

審査の結果の要旨

氏名 赤塚 慎

近年、都市部ではヒートアイランド現象が原因と考えられる集中豪雨が発生している。集中豪雨をもたらす積乱雲は対流性雲の一つであり、対流性雲の形成には大気中の水蒸気量が大きく影響していることから、大気中の水蒸気量を数 km ～数十 km のスケールで観測することが必要である。また、地球レベルでも、水蒸気は最も支配的な温室効果ガスであり、大気中の水蒸気量は温暖化の進行とともに増加していくことが明らかになって来ているため、長期間にわたる水蒸気量の変化を把握することが重要である。

大気中の水蒸気量を表す物理量の一つとして可降水量があり、従来はその計測にラジオゾンデが使用されているが、ラジオゾンデによる計測は時空間分解能が制限されている。近年、国土地理院 GPS 連続観測網データからの可降水量推定が可能になり、時空間分解能は向上した。しかし、日本の GPS 観測網は世界的に見ても希な高密度の観測網であるため、GPS 観測網の整備が十分ではない地域においても時空間分解能が高く連続的な可降水量分布を把握することができる手法を開発することが望まれる。空間的に連続な分布を把握するのに有効で、GPS 観測網の整備が十分ではない地域の可降水量計測にも適用できる方法としてリモートセンシングを用いた計測がある。リモートセンシングの特徴は、広域性・周期性・均質性にあり、ある周期で地球全域において均質なデータを得ることが可能であるため、GPS 観測網が整備されていない地域の可降水量もリモートセンシングデータから推定することが可能になる。

そこで、本研究では、熱赤外の 2 バンドを用いた陸域可降水量推定式の開発を行い、1984 年から 2001 年までの 18 年間の日本全域の陸域可降水量分布図の作成を行った。さらに、作成した分布図を用いて陸域可降水量の空間変動及び時間変動の評価を行った。

はじめに、NOAA/AVHRR センサの熱赤外の 2 バンドを利用した陸域可降水量推定手法の開発を行った。本手法は、AVHRR のチャンネル 4 と 5 の輝度温度差が大気中の水蒸気量に比例するという関係を利用した手法であるが、輝度温度差には水蒸気量の他に衛星の走査角や地表面温度が影響すると考えられたため、放射伝達プログラムを用いて、その影響について検討し、補正を行った。その後、GPS 可降水量との関係を回帰分析により検討し、可降水量分布推定式の導出を行った。この推定式の二乗平均平方根誤差は約 6mm であり、これは解析に用いた全 GPS 可降水量の平均値の約 30% であった。また、この推定式を用いて推定した可降水量とラジオゾンデで計測した可降水量の 18 年間の時間変動について比較検討したところ、この推定式を用いて AVHRR データか

ら推定した可降水量は大気中の水蒸気量の時間変動を把握することに有効であることが明らかになった。

次に、導出した陸域可降水量推定式を用いて 1984 年から 2001 年までの 18 年間の陸域可降水量分布図を作成し、正規化植生指数 (NDVI)、気温、降水量の空間分布との比較により、陸域可降水量の空間分布の特徴を検討した。その結果、NDVI の値が低い都市域において可降水量が多い傾向にあり、NDVI 値が高い植生域などでは可降水量が少ない傾向にあるということが明らかになった。また、気温が高いエリアでは可降水量が多く、気温が低いエリアでは可降水量が少ない傾向にあり、陸域可降水量の空間分布には大気温度が大きな影響を与えていることが示唆された。さらに、可降水量と日積算降水量との間にはほとんど相関が無く、可降水量が多くとも降水が起きるとは限らず、その量も可降水量に関係がないことが示唆された。また、可降水量に対する NDVI、気温、日積算降水量、海岸からの距離、標高の相互作用を定量化するために重回帰分析を行ったところ、NDVI が低く、気温が高く、降水量が多く、海に近く、標高が低いほど可降水量が多くなる傾向にあり、特に気温の影響が大きいことが明らかになった。

最後に、1984 年から 2001 年までの 18 年間の 4 月と 10 月の可降水量の時間変動、土地被覆別時間変動、可降水量の時間変動と気温及び降水量の時間変動との関係について検討した。その結果、4 月と 10 月の可降水量は日本全域で増加傾向にあり、土地被覆別でも同様の傾向にあることが明らかになった。また、気温との関係では、多くの場所で気温の上昇とともに可降水量も増加している傾向にあったが、場所によってその傾向には違いが見られた。さらに、可降水量の時間変動と日積算降水量の時間変動の間には明確な関連性は見られないということが明らかになった。

本論文の新規性は、人工衛星画像を利用して可降水量の空間分布図を作成する手法を開発し、15 年以上にわたる長期衛星データセットから、その時空間分布変動特性を評価したことにある。その結果、ここ 18 年間の気温上昇にともない、日本の殆どの地域において可降水量が増加していること、可降水量が地表面の被覆状況（植生分布）に依存していること、などの新たな科学的知見が示された。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。