

世界初の実用型「マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ(MP-PAWR)」を開発・設置 ～ゲリラ豪雨や竜巻を、格段の高精度・わずか30秒・3次元構造で観測～

内閣府の SIP^{*1}「レジリエントな防災・減災機能の強化」の施策として、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT、理事長: 徳田 英幸)をはじめとする研究グループ*が開発した世界初²の実用型「マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ(MP-PAWR)³」を埼玉大学に設置しました。

本レーダは、発達する積乱雲を観測し、20～30分先の局地的大雨や竜巻危険度を高精度に予測することが可能であり、東京オリンピック・パラリンピックでの効率的な競技運営、自治体での水防活動や住民への避難指示、さらに日常生活では洗濯物の取込みなどへの活用も目指しています。

* 研究グループ

国立研究開発法人情報通信研究機構(理事長: 徳田 英幸)
公立大学法人首都大学東京(首都大学東京学長: 上野 淳)
東芝インフラシステムズ株式会社(代表取締役社長: 秋葉 慎一郎)
国立大学法人名古屋大学(総長: 松尾 清一)
国立大学法人埼玉大学(学長: 山口 宏樹)

【背景と課題】

近年、局地的大雨(いわゆるゲリラ豪雨)や竜巻による甚大な被害が社会問題となっています。このような局所的で突発的な大気現象の詳細な構造や、前兆現象を直接観測するのに最も有効な手段は、「気象レーダ」であるとされています。

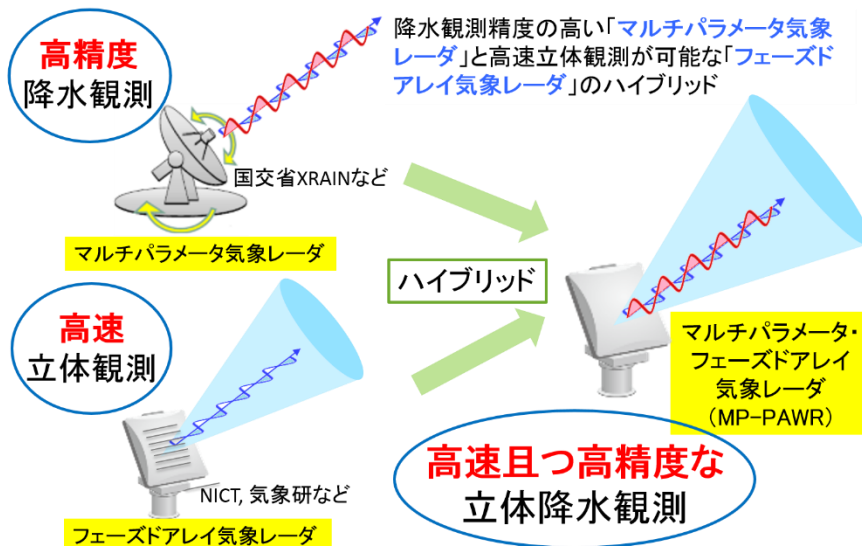
最近では、都市域の降雨をより細かく観測できる小型の「XバンドMPレーダ」⁴が整備されてきています。これらのレーダは、パラボラアンテナを機械的に回転させて降雨観測を行うため、地上付近の降雨分布観測には1～5分、降水の3次元立体観測⁵には5分以上の時間を要します。

局地的大雨をもたらす積乱雲は10分程度で急発達し、竜巻もわずか数分で発生し移動するため、それらの兆候をより迅速に察知するためには、従来よりも短時間で詳細に観測できる技術が必要でした。これを実現したのがフェーズドアレイ気象レーダ技術です。フェーズドアレイ気象レーダ(PAWR)⁶は、30秒で雨雲の3次元立体構造を観測することができ、ゲリラ豪雨などの突発的な豪雨の早期検知手法の開発に新たな展開をもたらしました。

一方で、MPレーダにはフェーズドアレイ気象レーダにはない偏波観測機能があるため、雨量の観測精度の面ではMPレーダの方が勝っていました。そこで、MPレーダと同等の観測精度を持ち、かつ、フェーズドアレイ気象レーダの高速3次元立体観測を可能とする「マルチパラメータ」フェーズドアレイ気象レーダ(MP-PAWR)の開発が期待されていました。



