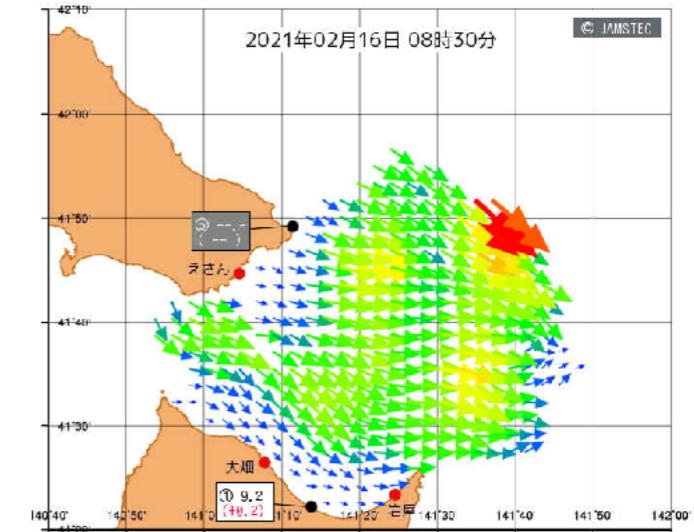


津軽海峡周辺における 海洋短波レーダを用いた モニタリング研究事例の紹介



金子 仁¹、佐々木建一¹、佐藤喜暉¹、橋向高幸²

1. JAMSTEC むつ研究所、2. マリンワークジャパン

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」
2025年12月4日 (水) 10:00-10:30

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 → 予備免許済み。
様々なトラブルがあり、再開大幅遅延も、本免許書類申請まで進んだ
 - ・普及型：木古内局の建設（2025年8月）、汐首局トラブル対応（11月）
を経て稼働中
-
- ・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; 2025; Yasui et al., 2022)
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
 - ・係留観測：強い平均流と潮流、頻繁な船舶往来… → 容易ではないものの、
過去に貴重な観測あり
-
- 並行して、データ処理面 (統計処理、スペクトルや S/N 特性の検証)
からの精度評価の可能性についても検討中

**本日は、基礎となるスペクトル特性に関する知識・解析技能の向上を目指した
勉強会として開催**

稼働状況報告

- ・2023年12月に停波、紆余曲折を経て 2025年4月に試験局として免許申請
→ 2025年6月16日 東北総合通信局から PDF 送付、合わせて S&V に郵送
- ・2025年7月14日-16日：えさん局のアンテナ交換工事予定



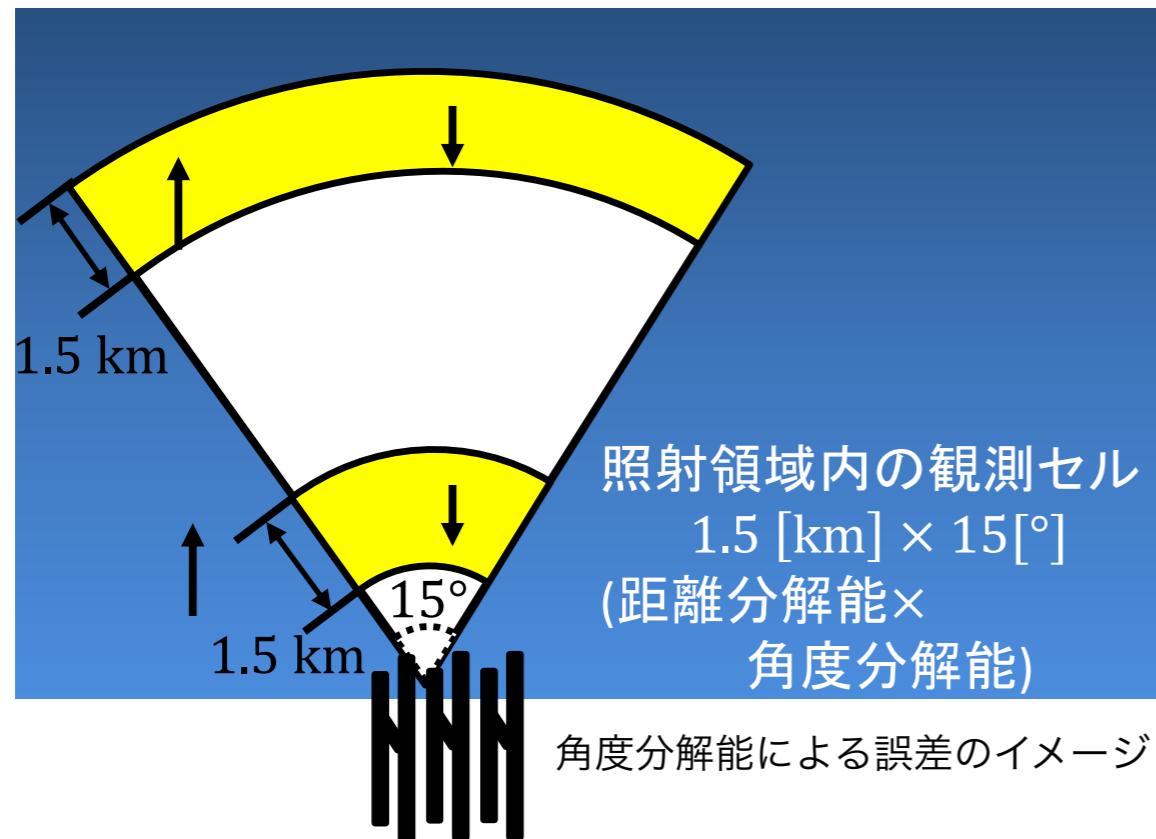
CODAR-HFR は 2025年7月に予備免許にて再稼働、スプリアス帯強度等の対応のため、本免許申請に時間がかかった。現在書類の最終準備中。

普及型 は北海道木古内に 2025年8月下旬に局舎建設工事観測開始、汐首局機材トラブルなどあったが現在は再稼働中

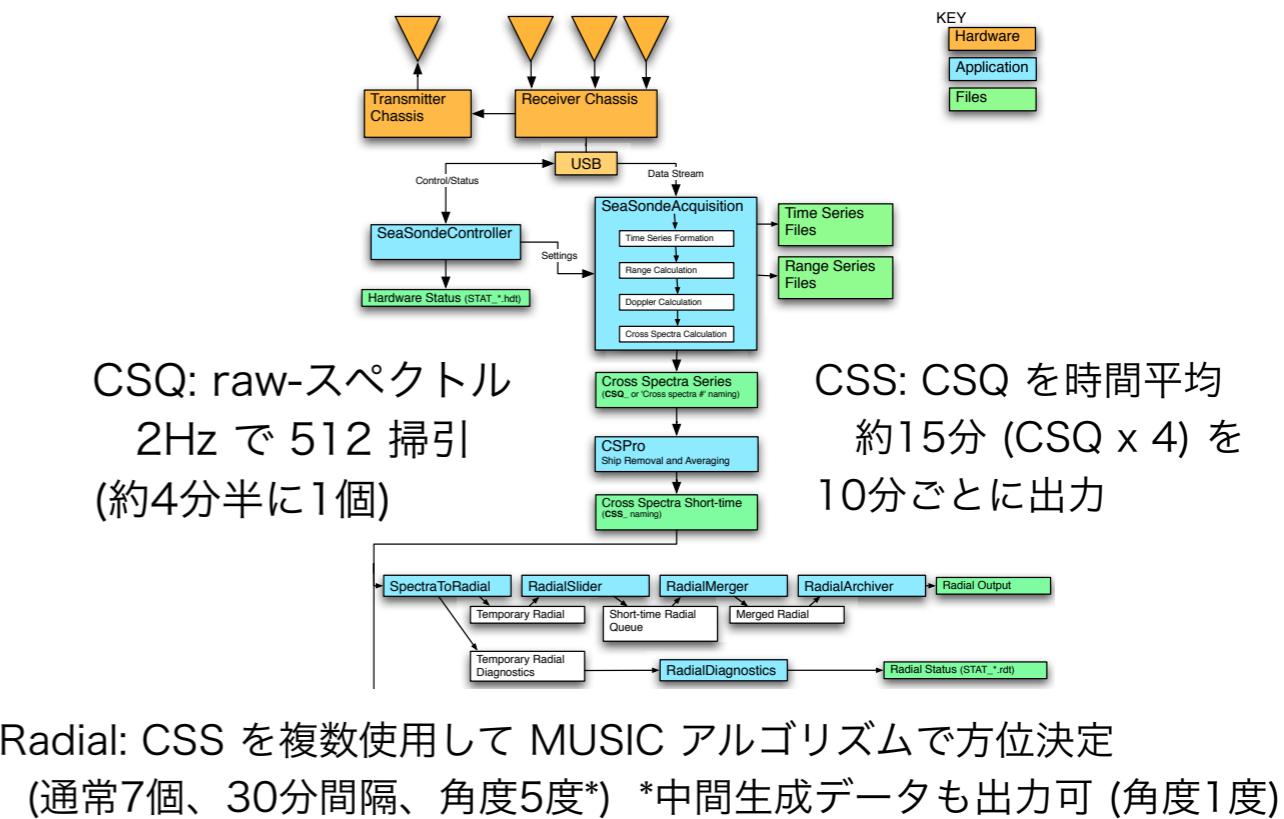
S/N から検討したブイ流速との比較、精度の変化

2024年12月の九大研究集会 →

- ・シグナルノイズ比 (S/N) とブイ流速との差の関係性について言及
- ・空間平均によるバイアスが存在する可能性



MIO 現行出力設定



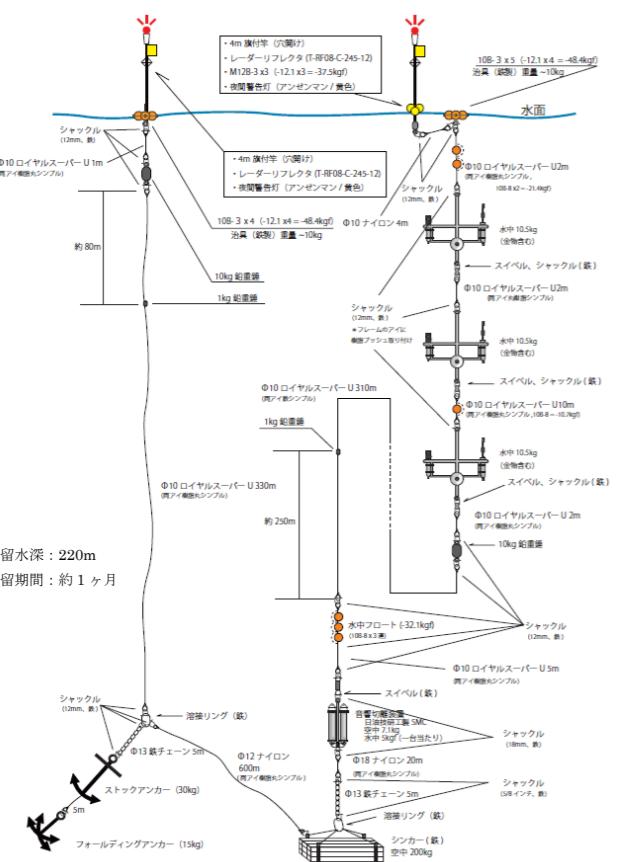
時空間統計処理の前に電気的特性からも精度向上あるいは評価に繋げられないか?
(IMG-琉球大共同研究: 「HFR高度利用-津波予測」に情報提供を想定)

CODAR の中間生成視線流 (RDLw, 角度分解能1° 重複あり, 10分ごと) の S/N をベースに S/N によるフィルタリングでブイデータと比較

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

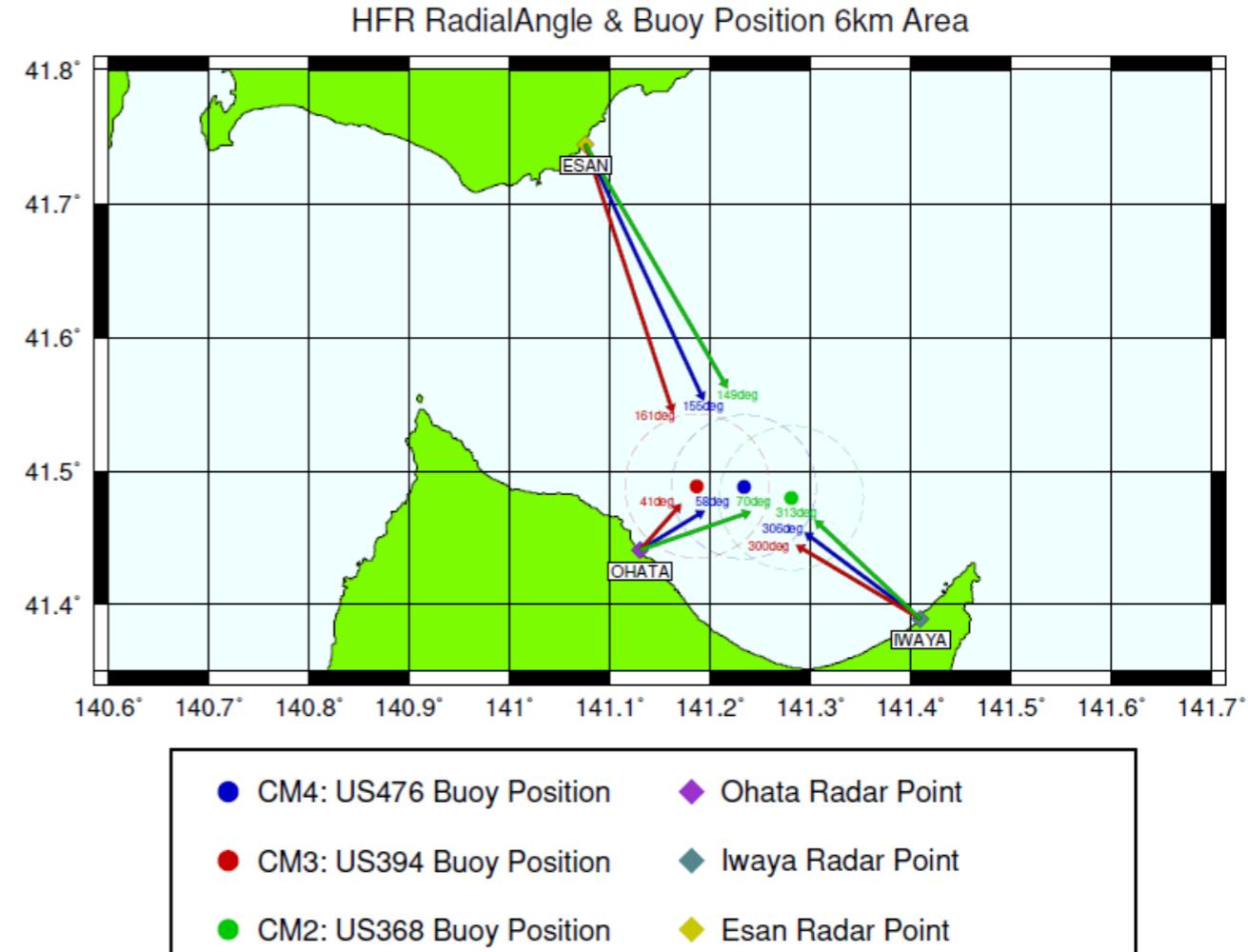
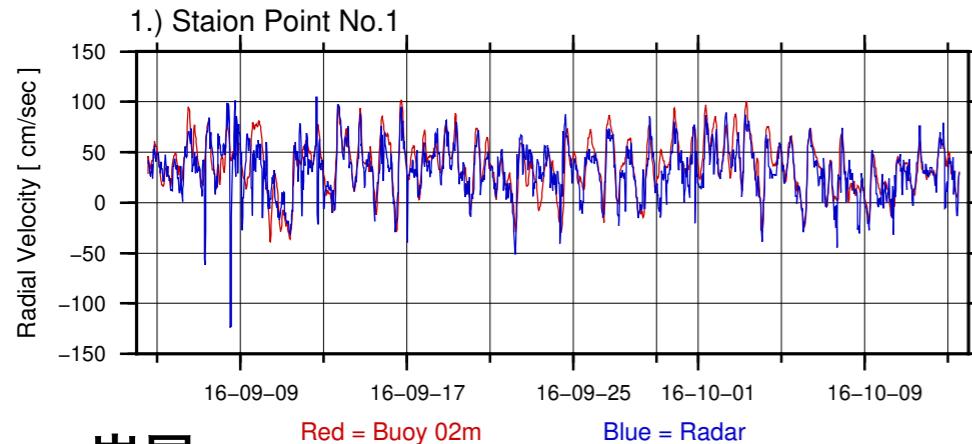


