

気象研究所研究成果発表会

2019年12月7日(土)

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～

気象研究所 台風・災害気象研究部
足立 透
tadachi@mri-jma.go.jp

背景の図: (左)気象研究所フェーズドアレイレーダー、(右)2017年7月18日に東京都内に激しい雹をもたらした積乱雲の観測結果

1. はじめに

2. 現象を理解する

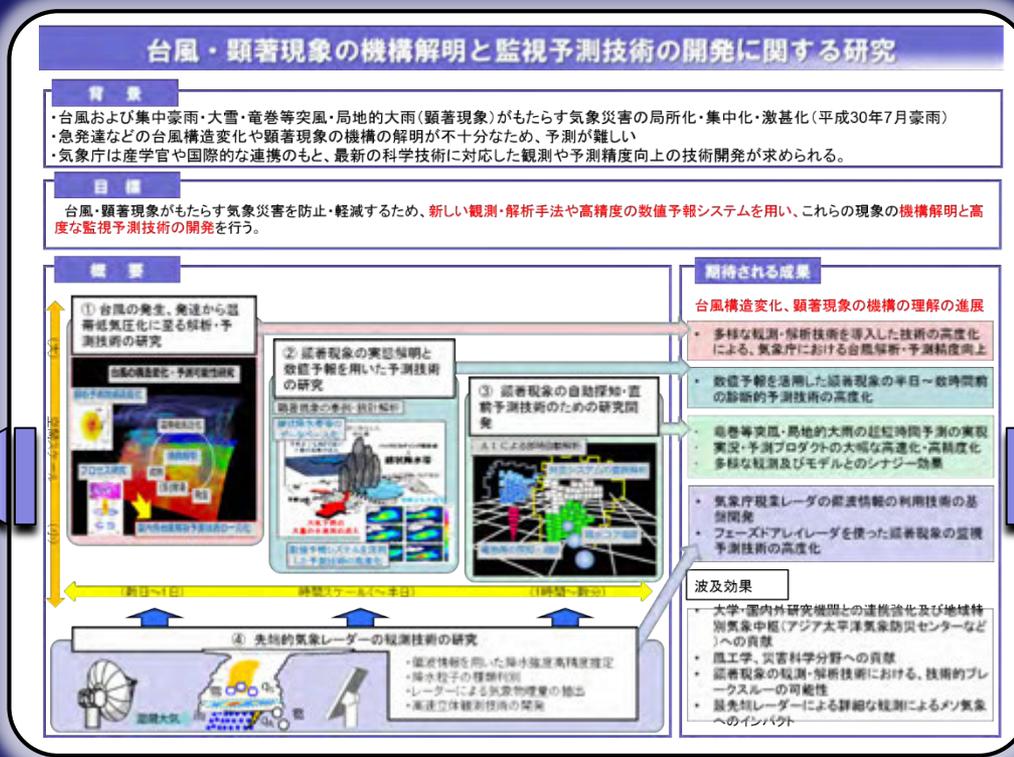
3. 監視・予測技術を開発する

4. まとめ

2019～ 新しい5年計画(4分類・9課題)がスタート!

“課題解決型” 研究

T課題: 台風・顕著現象の機構解明と監視予測技術の開発に関する研究



D課題: データ同化技術と観測データの高度利用に関する研究



C課題: 気候・地球環境変動の要因解明と予測に関する研究



局地化・集中化・激甚化する気象災害・・・

局地的大雨

平成20年：呑川(東京)、湯檜曾川(群馬)、都賀川(兵庫)、
雑司ヶ谷幹線(東京)など

台風

平成28年第7・9・10・11号、平成29年第18・21号、
平成30年第21・24号、令和元年第15・19号、など

集中豪雨

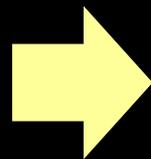
平成26年8月豪雨、平成27年9月関東・東北豪雨、平成29
年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨、など

