

2023年6月15日

# 定例記者会見説明資料

説明： 北海道大学地球環境科学研究所 堀之内 武

オンライン出席： 気象庁気象研究所 和田 章義

# 自己紹介 堀之内 武（ほりのうち たけし）

- 専門： 気象学
- 学歴： 京都大学理学部 → 理学研究科（地球惑星科学専攻）
- 職歴： ワシントン大学（米国，シアトル，PD） → 京都大学（生存圏研究所，助手・助教） → 北海道大学・地球環境科学研究所／環境科学院（准教授，教授）
- 客員教員歴： JAXA宇宙科学研究所（終了）， 横浜国立大学台風科学技術研究センター（発足時より継続中）
- 多くの研究者と協力して研究を進める一方で，自分で手を動かして研究することを重視している。

# 研究活動（ここ10年ぐらいの主な内容）

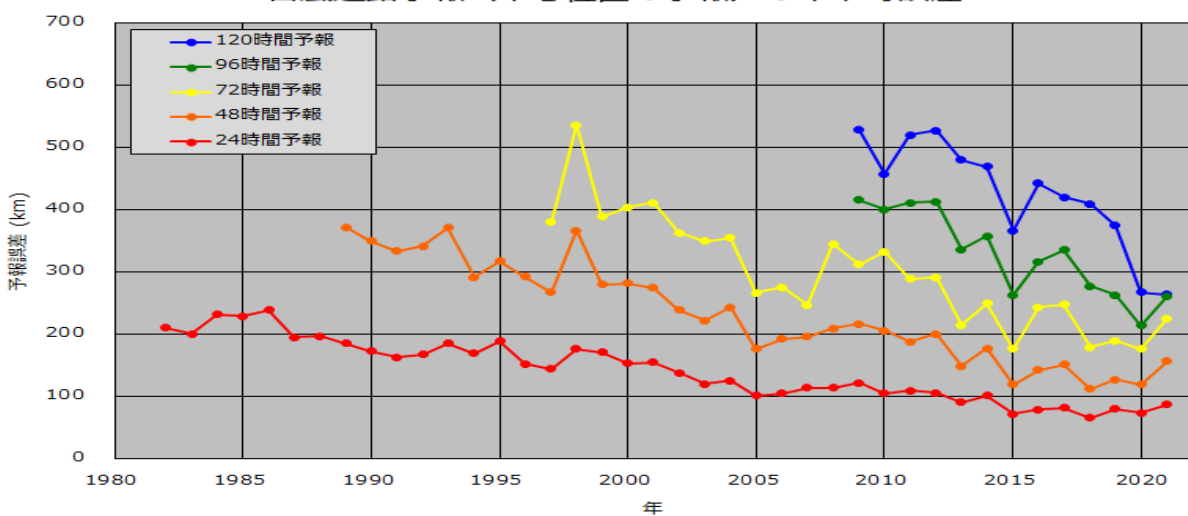
- 中緯度（アジア・太平洋域）の気象学・気候学（豪雨イベント、夏季大規模降水の力学や将来予測に関する研究など）
- 金星大気の研究（金星版気象衛星である「あかつき」を使った金星大気の力学の研究を主導。あかつき用雲追跡プログラムを開発）
- 台風の研究（気象衛星などの人工衛星や地上設置レーダーを使った研究、数値シミュレーション）

# 背景1: 台風の強度予報の改善が求められている

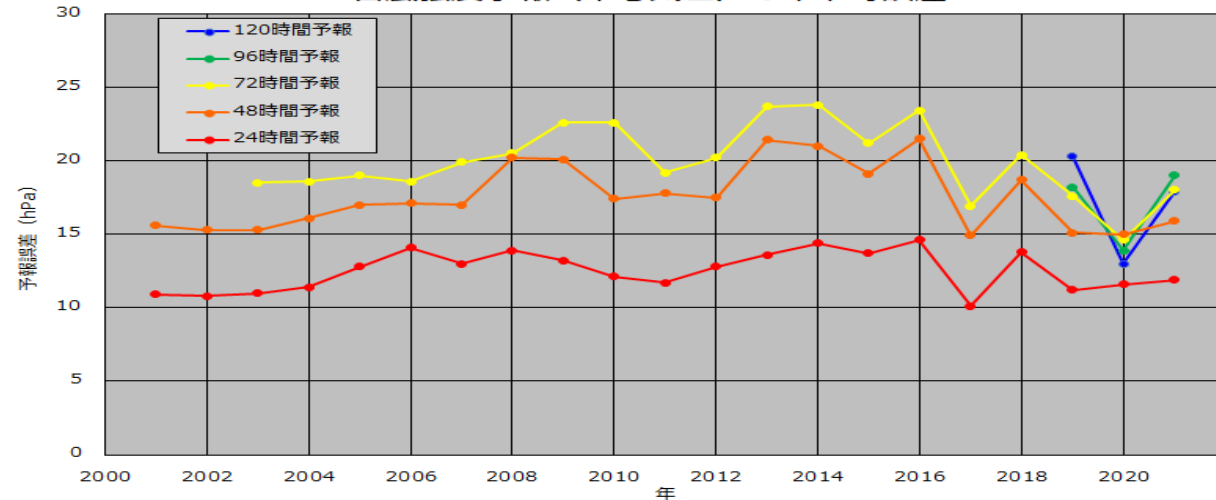
世界の主要機関における台風の予報

- 進路：誤差は漸減傾向
- 強度：誤差の改善はほとんど見られない
- 要因は様々あるが，実況把握が難しいことが一因→その向上も求められている

台風進路予報（中心位置の予報）の年平均誤差



台風強度予報（中心気圧）の年平均誤差



気象庁台風予報成績の経年変化 (左) 進路誤差 (km), (右) 強度誤差 (中心気圧, hPa).

気象庁ウェブページ:

[https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typ\\_kensho/typ\\_hyoka\\_top.html](https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typ_kensho/typ_hyoka_top.html)

## 背景2: 衛星による台風観測は近年向上が顕著

- ひまわり 8号：2015年に世界に先駆けて運用を開始した「第3世代」気象衛星（現在は同型の9号が運用中）。
  - 2.5分間隔で台風を観測する「機動観測」：以前より桁で頻度増
  - 観測波長の数や解像度も向上
- 合成開口レーダーによる海上風推定など新しい観測手法も発展中（ただし、低軌道衛星のため、観測機会は最大でも1日2回）
- 予報の改善には実況把握の改善が必要：新しい衛星観測の新たな活用法の開拓が求められる。

# 当グループの研究（北大・気象研中心の共同研究）

- 静止気象衛星による台風の高頻度観測を活用する新しい手法を開発し，
  - 台風の強度・構造推定の向上の可能性を模索する。また，
  - 台風の科学的理解を増進する。
    - 新たなテクノロジーにより，これまで観測できなかった現象を捉える発見的研究
    - → これまでの知見との総合による理解の増進
    - → あらたな観測方針の立案
- 参考: 初期成果を2020年にプレスリリース「気象衛星による“台風の目”の中の風の観測に初めて成功～台風の強度推定の向上への貢献に期待～」  
<https://www.hokudai.ac.jp/news/2020/06/post-680.html>

# 今回の発表の概要

- 気象衛星「ひまわり8号」で台風を30秒間隔で観測する特別観測により、台風の目の中の風速の分布の高頻度・高密度な検出に初めて成功。
- 台風の目の中で風速を加速する新しいメカニズムを発見。
- 開発した手法の活用により、台風強度の診断のさらなる向上と、台風予測の向上につながると期待。

発表論文：Horinouchi T., S. Tsujino, M. Hayashi, U. Shimada, W. Yanase, A. Wada, and H. Yamada, 2023: Stationary and Transient Asymmetric Features in Tropical Cyclone Eye with Wavenumber-one Instability: Case Study for Typhoon Haishen (2020) with Atmospheric Motion Vectors from 30-second Imaging. *Monthly Weather Review*, 151(1), 253-273.  
<https://doi.org/10.1175/MWR-D-22-0179.1>

