

海洋レーダを用いた海況監視システムの開発と応用

海洋レーダの実験状況と今後の計画について

亀田 洋志 高橋 龍平 赤間 慶 白石 将※1 今津 智成※2
片岡 智哉※3 藤井 智史※4

※1 三菱電機(株)情報技術総合研究所

※2 同 社会システム事業本部

※3 愛媛大学大学院理工学研究科

※4 琉球大学工学部

2021年12月7日

 **三菱電機株式会社**

1. 実験の目的・概要

海洋レーダの受信信号スペクトルから海洋スペクトル成分(1次散乱、2次散乱)を抽出し、海流と波浪(波向けと波高)を推定する技術開発を目指している(モノスタ・バイスタ)。

併せて、研究所部門ではレーダ信号処理技術の実データ評価の機会がなかなか恵まれない。

この課題への取り組みとして、2020年1月高知県安芸郡にて海洋レーダ実験を行った状況を報告する。

■ 実証実験の概要

- ・試験目的 : Helzel WERA(FMCW 24.515MHz)によるデータの取得
- ・測定期間 : 2020年1月17日～31日
- ・測定場所 : 高知県安芸郡芸西海岸(モノスタ)
桂浜駐車場、羽根岬(以上バイスタ)

2. 実験状況

目的

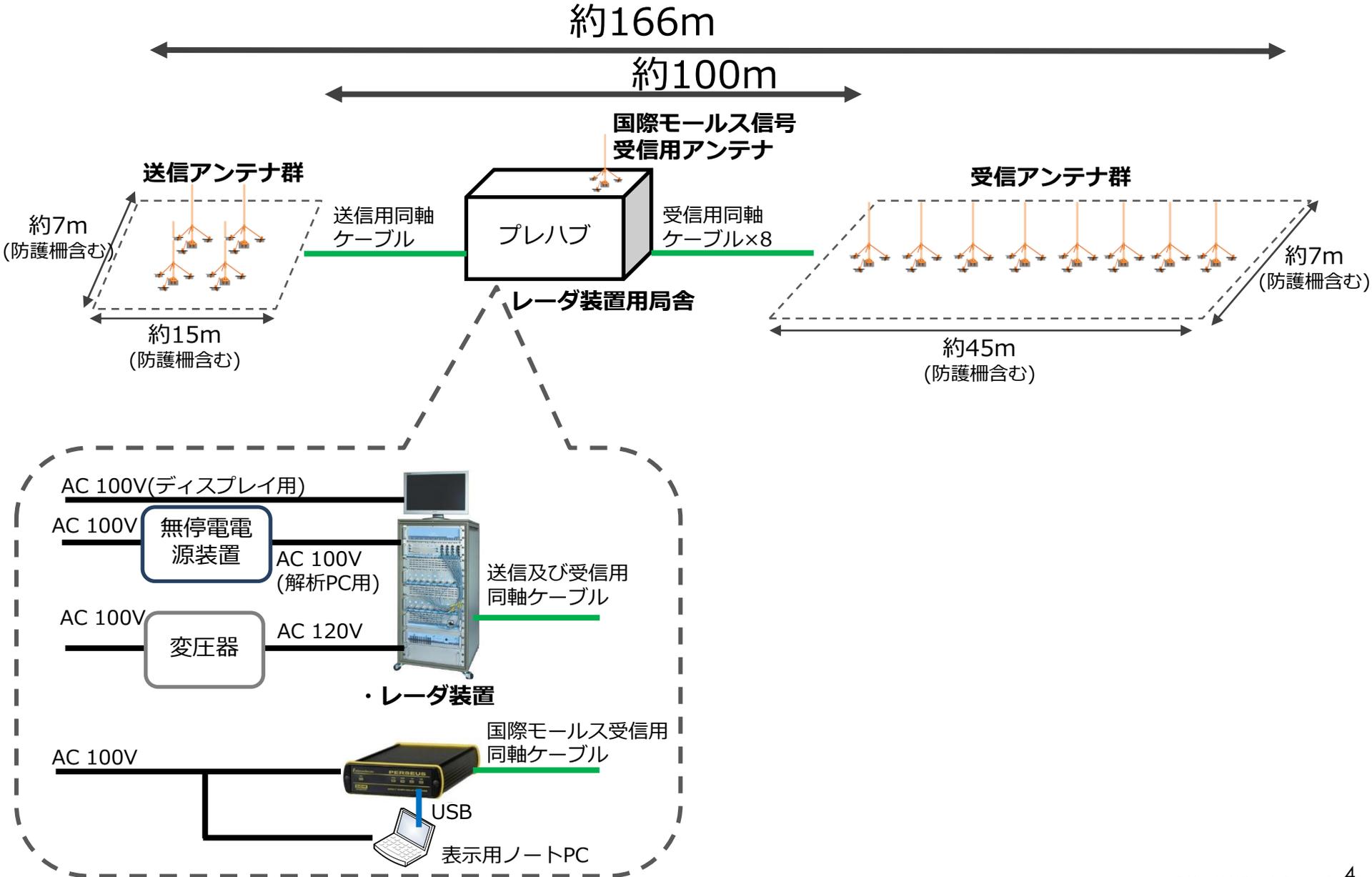
海洋レーダに今後実装を目指す信号処理方式、バイスタティック方式の原理確認

- ✓ 実験：芸西村芸西海岸周辺から電波を送信し、同場所で反射波を受信すると同時に、桂浜駐車場傍海岸または室戸市羽根町付近で受信。既設の海象計、GPS波浪計とのデータ比較。



