

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23740358

研究課題名(和文) 雲微物理構造の時空間分布及び雲の維持機構の解明

研究課題名(英文) Investigation of global distribution of cloud microphysical properties

研究代表者

佐藤 可織 (Sato, Kaori)

九州大学・応用力学研究所・助教

研究者番号：00584236

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：気候システムにおける雲の役割を定量的に理解するために重要と考えられる雲微物理特性の全球定量化に関する研究を行った。本研究課題では氷晶雲に着目し、衛星搭載アクティブセンサである雲レーダとライダーの複合的利用から、これまでの衛星データ解析手法では解析する事が困難であった雲域においても雲微物理特性を抽出する事に成功し、その抽出性能の評価を行った。CloudSat/CALIPSO衛星の全球観測データに開発したアルゴリズムを適用する事により氷晶雲微物理特性の全球三次元分布を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Quantitative estimates of global cloud microphysical properties are considered to be one of the essential elements toward a better understanding of the role of clouds in the climate system by improving their representation in climate models. The main outcome of this project is the refinement of global distribution of ice microphysical properties by the development of a reliable retrieval scheme for space-borne cloud profiling radar and lidar, which overcomes difficulties of applying earlier radar-lidar synergy algorithms to cloud grids where observation from only single instrument is available.

研究分野：衛星リモートセンシング

科研費の分科・細目：数物系科学・地球惑星科学

キーワード：衛星アクティブセンサ 雲微物理特性

1. 研究開始当初の背景

雲はその放射効果等を通して気候システムと相互作用しているが、雲の放射効果等の3次元分布を決定する雲の巨視的構造や微物理構造には未解明の部分が多いため、それらが気候システムに与える影響の評価には大きな不確定性が存在する。これまで地上や船舶に設置された雲レーダやライダーの能動型センサデータを解析し抽出された雲微物理量を用いることにより、気候モデルにおける雲の放射効果等の再現性の指標としてグリッド平均の雲氷量や粒径の鉛直構造といった雲物理特性の検証が行われてきた。これらの研究から、モデルのグリッド平均の雲氷量が西部熱帯域において観測より小さい値で降雪に切り替わり、このためにモデル内では積算雲氷量が観測と比べ過小評価になっている等(Sato et al., 2010)ということがわかってきた。また観測と気候モデルの雲粒径の詳細な比較を通して、モデル内の雲とエアロゾルのパラメタリゼーションに関する評価等も進みつつあり、それらに介在するメカニズムの検証や気候モデルに適用可能な雲物理スキームの開発と改良を、全球でデータを取得する CloudSat/CALIPSO 衛星や次世代 EarthCARE 衛星といった衛星搭載能動型センサデータの解析によりさらに進展させることは、モデルにおける雲微物理特性再現性の高精度化に役立つと期待される。

2. 研究の目的

本研究課題では、特に従来観測が困難であった上層雲について、全球で鉛直構造の観測に適しているCloudSat/CALIPSO衛星観測データから微物理特性を抽出するアルゴリズムを開発し検証を行うことを主な目的とする。このことにより、地上や船舶搭載の能動型センサを用いて実施してきた研究を全球に発展させ、これまでその理解が不十分であった上層雲の発生頻度と微物理構特性の全球3次元分布を

定量的に明らかにする。作成した独自の全球データを用い、多くの大気大循環モデルの中で上層雲の気候システムに対する影響を決定する重要なパラメータとなっている上層雲の粒径(沈降速度)といった微物理特性の時空間分布の理解を目指す。