# ひまわり8号の30秒観測

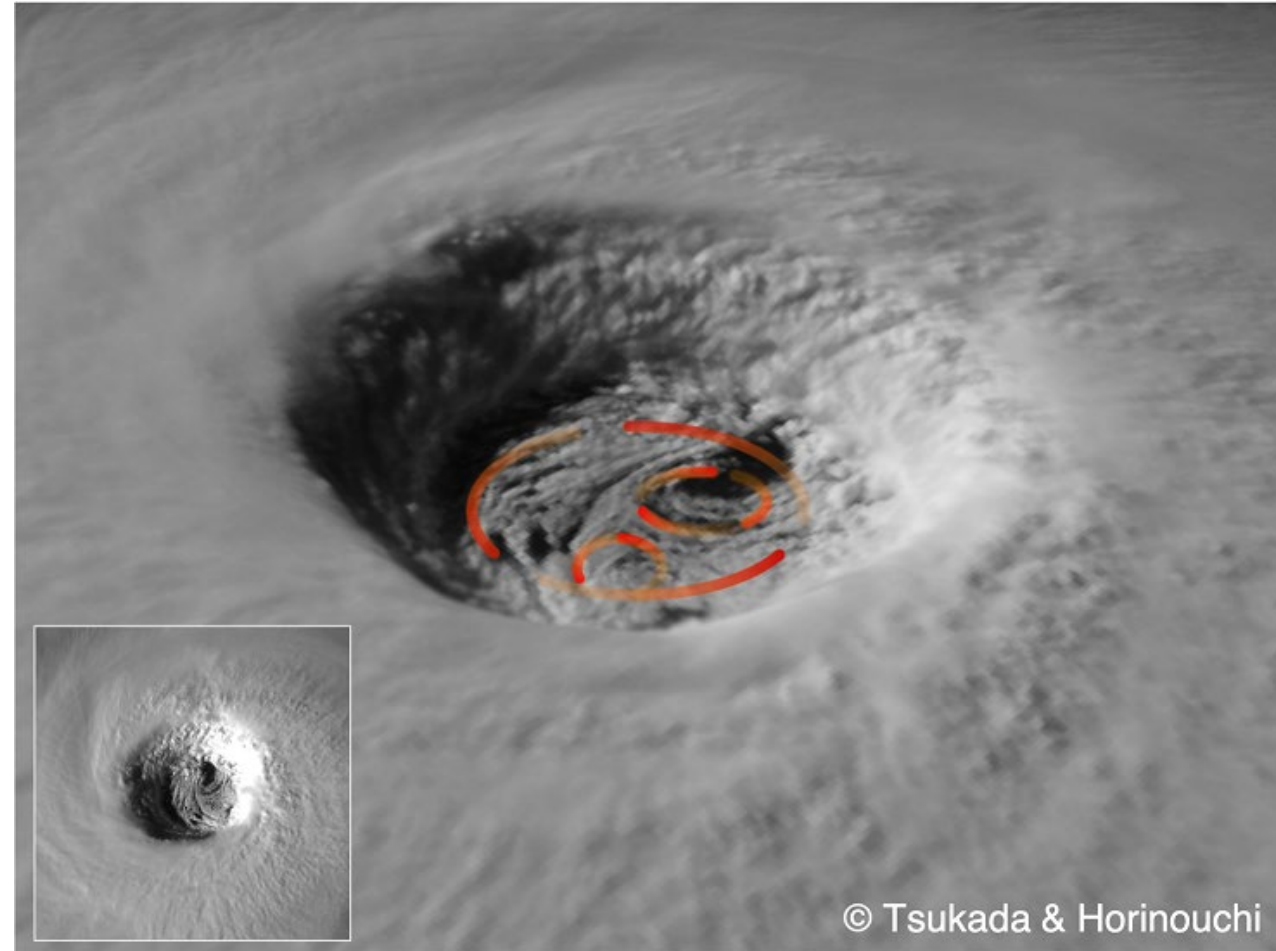
- もとは衛星の姿勢情報補正のための、非観測用機能
- 近年、観測への活用が始まった（火山の観測など）
- 台風の観測は、期間限定の特別観測として実施：
  - 気象庁と気象研究所が共同して、台風を追従するようマニュアル設定
- 今回の研究は、台風の30秒観測にもとづく最初の研究成果
  - 通常の2.5分観測に比べて、台風の風の把握が向上するか？
  - この観測によって、何が見えるか？



# 手法

- 可視画像(分解能~500m)を用いて、雲(の模様)を追跡し、風を算出(雲は風に流されるので)
  - 高頻度観測を活かす新手法を考案
- 台風の中心付近に適用
  - 目の中：高度 1 km ぐらいまでの「大気境界層」の風を把握(従来の観測では難しく、台風強度推定に重要な領域)
  - 壁雲や目の外の上層風も：今回は対象外(今後の研究)

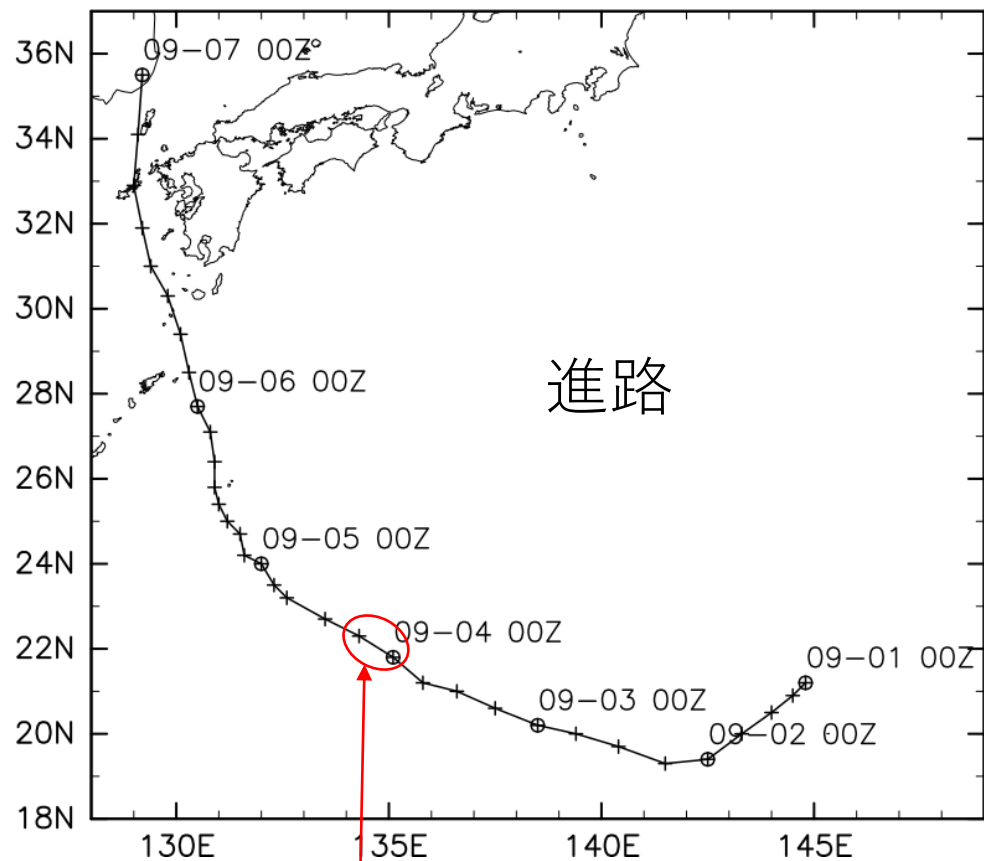
下図は、わかりやすくなるよう、ひまわり 8 号の可視画像を立体的に加工したもの。2020年のプレスリリースで使用。写っている台風は、今回観測した2020年10号ではなく、2017年21号



