

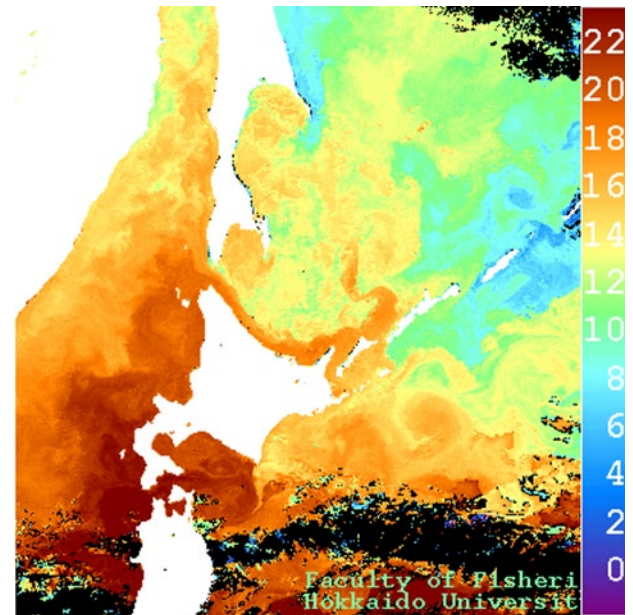
短波海洋レーダによる宗谷暖流の 19年連続観測



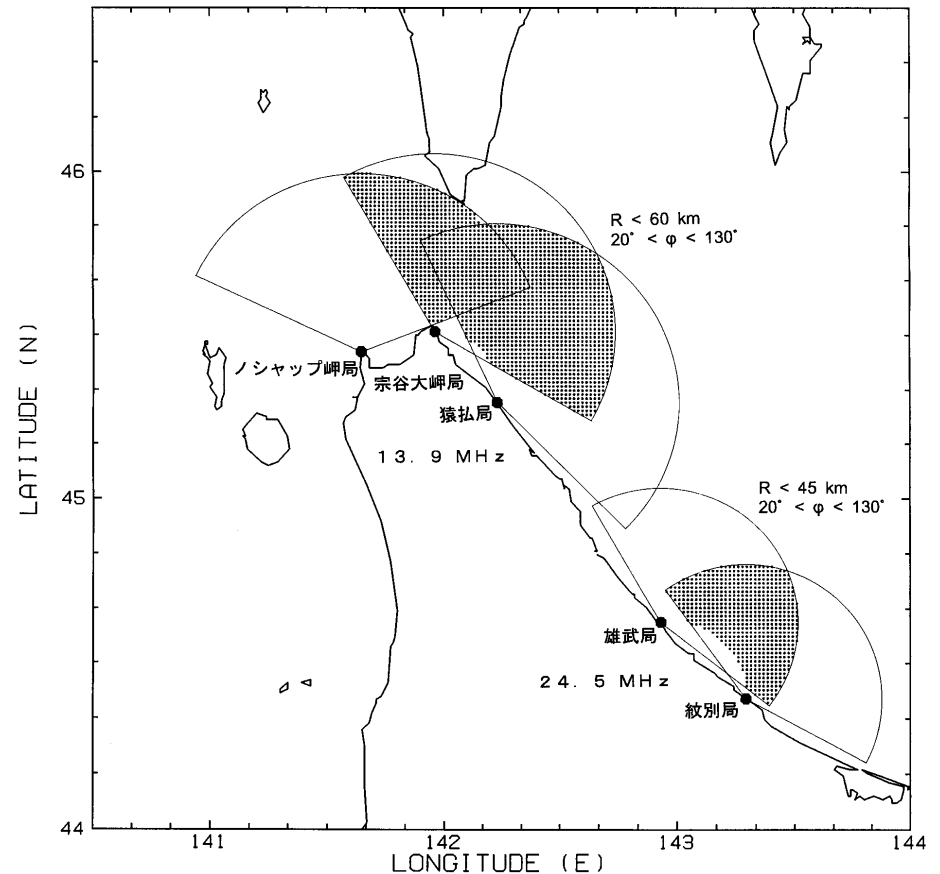
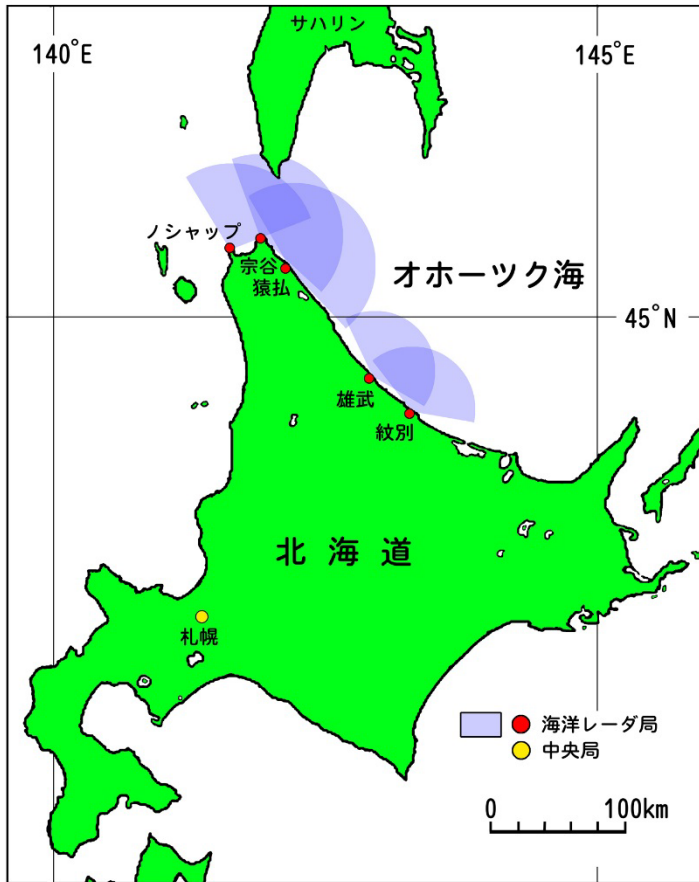
江淵 直人・深町 康*・大島 慶一郎・三寺 史夫・西岡 純・高塚 徹・
小野 数也・石川 正雄・大坊 孝春・白澤 邦男・若土 正暁
(北大低温研, * 北大北極域研究センター)

アウトライン

- 北大低温研海洋レーダの概要
- 観測データの経年劣化は？
- 宗谷暖流表面流速の長期変動と水位差との相関（＋沿岸潮位の補正の必要性）
- まとめ



北大低温研 短波海洋レーダシステム (2003.8-2022.3)



ノシャップ岬, 宗谷大岬, 猿払, 雄武, 紋別の5局
2022年3月末で運用停止, 11月撤収完了

海洋レーダ局(ノシャップ局)

- CODAR社製 SeaSondeシステム
- 中心周波数: 13.946 MHz
- 観測領域: 70 km
- 距離分解能: 3.0 km
- 方位角分解能: 5 deg.



送信アンテナ

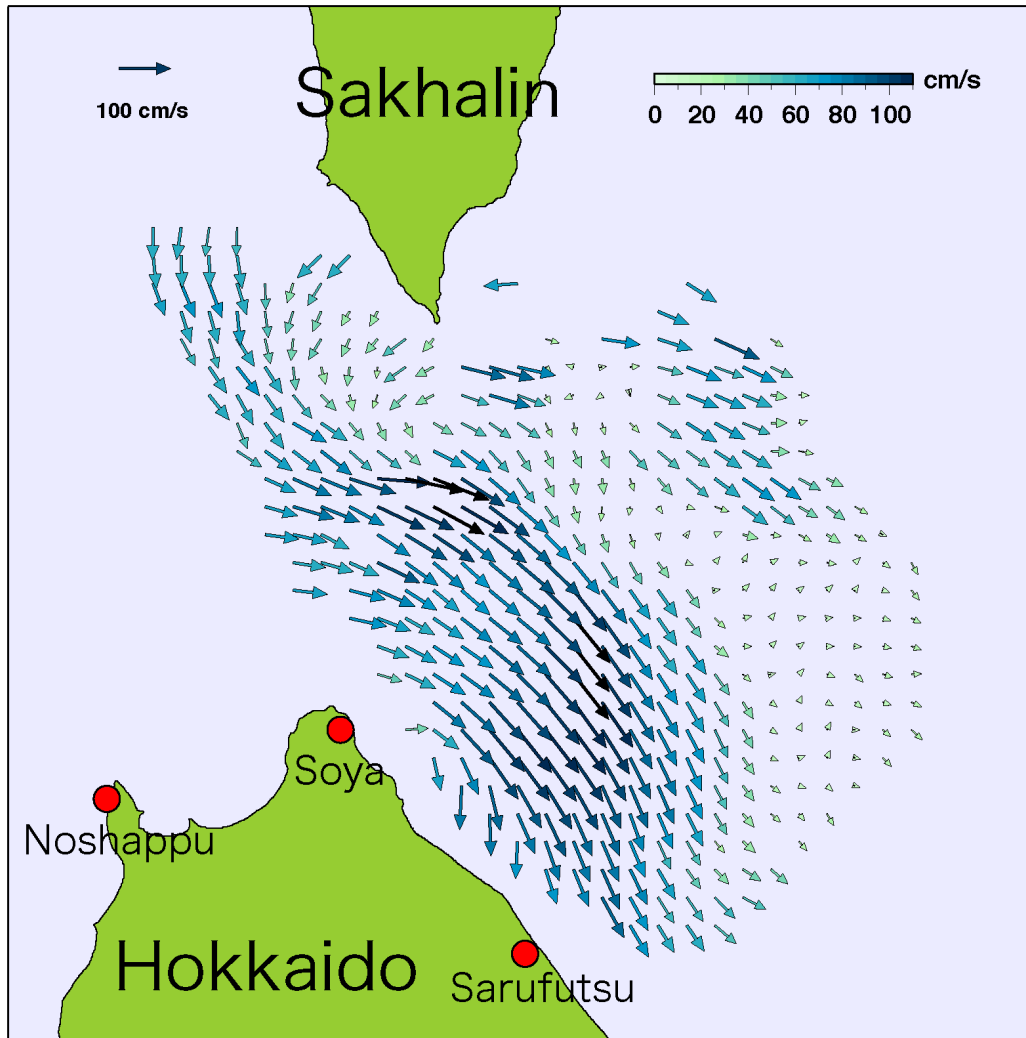


受信アンテナとシェルター



送受信機と制御装置

海洋レーダによる表層流の観測例



2003年
8月17日20時

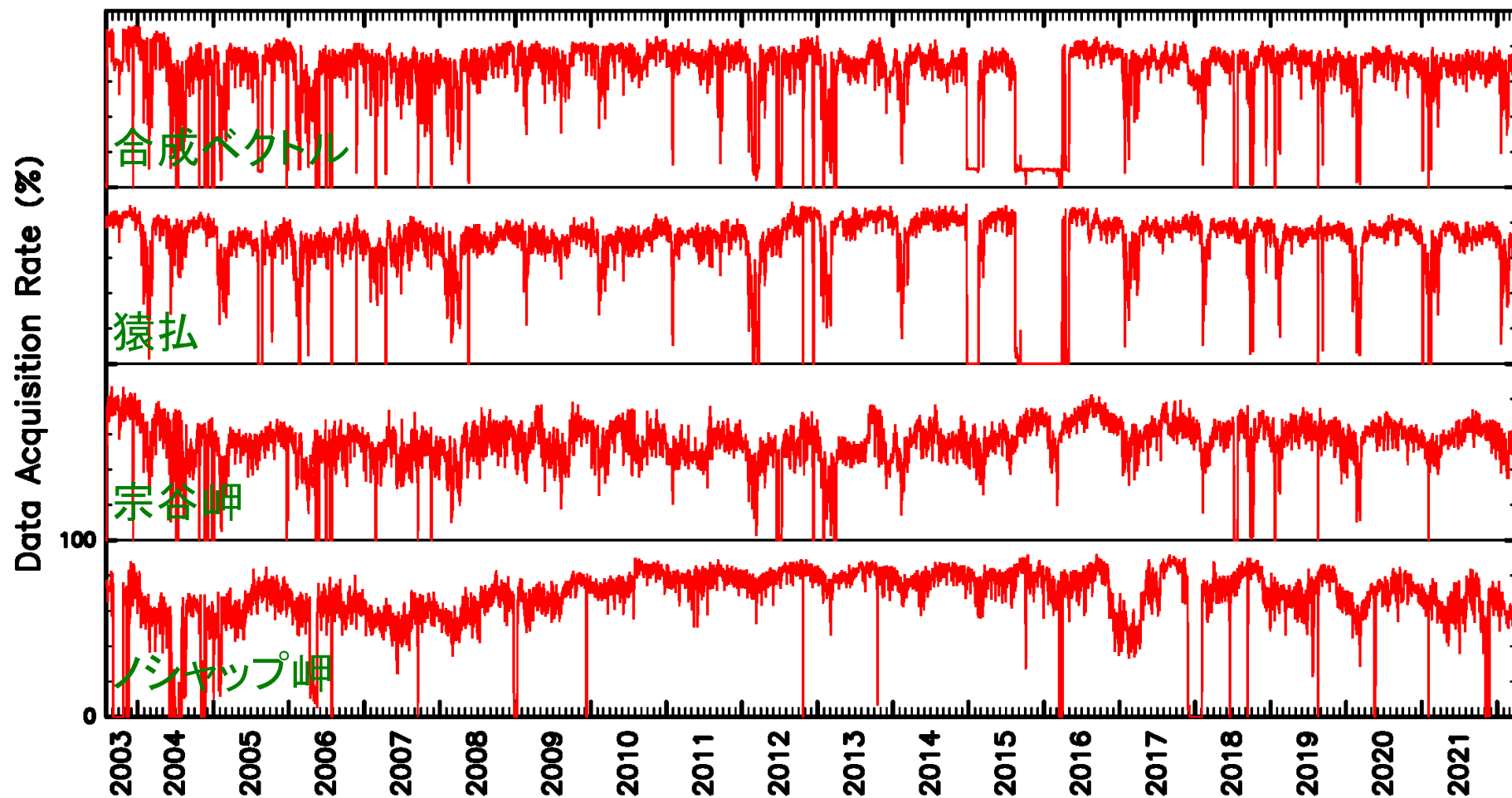
時間間隔: 1時間
空間分解能: 3 km

過去の観測データは北大低温研共同利用の下で提供可能
応相談

観測データに経年劣化は？

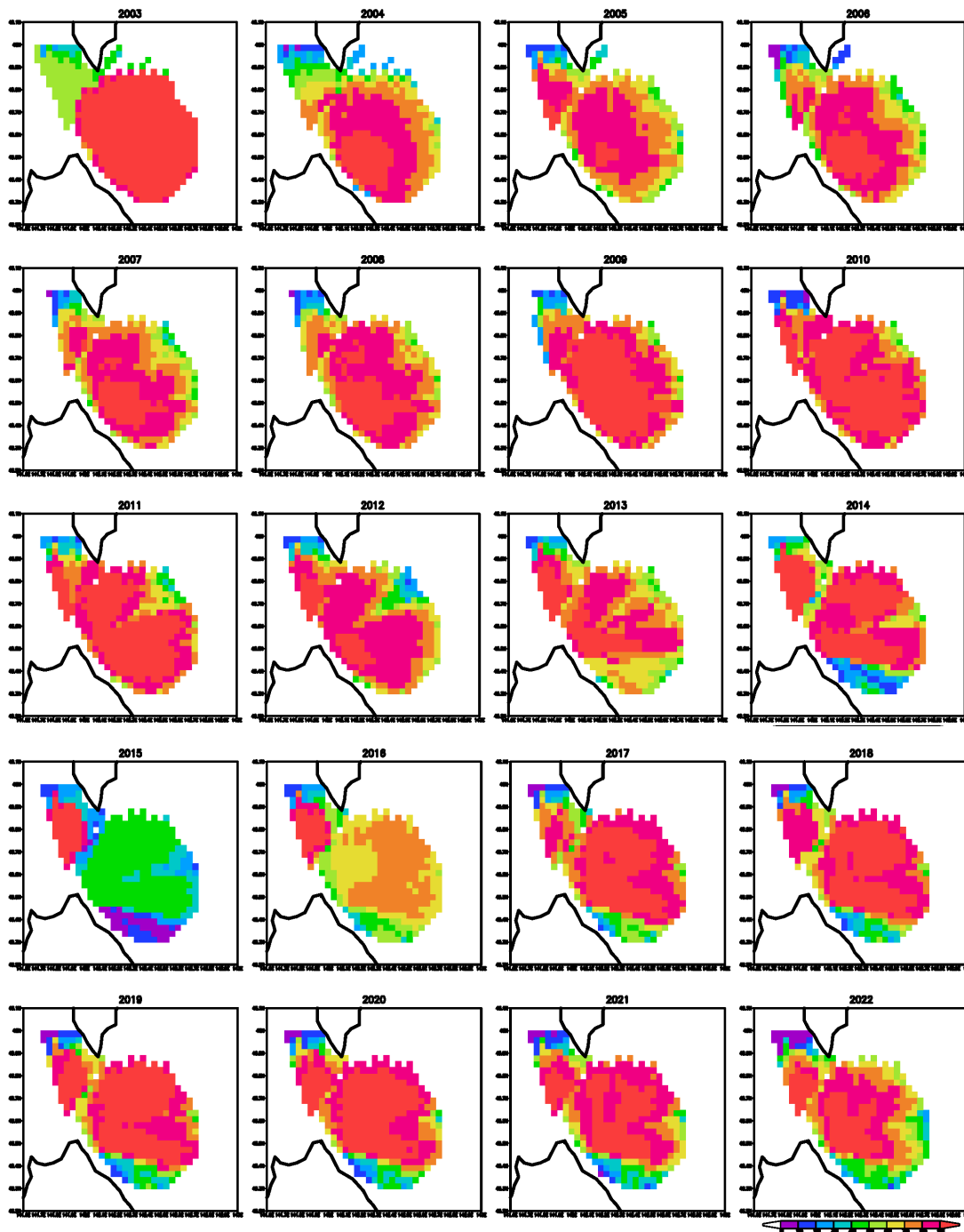
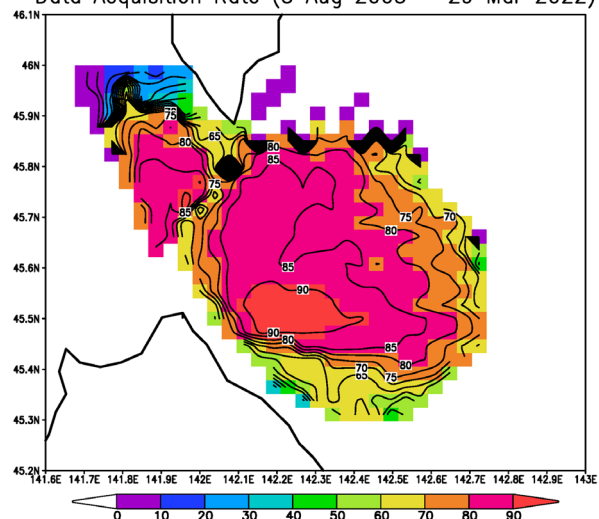
- 基本的には、ドップラー観測は、振幅（散乱断面積）観測に比べれば劣化に強いはず.
- CODAR/SeaSode の場合、アンテナパターンが経時変化する可能性が懸念される.
- アンテナパターンの実測 (APM) は各局数年ごとに実施.
- データの取得率、現場観測データ・数値モデル出力との比較などで品質を保証できるか？

各局のデータ取得率 (縦軸は任意)



各年のデータ 取得率 (合成ベクトル)

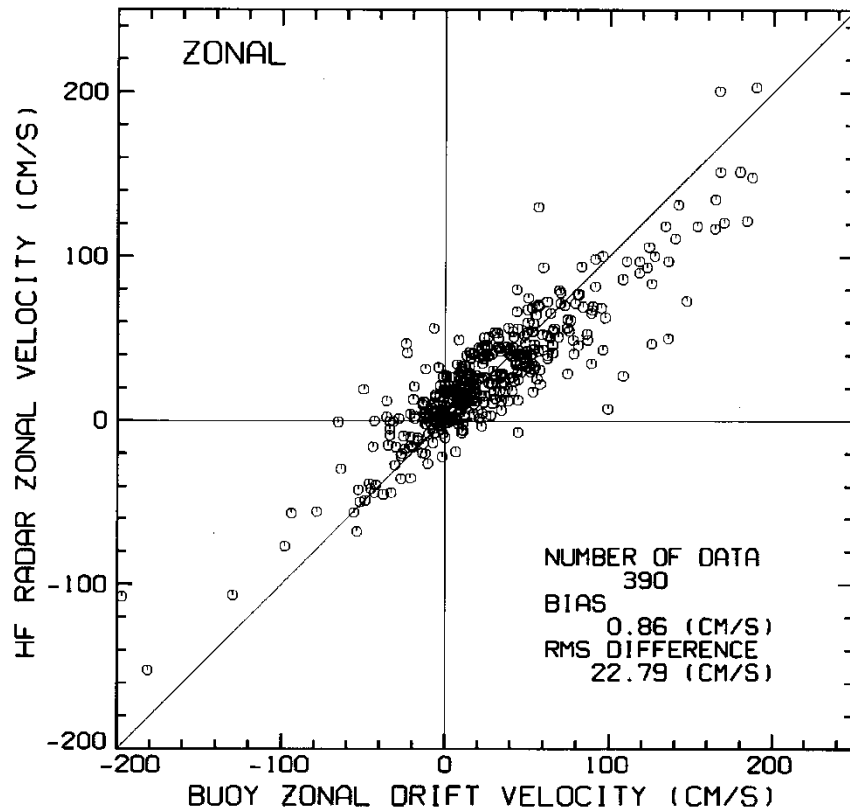
Data Acquisition Rate (3 Aug 2003 – 29 Mar 2022)



