

FURUNO

局地的気象を高精度に観測するための小型気象 レーダーの紹介

2023年11月10日

**古野電気株式会社
柏 卓夫**

発表内容

- ◆ 気候変動に伴う局地的気象観測需要
- ◆ 気象レーダーとは？小型気象レーダーの特徴
- ◆ 局地的気象現象に関する観測事例
- ◆ まとめ

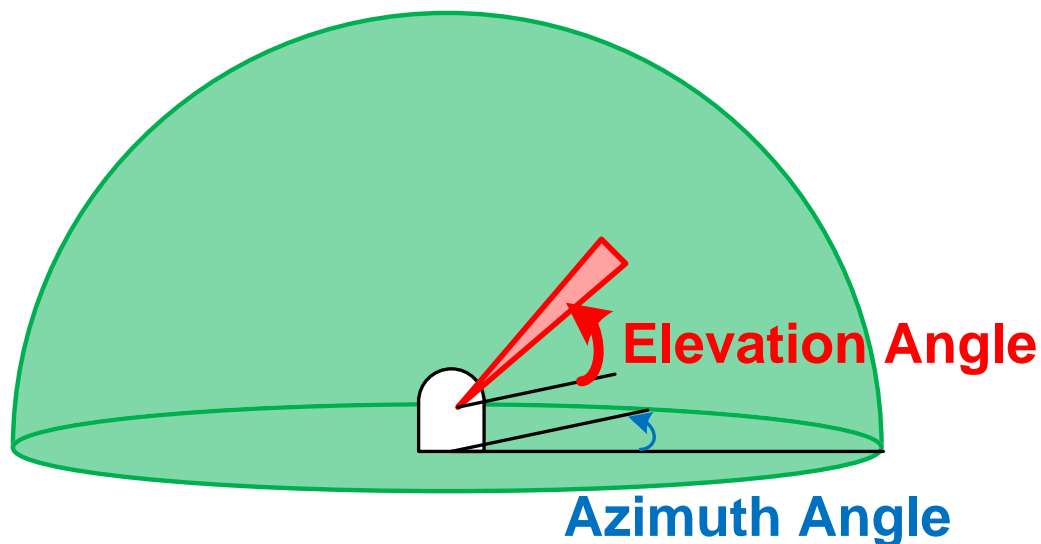
小型気象レーダー開発背景

- ◆ 昨今の気候変動による災害の増加
- ◆ 局地的なゲリラ豪雨やそれにともなう洪水、竜巻などの被害の増加
- ◆ 高精細な気象現象観測需要の高まり
- ◆ 技術者の思いと航海用レーダーの技術力







気象レーダーとは

- ◆ 電波を照射し、大気中にある氷粒、雨粒から反射してくる電波信号を受信し、解析する。
- ◆ 解析の結果、雨量・雨粒の形状・雨雲内の気象現象が把握できる。
- ◆ 機械式もしくは電子制御により空間を3次元観測する。



主な気象レーダー

Type	Sバンド*1 2.8 GHz帯	Cバンド*2. 3 5.3 GHz帯	Xバンド*4 9.4 GHz帯/9.7 GHz帯	小型 Xバンド 9.4 GHz帯/9.7 GHz帯
Photo				
距離レンジ	450 km	100 - 200 km	60 -100 km	30 km - 70 km
データメッシュサイズ	4 km	500 - 1km	150 m - 250 m	50 m - 75 m
更新周期	5-10 min	5 - 10 min	1 -2 min	< 1 min
アンテナ径	8.4 m	4.5 m	2 m -2.4 m	0.7 m
RF出力	750 kW	2.5 kW - 250 kW	50 kW/100 kW/200 - 800 W	100 W/200 W
送信機	クライストロン	マグネトロン/クライストロン	クライストロン/マグネトロン/半導体	半導体/マグネトロン



*1: NOAA's National Weather Service(<https://www.roc.noaa.gov/WSR88D/Engineering/NEXRADTechInfo.aspx>)

*2: JMA: <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/radar/kaisetsu.html>

*3: JRC: http://www.jrc.co.jp/eng/product/weather_disaster_prevention_rivers/weather_radar/pdf/jma-540_201905.pdf

