

海洋短波レーダーによるドップラースペクトル からの流速導出と冷水流入現象の解釈

中條 飛翔¹, 阿部 泰人², 金子 仁³, 佐藤喜暁³, 佐々木建一³

[1]北海道大学大学院水産科学院

[2]北海道大学大学院水産科学研究院

[3]JAMSTEC むつ研究所

はじめに

- ・ 気象津波の観測において短波レーダーの可能性の示唆
- ・ 特異的冷水現象の観測
- ・ 冷水現象時点での流れ、水温
- ・ 短波レーダーによる流速観測の現状
- ・ 本研究の目的

気象津波の観測において短波レーダーの可能性の示唆

- ①2022年1月15日13時頃（JST）トンガ沖にて大規模噴火が発生し気象津波が発生
- ②同日21時頃日本各地にが到来津波第一波が到達
- ③津軽海峡に設置された海洋レーダーと東北沖に設置されたS-netのデータ同化により津波の捕捉と津波の早期観測への可能性を示唆(Wang et al.,2023)

現状、短波レーダーのみでは津波捕捉は難しい



図1. トンガ火山噴火の様子

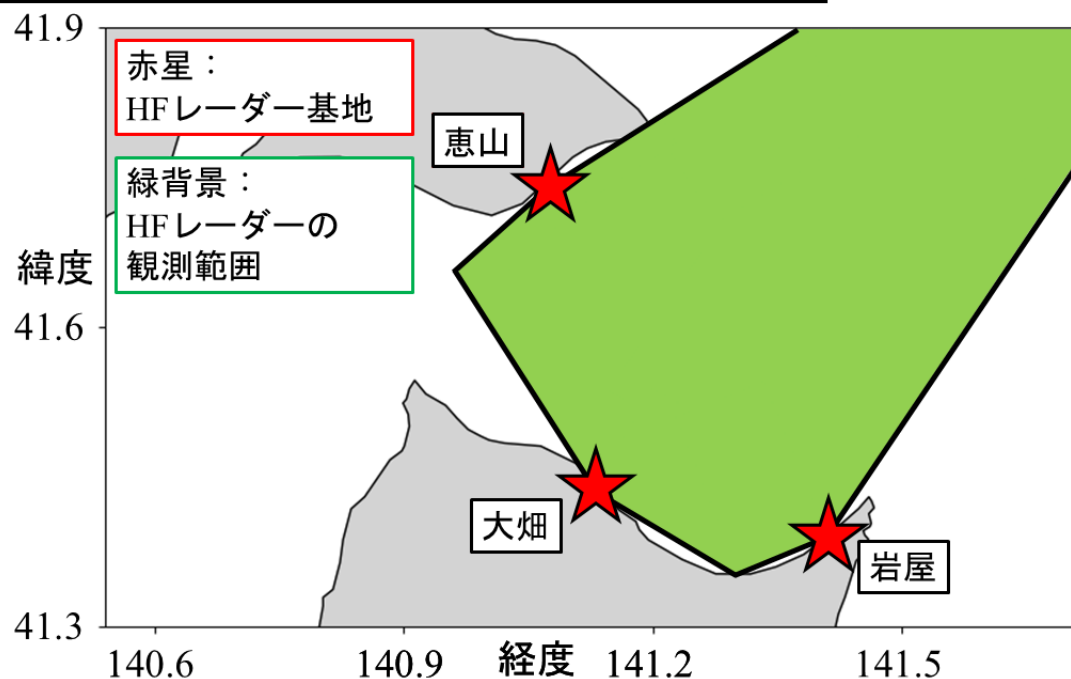


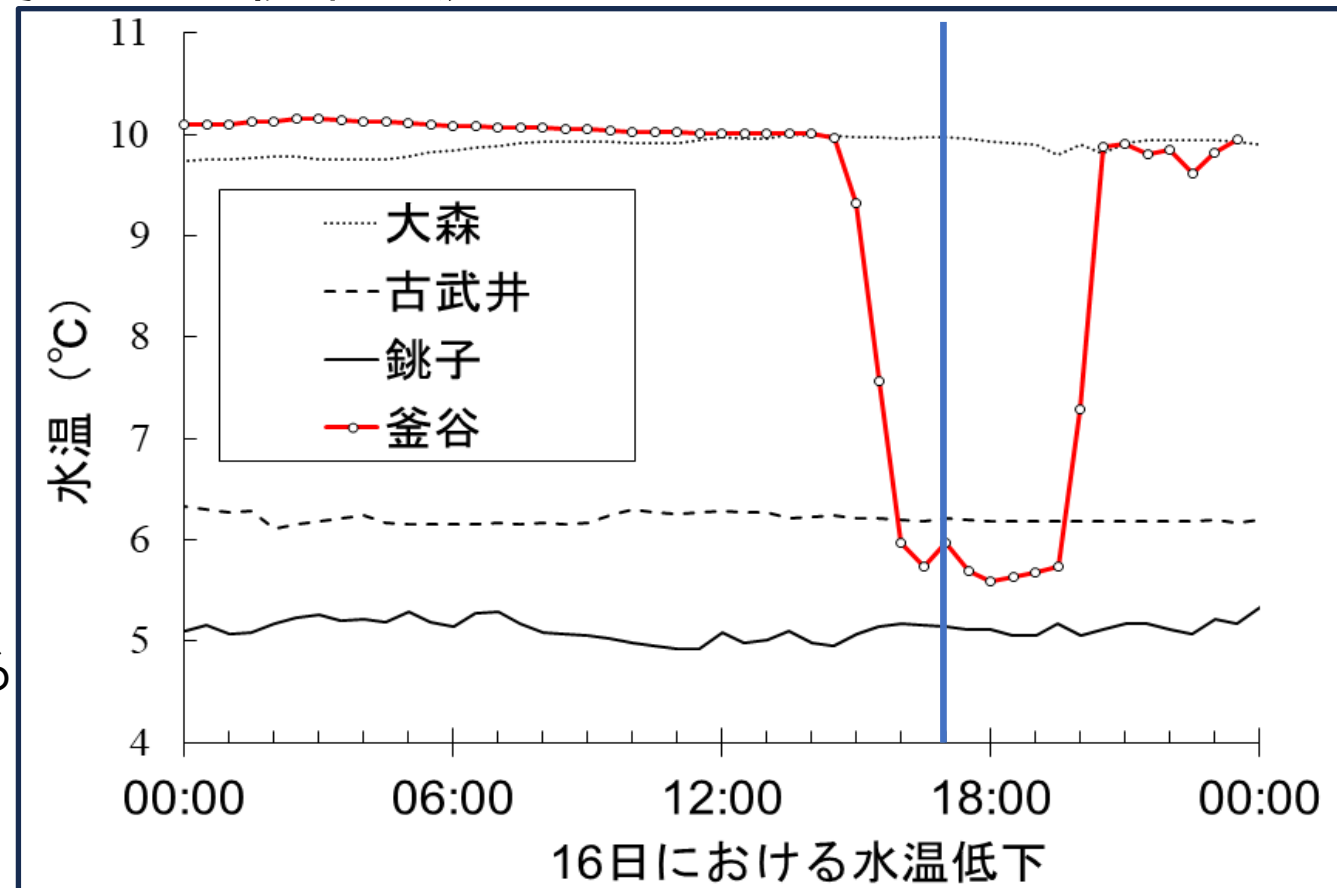
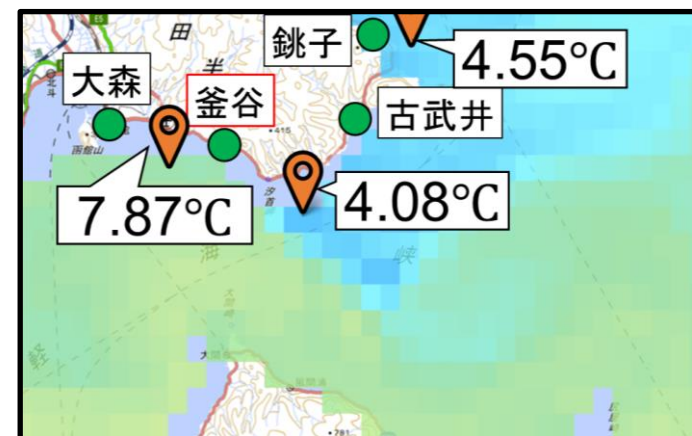
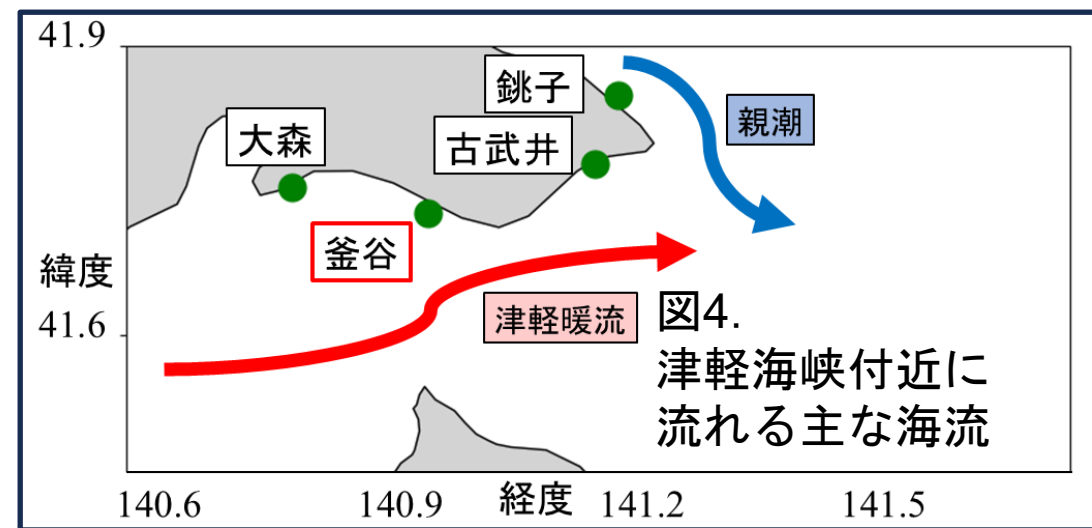
図2. 津軽海峡の短波レーダーと観測範囲



図3. S-netの敷設状況

特異的水冷現象の観測

津軽海峡に面する漁港に設置された4地点の係留系（大森、釜谷、古武井、銚子）のうち、釜谷に設置された水温計にて5度程度水温が急激に低下する特異的な冷水現象を観測。当時の海面水温から考えると親潮の流入か？



冷水現象時点での流れ、水温

冷水現象が生じはじめた16日15時の流れ、水温を示す

- ・ 短波レーダーでは、親潮の流入らしき流れは観測できず
(JAMSTECが運用・流速導出)
- ・ 再解析データを確認しても釜谷付近の水温は7.5°Cほどで乖離が見られる。

