

平成21年度「次世代ドップラーレーダー技術の研究開発」の開発成果について

1. 施策の目標

気象災害の原因となる突発的気象現象(集中豪雨、竜巻突風等)の観測を行い、災害を引き起こす大気現象の予測、発生状況の把握を迅速・的確に行うためのフェーズドアレイ・ドップラー気象レーダーの開発を行う。本研究の第一の目的は、これまで高価なことから導入の難しかったフェーズドアレイ・レーダーを現状の気象レーダーシステムと同価格帯にすることで、フェーズドアレイ・ドップラー気象レーダーを世の中に普及させることである。本研究を実施し、フェーズドアレイ・ドップラー気象レーダーを開発し評価することで、単なる技術実証に留めることなく、実運用化に道筋をつけることを目指す。

2. 研究開発の背景

強い降水帯を伴い雷や突風をもたらす積乱雲は、その発達から衰弱までの時間スケールが30分～1時間程度であることが多い。さらに、強い積乱雲下で発生するダウンバーストや竜巻などといった現象は、その時間スケールが数分程度、水平スケールが数百m～数kmといった小さなスケールの現象である。これらの現象を把握するには通常の気象レーダーでの5分周期の観測、および数百m～1kmメッシュ程度の空間分解能では不十分であり、これらの現象を解像するため高い時空間分解能を持つ観測網が要求される。

3. 研究開発の概要と期待される成果

時間、空間スケールは小さいが、シビアな現象を的確に捉えるために、高時空間分解能のフェーズドアレイ気象レーダーを開発する。フェーズドアレイ気象レーダーでの観測データを、1次元DBF(Digital Beam Forming)技術や各種データ処理技術を用いることで、水平30km四方、高度14kmまでの空間を水平・鉛直100mメッシュで10秒以内に密な観測データを生成する。

フェーズドアレイレーダーの開発

高時空間分解能の気象レーダーを開発



フェーズドアレイレーダー観測イメージ



アレイアンテナ
外観イメージ

フェーズドアレイレーダーの実証実験と性能評価

実証実験での検証用レーダーとの観測データ比較による、フェーズドアレイ気象レーダーの性能評価、信号処理手法の評価



フェーズドアレイレーダーと検証用レーダーのネットワークを構築



検証用レーダーと観測エコー



Observation result of SNOW

4. 研究開発の期間及び体制

- 平成20年度～平成24年度(5年間)
- NiCT委託研究(株式会社東芝、大阪大学)

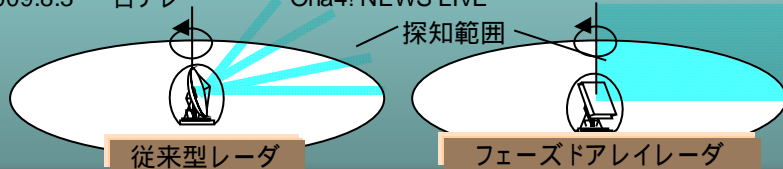
課題ア: フェーズドアレイ・レーダーの開発

システム運用の検討

従来型気象レーダは、パラボラアンテナ型であり、上空までの観測するのに5分以上要する。また、ビームが疎であり、観測分解能が荒い。フェーズドアレイレーダは空間に抜けがなく、**10秒～1分程度での降水観測が可能**となる。

レーダ運用モードを検討し、30km四方・高度14kmの空間に対して、1ポジションあたりのビーム数15程度での密な観測を実施するための、システム性能割付を実施した。2m級のアンテナを用いることで、ビーム幅を従来型レーダと同等にしつつ、**最短10秒での運用シーケンス**を実現可能なことが分かった。また、開発するシステムの系統や構成について検討した。

2009年夏に2件の**テレビ取材**を受け、放映された。
 2009.7.22 テレビ東京 ワールドビジネスサテライト
 2009.7.31 日テレnews24 デイプラMONO事業部
 2009.8.3 日テレ Oha4! NEWS LIVE