表 4-1 海洋短波レーダーアンテナ設置位置 (WGS-84)

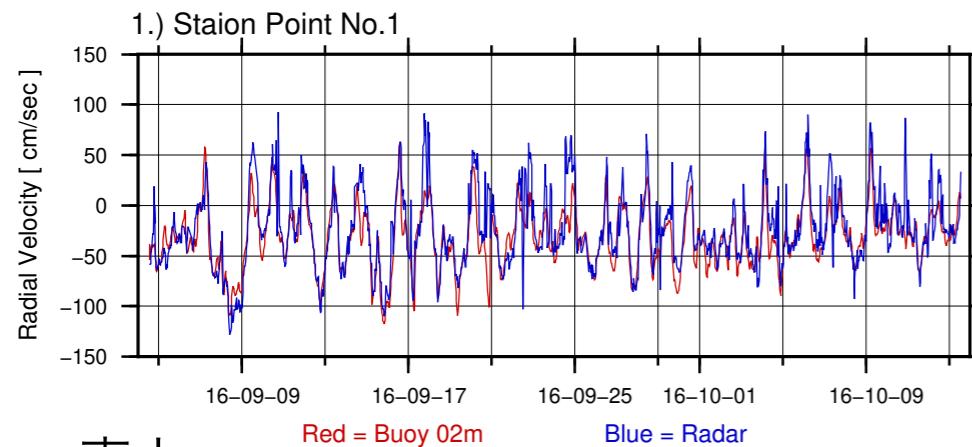
送受信局	緯度	経度
恵山局	北緯 41° 44' 40.6"	東経 141° 4' 32.2"
大畠局	北緯 41° 26' 26.3"	東経 141° 7' 49.1"
岩屋局	北緯 41° 23' 20.7"	東経 141° 24' 34.6"

US368 時系列 & 散布図

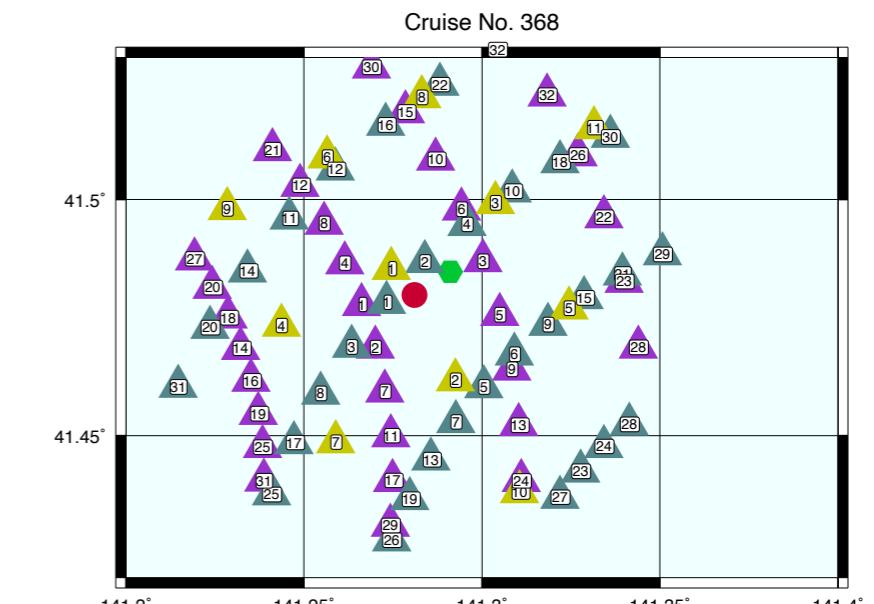
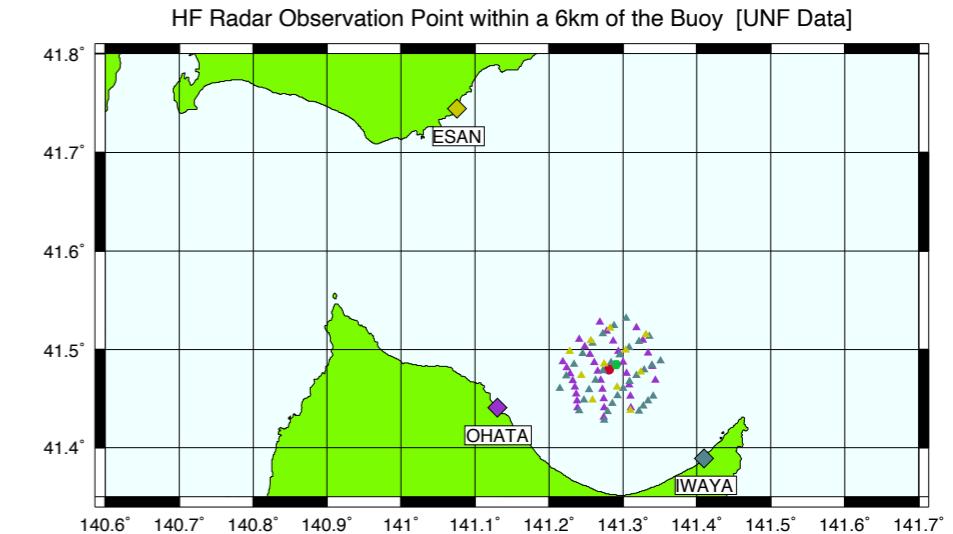
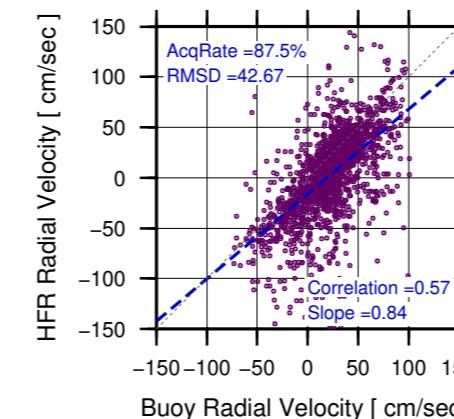
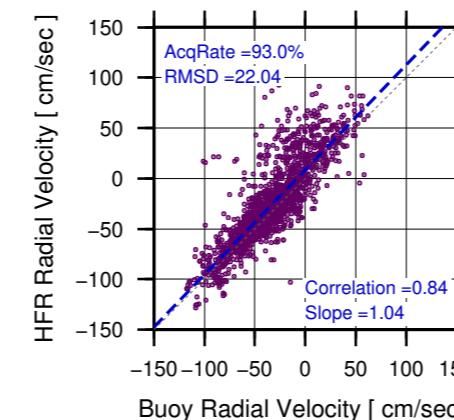
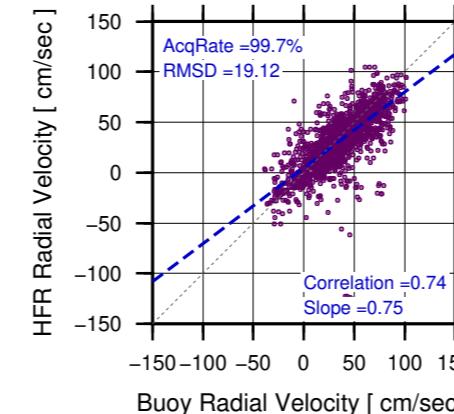
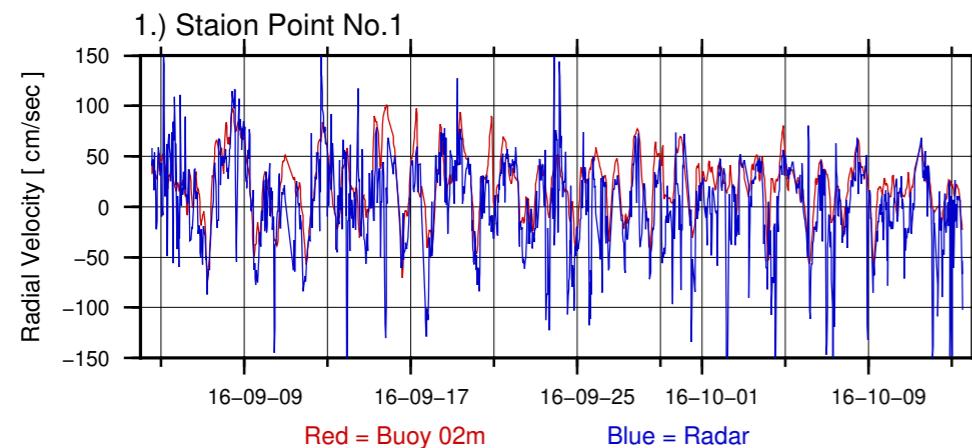
大畠



若屋



恵山



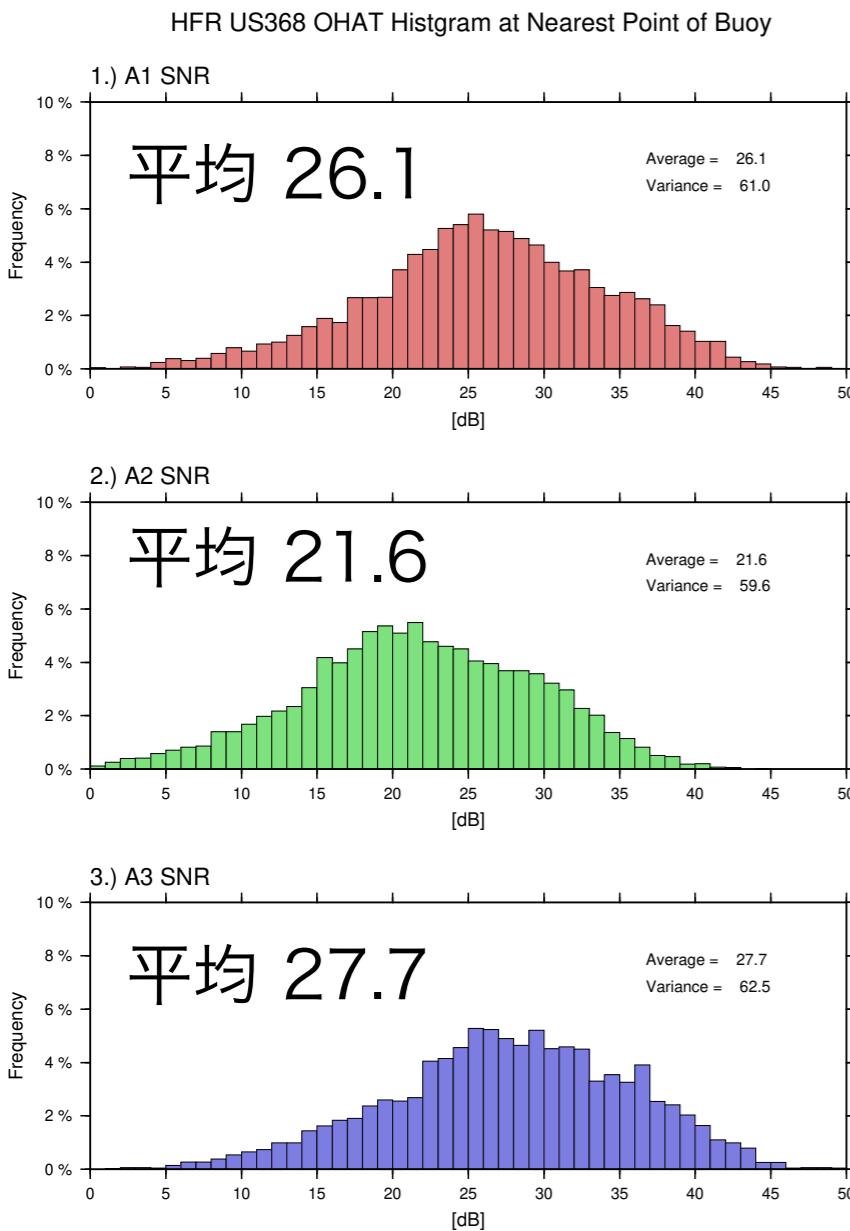
- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| ● Buoy Position | ▲ Ohata Observation Point |
| ◆ Total Nearest Position | △ Iwaya Observation Point |
| ■ Station Point Number | ◆ Esan Observation Point |

