九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Videosonde-Observed Precipitation Processes Associated with Incipient Extratropical Cyclones and Their Reproducibility by Microphysics Schemes

吉住, 蓉子

https://hdl.handle.net/2324/1959073

出版情報：九州大学, 2018, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

（様式３）

氏　　名　：　吉住　蓉子

論 文 名　：　Videosonde-Observed Precipitation Processes Associated with Incipient Extratropical Cyclones and Their Reproducibility by Microphysics Schemes
（ビデオゾンデで観測された発達初期段階にある南岸低気圧に伴う降水雲の降水プロセスと雲物理スキームによるその再現性）

区　　分　：　甲

論 文 内 容 の 要 旨

雲粒子および降水粒子の生成・成長の素過程である雲微物理過程を数値モデル内で適切に表現することは，短時間スケールの降水予測だけでなく長時間スケールの気候変動予測の精度向上において大変重要である。本研究は，対流域の雲微物理構造を直接観測できるビデオゾンデという観測装置を用いて，まず発達初期段階にある南岸低気圧に伴う降水雲の降水過程を明らかにし，次にその雲微物理直接観測データを参照値として，数値モデルの雲物理スキームの性能評価を行ったものである。

2013 年 1 月 21 日に東シナ海上で発生し，東進しながら観測サイト（鹿児島県熊毛郡南種子町）を通過した，発達初期段階にある南岸低気圧の寒冷前線前面の降水雲に飛揚された 2 台のビデオゾンデから得られたデータを解析した。凍結高度より下方では 3 mm 以上の大雨滴を含む多数の雨滴が観測され，上層で観測された氷晶・雪・霰のサイズは小さく，数も非常に少なかった。雨滴の質量空間濃度は氷晶・雪・霰のそれより 2〜3 桁も大きく，これは下層の暖かい雨プロセスによって主要な降水形成が行われていることを示唆している。観測期間中に飛揚された 17 台のビデオゾンデデータを用いて，各粒子カテゴリーの降水形成への相対的な寄与率（降水形成寄与率）を計算すると，南岸低気圧の寒冷前線前面の降水雲に飛揚された事例では雨滴の降水形成寄与率が非常に高い。これは主要な降水過程が暖かい雨プロセスであることを示している。本研究のビデオゾンデデータを過去に様々な地域で飛揚された多数のビデオゾンデデータと比較することによって，発達初期段階にある南岸低気圧の寒冷前線前面の降水雲内では暖かい雨プロセスが活発に働いていることが確認された。

前述したビデオゾンデによる雲微物理直接観測データを用いて，数値モデルで一般的に用いられている 6 つの雲物理スキーム，Lin スキーム（Lin et al., 1983），WSM6 スキーム（Hong and Lim, 2006），WDM6 スキーム（Lim and Hong, 2010），Thompson スキーム（Thompson et al., 2008），Morrison スキーム（Morrison et al., 2009），Milbrandt-Yau スキーム（Milbrandt and Yau, 2005）の性能評価を行った。本研究では，どのスキームが発達初期段階の南岸低気圧の寒冷前線前面の暖かい雨プロセスをよりよく表現できるかという点に絞って解析を行った。位置ずれ・時間ずれを考慮した現象の再現性を示す指標 Fractions Skill Score で地上降水分布の再現性を確認すると，WDM6 スキームと Milbrandt-Yau スキームが他のスキームより高い再現性があることが示された。ビデオゾンデで観測された雲微物理構造および降水過程については，WDM6 スキームが最も高い再

現性を示した。雨滴生成項に着目した解析では，WDM6 スキームでは雲粒から雨滴への autoconversion 項（これ以降，Praut と記す）の値が Milbrandt-Yau スキームよりも 2～3 桁大きいことが WDM6 において暖かい雨プロセスの再現性が高い要因であることが示された。Praut は，雲粒同士の併合成長によって大きなサイズの雨滴が形成される過程を雲物理スキーム内で表現したものであり，下層における初期雨滴形成において最も重要な過程である。雲粒混合比が同程度である場合，雲粒の数が増加すると一つ一つの雲粒サイズは小さくなり，大きなサイズの雨滴にまで成長するために要する時間が長くなる。すなわち，雲粒空間数濃度が増加すると，Praut は減少する。WDM6 スキームと Milbrandt スキームでシミュレートされた雲粒空間数濃度の代表値はそれぞれ 10^7 m^{-3} 程度，10^8 m^{-3} 程度であり，およそ 1 桁の差がある。各雲物理スキームで用いられている Praut の雲粒空間数濃度に対する依存性を詳細に調べることによって，これら 2 つのスキーム間における雲粒空間数濃度の差から Praut の 2～3 桁の差を定量的に説明できることを示した。さらに，WDM6 スキームにおける雲凝結核空間数濃度の依存性を調査したシミュレーション結果と，先行研究で実施された航空機観測による観測事実とから，発達初期段階にある南岸低気圧の寒冷前線前面の暖かい雨プロセスをよりよく再現するための最適な雲凝結核空間数濃度は 2×10^8～5×10^8 m^{-3} 程度であると推定した。