

## 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 Development of ground rainfall estimation method using Seeder-Feeder model and Radar Volume Scanning Observations.

○中北英一・佐藤克哉・中渕遥平・山口弘誠

○Eiichi NAKAKITA, Katsuya SATO, Yohei NAKABUCHI, Kosei YAMAGUCHI

Orographic rainfall events can produce large amounts of rainfall. Due to the difference in altitude between radar observation altitude and ground rain gauge altitude, radar observed rainfall may be underestimated compared to ground observed rainfall. Improving the accuracy of ground rainfall estimation is very important from the perspective of disaster prevention. This study focuses on drop size distribution and capture rate to improve the accuracy of ground rainfall estimation. First, analysis of the sensitivity of the capture rate in the estimated rainfall revealed that it is possible to bring the rainfall close to an accurate value by changing the value of the capture rate to an appropriate value. Second, a relational equation was derived to calculate the capture rate using the drop size distribution estimated from the radar information. We developed a method to derive the optimal capture rate from the capture rate obtained from radar information and the capture rate inversely estimated from ground-observed rainfall by ensemble calculation.

### 1 はじめに

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。

しかし、レーダーで観測された雨量と地上雨量計などで観測された雨量の間には、観測高度が異なることによってずれが生じている場合がある。実際、関東地方を中心に多くの被害をもたらした2019年の台風19号の際にも地形性降雨が発生し、地上観測雨量と比較してレーダー観測雨量は過小な値となっていた。防災上の観点から地上雨量を正確に推定することは非常に重要である。

本研究では、降雨の粒径分布と Seeder Feeder 効果における捕捉率に着目し、新たな地上雨量推定手法を開発することで地上雨量推定精度の向上を目指した。

### 2 立平モデルによる地形性降雨算定手法

地形性降雨の算定の際には、雲水量の変化から地形性降雨を算出する、式(1)で表される立平モデ

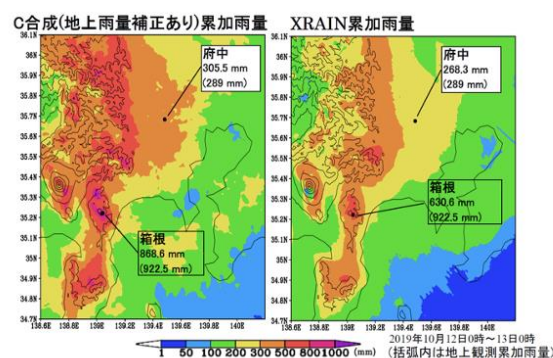


図1: 箱根周辺における2019年10月12日の24時間の地上雨量補正累加雨量とXRAIN累加雨量。

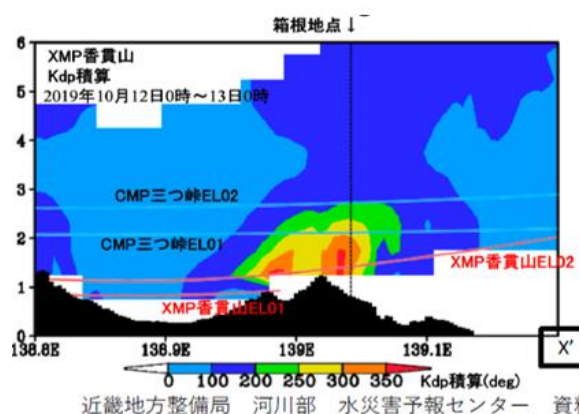


図2: 香貫山レーダーによる箱根付近のKDP積算鉛直分布。

ルを用いている。<sup>1)</sup>Lは斜面によって動く空気塊に含まれる雲水量であり、それが Seeder-Feeder 効果や Auto Conversion によって降水に変化して雲水量が減少する過程を表している。

$$\frac{dL}{dt} = -cL - a(L - L_c) + WG - WL \frac{\partial \ln \rho}{\partial z}. \quad (1)$$

### 3 捕捉率の算定手法

#### 3.1 粒径分布を仮定した捕捉率の算定

従来のモデルでは実際の降雨タイプによらず一律で Marshall-Palmer の粒径分布を仮定して捕捉率の算出を行っていた。Marshall-Palmer の粒径分布は層状性の雨の時によく合致することが知られているが、層状性以外の雨の際には異なった粒径分布を取っていると考えられる。そのため、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た。そこで、地上推定雨量における捕捉率の感度分析を行った。対象事例は 2019 年台風 19 号通過時の箱根付近とし、国土交通省の XRAIN の香貫山レーダーの PPI データを主に用いた。

図 2 はその結果の一部である。2019 年 10 月 12 日 12:15 において、XRAIN の観測結果と地形性降雨モデルによる結果、捕捉率に 1.5 の倍率をかけた場合の地形性降雨モデルによる結果を比較すると、1.5 の倍率をかけた場合に XRAIN の観測結果に近くなるのがわかる。このようにして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、レーダーから得られた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についても示唆された。

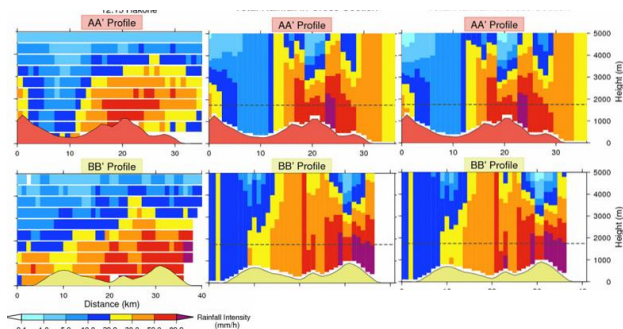


図 2 : 左から、2019 年 10 月 12 日 12:15 の XRAIN の観測データ、同時刻の地形性降雨モデルによる計算結果、捕捉率に 1.5 の倍率をかけた場合の同時刻の地形性降雨モデルによる計算結果。

#### 3.2 偏波レーダーから推定された粒径分布情報をもとにした捕捉率の算定

XRAIN によって得られたレーダー情報から推定される粒径分布をもとに、捕捉率の推定を行う手法を開発した。これまでは粒径分布を仮定することで捕捉率を算出していたが、この手法では捕捉率を仮定せず、レーダー情報をもとに粒径分布についても推定を行う手法を用いた。<sup>2)</sup>  $Z_{DR}$  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(2)で表される粒径分布の切片パラメータである  $N_0$  と、式(3)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(4)を用いて捕捉率  $c$  を算出する。

$$N(D) = N_0 \exp(-AD), \quad (2)$$

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

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

この手法で得られる捕捉率の値を用いて次節で説明する捕捉率の最適化を行った。

#### 4 レーダー情報を用いた捕捉率の最適化

XRAIN によるレーダー情報から導かれた捕捉率の値と、地上観測雨量からアンサンブル計算によって逆推定された捕捉率の値から最適な捕捉率の値を導く手法を開発した。レーダー情報から導かれた粒径分布のパラメータを元に捕捉率の確率分布の算出をし、また地上観測雨量から地形性降雨モデルを用いたアンサンブル計算によって捕捉率の確率分布を算出する。それぞれの方法によって算出された確率分布から最適な捕捉率を求めるという手法である。

実際の事例を用いた計算については現在実行中であり、結果については発表の際にお見せする。

#### 参考文献

- 1) 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.
- 2) 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, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 68, pp. I\_367-I\_372, 2012