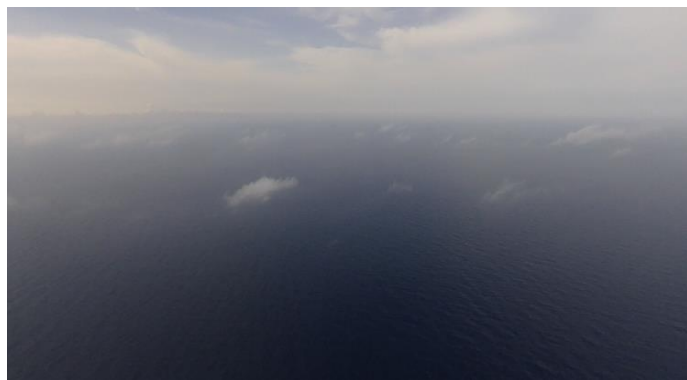


2024.12.17：気象研究所研究成果発表会

線状降水帯の機構解明のための 洋上ドローンと 新しい水蒸気観測の取り組み



瀬古弘
気象観測研究部



線状降水帯が発生した大雨事例

2014年8月

広島土砂災害 (平成26年8月豪雨)

同時多発的に土石流が発生
死者74人

(出典:平成26年版 消防白書)



土砂災害

2015年9月

平成27年9月関東・東北豪雨

茨城・鬼怒川が決壊・土砂災害
死者8人

(出典:平成27年版 消防白書)



中小河川洪水

2017年7月

平成29年7月九州北部豪雨

山地部の中小河川の氾濫・土砂災害
死者・行方不明者41人

(出典:平成29年版 消防白書)



洪水

2018年7月

西日本豪雨 (平成30年7月豪雨)

各地で河川の氾濫や土砂災害
死者・行方不明者232人

(出典:平成30年版 消防白書)

2020年7月

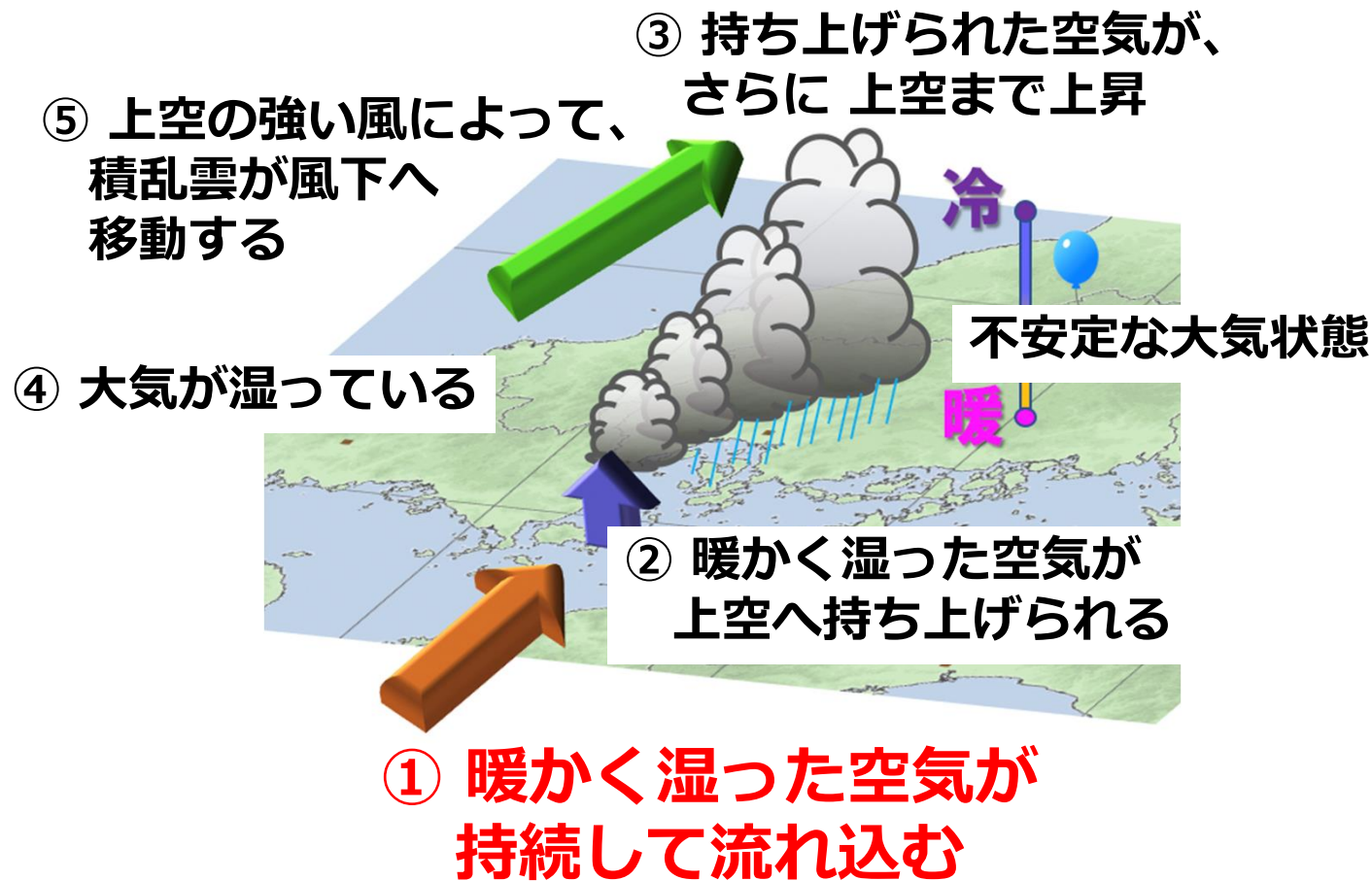
令和2年7月豪雨

熊本・球磨川の氾濫・土砂災害
死者・行方不明者86人

(出典:令和2年版 消防白書)