従来型レーダ

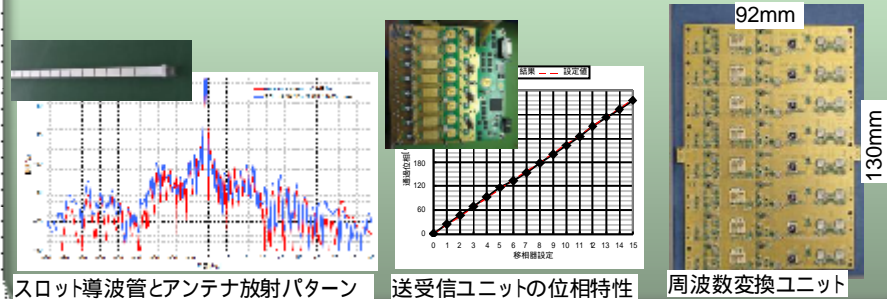
フェーズドアレイレーダ

アナログ技術

スロット導波管アンテナを試作し、アンテナ利得、ビーム幅、サイドロープレベルに関して、設計値どおりの測定結果が得られることを確認した。

送受信8系統を有するGaN送受信ユニットの試作評価を行い、送信電力、受信利得ともに設計通りの結果を得た。また、外部からの制御により所望の送受信位相が得られることを確認した。

周波数変換(9GHz帯を60MHzにタウンコンバート)回路8系統を有するユニットを試作評価した。**大幅な小型化を実現**しつつ、設計値通りの評価結果が得られた。



スロット導波管とアンテナ放射パターン

送受信ユニットの位相特性

周波数変換ユニット

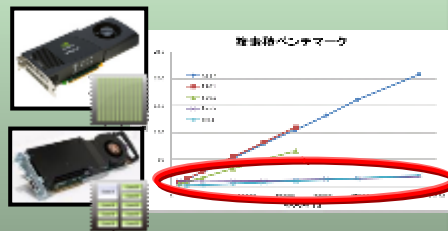
信号処理技術

同時多仰角処理のため、入力データが従来型レーダと比べて飛躍的に増大する。

処理の高速化のため、これまで気象レーダにあまり使用されていなかった**CELLやGP GPUといったマルチコアプロセッサ**を用いたHPCを活用する。ただし、処理に最適なシステムでありかつ安価であるシステムを構築することが重要。

XeonやDSPと比較して、一度に扱うデータサイズを大きくしても**処理速度の落ち込みが緩やか**であることを確認。

GP GPUやCellを用いたHPCを構築する場合には、一度に扱うデータサイズを大きくかつ処理の並列化ができるかがカギとなることがわかる。



評価したHPCと速度ベンチマーク結果

HPC: [ハイパフォーマンスコンピューティング]

今年の成果

フェーズドアレイ気象レーダのシステム設計を実施。運用モードの検討については、大阪大学と共同で検討し、NICTの意見も反映する形となり、産学官連携のメリットが発揮された。

アナログ技術の試作評価の結果、リスクの高かった要素設計に関する課題が解決できることが分かった。

信号処理技術については、最新のHPCを気象レーダに適用できるかの予備検証を行うとともに、速度ベンチマークの結果、観測データを束ねて処理することで高速化が図れる見込であることが分かった。

今後の課題

- システム設計の完遂。(H22年度)
- アンテナ系の製作および評価(H22年度)
- 信号処理系の製作および評価(H23年度)
- 実観測による観測データ取得と評価(H24年度)

課題イ：フェーズドアレイ・レーダーの実証実験と性能評価

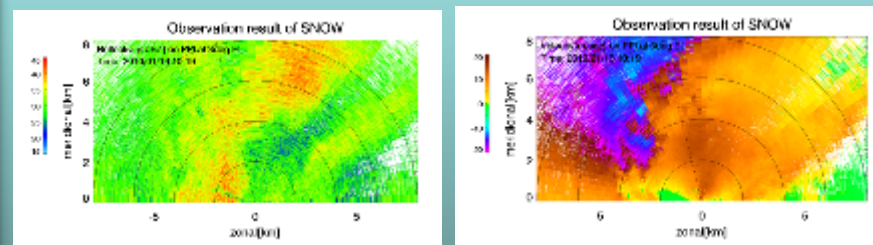
レーダ観測網の構築

- フェーズアレイレーダは、大阪大学吹田キャンパスに設置予定
- 大阪大学豊中キャンパス、大阪府東部(予定)、大阪市内(予定)の計3か所に検証用高分解能レーダを設置
- 淀川水系、大阪北部一帯をカバー



