

SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」豪雨・竜巻の観測予測システムの研究開発について

名古屋大学宇宙地球環境研究所 高橋 暢宏



1 はじめに

近ごろ「ゲリラ豪雨が増えている」、「雨が激しくなっている」と感じている方も多いかもしれません。気象庁の統計でも実際に強い雨の回数が増えていることが報告されています。ゲリラ豪雨といえば、神戸市の都賀川での急激な増水によるいたましい事故や広島豪雨による土砂災害なども記憶に新しいと思います。竜巻にしても、毎年数回は竜巻の発生や被害のニュースが流れています。

このゲリラ豪雨や竜巻による被害から逃れる方法はないのでしょうか？ 答えは半分イエスで半分ノーです。例えば、広島豪雨での土砂崩れの発生を防ぐことはできませんでしたが、事前に適切な情報（予報）があつて避難できていれば人命は助けられたのではないかとされています。

このようなゲリラ豪雨や竜巻、土砂災害などの予報・予測が難しいのはどうしてでしょうか？ それは、豪雨が積乱雲（入道雲、雷雲）によってもたらされるためです。積乱雲の特徴は、強い上昇気流により急激に高く発達して上空に大量の降水粒子（雨や雪）を作り、それを一気に落とすことにより非常に限られたところに大雨や強風をもたらすことです。

では、これらの豪雨や竜巻の予測に必要なことはどんなことでしょうか。積乱雲が、「急激に高く」、「限られたところ（狭い範囲で）」発生することを考えますと、

発生する時刻や場所をこれまで以上に素早く、ピンポイントで予測することが必要なのです。現在の一般的なレーダ観測では、5分毎に10数仰角（高度）のデータを取得していますが、ゲリラ豪雨の探知には十分ではありませんでした。

ところで、積乱雲がやってくるのが分かったとして、私たちはその情報をどうやって得ることができるのでしょうか？ 最近はスマートフォンなどでも雨雲到来などを知らせてくれるサービスが出てきておりますので、これらを活用するのは大変有効だと思います。河川・下水道・道路等を管理する自治体にとっても、これまでにキャッチできなかったゲリラ豪雨や竜巻を捉えられるようになりますと、住民に避難を勧告したり、下水道のポンプを稼働させて下水道を溢れさせないようにする準備などには、メリットがあると思います。ただし自治体には責任がかかりますので、より正確な情報が必要になってきます。

前置きが長くなりましたが、本稿では、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の中で実施している豪雨・竜巻の観測予測システムの研究開発について紹介します。この研究開発では、ゲリラ豪雨をもたらす積乱雲を立体的に素早く捉えて、ゲリラ豪雨や竜巻を少しでも早く予測し、その情報を利用者（自治体や事業者、市民）へ提供することを目的としています。

2 SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」とは

国は平成 25 年に科学技術イノベーション総合戦略を打ち出し、それを受けて総合科学技術・イノベーション会議は戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) および革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) を創設しました。特に SIP は、府省・分野の枠を超えて、基礎研究から出口 (実用化・事業化) までを見据えた研究開発を実施するものであり、SIP の事業としては 11 課題が掲げられ、そのうちの 1 課題が「レジリエントな防災・減災機能の強化 (プログラムディレクター: 中島正愛 京都大学教授)」です。「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、大地震・津波、豪雨・竜巻等の自然災害に備え、官民挙げて災害情報をリアルタイムで共有する仕組みを構築、予防力の向上と対応力の強化を実現することを目標としており、私たちの研究であるゲリラ豪雨や竜巻の早期探知なども研究開発目標の 1 つとして掲げられています。

3 研究概要

私たちの行っている研究開発で目指すものは、「最新技術による機器開発・観測」から、それらを用いた「豪雨等の観測・予測技術の高度化」、そして「予測技術の応用・利用」までをシステム化することです。すなわち、1) 新しいレーダを開発してこれまで見るできなかった現象を捉えて、2) このレーダとともに様々な観測測器による観測およびそれらを用いた予測技術を開発し、3) 様々な目的に利用する、ことです。その中で、鍵となるのは最新のレーダ技術によるマ

ルチパラメータ (MP) フェーズドアレイ気象レーダ (以下、「MP-PAWR」と呼びます) の開発とその実社会への応用です。豪雨や竜巻の早期検知 (予測) に有効なのは、積乱雲の中で大雨が形成されている様子を的確に捉える事が重要であるため、既存の観測システムに加えて、MP-PAWR を開発することにより、時間変化の激しい積乱雲をこれまでの 10 倍程度の高時間分解能 (短い時間間隔) で立体的にかつ定量的 (雨量を正確) に捉え、予測技術の高度化、応用に寄与します。

具体的には、以下の 4 つのテーマを軸に研究開発を実施し、上述の目標達成を目指しております。

- a. MP-PAWR、パッシブレーダ等の研究開発
- b. ゲリラ豪雨等を引き起こす積乱雲の観測予測技術開発
- c. 鉄道における局地的短時間強雨等による災害に関する減災技術
- d. 水災害に対する観測・分析・予測技術の開発及び導入等