2. 実験状況

(1) 海洋レーダーのシステム構成

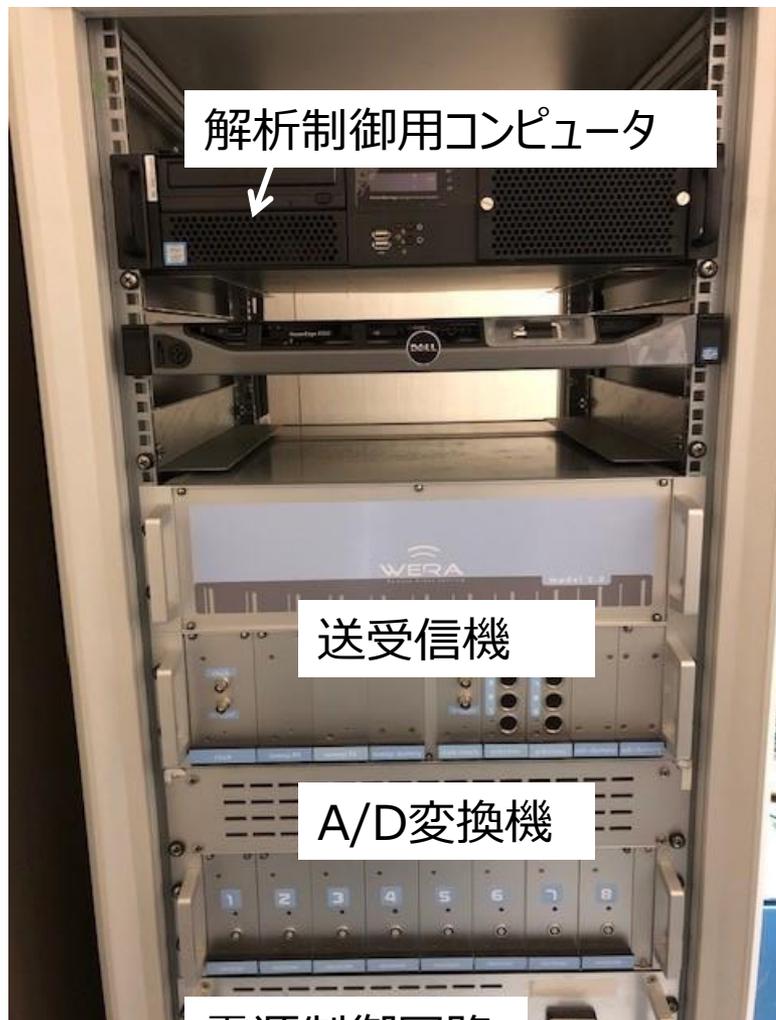


2. 実験状況 (2) 設置状況全系



2. 実験状況

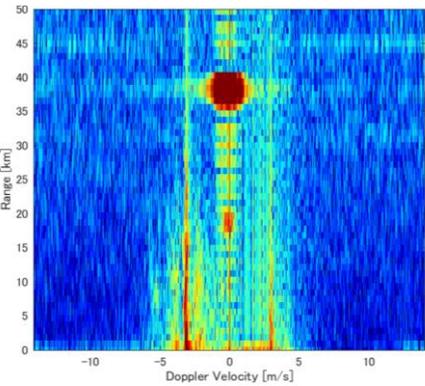
(4) 解析用プレハブ内レーダー装置



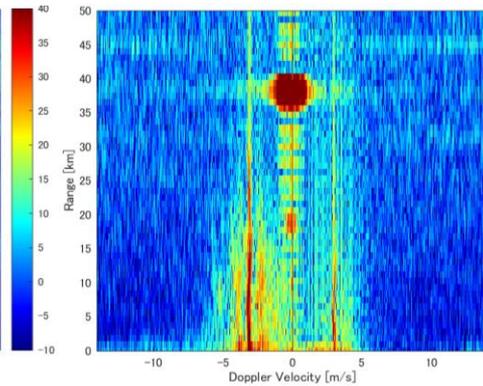
3.取得データ状況 受信信号スペクトル

2020/01/29 23:56

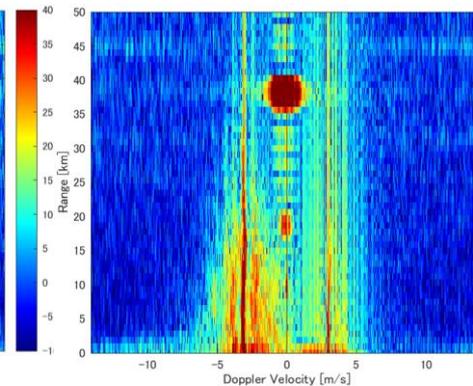
抑圧処理なし, 受信ビーム別のレンジドップラマップ(受信信号スペクトル)