*4: NIED <http://mp-radar.bosai.go.jp/niedradar.html>

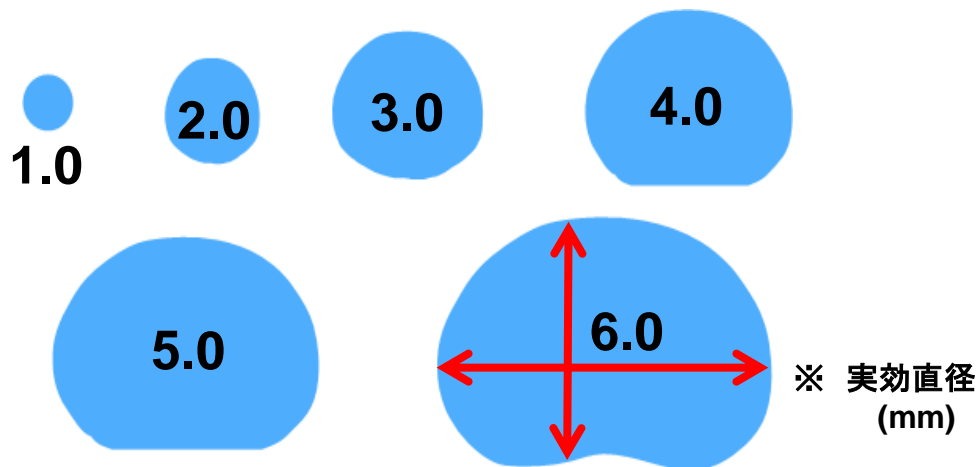
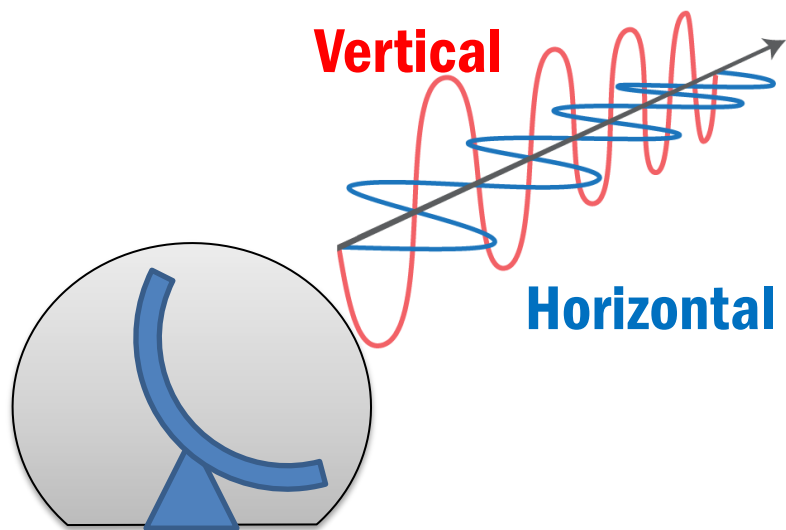
古野電気の気象レーダー

Model	WR2120	WR110
		
レドームサイズ/重量	Φ980 mm / 65 kg	Φ980 mm / 65 kg
アンテナ偏波	二重偏波(H, V)	単一偏波(H)
観測距離	70 km	70 km
出力パラメーター	レーダー反射因子 Zh/Zv [dBZ]、 ドップラ速度 V [m/s]、ドップラ速度幅 W [m/s]、 偏波間位相差 ϕ_{dp} [deg]、 伝搬位相変化率 Kdp [deg/km]、 偏波間相関係数 ρ_{hv} 、 レーダー反射因子差 Zdr [dB]、 降雨強度 R [mm/h]	レーダー反射因子 Zh [dBZ]、 ドップラ速度 V [m/s]、ドップラ速度幅 W [m/s]、 降雨強度 R [mm/h]
消費電力	100-240 V AC, 470 W typ.	100-240 V AC, 200 W typ.
データフォーマット	HDF5, CF/Radial1.4, NEXRAD Lv2 msg.31, CF-Compliant NetCDF(雨のみ), Grib2(雨のみ) (その他フォーマットは要望に応じて対応検討)	

