

「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

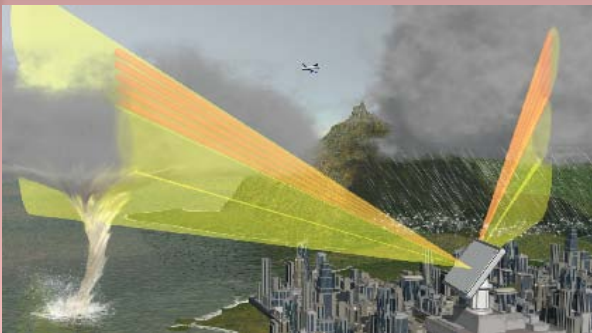
強い降水帯を伴い雷や突風をもたらす積乱雲は、その発達から衰弱までの時間スケールが30分～1時間程度であることが多い。さらに、強い積乱雲下で発生するダウンバーストや竜巻などといった現象は、その時間スケールが数分程度、水平スケールが数百m～数kmといった小さなスケールの現象である。これらの現象を把握するには通常の気象レーダーでの5分周期の観測、および数百m～1kmメッシュ程度の空間分解能では不十分であり、これらの現象を解像するため高い時空間分解能を持つ観測網が要求される。

3. 研究開発の概要と期待される成果

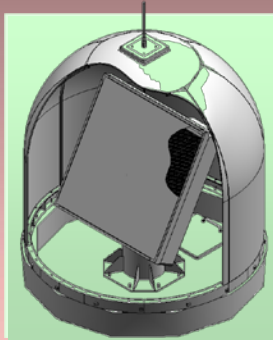
時間、空間スケールは小さいが、シビアな現象を的確に捉えるために、高時空間分解能のフェーズドアレイ・レーダーを開発する。フェーズドアレイ・レーダーでの観測データを、1次元DBF(Digital Beam Forming)技術や各種データ処理技術を用いることで、水平30km四方、高度14kmまでの空間を水平・鉛直100mメッシュで10秒以内に密な観測データを生成する。

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



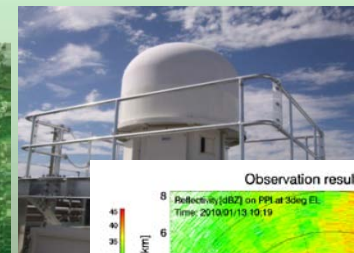
アレイアンテナ
外観イメージ

フェーズドアレイ・レーダーの実証実験と性能評価

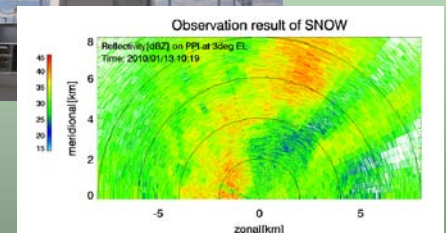
実証実験での検証用レーダーとの観測データ比較による、フェーズドアレイ気象レーダーの性能評価、信号処理手法の評価



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タワー



4. 研究開発の期間及び体制

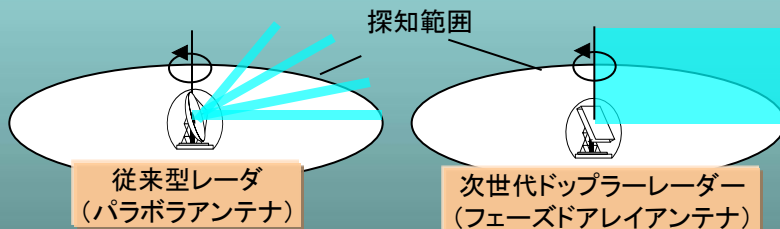
- 平成20年度～平成24年度(5年間)
- NICT委託研究(株式会社東芝、大阪大学)

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

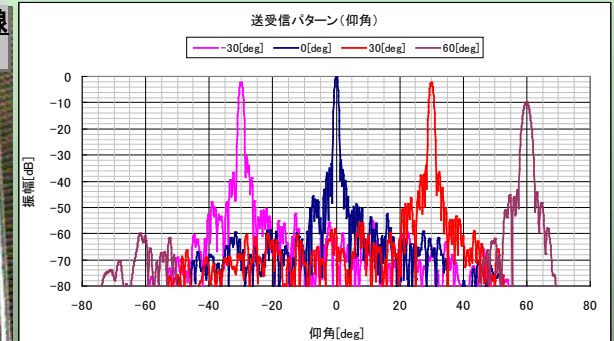
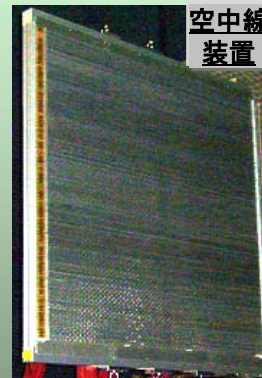
●従来型気象レーダは、パラボラアンテナ型であり、上空までの観測をするのに5分以上要する。また、ビームが疎であり、観測分解能が荒い。フェーズドアレイ・レーダーは空間に抜けがなく、**10秒～1分程度での降水観測が可能**となる。