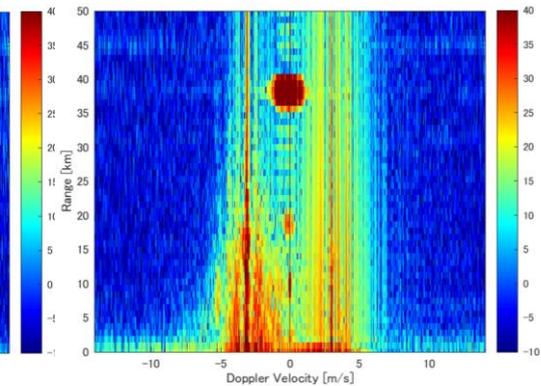
ビーム番号1



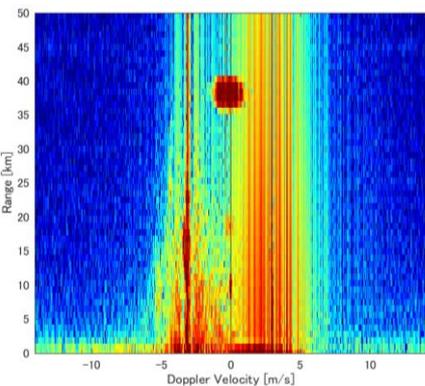
ビーム番号2



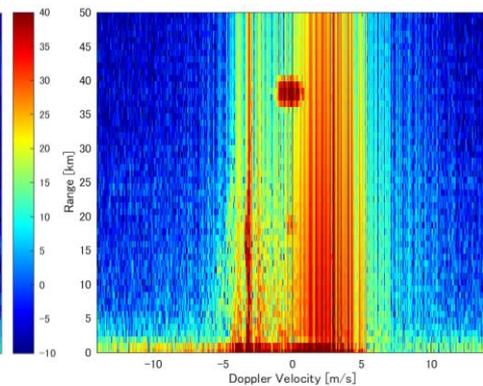
ビーム番号3



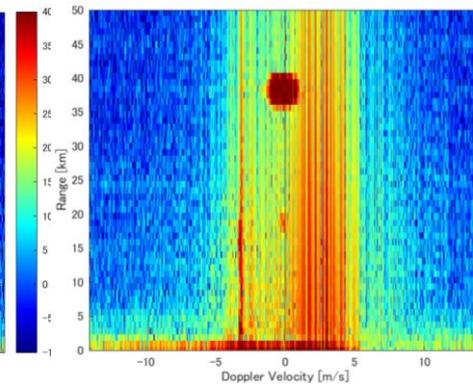
ビーム番号4



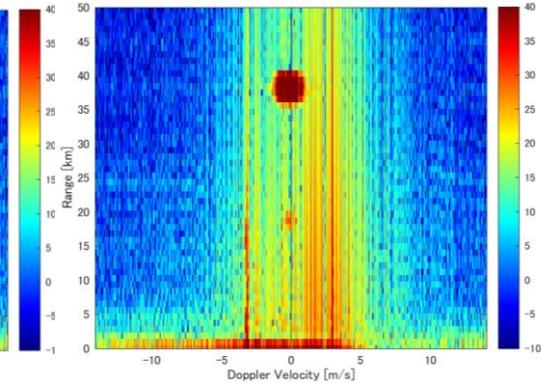
ビーム番号5



ビーム番号6



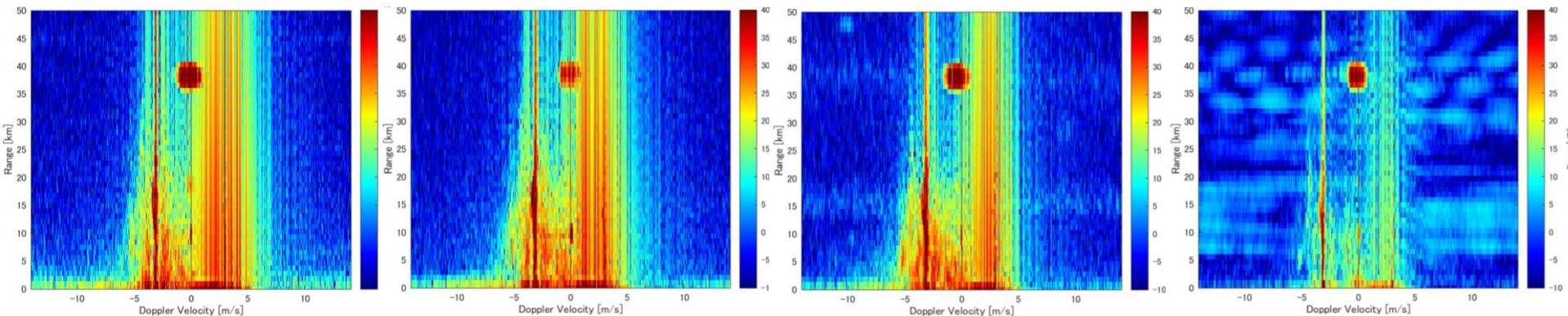
ビーム番号7



ビーム番号8

3.取得データ状況 受信信号スペクトル

ビーム番号5(抑圧処理なし):レンジトップマップ(受信信号スペクトル)時間依存性

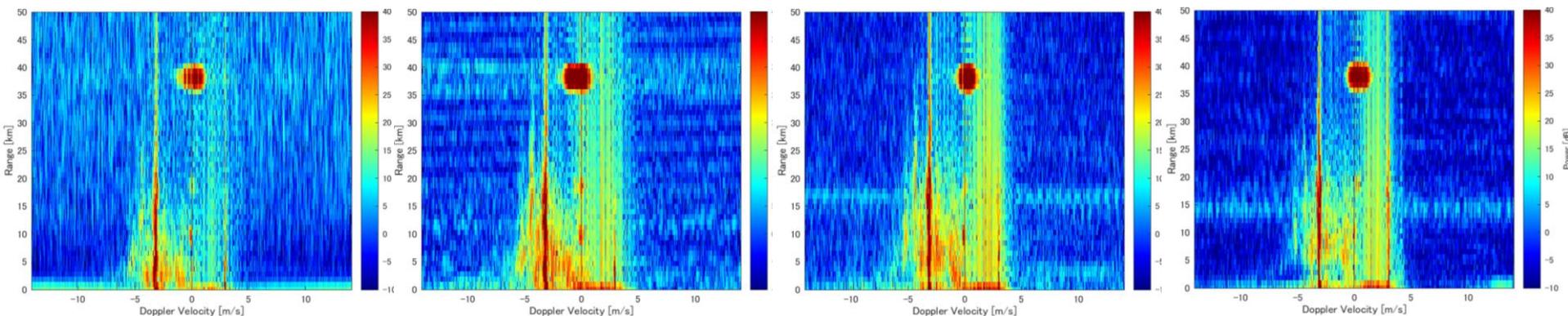


1/28 23:56

1/29 02:56

1/29 05:56

1/29 08:56



1/29 11:56

1/29 14:56

1/29 17:56

1/29 20:56

3.取得データ状況 受信信号スペクトル

2020/1/29 1:36取得 ビーム番号1

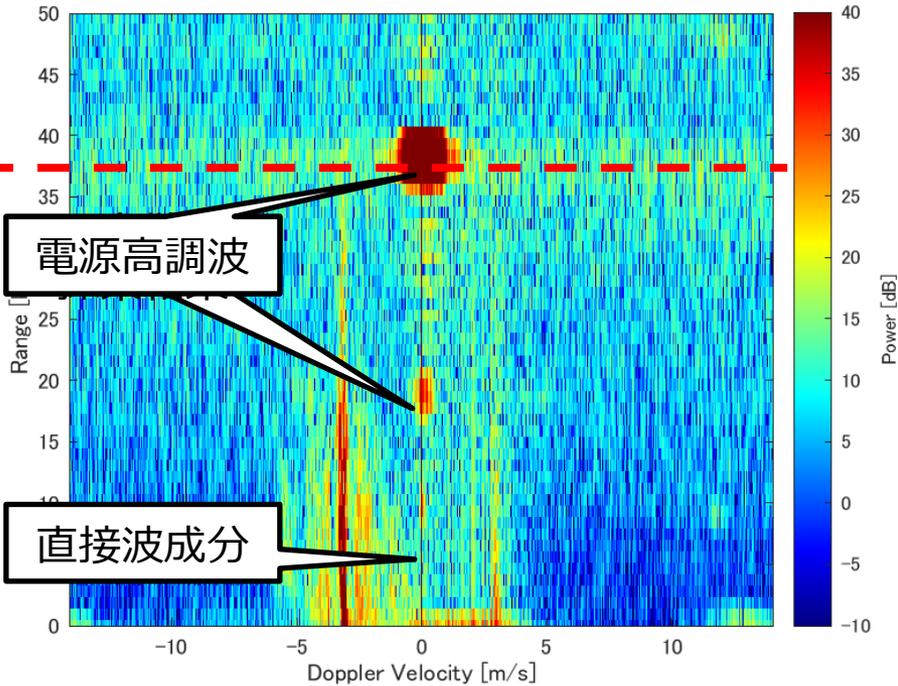


図 レンジドップラマップ

