

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○宮垣 亮汰
京都大学大学院工学研究科 正会員 須崎 純一

1. はじめに

近年、地上レーダー気象観測では C バンドレーダーに加えて新たに X バンドレーダー(XRAIN)の導入が進められている。従来の単偏波の C バンドレーダーデータを用いた降雨強度推定では電波強度が用いられるが、降水粒子の粒径の影響を大きく受け、推定精度が安定しないという欠点があり、精度向上は見られなかった。一方、観測距離や降水粒子の粒径の影響を受けにくく、多偏波データから算出される偏波間位相変化データを用いた推定手法の有用性が認識されるのに伴い、多偏波観測が可能である XRAIN が我が国で導入されるようになった。XRAIN においては、弱雨においては降水粒子の形状変化が小さいこと(詳しくは 3 項に記述)から、弱雨においては電波の強度を、強雨においては位相の変化データを用いた降雨強度推定方法を用いていることが分かっている。本研究においては、弱雨においても位相の変化データを用いた推定方法の導入を目的とする。

2. 使用データ及び対象地域

今回、降雨強度の推定を行うに当たり、推定値の比較データとしては、京都大学防災研究所(以下、防災研)屋上にて観測された地上雨量計(2次元ビデオディストロメーター)の観測データを用いている。田口レーダー(緯度:34.91042、経度:135.801181)から京都大学防災研究所(緯度:34.82583、経度:135.69223)まで距離と方位角を考慮し、推定した。

3. 偏波間位相差

降水粒子が大気中を落下する雨滴は空気抵抗の影響を受けて、上下方向につぶれた形をしており、水平方向に長くなっていることを利用する。また、この変形は弱雨において小さく、強雨において大きい。降水粒子内を電波が通過する際の位相変化を水平偏波と垂直

偏波において、 ϕ_{HH} 、 ϕ_{VV} とすると、偏波間位相差 ϕ_{DP} は、
$$\phi_{DP} = \phi_{HH} - \phi_{VV}$$
で表される。

4. 伝搬位相差変化率

ϕ_{DP} の距離に対する変化率が伝搬位相差変化率 K_{DP} である。気象レーダーは大気中を伝搬するので均質媒質中を伝搬すると考えることができ、レーダーと標的降水粒子との二点間の往復する間に生じる偏波間位相差 ϕ_{DP} の単位当たりの差として表される。

5. 従来のデータ処理^[1]

従来降雨強度推定手順を図1に示す。まず電波を散乱する物体として地表面は大きさが不均一であるため、受信電波も不均一なものになる(グラウンドクラッタ)。この影響を除去したのち、 ϕ_{DP} は 0~360 [°]の範囲の値で収録されているため、それを越えて値を示す場合 0 [°]からの収録となっているものを折り返す。次に、本来動径方向に変化量が積算され、降雨区間では単調増加となる ϕ_{DP} にも不連続となってしまう点が存在するのでその点を除去したのち降水粒子の大きさの均一性を表す偏波間相関係数によるエラー値の除去を行っている。その後、 K_{DP} によって降雨強度が算出される。

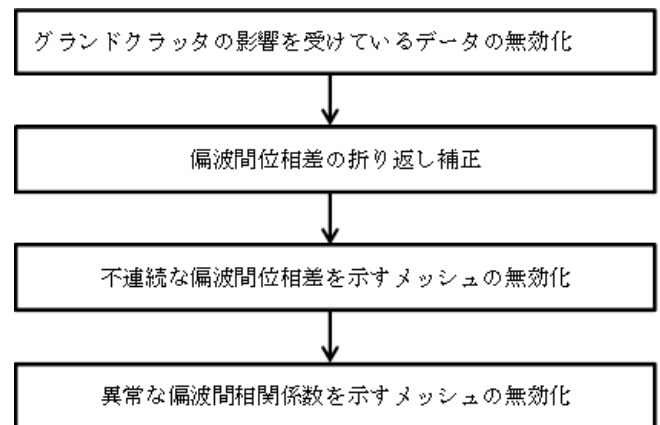


図1: 従来のデータ処理手順

6. 偏波間位相差の平滑化

先程のエラー値除去の後に偏波化位相差の平滑化を導入する。XRAIN では観測範囲をメッシュに分割して観測するが、動径方向、方位角方向について各メッシュの偏波間位相差について移動平均値をとりその平均値を偏波間位相差として採用する。具体的には、動径方向についてビーム進行方向に上下5個のメッシュの移動平均値、方位角方向について左右1個の移動平均値、動径方向・方位角方向について、上下左右1個ずつの移動平均値をとる手法の三つの手法について実施した。