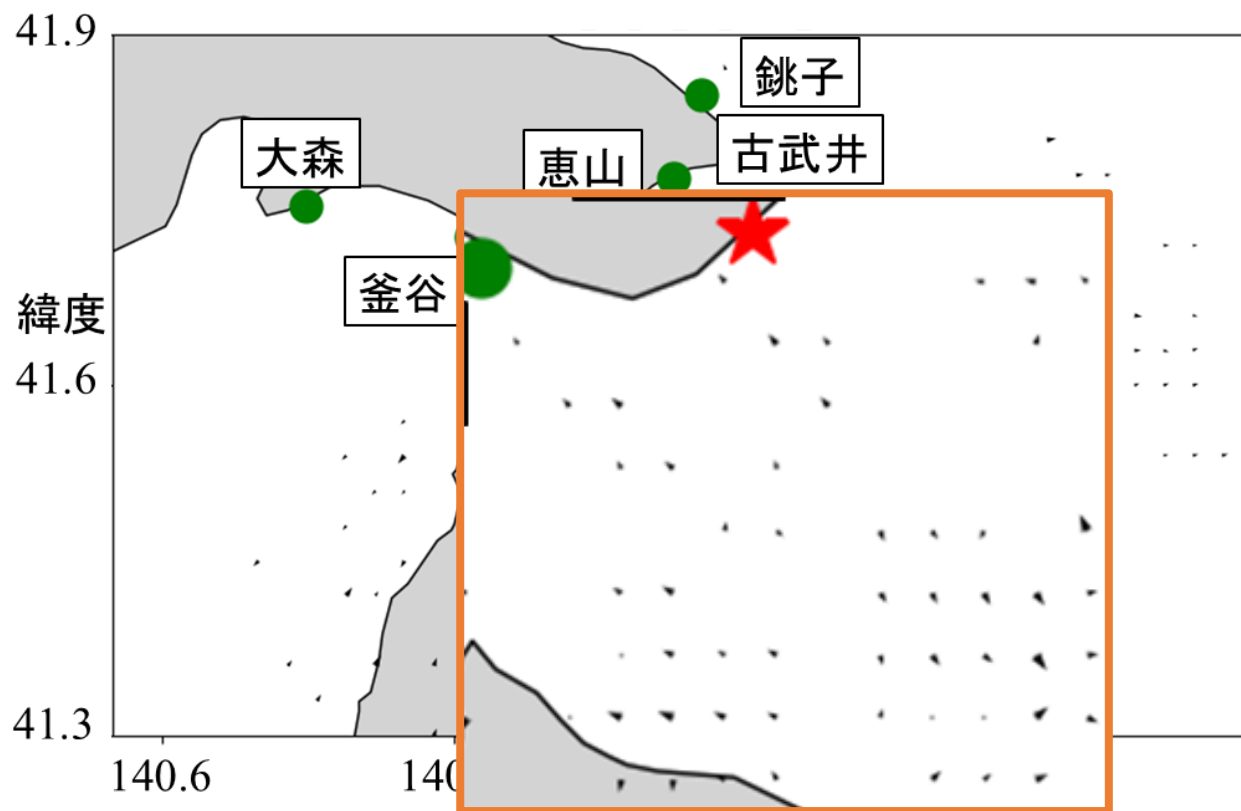


図7. JAMSTECが運用する短波レーダー（標準化プロダクト）

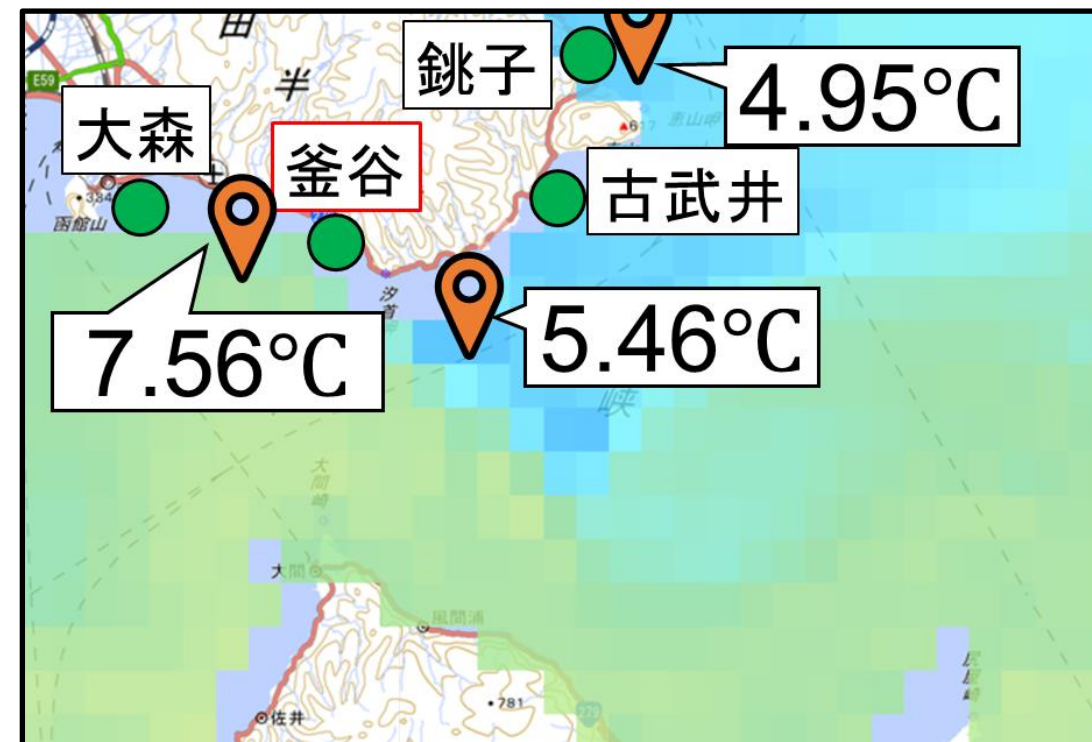


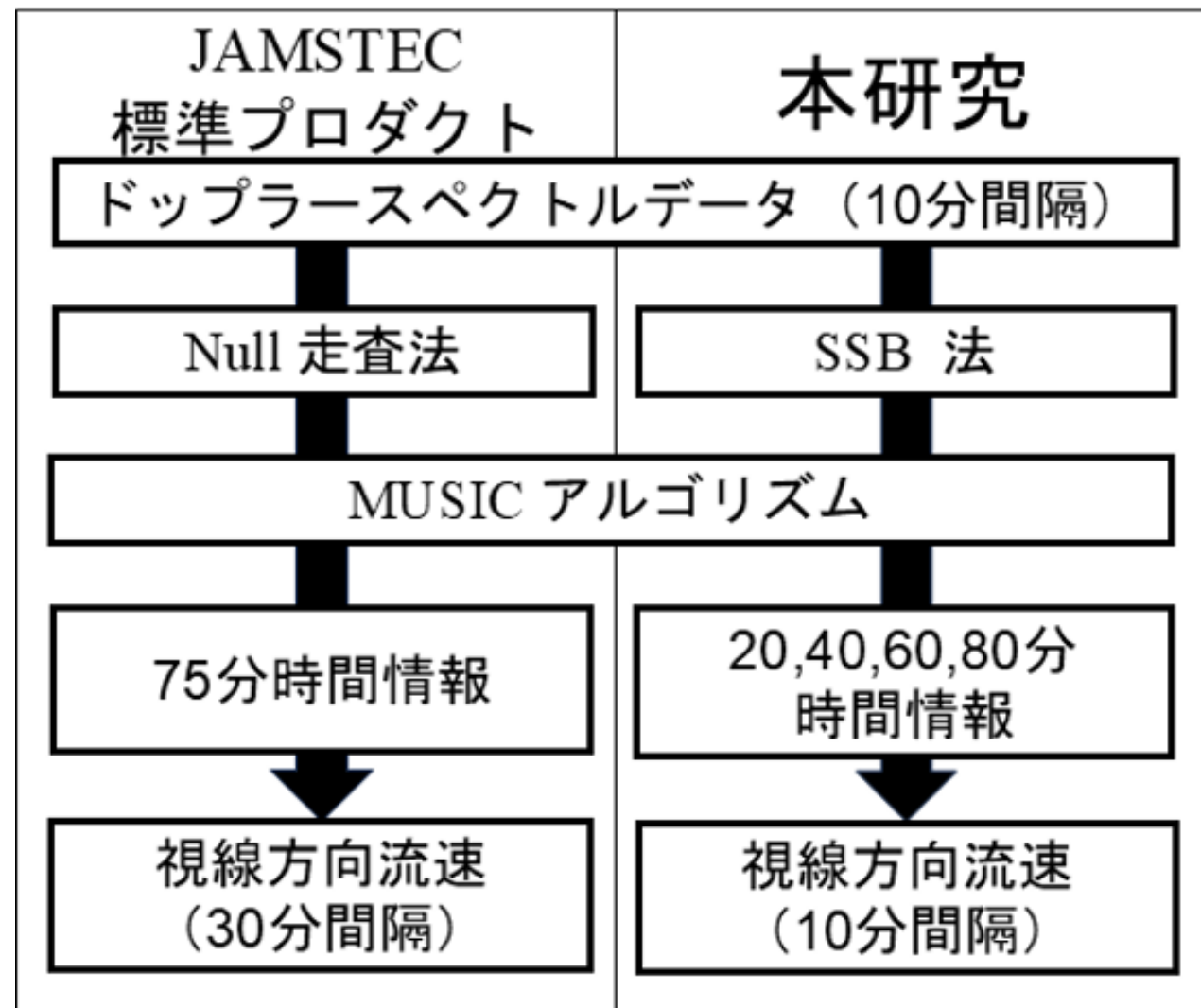
図8. 再解析データによる水深50m地点の水温（16日15時）

短波レーダーによる流速観測の現状

- ・ 津軽海峡に設置された短波レーダーは長期観測を目的とし長周期観測に適した時間間隔でデータ処理が行われている
- ・ 現状、津波や特異的水冷現象といった短周期現象の把握を目的としていない

