



京都大学 防災研究所
Disaster Prevention Research Institute
Kyoto University

萌芽的共同研究
2023NE-01

鉛直観測と数値モデルに基づく雨滴粒径分布の 形成過程の解明

Investigating the formation process of raindrop size
distribution based on vertical observations and
numerical models

令和 6 年 5 月

May 2024

研究代表者

Principal Investigator

岡崎恵

Megumi OKAZAKI

研究成果報告書

研究の背景

粒径分布とは単位体積あたり、粒径あたりの個数の数密度関数である。含水量や降水強度などの降水物理量は粒径分布の粒径積算で記述されることから、粒径分布は降水情報の根源であると言える。気象レーダーを用いた降水量推定においては粒径分布の情報が必要である。しかし、気象レーダーは電波情報を扱うリモートセンシング技術であるため、粒径分布を直接観測できず、粒径分布を関数で近似することで降水量推定を行う。また、数値予報に用いられる気象モデルにおいては雲物理過程をパラメタライズすることで降水現象をシミュレートするが、パラメタライズ手法として広く使用されている BULK 法においては粒径分布を近似して扱う。粒径分布の近似関数としては、指数分布やガンマ分布を用いることが一般的である。一方で、これらの関数では表しきれない形状の雨滴粒径分布が自然雨において存在することが、雨滴計の観測によって明らかになっている。このような形状の分布が含まれる降水現象は気象レーダーや BULK 法に基づくシミュレーションでは正確に把握することが難しい。そのため、近似関数で表しきれない形状の分布の形成過程を明らかにすることは、降水現象の正確な理解にとって重要である。

目的・趣旨

本研究の目的は立体的な降水システム内において雨滴粒径分布が形成される雲微物理過程を定量的に明らかにすることである。特に従来型の近似関数では表しきれない形状の分布の形成過程に着目し、メカニズムの解明に繋げる。本研究計画においては、Stony Brook University 主催のサマースクールへ参加し、雲微物理過程に関する気象レーダーを用いた観測的な研究について学ぶ。

研究経過

Stony Brook University における 6 日間のサマースクールへ本研究費を利用して参加した。サマースクールでは気象レーダー及び数値モデルを利用した雲・降水過程に関する研究や解析手法についての講義及び実際のレーダー観測のデータを用いた実践型ワークショップが開催された。ワークショップでは複数人のグループに分かれ、それぞれの研究課題に取り組んだ。申請者が参加したグループにおいては、ミリ波レーダーの速度スペクトルの解析によって、氷粒子の形成経路の識別を行なった。特に注目して解析を行なった Secondary ice product などの氷粒子の形成過程は不確実性が高く、そのメカニズムの理解は不十分である。冷たい雨は氷粒子が溶けて地上降雨となるため、雨滴粒径分布の形成に関与する雲微物理過程を理解する上で氷の過程から明らかにするこの重

要性について学んだ。またサマースクール期間中において、Stony Brook University に所属する研究者と申請者が進める気象レーダーと地上設置型雨滴計の同期観測データを用いた研究の内容について意見交換を行なった。研究議論の中で、リモートセンシング技術による観測データの利用のみでは降水システムの中で変動する粒径分布の形成に関わる要因を定量的に明らかにすることが困難であることを見出した。

Stony Brook University におけるサマースクールへの参加をきっかけに、雲物理パラメタリゼーションの手法として BIN 法を用いた数値シミュレーションの実施の必要性を再認識し、解析を進めることとした。BIN 法は粒径分布を近似せず。粒子サイズピンごとに計算するため、計算領域内における粒径分布の変化を定量的に調べる事が可能である。

研究成果

本研究における成果は主に 2 点挙げられる。

まず 1 点目に、BIN 法を用いたスコールラインの理想化数値シミュレーションを行い、計算領域内における粒径分布の空間分布を表示する手法を考案した。シミュレーションは粒径分布の形成過程を単純化して明らかにするために、2 次元平面で行なった。粒径分布の空間分布を表示できるのは、粒径分布を陽に計算可能な BIN 法の強みである。この成果により、降水システムの空間内部で形成される粒径分布の形状と位置を把握し、形状の時空間変化を量的に明らかにすることが可能となる。

2 点目に、数値シミュレーションの計算に含まれる、氷粒子の過程を含めた雲微物理過程による降水粒子のサイズごとの数密度変化を出力した。この解析によって、粒径分布の形状変化がどのような雲微物理過程を辿ったことで起きたかを調べることができる。

以上の 2 点の成果に基づき、従来型の近似関数では表しきれない形状の分布の形成には、背景にある風速場が影響している可能性が示唆された。

今後の課題

本研究においては、BIN 法を用いた数値シミュレーションによって粒径分布の形成過程を明らかにする手法について検討した。一方で、数値シミュレーションはあくまで理論的な数式に基づく結果であるため、観測データと比較することで、その結果の信憑性を確認する必要がある。サマースクールでも実施したレーダー観測で得られる速度スペクトルの解析や気象レーダーによる降水形態の把握をすることが、粒径分布形成の背景にある降水システムと速度場を理解すること繋がると想定される。

研究成果の公表

1. Megumi OKAZAKI, Kosei YAMAGUCHI, Tomoro YANASE, Eiichi NAKAKITA, December 2023: Bimodal raindrop size distribution in mixed stratiform-convective precipitation systems: a study based on observation and idealized simulation. American Geophysical Union Annual Meeting 2023, A31B-2390.
2. 岡崎恵, 山口弘誠, 柳瀬友朗, 中北英一, 2024 年 2 月: BIN 型雲モデルを用いた対流降水系内の流れ場に起因する雨滴粒径分布の時空間構造. 令和 5 年度京都大学防災研究所研究発表講演会, B109. (優秀発表賞受賞)