

# 豪雨被害を減らせ 新型気象レーダーで観測強化

予報が難しい「ゲリラ豪雨」や竜巻などは、時として甚大な被害をもたらす。防災・減災のためには、こうした急激な気象変化の兆候を早期に捉え、事前の避難など適切な対応を取る必要がある。名古屋大学の高橋暢宏教授と東芝インフラシステムズの水谷文彦技術主査は、短時間で詳細な観測が可能な新しい気象レーダーを開発し、2020年の東京オリンピック・パラリンピックでの実用化を目指している。



みずたに ふみひこ  
**水谷 文彦**

東芝インフラシステムズ 小向事業所  
電波応用技術部 技術第一担当  
気象防災システム 技術主査

2003年 名古屋大学大学院環境学研究科修士課程修了。同年 東芝入社。気象レーダーシステムや気象予測システムなどの製品開発業務に従事。17年より現職。気象予報士。

たかはし のぶひろ  
**高橋 暢宏**

名古屋大学  
宇宙地球環境研究所 教授

1994年 北海道大学大学院理学研究科博士後期課程修了。博士(理学)。同年 通信総合研究所(現 情報通信研究機構)入所。専門は衛星気象学、レーダー気象学。2016年より現職。14年よりSIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」研究課題の「豪雨・竜巻予測」の研究責任者。

## 降雨最大30分前 スマホに情報配信

202X年某月某日、イベント会社に勤務するAさんのスマートフォン(スマホ)にメールが届いた。「降雨予測 B市C地区 10:00~10:10 10分間予測雨量15ミリ:恐怖を感じる降り方」。Aさんは直ち

に野外イベントが予定されている会場に連絡し、屋内退避の手順を関係各所に伝えた。

同じころ、育児休業中のDさんにもメールが届いた。「降雨予測 E市F地区 16:10~16:20 10分間予測雨量0.2ミリ:干した洗濯物の取り込みが必要」。Dさんは「上の子の保育園のお迎えの

前に、洗濯物を取り込まなくては」とつぶやき、傘を持って急ぎ足で保育園に出かけた。

ごく近い未来に、こんな光景が当たり前になる社会が実現しようとしている。防災科学技術研究所と日本気象協会は、SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」の一環として、今年7月から10月

末まで2000人のモニターを対象とし、雨が降る最大30分前にメールで情報を配信する「豪雨直前予測情報」実証実験を実施した。

モニターは最大2カ所を登録し、その場所での降雨予測情報を受け取ることができる。ニーズに応じて10分間の予測雨量0.2ミリから15ミリまで5段階の基準雨量と、受信する時間帯や間隔を選べる。一部の自治体にも予測雨量の情報を提供している。

このような情報提供を可能にしたのが、名古屋大学宇宙地球環境研究所の高橋暢宏教授と東芝インフラシステムズ電波応用技術部の水谷文彦気象防災システム技術主査らのチームが開発した「マルチパラメーター・フェーズドアレイ気象レーダーMP-PAWR(エムピーパー)」だ。2017年11月に、埼玉大学にある4階建て研究棟の屋上に設置された(図1)。

## 相次ぐゲリラ豪雨事故 難しい早期検知

MP-PAWRのデータ解析を担当しているのが、研究責任者である高橋さんだ。「2008年にいわゆる『ゲリラ豪雨』により死者が出る事故が相次ぎ、ゲリラ豪雨を早期検知する必要性が広く認知されました。しかし、当時の技術では発達途中の積乱雲を観測するのは難しかった

のです」と、開発のきっかけを振り返る。スマホのアプリなどで提供されている降雨予測のサービスは、観測時から雨の範囲と雨雲の動き方が緩やかに変わると仮定して未来の雨の量を予測する「ナウキャスト」という手法を取っている。しかしゲリラ豪雨の場合、原因となる積乱雲の発生から雨の降り始めまでが10分以内の場合もあり、急に降り出す豪雨を予測するのは難しい。

