

令和2年3月30日
気象研究所

令和元年10月12日に千葉県市原市で発生した竜巻による 上空の飛散物を最新の二重偏波レーダーが捉えました

気象研究所は、令和元年10月12日8時8分頃に千葉県市原市で発生した竜巻について、羽田空港及び成田空港に設置された気象庁の最新の二重偏波レーダーを用いた解析を行いました。この結果、竜巻によって地表面から巻き上げられた飛散物が、上空の渦とともに北西に移動しつつ、水平方向及び高度方向に拡がる様子を、国内で初めて2台の二重偏波レーダーにより精度よく捉えることに成功しました。

令和元年10月12日午前8時8分頃、令和元年東日本台風の接近に伴い、千葉県市原市で竜巻が発生し甚大な被害をもたらしました。気象庁の現地調査の結果、竜巻の風速は約65m/sであり、日本版改良藤田スケールで2(JEF2)と推定されています（[令和2年3月26日銚子地方気象台発表現地調査報告書](#)）。

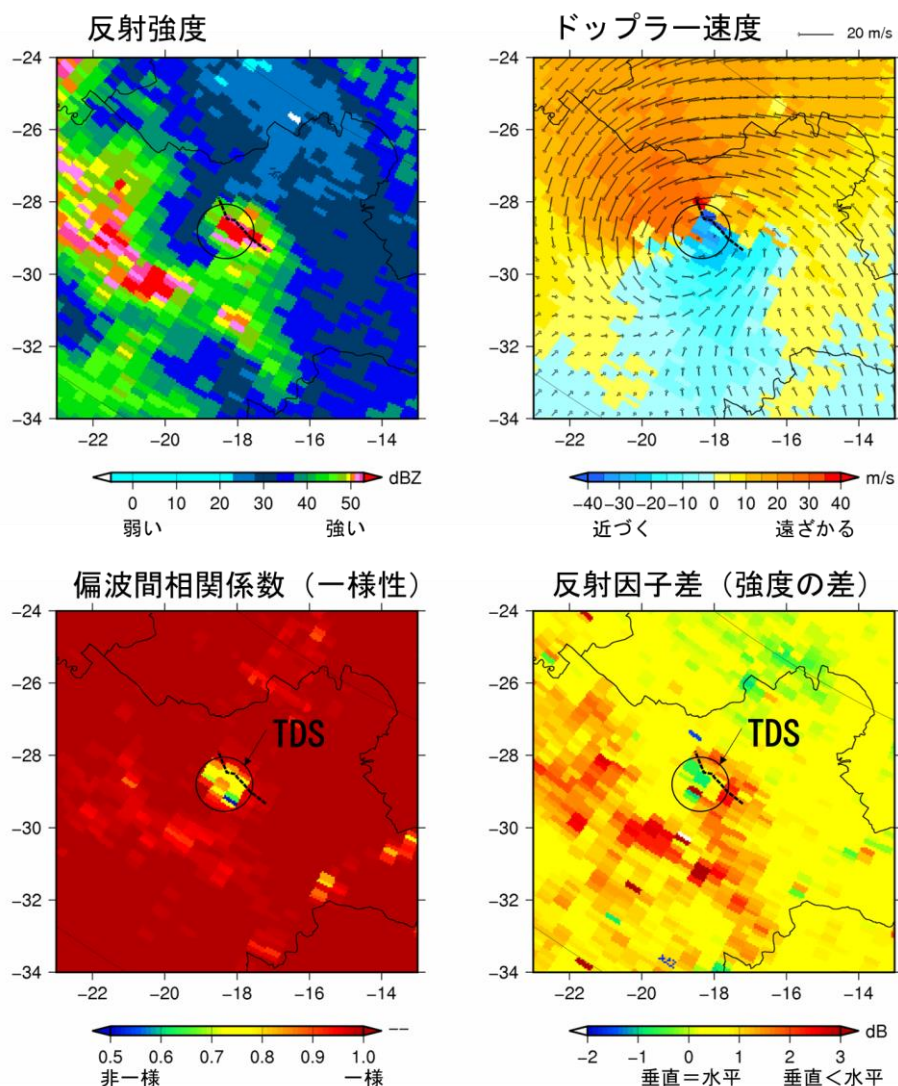
気象研究所は、この竜巻について、羽田空港及び成田空港に設置された二重偏波観測機能（別紙注1）を持つ、気象庁の最新の空港気象ドップラーレーダー（以下、二重偏波レーダー）を用いた解析を行いました。この結果、レーダーデータから、竜巻親雲中にある上空の渦と、竜巻による飛散物を示す特徴（以下、TDS：Tornadic Debris Signatureの略。Debrisは破壊物の破片の意）を捉えることに成功しました（第1図）。

