

平成24年度研究開発成果概要書
「次世代ドップラーレーダー技術の研究開発」

(1) 研究開発の目的

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。加えて、フェーズドアレイ・レーダーで気象観測する上で、運用方法の検討やマルチパスや電波干渉などの課題に対する対策方法の確立も本研究の目的とする。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していく。

(2) 研究開発期間

平成20年度から平成24年度（5年間）

(3) 委託先

株式会社東芝<幹事>、国立大学法人大阪大学

(4) 研究開発予算（百万円単位切上げ）

平成20年度	162
平成21年度	94
平成22年度	198
平成23年度	133
平成24年度	125

研究開発課題と担当

課題ア：フェーズドアレイ・レーダーの開発（(株)東芝）

1. システム開発
2. 周波数割当・混信低減の検討
3. 観測範囲および周期の検討
4. 空間分解能の検討
5. アンテナサイドローブ除去およびクラッタ除去機能の検討
6. 最小受信感度の検討
7. 速度自動折り返し機能の検討
8. リアルタイム信号処理の検討
9. データ処理の検討
10. IQデータ収集の検討

11. データ変換の検討
12. リモート操作・監視の検討
13. 停電時運用の検討
14. 環境条件の検討
15. 軽量化および可搬性の検討
16. 製造費用・保守費用の検討

課題イ：フェーズドアレイ・レーダーの性能評価と実証実験（大阪大学）

1. 良質な下層の観測を行うための手法の開発
2. フェーズドアレイ・レーダーシステムの性能・機能検証のための数値実験
3. 想定される大気現象観測のための最適観測方法の検討
4. レーダーシステム性能・機能の試験
5. レーダーシステムの実証実験

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 76 件	(当該年度) 33 件
特許出願	国内出願	11	1
	外国出願	3	0
外部発表	研究論文	4	3
	その他研究発表	45	17
	プレスリリース	2	2
	展示会	11	10
	標準化提案	0	0

具体的な成果

- (1) 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、最短 10 秒周期の 3 次元のデータを作成し、ゲリラ豪雨の発達の様子を捉えることに成功した。
- (2) 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を実施。実データにてサイドローブ低減効果を確認した。
- (3) 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システムを整備した。

(7) 研究開発イメージ図

平成24年度「次世代ドップラーレーダー技術の研究開発」の研究開発成果について

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

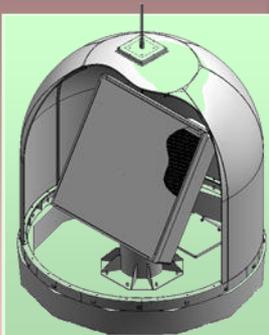
時間、空間スケールは小さいが、シビアな現象を的確に捉えるために、高時空間分解能のフェーズドアレイ・レーダーを開発する。フェーズドアレイ・レーダーでの観測データを、1次元DBF(Digital Beam Forming)技術や各種データ処理技術を用いることで、水平30km四方、高度14kmまでの空間を水平・鉛直100mメッシュで10秒以内に密な観測データを生成する。

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



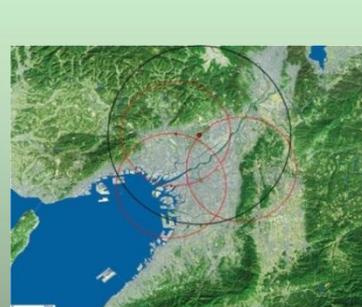
フェーズドアレイ・レーダー観測イメージ



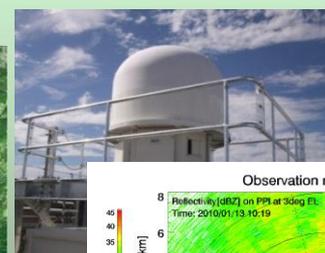
アレイアンテナ
外観イメージ

フェーズドアレイ・レーダーの実証実験と性能評価

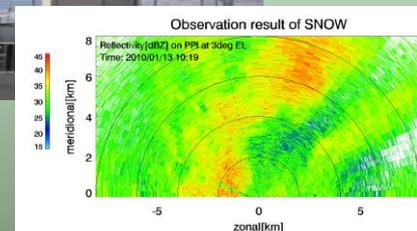
実証実験での検証用レーダーとの観測データ比較による、フェーズドアレイ気象レーダーの性能評価、信号処理手法の評価



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
観測エコー



4. 研究開発の期間、体制及び費用

- 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)、研究開発予算 総額711百万円(平成24年度125百万円)

