

津軽海峡レーダ観測における視線 方向流速計算の自動化

濱田 遮那*(1), 長名 保範*(2), 渡久地 優*(3)

(1) 熊本大学 工学部

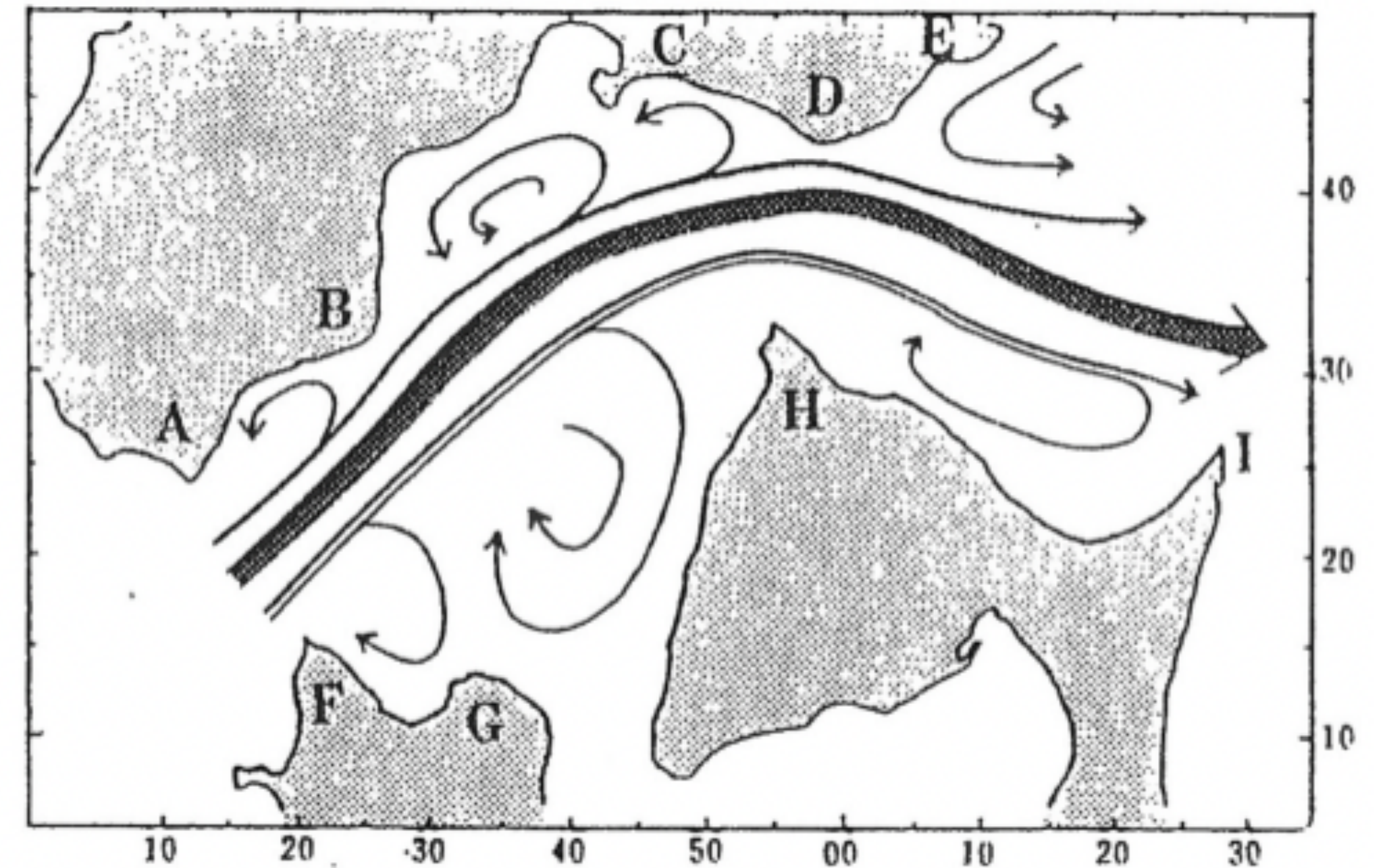
(2) 熊本大学 半導体・デジタル研究教育機構

(3) 琉球大学大学院 理工学研究科

津軽海峡

海峡内の流れを物理現象で分類し、流速値の大きな順に列挙

- 日本海から太平洋に抜ける対馬暖流から分岐した通過流
- 海峡内の東西往復流である潮流
- 海峡内を吹く風によって駆動される吹送流



MORSETS

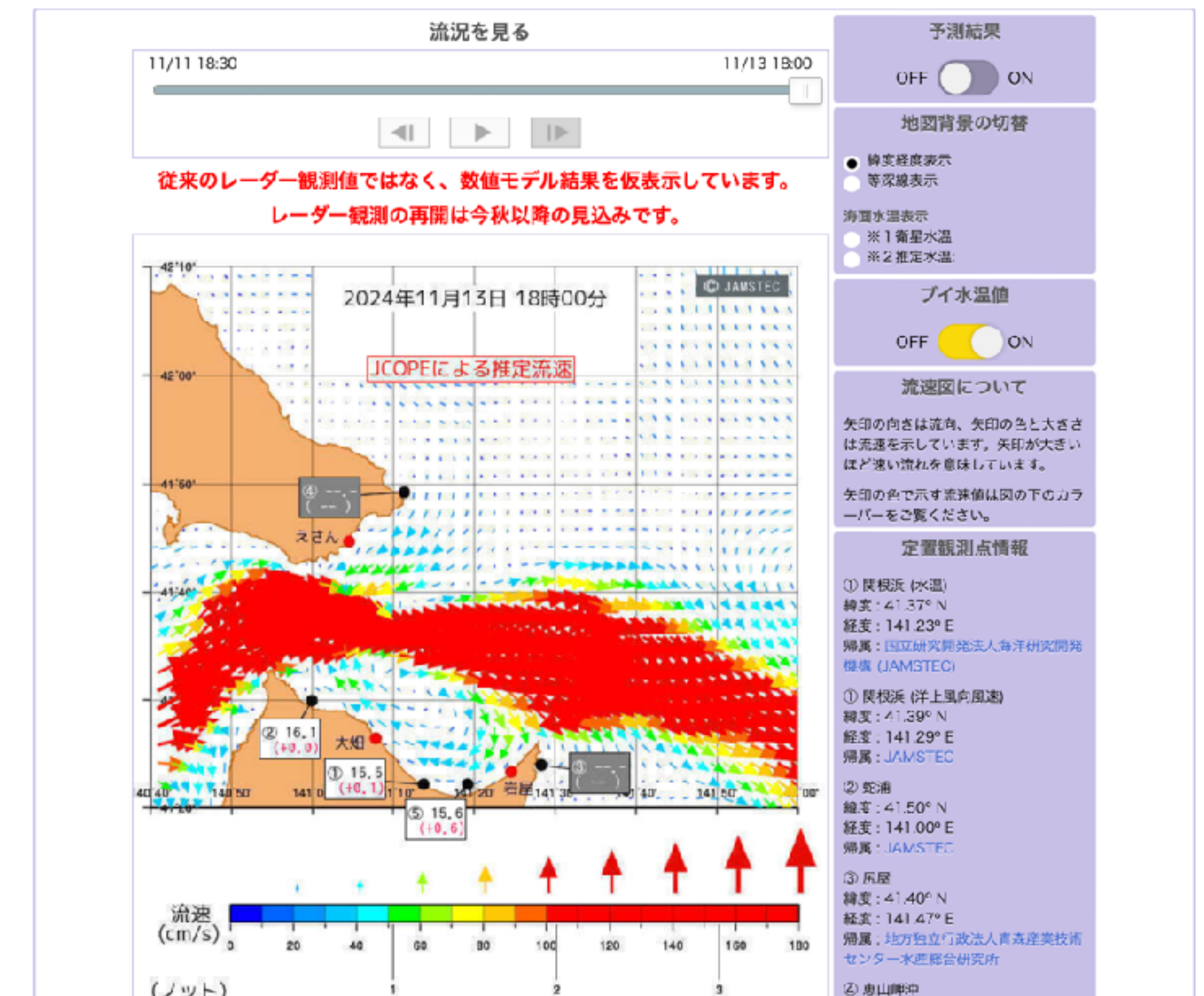


ホーム MORSETSについて お知らせ一覧 定置観測詳細 ダウンロード 予測流向・流速図

お知らせ

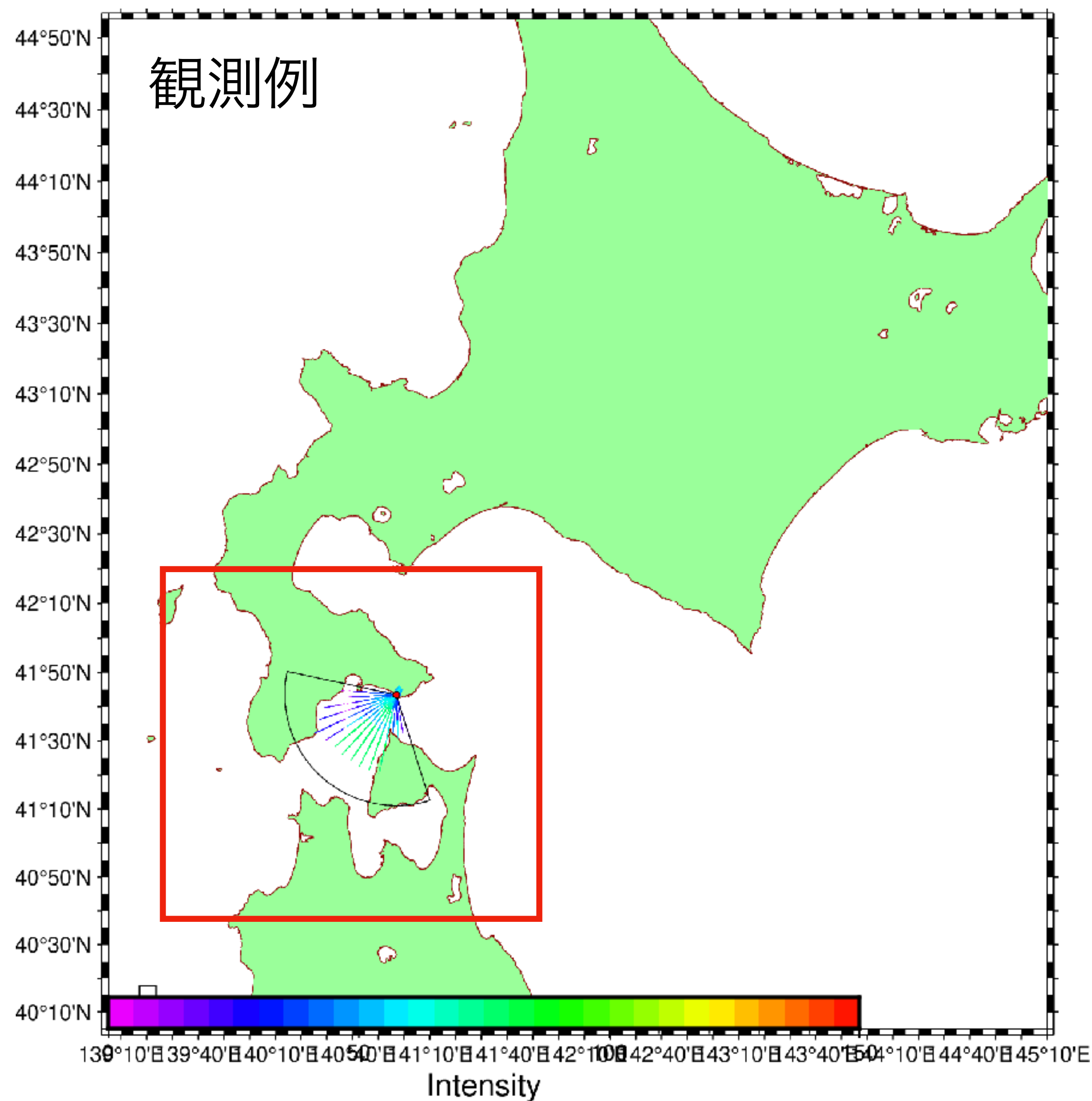
2024年6月27日 流況表示機能をアップデートしました。 ホーム画面で流況予測図が見られます。 また、地図背景としてJCOPE-T DAの推定水温データが選択可能になりました。 レーダーシステムの改修工事期間中、レーダー観測データの代わりにJCOPE-T DAの推定流速データを表示しています。

- ・ 津軽海峡東部を観測
- ・ 三局 Codar SeaSonde
- ・ 30分1観測
- ・ 現在は推定流速データ
- ・ レーダシステム工事中



西側の津軽海峡内を観測

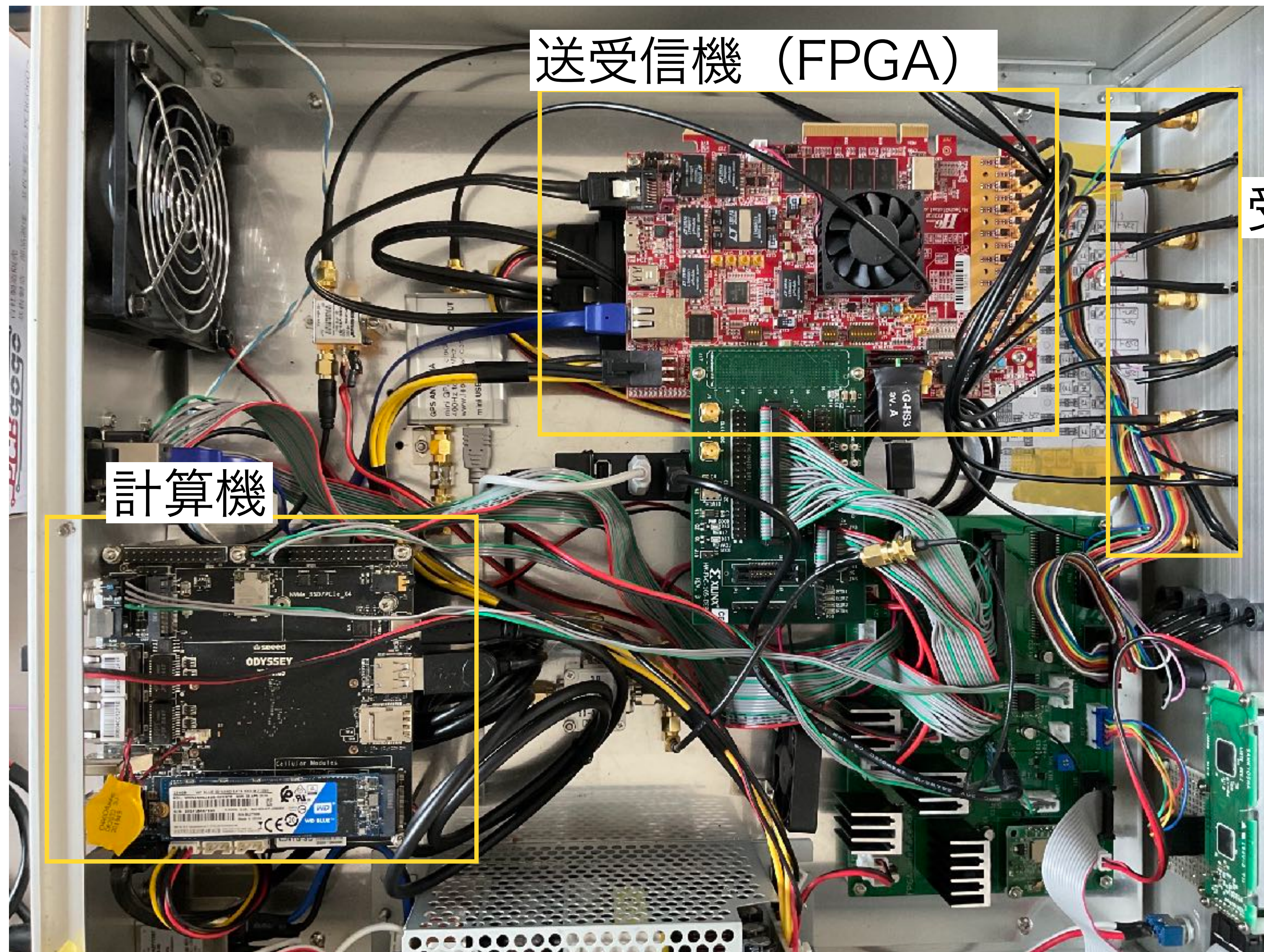
- ・ 汐首局
 - ・ 中心周波数：24.515 MHz
 - ・ 距離分解能：1.5 km
 - ・ 角度分解能：7.5度
 - ・ データ出力周期：20分毎
- ・ アンテナ
 - ・ 送信：1本 受信：8本
 - ・ リニアアレイ



汐首レーダ局



送受信機



送受信機 (FPGA)

計算機

受信アンプからのコネクタ

送受信機、計算機

どちらもLinuxが動作

視線方向流速計算

- ・ ドップラスペクトルの計算
 - ・ 計算はC++
- ・ 視線方向流速
 - ・ 全方位一律QCで流速制限 150cm/s

流速観測のQC

- NOAAによるIntegrated Ocean Observing System(IOOS)が定めたマニュアルに沿っている
 - 読み取り最大流速 (Test 202)
 - 空間フィルタ (Test 205)
 - レンジ方向補正 : Hampel Identifier
 - スペクトルの読み取り : 重ね合わせ法



Manual for Real-Time Quality Control of High Frequency Radar Surface Current Data

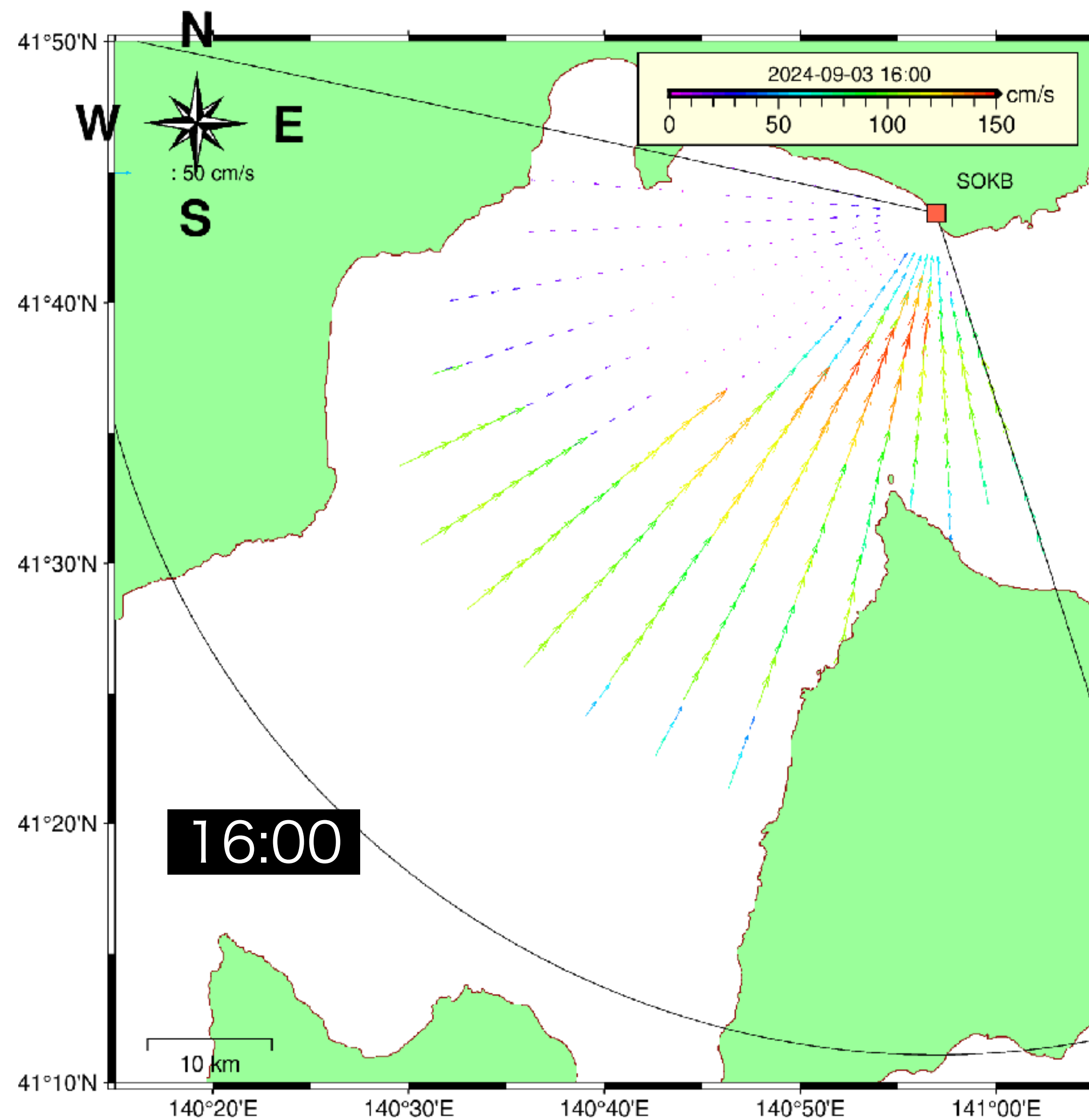
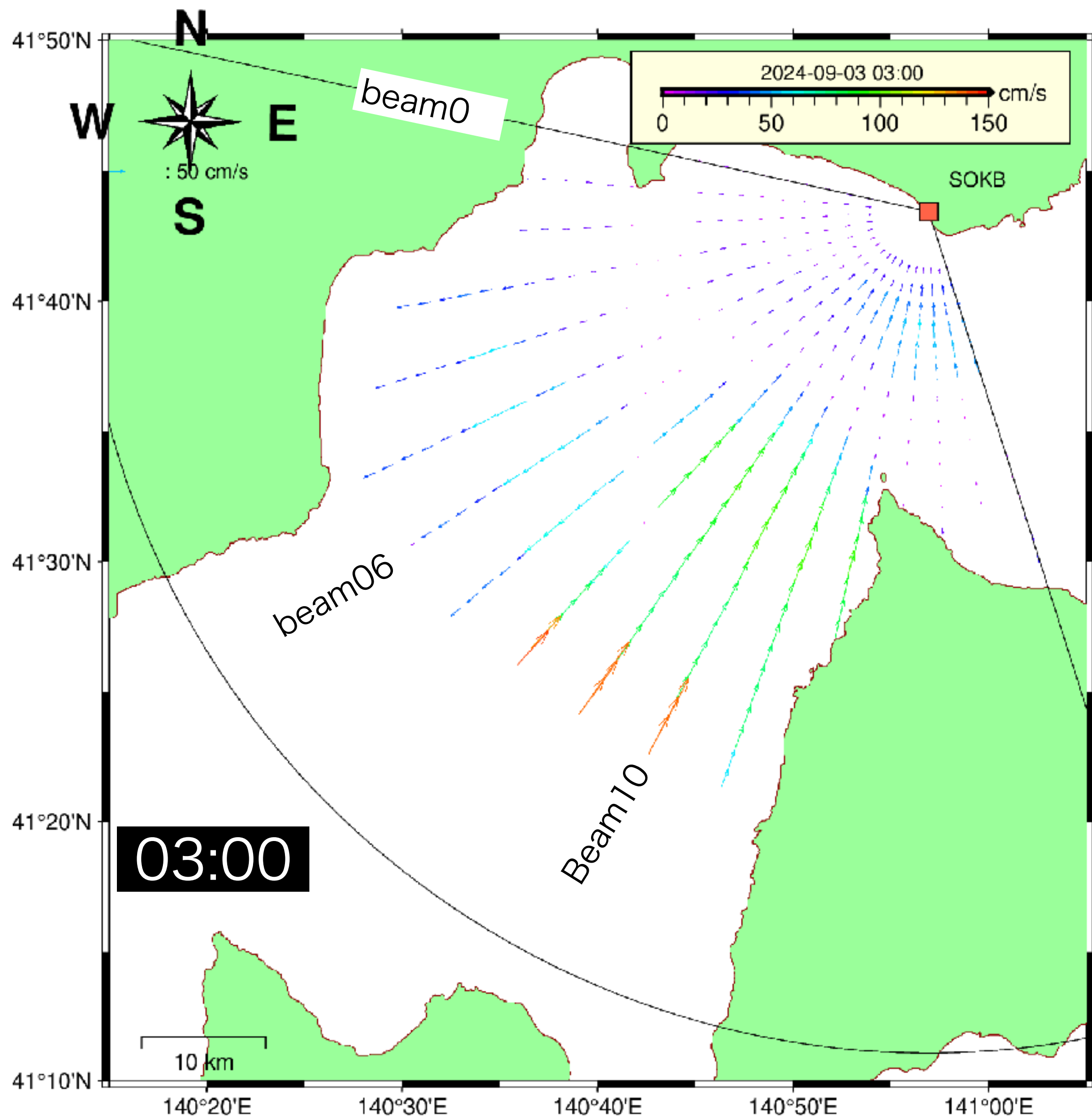
A Guide to Quality Control and Quality Assurance for
High Frequency Radar Surface Current Observations