パラポアンテナ型の気象レーダーでは細い電波のビームを水平方向に出し、アンテナを回すことで面状にデータを取得している。アンテナを1回転させるごとに少しずつ角度を上げていくことで、立体的な雲の様子を捉えているため、高さ数キロメートルの雨雲を観測するには5分以上の時間がかかっていた。

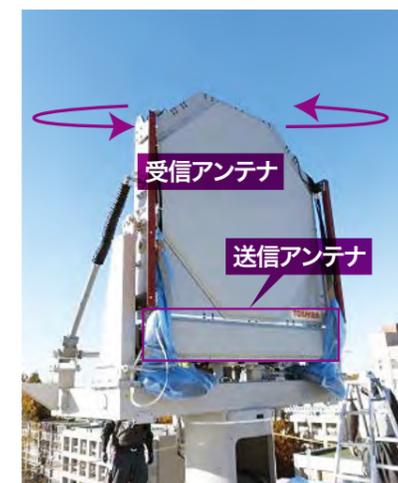
## 複数アンテナ、電子式を採用 雨雲の立体構造を30秒で観測

ゲリラ豪雨を検知するためには、地上15キロメートル程度の上空の雨雲の状態を観測する必要がある。上空で発生した「これから降ってくる雨」を捉えることが、より早期の検知につながるからだ。しかし、従来型の気象レーダーでは、観測する高度が上がる分、さらに観測に時間がかかってしまう。

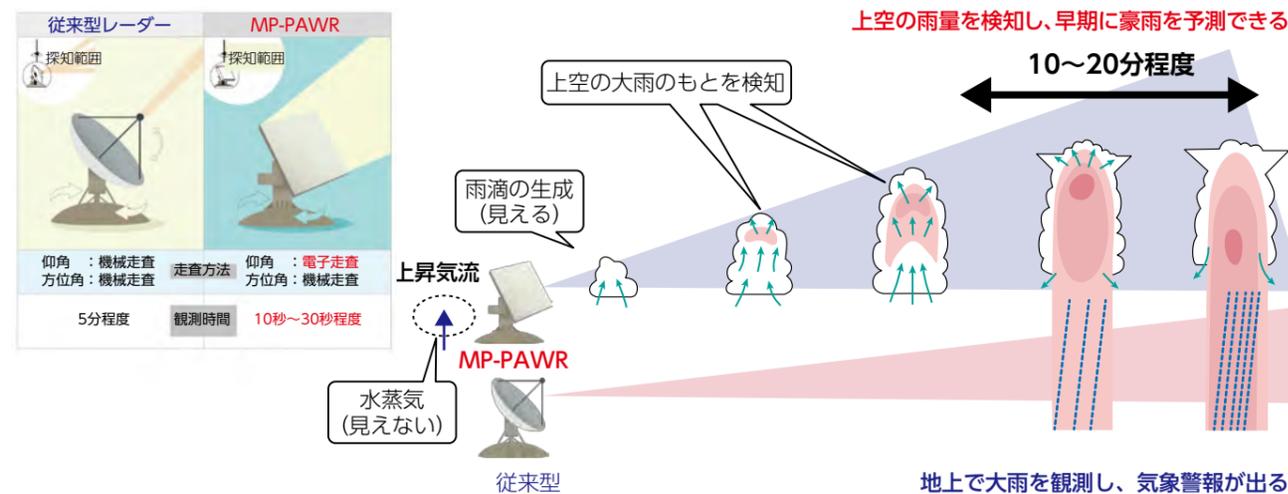
MP-PAWRの製作を担う水谷さん

は「複数のアンテナを並べて水平方向の観測範囲を広げ、仰角方向の走査を機械式から電子式にしたフェーズドアレイレーダーで、高速で精細な雨雲の3次元立体観測が実現しました」と話す(図2)。

