

# 平成23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

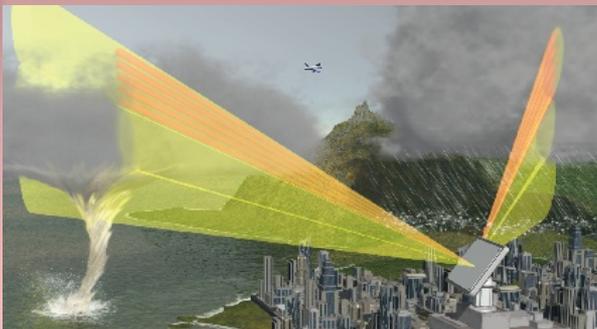
強い降水帯を伴い雷や突風をもたらす積乱雲は、その発達から衰弱までの時間スケールが30分～1時間程度であることが多い。さらに、強い積乱雲下で発生するダウンバーストや竜巻などといった現象は、その時間スケールが数分程度、水平スケールが数百m～数kmといった小さなスケールの現象である。これらの現象を把握するには通常の気象レーダーでの5分周期の観測、および数百m～1kmメッシュ程度の空間分解能では不十分であり、これらの現象を解像するため高い時空間分解能を持つ観測網が要求される。

## 3. 研究開発の概要と期待される成果

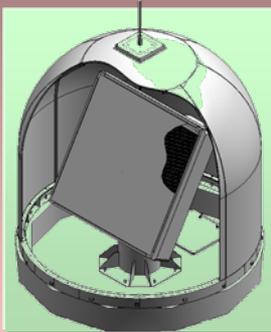
時間、空間スケールは小さいが、シビアな現象を的確に捉えるために、高時空間分解能のフェーズドアレイ・レーダーを開発する。フェーズドアレイ・レーダーでの観測データを、1次元DBF(Digital Beam Forming)技術や各種データ処理技術を用いることで、水平30km四方、高度14kmまでの空間を水平・鉛直100mメッシュで10秒以内に密な観測データを生成する。

### 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



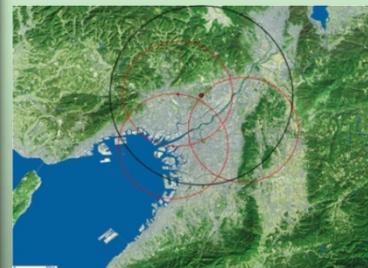
フェーズドアレイ・レーダー観測イメージ



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

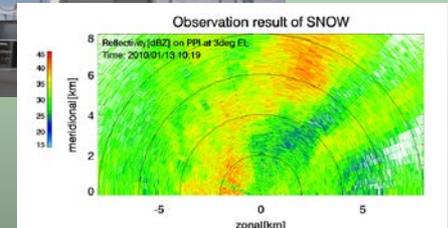
実証実験での検証用レーダとの観測データ比較による、フェーズドアレイ気象レーダーの性能評価、信号処理手法の評価



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



## 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

## フェーズドアレイアンテナの開発



フェーズドアレイアンテナ

- 送信24ch、受信128chの一次元フェーズドアレイアンテナを開発
- 固体素子の合計送信電力430W
- アンテナ内部にアナログ高周波部品を全て搭載
- 128chの受信I/F信号の同期A/D変換、I/Q検波
- Digital Beam Forming 処理による指向性ビームの16仰角同時形成
- 光通信にてレーダ処理装置への最大768MByte/sの高速データ伝送

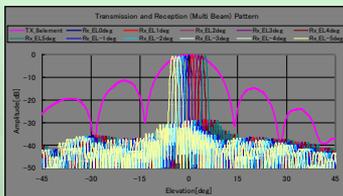
## レーダ制御・処理システムの開発



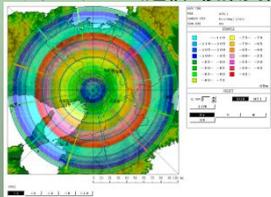
レーダ制御装置 レーダ処理装置

- 最大6rpm(10秒周期観測)のアンテナ駆動制御
- アンテナへの配電盤を内蔵
- 仰角0-90°の最大121仰角処理による隙間のない3次元観測データを10秒周期で作成
- 最大7日間の観測データ保存
- アンテナ素子の生データの最大3時間の保存
- レーダシステム制御監視機能
- 今後のシステム拡張による観測データの外部配信が可能

## フェーズドアレイ・レーダー総合試験



アンテナパターン(送信・複数受信)



観測画面(模擬データ)

- 電波暗室にてアンテナパターンを取得し、指向性のある送信ビーム形成および受信ビームの複数同時形成を設計どおりに実現
- 受信系、信号処理系の総合試験を実施し、10秒周期の3次元データがエラーなく生成されることを確認。
- 電波発射試験を4月に実施後、大阪大学へ移設予定。