線状降水帯の模式図と発生条件

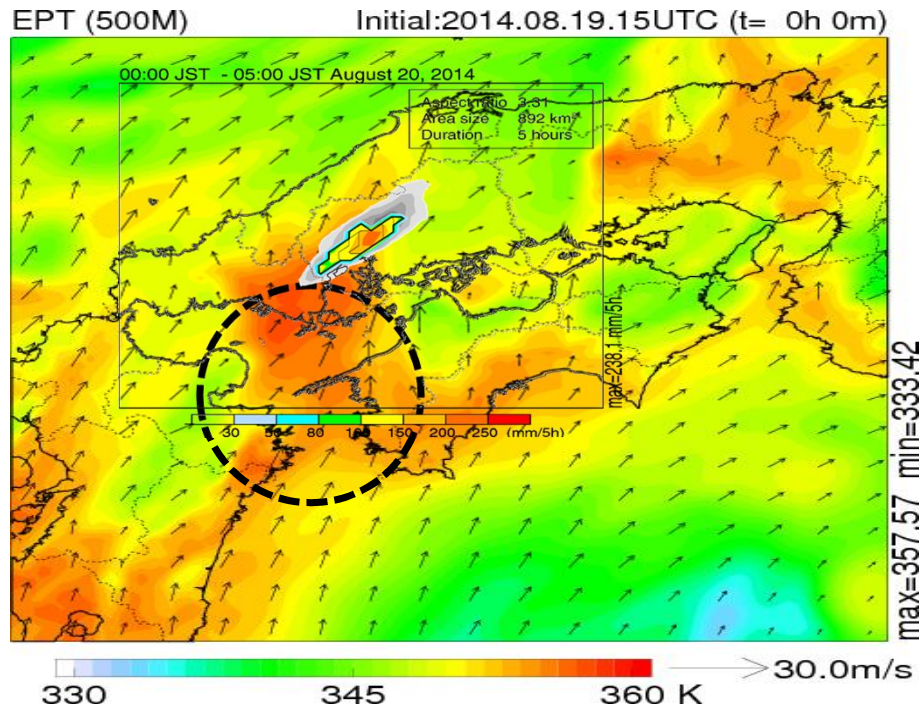
廣川(2021) から



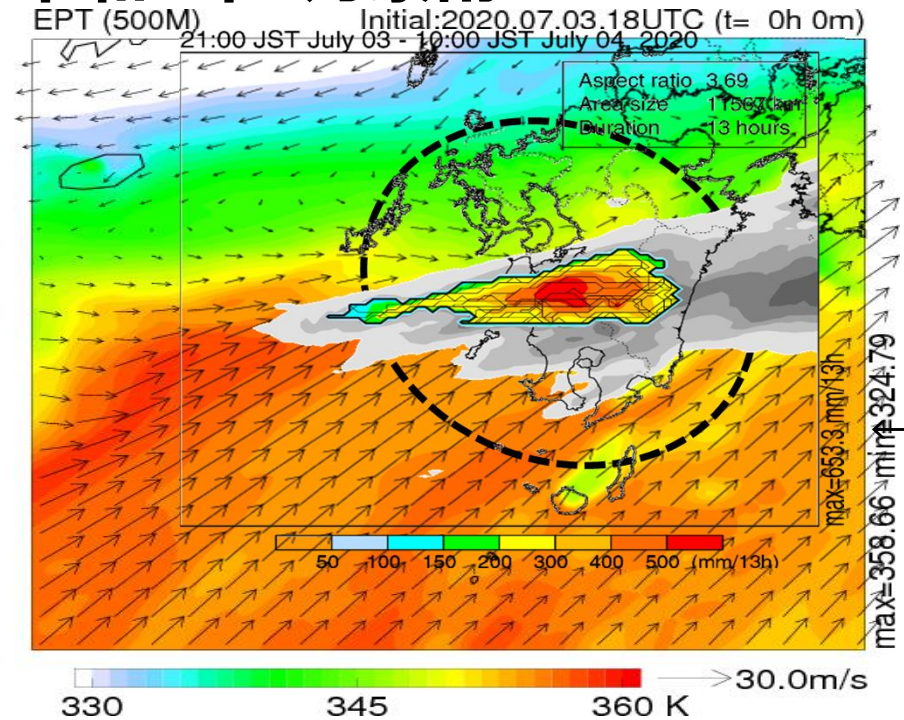
豪雨発生時の高度500mの相当温位分布

廣川(2021) から

平成26年8月豪雨



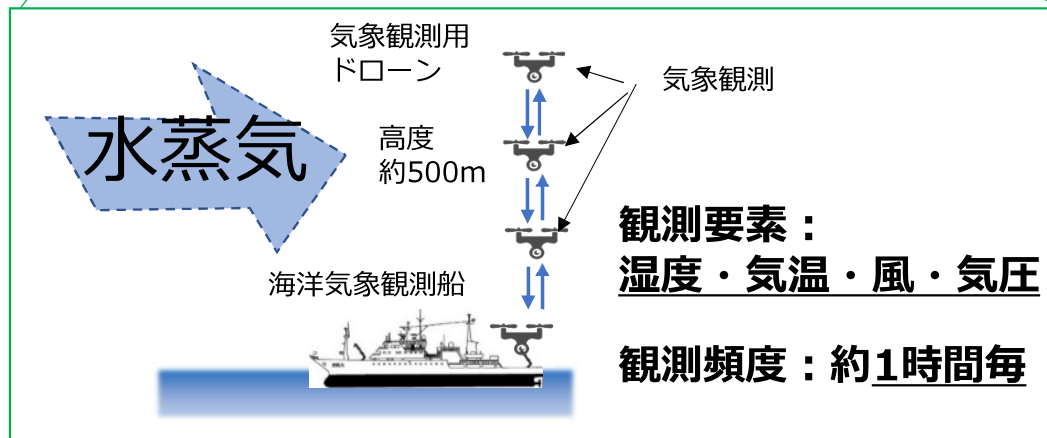
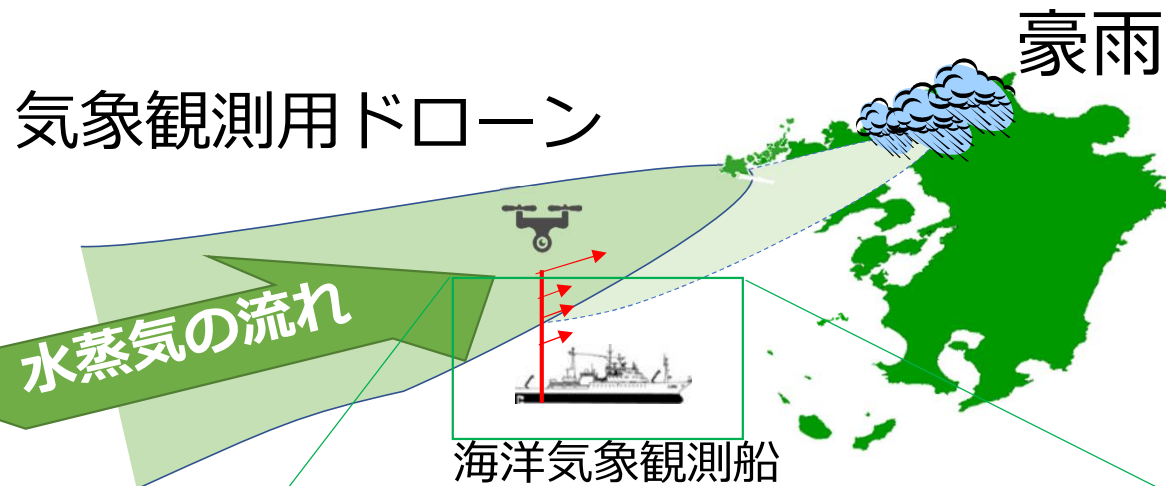
令和2年7月豪雨