●レーダー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。



フェーズドアレイアンテナの開発

●送信24ch、受信128chの機能をもつ**フェーズドアレイアンテナ**を開発し、送信電力432W以上、アンテナ受信利得42dBi以上、ビーム幅1.125°以下などのアンテナパターン測定結果が得られることを確認した。



仰角電子走査時の送受信往復のアンテナパターン

フェーズドアレイ・レーダー各種ユニットの開発

●8chの送受信可能な送受信ユニットおよび8chの受信可能な受信ユニットを開発した。フェーズドアレイアンテナ背面に送受信ユニット3枚、受信ユニット13枚合計16枚配置しており、**24chの送信、および128chの受信**が可能である。

●16chのA/D変換、I/Q検波可能な、レーダ受信ユニットを開発した。1chあたり60dB以上のダイナミックレンジを確保している。フェーズドアレイアンテナに8枚配置しており、**128chで同期のとれたA/D変換、I/Q検波**を可能としている。

●128chのI/Q信号より、ビーム幅1°程度の受信ビームを**Digital Beam Forming (DBF)にて最大16ビーム程度の同時処理**が可能となる、レーダ信号処理ユニットを開発した。フェーズドアレイアンテナ背面に1枚配置している。



送受信ユニット



レーダ受信ユニット



レーダ信号処理ユニット

今年度の成果

●フェーズドアレイ・レーダーのシステム設計を完了した。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如何なく発揮されている。

●フェーズドアレイアンテナの開発を実施し、設計通りのアンテナパターンを得ることができた。

●送受信ユニットなど、フェーズドアレイ・レーダーの各種ユニットを開発し、30km四方・高度14kmの3次元空間を最短10秒ごとに観測可能となる性能を満たすことができた。

今後の課題

●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

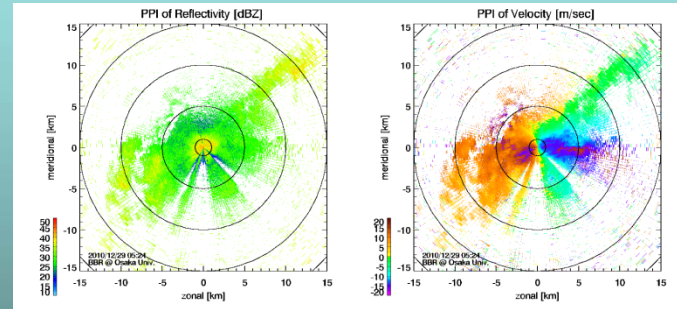
レーダー観測網の構築

- フェーズドアレイ・レーダーは、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、枚方渚水みらいセンター、住友電工大阪工場の計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



検証用レーダーの予備観測

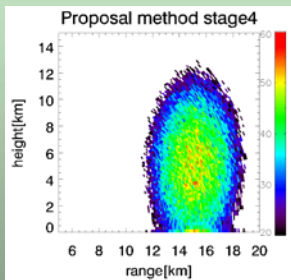
- 検証用の広帯域レーダーによる予備観測を実施
- 冬季のシビアな気象現象を観測し、乱気流データを取得
- 突風等に伴う特徴的な信号を検出



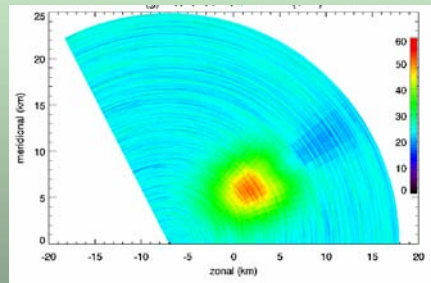
降雪の反射強度およびドップラー速度観測結果

フェーズドアレイ・レーダーの設計

- フェーズドアレイ・レーダーの詳細設計を東芝・大阪大学で実施
- レーダー信号処理シミュレーションの実施
- 適応的なクラッタ除去機能を有する信号処理手法の検討
- 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



確率論的降雨減衰補正結果

今年の成果

- フェーズドアレイ・レーダーの詳細設計検討を実施
- 適応的クラッタ除去アルゴリズムの開発、評価
- MMSEを用いた高分解能化手法の検討
- 検証用広帯域レーダの予備観測の実施
- 検証用広帯域レーダの設置個所の確保
- アンテナパターンの計測