大畠では RMSD 20 cm/s 程度、恵山では 43 cm/s 程度

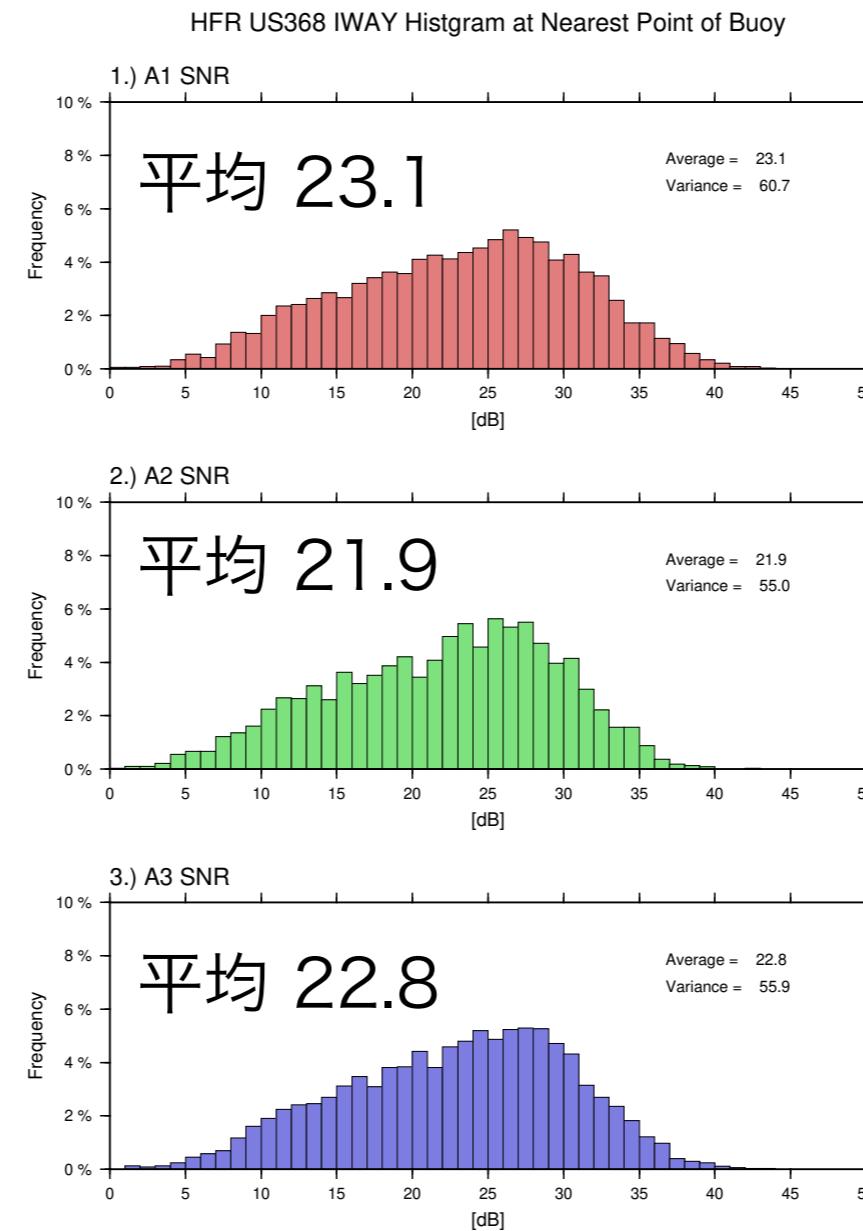
恵山局は対応が悪い（アンテナからの距離も遠いが） → S/N に戻ってチェック

係留期間 S/N 分布 (US368, CM2)

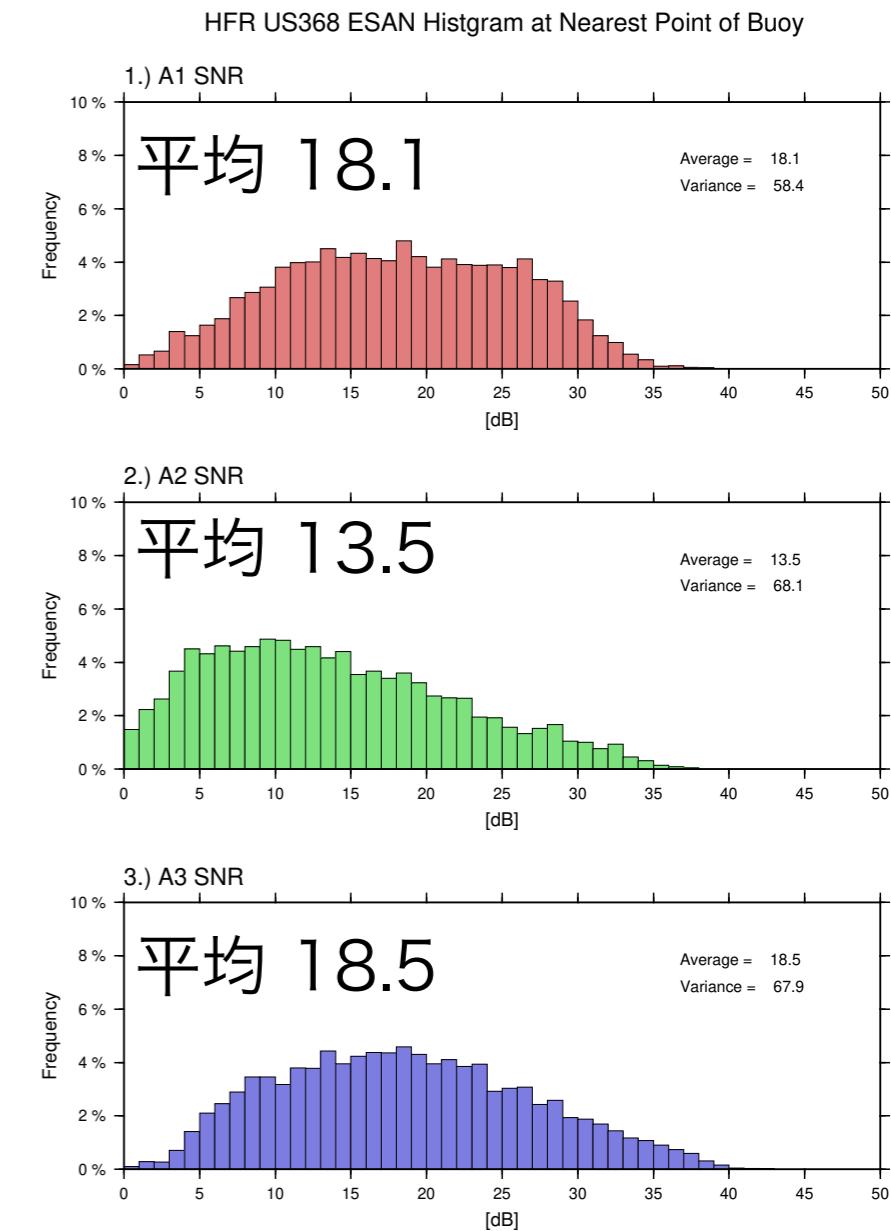
大畠



岩屋



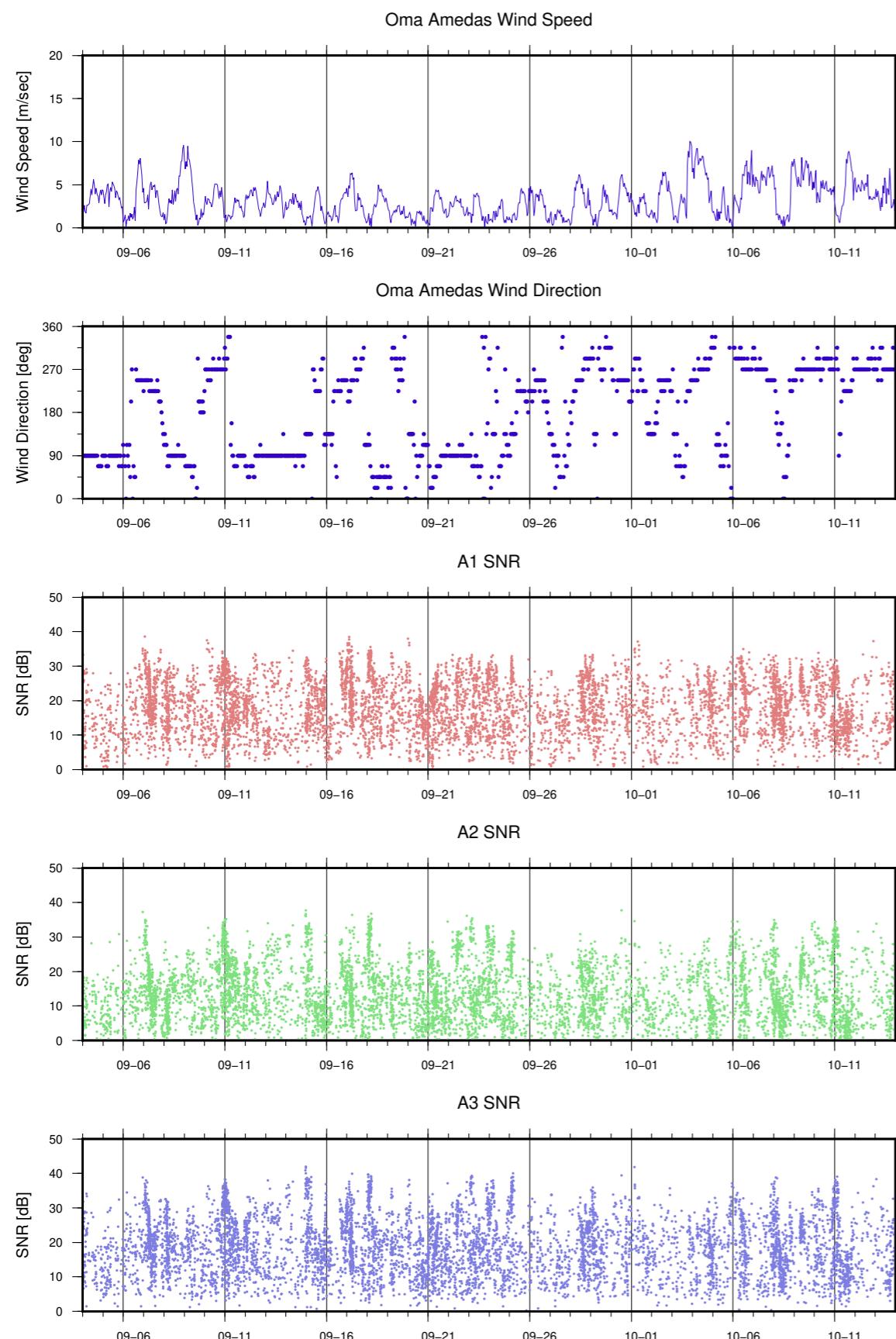
恵山



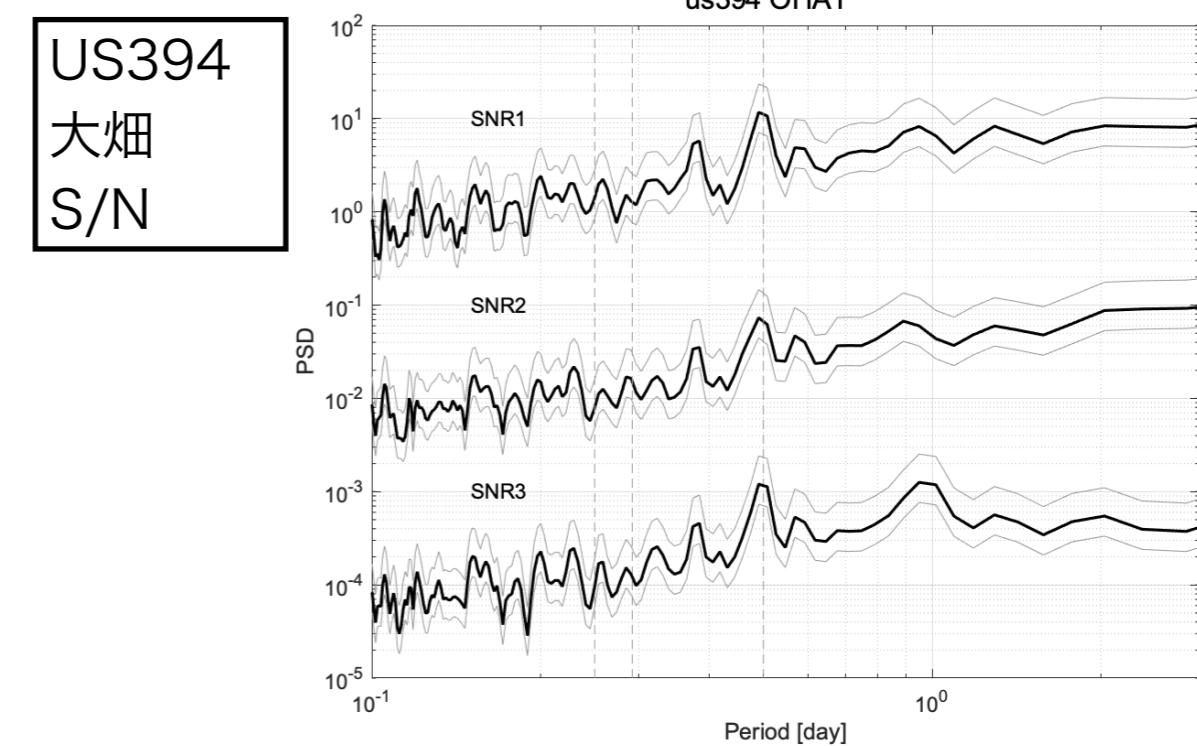
岩屋が距離的には一番近いが S/N は大畠の方が良い傾向
恵山は S/N 相対的に小さい → RMSD 差は S/N で解釈できそう

(2024年12月の九大研究集会での発表 スライドに一部追記)

