

DPR における降雨非一様性パラメータ推定手法の地上レーダを用いた検証

○ 林翔太(株式会社パスコ), 瀬戸心太, 下妻達也 (長崎大学大学院工学研究科)

1. はじめに

全球降水観測計画(GPM)主衛星搭載の二周波降水レーダ(DPR)は2014年3月に運用を開始した。DPRは、周波数の異なる2つのレーダ(KuPR: 13.6GHz, KaPR: 35.5GHz)を搭載しており、周波数の高いKaPRにより弱い雨や雪の観測が出来るようになった。DPRの標準アルゴリズム¹⁾²⁾は、運用開始後も改良を重ねており³⁾、2016年に公開予定のバージョン04では、降雨のビーム内非一様性(NUBF)補正を考慮している。DPRアルゴリズムに組み込まれているNUBF補正は、PR標準アルゴリズムに組み込まれたNUBF補正と基本的に同じ手法が採用された⁴⁾。しかし、PRやDPRの水平解像度は5kmであり、それ以下の細かい情報は得る事が出来ない。そのため、NUBF補正方法の評価のためには、DPRよりも水平解像度の高いレーダデータを用いる必要がある。本研究では、解像度の高い地上レーダデータを用いて、DPRの模擬データを作成し、DPRアルゴリズムにおけるNUBF補正手法の検証を行った。また、図-1に示すKuPRの観測フットプリントから半ピクセルずれたKaPRの高感度観測ビームを使ったNUBF補正手法を検証した。

2. NUBF 補正方法

PRやDPRからの電波は観測する高度より高い位置にある降水によって減衰する。上空の降水が強い場合、地表面付近でのレーダ反射因子の減衰は大きい。PRやDPRの標準アルゴリズムでは、レーダ反射因子 $Z_e(\text{mm}^6\text{m}^{-3})$ と減衰係数 $k(\text{dB}/\text{km})$ の間に非線形な関係式を仮定して、観測レーダ反射因子 Z_m の減衰補正を行っている。関係式が非線形のため、観測フットプリント内の降水を水平に一樣と判断すると、減衰補正および降水強度推定に誤差が生じてしまう。PR標準アルゴリズムのNUBF補正手法では、積算減衰量PIAがフットプリント内でガンマ分布していると仮定する。PIAの変動係数 σ_n をNUBF補正のためのパラメータとして用いる。

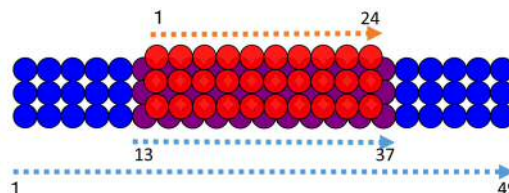


図-1 DPRの観測フットプリント。紫円はKuPRとKaPRにより二周波観測される。青はKuPRのみで観測される。赤はKaPRのみで観測される(高感度観測ビーム)。数字はアングルピン番号を示す。

3. 地上レーダデータを用いた検証

気象庁福岡気象レーダの直交座標エコーデータ(解像度 $1\text{km} \times 1\text{km}$)を使用した。直交座標エコーデータは反射因子 Z_e である。このデータから式(1)を用いてPIAを計算する。

$$\text{PIA} = 2 \int_0^5 \alpha Z_e^\beta dr \quad (1)$$

ここに、 $\alpha=0.0003$, $\beta=0.78$ である。 r は地表面からの高度(km)である。

図-2に示すように、地上レーダデータをDPRフットプリントに対応させる。各格子は地上レーダデータのグリッドで、25グリッドが1つのDPRフットプリントに対応する。この模擬データでは、実際のDPRフットプリントでは得られないフットプリント内の25個のデータを得る事が出来る。以下の3つの方法で、 σ_n を推定しその比較を行った。

a) 観測フットプリント内での推定(真値)

DPRフットプリント内25個のグリッドのPIAを使って σ_n を算出する。これを本研究では真値とする。

b) 3×3の範囲をフラクタルと考えた推定

DPRアルゴリズムやPRアルゴリズムでは、観測フットプリント内の σ_n を推定するために、観測フットプリントを含めた3×3の範囲をフラクタルな図形と考えている。つまり9個のフットプリントのPIAを入力として σ_n を算出する方法である。

c) 2×2の範囲をフラクタルと考えた推定

本研究で新しく提案する方法である。図-2の赤点線で表現

されている KaPR の高感度観測ビームを利用すれば、観測フットプリントにより近い場所の情報を得る事ができる。これにより、 3×3 の範囲をフラクタルと考えた推定よりも、真値に近い σ_n の値が算出されると考えた。 3×3 フラクタルとは異なり、観測フットプリントをデータに加え、観測フットプリントの一部重なった4つの KaPR フットプリントの PIA を使って σ_n を算出した。

