

## 高時空間分解能レーダネットワークの実用化と展開

Development and deployment of the radar network  
at high resolution

河崎 善一郎 (Kawasaki Zenichiro)

大阪大学・産業科学研究所 招へい教授



### 研究の概要

高時空間分解能の Ku 帯広帯域レーダ、VHF 帯広帯域干渉計などの気象レーダと雷放電標定装置を複数用いて近畿圏に「広帯域レーダネットワーク」を構築し、そのための基礎技術開発と突発的に発生する積乱雲の観測および解析を行う。平成24年度から X 帯フェーズドアレイレーダも加わり、広範かつ詳細に観測可能なレーダネットワークが完成している。

研究分野：社会・安全システム科学

科研費の分科・細目：自然災害科学

キーワード：レーダ、雷放電、降水

### 1. 研究開始当初の背景

我が国は、高度に情報化された社会の実現を目指しており、必要な社会基盤の整備が全国規模で進められている。一方、高度に情報化された社会の脆弱性は、現代人にとって懸念材料ともなっており、起こりうる不測の事態へ如何にして適切に対応するかといった問題が、関連機関で研究対象となっている。局地的な集中豪雨などの気象災害、それにより引き起こされる土砂災害等の予測・警報の正確な情報伝達の必要性は明らかである。

### 2. 研究の目的

Ku 帯広帯域レーダ、VHF 帯広帯域干渉計の異種センサーを組み合わせた「広帯域レーダシステム」を構築し、ネットワーク観測を生かした減衰手法の提案など関連データ処理技術の開発を第一の目的としている。さらに得られた観測結果の解析から、積乱雲の電荷分離機構など気象災害を考えるうえで重要なメカニズムについて解決の糸口を得る。

### 3. 研究の方法

大阪平野や滋賀県長浜地区を中心としたエリアに複数の Ku 帯広帯域レーダ、VHF 帯広帯域干渉計、LF 帯広帯域干渉計を設置し、広帯域レーダシステムを構築する。このレーダシステムを運用し、性質の異なる夏季積乱雲、冬季積乱雲を観測し、データを行う。

### 4. これまでの成果

本研開始から3年間で広帯域レーダ4機、VHF 広帯域干渉計5機、LF 広帯域干渉計9機からなるレーダネットワークを整備した。これらの観測地点は可能な限り高速通信網を介して接続し、観測装置の遠隔監視・操作およびデータ移送を行える体制とした。また予定通り大阪平野内に設置した広帯域レーダのサイトにはキャリブレーション用にディストロメータ（雨滴粒径分布測定装置）を設置した。

複数台の広帯域レーダによる観測が重複する領域においては、より高分解能な降水構造の推定を行った。従来型気象レーダに用いられている降雨減衰補正手法のひとつに Hitchfeld-Borden 法（以下、HB 法）があり、HB 法は減衰量の小さい S 帯や C 帯においては良好な補正結果を示すが、降雨減衰の影響の大きい Ku 帯においては、降雨の状況によって補正係数の値が不安定になる。そこで本研究では、HB 法を基に、複数の広帯域レーダが重複する観測領域における各レーダの観測値に対する減衰補正值の差の確率密度関数を用いた評価関数により、最適な補正係数  $\alpha$  の値を最尤推定する手法を提案した。更に評価関数に時間フィルタや補正係数  $\alpha$  に関する事前分布の項を付加した。 $\alpha$  に関する事前分布は、地上雨量計による観測結果より求めた  $\alpha$  の頻度分布より導出した。同手法を実観測データに適応した。その結果、HB 法による補正結果がレーダ遠方において発散

しているのに対し、提案手法においては解が発散せず、安定的に減衰補正を行う事ができることを確認した。

また広帯域レーダネットワークによる観測結果と大阪大学吹田キャンパス内に設置されたX帯フェーズドアレイレーダ観測結果の比較を行った。2012年8月6日18時2分における広帯域レーダネットワーク観測とフェーズドアレイレーダの反射強度は、バイアス誤差は0.81 [dB]、標準偏差は5.8 [dB]という結果が得られた。両レーダ間の観測値の誤差は、各レーダの較正值の誤差、観測ノイズ、観測ボリュームの差による誤差に起因し、数 [dB]程度であると考えられる。そのため広帯域レーダネットワークとX帯フェーズドアレイレーダの観測誤差はその範囲内に収まっていると考えられる。以上よりX帯フェーズドアレイレーダの観測結果とKu帯広帯域レーダネットワークにおける降雨減衰補正手法の妥当性を確認できた。