## 今年度の成果

- 次世代ドップラーレーダーとなる、フェーズドアレイ・レーダーのシステムを開発した。
- アンテナパターン測定、および総合試験を実施し、設計どおりの結果を得ることができた。

## 今後の課題

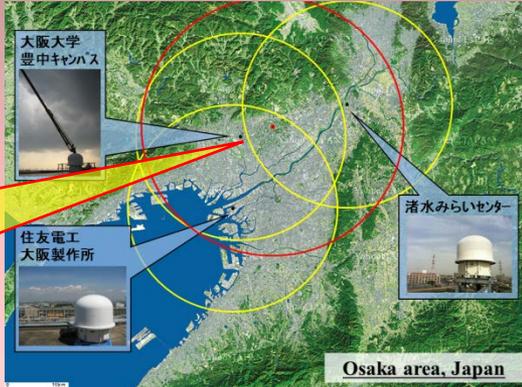
- 試験電波発射による試験観測、およびシステムの大阪大学への移設
- 関西地方での降雨観測/評価
- 研究者間のデータ共有を目的とした外部へのデータ配信
- フェーズドアレイ・レーダーシステムの改善検討

# 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

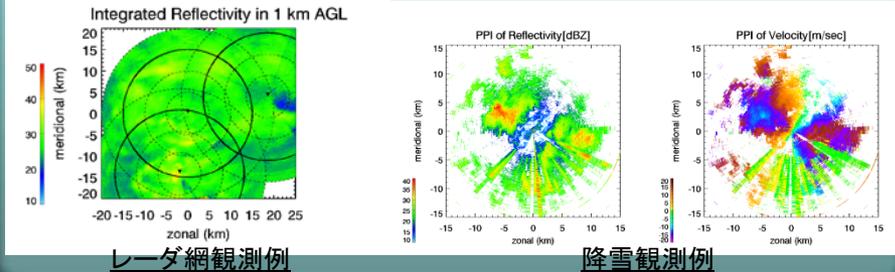
- フェーズアレイ・レーダは、大阪大学吹田キャンパスに設置予定
- 検証用高分解能レーダを大阪大学豊中キャンパス、枚方渚水みらいセンター、住友電気大阪製作所の計3か所に設置完了
- 予備観測・検証を開始

フェーズドアレイ・レーダ  
設置予定場所



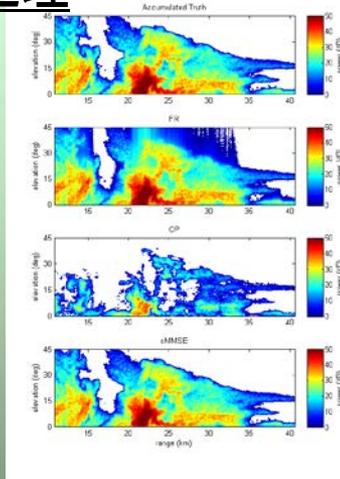
## 検証用レーダの予備観測・評価

- 検証用高分解能レーダによる予備観測
- 大阪平野にてレーダネットワーク観測を実施. レーダネットワークによる高品質な降水構造を取得
- 庄内空港において冬季の降雪及び突風の観測を実施. 冬季日本海側に見られる特徴的な竜巻の詳細構造を取得



## アダプティブアレイ信号処理

- グラウンドクラッタ及びアンテナサイドローブを低減する為にMMSE規範を用いたアダプティブアレイ信号処理手法を開発
- 降水からの信号を再現するレーダ信号シミュレータを用いた統計的な評価を実施. 従来のFourier, Capon法に比して、極めて高い性能(受信電力, ドップラー速度, 速度幅推定精度)を示した.
- 推定精度は送信ヒット数に依存せず, 高速観測に適している.



## 今年の成果

- 検証用高分解能レーダ網の大阪平野への設置
- 検証用高分解能レーダ網による, 多重観測の初期実験
- 検証用高分解能レーダによる山形県庄内空港周辺における降雪観測
- グラウンドクラッタ及びアンテナサイドローブ低減のためのアダプティブアレイ信号処理手法の設計
- レーダ信号シミュレータによる, 統計的な精度評価
- CSU-CHILLレーダデータによる高度なシミュレーションによる評価

## 今後の課題

- フェーズドアレイ・レーダの設置・初期観測
- 較正誤差や相互カップリングを軽減するための, アダプティブアレイアルゴリズムの改善
- アダプティブアレイアルゴリズムの実装・実観測による評価
- 検証用レーダ及びレーダ網を用いた, フェーズドアレイ・レーダの相互検証
- 観測の継続による信頼度の高い評価の実現

# 研究成果

## 4. 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	10 (0)	5 (0)	5 (2)	24 (13)	0 (0)	1 (1)	0 (0)

## 5. 研究成果発表会等の開催について

### (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」
- ・牛尾知雄 平成22年度日本大気電気学会学術研究賞受賞(2010年7月) 「各種測定器の開発と野外観測を中心とした雷嵐の観測的研究」

