

レーダーによる大気上層の降水粒子判別及び BIN モデルを活用した地上降雨強度推定  
 Estimation of Ground Rainfall Intensity Using BIN-Microphysics Model  
 with Radar-based Hydrometeor Classification at Upper Atmospheric Layers

○西田悠史・中北英一・山口弘誠・大石 哲

○Yuji NISHIDA, Eiichi NAKAKITA, Kosei YAMAGUCHI, Satoru OISHI

This research aims to apply the dominant hydrometeor types at upper atmospheric layers to the estimation of ground rainfall intensity. We quantified the relationship between the ground rainfall intensity measured by two-dimensional video disdrometer (2DVD) and hydrometeor types in the region on the windward side of 2DVD, using correlation coefficients; there was strong positive correlation between the amount of graupel and the ground rainfall intensity. Using this correlation, the estimation equations of ground rainfall intensity were derived, and the accuracy of estimation was good. To verify this statistical result, we conducted cloud microphysical simulations by BIN model inputting the information of hydrometeor classification estimated from radar observations. The variations of the simulated ground rainfall intensity were similar to that of the measured rainfall intensity, thus, the statistical result that rainfall intensity can be estimated by hydrometeor types was verified.

## 1. 研究背景と目的

近年、日本国内において豪雨災害が頻発している。2017年の九州北部豪雨をはじめとした線状降水帯を伴う大規模豪雨災害のほか、都市部での集中豪雨による人的・物的被害も後を絶たない。このような豪雨の中でも、短時間に強雨をもたらす局地的豪雨はゲリラ豪雨と呼ばれる。2008年には、神戸市都賀川や東京雑司ヶ谷などでゲリラ豪雨による都市水害が相次いだ。これらの水害を受け、レーダーでの降雨量推定精度の向上、及び都市域におけるゲリラ豪雨の現状監視を目的として、国土交通省は X バンド MP レーダーの配備を進めていった。この X バンド MP レーダーに C バンド MP レーダーを加えた降雨観測ネットワークは XRAIN (eXtended RAdar Information Network) と呼ばれ、現在、その観測範囲は全国に及んでいる。

X バンド MP レーダーは降雨の観測のみならず、様々な研究で活用されている。その中のひとつが降水粒子判別<sup>1)</sup>であり、大気中において支配的な、雨滴、雪、あられなどの降水粒子の種類を、偏波パラメータを用いた解析によって判別している。本研究では、この降水粒子判別を活用し、「大気上層の支配的な降水粒子の種類」という定性的な情報を地上降雨強度推定という定量的解析に応用することを目的とする。

## 2. 統計的解析手法

### (1) 上空の降水粒子の量と地上降雨強度の比較

2012年8月に京都南部に豪雨をもたらした宇治豪雨を解析事例とする。雨滴計設置地点に対して風上側の領域内の各降水粒子のグリッド数をカウントし、雨滴計によって計測された地上降雨強度の時間変化と各降水粒子のグリッド数の時間変化を比較した。その結果、あられのグリッド数と地上降雨強度に顕著な対応関係が見られることがわかった。

### (2) あられと地上降雨強度の相関係数を算出

あられのグリッド数と地上降雨強度の相関係数を算出し、その相関関係を定量化した。その際、以下の2つの操作を行う。ア) 図-1のように、グリッド数の時間変化を複数の期間に分ける。これは、降雨のまとまりごとに雨雲内部の性質が変化している可能性があり、また、相関のない時間帯が他の時間帯の相関に影響を及ぼすことを回避するためである。イ) あられのグリッド数の時間変化を1分ずつ後ろにずらしていく。これは、降雨強度の変動に先行してあられのグリッド数の増減が見られるためである。以上の操作を行い、相関係数を算出すると、表-1のようになった。最も大きい相関係数をその期間の相関係数とすると、term1では0.903、term2では0.972となり、あられと地上降雨強度にかなり強い正の相関関係が存在することがわかった。

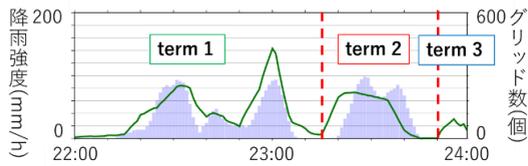


図-1 あられのグリッド数の時間変化（緑）を分割。

表-1. 相関係数の推移

相関係数	そのまま	1分	2分	3分	4分	5分
term1	0.903	0.878	0.813	0.708	0.585	0.452
term2	0.594	0.725	0.836	0.919	0.966	0.972

