

航空機による直接観測で明らかになった 台風の目の構造

説明者： 山田 広幸

理学部 物質地球科学科 地学系 准教授

陪席者： 伊藤 耕介

理学部 物質地球科学科 地学系 准教授

平野 創一朗

理学部 物質地球科学科 地学系 ポスドク研究員

- 航空機による台風の直接観測を2017年から行っている※1。これは日本人研究者として初となる試みである。
- 非常に強い、または猛烈な3つの台風について観測飛行を実施し、目の中心まで進入することに成功した。ドロップゾンデを目と壁雲に投下し、大気の成層状態を捉えた。
- 台風を特徴づける「目」について、新たなことが明らかとなり、以下の2つの論文を投稿し、出版された。

1. 目の暖気核構造と、その維持メカニズム※2

2. 目の中に現れる深い対流（積乱雲）の物理的構造※3

※1 本研究はJSPS科研費 JP16H06311, JP16H04053, JP19K03973, JP21H04992 の助成と、琉球大学「大気－海洋－生態系統合モデルを核とした統合的台風研究プロジェクト」の支援を受けたものです。

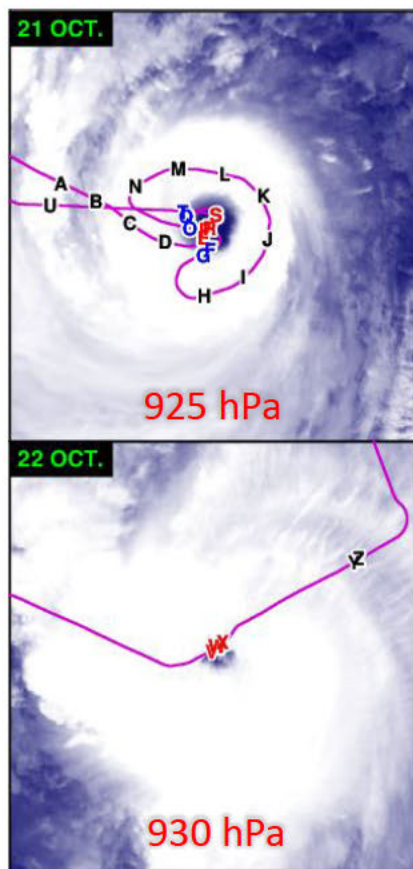
※2 日本気象学会の英文雑誌「Journal of the Meteorological Society of Japan」に掲載された。

※3 米国気象学会の英文雑誌「Journal of the Atmospheric Sciences」に受理、速報版が出版された。

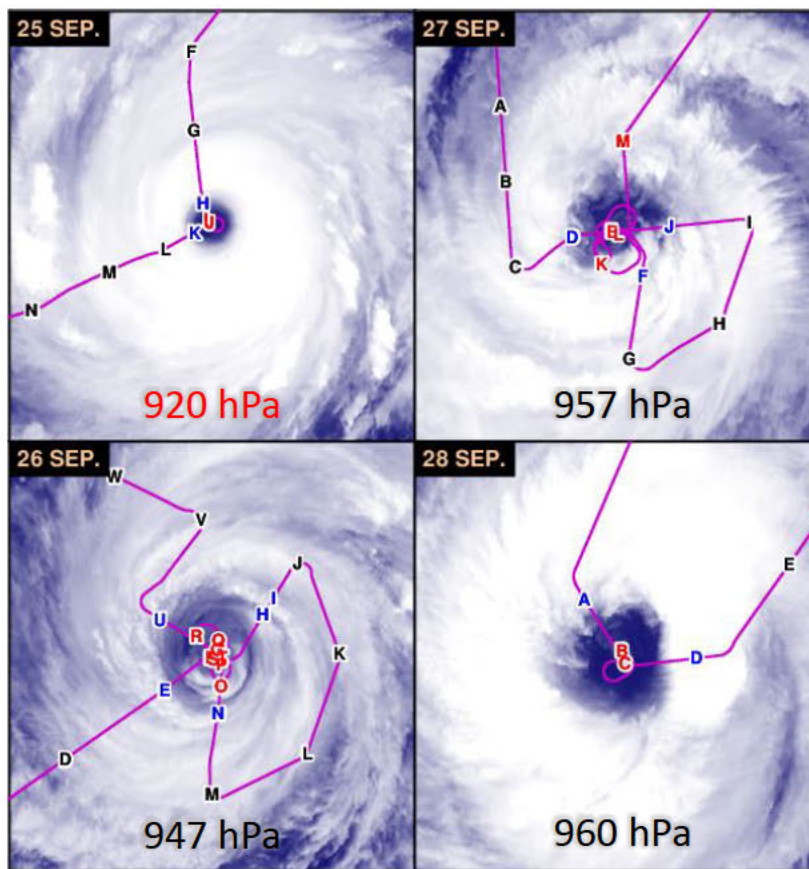
- 台風の進路予報と強度予報のうち、強度予報には目立った改善がみられない。その原因の理解は急務である。
- そのために、実際の台風の発達・衰退のメカニズムを把握する必要があり、現場観測に基づくプロセスの解明が求められている。
- 2つの論文は、目の中の温度・湿度の（熱力学的な）特徴が、台風の強度を反映することを、現場観測に基づき初めて明らかにしたもの。台風の発達メカニズムに新たな知見を与える。
- 研究者が自ら目の中に進入し、的確な場所に高い高度からドロップゾンデを投下し、気温と湿度を観測することによって、これらの成果を得た。世界で最も多く台風が発生する北西太平洋で、他国の追従を許さない研究である。