MP-PAWR 埼玉大学設置時の様子
(アンテナにレドームを被せる直前)



【今回の成果】

今回、SIP のプログラムにおいて、MPレーダの高い観測精度とフェーズドアレイ気象レーダの高速(およそ30秒で3次元観測性能を併せ持ち、長期にわたる降雨の連続観測も可能な世界初の実用型「マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ(MP-PAWR)」を開発しました。MP-PAWR は、フェーズドアレイ気象レーダと同様に、30秒で雨雲の3次元立体構造を観測でき、さらに、水平偏波と垂直偏波を同時に送受信する二重偏波機能を持っています。この新たな機能は、フェーズドアレイ気象レーダで用いていた導波管スロットアレイアンテナ⁷に代えて、2次元配列した偏波共用パッチアンテナ⁸を採用することにより実現しました。

MP-PAWR は、11月21日(火)に埼玉大学の建設工学科3号館に設置され、無線局免許取得に向けて性能評価を開始しました。MP-PAWR では、降雨量の観測精度が格段に向上するため、ゲリラ豪雨等の正確な早期探知にも大きな威力を発揮することが期待されており、SIP のプログラムにおいては、MP-PAWR を中心にした豪雨や竜巻、浸水などの早期予測に取り組んでまいります。

【MP-PAWR の利活用について】

SIP では、MP-PAWR を用いたゲリラ豪雨の早期予測・浸水予測、強風予測の情報提供を行い、東京オリンピック・パラリンピックでの効率的な競技運営、自治体での水防活動や住民への避難指示、さらに住民の洗濯物の取込みなど様々な場面での利活用を目指しています。例えば、東京オリンピック・パラリンピックでは、屋外競技の開始・中断・継続等の判断に活用したり、豪雨到来前に屋根がある場所に観客を誘導したりすることが可能になります。また、自治体が浸水の危険性がある場所を事前把握することによって、余裕を持って水防活動や住民への避難指示を行うことができるようになります。さらに、日常生活においては豪雨を避けて洗濯物の取込みができるなど、Society 5.0⁹の実現につながっていく取組です。



【今後の展望】

今後、所定の性能評価を行った後に無線局免許を取得し、来年夏のゲリラ豪雨等の早期探知・予測実証実験に向けた試験観測を実施します。来年夏のMP-PAWRを用いた実証実験では、市民を対象としたゲリラ豪雨の予測情報、自治体等を対象とした豪雨・浸水予測情報の提供、強風ナウキャスト情報の提供等を実施いたします。

<用語解説>

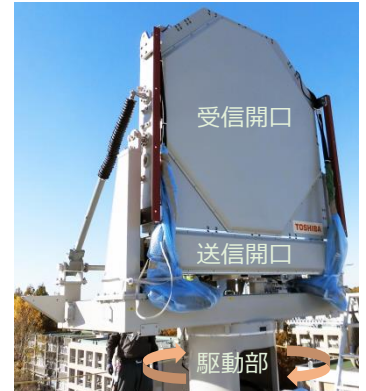
***1 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)**
 総合科学技術・イノベーション会議が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために2014年に創設したプログラム(詳細は、<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>)

***2 世界初**

水平偏波と垂直偏波を同時に送受信する二重偏波機能を有し、10方向以上を同時に観測可能なDBF(デジタル・ビーム・フォーミング)のリアルタイム処理機能を搭載した気象観測専用のフェーズドアレイレーダとして。

***3 マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ(MP-PAWR)**

フェーズドアレイ気象レーダにマルチパラメータ(二重偏波)機能を追加することにより、高速3次元観測性能を保ちつつ、雨量の計測精度を格段に向上させたレーダ。今回のSIPにおいて世界で初めて実用型レーダの開発に成功した。導波管スロットアンテナを1次元配列した従来のフェーズドアレイ気象レーダとは異なり、2次元配列したパッチアンテナを1次元フェーズドアレイレーダとして用いて、マルチパラメータ(二重偏波)と高速3次元観測を実現した。