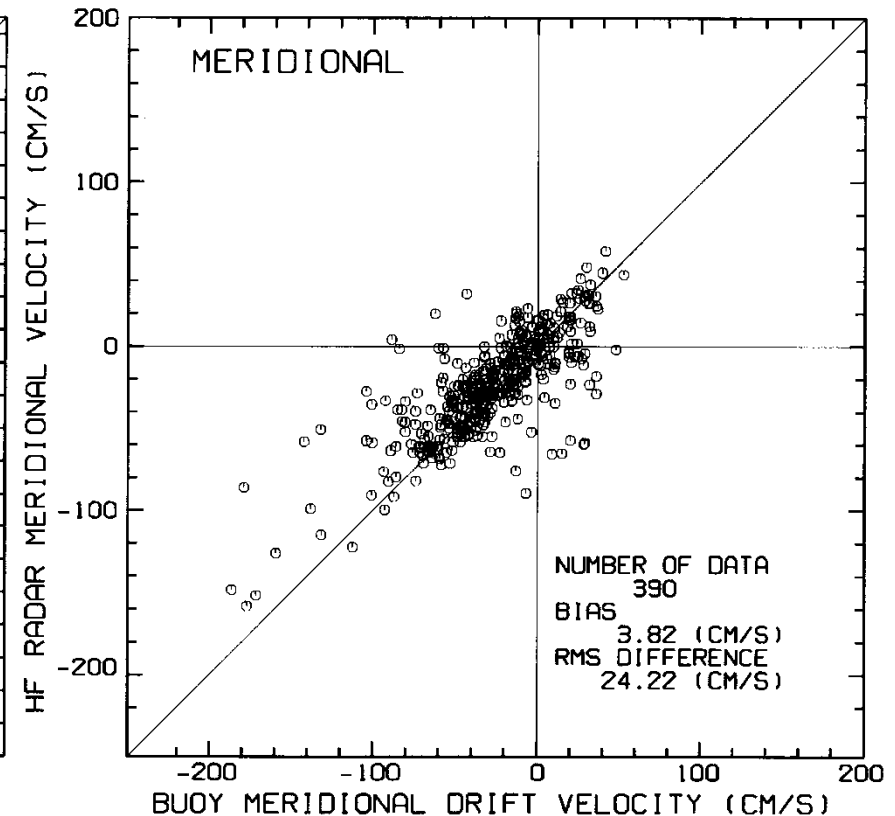
海洋レーダと漂流ブイの比較



東西流速成分



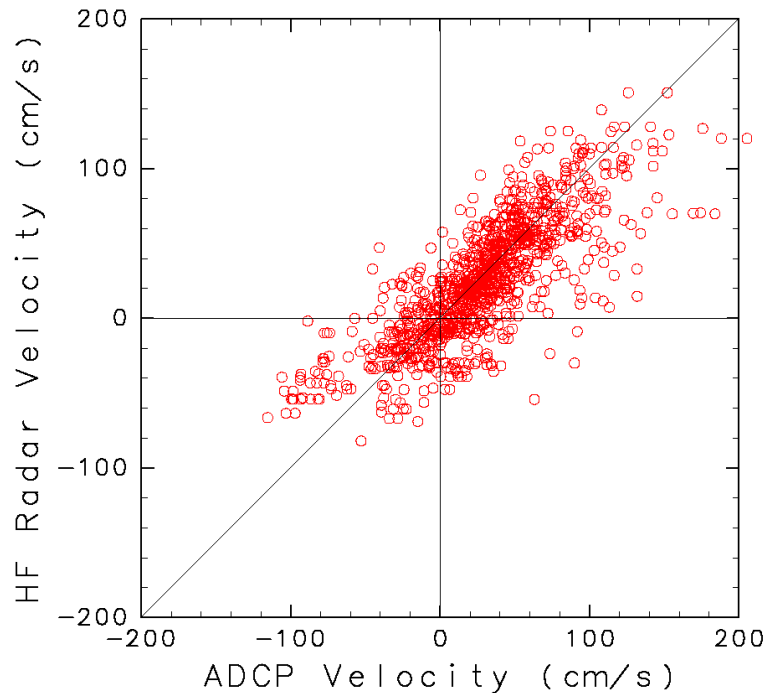
南北流速成分



巡視船搭載ADCPとの比較

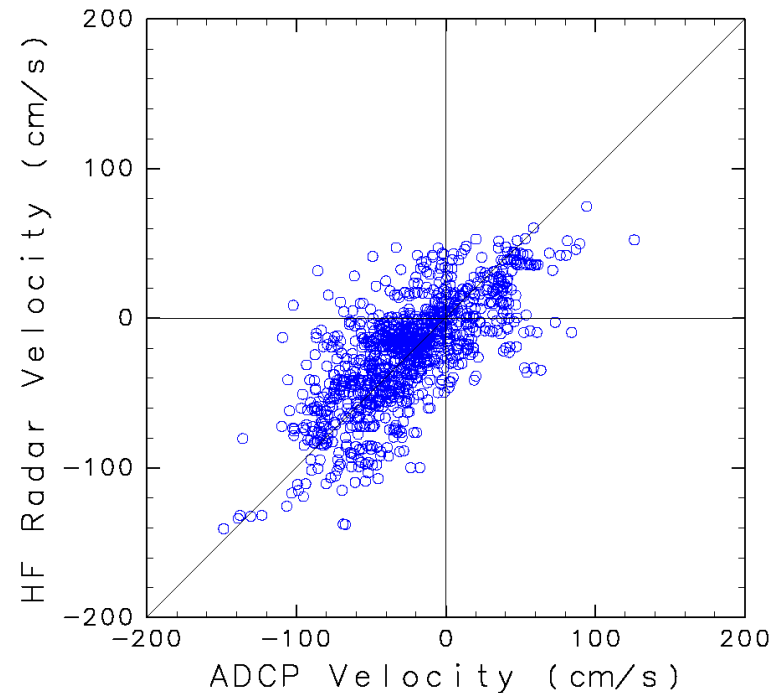


東西流速成分



Number of data	1111
Bias	-2.9 cm/s
Rms difference	27.8 cm/s

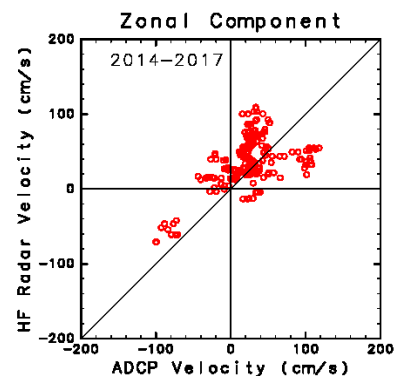
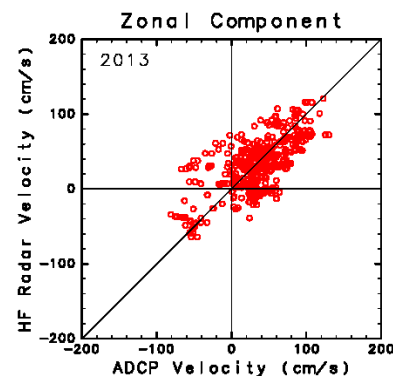
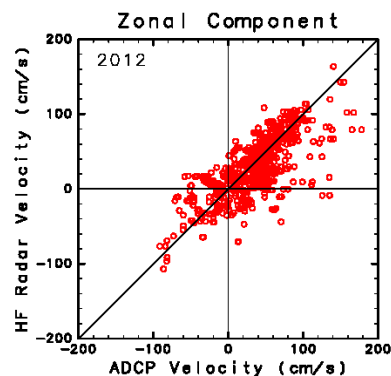
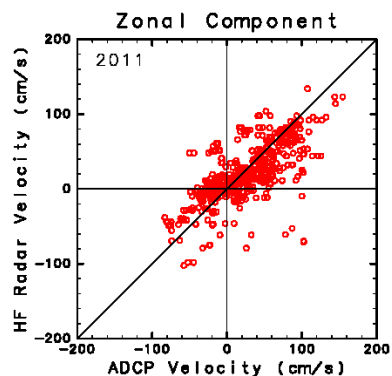
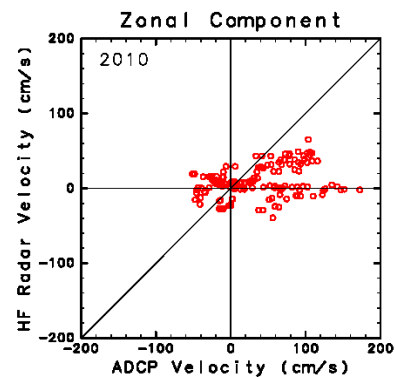
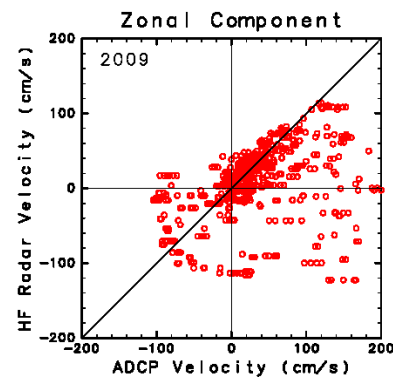
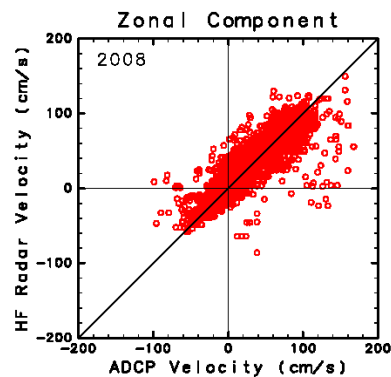
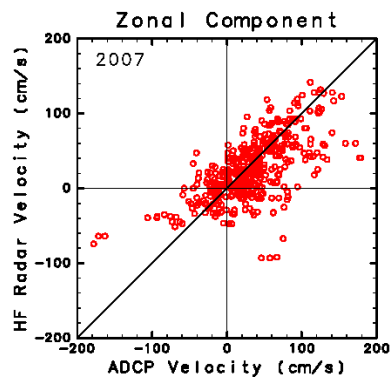
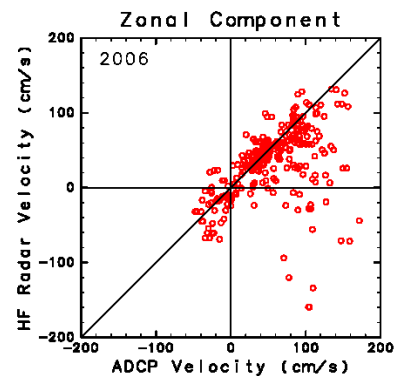
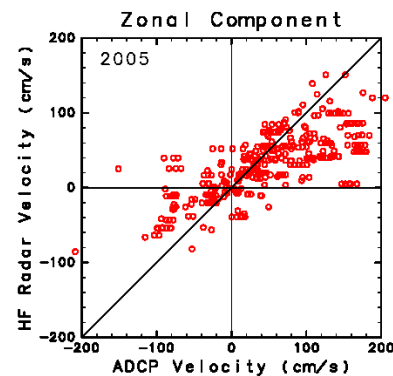
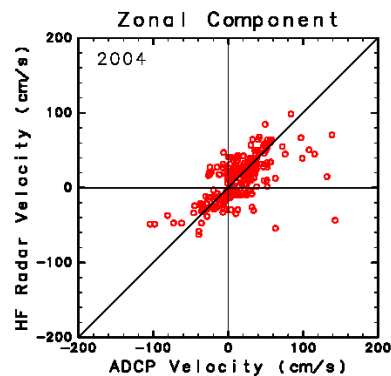
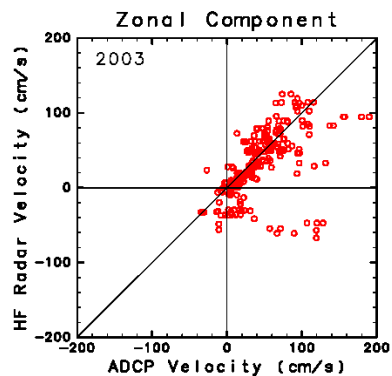
南北流速成分



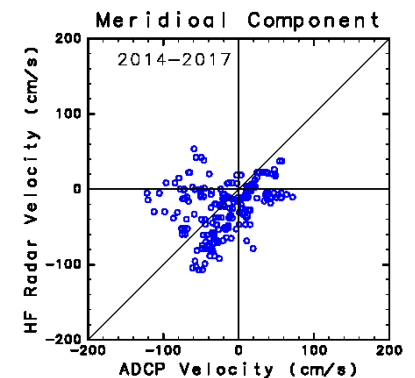
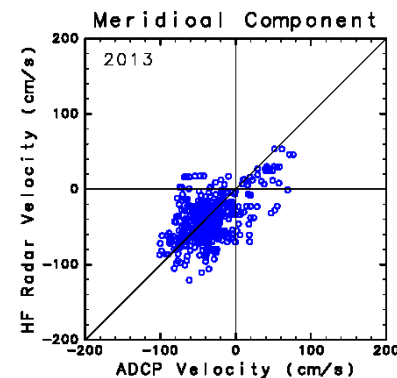
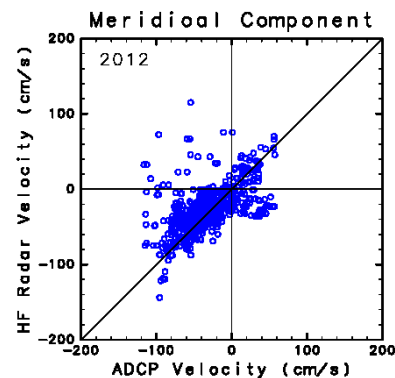
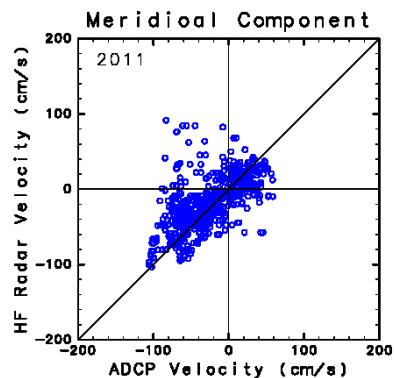
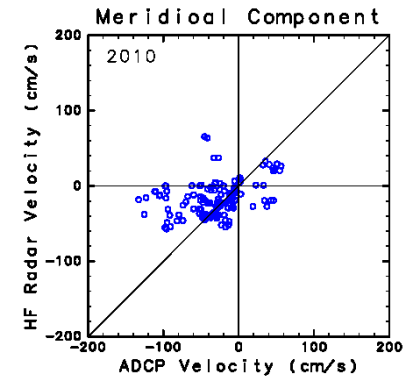
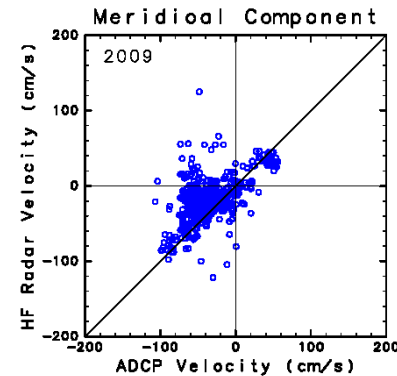
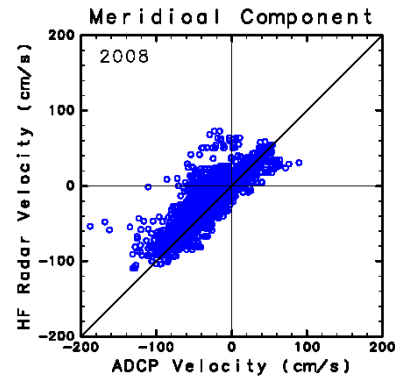
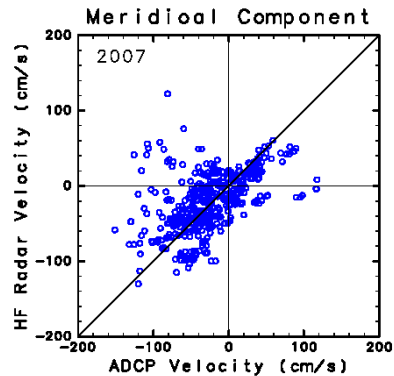
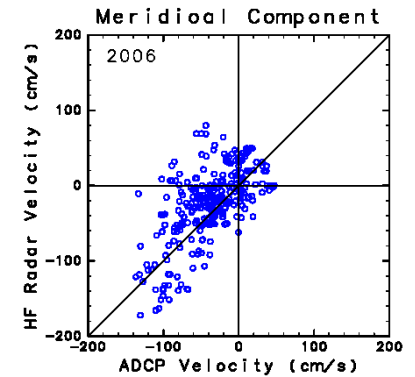
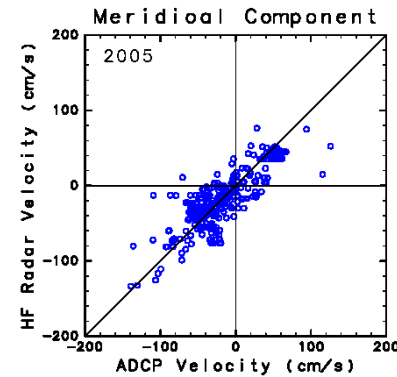
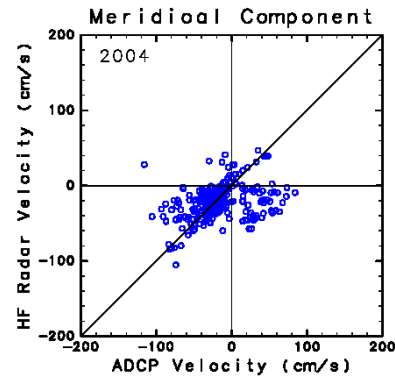
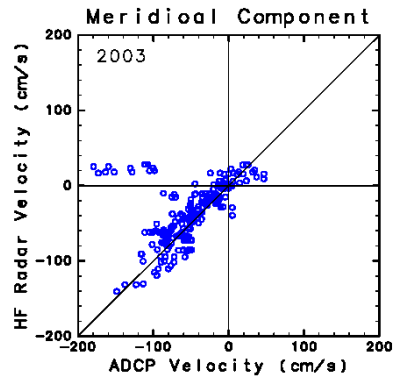
Number of data	1111
Bias	1.8 cm/s
Rms difference	27.7 cm/s

(Ebuchi et al., 2006)

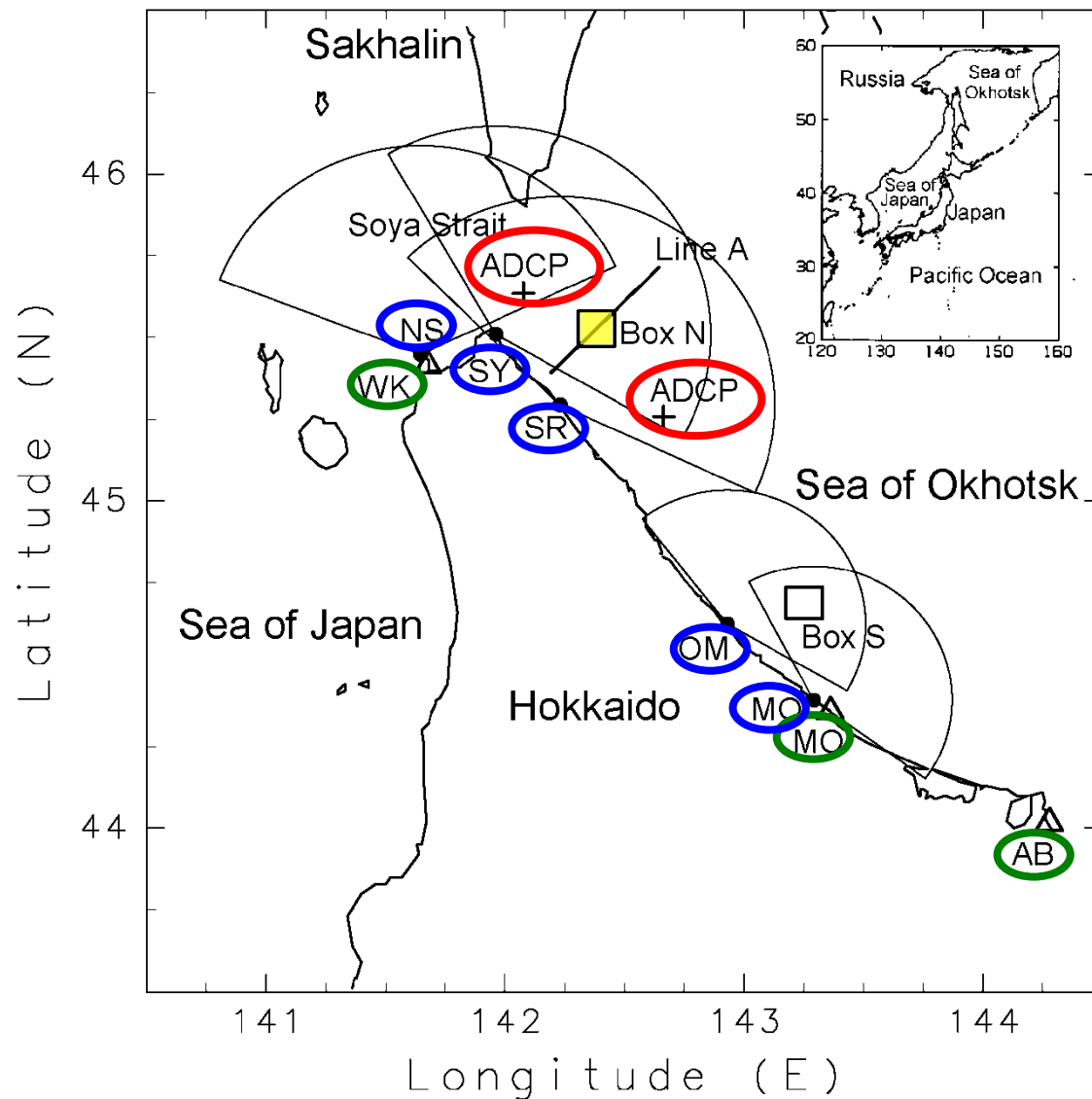
巡視船ADCPとの比較(東西成分)



巡視船ADCPとの比較(南北成分)



