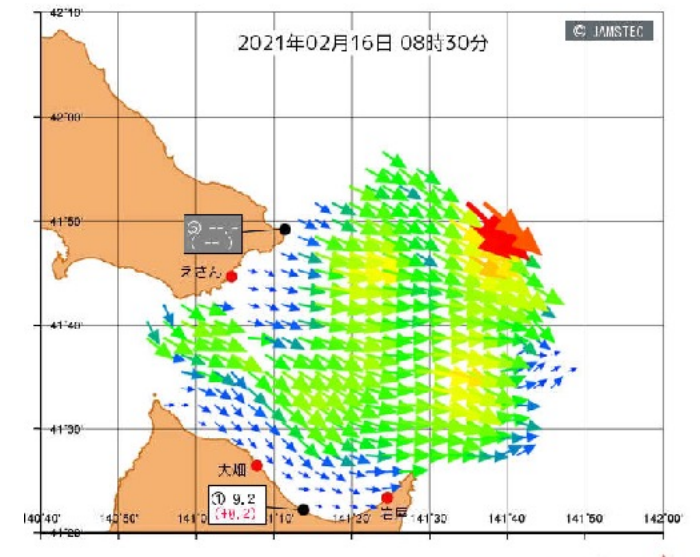
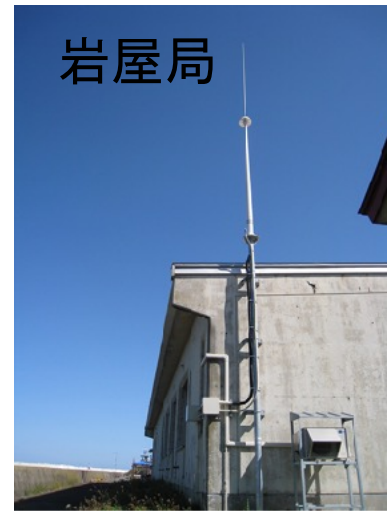


JAMSTEC-MIO 海洋短波レーダーデータ解析の近況

金子仁¹、佐藤喜暁¹、橋向高幸²、佐々木建一¹

1. JAMSTECむつ研、2. マリンワークジャパン



2024年12月2日-3日 九州大学応用力学研究所 研究集会「海洋レーダを用いた海況監視システムの開発と応用」

2024年12月3日 10:30-10:50

背景

- ・むつ研では 2014年から CODAR, SeaSonde 3 基体制で観測開始
免許更新手続きのため 2023年12月に停波、現在観測停止中
- ・津軽海峡東部における流動場の特徴などの研究は進んでいる
(Kaneko et al., 2021; 2022; Yasui et al., 2022; Kaneko et al., in revision)
ただし 津軽海峡東部における HFR 流速精度の検証は継続的な課題

船舶観測 (阿部ほか 2020、Kaneko et al., 2021) RMSD: 数 10 cm/s

→ 観測深度がかなり異なる

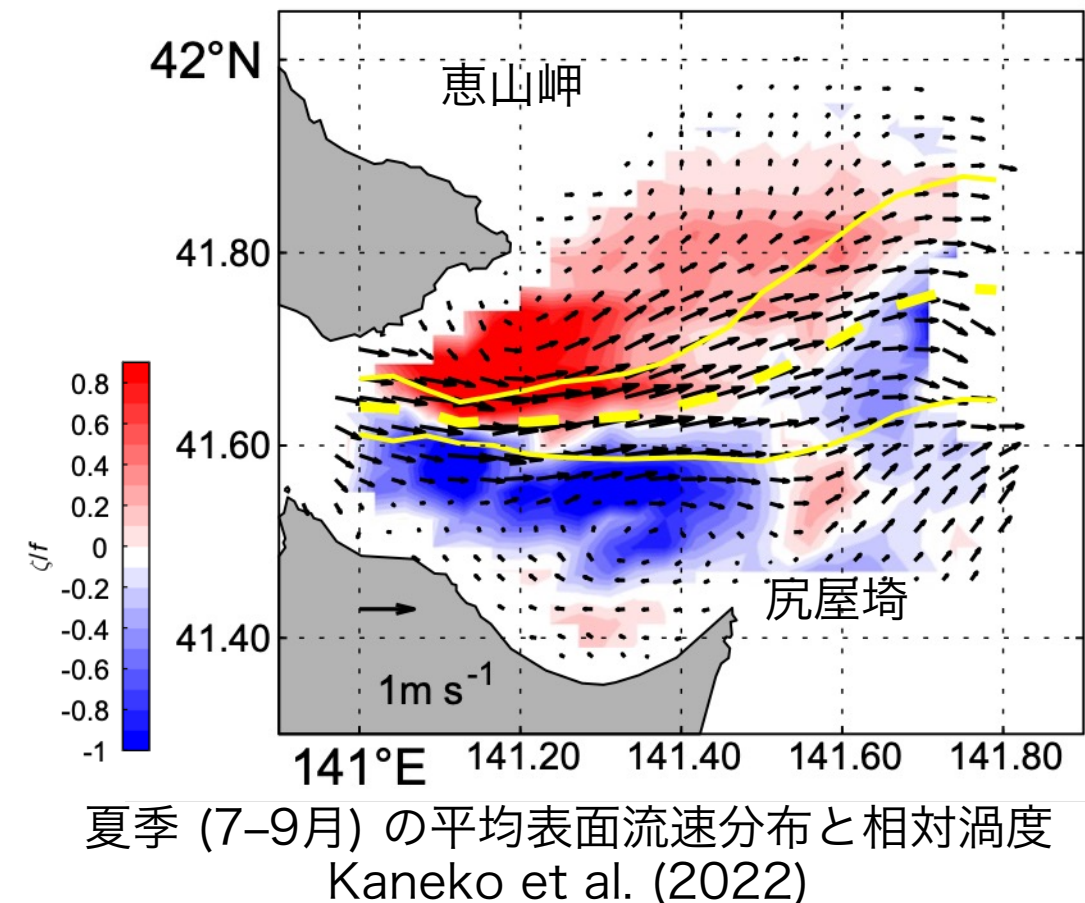
表 3-2 レーダーシステム諸元

使用周波数	13.921~13.971MHz
周波数掃引幅	50kHz
使用電源 (消費電力)	電源電圧 AC100~120V (送信機 300W・受信機 100W)
レーダー形式	FMICW 方式
送信電力	平均 50W (最大 100W)
パルス幅	486 μ s
アンテナ型式	送受信一体型アンテナ ダイポール・クロスループアンテナ
方位分解能	5 度 (水平方向)
距離分解能	約 3.0km
観測範囲	設置点より 3.0km 地点から最大 60.0km
流速精度 (スペクトル分解能)	4.5cm/s RMS

平成26年
(2014年)
朝日航洋
報告書

係留観測：強い平均流と潮流、頻繁な船舶往来…
・津軽暖流南側の時計回り循環内に係留

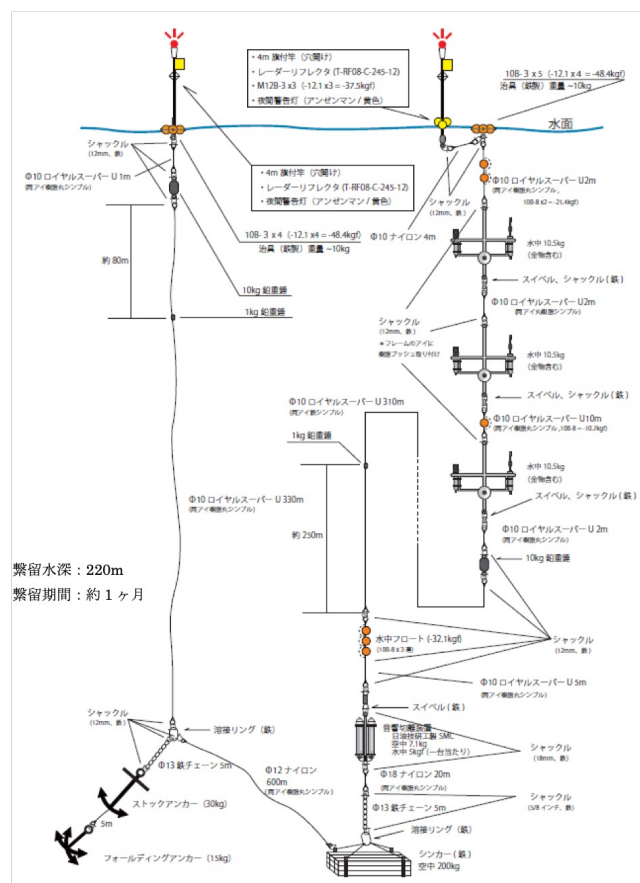
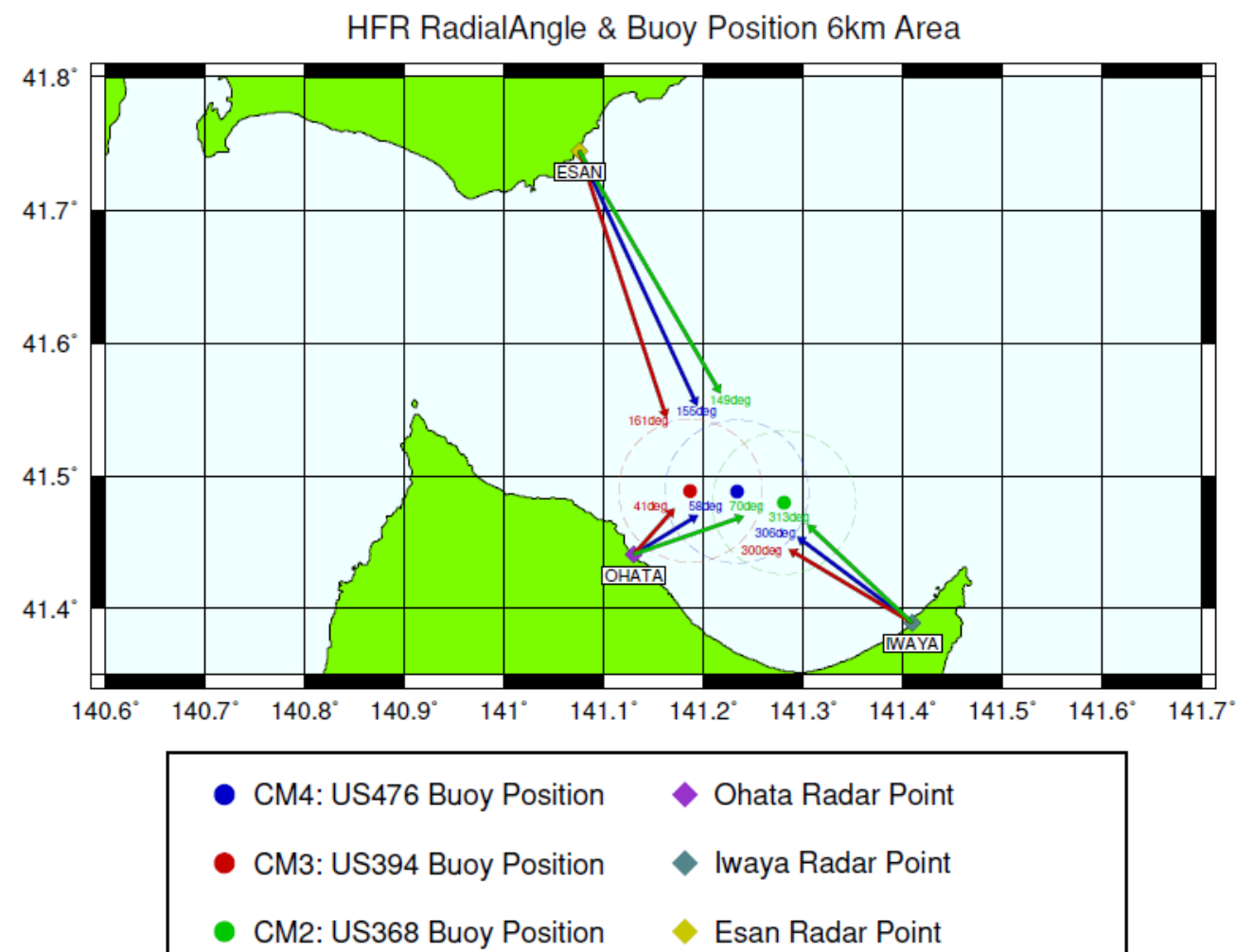
これまでの係留観測等と照らし合わせて
比較解析を再検討した結果で 話題提供



これまでの係留観測データ

表1. 係留ブイ航海情報の一覧

航海名	係留地点	観測開始 日	観測開始 日	表層観測 深度
US341	CM2	2015-09-03	2015-10-01	2m
US360	CM2	2016-05-10	2016-06-07	2m
US368	CM2	2016-09-04	2016-10-13	2m
US394	CM3	2017-08-22	2017-09-29	2m
US476	CM4	2020-09-30	2020-10-21	3m



2017年投入系 模式図

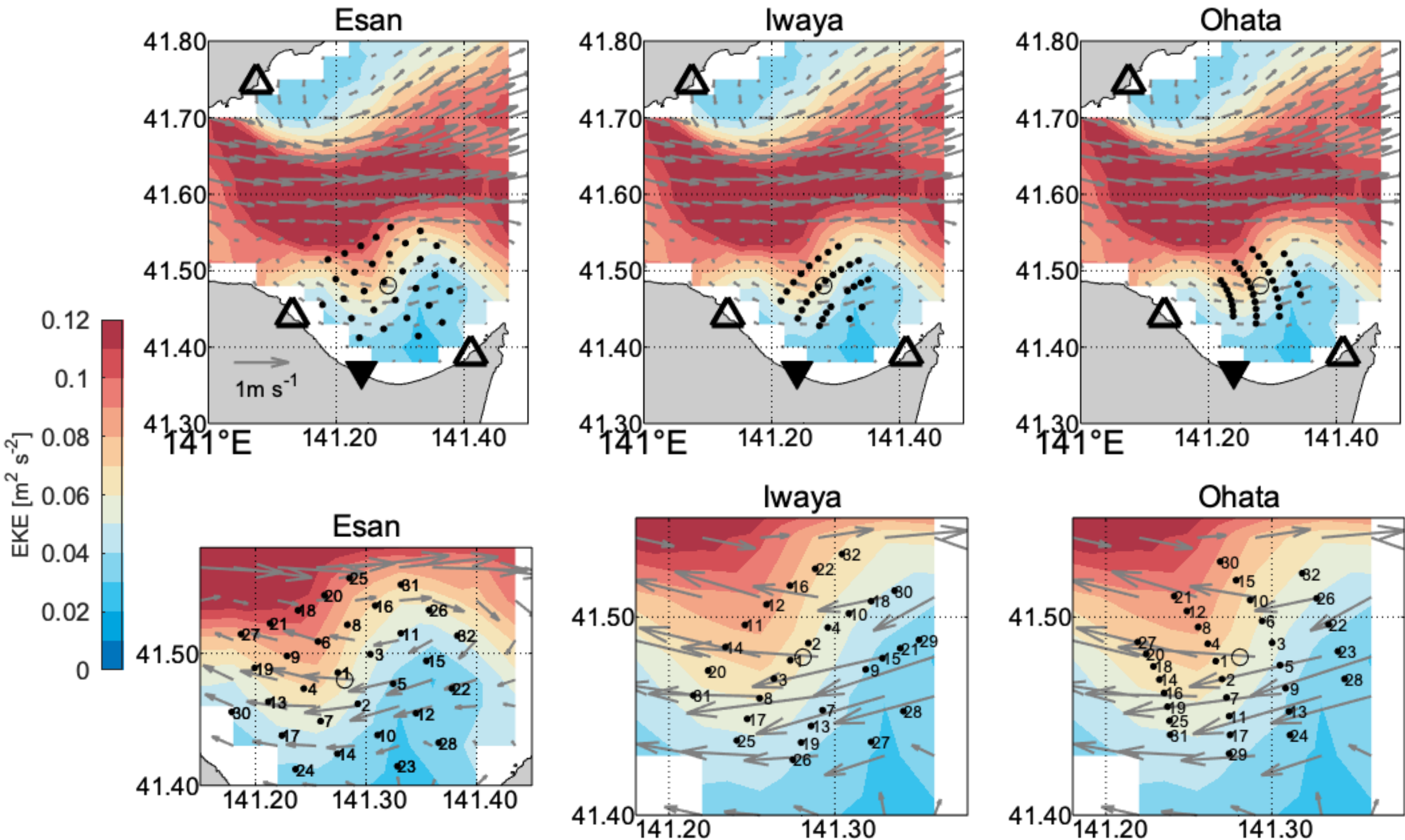
電磁流速系
AEM-USB
(JFE Advantech)
3層：
2.5m, 5m, 15m
10分ごと1秒間隔
30秒バースト

表 4-1 海洋短波レーダーアンテナ設置位置 (WGS-84)

送受信局	緯度	経度
恵山局	北緯 41° 44′ 40.6″	東経 141° 4′ 32.2″
大畑局	北緯 41° 26′ 26.3″	東経 141° 7′ 49.1″
岩屋局	北緯 41° 23′ 20.7″	東経 141° 24′ 34.6″

デフォルト設定の合成流表層流速場と各視線流グリッド&バイ位置

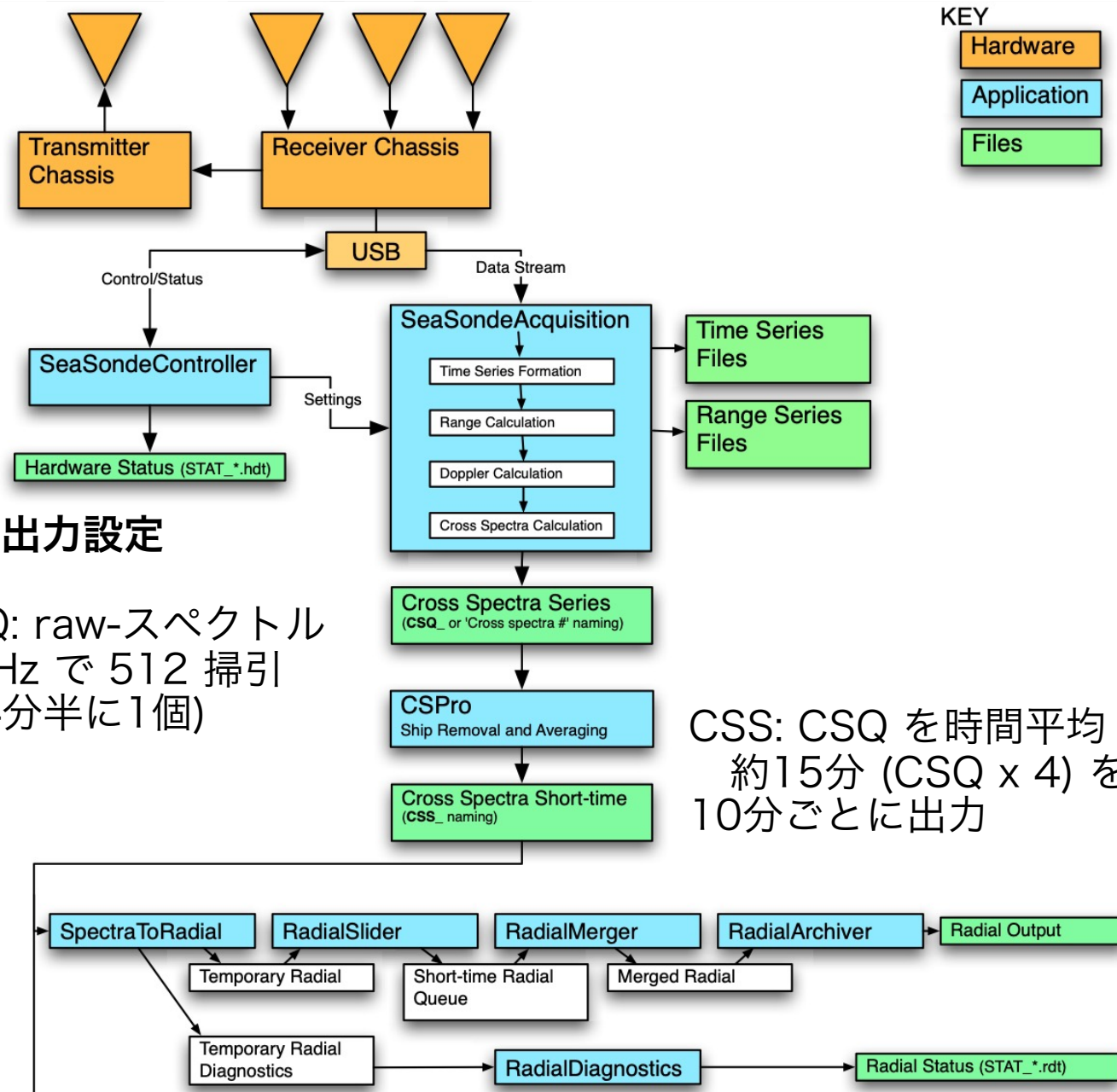
HFR temporal mean (default method): 2016/9/4 13:00 to 10/13 12:00