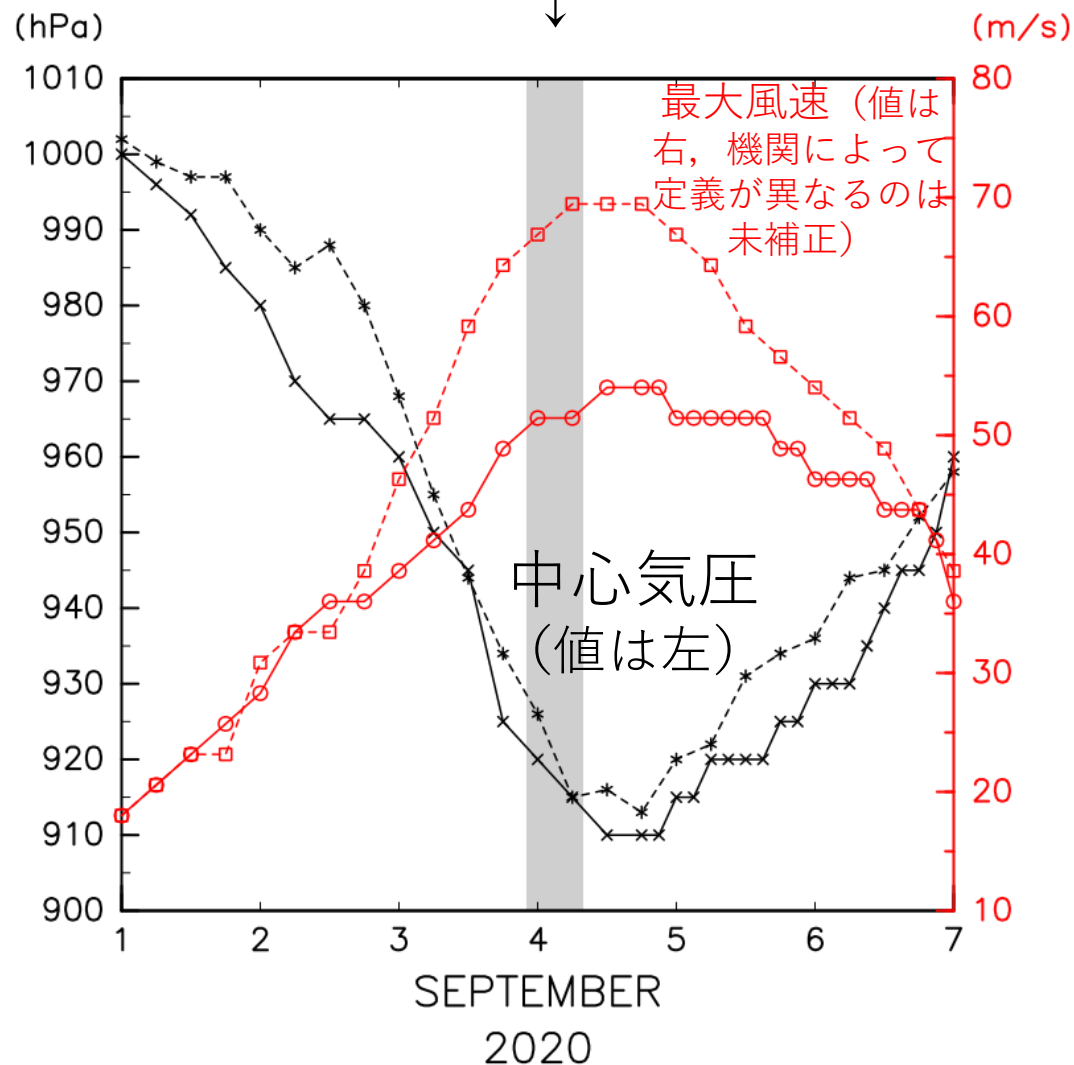
# 研究対象：2020年台風第10号(Haishen)

沖縄・奄美地方を襲い九州をかすめて各地に被害をもたらした

解析期間  
(発達後期)

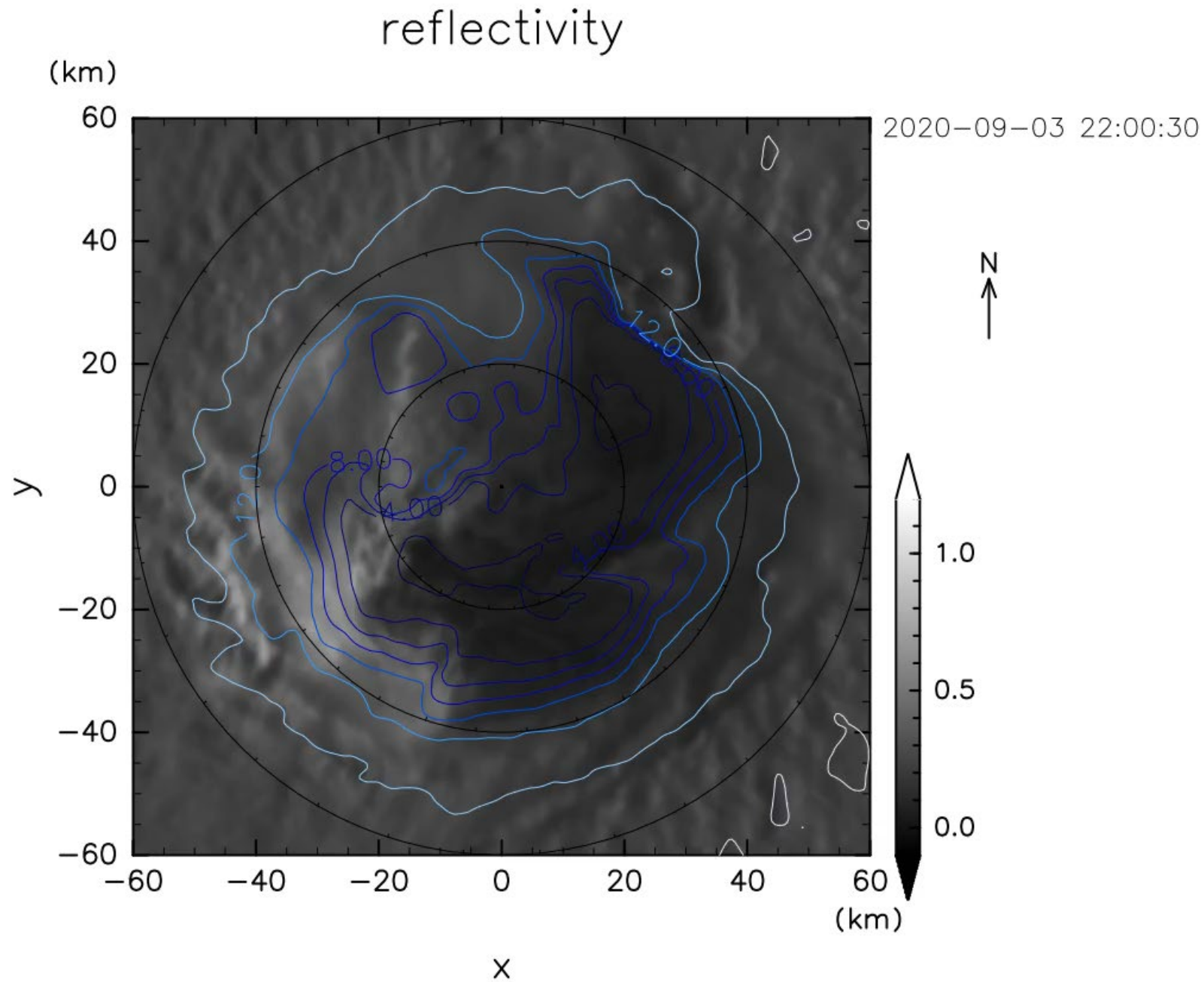


ここにいたときが対象



2つの予報機関 (実線・点線) による強度推定

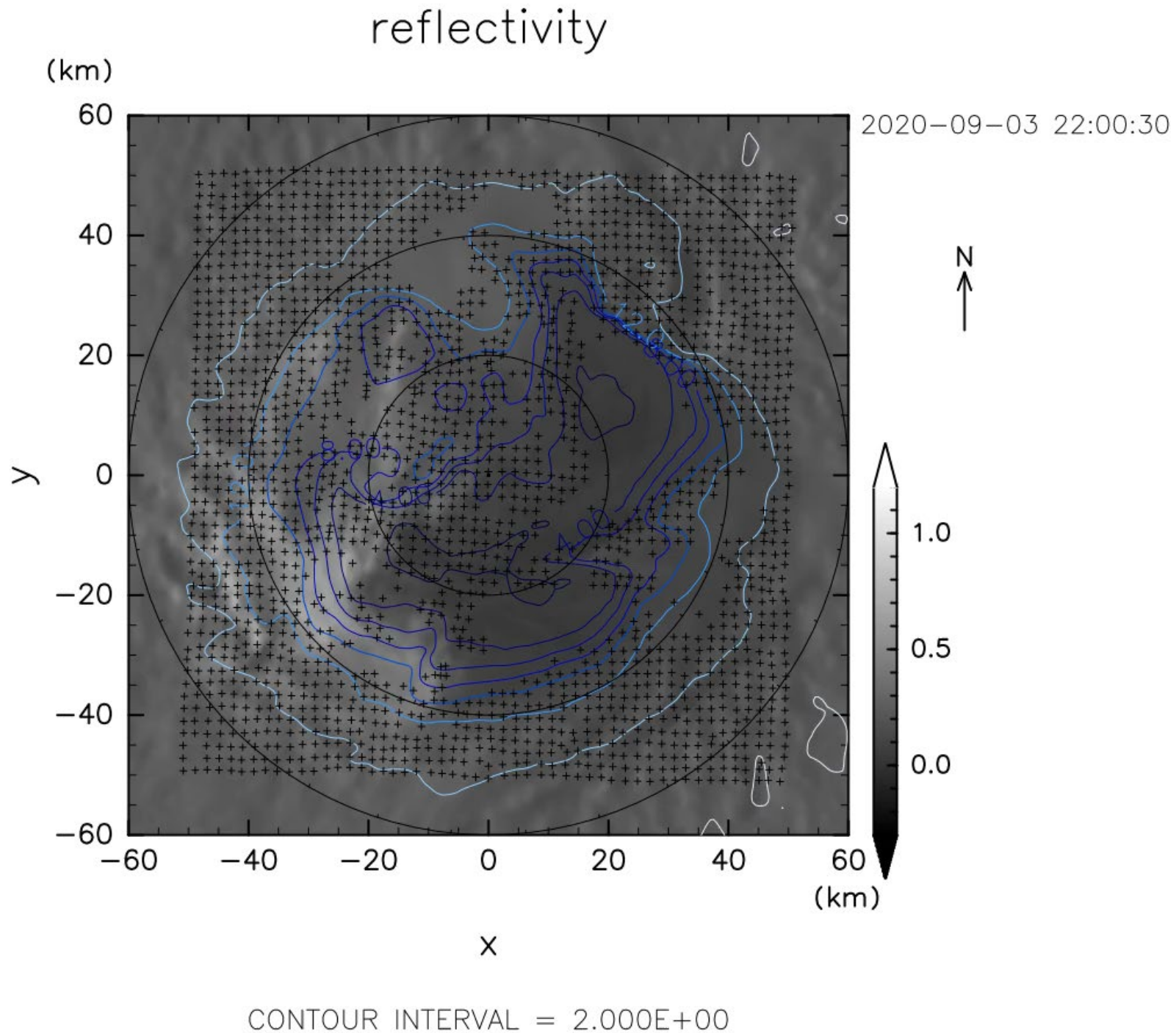
30秒観測が捉えたHaishenの目  
(可視画像, 等高線はおおよその雲頂高度)