本研究の目的

ドップラースペクトルから流速を導出することで、その過程にて短周期観測に適したデータ処理を行い、短周期変動の把握を試みる



使用するデータ

- ・ 対象海域と対象期間
- ・ 使用するデータ

対象海域

北緯41.3度～北緯41.9度、東経140.55度から東経141.72度。短波レーダーの観測点を十分に包括しており、津軽海峡東部の面的な流れを把握可能。

対象期間

火山噴火が発生した2022年1月15日から水冷現象が見られた翌16日までの2日間

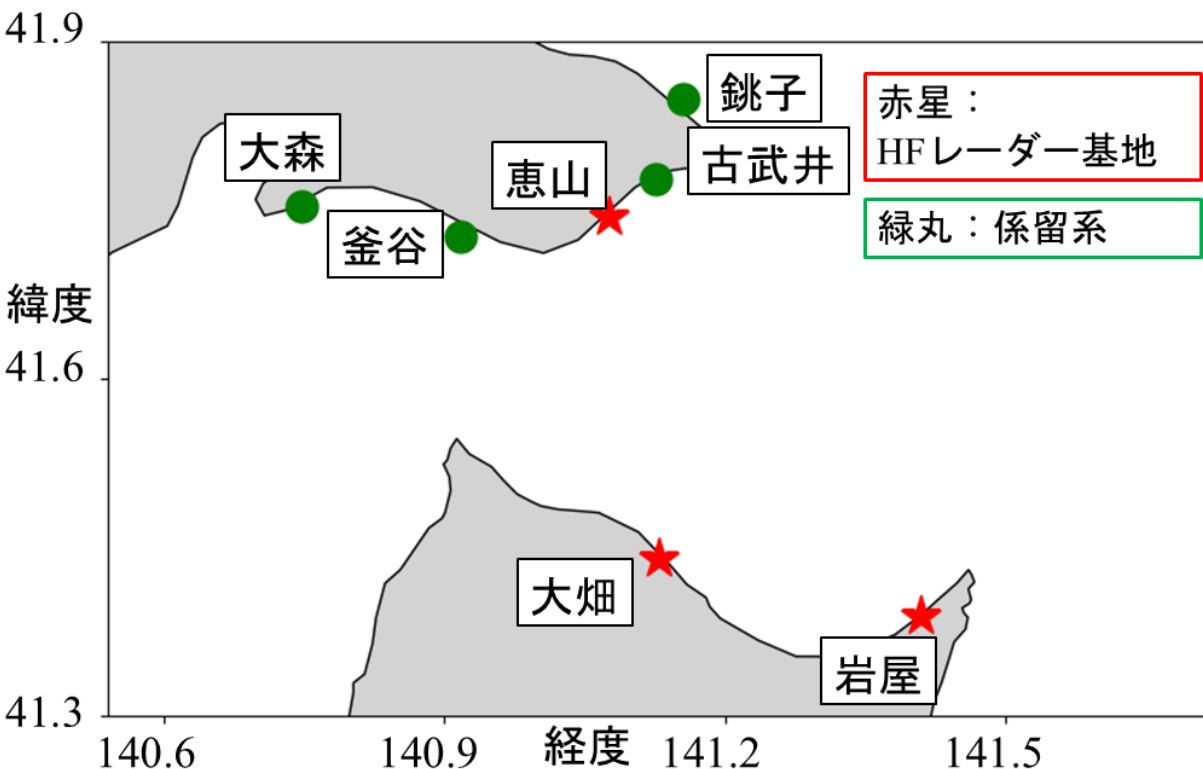
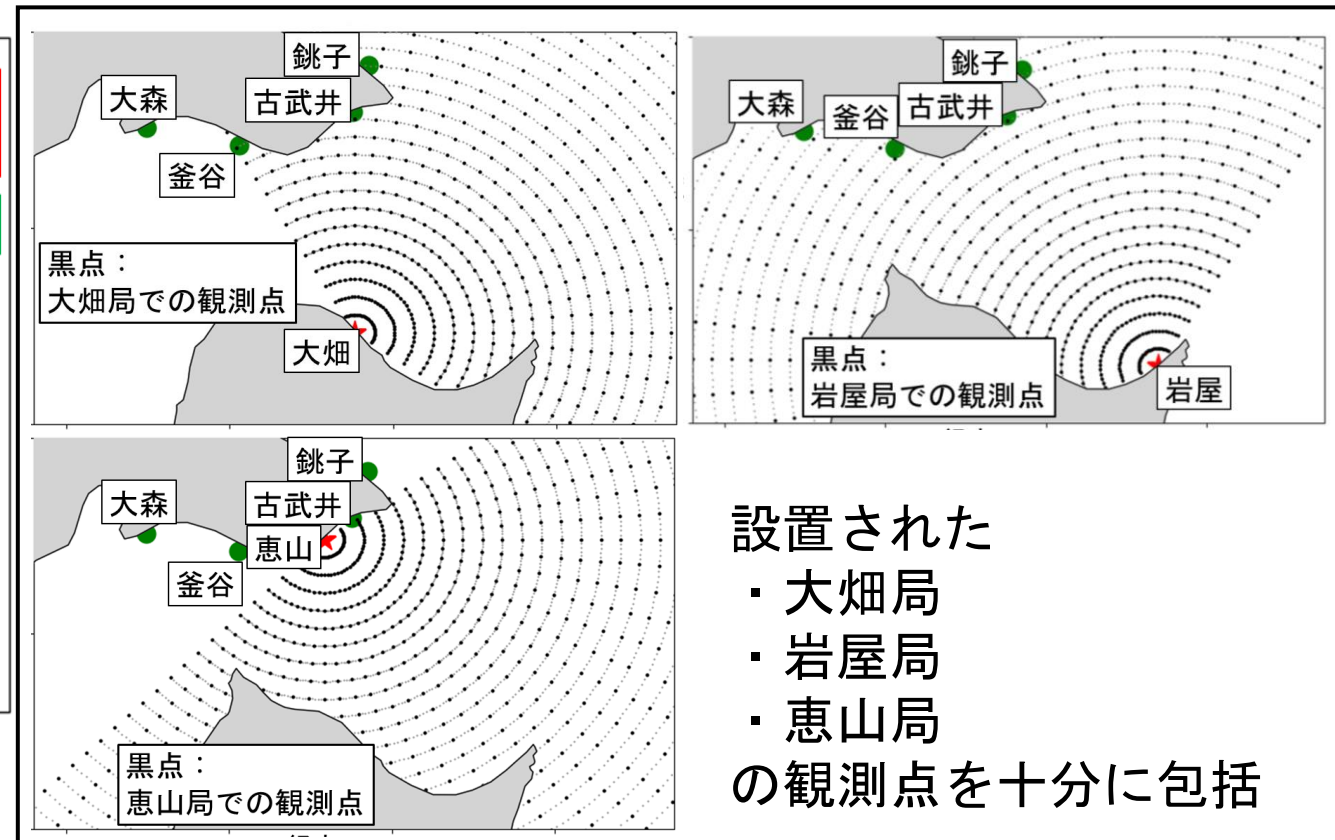


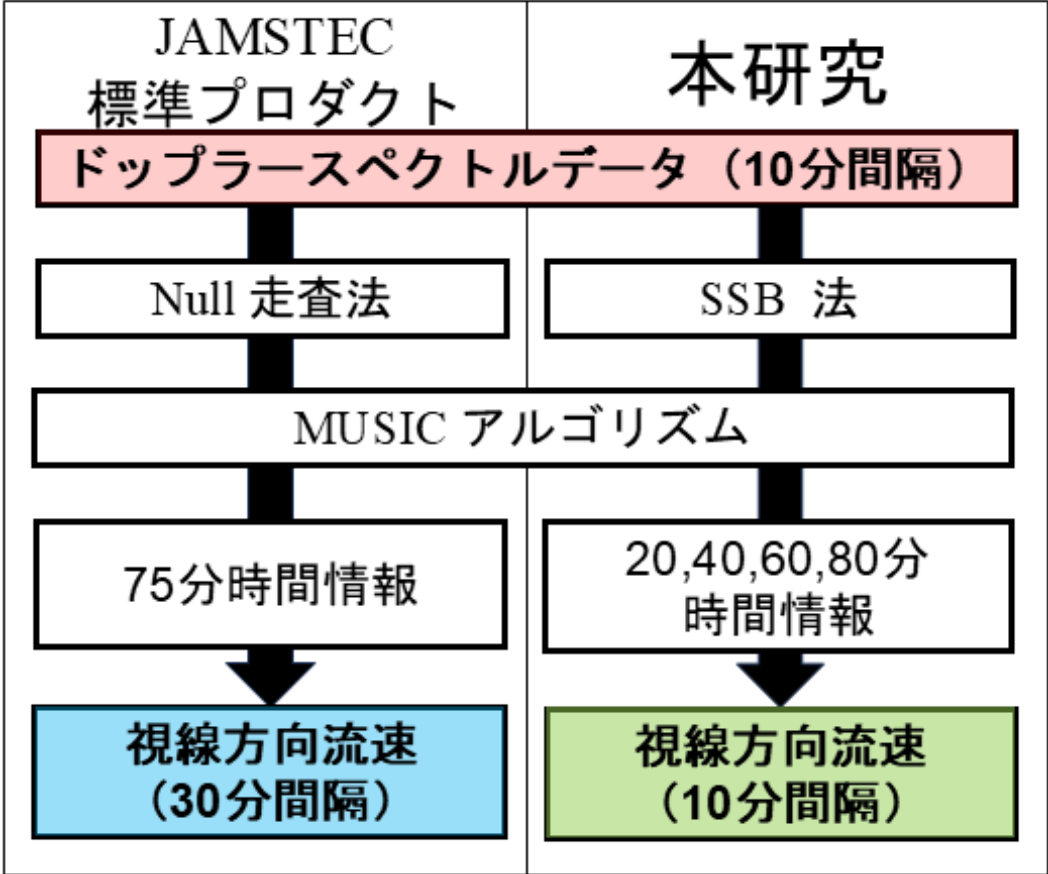
図9. 観測範囲と観測機器



使用するデータ

- ①短波レーダーから得られるスペクトルデータ
 - ②JAMSTECにより標準化された視線方向流速（以降：標準化プロダクト）
 - ③係留系により得られる水温、流速データ
- なお、スペクトルデータは解析手法を経て、最終的には視線方向流速を使用する。

データ名	データの性質	データの 間隔
スペクトル データ	各短波レーダーから 得られる ドップラースペクトル	10分
標準化 プロダクト	JAMSTECにより 解析済みの 視線方向流速（cm/s）	30分
係留系 データ	係留系から得られる 水温（℃） 流速（cm/s）	30分