- ・夏季の下北沖の時計回り渦（のやや縁側）に設置。東西流に大きな南北変化がある
- ・恵山のデータはアンテナから遠いため、相対的にグリッド間隔が広い

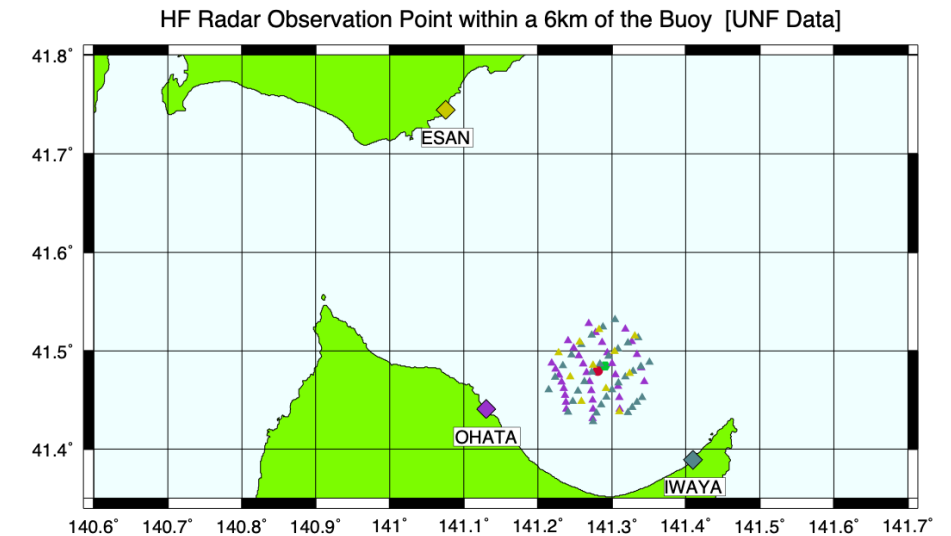
CODAR データプロセス概要

RadialProcessing_FlowDiagram

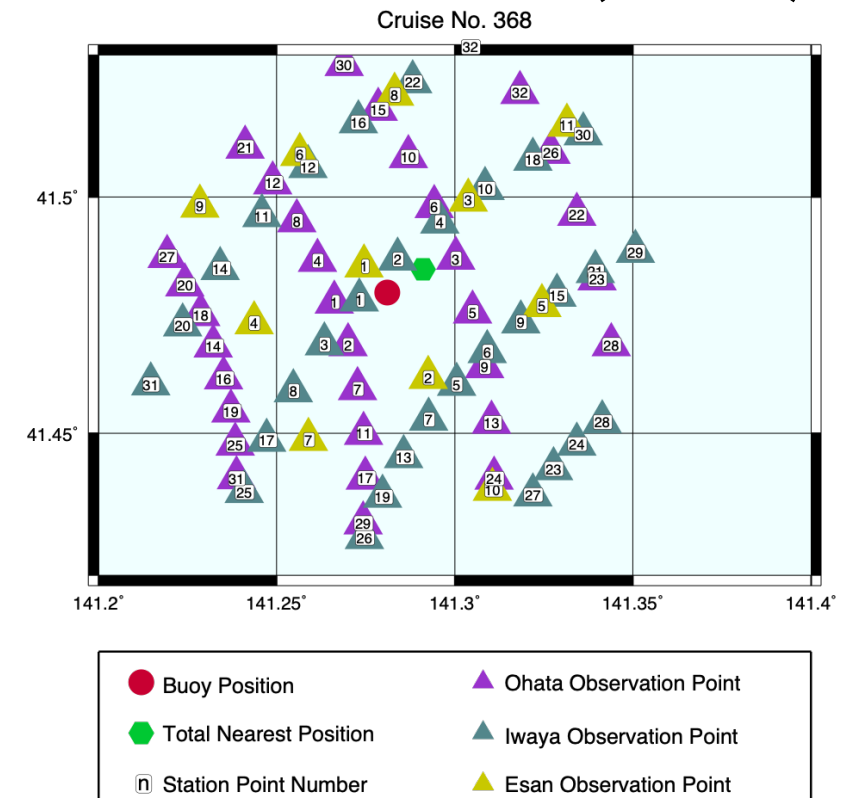


Radial: CSS を複数使用して MUSIC アルゴリズムで方位決定
(通常7個、30分間隔、角度5度*) *中間生成データも出力可 (角度1度)

Radial 出力時間解像度等を変えてブイデータと比較

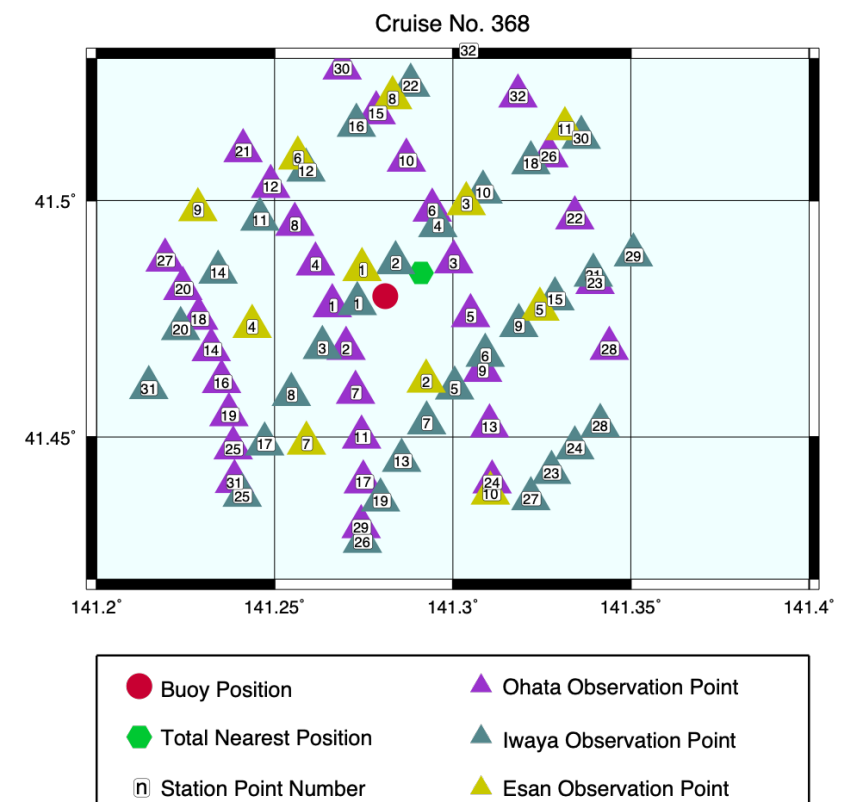
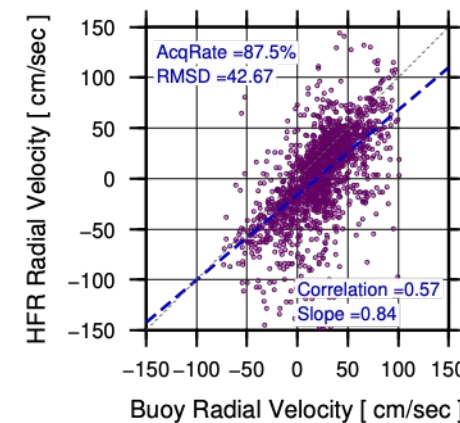
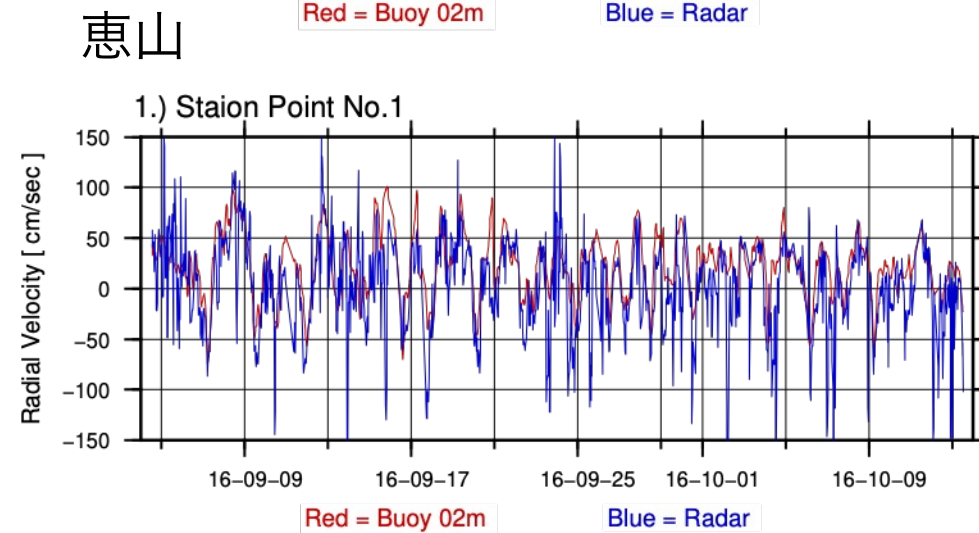
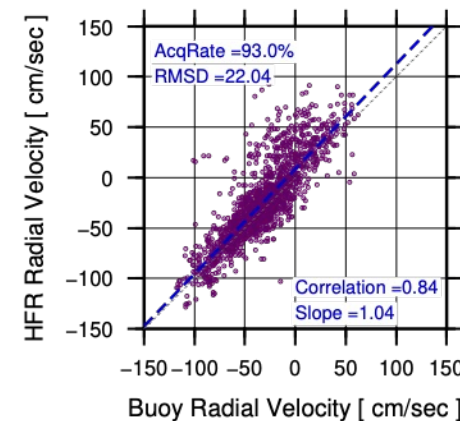
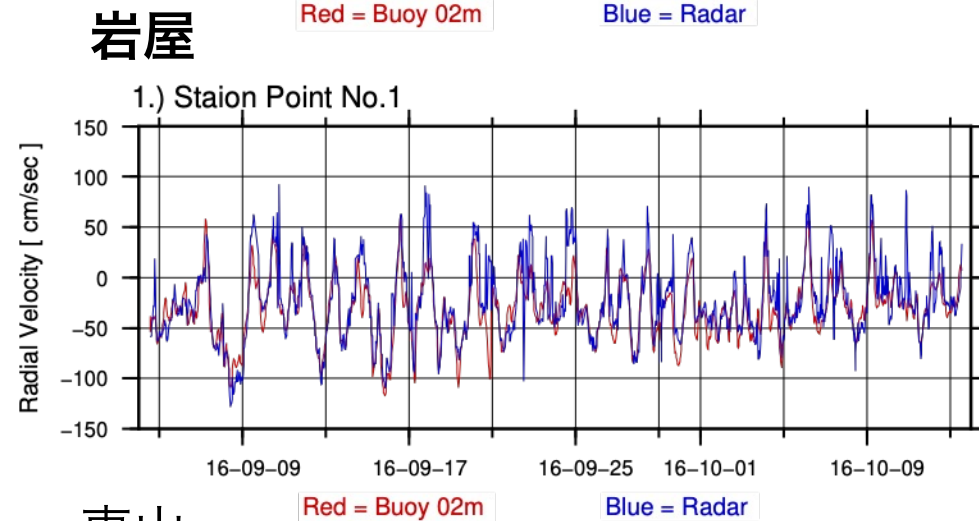
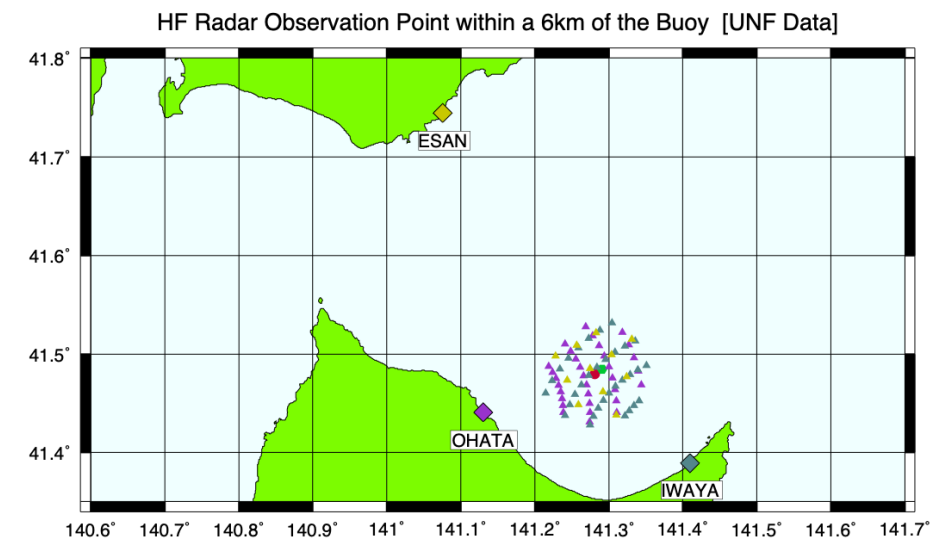
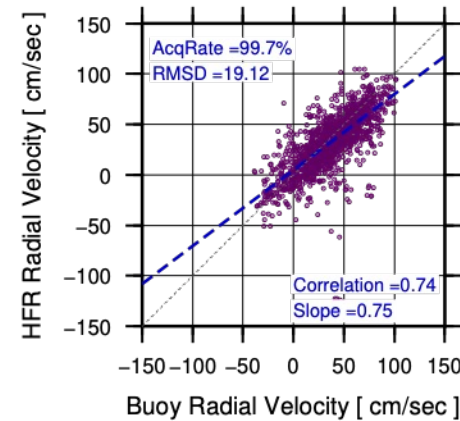
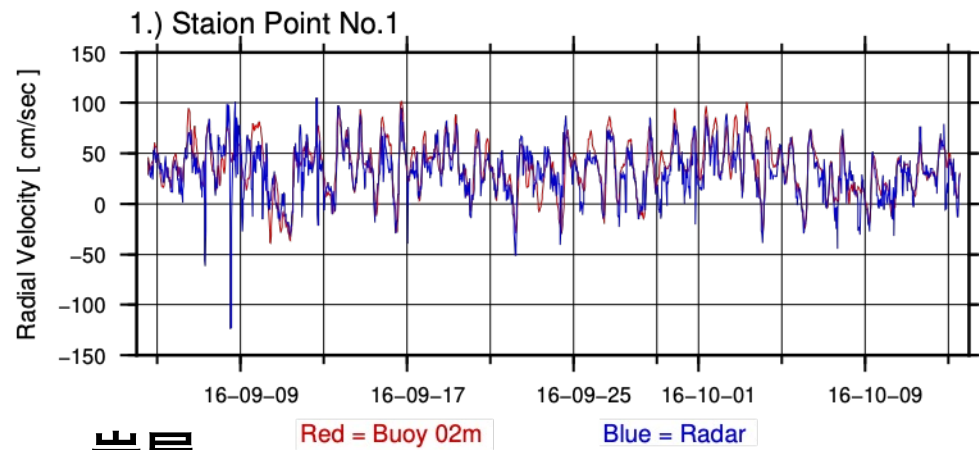


「直近地点」の例 (US368)



US368 時系列 & 視線流散布図

大畑 ブイ2m データを視線流方向に変換して比較 (近づく方向が正)



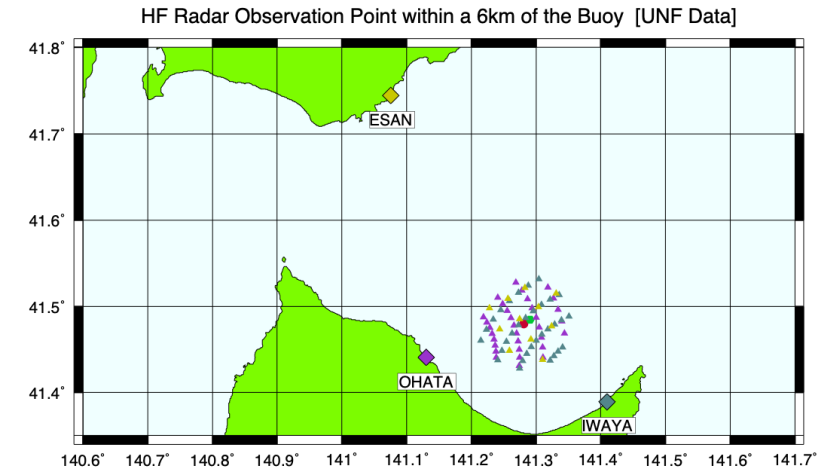
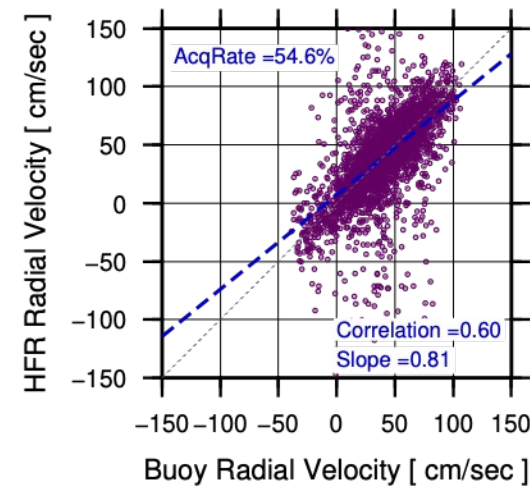
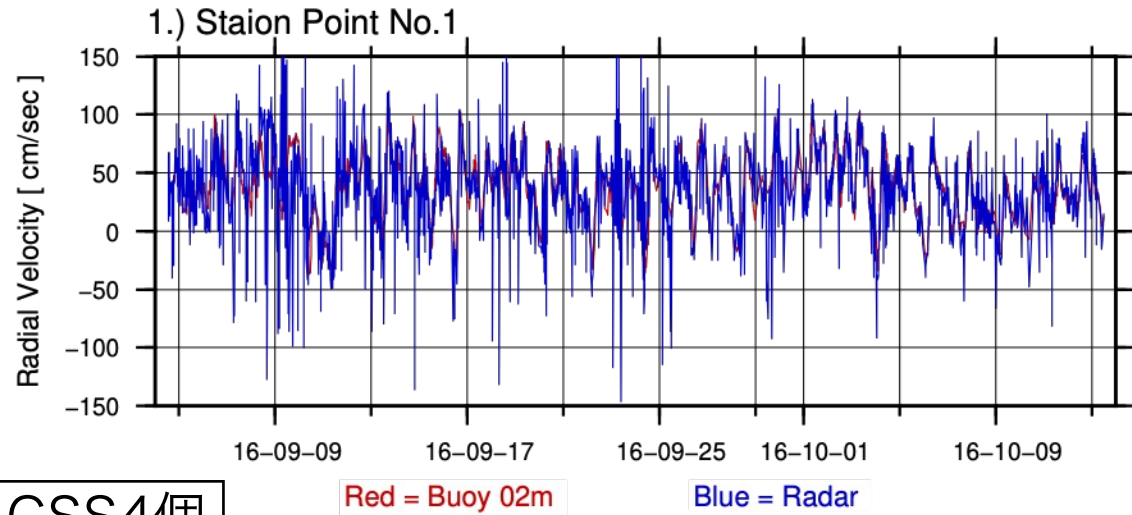
大畑では RMSD 20 cm/s 程度、恵山では 43 cm/s 程度

cf. Kaneko et al. (2021, suppl.): 船底 ADCP との比較 (SVD) ~30 cm/s

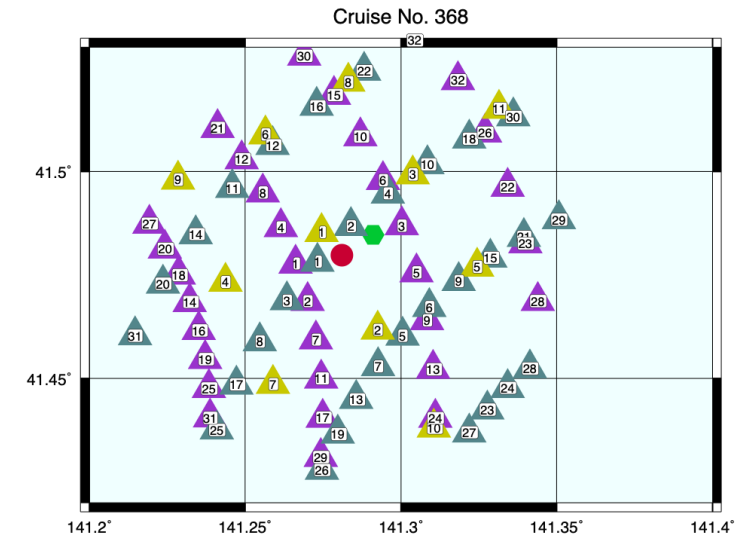
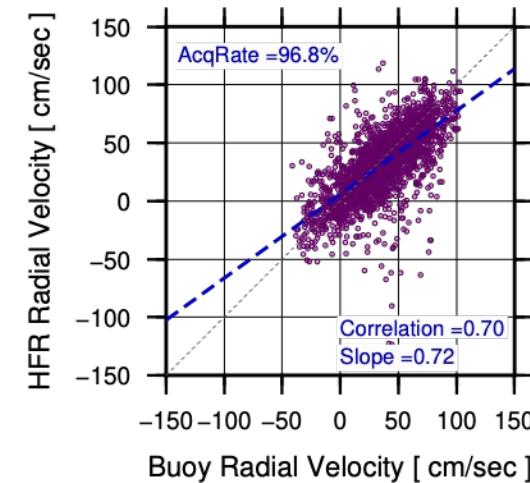
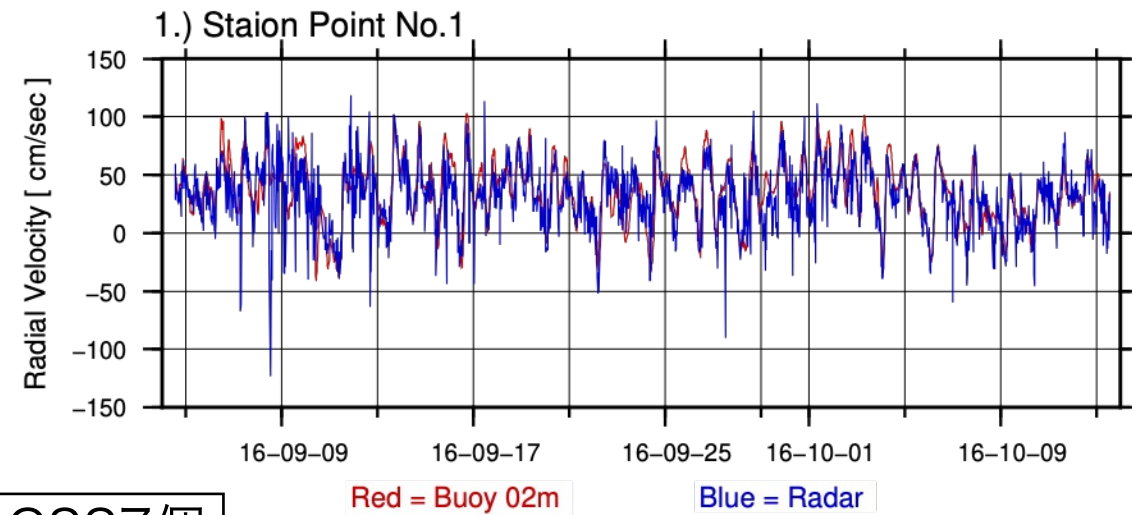
時間解像度比較出力例 (大畑 ブイ最近傍セル)