竜巻等突風

平成24年つくば市など、平成25年越谷市など、同年台風
18号に伴う各地での突風被害、

<課題>

- ・現象を理解する
- ・監視・予測技術を磨く

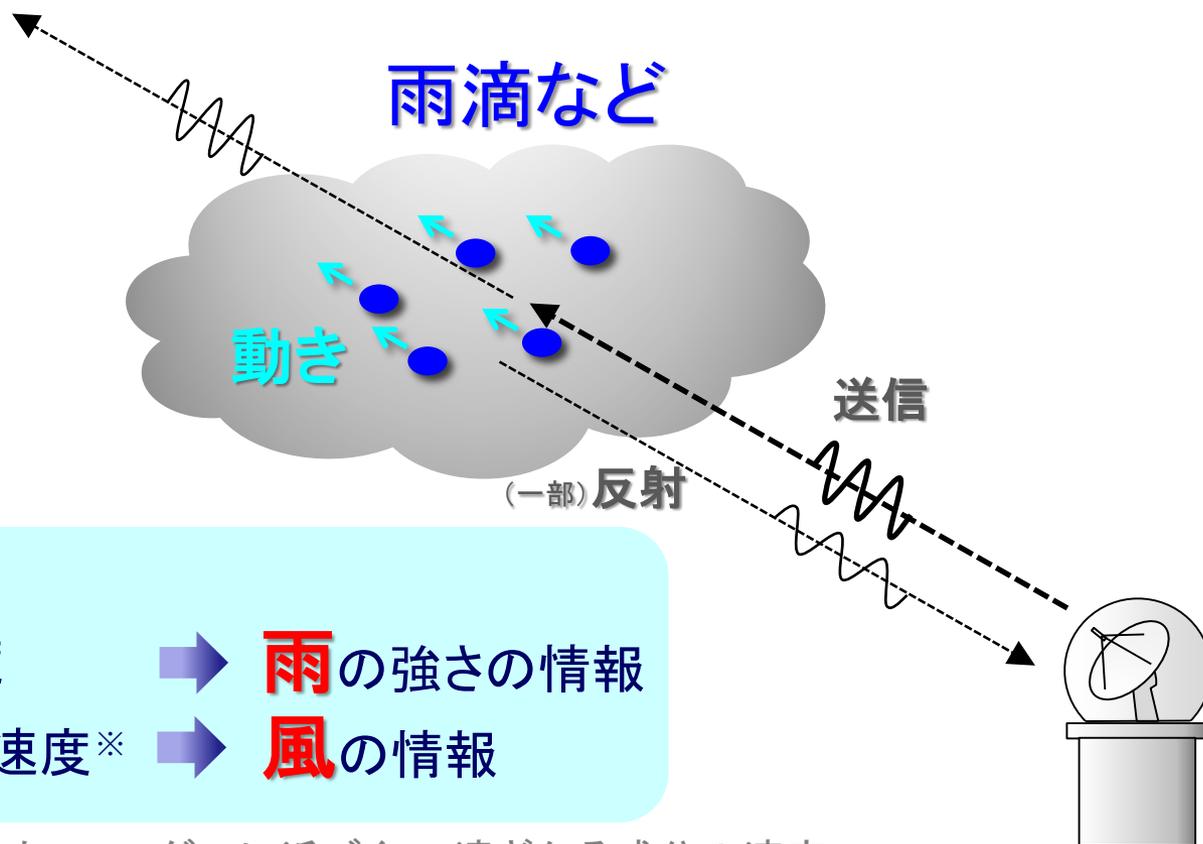


気象防災へつなげる

どう解決する？

① 次世代技術「フェーズドアレイレーダー」を用いる！

まず、気象レーダーとは…



反射した電波の…

強さ	反射強度	➡	雨 の強さの情報
周波数	ドップラー速度※	➡	風 の情報

※ドップラー効果を利用して求めた、レーダーに近づく or 遠ざかる成分の速度

どう解決する？

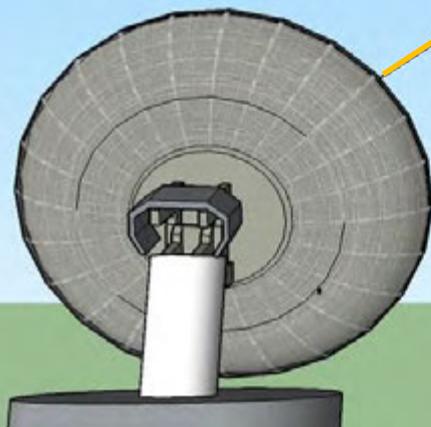
① 次世代技術「フェーズドアレイレーダー」を用いる！

1回の全天スキャンのためには…

従来型レーダー

細いビーム

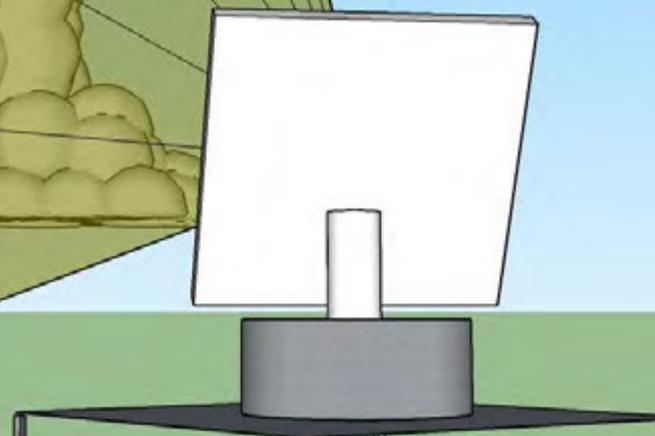
高さを変えて、水平に
何度も回転



フェーズドアレイ
レーダー

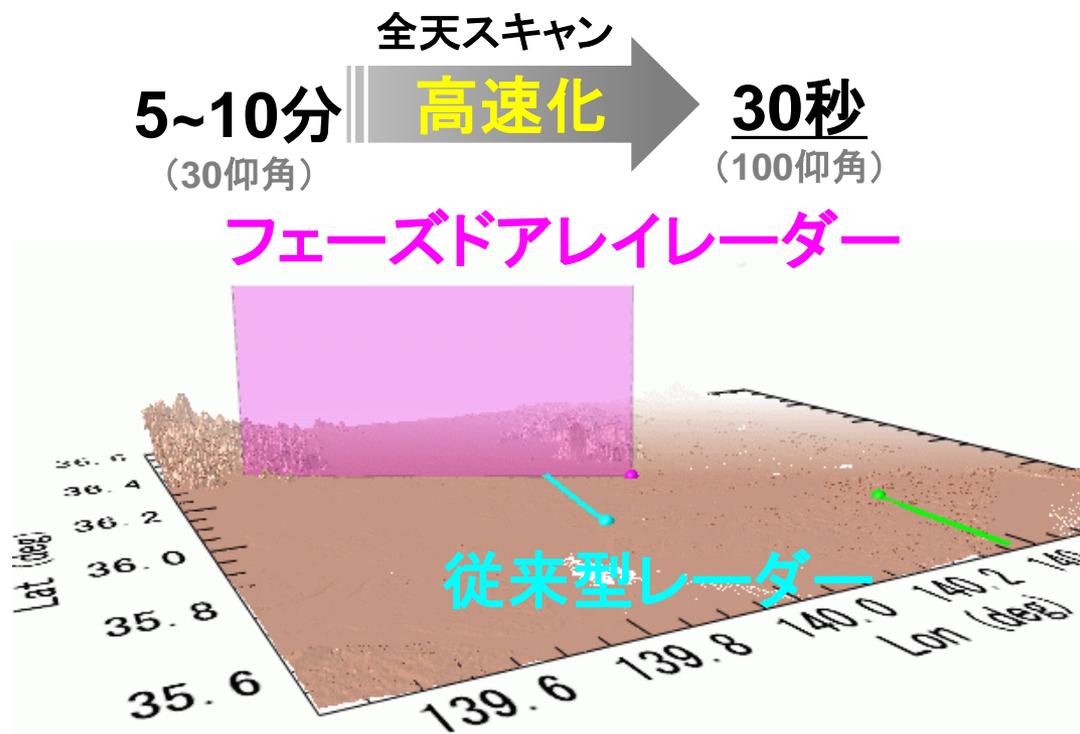
幅広なビーム

水平に
一度だけ回転



どう解決する？

② 危険な風雨を精密に捉える！



背景の写真: 気象庁Webページより

これまで困難であった

分単位で急変する積乱雲の詳細な観測が可能に

1. はじめに

2. 現象を理解する

3. 監視・予測技術を開発する

4. まとめ

日本の気象用フェーズドアレイレーダー

1台の観測範囲：最大60-80km



2015年～
茨城県つくば市
気象研究所



(左図) 東芝提供

外部機関と連携しながら、
さまざまな角度から
現象解明に取り組んできた。

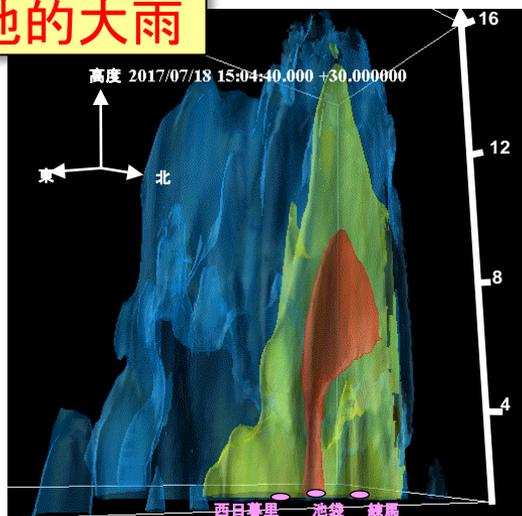
その結果... 多様な現象のメカニズムが明らかに!

小さい (数100 m ~ 数10 km)

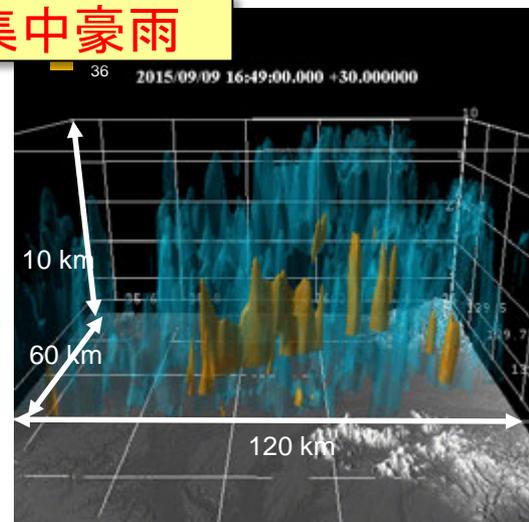
大きい (数100 km ~ 1000 km)

主に
雨

局地的大雨

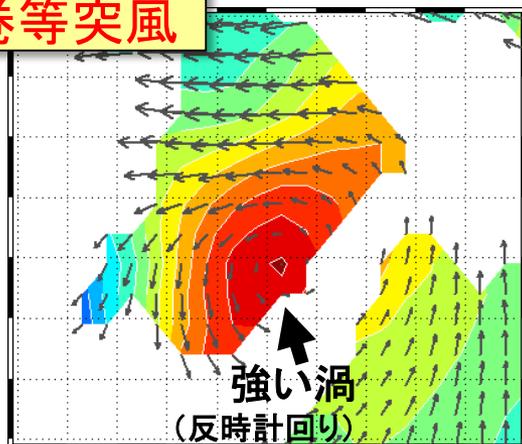


集中豪雨

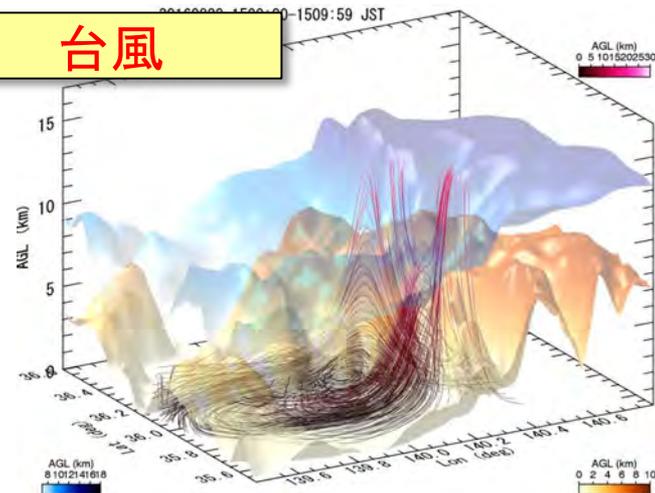


風
も伴う

竜巻等突風



台風

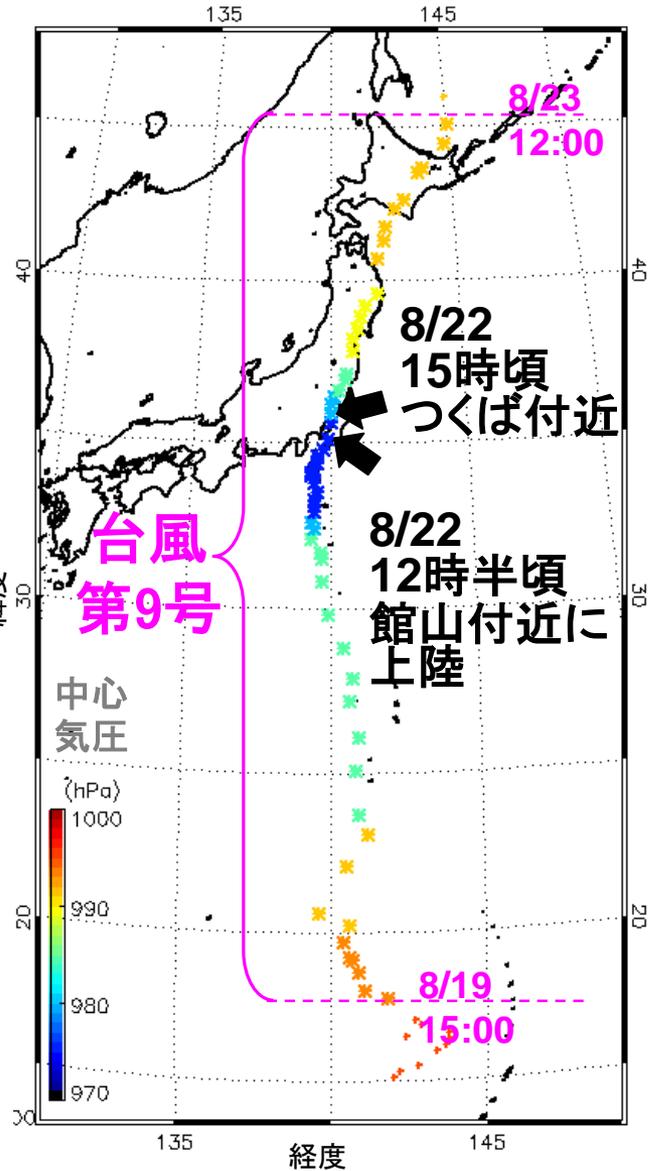
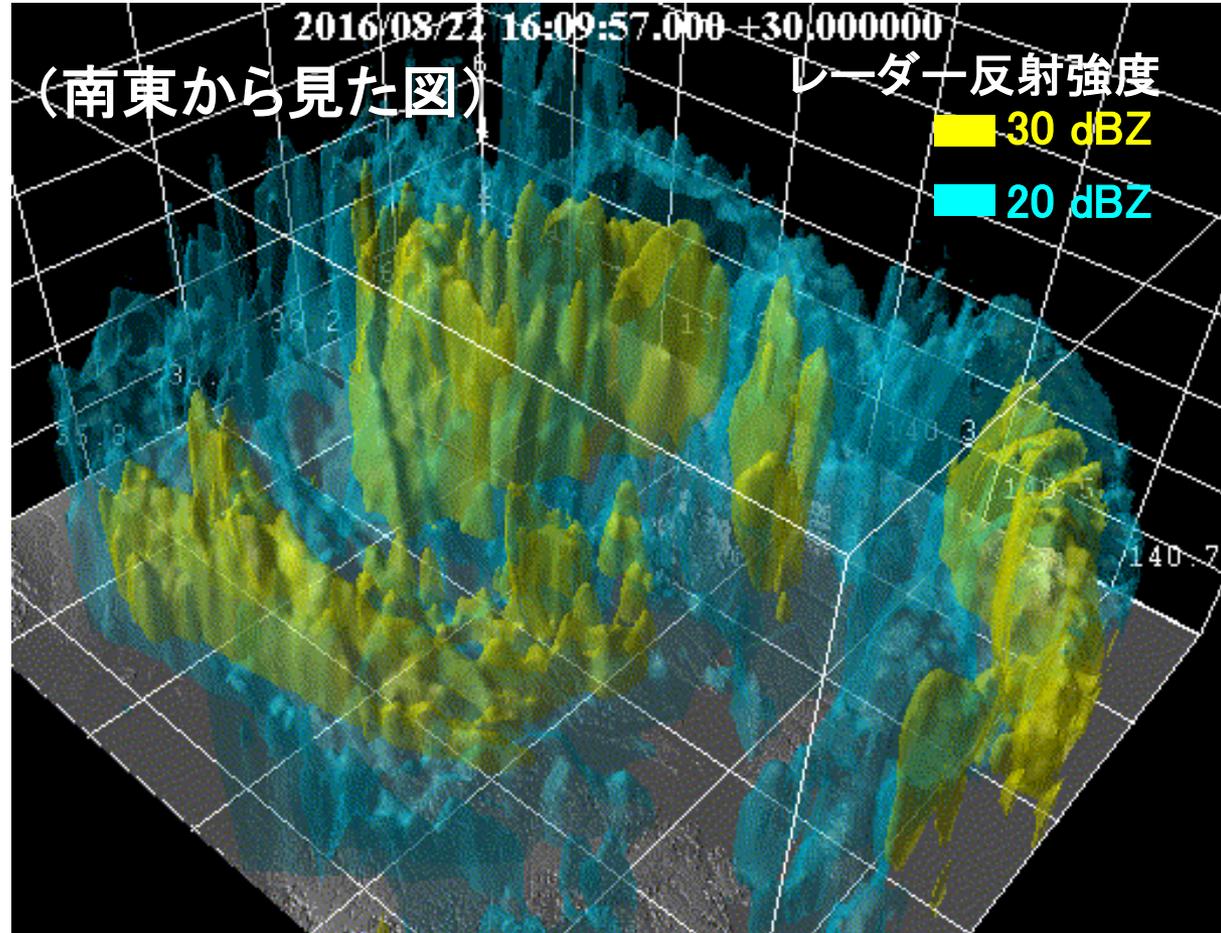