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

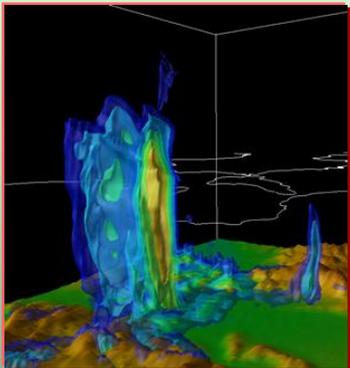
レーダ制御・処理システムの開発



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・レーダー試験



3次元観測事例

- 電波暗室でのアンテナパターン試験や総合試験を実施し、10秒周期の3次元データをエラーなく生成されることを確認。
- 大阪大学への移設工事を実施。試験観測の結果、局地的短時間豪雨の発達や地上の豪雨の様子を10秒~30秒周期に精細に観測できていることを確認。
- 観測データのNICTサイエンスクラウドへの配信システムを整備

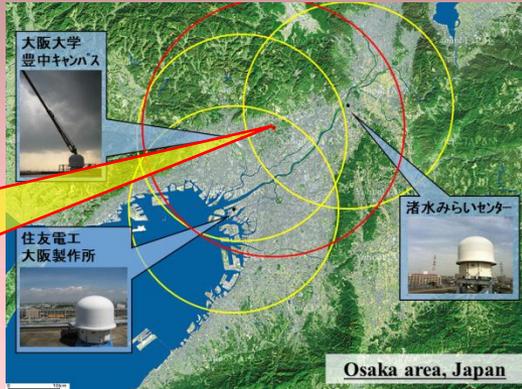
本研究の成果

- 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。
- 大阪大学屋上での降雨観測を実施し、最短10秒周期の3次元のデータを作成し、ゲリラ豪雨の発達の様子を捉えることに成功した。
- 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システムを整備した。

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

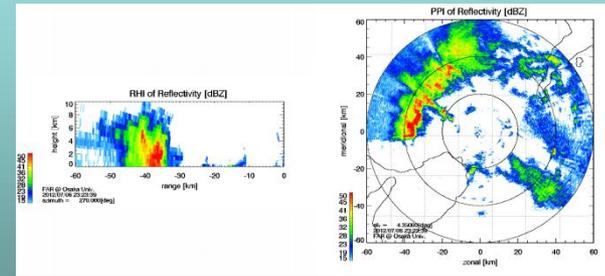
レーダ観測網の構築

- フェーズドアレイ・レーダーを、大阪大学吹田キャンパスに設置
- 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



観測・評価の実施

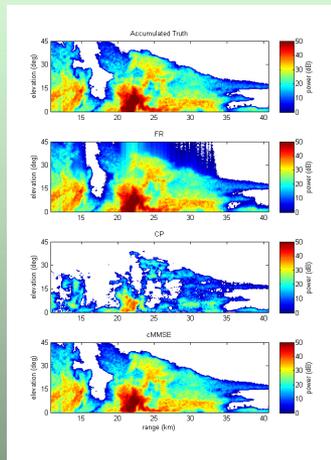
- フェーズドアレイレーダーを用いた試験観測を実施
- 夏季を中心に高分解能観測を実施して、積乱雲の生成、発達、消滅を高時間分解能で捉えることに成功
- 広帯域レーダネットワークおよび雨量計を用いた評価を実施



レーダ網観測例 RHI表示(左)とPPI表示(右)

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。



成果

- 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
- 開発したフェーズドアレイレーダを大阪大学に設置
- 観測を実施、高時間分解能で積乱雲の動態を捉えることに成功
- 設置した広帯域レーダネットワークとディストロメータとの相互比較を実施、評価を行った。

研究成果

5. 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	11 (1)	3 (0)	4 (3)	45 (17)	2 (2)	11 (10)	0 (0)

6. 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受賞(2009年11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」
- ・牛尾知雄 第68回電気学術振興賞論文賞受賞(2012年5月) 「VHF波帯広帯域干渉計で観測された夏季正極性落電の特性」

(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。
- ・2012年8月にプレスリリースを実施。テレビニュース、新聞で大きく取り上げていただき、本研究開発の成果が国民の関心と呼ぶものであることを確認できたこととともに、ユーザへのアピールにつながった。

7. 今後の研究開発計画

学会・展示会等でのPR活動を積極的に進めていくとともに、レーダーユーザへの提案活動を進めていく。