CSS2個

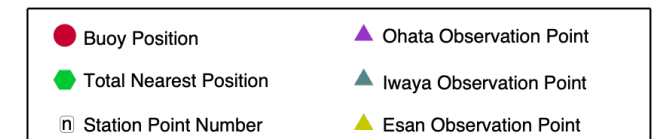
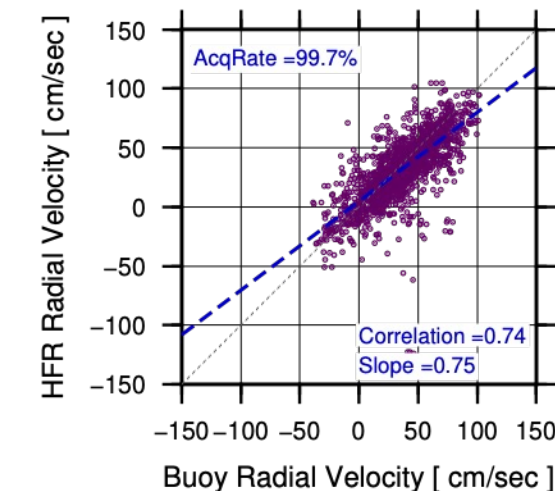
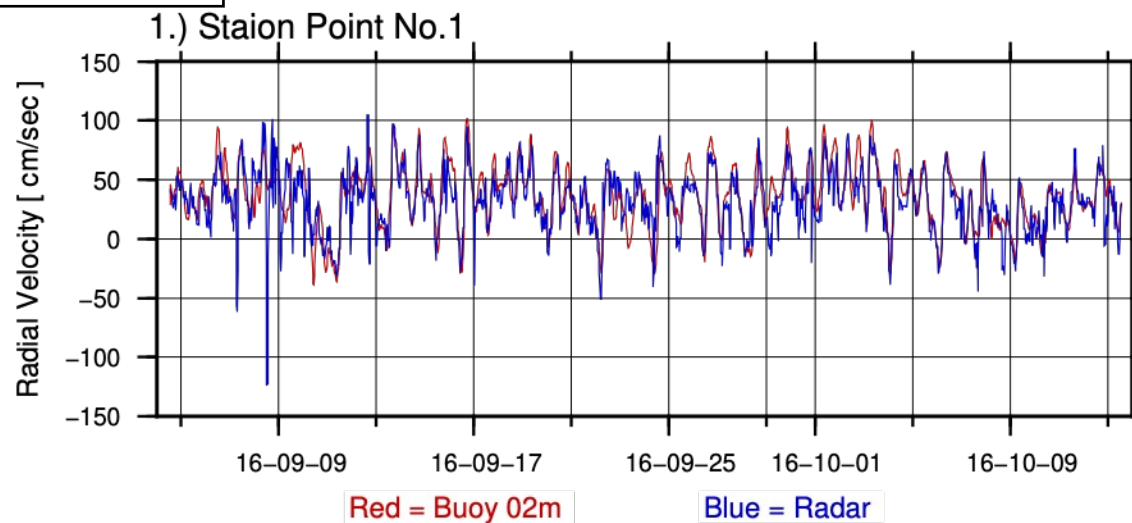
ブイ2m データを視線流方向に変換して比較 (近づく方向が正)



CSS4個



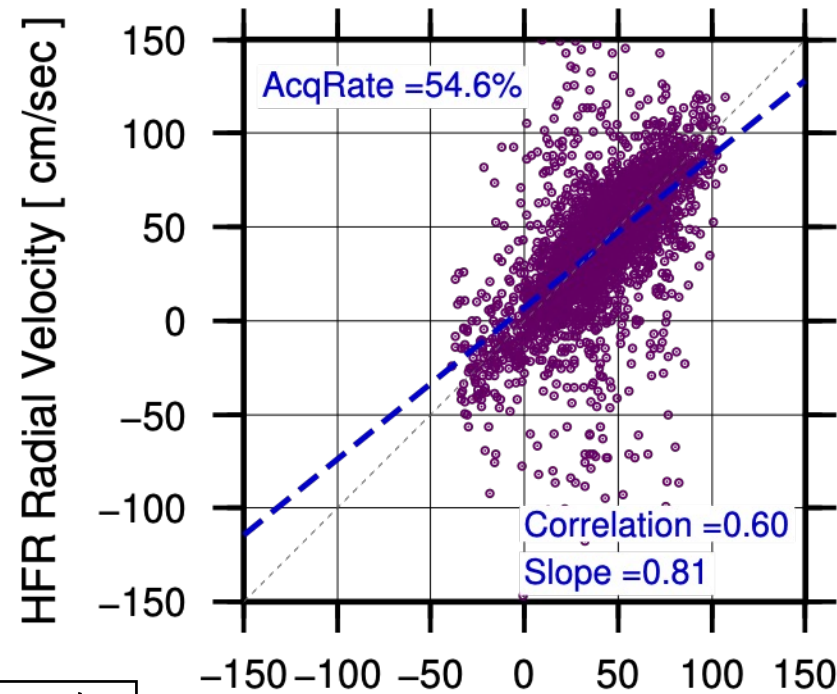
CSS7個



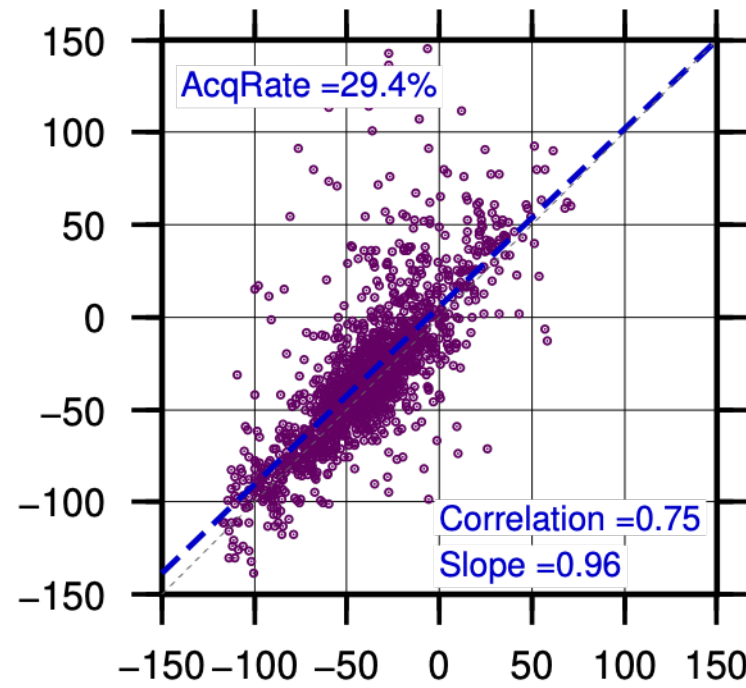
時間解像度比較 (各局バイ最近傍セル)

CSS2個

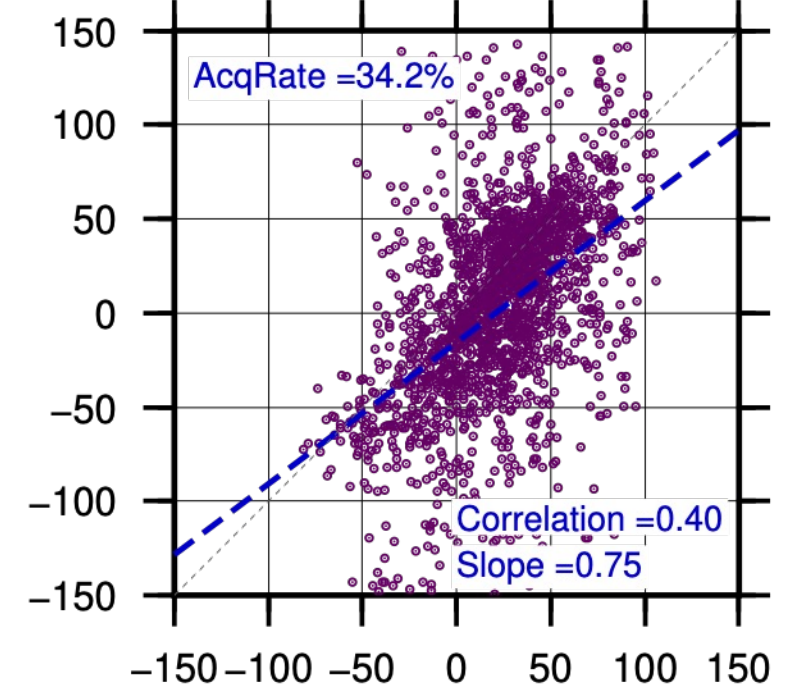
大畑



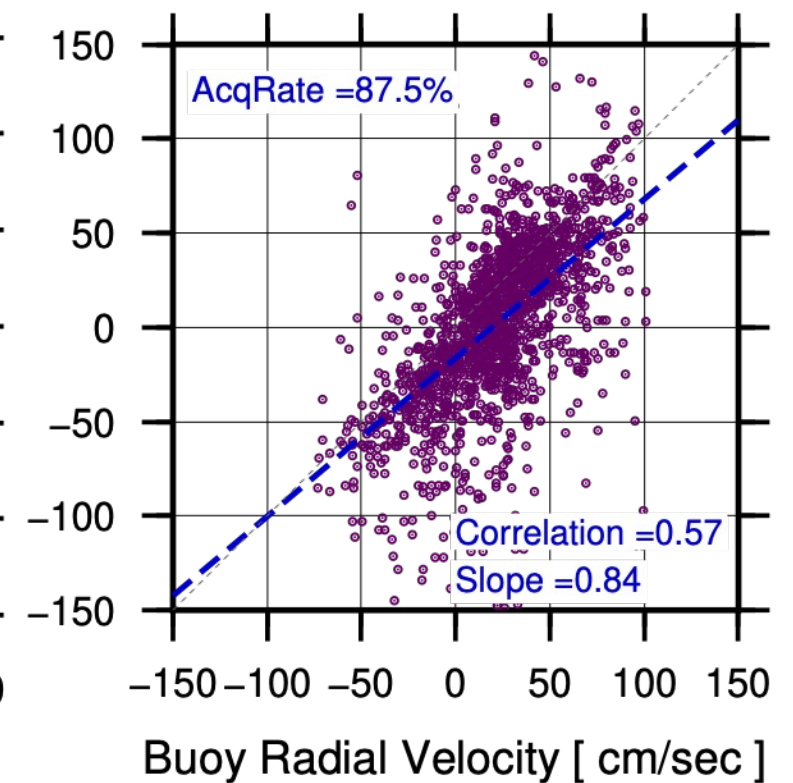
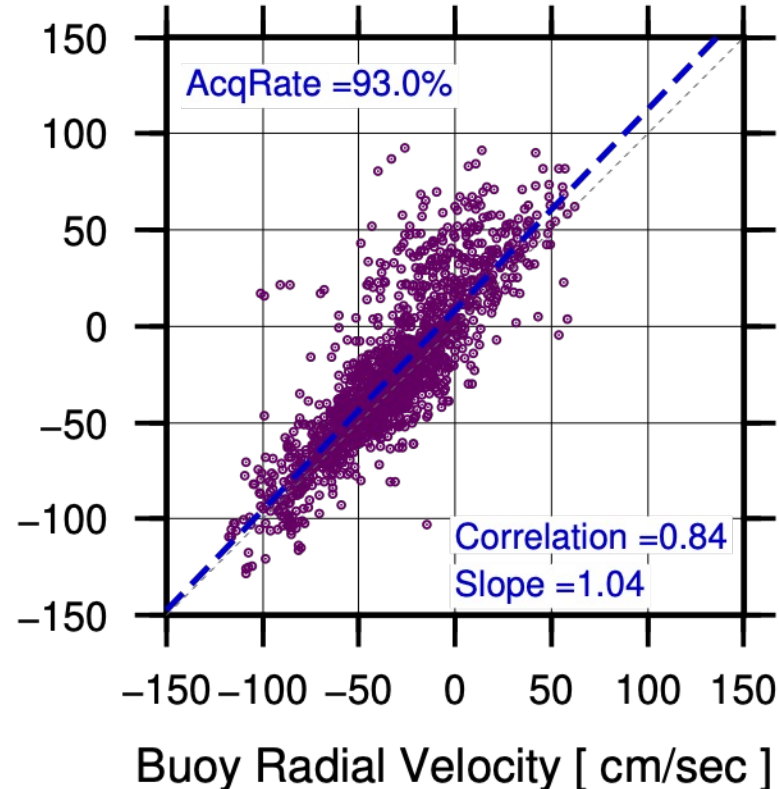
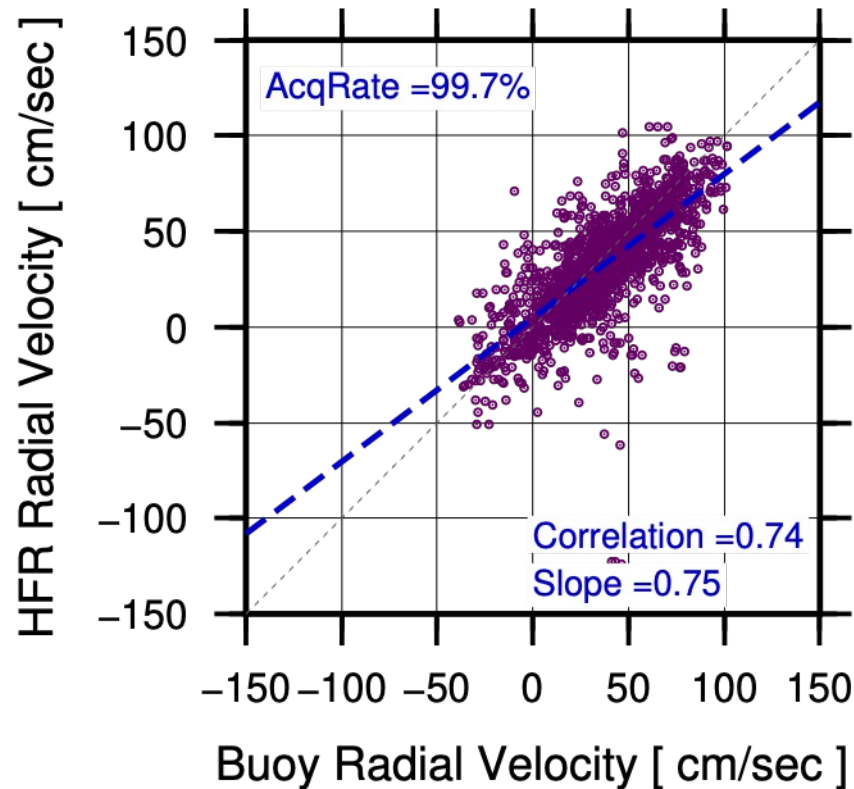
岩屋



恵山



CSS7個



時空間解像度比較 (大畑 最近傍セル周辺)

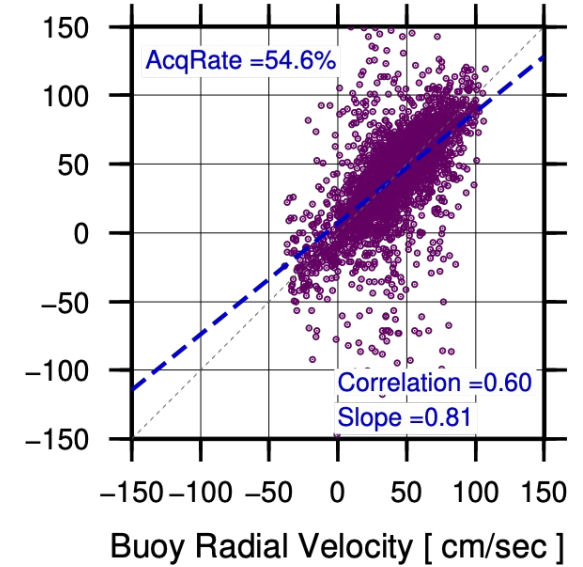
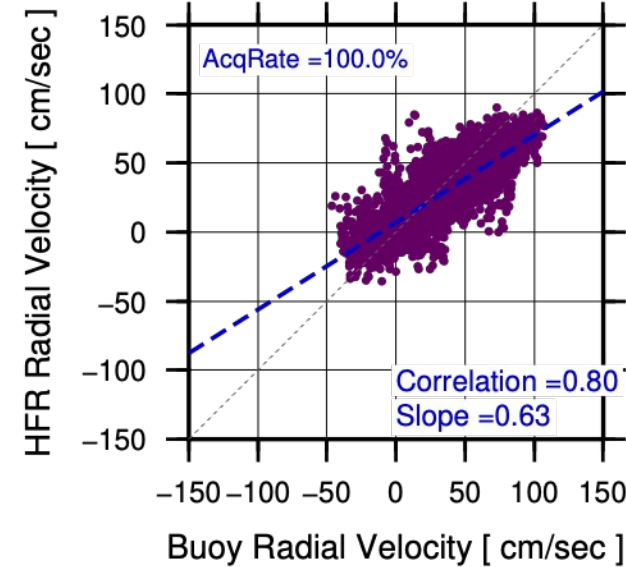
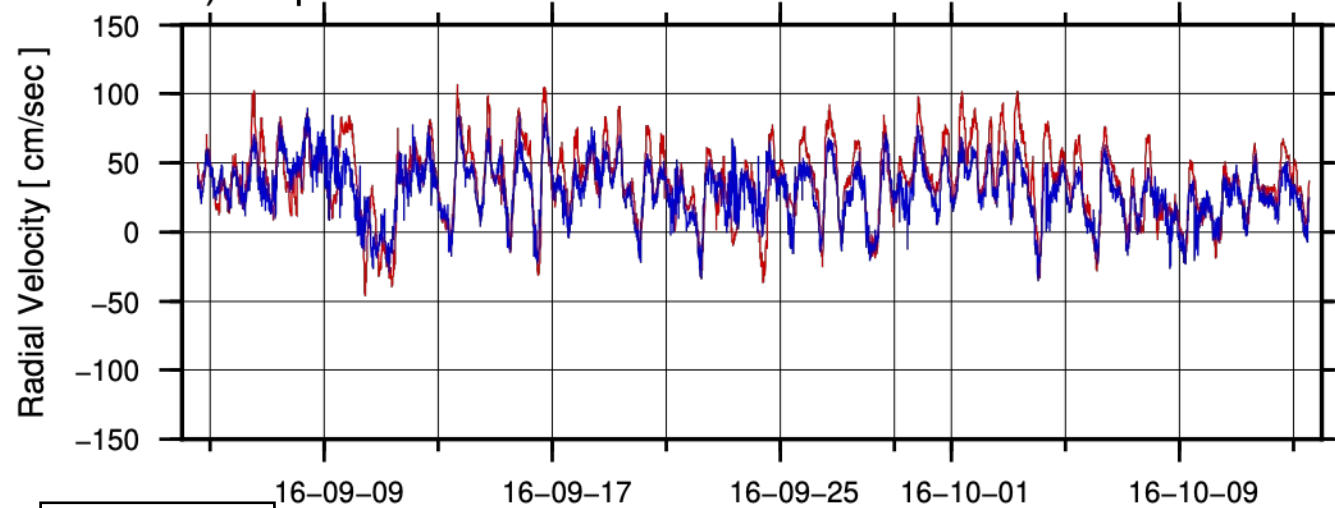
CSS2個

6km 空間平均値

6km 空間平均値

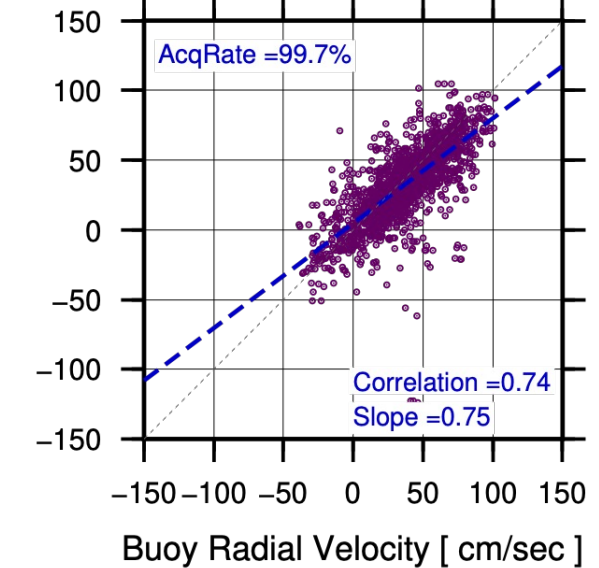
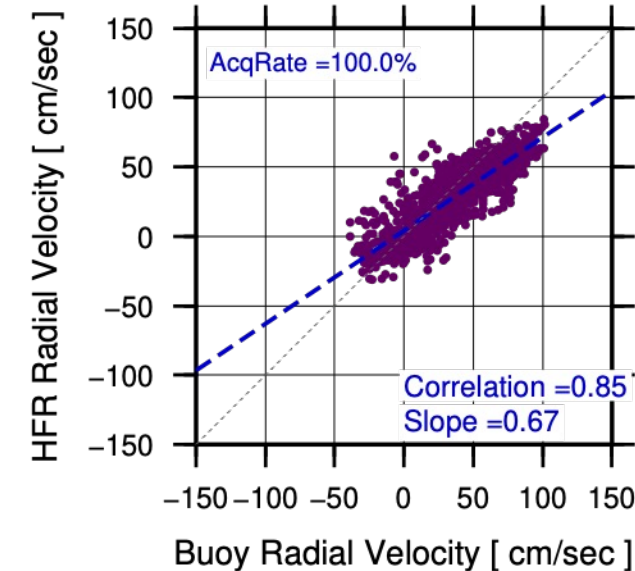
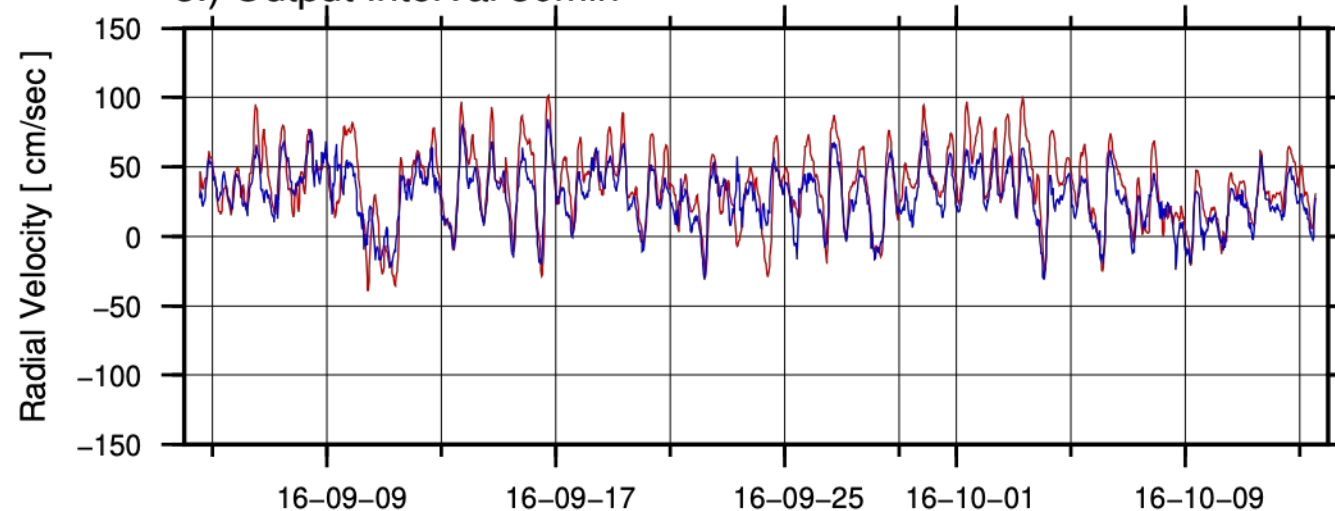
最近傍セルのみ