航空機による直接観測

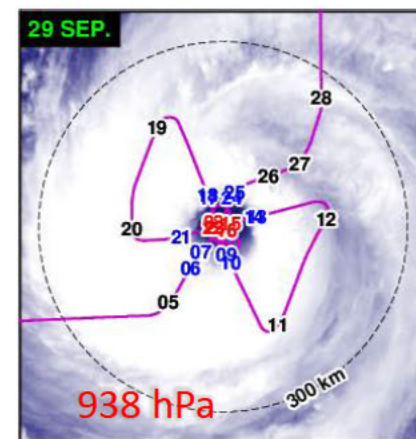
2017年第21号
(ラン)



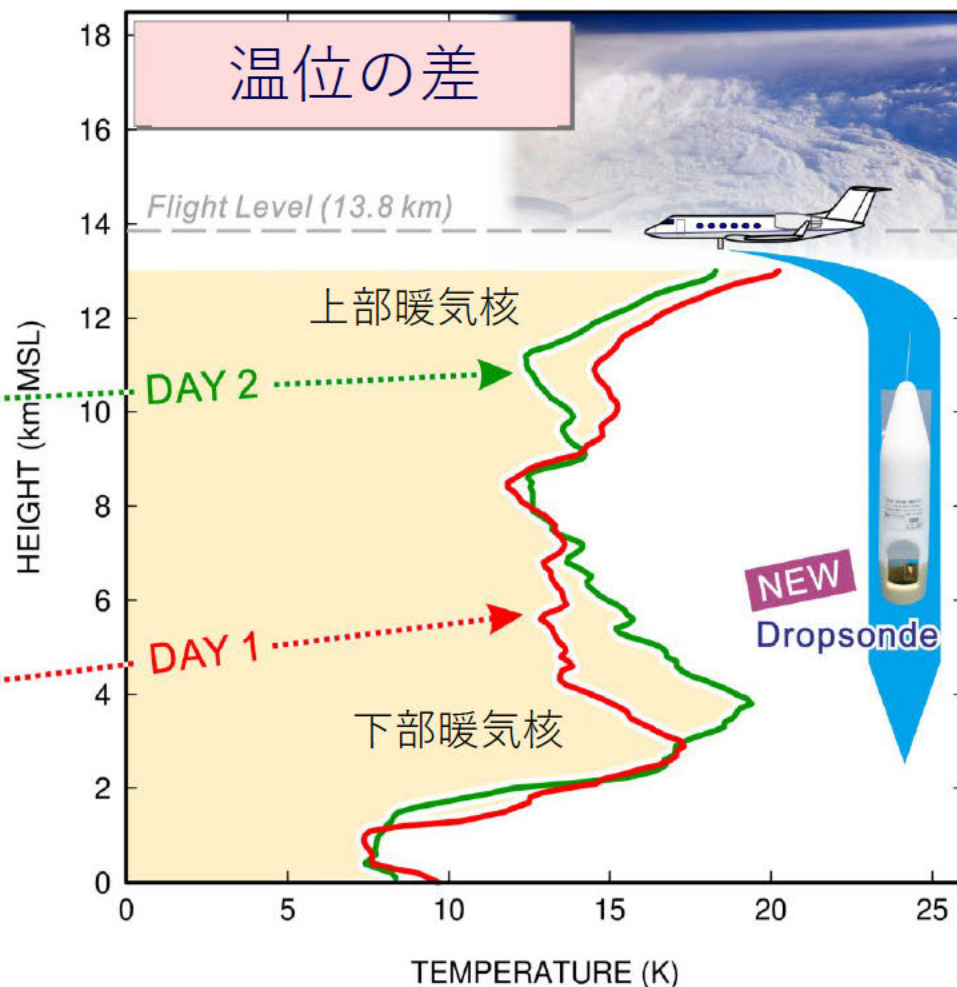
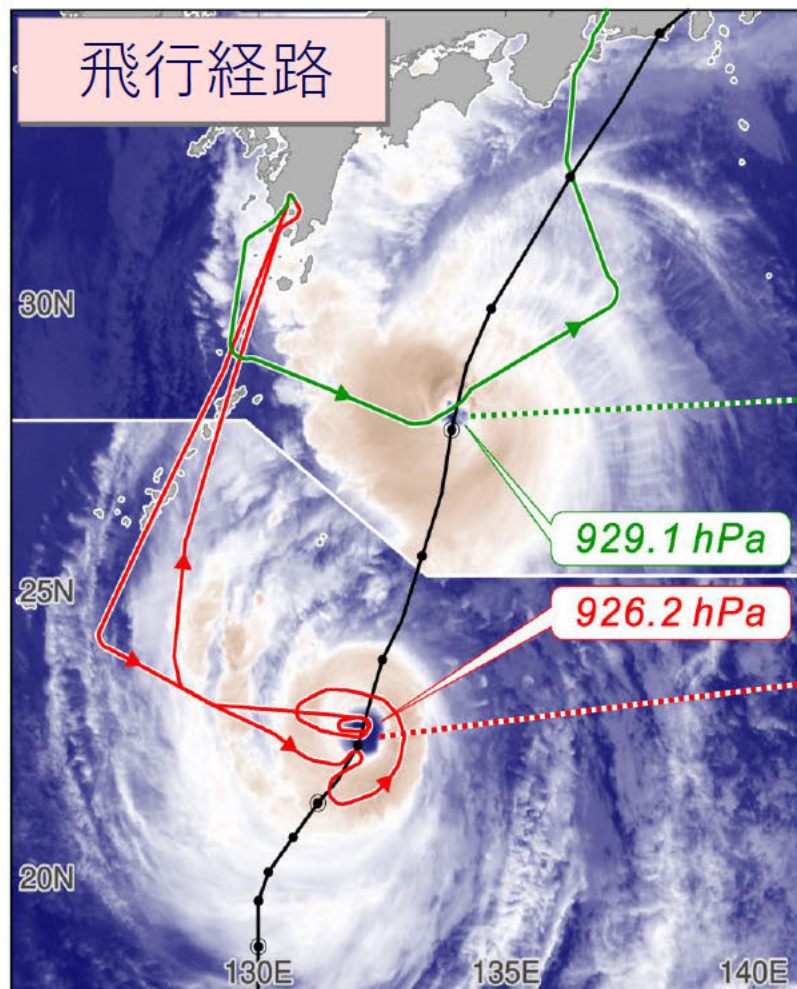
2018年第24号
(チャーミー)



