

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2010

課題番号：19201036

研究課題名（和文） 高時空間分解能型広帯域レーダシステムネットワーク

研究課題名（英文） Broadband radar system network with extremely high-resolution

研究代表者

河崎 善一郎（KAWASAKI ZEN-ICHIRO）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：60126852

研究代表者の専門分野：大気電気学、電波理工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：自然災害予測・分析・対策、大気電気学、気象学、レーダ、積乱雲

1. 研究計画の概要

本研究では、申請者らが独自に開発を行っている、広帯域レーダおよび広帯域干渉計を、それぞれ複数機配置して、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付近からの降雨の三次元構造を詳細に、且つ、時間的にも密に観測し、雷放電観測の併用と大気電気モデルの構築を通じて、気象災害の減災を目指すことを目的としている。その目的のため、Ku 波帯広帯域レーダと VHF 波帯広帯域干渉計を統合した、広帯域レーダシステムによる「広帯域レーダシステムネットワーク」を構築し力学と電気を相補的に利用する形体での観測に供する。

本研究は、以下に示す 5 つのサブテーマで構成し、それぞれ研究分担者がリーダーを務め、研究協力者と協力し担当する。各サブテーマチームでの、個別会議と全体会議を開催し、互いの進捗を把握しながら、有機的な連携を強化し、研究を遂行する。

サブテーマ(1)：Ku 波帯広帯域レーダ

サブテーマ(2)：VHF 波帯広帯域干渉計

サブテーマ(3)：広帯域レーダシステムネットワーク構築

サブテーマ(4)：広帯域レーダシステムネットワークによる観測と検証

サブテーマ(5)：物理的に完備なモデル構築と数値シミュレーション

2. 研究の進捗状況

各サブテーマについて、進捗状況を述べる。

(1)：送受信回路の製作と散乱実験、アンテナ駆動系の製作、データ処理装置の開発を実施し、試作機、実用機を稼動した。DSP の並列処理等により高速にデータ処理するソフ

トウェアの開発も終え、実時間に近い形で画像出力等を実現している。ネットワーク化のための降雨減衰補正法として、カルマンフィルタを用いたアルゴリズム開発にも成功している。現在、1 分以内にボリュームスキャンしたデータを、スキャン完了後 1 分以内に表示することが可能である。

(2)：広範囲に渡り、雷放電全体の記録を可能とするトリガ間隔制御機能の設計と実装を行い、ネットワーク構築に向けた準備を完了した。加えて、LF/VLF 帯干渉計も開発し、半径 100km 程度の圏内の雷放電について、前駆放電、帰還雷撃の過程を観測可能とした。

(3)：気象条件、地形、インフラ、電波等の環境を考慮し、鹿児島および山形県にテストサイト、大阪平野に実用サイトを設定し、広帯域レーダシステムネットワークを構築した。各観測地点はインターネット網を通じて遠隔監視・操作により運用し、各地点で取得したデータを実時間で一時処理した後中央局に転送して、これらのデータ統合と処理を施すアルゴリズムの決定とソフトウェア開発を終えている。広帯域レーダと広帯域干渉計の観測結果を、統合データとして配信することが可能であり、更新間隔は 1 分を実現している。

(4)：広帯域レーダは観測点から 15km 以内の領域を最小 20dBz の感度で観測していることを確認した。広帯域干渉計は、観測結果に重大な影響を及ぼす系統誤差の定量的評価と、これを取り除く較正手法の提案を行った。

(5)：非静力学モデルによる数値予報で導かれる雲微物理のパラメータに、粒子同士の衝突とこれによる電荷分離の効果を追加し、雷

雲内電荷分布モデルの開発を行っている。発雷時の電荷分布構造が再現されており、実観測結果との比較によりモデルの妥当性が示されている。

3. 現在までの達成度

本研究課題は、これまで「②おおむね順調に進展している」と考えている。これまで構成する各要素に加えた機能向上や、開発したアルゴリズムを実装したソフトウェアの開発を終えている。観測・データ処理・データ配信も自動化されており、ハードとソフトの両面から広帯域レーダシステムネットワークが連続稼動可能な体制が整っていると言える。各装置が有機的に連携し、或いは相補的に働くことによって、積乱雲や雷放電活動を、ライフサイクルを通じて観測することが可能である。