解析手法

- ・ スペクトルから視線方向流速の導出

スペクトルから視線方向流速の導出

短波レーダーに内蔵される3つのアンテナ（CrossLoop2つ、Monopoleアンテナ1つ）からそれぞれスペクトルが得られる。

また、短波レーダー基地から一定間隔の距離にてそれぞれスペクトルが得られる

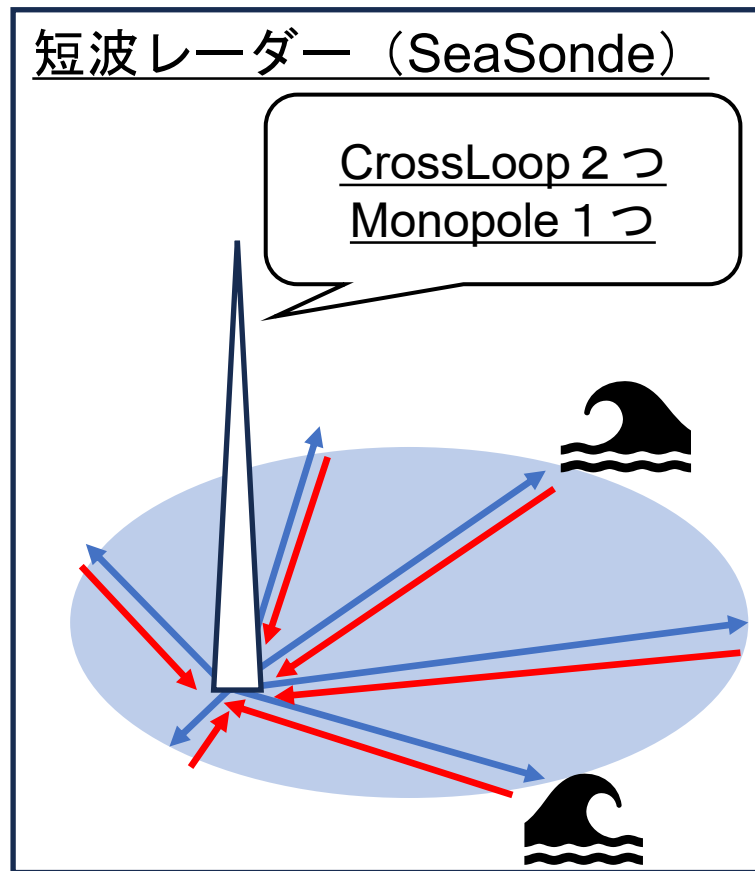


図10. SeaSondeの仕組み

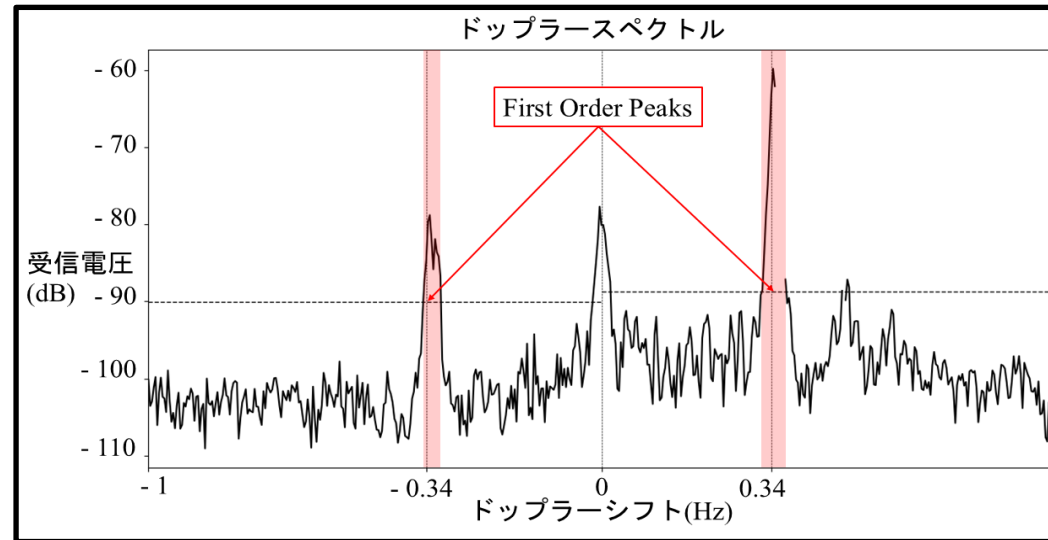
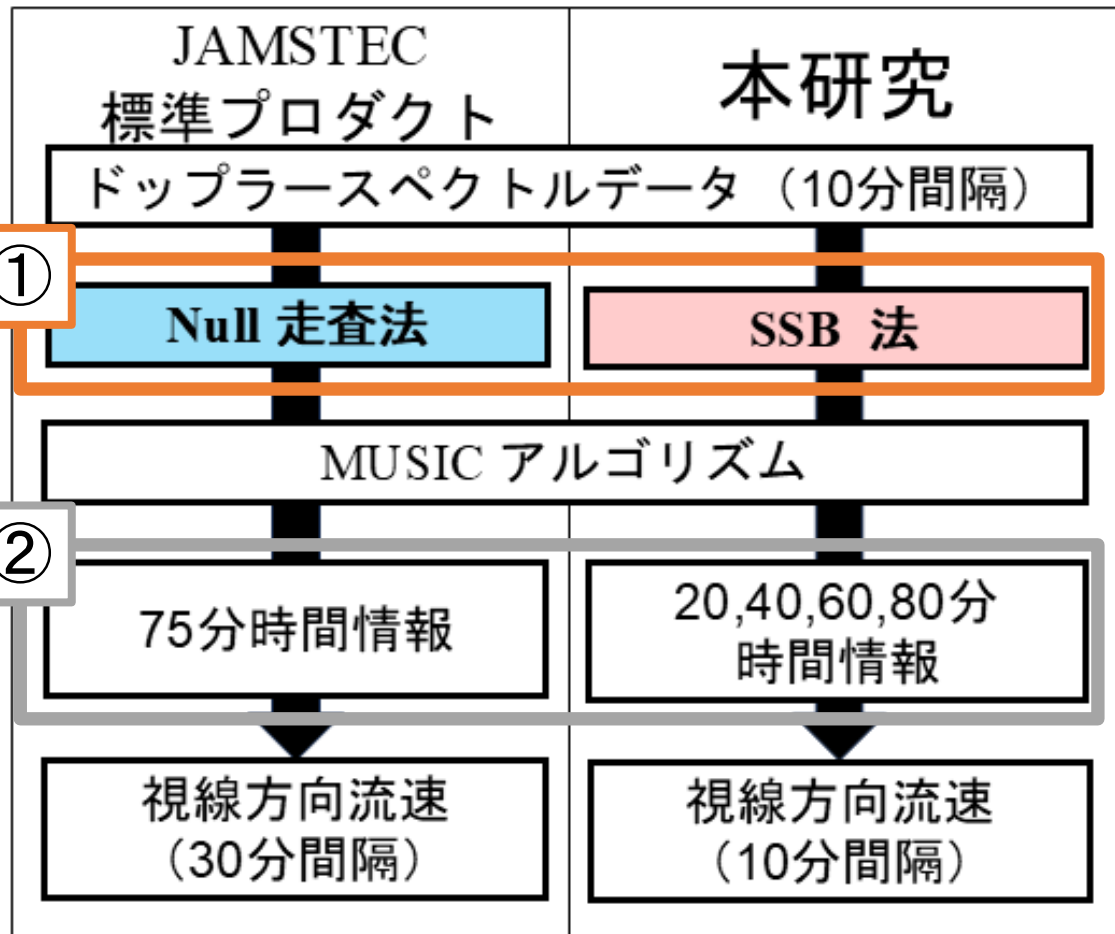


図11. CrossLoopAntenna1、9kmにおけるスペクトル図

スペクトルから距離は分かるが、波の到来方向は分からない
Bragg後方散乱により生じるFirst Order Peaks（FOPs）を
基にある距離における視線方向流速（方位・流速）を導出
→FOPsの決定手法も重要

スペクトルから視線方向流速の導出

- ①視線方向流速導出に使用するデータの欠落が生じにくい手法を採用
- ②現状、視線方向流速導出に使用するスペクトル情報が75分と長時間のため、短時間（20、40、60、80分）へ変更



①FOPsの決定

特にFOPsが二股になったりする場合、Null走査法と比べSSB法はデータの欠落を生じにくい

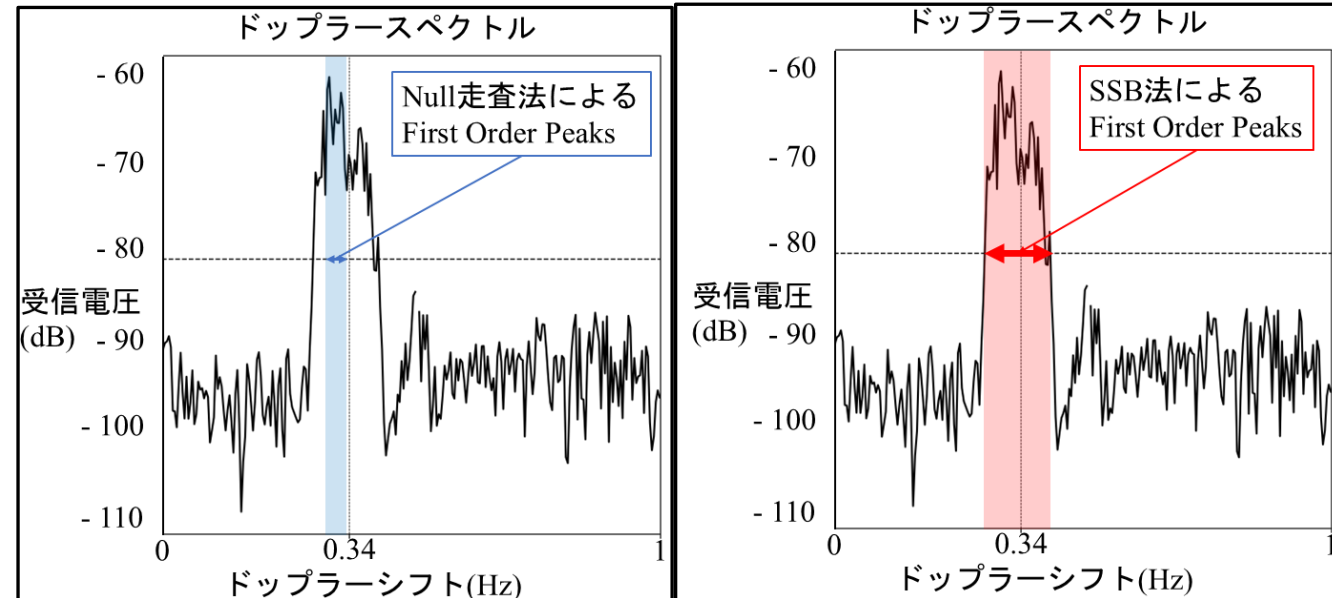
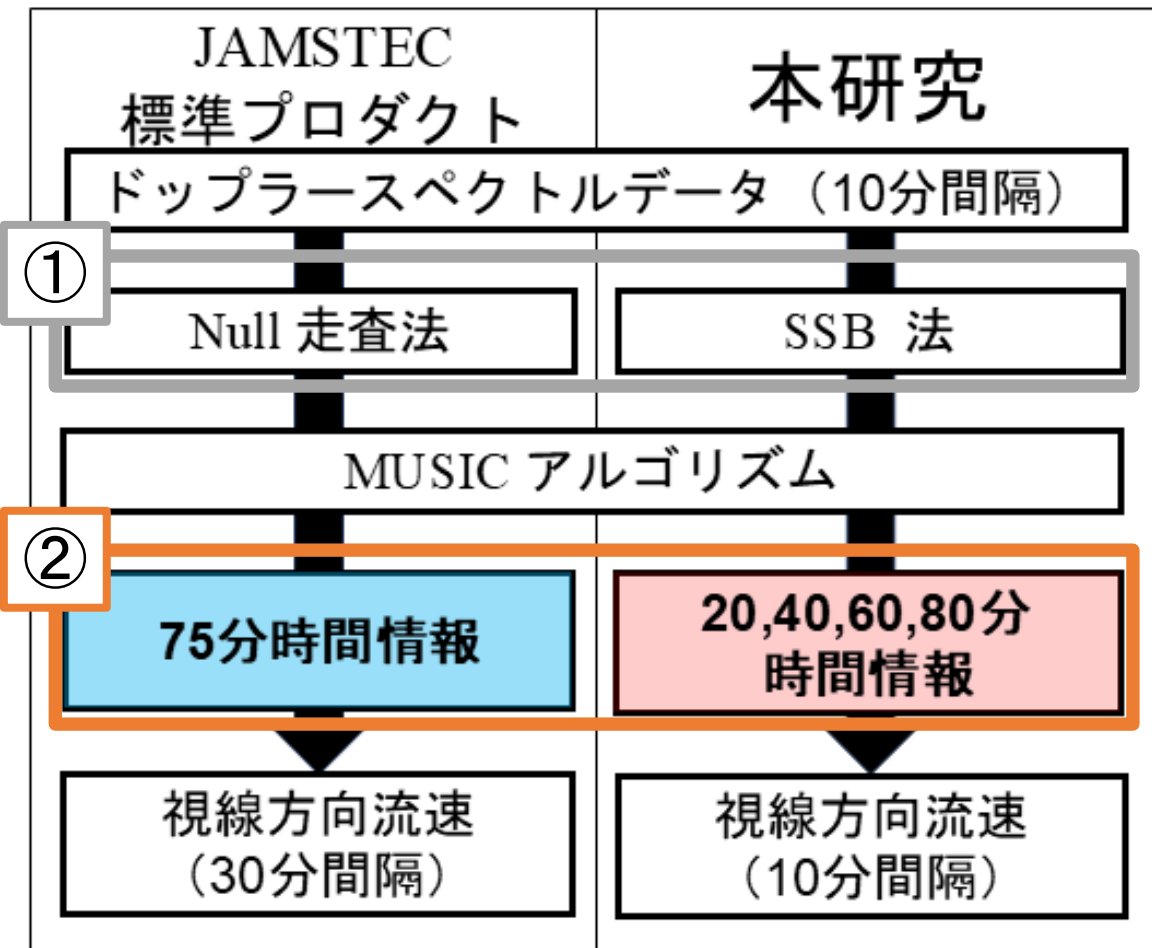


図12. Null走査法とSSB法によるFOPsの範囲の違い
CrossLoopAntenna1、24kmにおけるスペクトル図

スペクトルから視線方向流速の導出

- ①視線方向流速導出に使用するデータの欠落が生じにくい手法を採用
- ②現状、視線方向流速導出に使用するスペクトル情報が75分と長時間のため、短時間（20、40、60、80分）へ変更

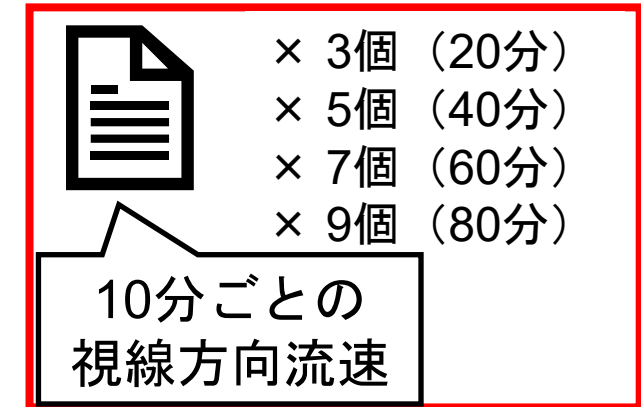
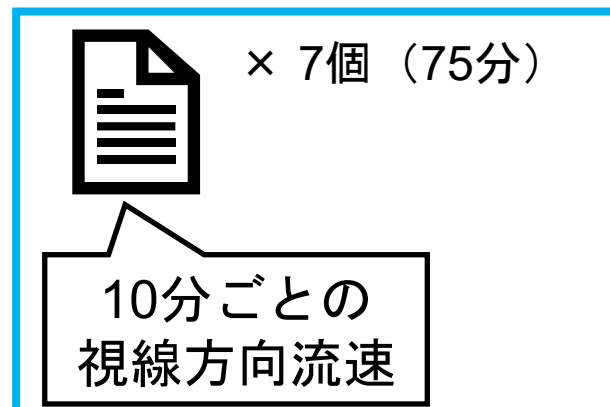