予備観測風景

今後の課題

- クラッタ除去アルゴリズムの検討と実装
- フェーズドアレイ・レーダー設置に向けた準備
- 方位角方向の高分解能の実現方法の検討
- 検証用レーダーネットワークの構築と観測
- フェーズドアレイ・レーダーによる定常観測と観測データの評価
- フェーズドアレイ・レーダーの運用方法の検討と評価

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
次世代ドップラーレーダー技術の研究開発	7 (3)	3 (0)	3 (2)	11 (3)	3 (0)	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。次世代ドップラー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

出願番号	発明名称	出願日	出願国
・ P200990470	気象レーダ装置	2009/04/02	日
・ P2009152643	気象レーダ装置及び気象観測方法	2009/06/26	日
・ P2009166852	気象レーダ装置及びレーダ信号処理方法	2009/07/15	日
・ P201017554	気象レーダ装置及び気象観測方法	2010/01/29	米
・ P201017555	気象レーダ装置及び気象観測方法	2010/01/29	米
・ P201070580	気象レーダ装置及び気象観測方法	2010/03/25	日・米
・ P2010196046	レーダ装置及び気象観測方法	2010/09/01	日
・ P2010203642	レーダ装置及び気象観測方法	2010/09/10	日
・ P2010203724	レーダ装置及び気象観測方法	2010/09/10	日

・発表論文・学術解説等

- ・ YOSHIKAWA,E.,MEGA,T.,MORIMOTO,T.,USHIO,T.,and KAWASAKI,Z., Real-Time Spectral Moments Estimation and Ground Clutter Suppression for Precipitation Radar with High Resolution,IEICE TRANS.COMMUN.,Vol.E92-B,No.2, pp.578-584, February 2009
- ・ 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, pp.10-14, 2010.1
- ・ Eiichi Yoshikawa, Satoru Yoshida, Takeshi Morimoto, Tomoo Ushio, Zen Kawasaki, Initial Observation Results for Precipitation on the Ku-band Broadband Radar Network, ICSANE., pp.25-29, October 2010
- ・ Eiichi Yoshikawa, Satoru Yoshida, Takeshi Morimoto, Tomoo Ushio, Zen Kawasaki, Network Retrieval Technique for Precipitation Attenuation on Ku-band Broadband Radar Network, ICSANE., pp.255-259, October 2010
- ・ 「ゲリラ豪雨」を捕まえる～フェーズドアレイ気象レーダと可視化～, CYBERNET NEWS No.130, pp.20-21, Winter 2009

研究成果

・研究会発表

- 気象用フェーズドアレーレーダーの開発, 日本大気電気学会第80回研究発表会, 東京理科大学, 2009年1月8-9日
- 気象用フェーズドアレーレーダー開発の概要と計画, 電子情報通信学会2009年総合大会, 愛媛大学, 2009年3月17-20日
- Development and initial result of the small radar network at Ku band with high resolution, International Symposium on Radar and Modeling Studies of the Atmosphere, Kyoto University, Uji Kyoto Japan, Nov. 10-13, 2009
- Development plan of phased-array radar for weather observation, Kyoto University, International Symposium on Radar and Modeling Studies of the Atmosphere, Uji Kyoto, Japan, Nov. 10-13, 2009
- Micro Radar Grid at Ku-band with High Resolution, The Kyoto University 2nd Global COE program (Sustainability Science for a Resilient Society Adaptable Extreme Weather Conditions) seminar, Kyoto University, Uji Kyoto, Japan, Dec.17,2009
- 気象用フェーズドアレイ気象レーダにおける制約付きMMSE法の検討, 2011年電子情報通信学会総合大会, 東京都市大学, 2011年3月14-17日
- フェーズドアレイ気象レーダの開発, 平成23年電気学会全国大会, 大阪大学, 2011年3月16-18日
- An Advanced Power Amplifier Unit using X-Band GaN GEMT for Compact Active Phase Array Antennas, ICCAS-SICE International Joint Conference 2009, Fukuoka International Congress Center, Fukuoka, JAPAN, Aug 18-21, 2009
- アクティブフェーズドアレーアンテナ用X帯GaN送受信ユニット, 電子情報通信学会 宇宙・航空エレクトロニクス研究会, 長崎県美術館, 2011年1月28日

・報道発表(取材)

- | | | |
|-------------|-----------|-----------------|
| • 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 | ディブラMONO事業部 |
| • 2009.8.3 | 日テレ | Oha4! NEWS LIVE |