2021年第16号
(ミンドル)

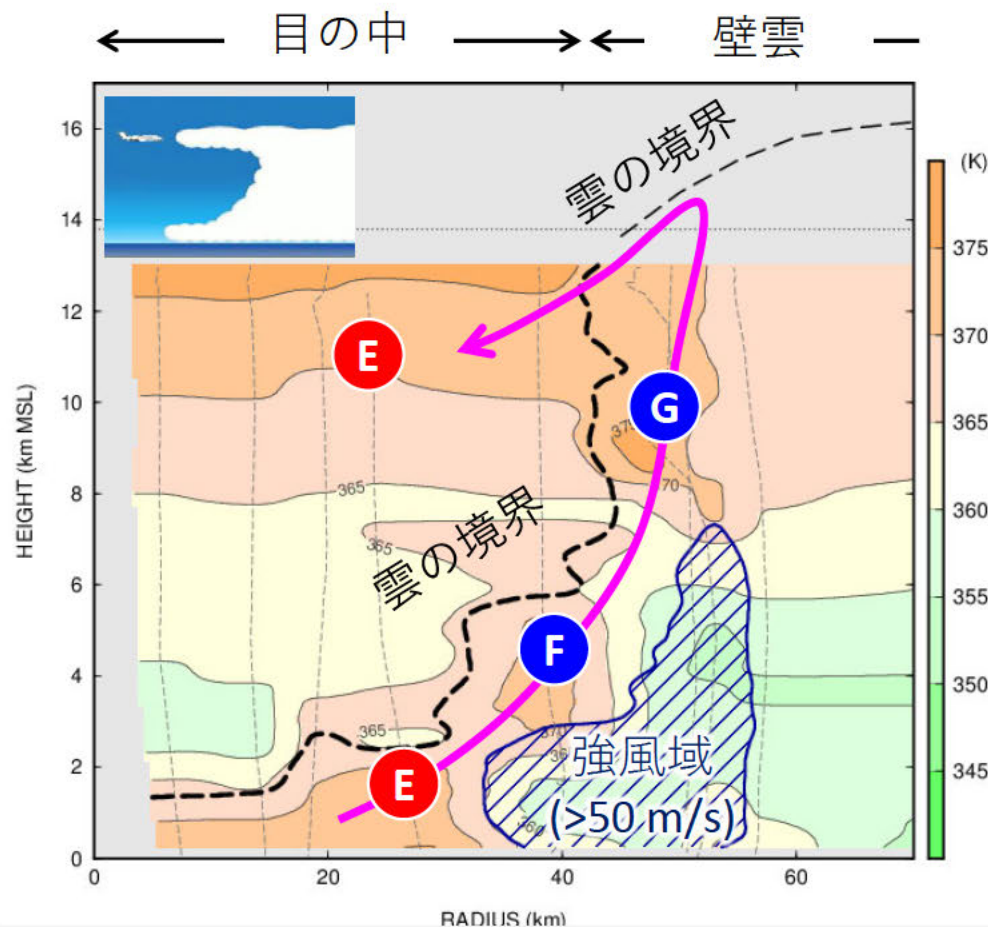


非常に強い、または猛烈な勢力の台風について観測を実施し、
これまで目の中心まで10回進入することに成功した。

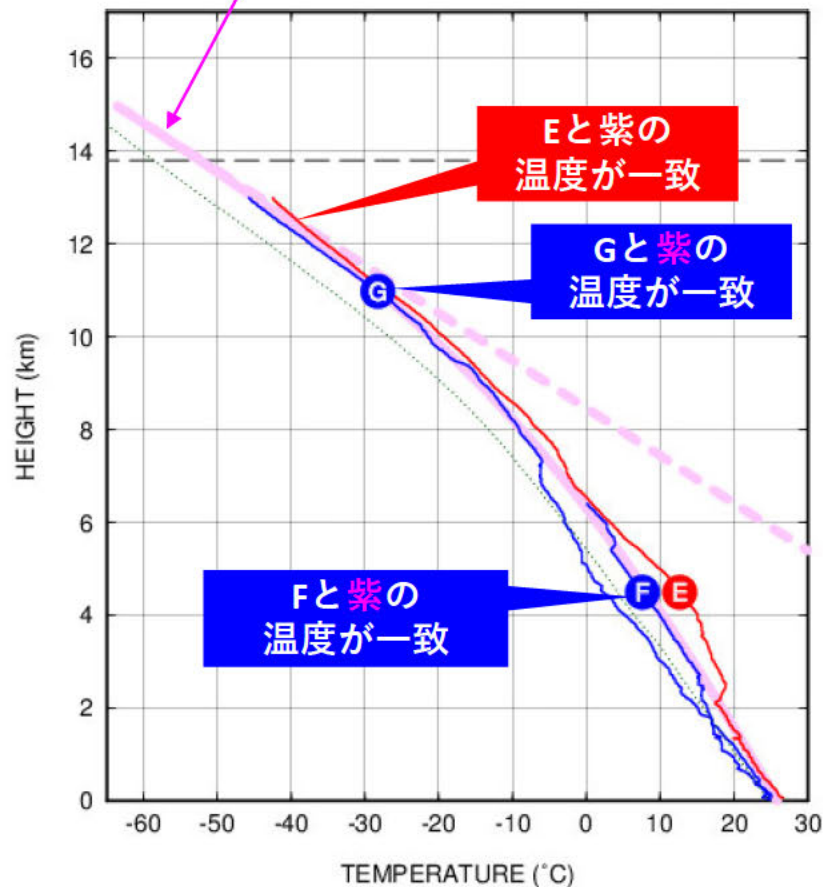


台風を中心と外側で温度を比べると、中心のほうが暖かい。特に、高度3 km付近と13 km以上にピークがある。このような二重の暖気核構造を捉えた、極めて稀な観測事例。ドロップゾンデのデータにより、その維持メカニズムを調べた。

相当温位※1の鉛直分布
(※1 空気と水蒸気の総エネルギー)



目と壁雲の気温分布