MUSICアルゴリズム

MUSICアルゴリズムから方位角を、ドップラーシフトから速さを求め、10分ごとの視線方向流速を求める

②時間情報を短くし、短周期の変動を捕捉

10分ごとのデータ情報情報を複数時間用いてデータの平滑化を行う



30分、10分ごとの視線方向流速が導出される

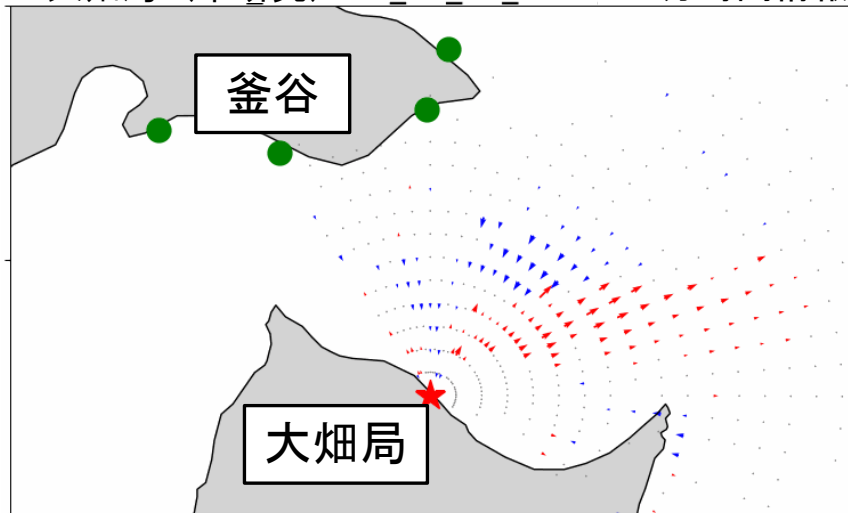
結果

- ・ 各短波レーダーにおける視線方向流速の導出
- ・ 恵山局に着目した視線方向流速の変化
- ・ 合成流の算出による面的な流れ場の把握

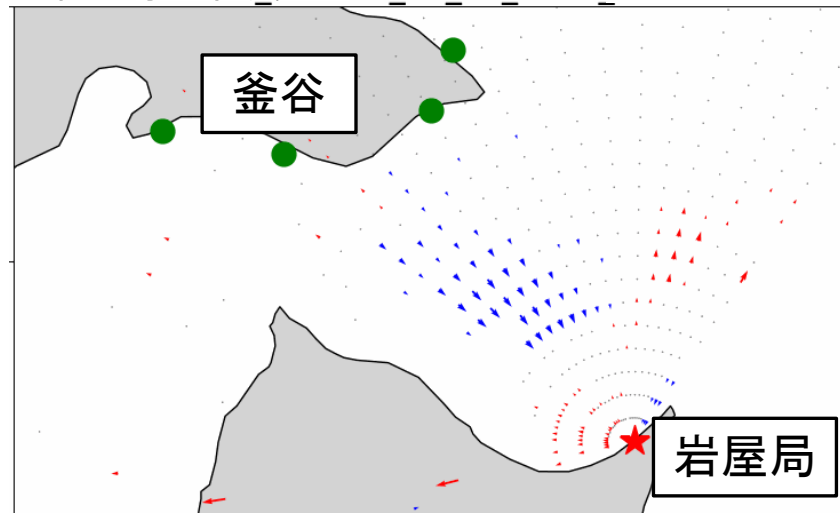
各短波レーダーにおける視線方向流速の導出

冷水現象が観測できた時刻付近である16日12時～22時を10分ごとに示す。

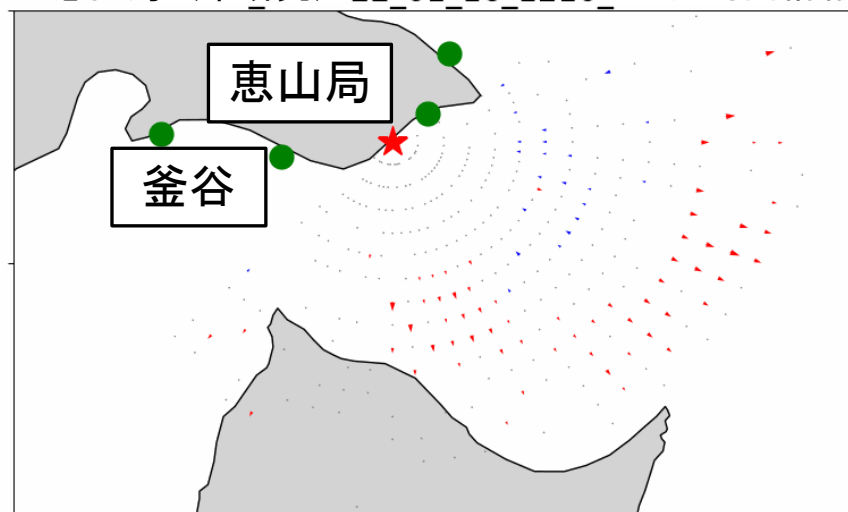
大畑局（本研究） 22_01_16_1210_30分時間情報



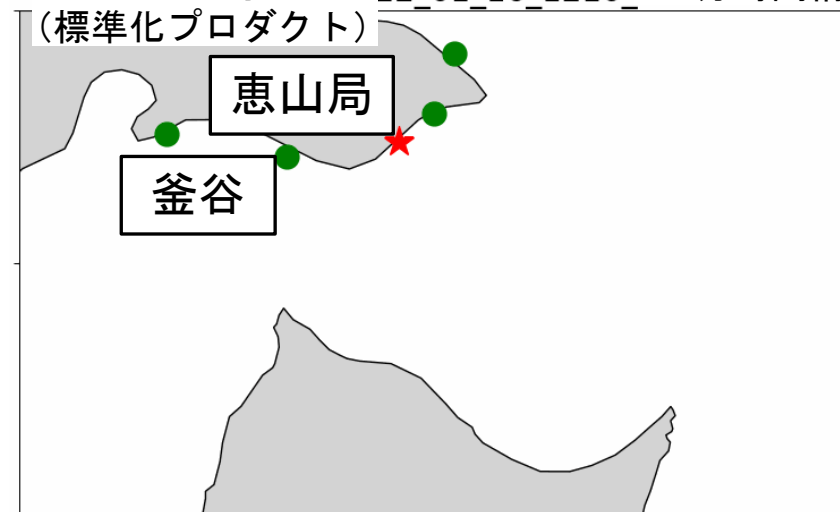
岩屋局（本研究） 22_01_16_1210_30分時間情報



恵山局（本研究） 22_01_16_1210_30分時間情報



恵山局（標準化プロダクト） 22_01_16_1210_75分時間情報



赤矢印：局から遠ざかる流れ
青矢印：局に近づく流れ

特に恵山局にて津軽暖流に反した流れが見える。
しかし標準化プロダクトでは見られない。

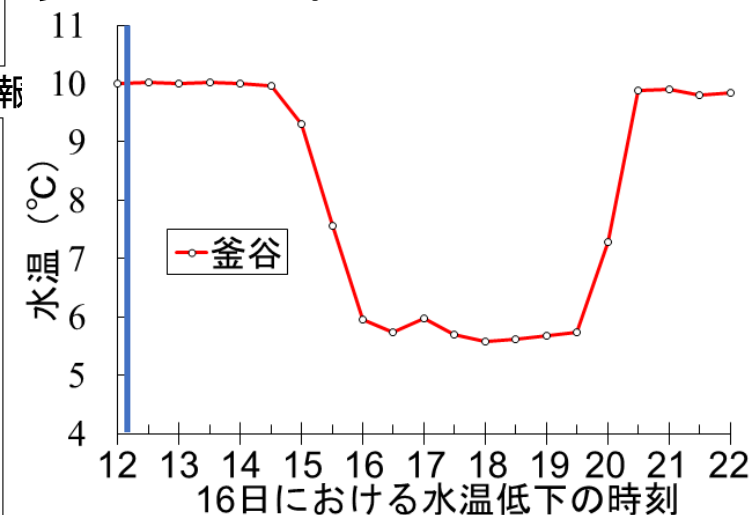
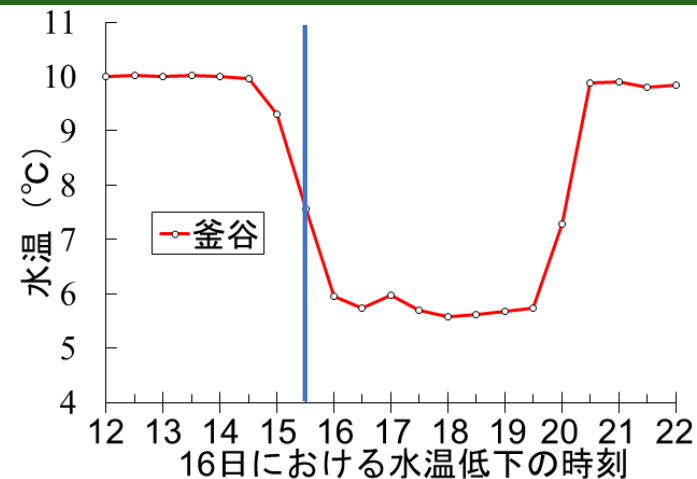


