成したテーブルを利用し、CloudSat と CALIPSO の観測データから様々な雲・氷晶・降水粒子タイプを包括的に判別するアルゴリズムを開発した。これは、両衛星による感度が相互補完する性質を利用することで、巻雲から深い対流雲、さらには弱い降水までを包含する様々な雲システムに対して、粒子タイプの詳細な鉛直構造を与えるものである。その結果、従来の衛星研究で得られていた全球の雲出現頻度に加え、雲を構成する粒子タイプの内訳が明らかとなり、これまでに捉えられなかった雲内部の微物理構造に関する情報が得られた。

第5章では、次世代静止気象衛星ひまわり8号による10分間隔の観測を用いることで、雲・エアロゾルを分離する手法を開発した。従来の受動型測器による雲・エアロゾルの識別はエアロゾル推定における共通課題であったが、エアロゾルと雲の時空間変動特性の相違を利用し、エアロゾルの遠隔測定における雲の混入を従来に比べて精度良く除去し、エアロゾル物理特性の推定を改善することができるようになった。この手法に基づく解析結果を地上観測によって検証したところ、エアロゾル光学的厚さの平均二乗誤差平方根、相関、バイアスのいずれについても定量的な改善が確認された。

第6章の結論では本研究で得られた結果をまとめ、このようにして得られる観測的知見は、数値気候モデルにおける大気粒子の表現方法の検証やそれによる気候予測の不確実性低減にも役立つことを示唆した。

なお、本論文の第3章は、岡本創、萩原雄一郎、早坂忠裕、沖理子各氏との共同研究、第4章は、岡本創、佐藤可織、鈴木健太郎、Gregory Cesana、萩原雄一郎、高橋暢宏、早坂忠裕、沖理子各氏との共同研究、第5章は、村上浩、鈴木健太郎、永尾隆、日暮明子各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。