Oma AMEDAS & HFR US368 ESAN at Nearest Point of Buoy



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？



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

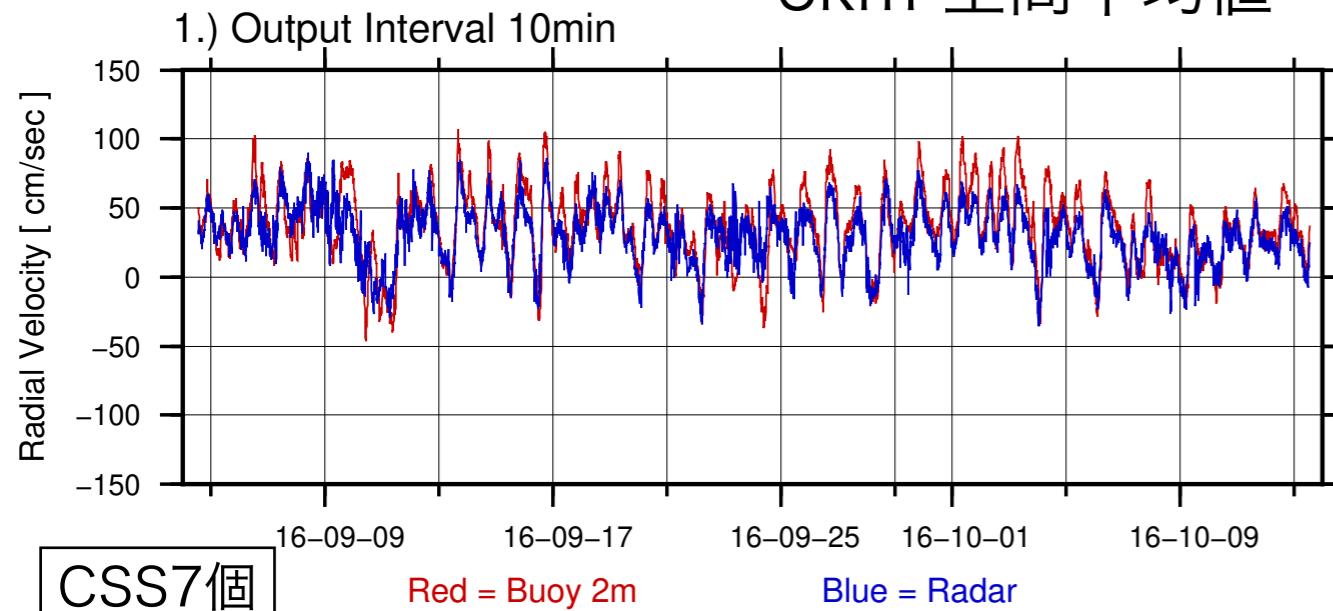
半日周期にピーク？
このような現象に心当たりがあれば
コメントお願いします！

→ 6/24 の勉強会で藤井さんから色々コメント頂戴した

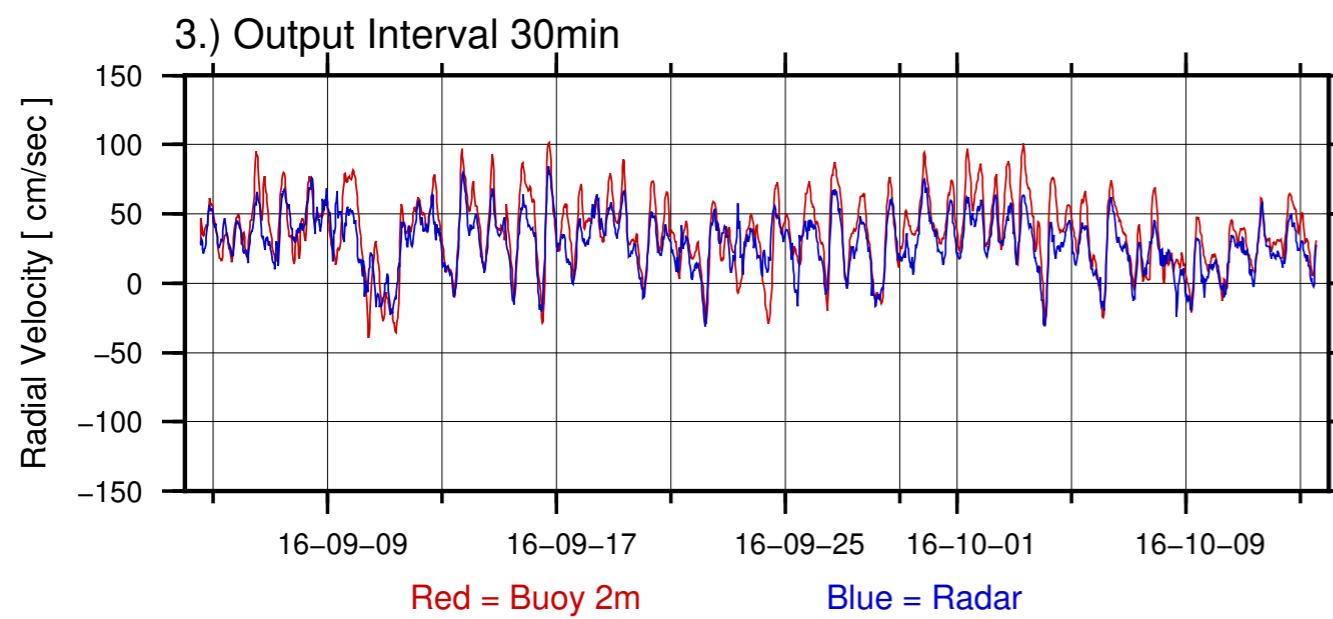
空間平均が影響？

大畠

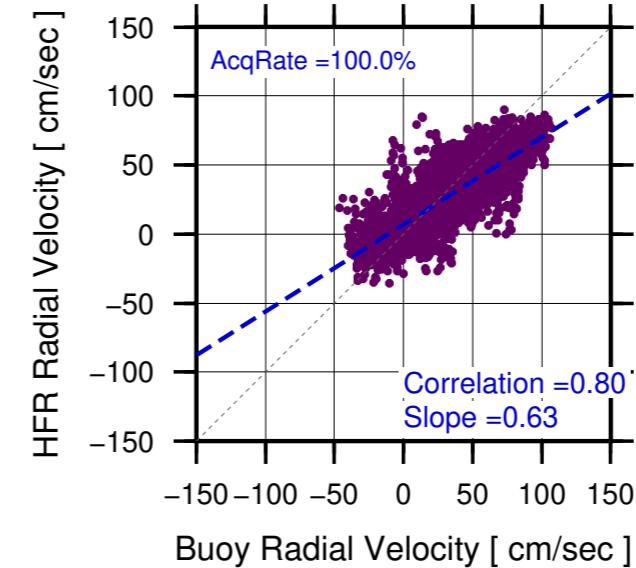
CSS2個



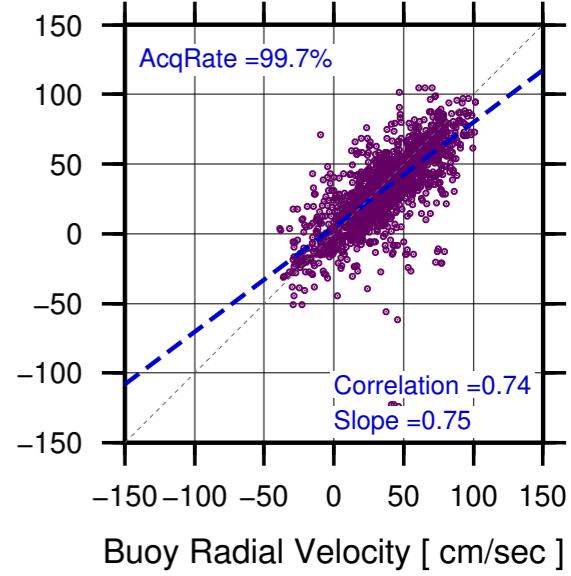
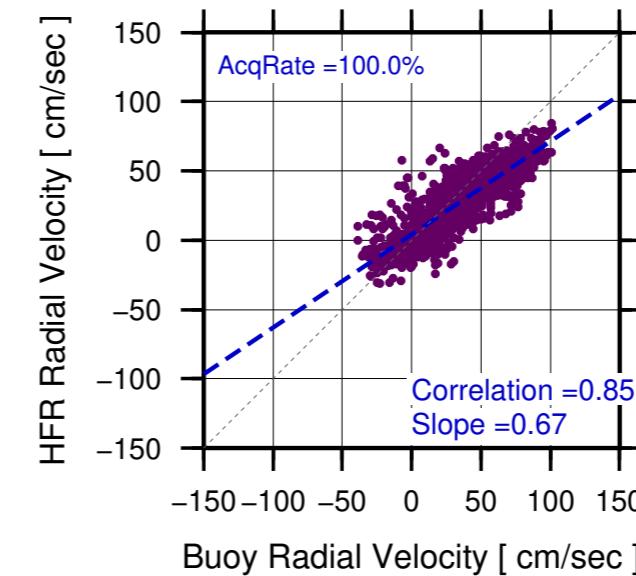
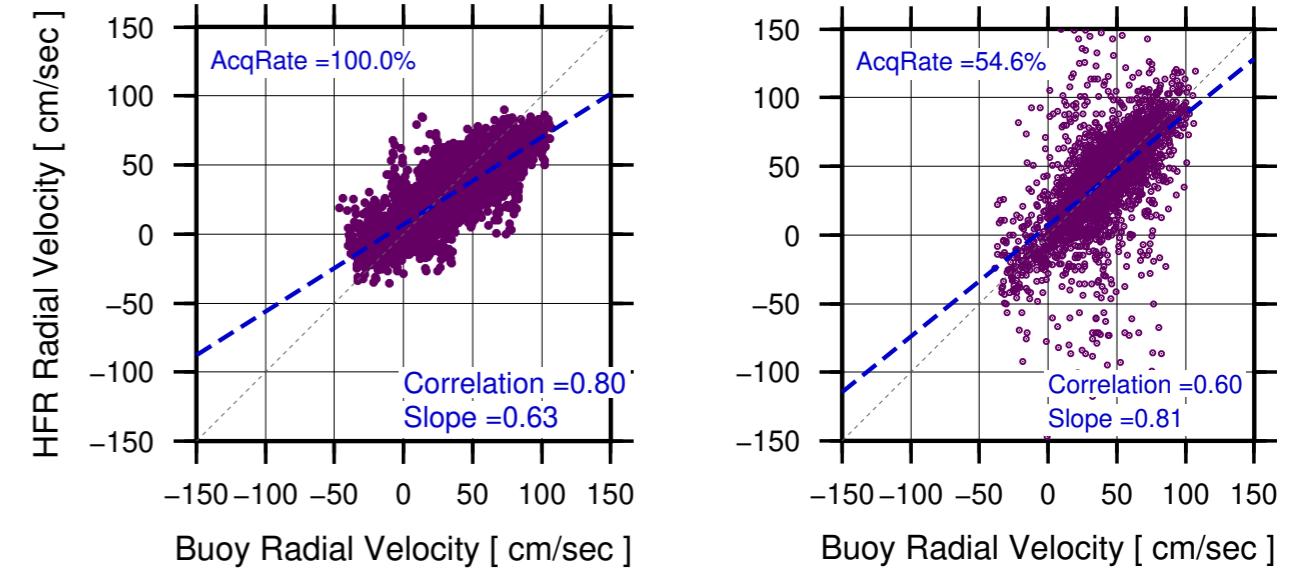
CSS7個



6km 空間平均値



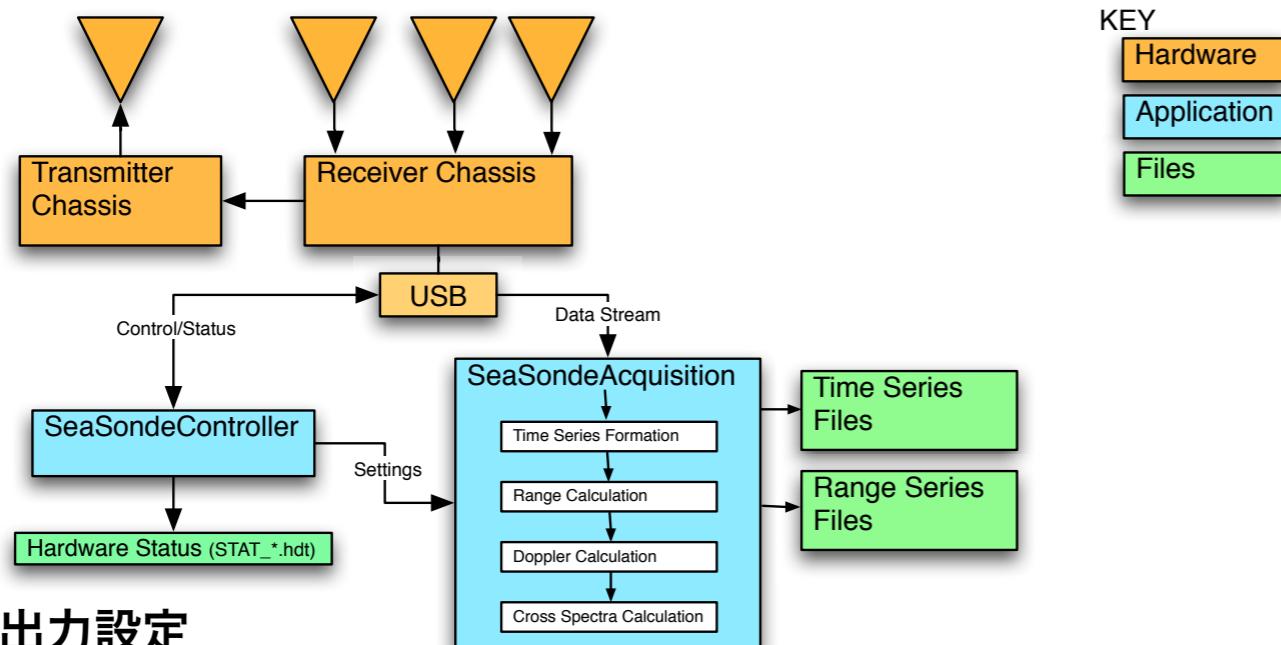
最近傍セルのみ



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 (RDLw) の S/N を再出力し検討

CODAR データプロセス概要

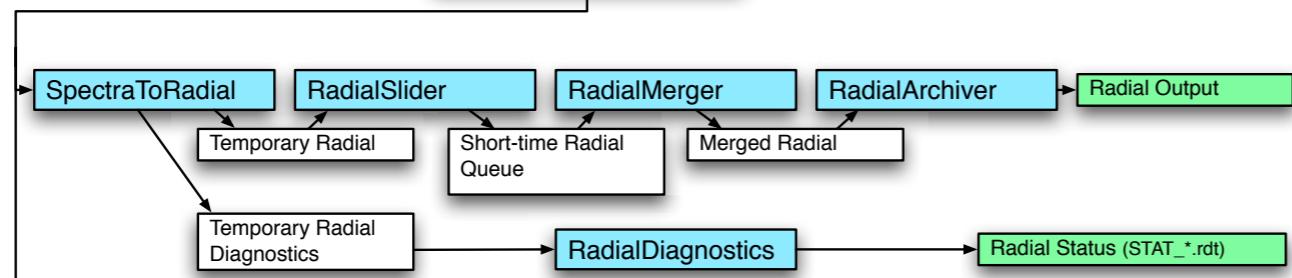
RadialProcessing_FlowDiagram



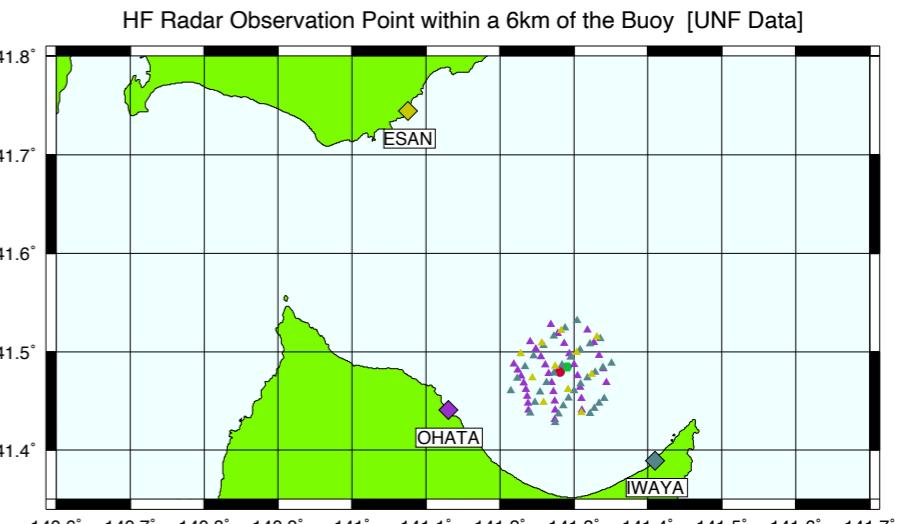
MIO 現行出力設定

CSQ: raw-スペクトル
2Hz で 512 掃引
(約4分半に1個)