さらにドップラー速度データの補正を行った。重複観測領域における両レーダの観測仰角は共に低仰角であるとみなし、観測されたドップラー速度に占める垂直風成分をゼロであると仮定し、その結果は妥当であることを確認している。

また観測データを用いたデータ解析も順調に進んでいる。Narrow Bipolar Event (NBE)は非常に発達した積乱雲で発生するとされる放電でそのメカニズム等詳細は明らかとなっていない。フェーズドアレイレーダで観測された20dBZ高度とNBEの標定点を比較すると、NBEの標定点はどの事例においても積乱雲が9km以上の高高度まで発達した場合にのみ発生し、その発生地点が積乱雲のコアの上空に位置することが分かった。さらにエコー頂高度が15kmを超える場合は正極性NBEは積乱雲コアに発生し、負極性NBEのみが積乱雲コア上空で発生することがわかった。この結果は負極性NBEが非常に発達した場合のみに発生することを示唆しており、積乱雲の成熟度を監視するうえで、重要な指標となり得ることを示している。

VHF帯広帯域干渉計で観測された落雷・雲内放電に対してその放電路が偏波レーダで観測された積乱雲内のどの経路を進展したかを解析した。多くの落雷は-10℃高度に相当する負電荷領域側方で進展を開始し落雷に至っている。一方、雲内放電は負電荷領域上方で進展を開始する事例が多く確認された。この結果は積乱雲内部の電荷構造が雷放電進展に大きな影響を与えていることを明示するとともに、雷放電の発生地点付近の電荷構造から落雷と雲内放電の予測が可能であることを示唆している。

## 5. 今後の計画

これまでは主に広帯域レーダシステムの構築とそのキャリブレーション、精度評価などに重点を置いてきた。さらに平成25年度で新たなKu帯広帯域レーダが完成予定で滋賀県長浜市での複数台レーダでのネットワーク観測が可能となる。今年度より、ネットワークの整備は行いつつも夏季および冬季の積乱雲の観測とその解析に重点を置いて行う。

## 6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

Wu, T., Y. Takayanagi, S. Yoshida, T. Funaki, T. Ushio, and **Z. Kawasaki** (2013), Spatial relationship between lightning narrow bipolar events and parent thunderstorms as revealed by phased array radar, *Geophys. Res. Lett.*, 40, doi:10.1002/grl.50112.

S. Yoshida, C. J. Biagi, V. A. Rakov, J. D. Hill, M. A. Stapleton, D. M. Jordan, M. A. Uman, T. Morimoto, T. Ushio, **Z.-I. Kawasaki**, and M. Akita, The initial stage processes of rocket-and-wire triggered lightning as observed by VHF interferometry, *J. Geophys. Res.* 117, D09119, doi:10.1029/2012JD017657, 2012.

M. Akita, S. Yoshida, Y. Nakamura, T. Morimoto, T. Ushio, **Z. Kawasaki**, and D. Wang, Effects of Charge Distribution in Thunderstorm on Lightning Propagation Paths in Darwin, Australia, *J. Atmos. Sci.*, 68, 719-726, doi:10.1175/2010JAS3597.1, 2011.

E. Yoshikawa, S. Kida, S. Yoshida, T. Morimoto, T. Ushio, and **Z.-I. Kawasaki**, Vertical structure of raindrop size distribution in lower atmospheric boundary layer, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L20802, doi:10.1029/2010GL045174, 2010.

E. Yoshikawa, T. Ushio, **Z. Kawasaki**, T. Mega, S. Yoshida, T. Morimoto, K. Imai, and S. Nagayama, Development and initial observation of high-resolution volume-scanning radar for meteorological application, *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, 48, 8, pp.3225-3235, 2010.

ホームページ等  
特になし。