4. 今後の研究の推進方策

今後の研究の推進方策は、これまでに開発を行った全ての要素を統合した、フルスペックの状態の広帯域レーダシステムネットワークによって、シーズンを通してデータを収集すること、および災害を引き起こすようなシビアな現象の事前予測シミュレーションモデルの開発である。本ネットワークによる高精度な観測データを実況に沿って移動させることによる短時間予報と、力学を考慮したモデルで予報される雲の微物理過程に電気的な効果を加え電荷分離を再現することによる中長時間予報を組み合わせ、最適な予報モデルを確立しようとしている。観測によりもたらされる電荷分離機構や地域特性などの情報をモデルに反映し、雲内電荷や発雷の数値モデルを構築する。モデルの検証は、観測結果を用いて行い、更にモデルへのフィードバックを行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

1. Y. Nakamura, E. Yoshikawa, M. Akita, T. Morimoto, T. Ushio, Z. -I. Kawasaki, T. Saito, T. Nishida, N. Sakazume, “High-resolution Precipitation and Lightning Monitoring by the Ku-band Broadband Radar and the VHF Broadband Digital Interferometer,” IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials, vol.129, no.12, pp.845-852 (2009) 査読有
2. 中村, 森本, 牛尾, 河崎, “雷嵐観測用 VHF 波帯広帯域干渉計の標定精度評価”, 電気学会論文誌 A, vol.129, no.8, pp.525-530 (2009) 査読有

3. E. Yoshikawa, T. Mega, T. Morimoto, T. Ushio, Z. Kawasaki, “Real-Time spectral moments estimation and ground clutter suppression for precipitation radar with high resolution”, IEICE Transactions on Communications, vol.E92-B, no.2, pp.578-584 (2009) 査読有
4. T. Mega, K. Monden, T. Ushio, K. Okamoto, Z. Kawasaki, and T. Morimoto, “A low-power high-resolution broad-band radar using pulse compression technique for meteorological application”, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol.4, no.3, pp.392-396 (2007) 査読有

[学会発表] (計 3 2 件)

1. 吉川, 秋田, 中村, 森本, 牛尾, 河崎, 「VHF 波帯広帯域デジタル干渉計と Ku 帯広帯域レーダを用いた雷嵐に対する初期観測結果」, 日本気象学会 2009 年度秋季大会, 福岡 (2009 年 11 月 27 日)
2. E. Yoshikawa, K. Imai, T. Morimoto, T. Ushio, and Z. Kawasaki, “Evaluation of high resolution precipitation profiles obtained by Ku-band broad band radar,” International Symposium on Radar and Modeling Studies of the Atmosphere, Kyoto, Japan (Nov 11, 2009)
3. M. Akita, S. Yoshida, T. Morimoto, T. Ushio, and Z. Kawasaki, “Observations of bipolar lightning flashes using the VHF broadband digital interferometer,” International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Kyoto, Japan (July 24, 2009)
4. 安藤, 中村, 林, 森本, 牛尾, 河崎, 「気象庁数値予報モデルを用いた雷嵐予報の実現に向けて」, 平成 20 年電気関係学会関西支部連合大会, 京都 (2008 年 11 月 8 日)
5. T. Morimoto, T. Ushio, and Z. Kawasaki, “Comprehensive thunderstorm observations by the broadband radar network,” The XXIXth URSI General Assembly, Illinois, U. S. A. (August 11, 2008) *Invited*
6. T. Ushio, E. Yoshikawa, T. Mega, T. Morimoto, and Z. Kawasaki, “Broad band radar for high resolution observation of precipitation,” IEEE Radar Conference, Rome, Italy (May 27, 2008)