

学 位 論 文 題 名

Objective Classification of Precipitation
Types during the Baiu Season Using
Three-Dimensional Radar Reflectivity Data

(三次元レーダー反射強度データを用いた梅雨期間の降雨タイプの客観的分類)

学位論文内容の要旨

近年、地球温暖化や気候変動が大きな問題となっており、雲・降水システムの振る舞いが大気加熱に及ぼす影響や降水量の変動に及ぼす影響に関する研究が求められている。特に、雲・降水システムのなかで最も複雑な構造と発達過程をもつ、梅雨前線帯の降雨システムの構造を解明することは重要な課題である。降雨システムの構造を解明するためには客観的に降雨タイプ进行分类し、連続観測データを用いた統計的な解析を可能にする必要がある。

本研究では、梅雨前線帯の複雑な降雨システムの構造を解明するために、三次元レーダー反射強度データを用いて降雨タイプを客観的に分類する方法を開発した。レーダー反射強度の鉛直プロファイルから、融解層（0℃層）付近に見られる反射強度の強い部分（ブライトバンド）の全反射強度頻度分布に占める割合を示すパラメーター、BBF、の計算方法を改良し、BBFが0.6以上を層状性、0.6から0.4を混合型、0.4以下を対流性の降雨というように、3つの降雨タイプに分類することの妥当性を示した。BBFの他に4つのパラメーター、1) レーダービーム方向の反射強度の勾配（GZr）、2) 反射強度の時間変化量（Va）、3) 降水雲の規格化した高さ（Ee）、4) 下層における3段階の反射強度それぞれの存在頻度（Grade 1, 2, 3）、を導入し、1995年の梅雨期間における関東地方の自動雨量観測点上のレーダー反射強度についてファジークラスタ解析を行って、3つの降雨タイプがさらにいくつかのパターに分けられることを示した。層状性の降雨タイプの特性は一樣でパターンに分かれませんが、対流性の降雨タイプは強い対流と弱い対流の2つのパターンに分かれ、混合型の降雨タイプには4つのパターンがあることを明らかにした。この解析により、梅雨期の降雨における混合型の降雨タイプの出現頻度が多く、もたらす降雨量も多いことから、梅雨においては混合型も層状性と対流性の降雨に加えて分類されるべき一つのタイプであることを示した。

BBFによって客観的に分類された降雨タイプごとに、レーダー観測範囲内の地上雨量観測点における10分間雨量とレーダー反射強度の関係（Z-R関係）を統計的に計算し、降雨タイプによってZ-R関係が系統的に異なることを示した。このことにより、BBFを用いて分類した3つの降雨タイプが意味のあるものであることを示すと共に、レーダー反射強度のみを用いた地上降雨強度推定法の実用化の可能性を示した。すなわち、3次元レーダ

ー反射強度データを用いた雨水の地表面へのフラックス推定に道を開いたものである。

BBF を用いて分類された降雨タイプの運動学的特性を調べるために、1997 年の梅雨期に九州で行われたドップラーレーダー観測データを用いて、海上における降水雲内の 3 次元気流系の計算を行い、BBF を用いて分類した降雨タイプごとに鉛直流の強さの頻度分布の鉛直プロファイルを求めた。対流性の降雨タイプでは上昇流が強く、混合型、層状性の降雨タイプの順に鉛直流が弱くなるという、種々の降雨システムの観測結果から言われきたことを確認すると共に、層状性の降雨タイプでは地表付近に弱い上昇流が存在することを見出した。このことは、スコールラインにおける層状域の下層に下降流が卓越するという一般的な知見と異なり、梅雨期の海上の下層大気は高い海面温度と湿った大気の移流により弱い対流が起きやすい場にあることを示唆するものである。また、混合型の 4 つのパターンについての鉛直流の特性も含めた解析から、混合型にも浅い対流のパターンがあることを明らかにした。さらに、降雨タイプごとの鉛直流の特性を調べることにより、3 次元レーダー反射強度データから客観的に降雨タイプを分類し、いくつかのパラメーターを用いることにより、雲内の鉛直流の特性を関係づけ、降水雲内の非断熱加熱量を推定できる可能性を示した。

このように、本研究は、3 次元レーダー反射強度データを用いた降雨タイプの客観的解析方法を確立し、その方法を用いた解析から、梅雨には、従来行われていた対流性降雨や層状性降雨という分類に加えて混合型と呼ぶべき特徴的なタイプがあることや、海上では融解層の下に弱い対流活動があることなどを明らかにした。また、それぞれの降雨タイプごとに上昇流・下降流のプロファイル及び降雨特性を対応させることにより、3 次元レーダー反射強度データを用いた全球の非断熱加熱量及び雨水の地表面へのフラックスの推定に道を開いた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 播磨屋 敏 生

