

Seeder-Feeder モデル及びレーダー立体観測情報の活用による地上雨量推定手法の開発

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○佐藤 克哉
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 中渚 遥平
京都大学防災研究所 正会員 中北 英一

1. 研究の背景と目的

日本には急峻な地形が多く存在し、そこでは山岳の影響により降雨が強化され、多量の雨をもたらす地形性降雨という現象が発生する。この地形性降雨は Seeder-Feeder 効果によって発生すると考えられている。Seeder-Feeder 効果とは、上層からの雨滴が下層の雲の中で雲粒を補足して雨を強める効果である。

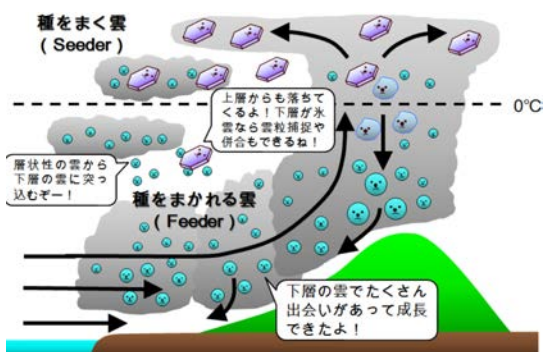


図1 Seeder-Feeder 効果の概念図[1]

レーダー観測高度と地上雨量計では観測高度が異なるために、その間で発生する地形性降雨がレーダーでは観測されず、レーダー観測雨量が過小な値となっている場合がある。そのため、正確に雨量を把握するためには上記の Seeder-Feeder 効果を考慮することが必要である。

本研究では、2019年台風19号通過時の箱根付近を対象事例として、実時間レーダー情報を用いて雨粒による雲粒の捕捉率の値を推定し、その値を用いて地上雨量を推定することで、地上雨量推定の精度を向上させることを目的とした。

2. Seeder-Feeder 効果を用いた地形性降雨算定手法

地形性降雨算定の際には、雨粒が下層の雲粒を捕捉する割合である捕捉率が重要である。

Seeder-Feeder 効果や雲粒自身による雨粒への成長、気塊の上昇による水蒸気の凝結などを考慮した立平モデル[2]を用いて、雲水量の変化から地形性降雨を算出

キーワード：Seeder Feeder, 粒径分布パラメータ, 地形性降雨, 地上雨量推定
連絡先：〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄防災研究所中北研究室 0744-38-4264

している。また、加藤ら[2]が鉛直方向を7層に分けて計算を行う手法を開発した。

3. 粒径分布パラメータを用いた捕捉率の導出

前述のモデルでは、粒径分布を仮定して捕捉率の推定を行っていたため、実際の粒径分布とは異なったものとなっている可能性があった。そこで実時間レーダー情報によって推定される粒径分布から捕捉率の推定を行う手法を開発した。その手法とは、 Z_{DR} や K_{DP} といったレーダー情報から得られる偏波パラメータから、式(1)で表される粒径分布の切片パラメータである N_0 と、式(2)で与えられる粒径分布の質量によって重みづけされた中心値である D_m を推定し、式(3)を用いて捕捉率 c を算出するというものである。

$$N(D) = N_0 \exp(-AD), \quad (1)$$

$$D_m = \frac{\int_0^\infty D^4 N(D) dD}{\int_0^\infty D^3 N(D) dD}, \quad (2)$$

$$c = 355\pi EN_0 \Gamma(3.5 + \mu) \left(\frac{D_m}{4 + \mu} \right)^{3.5 + \mu}. \quad (3)$$

この手法で算出される捕捉率の値を用いて第5節で説明する地上雨量の推定を行った。

4. 地上推定雨量における感度分析

従来の地形性降雨算定手法では、粒径分布を仮定していた。しかしその粒径分布は雨量のタイプによっては実際のもものと異なっていると考えられ、粒径分布から算出している捕捉率についても実際と異なった値で計算を行っていると考えられる。そこで推定雨量における捕捉率の感度分析を行った。

感度分析を行った結果、捕捉率の値を適当な値に変更して計算を行うことで、正確な雨量に近づけることができ、捕捉率を実際の値に近づけることで雨量の推定精度を向上させるという手法が有効であるということがわかった。また、降雨量や降雨タイプによって最適な捕捉率の値が変化している可能性も示唆された。

5. レーダー情報を用いた捕捉率と地上雨量の算定

レーダー情報から推定した N_w, D_0 を用いて、式(3)から捕捉率の推定を行った。その結果を図1に示す。

XRAINによる観測雨量とレーダー情報から推定された捕捉率の分布には、雨量が大きいところで捕捉率の値も大きくなっているなど、同じ傾向が見られ、雨量や降雨タイプによって捕捉率の値が変化している可能性がより明らかとなった。また、推定された捕捉率の値の分布がXRAINによる雨量観測結果の分布と同じ傾向を持っていることから、捕捉率の値の信頼性の高さが明らかとなった。