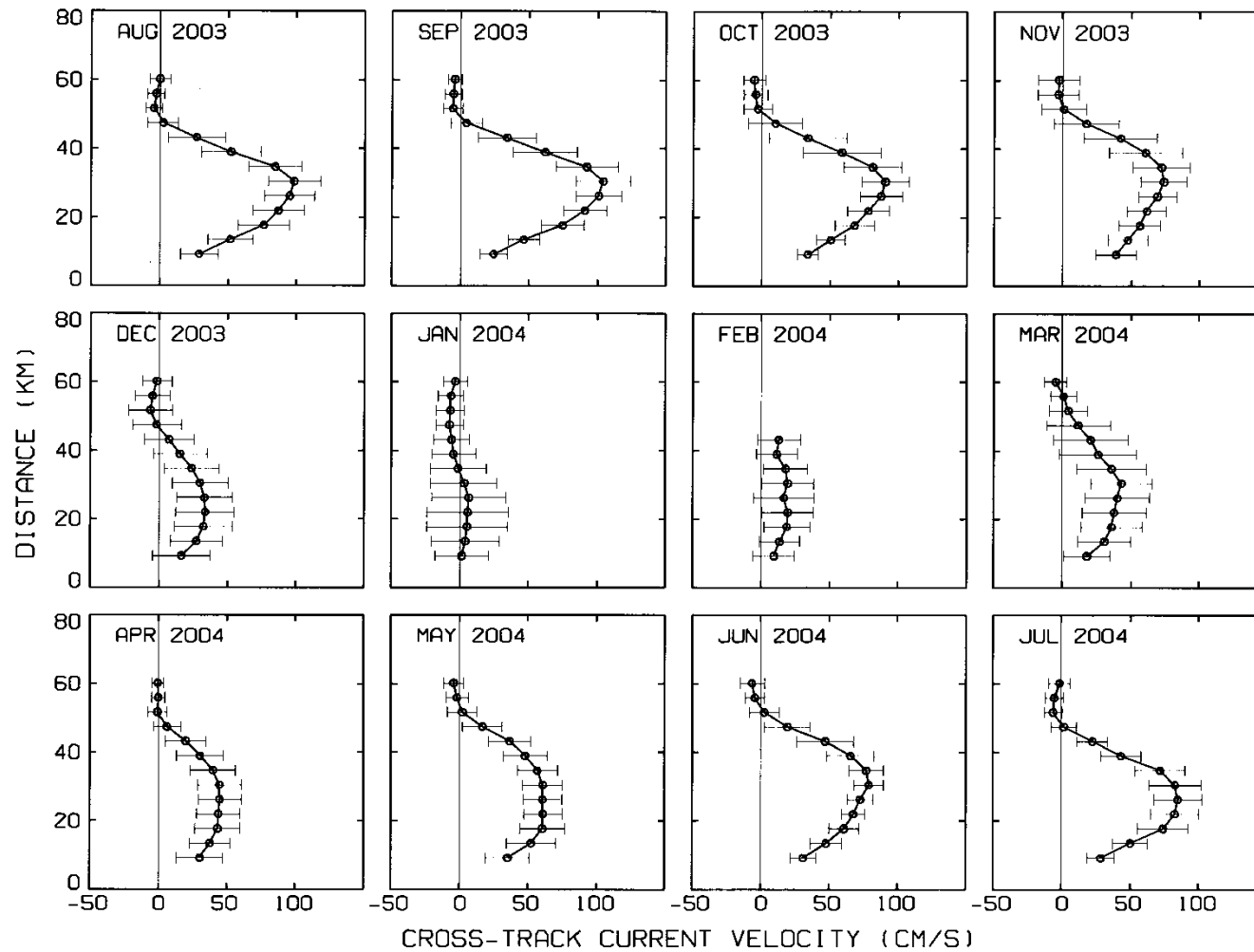
宗谷暖流のモニタリング



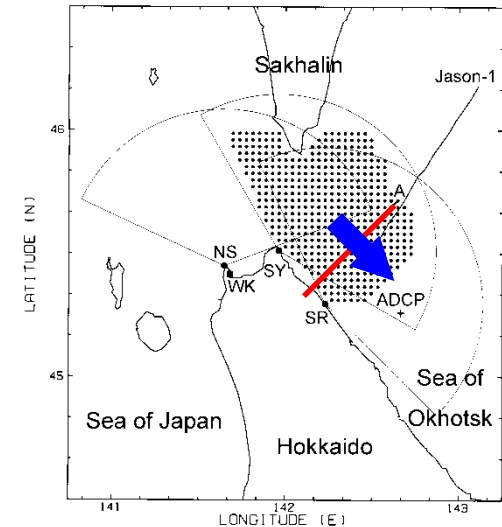
- 短波海洋レーダ
- 潮位計
- 海底設置ADCP
- 衛星高度計

+ JCOPE2M 再解析

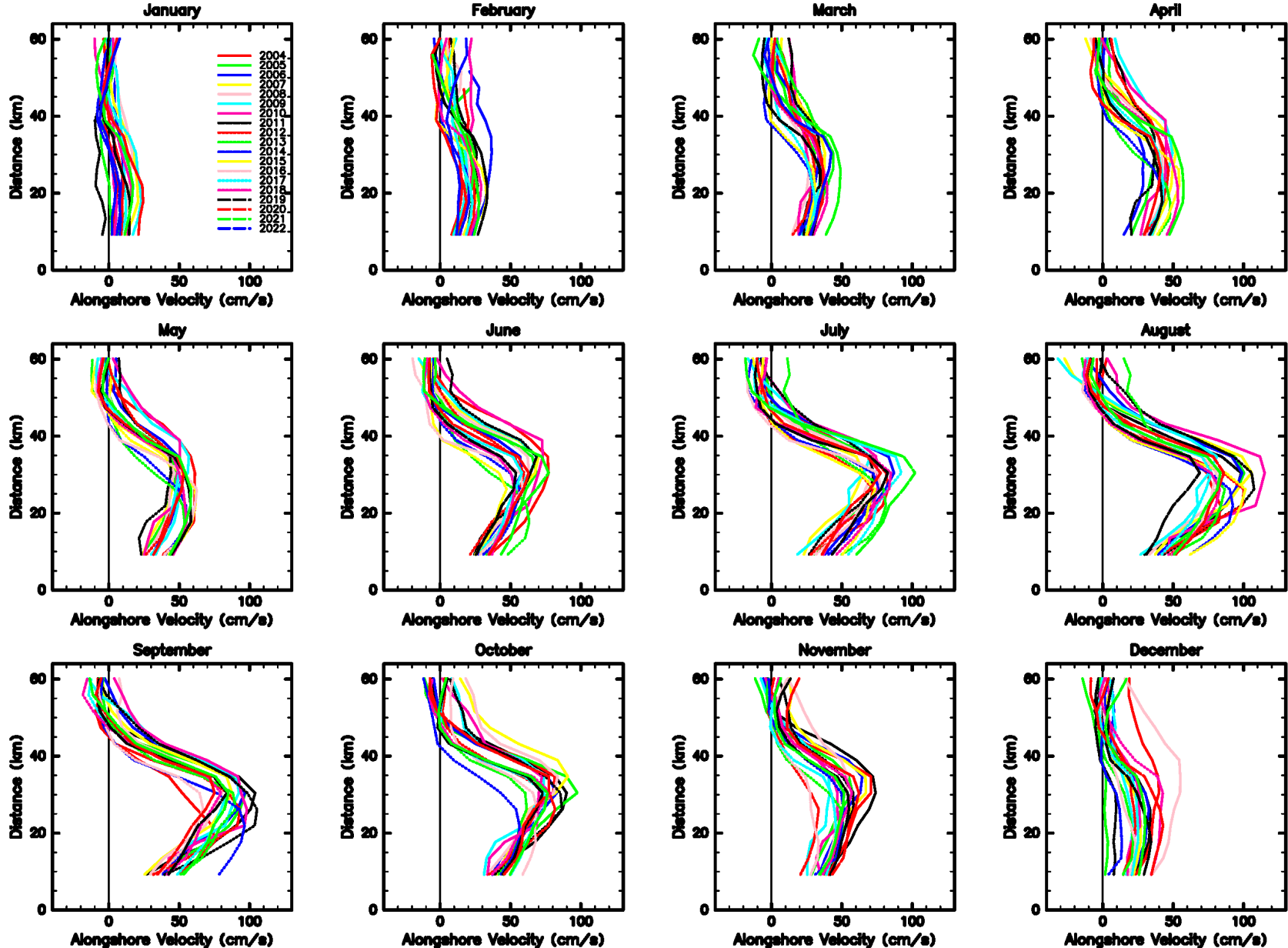
宗谷暖流の水平流速プロファイルの季節変動



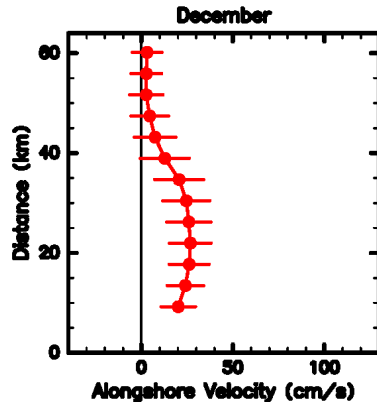
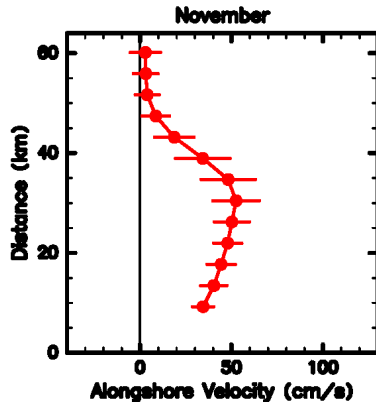
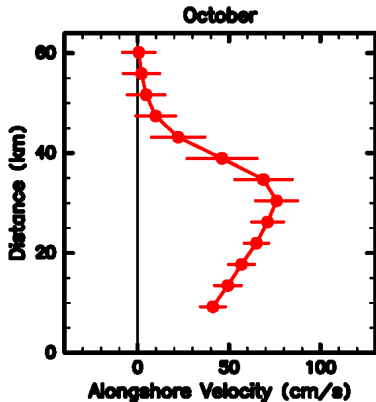
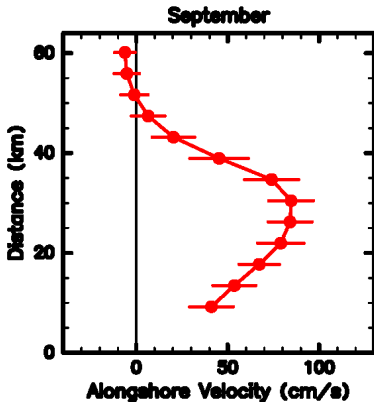
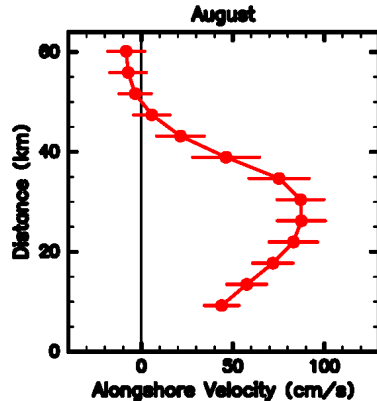
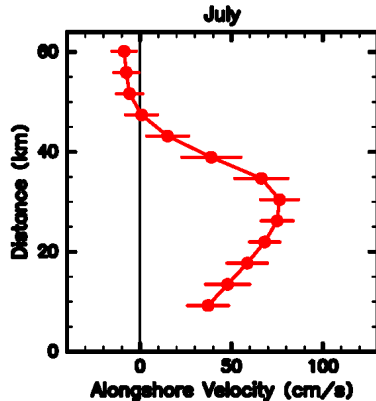
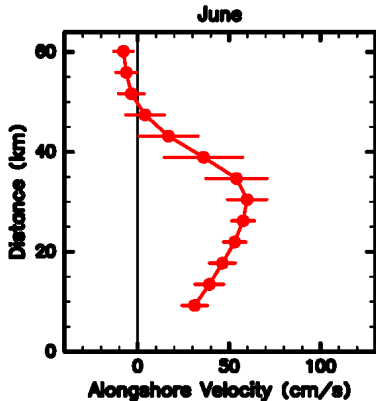
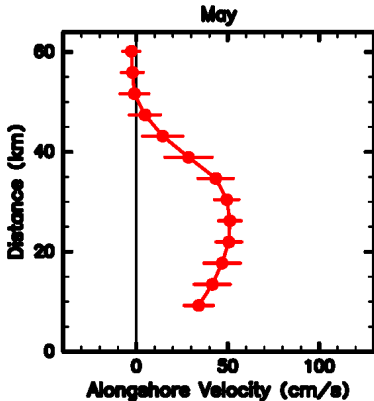
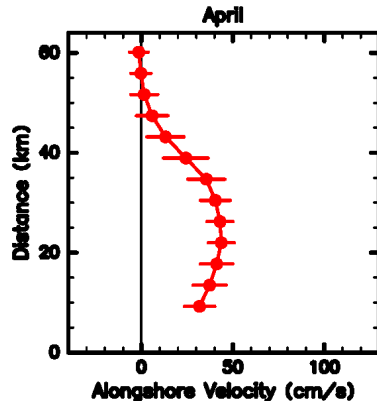
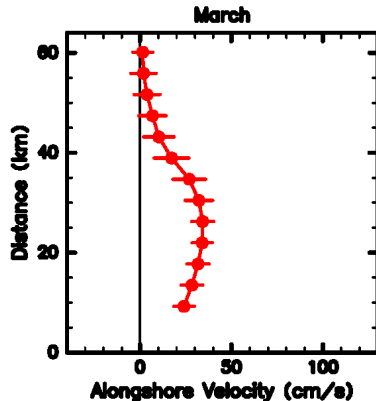
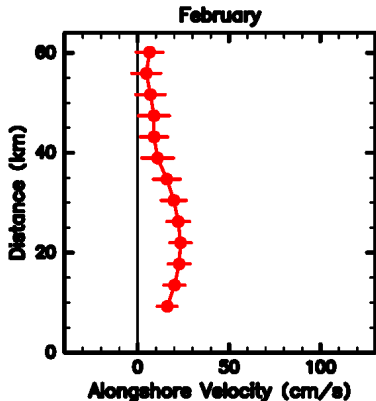
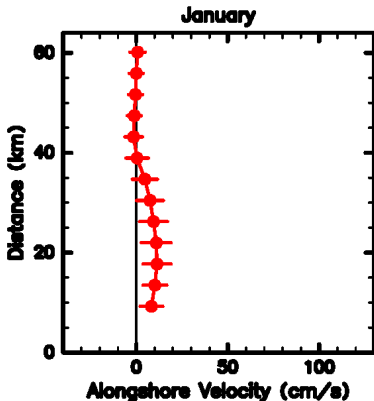
岸に沿う方向(南東流)の流速成分



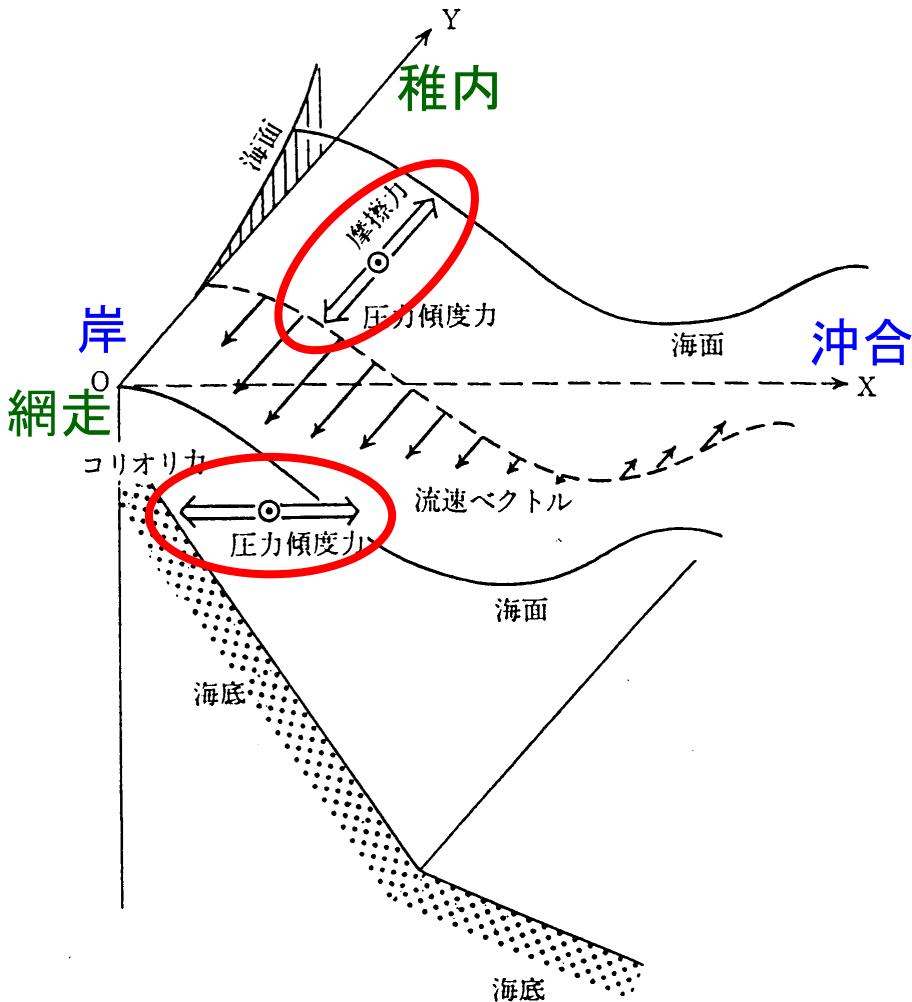
月平均流速プロファイルの経年変動



19年平均の流速プロフィール

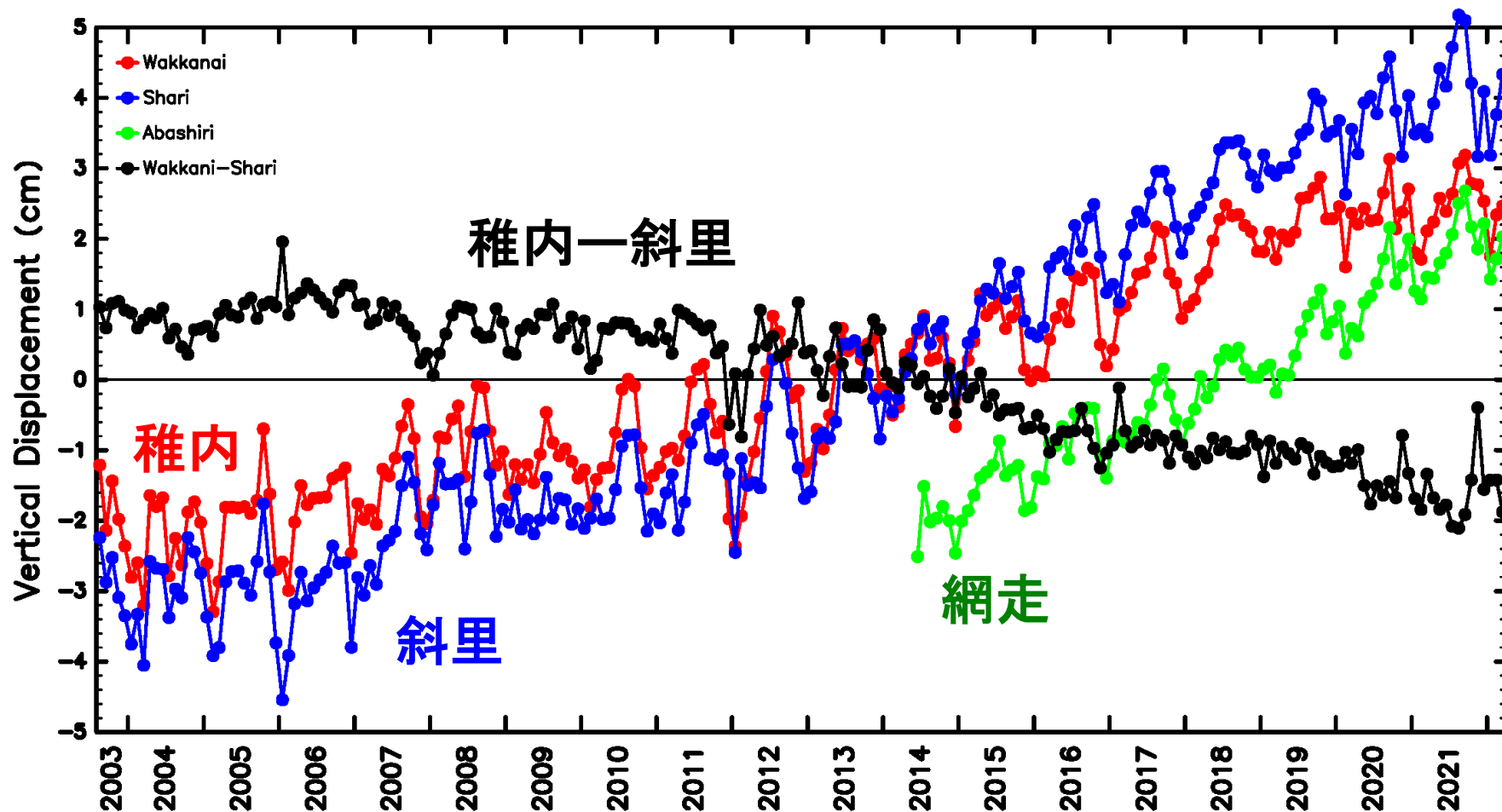


宗谷暖流の駆動メカニズム (青田, 1984)



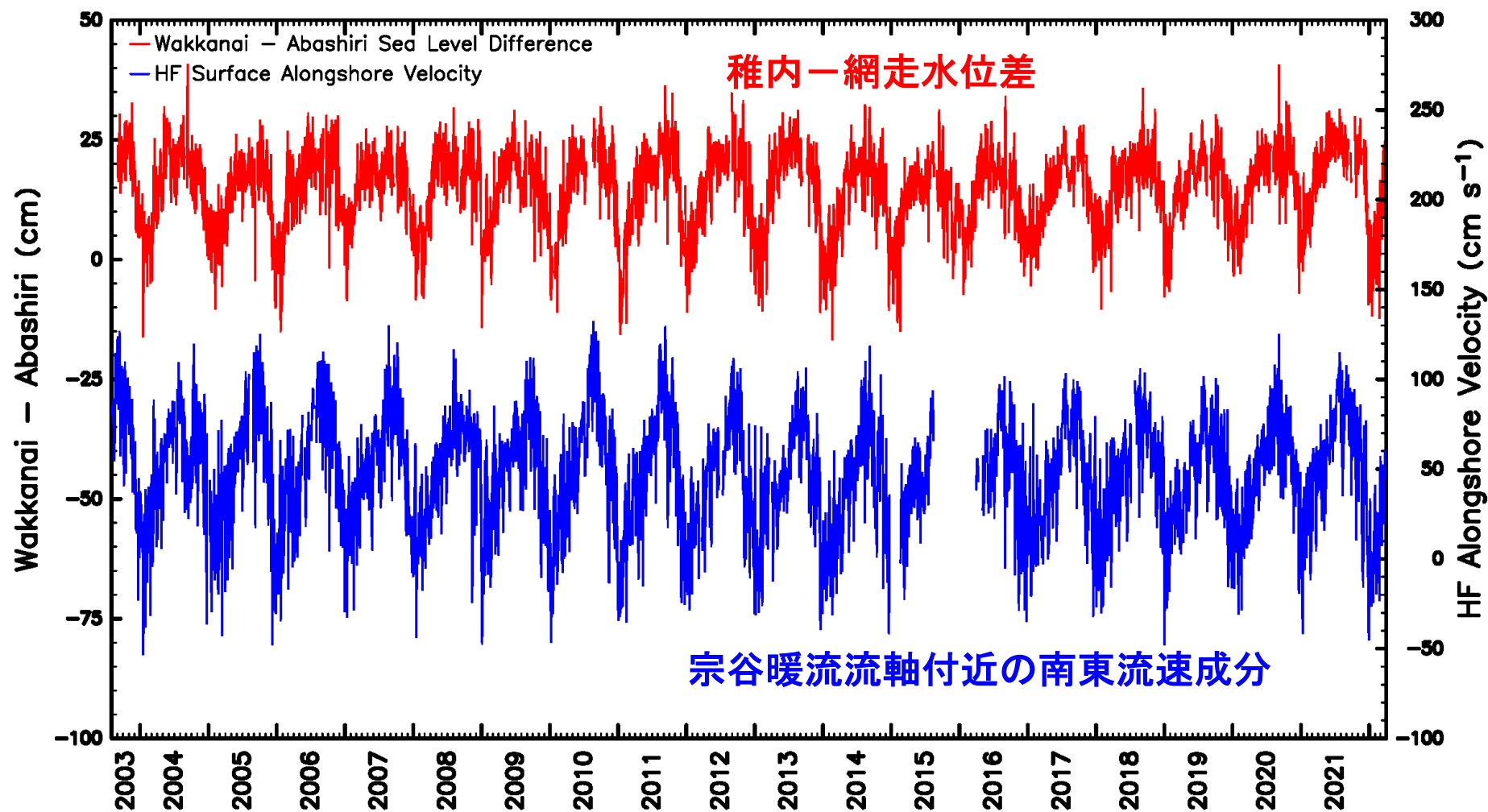
- 流れに直交する方向の力のバランス
沖合方向の水位差による
圧力勾配とコリオリ力
(地衡流)
- 流下方向の力のバランス
日本海とオホーツク海の
水位差による圧力勾配と
水平摩擦(?)

