

愛媛県勉強会

次世代エアモビリティと気象観測

2024.2.13



日本気象株式会社
Earth Communication Provider

目次

- 次世代エアモビリティ
- 事故統計
- 低層気象リスク
- ドップラーライダーによる風況観測
- 今治市における観測
- 気象観測用ドローン
- 高精度高精細気象予報

次世代エアモビリティ（次世代空モビリティ）

現世代

ジェット機、プロペラ機、飛行船、ヘリコプター



次世代

ドローン（無人航空機）

空飛ぶクルマ（Air taxi）「空の移動革命」



技術の進歩

マルチコプター、自動制御、GNSS、バッテリー、eVTOL

運航管理

空域管理（無人航空機の原則飛行禁止空域） 改正航空法 2015年12月～

Level 4（有人地帯目視外飛行） 2022年12月解禁

1対多（一人が多数の無人航空機を制御） 研究開発中

低空航空機の事故原因

気象関連

ドローン（日本）
2016-2019年度 **18 %**

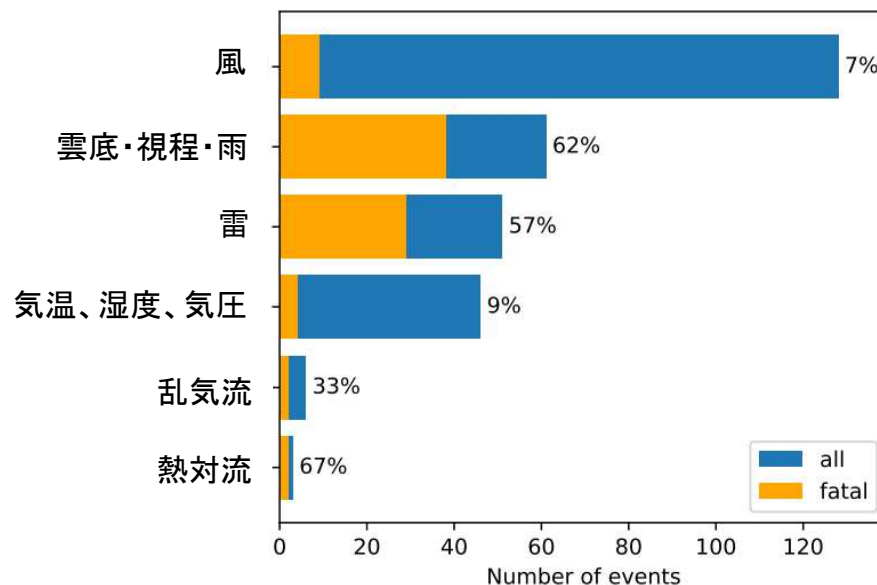
国交省への報告354件中
ながれ40 (2021) 326-333

ヘリコプター（米）
2008-2018年 **17 %**

NTSBデータベース 1576件中
Analysis of Weather-Related
Helicopter Accidents and Incidents
in the United States (2021)

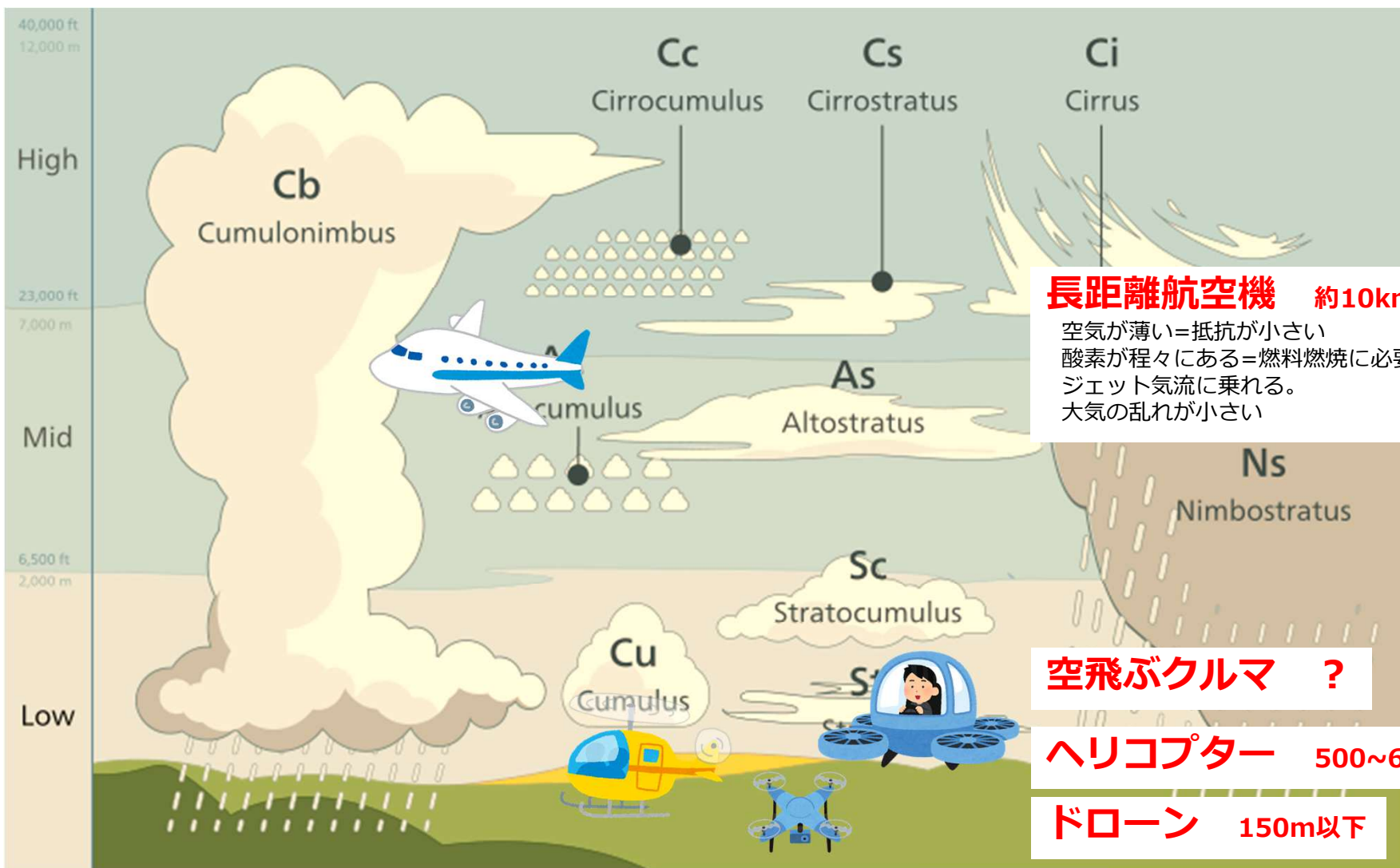
気象要因別統計

ヘリコプター（米） 2008-2018年



● **風が原因の事故が多い。**
(低高度で起こる頻度が高いため、致死率は低い。)

航空機の空域



長距離航空機 約10km

空気が薄い=抵抗が小さい
酸素が程々にある=燃料燃焼に必要な
ジェット気流に乗れる。
大気の乱れが小さい

空飛ぶクルマ ?