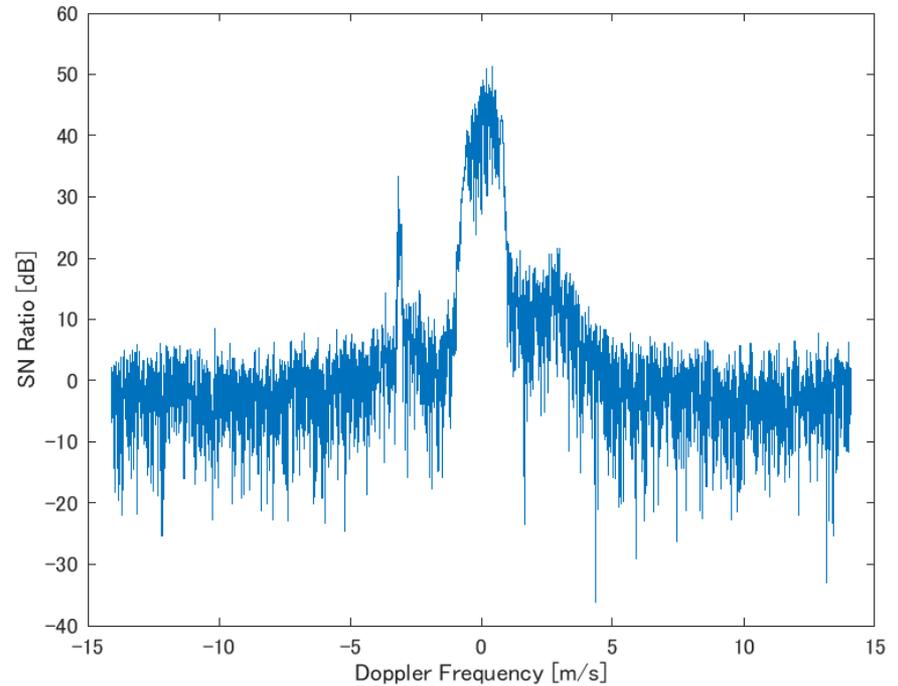


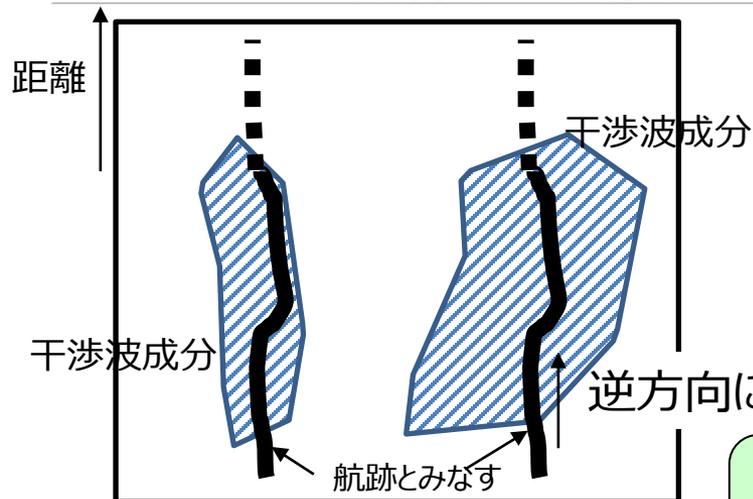
図 ドップラプロファイル

- ① 直接波・干渉波の影響を受ける
- ② ブラッグ一次散乱が弱い
(30km以遠で検知不可能)
- ③ 電源高調波が現れる

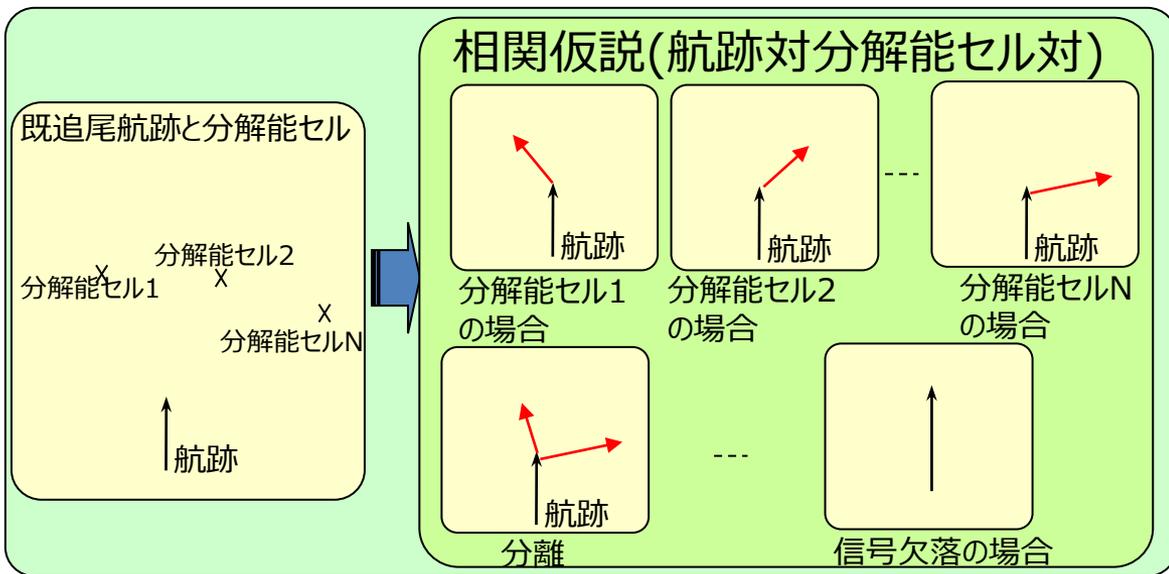
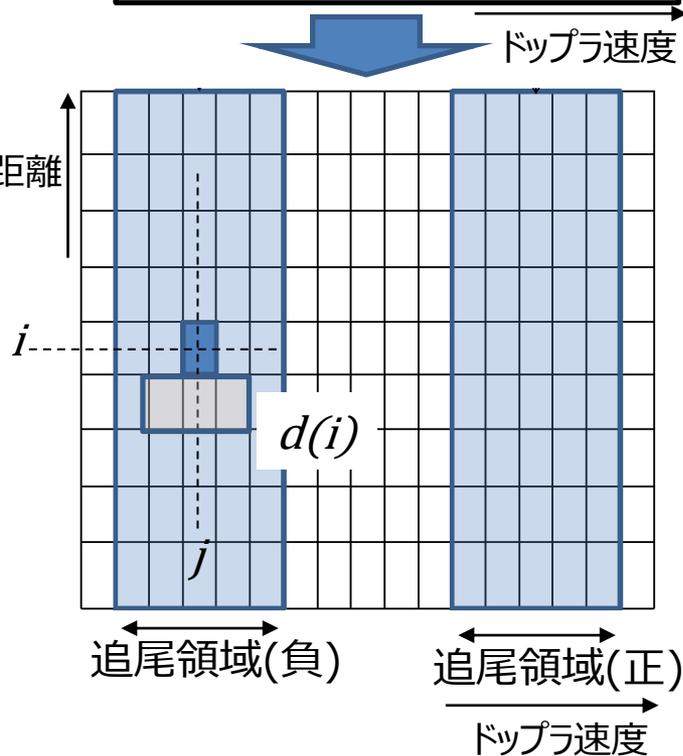
4.取得データ改善

微弱な一次散乱の抽出(多重仮説追尾)

ブラッグ一次散乱の発生周波数の変動は距離との相関があることに着目し、近距離から遠距離に至るブラッグ一次散乱の中周波数を追尾し、遠距離域でのブラッグ一次散乱を抽出する



逆方向にブラッグ一次散乱中心成分を多重仮説追尾方式により追尾



航跡にいずれの分解能セルが対応するかの複数の仮説を導き、各仮説の信頼度を算出

信頼度の最も高い仮説を現フレームの追尾結果として出力するとともに、第2位、第3位...の仮説についても、追尾処理を並行的に実行

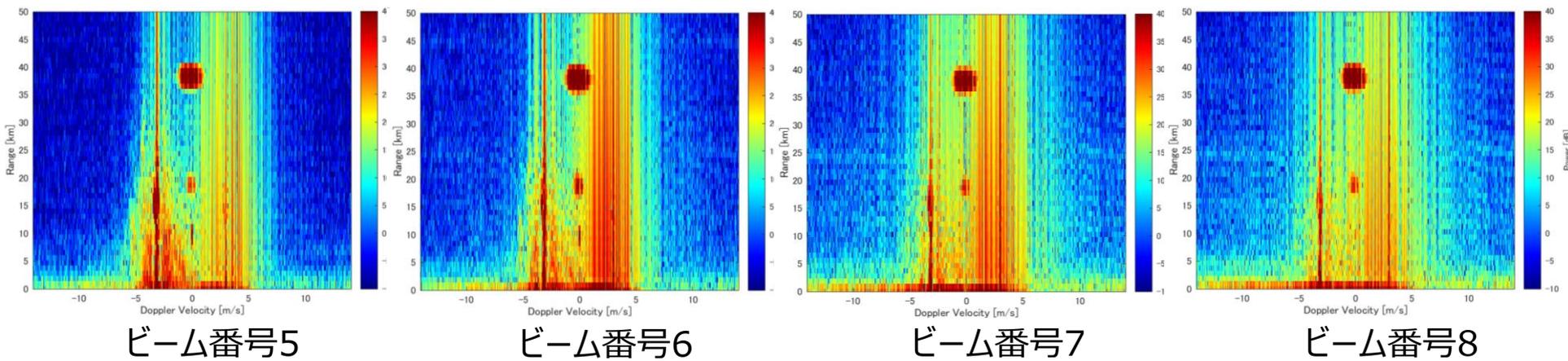
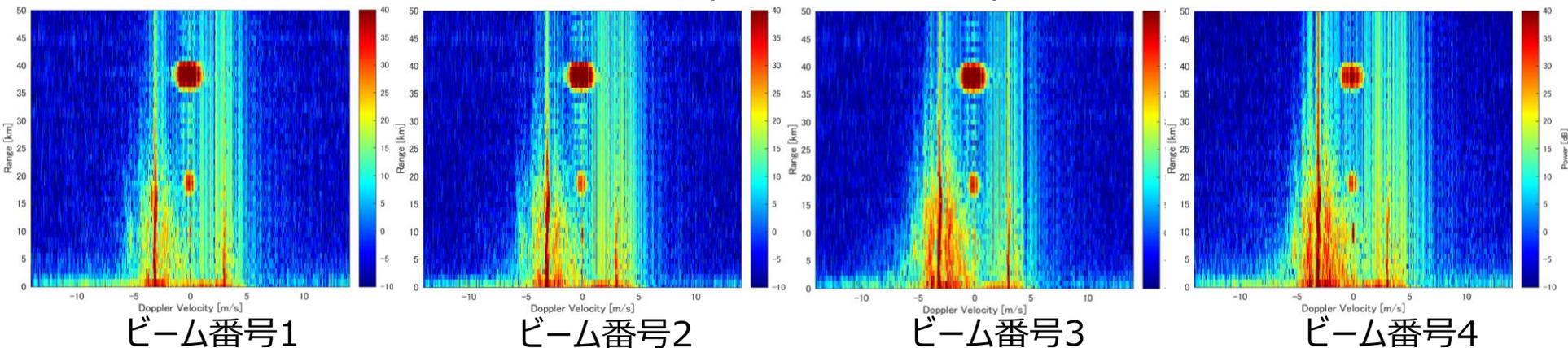
次フレーム以降のデータを得てから、必要に応じ、仮説選択統合の判断を修正

