

氏名(本籍)	加藤敦(愛知県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第5352号
学位授与年月日	平成22年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	<b>Quantitative Precipitation Estimate and Forecast by the Complementary Application of X-band Polarimetric Radar and C-band Conventional Radar</b> (XバンドマルチパラメータレーダとCバンド在来型レーダの相補的利用による定量的降水量推定と予測)
主査	筑波大学教授(連携大学院) 理学博士 真木雅之
副査	筑波大学教授 理学博士 田瀬則雄
副査	筑波大学教授 理学博士 杉田倫明
副査	筑波大学准教授(連携大学院) 博士(理学) 三隅良平

### 論文の内容の要旨

本研究は、近年多発する都市型水害の発生予測に重要な降水量推定と降水ナウキャストの高度化を目的とした実用的研究である。本研究では、降水ナウキャストに必要な入力雨量情報として、偏波間位相差に基づく高精度なXバンド波長のマルチパラメータレーダ雨量と精度は劣るが広範囲の降雨観測が可能な気象庁のCバンド波長の在来型レーダを相補的に利用するアルゴリズムを提案する。このアルゴリズムは、強い降水域の後面で降雨減衰により電波消散領域が生じやすいというXバンドマルチパラメータレーダの問題点を解決するために開発される。また、マルチパラメータレーダの観測レンジが短いために降水ナウキャストの対象範囲が制限されるという問題点を解決するアルゴリズムである。アルゴリズムでは、マルチパラメータレーダの偏波間位相差情報から計算される雨量を真値とし、Cバンドレーダの降雨量推定式であるZ-R関係式を動的に補正することでCバンドレーダ雨量の精度を改善する。改善されたCバンドレーダ雨量情報はマルチパラメータレーダの電波消散領域と観測範囲外の雨量情報として合成され、降水ナウキャストの入力データとして利用される。これらの一連の処理過程において、最適な計算方法やノイズ除去フィルターを採用してアルゴリズムのリアルタイム性と安定性を確保している。

開発した雨量合成手法を4つの観測事例に適用して精度の検証をおこなった。アメダス雨量計との比較結果は、すべての事例について雨量計の測定値とよく一致し、決定係数は0.89 - 0.95、回帰係数は0.86 - 1.10であった。これは、気象庁が10分毎に配信しているCバンドレーダ雨量情報の精度を上回るものであった。現在、オペレーショナルな雨量情報では最も精度が良いとされている気象庁のレーダアメダス解析雨量との比較を行った結果、本研究の合成雨量はレーダアメダス解析雨量とほぼ同等の精度であった。ただし、本研究の合成雨量は、リアルタイム性と空間分解能においてレーダアメダス解析雨量を上回るため、局所的な豪雨の監視や降水ナウキャストの入力情報として優れている。

次に、合成雨量を入力情報とした降水ナウキャストを4つの観測事例についておこなった。使用した降水

ナウキャストモデルは、雨域追跡法である相互相関法に基づく。降雨の異なる動きを考慮するため、降雨強度による階級分けを行い対流性降水に対する精度向上を図っている。また、移動ベクトルの推定の精度を向上するために IIR フィルタを用いて微少な変動を除去している。さらに、各種の高速化アルゴリズムを用いることでナウキャストのリアルタイム性を実現している。降水ナウキャストの精度検証は地上雨量計と比較しておこなった。ただし、本研究の予測雨量情報は空間的に高分解能であるために評価指標によっては予測位置のずれに敏感に反応する可能性がある。そこで、本研究では、予測誤差を、位置の誤差、強さの誤差、形状の誤差に分離して評価を行った。入力情報として気象庁の C バンドレーダ雨量情報を用いた場合と本研究の合成雨量を用いた場合の予測結果を比較した。結果は、すべての事例で本研究の合成雨量を入力情報とすることで予測精度が向上した。

本研究の成果は今後の都市型水害の被害軽減に活用されることが期待される。また、作成された合成雨量は降水の時空間変動研究の貴重なデータであり新たな発展が期待される。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

都市型水害を引き起こす中小河川や排水区は降雨に対する応答時間が非常に早いため、都市型水害の発生を予測するためには、リアルタイムの定量的降水量推定および降水ナウキャストが必要不可欠である。これまでの定量的降水量推定に関する研究は、在来型レーダを雨量計で補正する研究を中心としてなされてきたが、雨量計観測に一定の時間がかかりリアルタイム雨量の生成が難しい、雨量計はポイント観測であるため局地的豪雨の補正ができない、などの問題があった。既往の一連の研究で、これらの問題は X バンドマルチパラメータレーダの利用により改善され時空間的に高分解能かつ高精度な雨量情報を得られることが実証された。しかしながら、強い雨域の背後で電波消散領域が生じる、1 台の MP レーダでは観測範囲が限られるなど、都市型水害の発生予測に MP レーダを利用するにあたっての大きな課題が残されていた。

この課題に対して、加藤氏は、X バンドのマルチパラメータレーダと C バンドの在来型レーダを相補的に利用する方法を提案し、欠測域なく高精度の雨量情報を得ることができることを示した。さらに、この雨量情報を初期値として用いた降水ナウキャストの精度は、在来型レーダの雨量情報を用いる現状のナウキャストの精度を上回ることを示した。開発した手法は特許申請済みであり、その一部は国土交通省が 2010 年 4 月から 3 大都市圏で試験運用を開始するマルチパラメータレーダネットに利用される予定である。このように、本研究は実用的な成果を挙げており、今後の都市型水害の被害軽減に貢献していくものと言える。また、本研究の手法で作成される高精度で高空間分解能の雨量情報は、降雨の時空間変動の研究のための情報としても価値があり、学術的な研究の進展が期待される。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。