二重偏波を利用した気象現象の解析

- ◆ 水平偏波、垂直偏波の電波を使用して、2偏波間の反射強度差、位相差を測定し、様々な気象現象が解析できる。

例えば．．．雨粒の形状がわかる。
 雨滴は回転楕円体に近い形であり、直径が大きいほど 水平・垂直寸法差が大きくなる



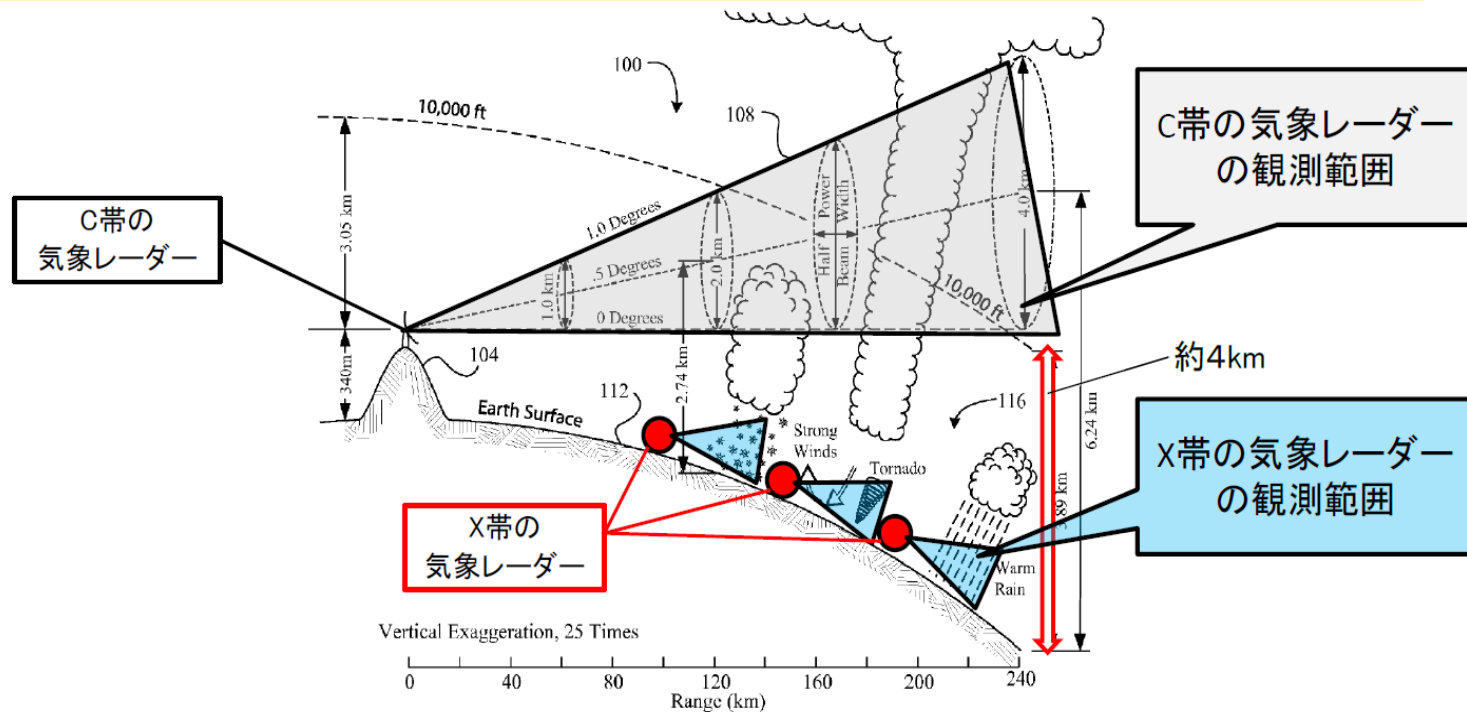
【雨滴形状の理論計算結果】

「雨滴について」郵政省電波研究所 小口 知宏

電波研究所ニュース No.91 (1983.10) より引用

なぜ小型気象レーダーが必要なのか？

- C帯の気象レーダーは、X帯レーダーと比較して大型となるが、観測範囲が広いという特徴がある。この特徴を活かし、ほぼ全国を観測範囲に含む配置となっている。
- 地形条件等によっては、現状において、C帯の気象レーダーにより局所的な観測を十分に行えない場合がある。