4.取得データ改善

(3)受信信号スペクトル

2020/01/29 23:56

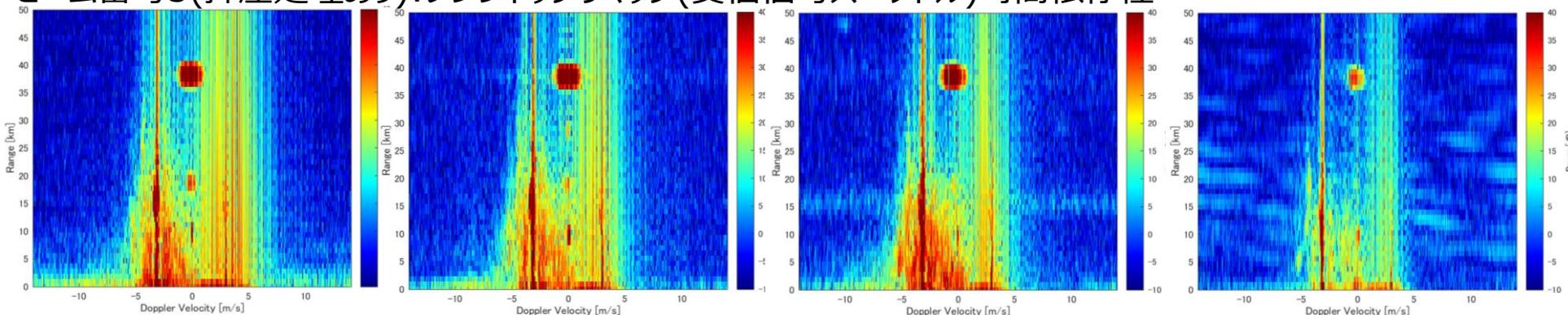
抑圧処理あり, 受信ビーム別のレンジドップラマップ(受信信号スペクトル)



4.取得データ改善

(3)受信信号スペクトル

ビーム番号5(抑圧処理あり):レンジドップラマップ(受信信号スペクトル)時間依存性

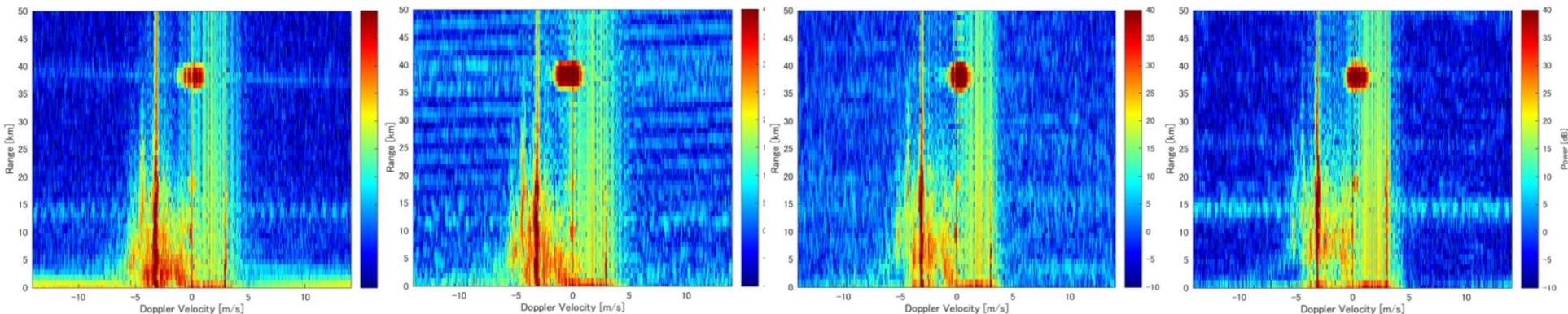


1/28 23:56

1/29 02:56

1/29 05:56

1/29 08:56



1/29 11:56

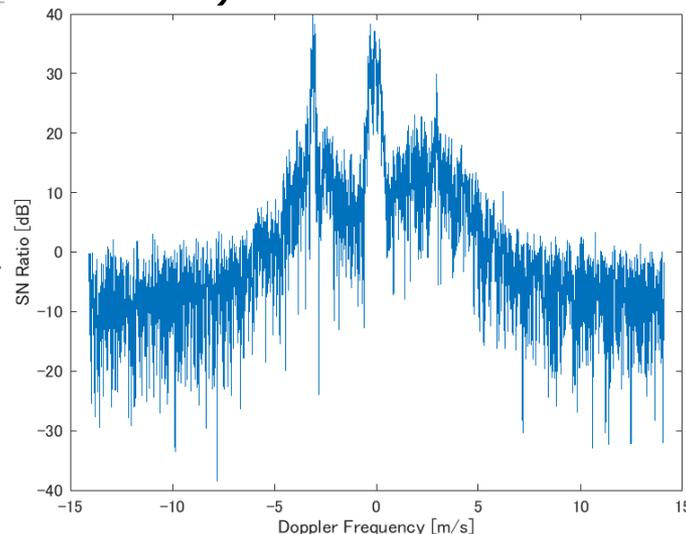
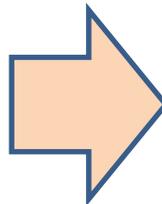
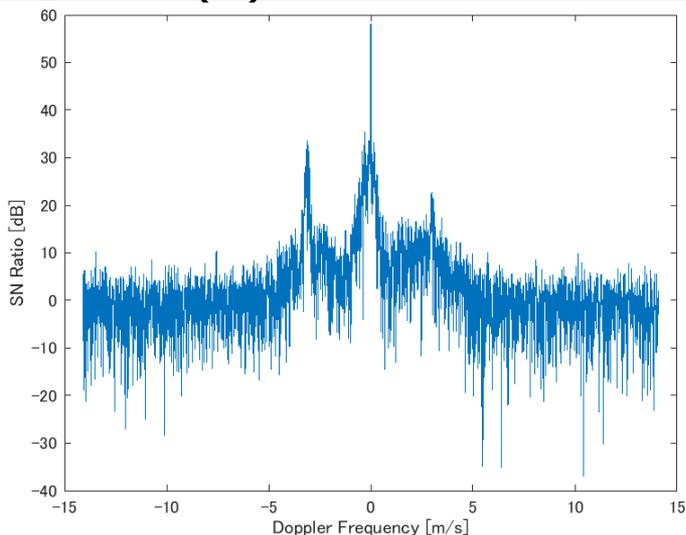
1/29 14:56

1/29 17:56

1/29 20:56

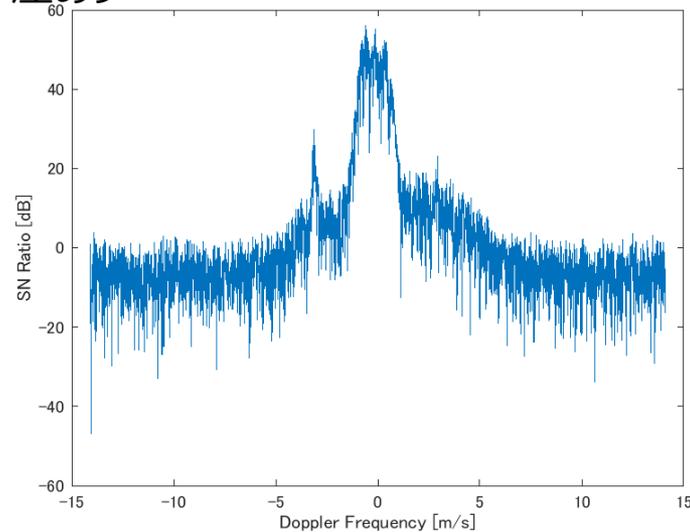
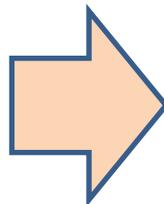
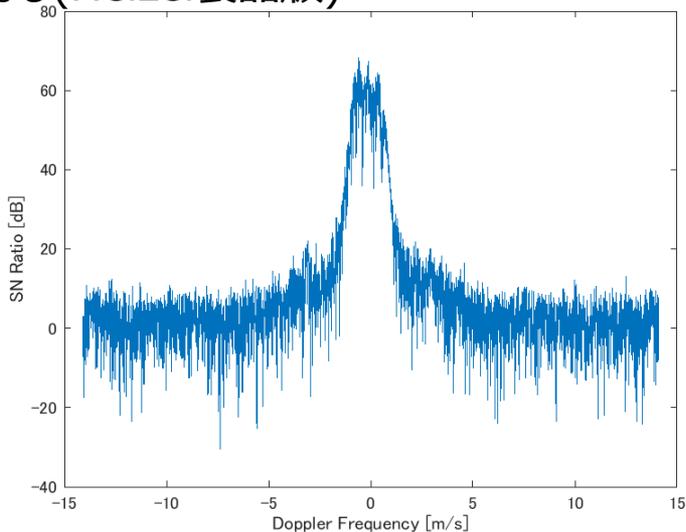
4. 取得データ改善