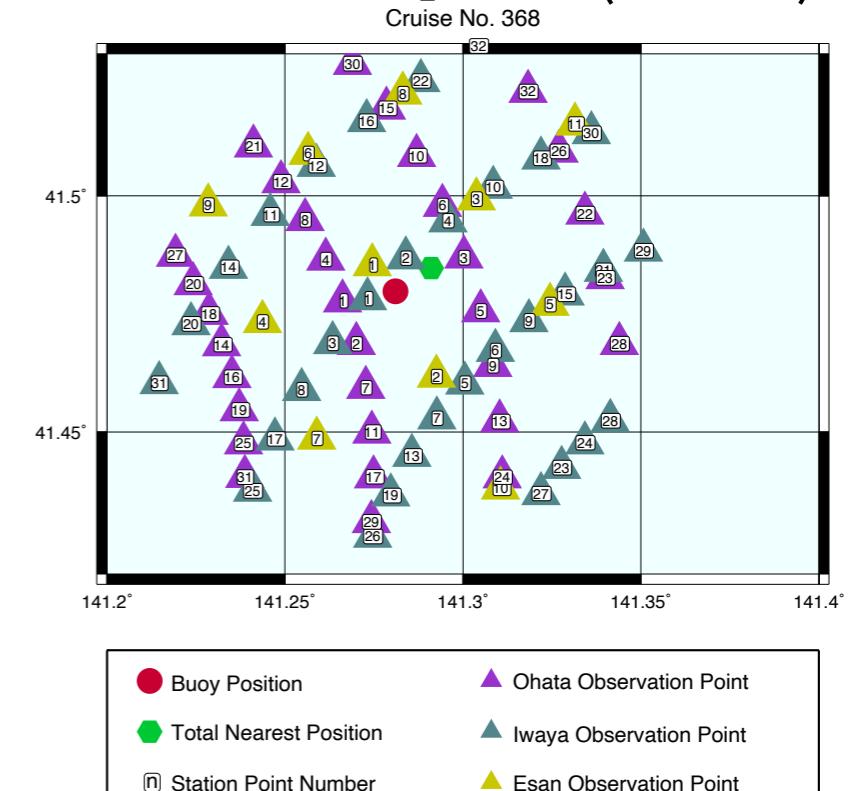
CSS: CSQ を時間平均
約15分 (CSQ x 4) を
10分ごとに出力



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)



「直近地点」の例 (US368)



Radial 出力時間解像度等を変えてビデオと比較

比較用視線流データ（中間生成物）

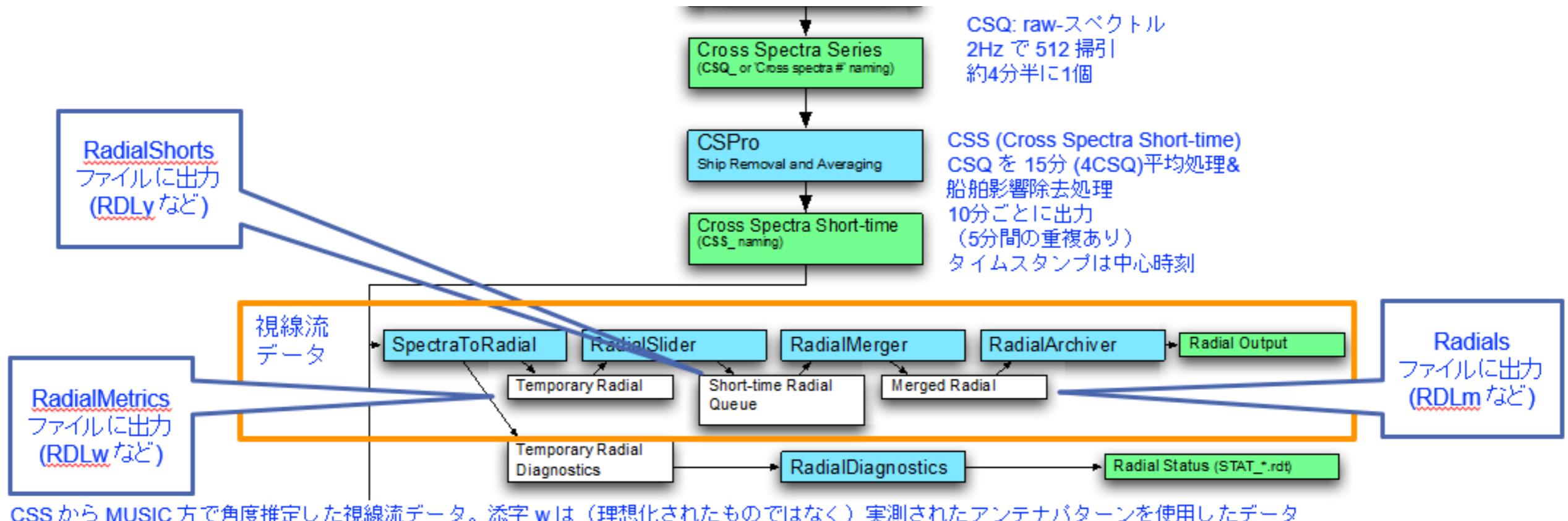


図 44. CODAR システムの視線流までの計算処理フロー図

本日の比較では RDLw を利用 (個別の S/N 情報が得られるため)
 ただし方位・レンジセル重複あり
 15分間のスペクトル情報を 10分ごとに出力

比較用視線流データ（中間生成物）

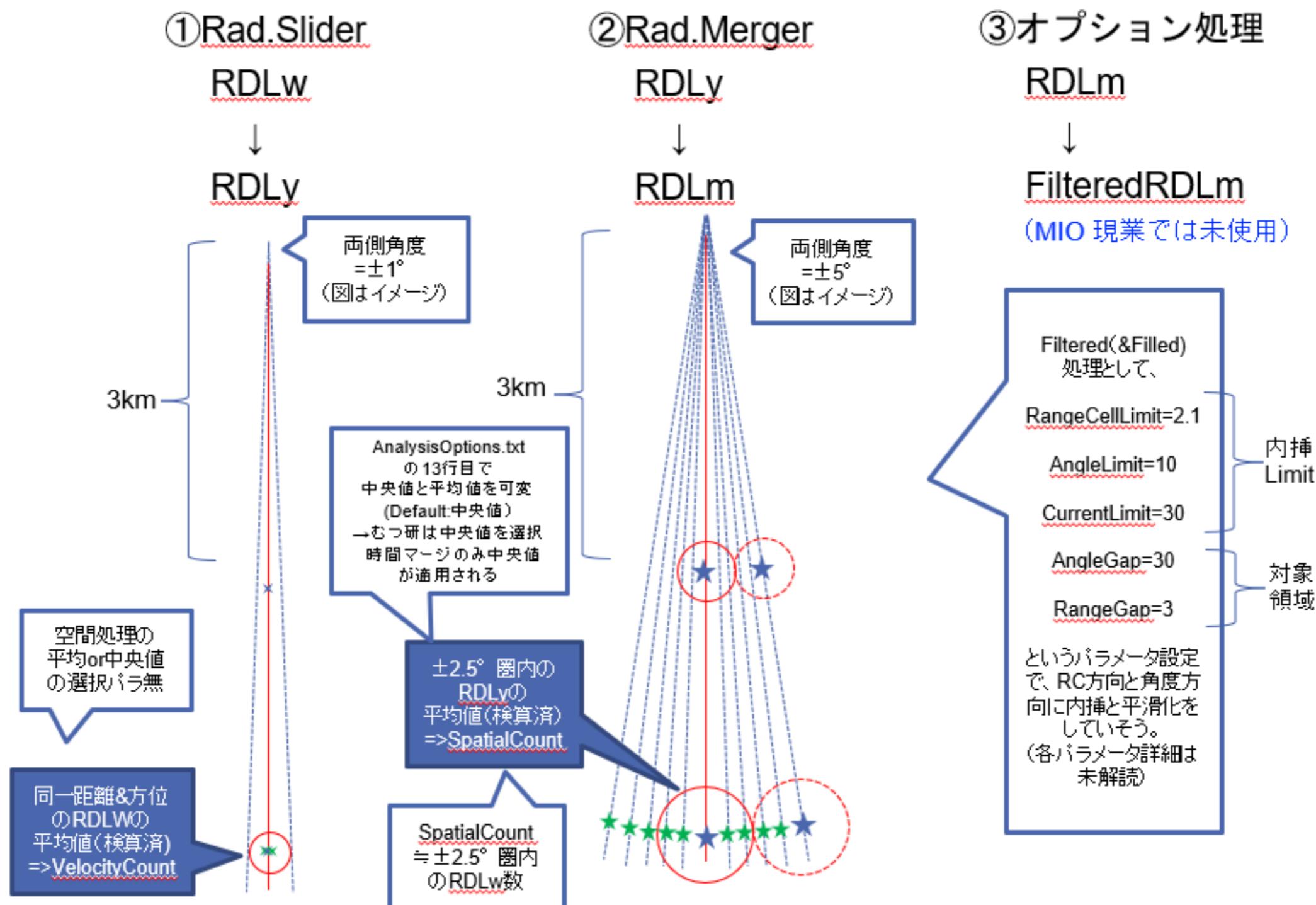
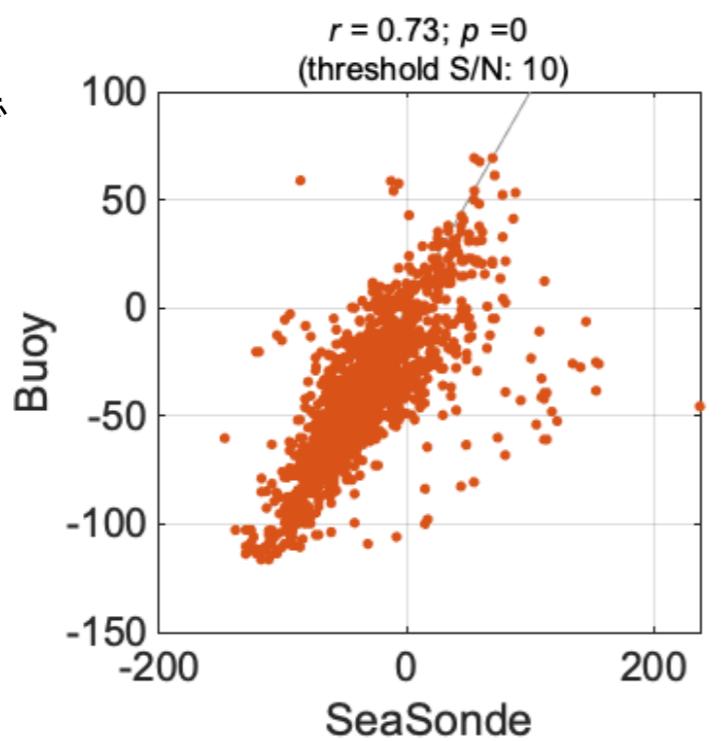


図 45. 視線流の計算プロセスにおける空間平均のイメージ図

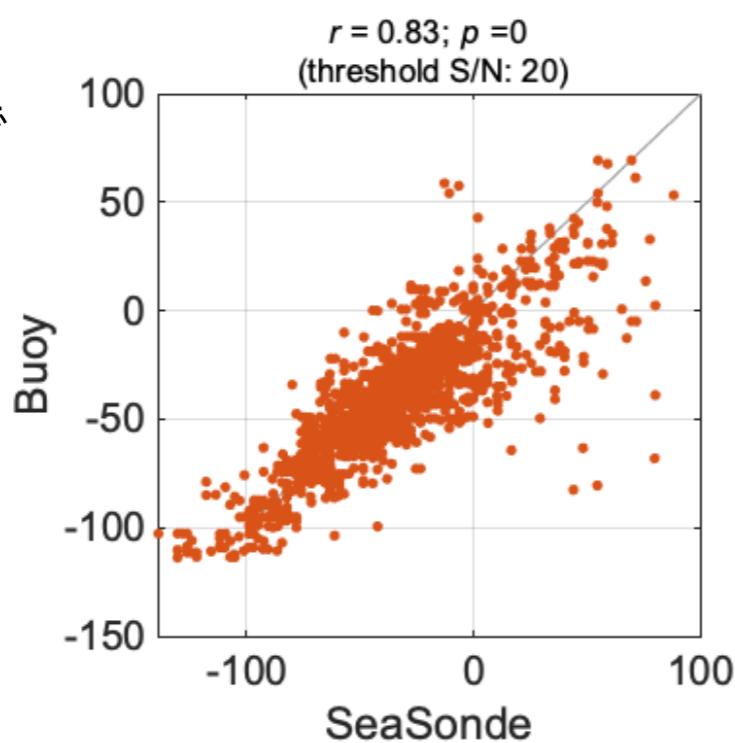
散布図例 (US368, 岩屋アンテナ1)