高度500mの
相当温位
(湿って暖かい程
高い(赤い))
と地上風(矢印)

線状降水帯の発生時には、大量の水蒸気が
下層風で降水域へ供給されていることは共通。

気象観測用ドローンによる海洋上大気下層の観測



気象研究所の緊急研究
「集中観測等による線状
降水帯の機構解明研究」
の一環として実施。

観測内容

- ・ 海洋上の大気下層の湿度、気温、水平風、気圧の鉛直分布を得る。
- ・ 高度 500m までの鉛直プロファイル観測が可能。海況や風速、天候の条件を明確化する。

気象観測用ドローンによる海洋上大気下層の観測

ドローンからの撮影画像

約4分10秒後
高度500m

上昇

下降

船の移動
予測位置
に先回り

観測船
の上空に

離陸から
約9分後
着陸

離陸

ドローン観測風景

洋上ドローンの観測場所と観測頻度

凌風丸22-04次航海 第2航程
UAV観測地点 位置図
(全体)

観測船の位置



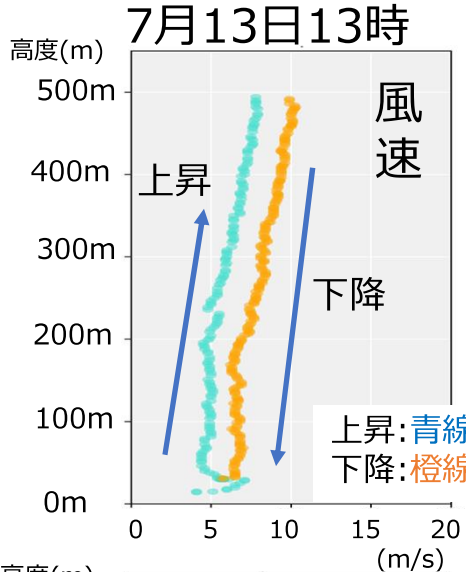
月日	時刻(日本時)
7/12	9、10、11、12、13、14、 15 、16時
7/13	9、10、11、12、13、14、15、16時
7/16	10、11、12、13、14、 15 、16時
7/17	9、10、11、12、13、14、 15 、16時
7/18	10、11、12時

- 5日間の日中の**1時間毎の観測に成功(34回)**。
- 海洋気象観測船のゾンデ観測と6回(太字)で比較 (13日15時は気圧に欠測が多く不使用)。
- 18日は天候・海況が不順。観測は3回。