スケールの大きな現象

台風

平成28年台風第9号

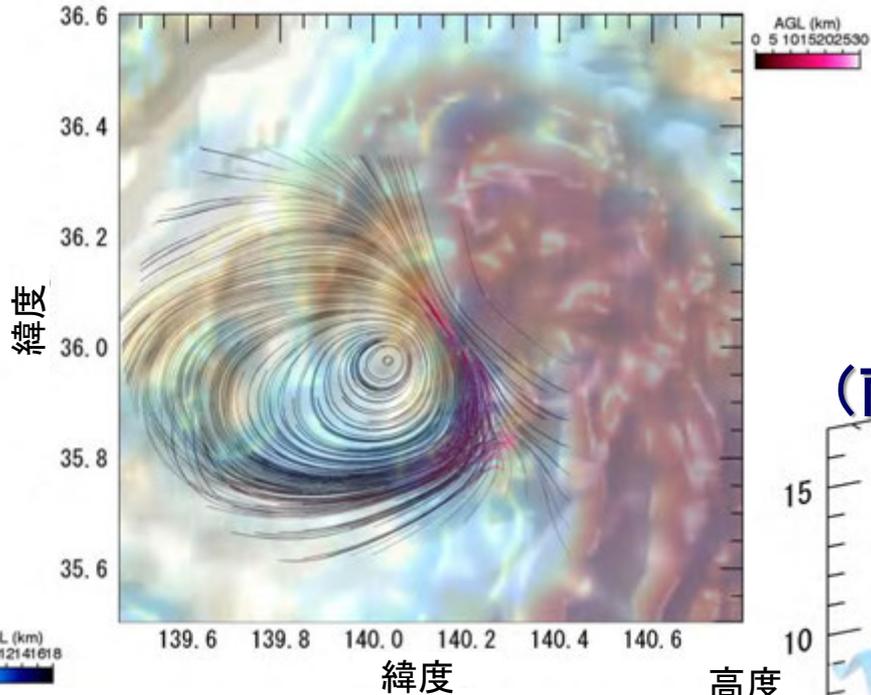
15:50~16:19 の立体構造の動画



※国土地理院の基盤地図情報及び色を加工した電子地形図(タイル)を使用

(上から見た図)

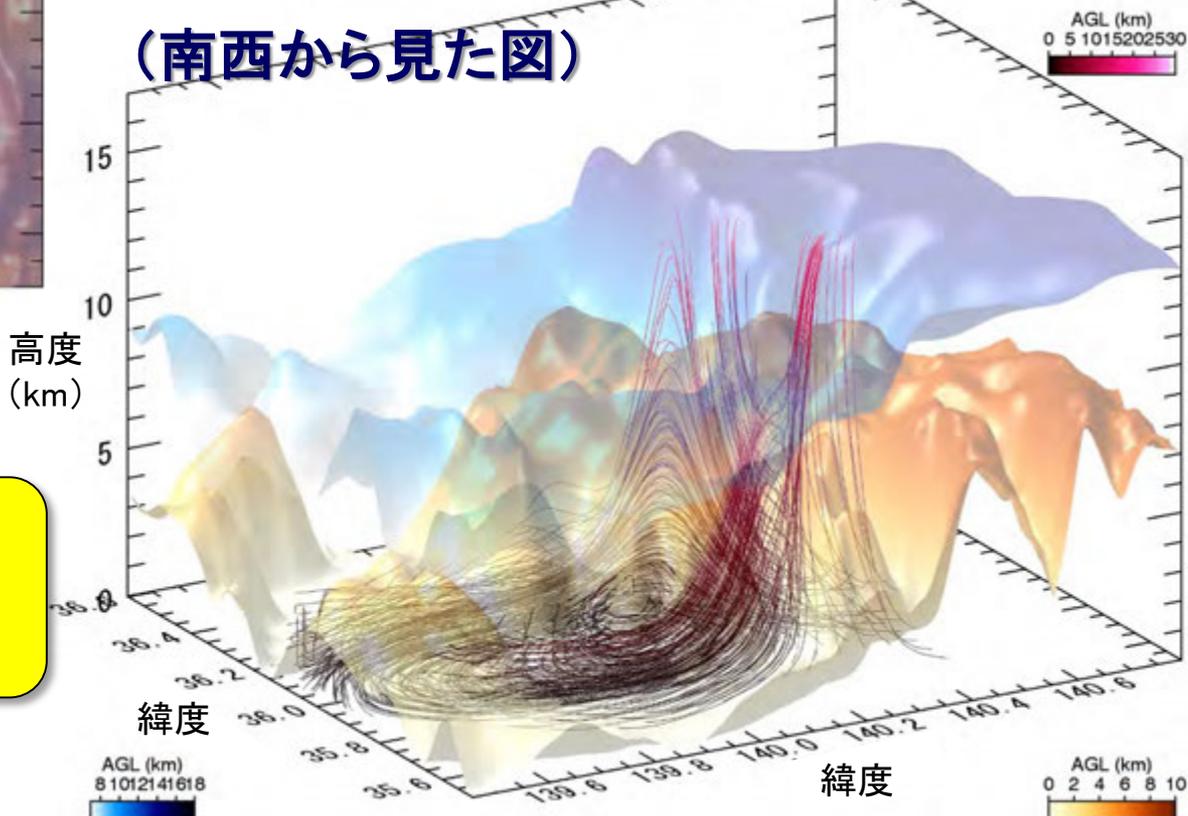
20160822 1500:00-1509:59



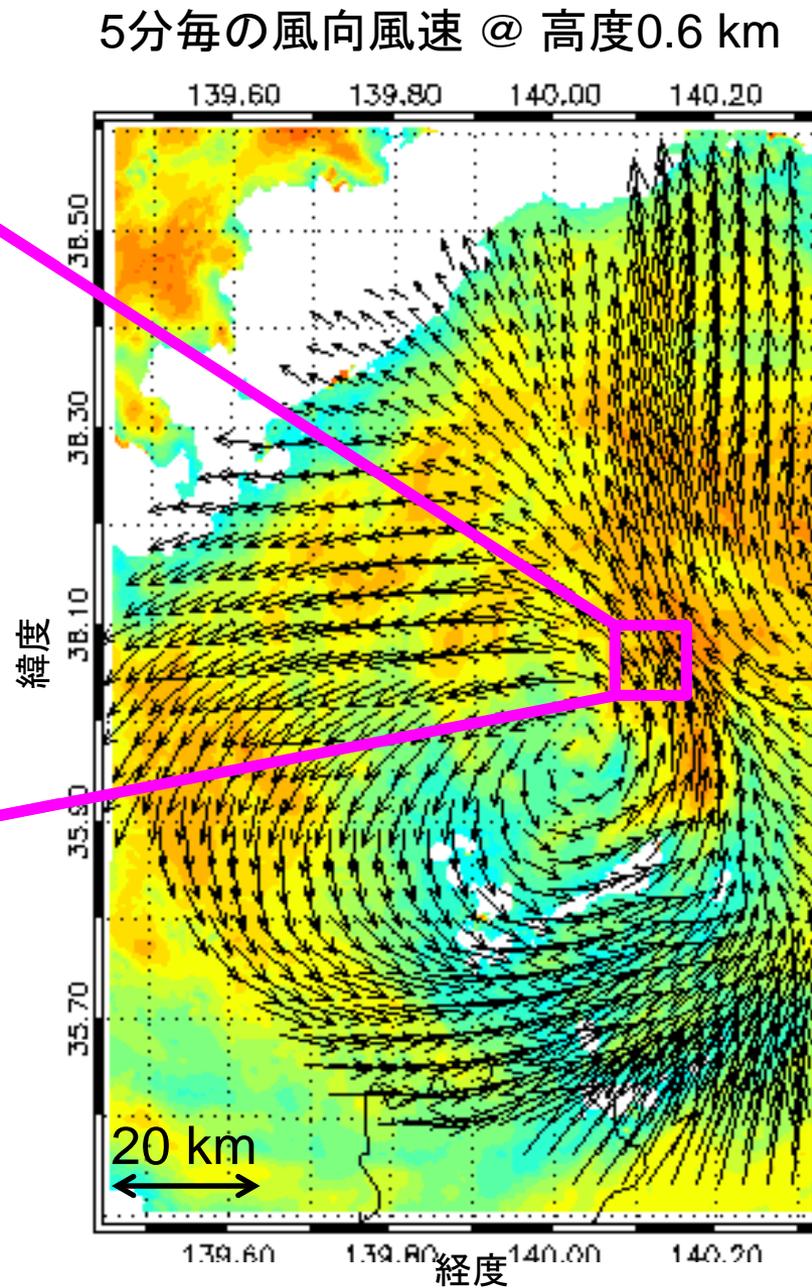
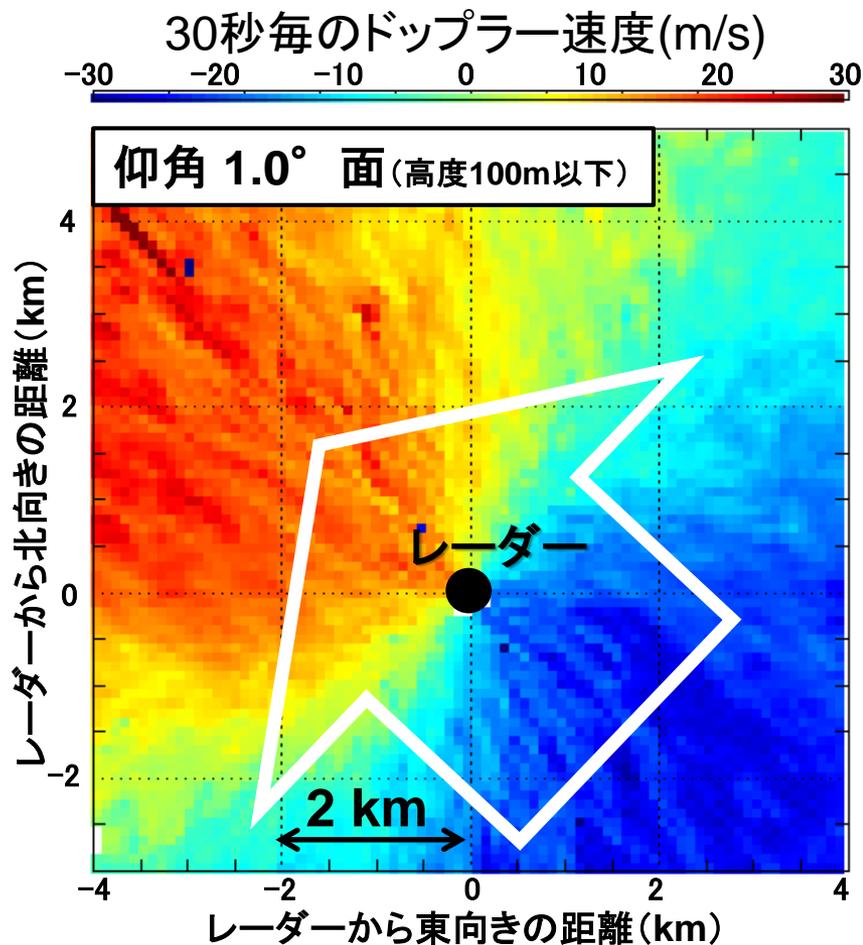
水色の面: 雲頂高度
オレンジ色の面: 降水領域(25dBZ)の上端高度
赤色の線: 気流(複数のレーダーの合成解析)

