

次世代気象レーダー「フェーズドアレイレーダー」

～危険な風雨を捉え、災害を防ぐ～

○足立透(台風・災害気象研究部)

1. はじめに

発達した積乱雲は激しい風雨を伴って、しばしば甚大な災害を引き起こす。このような大気現象を素早く捉えて、的確な防災行動に役立てるためには、時空間にきめ細かな観測手段を確保することが欠かせない。近年新たに登場した気象用フェーズドアレイレーダーは、10～30秒という短い時間で全天のスキャンを完了することのできる次世代気象レーダーである。この新しい技術によって、急激に変化する積乱雲の内部を詳細に観測し、局地的な大雨や突風などの危険な風雨をもたらす大気現象の発生や、その前兆を捉えることが可能になると期待される。身に迫る危険な風雨をいかにして捉えるのか？未来の防災技術にどのように役立つのか？このような問いに答えるために気象研究所が推進する、フェーズドアレイレーダーを用いた研究開発の最前線を紹介する。

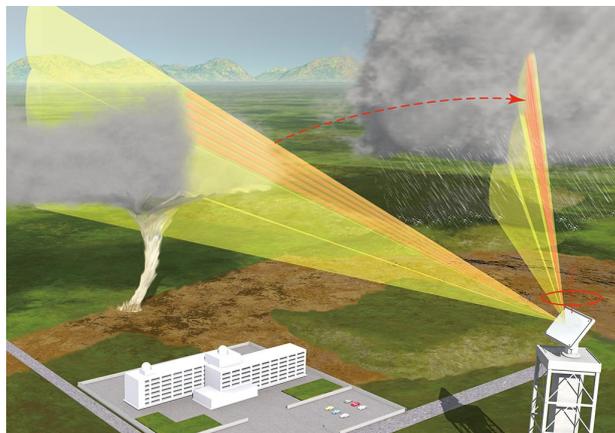
2. フェーズドアレイレーダーによる研究開発の最前線

2. 1. フェーズドアレイレーダーのしくみ

従来の気象レーダーは、パラボラアンテナと呼ばれる曲面状のアンテナを利用して細いビームを放射し、雲の中にある降水粒子を観測する。積乱雲の3次元構造をスキャンするためには、アンテナ自体の向きを上下・左右に動かす必要があるため、通常はアンテナの仰角を少しずつ変えながら水平に何度も回転させる方法で、5～10分の時間をかけて全天のスキャンを行っていた。

しかし、積乱雲は短時間に急発達することがあるため、短時間での観測が不可欠である。そこで登場したのが気象用フェーズドアレイレーダーである。この次世代気象レーダーはパネル面に数多くの小型アンテナを搭載し、各々から放射される電波を精密に制御することによって、ビームの向きを上下に瞬時に変えることができる。このため、アンテナを水平に1度回転させるだけで全天のスキャンが完了し、所要時間10～30秒という大幅な高速化が実現した。

気象用フェーズドアレイレーダーは、日本のほか米国でも開発が進められており、将来の実利用が期待されている。気象研究所では、2015年7月にフェーズドアレイレーダーを設置し、研究開発に利用している⁽¹⁾。つくば市を中心とする半径60kmの範囲を観測するため、東京都内を含む首都圏をカバーすることができる。



第1図: 気象研究所フェーズドアレイレーダーによる観測の模式図

2. 2. 危険な風雨を捉える

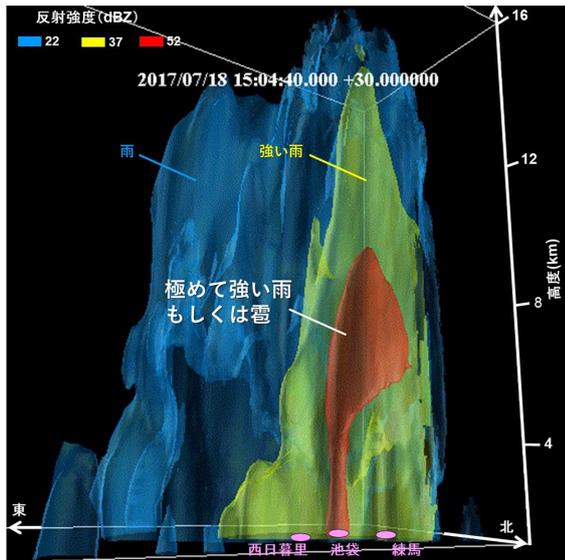
(1) 激しい雨をもたらす現象

2017年7月18日15時ごろ、東京都内で大量の雨と雹(ひょう)が観測された。このときのフェーズドアレイレーダーのデータを確認すると、高度14kmまで発達した積乱雲の中に、強いレーダー反射強度の領域が確認できる(第2図、赤色の領域)。反射強度は50dBZを超えており、これは極めて強い雨もしくは雹の存在を示唆する値である。この領域は高度6-10km付近に形成され、東進しながら練馬、池袋、西日暮里へと落下する様子が捉えられた。当該地域では、同じ時間帯に激しい雨と雹が観測されたため、フェーズドアレイレーダーはこれらの現象を捉えたものと考えられる。