Version 2.0
June 2022

流速観測とドップラースペクトルの変動

観測結果例

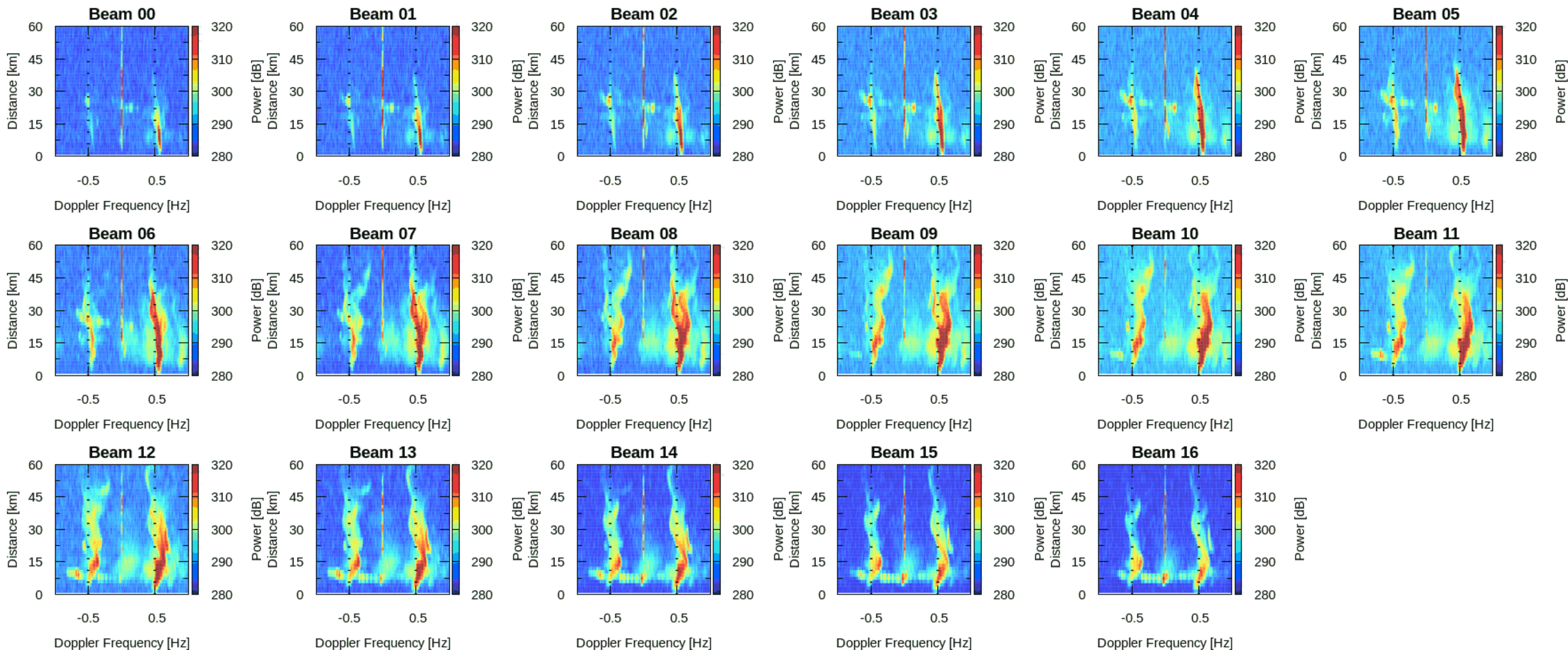
20240903 (大潮)



