

衛星搭載降水レーダの評価と補正された 地上レーダデータの豪雨事例解析への適用

長崎大学大学院工学研究科
下妻 達也

過去の豪雨の再現期間計算や将来の気候変動による降水シミュレーションのため、高精度で高分解能な降水データが必要である。既往研究の降水シミュレーションではレーダアメダス解析雨量が用いられてきたが、この研究ではより高解像度な X バンド MP レーダネットワーク (XRAIN) のデータを用いた。XRAIN は高い時空間解像度を有し、確率降水量や再現期間計算の精度向上が期待できる。一方、XRAIN は山岳部やレーダサイト付近で降水強度を過大評価することが明らかとなっている。降水強度の過大評価は確率降水量や再現期間計算の大きな障害になると考えられる。

本研究では、人工衛星搭載の降水レーダである GPM/DPR を用いた XRAIN の補正手法を提案した。この手法は、両者で同じ雨を観測した事例を比較することで統計的な補正を行うものである。人工衛星搭載の降水レーダは雨を真上から観測でき、面的に降水を捉えることができるため、山岳部やレーダサイト付近での過大評価補正に適していると考えられる。一方、GPM 主衛星は静止衛星では無いため、常に同じ地点での降水観測を行っているわけではない。従って、同じ地点での観測を行う地上レーダデータを毎回補正することは不可能であり、補正方法について十分な検討が必要である。また、二周波降水レーダ DPR は GPM 主衛星で初めて搭載されたレーダであり、観測結果の十分な評価が必要である。

はじめに DPR を構成する KuPR, KaPR, および両レーダを用いた二周波プロダクトについて評価を行った。KuPR は TRMM/PR の後継機であり両者の設計は同じとなっているが、同じ雨を観測した際の推定結果には違いが確認されている。そこで、降水強度の推定手法のどの部分が推定結果の違いを生むのか調べるため、KuPR と PR, および中間プロダクトの降水強度推定結果の比較を行った。結果、表面参照法が両者の降水強度の違いの大きな要因であることが示唆された。KaPR については観測点が等しい KuPR の降水強度と比較を行った。結果、比較的降水強度の弱い範囲では良好な結果が得られたが、概ね 6mm/hr を超えた範囲で急激な過小評価が確認された。これは KaPR のレーダの周波数が高く、降雨減衰の影響を受けやすいことが原因である。これに対し、アルゴリズムの改善を行うことで強い降水の過小評価が改善されることが確認できた。二周波プロダクトは国内で運用されている地上レーダのうち、最も時空間解像度が優れる

XRAIN のデータを元に比較を行った。結果、層状性降雨の過小評価と海上の降水の過大評価が確認されたが、使用している $R-D_m$ 関係のパラメータや表面参照法が原因として考えられる。2017年5月に公開された最新のプロダクト V05A では層状性降雨の問題については改善が見られた。以上のように、今後も改善が必要な結果もあったが、DPR は概ね良好な降水強度推定精度が確保されていることが確認できた。

続いて、GPM/DPR を用いた XRAIN データの補正を行った。今回補正対象としたのは山岳部とレーダサイト付近での降水強度の過大評価である。関東エリアと九州北部エリアにて 2014~2016 年に観測された 3 年分のデータの総和を計算したところ、富士山や阿武隈高地、阿蘇などの山岳部やレーダサイト付近にリング状の降水強度の強い部分が確認できた。本研究では XRAIN と DPR で同じ降水を観測した事例を集め、両者の降水強度の割合と、補正対象域とその周辺部の降水強度の割合から統計的に補正を行う手法を開発し XRAIN の降水強度の補正を行った。山岳部で 40~60% 程度、レーダサイト付近で 10~20% 程度の過大評価の改善が見られた。今後、マッチアップ事例を増やすことや、補正対象格子決定方法等補正手法の改良が必要である。

最後に、補正した XRAIN データを使い豪雨事例解析を行った。これは、豪雨を観測した事例を集めて平行移動させることで新たな豪雨事例を多数作成し、過去の豪雨事例に相当する確率年の計算を行うものである。関東の鬼怒川流域、九州北部の寺内ダム流域の 100 年確率降水量および、平成 27 年の関東・東北豪雨、平成 29 年の九州北部豪雨における再現期間の計算を行った。鬼怒川流域では既往研究と比べて 100 年確率降水量は小さい値となり、再現期間は大きな値となった。一方、寺内ダム流域では九州北部エリアの豪雨事例のみ用いた計算では 100 年確率降水量が小さい値となったが、関東エリアにて観測された豪雨事例を考慮することで 400mm を超える 100 年確率降水量を推定することができた。他エリアで観測された豪雨事例の適用については検討の余地はあると考えられるが、様々な地域で観測された豪雨事例を集めることで観測データの少なさを補える可能性があることが分かった。