二重偏波観測機能のない従来型気象レーダーではTDSを解析することができませんでしたが、最新の二重偏波レーダーを用いることで、このTDSを捉えることが可能となりました。本事例は、国内で初めて、2台の二重偏波レーダーにより鮮明にTDSを捉えたものです。

捉えられたTDSの分布（[動画](#)）を見てみると、TDSは竜巻被害地点の南西側（竜巻進行方向左側）に位置しており、時間経過とともに北西に移動しつつ、水平方向及び鉛直方向に広がっていました（第2図）。このことは、竜巻が上空の渦の北東側に位置し、竜巻によって地表面から巻き上げられた飛散物は、上空の渦と共に移動しながら、水平方向及び高度方向に拡がったことを示唆するものです。

今後も引き続き、より多くのデータと精度の高い解析手法を用いて、竜巻の実況監視や被害規模推定の高度化のための研究、竜巻のメカニズム解明等の研究を進めていきます。

問合せ先：気象研究所 台風・災害気象研究部 第三研究室 研究官 梅原
電話 029-853-8586 FAX 029-856-0644

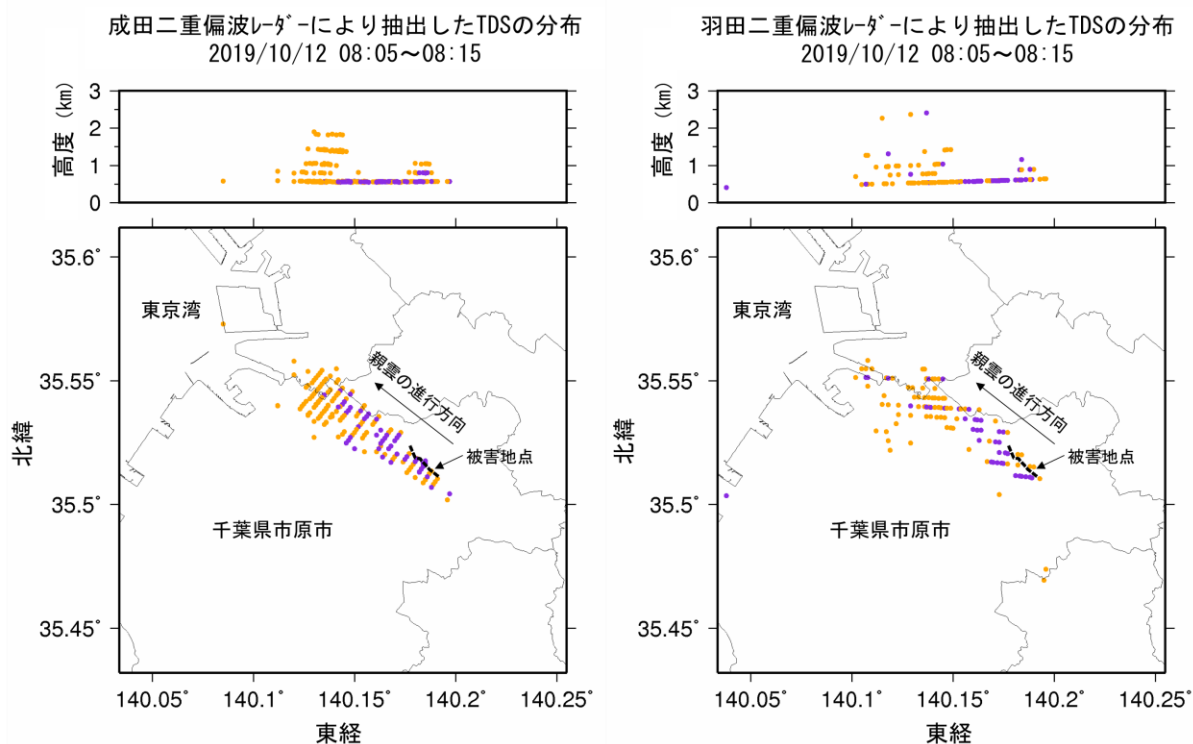


第1図：成田空港に設置された二重偏波レーダーによる仰角0.7度PPI¹観測データの表示（2019年10月12日8時9分頃、高度は約550m）。

それぞれ、反射強度(左上図)、ドップラー速度(右上図)、偏波間相関係数(左下図)、反射因子差(右下図)の分布。ドップラー速度の図中の矢印は、2台(羽田、成田)の二重偏波レーダーから求めた高度600mの水平風。各図中の黒破線は被害地点。縦軸・横軸は成田の二重偏波レーダーからの南北・東西の座標(単位はkm)。地図には国土数値情報の行政区域データを使用。

黒丸で囲んだ領域に注目すると、反射強度が大きく、渦を示すドップラー速度分布を持つことに加え、偏波間相関係数(一様性)が0.8よりも小さく、反射因子差(水平と垂直の反射強度の差)が0に近い(それより小さい)。これらの特徴はTDSの基準を満たす。観測要素の意味やTDSの基準は別紙参照。

¹ PPI: Plan Position Indicator の略。特定仰角にアンテナを向け方位方向に回転させる観測のこと。



第2図：2019年10月12日8時5分～8時15分の全仰角のPPI観測データから抽出したTDSの空間分布。（左図は成田空港の、右図は羽田空港の二重偏波レーダーによるもの）。

黒破線は被害地点。紫の点は先行研究のTDS抽出条件（別紙参照）により抽出した点を、オレンジの点は、地形などのノイズが混入しない領域で、先行研究の抽出条件を緩和して抽出した点を示す。地図には国土数値情報の行政区域データを使用。