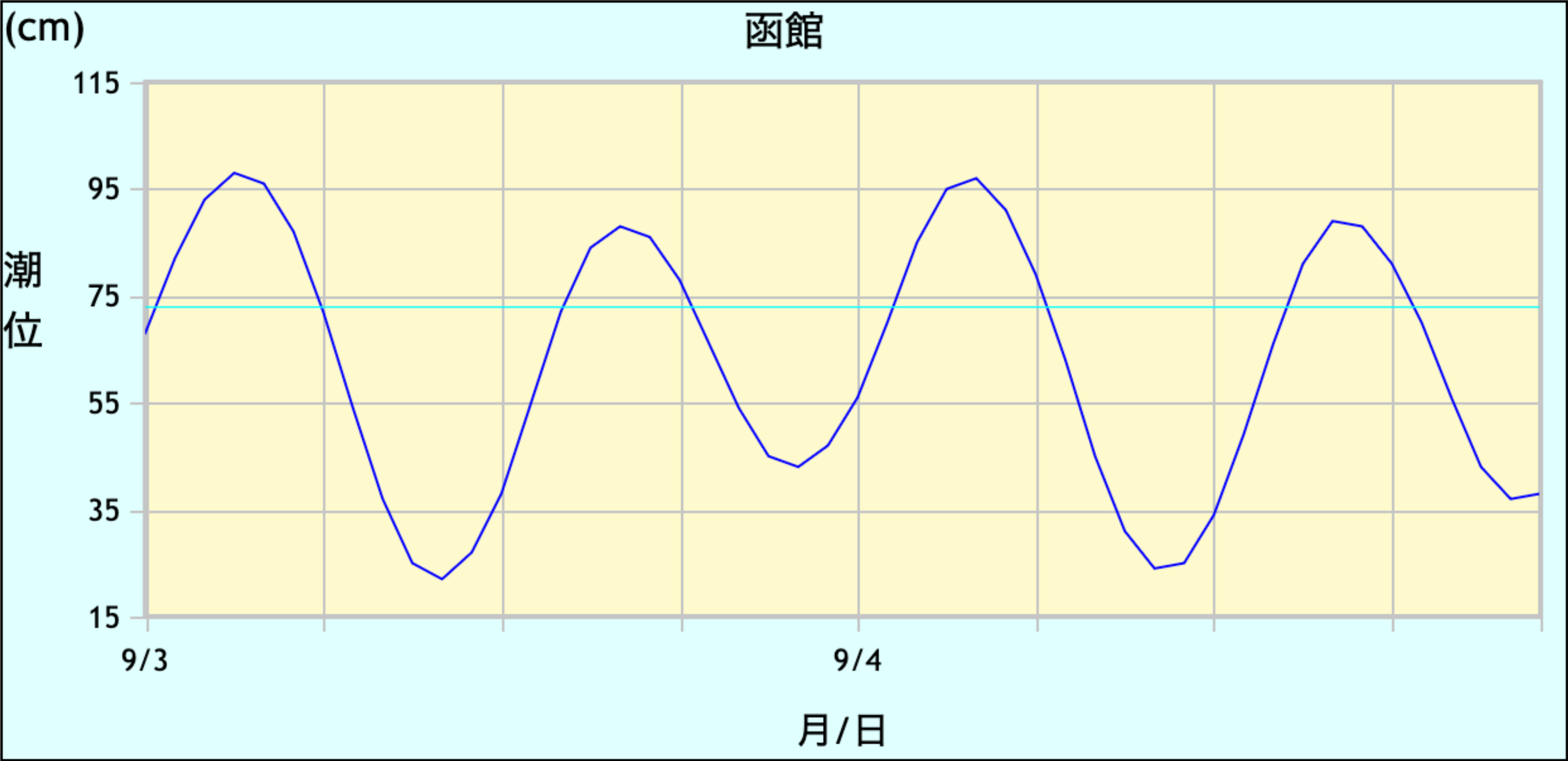
9/3-9/4 ドップラースペクトルの変動

潮汐に伴い、周期的に変動

SOKB_SP_2024_0903_0000

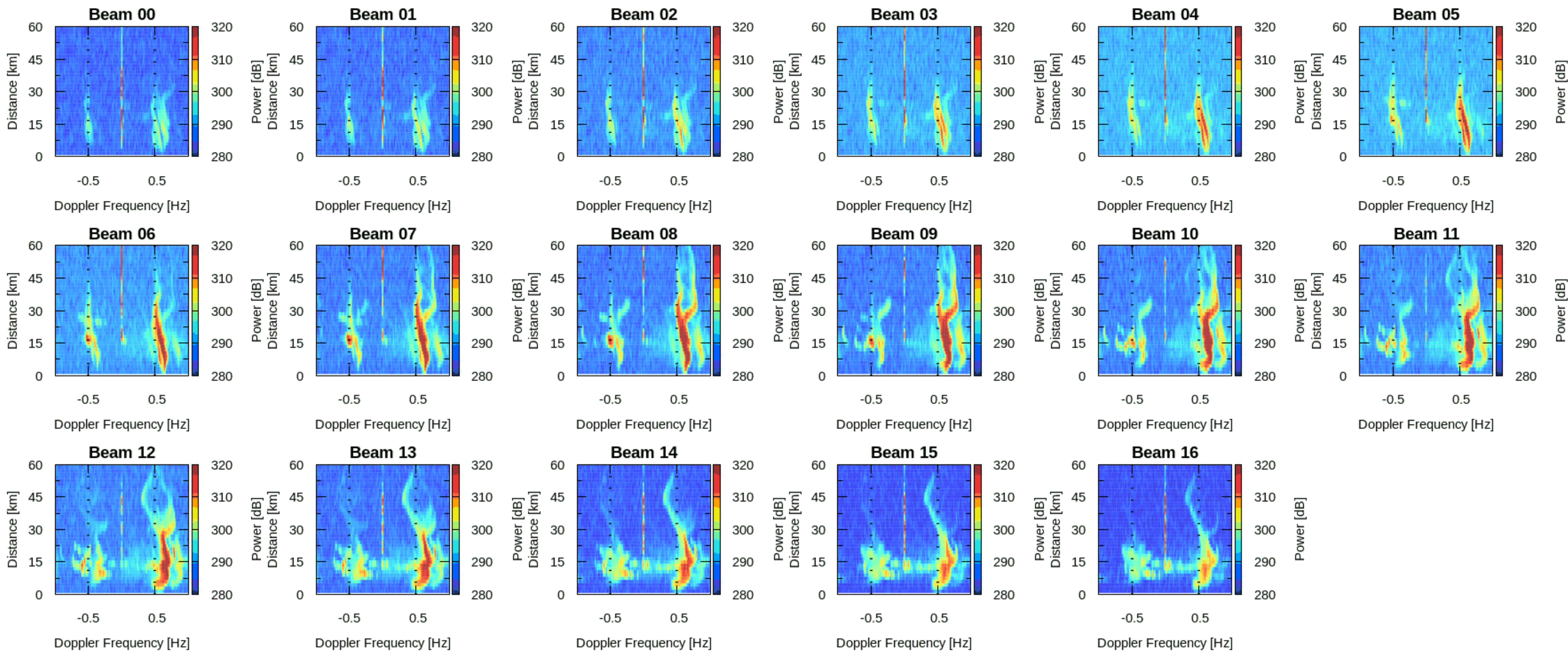


9月3日-4日 函館の潮位予測

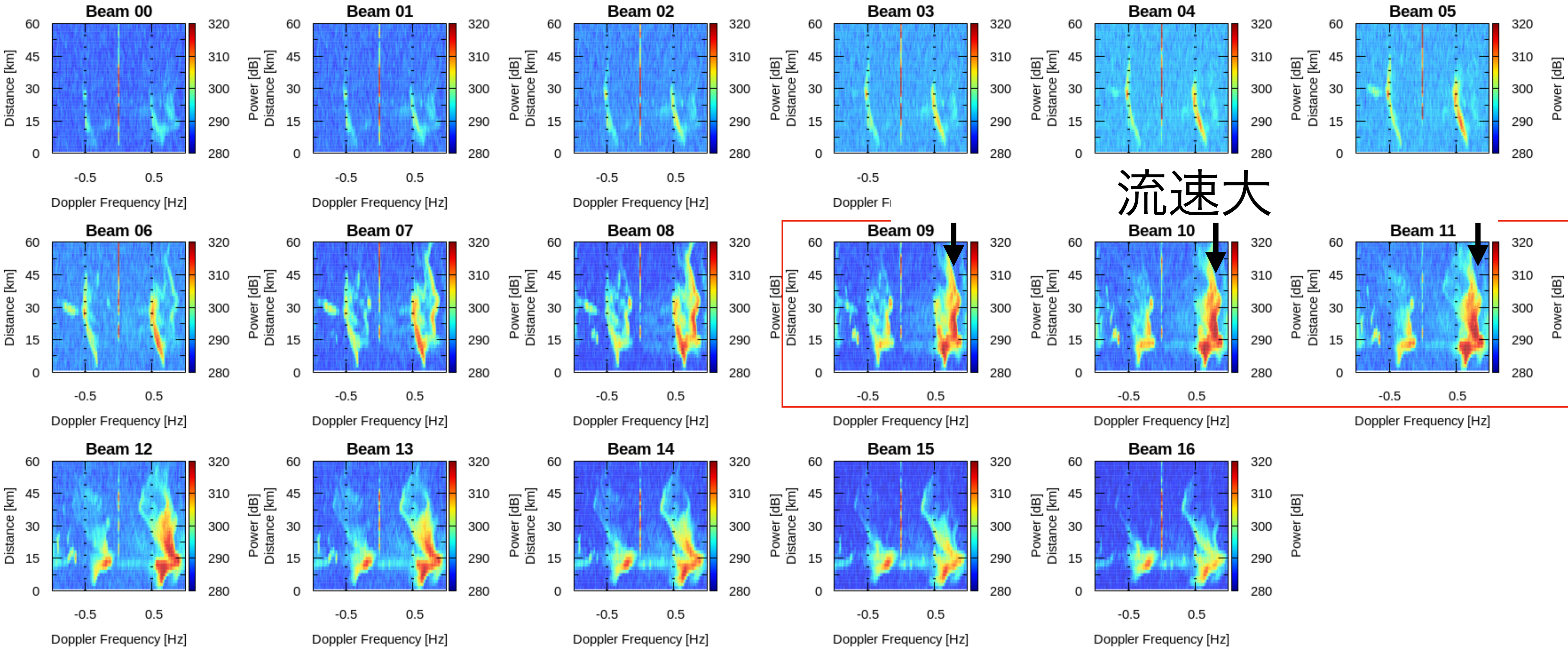


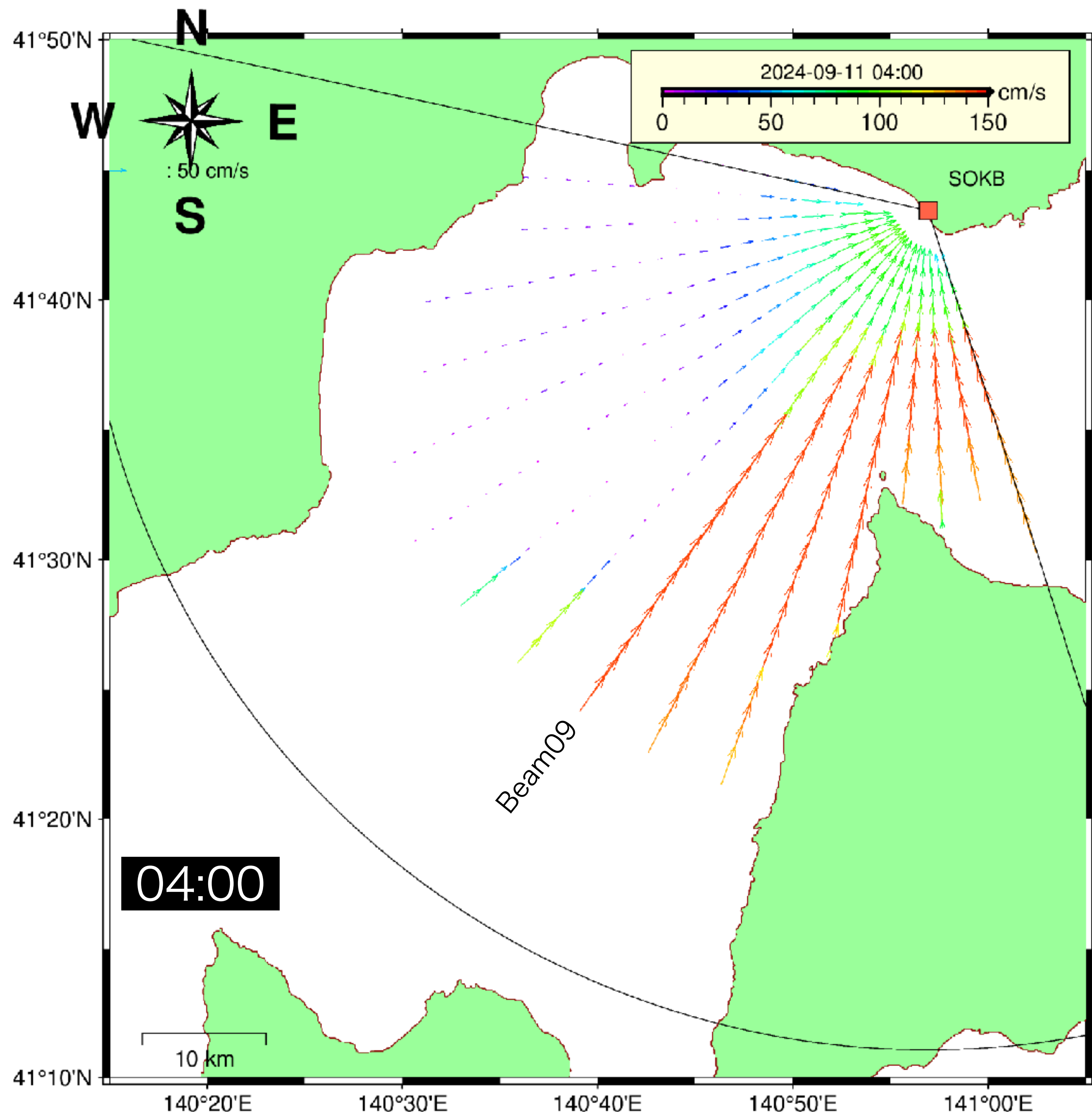
9/11 ドップラースペクトルの変動

SOKB_SP_2024_0911_0000



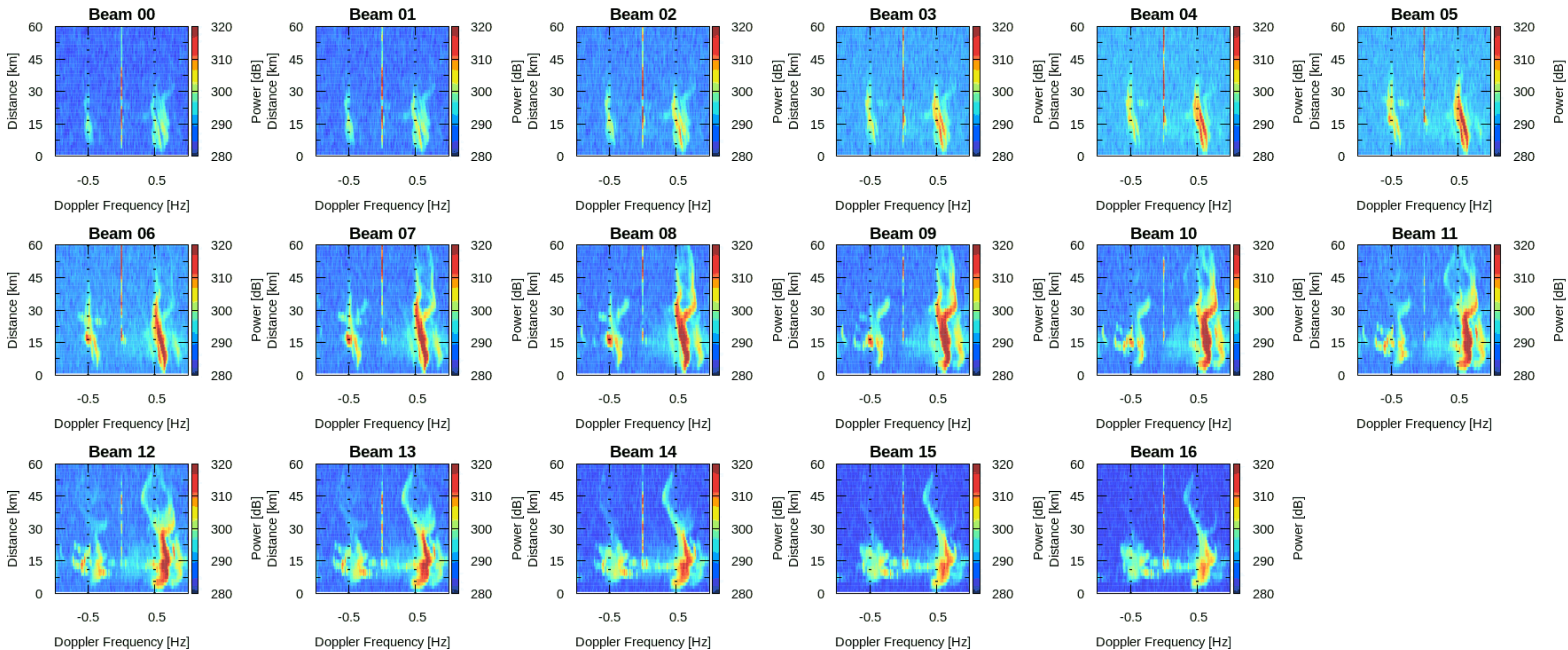
SOKB_SP_2024_0911_0400





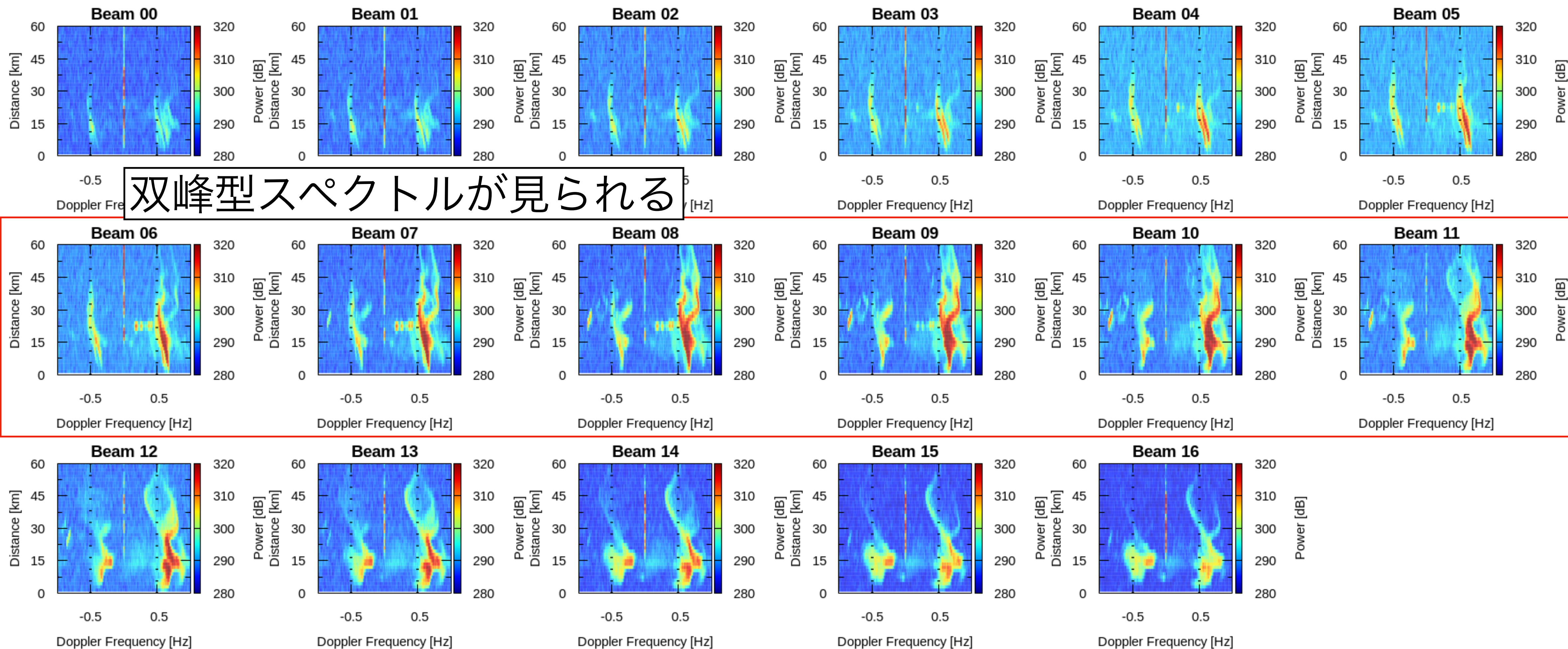
9/11 ドップラースペクトルの変動

SOKB_SP_2024_0911_0000



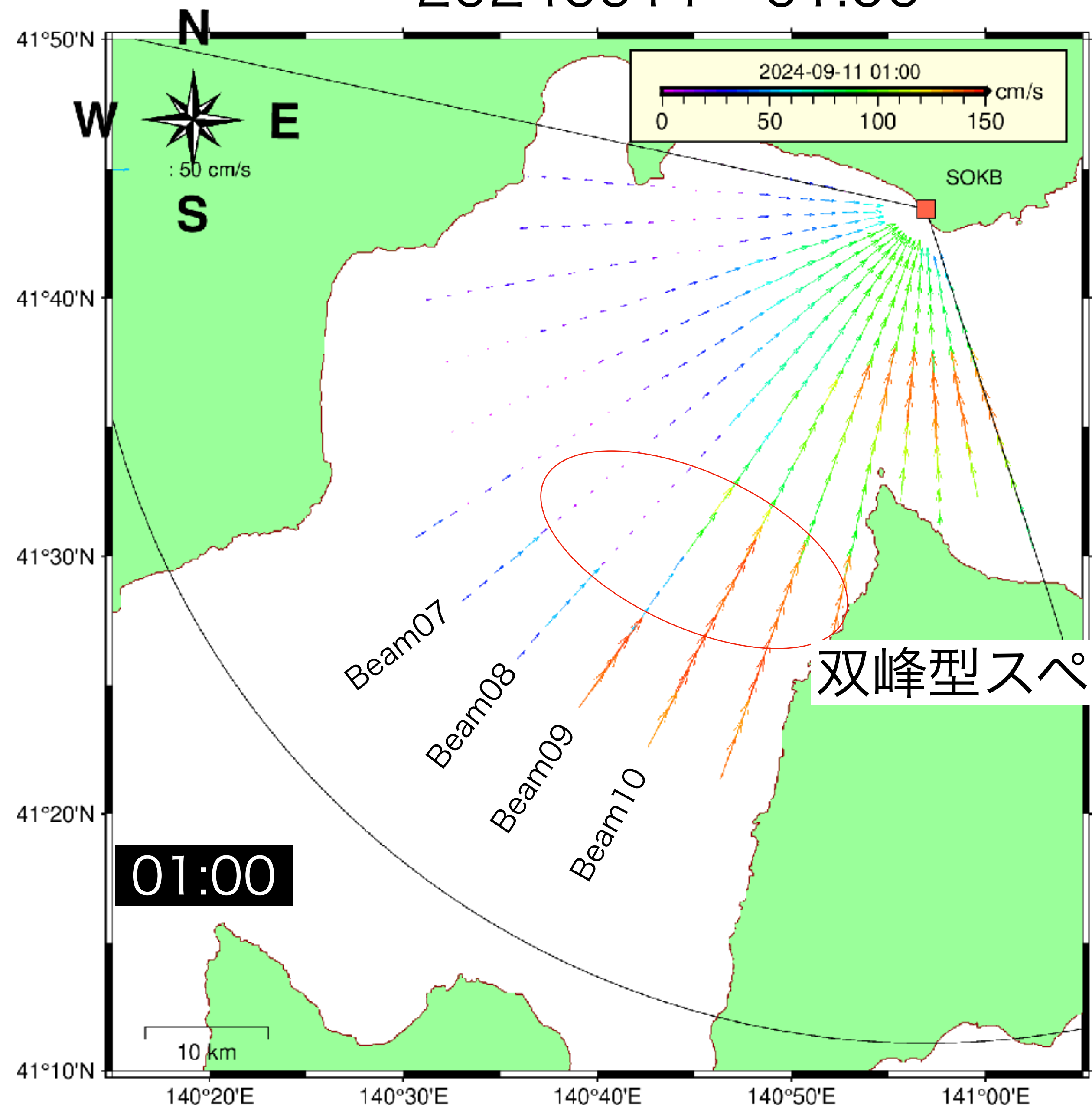
20240911

SOKB_SP_2024_0911_0100



双峰型スペクトル

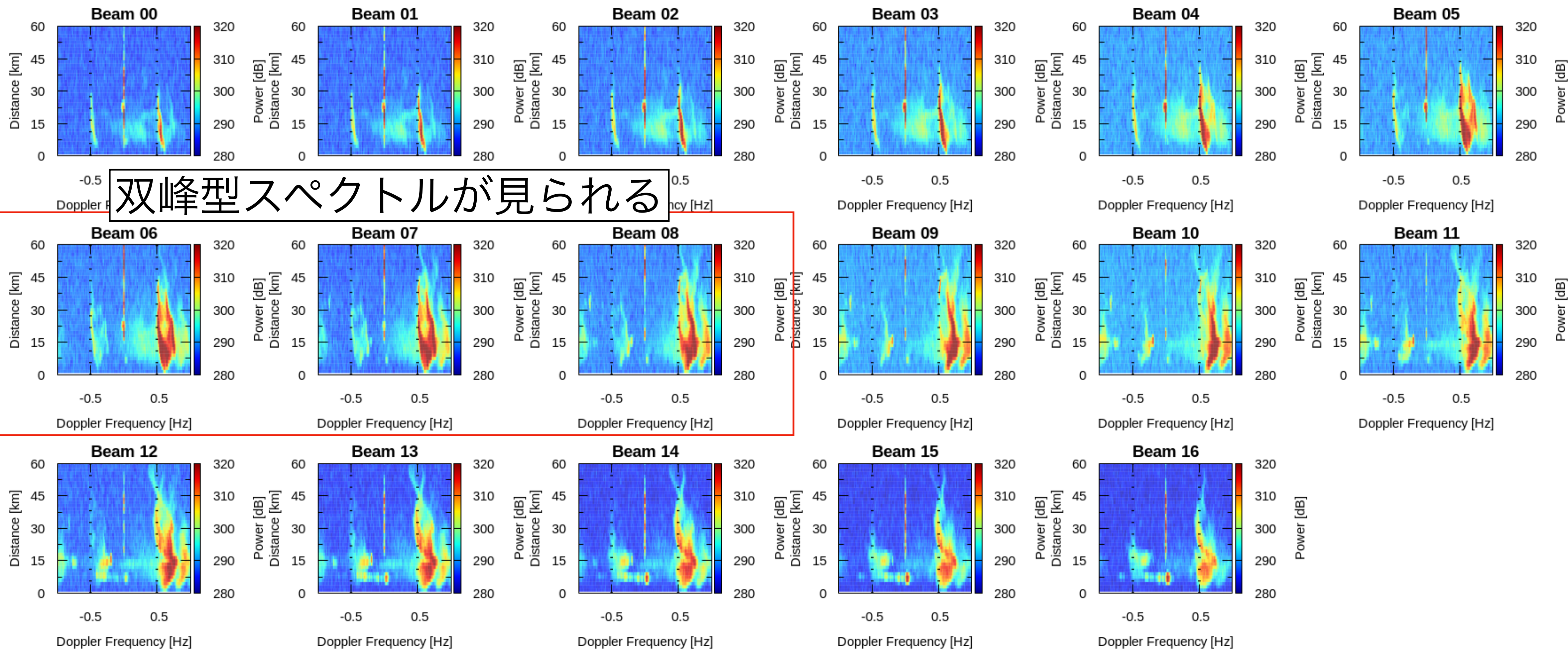
20240911 01:00



双峰型スペクトル

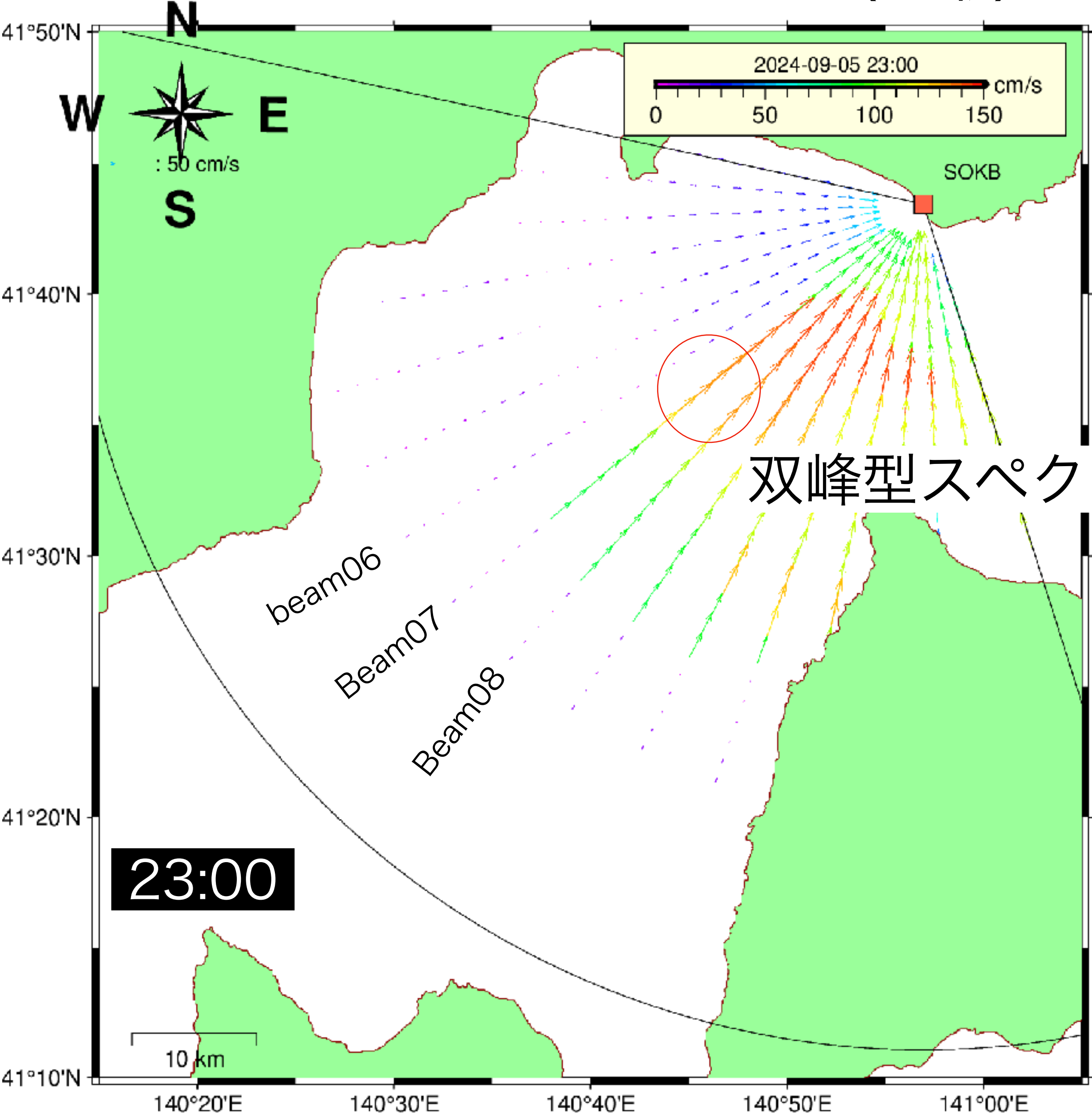
20240905 (大潮)

SOKB_SP_2024_0905_2300



双峰型スペクトル

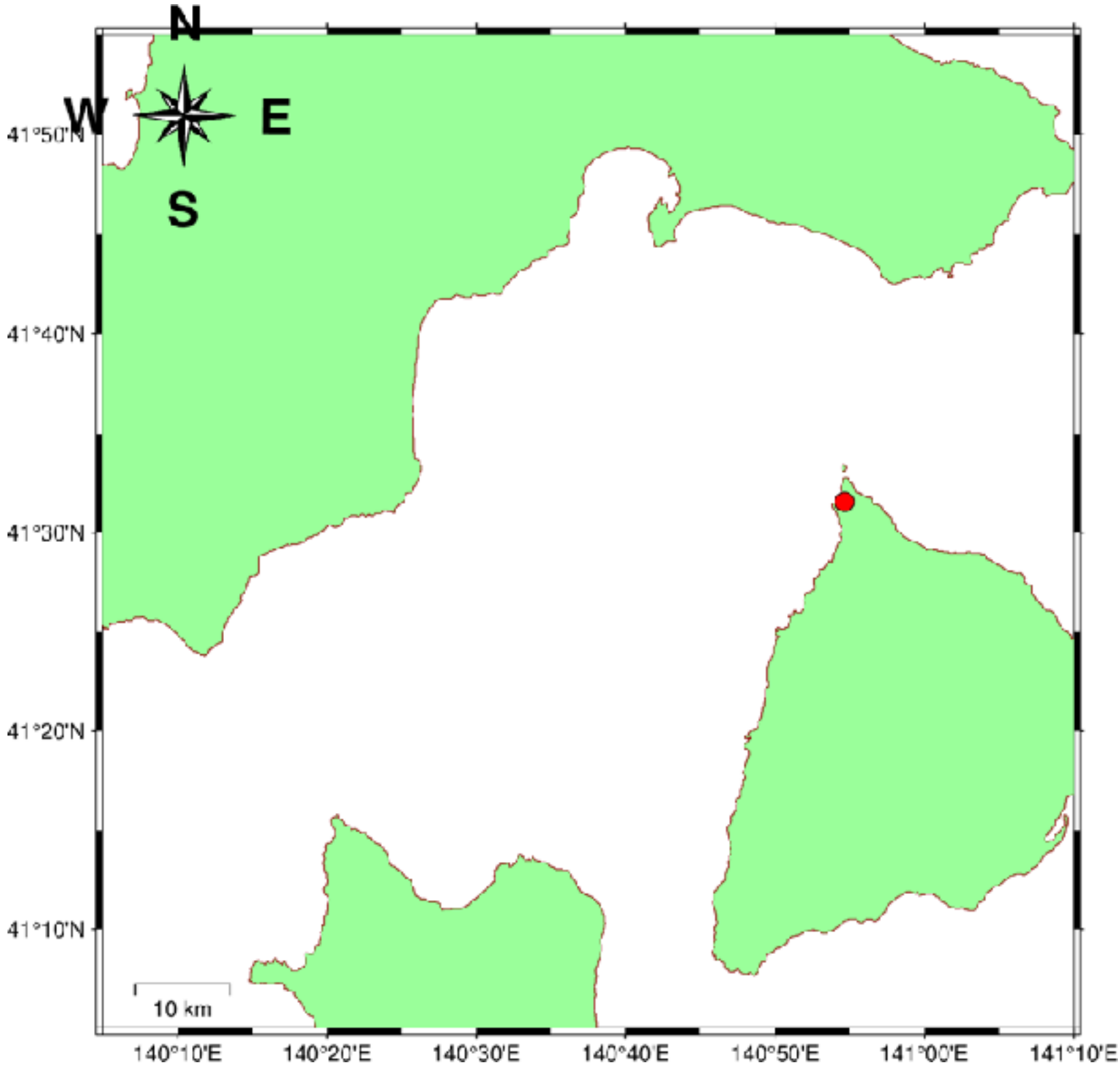
20240905 23:00 (大潮)



双峰型スペクトル

風の影響

2024.06.24

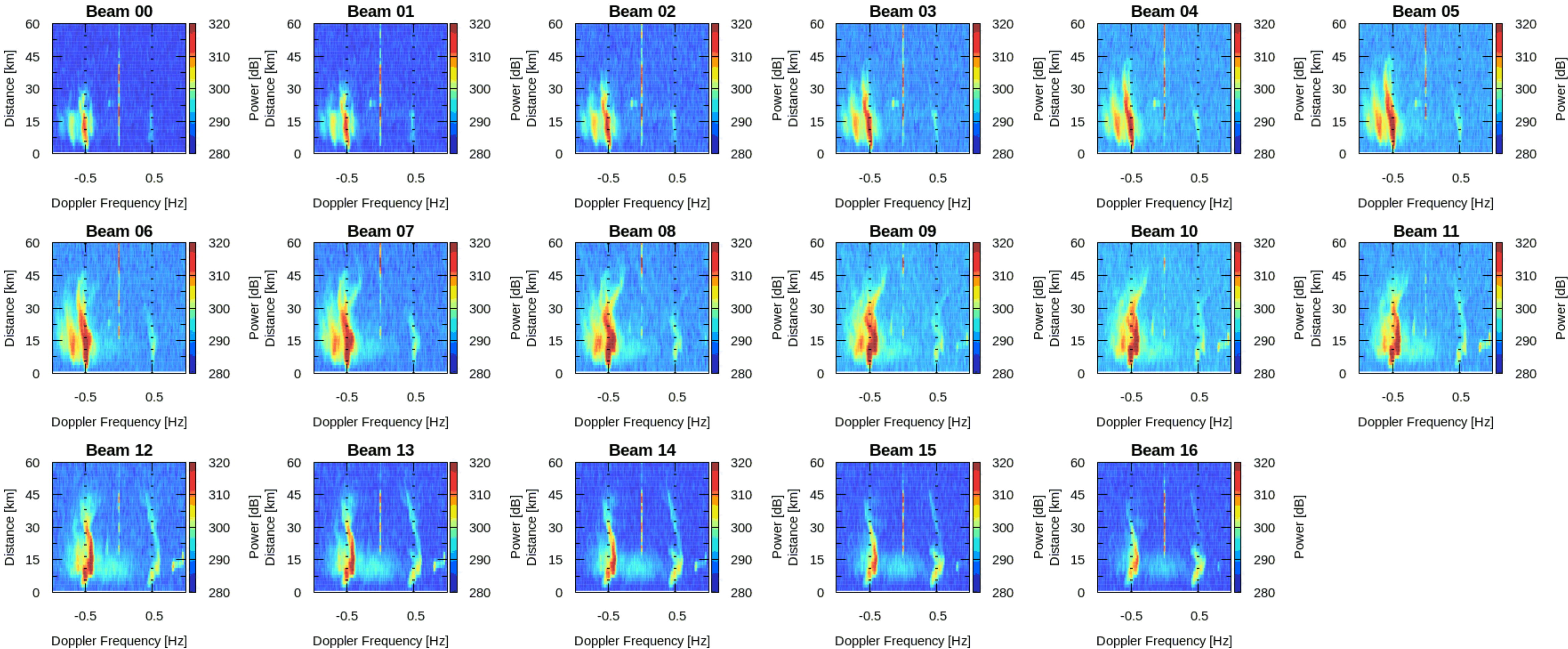


大間（青森県） 2024年6月24日（1時間ごとの値）

時	降水量 (mm)	気温 (℃)	露点 温度 (℃)	蒸気圧 (hPa)	湿度 (%)	風速・風向		日照 時間 (h)	雪	
						平均風速 (m/s)	風向		降雪 (cm)	積雪 (cm)
1	0.0	18.0	17.8	20.4	99	2.3	東		///	///
2	0.0	17.0	17.0	19.4	100	2.2	東		///	///
3	0.0	16.6	16.6	18.9	100	3.8	東		///	///
4	6.5	16.2	16.2	18.4	100	5.0	東		///	///
5	0.5	16.2	16.2	18.4	100	4.1	東	0.0	///	///
6	0.0	16.2	16.2	18.4	100	3.6	東北東	0.0	///	///
7	0.5	16.1	16.1	18.3	100	3.5	東	0.0	///	///
8	0.0	16.6	16.6	18.9	100	3.8	東	0.0	///	///
9	0.0	16.9	16.9	19.3	100	4.3	東	0.0	///	///
10	0.0	17.4	17.4	19.9	100	3.4	東	0.0	///	///
11	0.0	19.0	18.5	21.3	97	2.9	東	0.0	///	///
12	0.0	20.2	19.6	22.7	96	1.6	東北東	0.0	///	///
13	0.0	18.9	18.4	21.2	97	2.9	南南西	0.0	///	///
14	0.0	18.3	18.1	20.8	99	3.0	南西	0.0	///	///
15	0.0	18.2	18.2	20.9	100	3.2	南西	0.0	///	///
16	0.0	17.6	17.6	20.1	100	2.6	南西	0.0	///	///
17	0.0	17.3	17.3	19.7	100	2.0	南南西	0.0	///	///
18	0.0	17.3	17.3	19.7	100	2.2	南西	0.0	///	///
19	0.0	18.7	18.7	21.6	100	5.3	南西	0.0	///	///
20	0.0	19.1	18.9	21.9	99	4.6	南西	0.0	///	///
21	0.0	19.1	18.8	21.7	98	3.4	南西		///	///
22	0.0	19.4	18.9	21.9	97	4.7	南西		///	///
23	0.0	19.3	19.0	21.9	98	3.7	南西		///	///
24	0.0	19.3	19.3	22.4	100	2.8	南西		///	///