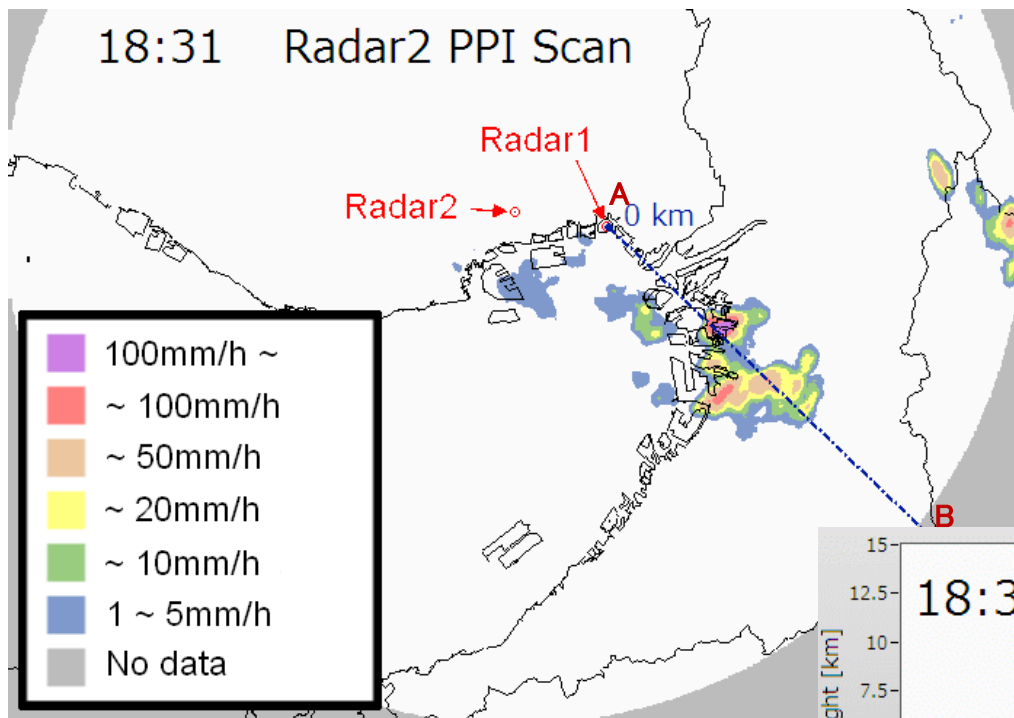


大型気象レーダーは広い範囲を観測できるが地球は丸いため、レーダーから遠くなると低高度の気象現象を観測できない(観測ギャップの存在)。このため、小型のレーダーをギャップ領域の観測のために配置する必要がある。

引用: 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 気象レーダー作業班 C帯サブ・ワーキング・グループ(第1回) 資料より (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/idou/weather_radar/02kiban12_04000180.html)

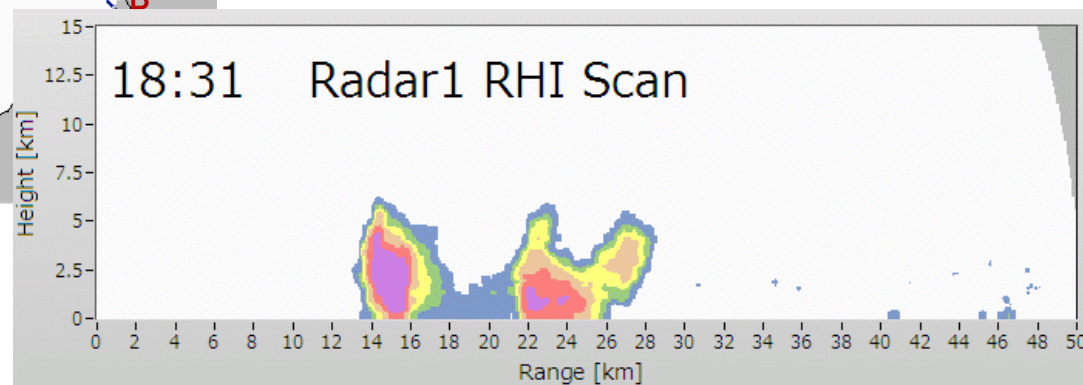
観測モードとマルチレーダー運用

- ◆ アンテナの水平回転 + 仰角変化による3D観測
- ◆ RHI(Range Height Indicator)による垂直断面観測



RHI observation around Osaka Bay
(August 6, 2013, 18:30 to 18:59)

-----> Direction of RHI cross section
Radar1: FURUNO INT Center
Radar2: Kobe University



背景地図出典: 国土地理院 白地図

降雪の観測例

稚内空港設置FURUNOレーダー観測事例 (2017年12月6日14時15分: 稚内市内に暴風雪警報)