地殻変動の影響 —電子基準点(GPS)の鉛直変位—

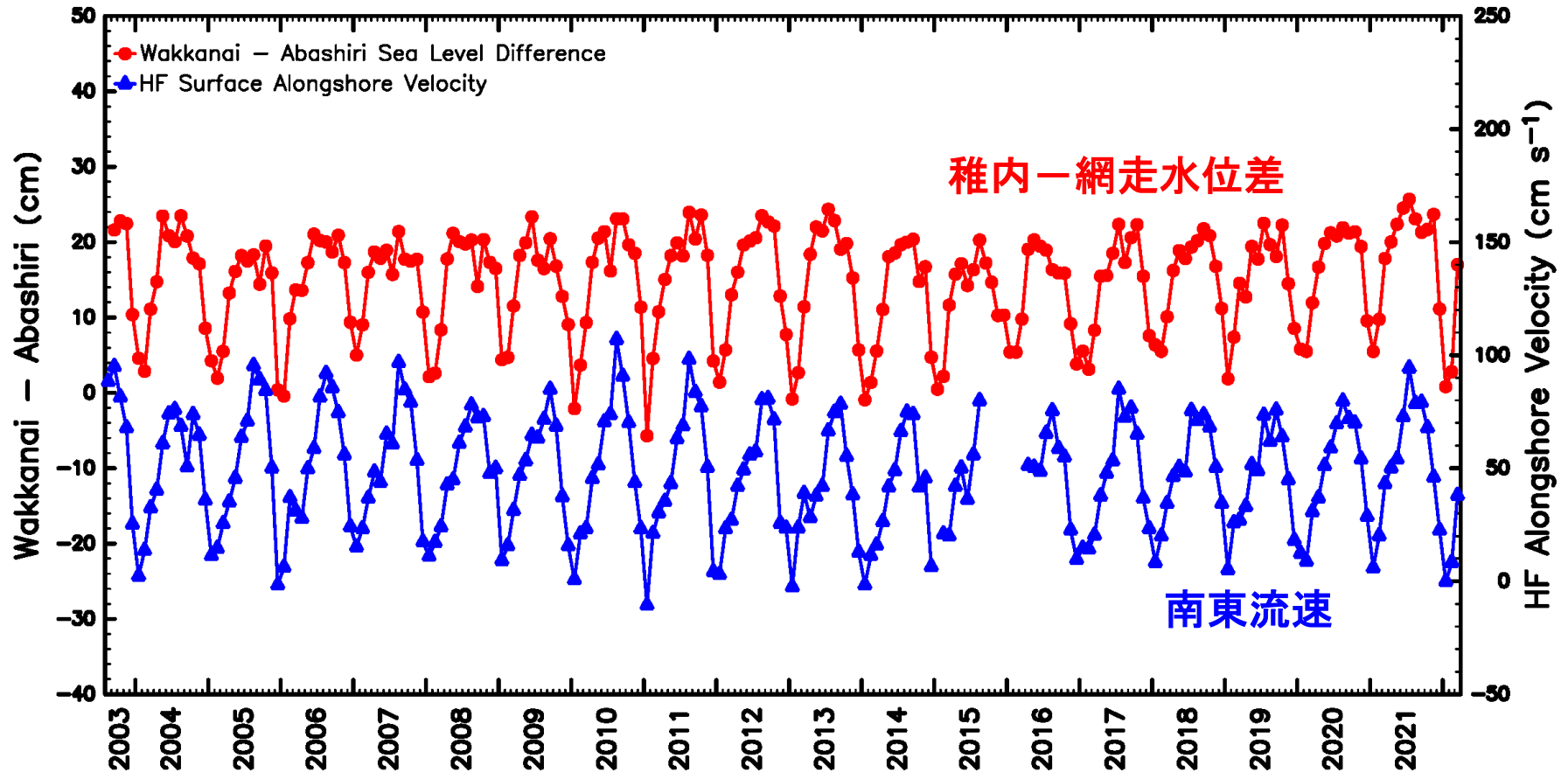


13ヵ月の移動平均をかけたデータで水位を補正

宗谷暖流の流速変動と稚内一網走の水位差

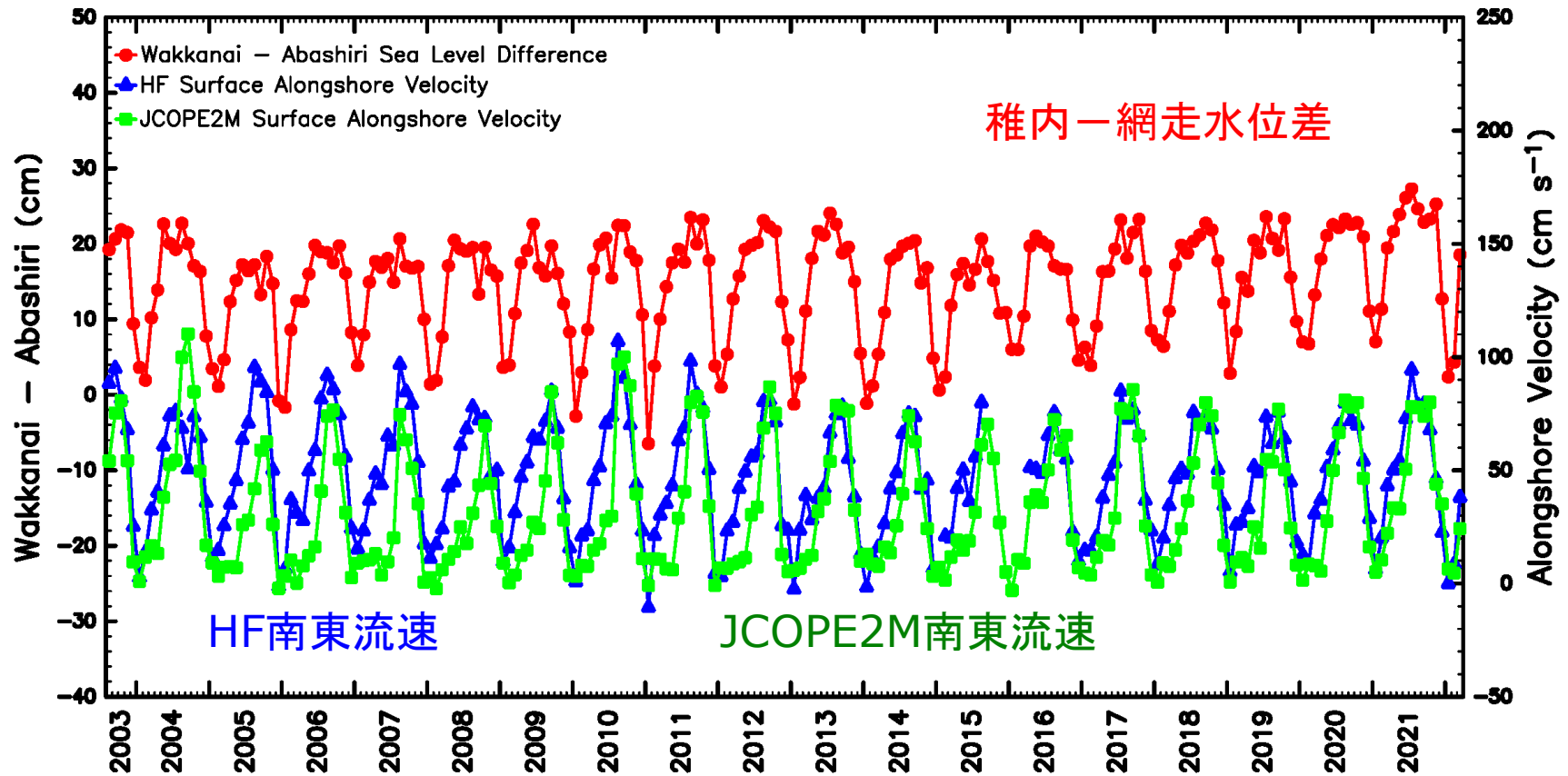


宗谷暖流の流速変動と稚内－網走の水位差 (月平均)

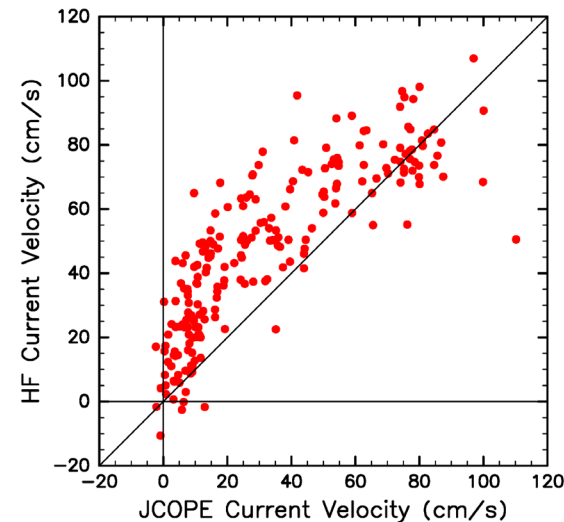
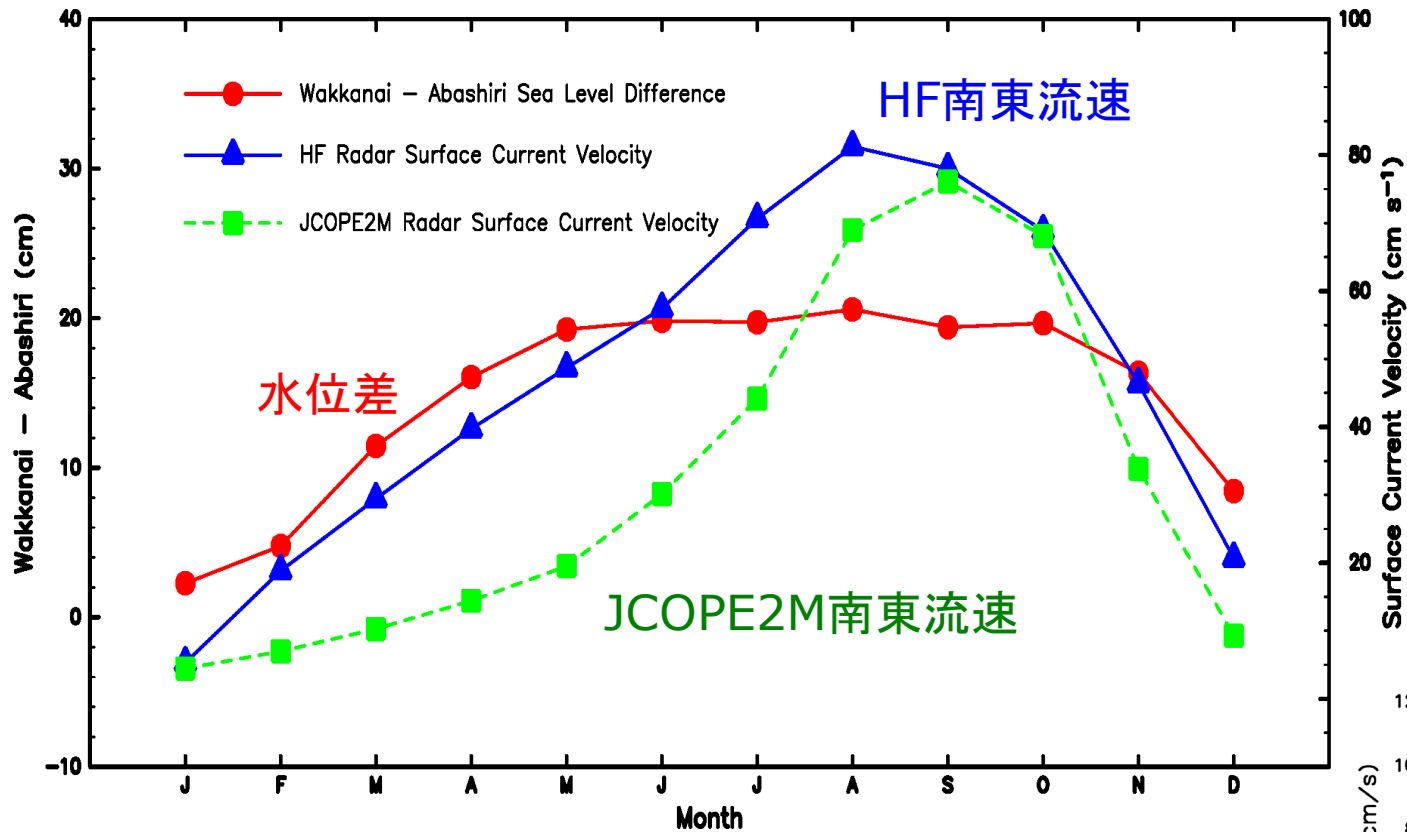


相関係数 = 0.871

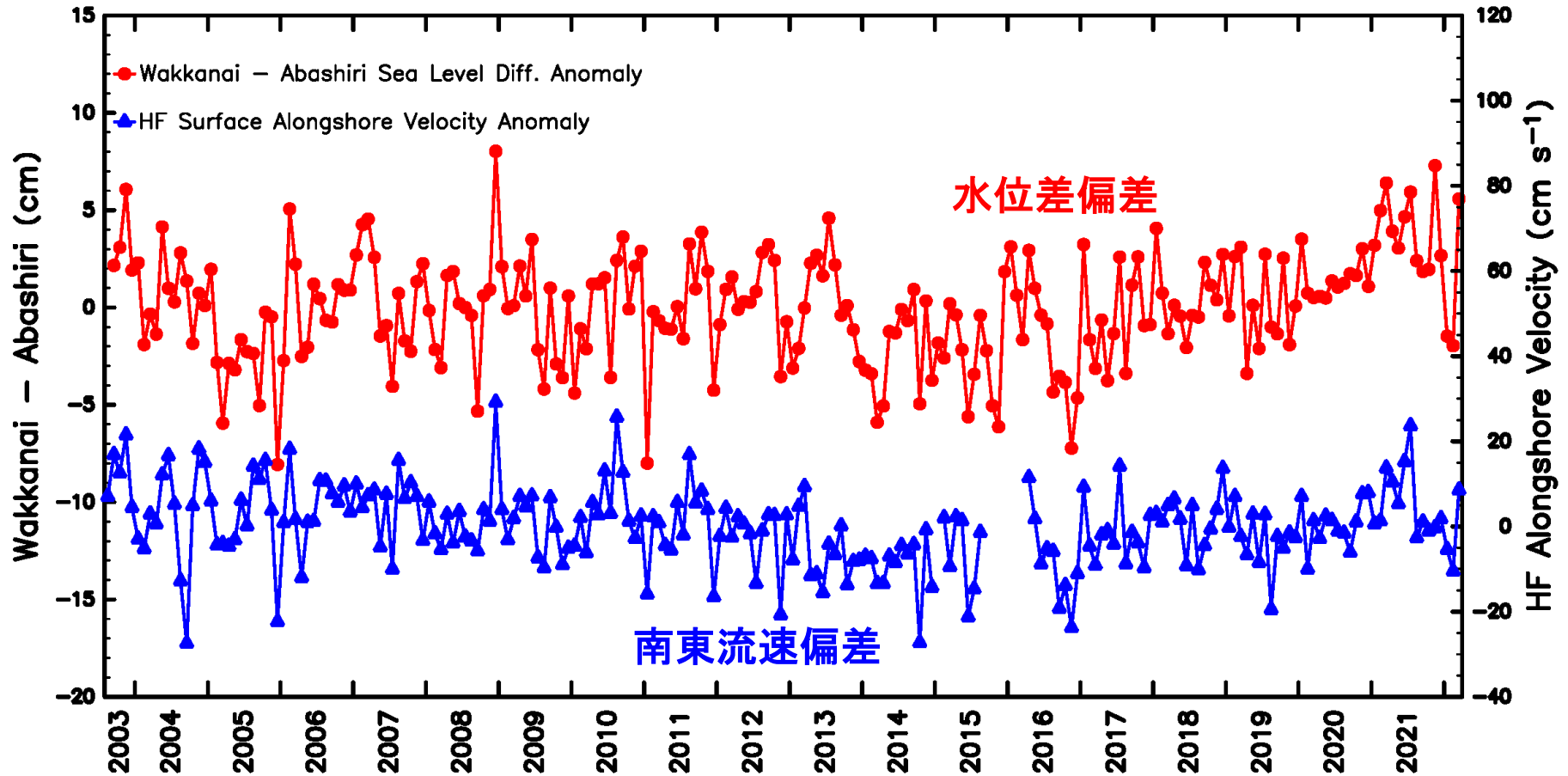
宗谷暖流の流速変動(海洋レーダ, JCOPE) と稚内－網走の水位差(月平均)



宗谷暖流流速(HF, JCOPE)と 稚内－網走水位差の季節変動



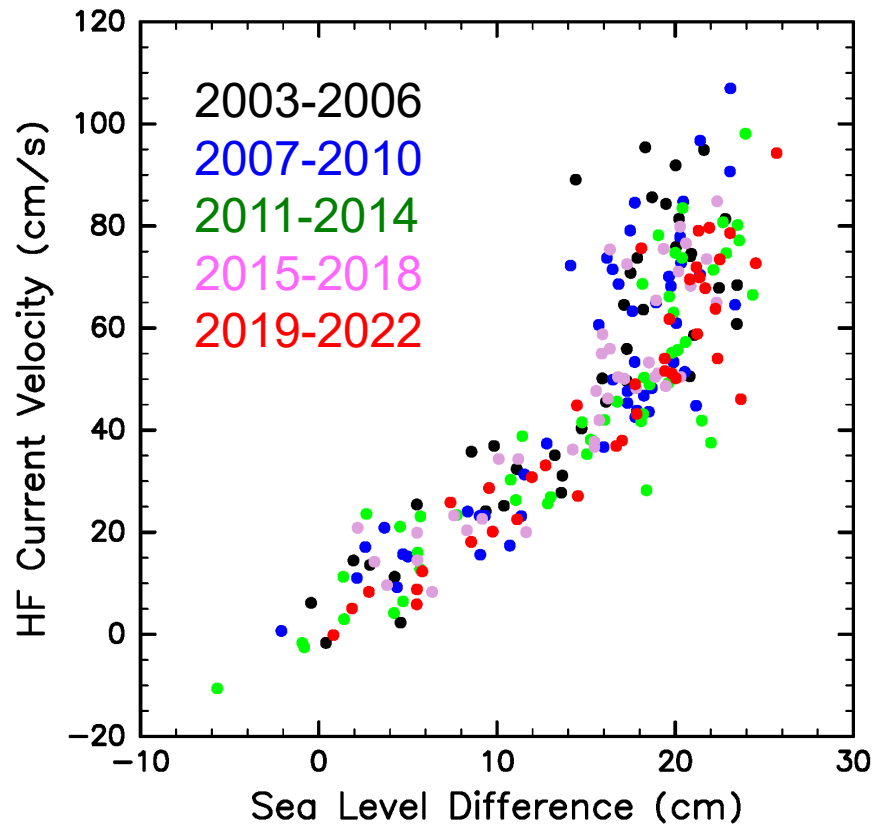
宗谷暖流の流速変動と稚内ー網走の水位差 (偏差・月平均)