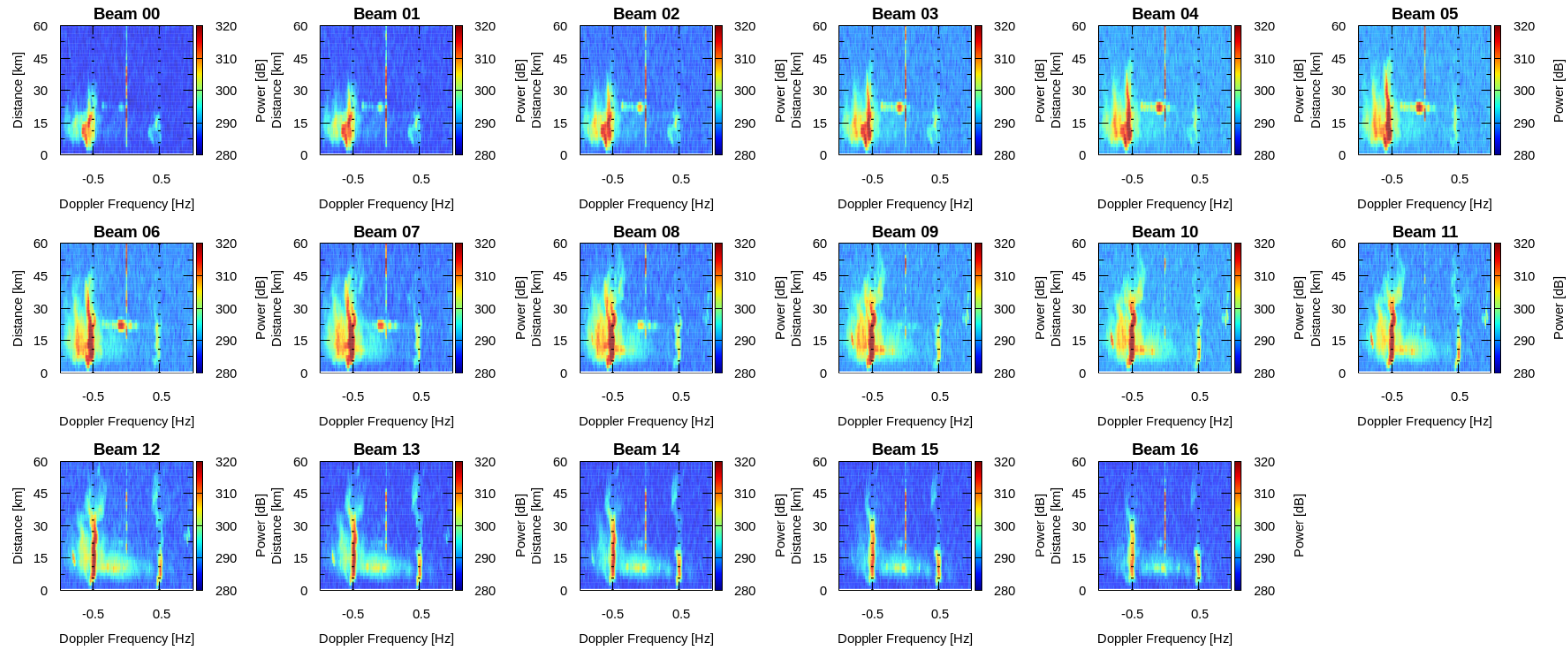
風の影響

SOKB_SP_2024_0624_0000

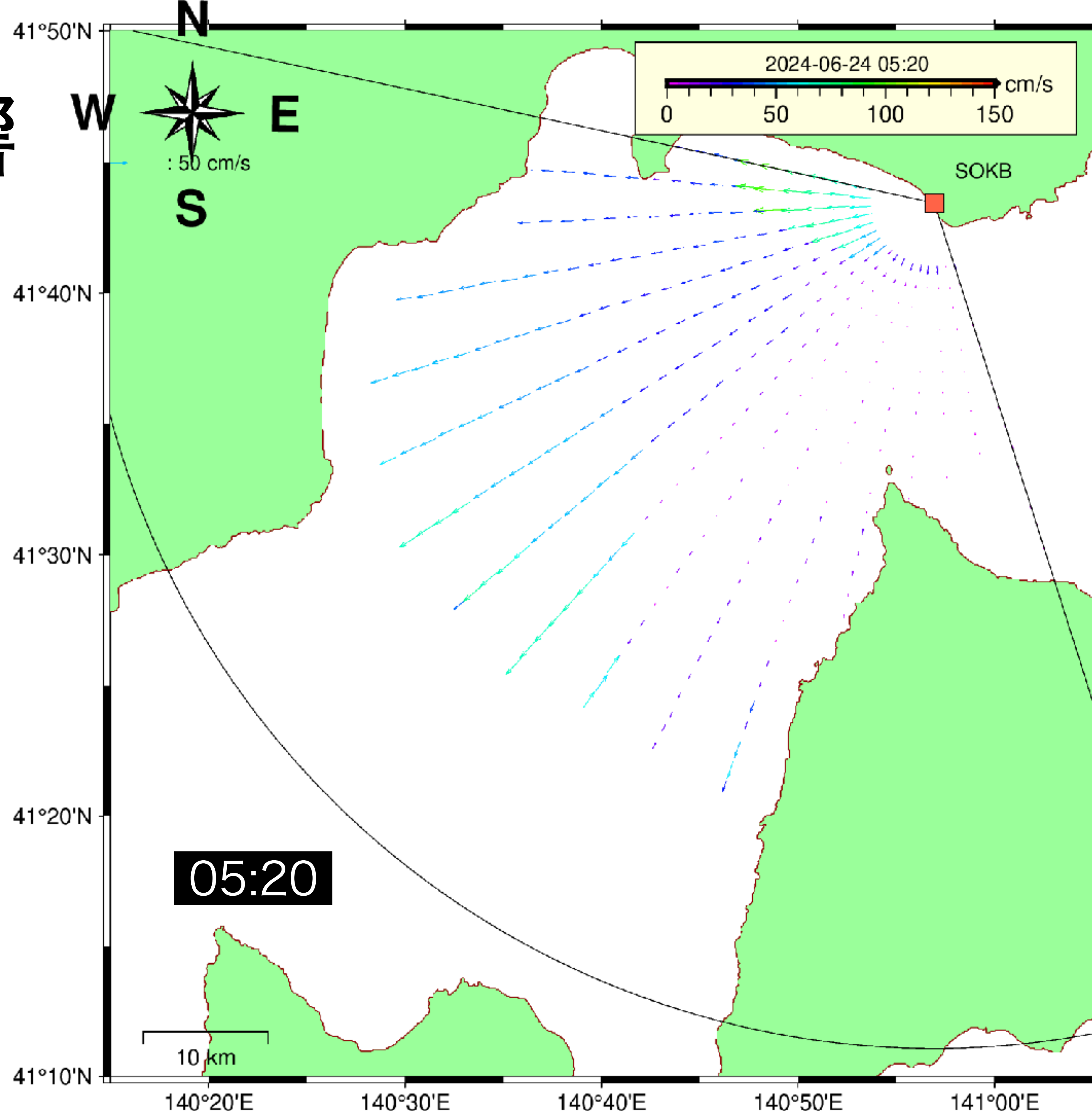


風の影響

SOKB_SP_2024_0624_0520

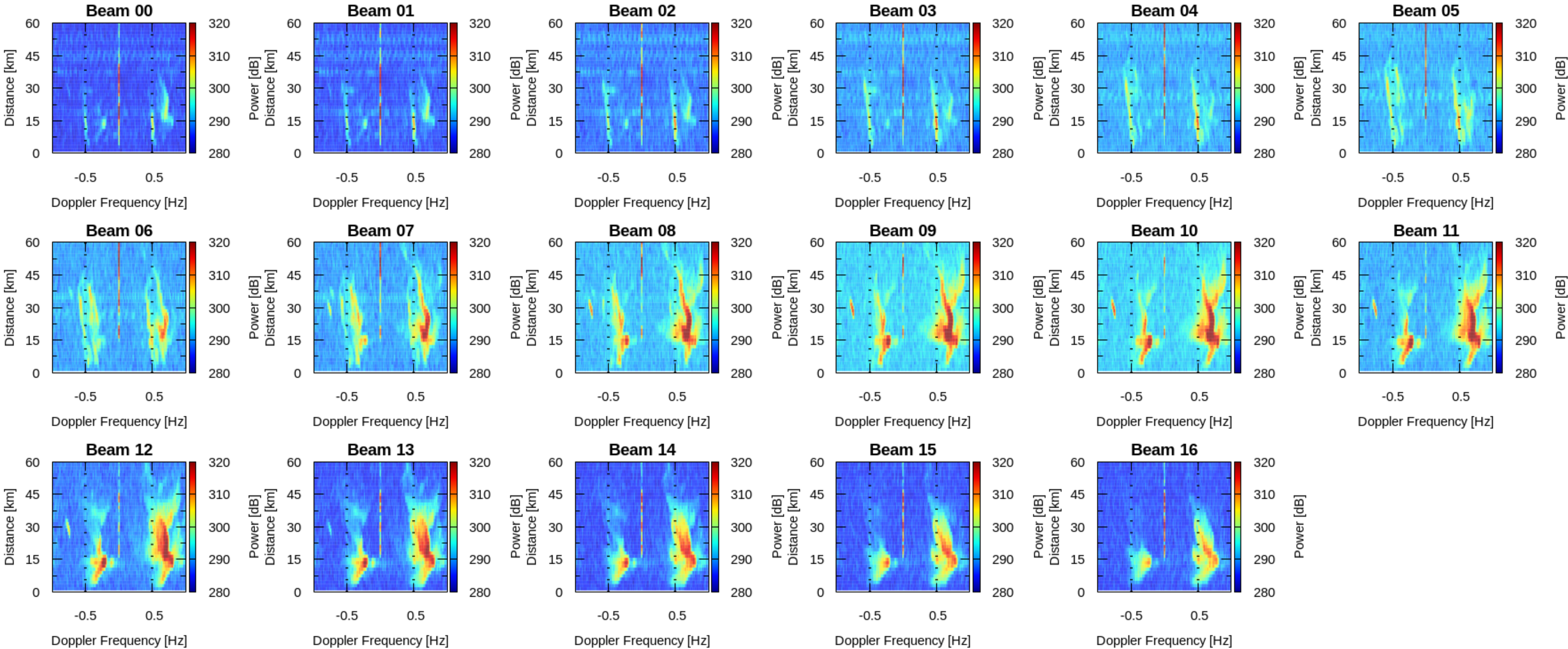


風の影響

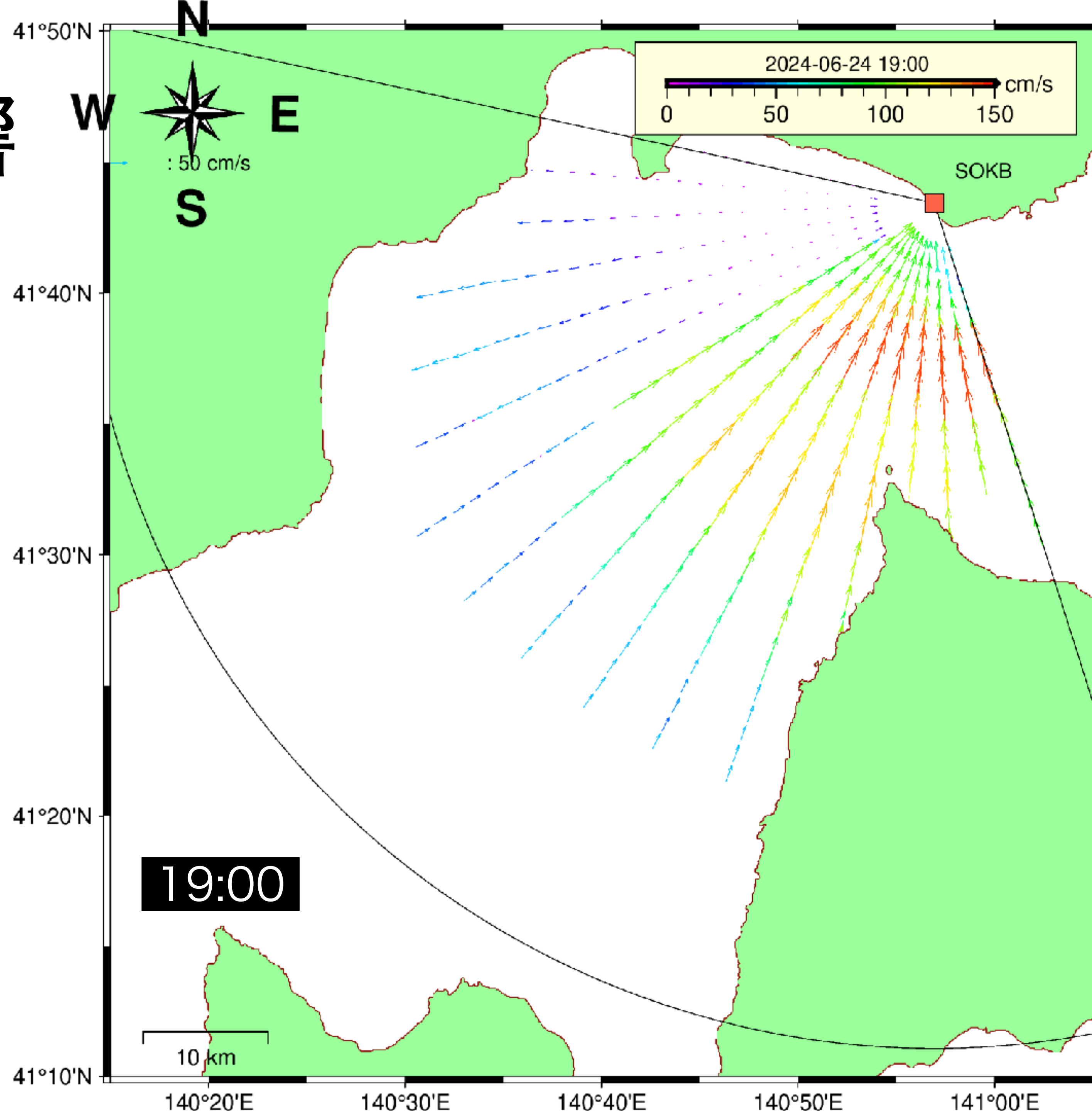


風の影響

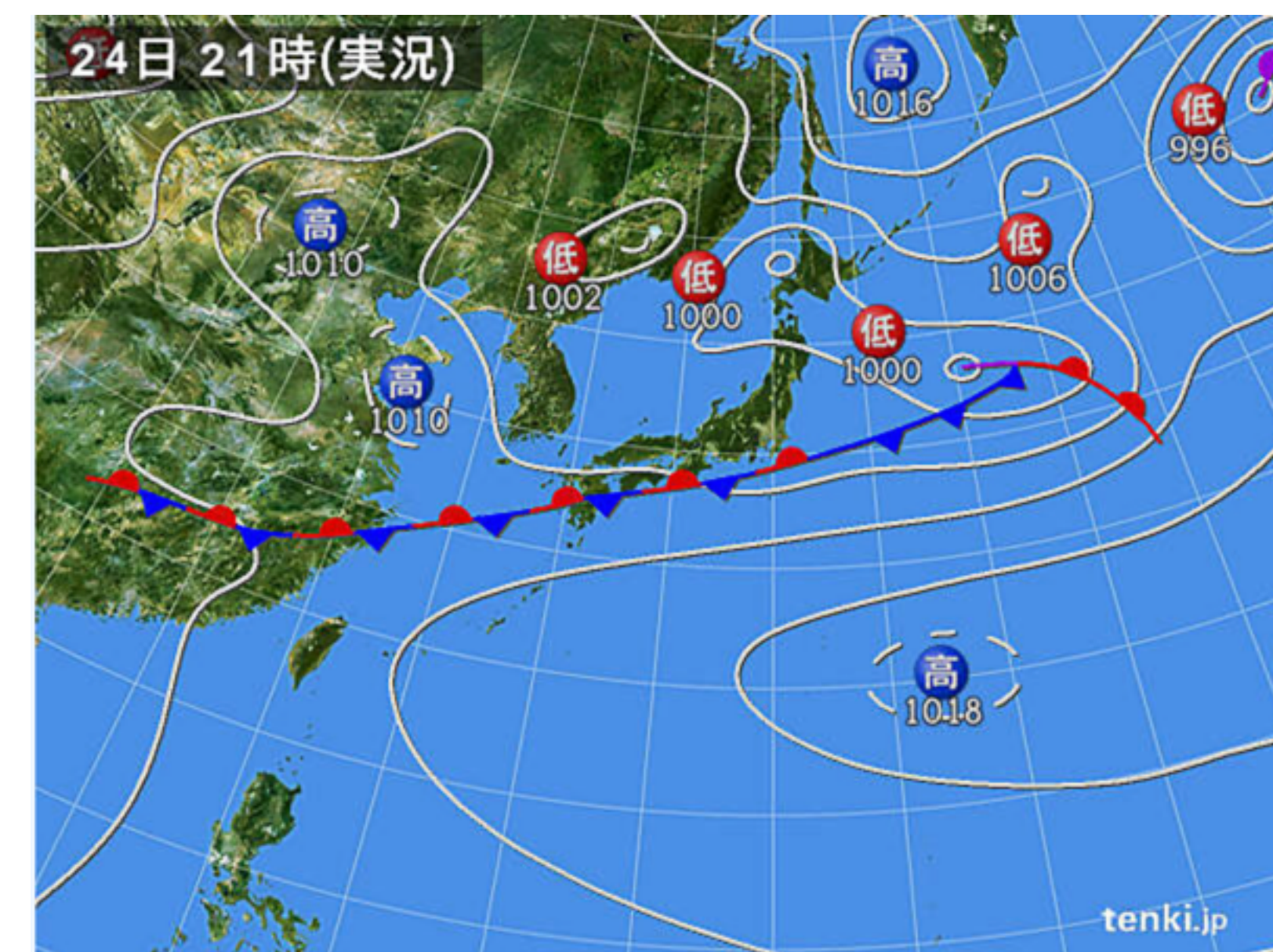
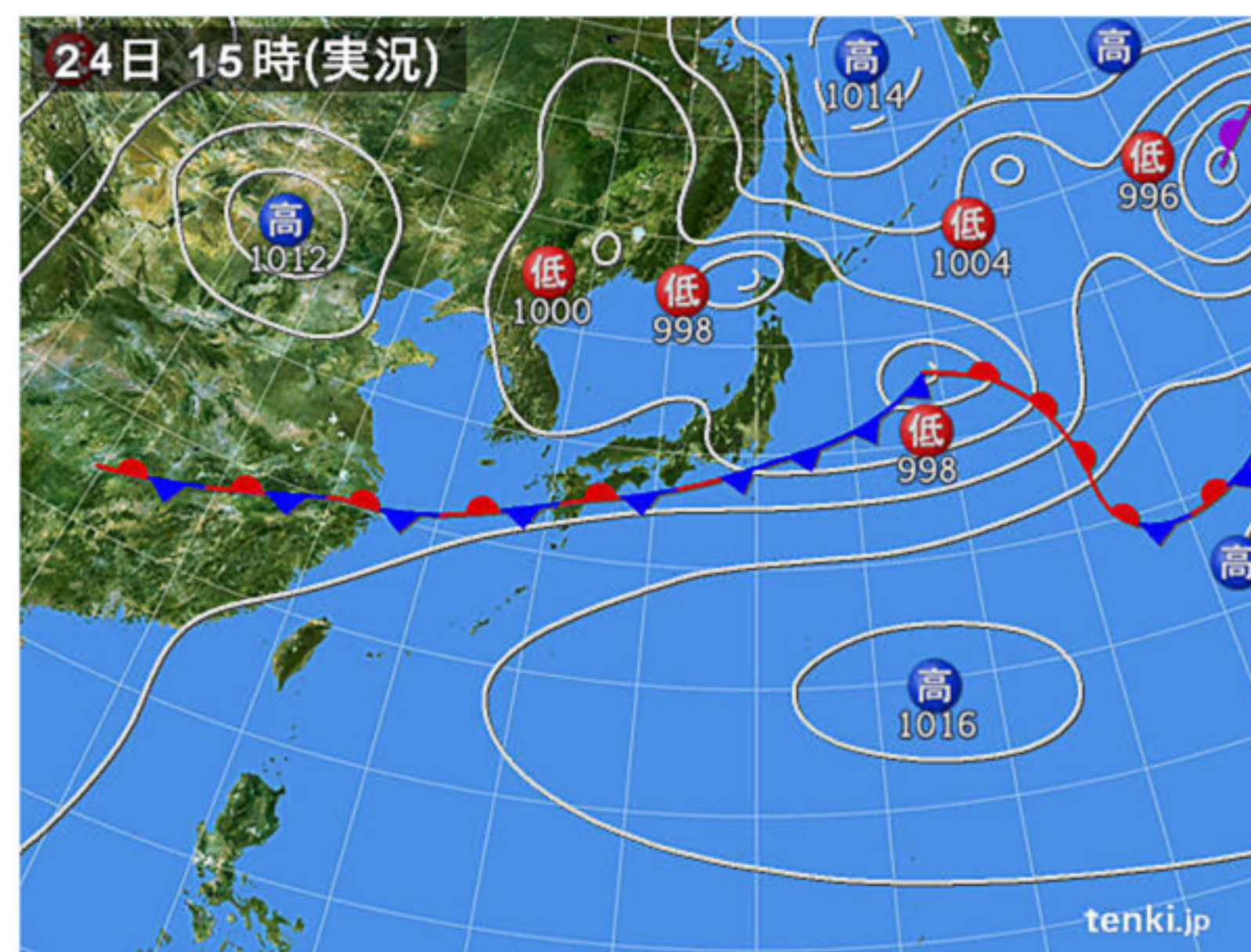
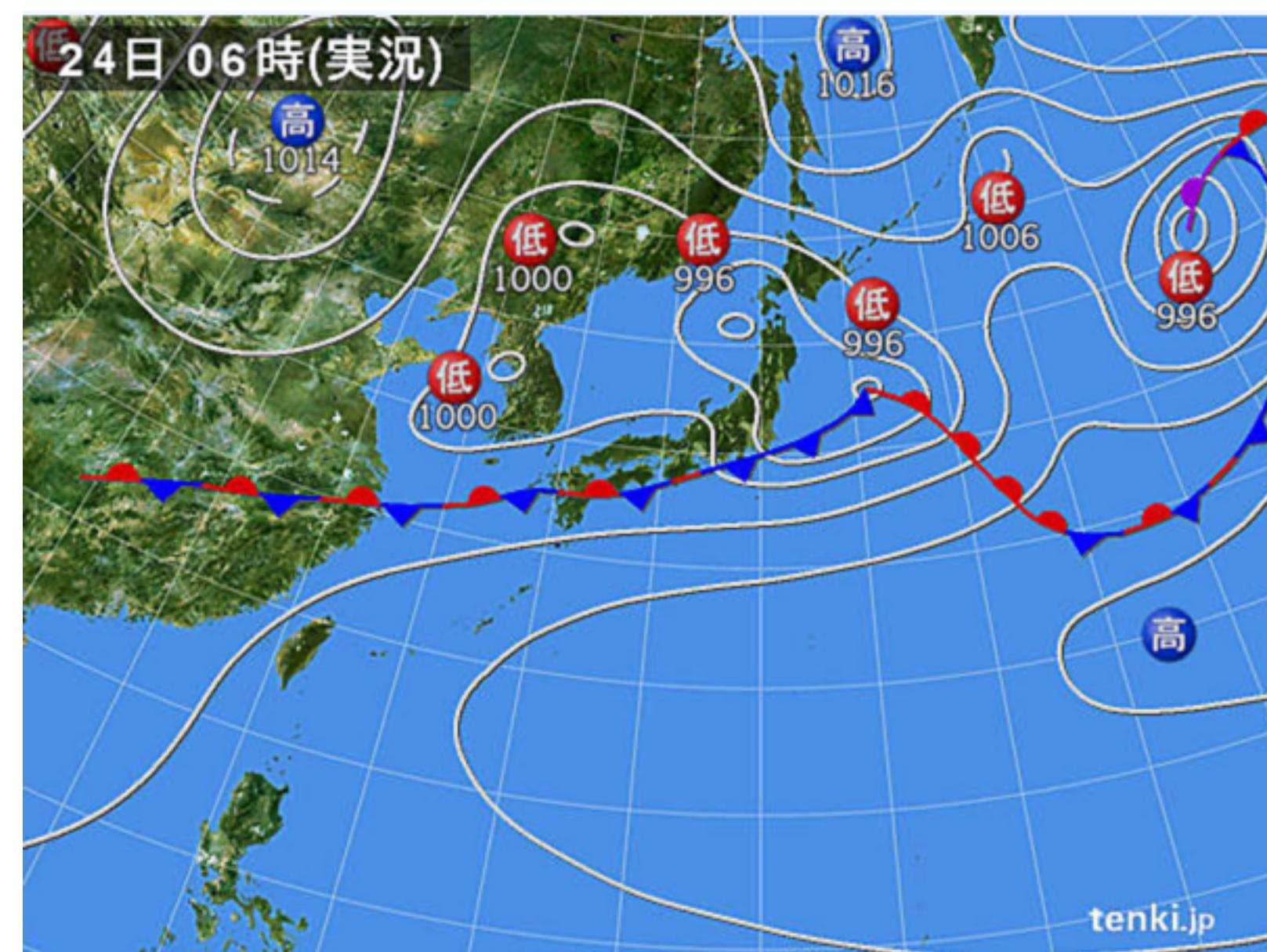
SOKB_SP_2024_0624_1900