ヘリコプター 500~600m

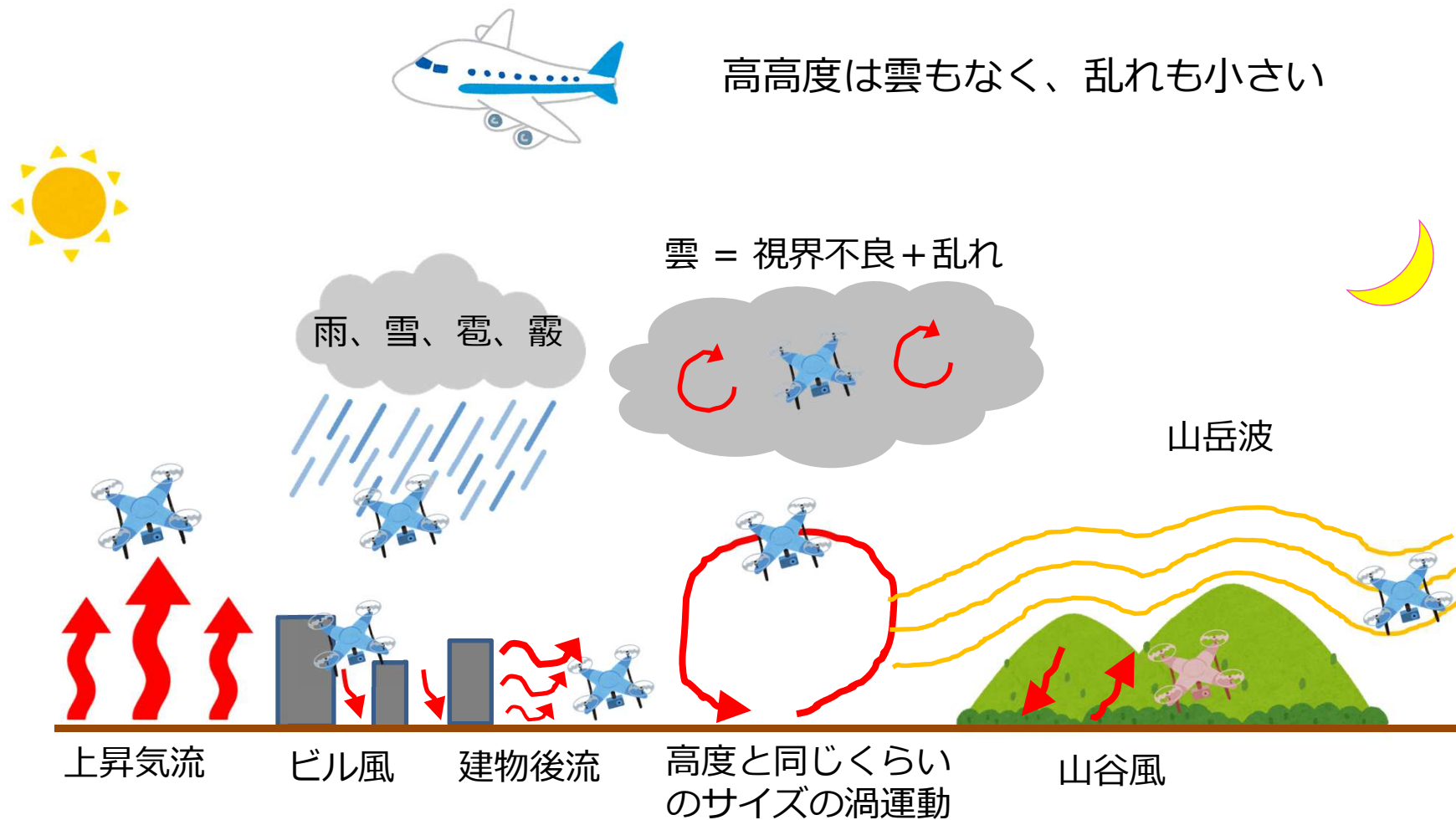
ドローン 150m以下

Modified from the illustration By Valentin de Bruyn / Coton

This illustration has been created for Coton, the cloud identification guide for mobile. -

Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17899555>

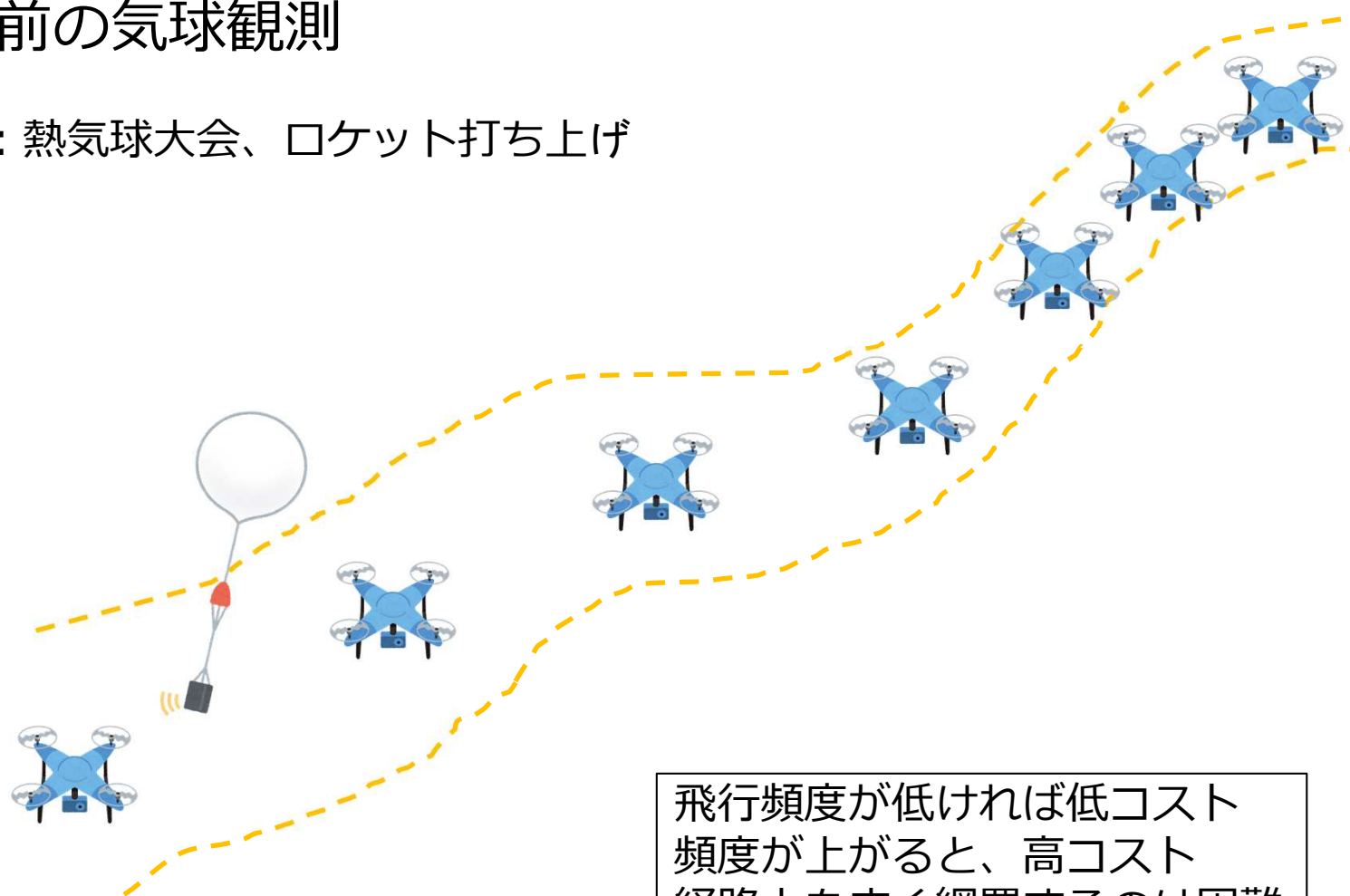
低空気象リスク



飛行空域の風を測定する方法

飛行前の気球観測

例：熱気球大会、ロケット打ち上げ

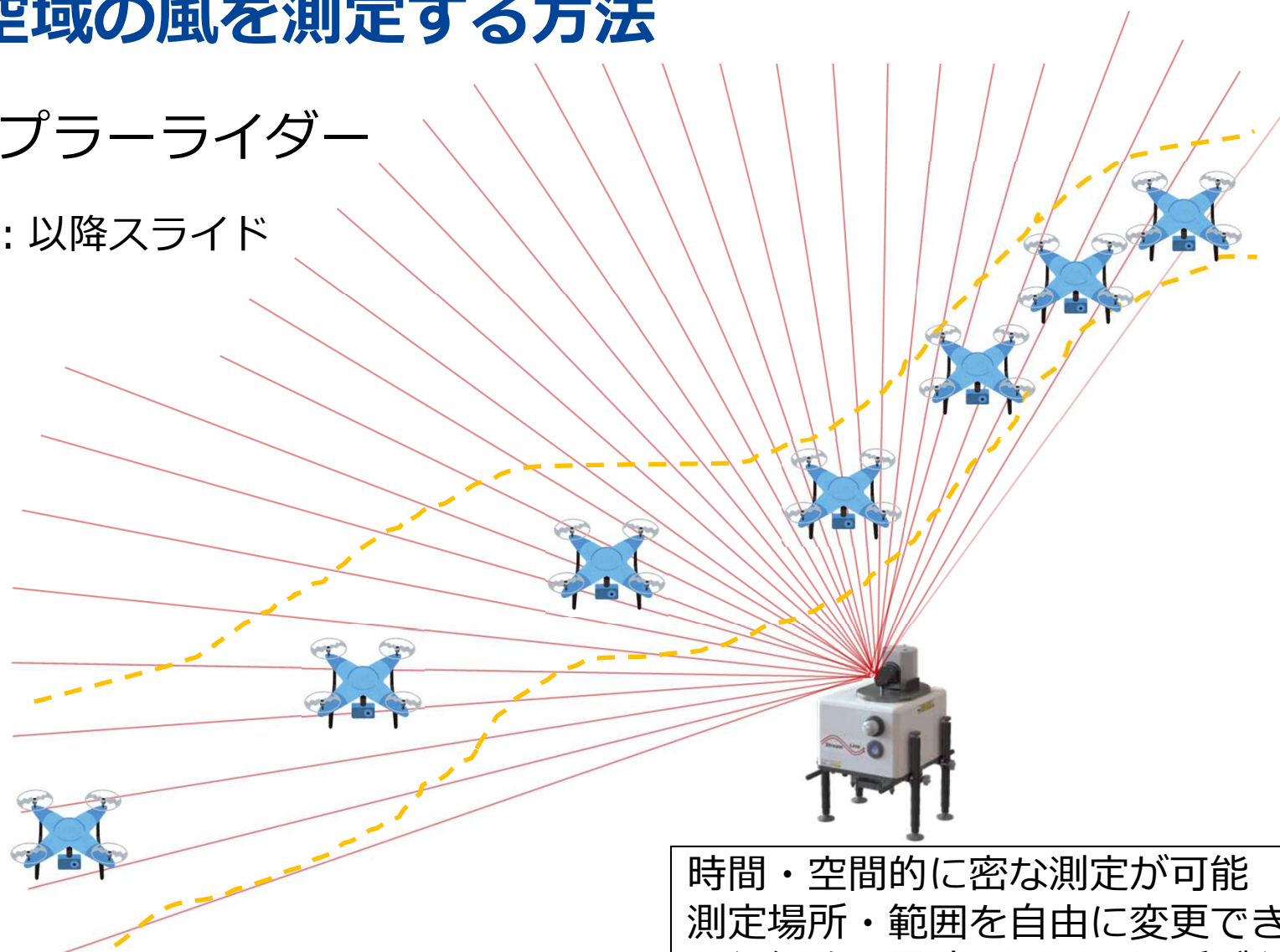


飛行頻度が低ければ低コスト
頻度が上がると、高コスト
経路上を広く網羅するのは困難

飛行空域の風を測定する方法

ドップラーライダー

例：以降スライド



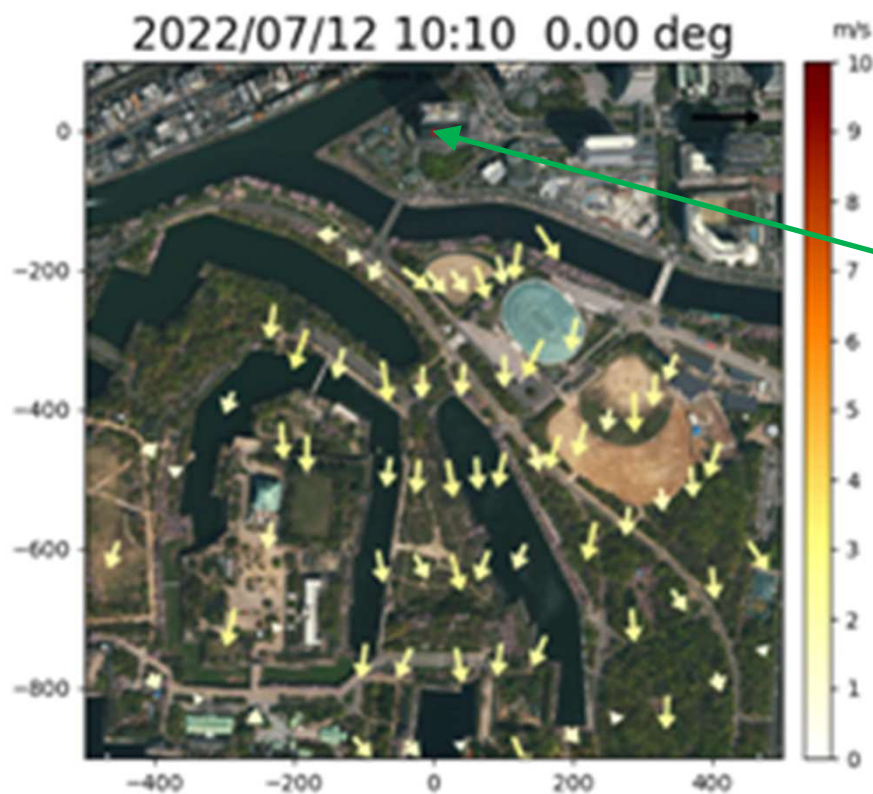
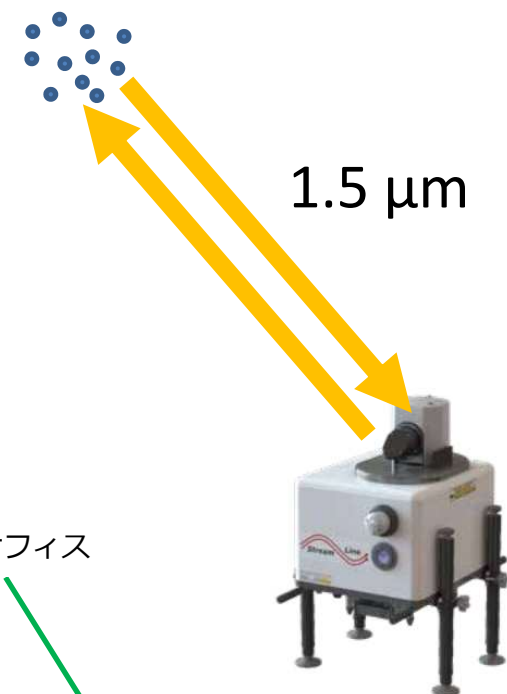
時間・空間的に密な測定が可能
測定場所・範囲を自由に変更できる
飛行経路を見渡せる設置場所が必要

ドップラーライダーによる 風況観測

ドップラーライダーとは

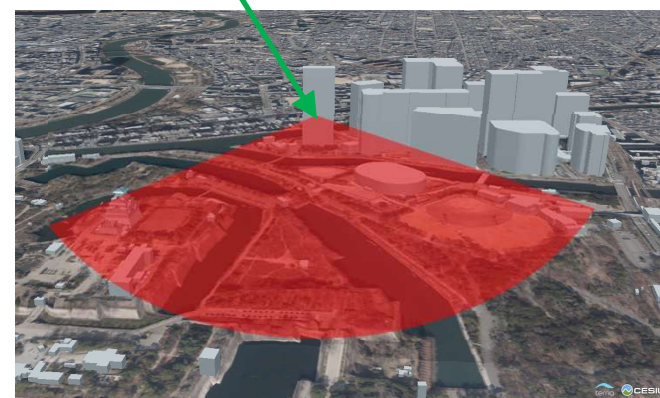
大気中微粒子からのレーザー光反射

風に乗った移動 → ドップラー効果 → 風速



大阪城公園上空

弊社オフィス



MLIT PLATEAU VIEWより

ドップラーライダー Streamline



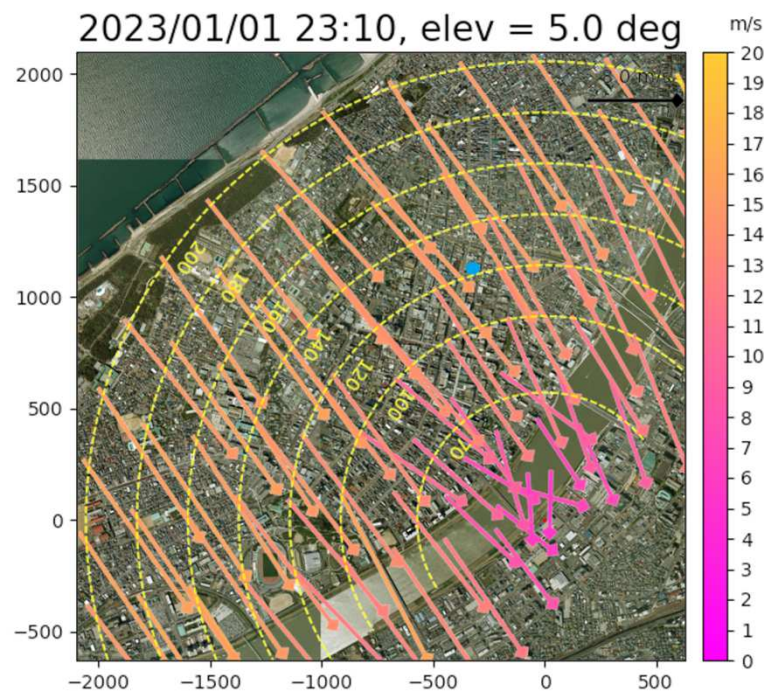
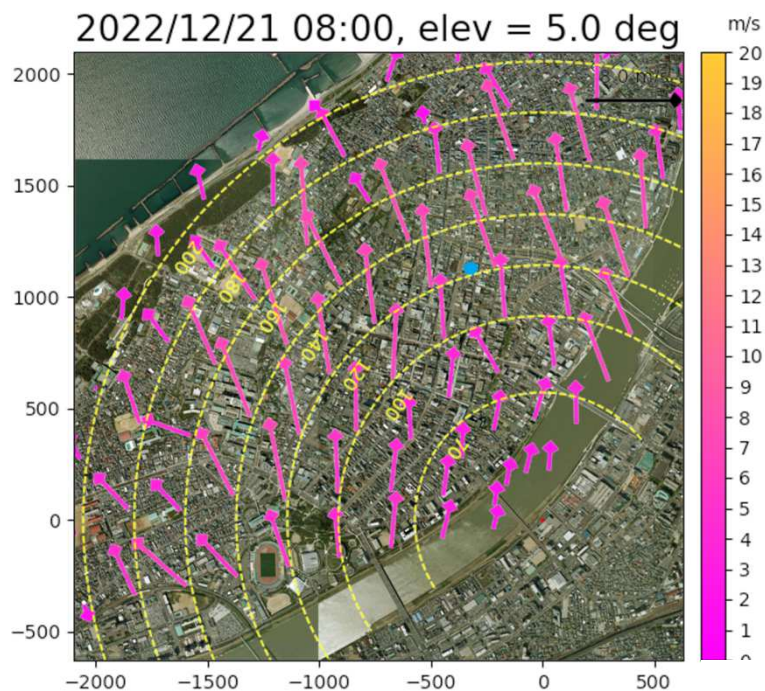
87 x 74 x 102 cm
85 kg