図13. 津軽海峡の流れと釜谷での水温低下の様子

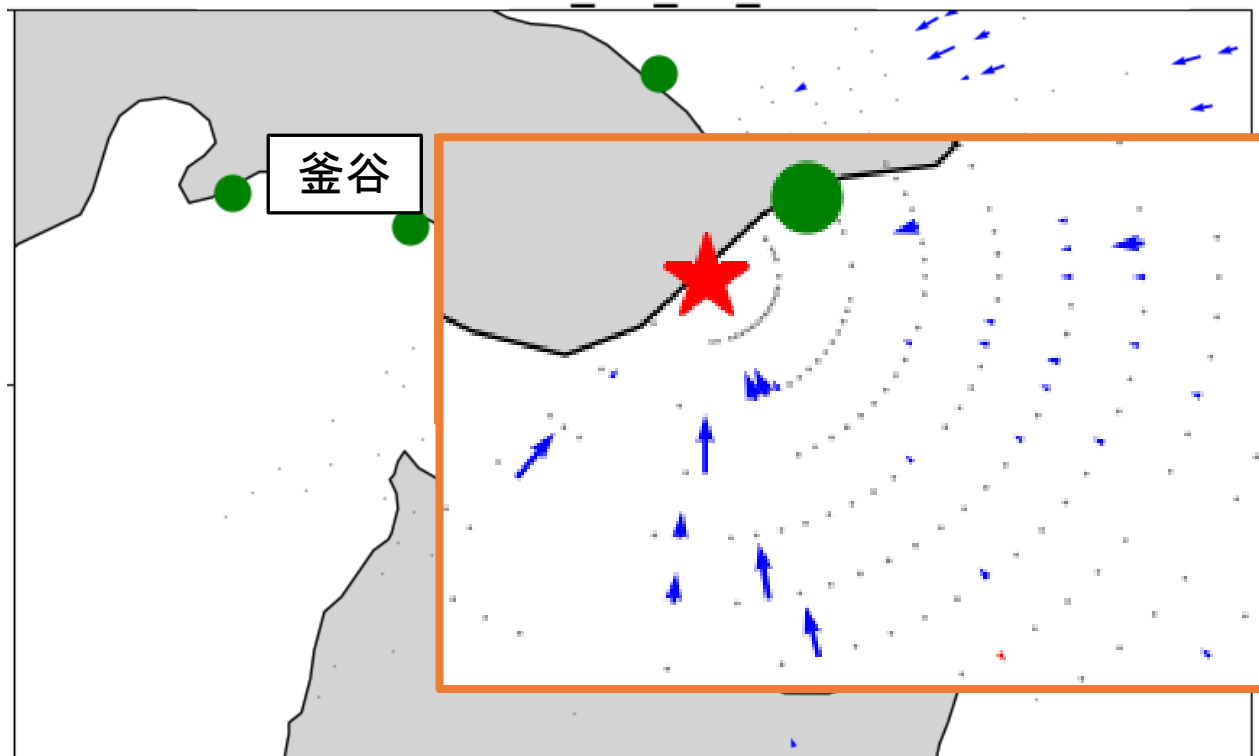
恵山局に着目した視線方向流速の変化

16日の15時半、18時、20時の視線方向流速を示す。

15時半には釜谷での水温が急激に低下したため親潮の流入が考えられる。実際に本研究の方ではそのような流れが見られる。



恵山局（本研究）22_01_16_1530 30分時間情報



恵山局（標準化プロダクト）22_01_16_1530_ 75分時間情報

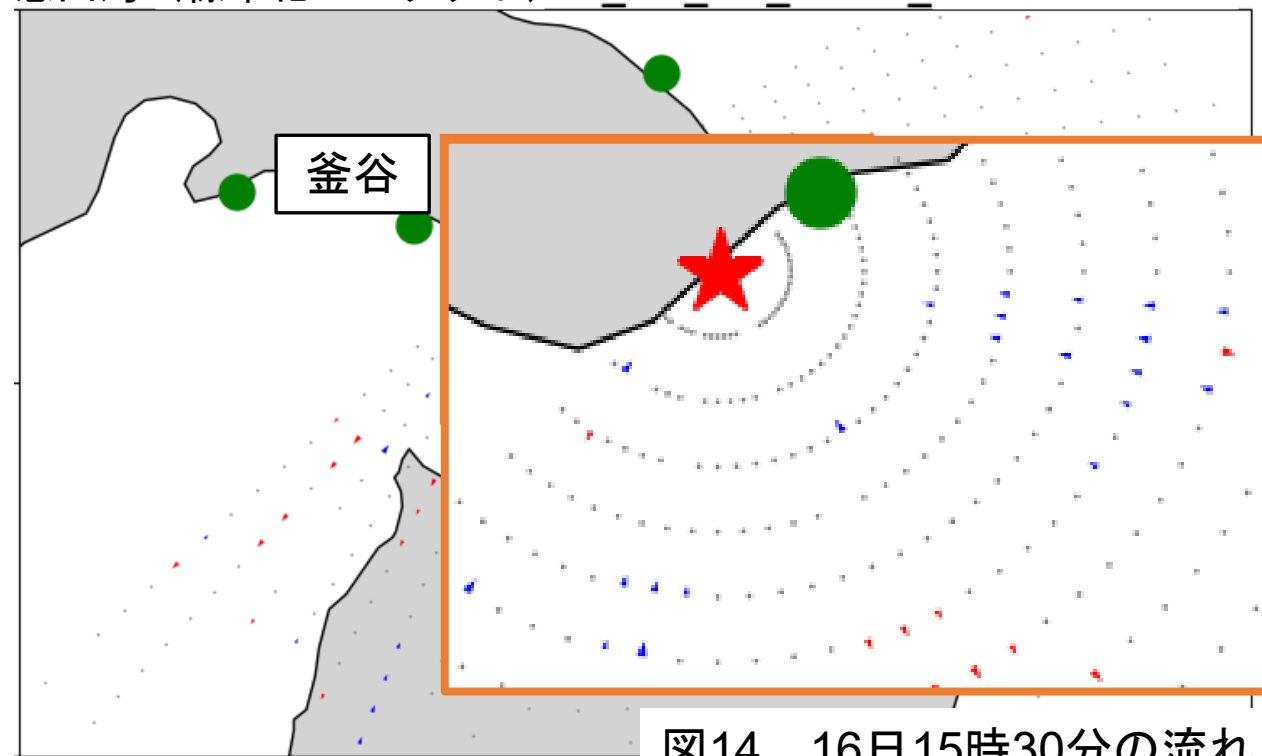


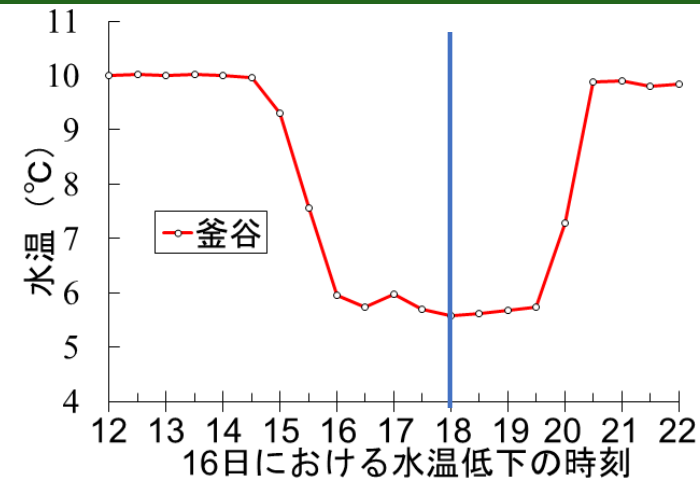
図14. 16日15時30分の流れ

恵山局に着目した視線方向流速の変化

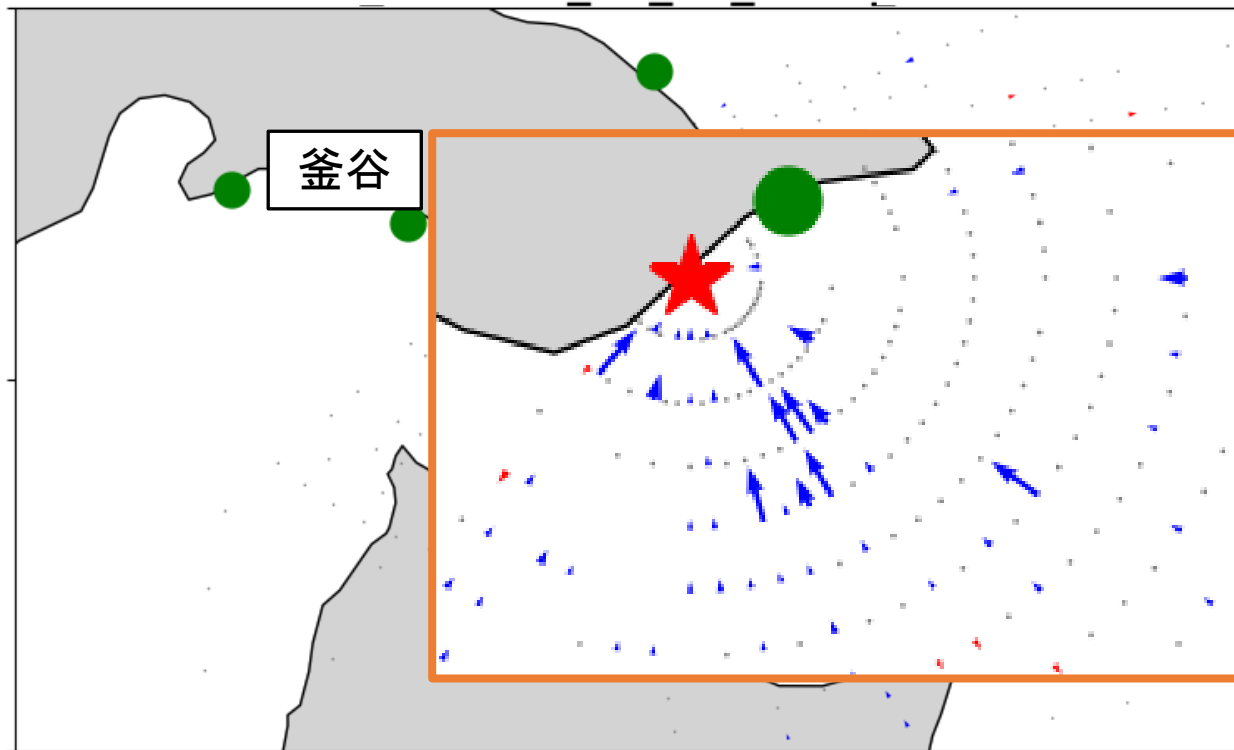
16日の15時半、18時、20時の視線方向流速を示す。

18時は釜谷の水温が低下したまま維持されている。

親潮の流入が続いたと考えられ、こちらも本研究ではそのような流れが見られる。



恵山局（本研究）22_01_16_1800 30分時間情報



恵山局（標準化プロダクト）22_01_16_1800 75分時間情報

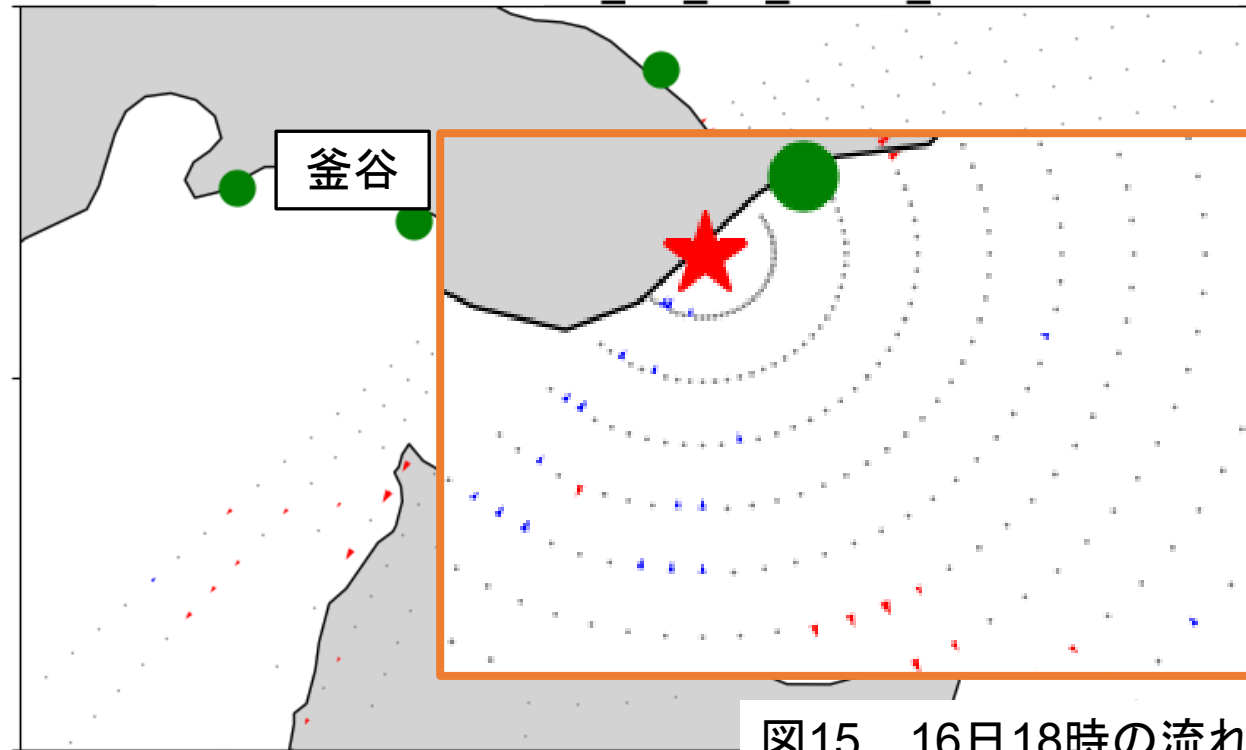
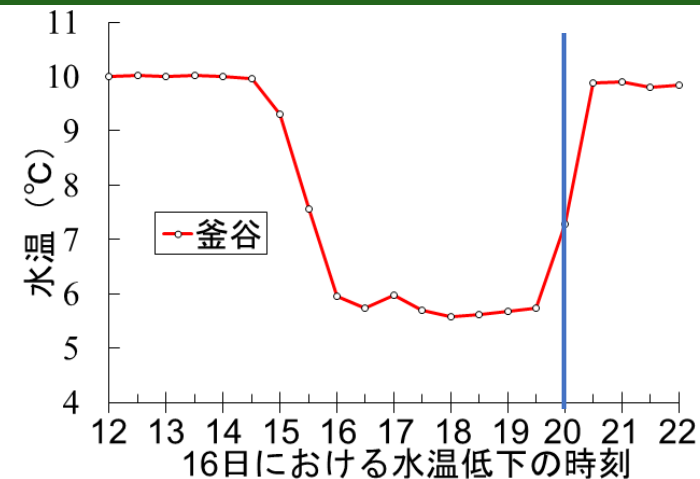


