

# 単一周波数の小型気象レーダを複数用いた極端気象監視ネットワークのプロトタイプ構築 (165009001)

## Establishment of Prototype of Extreme Weather Observation Network Composed by Compact Weather Radars with Same Frequency

### 研究代表者

佐々浩司 高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門  
Koji Sassa Kochi University

### 研究分担者

本田理恵<sup>†</sup> 村田文絵<sup>†</sup> 高木敏明<sup>††</sup> 廣瀬孝睦<sup>††</sup> 早野真理子<sup>††</sup> 箕輪昌裕<sup>††</sup> 石垣雄太<sup>††</sup> 高島祐弥<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 中島大岳<sup>††</sup> 村田健史<sup>†††</sup>

Rie Honda<sup>†</sup> Fumie Murata<sup>†</sup> Toshiaki Takaki<sup>††</sup> Takayoshi Hirose<sup>††</sup> Mariko Hayano<sup>††</sup> Masahiro Minowa<sup>††</sup> Yuta Ishigaki<sup>††</sup> Yuya Takashima<sup>††</sup> Hirotaka Nakajima<sup>††</sup> Takeshi Murata<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>高知大学 <sup>††</sup>古野電気株式会社 <sup>†††</sup>情報通信研究機構

<sup>†</sup>Kochi University <sup>††</sup>FURUNO ELECTRIC CO. LTD. <sup>†††</sup>National Institute of Information and Communications Technology

研究期間 平成 28 年度～平成 30 年度

### 概要

豪雨や突風などが多発する高知県に X バンド二重偏波小型気象レーダーを 6 台配置して高知県をほぼカバーするレーダーネットワークを構築した。このうち、物部、安芸の 2 レーダーと須崎、黒潮、土佐清水の 3 レーダーは電波有効利用のため同一周波数とした。隣接するレーダーの電波干渉を防ぐため、アンテナ協調回転機能を有するマルチレーダー制御装置を開発し、干渉除去が有効であることを確認した。個々のレーダーについては、クラッター除去や降雨減衰の補正などを行った結果、それぞれ雨量計との相関が 0.8 以上の高精度で雨量観測ができることを確認した。また、レーダーネットワークとして 1 レーダーでは減衰等により適正観測できない領域を他レーダーが補完できることも確認した。レーダー観測データは 1 分毎に NICT クラウドサーバに集約され、観測後数分以内にネット公開可能とした。西日本豪雨時の観測においては気象庁レーダーより高精度で雨量評価できたことも示した。

### 1. まえがき

近年頻発する豪雨・突風など極端な気象現象による災害が深刻化している。これらの現象をいち早く監視するレーダーネットワークとして気象庁 C バンドレーダーネットワークと国土交通省 XRAIN があるが、地方など監視の行き届かない地域も多い。本件開発はこれらのネットワークを補完する比較的運用コストの低いシステムを構築することにある。これまで主流であった単一の大型・中型レーダーとは異なり X 帯小型レーダーによるネットワークを構築する。X 帯では降雨による減衰が顕著であるため、レーダー周辺の降雨状況によっては観測エリアが制限されてしまうという本質的な問題が存在するとともに、地形の急峻な地域では 1 台のレーダーでは観測範囲内であってもデータが取得できないことが多い。これらの問題に対する解としてマルチレーダーシステムを提案する。また、近年の固体化レーダー技術を活用することにより、比較的観測範囲の狭い小型レーダーを用いて、広範囲の降雨状況を 1 分周期という短時間で取得できるマルチレーダーネットワークシステムを構築し、降雨や突風に関連する情報の提供をめざす。

### 2. 研究開発内容及び成果

#### 2-1 レーダーネットワークの構築

図 1 に示すように、朝倉、物部、安芸の既存 3 レーダーに加えて、須崎、黒潮、土佐清水に小型レーダー 3 台を配置することにより、高知県のほぼ全域をカバーするレーダーネットワークシステムを構築した。