観測可能な水平風とうねりの上限値の目安

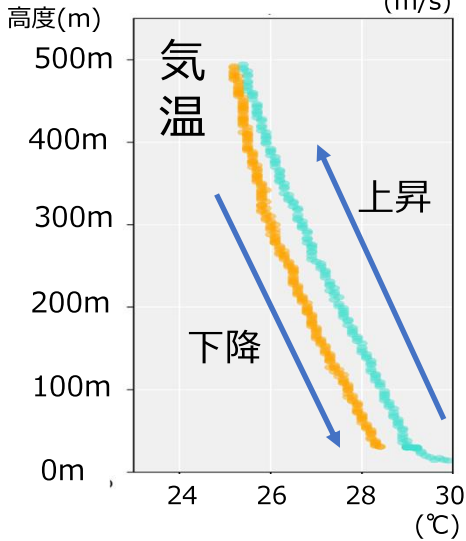
- 水平風は10m/s程度。うねりは1.2m程度。

洋上ドローンの観測データ



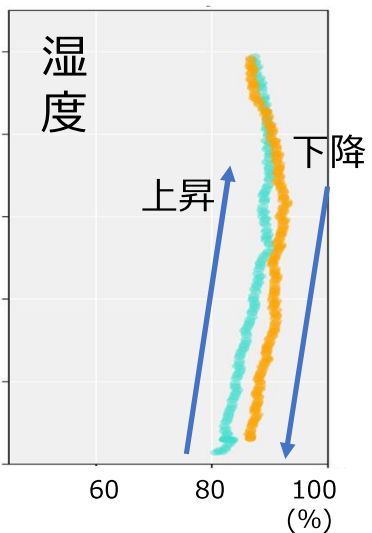
風速

上昇時に小さく、下降時に大きい。
 →風向風速計はドローンの上側に
 取付。
 ドローン本体の影響を
 受けない上昇時を用いる。



気温

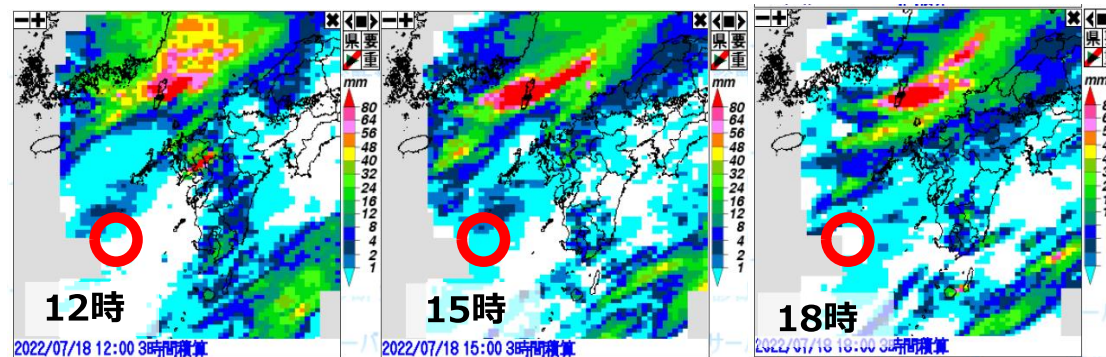
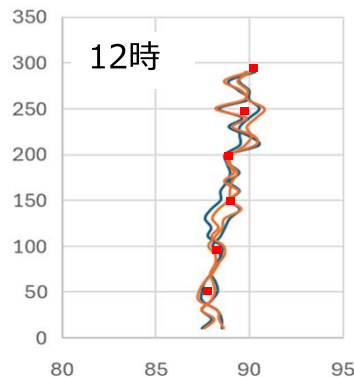
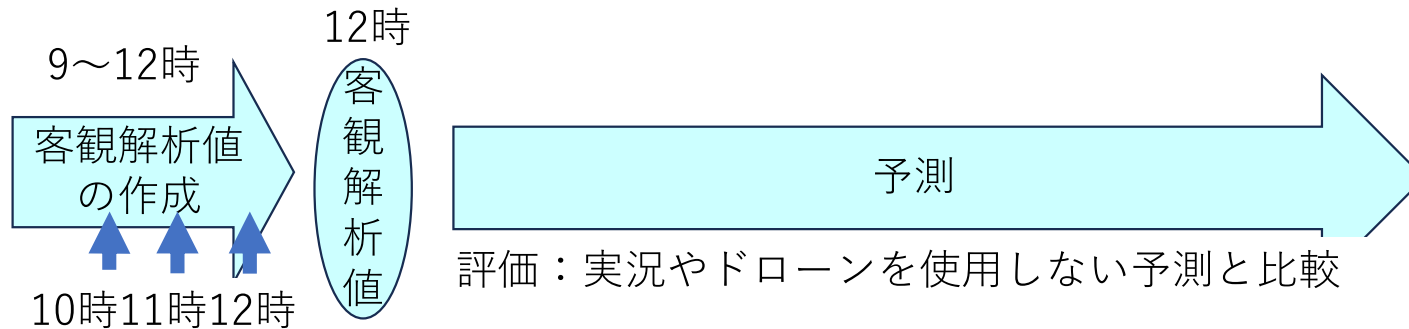
上昇時に高く、下降時に低い。
 過去の値を引きずっている。
 ←応答速度の問題。



湿度

上昇時に小さく、下降時に大きい。
 気温と同様に応答速度の問題。

洋上ドローンの観測値を用いた客観解析値作成



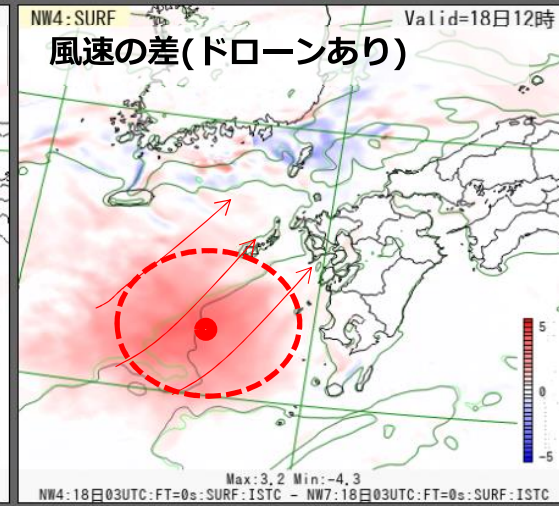
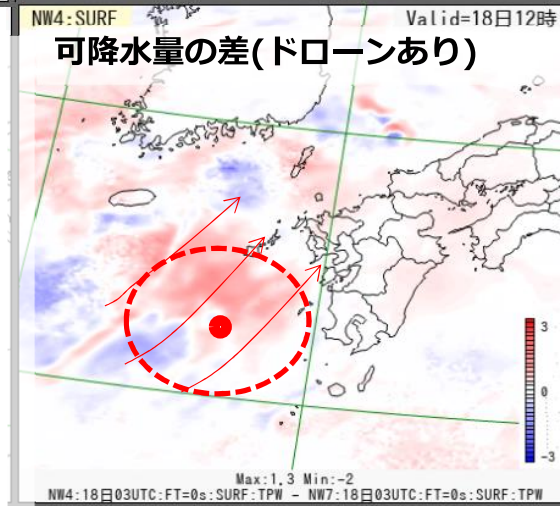
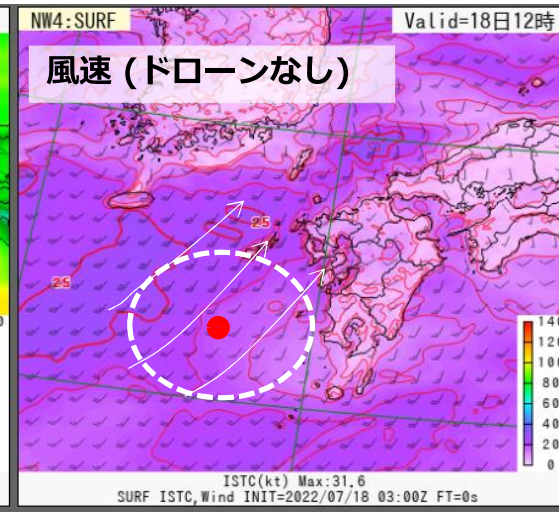
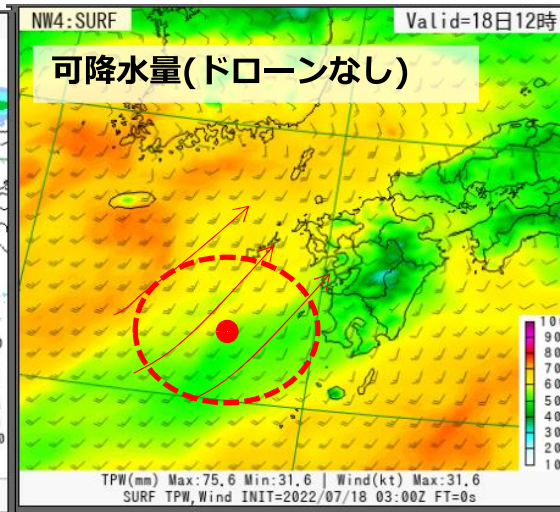
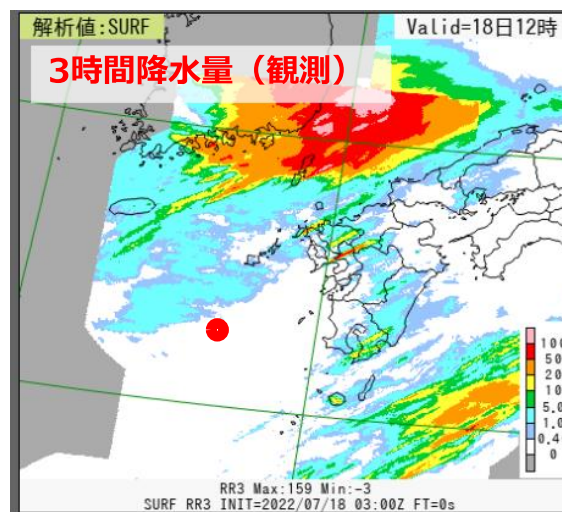
2022年7月18日(3時間積算雨量)