図15. 16日18時の流れ

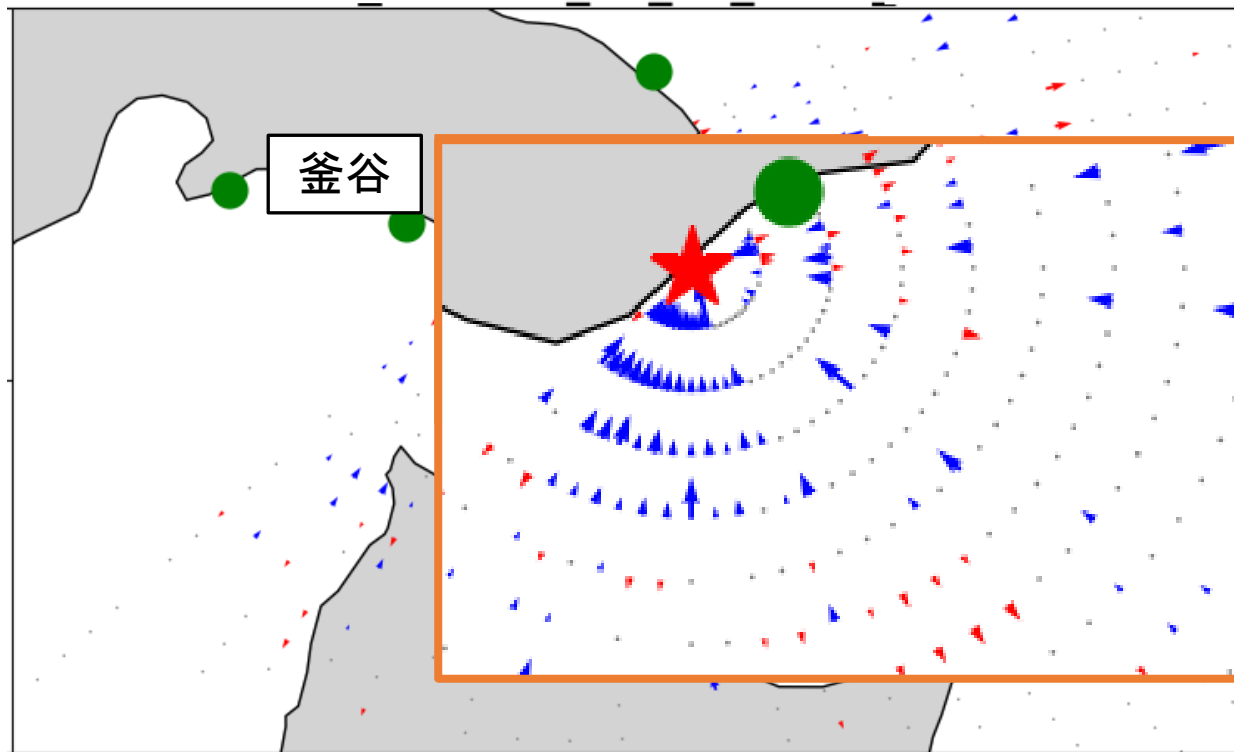
恵山局に着目した視線方向流速の変化

16日の15時半、18時、20時の視線方向流速を示す。

20時に釜谷の水温は急激に上昇する。津軽暖流が釜谷漁港に流入したためと考えられる。



恵山局（本研究）22_01_16_2000_30分時間情報



恵山局（標準化プロダクト）22_01_16_2000_75分時間情報

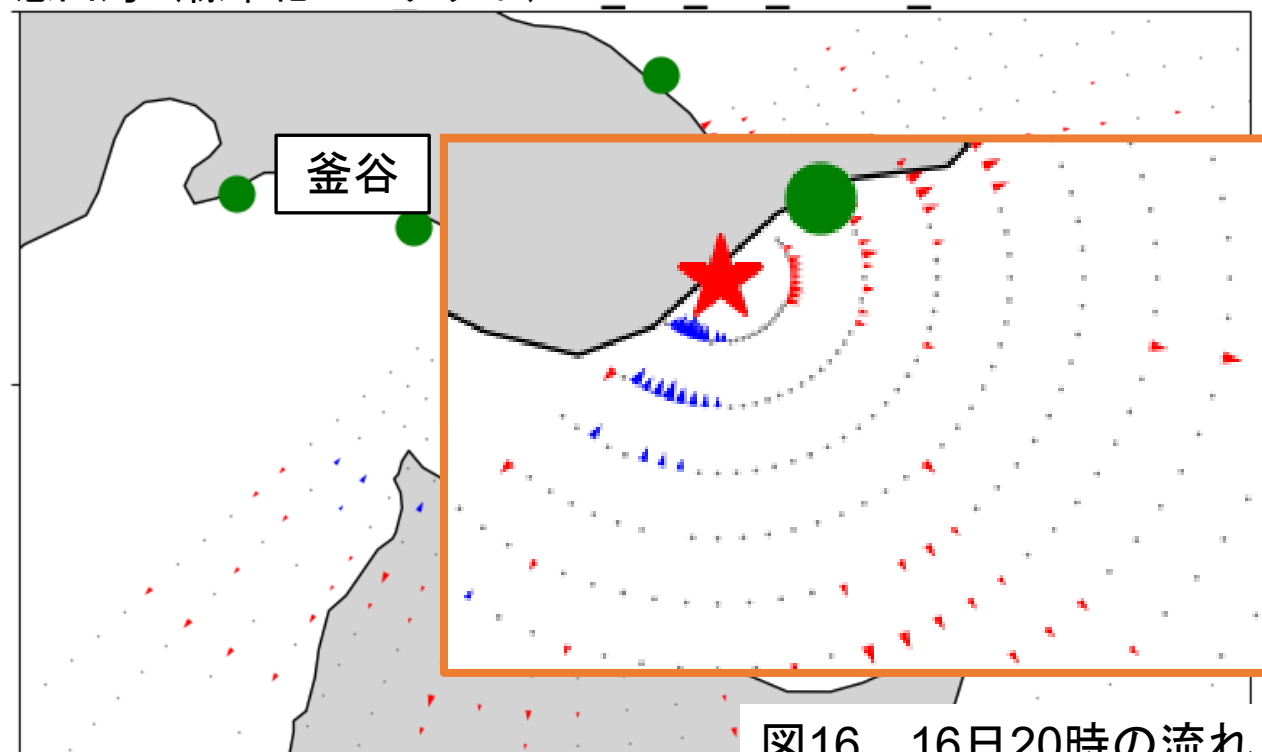
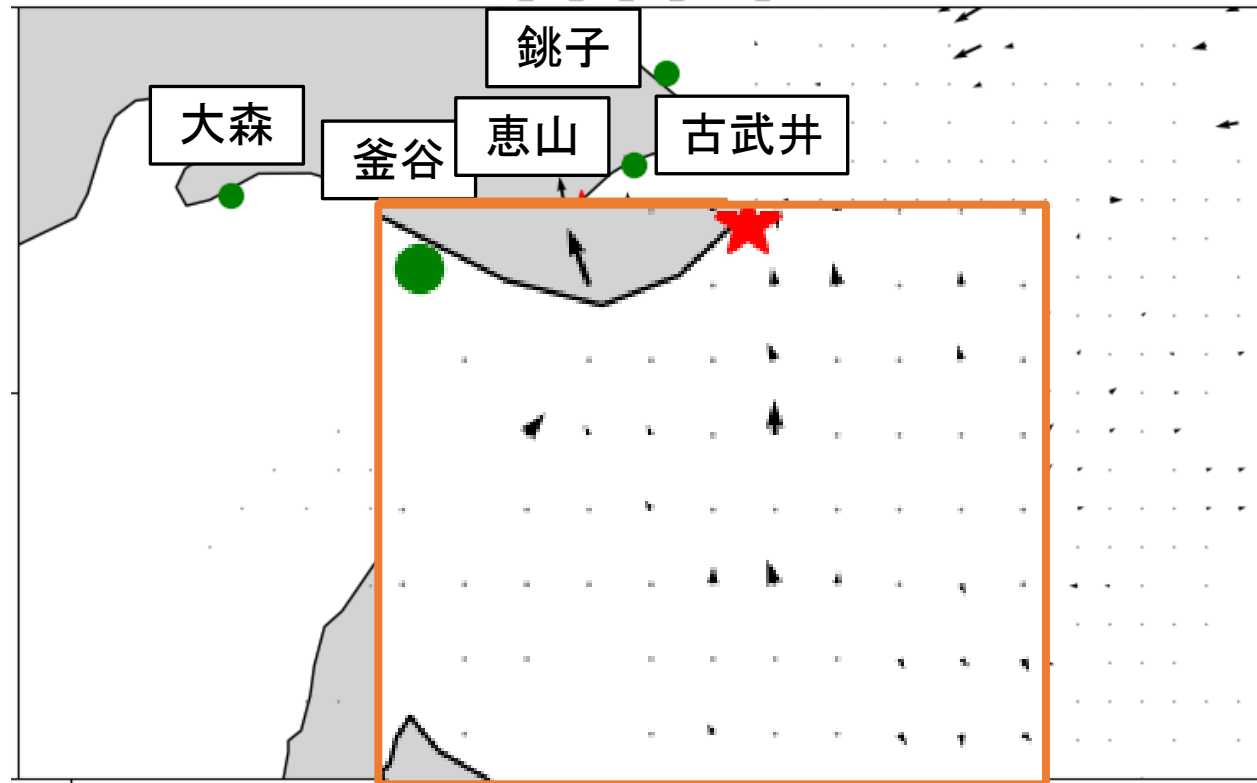