風の影響

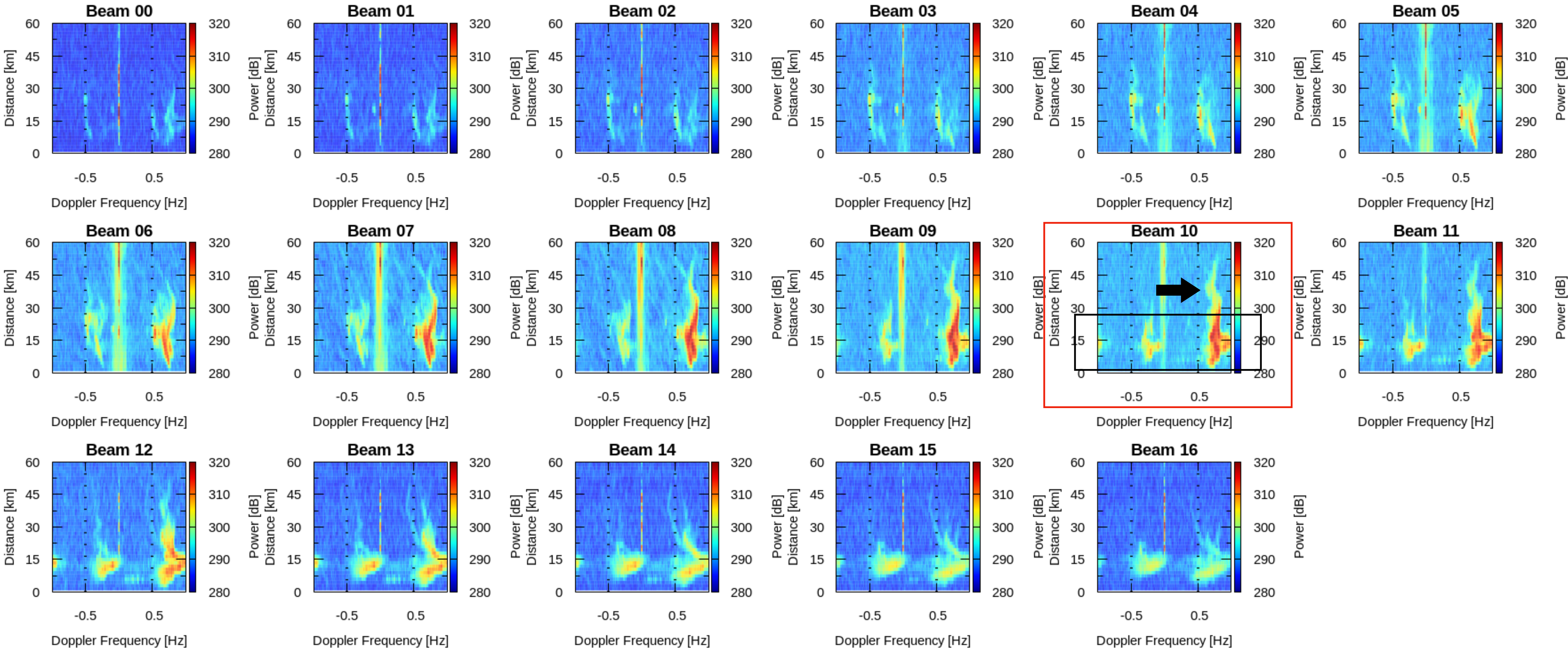


風の影響

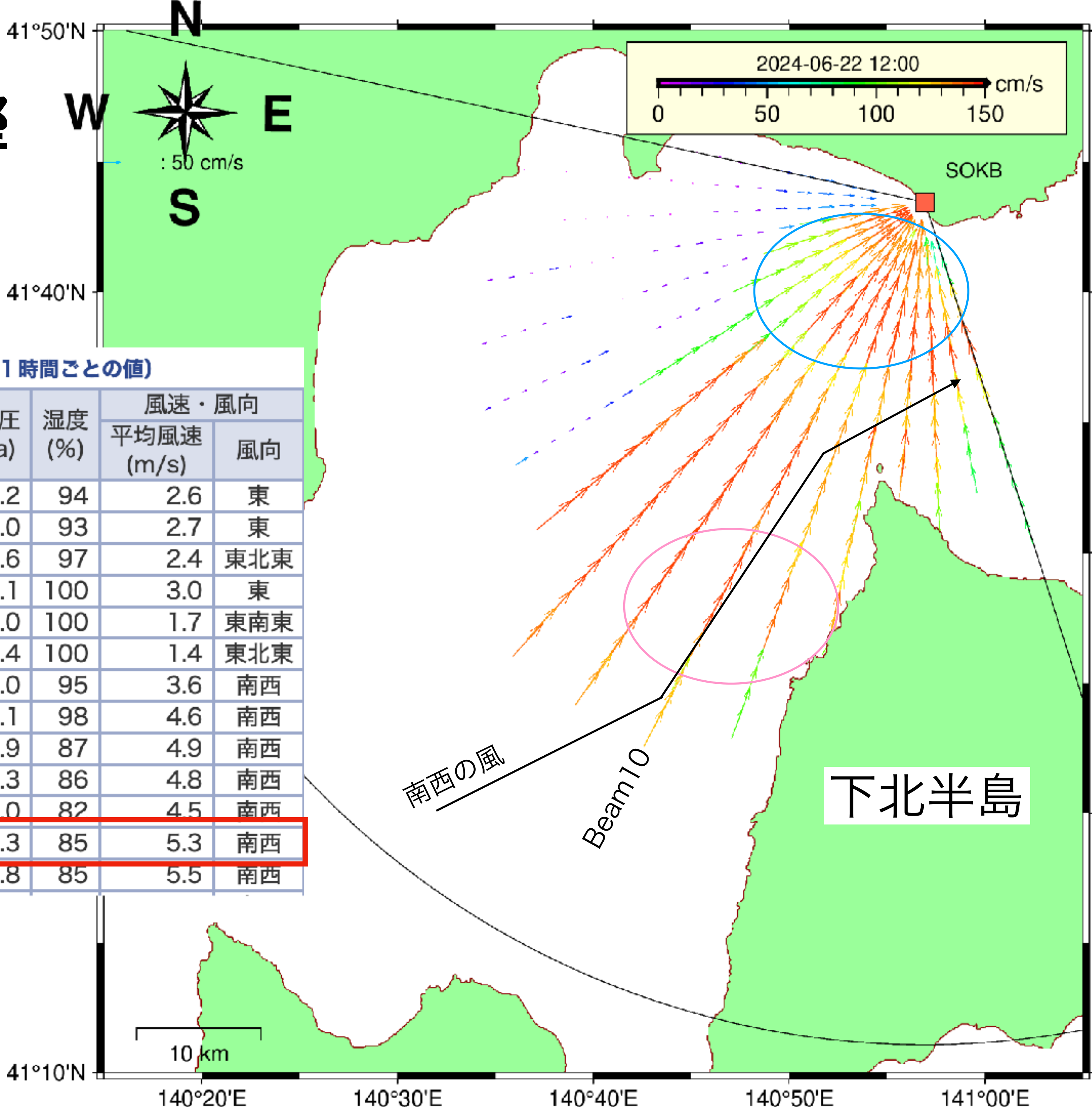


風の影響

SOKB_SP_2024_0622_1200



風の影響



大間（青森県） 2024年6月22日（1時間ごとの値）

時	降水量 (mm)	気温 (°C)	露点 温度 (°C)	蒸気圧 (hPa)	湿度 (%)	風速・風向	
						平均風速 (m/s)	風向
1	0.0	17.8	16.8	19.2	94	2.6	東
2	0.0	17.8	16.7	19.0	93	2.7	東
3	0.0	16.8	16.3	18.6	97	2.4	東北東
4	0.0	16.8	16.8	19.1	100	3.0	東
5	0.0	16.7	16.7	19.0	100	1.7	東南東
6	0.0	17.0	17.0	19.4	100	1.4	東北東
7	0.0	18.3	17.5	20.0	95	3.6	南西
8	0.0	17.9	17.6	20.1	98	4.6	南西
9	0.0	20.4	18.2	20.9	87	4.9	南西
10	0.0	20.9	18.5	21.3	86	4.8	南西
11	0.0	21.5	18.3	21.0	82	4.5	南西
12	0.0	21.1	18.5	21.3	85	5.3	南西
13	0.0	20.7	18.1	20.8	85	5.5	南西

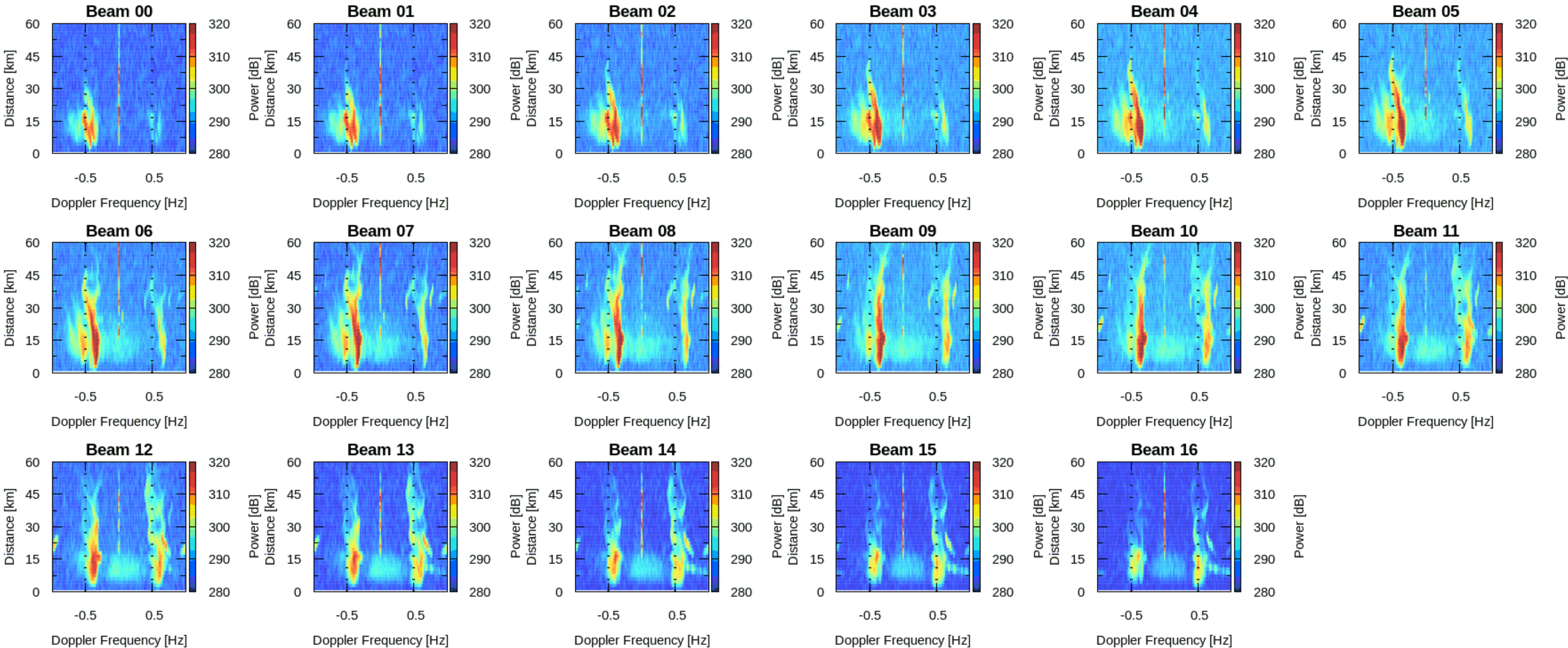
結論

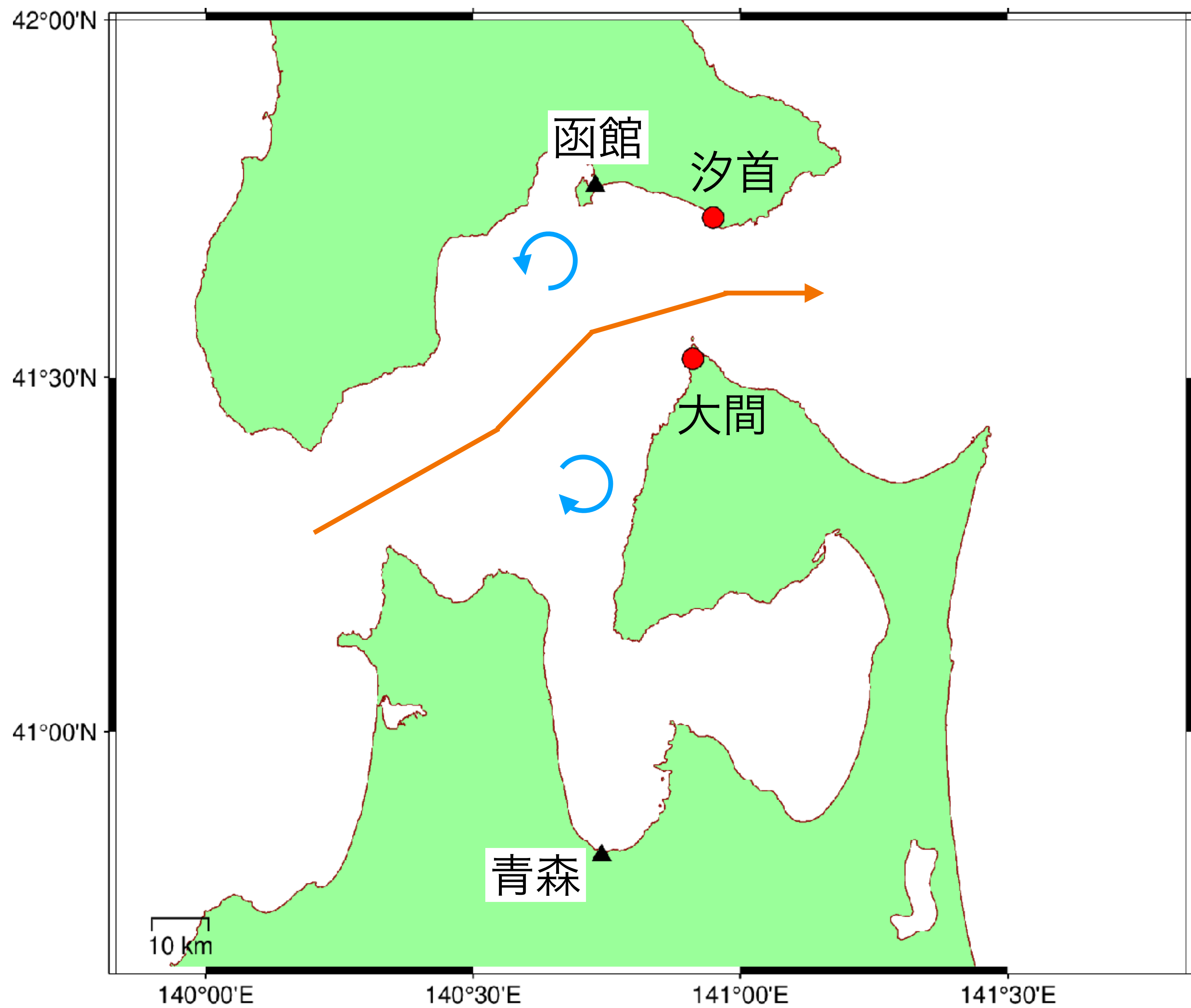
- ・ リアルタイムで観測中
- ・ 津軽海峡特有の速い流れ
- ・ 双峰型スペクトル
 - ・ 海峡中央部と下北半島西側でシアーが見れている
- ・ 風の影響
 - ・ 東風の際、波が発達して二次散乱
 - ・ 下北半島が壁になっている→レーダ方向に沿った風向き