ドローン飛行空域の風況観測

新潟市信濃川沿い
(オンライン・リアルタイム表示)
2022/11/22 – 2023/3/8

時間・空間的に密な測定が可能
測定場所・範囲を柔軟に変更可



Streamline
AllSky XR



空飛ぶクルマ飛行想定空域の風況観測

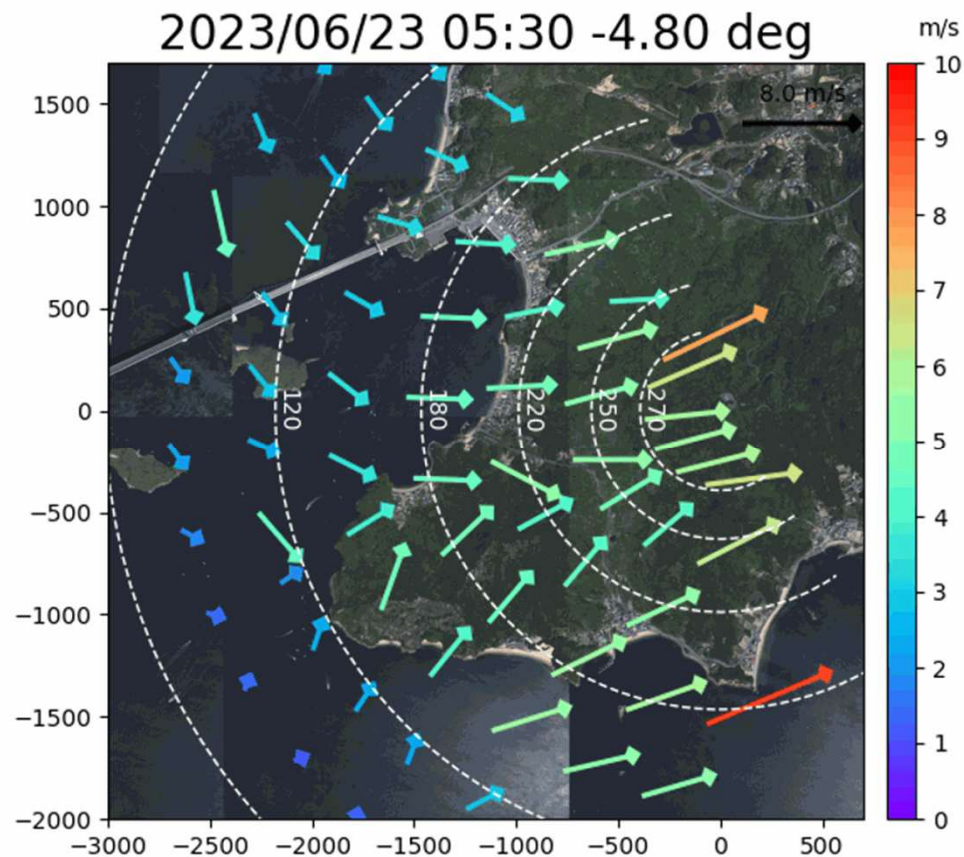
愛媛県今治市来島海峡
(オンライン・リアルタイム表示)
(同市の補助金事業)

2023/6/9 – 2023/9/11



Streamline
AllSky XR+

時間・空間的に密な測定が可能
測定場所・範囲を柔軟に変更可

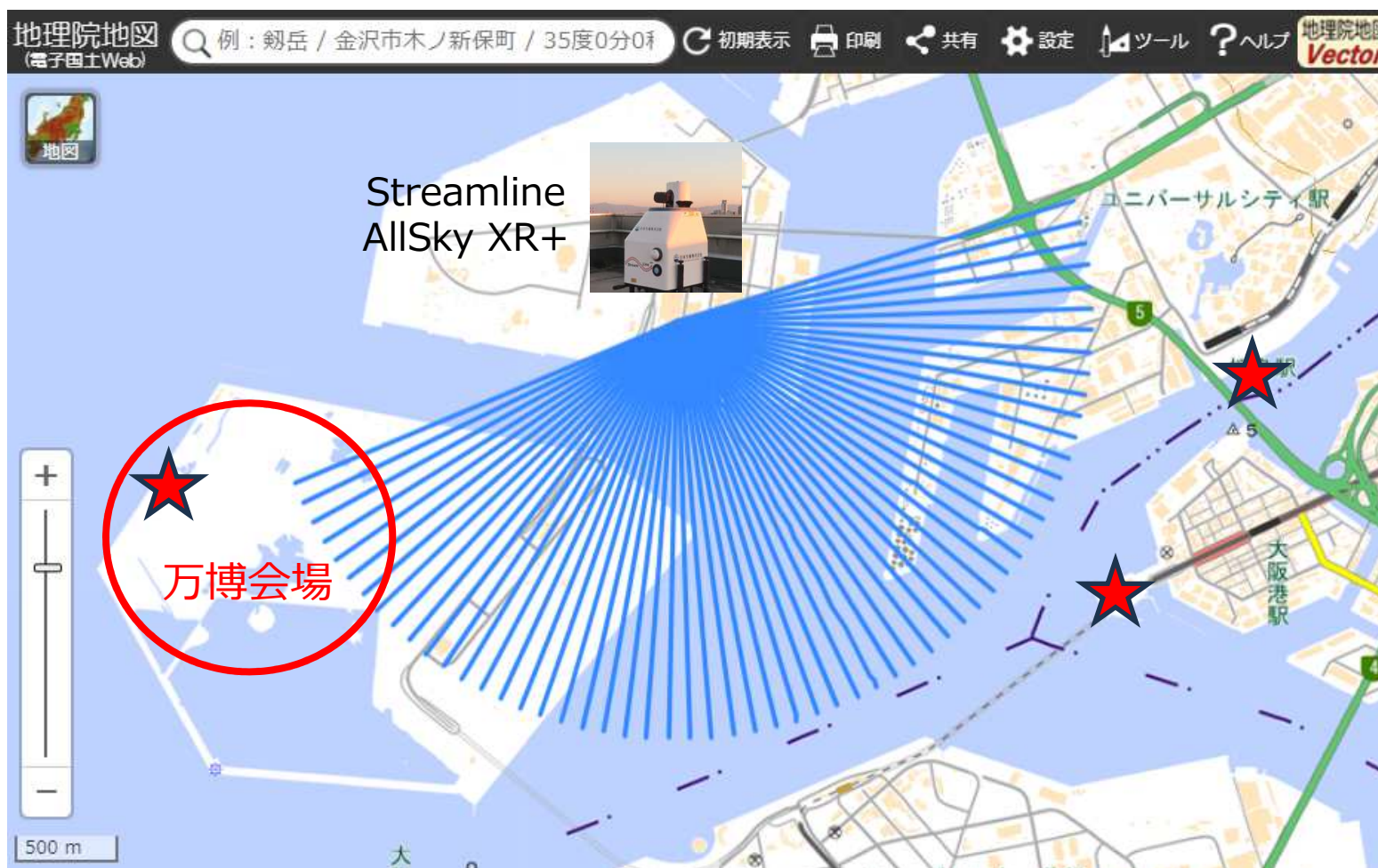


空飛ぶクルマ飛行想定空域の風況観測

R5年度採択

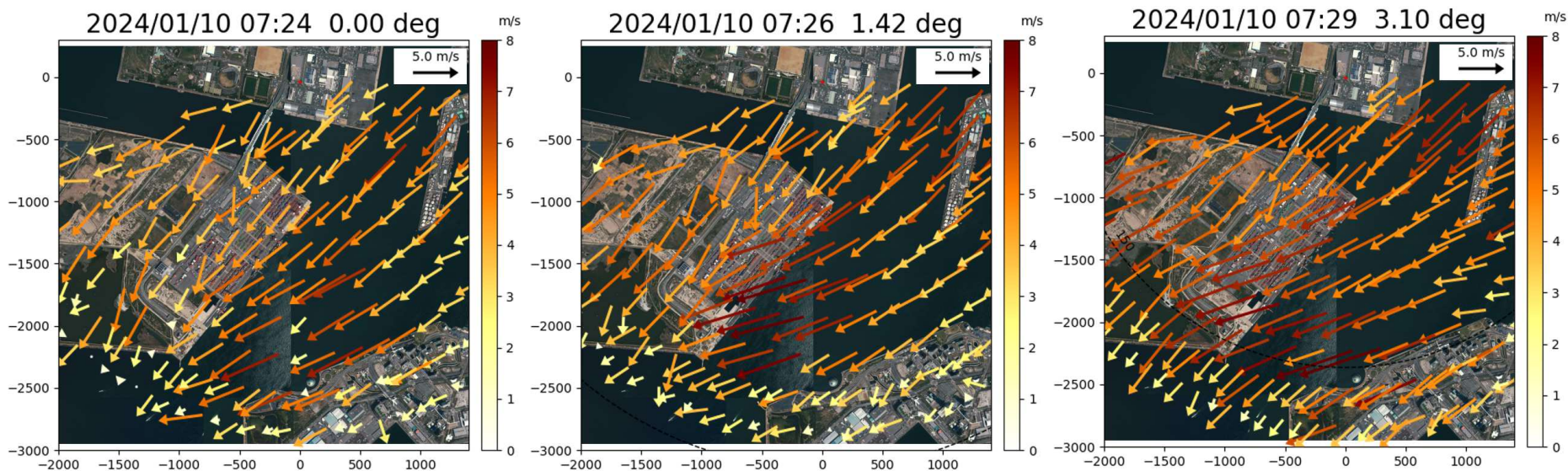
大阪府空飛ぶクルマ都市型ビジネス創造都市推進事業補助金
大阪市空飛ぶクルマ社会実装促進事業補助金

大阪南港上空の風況を観測中



空飛ぶクルマ飛行想定空域の風況観測

大阪南港上空 2024/1/10 7:24-7:29 風速 6~7 m/s



大阪(大阪府) 2024年1月10日(10分ごとの値)

| 時分 | 気圧(hPa) | | 降水量 (mm) | 気温 (°C) | 相対湿度 (%) | 風向・風速(m/s) | | | 日照 時間 (分) | |
|-------|---------|--------|-------------|------------|-------------|------------|-----|------|-----------------|----|
| | 現地 | 海面 | | | | 平均 | 風向 | 最大瞬間 | | 風向 |
| 07:20 | 1004.5 | 1014.8 | -- | 4.0 | 78 | 1.7 | 北北東 | 2.9 | 北北東 | 0 |
| 07:30 | 1004.3 | 1014.6 | -- | 4.1 | 77 | 1.9 | 北北東 | 3.1 | 北北東 | 0 |