それぞれの位置づけは、a が急速に発達する積乱雲を高時間分解能で定量的に捉えるツールとしての機器開発、b は a のレーダ等によって得られるデータを用いた予測技術の研究開発です。ここでは、特に MP-PAWR の性能を最大限に引き出す研究が必要となるほか、さらなる早期予測に向けた MP-PAWR では検知できない雨雲の発生前や発生初期の観測データを気象予報モデルと合わせて有効利用する研究も重要となります。c と d は応用 (出口) 研究開発の 1 つと捉えられ、鉄道交通システムに焦点をあてたものと河川・土砂災害・都市浸水に焦点を当てた研究開発です。これらの a から d の研究開発により、ゲリラ豪雨や竜巻について、その予

測と実社会での利用（応用）までを含むシステムのプロトタイプを構築することを目指しています。

テーマaについては、情報通信研究機構、大阪大学、東芝、名古屋大学が担当し、テーマbについては、防災科学技術研究所、日本気象協会が担当、テーマcは鉄道技術総合研究所が埼玉大学・山口大学と協力して実施し、テーマdは国土交通省国土技術政策総合研究所が担当しております。そのほかにも、大学や研究機関、自治体等が協力機関として研究に参画し、実証実験等を実施する計画になっております。

4 新型レーダ（MP-PAWR） 開発について

気象レーダと言いますと、台風や大雨の時に天気予報やニュースでは地図に重ねて雨域（と強さ）が示されていると思えます。このようなレーダをもってしてもゲリラ豪雨をとらえることが難しいことは初めにも書きました。それを解決するためにフェーズドアレイレーダが開発されました。このレーダの最大の特徴は、30秒ごとに3次元の（立体的な）雨雲の情報を得ることができることです（このレーダでは通常のレーダのほぼ10分の1の時間で立体的な雨雲の情報を得ることができますが、その分、データも大量になります）。積乱雲の場合は、強い上昇気流により上空に大量の降水粒子（雨や雪）が作られ、それが地上に落ちてきますので、高い高度で大雨（の素）を捉えられれば、それがそのまま予測につながります。ですから、極端に言えば、MP-PAWRを用いますとそれだけでゲリラ豪雨の予

測につながります。MP-PAWRのプロトタイプと言えるフェーズドアレイ気象レーダ（PAWR）は、情報通信研究機構・大阪大学・東芝が開発しました（写真）。このレーダの特徴は、写真からはわかりませんが、128本のアンテナが並んでいて、それぞれで受信した雨雲から反射してきた電波を処理して立体的な情報が得られることです。

ここで、PAWRをMP-PAWRの違いについて説明します。レーダは電波を雨雲に向けて発射し、雨雲から返ってくる微弱な電波をとらえて、その時間と強さから雨の強さと位置を推定するものです。ところが、同じ強さの電波を受信しても、大粒の雨のときと小粒の雨のときでは雨量が異なります。この問題の解決のためにPAWRでは1種類の電波を送信していたものを、MP-PAWRでは2種類に増やして、雨の特徴をより正確に観測します。このレーダは、多く（Multi）の要素（Parameter）を得ることができるので、MPレーダと呼んでいます。MP-PAWRでは、半径60km圏内を30秒程度で、上空15km程度までの詳細な三次元空間の降水雲の探知が可能となり、MP化により高精度な降水量推定が実現できます。

5 防災に役立てるための 研究開発

ここまで、新しいレーダについて説明してきましたが、これで、何がかわるのでしょうか？何が足りないのでしょうか？毎日の生活で突然大雨に降られて、ずぶ濡れになった時には、たとえ「10分でも前に情報があれば」と思うでしょう。また、防災の観点では豪雨や竜巻の発生

に対する自治体からの避難勧告のタイミングも重要です。

これは、2つの課題に整理されます。1つは、ゲリラ豪雨などの大雨を素早くピンポイントで観測する技術がなかったことです。私たちは、MP-PAWRによる劇的な改善を期待しています。もう1つは、これらの情報を必要としている人にかに伝達するかということです。ゲリラ豪雨や竜巻では積乱雲が発生するずっと前にピンポイントで予測することは難しいので、MP-PAWRを使ったとしてもやはり30分前位になってしまいます。となりますと、インターネット・スマートフォンなどを利用した直接的な情報配信も重要です（緊急地震速報のイメージです）。一方で、土砂災害が河川氾濫といった災害では避難行動につなげるためには少なくとも数時間前（できれば半日前）に予測する必要がありますので、それに向けた研究開発も行っております。

6 研究開発計画

現在、このプロジェクトは5年計画の3年目ですが、レーダ（MP-PAWR）の開発と平行して、予測システムの開発を行ってきているところです。特に、SIPのプログラムとしては社会に実装するところまでを視野に入れておりますので、自治体や事業者、一般市民を対象とした社会実証実験を行ってきております。例えば、平成27年度には、一般市民を対象とした「10分先の大雨情報」の社会実験をテーマbの防災科学技術研究所と日本気象協会が実施しました。また、テーマaでは、既存のPAWRを用いて、ゲリラ豪雨の早期探知の実験を行っております。今後さらに、各テーマにおける社会実証実験を進

めるほか MP-PAWR を用いた本格的な社会実証実験を行う計画です。

7 まとめ

私たちの研究開発では豪雨や竜巻の発生を事前に捉えて、適切な避難ができるようになることを目指しています。さらに、2020年には東京でのオリンピック・パラリンピックが控えています。夏はゲリラ豪雨が多発しますので、この研究で開発したものが、東京オリンピック・パラリンピックに活用されることを目指して、さらなる開発を続けていきます。

謝辞：ここで紹介しました研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理人：JST）によって実施しています。



フェーズドアレイ気象レーダ（PAWR）の
アンテナ部