

偏波レーダー立体観測情報の活用による地形性降雨算定手法の改良
 Improvement of Orographic Rainfall Calculation Method Using MP Radar Volume Scanning
 Observation

○佐藤克哉・中北英一
 ○Katsuya SATO, Eiichi NAKAKITA

In Japan, the steep terrains make the rain heavier, resulting in a phenomenon called orographic rainfall. One of the causes of this orographic rainfall is the Seeder-Feeder effect. Accurately estimating ground rainfall is very important from a disaster prevention perspective. The purpose of this research is to improve the accuracy of estimating ground rainfall by improving a rainfall model that takes into account orographically rainfall. In this research, we propose a method of estimating the capture rate and ground rainfall intensity with higher accuracy using a polarimetric radar. Also, estimating enhancement of rainfall intensity downwards from the radar observation layer is realized using the concept of the seeder-feeder mechanism. The results demonstrated the effectiveness of the method of estimating collection rate using radar information and the method of estimating downward rainfall intensity enhancement using the concept of cedar-feeder mechanism. (137 words)

1. 研究の背景と目的

日本には急峻な地形が多く存在し、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、上層からの雨滴が下層の雲の中で雲粒を捕捉して雨を強める効果である Seeder-Feeder 効果によって発生すると考えられている

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¹⁾を用いて、雲水量の変化から地形性降雨を算出している。また、中北ら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

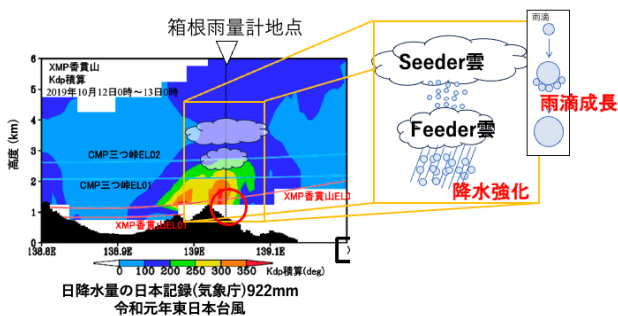


図 1 Seeder-Feeder 効果の概念図

表-1 捕捉率 c の導出式

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

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

$$c = 355\pi E N_0 \Gamma(3.5 + \mu) \left(\frac{D_m}{4 + \mu}\right)^{3.5 + \mu}. \quad (3)$$

法は、 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、表-1中の式(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 を山口ら³⁾の手法を用いて推定し、式(3)を用いて捕捉率 c を算出するというものである。この手法で算出される捕捉率の値を用いて次章で説明する地上雨量の推定を行った。

4. レーダー情報による捕捉率と地上雨量算定

(1) 各メッシュにおける捕捉率算定手法

本研究では第3章で述べた手法によって算出された捕捉率の値を用いて地上雨量推定を行った。本手法では複数高度のレーダーによる観測結果から算出された捕捉率を用いている。いずれかのレーダーが通過しているメッシュではそのレーダー情報から算定された捕捉率の値を使用し、レーダーが通過していないメッシュについては上下のメッシュのうちレーダーが通過しているメッシュの捕捉率の値から線形補間した値を用いている。

(2) 地上雨量推定結果

上で述べた手法によって算出した捕捉率の値を用いて地上雨量推定を行った結果を図-2に示す。

レーダー推定雨量(CX合成雨量)と比較して、Seeder-Feeder機構を考慮した地形性降雨モデルを用いて地上雨量推定を行った場合(赤、緑、青線)には大きな値で推定する結果となっており、過小推定を防ぐ効果があることがわかる。また、全高度のレーダー情報を用いた場合(赤線)は単

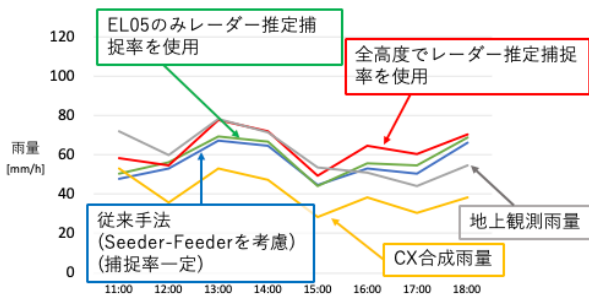


図2 地上雨量推定結果 (1時間雨量)

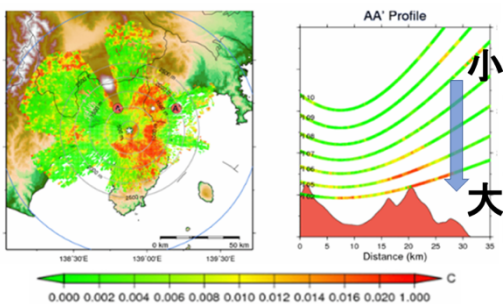


図3 算出捕捉率の分布図

一高度のみの場合(緑線)と比較して推定精度が高くなる結果となった。これは、捕捉率の算出結果の分布を示した図-3からわかるように、捕捉率の値が上層から下層に向かって大きな値となっており、全高度のレーダー情報を用いた場合にはより低高度の捕捉率の高い値をモデルの中で用いていたことによるものだと考えられる。

全高度のレーダー情報を用いた場合の観測雨量は推定雨量に近い値となる時間帯がある一方で、ずれが生じている時間帯も多い。

表-2 地上雨量推定結果における RMSE

観測雨量に対する RMSE	単一高度のレーダー情報を使用	全高度のレーダー情報を使用	CX 合成
	11.22	10.85	20.73

5. 結論と今後の課題

Seeder-Feeder機構による地形性降雨を考慮することによって、地上の降雨推定の過小評価を防ぐ効果が再確認された。また、レーダー情報を使用した地上雨量推定方法は、レーダー推定降雨よりも、高精度で地上雨量を推定することができた。さらに、複数の高度からのレーダー情報を使用した場合、単一の高度のみを使用した場合よりも、高精度で推定することができた。この結果は、レーダー情報を用いて捕捉率を推定する方法とSeeder-Feeder機構を考慮して下方への降雨強度強化を推定する方法の有効性を示している。

依然として推定雨量と観測雨量のずれは生じているため、その原因を分析し推定手法の改良を今後行いたい。今回は2019年台風19号通過時の箱根付近を対象としたものの、本手法は他地域・他事例でも適用可能であると考えているため、他地域でもレーダー情報を用いて地上雨量を推定する手法の効果を確かめたいと考えている。

参考文献

- 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.
- 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
- 山口弘誠, 金原知穂, 中北英一, Xバンド偏波レーダーを用いた雨滴粒径分布とその時空間構造及び降水量の推定手法の開発, 水工学論文集, 68巻, 4号, pp. 367-372, 2012