- ドローンは降水域の下層風の風上側（東シナ海上、赤丸）で観測。
- 観測期間は、大雨発生前の2022年の7月18日の10~12時。
←観測データが影響した気塊が九州北部の大雨をどう変えるかを見たい。

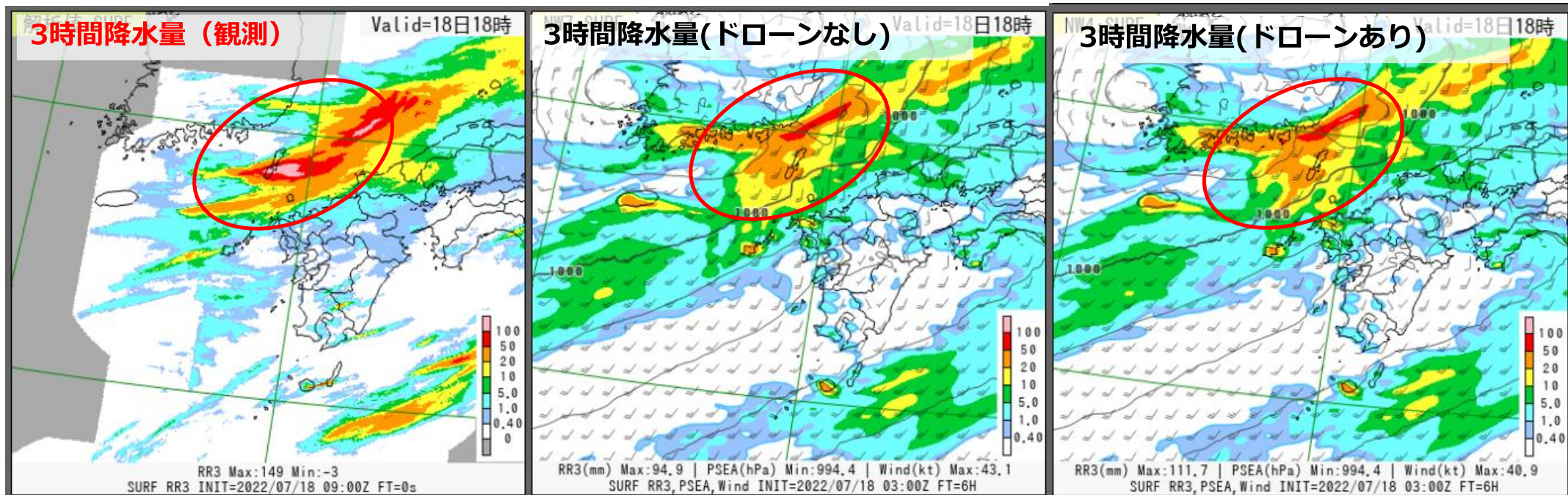
洋上ドローンの観測値が客観解析値に及ぼした効果

初期時刻
(18日12時)

- 南西風により東シナ海上の水蒸気が九州に向けて移動している。
- 可降水量（水蒸気量の鉛直積算値）の小さい九州南部は強い降水がない（水蒸気量と降水の関係を示している）。
- ドローン観測値を使った客観解析では、五島列島の西～南側で水蒸気が増加、風速が強くなった。



洋上ドローン観測値が 客観解析値からの予測に及ぼした効果



予測6時間目(18日18時)