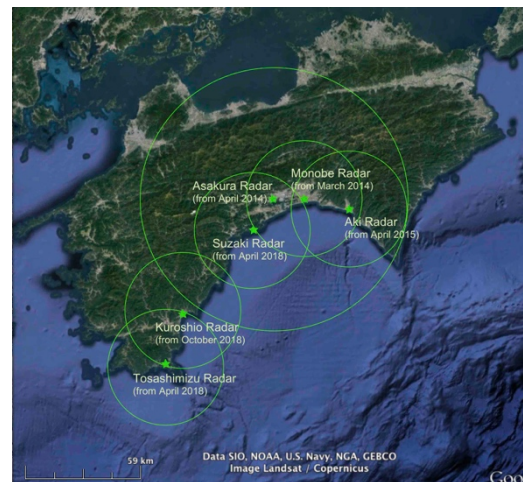


図 1 高知大学レーダーネットワークの探査範囲

#### 2-2 アンテナ協調回転による干渉除去

同一周波数の電波を用いても近隣のレーダーが相互干渉しないよう、GPS を用いて複数レーダーのアンテナを同期回転させ、正対したり同一方向に向かないように制御するシステムを開発し、新設の 3 レーダーにて動作検証を行い、3 週間の連続観測において、各レーダー間の方位角が 120 度に固定された協調運転の有用性を示した。また、物部と須崎レーダーにおいて干渉試験を行い、理論通りアンテナが正対しなければ干渉波が発生しないことを確認し、協調運転により電波干渉を受けることなく

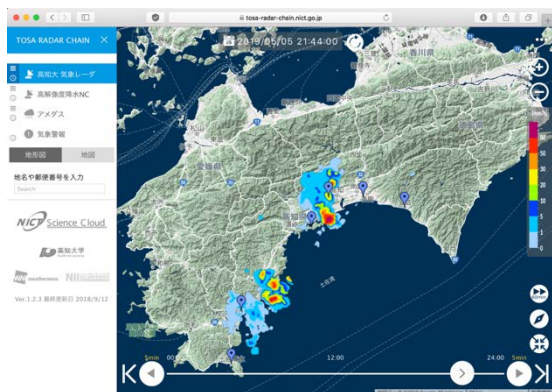


図2 NICTサイエンスクラウドに実装したリアルタイムWeb (<https://tosa-radar-chain.nict.go.jp/>)

観測可能であることを実証した。

### 2-3 小型レーダネットワークによる降雨情報提供

朝倉レーダーは、3,4,5度の3仰角のPPI観測を1分毎、それより高い5仰角を含めたボリュームスキャンを5分毎に実施する連続観測、他の5レーダーは3度~16度の5仰角PPI観測からなるボリュームスキャンを1分毎に連続観測することにより、それぞれのレーダーにおいて高度1kmのCAPPIデータを作成し、これをマージしてデータ取得後1分以内にレーダーネットワークデータを作成するアルゴリズムを完成させた。これをNICTのクラウドサーバに実装し、図2に示すような降雨情報を観測後3~4分後に表示可能とした。なお、ホームページ上では過去のデータも自在に表示できるほか、気象庁高解像度ナウキャストデータやアメダスデータなどの重ね合わせ表示も可能とした。クラウドサーバへのデータ集約にあたっては、各レーダー制御PCの設置された小型PC(WONM)を介したデータ転送を行なった。さらに各レーダーサイトの4方向に設置している雨雲監視カメラにより画像もリアルタイムでWeb表示可能とした。

### 2-4 観測性能評価

降雨量評価には偏波間位相差変化率  $K_{dp}$  [deg/km]および水平反射因子  $Z$  [ $\text{mm}^6/\text{m}^3$ ]により、 $Z > 30 \text{ dB}$ かつ  $K_{dp} > 0.3 \text{ deg./km}$  の場合は  $K_{dp}$ - $R$  関係式を用い、それ以外は  $Z$ - $R$  関係式を用いて降雨強度  $R$  [mm/h]に換算することにより行った。地上雨量計との比較の結果、いずれのレーダーも相関0.8程度の高精度で雨量評価可能であることが示された。また、平成30年7月豪雨時においては図3に示すように、地上雨量計との相関が気象庁レーダーよりもはるかに高い極めて良好な結果を得た。これは、この時の降水システムがかなり低高度で発達したものであったためであり、気象庁の高度2kmの降雨情報よりも本システムの高度1kmの情報がより現実の降雨状況を的確に反映できる可能性を示したものである。