Antenna No.1

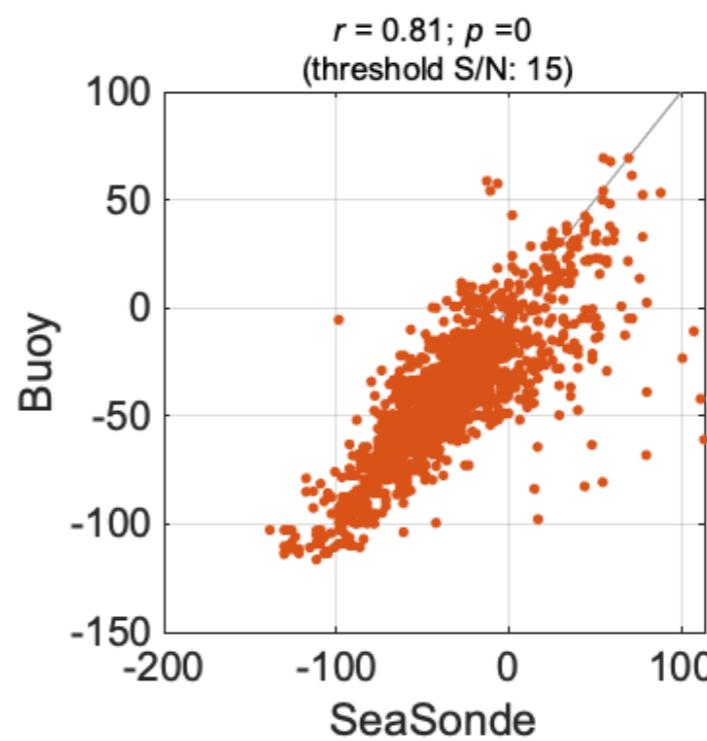
S/N = 10 で
カット



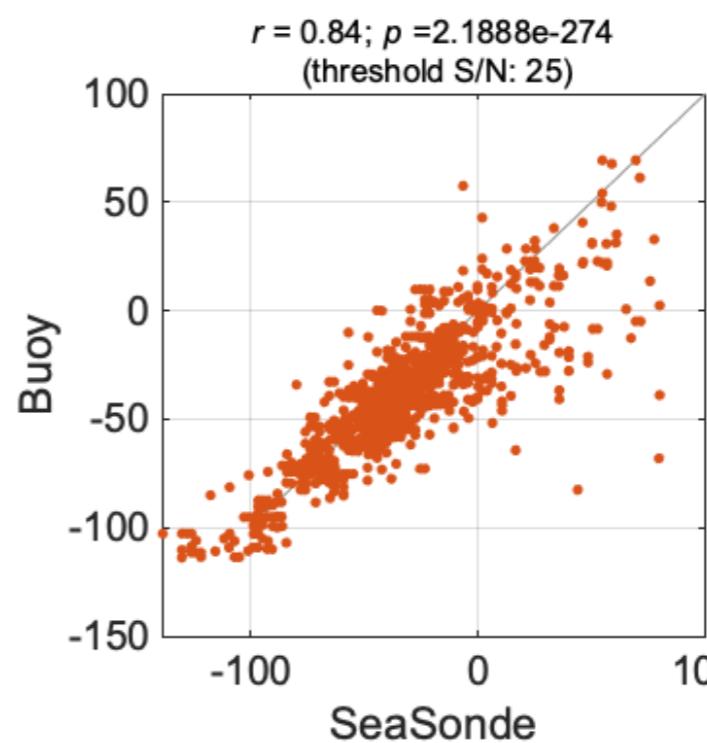
S/N = 20 で
カット



S/N = 15 で
カット



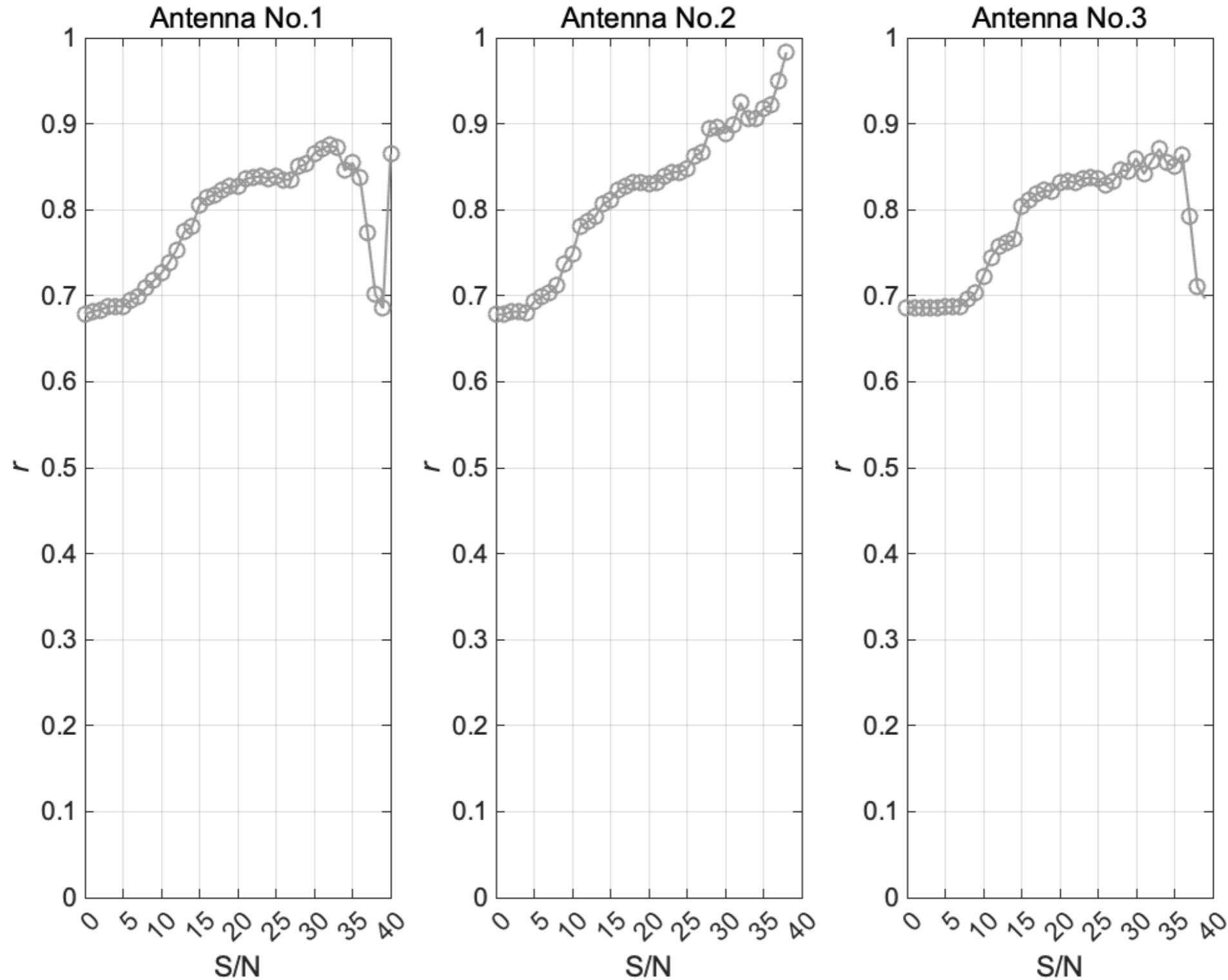
S/N = 25 で
カット



S/N 閾値をあげると散布図の対応がよくなる傾向

S/N による r の変化 (US368, 岩屋)

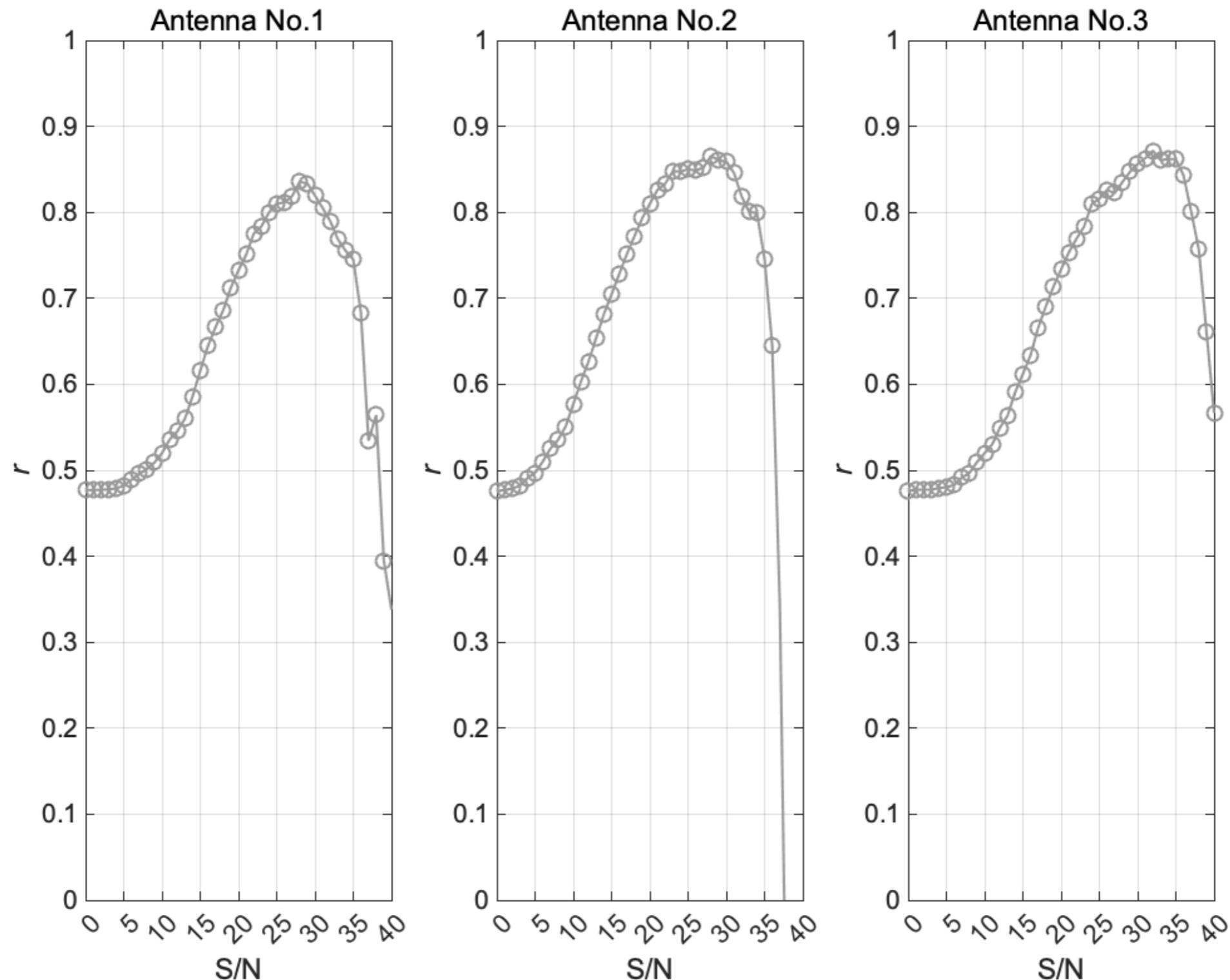
US368 IWAY ($p = 0.05$)



S/N 閾値の増加とともに (~35 付近まで) r 増加傾向

S/N による r の変化 (US394, 岩屋)

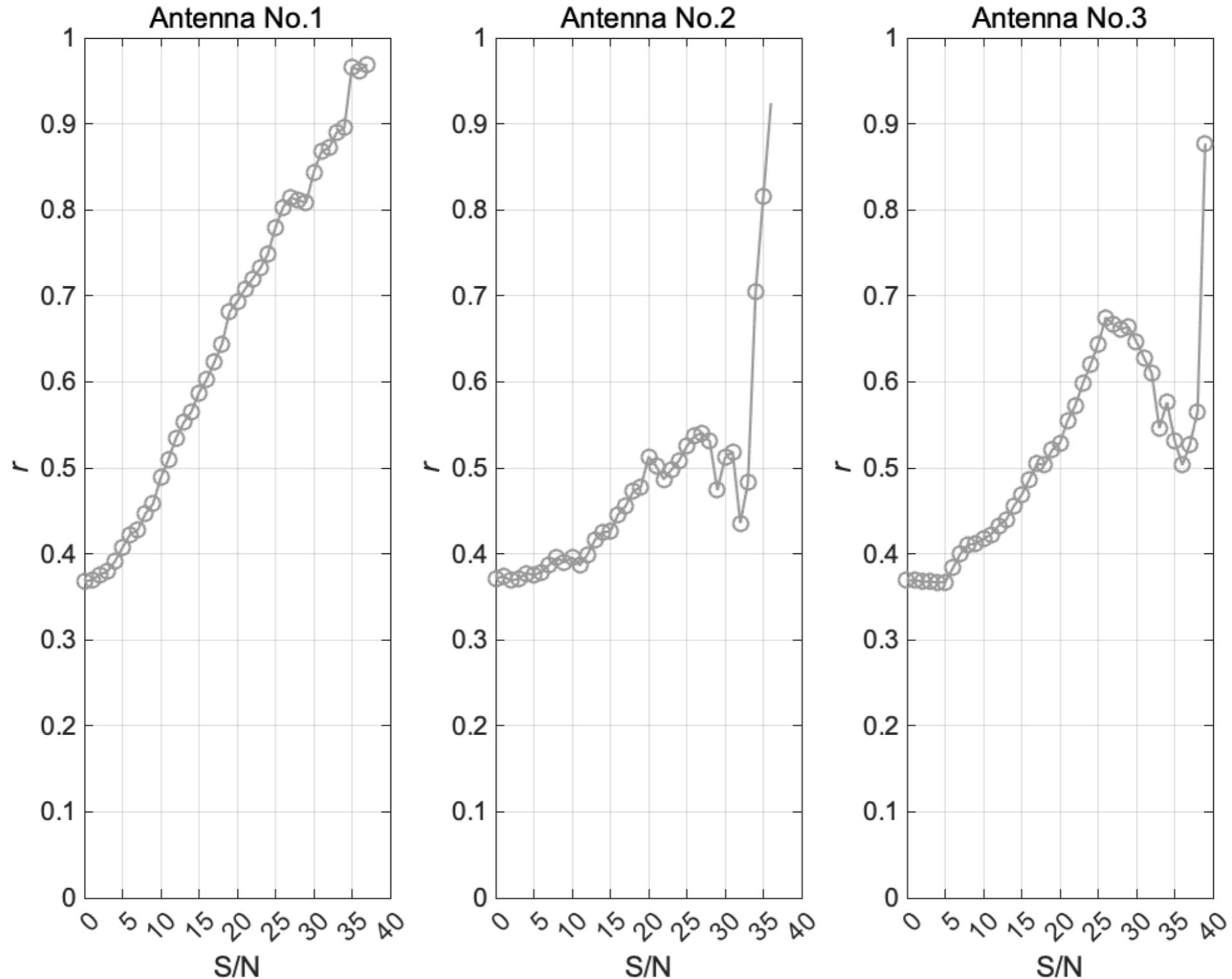
US394 IWAY ($p = 0.05$)



S/N 閾値の増加とともに (~35 付近まで) r 増加傾向

S/N による r の変化 (US368, 恵山)