(紫は目の空気を上昇させた場合)



海面で温められた空気が壁雲を上昇し、上空で目に入り込むことで暖気核が維持されることを世界で初めて観測データから明らかにした。

9月25日

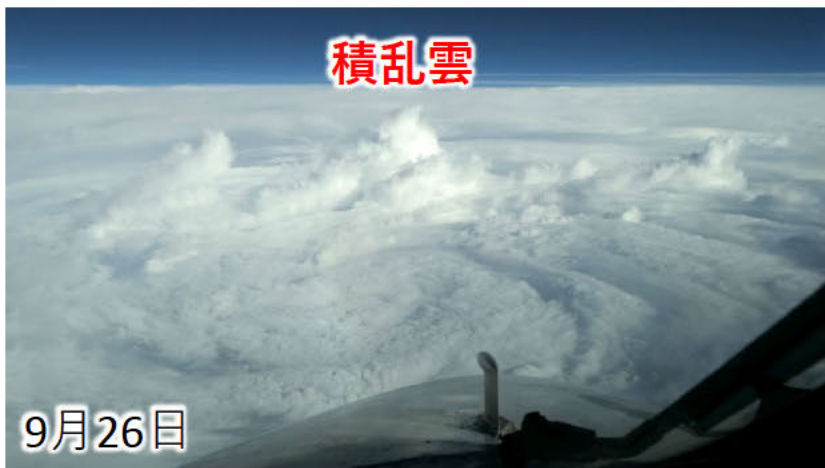


9月27日



積乱雲

9月26日



9月28日



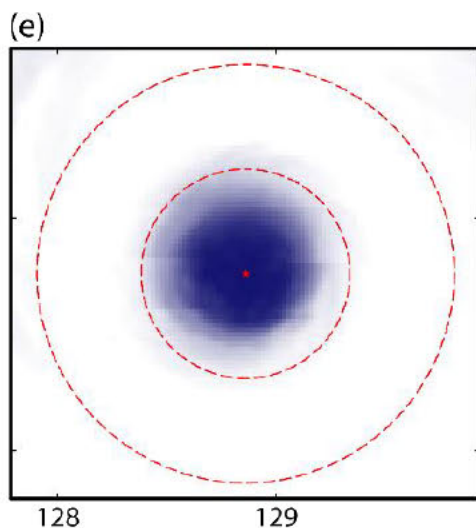
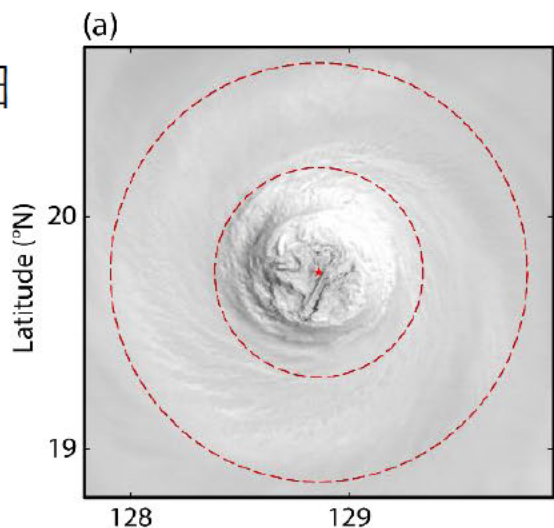
台風の内の中には背の低い雲しか現れないといわれるが、
2018年台風第24号（チャーミー）の大きな内の中には
背の高い積乱雲が出現していた。なぜか？