(3) 受信信号スペクトル(ドップラプロファイル)への効果確認



距離20[km]地点でのドップラプロファイル(1番ビーム)
抑圧なし(Helzel製品版)

距離20[km]地点でのドップラプロファイル(1番ビーム)
抑圧あり

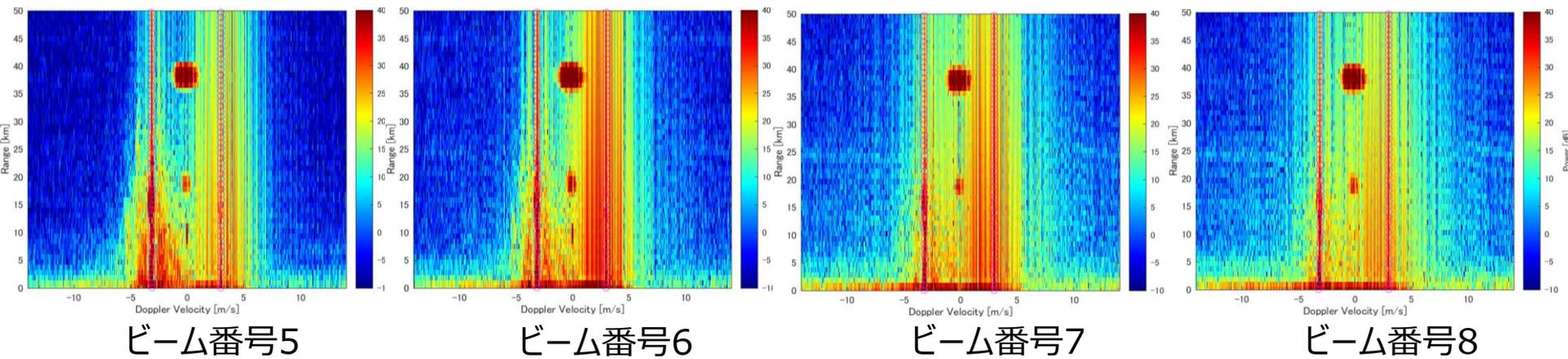
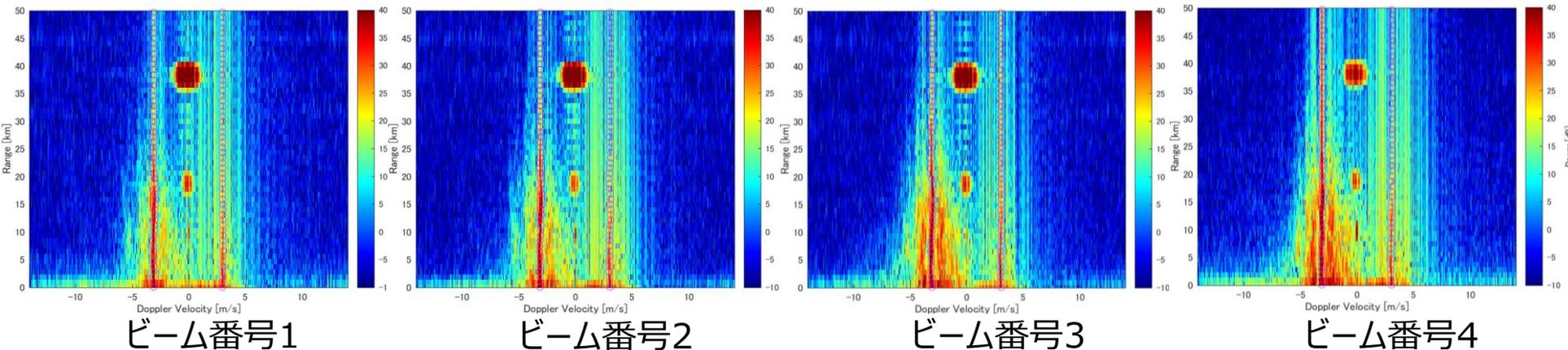


距離40[km]地点でのドップラプロファイル(1番ビーム)
抑圧なし(Helzel製品版)

距離40[km]地点でのドップラプロファイル(1番ビーム)
抑圧あり

4.取得データ改善 (3)受信信号スペクトル

抑圧処理+一次散乱抽出結果(ピンク○)



4.取得データ改善 (3)受信信号スペクトル

2020/1/29 1:36取得 ビーム番号1

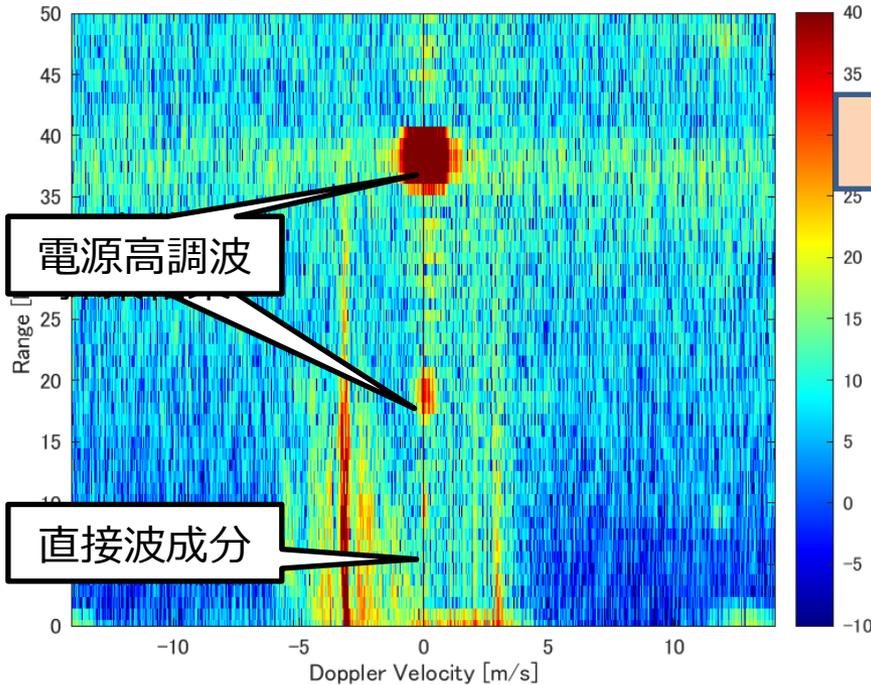


図 レンジドップラマップ(Helzel製品版)