CONTOUR INTERVAL = 2.000E+00

# 本研究における「雲追跡」の結果

(2分間の追跡結果を3分毎に表示。実際には毎分実施。この結果から風速を)



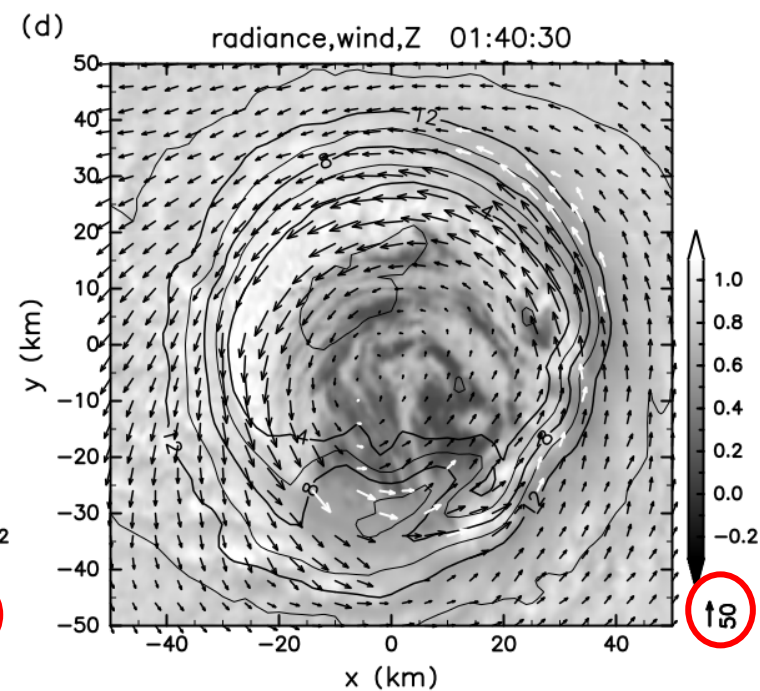
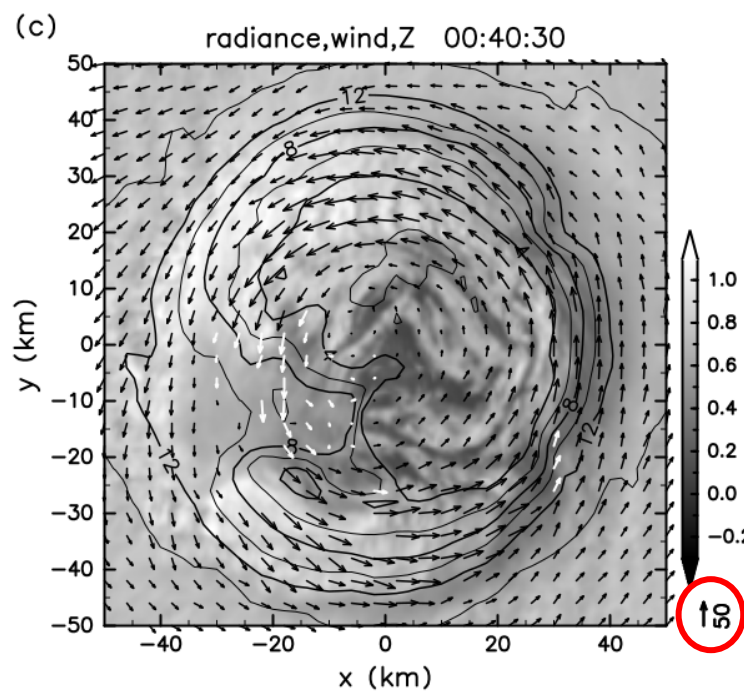
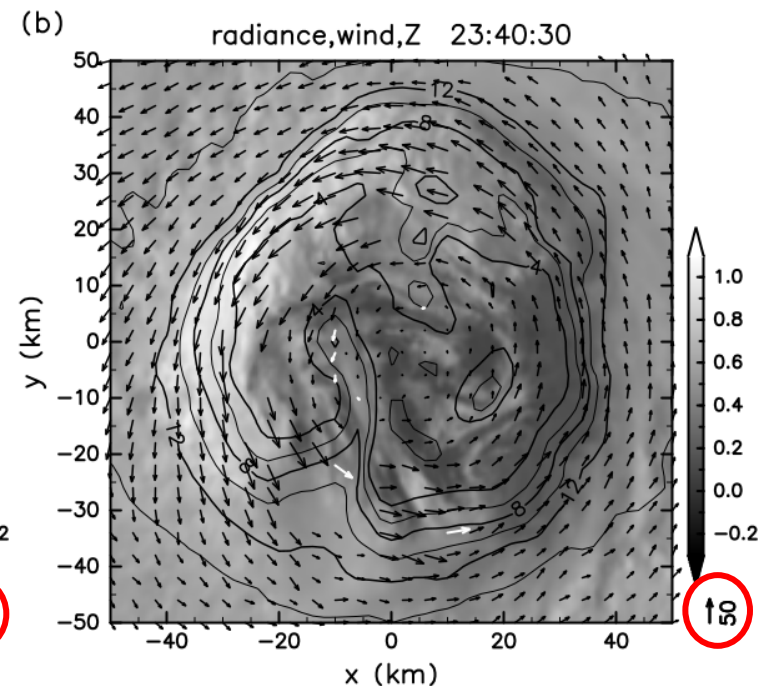
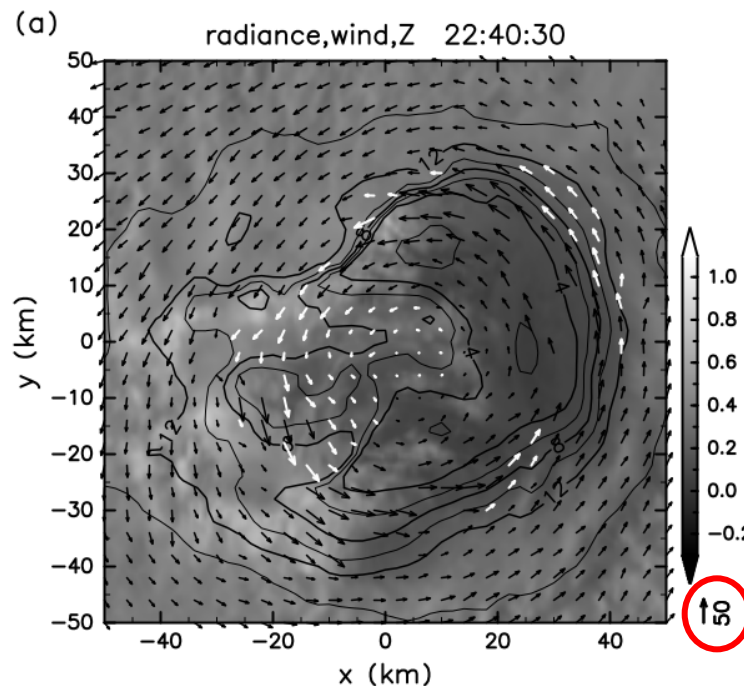