FURUNO レーダーとライブカメラ (データ更新: 1分毎)
稚内空港に設置

Dec/06/2017 14:27:24
WAKKANAI AIRPORT

12月6日 14:25

確実に観測出来ている

気象庁Cバンドレーダー (データ更新: 5分毎)
稚内空港から250km以上離れた小樽、釧路、函館に設置

06日 14:25

Yahoo!天気

気象庁HP

どちらも映らず

最新発表: 平成29年12月 6日 14時20分
宗谷地方では、6日夜遅くまで暴風雪に警戒してください。

大雨	洪水	暴風雪	大雪	波浪	大潮	大雨	強風	大雪
		●						

宗谷 稚内市 枝取村

国交省HP

国土交通省 川の防災情報

地方低気圧雨量分布(レーダー)の推移

エリア外で映らず

観測出来ているものの
・古野レーダーから10分程度の更新遅れあり
・データメッシュサイズは1km

国土交通省 川の防災情報

都道府県概況雨量分布(レーダー)の推移

国土交通省 川の防災情報

市町村概況雨量分布(レーダー)の推移

国交省Xバンドレーダー (データ更新: 1分毎)
石狩、北広島に設置⇒稚内エリア外

国交省Cバンドレーダー (データ更新: 5分毎)
稚内空港から95km以上離れた函岳、ピンネシリ、霧裏山に設置

既存レーダーによる雪雲 (特に低層のもの) のリアルタイム観測が困難な地域もあり、このような地域では小型レーダーによる観測が有効。

降雪の観測例—ANA様における航空機運行管理への応用—

活用例：ANA 羽田空港



稚内空港での気象レーダー観測結果は、ネットワーク経由で、羽田空港の運航管理基地（OMC：Operations Management Center）でもリアルタイムに確認できます。
 運航管理基地（OMC）の運航管理者は、羽田空港～稚内空港間の運航において、監視項目にその観測結果を含め、運航乗務員との協議などの運航管理業務に活用しています。



羽田空港



運航管理基地



離発着の様子

雨量観測による洪水予測（シンガポール）

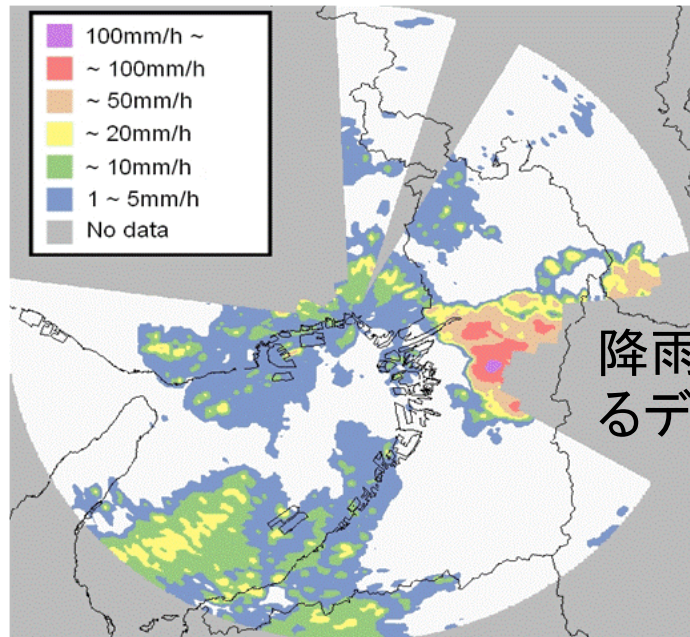
シンガポールでは気候変動により短時間局所的豪雨による突発性洪水が頻発している。シンガポール公共事業庁（Public Utilities Board：PUB）はその対策として、小型気象レーダー3台(最終的に6台)によるマルチレーダーシステムを用いて、予測が非常に難しいとされる熱帯地域の当該豪雨を30分前予測を進めている。予測精度は現状65%であり、今後さらにレーダーを3台増設しさらなる精度向上および被害軽減を進める予定である。（CAS Singapore）



<https://www.youtube.com/watch?v=b0QxQ3LDINY>

マルチレーダーによる雨量観測（降雨減衰補正）

- ◆ Xバンドレーダーでは高解像度データが得られるが、降雨減衰の影響を受ける。このため、強雨域の背後はデータ欠損を起こすことがある。
- ◆ マルチレーダーシステムで相互に補完した観測を行う。