今後の展望

- ・ JAMSTECとの連携
 - ・ データの受け渡し
- ・ 新たな局との連携
 - ・ 流向・流速の計算
- ・ 流速の制限

SOKB_SP_2024_0905_0000



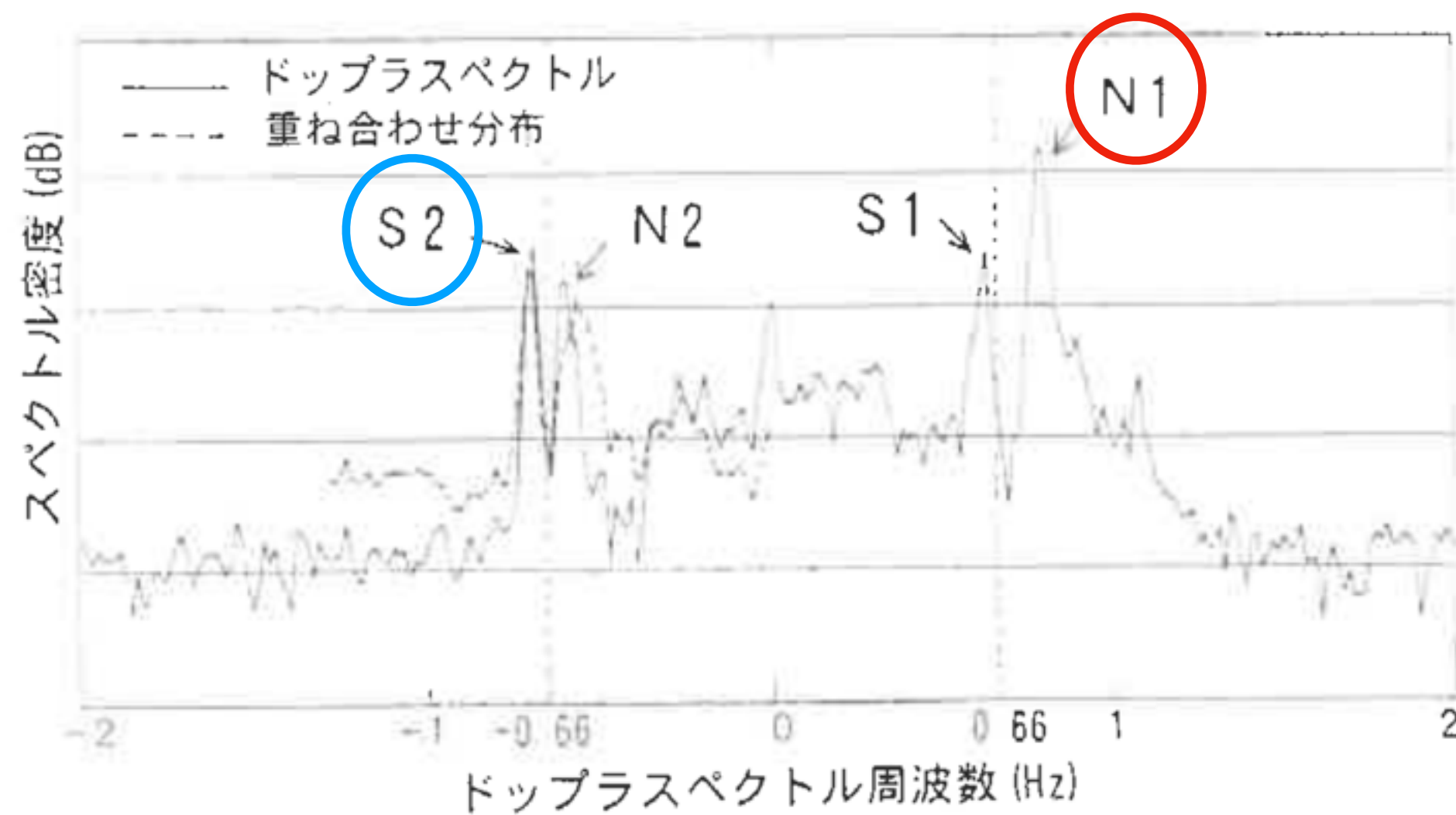


送受信機から計算機まで シェルスクリプト

- ・ 送受信機で得たデータをリアルタイムで計算機に持ってきてたい、、
 - ・ Rsyncでディレクトリ同期！
- ・ リモートでSSH鍵認証を設定
 - ・ ローカルでコマンドやスクリプトを指定して実行できるように

スペクトルの読み取り

- 重ね合わせ法によるドップラースペクトル解析



偽りのピークN1

正常なピークS2

図-7.4.8 重ね合わせ法による図-7.4.6 のドップラースペクトルの解析

レンジ方向の補正

- Hampel Identifier
 - 統計学や信号処理において外れ値を検出
 - 窓幅を決め、そのデータについて計算
 - 2回繰り返す
- 窓幅内に欠測が多く孤立している読み取り点はノイズとみなし、欠測とする。

Hampel Identifier

data=[100,2,1,3,4,2,2,3,2] 管理値:5

- ・ 計算手順

- ・ 対象データ点の周囲（窓幅5）を取る

対象データ:100 [1,2,3,4,100]

- ・ 窓内の中央値

中央値:3

- ・ 窓内の中央値絶対偏差

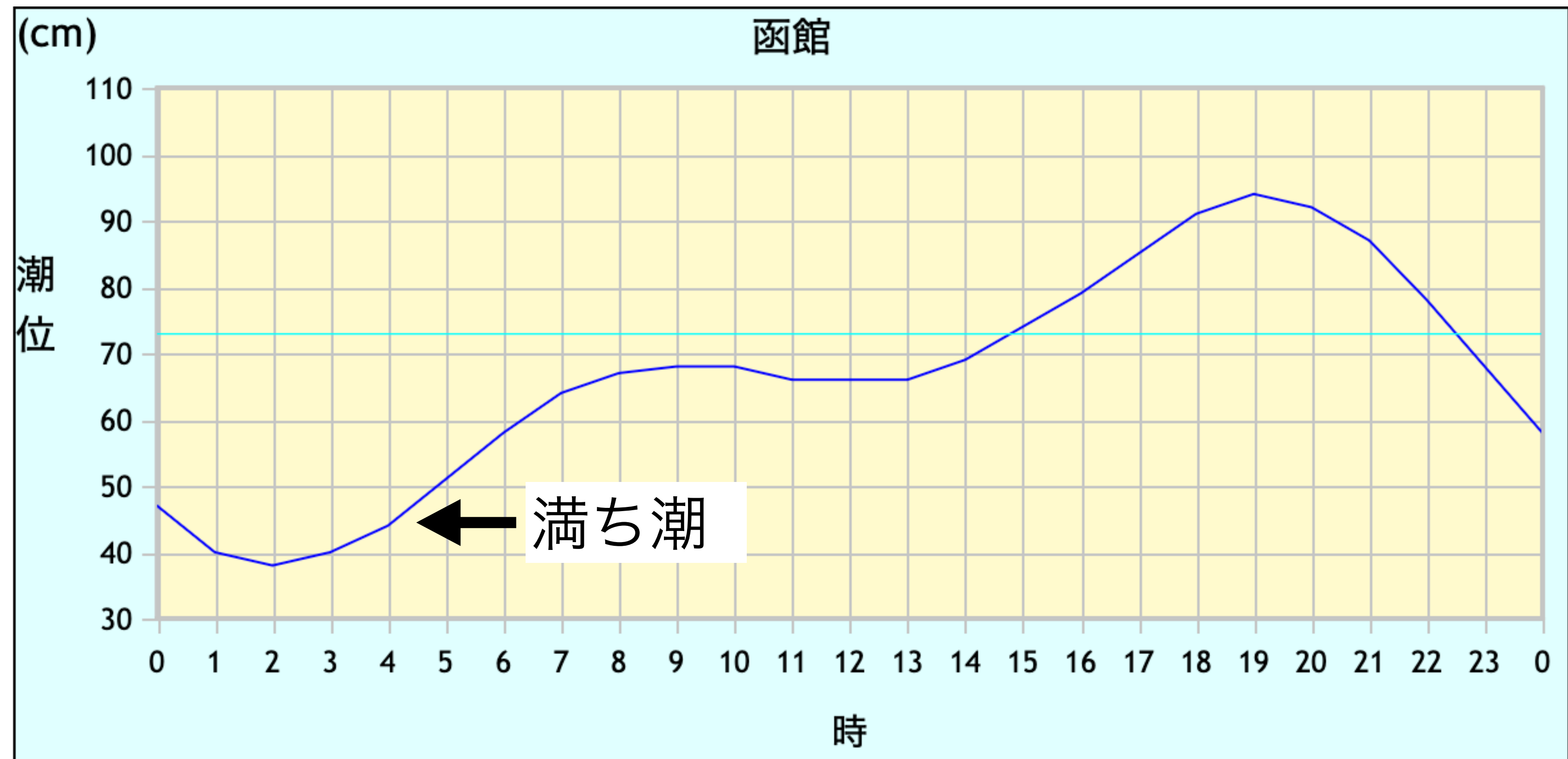
[0,1,1,2,97] 中央値:1

- ・ 中央絶対偏差と管理値をかけた値と比較

$1 \times 5 < 100 \rightarrow$ 外れ値

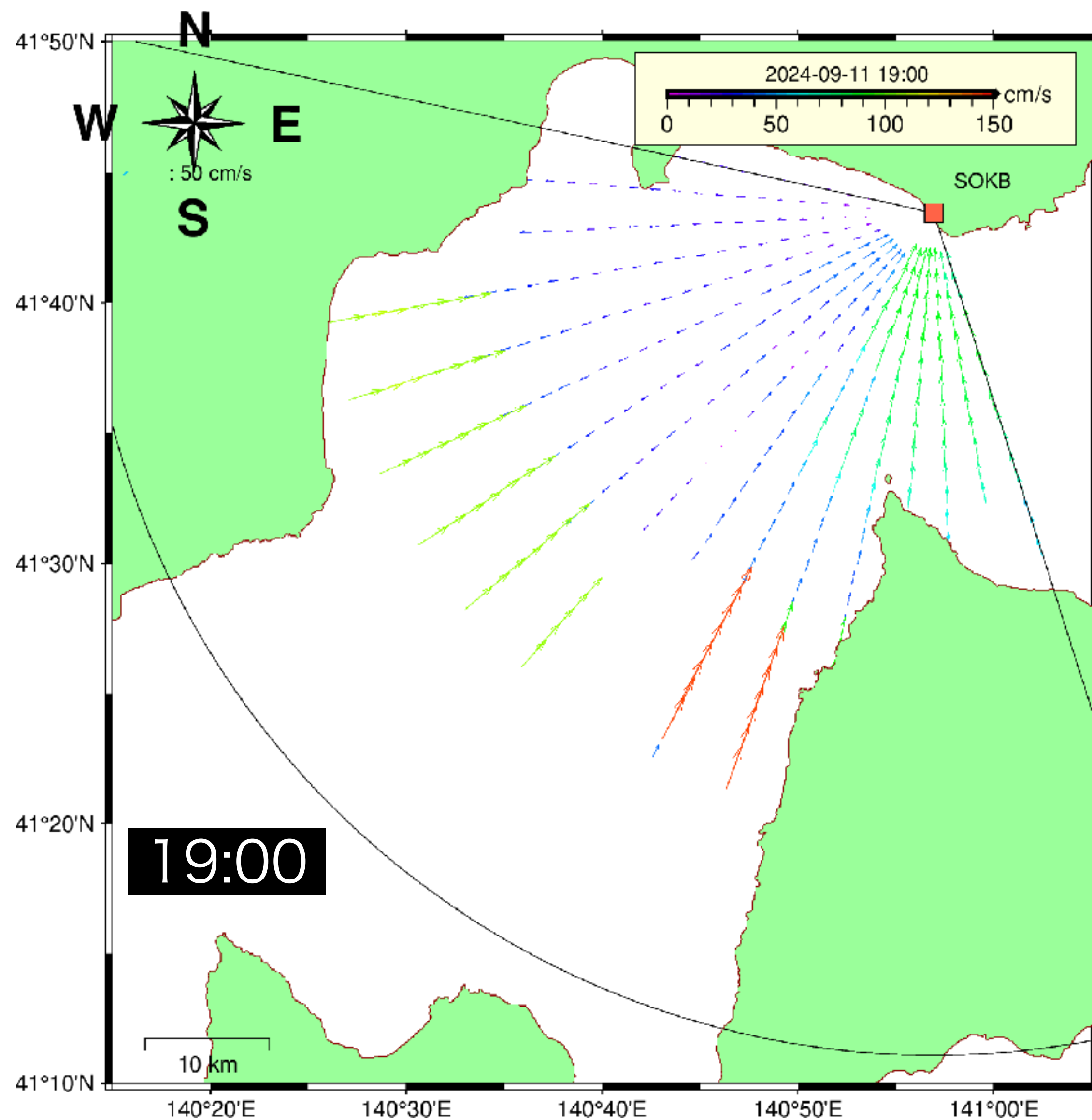
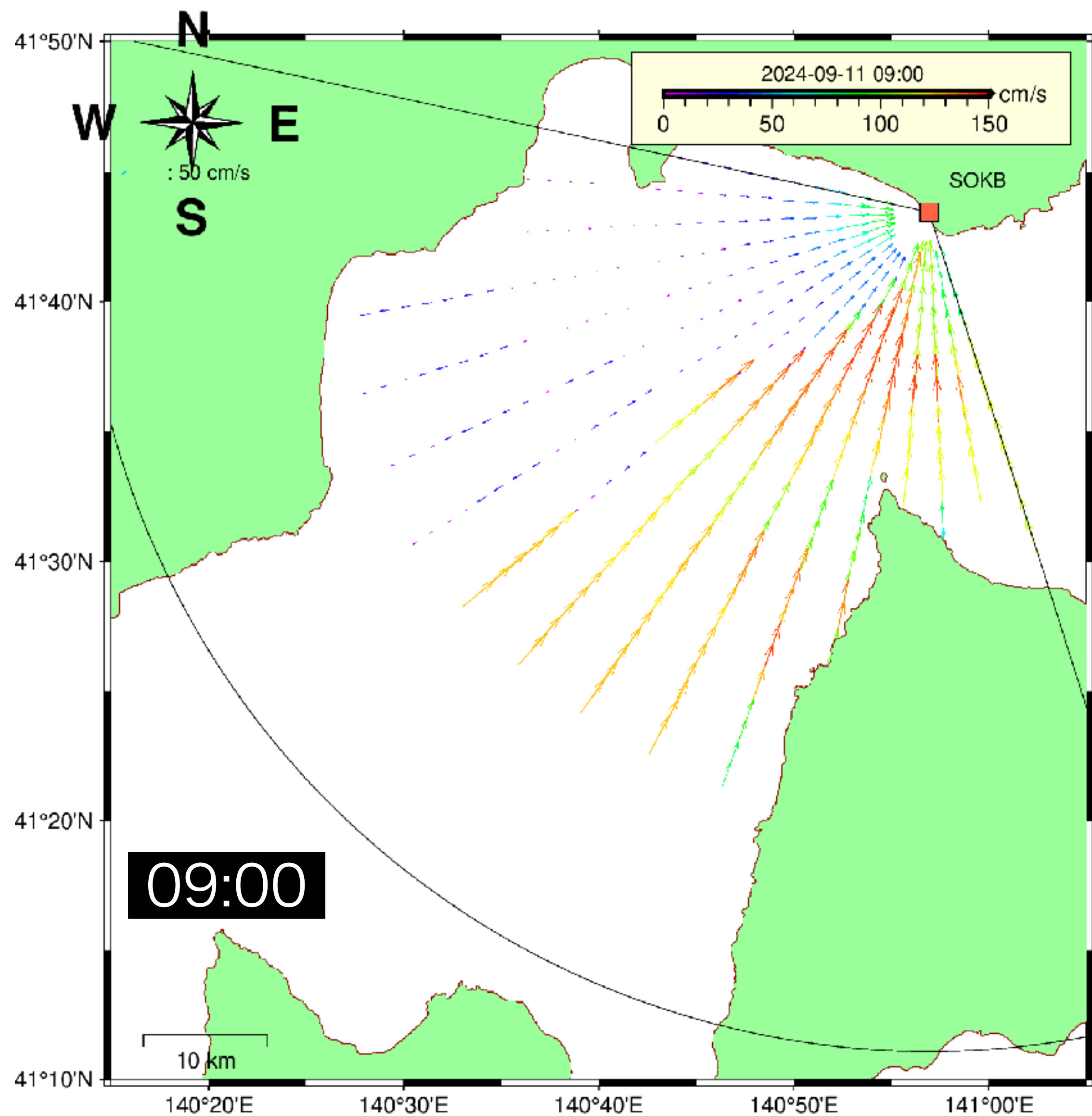
- ・ 対象データの判定

9月11日 函館の潮位予測



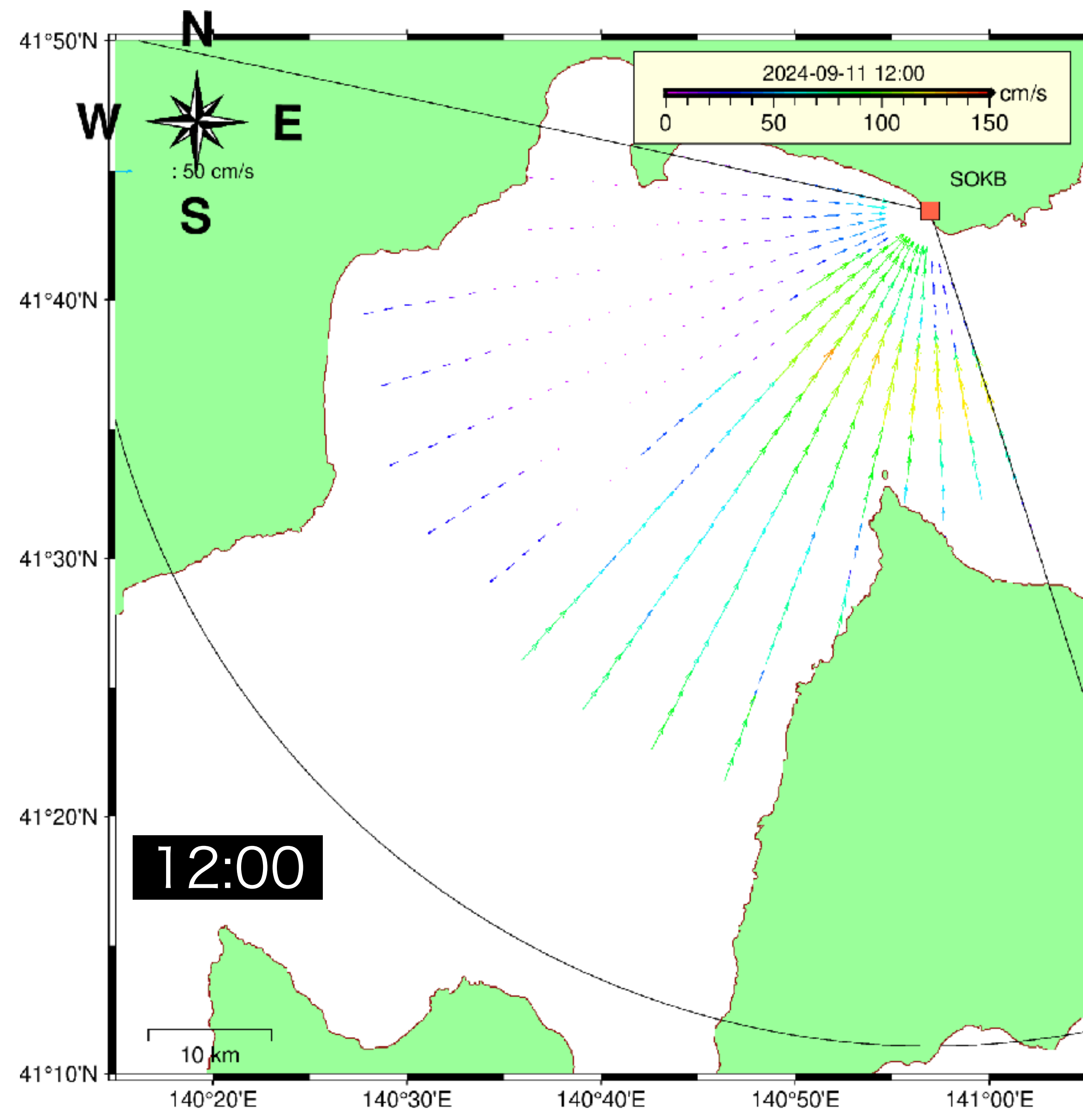
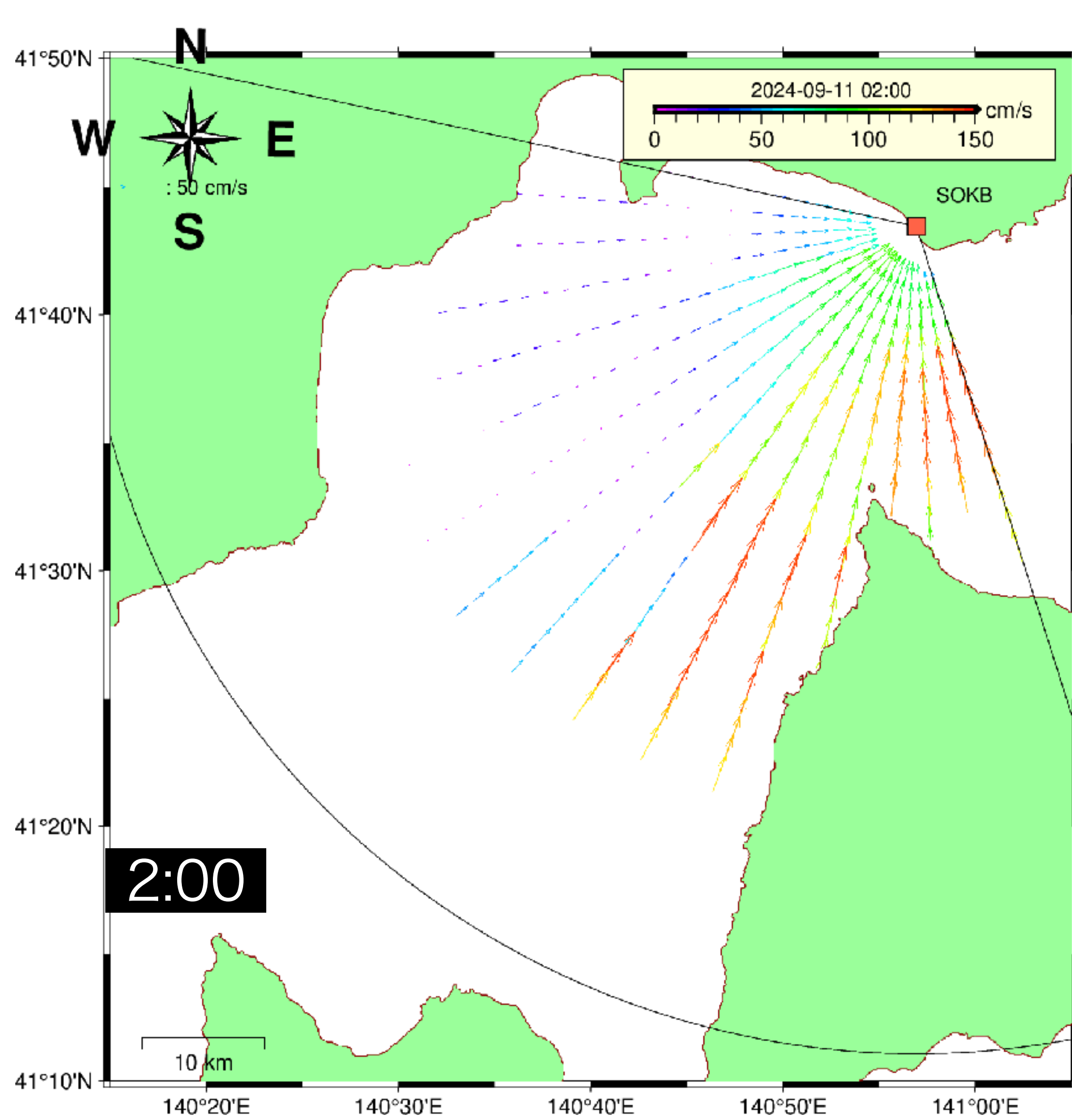
観測結果例