(南西から見た図)

20160822 1500:00-1509:59

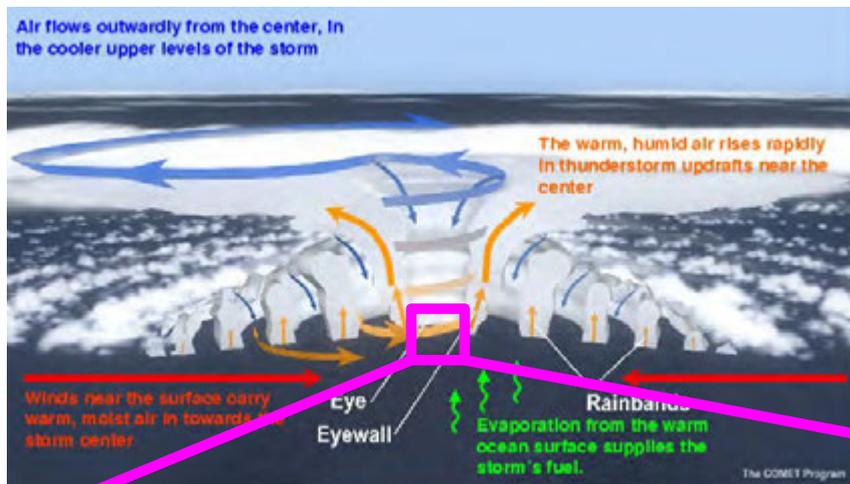


降水・気流構造の急激な変化が明らかに



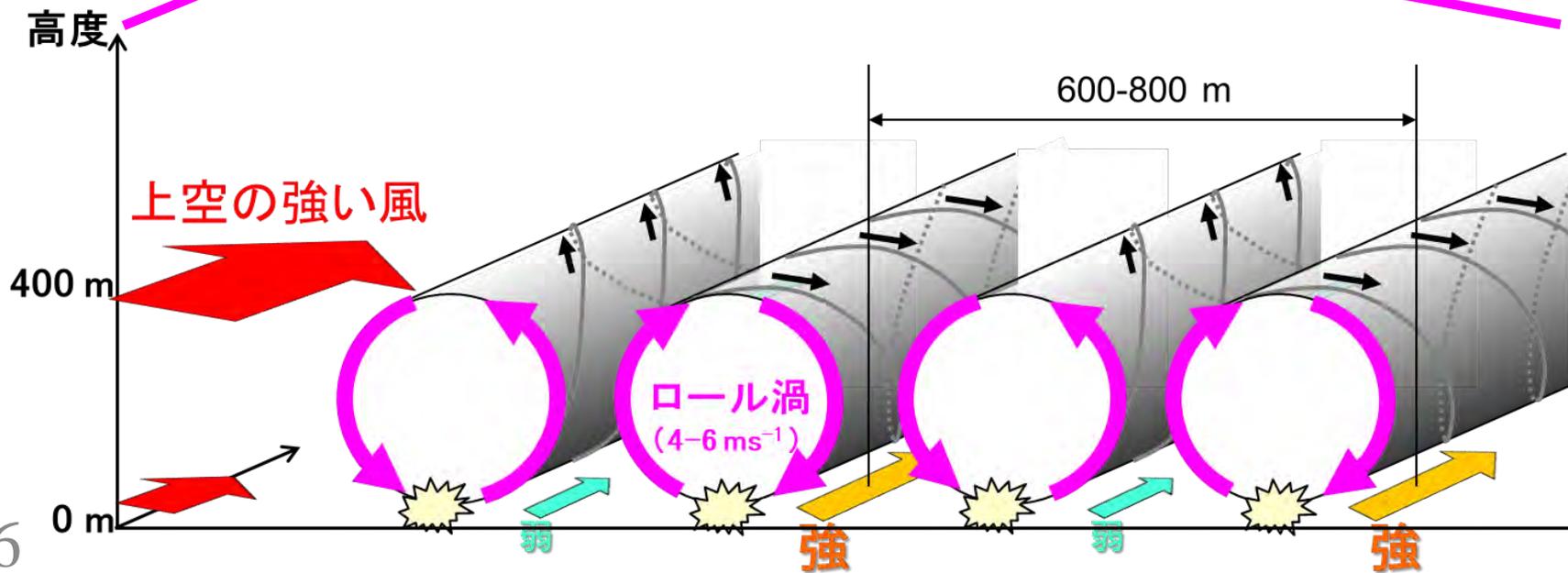
ストリークと呼ばれる筋状の微細な気流が捉えられた

立体的に詳しく解析した結果・・・



© NOAA Geophysical Fluid Dynamics Lab.

地表面に影響をもたらすストリークの全体像が明らかに！



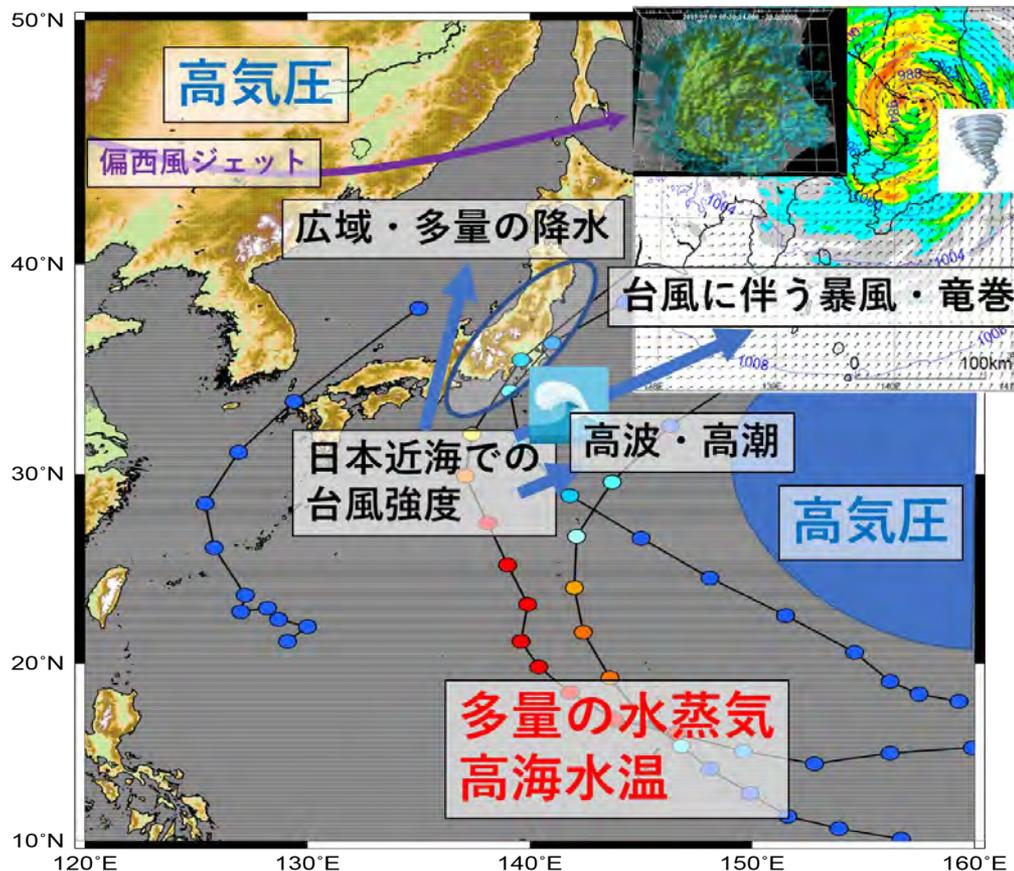
令和元年度は、台風に伴う甚大な災害が多発

台風およびそれに伴う諸現象の実態を解明するために…

気象研究所・緊急研究課題

R1.10.15～R2.3.31

「災害をもたらした令和元年度台風の実態
解明とそれに伴う暴風、豪雨、高波等の
発生に関する研究」



観測・理論研究を組み合わせた総合的な取り組み

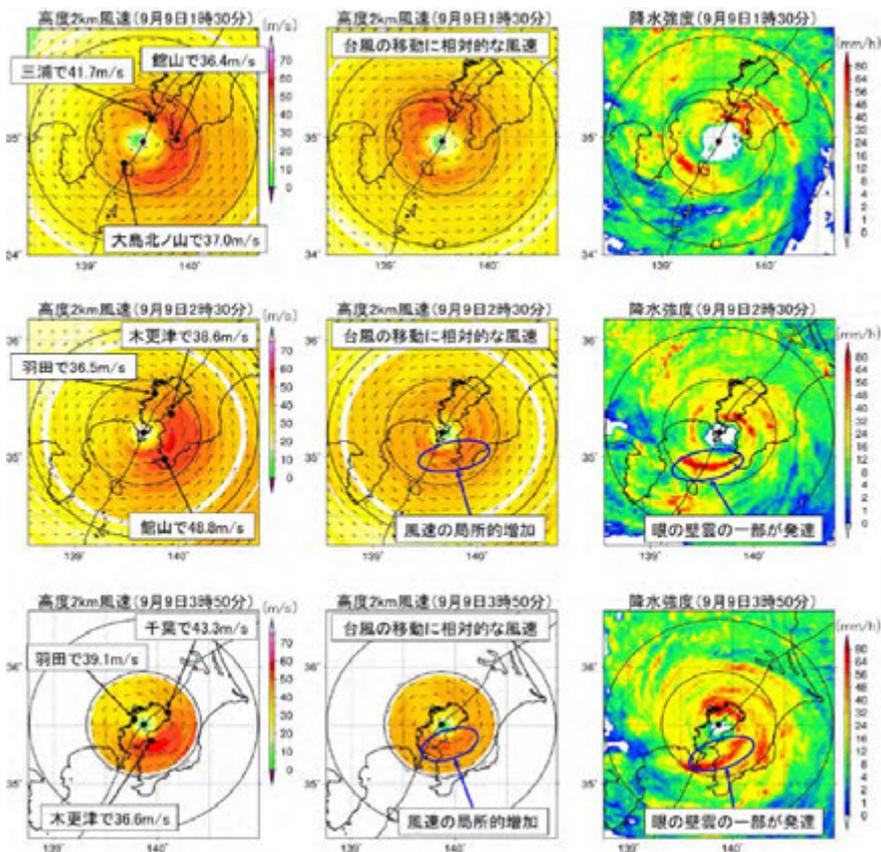
最新の成果は随時、気象研Webページに掲載！

気象研 🔍 検索

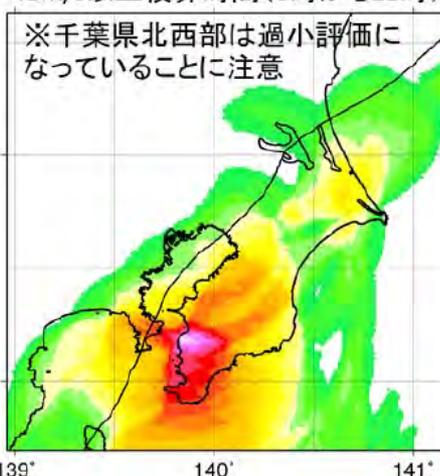
例えば・・・**台風第15号**(千葉県などに暴風被害)