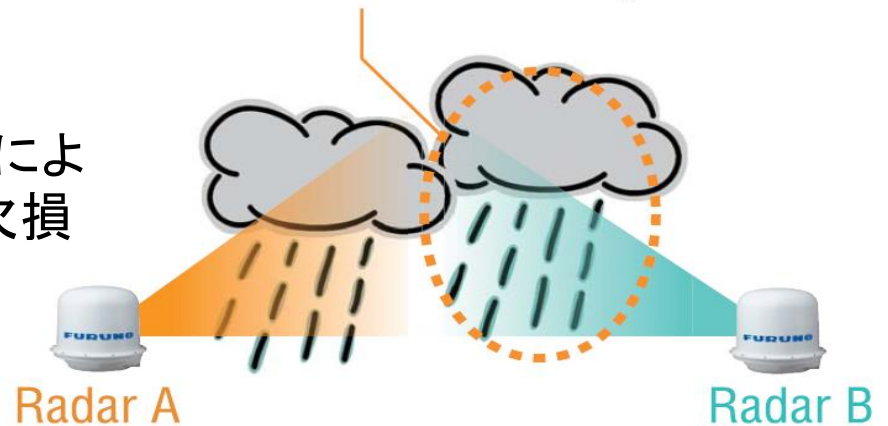


降雨減衰によるデータ欠損

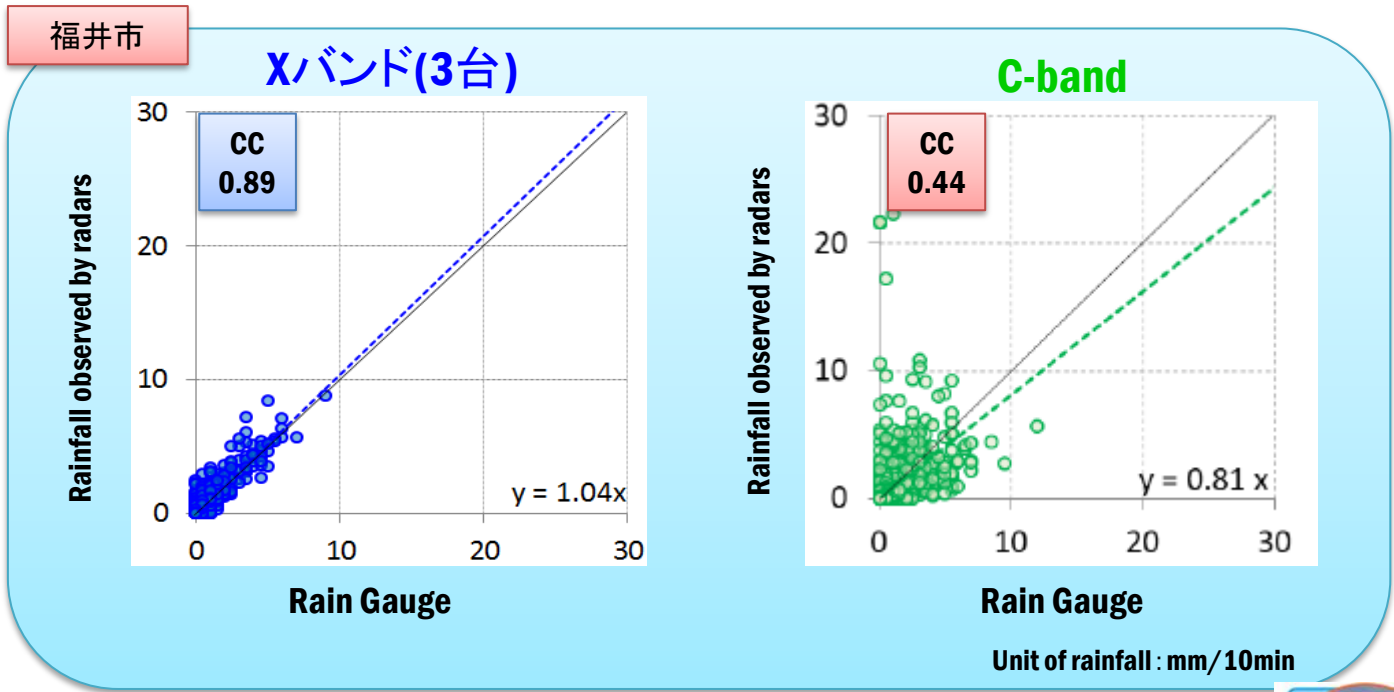
背景地図出典: 国土地理院 白地図

Blind area of Radar A

Signal power attenuation due to heavy rain (Radar B covers the blind area)