フェーズドアレイレーダーはパラポアンテナのように上下に動かす必要がないため、1回転させるだけで高さ約15キロメートルまでの雲の様子を立体的に捉えられる。「観測時間は約30秒で、観測範囲は従来型と同じ半径およそ80キロメートルです」と水谷さん。半径60キロメートル以内ならば、



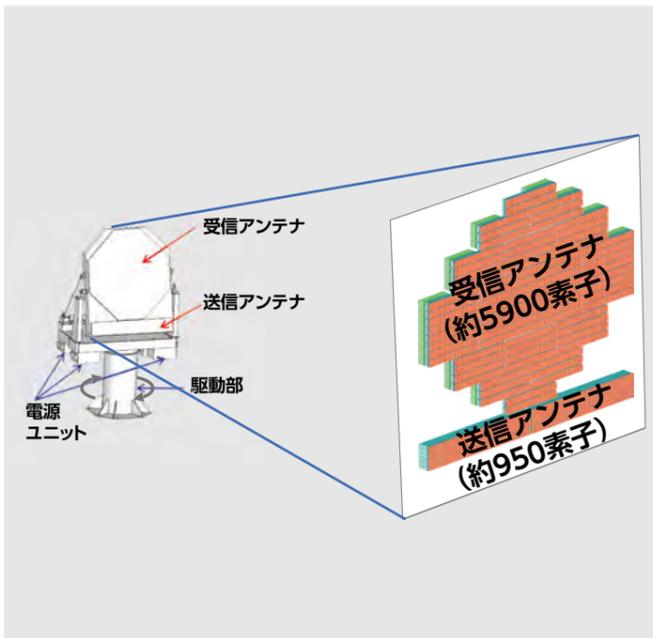
■図1 埼玉大に設置されたMP-PAWR本体。左ページの後方に白いドームで覆われた姿で写っている。



■図2 従来型レーダーとMP-PAWRの比較。上空の雨雲を検知できるMP-PAWRで観測することで、ゲリラ豪雨の早期予測が可能になる。



■図3 MP-PAWRが設置されている埼玉大(図中の★)を中心とした半径80キロメートルが最大観測範囲となる。半径60キロメートルではより高層の雲も観測可能。観測範囲内には荒川流域やオリンピック・パラリンピックの競技場(図中の●)の多くが含まれる。



■図4 MP-PAWRは複数の素子を組み合わせることで1つのパッチアンテナが構成されている。受信アンテナは110組(約5900素子)、送信アンテナは20組(約950素子)のパッチアンテナが配置されている。

より高層にある雲も観測できる(図3)。ゲリラ豪雨の原因となるような、急速に発達する雨雲を捉えることも可能になった。

### 2種類の偏波で雨量を推定 研究用ではなく「実用モデル」

ゲリラ豪雨を正確に予測するためには雨量の観測も重要だ。従来型レーダーでの観測では、雨粒に当たって返ってくる電波の強さから雨量を推定している。しかし電波の強さと雨量の関係は一定ではなく、正確な推定は難しい。

そこで、MP-PAWRはフェーズドアレイレーダーの機能に加え、水平の波(水平偏波)と垂直の波(垂直偏波)という2種類の電波を使うマルチパラメーター(MP)の機能を搭載した。水谷さんは「2つの偏波で観測すると、雲の中の雨滴の粒の大きさの分布に関する情報を得ることが可能になります」と話す。このようにして観測した雨滴の分布を垂直方向に積算すると、地表での降雨量を予測することができる。

MP-PAWRの開発には2つの技術的課題があったという。水谷さんは「1つは、水平・垂直偏波を発信できる平面ア

ンテナである『パッチアンテナ』の開発です。もう1つは受信アンテナ用の新しい半導体の開発で、これはアンテナの小型軽量化と建設費用の低減に大きく貢献します」と力を込める(図4)。