### (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。次世代ドップラー技術についても今後盛んな議論を実施する予定。
- ・2010年12月に中間報告会を実施。フェーズドアレイ・レーダーシステムおよび信号処理の開発状況を説明し、評価委員や総務省殿から高い評価を受ける。
- ・2011年9月に米ピッツバーグにて開催された気象レーダカンファレンスにて、フェーズドアレイ・レーダーおよび、MMSE法について発表。国際的な評価を受ける。
- ・2012年1月に大阪商工会議所で開催された公開シンポジウム「気象災害の軽減を目指したリモートセンシング技術の利用」にて、フェーズドアレイ・レーダーおよびその実証実験について発表。国の機関や自治体の気象防災担当者に次世代ドップラーレーダーの有効性を紹介。

### ・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・米
・ P2009152643	気象レーダ装置及び気象観測方法	2009/06/26	日・米
・ 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	日・米
・ P201017555	気象レーダ装置及び気象観測方法	2010/01/29	日・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
・ P201116260	レーダ装置及び気象観測方法	2011/01/28	日

# 研究成果

## ・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

## ・研究会発表

- 気象用フェーズドアレイレーダーの開発, 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イ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
- 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
- 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 2<sup>nd</sup> Global COE program ( Sustainability Science for a Resilient Society Adaptable Extreme Weather Conditions) seminar, Kyoto University, Uji Kyoto, JAPAN Dec 7,2009
- アクティブフェーズドアレイアンテナ用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
- 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
- フェーズドアレイレーダの開発, Japan Geoscience Union Meeting 2011, Chiba, JAPAN, May 22-27,2011
- Ku帯広帯域レーダネットワークの開発, Japan Geoscience Union Meeting 2011, Chiba, JAPAN, May 22-27,2011
- Development of the broadband radar network with high resolution, XXX URSI GASS, Istanbul, TURKEY, Aug13-20,2011
- Ku帯高分解能気象レーダネットワークの開発,平成23年電気学会 基礎・材料・共通部門大会,東京工業大学,2011年9月21-22日
- Development of Active Phased Array Weather Radar, American Meteorological Society, 35th Conference on Radar Meteorology, Pittsburgh, PA, U.S.A., Sept 26-30,2011
- Clutter mitigation in a phased array radar system using the MMSE formulation, 2011 AMS 35th Conference on Radar Meteorology, Pittsburgh, PA, U.S.A., Sept 26-30, 2011
- Rainfall observation of the Ku-band broadband radar network in Osaka, Japan, 2011 AMS 35th Conference on Radar Meteorology, Pittsburgh, PA, U.S.A., Sept 26-30,2011
- Spatial resolution of meteorological radar network consisting of high range and temporal resolution radars, 2011 AMS 35th Conference on Radar Meteorology, Pittsburgh, PA, U.S.A., Sept 26-30,2011
- Development of the solid state X-band radar and the phased array radar system in Japan, The National Weather Center, Oklahoma, U.S.A., Oct 3, 2011
- Near-field Antenna Measurement of an Active Phased Array Antenna for a New-Generation Weather Radar, Antenna Measurement Techniques Association 2011, Oct 18, 2011
- Research activities in Osaka University, International workshop on lightning physics in Osaka University, Osaka Univ, JAPAN, Dec 6, 2011
- Ku帯高分解能気象レーダネットワークによる大阪平野における3点同時観測の初期結果,日本大気電気学会第86回研究発表会,電気通信大学, 2012年1月5-6日
- フェーズドアレイ気象レーダの研究開発,公開シンポジウム「気象災害の軽減を目指したリモートセンシング技術の利用」,大阪商工会議所国際会議ホール, 2012年1月18日
- フェーズドアレイレーダ開発の背景と検証実験,公開シンポジウム「気象災害の軽減を目指したリモートセンシング技術の利用」,大阪商工会議所国際会議ホール, 2012年1月18日

# 研究成果

---

## ・展示会

- TOSHIBA's Weather Radar, American Meteorological Society, 35th Conference on Radar Meteorology, Pittsburgh, PA, U.S.A., Sept 26-30, 2011

## ・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
- 2009.8.3 日テレ Oha4! NEWS LIVE
- 2009.7.31 日テレnews24 デイブラMONO事業部

# 公開シンポジウム「気象災害の軽減を目指したリモートセンシング技術の利用

- 「フェーズドアレイ気象レーダの研究開発」について東芝が発表
- 「フェーズドアレイ気象レーダの開発背景と実証実験」について大阪大学が発表
- 総務省・国土交通省・自治体などの150名以上の参加をいただき、**近年の気象災害に対応した次世代ドップラーレーダーの有効性をアピール**
- 開催日
  - 平成24年1月18日(水)
- 場所
  - 大阪商工会議所 国際会議ホール
- 主催
  - 次世代安心・安全ICTフォーラム、
  - (独)情報通信研究機構
- 後援
  - 総務省近畿総合通信局
  - 近畿情報通信協議会

