

ネットワーク型レーダの研究開発 (71607002)

Development of radar in a network environment

研究代表者

牛尾知雄 大阪大学

Tomoo Ushio Osaka University

研究分担者

森本健志[†] 河崎善一郎[†]

Takeshi Morimoto[†] Zen-Ichiro Kawasaki[†]

[†]大阪大学

[†]Osaka University

研究期間 平成 19 年度～平成 21 年度

概要

本研究課題では、雷雨など災害気象現象に対して迅速な通報と予知を実現するために、小型で高精度な高分解能高速スキャンングレーダを配置し、従来の大型気象レーダでは観測することの出来なかった地表面付近からの 3 次元降雨分布を詳細にかつ短時間に観測可能なレーダシステムを構築する。そのため、定常運用可能な高精度高時間空間分解能レーダの開発を行い、複数台によるレーダネットワーク化に関する基礎検討を行う。

Abstract

In this research, to predict and observe the behavior of thunderstorm producing hazardous phenomena, small radar network with high scanning capability will be developed. This system will enable us to observe the 3 dimensional structure of precipitation from near surface with high temporal and spatial resolution which tends to be ignored by the conventional C-band radar. To achieve this goal, the operational high temporal and spatial resolution radar is developed in this project and some preliminary analysis will be conducted for the network environment.

1. まえがき

近年の日本社会の高度化に伴って、集中豪雨や竜巻など気象災害への対策の必要性は、年々広く認識されるようになってきている。降雨を遠隔計測できる降雨レーダは、特に有用であることから、日本全土を覆う大型 C バンドレーダ観測網が整備されており、そのデータは現状把握、予報などに広く活用されている。こうした大型気象レーダは、空間スケール 1km、時間スケール 10 分以上の気象現象を観測対象としているが、以下の理由により、これ以下の時間空間分解能を有する現象、例えば竜巻等を十分に分解することが困難である。

そこで本研究では、高精度、高分解能の小型レーダを複数個配置して、時空間的に大型レーダネットワークの間隙となっている地表面付近からの降雨の三次元構造を数メートルオーダーで詳細に、且つ、時間的にも密に観測し、それらのレーダを複数台配置した基礎的技術検討を行うのが目標である。

2. 研究内容及び成果

開発したレーダの外観図を図 1 に示す。良く知られているように、レーダリモートセンシングにおける距離分解能は、帯域幅に逆比例し、帯域幅を広いほど、空間分解能は上がる。そのため、広帯域信号を送信信号とし、アンテナは 45cm ルネバルクレンズアンテナを使用して、高速スキャンングを念頭においたフィードのみが動作するよう設計されている。また、本レーダは固体化素子を用いたパルス圧縮型レーダであり、低電力で長パルス幅の広帯域信号を送信することによって雨粒による散乱信号を受信、パルス圧縮処理を施しレーダ反射因子を得る構成になっている。このことにより、長寿命化を図り、同時にメンテナ

ンスの手間を削減することが出来る。



図 1 広帯域レーダの外観図

本レーダによって観測された観測事例の一例を図 2 に示す。このように半径約 15km の範囲内において降雨に伴う反射因子を 3 次元的に約一分の分解能で観測することが出来た。紙面の都合上割愛しているが、F0 スケールの竜巻も観測することができ、本レーダの有効性を示すことも出来ている。

ところで、本レーダは高周波数を使用することで高空間・時間分解能を有している反面、従来のレーダが用いる周波数帯 (S, C, X 帯) に比して降雨減衰の影響が大きい。そこで、本研究ではネットワーク型を想定し、確率論的手法を用いてより安定的に動作する降雨減衰補正アルゴリズムの開発を行った。開発したアルゴリズムを用いて補正を行った一例を図 2 の右下に示している。ここに示されて