相関係数 = 0.584

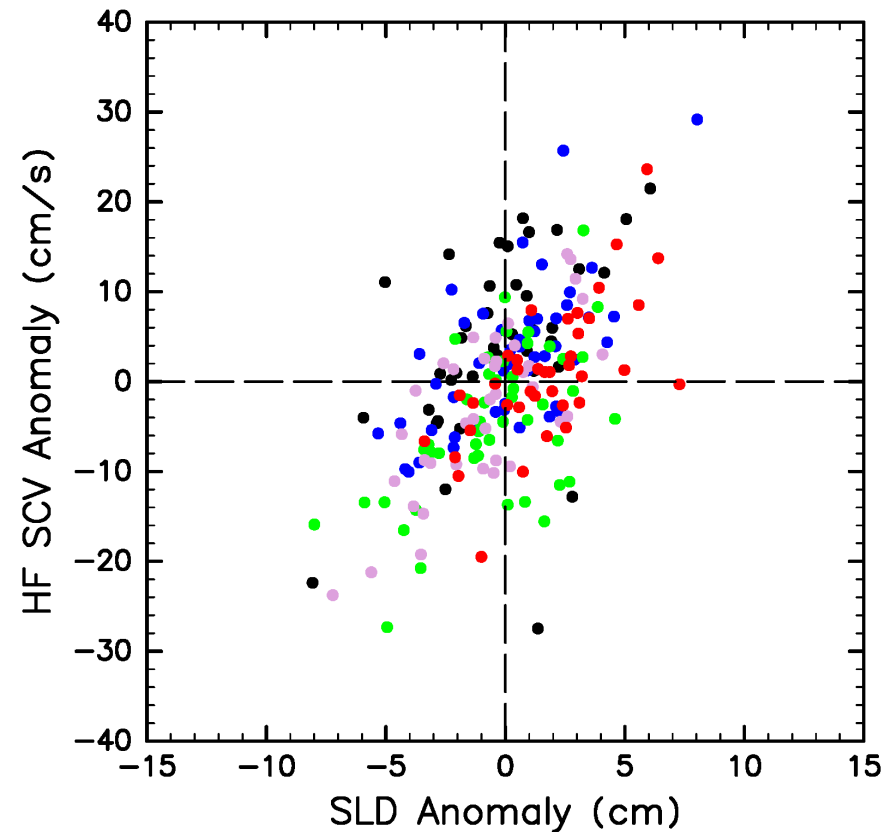
流下方向の水位差と南東流速の相関

季節変動を含む



相関係数 = 0.871

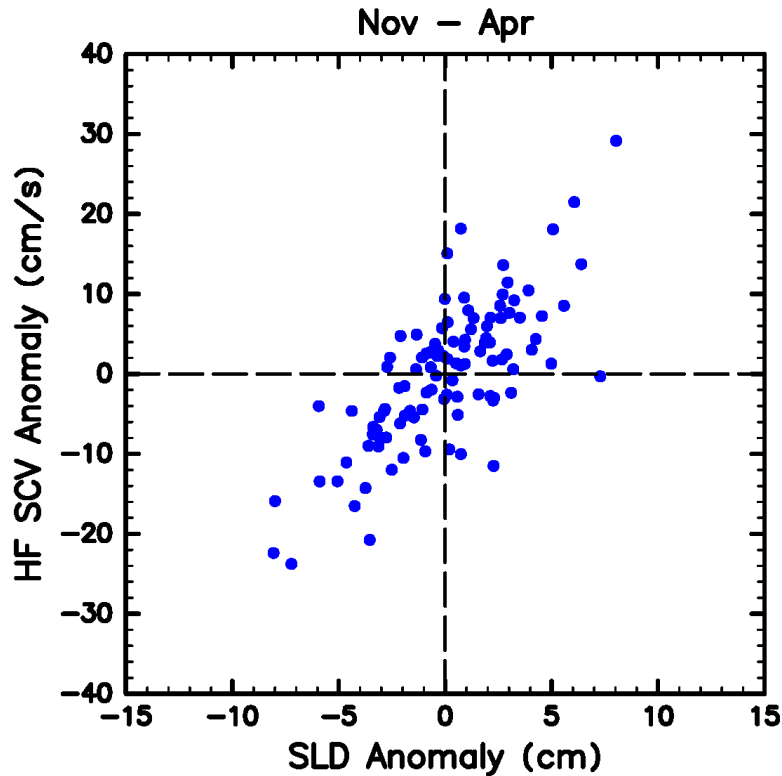
季節変動を除いた偏差



相関係数 = 0.584

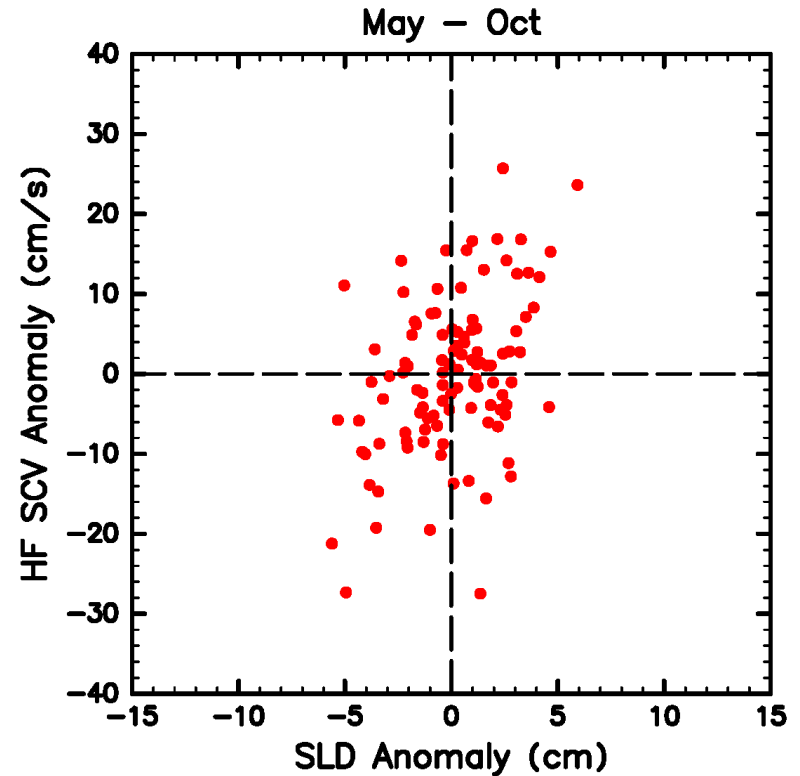
流下方向の水位差偏差と南東流速偏差 の相関

冬(11-4月)



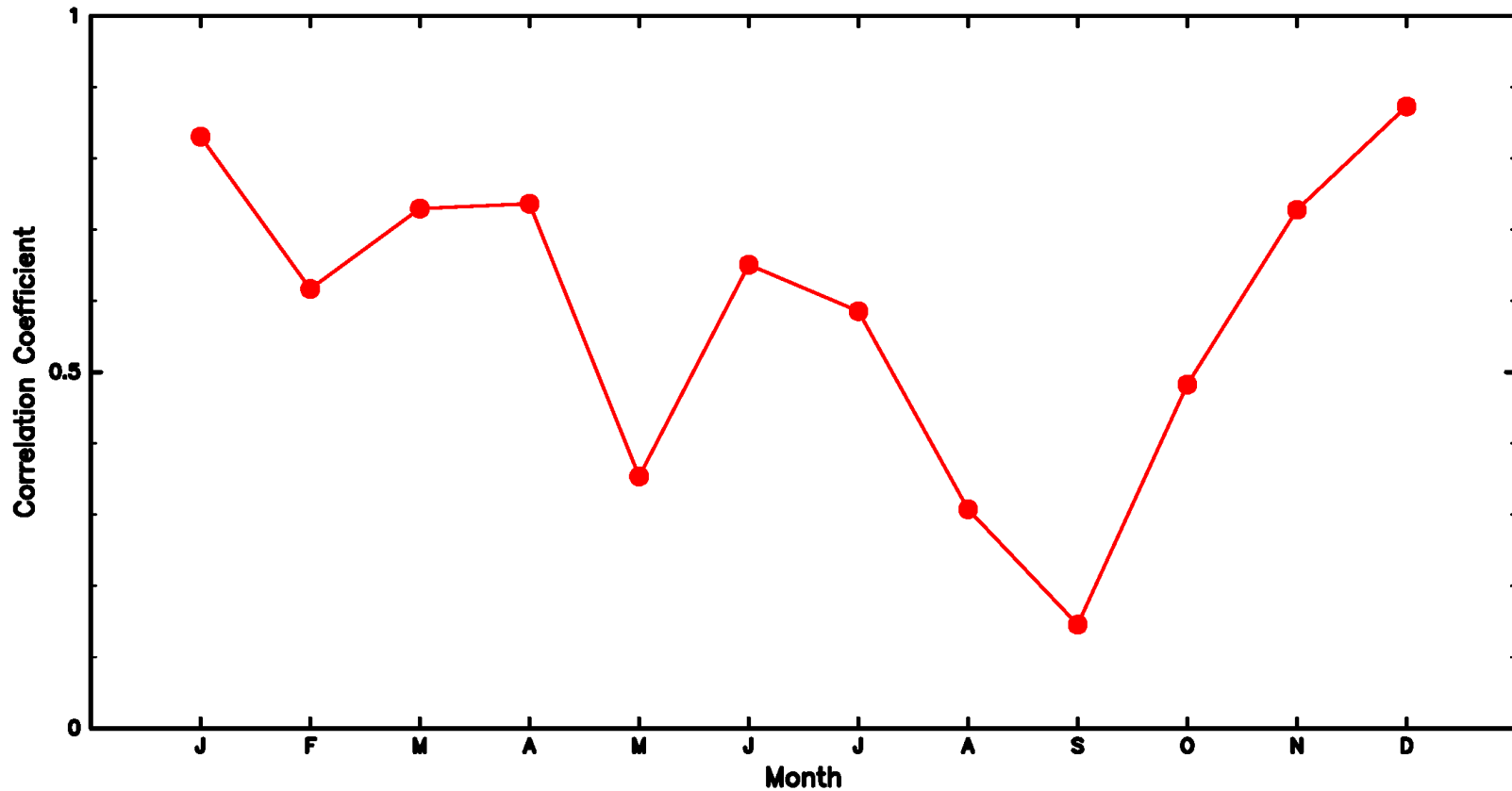
相関係数 = 0.750

夏(5-10月)

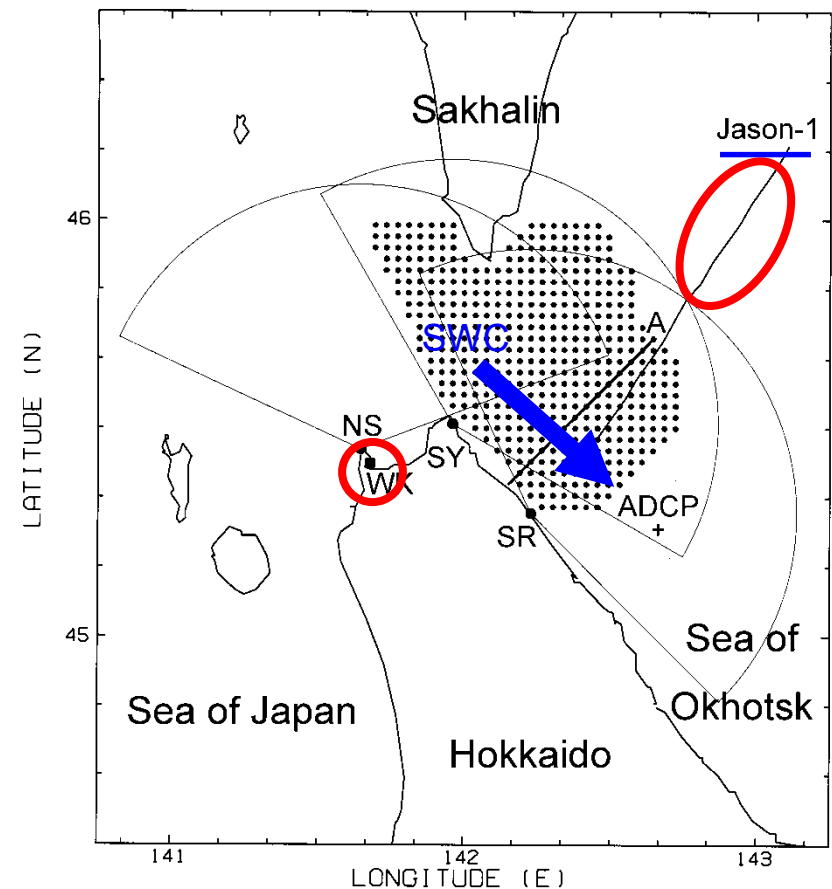
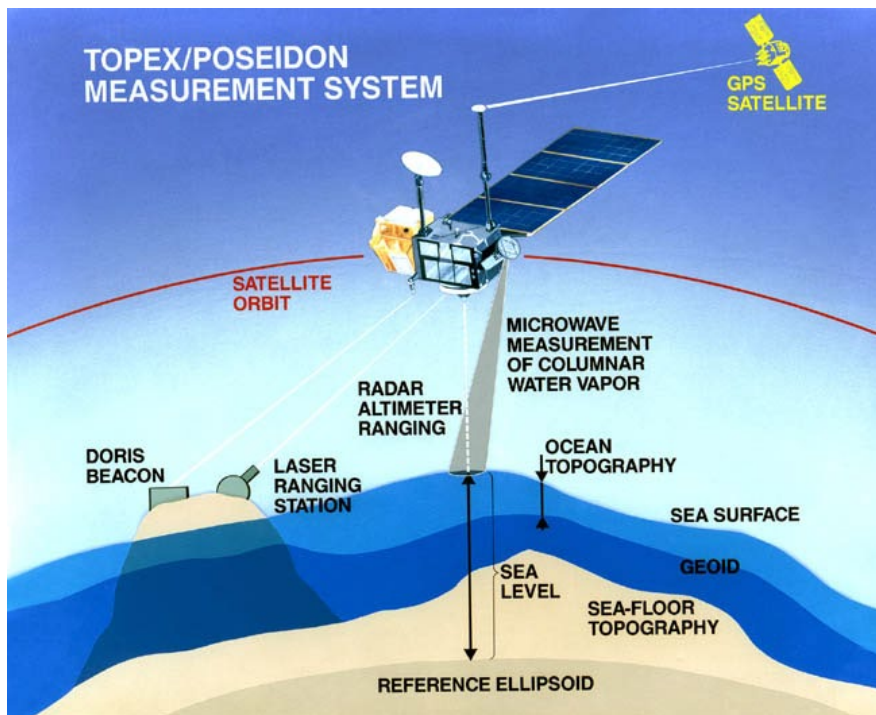


相関係数 = 0.411

流下方向の水位差偏差と南東流速偏差 の月毎相関係数

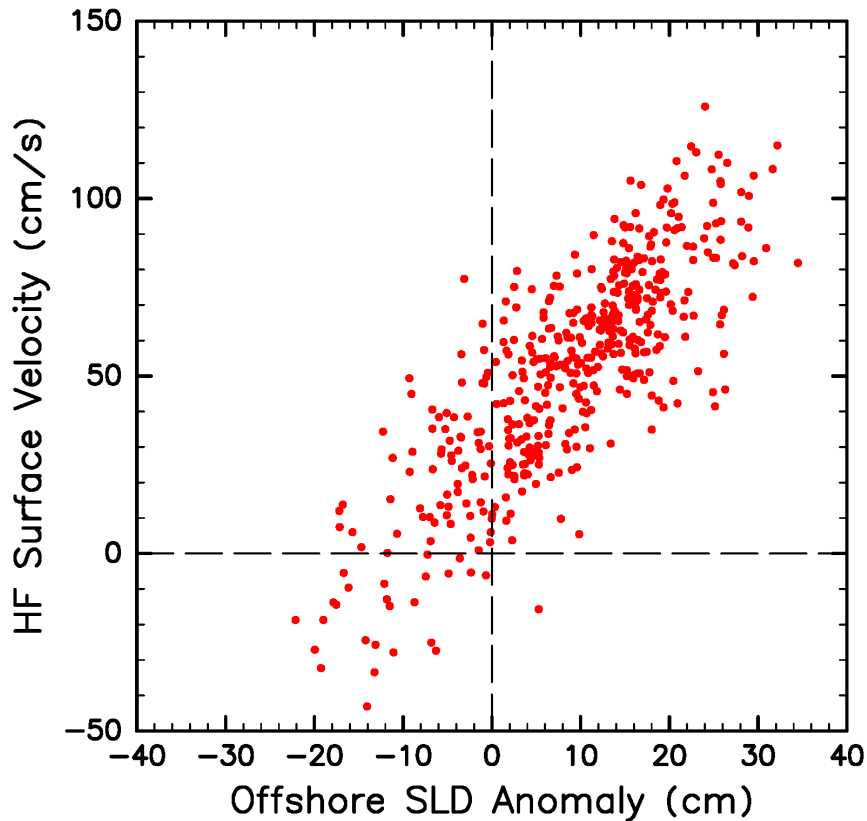


衛星高度計を使った 宗谷暖流を横切る方向の水位差の見積もり



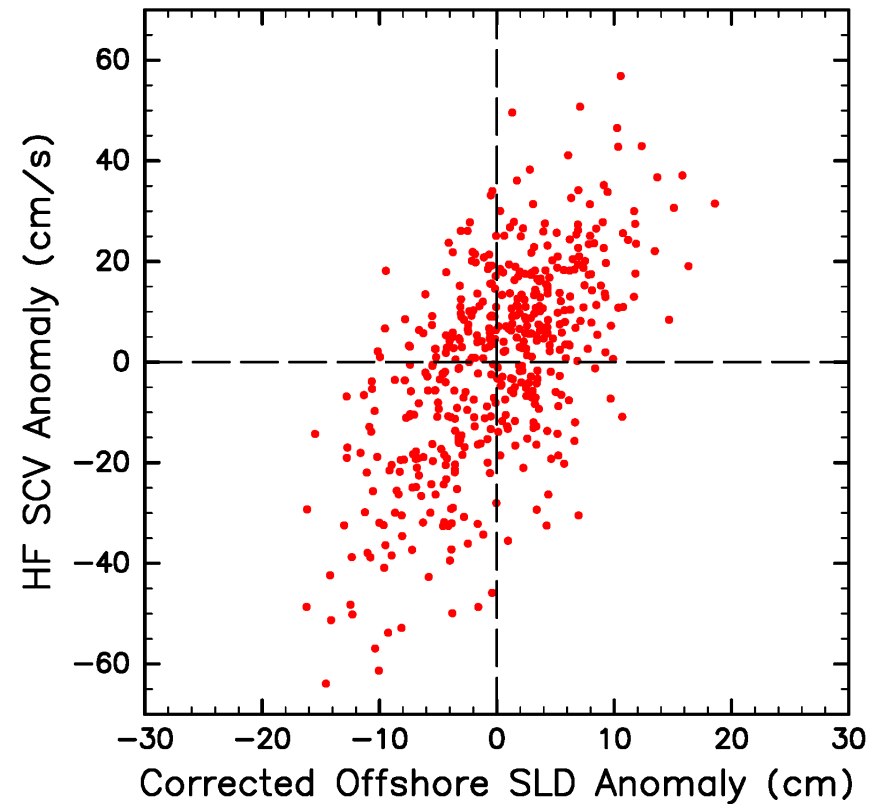
沖合方向水位差偏差と南東流速の相関 (9.91日ごとの瞬時値)