20240911 (小潮) 満潮時



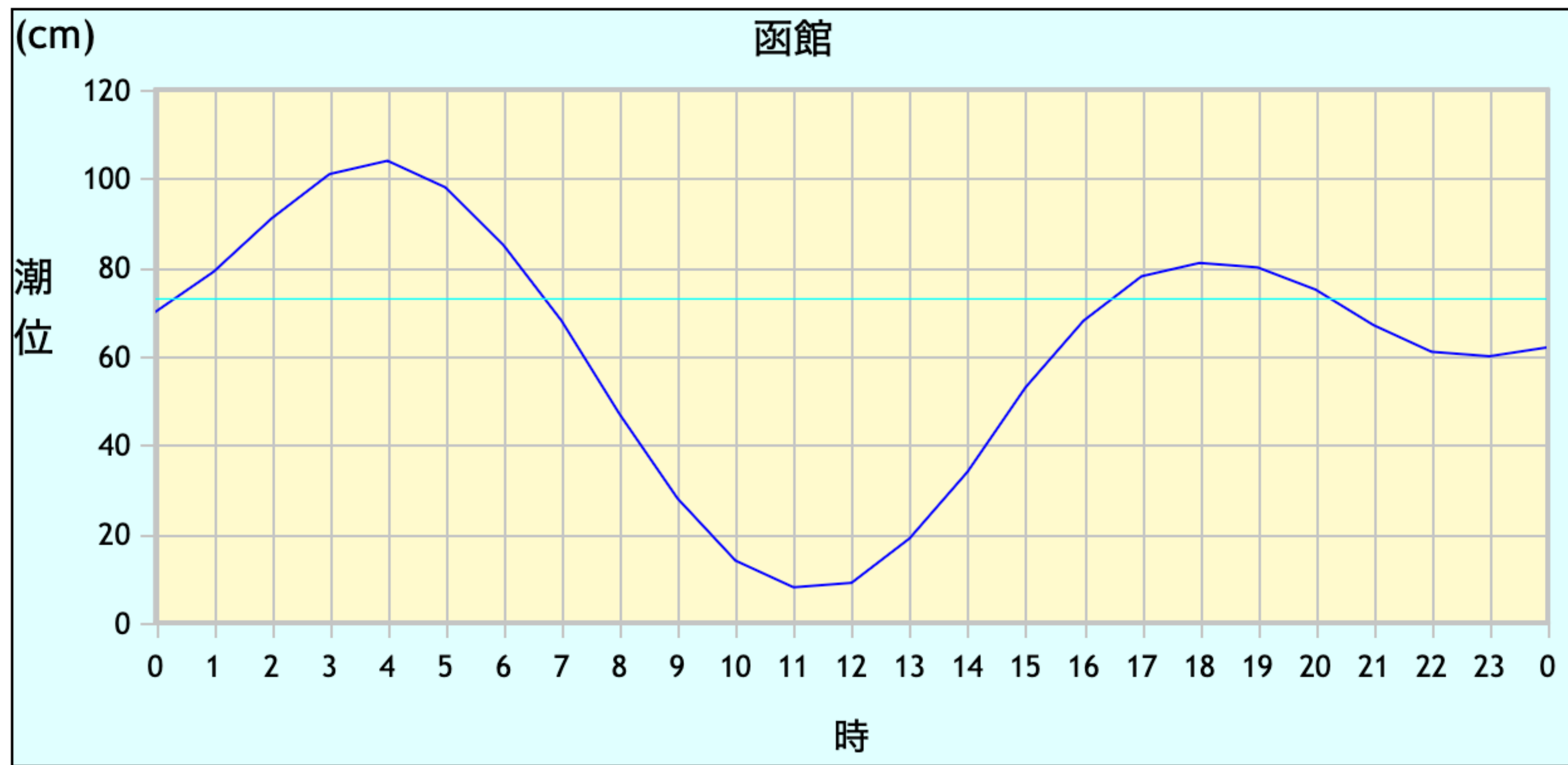
観測結果例

20240911 (小潮) 干潮時

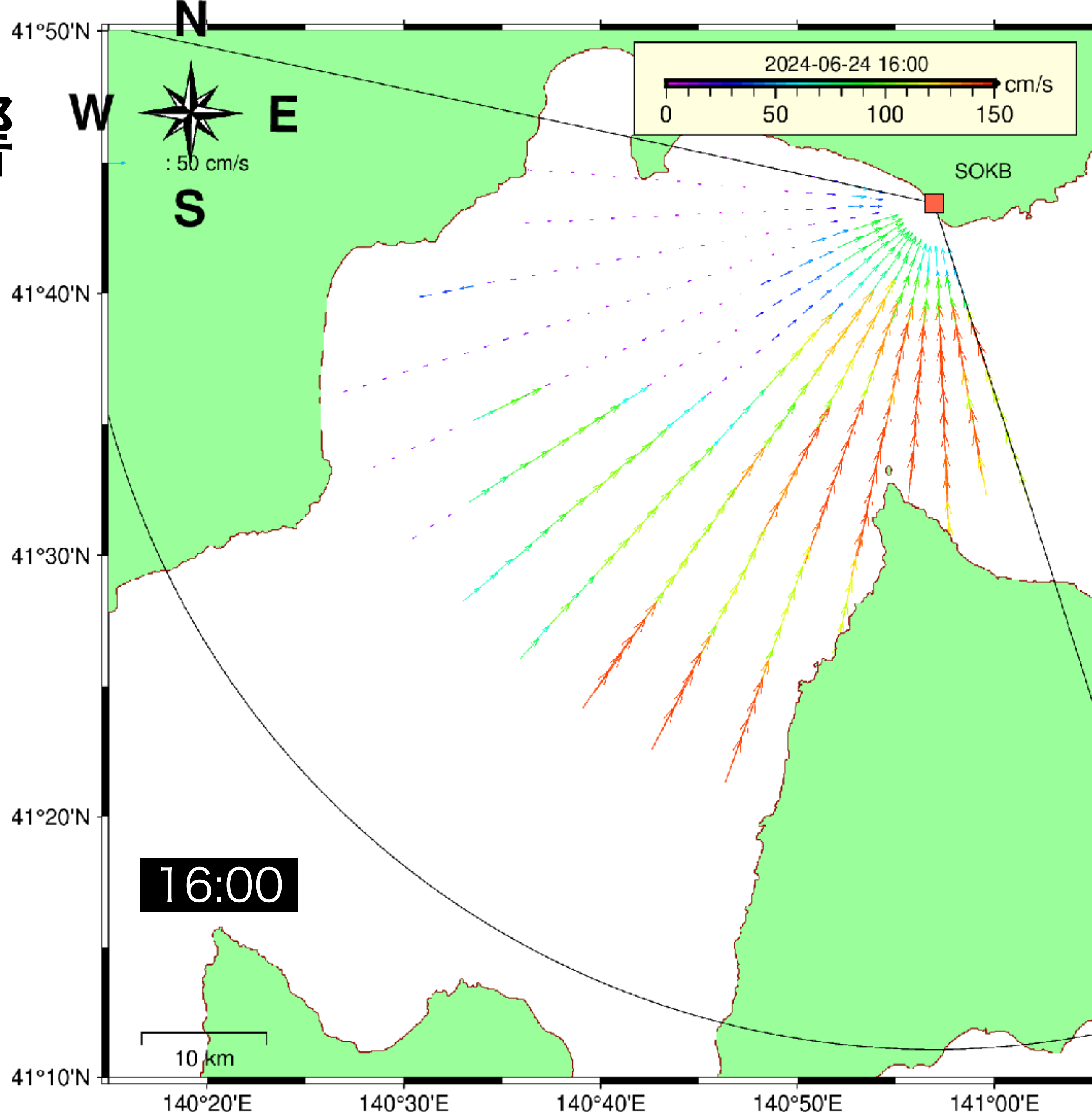


風の影響

2024.06.24

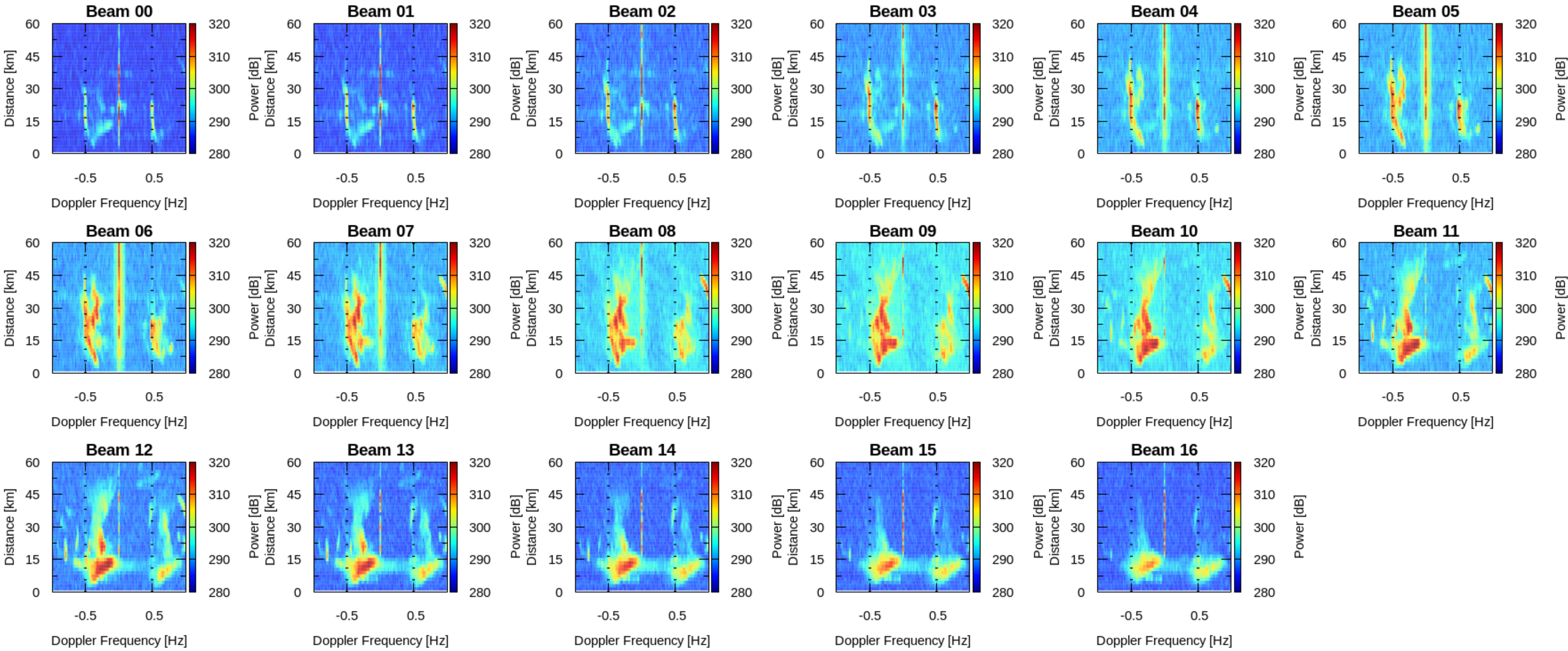


風の影響



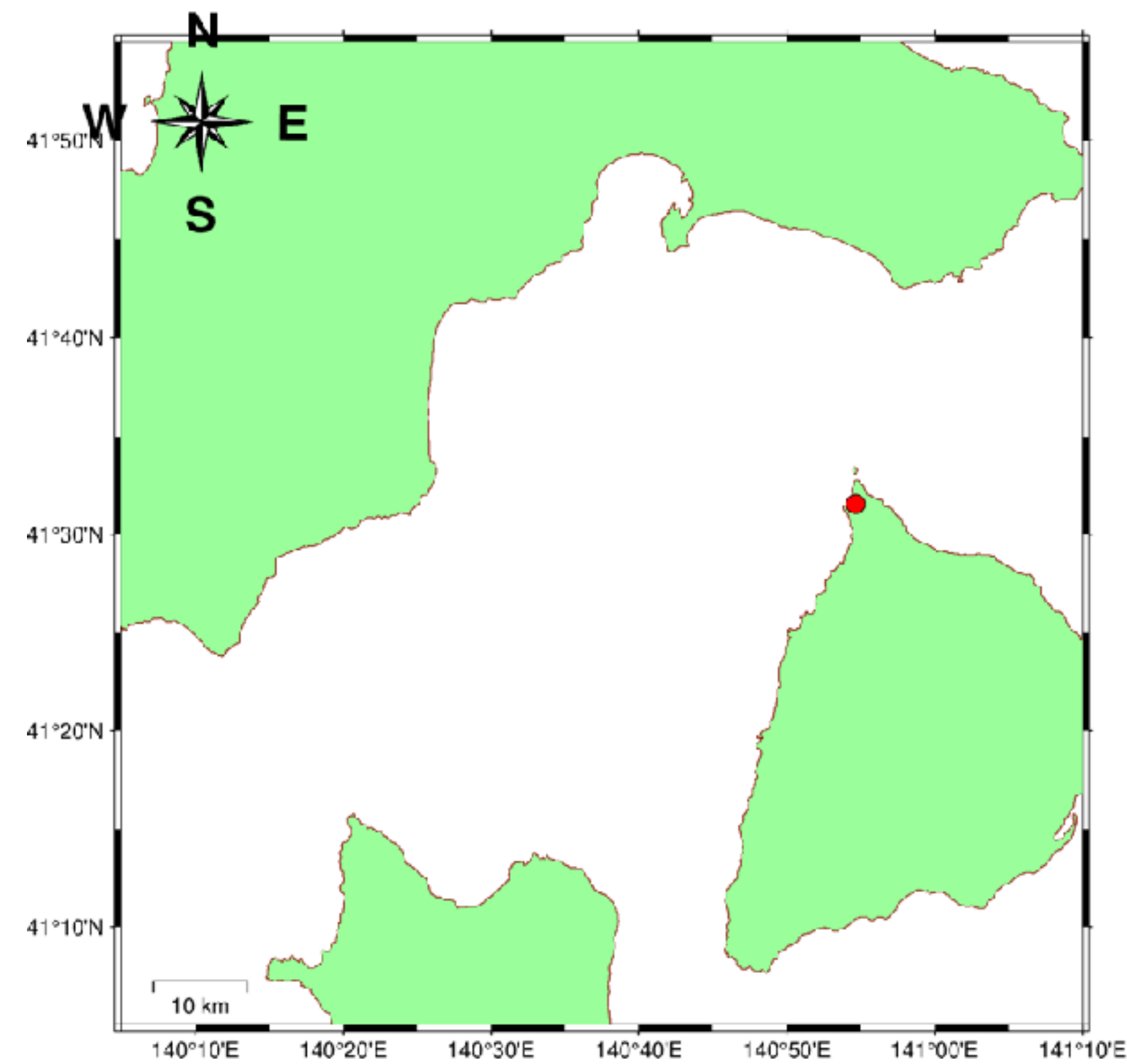
風の影響

SOKB_SP_2024_0624_1600



大間での風向観測データ

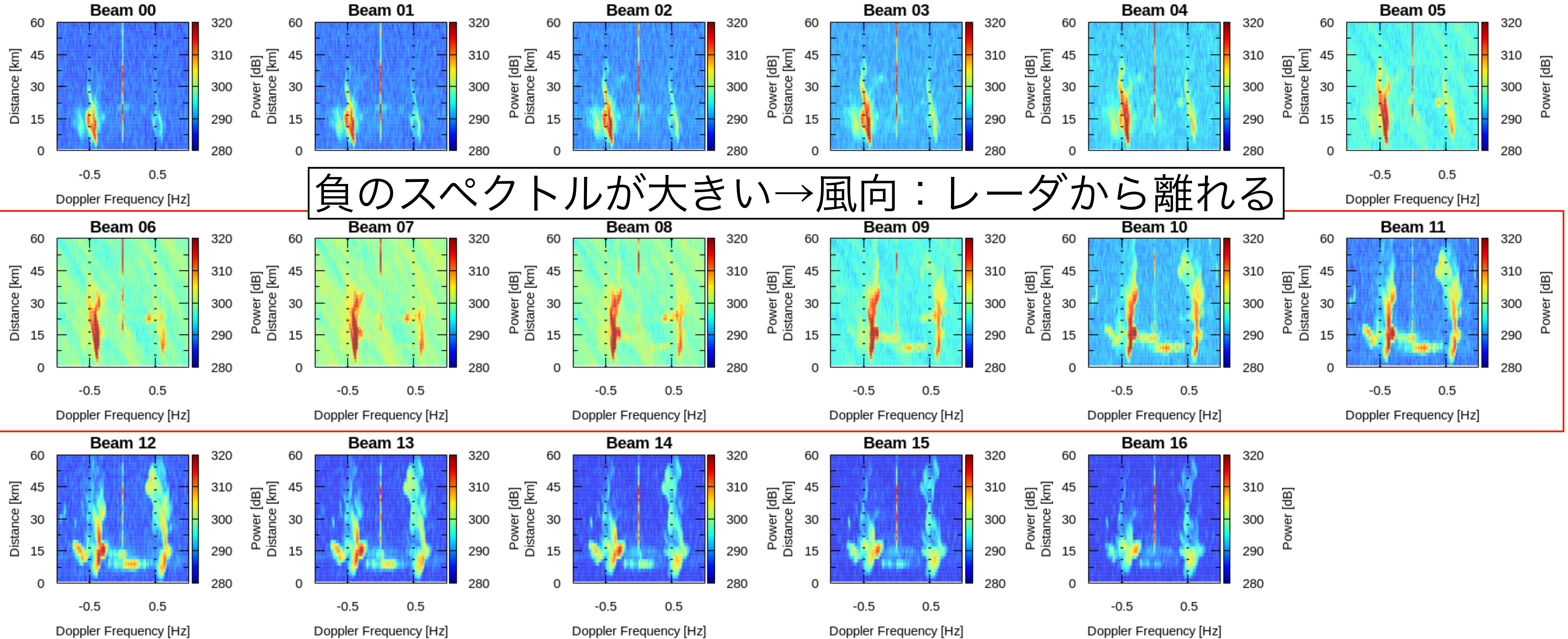
大間（青森県） 2024年9月5日（1時間ごとの値）



時	降水量 (mm)	気温 (℃)	露点 温度 (℃)	蒸気圧 (hPa)	湿度 (%)	風速・風向		日照 時間 (h)	雪	
						平均風速 (m/s)	風向		降雪 (cm)	積雪 (cm)
1	0.0	20.0	19.5	22.7	97	0.9	東		///	///
2	0.0	19.4	19.3	22.3	99	0.4	東		///	///
3	0.0	18.9	18.9	21.8	100	0.9	東南東		///	///
4	0.0	18.5	18.5	21.3	100	0.7	東北東		///	///
5	0.0	18.6	18.6	21.4	100	1.5	南東		///	///
6	0.0	19.6	19.3	22.4	98	0.9	南東	0.5	///	///
7	0.0	22.9	21.0	24.9	89	0.6	南南西	1.0	///	///
8	0.0	24.6	20.5	24.1	78	0.9	東	1.0	///	///
9	0.0	24.8	20.3	23.8	76	1.1	北	1.0	///	///
10	0.0	25.9	20.9	24.7	74	1.6	西北西	1.0	///	///
11	0.0	26.5	21.5	25.6	74	2.4	西	1.0	///	///
12	0.0	25.9	21.4	25.4	76	2.3	西北西	1.0	///	///
13	0.0	25.5	21.4	25.5	78	1.4	西北西	1.0	///	///
14	0.0	25.6	21.7	25.9	79	1.6	南南西	1.0	///	///
15	0.0	26.7	21.5	25.6	73	2.3	南西	0.8	///	///
16	0.0	25.7	21.6	25.8	78	1.4	南南西	0.8	///	///
17	0.0	25.8	22.5	27.2	82	0.8	南東	0.0	///	///
18	0.0	24.7	22.6	27.4	88	0.9	南東	0.0	///	///
19	0.0	24.0	22.1	26.6	89	1.0	南東	0.0	///	///
20	0.0	23.4	22.2	26.8	93	1.0	南南東		///	///
21	0.0	25.3	22.4	27.1	84	3.5	南南西		///	///
22	0.0	24.8	23.1	28.2	90	2.4	南南西		///	///
23	0.0	25.5	23.0	28.1	86	5.7	南西		///	///
24	0.0	25.1	22.4	27.1	85	6.2	南南西		///	///

