

氏名(本籍)	シャクティ P.C. (ネパール)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第 6477 号		
学位授与年月日	平成 25 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	Estimating Rainfall Amounts in Mountainous Regions Using X-band Dual Polarization Radar (Xバンド二重偏波レーダーを用いた山岳地域における降水雨量推定)		
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	Ph.D.	浅沼 順
副査	筑波大学教授	理学博士	杉田 倫明
副査	筑波大学教授	博士(理学)	辻村 真貴
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	山中 勤
副査	筑波大学教授(連携大学院)	博士(理学)	三隅 良平

論文の内容の要旨

近年、都市型洪水を引き起こす局地的豪雨の監視と予測のために、Xバンド偏波レーダの現業化が急激に進められている。しかしながら、山間部でのレーダ監視による正確な雨量測定は、その場所が高地点でかつ複雑な地形であるために、依然として困難である。日本では国土のおよそ80%を山間部が占める。その山間部では、レーダビームの部分遮蔽(Partial beam blockage: PBB)によって、レーダ反射強度が過小評価される可能性が高く、定量的な降雨量推定の主な誤差要因となっている。本論文は、ビームの部分遮蔽を受けた反射強度を補正する手法を提案し、山岳域での雨量推定精度の向上および降雨の時空間分布の特性を明らかにすることを目指したものである。

部分遮蔽によって過小評価された反射強度を補正する2つの手法について評価を行った。第一はDEM法(digital elevation model法)でレーダビームと地形の幾何学的な関係に基づき、レーダの受信信号の損失を計算する従来手法である。第二は改良DEM法でハードウェアやグラウンドクラッターなどの不確定要素を考慮した新しい手法である。一般にこの不確定要素の推定は困難であったが、本研究では、地形による遮蔽を受けない最小の仰角による反射強度を真値と仮定し、遮蔽を受ける仰角の反射強度と比較することで推定した。この手法の仮定が成立するように、最小0.2°間隔の仰角でのPPI観測を行いデータを取得した。観測は神奈川県箱根山岳地域を試験地とし、2010年と2011年の暖候期にXバンド偏波レーダ観測と雨量計およびディストロメータによる地上観測をおこなった。

求められた改良DEM法の補正式は従来のDEM法による補正式とは大きく異なっていた。ディストロメータによる雨滴粒径分布の観測地から計算した反射強度を真値として、それぞれの手法の反射強度を検証した結果、従来のDEM法は、部分遮蔽の補正を十分に行うことができない一方で、改良DEM法では、多くの事例でディストロメータと概ね一致することが示された。この検証結果から、本研究で提案された改良DEM法はビームの部分遮蔽率が80%以下であれば、山岳地域における部分遮蔽による反射強度の過小評価

問題を解決できる手法であるとの結論に至った。

次の、改良 DEM 法により修正された反射強度を用いて Z-R 関係式から降雨量を推定した。推定雨量を地上雨量計ネットワークの観測値と比較し検証した結果、一般に、両者の値は良く一致した。さらに、改良 DEM 法により求められた降雨強度は気象庁のレーダ雨量と比較して精度の良いものであった。しかしながら、降雨強度が大きい時には推定雨量にバイアスが認められた。これは雨滴粒径分布の変動や気象学的な環境の変化に起因する Z-R 関係式の不確実性によるものと考えられる。

求めた降雨量分布を用いて、箱根山岳地域の降雨特性について調べた。5-, 10-, 15-, 30-, 60-分積算雨量の高度依存性について解析した結果、強い雨の場合には高度依存性は認められないが、弱い雨および中程度の強さの雨を含んだ場合には有意な高度依存性が認められた。一方、山岳地域の降雨分布の空間相関は、その積算時間が短いほど相関距離が短かった。水文気象学では雨量分布が均質とみなせる空間的な広がりに関する情報が求められるが、本研究の対流性降雨（事例 2）の解析結果によれば、空間相関が 0.8 以上の距離は 5-, 10-, 15-, 30-, 60-分積算雨量についてそれぞれ、1.5, 2, 2.5, 3, 3.5km, であった。他の降雨事例についても同様な値であった。

最後に、本研究で開発された改良 DEM 法の汎用性を確認するために、静岡県に設置された国土交通省の富士宮レーダと静岡北レーダの 2 台の偏波レーダに本手法を適用した。富士宮レーダと静岡北レーダの相互比較から、改良 DEM 法は部分遮蔽で生ずる反射強度のバイアス誤差を大きく改善することが示された。改良 DEM 法の補正式はそれぞれのレーダに対して異なるが、これは、個々のレーダの地形除去フィルターの違いや、対象としている地形の形状による違いであると考えられる。

審査の結果の要旨

偏波レーダが実用化され、レーダ気象学・水文学における重要なテーマであった降雨量の定量的推定手法の研究が急速に発展している。特に X バンドの波長はレーダを小型化できるために都市域に展開され、都市型水害の監視と予測に利用され始めている。しかしながら、山岳域の降雨量推定について依然として精度が悪い状況が続いていた。その大きな理由としてレーダビームの一部が地形により遮蔽されるために受信電力が減少することがあげられる。これまで、地形による遮蔽の影響を補正する方法として DEM 法と呼ばれる地形の幾何学的な情報に基づく方法が用いられてきたが補正の精度は十分ではなかった。本研究ではレーダハードウェアやグランドクラッター処理などの不確定要素も考慮した改良 DEM 法を提案した。地上の特別観測により検証した結果、改良 DEM 法はビーム遮蔽率が 80% 以下であれば、精度良く反射強度を補正することができることが示された。補正されたレーダ反射強度は山岳域における降雨量推定精度を向上させるだけでなく、山岳地の降水の時空間変動や微物理過程の研究にも必要不可欠な情報である。さらに、改良 DEM 法は他の地域のレーダにも適用出来る汎用性のある手法でもある。このように、本研究成果はレーダ気象学・水文学における基礎的な研究から現業レーダによる降雨観測に貢献するものであり高く評価できる。

平成 25 年 2 月 4 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

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。