季節変動を含む



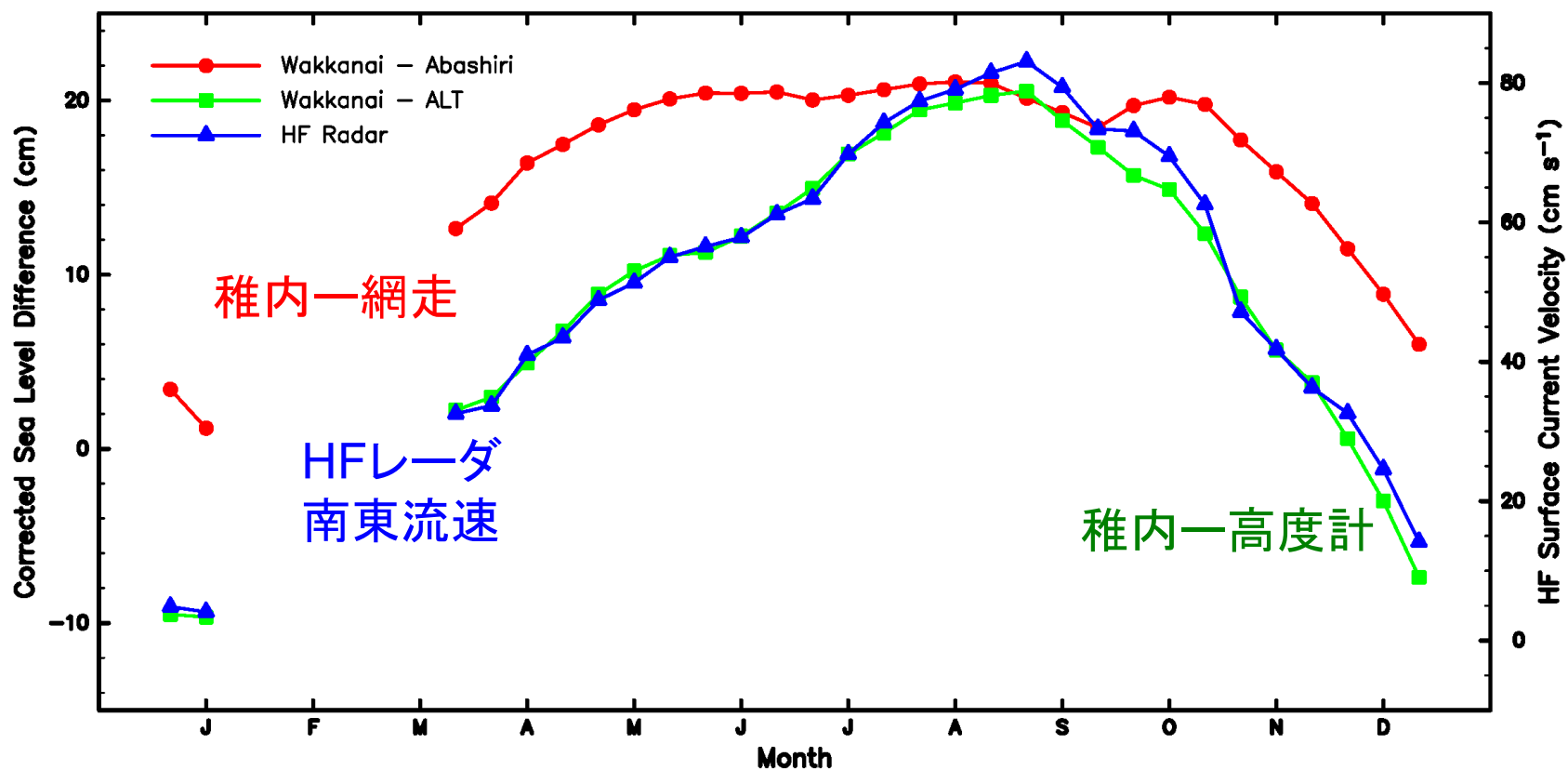
相関係数 = 0.726

季節変動を除いた偏差



相関係数 = 0.620

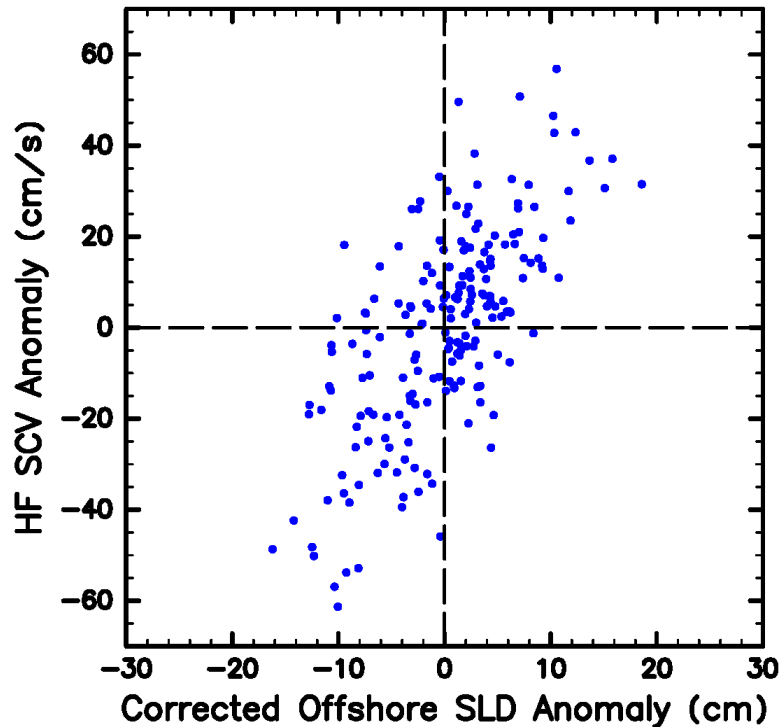
沖合および流下方向の水位差と南東流速 の季節変化



沖合方向水位差偏差と南東流速偏差の 相関

冬(11-4月)

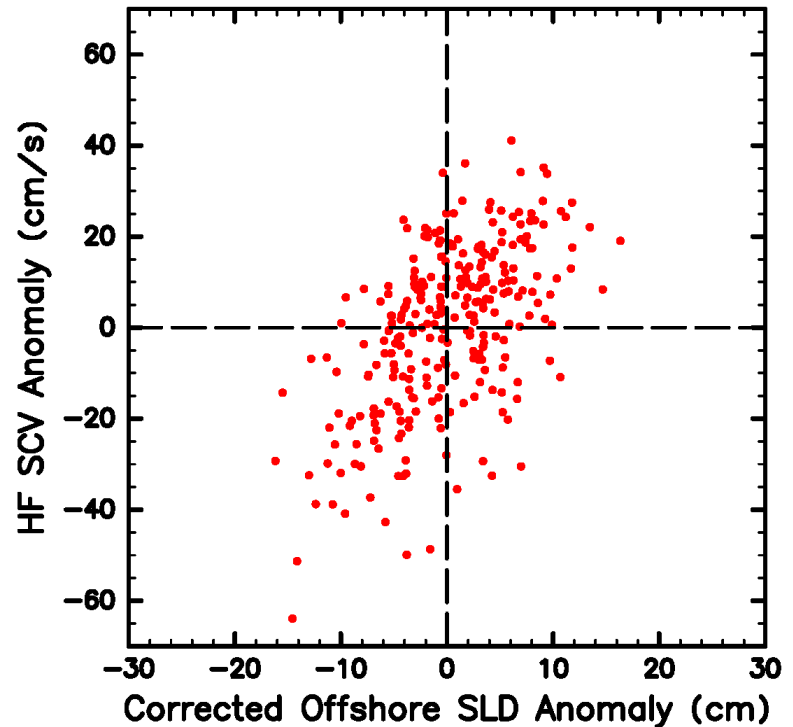
Nov - Apr



相関係数 = 0.683

夏(5-10月)

May - Oct

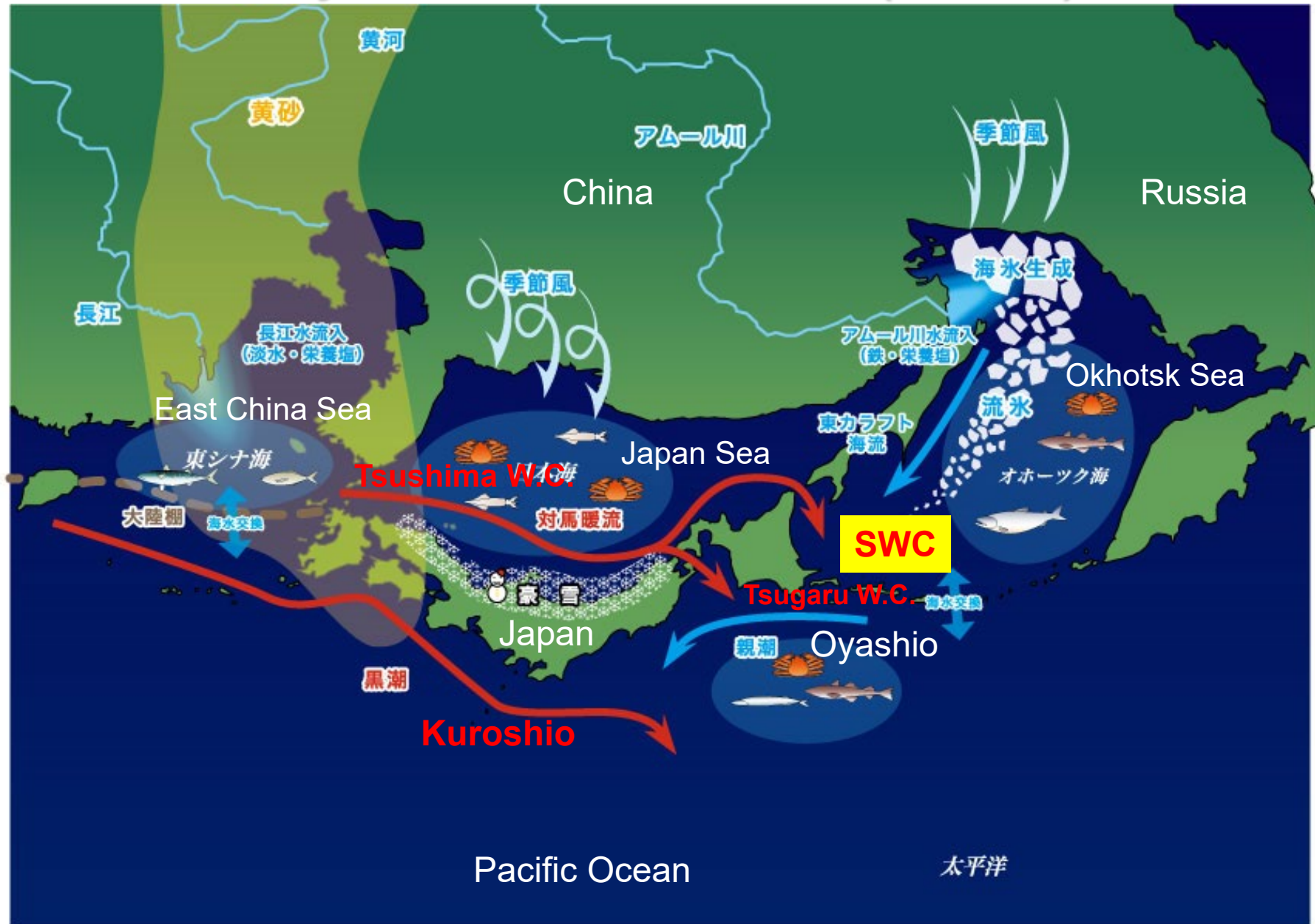


相関係数 = 0.564

まとめ

- 宗谷海峡域短波海洋レーダによる2003年から2022年までの19年間の連続観測により、宗谷暖流の季節変動・経年変動などの様子が明らかになってきた。
- 顕著な経年劣化を示すデータは見つかっていない。
- 水位差の長期変動の解析では地殻変動の影響も無視できず、補正が必要。
- 宗谷暖流の表面流速と流下方向の水位差との関係は、夏季と冬季の変動メカニズムが異なることを強く示唆する。
- 稚内ー網走の水位差は、宗谷暖流の経年変動を表す指標としてはあまり適当ではない。
- 沿岸潮位と衛星高度計を組み合わせた流れを横切る方向の水位差偏差を使えば、宗谷暖流の季節スケール以上の変動のモニタリングは可能。
- この観測データは共同利用・共同研究の下で提供可能。

Soya Warm Current (SWC)



短波海洋レーダーの観測原理

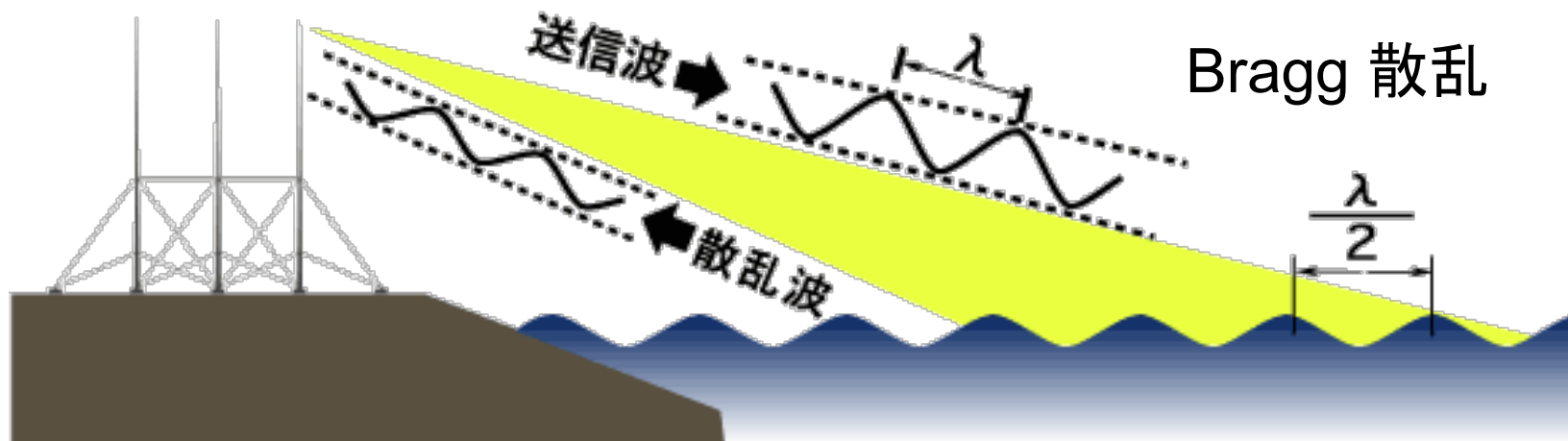


図 1

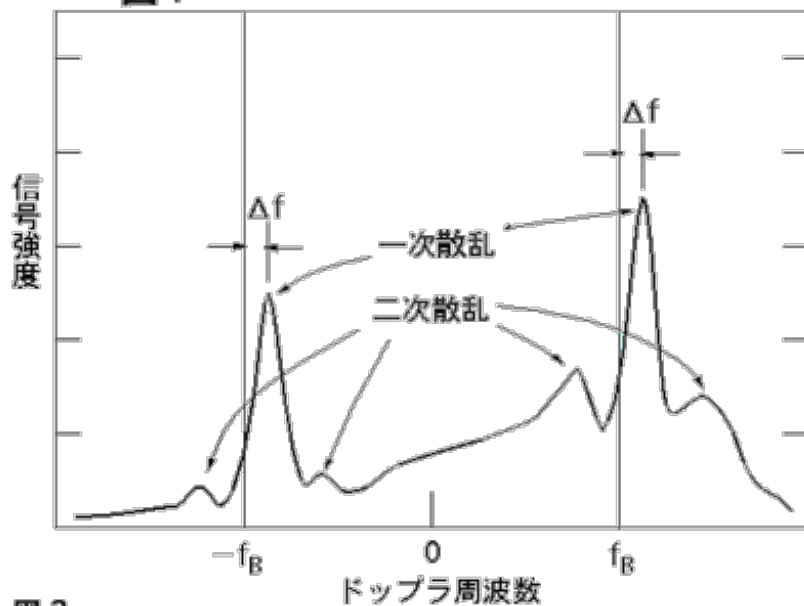
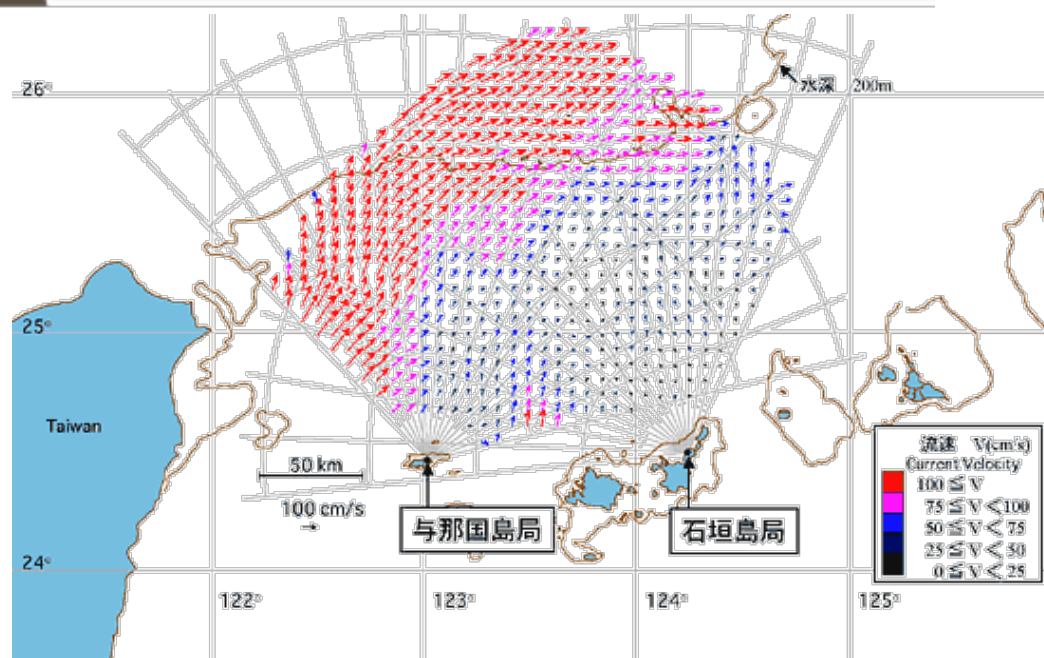


図 2

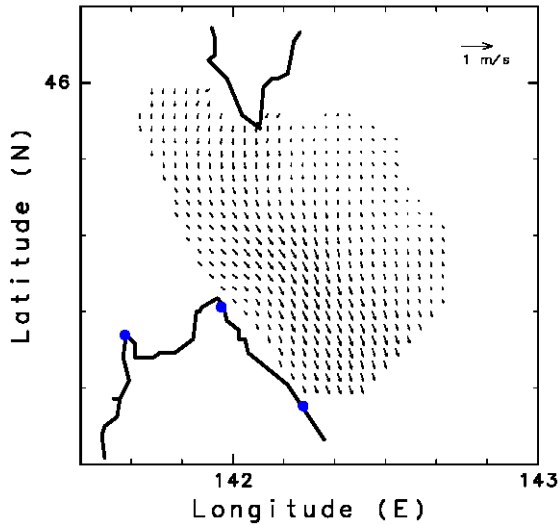
一次散乱 → 海流速、海上風向
二次散乱 → 波浪



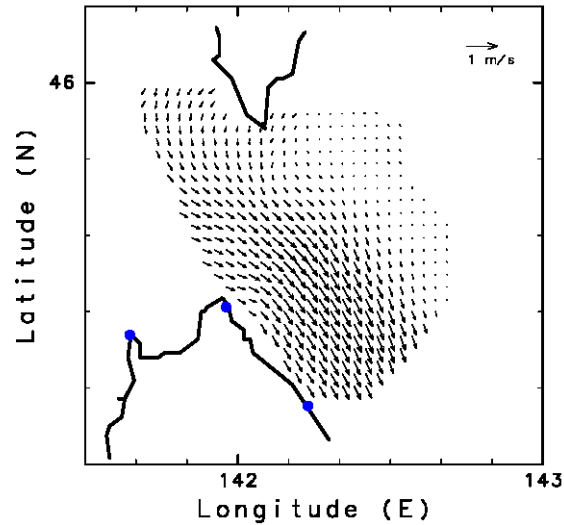
NICT沖縄電磁波技術センターHPより

月平均流速場の19年平均

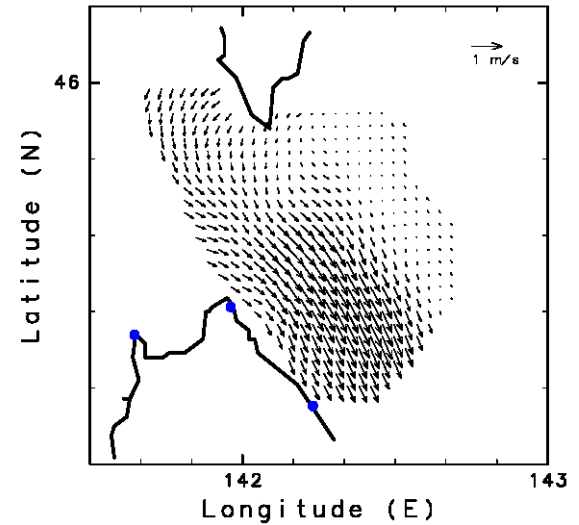
February



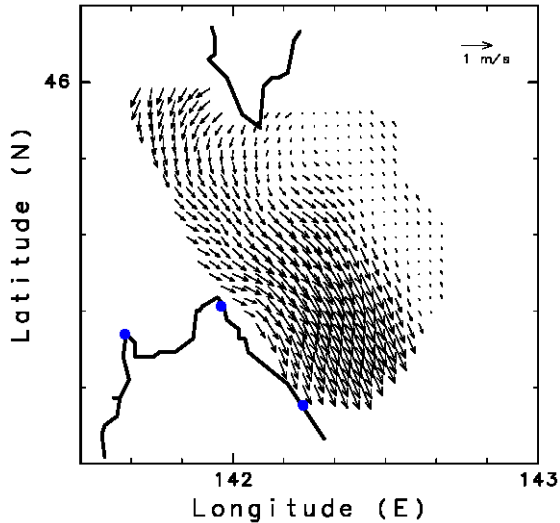
April



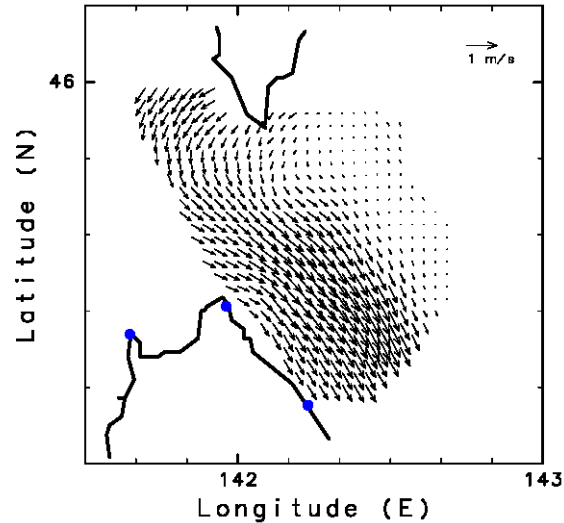
June



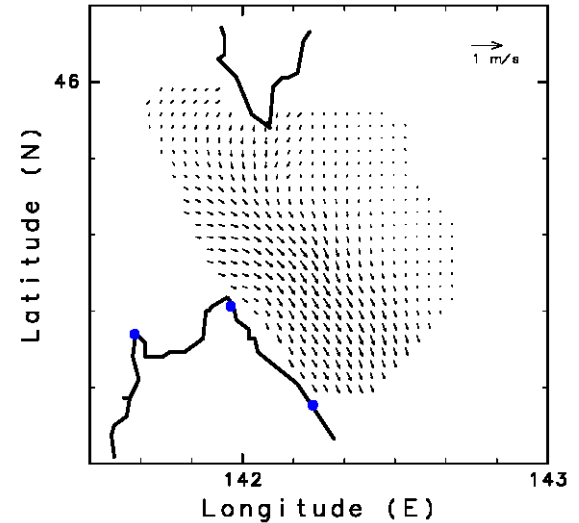
August



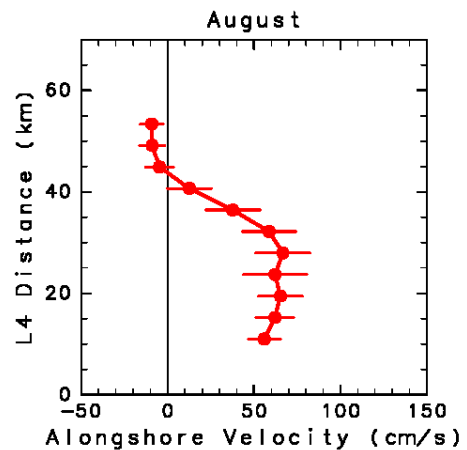
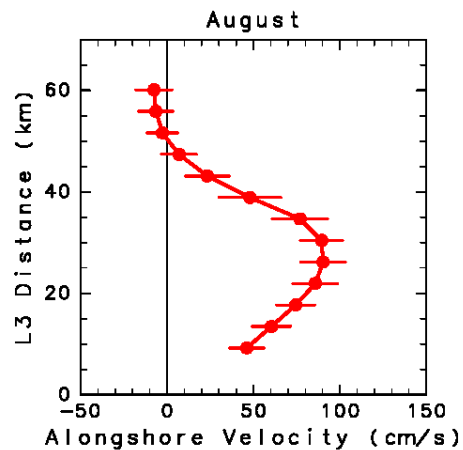
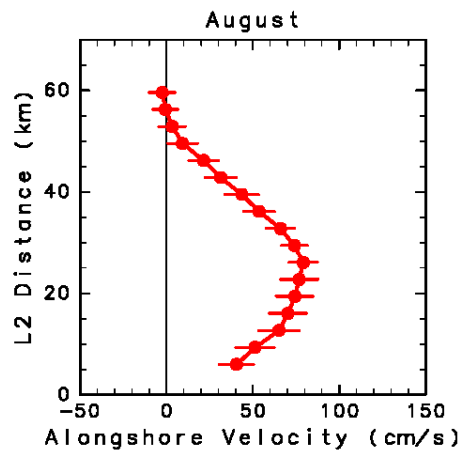
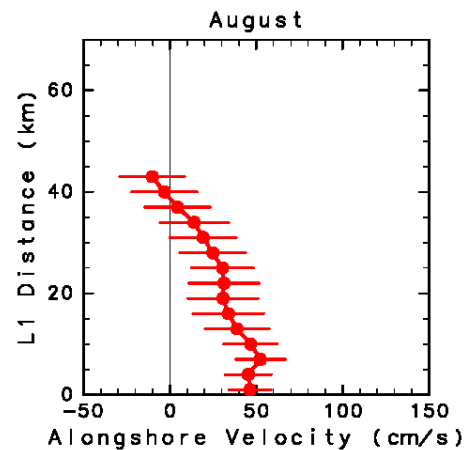
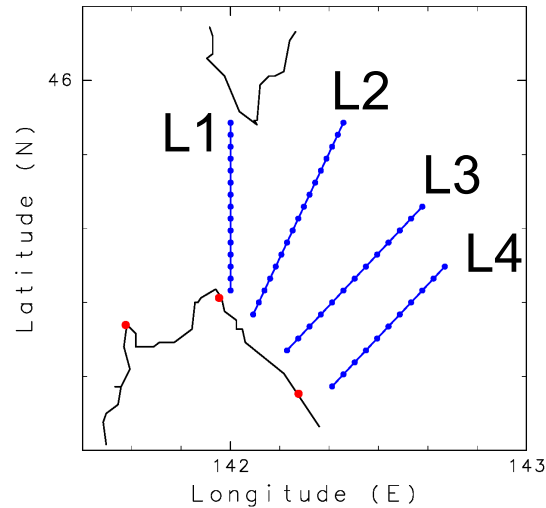
October