# 結果の例

- 目の中まで高密度で風速を取得（矢印）

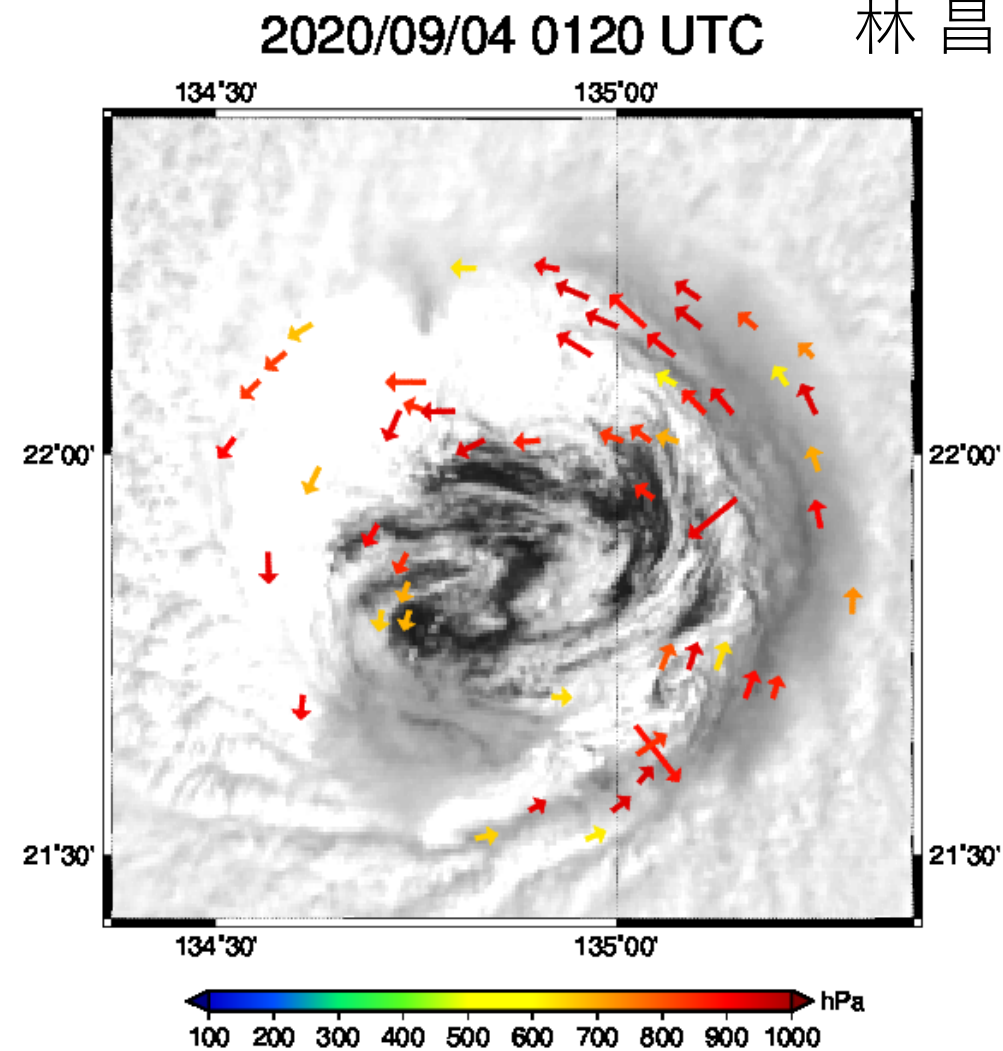
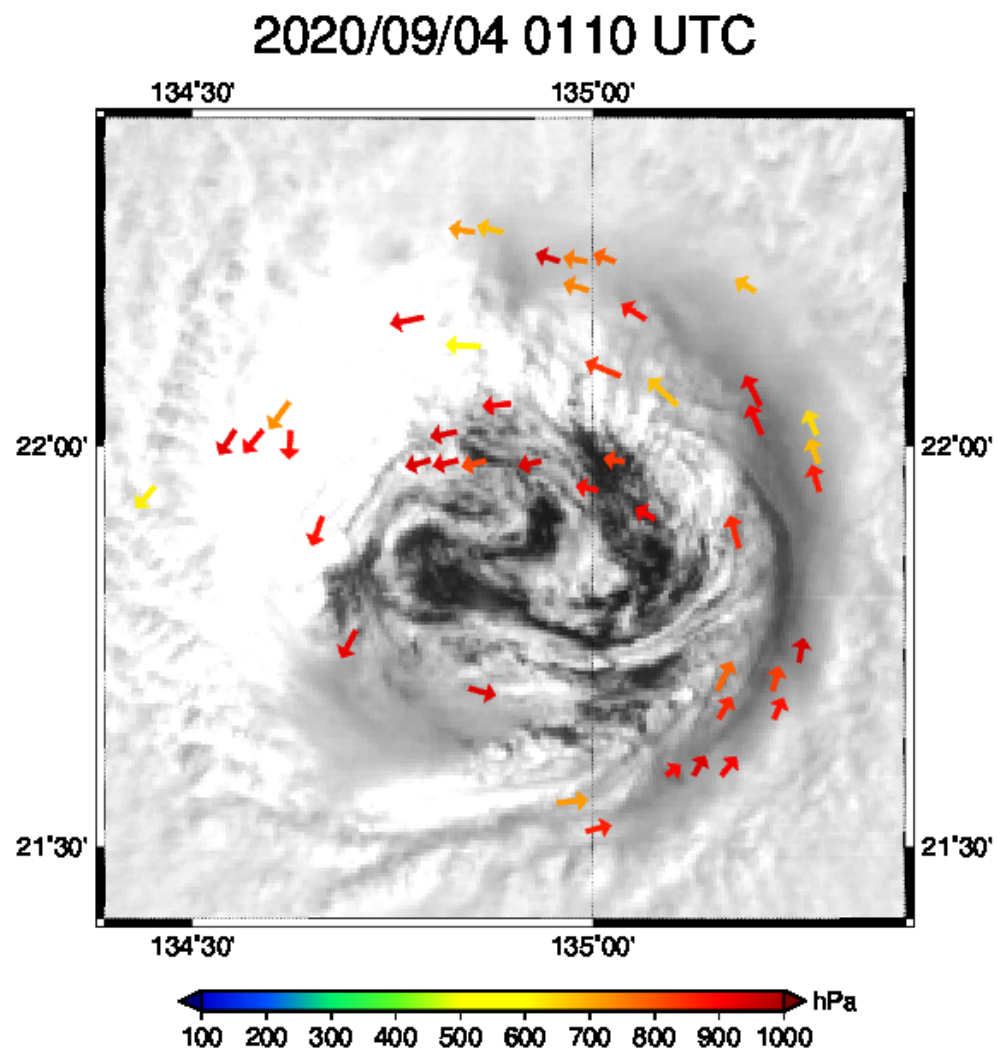
- 2020年のプレスリリースの段階(2.5分観測を使用)では、このような面的な風速の瞬時値でなく、中心からの距離に応じた目の中の回転を1時間程度の平均として取得していた。