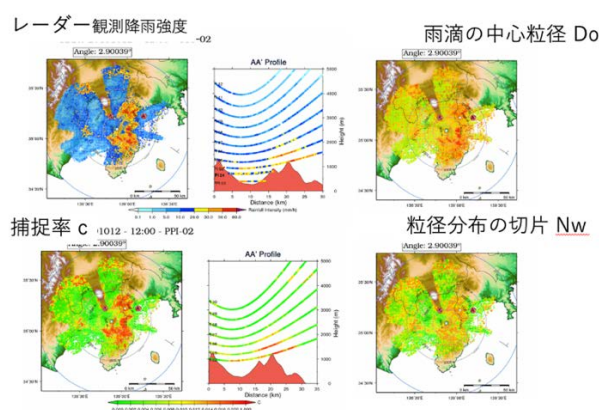


図2 12:00におけるXRAIN観測結果と捕捉率の推定値の分布図

次にレーダー情報から推定された捕捉率の値を用いて地上雨量推定を行った結果を図3,4に示す。図3は高度約1200m、図4は高度約1500mのレーダー情報を用いた結果である。

従来の地形性降雨算定手法による地上推定雨量と、レーダー情報から推定した捕捉率を用いたものの間には大きな差はない結果となった。しかし、これは実時間レーダー情報から捕捉率を推定した場合でも、従来の地形性降雨算定手法と同じ精度で地上雨量を推定することが可能であることを示したことを強調したい。

従来の地形性降雨算定手法や、レーダー情報から推定した捕捉率を用いた地上雨量推定結果は、CX合成雨量と比較して地上観測雨量に近い値となっており、これはSeeder-Feeder機構を考慮した地形性降雨算定手法が、地上雨量推定において過少推定を防ぐ効果の高い手法であることを示している。

また、図4に示すように、より高い高度のレーダー情報を用いて推定を行った場合には、従来の方法に比

べて大きく改善する結果となった。

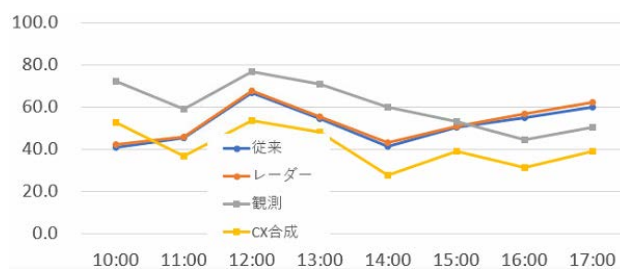


図3 約1200mのレーダー情報による推定捕捉率を用いた地上雨量推定とその他の雨量推移(1時間雨量)

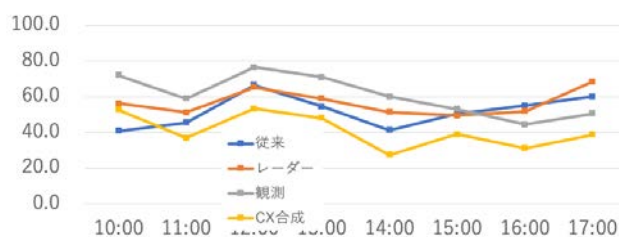


図4 約1500mのレーダー情報による推定捕捉率を用いた地上雨量推定とその他の雨量推移(1時間雨量)

6. 結論と今後の課題

本研究では以下の結果が得られた。

- ・ 捕捉率の値を適切な値に変更することで推定雨量を正確な値に近づけることができた
- ・ 実時間レーダー情報からの捕捉率推定手法を開発
- ・ 実時間レーダー情報を用いて地上雨量推定を行った結果、従来手法と同様に、CX合成雨量よりも高い精度で地上雨量推定を行えた
- ・ 高い高度でのレーダー情報を用いた場合には、低い高度の場合よりも高い精度で地上雨量推定を行えた

レーダー情報を用いる高度を変えることで雨量推定結果が変化するという結果が表れているが、まだ検証事例が少ないため、今後他の高度でレーダー情報を用いた結果を確認などの方法により、レーダー情報を用いて捕捉率を推定することによる効果をさらに検証していきたい。

参考文献

- 1) 荒木 健太郎 . 雲の中では何が起きているのかベレ出版, 2014
- 2) 立平良三: 雨滴成長を考慮した地形性降雨の計算, 天気, Vol. 23, No. 2, pp. 27-32, 1976
- 3) 中北英一, 加藤泰樹: 令和元年台風19号におけるSeeder Feeder機構の役割に関する研究, 水工学論文集B1, 第78巻, pp. 349-354, 2022