令和元年10月23日掲載

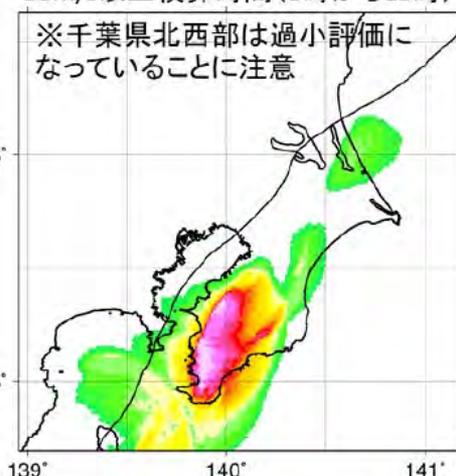
令和元年台風第15号に関する構造変化プロセスの解明について(初期結果) ~ドップラーレーダーデータを用いた台風の強度・構造解析~



40m/s以上積算時間(0時から13時)



50m/s以上積算時間(0時から13時)

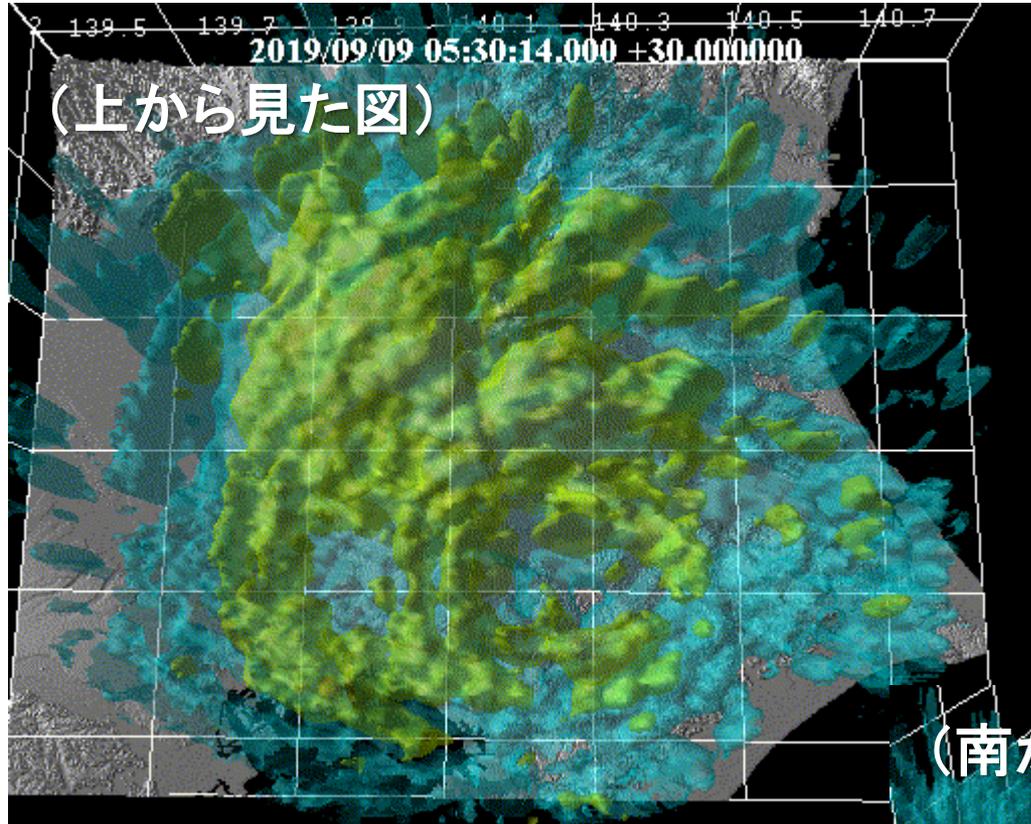


<この研究成果に関するお問合せ>

台風・災害気象研究部 嶋田・主任研究官、企画室・広報担当

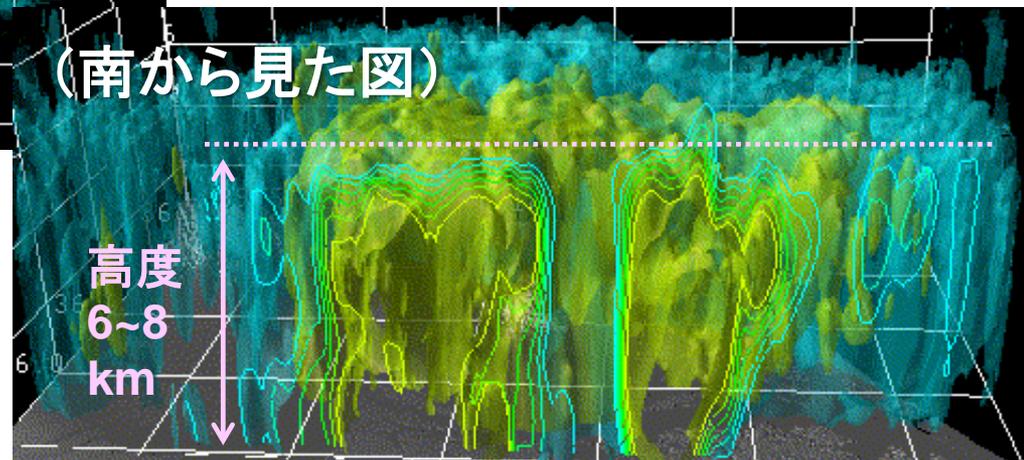
台風15号

9月9日(月)05時30分~05時59分



・フェーズドアレイレーダーによる3次元観測を実施！

- ・台風15号、19号
- ・21号の影響による大雨

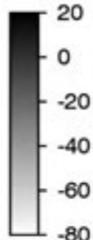


スケールの小さな現象

竜巻などの突風

2017-07-04 21:50:15-21:51:51

雲頂温度(°C)



平成29年7月4日22時頃 埼玉県草加市で突風被害

・**竜巻の可能性**があるものの特定には至らず

※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」

突風被害

北北東
190km

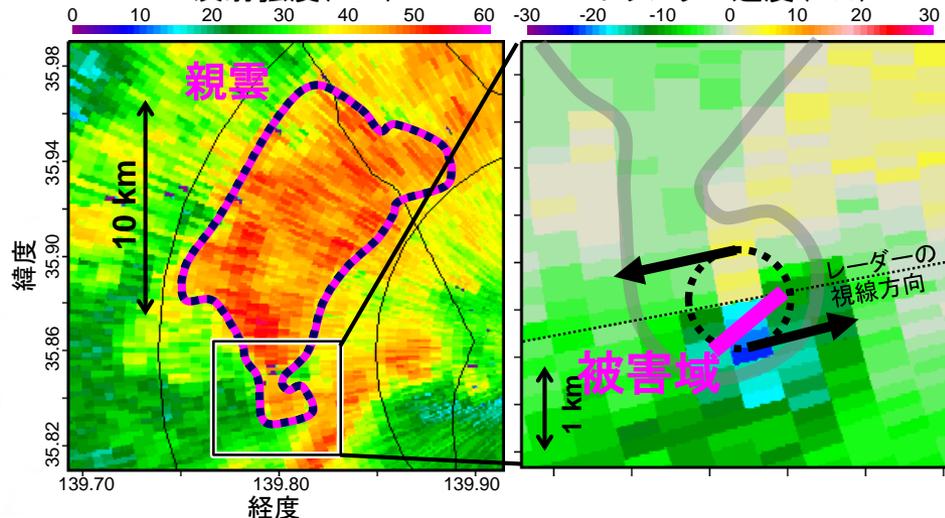
22時の推定
中心位置

平成29年台風3号

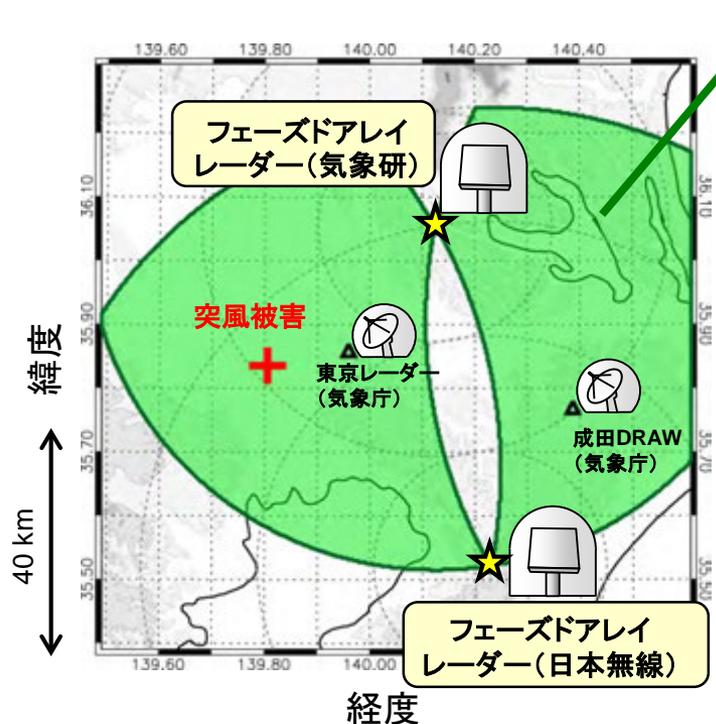
東京レーダー(仰角1.0度) 21:50:55

反射強度(dBZ)

ドップラー速度(m/s)



竜巻などの突風は、台風接近時を含めた多様な気象場で発生する



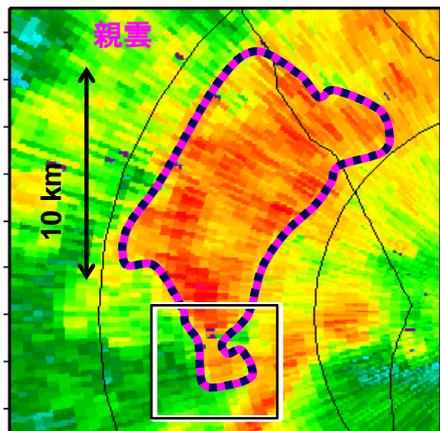
2台同時に用いた
解析が可能

フェーズドアレイレーダーで分かること

	1台	2台同時
雨 の構造	◎	◎
風 の構造	○ (視線上の成分のみ)	◎ (風向・風速)