赤丸中の矢印は風速が 50 m/sの時の長さ



参考：通常の（気象業務で台風監視に使われる）雲追跡の例  
（10分おきの推定結果の例。色は高度の目安として気圧を表す。）

作図：気象研  
林 昌宏

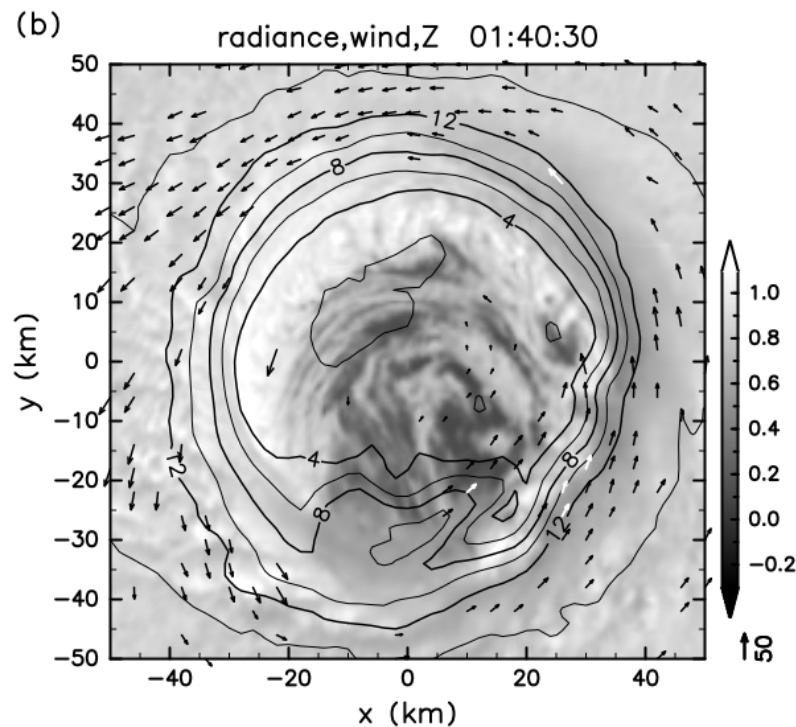
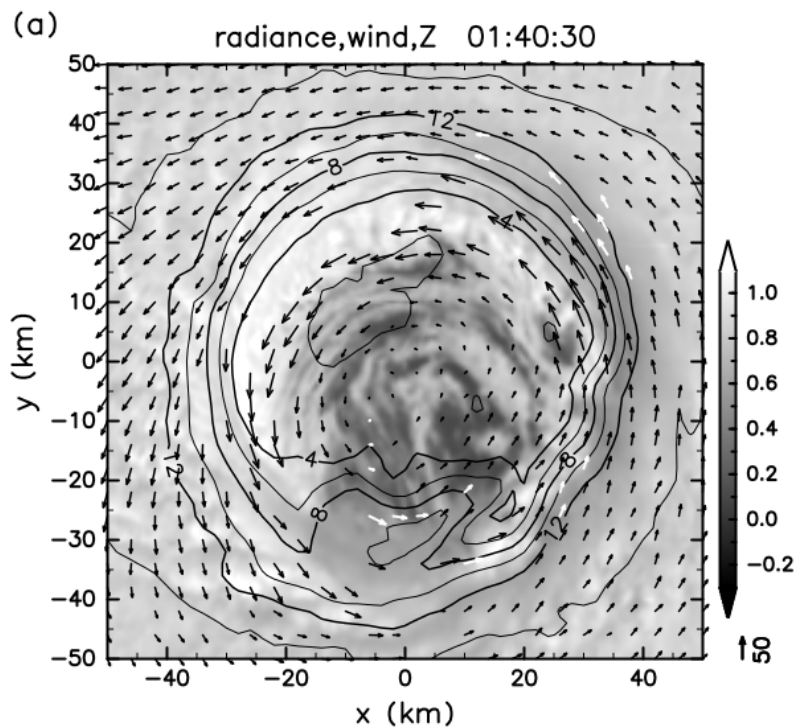
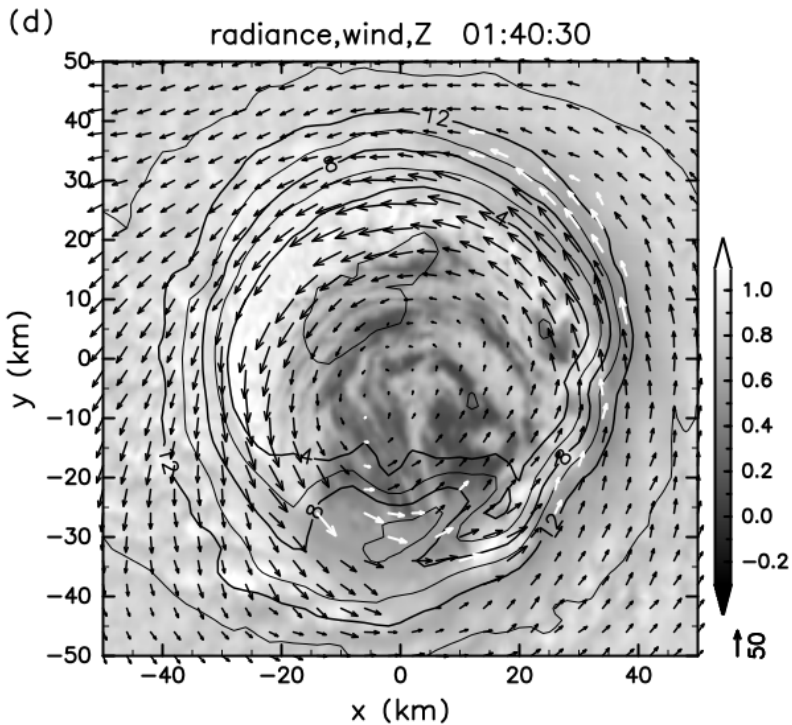


時間間隔が長くなると風速取得率が低下  
(工夫により改善しそうだが30秒観測の効用は明白)

(前掲) 30秒間隔での  
風速導出の結果

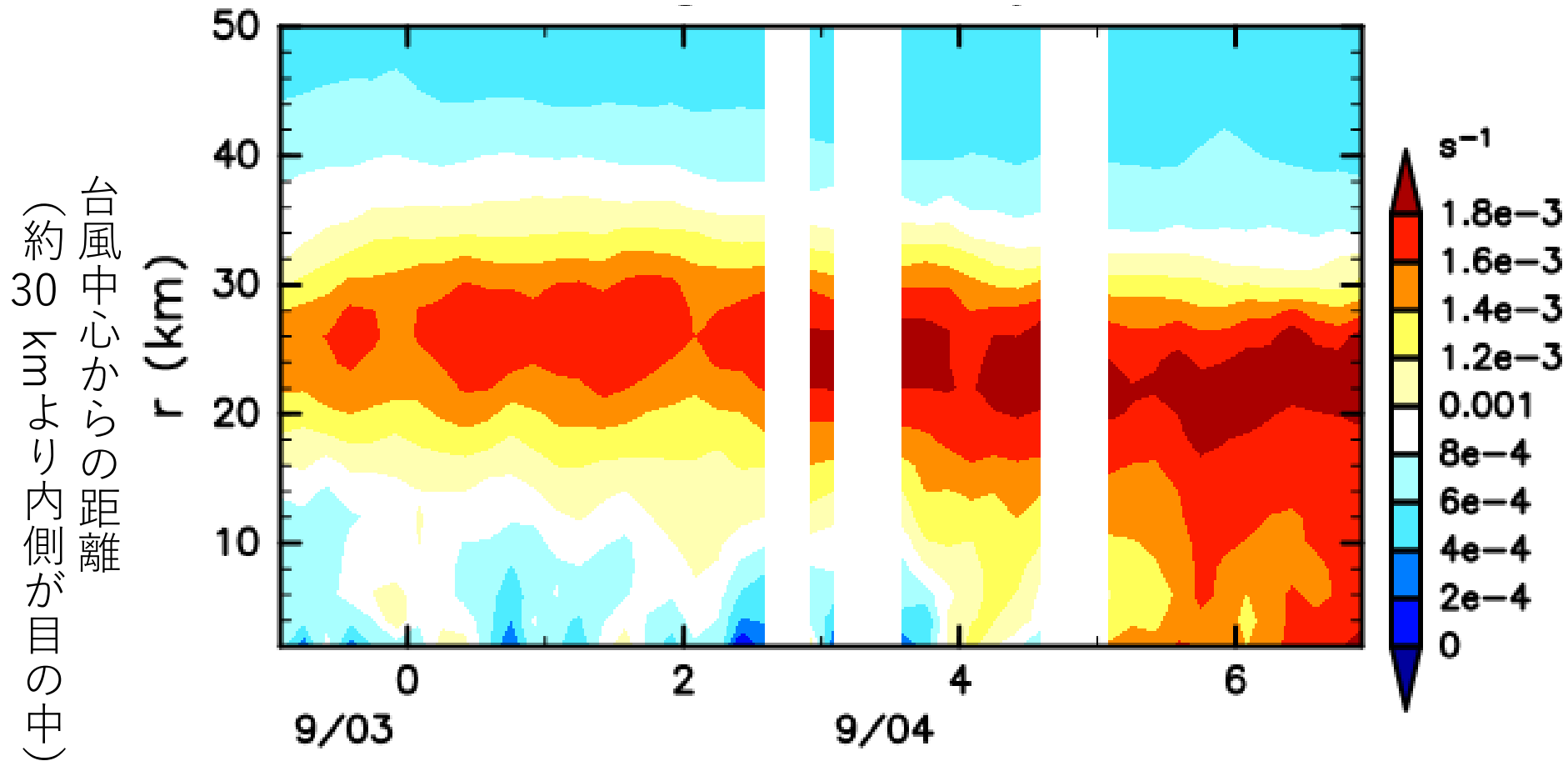
1 分間隔観測相当で作成

2 分間隔観測相当で作成



結果：目の中の回転の速さは約6時間で2倍ほどにも加速  
(急速な構造変化を起こす要因が何かあることを示唆)