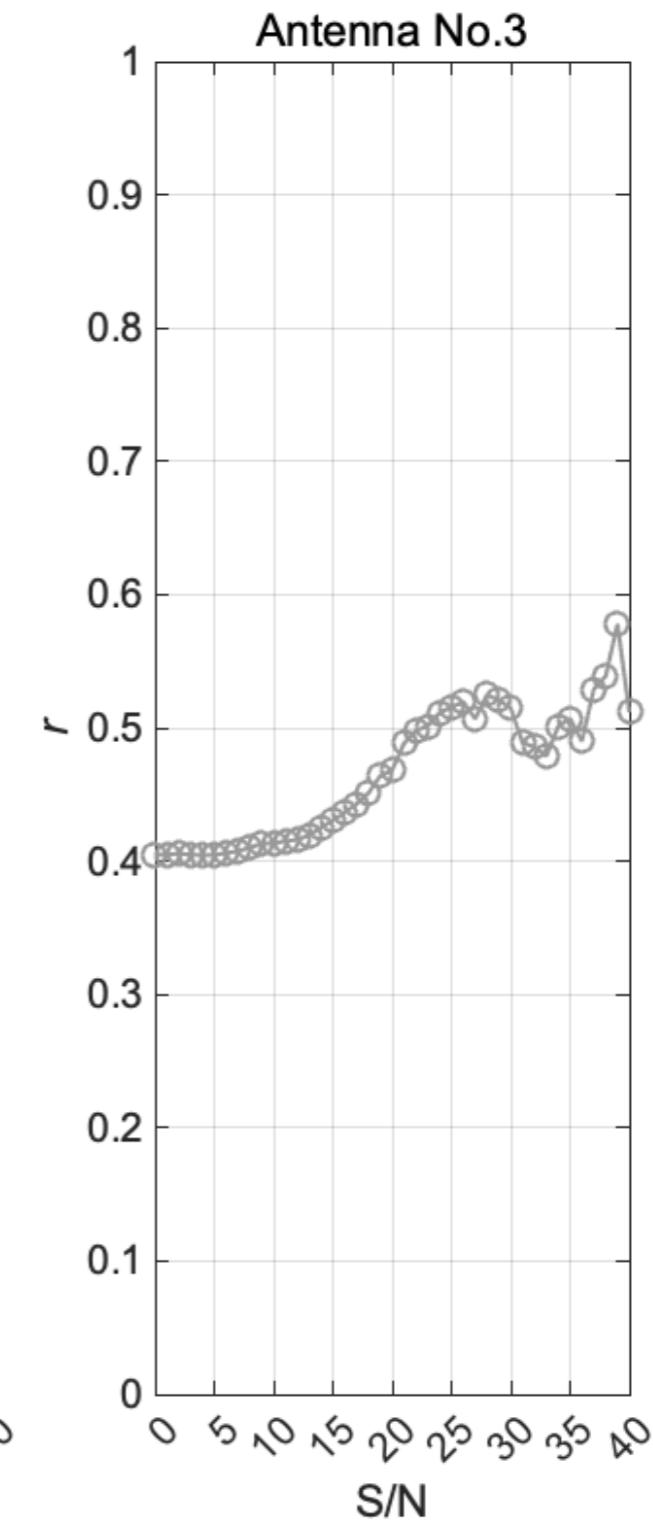
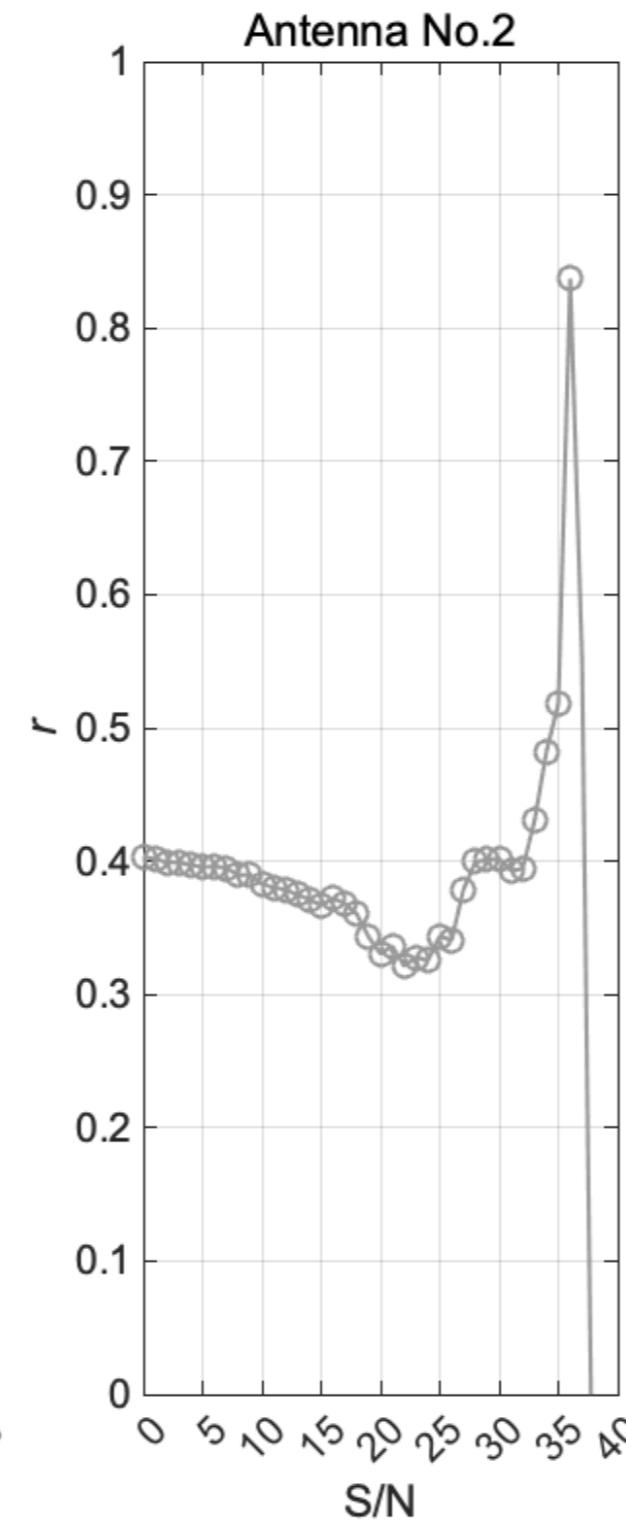
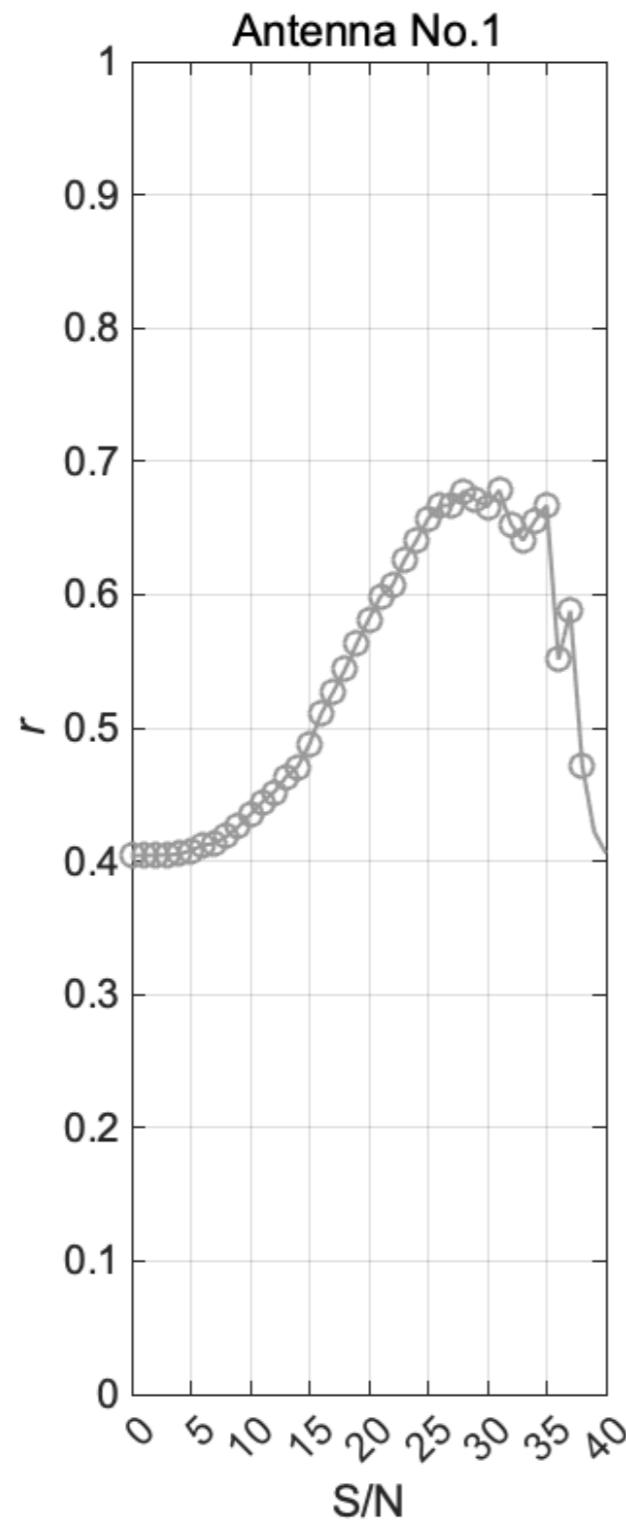
US368 ESAN ($p = 0.05$)



S/N 閾値の増加とともに (~35 付近まで) r 増加傾向

S/N による r の変化 (US394, 恵山)

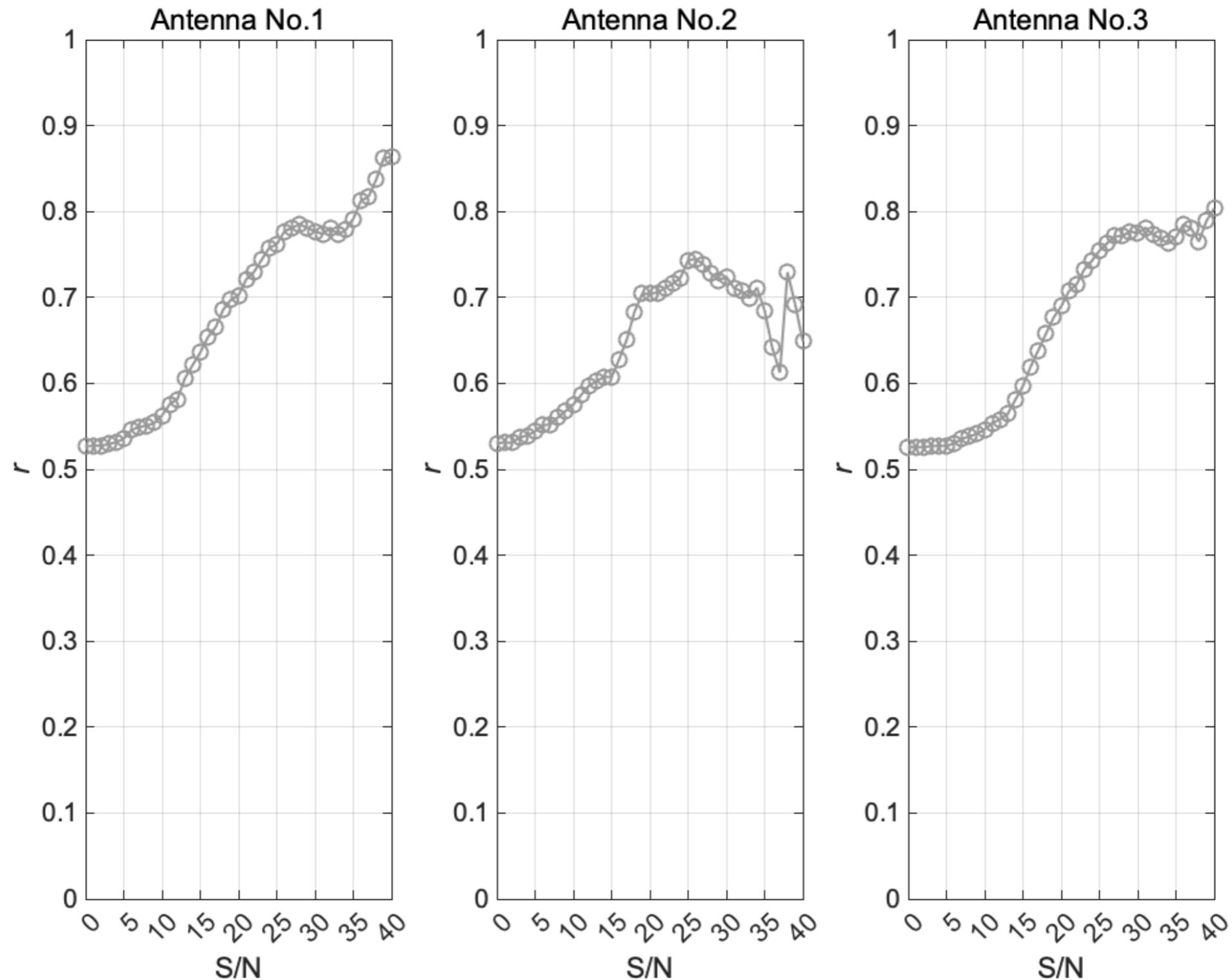
US394 ESAN ($p = 0.05$)



S/N 閾値の増加とともに (~35 付近まで) r 増加傾向

S/N による r の変化 (US368, 大畑)

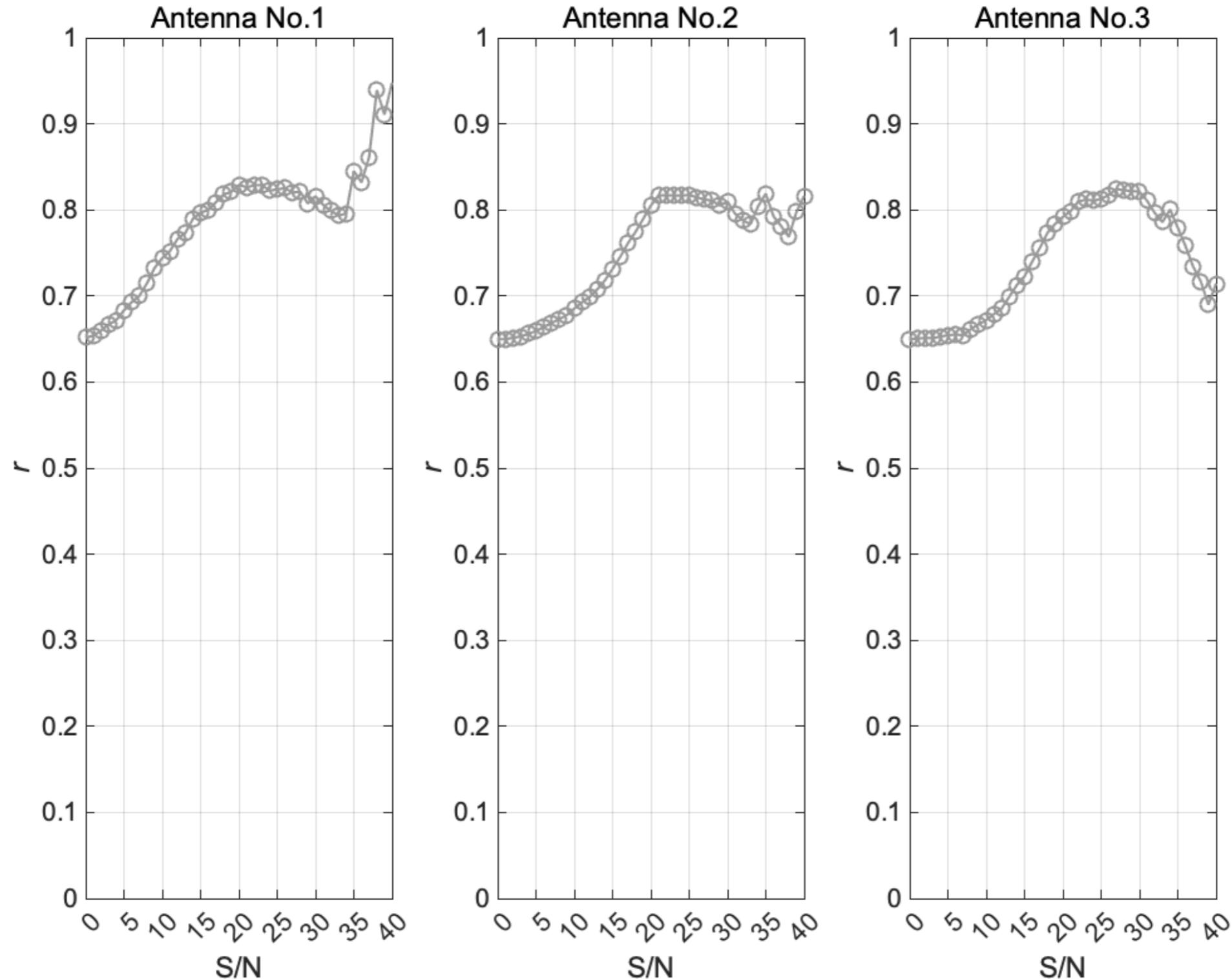
US368 OHAT ($p = 0.05$)