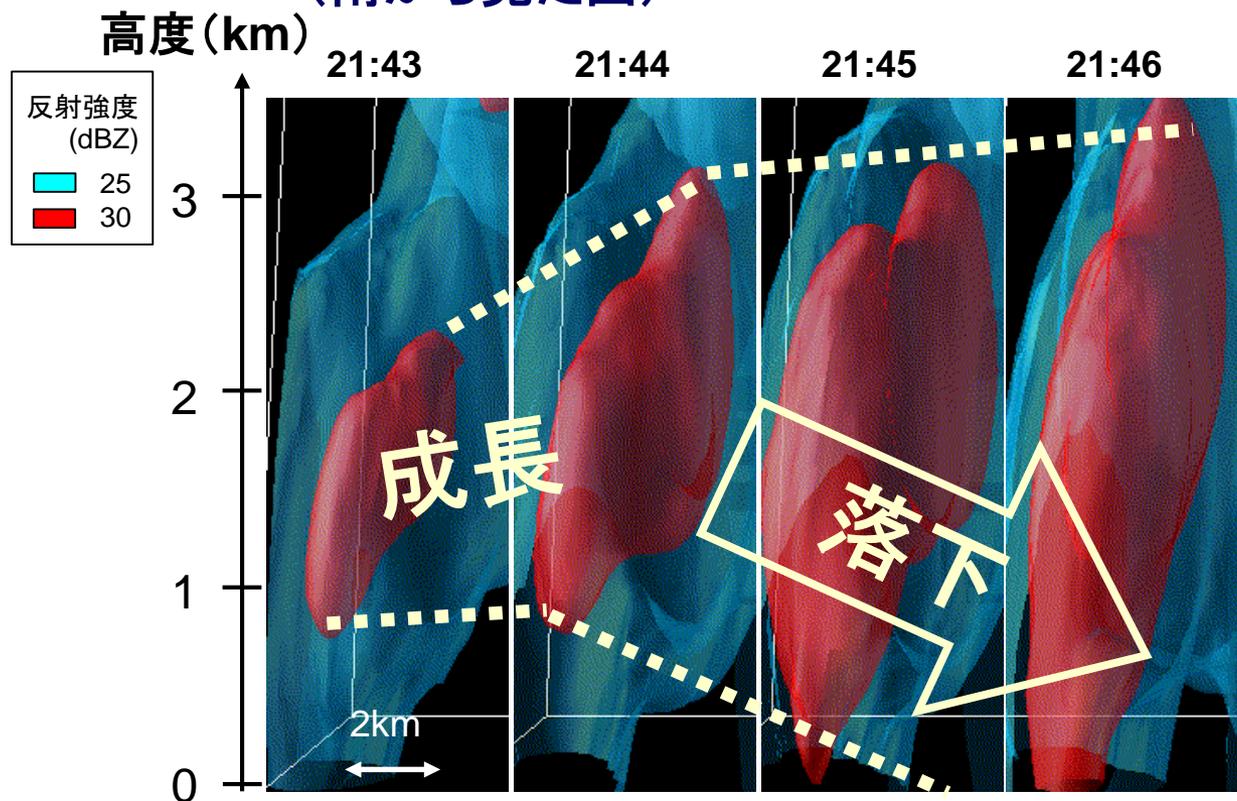
フェーズドアレイレーダー
×
フェーズドアレイレーダー

【先進的解析】
30秒ごとの立体的な気流が分かる！



被害域通過時刻
 $t_0 = 21:48$

(南から見た図)



21:43 ($t_0 - 5$ 分) 強い雨域の成長

21:46 ($t_0 - 2$ 分) 高度1~3kmから地上に落下

上昇・下降流の強さ

渦の強さ

21:48

鉛直風 (m s^{-1})



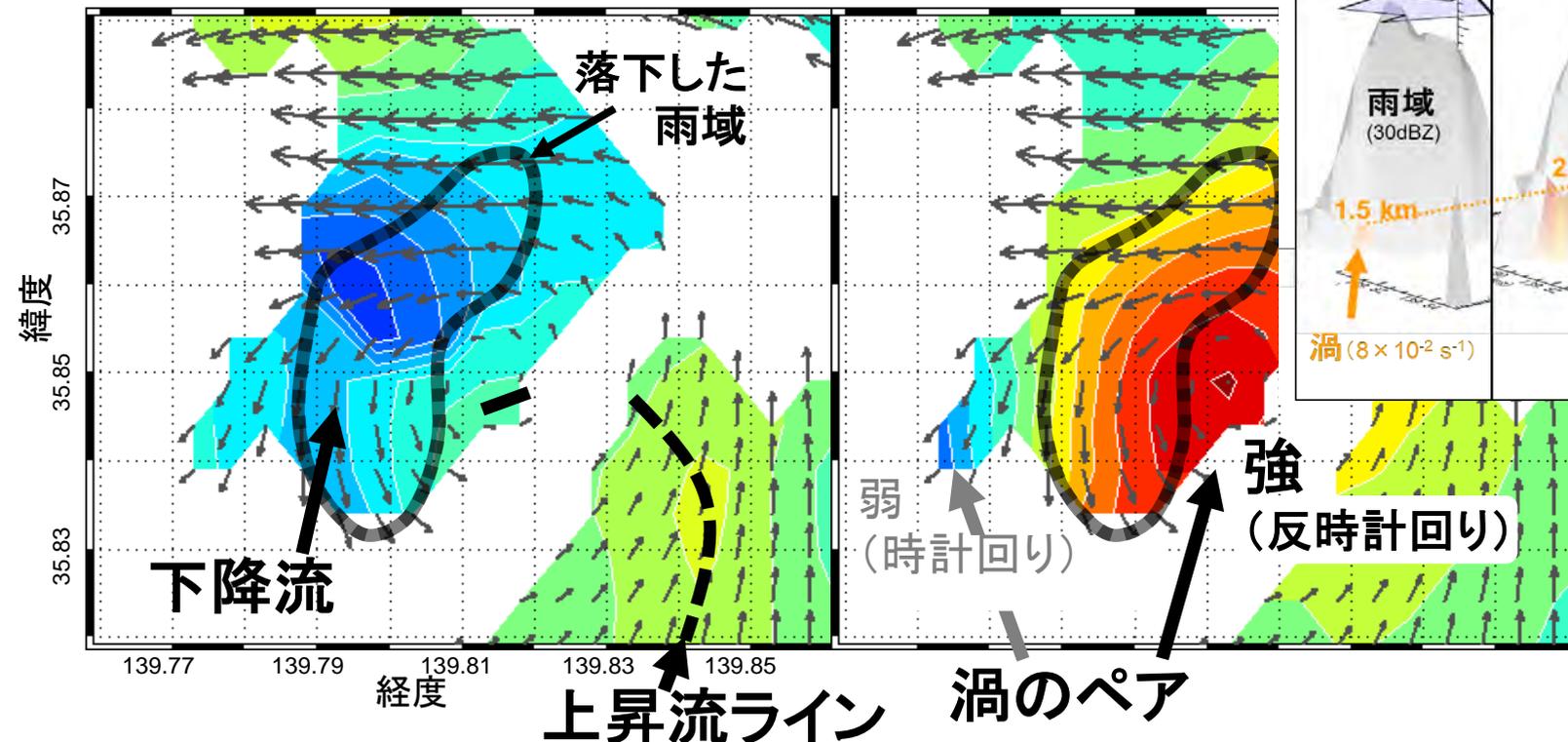
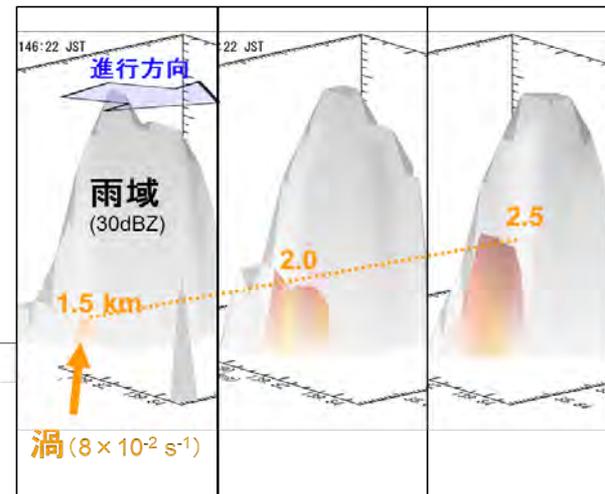
渦度 ($\times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$)



21:46:22

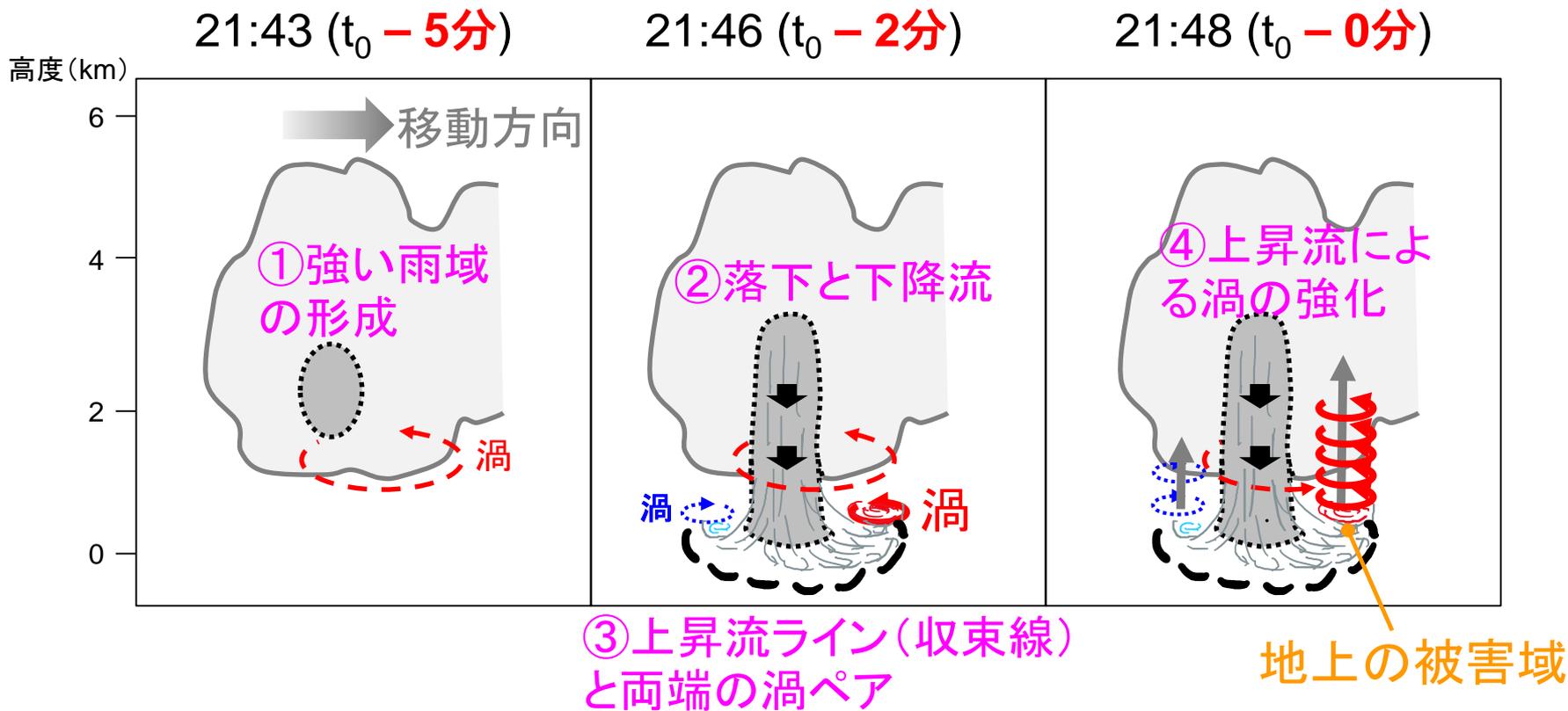
21:47:22

21:48:52



21:48 ($t_0 - 0$ 分)