同時刻の大阪アメダス
1.7, 1.9 m/s

今治市における観測

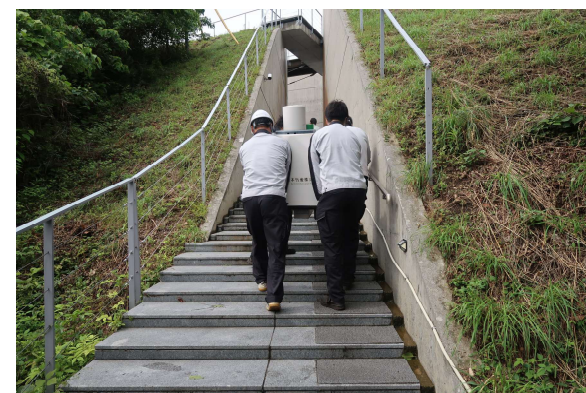
今治市における観測

亀老山展望公園 標高301m

2023/6/9 – 2023/9/11

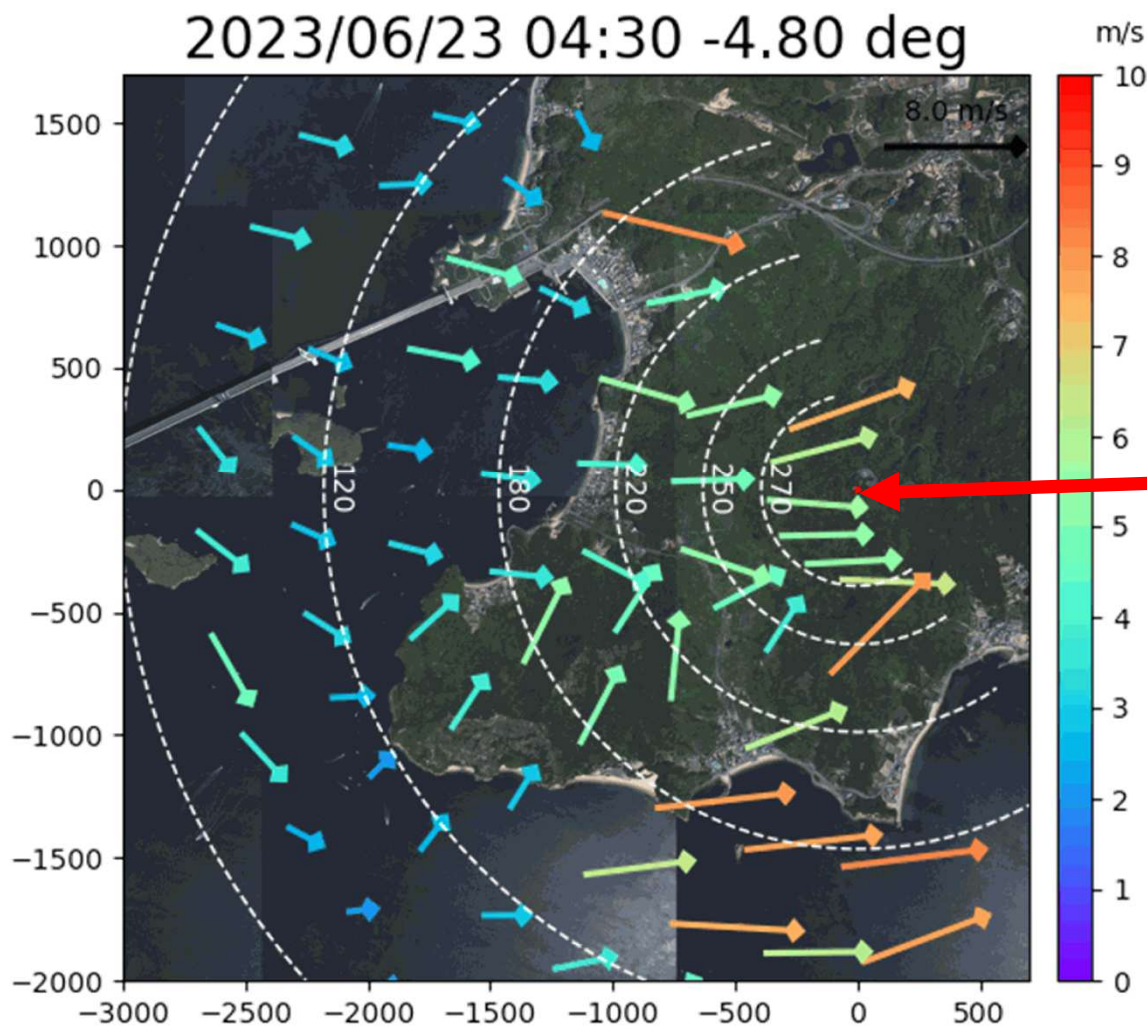


地理院地図



仰角 -4.8度で見下ろす方向に観測

今治市における観測



リアルタイム監視

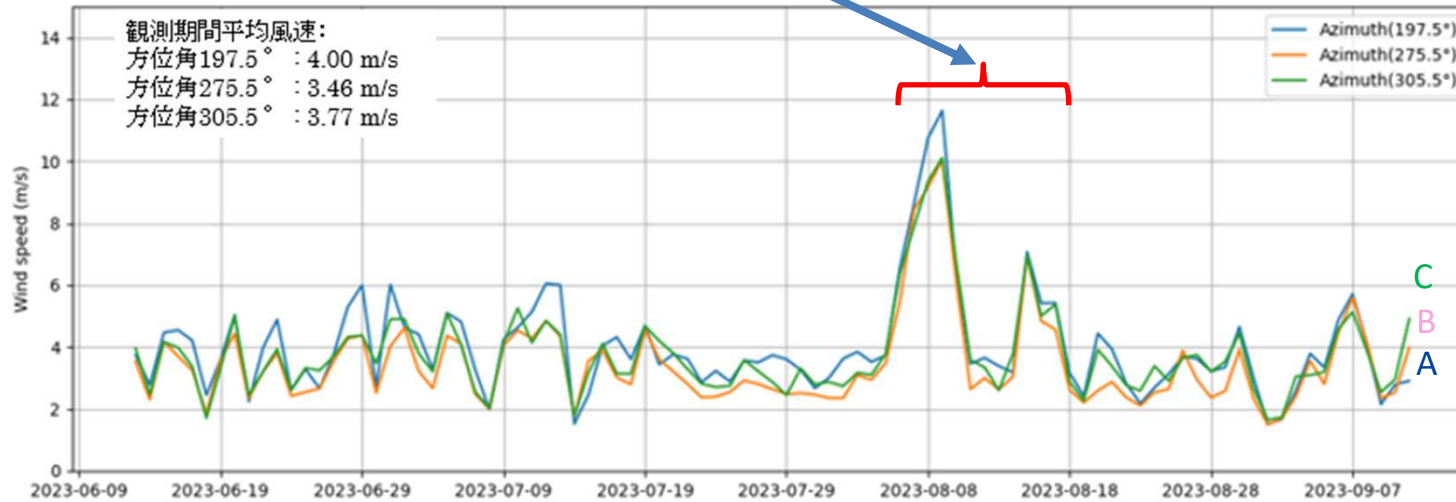
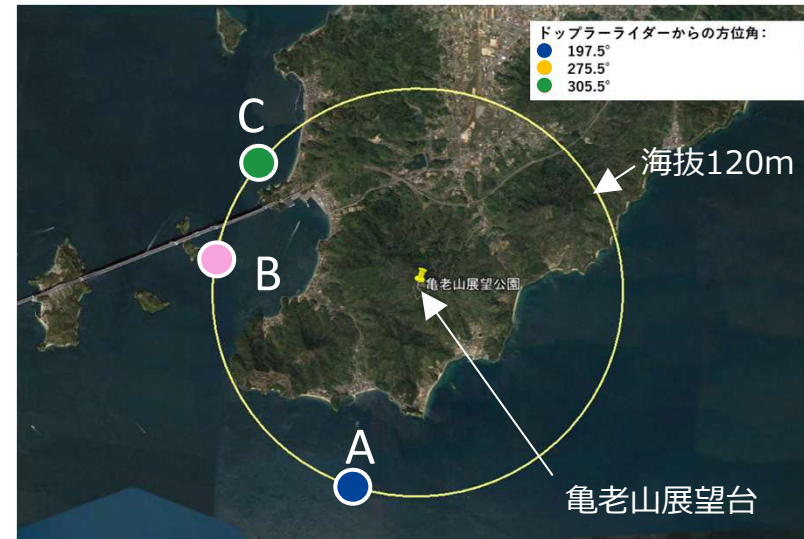
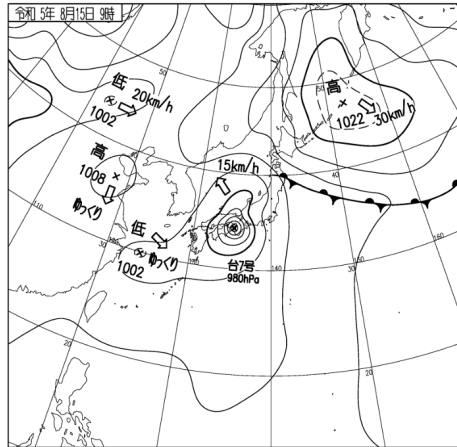


縦・横軸は距離 (m)
等高線は海拔高度 (m)