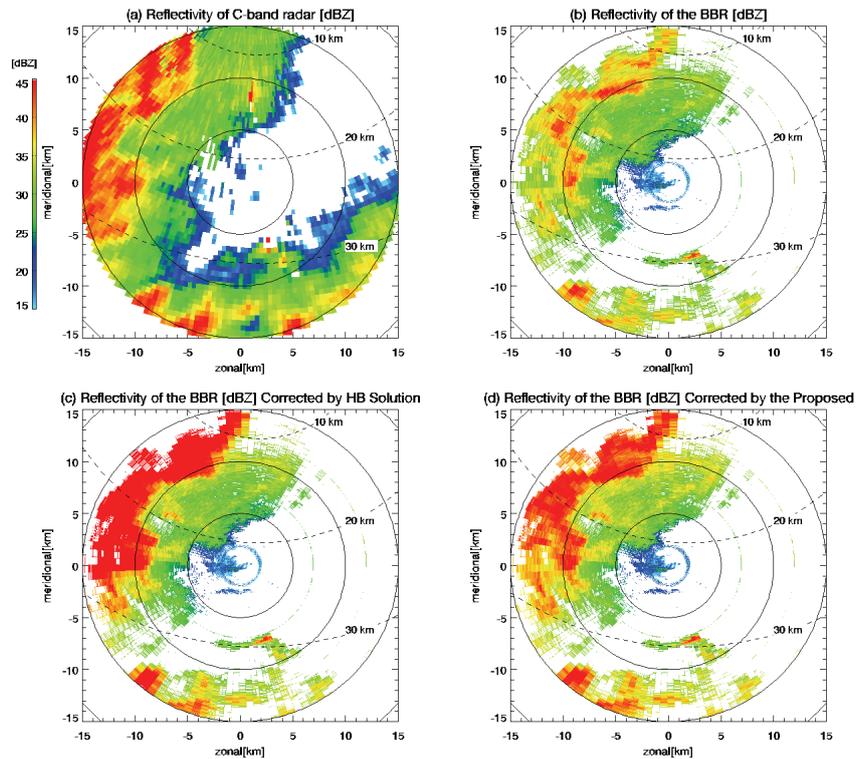


図2 実際の観測データに基づく補正結果の比較図

(左上) Cバンドレーダによる観測結果, (右上) Ku帯広帯域レーダによる観測結果, (左下) Hitchfeld-Bordan法による補正結果, (右下) 本研究で開発したアルゴリズムによる補正結果

いるように、Cバンドの大型レーダによって捉えられた反射因子と同様な分布を示し、また従来型の補正手法が発散しているのに対して、より安定的に降雨に伴う減衰が補正されていることがわかる。

またさらに、垂直偏波と水平偏波を交互に送信することによって、垂直レーダ反射因子 (Z_v), 水平レーダ反射因子 (Z_h), 動径速度 (V), 速度幅 (σ_v), 差分レーダ反射因子 (Z_{dr}), 偏波間位相差 (ϕ_{dp}), 比偏波間位相差 (K_{dp}), 偏波間相関係数 (ρ_{hv}) を得ることが出来ている。

3. むすび

以上のように高速スキャンニングが可能な小型の2重偏波ドップラーレーダを開発した結果、実際に竜巻を観測して、本レーダの有効性を示すことが出来た。さらに、ネットワーク型を想定したカルマンフィルタを用いた安定的に動作する降雨減衰補正アルゴリズムの開発を行うことが出来た。

【誌上発表リスト】

- [1] Eiichi Yoshikawa, Tomoaki Mega, Takeshi Morimoto, Tomoo Ushio, and Zen Kawasaki, "Real-Time Spectral Moments Estimation and Ground Clutter Suppression for Precipitation Radar with High Resolution", *IEICE Transactions on Communication*, vol.E92-B, no.2, pp.578-584, 2009.
- [2] Nakamura, Y., E. Yoshikawa, M. Akita, T. Morimoto, T. Ushio, Z. Kawasaki, T. Saito, T. Nishida, and N. Sakazume, High-resolution Lightning and Precipitation Monitoring by the Ku-band Broadband Radar and the VHF Broadband Digital Interferometer, *IEEEJ Trans*, Vol. 129-A, No. 12, pp. 845-852, 2009
- [3] Yoshikawa, E., Tomoaki Mega, Takeshi Morimoto,

Tomoo Ushio, Zen Kawasaki, Katsuyuki Imai, and Shin'ichiro Nagayama, Development and Initial Observation of High Resolution Volume Scanning Radar for Meteorological Application, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, in press

【申請特許リスト】

- [1] 名称:「レーダ装置」, 発明者: 今井克之 牛尾知雄, SEIハイブリッド株式会社, 特願 2006-211464, 出願日: 2006年8月2日
- [2] 名称:「レーダ装置」, 発明者: 今井克之 牛尾知雄, SEIハイブリッド株式会社, 特願 2008-527753, 出願日: 2007年7月31日
- [3] RADAR, PCT/JP2007/064944 (国際出願番号), WO 2008/016033 A1 (国際公開番号), Katsuyuki Imai (SEI Hybrid Products Inc.), Tomoo Ushio (Osaka Univ.)

【受賞リスト】

- [1] 家氏策、平成20年電気関係学会関西支部連合大会奨励賞、「気象用Ku帯広帯域レーダの観測結果と精度検証」、平成21年3月
- [2] 青木政利、平成21年電気関係学会関西支部連合大会電子情報通信学会優秀論文発表賞、「Ku帯広帯域レーダにおける方位角圧縮手法の提案」、平成22年3月

【報道発表リスト】

- [1] “技術ウォッチ「気象レーダ、小型で安価に」”, 日本経済新聞, 2008年11月21日
- [2] 「広く細かく 庄内空港周辺 冬の風つかめ」, 山形新聞, 2009年10月15日
- [3] 「冬の風予測へ予備調査, 宇宙機構・阪大など」, 山形新聞, 2010年1月21日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

http://www1a.comm.eng.osaka-u.ac.jp/intro_radar.html
ja