マルチレーダー補完による雨量観測結果



*: Number of data when having both data of rain gauges and radar during same period(10 min.).
 Number of data:6336

- ・ 降雨減衰の影響を複数レーダーで補完して安定な観測を実現
- ・ 福井市での観測. Cバンドレーダーは120km離れており, 福井市では2000m以上の上空を観測(データは校正済み)

B-DASHプロジェクト No. 17「都市域における局地的集中豪雨に対する雨水管理技術導入ガイドライン(案)」, 国土技術政策総合研究所資料, No.988, March 2018.



竜巻の観測事例 (Cバンドレーダーとの比較)

竜巻直接観測結果① (高知)
(既設Cバンド/9.4GHz帯気象レーダー)

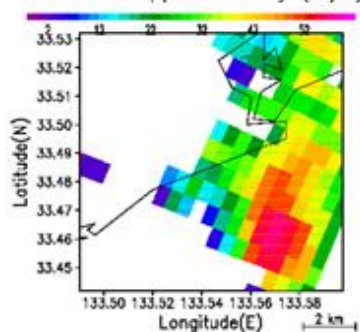
気象庁室戸レーダー(Cバンドレーダー)

観測周期: 5分

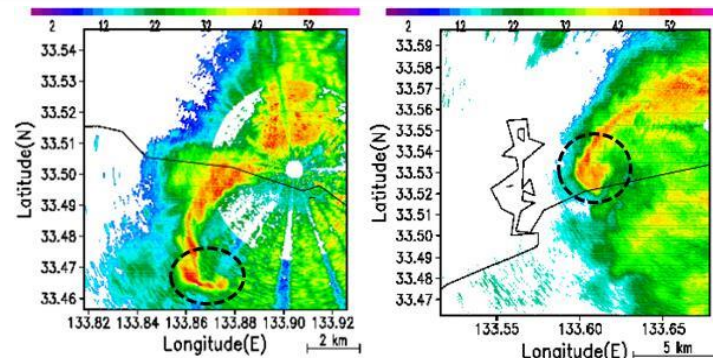
観測分解能: 500m



MURO 2018 09/30 08:11:15JST
Reflectivity (dBZ)
PPI EL = 0.4 deg
Doppler Velocity (m/s)



竜巻直接観測結果② (高知)
(9.4GHz帯気象レーダーのみ)



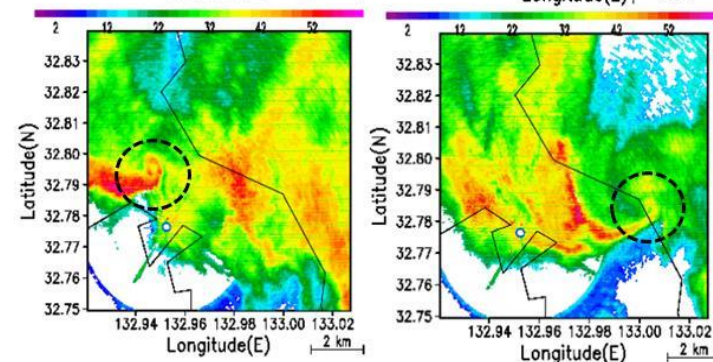
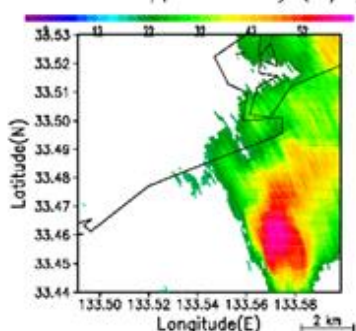
小型X帯(9.4GHz)気象レーダー

観測周期: 1分

観測分解能: 75 m



Susaki 2018 09/30 08:11:00JST
Reflectivity (dBZ)
PPI EL = 3.0 deg
Doppler Velocity (m/s)