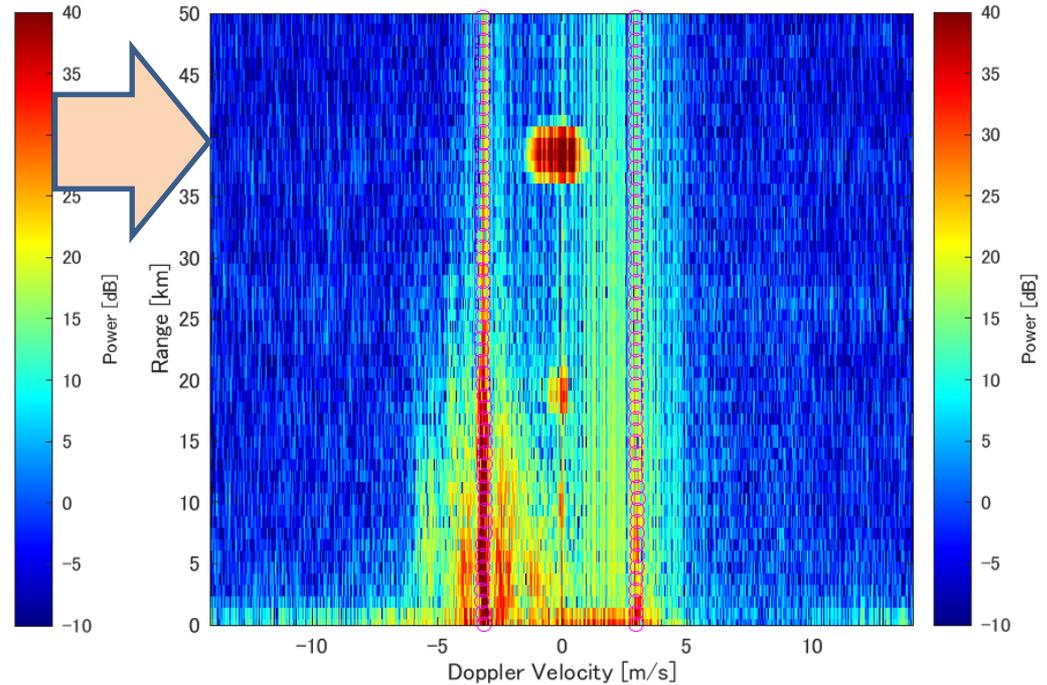
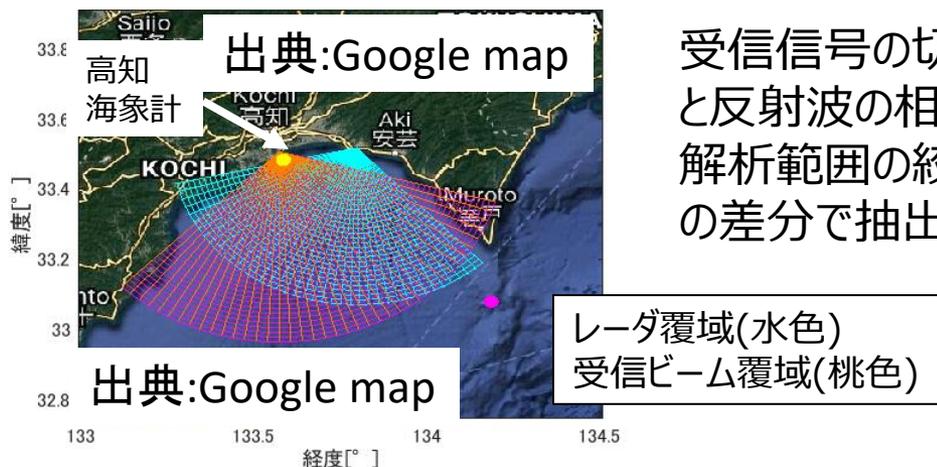


図 レンジドップラマップ(弊社処置後)

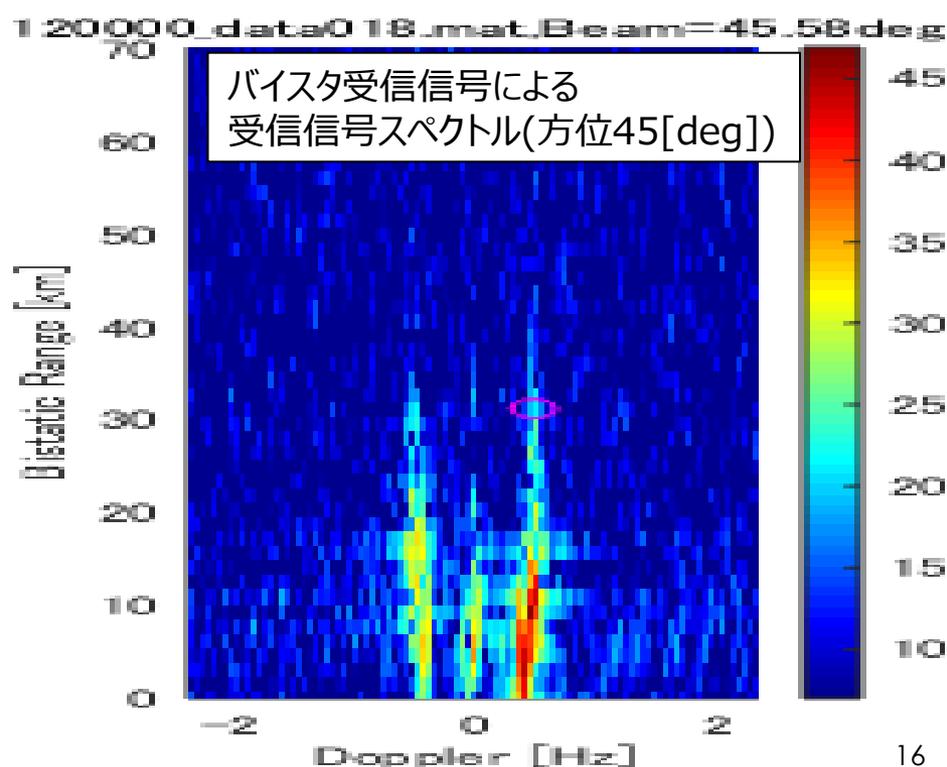
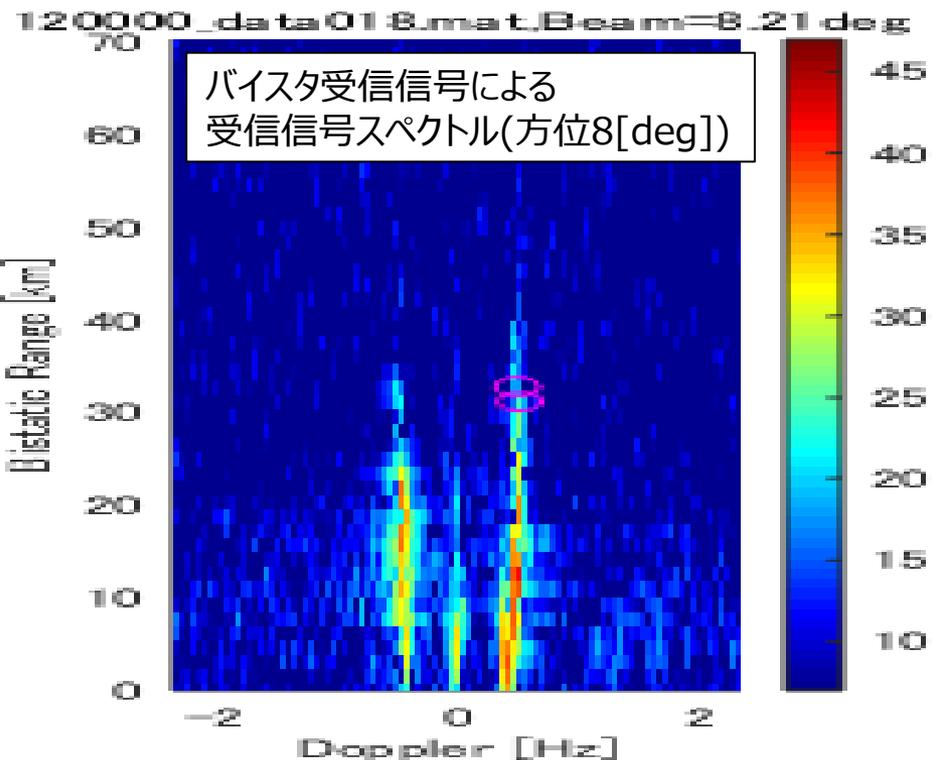
- ① **ブラッグ一次散乱が弱い⇒多重仮説処理により抽出
(30km以遠で検知不可能)**
- ② **直接波・干渉波の影響を受ける⇒感度調整型アレイ処理により抑圧を確認**
- ③ **電源高調波が現れる⇒H/W自体には問題なく試験系による不備(同軸断線)と判明**