今治市における観測

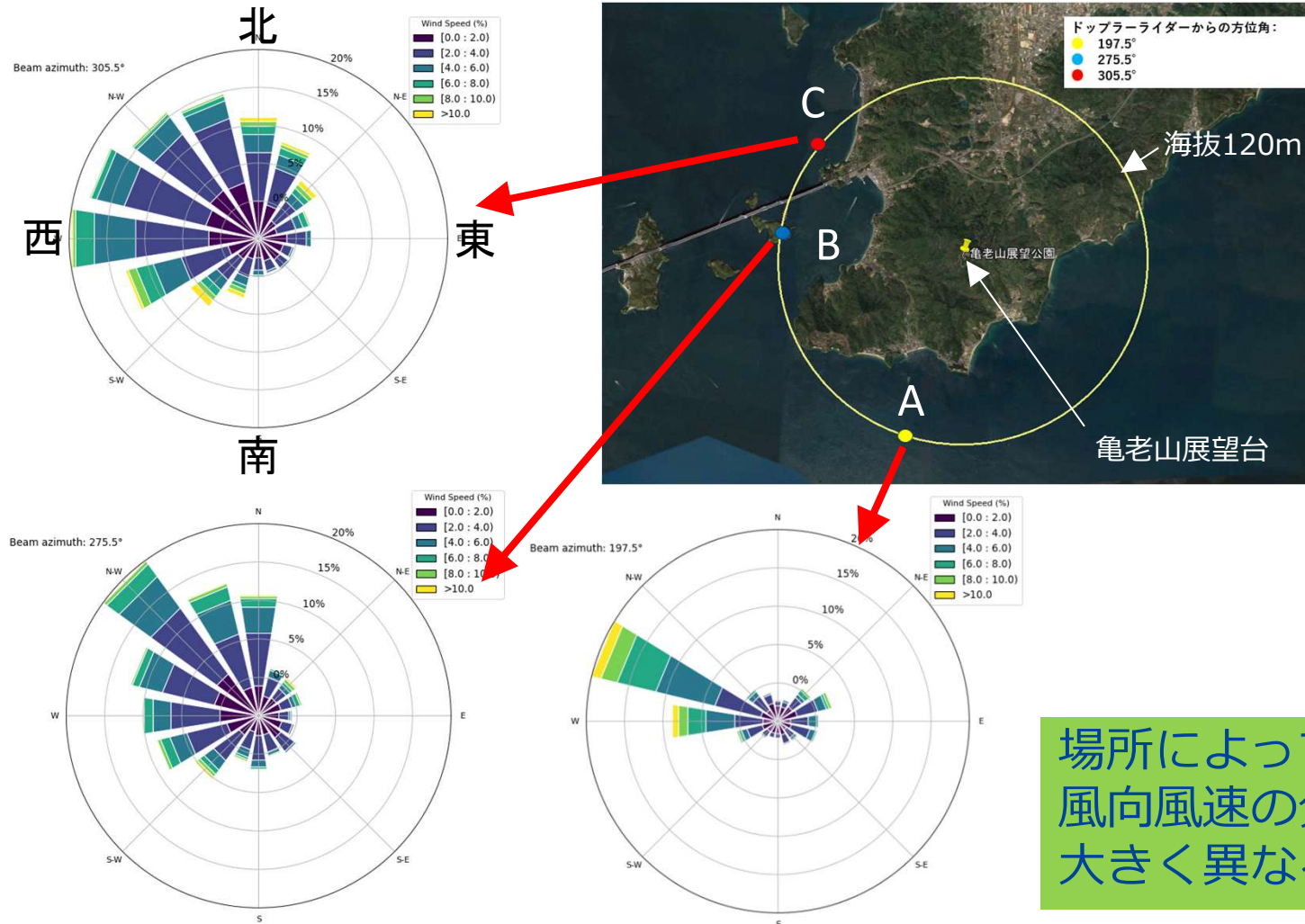
観測期間中の風速 (1時間平均値)

2023年台風7号(Lan)



今治市における観測

観測期間中の風配図（風向風速別頻度分布）



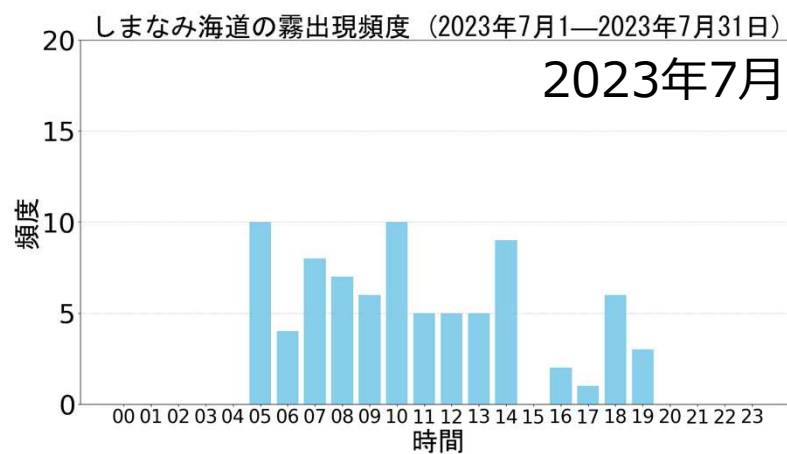
今治市における観測

来島海峡の濃霧

ライブカメラ (eat愛媛朝日テレビ on YouTube)



時刻別濃霧発生頻度 (日出～日没のみ)

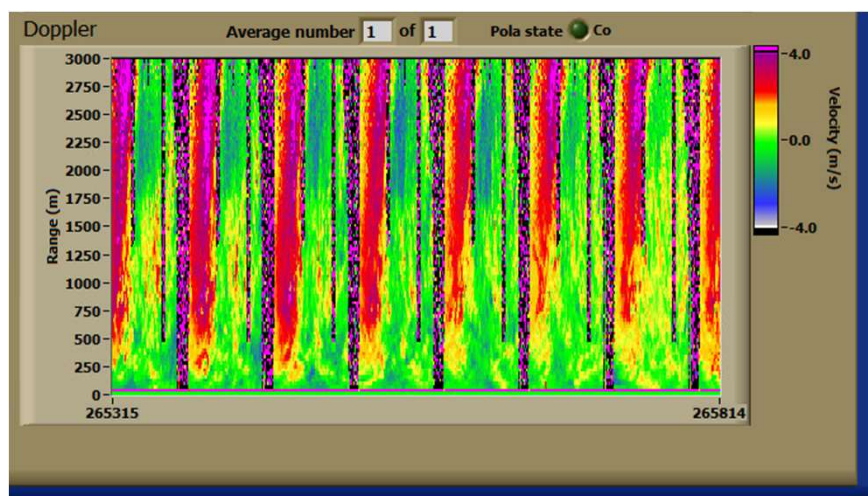


今治市における観測

濃霧発生時のドップラーライダー観測

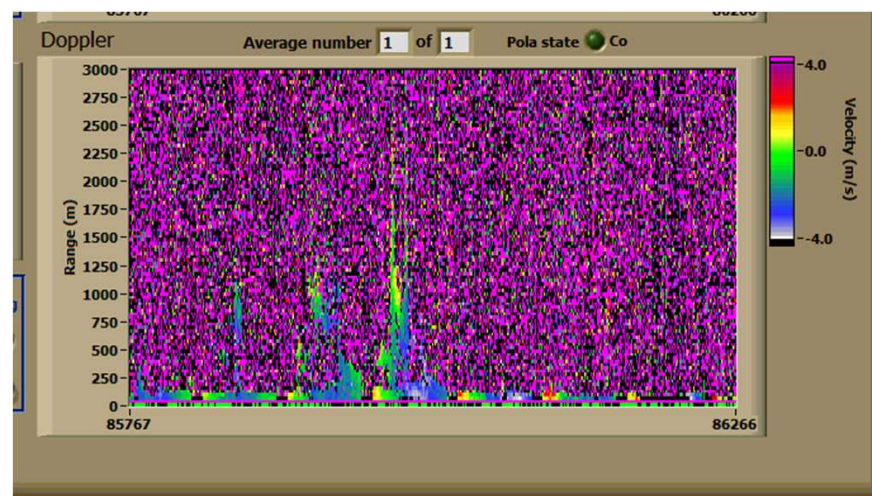
視線方向速度のモニタリング画面

晴天時 (20230706_1040)



良好なデータ

濃霧発生時 (20230703_1005)



ほぼノイズ

濃霧検知にも有効

夜間の濃霧について解析中

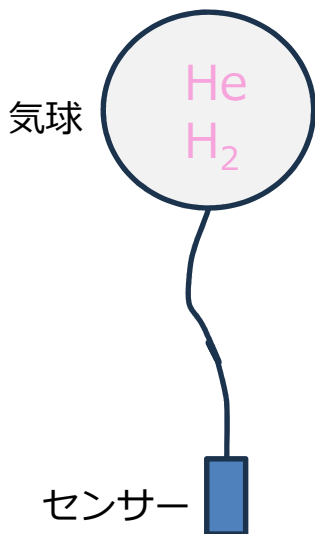
気象観測用ドローン

気象観測用ドローン

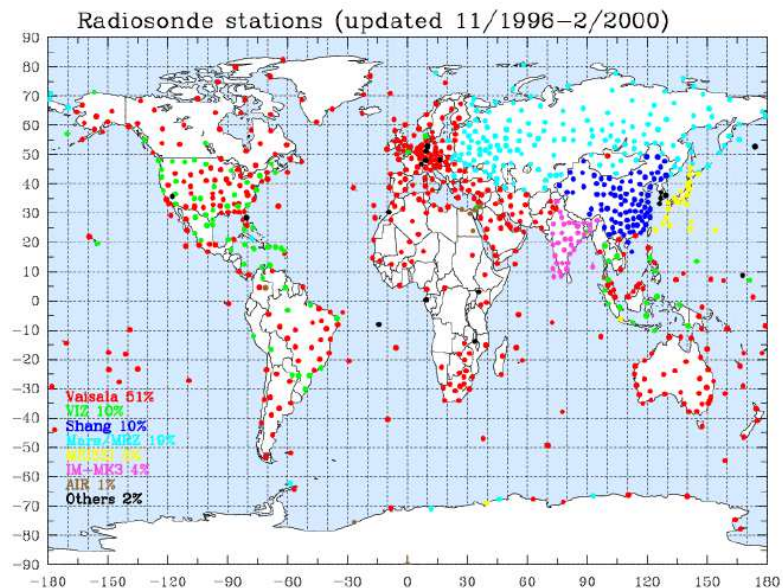
高層気象観測

気象予報シミュレーションの入カデータ

ラジオゾンデ



世界の観測地点



The ROCSAT-3/COSMIC Mission and Applications of GPS Radio Occultation Data to Weather and Climate
September 2004 Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering
DOI:10.1117/12.566544