07 論文2：積乱雲が現れるタイミング

可視画像

赤外画像

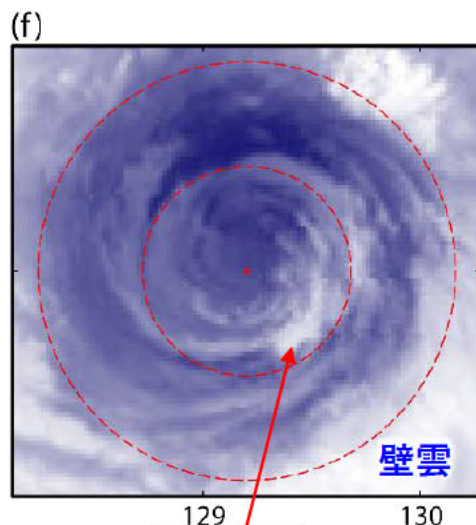
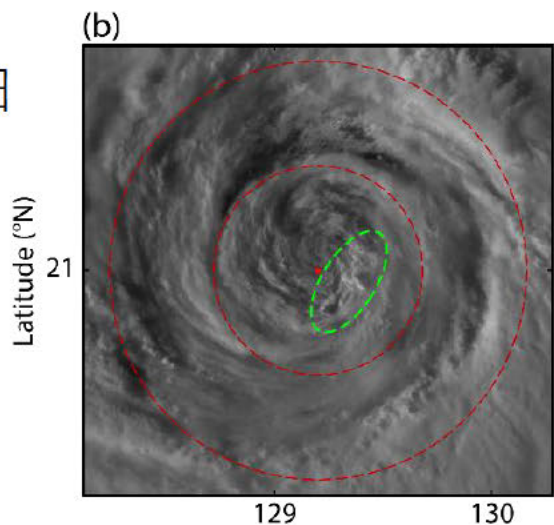
9月25日



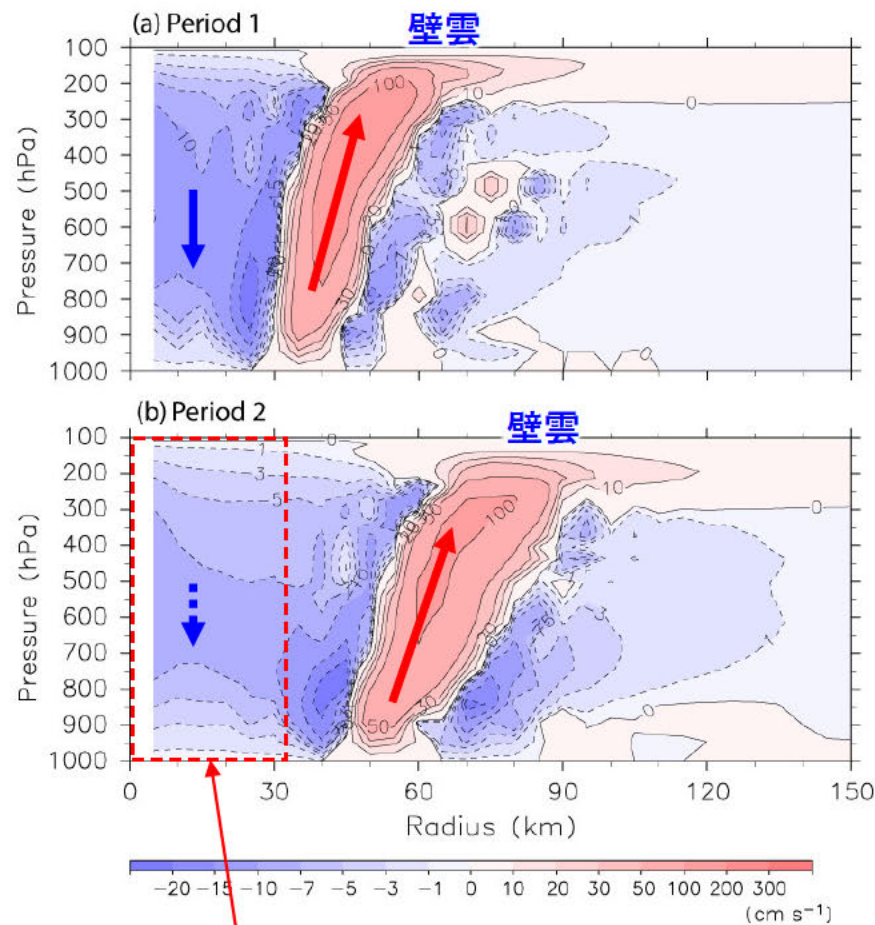
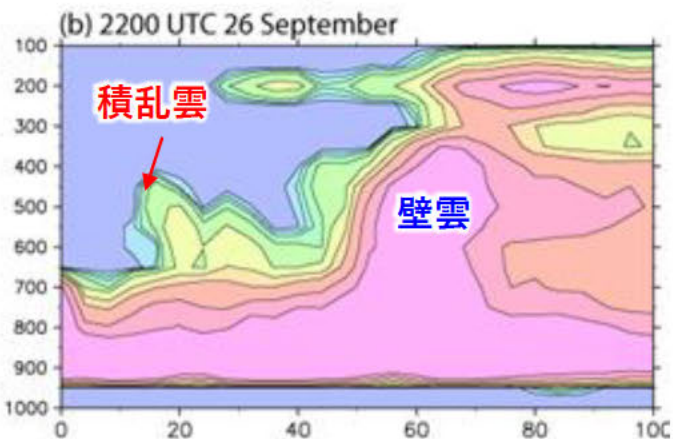
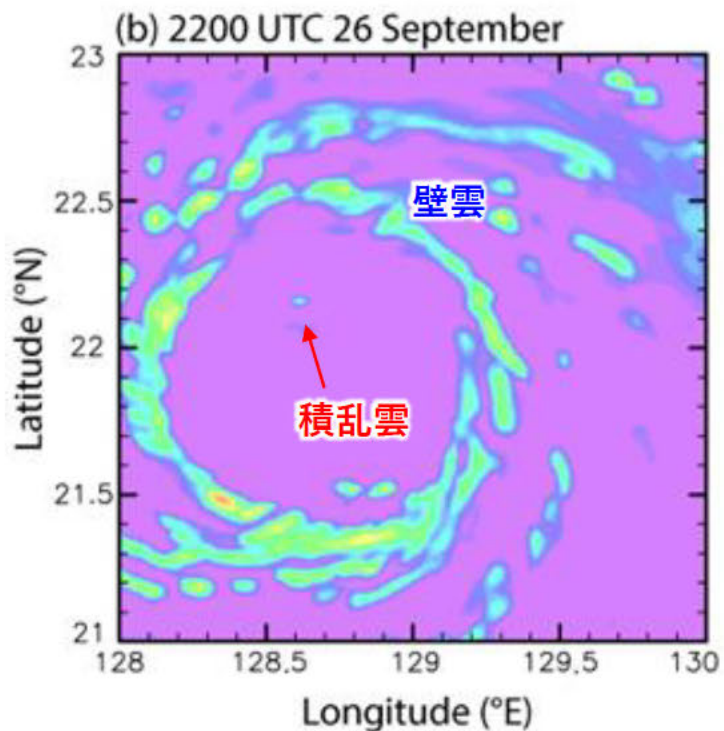
中心気圧：915 hPa
目の直径：約80 km
目の中の雲は低い