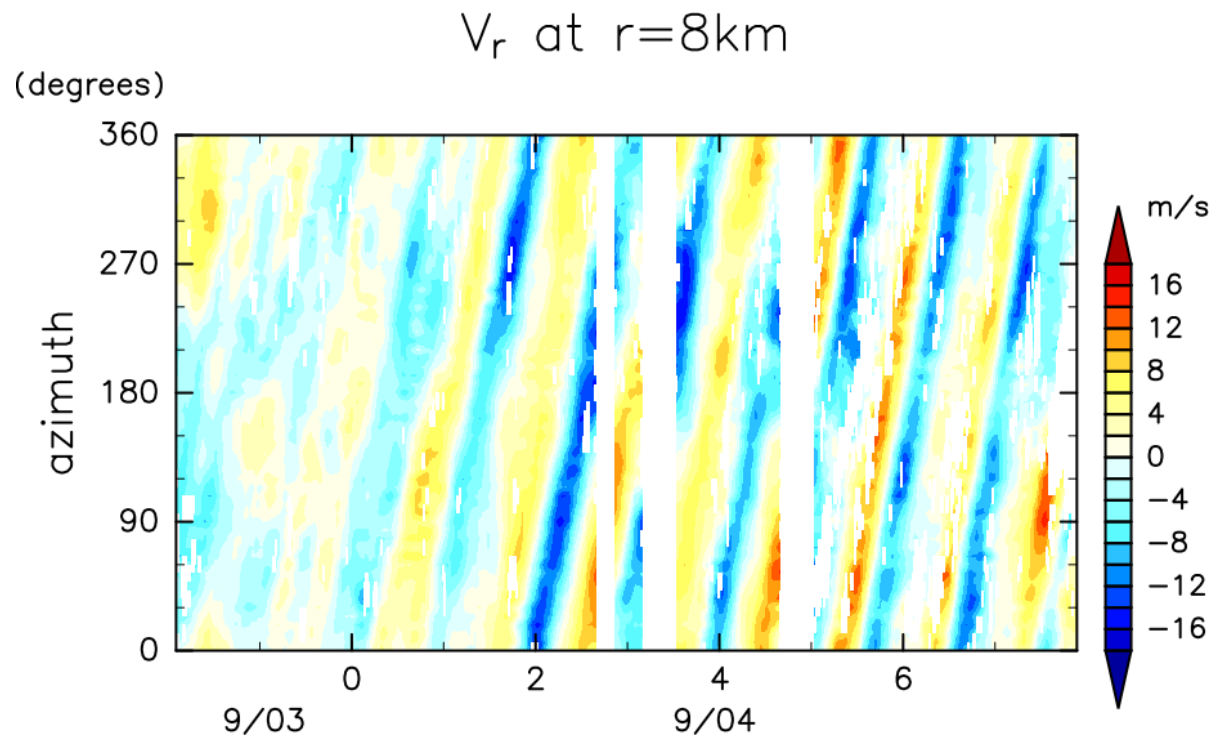
回転角速度 ( $1.8 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ で周期約1時間)



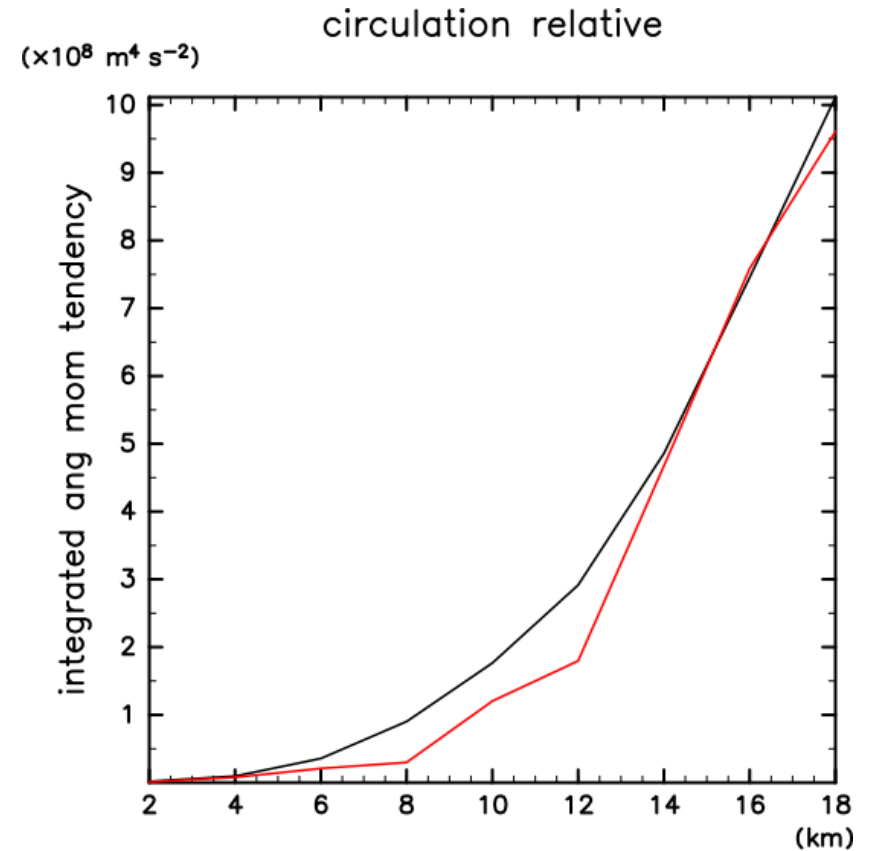


その要因は、ある種の波動であることを解明（20年ほど前に、存在しうることが理論的に指摘されたものの、台風の強度・構造の変化要因としてはほぼ忘れられていた現象）

今回初めて、観測からこのような研究が可能になった。



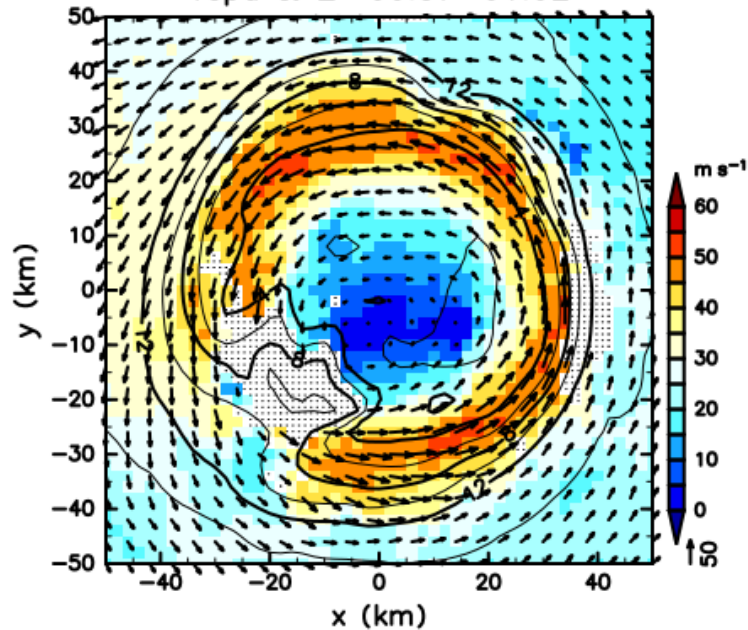
当該現象の検出を示す図  
（中心から8km離れたところで風速の偏りが回転する様子）