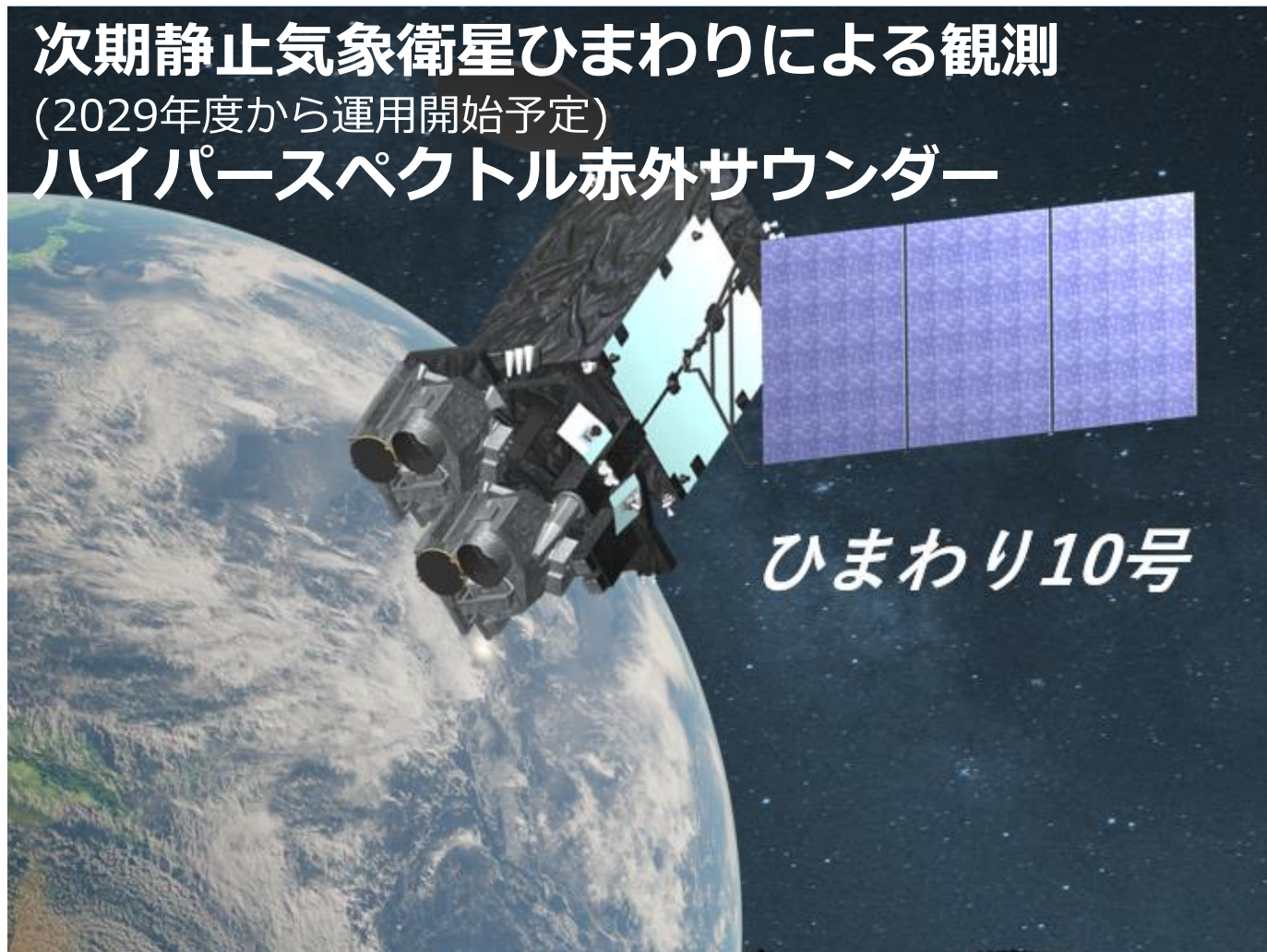
- ・ 洋上ドローン観測値を用いると、対馬付近で20mmの領域(橙色)が広くなり、降水量も強まって、実況に近づいた。
- ・ 豪雨の再現に対する下層の水蒸気量の流量の重要性を示している。

新しい水蒸気観測 次期静止気象衛星ひまわり

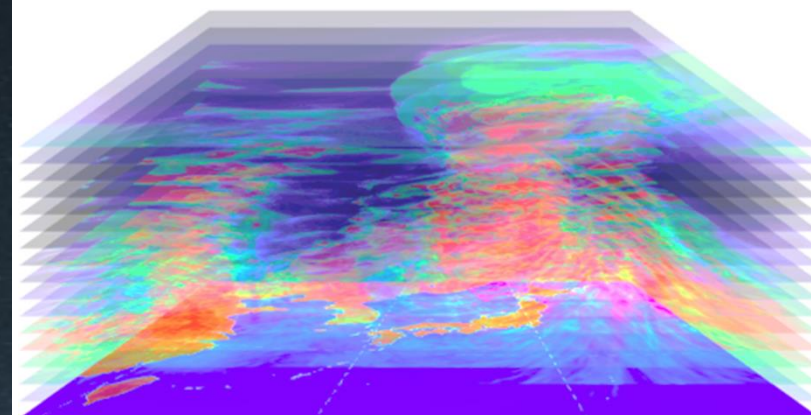
次期静止気象衛星ひまわりによる観測

(2029年度から運用開始予定)

ハイパースペクトル赤外サウンダー



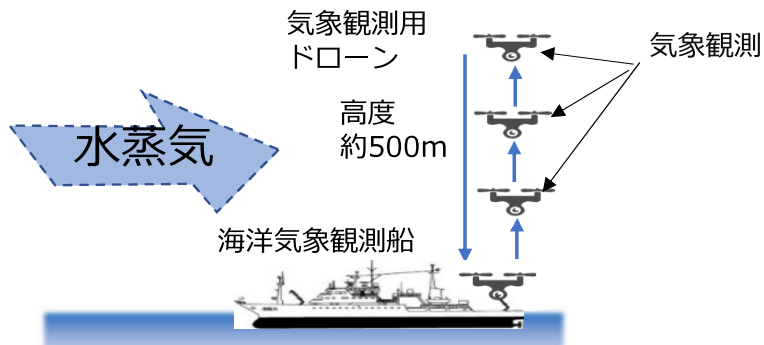
ひまわり10号



ハイパースペクトル赤外サウンダーにより、広範囲で高頻度に水蒸気の3次元分布を求めることができる。

新しい水蒸気観測 洋上で水蒸気を測定する

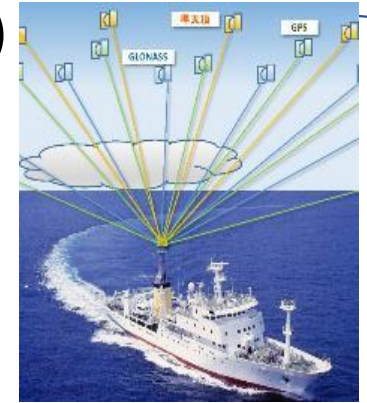
本発表： 洋上ドローン観測(研究用)