MP-PAWRが設置された研究棟内にはレーダーを制御・モニターする設備があり、基本的に24時間無人で運用されている。天候が急変した時に即応できる強みを持つ。

これらの技術の開発により完成したMP-PAWRは、観測の迅速化と雨雲の立体構造観測、雨量予測の3つを世界で初めて実現した(図5)。高橋さんはこれまでの観測結果について、「いくつかのゲリラ豪雨では、雲を撮影した画像と関連付けることで、豪雨の発生に関する新しい情報が得られています」と説明する(図6)。

防災・減災への活用だけでなく、気象の基礎研究に対しても、これまで観測ができなかった雲の発達の様子を追跡できるMP-PAWRの与えるインパクトは大きい。これに加えて重要なことは、新レーダーは研究用ではなく、「実用モデル」である点だ。プログラム終了後には、冒頭に掲げたスマホへの情報配信の他、防災・減災に役立てる応用を見据えている。

### ゲリラ豪雨に「事前」に対応 鉄道事業者との試み

ゲリラ豪雨や竜巻などの被害を最小限にとどめ、被災からいち早く立ち直り元の生活に戻るためには、災害の予測と被害の予防、災害情報の幅広い共有を図る必要がある。MP-PAWRで得られた情報を生かし、災害に対して事前に対策をとるための試みも動き始めている。その1つが鉄道の減災システムだ。

降雨の予測情報を土砂崩れや河川の氾濫のハザードと連携させることで、豪雨や浸水の被害が発生する前に列車を駅など適切な場所で停止させ、乗客の避難に役立てる。そのための情報システムを、複数の鉄道事業者がモニターとして参加した社会実験を通して開発している。

また、MP-PAWRの観測範囲に含まれる東京都の荒川下流域を対象とした台風による風水害に備えた事前防災行動計画(タイムライン)でも、観測結果を活用することが検討されている。現在、「荒川下流タイムライン検討会」には、埼玉県川口市や東京都墨田区など周辺の13自治体が参加し、災害時の防災行動について研究中だ。

### 課題は観測データの表現方法 民間企業との連携が必要

実証実験を進める中で、「新たな課題も明らかになってきました」と水谷さんは話す。観測したデータを生かし、1人1人の避難行動につなげるために「観測したデータをわかりやすく表現する方法を研究する必要があります。観測結果を3D表示するアプリの開発や、より使いやすいユーザーインターフェースなどの改良が今後の課題です」。

観測データを既存の地図データや、

従来型レーダーによる降水地域の測定結果といった他のデータと重ねると、わかりやすさが向上し、浸水予測などにも活用できる。「観測データを活用するには、民間企業と連携する必要があると感じています。使いやすい形でデータを提供する仕組みを構築していくことも重要だと考えています」と高橋さん。