下降流を伴う雨域の東に強い反時計回りの渦が形成



僅か5分という短い時間で強い渦が生じる様子が明らかに！

1. はじめに

2. 現象を理解する

3. 監視・予測技術を開発する

4. まとめ

現象を理解する

★ 丁寧に解析し、深く考察する。

→ **ただし、時間がかかる...**

監視・予測する

★ 身に迫る危険を捉え、防災に活かす。

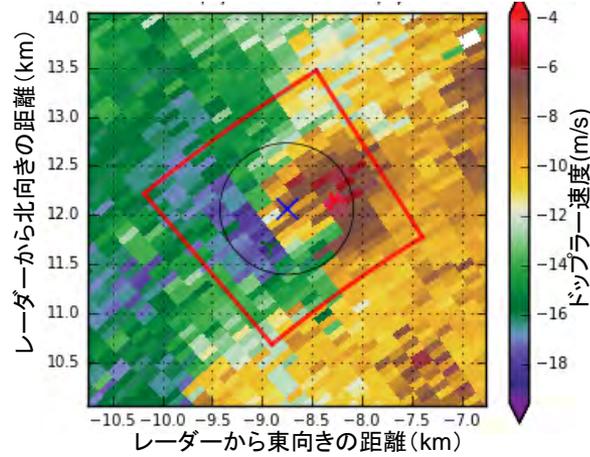
→ **時間と正確さの勝負！**

フェーズドアレイレーダーのデータを最先端の技術で素早く処理し、正確に危険域を検出することが必要！

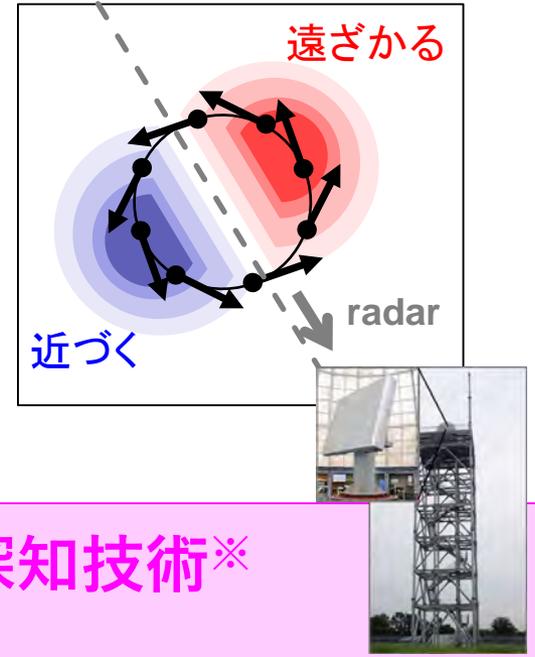
**例えば、先ほどの突風事例は
どのように捉える？**



**人工知能分野の一つ、ディープ
ラーニング（深層学習）を使う！**



ドップラー速度パターン



ディープラーニングによる渦探知技術※

畳み込み

畳み込み

畳み込み

プーリング

プーリング

プーリング

全結合

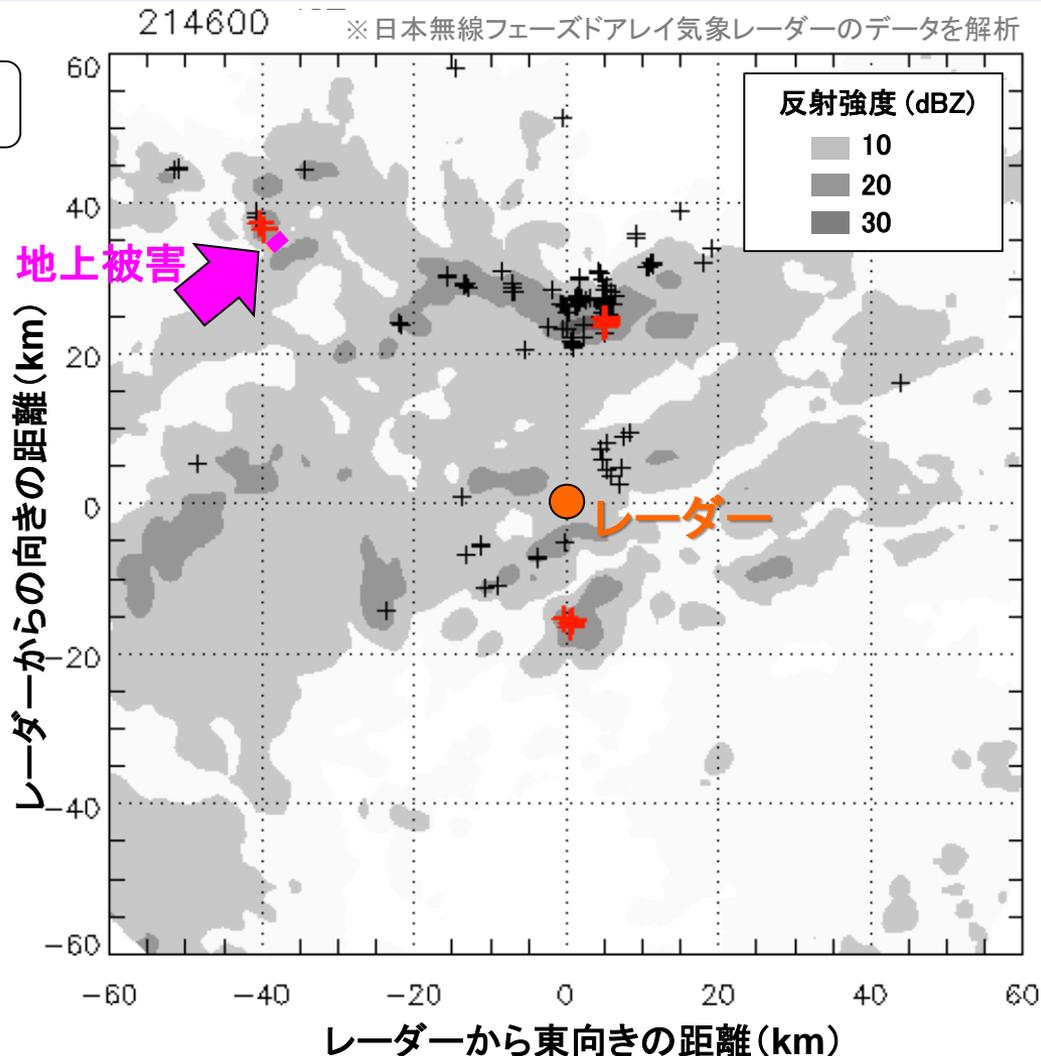
渦の判断

※東日本旅客鉄道株式会社との共同研究により開発

自動探知・追跡

2017年7月4日草加市の突風事例

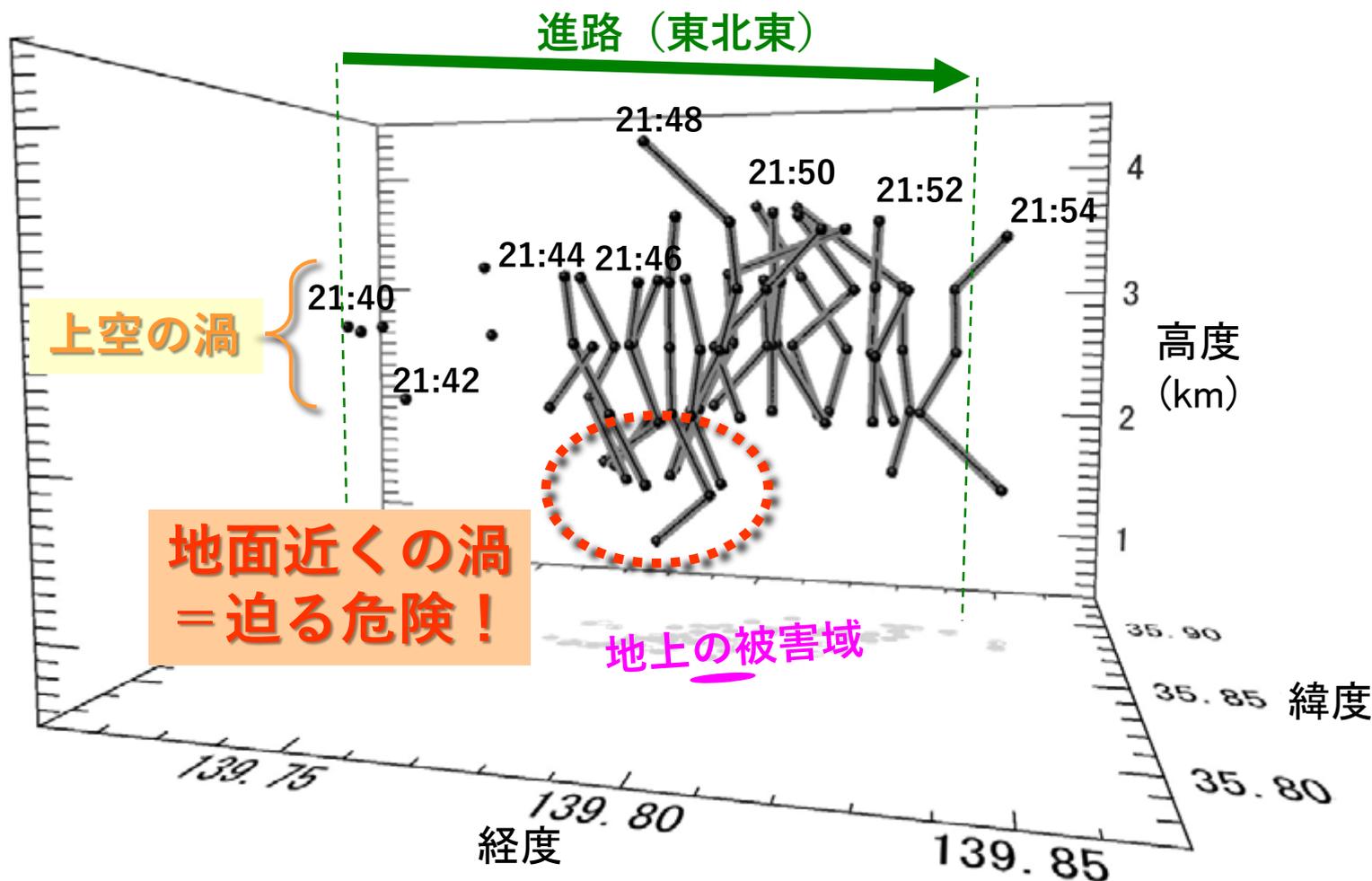
ディープラーニングを用いて自動探知・追跡した渦の位置(図中の+印)



誤検出も見られるが...