December

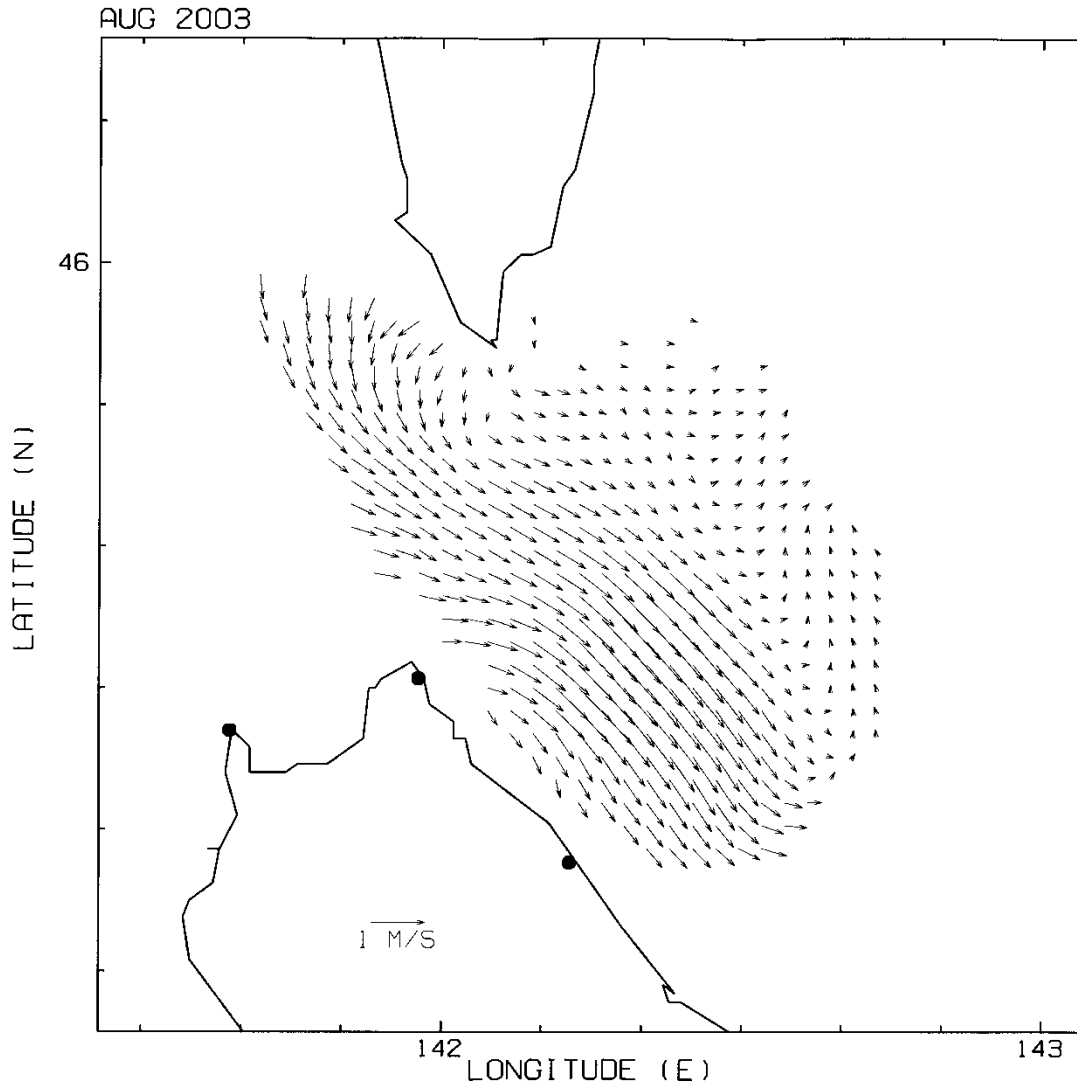


宗谷岬を周る流速プロファイル (8月)



Monthly Averaged Current Field

August 2003



Hourly obs.

25-hr running
average

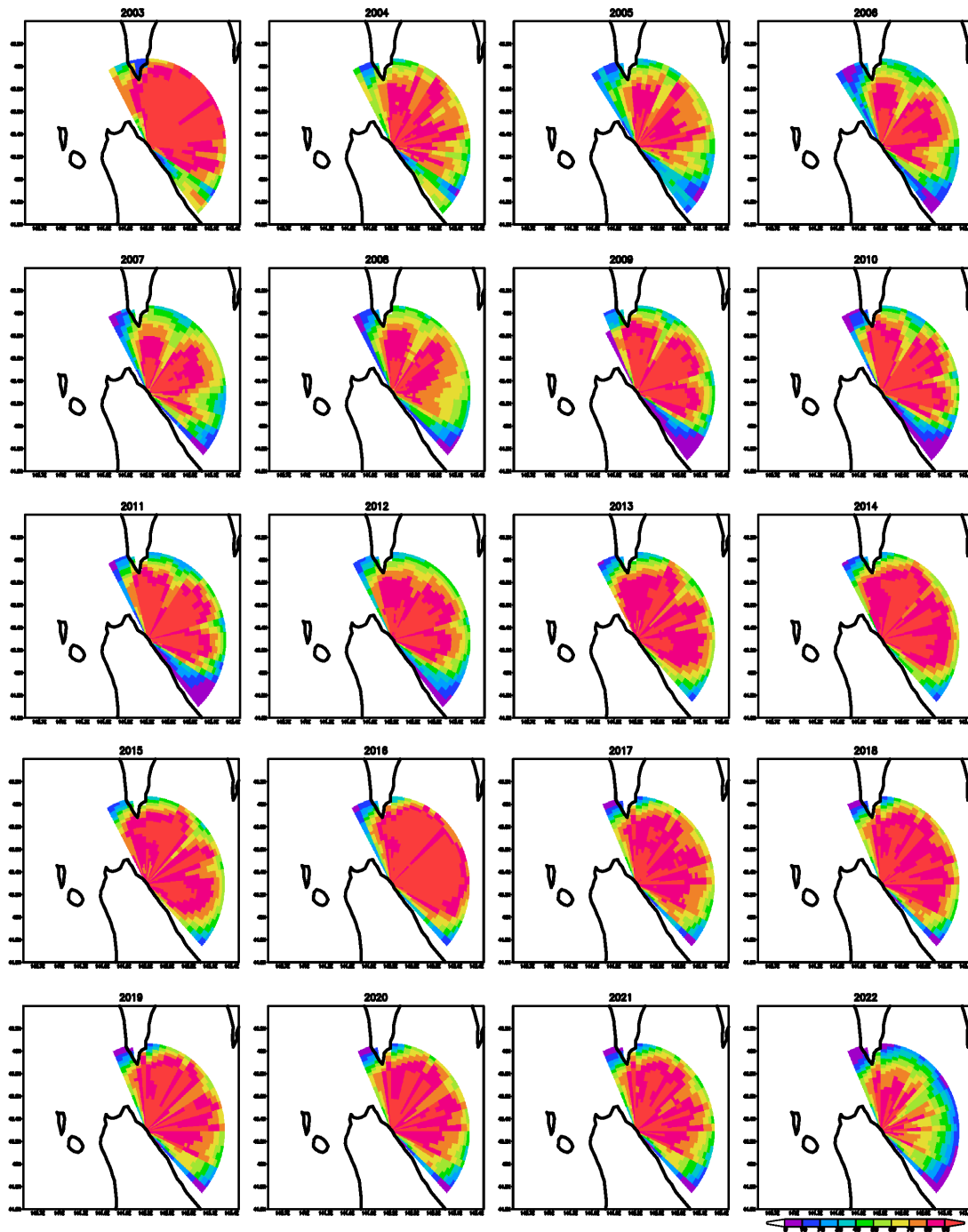
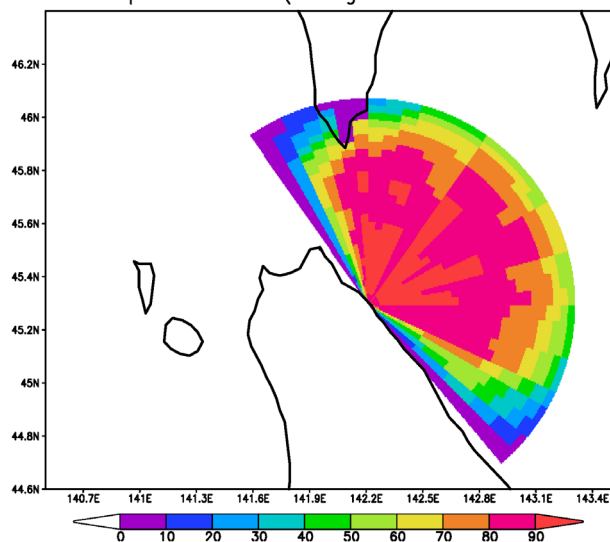
Daily mean

Correction for
wind drift
(Zhang et al., 2016)

Monthly mean

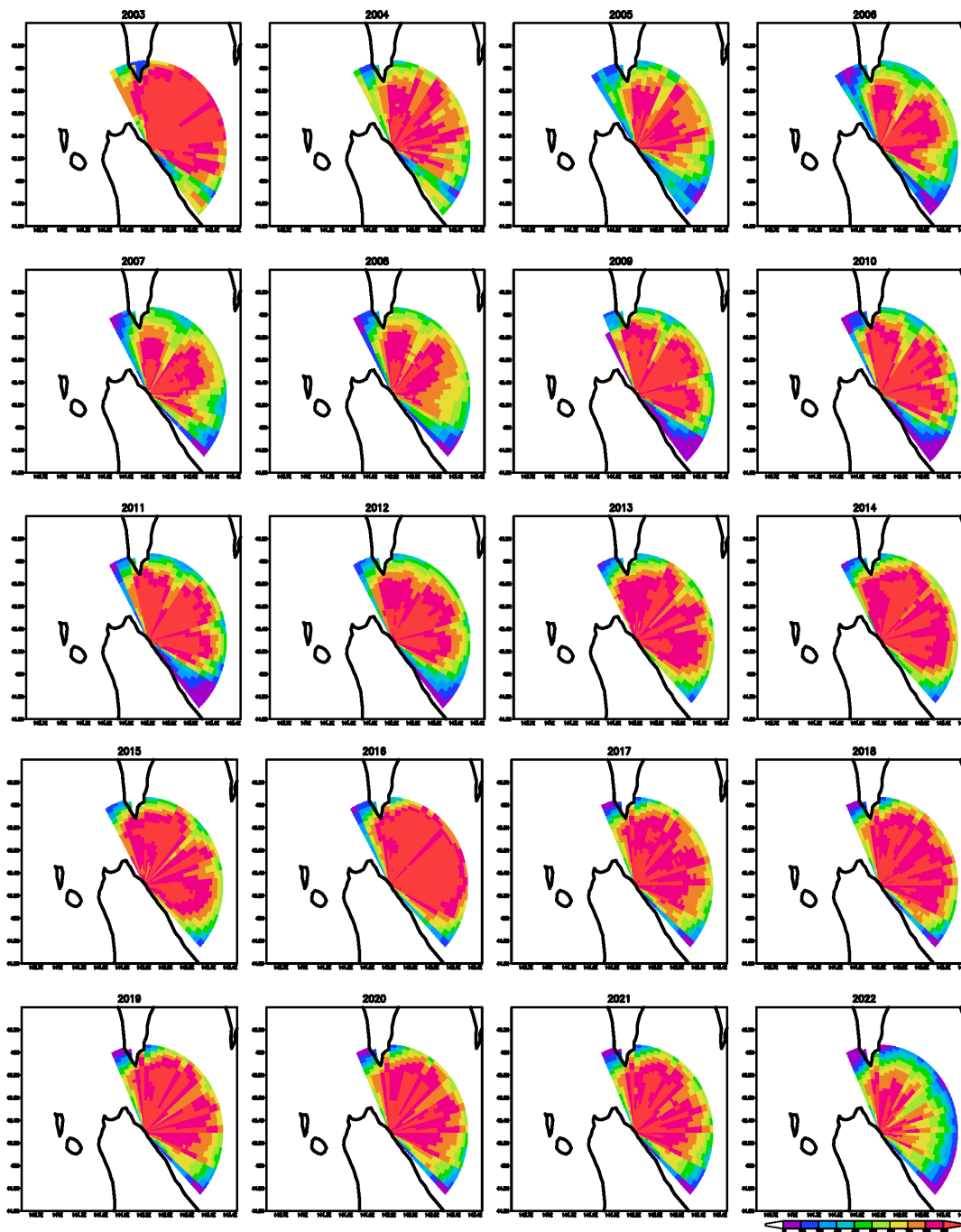
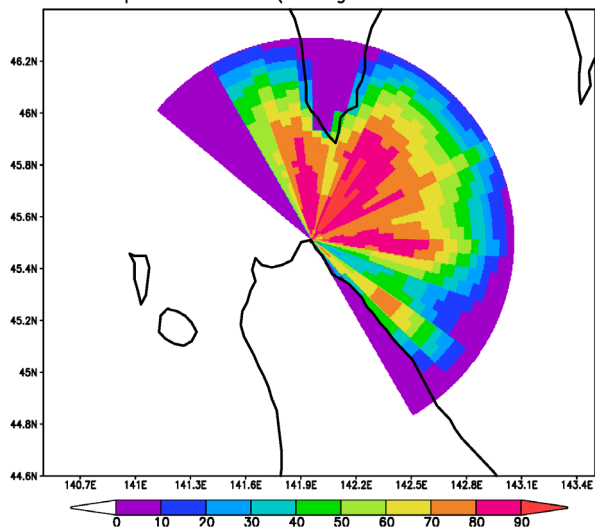
各年のデータ 取得率 (猿払局)

Data Acquisition Rate (1 Aug 2003 – 29 Mar 2022)



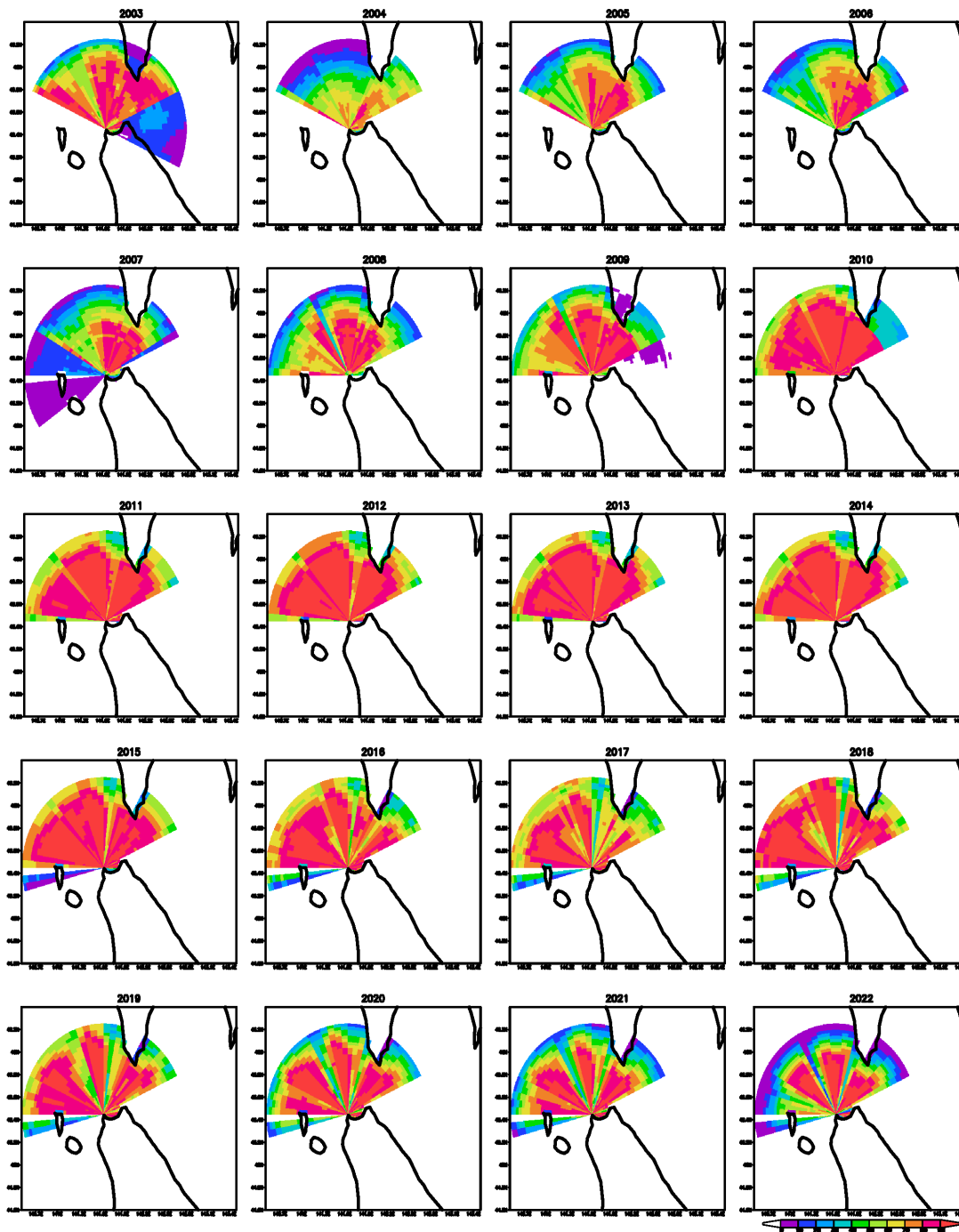
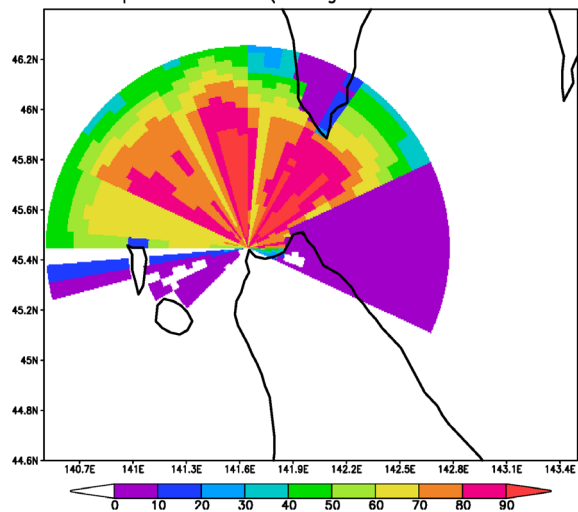
各年のデータ 取得率 (宗谷岬局)

Data Acquisition Rate (1 Aug 2003 – 29 Mar 2022)



各年のデータ 取得率 (ノシャップ岬局)

Data Acquisition Rate (1 Aug 2003 – 29 Mar 2022)

