

Seeder-Feeder モデルを活用した偏波レーダー情報による地形性地上降雨量推定 Orographic Ground-Level Rainfall Estimation Using Polarimetric Information with a Seeder-Feeder model

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

In Japan, steep topography intensifies rainfall, resulting in a phenomenon known as orographic rainfall. One of the causes of this topographic rainfall is the Seeder-Feeder mechanism. The presence of topographic rainfall can cause a discrepancy between the rainfall observed by weather radar and the rainfall observed on the ground. Accurate estimation of rainfall on the ground is very important from the viewpoint of disaster prevention. The objective of this study is to improve the accuracy of surface rainfall estimation by improving a rainfall model that takes into account topographic rainfall. In this study, we propose an improved method for estimating grain size distribution parameters from polarimetric radar information without correction. Then, the capture rate is calculated from the grain size distribution parameters estimated by the method, and the ground rainfall is calculated. As a result, the accuracy of ground rainfall estimation was improved in some time periods compared to the conventional method (152 words).

1. 研究背景と目的

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、Seeder-Feeder 効果を表現する物理量である雨粒による雲粒の捕捉率の推定精度を向上させ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 機構による降雨強化算定手法

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おり、中北ら²⁾が鉛直方向を 7 層に分けて地形性降雨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

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。そこで実時間偏波レーダー情報を用いて捕捉率の推定を行う手法を用いた。その手法では、 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粒径分布パラメータを推定し、捕捉率を算出する。偏波パラメータから粒径分布パラメータを推定する際には、山口ら³⁾の手法を改良した手法を用いた。

まず、山口ら³⁾の手法について述べる。この手法では粒径分布をガンマ分布で仮定している。2DVD の観測結果から作成した、 K_{DP} と Z_H から D_0 を求める Look-up Table を用いて偏波パラメータである K_{DP} と Z_H から D_0 を求める。ただし、現実に観測される K_{DP} と Z_H の組み合わせは、ときおり値域の範囲外で観測される。これは Z_H の降雨減衰や弱雨時の K_{DP} の観測精度が原因であるとして現実に取り得る K_{DP} 、 Z_H の値に引き上げまたは引き下げを行っている。このようにして推定された D_0 を用いて μ の変化を考慮しない近似式である式(1)、(2)から N_w 、 Λ を推定し、最後に μ と Λ の関係式である式(3)から μ を決定する。

$$\frac{K_{DP}}{N_w} = 10^{-5} D_0^{5.1775} \quad (1)$$

$$\Lambda = 0.142 \left(\frac{K_{DP}}{N_w} \right)^{-0.366} \quad (2)$$

$$D_0 = \frac{3.67 + \mu}{\Lambda} \quad (3)$$

山口ら³⁾の手法 Z_H の補正を行っているが、XRAINで配信されている Z_H は既に減衰補正が行われているため追加の補正は不要ではないかと考えた。今回対象とした2019年台風19号通過時の香貫山レーダーによる Z_H の観測結果を確認したが、明らかな降雨減衰は見られなかった。そこで K_{DP} と Z_H から D_0 を求めるLook-up Tableが実際にレーダーで観測された K_{DP} と Z_H と適合していないのではないかと考え、山口ら³⁾が用いた2DVDのデータと神戸大学・JAXAから提供いただいた2DVDの観測データを用いてLook-up Tableを再作成した。山口ら³⁾が使用したLook-up Table(左図)と新たに作成したLook-up Table(右図)を図1に示す。Look-up Tableの上に箱根雨量計地点上空での K_{DP} 、 Z_H のレーダー観測値をプロットしている。

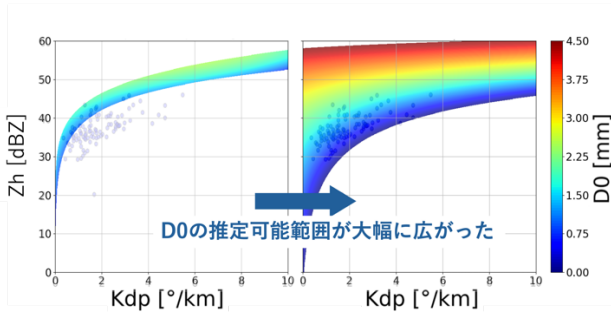


図1 K_{DP} と Z_H から D_0 を求めるLook-up Tableの大改善

2DVDのデータ数を増やしたことによって K_{DP} と Z_H の範囲が広がり、 Z_H の値の引き上げまたは引き下げをせずとも D_0 を推定することが可能になった。このLook-up Tableから D_0 を推定し、新たな2DVDのデータより導いた式(4)、式(5)を用いて粒径分布パラメータの推定を行った。

$$\frac{K_{DP}}{N_w} = 10^{-4.71} D_0^{5.14} \quad (4)$$

$$\Lambda = 9.01 D_0^{-1.52} \quad (5)$$

以上の手法で推定した粒径分布パラメータと中北ら⁴⁾によって示された捕捉率の算定式をガンマ分布に置き換えた式(6)から捕捉率推定を行った。

$$c = 2.967 \cdot 10^{-6} \cdot N_0 \cdot \frac{\Gamma(\mu + 3.67)}{\Lambda^{\mu + 3.67}} \quad (6)$$

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
第3章で述べた手法によって算出された捕捉率を用いて地上雨量推定を行った結果を図2に示す。

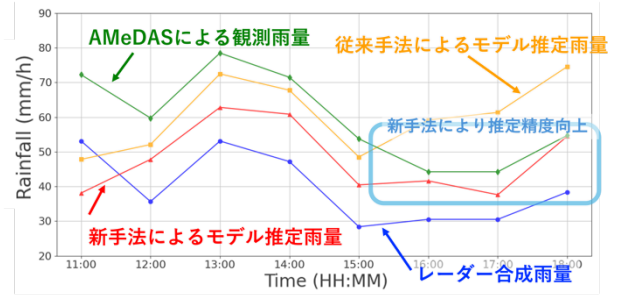


図2 地上雨量推定結果(1時間雨量)

Look-up Tableの変更によって D_0 の推定値が変化し、それによって捕捉率の値が変わったことによって地上雨量推定値も変化した。多くの時間で捕捉率の値が小さくなっており、それによって降雨の強化量が減少したと考えられる。16時以降では従来手法と比較して新手法による推定雨量がAMeDASの観測値に近づく結果となった。

5. 結論

2DVDによる観測データを増やし、 K_{DP} と Z_H から D_0 を求めるLook-up Tableを再作成した。山口ら³⁾の手法では D_0 を推定するのに K_{DP} 、 Z_H の補正を行う必要があったが、新たに作成したLook-up Tableを使用することで K_{DP} 、 Z_H の補正を行うことなく D_0 を推定し、捕捉率を算定することができるようになった。このようにして算定した捕捉率を用いて地上雨量推定を行った結果、一部の時間帯では推定精度が向上する結果となった。

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
- 中北英一, 佐藤克哉, 中渕遥平, 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, 土木学会論文集 特集号(水工学)論文, 80巻, 16号, 23-16039, 2024