- 風に流される
- 気球・センサー使い捨て
- ヘリウム価格高騰



ドローン

Meteomatics Meteorodrone MM-670



約70 cm
5 kg

輸送ケース



地上ステーション



充電ケース



特徴

- ✓ 耐風速 25 m/s (90 km/h)
- ✓ 飛行高度 6000 m (注1)
- ✓ 悪天候対応 IP64 (注2)
- ✓ 自動操縦 タッチパネルによる自動離着陸
- ✓ 高機能センサー 雲入出時に高速応答する湿度センサー
- ✓ プロペラヒーター アイシングを瞬間除去 (注3)
- ✓ 危機回避機能 自動帰還機能。パラシュート装備

注1) 5.7 GHz帯を使用 (日本国内では無線局免許が必要)

注2) IP*4 = あらゆる方向からの水の飛まつによって機器が影響を受けない。

注3) アイシングが生じると揚力が著しく減少し、墜落の可能性が高まる。

観測事例

スイス チューリッヒ郊外 夜間20分毎観測

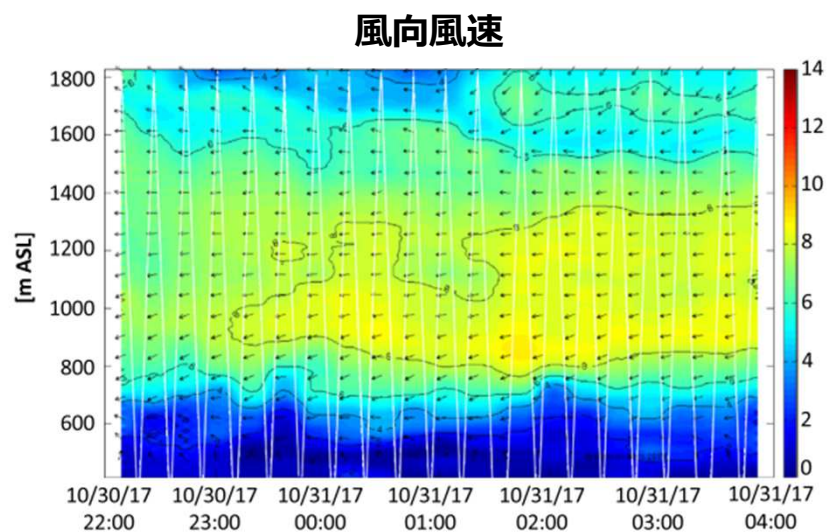
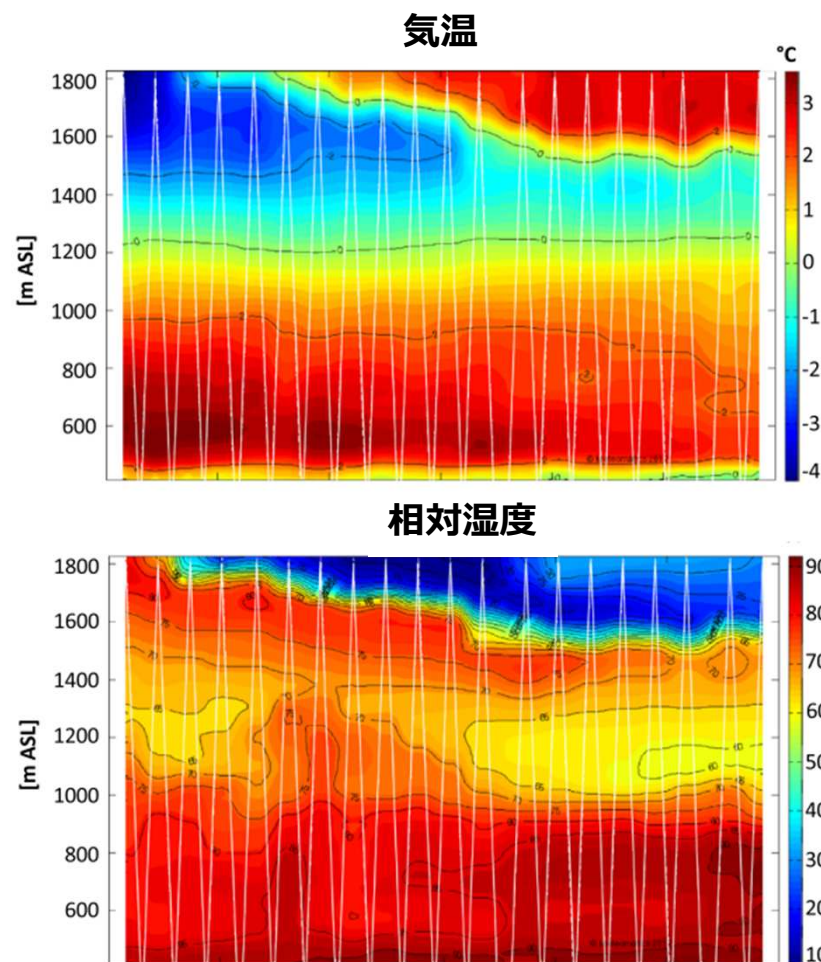


Fig. 6. Example of a Meteodrone observation time series: (top) temperature, (middle) relative humidity, and (bottom) wind speed and direction evolution in Amlikon, Switzerland, during the night of 30–31 Oct 2017. A temperature inversion at 1,200–1,800 m ASL, high relative humidity, and weak winds favored fog development in the PBL.

BAMS (2020) <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0119.1>

米国における導入事例

North Dakota, USA

ドローン試験場



meteo
matics

ドローンによる
ドローンのための
気象観測

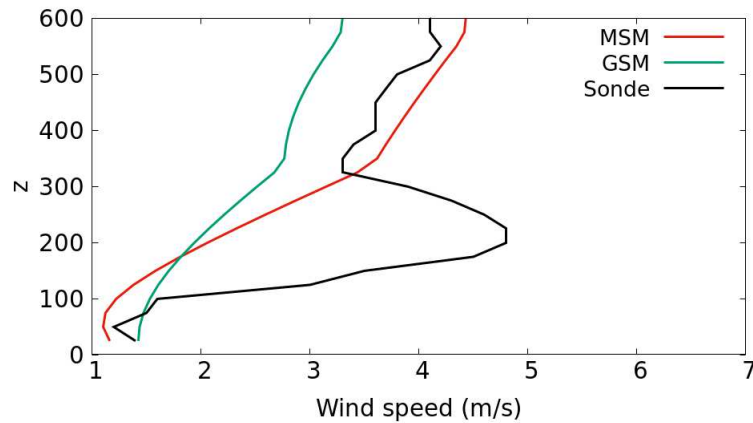
高精度高精細気象予報

数値予報の限界

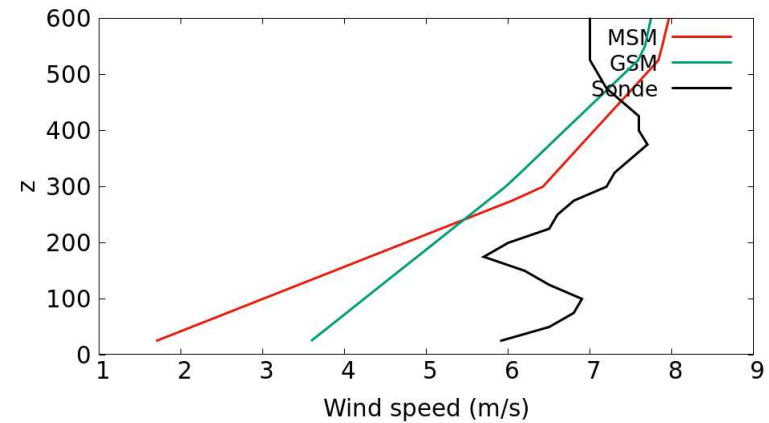
日本の沿岸都市の郊外

気象庁数値予報 (MSM) vs ラジオゾンデ観測 (Sonde)