1.) Output Interval 10min



CSS7個

3.) Output Interval 30min



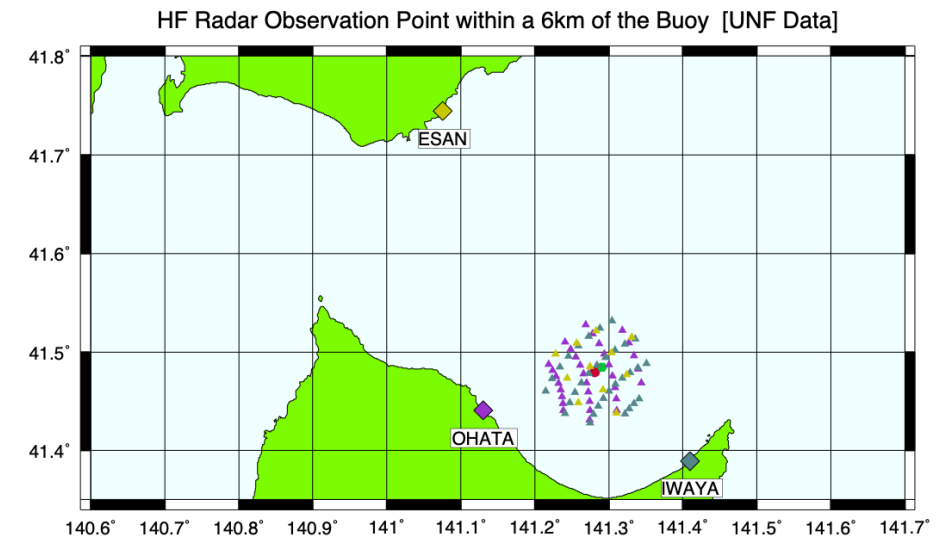
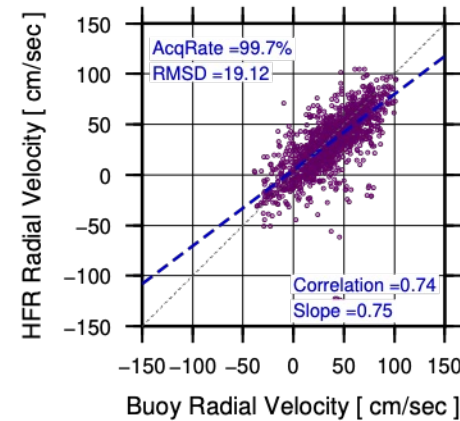
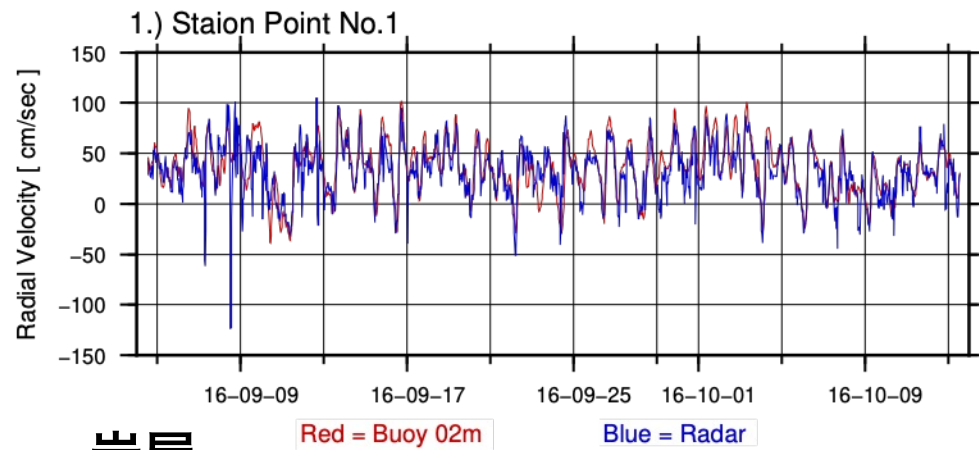
空間平均すれば相関は良くなる傾向

→ (パワーにもよるが) 潮汐変動解析等には比較的影響小さい?

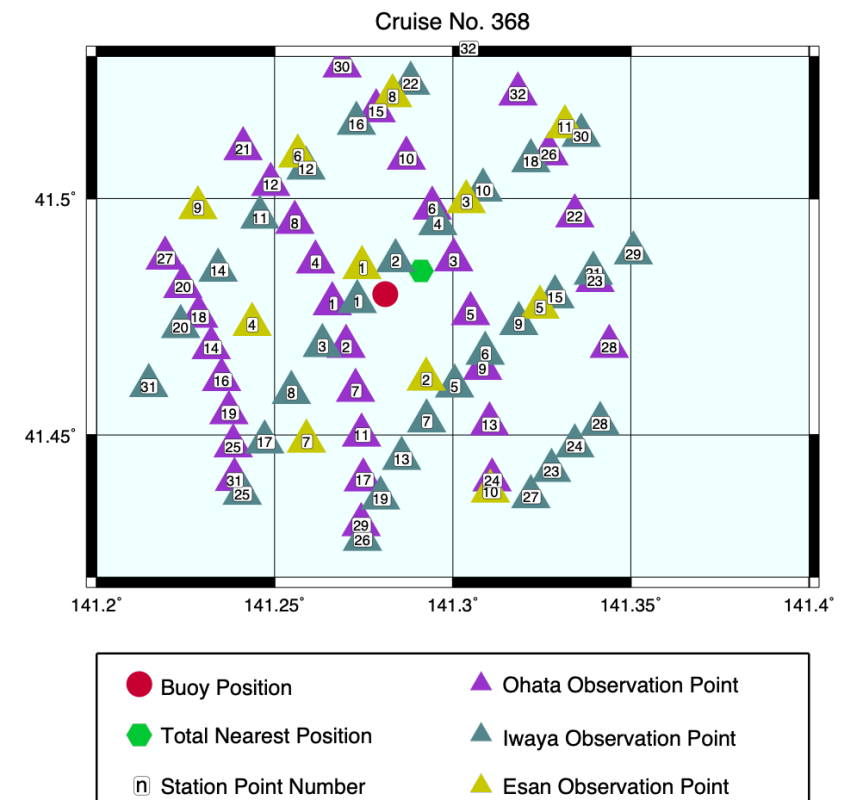
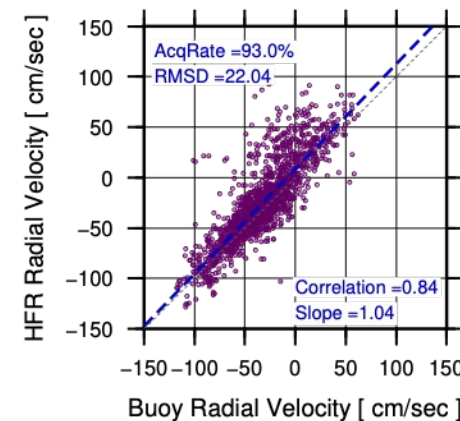
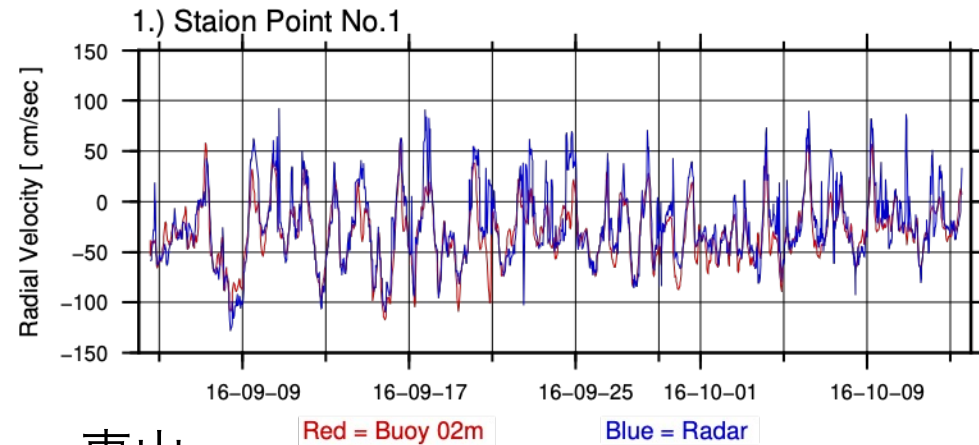
ただしスロープはトレードオフ → おそらく真の空間バリエーションを丸める影響

US368 時系列 & 散布図

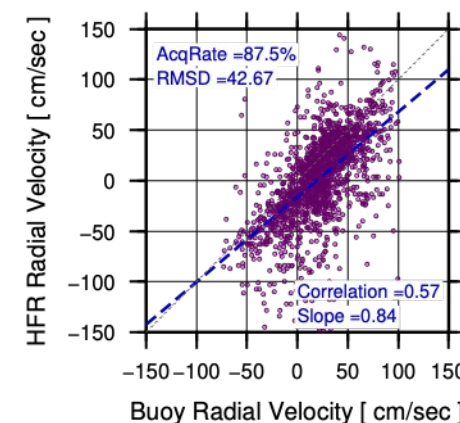
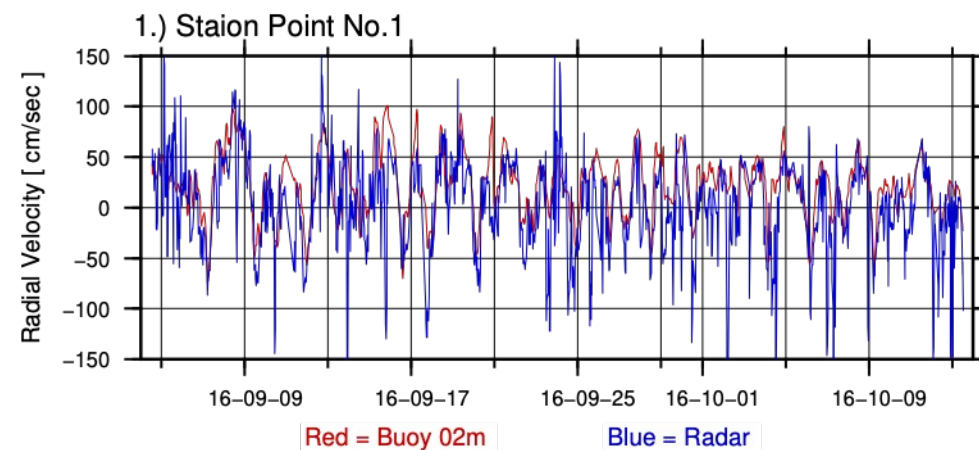
大畑



岩屋



恵山

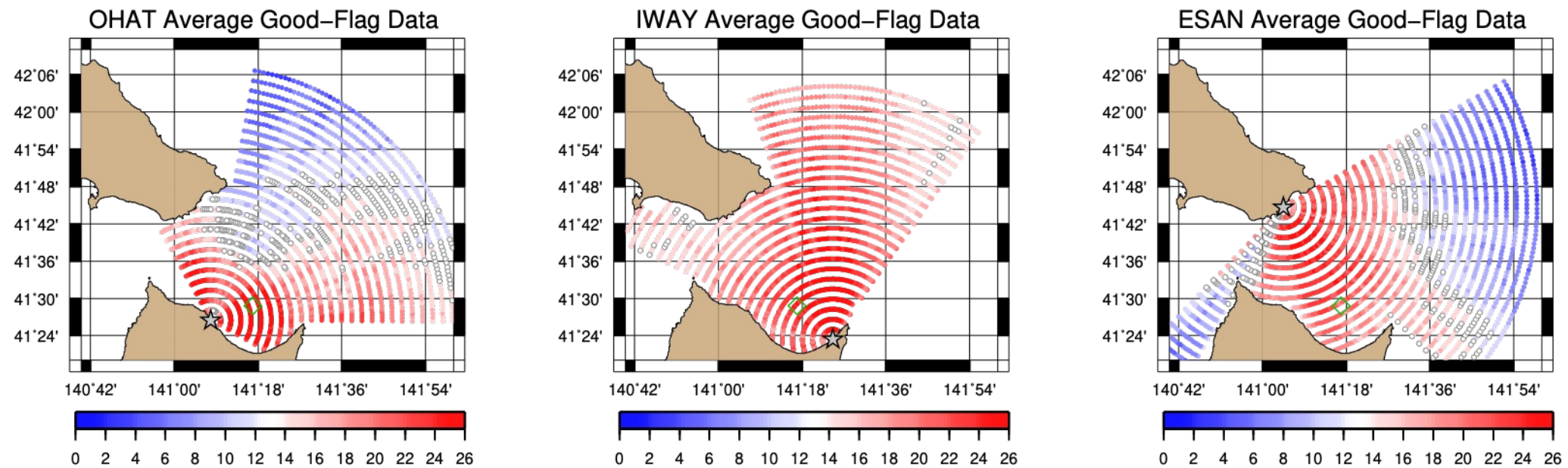


大畑では RMSD 20 cm/s 程度、恵山では 43 cm/s 程度

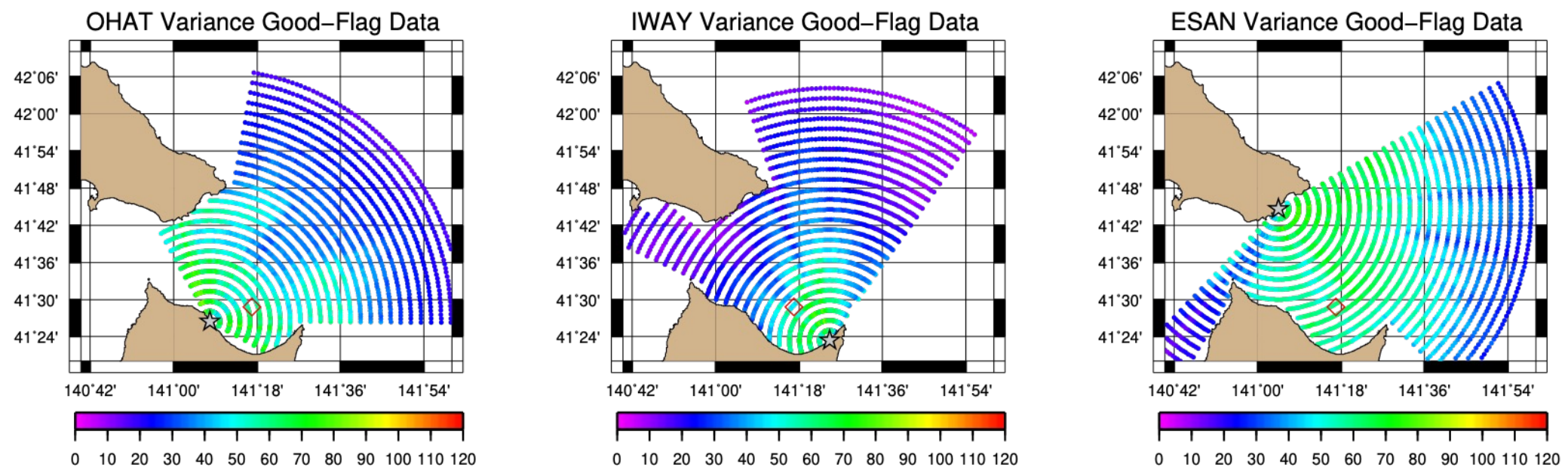
恵山局は対応が悪い（アンテナからの距離も遠いが） → S/N に戻ってチェック

S/N 空間分布例 (US368, アンテナ1)

ただし中間生成 ラジアルファイル (角度解像度1度)



◇ Buoy Position US368 Year2016 ☆ Radar Station Point



◇ Buoy Position US368 Year2016 ☆ Radar Station Point

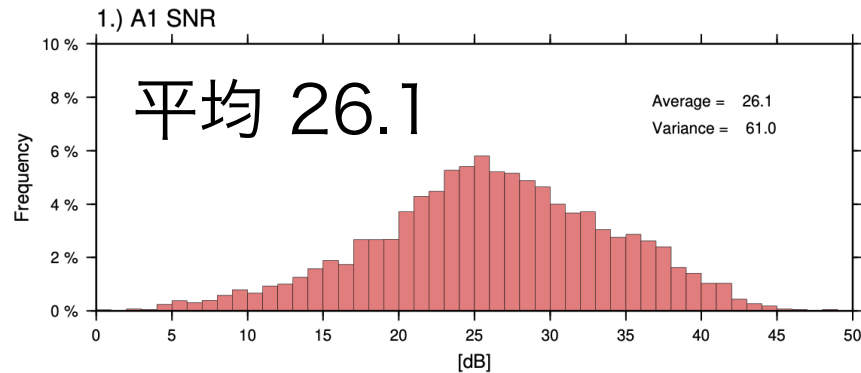
係留期間 S/N 分布 (US368, CM2)