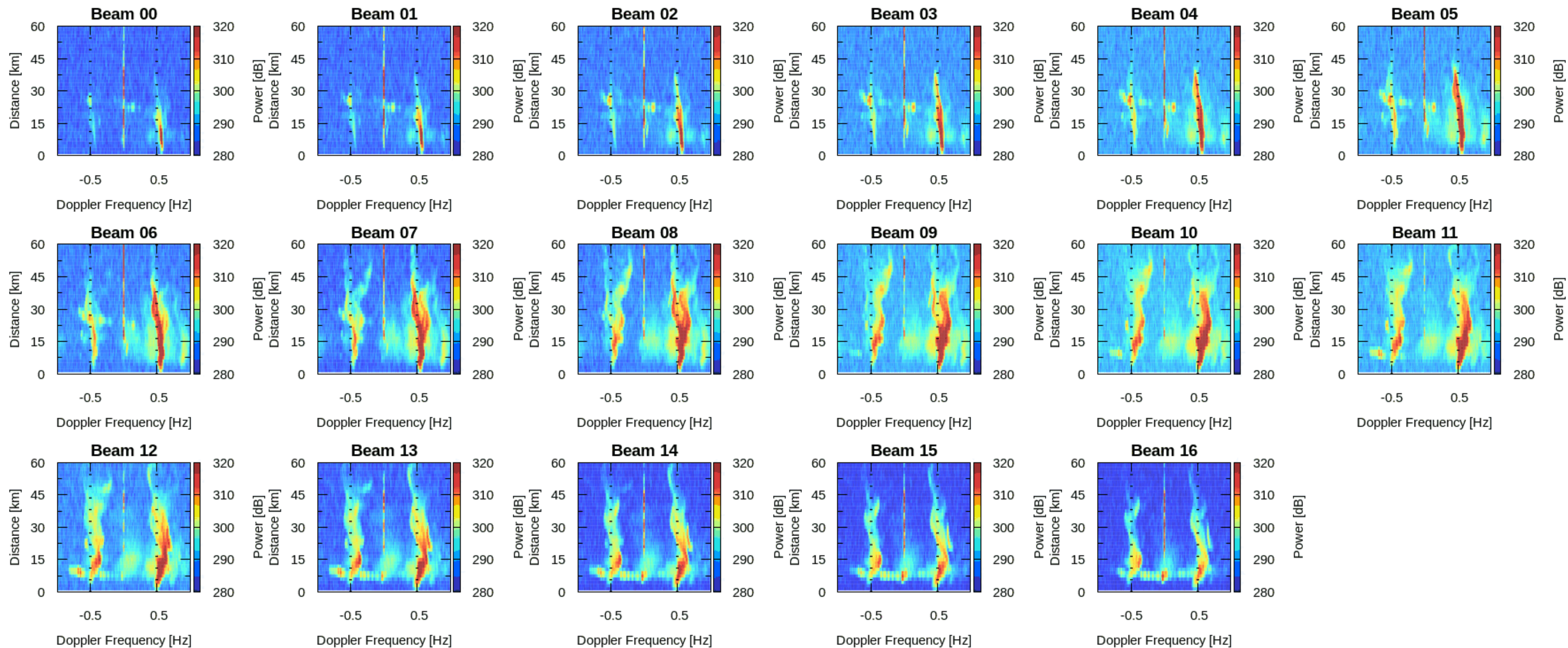
ドップラースペクトルカラーマップ

SOKB_SP_2024_0905_1100



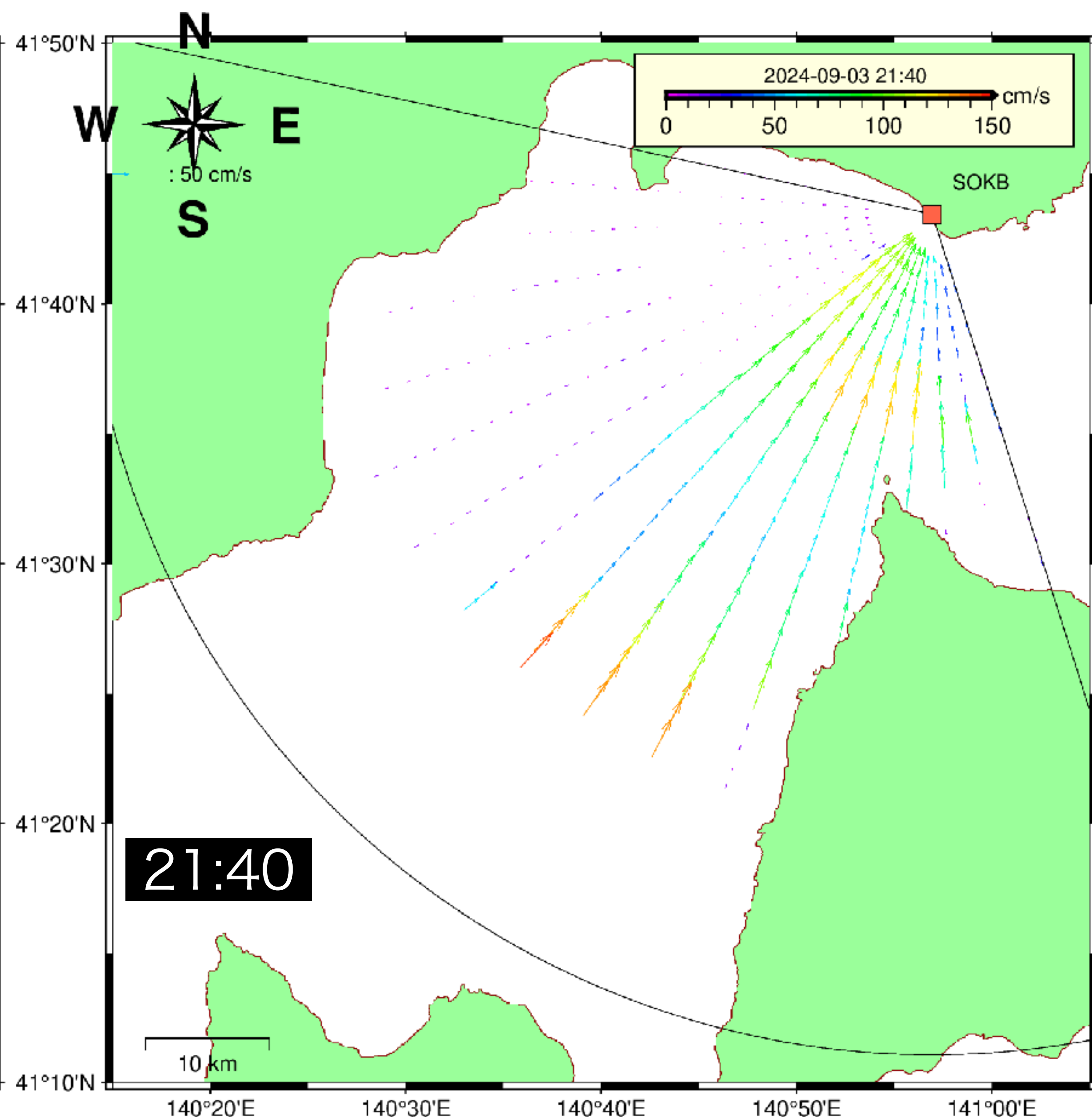
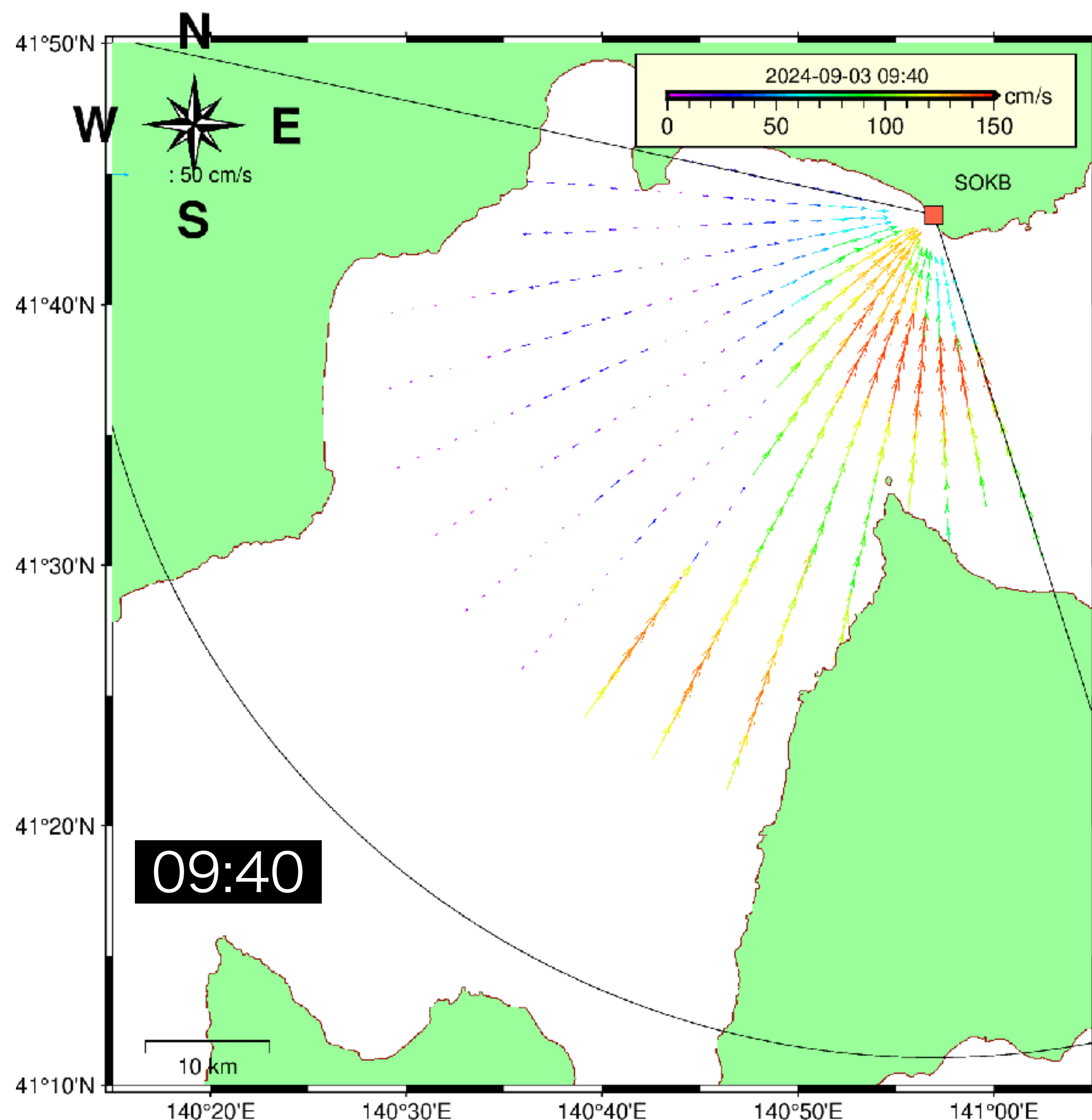
潮汐に伴い、周期的に変動

SOKB_SP_2024_0903_0000

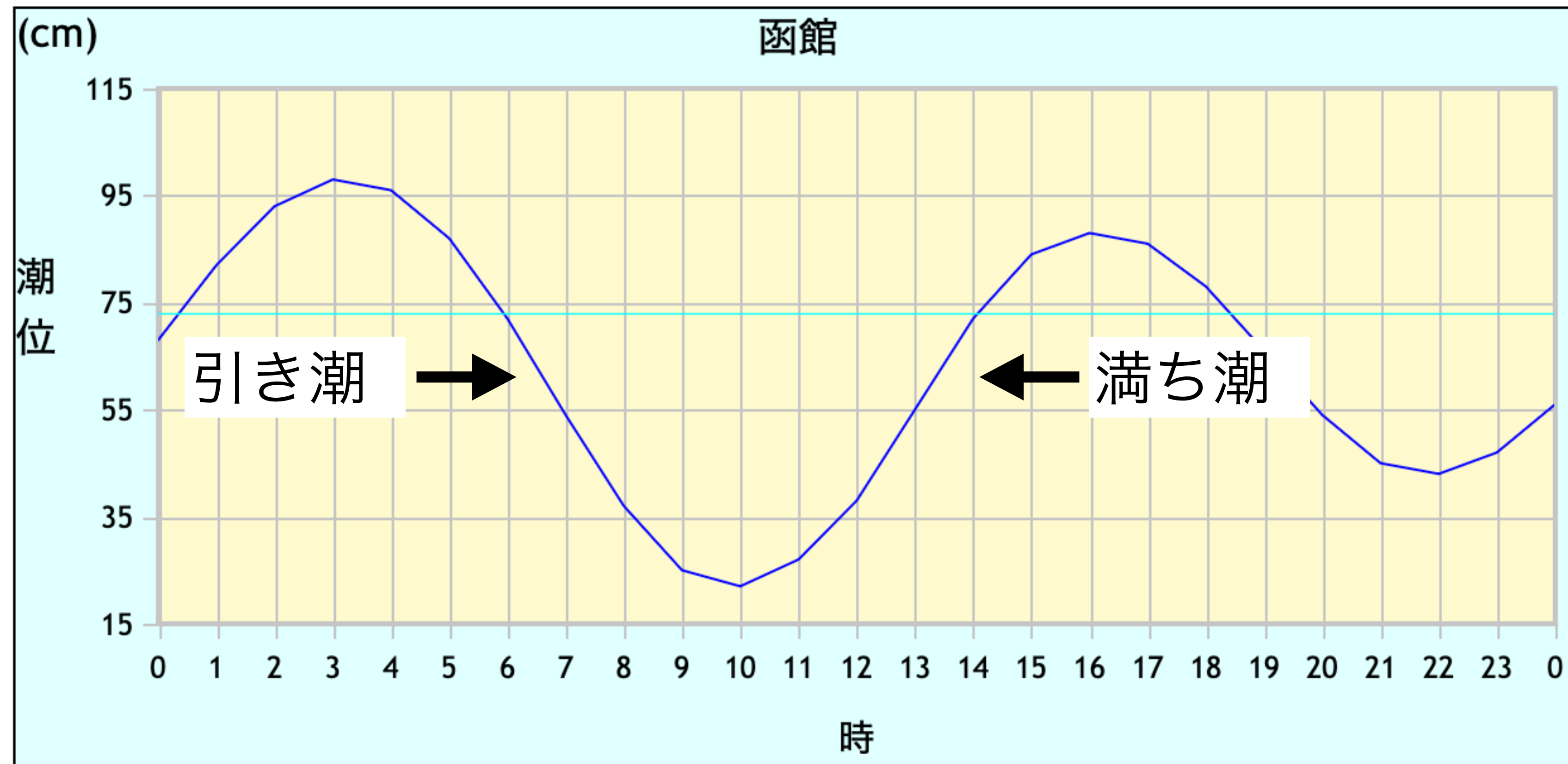


観測結果例

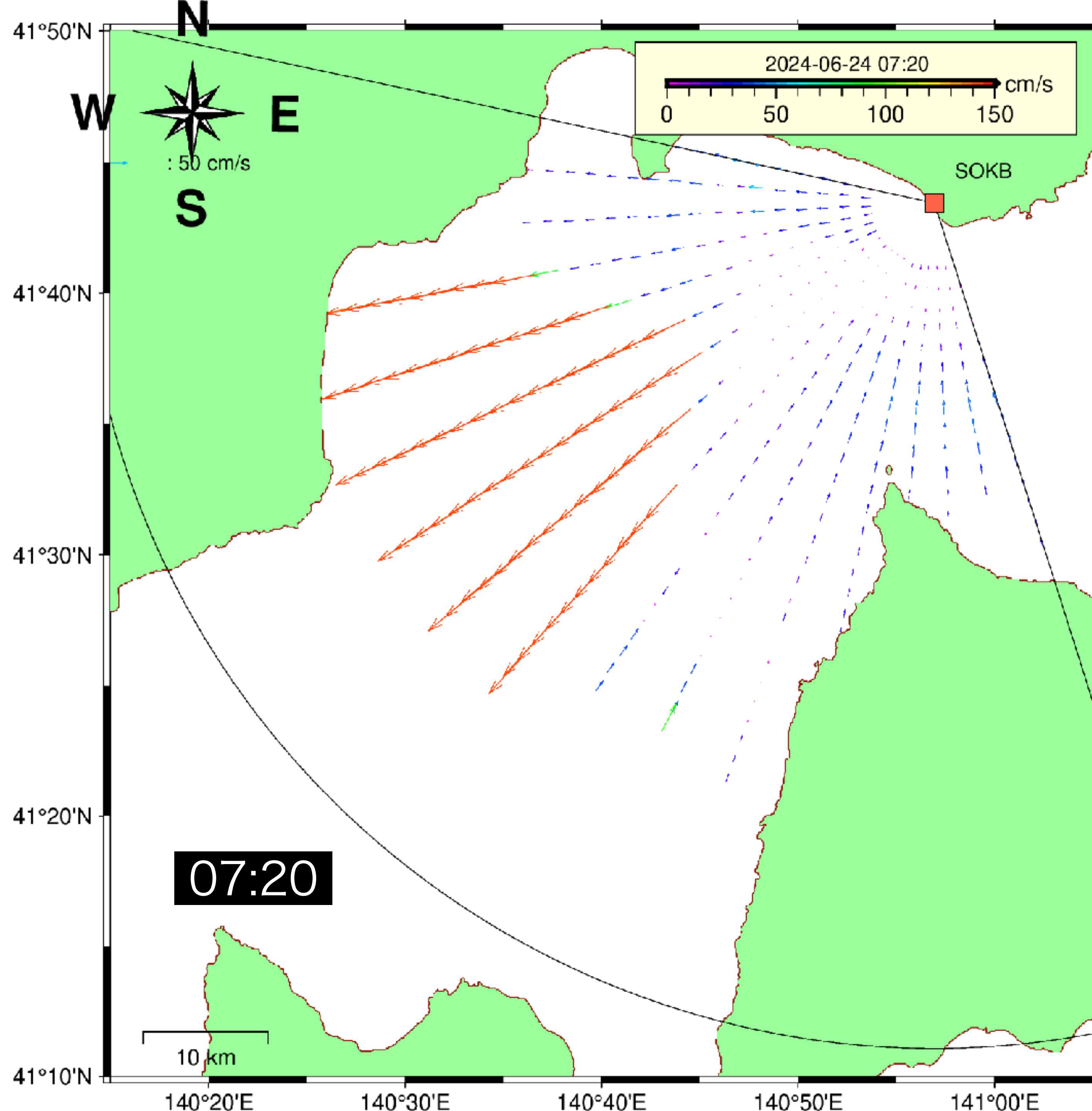
20240903 (大潮)



9月3日 函館の潮位予測

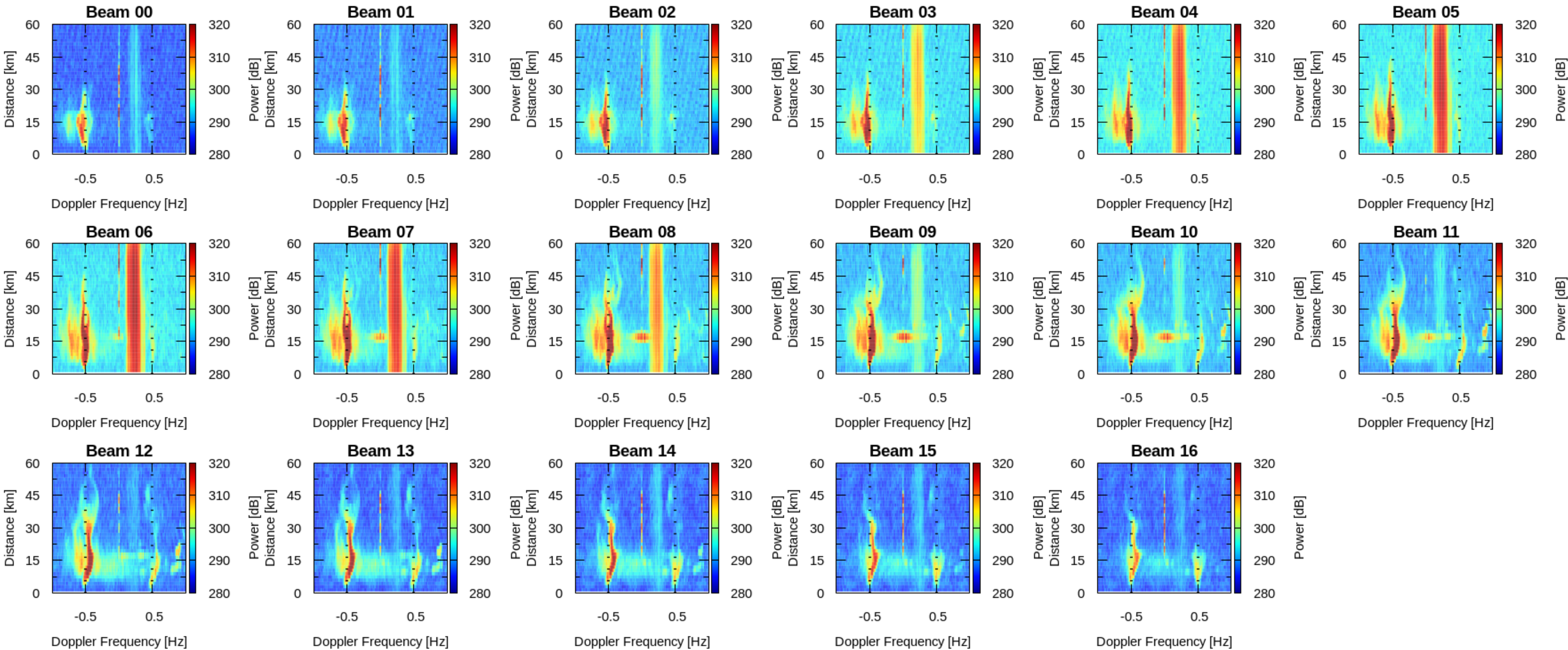


吹送流

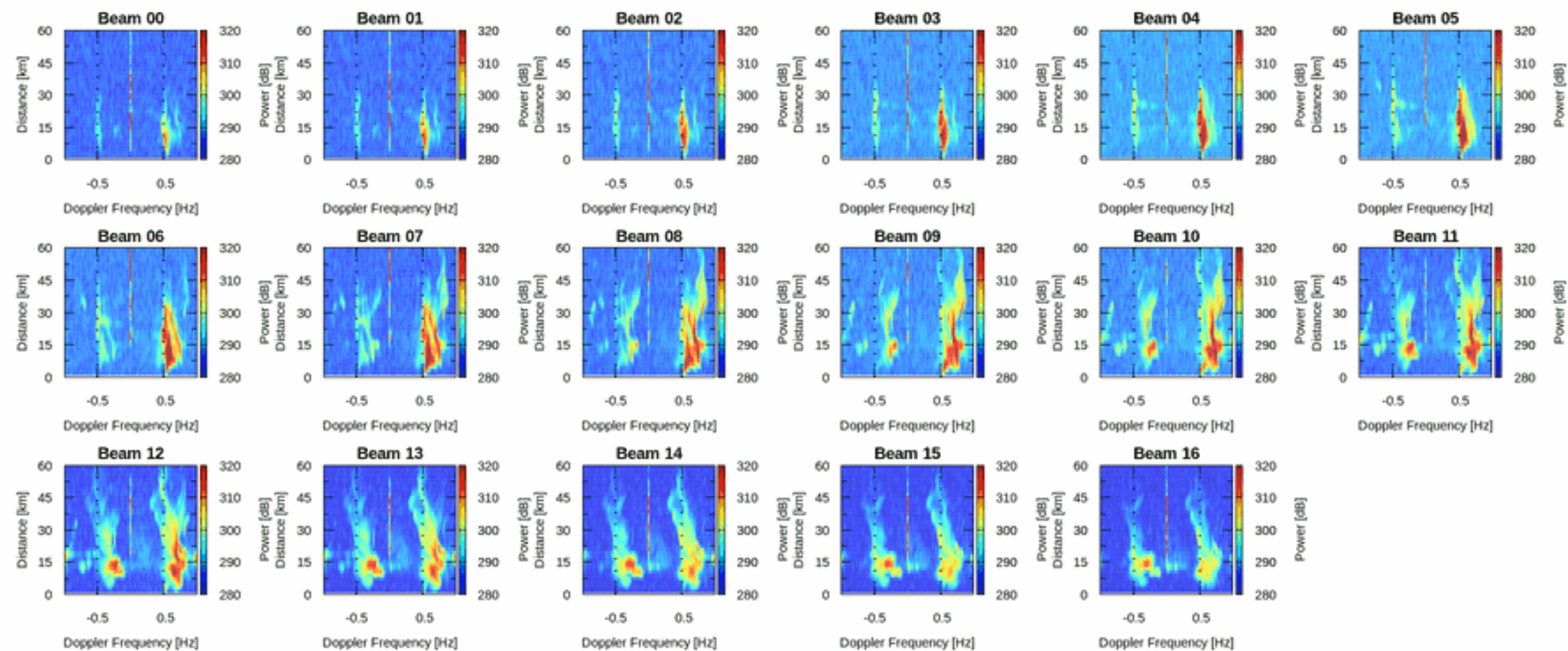


吹送流

SOKB_SP_2024_0624_0720



SOKB_SP_2024_0908_0000



空間フィルタ