さらに詳しく確認すると、フェーズドアレイレーダーがこの強い反射強度の領域を最初に観測したのが、地上に到達するおよそ10～20分前であることが分かった。このことは、地上に激しい雨や雹が降る前に、その兆候を検知することが可能であることを示すものである。

(2) 激しい風をもたらす現象

2017年7月4日21時50分ごろ、埼玉県草加市において突風被害が発生した。この被害をもたらした積乱雲を詳しく調べるため、気象研究所および日本無線株式会社がそれぞれつくば市および千葉市に設置した、2台の気象用フェーズドアレイレーダーによる雨および風に関する観測データを統合解析した。その結果、積乱雲の中で強い雨域が落下するとともに、その周辺で明瞭な渦が発達する様子が明らかになった(第3



第2図:2017年7月18日に東京都内に大量の雨と雹をもたらした積乱雲の様子

図)。被害域はこの渦の中心に対してやや南寄りに位置しており、渦の反時計回りの回転速度と東向きの移動速度が重なって、極めて強い突風が生じたと考えられる。

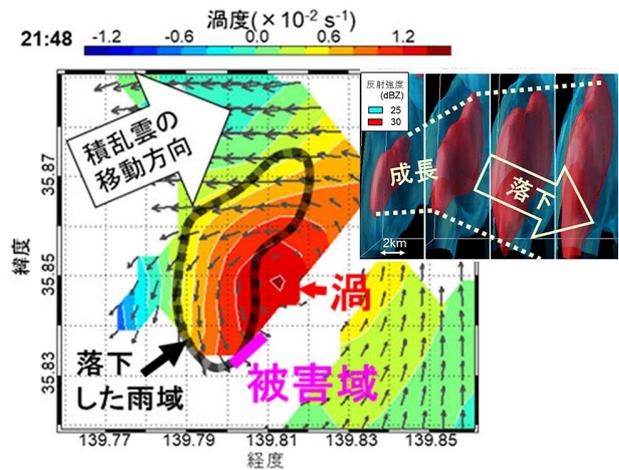
気象庁の現地調査^②によると、この突風の原因は特定されなかったものの、被害の痕跡などから竜巻が発生した可能性が示唆されている。フェーズドアレイレーダーは竜巻発生時によく見られる積乱雲の特徴を捉えており、渦の急発達に至るメカニズムの全容が明らかになった。

2. 3. 災害を防ぐ新しい技術に向けて

局地的な大雨・雹や竜巻などの突風は、狭い範囲に甚大な災害をもたらす現象である。このような危険な大気現象を素早く捉えてその進路などを予測し、身を守るための防災行動に役立てるため、気象研究所ではさまざまな研究開発に取り組んでいる。

その一つに、危険な領域を自動的に検出するための技術開発が挙げられる。時空間にきめ細かな観測を行うフェーズドアレイレーダーは膨大なデータを取得するため、実利用のためには、その中から危険な風雨の発生やその前兆を自動的に捉えて進路予測する技術が必要である。例えば局地的な大雨を捉えるためには、強いレーダー反射強度の領域を抽出して追跡することが有用であり、竜巻を捉えるためには、積乱雲の中に発達する渦を発見する技術が役立つ。また、これらを精度よく捉えるためには、その基となる観測データの品質を十分に確保するための技術開発も欠かせない。

気象研究所では、外部機関との連携によって新しい技術なども取り入れながら^③、このような課題を一つ一つ克服するための研究開発を進めていく。



第3図:2017年7月4日に埼玉県草加市で突風被害をもたらした積乱雲の様子。(右上)積乱雲の中で落下する強い雨域。(左)その周辺で発達する明瞭な渦と被害域の位置。

3. まとめ

私たちの社会は、局地的な大雨や竜巻などの突風、集中豪雨や台風といった、甚大な災害をもたらす大気現象と隣り合わせにある。身に迫る危険な風雨の発生とその前兆を素早く正確に捉えるためには、従来にない高い時空間分解能で現象を観測する技術が不可欠であり、フェーズドアレイレーダーは、この問題を解決するための画期的な手段である。気象研究所では、この次世代気象レーダーを用いて、さまざまな現象を詳しく調べて物理メカニズムの解明を進めるとともに、将来の実利用に向けて、危険域を素早く正確に発見して直前予測を行うための技術開発を進めている。このような先進的な取組を通して、新しい時代の安全・安心を支える、高度な防災気象情報の確立を目指す。

謝辞

本研究はJSPS科研費(17K13007)の助成を受けたものです。一部の解析には、日本無線株式会社が運用するフェーズドアレイ気象レーダーのデータを使用しています。

参考文献

- (1) 足立透, 「気象災害予測のための最新のレーダー技術」, 安全工学, 56, 6, pp. 475-481, (2017)
- (2) 熊谷地方気象台・東京管区気象台, 「現地災害調査報告 平成29年7月4日に埼玉県草加市で発生した突風について」, https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/new/20170704/20170807_kumagaya.pdf
- (3) 気象研究所, 「小型ドップラーレーダーによる突風探知アルゴリズムの開発」, http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H29/291205/press_release.pdf