

| | |
|----------|---|
| 氏名 | すぎもと そういちろう 杉本 聡一郎 |
| 学位(専攻分野) | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 論工博第3954号 |
| 学位授与の日付 | 平成19年3月23日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第2項該当 |
| 学位論文題目 | ドップラーレーダーを主としたリモートセンシング観測値の3次元変分法によるデータ同化と短時間降水予測手法の高度化に関する研究 |
| 論文調査委員 | (主査) 教授 池淵周一 教授 中北英一 教授 椎葉充晴 |

論文内容の要旨

本論文は、ドップラーレーダーを主としたリモートセンシング観測値をメソ気象モデルへデータ同化する手法として3次元変分法(3-D Var)を基礎とした手法を展開し、短時間降水予測の精度向上に対する手法、ならびに観測値の有効性を論じたものであって、8章から成っている。

第1章は緒論であり、本論文の背景と目的を述べ、全体の構成を示している。

第2章では、レーダー観測値を用いた短時間降水予測手法を、1)運動学的手法、2)降雨の概念モデルを用いる手法、3)メソ気象モデルとそのデータ同化システムを用いる手法、の3カテゴリーに分け、それぞれの発展の歴史や特徴を簡潔にまとめている。これにより、本論文において展開される手法の位置付けが明確にされている。

第3章では、メソ気象モデルであるWRFモデルの3-D Varシステムを基礎として、ドップラーレーダー観測値の同化手法を展開している。シミュレーションデータを用いたObserving System Simulation Experiment(OSSE)により、モデル変数のリトリバル精度と短時間降水予測へのインパクトに関する本手法の性能を定量的に評価した。その結果、対流スケールよりは大きい10~20 kmの水平スケールにおけるリトリバルが本手法により適切に行われていることを明らかにした。また、モデル変数のリトリバルの効果が、対流スケールを有した降水システムに対する6時間先までの予測精度の改善に寄与することを示した。さらに、動径速度値の同化による風速場の精度向上が、対流システムの発生位置・タイミングをより正確に予測する上で第一に重要であり、さらにレーダー反射因子値の同化による気温場の修正を図ると、予測降水量の更なる定量性向上につながることを示唆した。

第4章では、本同化手法を実際のレーダー観測値に適用している。その際、動径速度値の折り返し現象に伴うエイリアスを自動的に補正する手法を、レーダー観測値のみを用いて行えるフロント-エンドタイプの手法として構築した。米国中西部にて生じたドライラインに伴う豪雨事例を対象とし、複数台のレーダーによる観測値を用いてデータ同化を試みた結果、第3章にて明らかにされた本手法の性能や効果に関する傾向が損なわれることなく、実際の状況下における本手法の適用性の高さが示唆された。一方、単一のレーダー観測値を用いた同化実験では、降水予測精度が相対的に低下することを明らかにした。そこで、動径速度の観測値から風速場に関する付加的な情報を推定し、動径速度と共に同化する必要性を指摘した。

第4章における指摘を受け、第5章では、風速場の線形モデルを仮定したVVP(Volume Velocity Processing)法に対し、非線形性の強い現象に対する適用性を高めた拡張VVP法を提案している。この手法は1台のドップラーレーダーによって観測された動径速度値を用いて水平風速場を推定するものである。さらに、2台のドップラーレーダーによる同期観測データを用いて3次元風速場を解析するデュアル解析手法を新たに構築し、拡張VVP法の精度検証に用いた。東北会津盆地にて2台の研究用レーダーを用いた雷雨観測を実施し、拡張VVP法を評価した結果、拡張手法は元来の手法に比べ高い適用性を有し、特に大気下層において推定された水平風速場がデータ同化への利用に耐えられる精度を有していることを明らかにした。

第6章では、地上設置型レーダーによる反射因子値の定量性を、高精度かつ系統的に安定した衛星搭載型降雨レーダ

ー TRMM/PR による観測値を用いた比較により評価している。気象庁が運用する12のレーダーサイトに対して1年間を通じた評価を行い、地上設置型レーダーの観測特性をモニタリングする上で TRMM/PR データが有効であることを示した。気象庁レーダーの推定バイアス量に関して、その時間推移や絶対量の傾向はレーダー毎に異なり、レーダー間での相違は最大約6 dBにも達することが明らかとなった。レーダー反射因子値のデータ同化による気温のリトリーバル精度に悪影響を及ぼさないためには、バイアス特性の違いをなくすための補正が必要であることを指摘した。

第7章では、WRF 3-D Var システムを基礎として、レーダーに加え、ウインドプロファイラ、GPS、ならびに衛星搭載型マイクロ波放射計による観測値を共に同化できる枠組みを構築し、2003年水俣豪雨に対する適用を図った。その結果、メソ気象モデル特有のスピンアップ問題を軽減するのにデータ同化が役立つことなど、本同化手法やそれぞれの観測値の持つ有効性や役割を明らかにした。特に、マイクロ波放射計による観測値のデータ同化は、海上における水蒸気量の修正に役立ち、その結果、降水が海域から陸域に長時間到来し続けるという集中豪雨の1パターンをより正確に予測することにつながる。このように、本同化手法は、わが国や米国といった異なる気候条件によりその性能を変えることなく、豪雨の短時間予測の精度向上に寄与することを明らかにした。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ドップラーレーダーを主としたリモートセンシング観測値をメソ気象モデルへデータ同化する手法として3次元変分法(3-D Var)を基礎とした手法を展開し、短時間降水予測の精度向上に対する手法、ならびに観測値の有効性についてその結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

- (1) これまで提案された短時間降水予測手法について、発展の歴史や各手法の特徴を簡潔にまとめている。
- (2) ドップラーレーダー観測値の同化手法として新規性の高いプロトタイプを提案している。特に、シミュレーションデータを用いた多角的な同化実験により、モデル変数のリトリーバル精度や降水予測精度の改善に対する同化手法の本質的な性能を定量的に示し、3-D Var に基づくデータ同化手法の振る舞いを明らかにしている。さらに、実際のレーダー観測への適用性の高さも示している。
- (3) 修正 VAD 法、拡張 VVP 法、およびデュアル解析法といった風速場推定手法、ならびに折り返し補正手法を提案・構築し、動径速度値の応用的利用に関わるさまざまな技術とその有用性を示している。
- (4) 衛星搭載型レーダーによる観測値を用いて、地上設置型レーダーによる反射因子観測の定量性をモニタリングする方法を提案している。
- (5) 多種類のリモートセンシング情報を同化できる枠組みを構築し、その枠組みが集中豪雨の予測に有用であることを示すとともに、それぞれの観測値がもつ有効性について明らかにしている。特に、衛星搭載型マイクロ波放射計のデータ同化が半日程度先までの降水予測の改善に寄与しうることを示唆している。

以上、本論文では、短時間降水予測精度の向上に資するための、ドップラーレーダーを主としたリモートセンシング観測値の同化手法や応用的利用技術が提案され、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年2月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。