副 査 教 授 浦 上 晃 一

副 査 助教授 上 田 博

副 査 教 授 藤 吉 康 志 (大学院地球環境科学研究科
(低温科学研究所))

学 位 論 文 題 名

Objective Classification of Precipitation Types during the Baiu Season Using Three-Dimensional Radar Reflectivity Data

(三次元レーダー反射強度データを用いた梅雨期間の降雨タイプの客観的分類)

近年，地球温暖化や気候変動が大きな問題となっており，雲・降水システムの振る舞いが大気の加熱に及ぼす影響や降水量の変動に及ぼす影響に関する研究が求められている．特に，雲・降水システムのなかで最も複雑な構造と発達過程をもつ，梅雨前線帯の降雨システムの構造を解明することは重要な課題である．降雨システムの構造を解明するためには客観的に降雨タイプ进行分类し，連続観測データを用いた統計的な解析を可能にする必要がある．

著者は，梅雨前線帯の複雑な降雨システムの構造を解明するために，三次元レーダー反射強度データを用いて降雨タイプを客観的に分類する方法を開発した．レーダー反射強度の鉛直プロファイルから，融解層（0℃層）付近に見られる反射強度の強い部分（ブライトバンド）の全反射強度頻度分布に占める割合を示すパラメーター，BBF，の計算方法を改良し，BBF が 0.6 以上を層状性，0.6 から 0.4 を混合型，0.4 以下を対流性の降雨というように，3つの降雨タイプに分類することの妥当性を示した．BBF の他に4つのパラメーター，1) レーダービーム方向の反射強度の勾配（GZr），2) 反射強度の時間変化量（Va），3) 降水雲の規格化した高さ（Ee），4) 下層における3段階の反射強度のそれぞれの存在頻度（Grade 1, 2, 3），を導入し，1995年の梅雨期間における関東地方の自動雨量観測点上のレーダー反射強度についてファジークラスタ解析を行って，3つの降雨タイプがさらにいくつかのパターに分けられることを示した．層状性の降雨タイプの特性は一樣でパターンに分けられないが，対流性の降雨タイプは強い対流と弱い対流の2つのパターンに分かれ，混合型の降雨タイプには4つのパターンがあることを明らかにした．この解析により，梅雨期の降雨において混合型の降雨タイプの出現頻度が多く，もたらす降雨量も多いことから，梅雨におい

ては混合型も層状性と対流性の降雨に加えて分類されるべき一つのタイプであることを示した。

BBF によって客観的に分類された降雨タイプごとに、レーダー観測範囲内の地上雨量観測点における 10 分間雨量とレーダー反射強度の関係 (Z-R 関係) を統計的に計算し、降雨タイプによって Z-R 関係が系統的に異なることを示した。このことにより、BBF を用いて分類した 3 つの降雨タイプが意味のあるものであることを示すと共に、レーダー反射強度のみを用いた地上降雨強度推定法の実用化の可能性を示した。すなわち、3 次元レーダー反射強度データを用いた雨水の地表面へのフラックス推定に道を開いたものである。

BBF を用いて分類された降雨タイプの運動学的特性を調べるために、1997 年の梅雨期に九州で行われたドップラーレーダー観測データを用いて、海上における降水雲内の 3 次元気流系の計算を行い、BBF を用いて分類した降雨タイプごとに鉛直流速の頻度分布の鉛直プロファイルを求めた。対流性の降雨タイプでは上昇流が強く、混合型、層状性の降雨タイプの順に鉛直流が弱くなるという、種々の降雨システムの観測結果から言われてきたことを確認すると共に、層状性の降雨タイプでは地表付近に弱い上昇流が存在することを見出した。このことは、スコールラインにおける層状域の下層に下降流が卓越するという一般的な知見と異なり、梅雨期の海上の下層大気は高い海面温度と湿った大気の移流により弱い対流が起きやすい場にあることを示唆するものである。また、混合型の 4 つのパターンについての鉛直流の特性も含めた解析から、混合型にも浅い対流のパターンがあることを明らかにした。さらに、降雨タイプごとの鉛直流の特性を調べることにより、3 次元レーダー反射強度データから客観的に降雨タイプを分類し、いくつかのパラメーターを用いることにより、雲内の鉛直流の特性を関係づけ、降水雲内の非断熱加熱量を推定できる可能性を示した。

このように、著者は、3 次元レーダー反射強度データを用いた降雨タイプの客観的解析方法を確立し、その方法を用いた解析から、梅雨には、従来行われていた対流性降雨や層状性降雨という分類に加えて混合型と呼ぶべき特徴的なタイプがあることや、海上では融解層の下に弱い対流活動があることなどを明らかにした。この成果は、今後の降雨を伴う気象現象の理解に極めて重要な解析手段を提供したもので、地球惑星科学分野に大きな貢献をしたものと高く評価できる。

よって、著者は北海道大学博士 (理学) の学位を授与される資格あるものと認める。