3. 研究の方法

地上や船舶に搭載される雲レーダ・ライダー観測用に開発済みであり、広く検証されている雲レーダ解析手法(Sato et al., 2006, 2009, Heymsfield, et al., 2008)を衛星用に改良する。このことにより、CloudSat衛星データから上層雲微物理特性を抽出する手法の開発を行う。通常複数の観測量が得られる地上観測と異なり、CloudSat衛星搭載の雲レーダデータから取得される観測量はレーダ反射因子のみである。そこで、CloudSat衛星にCALIPSO衛星搭載の2波長偏光ライダーを組み合わせることにより、単独の波長を用いた場合よりも高精度で微物理特性の全球分布を取得する手法の開発を行う。また、上層雲の光学的厚さは広範囲に渡るために雲レーダ単独或はライダー単独でしか観測されない雲域があり、そのような情報量が少ない場合についても解析を行う必要があるといった課題がある。通常、このような解析には、経験的に導出された雲粒数密度と気温の関係などが用いられるが、本研究では、これら既存の関係式に依存せずに雲レーダまたはライダーの一方のセンサから得られる情報を用いて、多種多様な雲の光学的厚さのシーンで雲微物理特性を抽出することの出来る手法の開発を確立する。

4. 研究成果

使用できるセンサの数が不十分な場合にも安定して雲の物理特性を抽出する手法の開発を行った(Sato and Okamoto, 2011)。この手法は得られた雲レーダ、ライダーの鉛直プロファイル全層の微物理特性をLevenberg-Marquardtアルゴリズムを用いて一括して求め

るものである。複数の観測量が得られる雲域の情報を、未知数に比べて必要な情報量が不足している雲域に適切に反映させる様に定式化し、観測量が足りない雲域に関しても既存の関係式を使用せず物理量を求めることができるという特徴がある。特に抽出結果の不確定性が高いと考えられる単独センサ観測領域において開発した手法の雲物理特性の抽出性能を評価するために、衛星搭載の雲レーダとライダの両方で同時観測される氷晶雲域の解析用に近年開発され、雲相や雲粒子形状を取り扱うことの出来る手法 (Okamoto et al., 2010) を利用し、CloudSat/ CALIPSO同時観測データから擬似的に作成した単独センサ観測データに適用した結果を精査する比較検証実験を実施した。検証に用いた手法から得られる雲微物理特性は、in-situの実観測データを用いた検証結果から真値に対する誤差が小さく、バイアスもあまりないことがわかっている (Heymsfield, 2008, Sato and Okamoto, 2011)。雲域全域にわたり開発した手法で抽出した雲微物理特性と、検証に用いた雲レーダとライダのシナジー法から得られた結果との一対一対応を評価した結果、雲レーダ単独領域の詳細に関わらず、雲粒子粒径、雲水量共に十～数十%以下の違いで抽出されることがわかった。新しい手法の開発により、従来の手法で解析可能であった上層雲の雲域のみを考慮した場合に比べて広範囲な微物理特性の抽出が可能となった。開発した手法を用いて氷晶雲の全球特性解析を行い、作成したデータから観測された雲粒子の生成、成長、消滅の過程の分類と微物理特性発生頻度の統計的な解析等を実施した。また、この他、開発したアルゴリズムの適用領域の拡張及び、研究成果のシミュレータや次世代衛星EarthCAREへの応用、衛星搭載ライダから得られるエアロゾル種特性分布等とあわせた解析を進めた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① Sato, K., H. Okamoto, Numerical and Theoretical analysis of hydrometeor properties observed by spaceborne lidar and radar, Reviewed and revised papers, 26th International Laser Radar Conf. Proc., 737-740, 2012(査読有)
- ② Sato, K., H. Okamoto, Refinement of global ice microphysics using spaceborne active sensors, *J. Geophys. Res.*, 116, D20202, 2011(査読有)

[学会発表] (計 17 件)

- ① Sato, K., Investigation of clouds, precipitation and aerosol processes at High latitudes, Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly DACA-13, Switzerland, 2013
- ② Sato, K., Extended analysis of space borne active sensors for the interpretation of observed and simulated global cloud physical properties, AGU fall meeting, United States of America, 2011
- ③ Sato, K., Characterization of cloud microphysical processes from analysis of active satellite sensors with an improved retrieval scheme, CALIPSO-CloudSat Science Team meeting, Canada, 2011

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 可織 (Sato Kaori)
九州大学・応用力学研究所・助教
研究者番号：00584236

(2) 研究分担者

該当無し ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

該当無し ()

研究者番号：