5. 実験状況

解析状況: バイスタティック受信状況(桂浜)

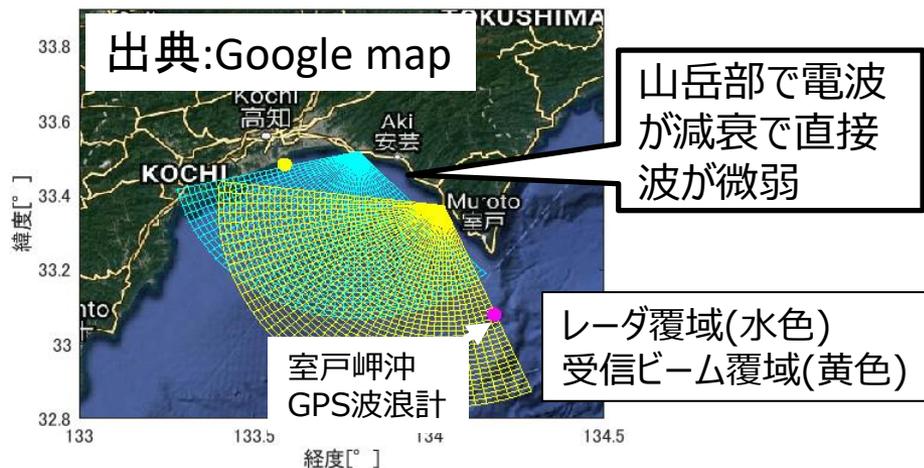


受信信号の切り出しタイミングを見つけるのに、直接波と反射波の相関を取る。
 解析範囲の絞り込み、反射波の遅延時間は直接波との差分で抽出するため直接波との相関を取った。



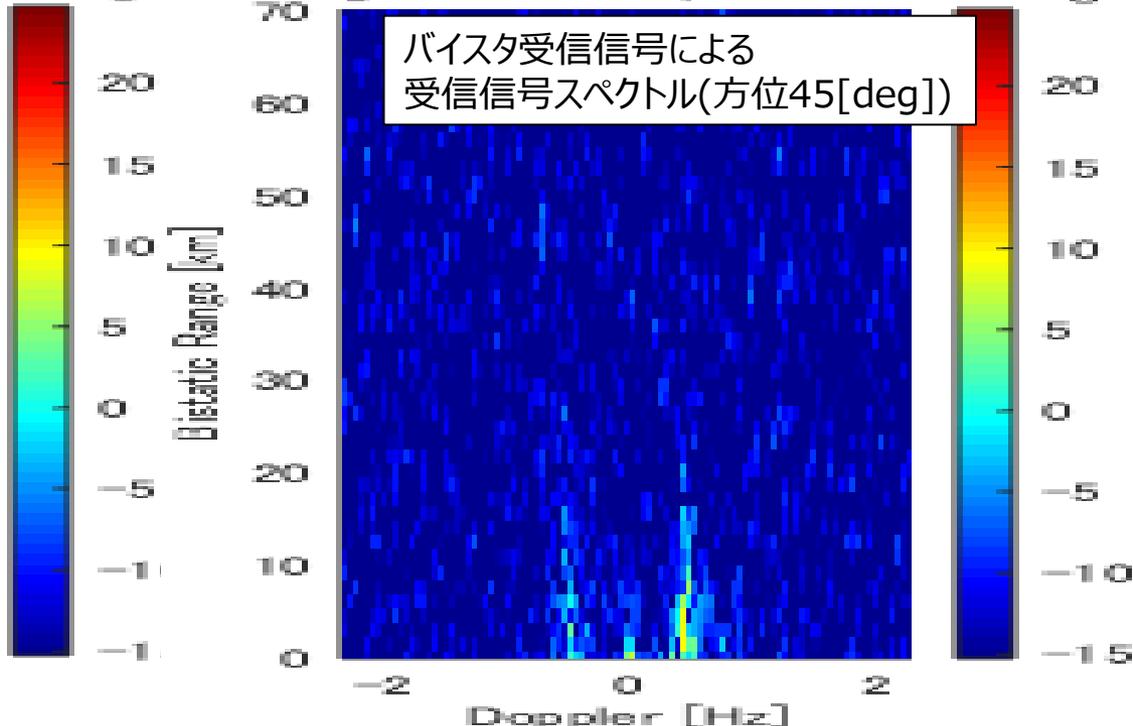
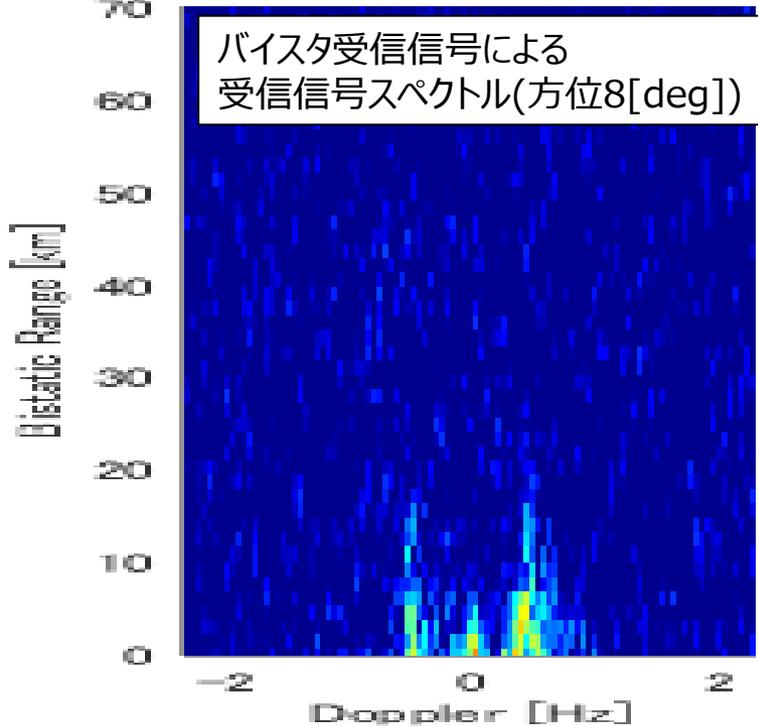
5. 実験状況

解析状況: バイスタティック受信状況(羽根岬)



桂浜に比べると羽根岬でのブラッグ一次散乱が微弱

124600_data022_mat_Beam=8.21 deg 124600_data022_mat_Beam=45.58 deg



6. むすびと今後の計画

- ・海洋レーダネットワークによる海流及び波浪推定、海洋レーダの関連技術の評価用データ取得を目的に実証実験(モノスタ・バイスタ実験)を実施
 - 用地交渉、電波申請、メーカーとの機材交渉、現地工事短期を3、4カ月で実施
 - 実験準備の準備・計画不足、データは約3日分取得で実験完
 - バイスタの信号取得が不完全、21年度実験にて再取得を予定
- ・受信信号スペクトルの改善
 - ①直接波， 干渉波の抑圧
 - ②干渉波、遠距離域での微弱信号の抽出処理
 - ⇒①②による波浪精度改善検証(データ共有化を今後加速)

今回の実験における反省(特にバイスタ)を含めて、今年度は常設相当の条件で準備中。弊社単独で解決できる課題ではなく、社外連携を強化し、設置準備、設置、データ取得と解析、ソリューション検討と進めていく

■ 実証実験の概要

- ・試験目的 : 海洋レーダー(24MHz)による海象データ(急潮監視)、移動体データ(船舶、航空機)の取得とデータ解析
- ・測定期間 : 2021年12月末～(長期計測を前提とする)
- ・測定候補地 : 室戸岬周辺に2局設置(琉球大学所有海洋レーダ)で準備中
併せて弊社試験用Helzel製海洋レーダ※を設置準備を開始
※現在、修理及び国際モールス信号送信機能改修中