大畑

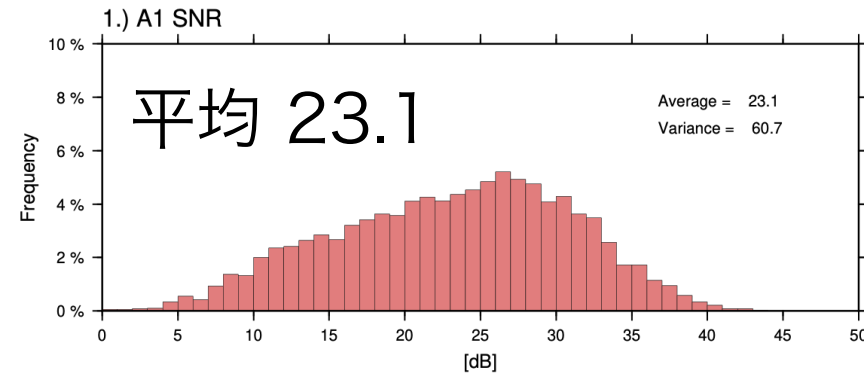
岩屋

恵山

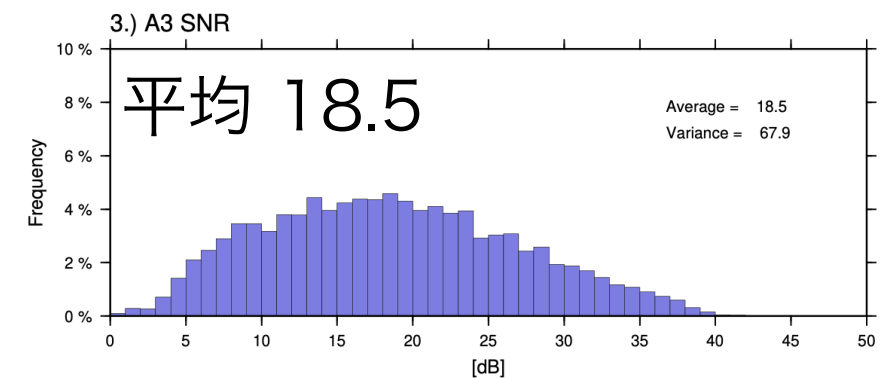
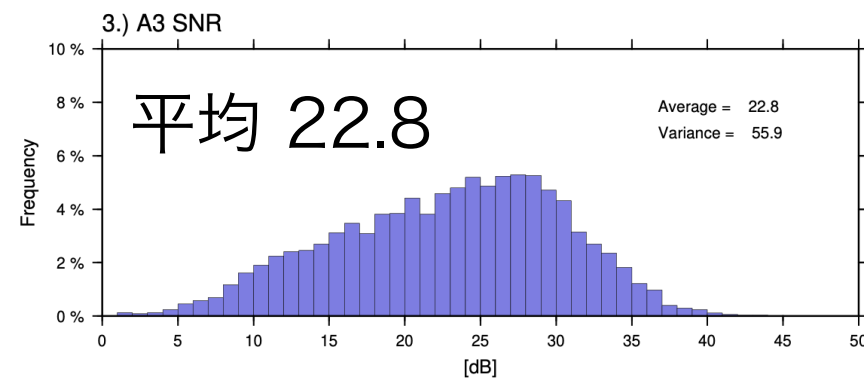
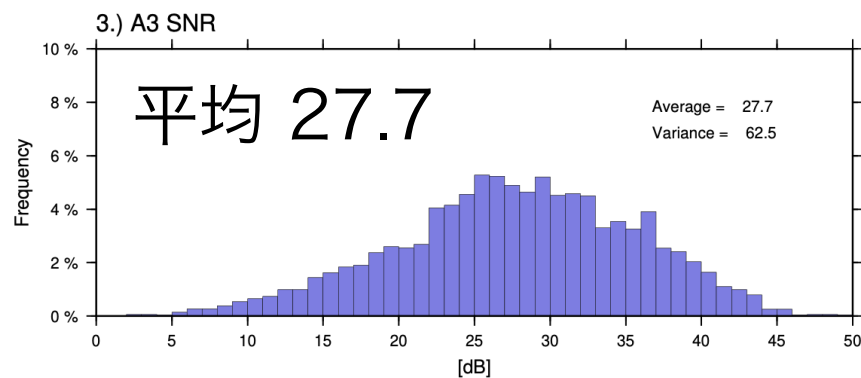
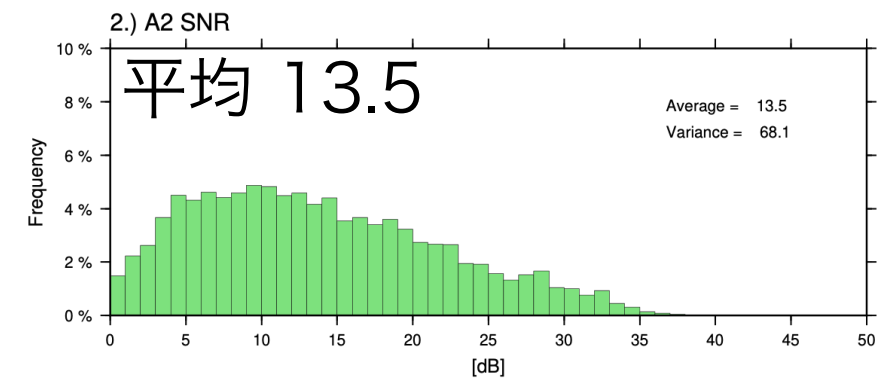
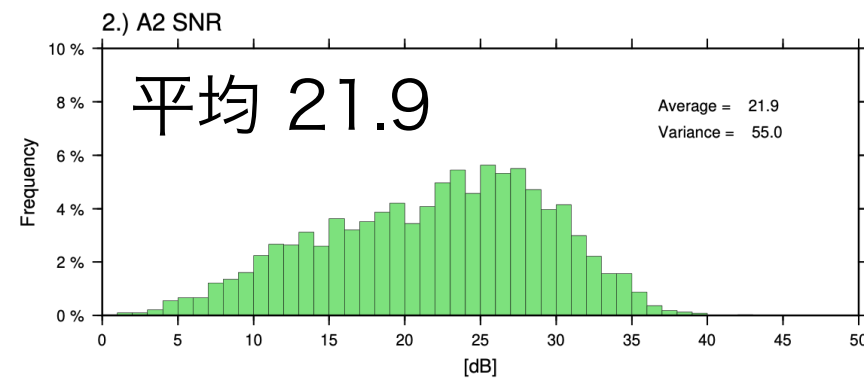
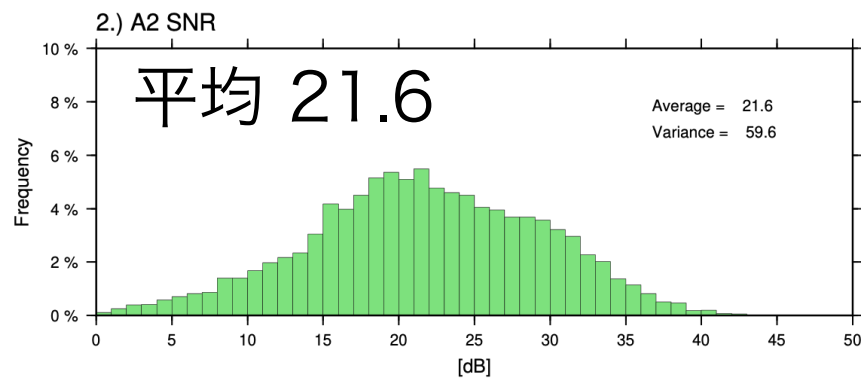
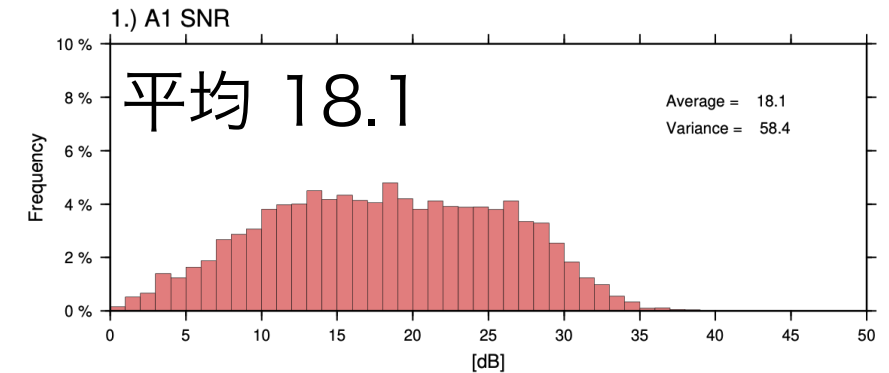
HFR US368 OHAT Histogram at Nearest Point of Buoy



HFR US368 IWAY Histogram at Nearest Point of Buoy



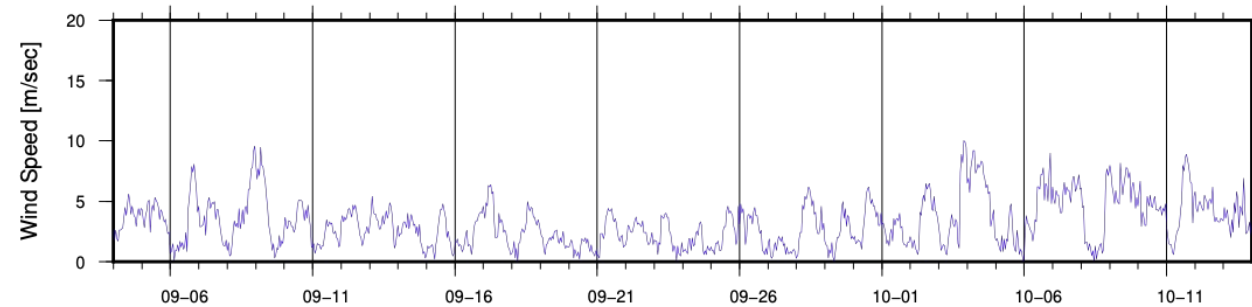
HFR US368 ESAN Histogram at Nearest Point of Buoy



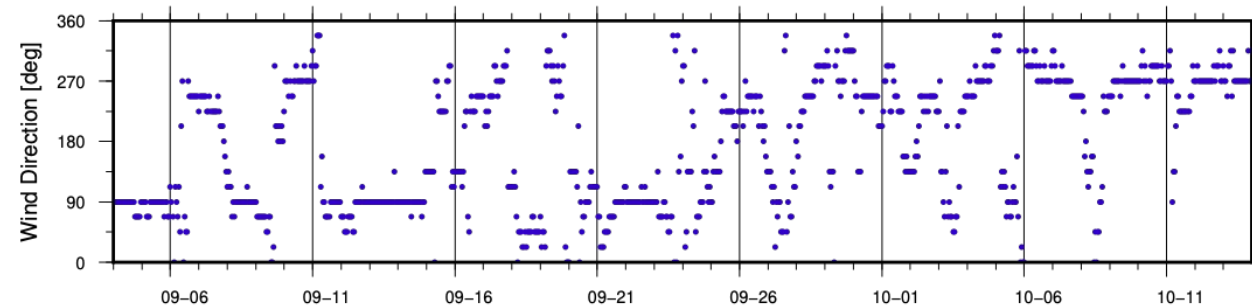
岩屋が距離的には一番近いが S/N は大畑の方が良い傾向
恵山は S/N 相対的に小さい → RMSD 差は S/N で解釈できそう

Oma AMEDAS & HFR US368 ESAN at Nearest Point of Buoy

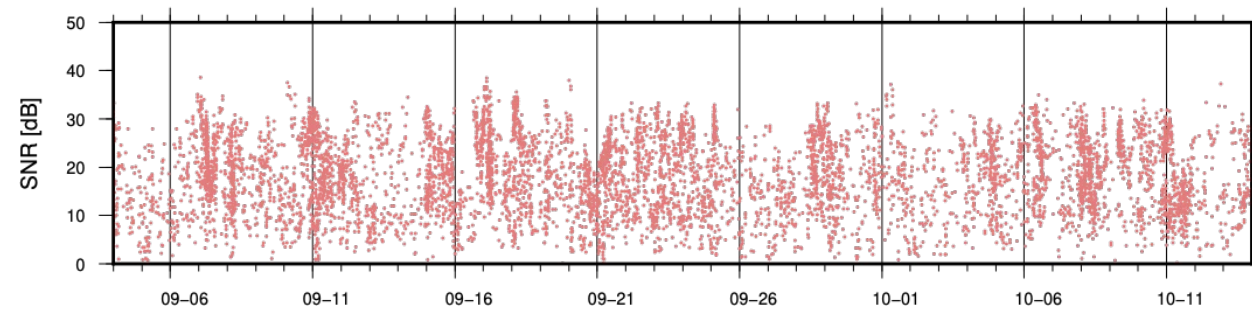
Oma Amedas Wind Speed



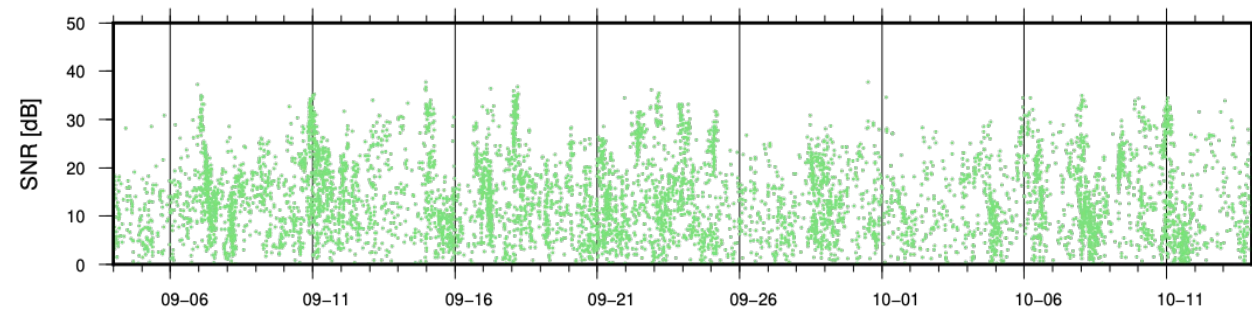
Oma Amedas Wind Direction



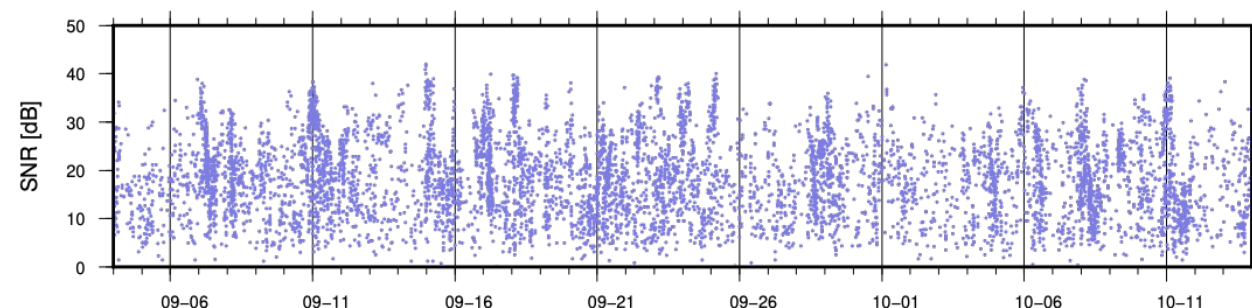
A1 SNR



A2 SNR

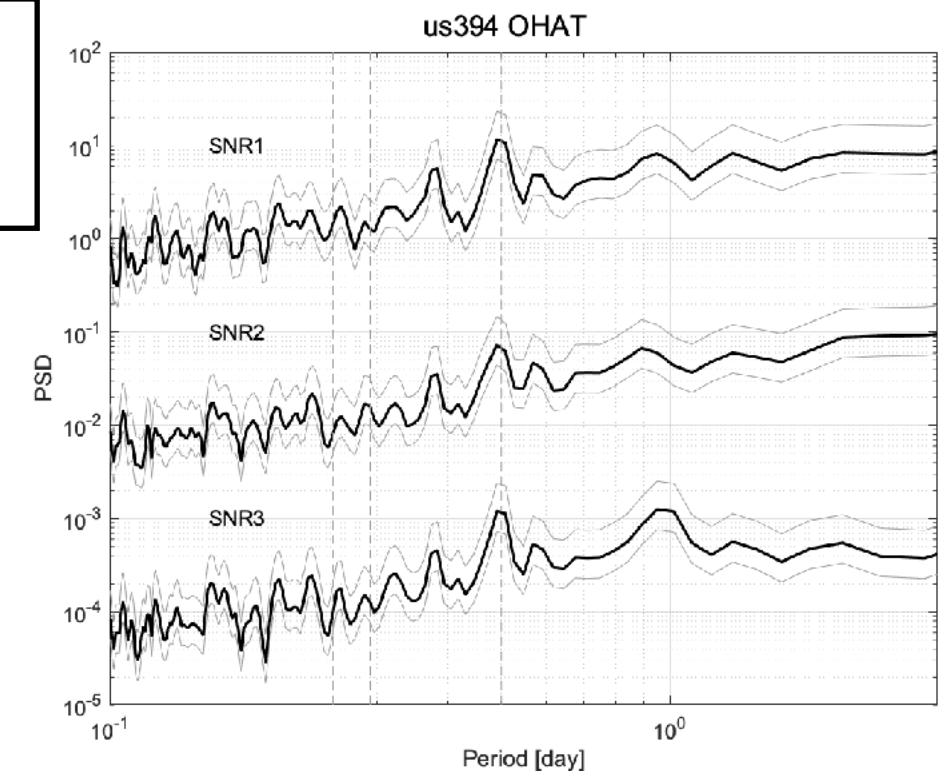


A3 SNR



風（による海面状態変化など）の影響が S/N から見えるか？
 などと考えて時系列比較
 今の所はっきりした関係は見えていない
 S/N はより短い周期で変動？

US394
 大畑
 S/N



1 時間ウィンドウ、欠損値は0 パティングで等間隔
 データ作成、スペクトル解析。細線は 90% CI

半日周期にピーク？
 このような現象に心当たりがあれば
 コメントお願いします！

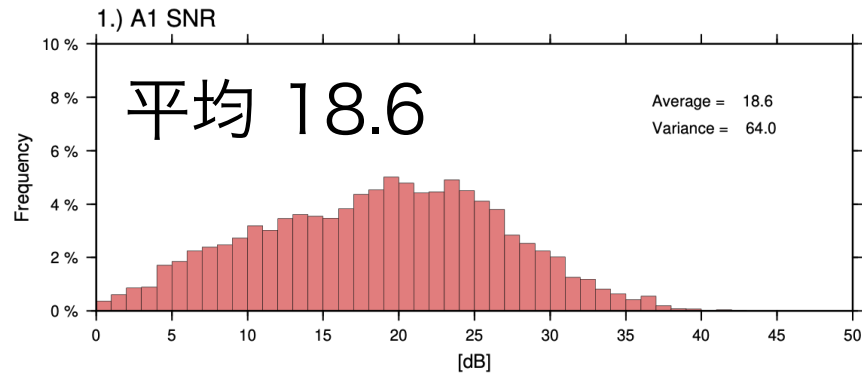
係留期間 S/N 分布 (US394, CM3)

大畑

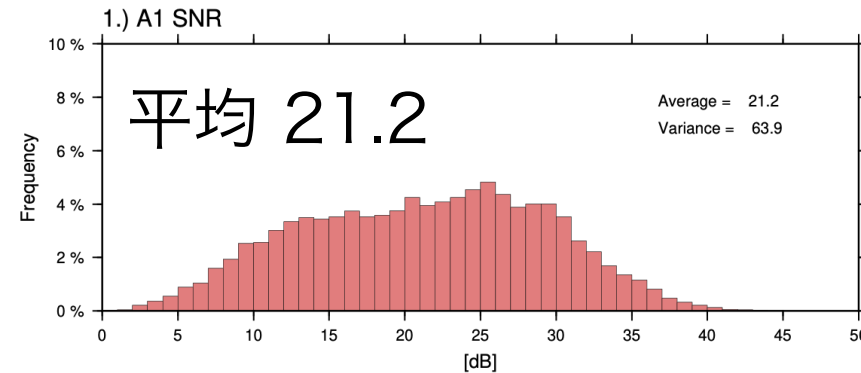
岩屋

恵山

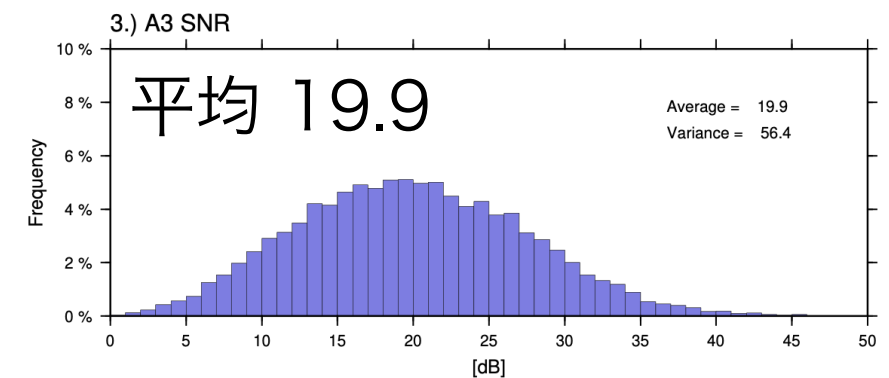
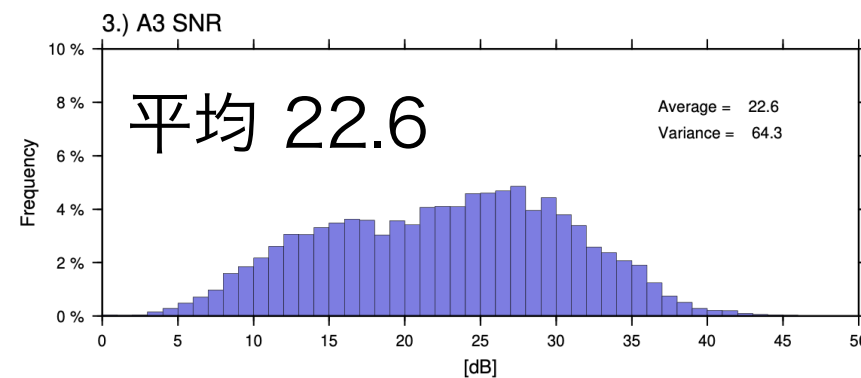
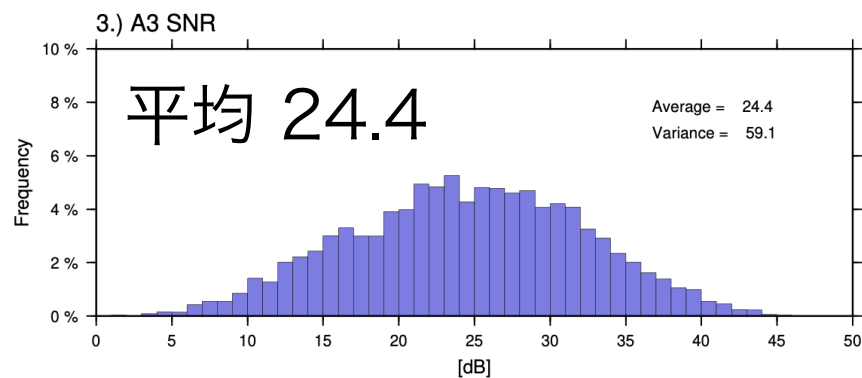
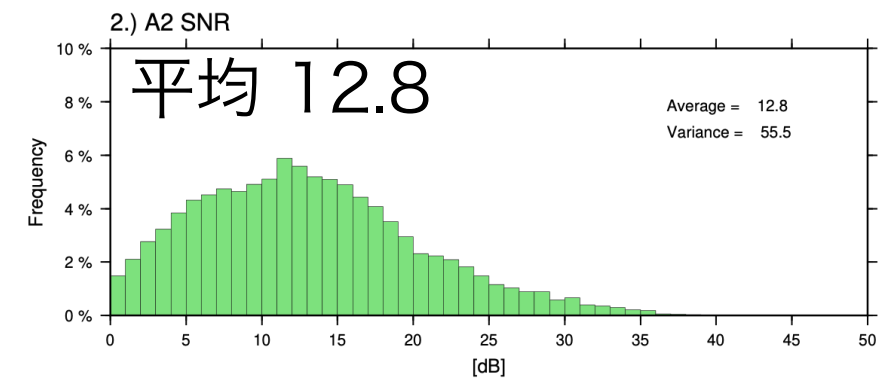
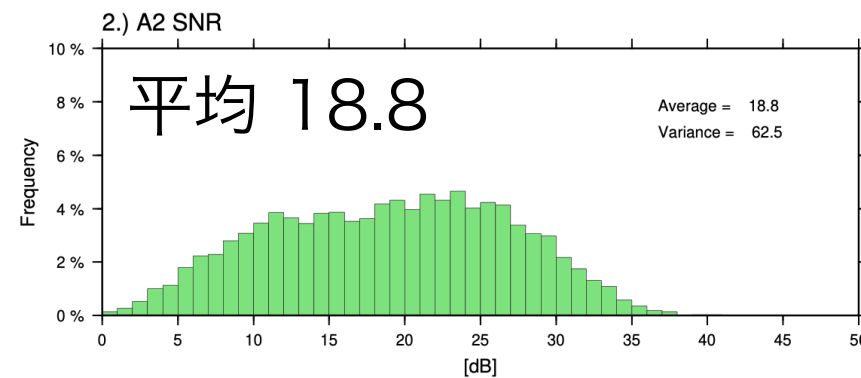
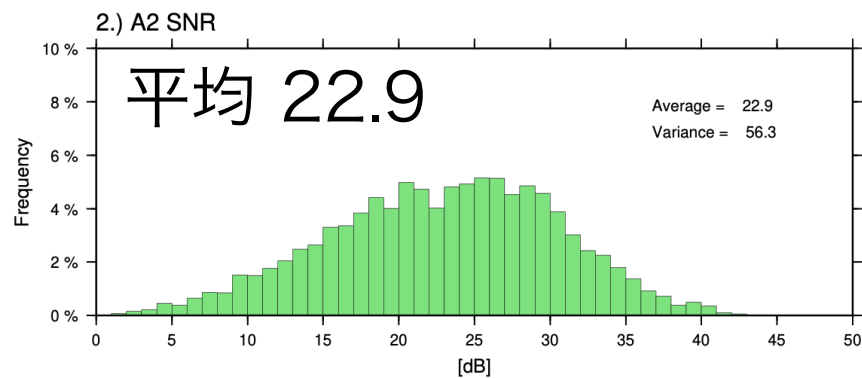
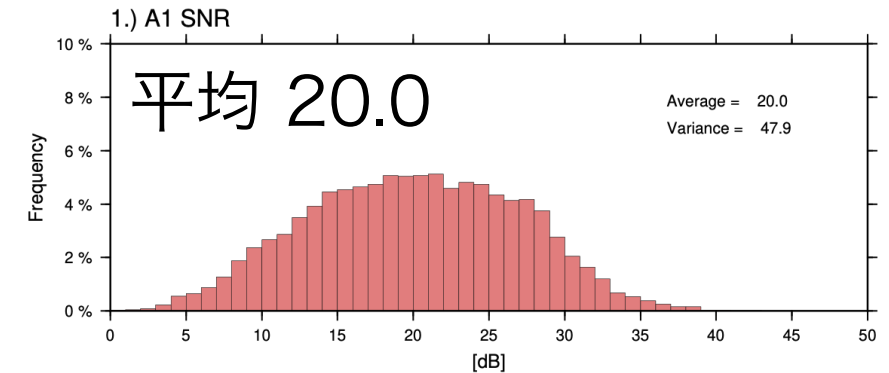
HFR US394 OHAT Histogram at Nearest Point of Buoy