台風の勢力が弱まり
目が拡大すると
積乱雲が表れる

9月26日



中心気圧：950 hPa
目の直径：約200 km
目の中に積乱雲あり



目が広がる（壁雲の位置が外側にずれる）と、**目の中の下降気流が弱まり**、積乱雲が発達できるようになる。

1. Yamada, H., K. Ito, K. Tsuboki, T. Shinoda, T. Ohigashi, M. Yamaguchi, T. Nakazawa, N. Nagahama, and K. Shimizu, 2021: The double warm-core structure of Typhoon Lan (2017) as observed through the first Japanese eyewall-penetrating aircraft reconnaissance^{※1}. *Journal of the Meteorological Society of Japan*^{※2}, **99**, 1297-1327. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2021-063>

※1 日本初のアイウォール貫通型航空機観測により捉えられた
2017年台風第21号（ラン）の二重暖気核構造

※2 日本気象学会の英文雑誌「気象集誌」

2. Hirano, S., K. Ito, H. Yamada, S. Tsujino, K. Tsuboki, and C.-C. Wu, 2021: Deep eye clouds observed in Tropical Cyclone Trami (2018) during T-PARCI dropsonde observations^{※3}. *Journal of the Atmospheric Sciences*^{※4}, (accepted). <https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/aop/JAS-D-21-0192.1/JAS-D-21-0192.1.xml>

※3 T-PARCIドロップゾンデ観測中に台風チャーミー（2018）で
観測された深い目の雲

※4 米国気象学会の科学雑誌「大気科学ジャーナル」

山田広幸（理学部 物質地球科学科 地学系）

E-mail:

[REDACTED]

電話

[REDACTED]



Tropical Cyclones-Pacific Asian Research Campaign for the Improvement of Intensity estimations / forecasts