検証用レーダの予備観測

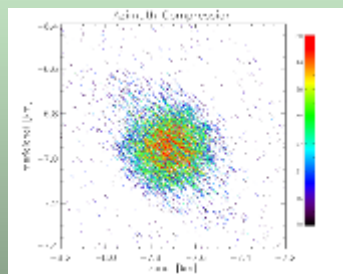
- 検証用の広帯域レーダによる予備観測を実施。
- 冬季のシビアな気象現象を観測し、乱気流データを取得。
- 突風等に伴う特徴的な信号を検出。



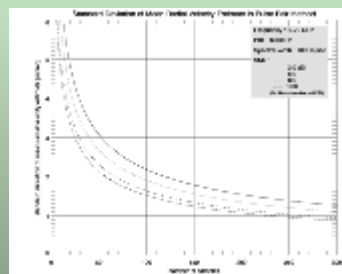
降雪の反射強度観測結果 降雪に伴うドップラー速度観測結果

フェーズドアレイレーダの設計

- フェーズドアレイレーダの詳細設計を東芝・大阪大学で実施。
- レーダ信号処理シミュレーションの実施
- 高分解能を実現するDigital Beam Former法の検討
- 安定的に動作する確率論的降雨減衰手法の開発



高分解能数値再現結果



強度速度精度検証結果

今年の成果

- フェーズドアレイレーダの詳細設計検討を実施。
- 信号品質とレーダ設計パラメータとのトレードオフを検討。
- 100m、10秒の高分解能観測を実現するための、レーダ信号処理技法の検討。
- 検証用広帯域レーダの設置と観測を行った。
- 広帯域レーダの検証実験への取材
 - 「広く細かく 庄内空港周辺 冬の風をつかめ」、山形新聞 2009.10.15
 - 「冬の風予測へ予備調査、宇宙機構・阪大など」山形新聞 2010.1.21

今後の課題

- 高分解能を実現し、実用に耐えるDigital Beam Forming法の検討と実装
- フェーズドアレイレーダ設置のための検討
- 方位角方向の高分解能の実現方法の検討
- 検証用レーダネットワークの構築

研究成果

1. これまで得られた研究成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	報道発表	展示会	標準化提案
次世代ドップラレーダ技術の研究開発	3 (3)	0 (0)	3 (2)	5 (3)	4 (4)	0 (0)	0 (0)

(1)表彰・受賞

- ・家氏策 平成20年電気関係学会関西支部連合大会 連合大会奨励賞(2009年4月)
「Ku帯広帯域レーダにおける降雨減衰補正の検討」

(2)研究成果発表会等の開催について

- ・定期的(3ヶ月に1度程度)にNICT、東芝、阪大の研究連絡会を開催
- ・2009年8月に、NICT自ら研、および大学等有識者を交えた検討会を開催した。最新の研究成果を紹介するとともに、それぞれの立場においての情報交換を実施。クローズな会議としたため、学会ではできない徹底した議論を実施した。
- ・2009年7月にコロラド州立大、大阪大学大学院工学研究科間学術交流協定を締結。次世代ドップラレーダ技術についても今後盛んな議論を実施する予定。
- ・特許出願

発明名称	出願日
・ 気象レーダ装置	2009/04/02
・ 気象レーダ装置及び気象観測方法	2009/06/26
・ 気象レーダ装置及びレーダ信号処理方法	2009/07/15

・発表論文

- ・ 牛尾知雄, 吉川栄一, 森本健志, 河崎善一郎, 気象レーダの小型化, 検査技術, Vol. 14, No. 7, pp. 16-21, 2009.7
- ・ 牛尾知雄, 吉川栄一, 秋田学, 中村佳敬, 森本健志, 河崎善一郎, 雷放電と積乱雲の高分解能観測技術とその科学, IEEJ, Vol.130-A, No.1, p.10-14, 2010.1

・研究会発表

- ・ International Symposium on Radar and Modeling Studies of the Atmosphere, Development and initial result of the small radar network at Ku band with high resolution, Kyoto University, Uji Kyoto Japan, Nov. 10-13, 2009
- ・ International Symposium on Radar and Modeling Studies of the Atmosphere, Development plan of phased-array radar for weather observation, Kyoto University, Uji Kyoto Japan, Nov. 10-13, 2009
- ・ The Kyoto University 2nd Global COE program (Sustainability Science for a Resilient Society Adaptable to Extreme Weather Conditions) seminar, Micro Radar Grid at Ku-band with High Resolution, Kyoto University, Uji Kyoto Japan, Dec. 17, 2009