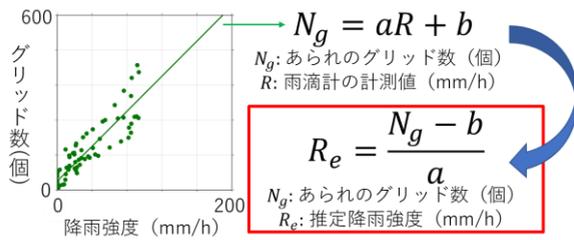


図-2 あられのグリッド数を用いた降雨強度推定式の導出。

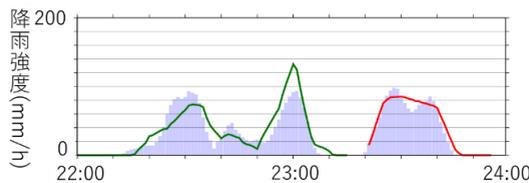


図-3 推定式による降雨強度（緑、赤）と雨滴計の降雨強度（紫）。

### (3) 降雨強度推定式の導出

(2)での結果を活用し、あられのグリッド数を用いた降雨強度推定式の導出を行った。図-2のように、相関係数が最も大きい時点での散布図に関して近似直線を求め、変数である「雨滴計によって計測された降雨強度  $R$  (mm/h)」の代わりに「推定降雨強度  $R_e$  (mm/h)」を用いることで降雨強度推定式とした。この推定式を用いて算出された降雨強度は図-3のように雨滴計の降雨強度と近いものとなり、上空の降水粒子の情報を用いて地上降雨強度が推定できることが明らかとなった。

### 3. 雲微物理的解析手法

図-4のように、統計的解析手法で対象とした事例における実際の降水粒子判別結果を雲微物理過程モデルに入力してシミュレーションを行った。これにより、雨滴計上空の降水粒子が地上にもたらす降雨強度のポテンシャルを確認する。図-5にシミュレーション結果を示す。

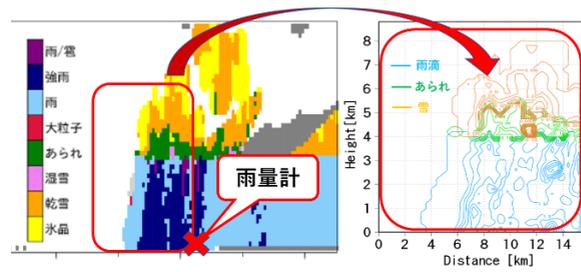


図-4 降水粒子判別結果（左）をモデル（右）に入力。

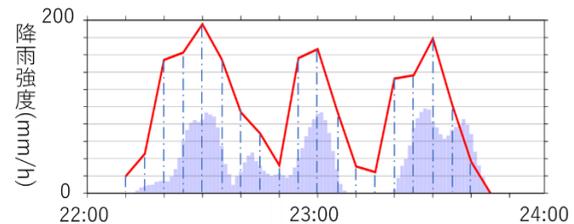


図-5 シミュレーション結果（赤）と雨滴計の降雨強度（紫）。

各時刻の真上に、その時刻における上空の降水粒子を入力したシミュレーションで得られた降雨強度をプロットしている。このシミュレーションでは、雨滴計で計測された降雨強度よりも大きい降雨強度が得られ、加えて、そのシミュレーション結果が実際には何分先の降雨強度に対応しているのか見極めることは困難である。しかし、得られた降雨強度の変動は雨量計で計測されたものと同様の変動をしていることが確認できる。これにより、上空の降水粒子を考慮することで地上降雨強度の変動を推定できることが雲微物理的に証明されたこととなる。

### 4. 結論

統計的解析手法及び雲微物理的解析手法により、「大気上層の支配的な降水粒子の種類」という定性的な情報を地上降雨強度推定という定量的解析に応用できることが証明された。これにより、レーダーの立体観測によって上空の情報を得ることの優位性が示されたことになる。また、今後は降水粒子判別情報を活用し、レーダー観測の推定精度を向上させる取り組みに繋がっていくと考えられる。

### 参考文献

- 1) 増田有俊, 中北英一: Xバンド偏波レーダを用いた降水セルのライフステージ判別手法の開発, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.70, No.4, I\_493-I\_498, 2014.
- 2) 大石哲・木谷有吾・中北英一・池淵周一: 2次元積雲モデルを用いた降水過程における鉛直上昇流の影響に関する研究, 土木学会水工学論文集, 第 39 巻, pp.255-260, 1995.