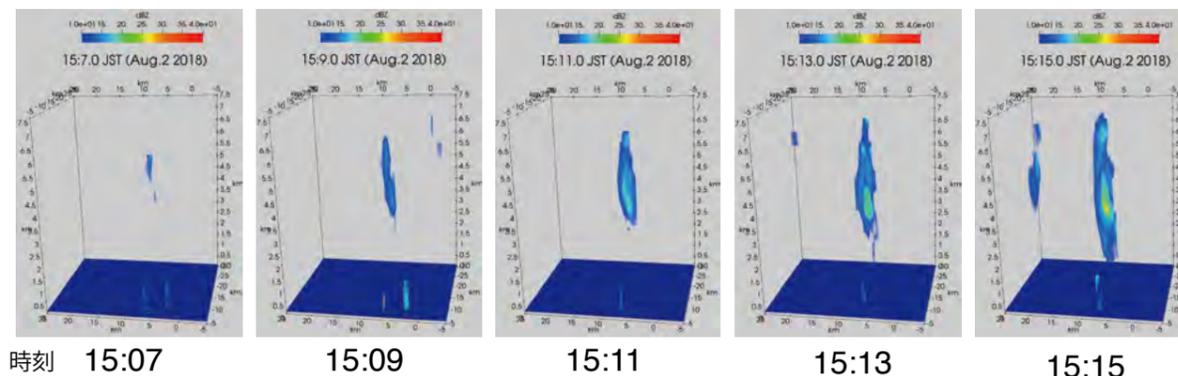
### 東京2020大会で活用想定 競技実施判断や観客誘導に

さまざまな防災・減災に向けた取り

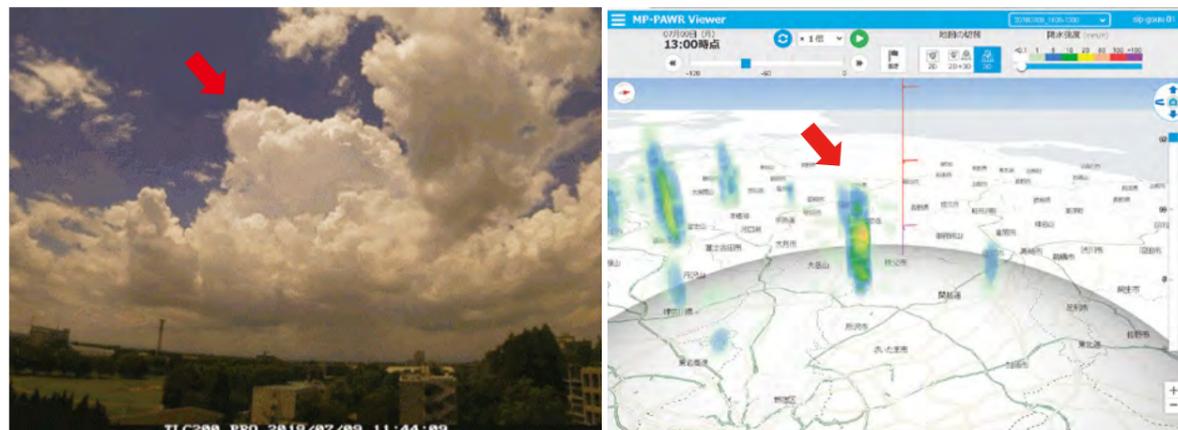
組みに生かされ始めているMP-PAWRだが、その他にはどのような活用があるだろうか。

高橋さんは「東京2020大会で、MP-PAWRの観測結果を屋外競技の開始・中断・継続などの判断材料としたり、豪雨が発生する前に屋根がある場所へ観客を誘導したりといった活用が想定されます」と言う。

世界中から多くのアスリートや観光客の集まるオリンピック・パラリンピックをより快適な大会とするため、MP-PAWRの貢献が期待される。



■図5 MP-PAWRの観測事例(2018年8月2日)。15時7分に発生した積乱雲が発達し、同15分に地上に雨を降らせるまでを捉えることに成功している。左側に別の積乱雲が発生したことも示されている。



■図6 MP-PAWRの観測データと同時刻の空の様子。発達する積乱雲(赤い矢印)を観測できていることがわかる。

### 予測・予防・対応 3つの柱で防災・減災に挑む

SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、MP-PAWRのような災害の「予測」に加え、耐震性の向上による被害の「予防」、そして災害に関わる多様な情報を収集、共有する「対応」の3つの柱の下、研究開発をしている。その開発の中心となる「府省庁連携防災情報共有システム(SIP4D)」は、国全体で状況認識を統一し的確に災害対応するために、多数の府省庁・関係機関の間で、情報を共有し利活用を実現するシステムだ。

SIP4Dはすでに実際の災害でも成果を上げている。2016年の熊本地震では、道路通行可否情報、国土地理院空撮画像、医療機関情報などに加え、建物の被害状況予測を提供することで、厚生労働省のDMAT(災害派遣医療チーム)の効率的な医療機関への派遣を支援した。2017年の九州北部豪雨では、交通規制や避難所の開設状況などをリアルタイムに関係者に配信することで、災害情報の全体像を関係機関が共有でき、効率的な対応の実現に貢献した。

多くの人が同時に助けを必要とするような大規模災害での、状況認識の統一と的確な活動のために、SIP4Dの利便性向上に向けた開発が続いている。