HFR US394 IWAY Histogram at Nearest Point of Buoy



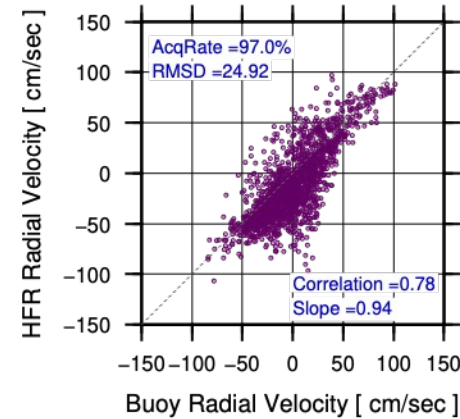
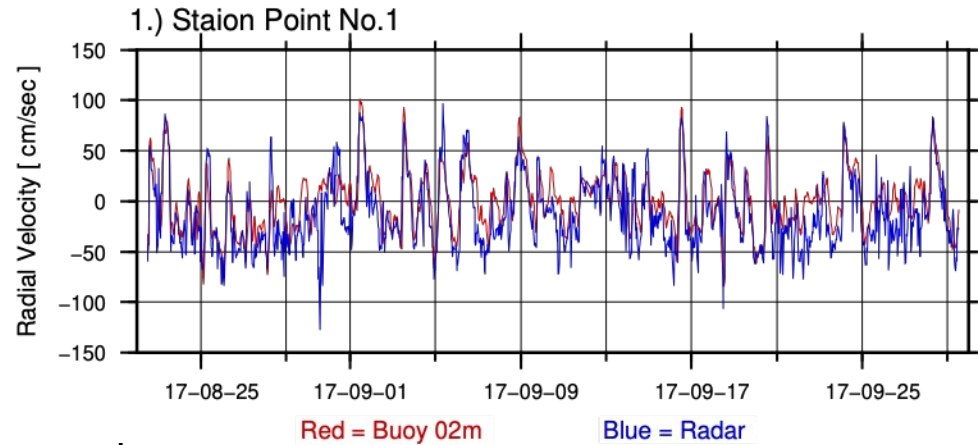
HFR US394 ESAN Histogram at Nearest Point of Buoy



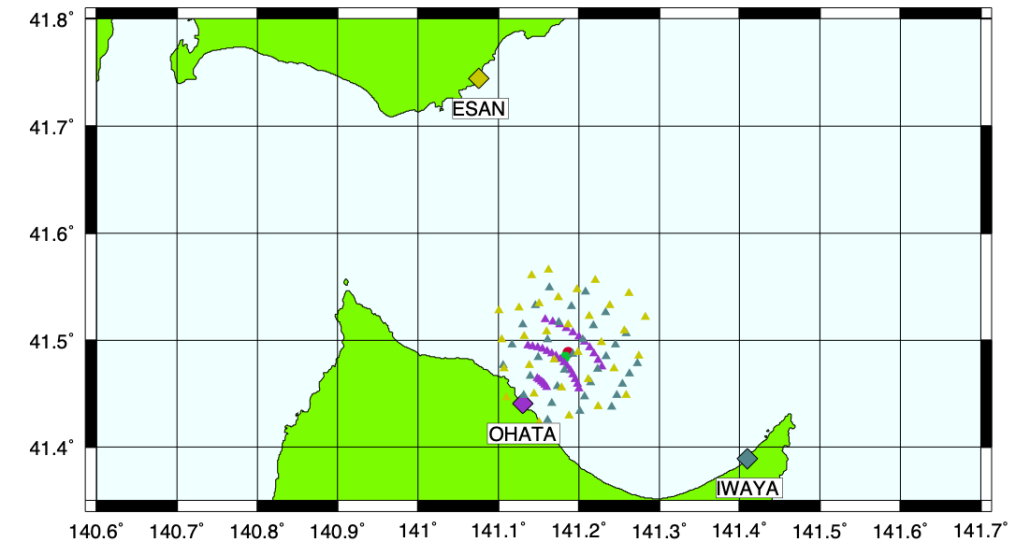
大畑のと距離は CM2 より近いが、平均 S/N はやや低め
恵山は US368 同様 S/N 相対的に小さい

US394 時系列 & 散布図

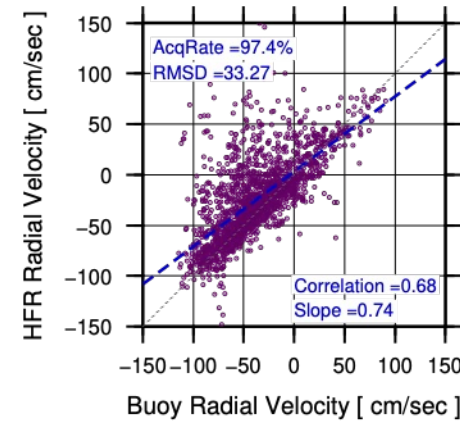
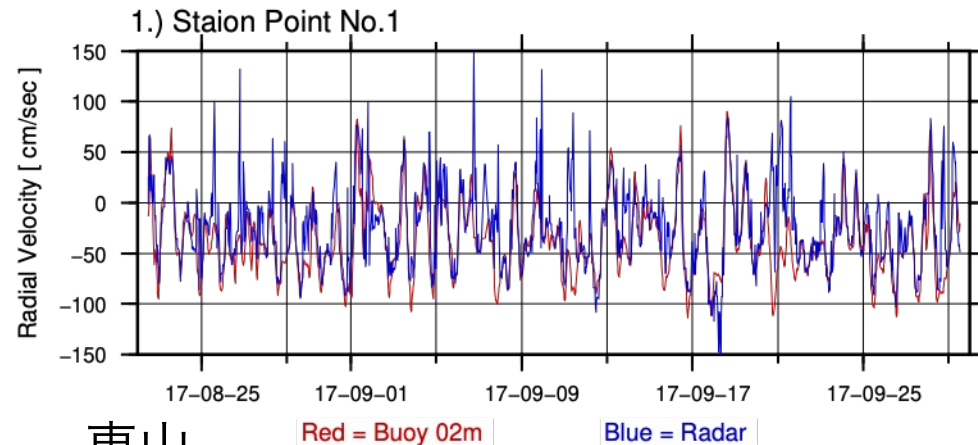
大畑



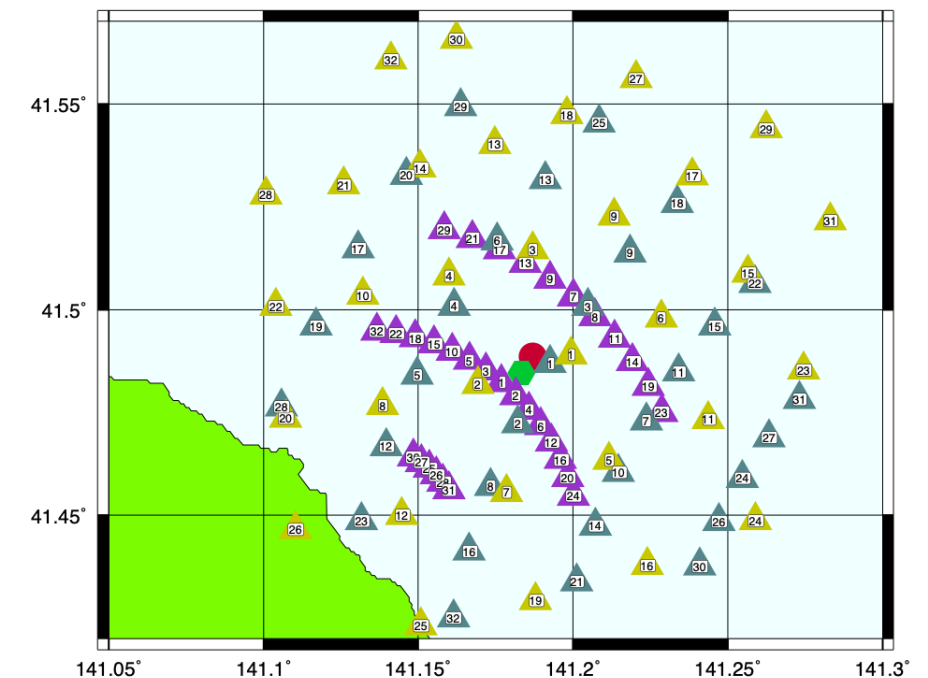
HF Radar Observation Point within a 6km of the Buoy [UNF Data]



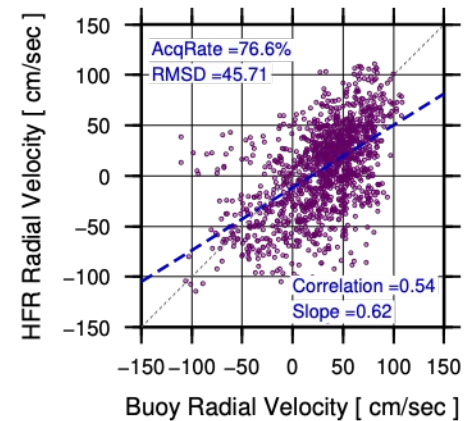
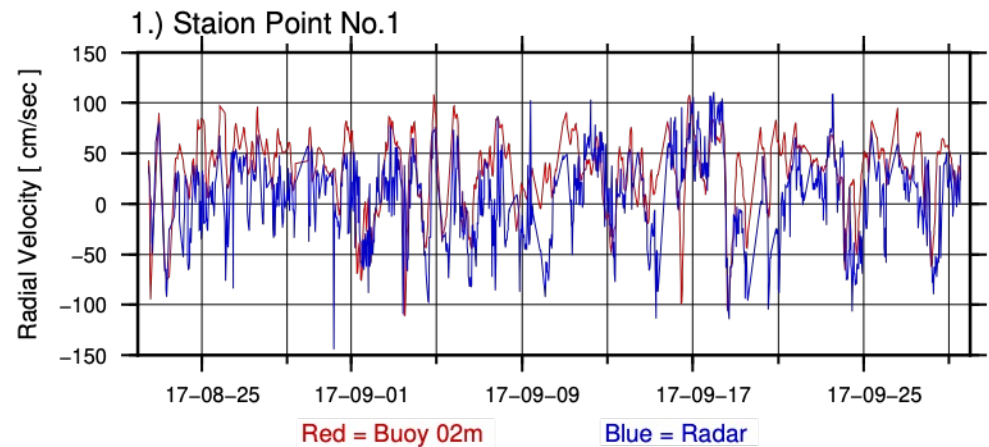
岩屋



Cruise No. 394

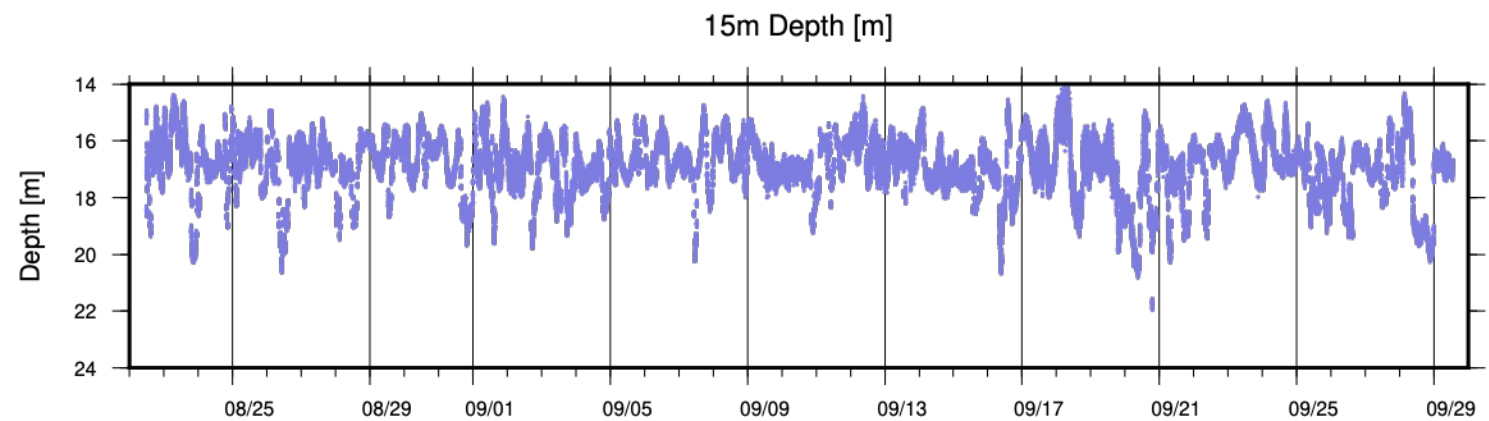
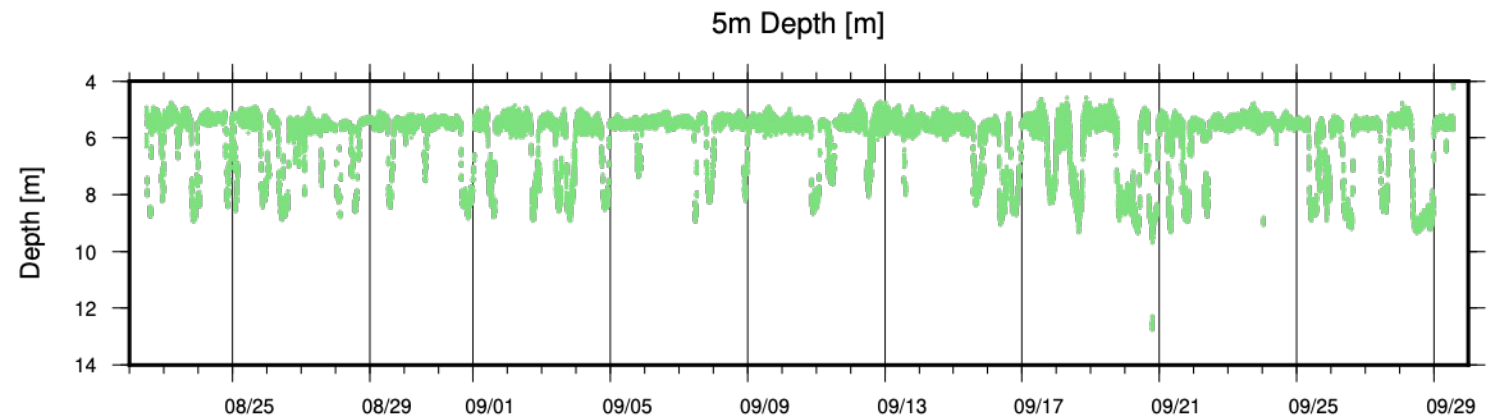
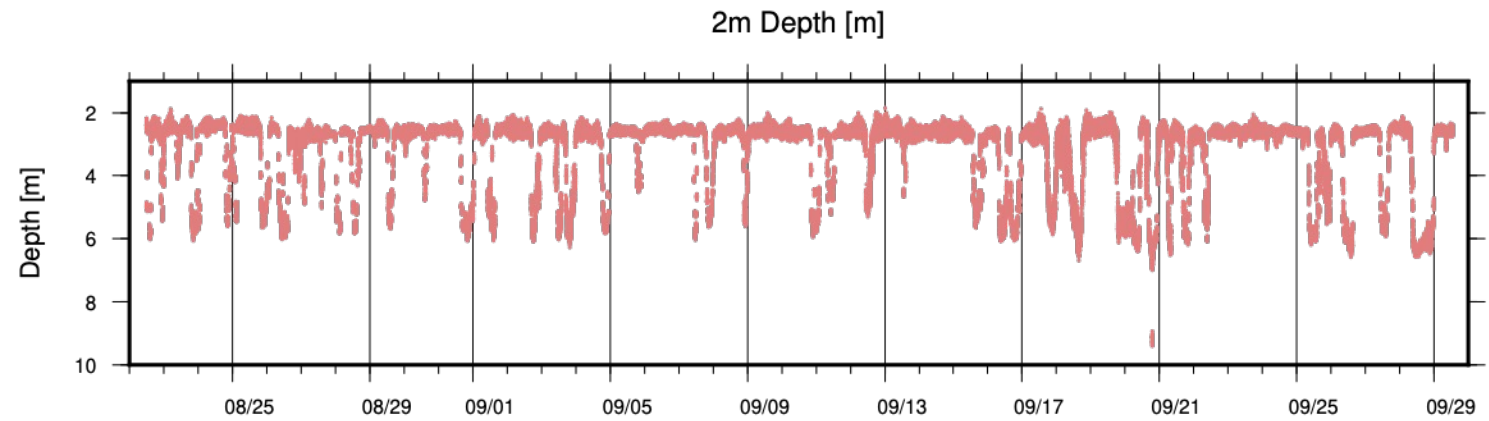
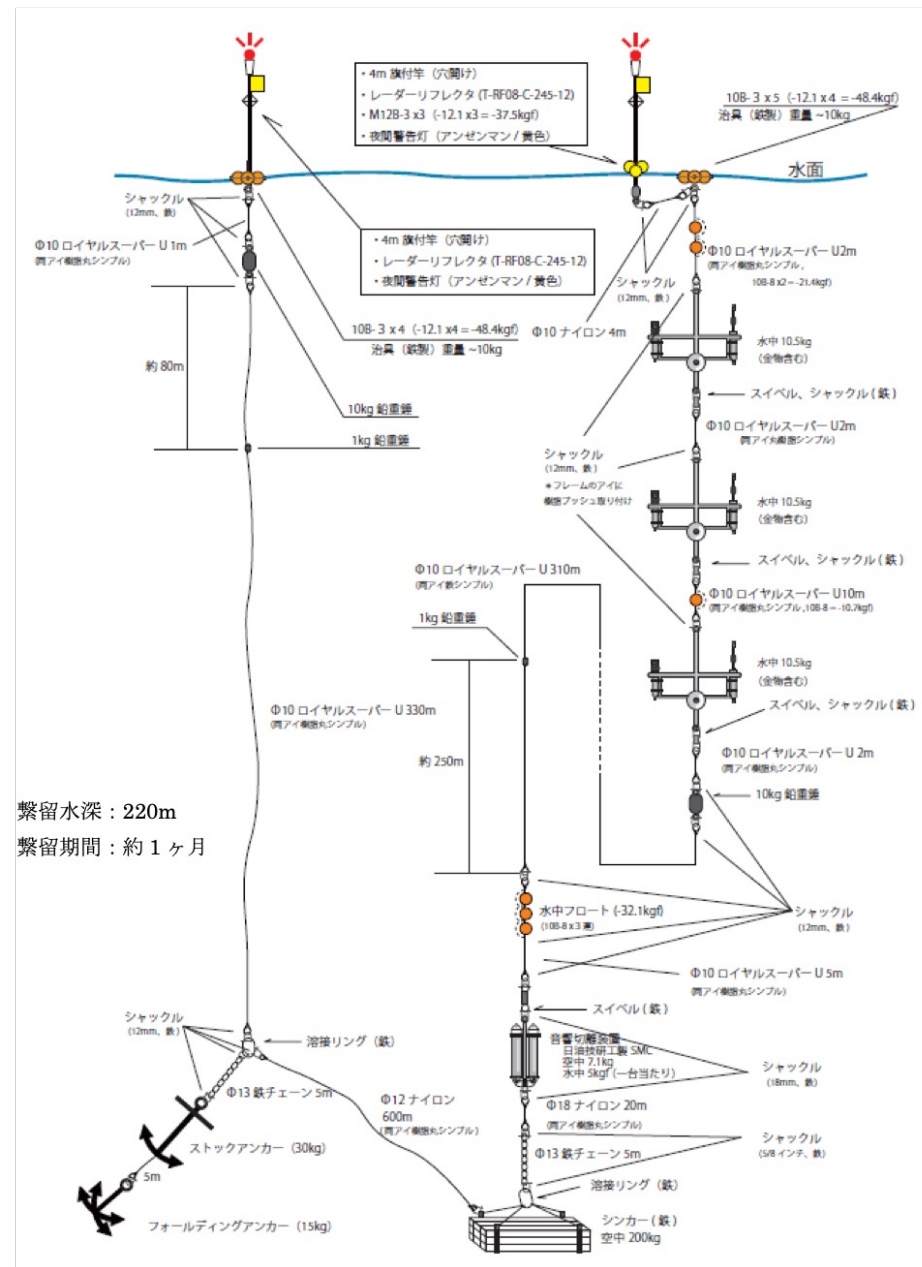