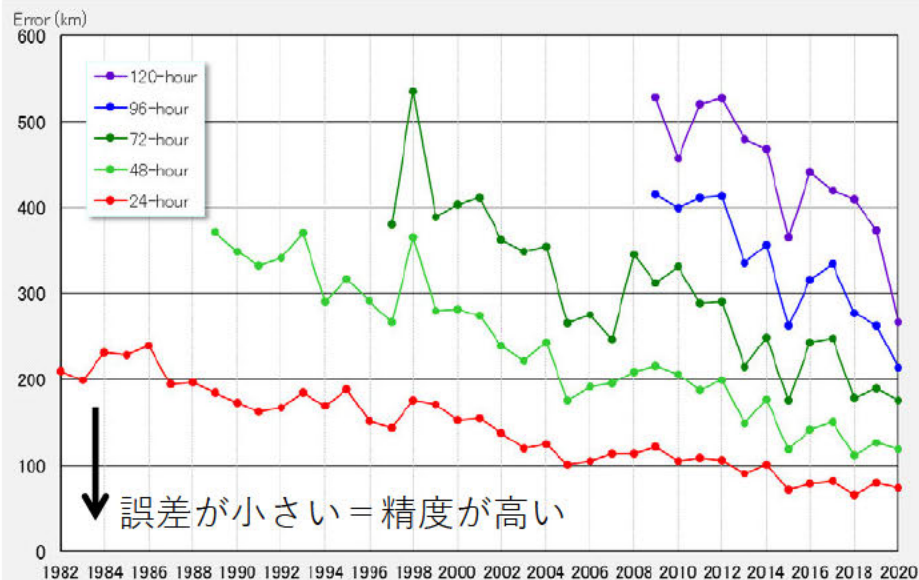


明星電気 iMDS-17 ドロップゾンデ

台風強度（中心気圧・最大風速）の監視と予測の精度向上を目指し、
小型ジェット機を用いて台風内部でドロップゾンデ観測を行う、
大学と気象研究所の共同研究プロジェクト

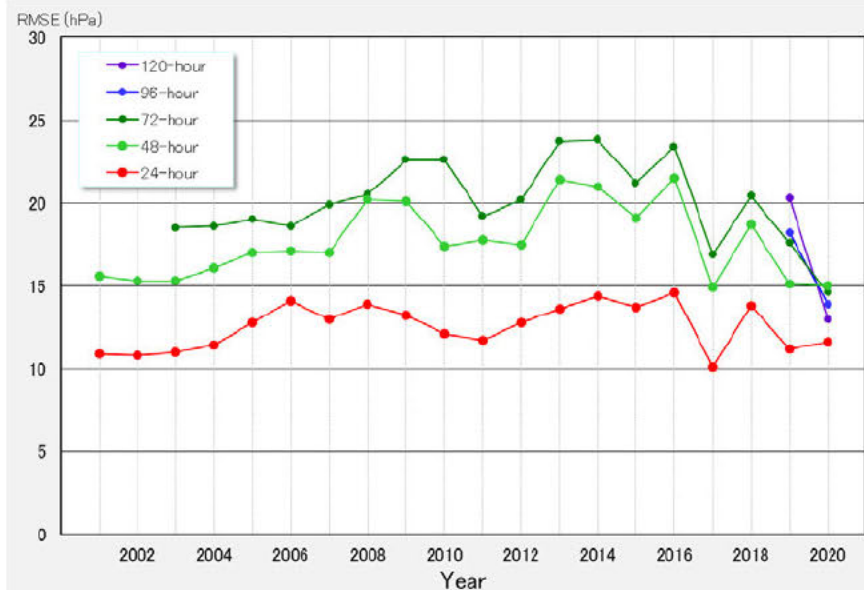
気象庁「Annual Report on the Activities of the RSMC Tokyo - Typhoon Center 2020」より

進路の予報誤差



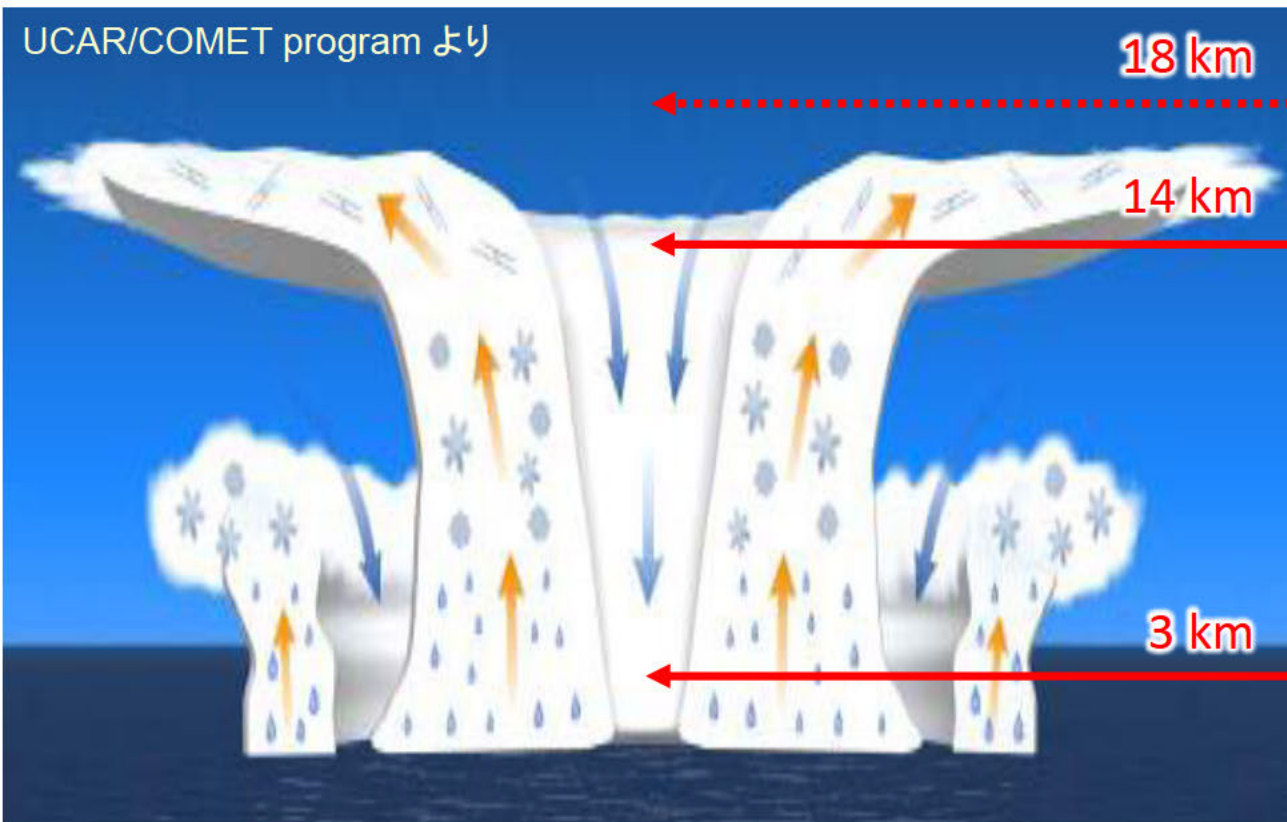
過去40年で確実に向上している。
120時間先の誤差は、30年前の
48時間先の誤差と同等である