図4の竜巻親雲事例で示すように気象庁レーダー(上図)と比べると本レーダーネットワーク(下図)は親雲の渦の様子が明瞭に把握できる高空間分解能のデータを1分毎の高頻度で提供できることを示した。

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

本研究開発により構築されたレーダーネットワークは今後も常時運用を行い、高知県の気象防災情報として各自治体や県民への提供を続ける。本開発で用いられた9.4GHz帯レーダーについて、XRAINの補完システムとしての実用化には今後実用局として運用可能となる法制化に期待

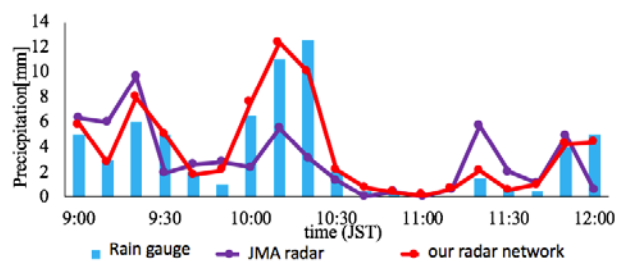


図3 高知市気象官署における地上雨量計10分値とレーダー降雨量との比較

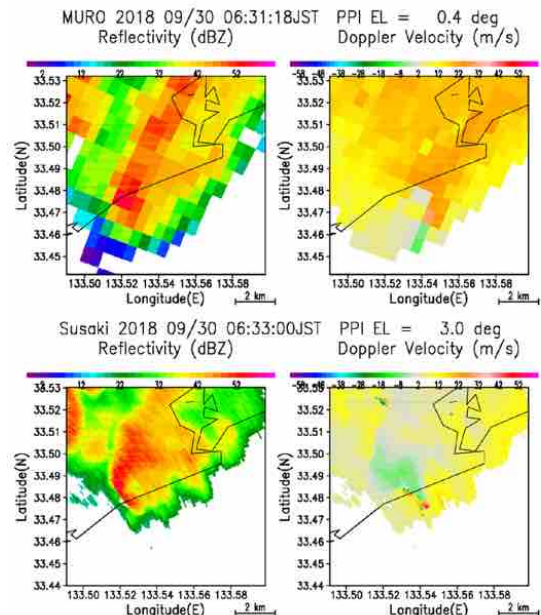


図4 2018年9月30日に捕捉された竜巻親雲。上：気象庁室戸レーダー、下：須崎レーダー

しつつ、海外において気象防災のソリューションとして普及を図りたい。

## 4. むすび

同一周波数のX帯小型レーダーを複数配置することにより、周波数資源を有効活用しつつ互いに電波干渉しないレーダーネットワークを構築することに成功した。すでに得られた多くの観測事例はその有用性を実証している。

### 【誌上発表リスト】

- [1] 西井章、佐々浩司、“高知大学MPレーダーネットワーク降雨量推定の検証” 京都大学防災研究所年報 第61号B, p.596-601. (2018年9月)
- [2] K. T. Murata, P. Pavarangkoon, A. Higuchi, K. Toyoshima, K. Yamamoto, K. Muranaga, Y. Nagaya, Y. Izumikawa, E. Kimura and T. Mizuhara, “A web-based real-time and full-resolution data visualization for Himawari-8 satellite sensed images,” Earth Sci. Inform., 11 217-237, 2018. doi: 10.1007/s12145-017-0316-4
- [3] Akira Nishii, Koji Sassa, “Quantitative precipitation estimation by X-band polarimetric radar network of Kochi University,” Proc. of The 10th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, (2018年7月)

### 【本研究開発課題を掲載したウェブページ】

<https://tosa-radar-chain.nict.go.jp/>