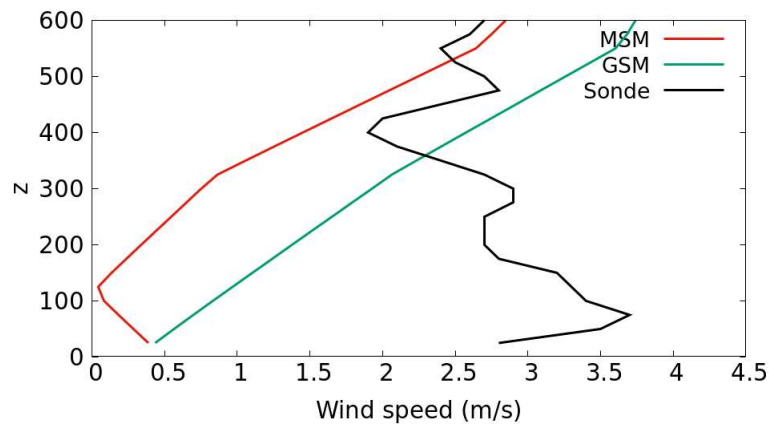
03Aug2022 at 03:00



04Aug2022 at 15:00



07Aug2022 at 09:00



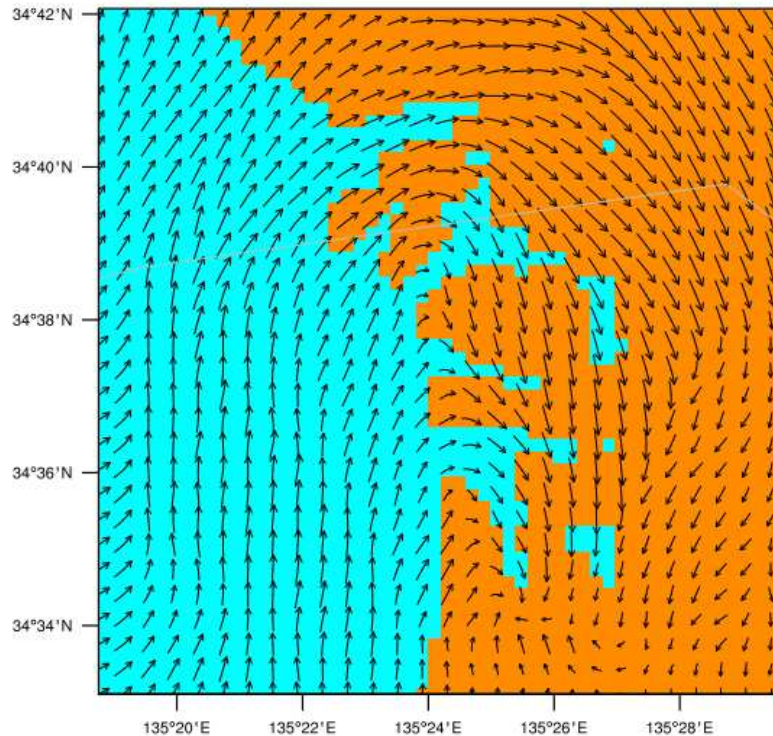
高高度では概ね合うが、
低高度では通常合わない



低高度は実測が必要

観測データによる補正

気象予報シミュレーション



大阪湾近傍を300mメッシュで計算した例

気象観測



観測データによる補正



精度向上

高高度観測データは補正に利用されているが、低高度では観測データが少なく、補正は行われていない。

気象予測の精度改善

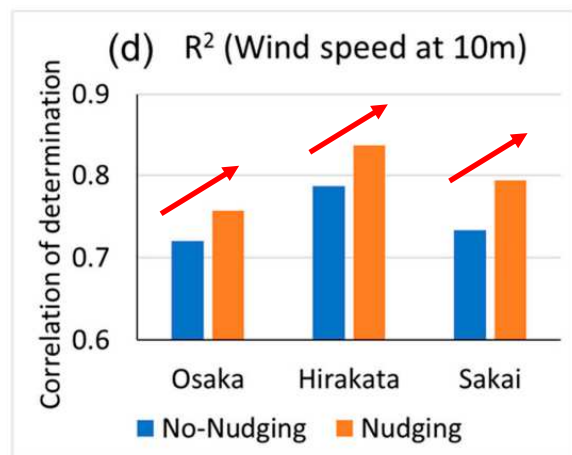
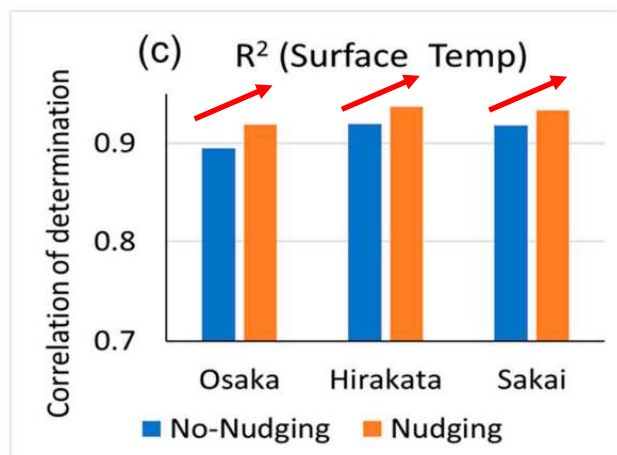
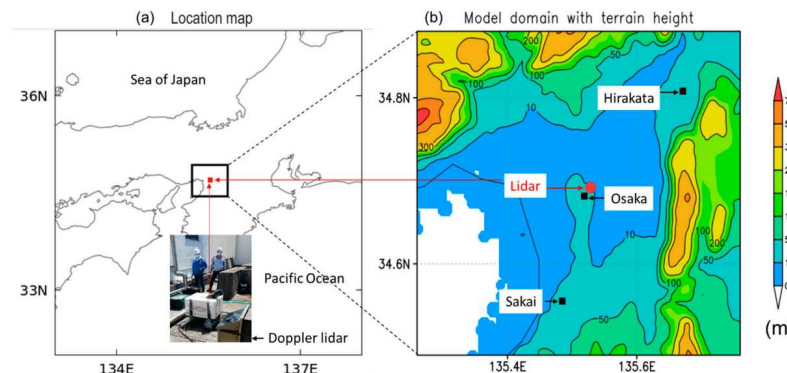
低高度（約1km以下）の観測データを補正に利用した例

大阪市立環境科学研究センター観測データの気象予報モデルへの取り込み

国際誌論文発表
atmosphere Impact Factor 2.9 (2022)
 MDPI

Article
Examining the Effectiveness of Doppler Lidar-Based Observation Nudging in WRF Simulation for Wind Field: A Case Study over Osaka, Japan

Sridhara Nayak * and Isao Kanda



■ No-Nudging
 ライダーデータなし
 ■ Nudging
 ライダーデータあり

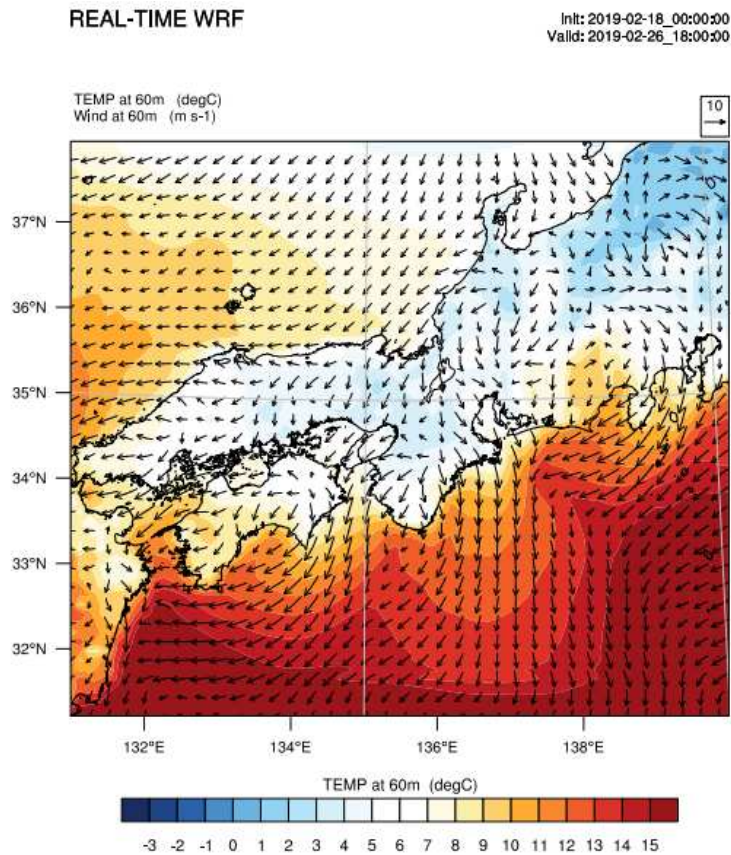
ドップラーライダーの観測データを気象予報モデルに取り込むことにより、大阪市近傍のアメダス地点において、**気温 3%、風速 8%の精度向上**（相関係数ベース）が得られた。

高精度高精細気象予報

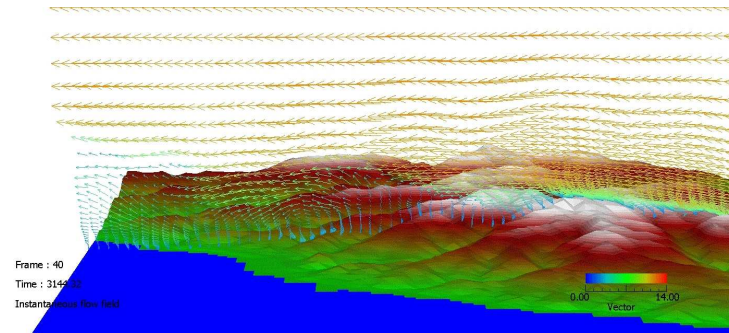
きめ細かな予報を
高精度に

マルチスケール連成シミュレーション

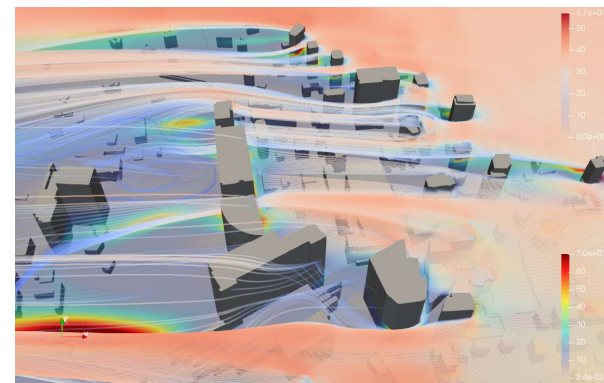
広域気象予測 (WRF)



中域気象予測 (RIAM-COMPACT, VLES)



狭域気象予測 (OpenFOAM, k-ε)



流跡線と乱流エネルギー 地上60m



日本气象株式会社

Earth Communication Provider