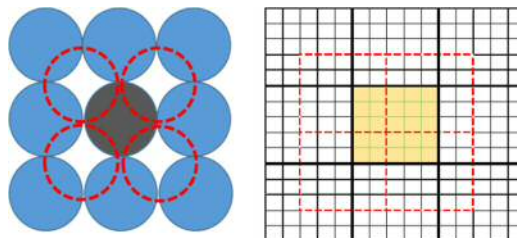


図-2 地上レーダデータによる DPR 模擬データの作成方法の説明図

4. 検証結果

図-3 は 3×3 フラクタルを利用した推定値と真値の比較結果である。図-3(a)は 3×3 フラクタルを使った σ_n の推定値と真値との差分であり、図-3(b)は横軸が σ_n の真値、縦軸が 3×3 フラクタルを使った σ_n の推定値で構成された散布図である。図中の CORR は相関係数、BIAS は横軸の値から縦軸の値を引いた数、INUM はデータの数である。図-3(a)において、 3×3 フラクタルを使った推定方法では、降雨の境界において真値よりも大きく σ_n を推定している。散布図で σ_n の値が 1.0 以下の部分では、 3×3 フラクタルの推定方法が過大評価している。図-4 では、高感度観測ビームを使った推定値 (2×2 フラクタル) と真値との比較結果を示している。図-4(a)を見ると 3×3 フラクタルを利用した推定値に比べて、細かい降水の箇所を除くと真値に近い値となっている。降水の細かい範囲において、図-3(a)では高い値を示していた σ_n が、図-4(a)では真値よりも小さくなっていることが分かる。 3×3 フラクタルを使った推定では、広い範囲の PIA の情報を使っているのに対し、 2×2 フラクタルを使った推定では、観測フットプリントに近い場所の PIA を使っており、観測フットプリント周りの降水が無いフットプリントを使っていないからだと考えられる。図-4(b)を見ると、 σ_n が 1.0 以下の場合において、 3×3 フラクタルでは過大評価していた値が、 2×2 フラクタルではより真値に近くなっていることが分かる。 3×3 フラクタルと 2×2 フラクタルを相関係数で比較しても、 2×2 フラクタルの推定が 0.13 ほど良くなっているため、 2×2 フラクタルを用いた補正手法に期待が持てる結果となった。

参考文献

1) Kubota, T., Yoshida, N., Urita, S., Iguchi, T., Seto, S., Meneghini, R., Awaka, J., Hanado, H., Kida, S. and Oki, R.: Evaluation of precipitation estimates by at-launch codes of GPM/DPR algorithms using synthetic data from TRMM/PR observations, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 7, No. 9, pp. 3931-3944, 2014.

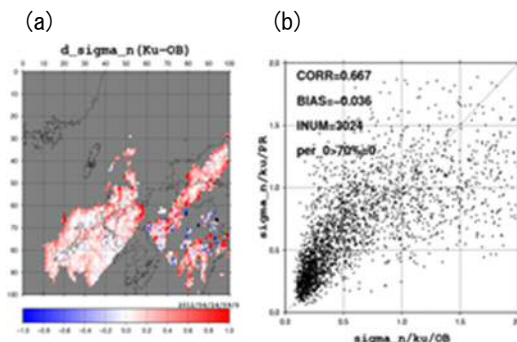


図-3 (a) 3×3 フラクタルの推定値と真値の差分
(b) 3×3 フラクタルの推定値と真値の比較

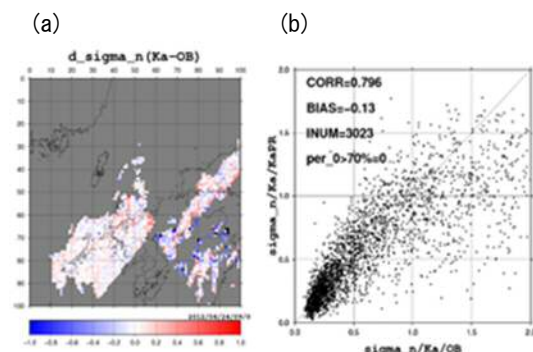


図-4 (a) 2×2 フラクタルの推定値と真値の差分
(b) 2×2 フラクタルの推定値と真値の比較

2) Seto, S., Iguchi, T. and Oki, T.: The basic performance of a precipitation retrieval algorithm for the Global Precipitation Measurement mission's single/dual-frequency radar measurements, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.51, No.12, pp. 5239-5251, 2013.

3) 瀬戸心太: 二周波降水レーダによる雨滴粒径分布推定, 土木学会論文集 B1, Vol.71, No.4, pp.1_469-1.474, 2015.

4) Seto, S., Iguchi, T., Shimozuma, S. and Hayashi, S.: NUBF correction methods for the GPM/DPR level-2 algorithms, 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGRASS) proceedings, pp. 2612-2614, 2015.