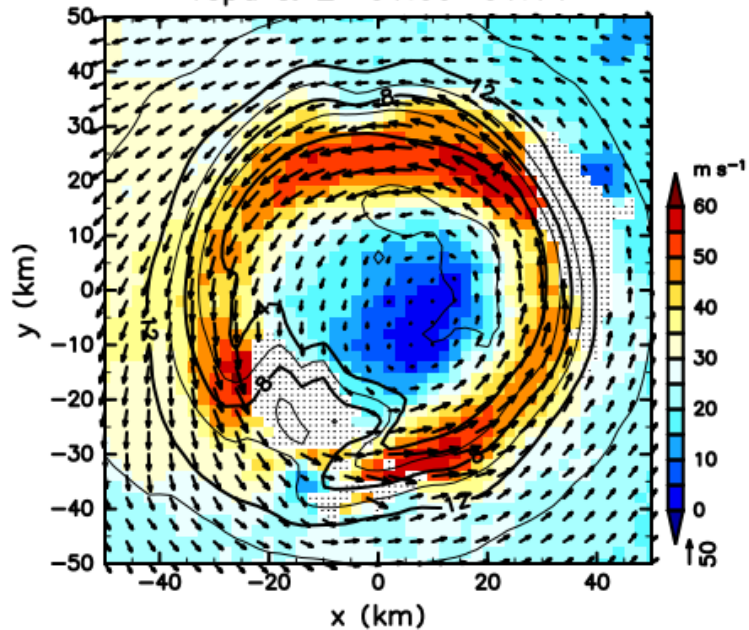
当該現象の効果を量的に示す図

風速分布  
の時間的  
な変化の  
例（前頁  
の現象）

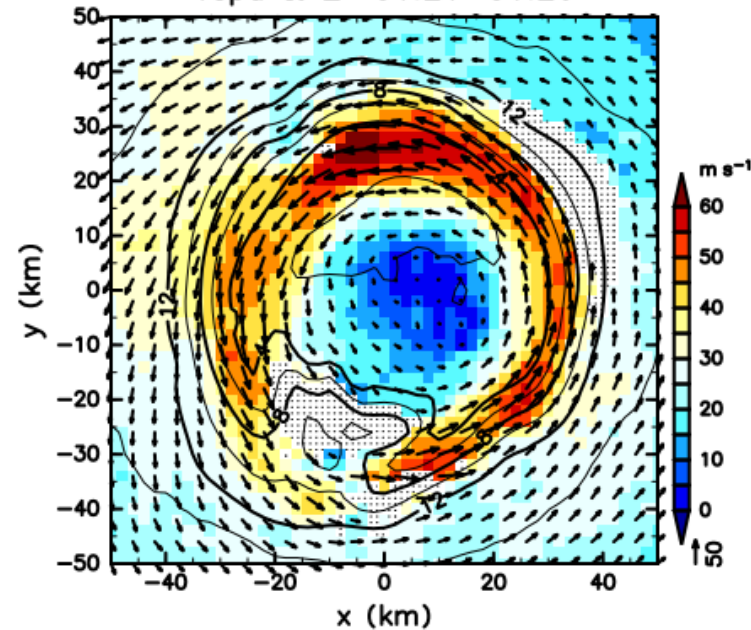
(a) Vspd & Z 00:57-01:02



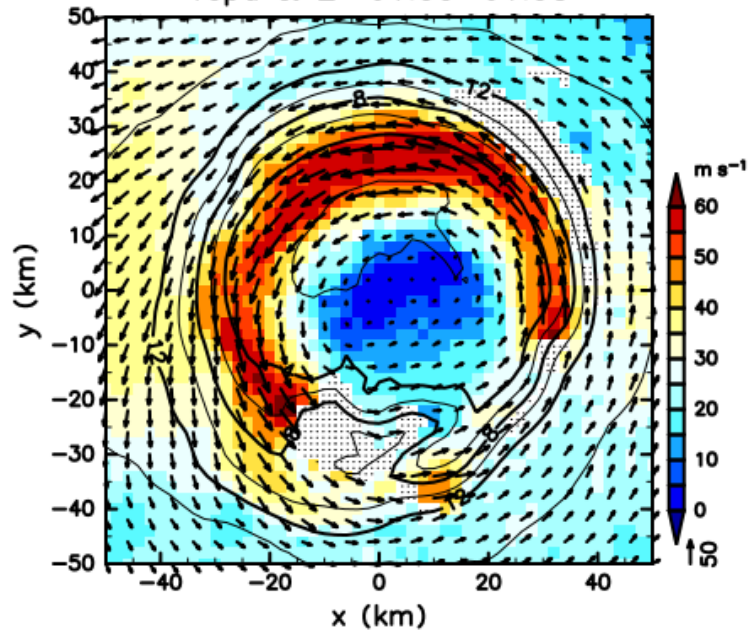
(b) Vspd & Z 01:09-01:14



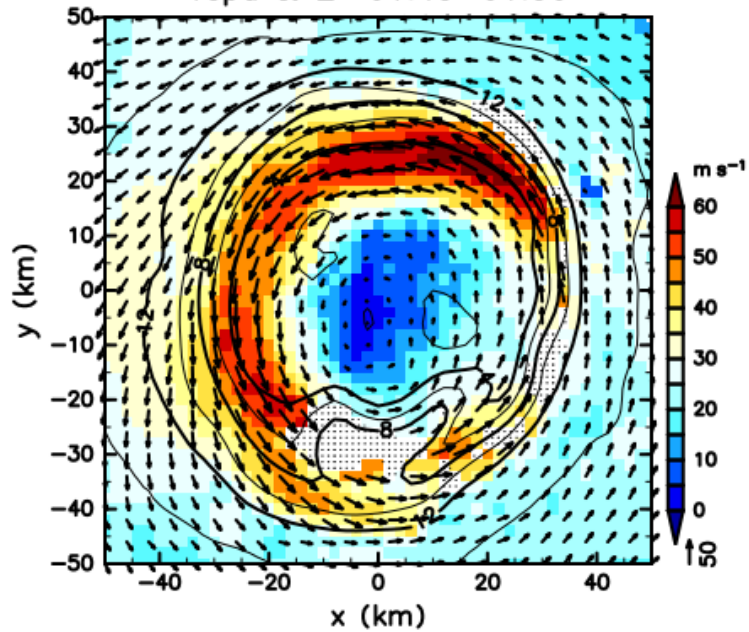
(c) Vspd & Z 01:21-01:26



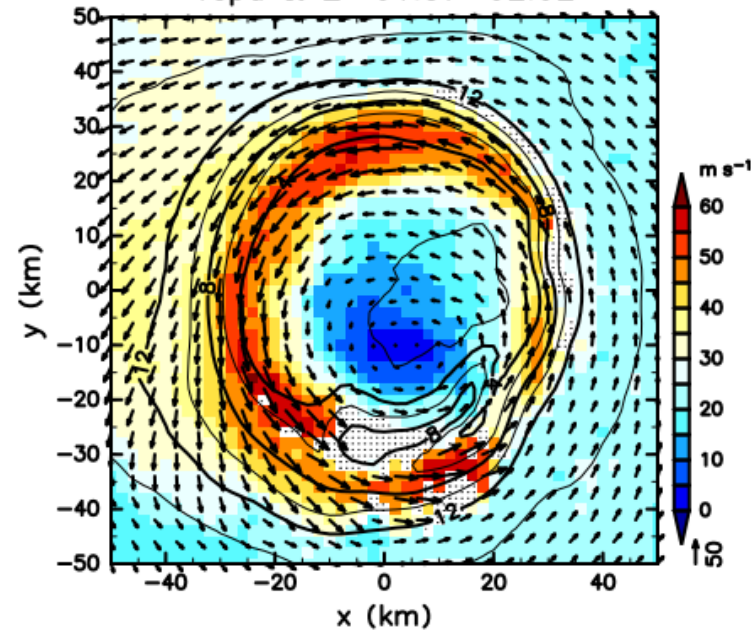
(d) Vspd & Z 01:33-01:38



(e) Vspd & Z 01:45-01:50



(f) Vspd & Z 01:57-02:02



当グループにおける最近の関連研究：ひまわりの赤外画像をもとに，地表付近で風速が最大になるのは中心からどれくらいの距離であるかを推定する技術を開発

- 北大の博士課程学生（塚田大河）が主導。
- 近年発達した，衛星搭載合成開口レーダーによる観測を活用することで，既存のアルゴリズム（2007年に米国で提案された）を検証し，改良した。
- 台風の本がはっきりしている場合は，平均絶対誤差が 2 km 未満。
- 目の中の風をもとに台風の強度推定が可能であることを示唆。

関連論文 Tsukada T. and T. Horinouchi, 2023: Strong Relationship between Eye Radius and Radius of Maximum Wind of Tropical Cyclones. Monthly Weather Review, 151(2), 569-588.  
<https://doi.org/10.1175/MWR-D-22-0106.1>

# 以上の研究の意義

- ひまわり8,9号による高頻度観測により，台風の強度・構造が相当程度制約できることを示した。→ 今後の展望1へ
- 台風の科学的な理解の深化。→ 今後の展望2へ



# 今後の展望1: 台風の強度・構造の診断と予報の革新 (長期展望)

- 台風の実況把握の向上
  - 現在の強度推定は、気象庁を含む複数の気象現業機関により「ベストトラックデータ」として発表されているが、機関間で統一されておらず、事例によっては強度差が大きい。
  - 海上での観測の乏しさがネック。
  - 今回の手法等（現在さらなる改良を準備中）により得られるデータはその点を改善し、強度・構造推定の向上につながると期待。
- 台風予測の改善への貢献
  - 実況把握の向上
  - → 数値天気予報に使われる初期値の向上（本手法等によるデータとデータ同化技術の組み合わせにより）。
  - → 予測の向上（特に比較的短期の強度予報の向上が期待される）。
- なお、（今回のような）衛星観測に基づく手法の検証には航空機観測が重要：さらなる活用が求められる。

## 今後の展望2: 台風の科学的理解の深化 (今回の成果も含め継続的に)

- 台風の強度や構造は急激に変化することがあるが，その理解が不足している。
  - 特に，内部コアにおける力学過程が重要だが，観測手段が限られるため，現在の主な研究手段は数値モデルによるシミュレーション。しかし，モデルの振る舞いは実際と異なることもあるため，観測的な診断の強化と，観測に基づくモデルの改善が必要
  - 今回の手法で得られるデータは，そこに大きく貢献できる（今回の発見のようなことが今後も期待できる）。
  - 台風の強度や構造が，なぜ，どのように変動するかがわかれば，予測改善のためのポイントの理解にもつながる。