S/N 閾値の増加とともに (~35 付近まで) r 増加傾向

S/N による r の変化 (US394, 大畑)

US394 OHAT ($p = 0.05$)

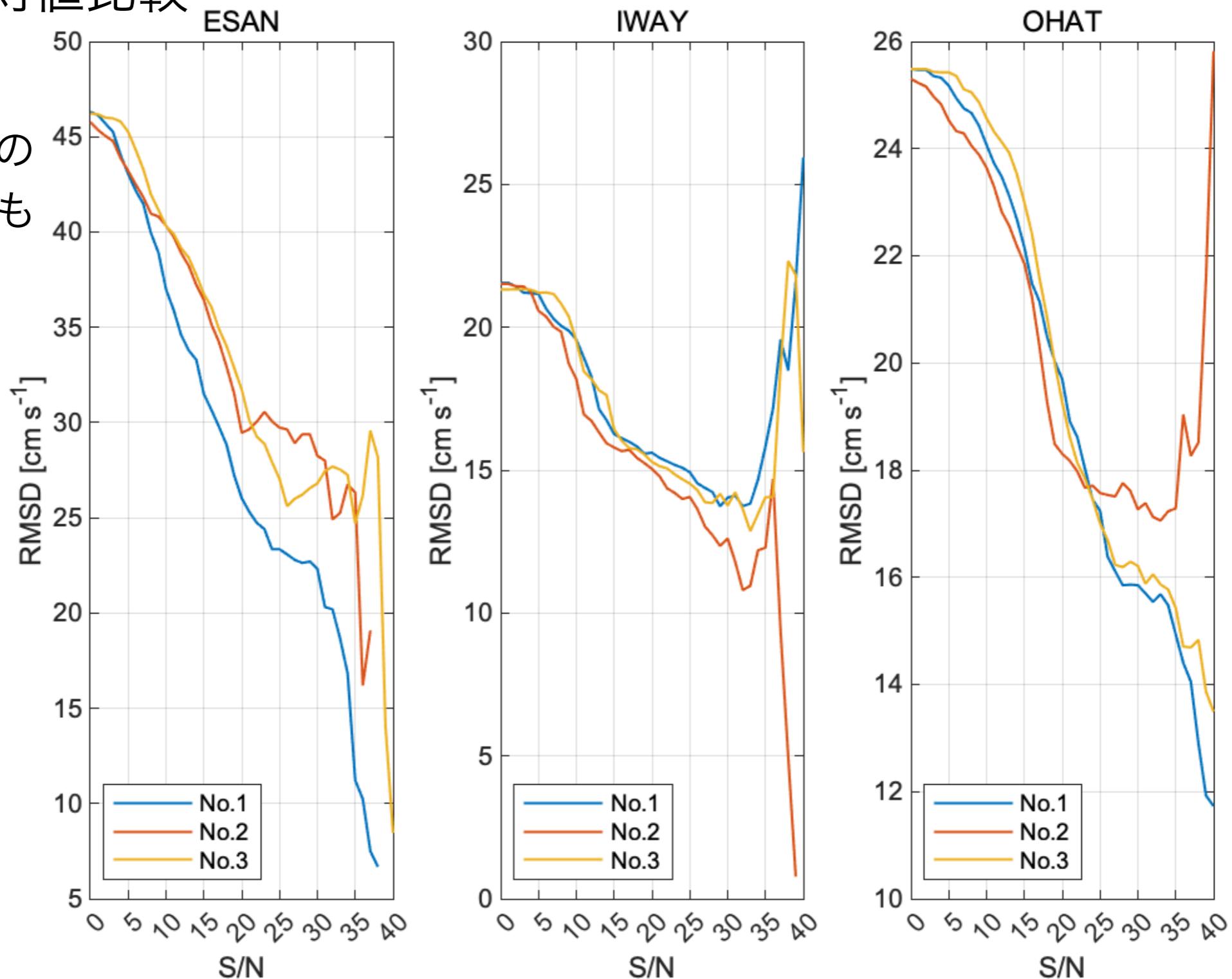


S/N 閾値の増加とともに (~35 付近まで) r 増加傾向

S/NによるRMSDの変化 (US368)

視線流絶対値比較

* 計測時間
スパンなどの
精査は今後も
必要

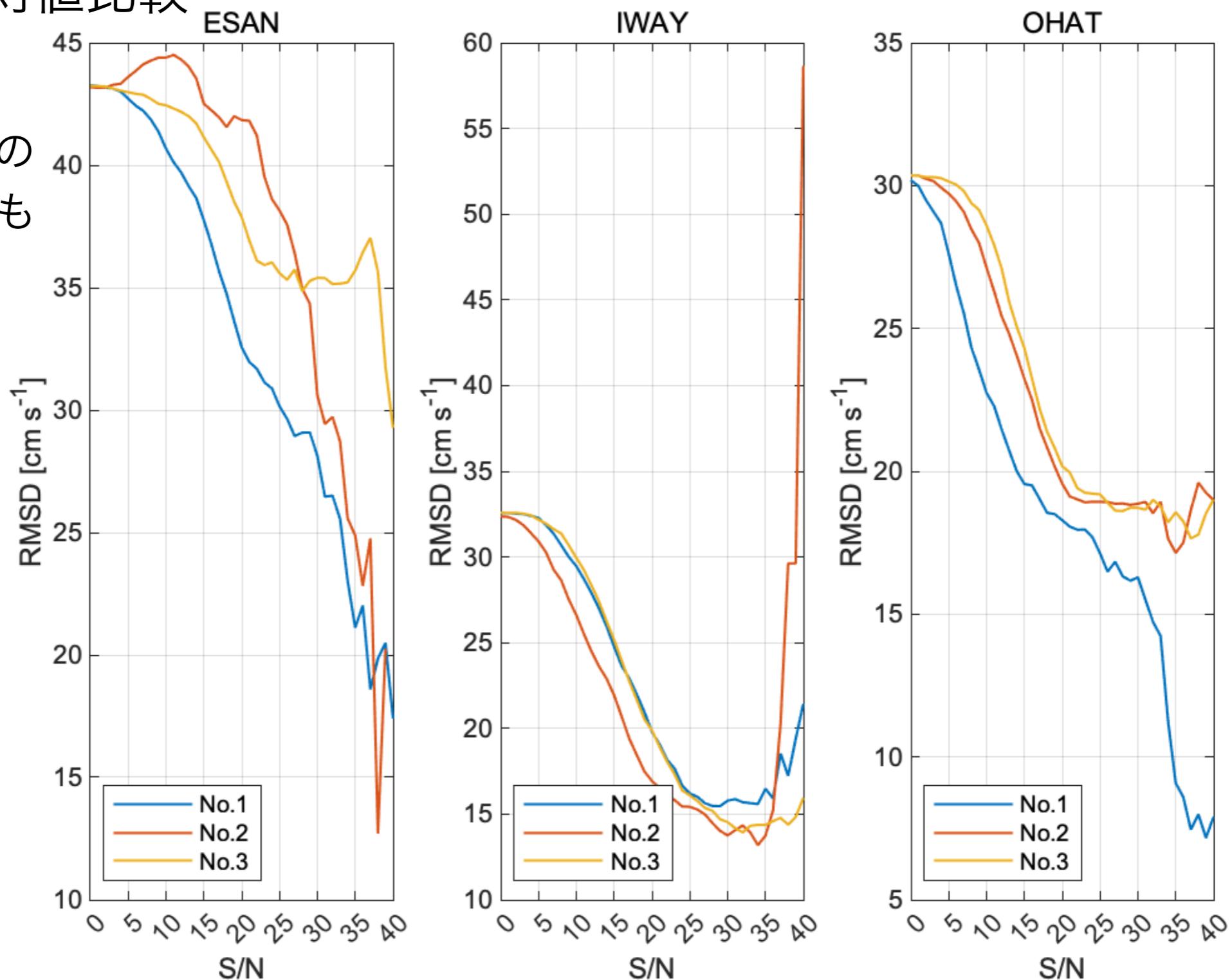


S/N 閾値の増加とともに RMSD 減少傾向

S/NによるRMSDの変化 (US394)

視線流絶対値比較

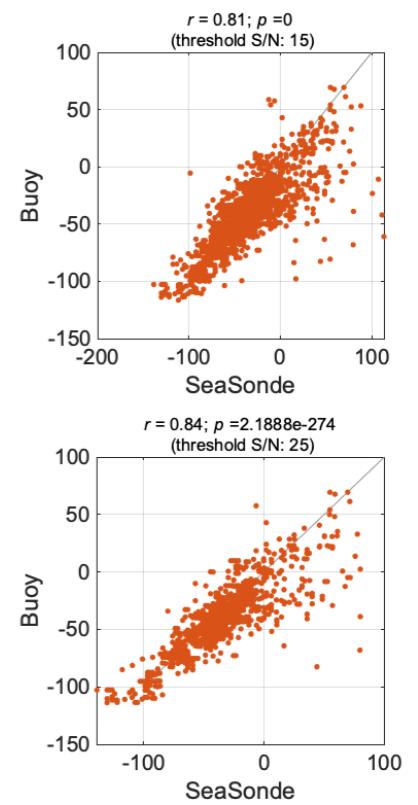
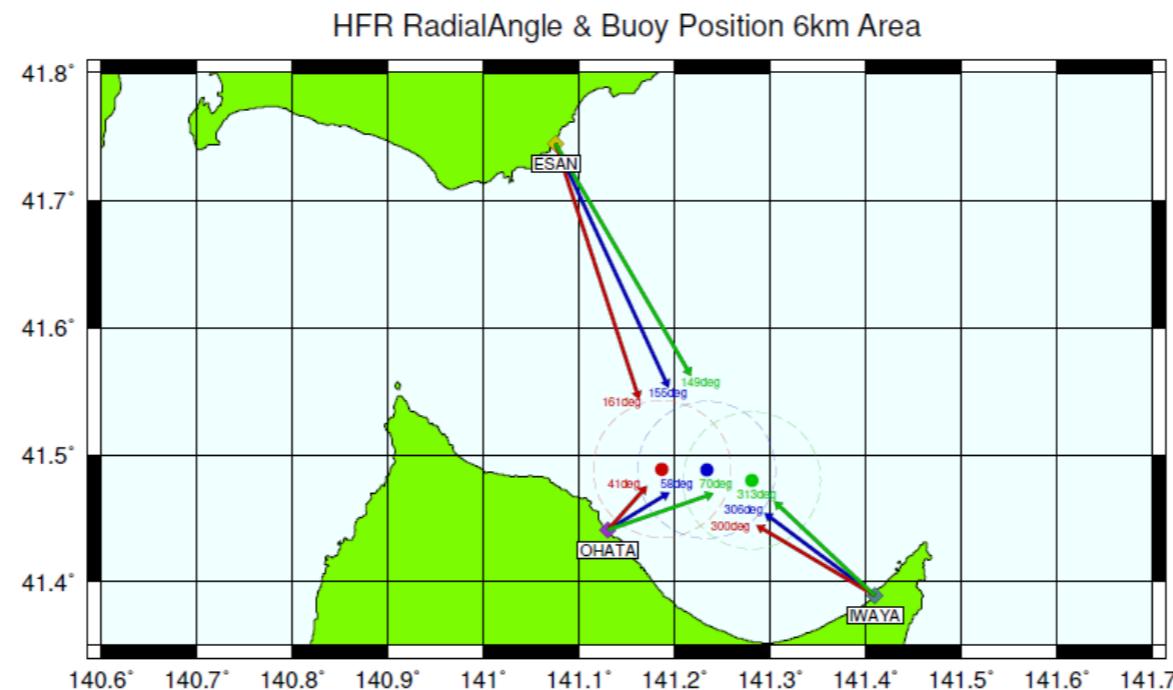
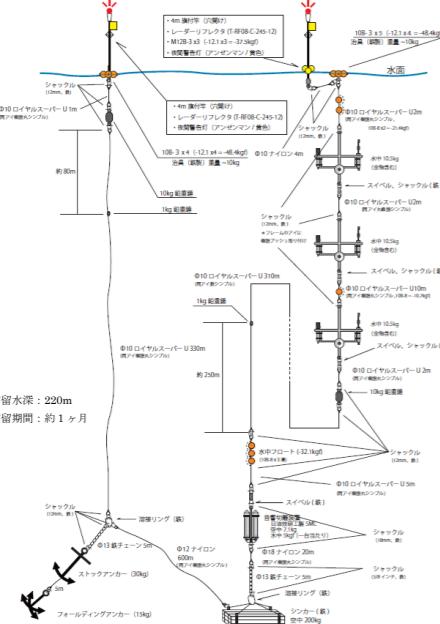
* 計測時間
スパンなどの
精査は今後も
必要



S/N 閾値の増加とともに RMSD 減少傾向

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結果をもとに、CODAR 中間生成物の HFR 流速と比較



- ・パッケージ化されていた CODAR-HFR 現業データ処理プロセスを分解
- ・「ノイジーだが時空間高解像度の中間データ」をうまく利用する方法を検討
→ S/N によるフィルタリングで相関、RSMD ともに改善傾向

今後の課題：他航海のデータでの検討、津軽海峡のノイズ特性の精査、IMG 側への情報提供、普及型の設定への反映