中心気圧の予報誤差



目立った向上がみられない。48
時間より先の精度は向上してい
るが、24時間先の誤差は縮小し
ていない。数値予報か、その初
期値となる観測に問題があると
考えられている。

UCAR/COMET program より



米国の特殊航空機
(GH, WB-57)

日本のジェット機
(G-II, G-IV)

世界で日本と米国だけ
が実施する

米国のプロペラ機
(WP3-D, WC-130)

- 日本の台風観測は、高高度を飛行するので、気温と湿度を高度14km以下の広い範囲で取得できる。研究者により飛行経路を選定でき、自由度が高い。
- 米国のハリケーン観測は、通常はプロペラ機を用いるので、気温と湿度は高度3kmより下しか得られない。
- 特殊航空機（無人機GH、成層圏爆撃機WB-57）は特別観測プロジェクトによる、ごく限られた事例でしか行われぬ。研究者は搭乗できず、自由度が低い。

資料：観測飛行の様子

気象レーダーの画像と雲の様子を見ながら、研究者が操縦士に直接相談し、リアルタイムで進路を選定することが可能。

研究に重要なポイントを狙って、ドロップゾンデを投下できる。

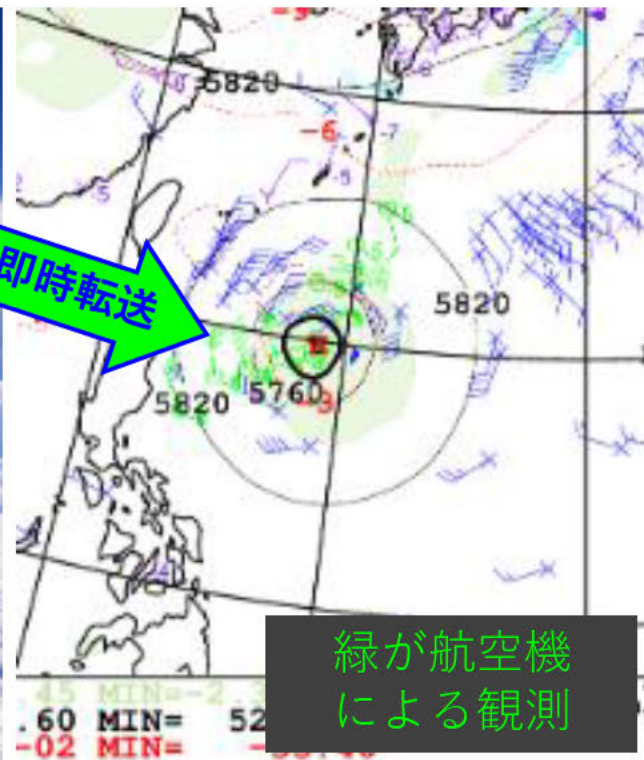
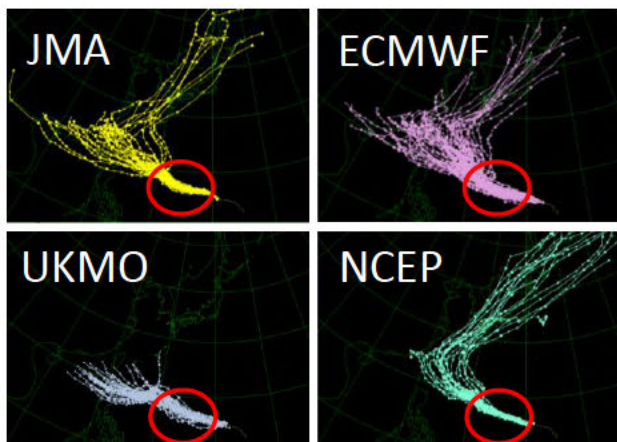
山田は航空経路を選定する担当。



予報結果に
基づく経路選定

観測の
実施

予報への
データ同化



緑が航空機
による観測

数値予報（気象庁と世界の気象機関）の結果がばらつく（不確実性の高い）事例を狙って航空機観測を実施し、データを即時に気象庁へ転送し、次の予報の確度向上に貢献する。