恵山



大畑、岩屋では RMSD 25~33 cm/s 程度。
ただし傾きは（特に岩屋では）1より小さい → 傾き差の原因究明が課題

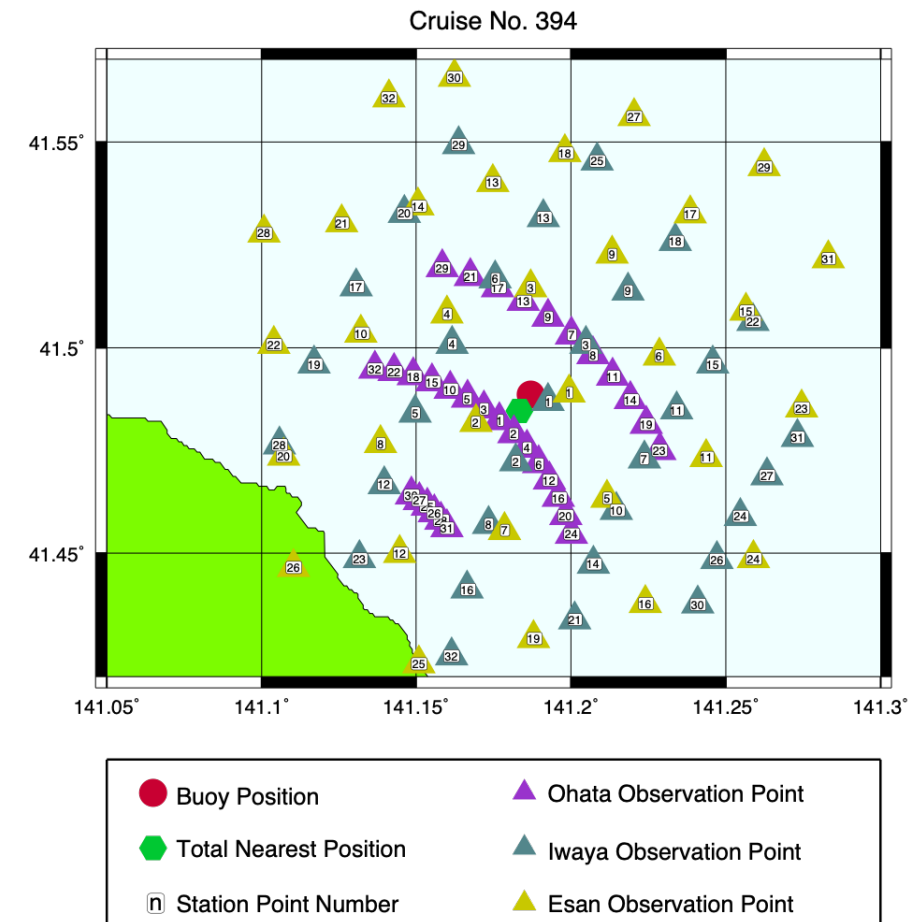
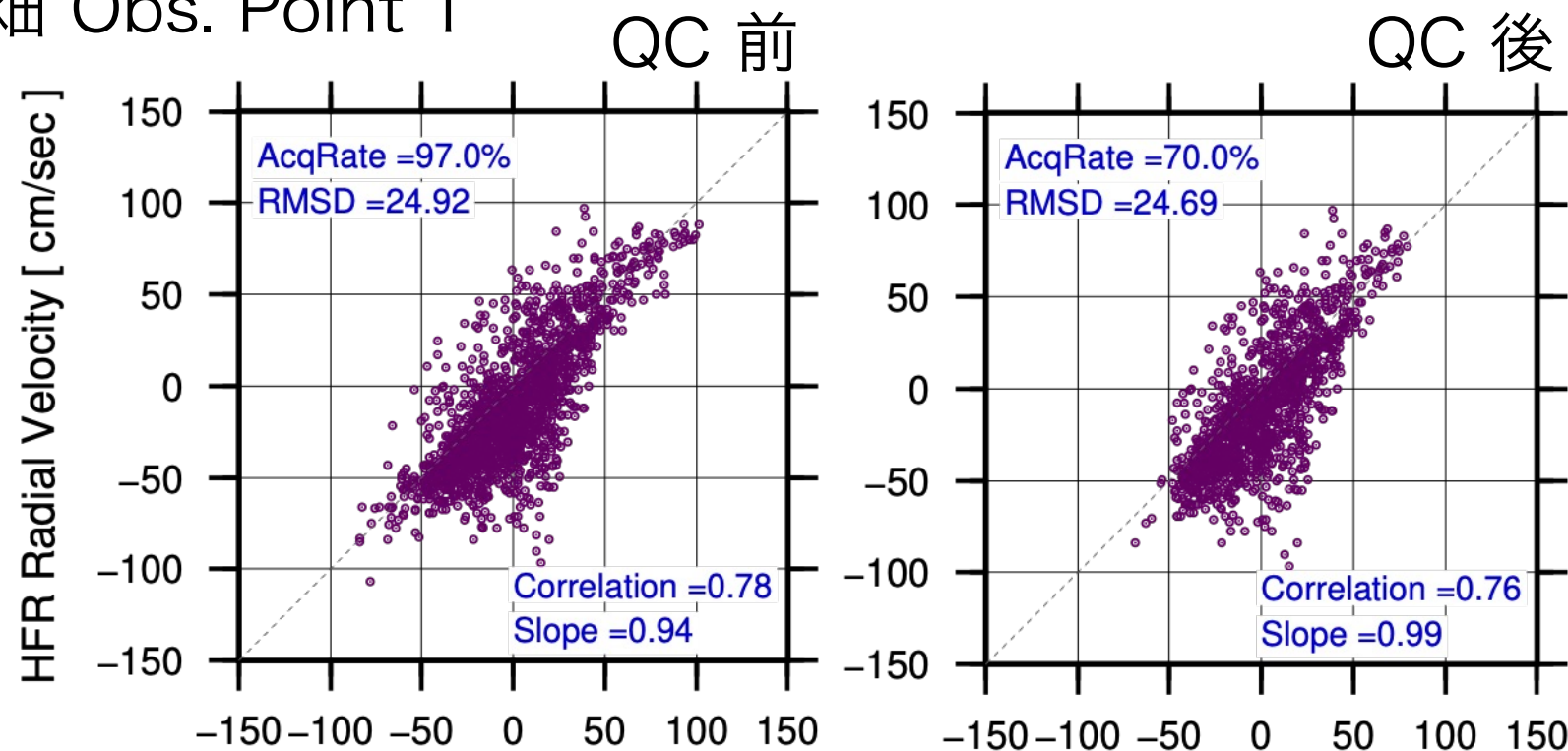
散布図傾きバイアスの原因検討（途中経過）



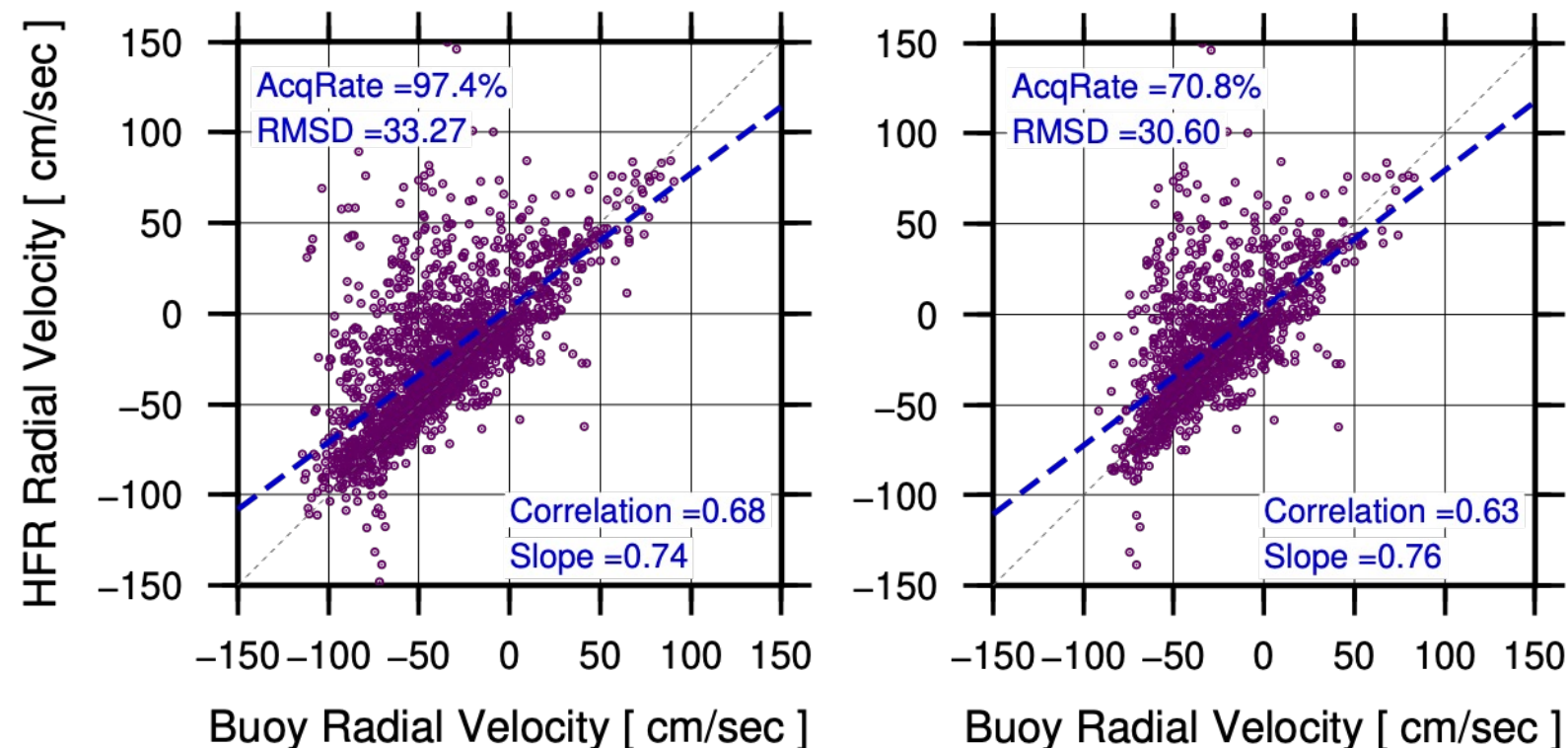
流速系各層、時折深い方へ引き込まれている
→ 2m 層流速データを 3dbar 閾値でフィルタリングして比較

深度 QC 比較結果 (US394)

大畑 Obs. Point 1



岩屋 Obs. Point 1



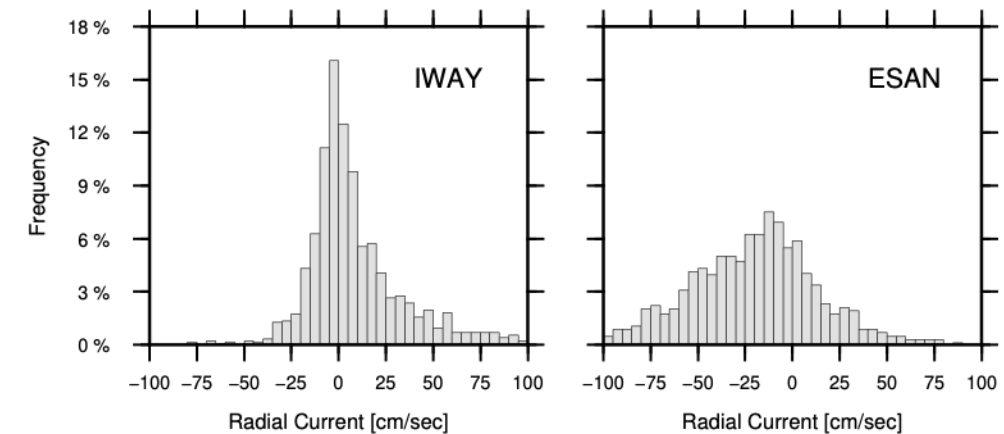
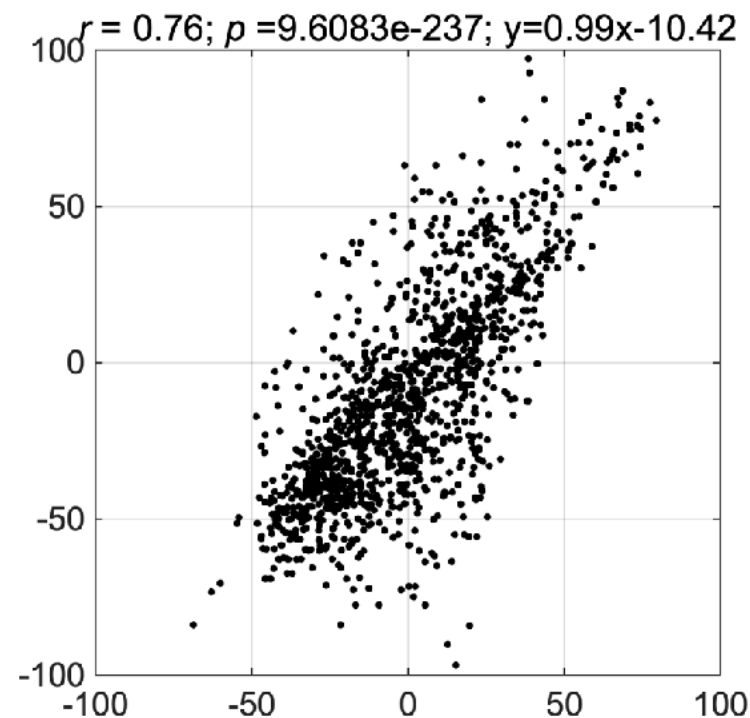
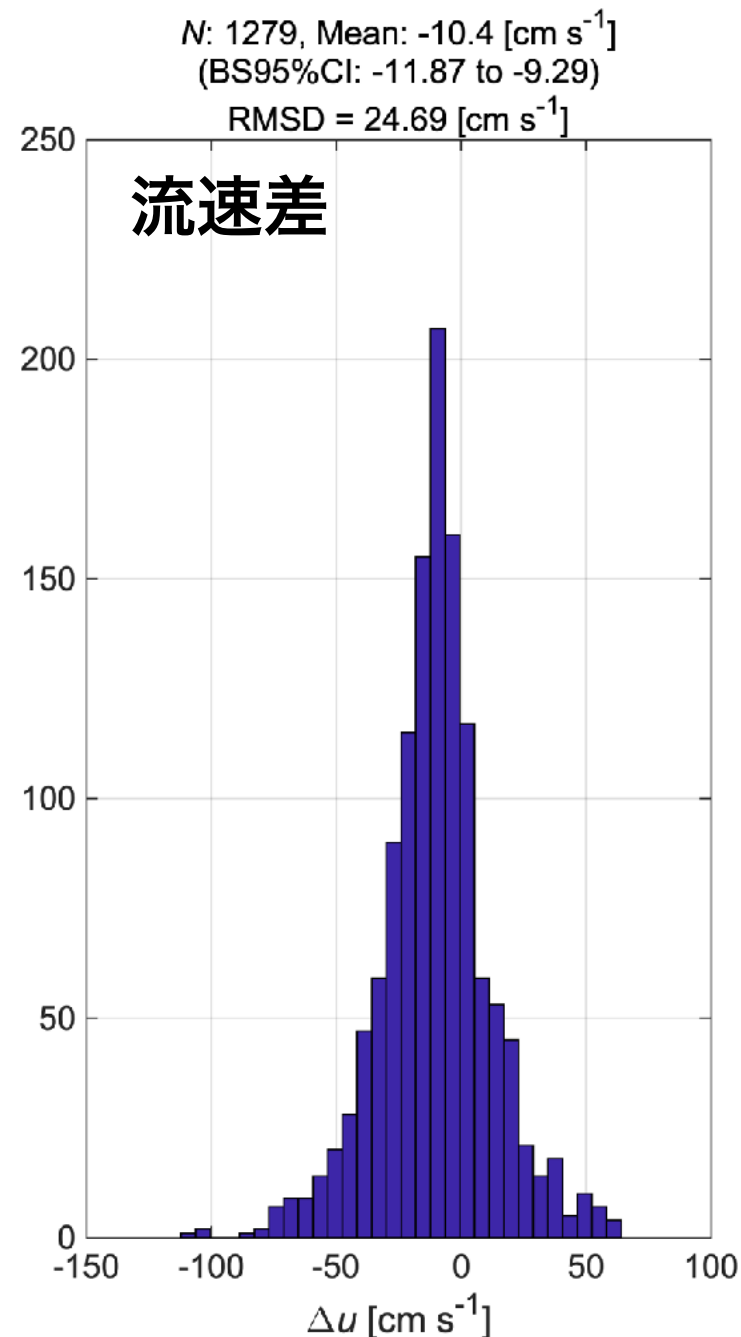
若干改善、ただし取得率が
27% 程度減の割に
改善インパクトは小さい

もう少し別の原因？

→ 流速差の
ヒストグラム検討

散布図傾きバイアスの原因検討②

US394 大畑最近傍セル vs ブイ流速



US394 に関しては
他局も同様の傾向
ただし US368 では
必ずしも同じではない

3dbar 閾値でフィルタリングしても HFR 視線流-ブイ流速に
ピークのずれ (10 cm/s 程度)

→ 系統的な誤差が含まれている可能性。今後の課題

大畑

CSS2個

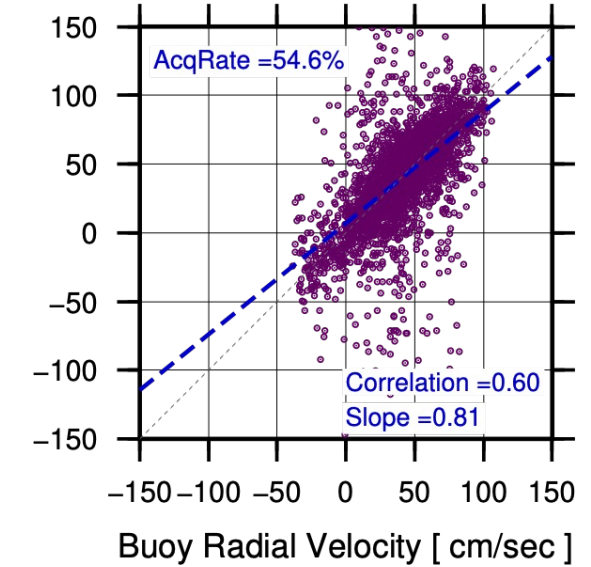
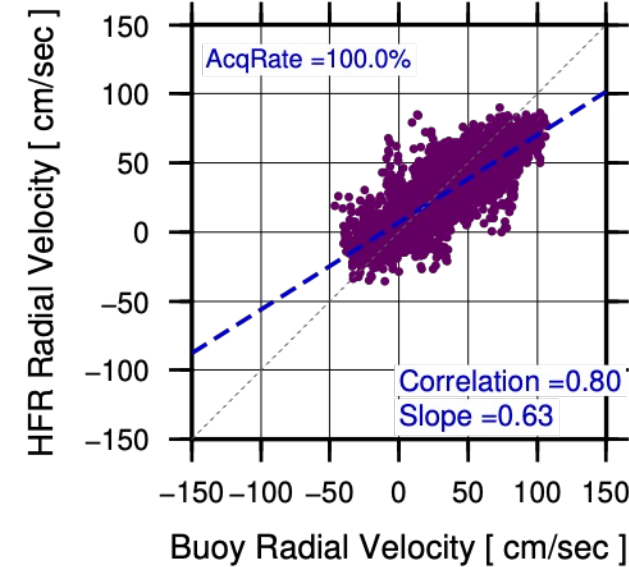
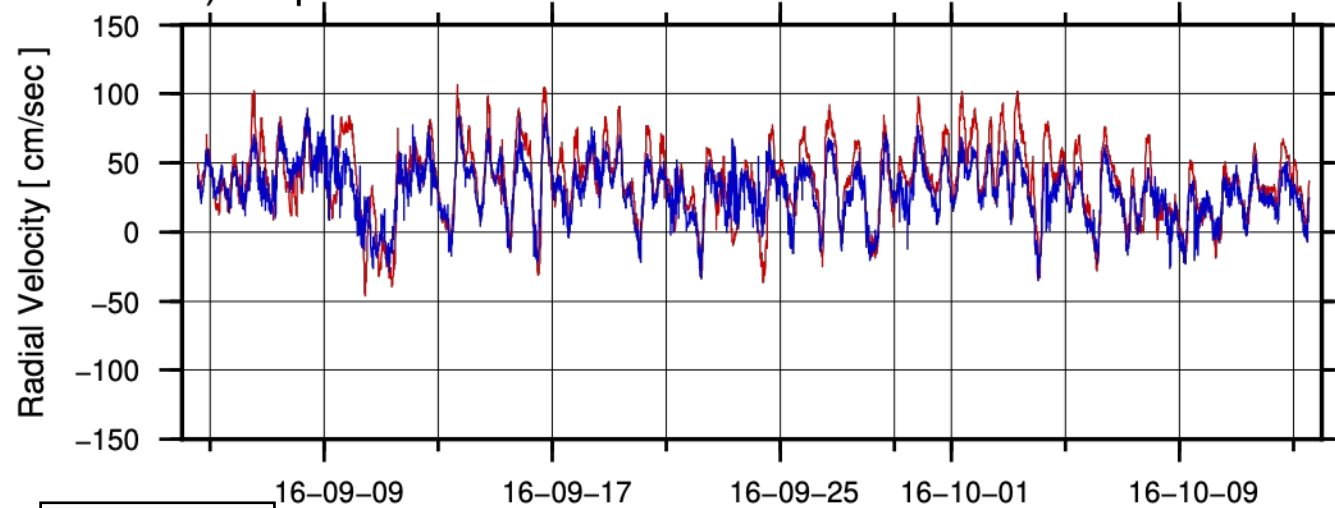
空間平均が影響？