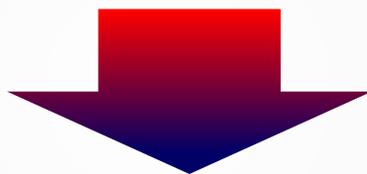
草加に突風をもたらした渦の検出に成功!

被害域周辺で検出された渦を詳しく調べると...



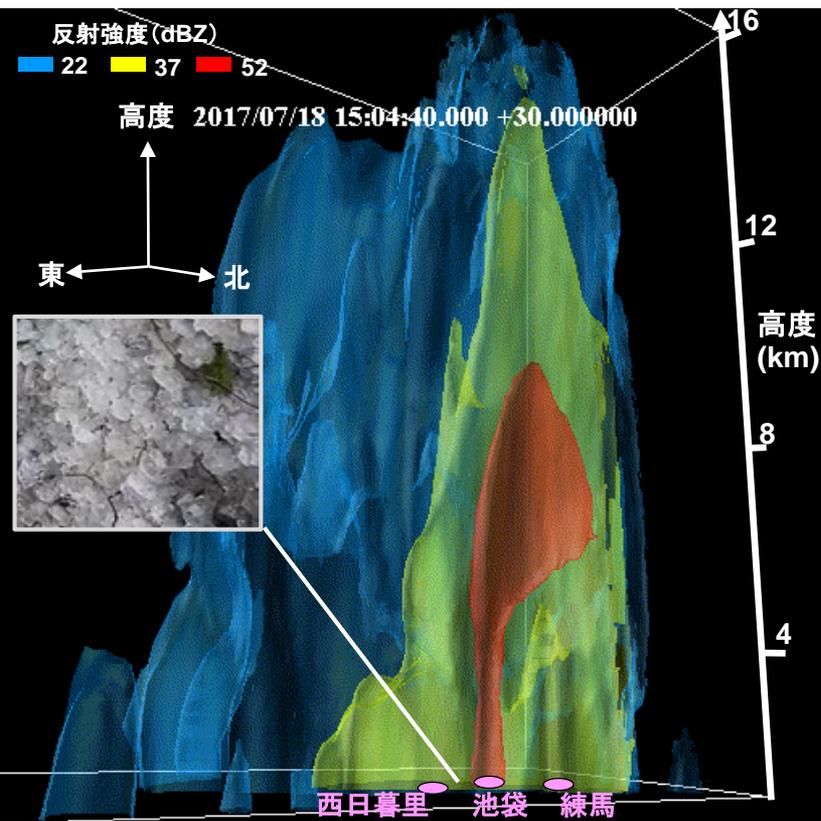
- 被害域通過の直前に**渦の立体的な急発達を検出**
- この情報を使った**5-10分前の直前予測**が期待される

では、大雨などの事例は
どのように捉える？



降水コア（特に強い雨域）を
3次元探知する！

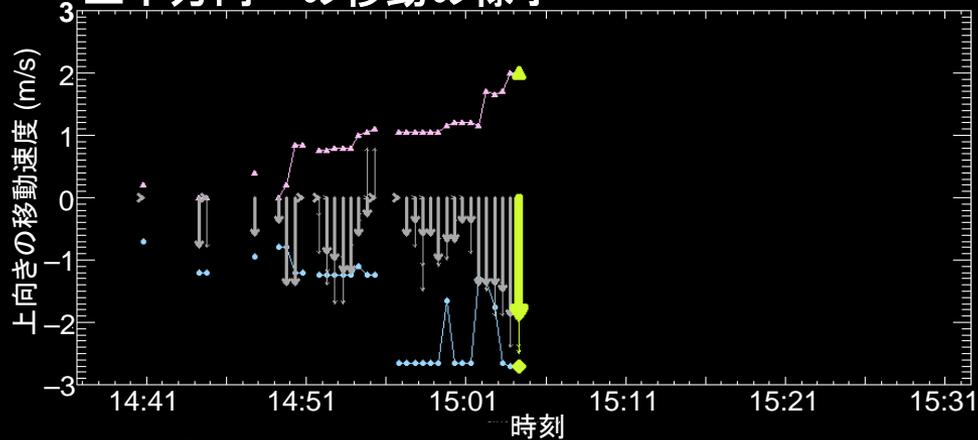
2017年7月18日 東京都内における降雹



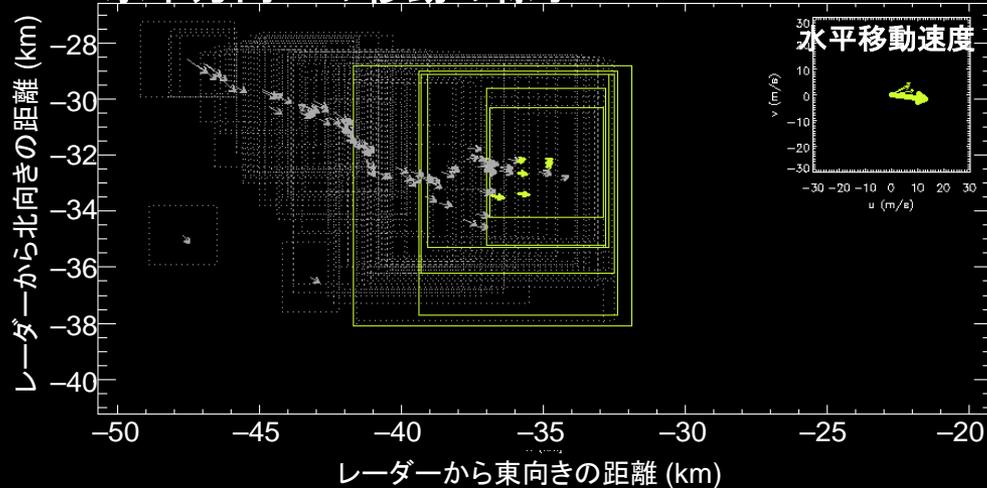
vel_echo_20170718-1430-1530_xyz_half_150_s35-25_u1.0_r30_u1_j120.csv

2017-07-18 15:04:40

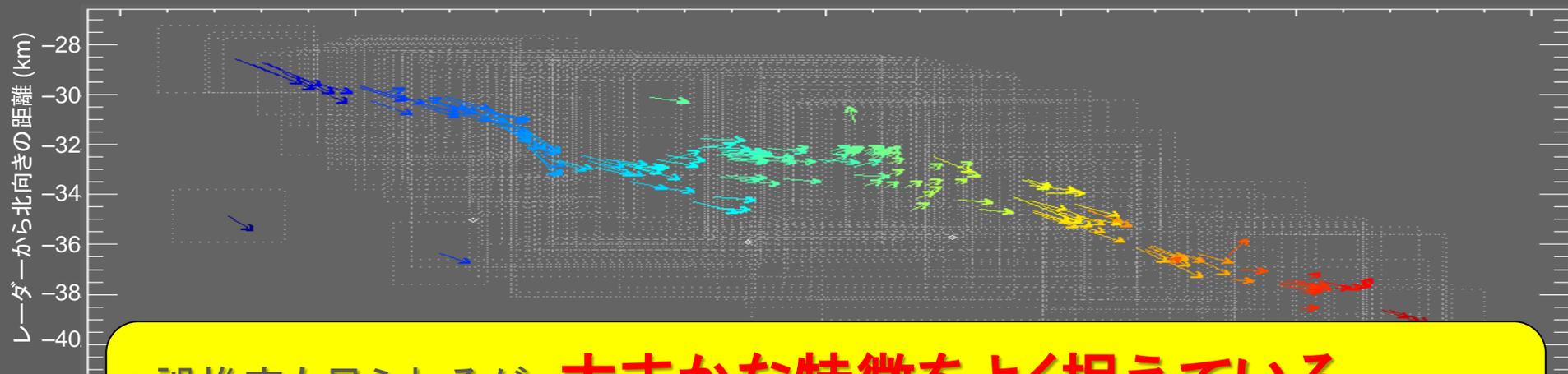
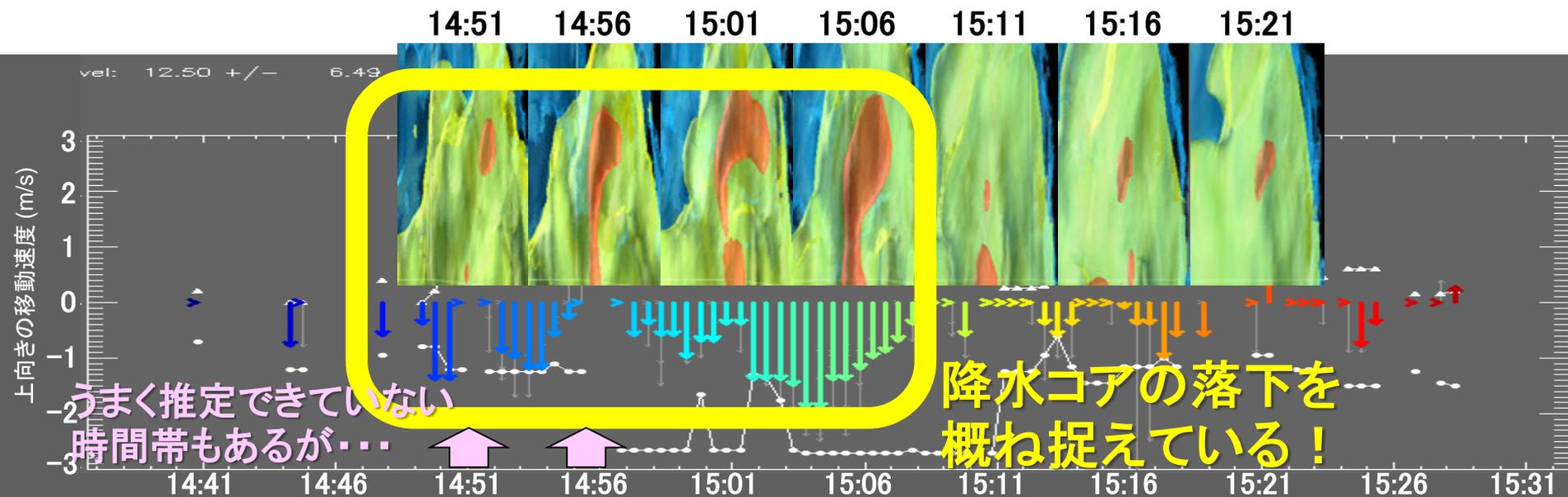
上下方向への移動の様子



水平方向への移動の様子



・降水コアの3次元追跡の初期結果



- 誤推定も見られるが、**大まかな特徴をよく捉えている**
- 地上到達の**約10分前から降水コアの落下を検出!**

1. はじめに
2. 現象を理解する
3. 監視・予測技術を開発する
4. **まとめ**

- **次世代気象レーダー「フェーズドアレイレーダー」を用いた研究開発を推進**
 - **高速3次元観測を通して現象の新しい理解が可能に**
 - **さらに、危険な風雨を監視・予測する最新技術を開発中**
- **今後、実用化のために必要な諸課題を一つずつ乗り越えながら、未来のより高度な気象防災への貢献を目指す**

謝辞

本研究はJSPS 科研費(17K13007)の助成および内閣府・官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)推進費を受けたものです。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。深層学習を用いた渦探知技術は、気象研究所および東日本旅客鉄道株式会社の共同研究によって開発されました。