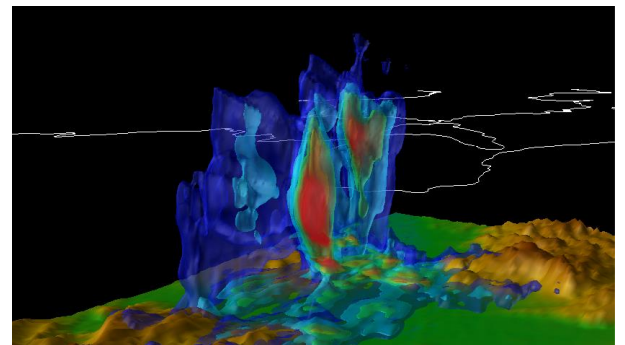
埼玉大に設置中のMP-PAWR

***4 XバンドMP(マルチパラメータ)レーダ**

日本の気象レーダで主に使われているCバンド(5GHz帯、波長約6cm)及びXバンド(9GHz帯、波長約3cm)の周波数帯のうち、アンテナの小型化ができるXバンドを用いたドップラー及び二重偏波観測が可能なマルチパラメータ(MP)レーダのこと。ここ数年、大学・研究所・国土交通省などにより、各地に導入が進められている。

***5 3次元降水分布**

一般に配信されるレーダ観測情報は、地図上にマッピングされた地上付近の(2次元)降雨分布のみであるが、雨は上空の雲中で生成され成長しながら地上に落下してくるため、上空の降水(雪・霰・雨など)の3次元構造を観測することで、大雨のメカニズム解明や10~30分程度の短時間予測が可能となる。既存の気象レーダでも、通常3次元観測を行っており、「ゲリラ豪雨の卵」や「竜巻の親雲」などが観測されているが、それらのより詳細な鉛直構造や時間変動が求められている。



PAWRで観測した3次元降水分布の例(京都府南部)

***6 フェーズドアレイ気象レーダ(PAWR)**

多数のアンテナ素子を配列し、それぞれの素子における送信及び受信電波の位相を制御することで、電子的にビーム方向を変えることができるレーダ。2012年にNICT、大阪大学、東芝が日本で初めて開発に成功したこのレーダは、30秒ごとに半径60km以内の雨雲の3次元構造を観測することができる。その後、PAWRは、大阪、神戸、沖縄、つくば等に設置され、高速観測性能を活かした気象予測手法の研究開発が進められている。現在、国内では実験用として5基のPAWRが稼働している。

参考: NICT プレスリリース <http://www.nict.go.jp/press/2012/08/31-1.html>

NICT プレスリリース <http://www.nict.go.jp/press/2017/07/04-1.html>

SIP 気象レーダーの特徴の比較			
	MPレーダ	PAWR	MP-PAWR
主な観測対象	雨・雪	雨・雪	雨・雪
風の観測	○ ドップラー機能	○ ドップラー機能	○ ドップラー機能
雨量推定精度	◎ 2重偏波機能 粒子判別も可能	△ 水平偏波のみ	◎ 2重偏波機能 粒子判別も可能
高速3Dスキャン	△ 機械走査	○ 仰角方向を電子走査	○ 仰角方向を電子走査
アンテナ	パラボラアンテナ	平面アンテナ(128素子 導波管スロットアンテナ)	平面アンテナ(偏波共用 パッチアンテナ2次元配列)
送信機	クライストロン、又は 半導体素子	半導体素子	半導体素子
観測半径	80km	60km	80km



(左)NICT 神戸に設置されたPAWR

(右)PAWR アンテナ部

*7 導波管スロットアレイアンテナ

導波管にスロット(細長い切り抜き)を設け、そのスロットから電磁波を放射する方式のアンテナ。偏波については一つの偏波しか選択できないのが通常。フェーズドアレイ気象レーダ(PAWR)では水平偏波としている。

*8 偏波共用パッチアンテナ

平面アンテナの一種であり、基板上に構成された放射素子より電磁波を放射する方式のアンテナ。実装方法により、一つのアンテナ素子で同時に二つの偏波を扱うことができる。マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ(MP-PAWR)では偏波共用パッチアンテナを採用した。

*9 Society 5.0

サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会(Society)のこと。狩猟社会(Society 1.0)、農耕社会(Society 2.0)、工業社会(Society 3.0)、情報社会(Society 4.0)に続く、新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。

http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html