- 下層だけでも観測データを利用することで、やや実況に近い降水域を再現する事例がある。
- ドローン観測は、観測できる高度や天候の制限など、解決すべき問題点がある。

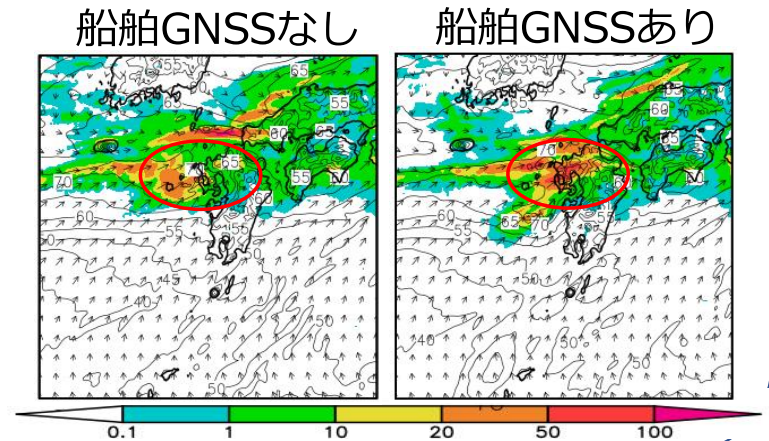
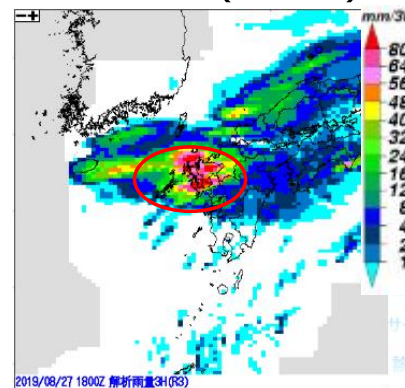
船舶搭載GNSS(現業で観測)

GNSS衛星からの電波が水蒸気で遅れる性質を利用し、可降水量を推定。



船舶GNSSの観測値による降水域再現の改善例

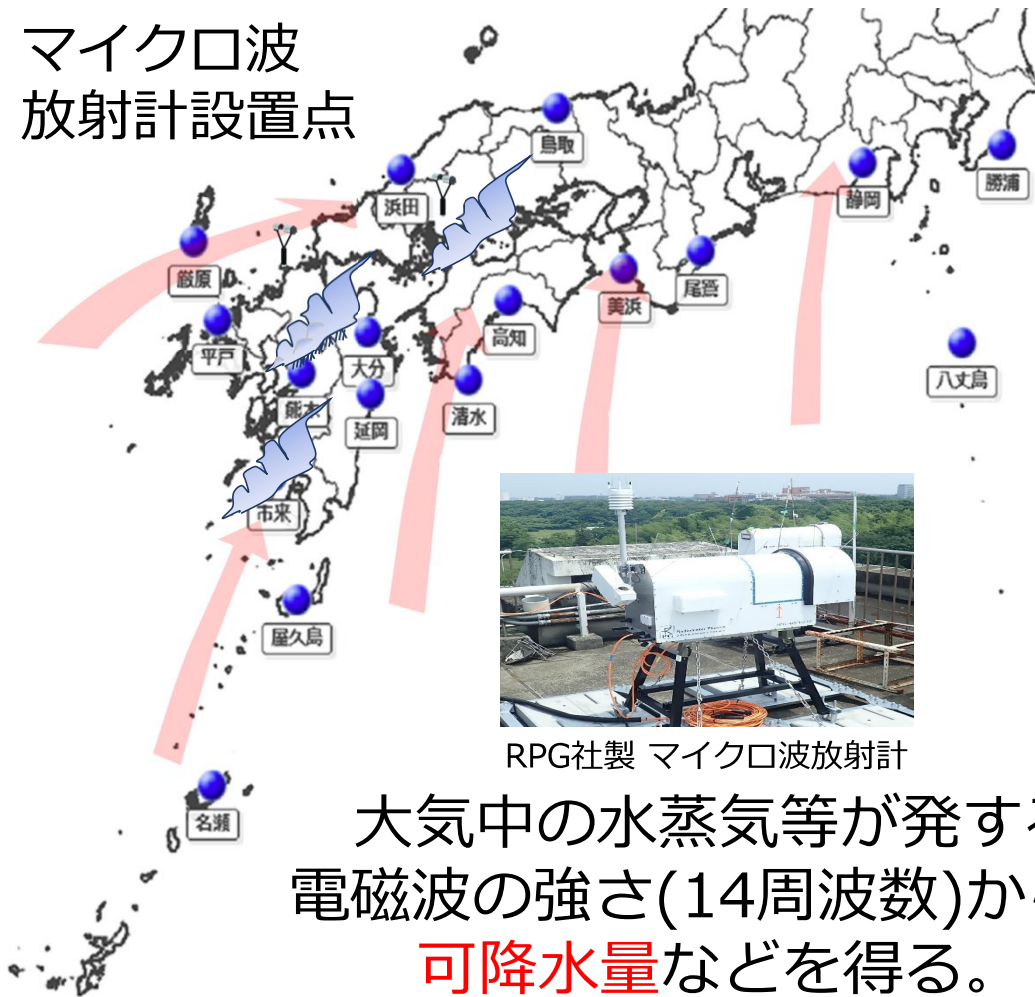
2019年8月28日03時の
解析雨量(3時間)