2台のレーダーにより異なる方位から捉えたTDSは、いずれも竜巻被害地点の南西側（竜巻進行方向左側）に位置しており、時間経過とともに北西に移動しつつ（図では右から左へ）、水平方向及び鉛直方向に広がっていた。

竜巻による飛散物を示す特徴「Tornadic Debris Signature : TDS」について

TDS とは、レーダーデータ上における竜巻による飛散物を示す特徴のことであり、先行研究 (Ryzhkov et al. 2005) では TDS を満たす基準として、以下①～⑤の項目が示されています。特に TDS をはっきりと特徴づける②及び④の観測要素は、二重偏波観測機能 (注 1) を持つレーダーに特有のものであります。

- ① 反射強度がフック状のパターンを持つ
- ② 偏波間相関係数 (注 2) が 0.8 より小さい
- ③ ドップラー速度分布で明瞭な渦のパターンがある
- ④ 反射因子差 (注 3) が 0.5dB より小さい
- ⑤ 反射強度が 45dBZ より大きい

現在、竜巻の発生の実態、規模や被害の詳細な把握には、現地調査が唯一の手段ですが、調査に時間と人手を要するため、被害の早期の全容把握が困難なことがあります。また、夜間や人家のない場所で生じた竜巻などは認知されていない可能性もあります。TDS は竜巻が発生した直後に現れる特徴であり、予測指標には利用できないものの、竜巻発生の実態把握のヒントとして利用できる可能性があります。

- 注1. 二重偏波観測機能：水平、垂直、それぞれの方向に振動する電波（水平偏波、垂直偏波とよぶ）を同時に発射し、反射された電波の水平、垂直の違い（強度の差、伝わる速度の遅れの差など）を見ることで観測対象の形状や分布の一様性などを観測する機能。
- 注2. 偏波間相関係数：水平偏波と垂直偏波の受信信号の相関係数。雨だけ、雪だけの場合はほぼ1となるが、異なる形状の物体が混在している場合は1より小さな値をとる。
- 注3. 反射因子差：水平偏波と垂直偏波で観測した反射強度の差。大きな雨粒などのように扁平なほど大きな値をとり、球形の場合は0となる。ただし、不規則な形状の観測対象が、回転により不規則な向きで分布している場合などにも0に近い値をとる。

(参考文献)

Ryzhkov, A. V., T. J. Schurr, D. W. Burgess, and D. S. Zrnich, 2005:
Polarimetric tornado detection. *J. Appl. Meteor.*, **44**, 557-570.