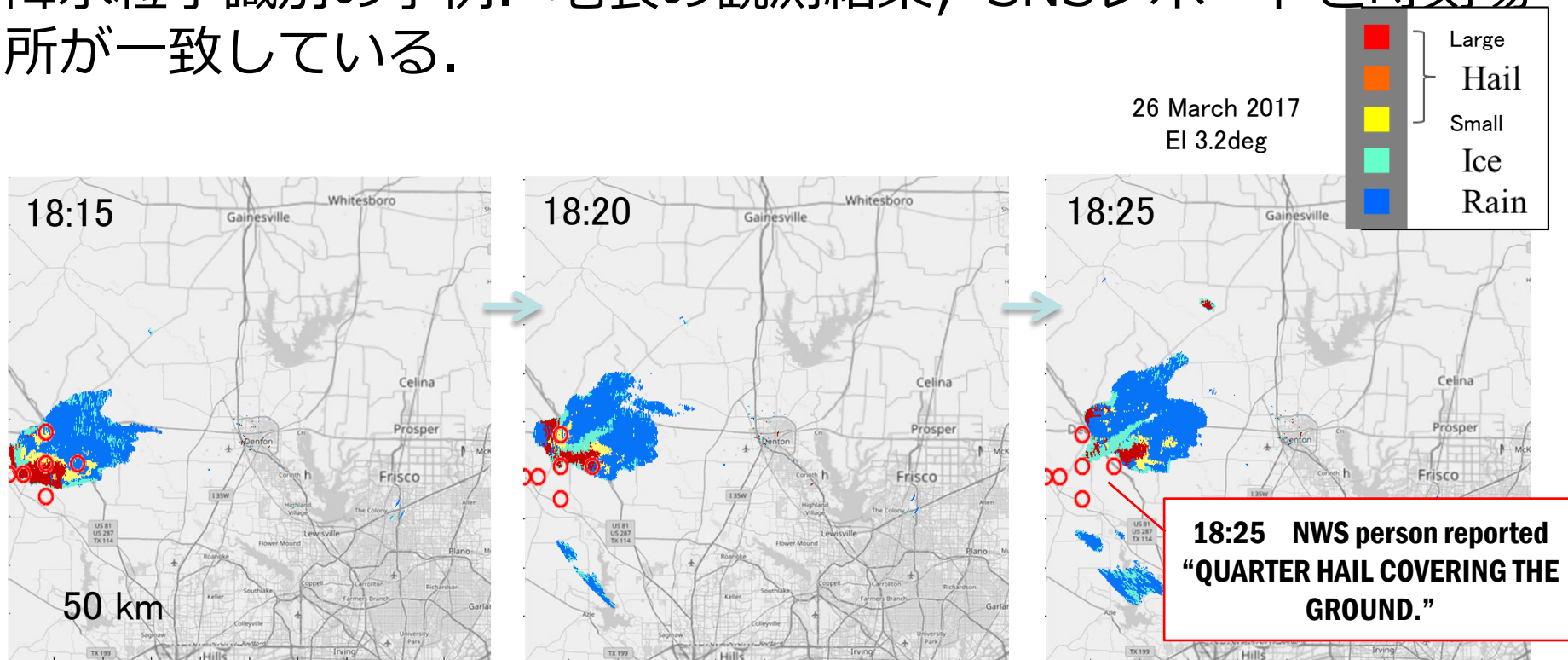
従来観測が困難であった竜巻特有のフックエコーを鮮明に観測している

小型9.4GHz帯気象レーダーによる高頻度・高分解能の観測は竜巻観測に好適である。

*情報提供: 高知大学様

雹の観測事例 (降水粒子識別)

- ◆ マルチパラメータを用いて、降水粒子の識別を行う(強い信号強度、粒子が扁平していないなど).
- ◆ 降水粒子識別の事例. 地表の観測結果, SNSレポートと時刻場所が一致している.



© OpenStreetMap contributors

教育現場での導入事例-Western Illinois University-



Department of Earth, Atmospheric and Geographic Information Sciences has installed Furuno weather radar on campus to provide more accurate regional weather information, as well as added research and educational opportunities for students.

[More accurate regional weather information \(Western Illinois University, USA\) | System Solution | FURUNO](#)

まとめ

- ◆昨今の気候変動に伴う局地的気象観測の重要性
- ◆気象レーダーについて(観測範囲とその精度)
- ◆小型気象レーダーの特徴
- ◆様々な観測事例
 - ◆大型レーダーの補完(ギャップ領域)
 - ◆複数レーダーによる高精細な雨量観測を安定して実現
 - ◆竜巻など局地的な気象現象の観測
 - ◆二重偏波化による雨雲内の詳細な解析(竜巻、粒子判別)
 - ◆教育現場での導入事例