6km 空間平均値

6km 空間平均値

最近傍セルのみ

1.) Output Interval 10min

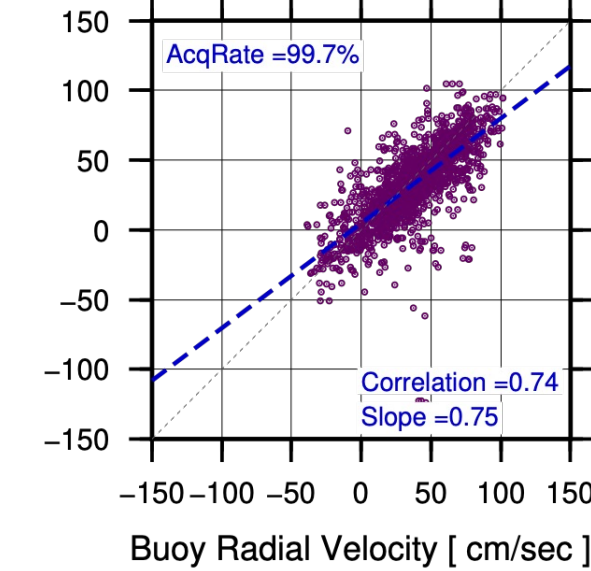
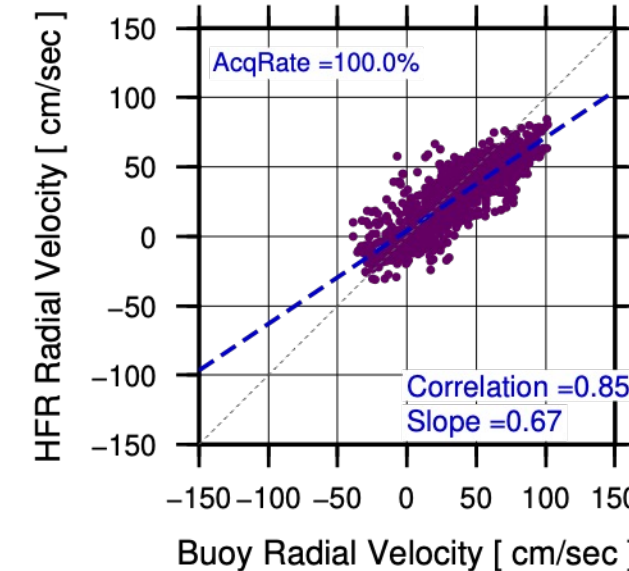
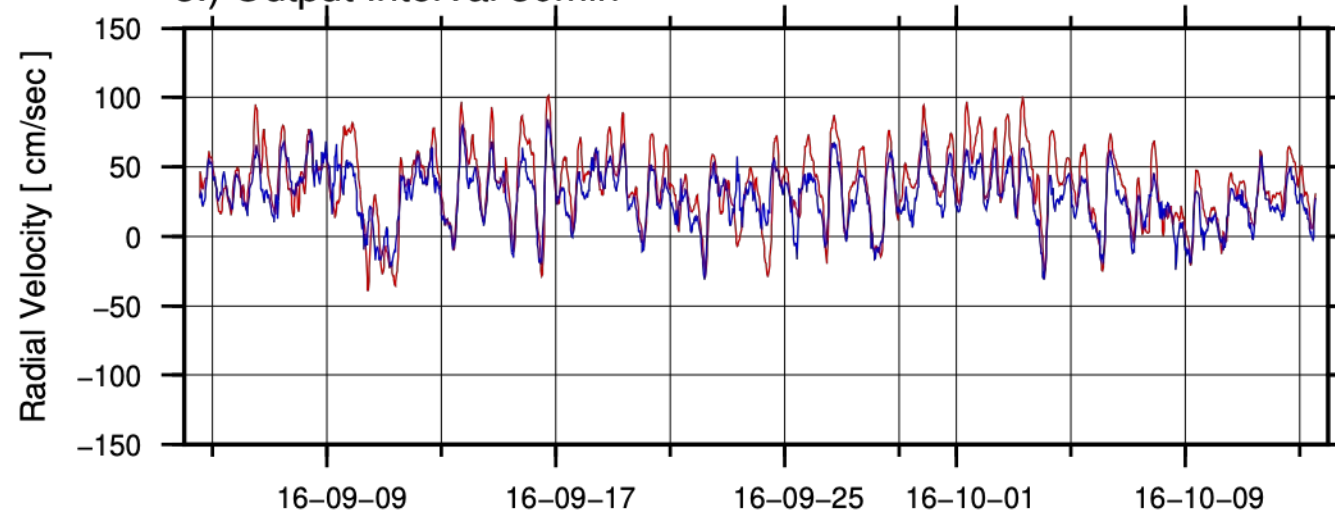


CSS7個

Red = Buoy 2m

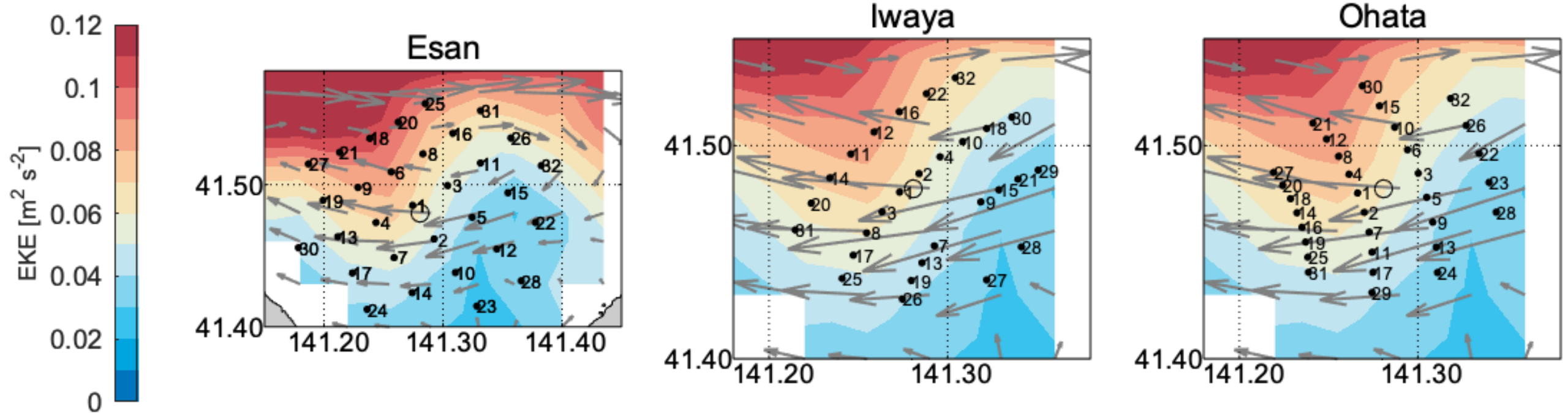
Blue = Radar

3.) Output Interval 30min



ブイ流速と比較している HFR 出力は角度解像度5度 → 空間スムージングが影響？
中間生成物 (オプション) に角度 解像度1度のものもあるので、今後検討予定

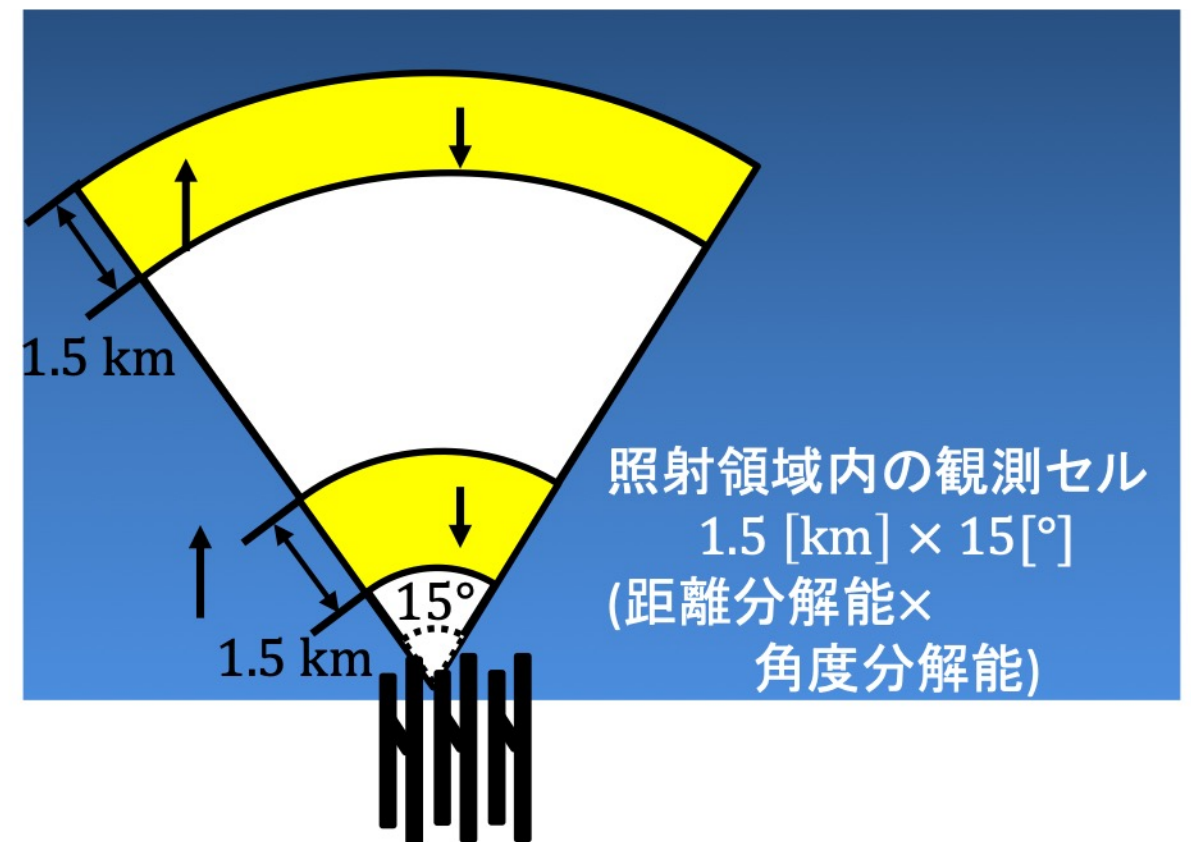
デフォルト設定の合成流表層流速場と各視線流グリッド&バイ位置



大城、藤井、渡慶次

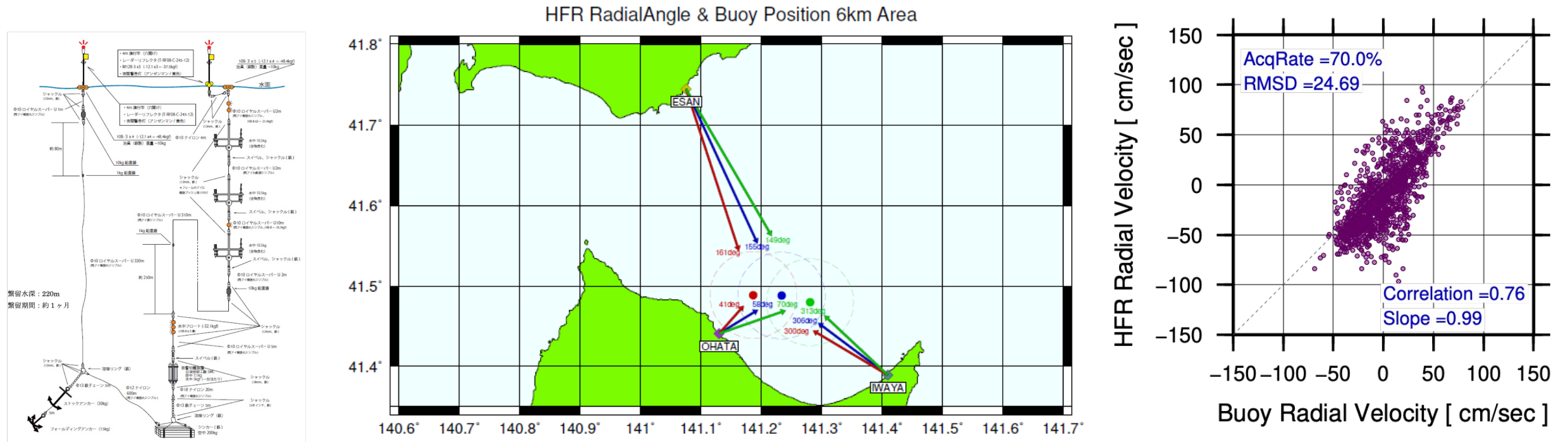
「海洋レーダによる日向灘観測において
取得したドップラースペクトルについて」より

東部津軽海峡の複雑な流動場
→ 観測セルの面積や領域平均が
流速の絶対値には影響？



まとめ

下北半島側の時計回り渦内で 2016年、2017年の秋に係留系による表層流速観測、CODAR プロセス設定を変更しながら HFR 流速と比較



- 角度 解像度5度、7CSS で S/N 25 程度で RMSD 20-25 cm/s 程度
- 恵山は S/N が低く RMDS も大 → 原因は今後の課題
- 時間解像度上げるとノイジーに。取得率・相関も減少 → 目的に応じた選択
- 角度 解像度5度も統誤差 10 cm/ s 程度は含む模様（空間平均が影響？）
→ 角度 解像度1度の中間生成ラジアルデータ等で今後検討予定

流速精度の検証は継続的な課題

時間解像度比較 (岩屋 最近傍セル周辺空間平均)

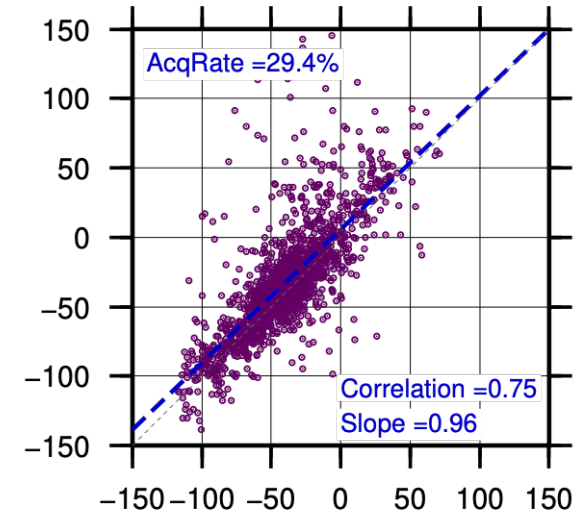
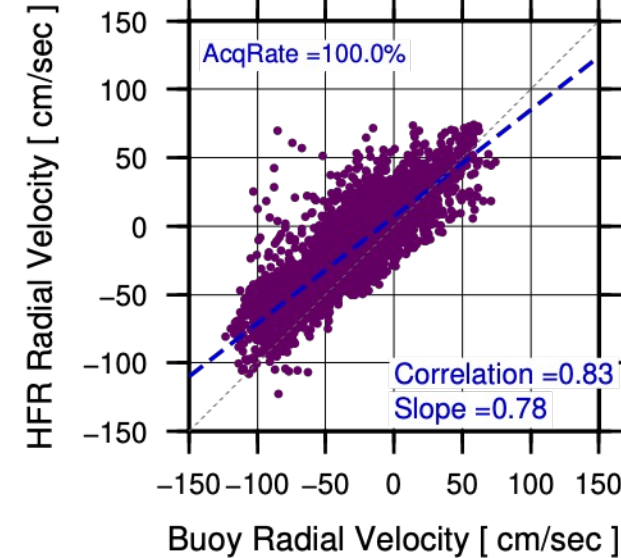
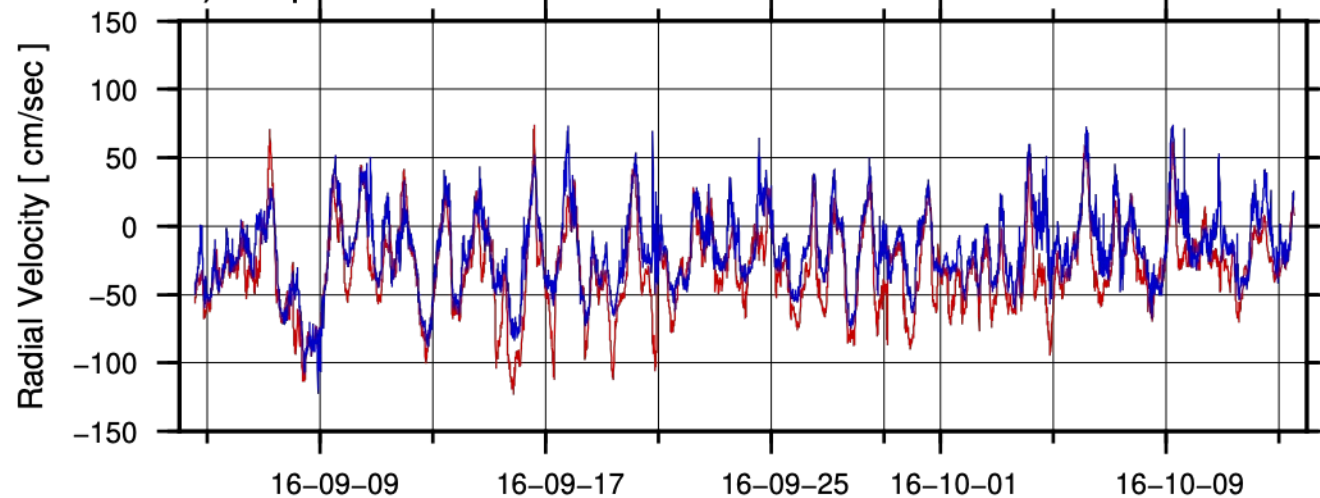
CSS2個

6km 空間平均値

6km 空間平均値

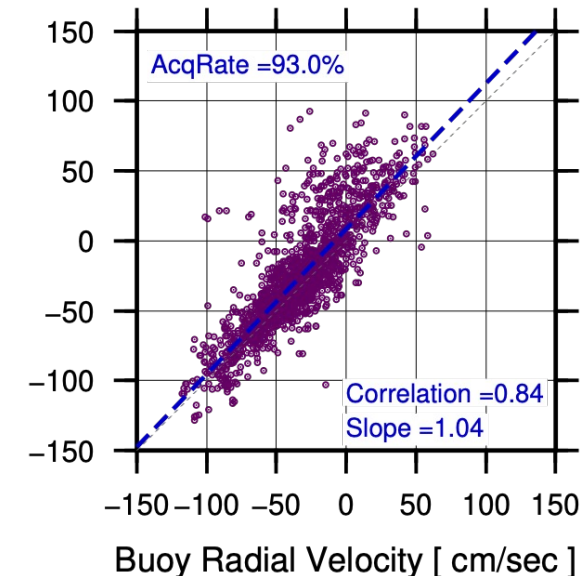
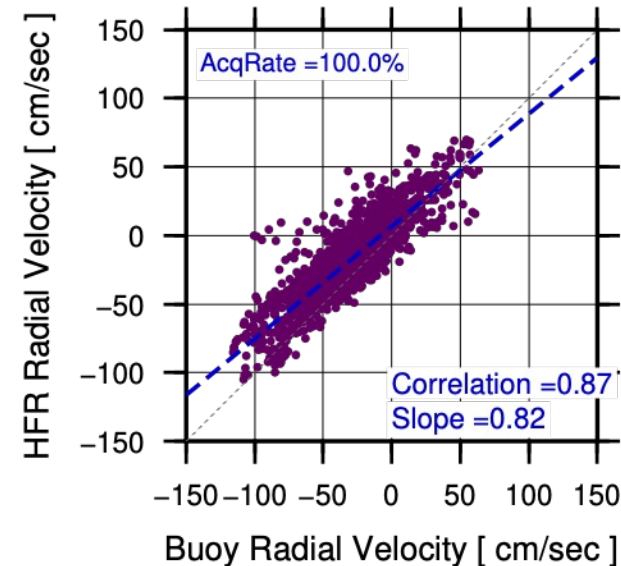
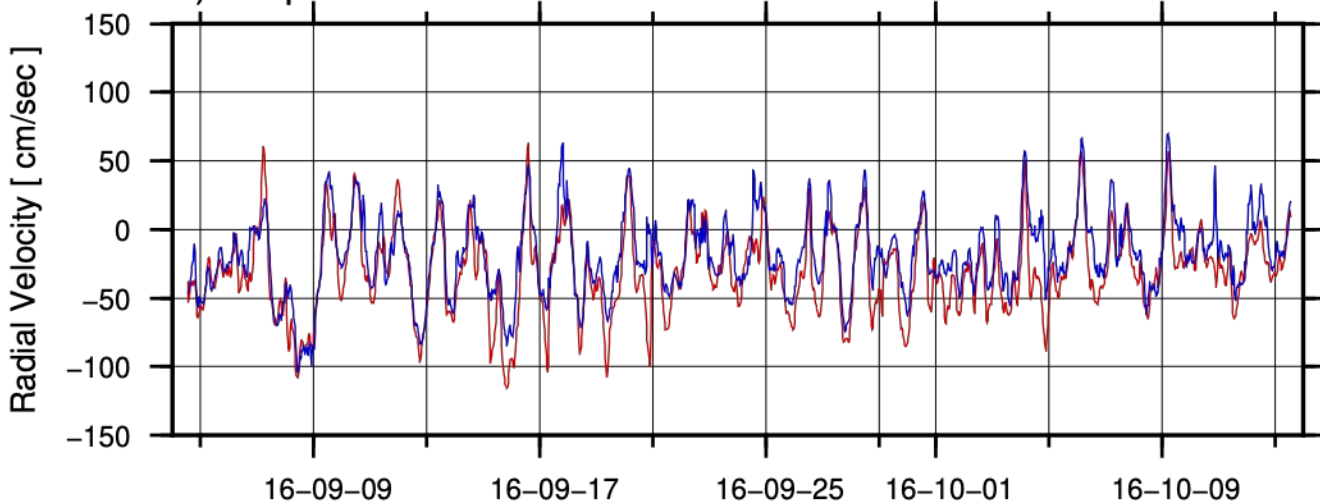
最近傍セルのみ

1.) Output Interval 10min



CSS7個

3.) Output Interval 30min



「時空間平均」すれば対応は良くなる傾向。解像度はトレードオフ…
恵山局は対応が悪い (アンテナからの距離も遠いが)
→ 一応 S/N に戻ってチェック