図16. 16日20時の流れ

合成流の算出による面的な流れ場の把握

16日15時半における合成流。本研究の方が目立った流れは多い。

本研究合成流（全局）30分時間情報



標準化プロダクト合成流（全局）75分時間情報

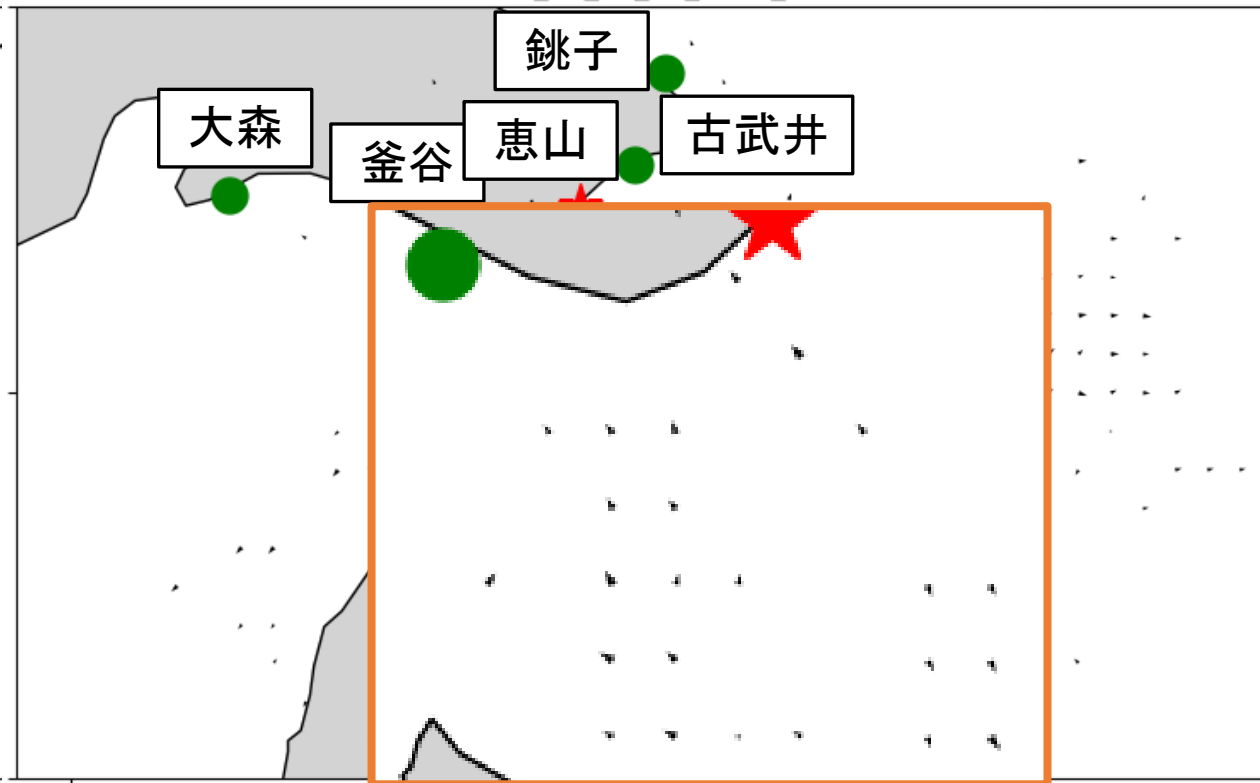


図17. 16日15時30分の合成流

展望

- ・ 岩屋局を重点的に精度向上
- ・ 再解析データを用いた水塊移動の予測

岩屋局を重点的に精度向上

岩屋局における視線方向流速は他の基地と比べ下北半島上に視線方向流速が描写されるなど精度が悪い。地形的要因を考慮することでデータ精度向上が見込める。これはアンテナの理想形からの乖離が要因であると考えられる。

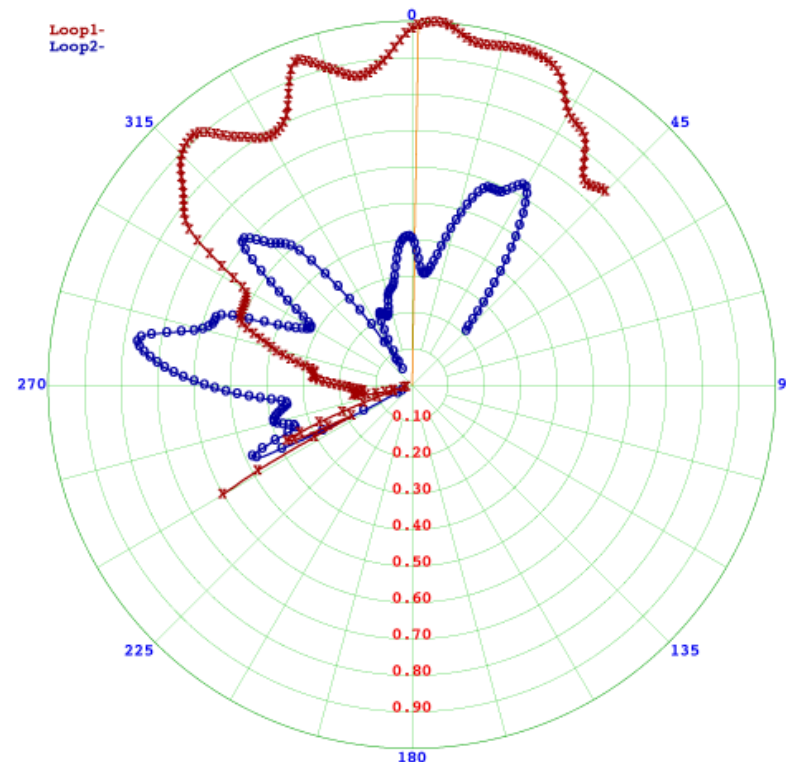
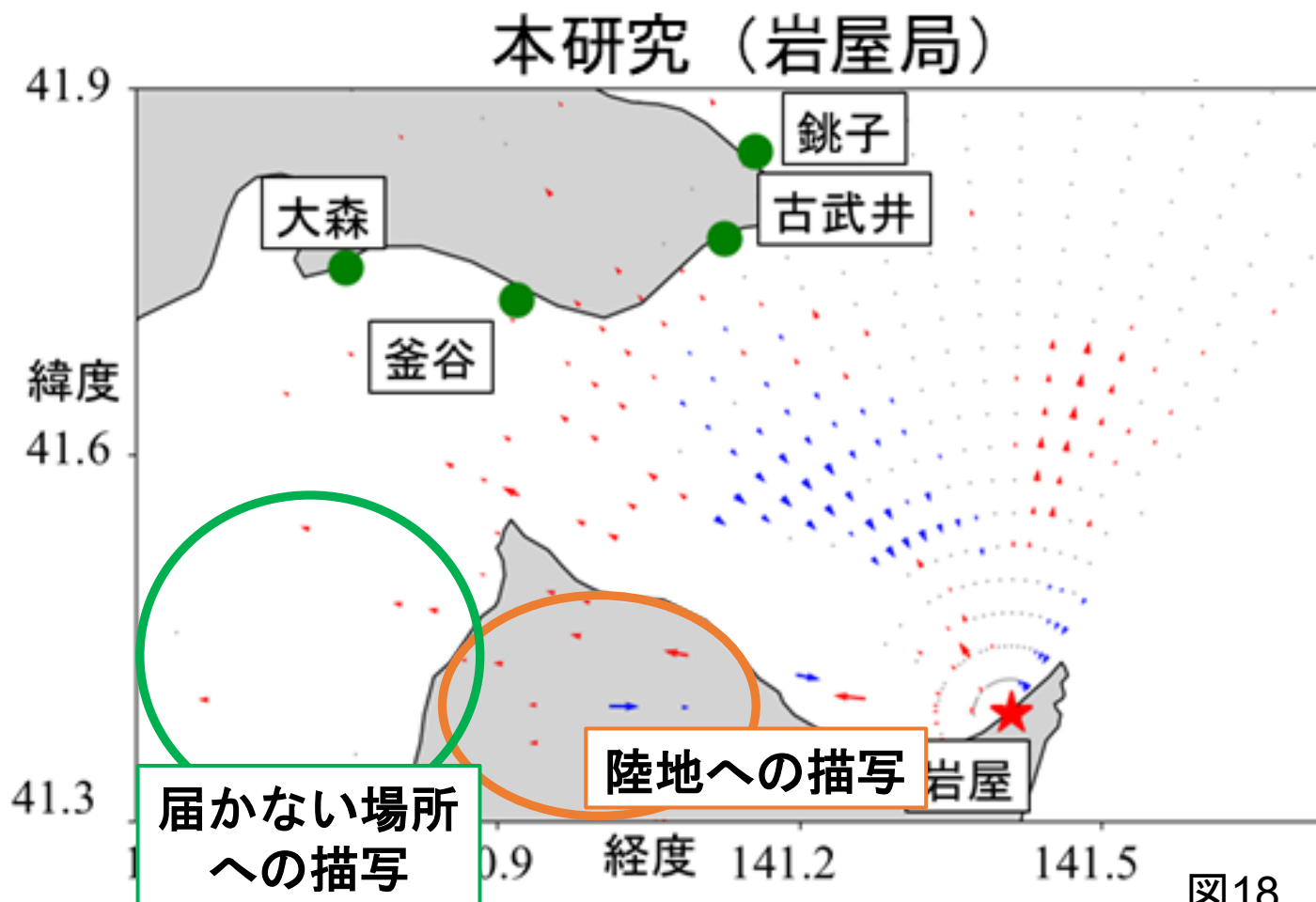


図18. 岩屋局における方位誤差の様子とアンテナパターン

再解析データを用いた水塊移動の予測

実際に釜谷にて冷水現象が発生した際、親潮が流入したのか確かめる必要がある。
ひまわり（赤外線衛星）による実測は雲により観測できていないため
再解析データを用いる。
津軽海峡東部は水深が深いため、冷水は表層に沿って移動してきたと考えられる。



図19. ひまわりによる海面水温

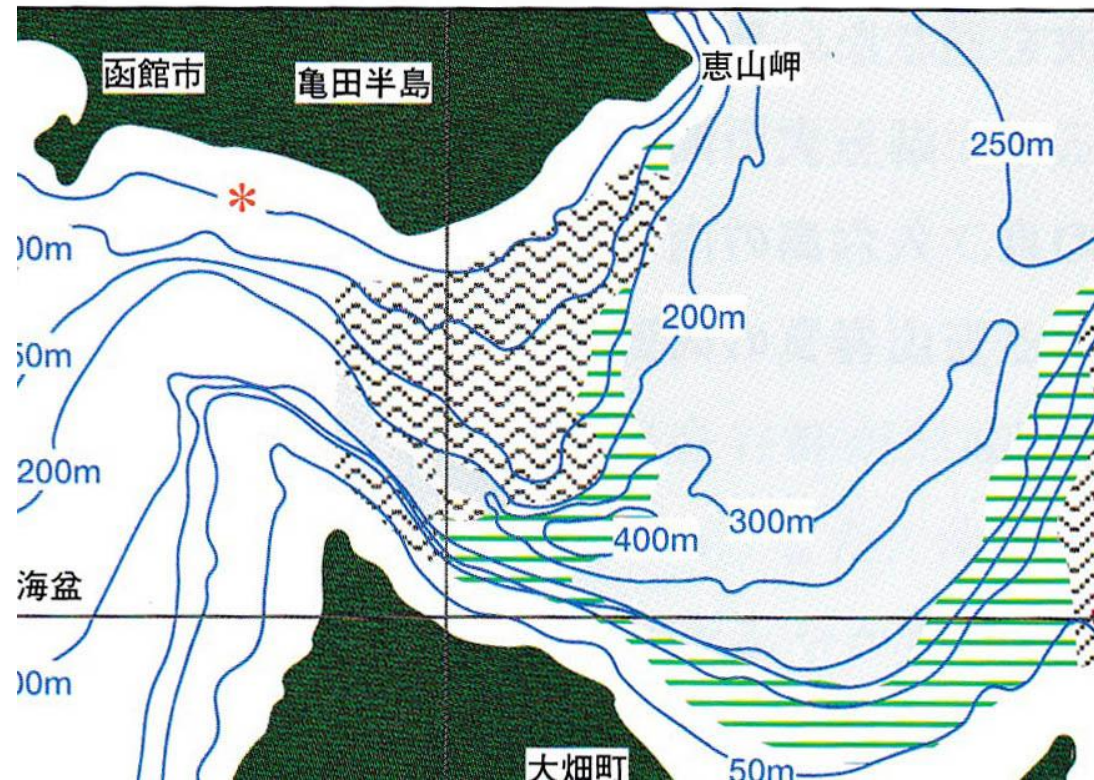


図20. 津軽海峡東部における水深