7. 降雨強度算出

降雨強度推定式として、以下のものを用いる。

$$R_r = a \cdot a_1 \cdot K_{DP}^{a_2}$$

弱雨においても位相の変化データを用いて降雨強度を推定するために弱雨における a を推定する。 a_1 、 a_2 は内部パラメータであり、算出した K_{DP} 、防災研での地上観測降雨強度を用いて a を推定する。 a を推定後、 K_{DP} を用いて再度降雨強度を算出する。

8. 結果と考察

今回 2014 年 8 月 15 日 22:00 から 23:00 の一時間のデータを用いて検証する。まず、22:10 における K_{DP} の分布図としては、それぞれの手法について、

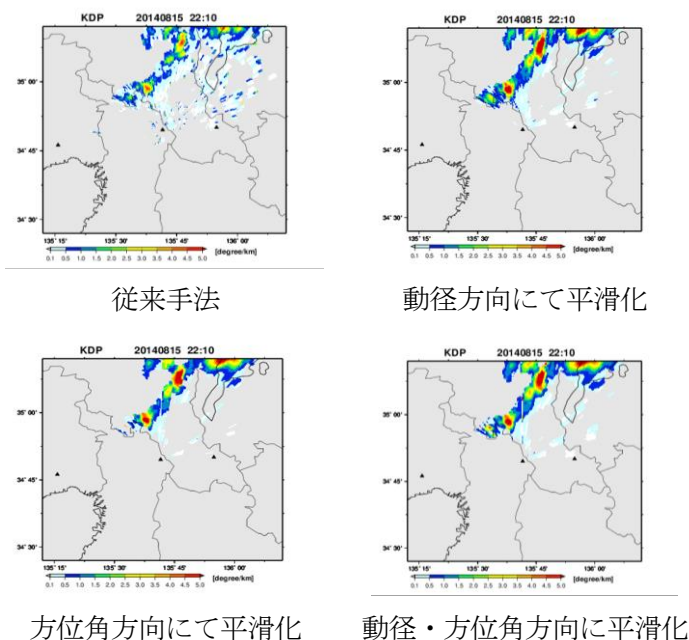


図 2: K_{DP} の面的な分布図

中心に位置するレーダー基地局が田口レーダーである

が、手法を導入することでレーダー基地局周辺の点的に分布しているノイズを混入している降雨域の除去ができています。他にも点的な降雨域をまとめた降雨域としてとらえることが出来ています。

次に局所的な降雨強度結果として、従来手法と三つの手法について、算出した降雨強度と防災研での地上観測降雨強度との比較として RMSE を算出した。降水粒子の落下速度から時間の遅れを考慮し、今回は仰角番号 01 の場合について考察し、時間遅れを 2 分半とした²⁾。

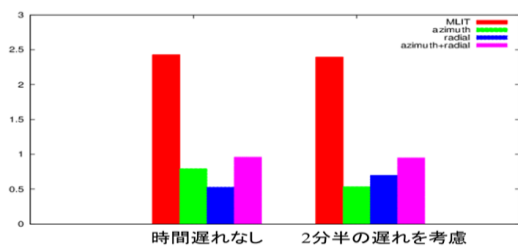


図 3: 仰角番号 01 における RMSE[mm/hour]
(赤:国土交通省の従来手法、緑:方位角方向に平滑化をした場合、青:動径方向に平滑化をした場合、紫:方位角方向と動径方向両方について平滑化した場合)

顕著な改善が確認できたものの、風の影響等落下時間の考慮は非常に複雑なものであるため一概に落下時間を考慮することが有効であるとは言えないことが分かった。また、RMSE の値の小さな手法の方向に降雨域が伸びていると捉えることが出来る。

本研究では京都大学防災研究所で観測された降雨強度データを用いたが、今後の課題としては他の時期、他の場所での有効性及び、その区域における降水粒子の落下に影響を及ぼす因子を検討する必要がある。また、降水粒子の精確な落下速度の算出とともに、XRAIN では降雨域の背後のデータについて信頼性が劣るという仮説から、複数のレーダー基地局のデータから算出された降雨強度を統合することで、推定の信頼性向上につながると考えられる。

参考文献

- [1] 国土交通省, XRAIN 技術資料, p27-41, 2013
- [2] Richard J, Doviak and Dušan S: Doppler Radar and Weather Observations SECOND EDITION, p216-217, 2006