新しい水蒸気観測 地上設置型マイクロ波放射計

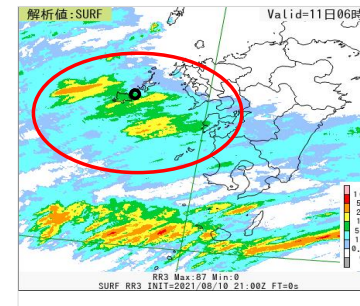
マイクロ波放射計観測網（現業で観測）

- : マイクロ波放射計設置点

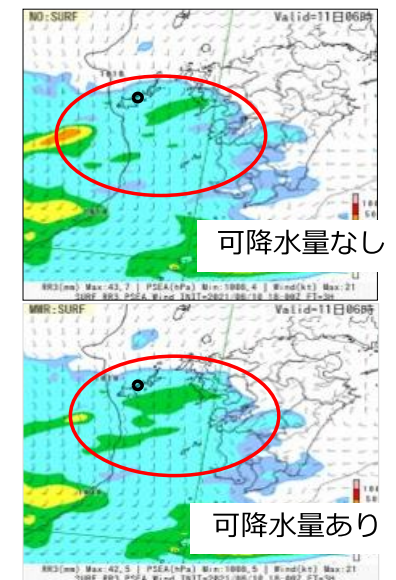


地上マイクロ波放射計の観測値による降水域再現の改善例

観測



3時間降水量

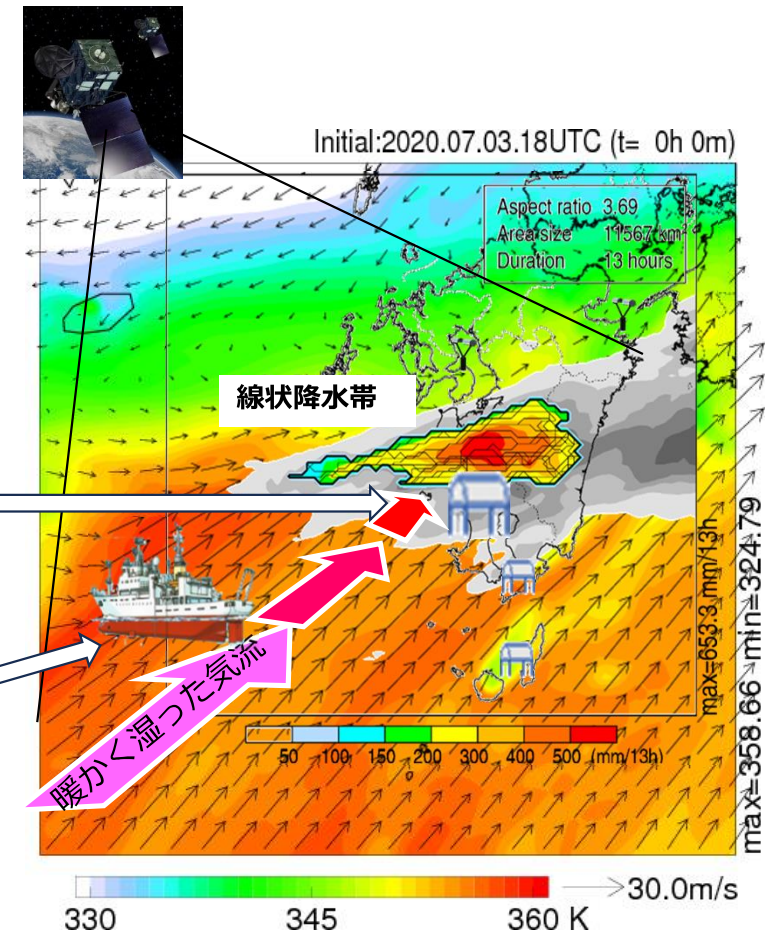


2021年8月11日の事例：マイクロ波放射計(福江)で観測した可降水量を用いた。

より有効的に客観解析値を作成するために…

観測方法	観測できる物理量	九州の線状降水帯の再現に対する各観測の位置付け
ラジオゾンデ (現業で観測)	気圧, 気温, 湿度, 水平風の鉛直分布	点の直接観測データ。 時間・空間分解能が粗い。
衛星搭載 ハイパースペクトル 赤外サウンダ(計画)	赤外域の輝度温度	<u>下層風の上流を含む広い 面のデータ。</u>
地上設置 マイクロ波放射計 (現業で観測)	輝度温度, 可降水量	<u>降水帯周辺の点のデータ。</u> 水蒸気分布を変える(鉛直 方向の情報を利用しない)。
船舶搭載GNSS (現業で観測)	可降水量	<u>下層風の上流の線のデータ。</u> 水蒸気分布を変える(鉛直 方向の情報を利用しない)。
気象観測用 ドローン (研究利用)	気温, 湿度, 気圧, 水 平風	点の直接観測データ

降水帯
周辺
↑
上流



まとめ

- 線状降水帯の機構解明を目的にした洋上のドローン観測に成功した。高度500mまでドローン観測が可能な海況や風速の条件を得ることができた。
- ドローンの気象観測へ有効性を調査した。ラジオゾンデに近い観測が得られるものの、観測高度や天候の制限等により、現段階では実用化は困難であることがわかった。→研究用。
- 線状降水帯の発生等に関するメカニズム解明を行うために、観測数が比較的乏しい海洋上のドローンの観測データを追加した客観解析値を作成した。予備的な結果として、客観解析値を用いた6時間後の降水分布の再現についてドローン観測値の効果を調査したところ、2022年7月18日の事例については、大気下層だけだけでも、ドローン観測値を用いると降水分布が実況に近づくことがわかった。
- 今後は客観解析値を用いたメカニズム解明に向けた研究を進める予定。

謝辞

本研究の一部は、気象研究所 緊急研究：集中観測等による線状降水帯の機構解明研究により実施されました。洋上ドローン観測は気象庁の海洋気象観測船「凌風丸」で行いました。五島列島のマイクロ波放射計データは「第2期戦略的イノベーション創造プログラム」からご提供いただきました。気象庁数値予報課が開発した現業予報システムを気象研究所に移植したメソNAPEXを利用しました。ドローン観測は（有）タイプエス社に委託し、観測にはR-SWMを用いました。ここに記して感謝します。