The Evaluation of the Satellite Precipitation Radar and the Application of the Corrected Ground-Based Radar Data for Heavy Rain Case Analysis

Nagasaki University Graduate School of Engineering
Tatsuya Shimozuma

To calculate the return period of previous heavy rainfall events and to simulate rainfall data under a future climate, high-accuracy and high-resolution spatial rainfall data are required. While Precipitation Analysis (Radar-AMeDAS) by Japan Meteorological Agency is used in previous simulate rainfall studies, X-band Multi-Parameter radar network (XRAIN) is used in this study to take the advantage of its higher-resolution. XRAIN can observe the rain rate with high-resolution and high-time-resolution, improvement in calculation accuracy of the return period and probable rainfall can be expected. However, XRAIN has been pointed out to overestimate rainfall over mountainous area and around radar sites. The overestimation of the rain rate is significant problems for the year probable rainfall and return period calculation.

In this study, the correction methods for XRAIN using the spaceborne precipitation radar DPR are developed. In this method, statistical correction is performed by XRAIN and DPR's match-up cases. The satellite radar can observe the rain from the above and in two dimensions, it is considered to be suitable for overestimation correction in the mountainous area and around radar sites. On the other hand, GPM is not a geostationary satellite. And GPM doesn't observe the rain rate at the same area. Therefore, it is impossible to correct the XRAIN's data every time, and investigation is required to examine the correction method. And the observation made with the spaceborne radar DPR is the first trial, and the evaluation is needed for the observation results.

Therefore, KuPR, KaPR, DPR's observation data was evaluated first. KuPR is a successor of TRMM/PR, and both have the same design. However, differences have been confirmed in their estimates for the same rainfall. Therefore, we focus on the retrieval method of rainfall rate and compare the rainfall rate estimates by KuPR and PR. As a result of comparison, Surface Reference Technique is the factor of the differences. KaPR's rain rate is compared to KuPR's rain rate at the same observation point. As a result of comparison, the rain rate estimates are almost the same in a range of less than about 6mm/hr, however, the rain rate estimates are underestimated in a range of more than 6mm/hr. The factor of the underestimation is high frequency of KaPR's radar and susceptibility to rain attenuation. On the other hand, it was

confirmed that heavy rain's underestimation is improved by improving the retrieval algorithm. DPR's rain rate is compared to XRAIN's data. As a result of comparison, It is confirmed to underestimation of the stratiform rain and overestimation of the ocean rain. The factor is considered to be parameters of R-Dm relation and Surface Reference Technique. It is confirmed that the underestimation of the stratiform rain is improved in new DPR's V05A product that was released in May 2017. From the above result, it was confirmed that DPR has generally good estimation accuracy.

Next, XRAIN data is corrected based on GPM/DPR data. Overestimation of the rain rate estimates in the mountainous area and near the radar site is targeted for correction. The sum of the rain rate observed 2014-2016 is calculated in Kanto region and Northern Kyushu region, overestimation of the rain rate is confirmed in mountainous area (Mt. Fuji, Abukuma highland, etc.) and near the radar site. In this study, cases of observing the same rainfall between XRAIN and DPR are collected, correction method based on the ratio of the both rain rate and the ratio of the rain rate in the focusing area and around area is developed, and XRAIN's rain rate is corrected. As a result, improvement of the correction method is required, however, it is confirmed that overestimation of the rain rate is improved about 40-60% in the mountainous area, 10-20% near the radar site.

The extreme rainfall events using correction XRAIN data are generated. In this analysis, new case of heavy rain is created by parallel moving the observed heavy rain within the focusing area. 100-year probable rainfall and return period by the September 2015 heavy rainfall disaster in the Kanto and Tohoku and the July 2017 heavy rainfall disaster in Northern Kyushu are calculated in Kanto region and Northern Kyushu region. As a result, in Kanto region, 100-year probable rainfall is decreased and return period is increased, compared to previous study. On the other hand, in Northern Kyushu region, 100-year probable rainfall is decreased, however, 100-year probable rainfall over 400mm/hr is estimated using heavy rain event in Northern Kyushu region and Kanto region. Usage method of heavy rain cases observed in other areas have to consider, by using heavy rain cases observed in various areas, there is a possibility of supplementing a shortage of observation data.