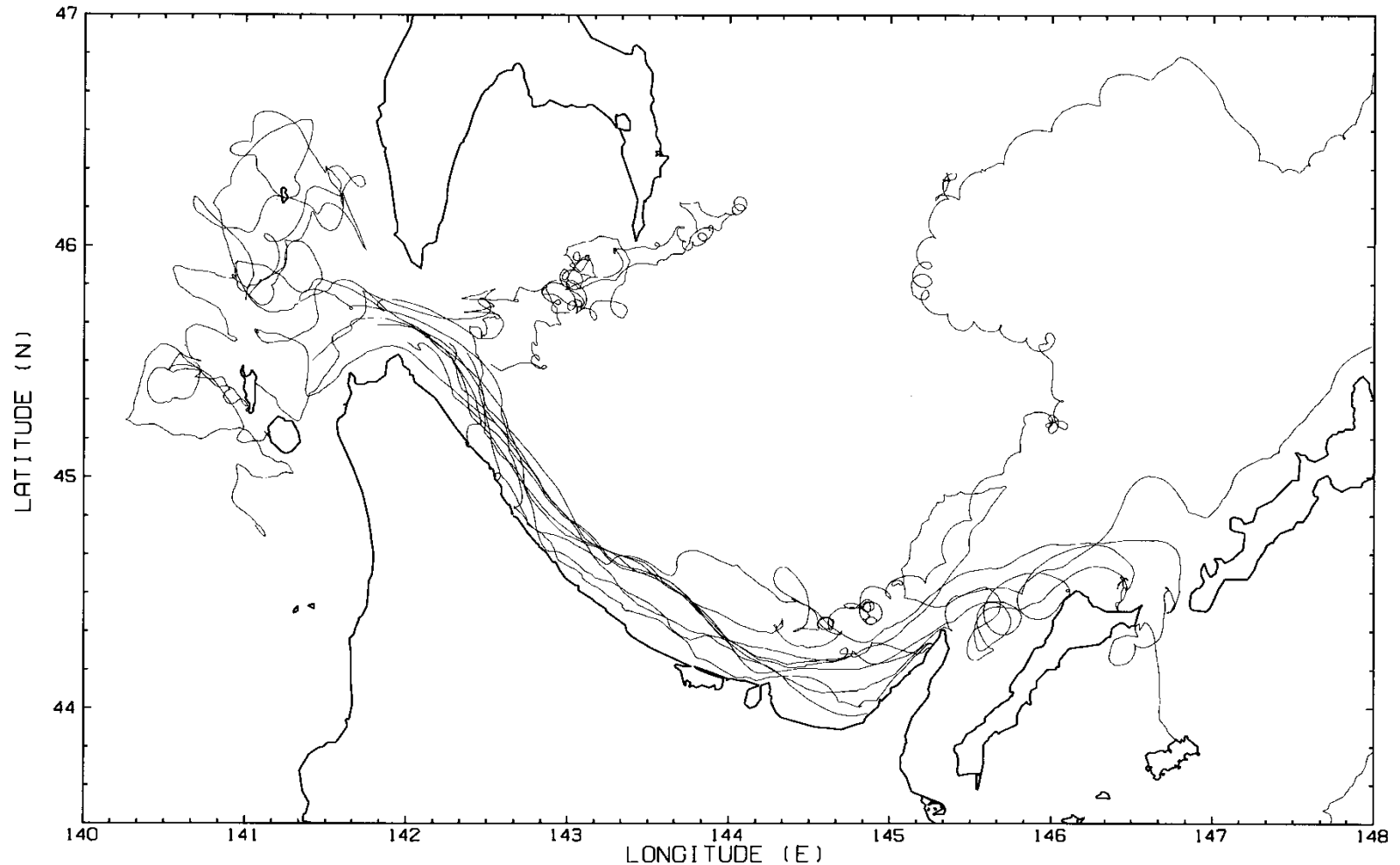


Drifting Buoys



- Dimensions:
34 cm in diameter
30 cm in height
6.5 kg in weight
- Positioning:
GPS system
1-hour interval
- Data transfer:
Orbcomm system
1-hour interval

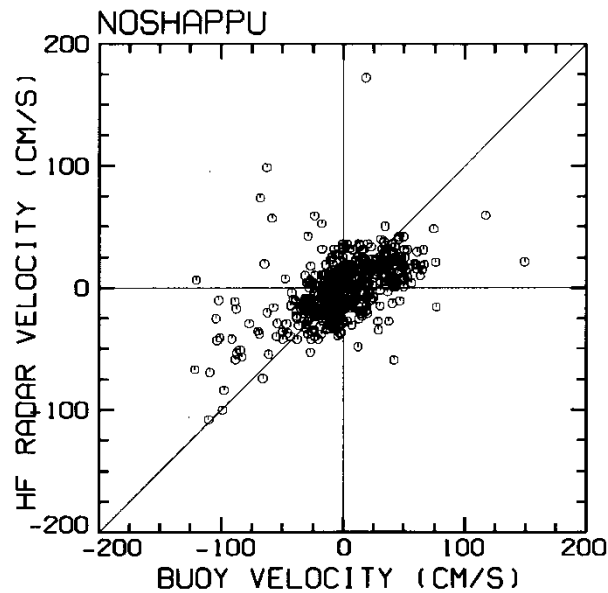
Trajectories of drifting buoys



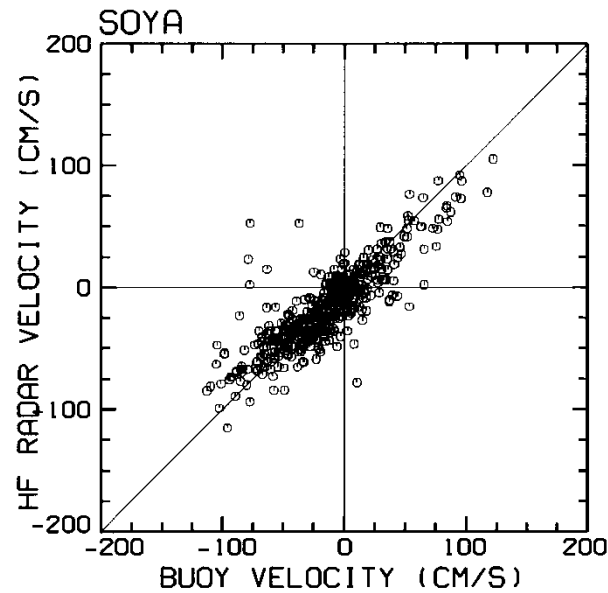
13 buoys were deployed in 2003-2005

Comparison of Radial Velocity Components for the Three Stations

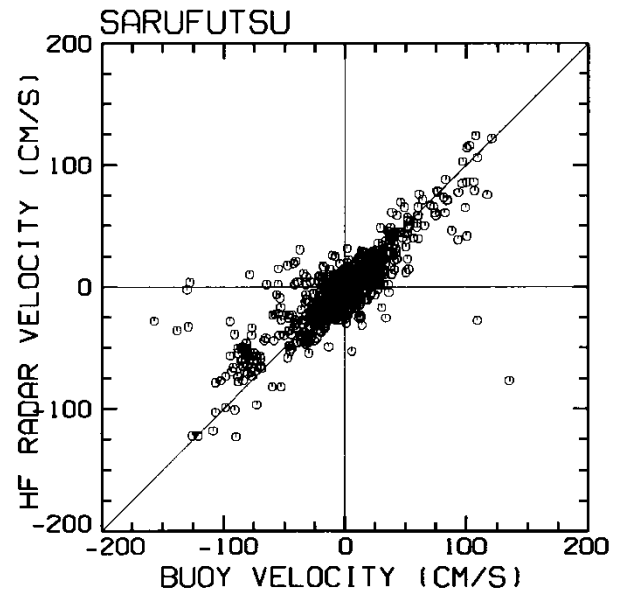
COMPARISON OF RADIAL VELOCITY



NUMBER OF DATA	509
BIAS (CM/S)	-1.08
RMS DIFFERENCE (CM/S)	29.03



NUMBER OF DATA	433
BIAS (CM/S)	-2.14
RMS DIFFERENCE (CM/S)	21.17



NUMBER OF DATA	714
BIAS (CM/S)	0.02
RMS DIFFERENCE (CM/S)	22.58

Shipboard ADCP

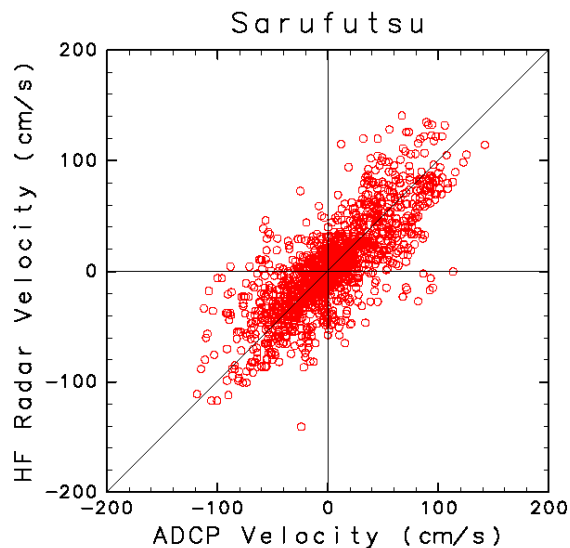


- ADCP = Acoustic Doppler Current Profiler
- Provided by Japan Coast Guard
- Installed on patrol ships
- Typical observation depth = 5-10 m



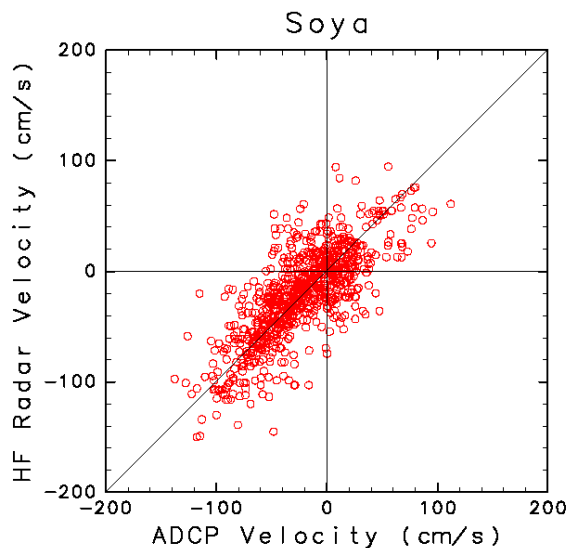
Comparison of Radial Velocity with Shipboard ADCP Observations

SR Station



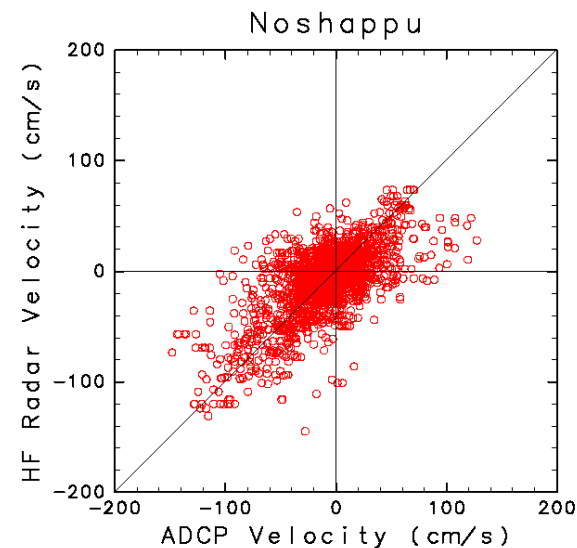
Number of data 1537
Bias 0.3 cm/s
Rms difference 27.5 cm/s

SY Station



Number of data 866
Bias 1.8 cm/s
Rms difference 27.0 cm/s

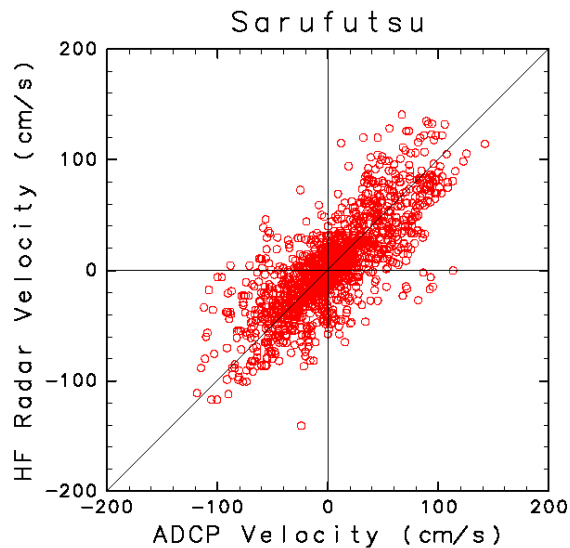
NS Station



Number of data 1949
Bias 0.0 cm/s
Rms difference 27.6 cm/s

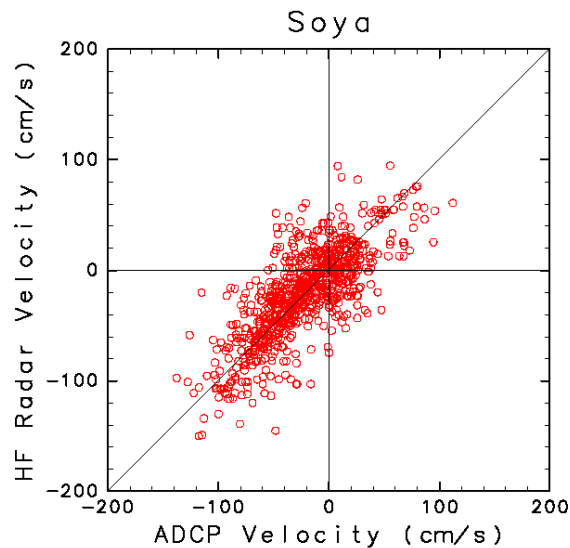
Comparison of Radial Velocity with Shipboard ADCP Observations

SR Station



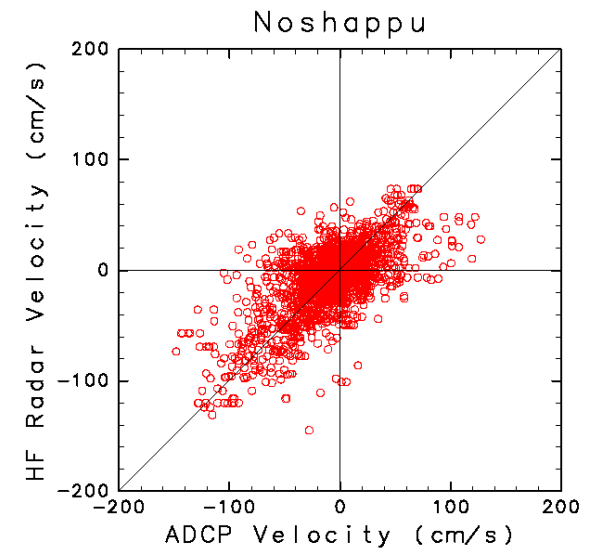
Number of data 1537
Bias 0.3 cm/s
Rms difference 27.5 cm/s

SY Station



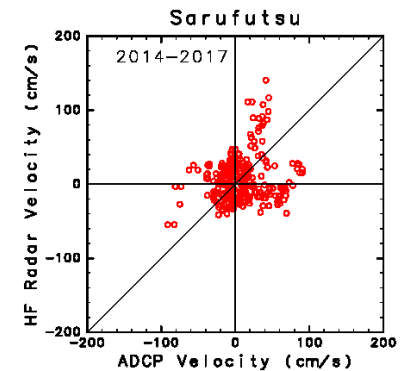
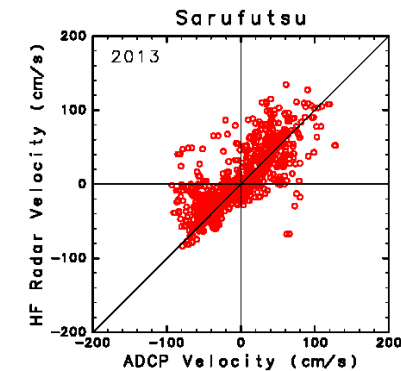
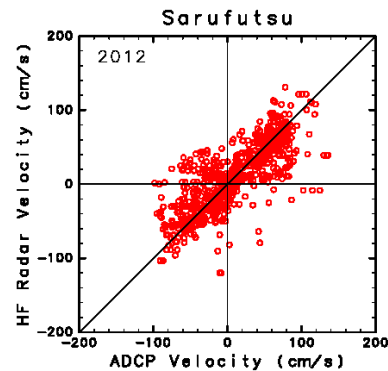
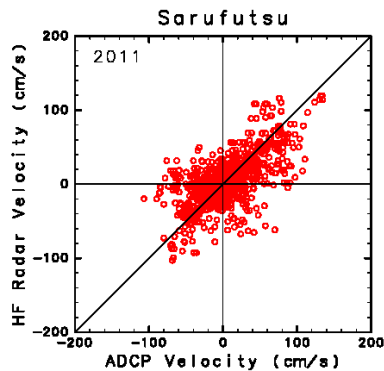
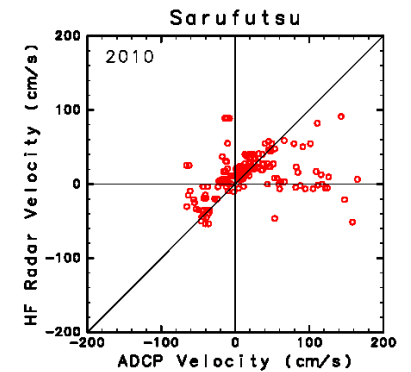
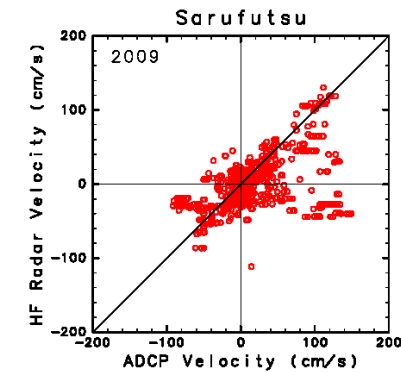
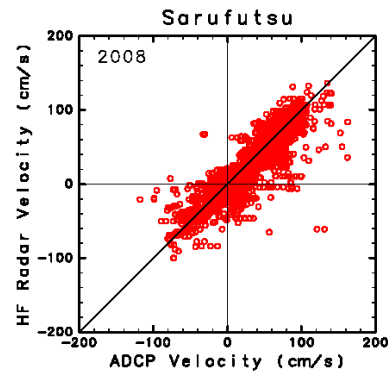
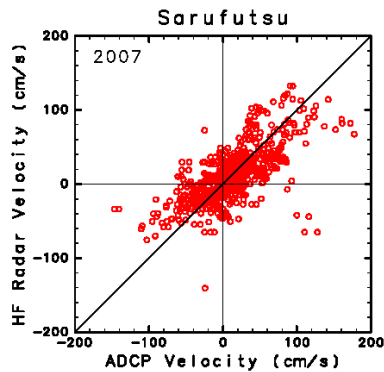
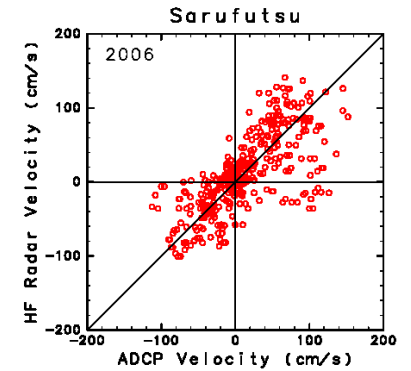
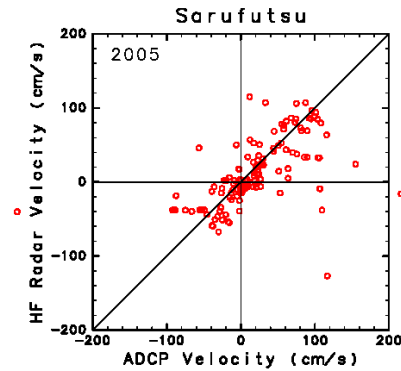
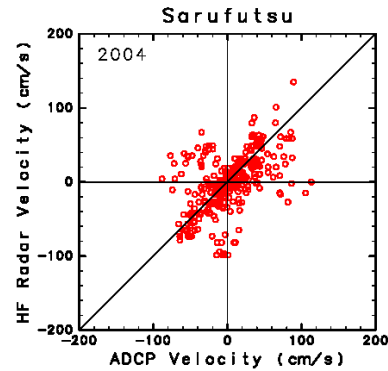
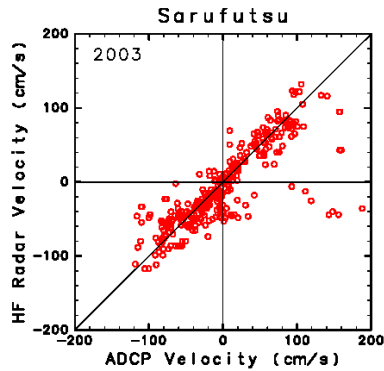
Number of data 866
Bias 1.8 cm/s
Rms difference 27.0 cm/s

NS Station

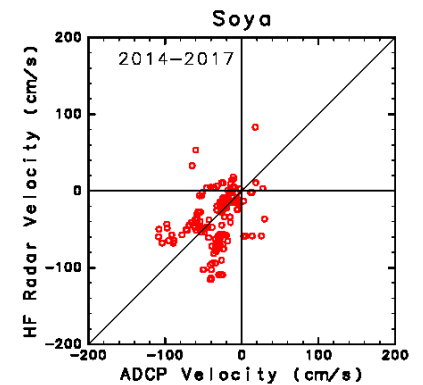
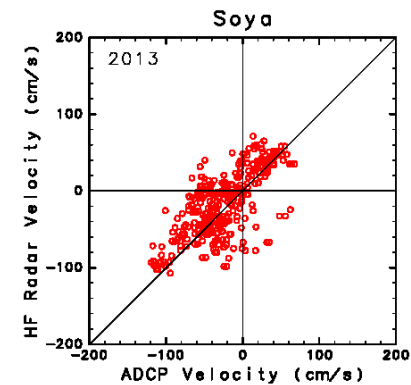
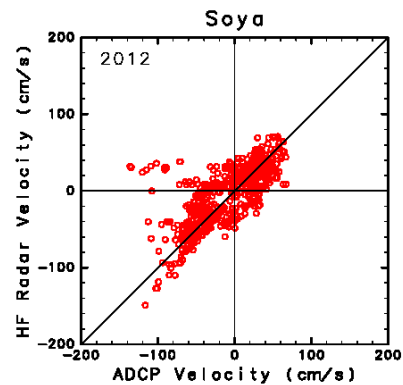
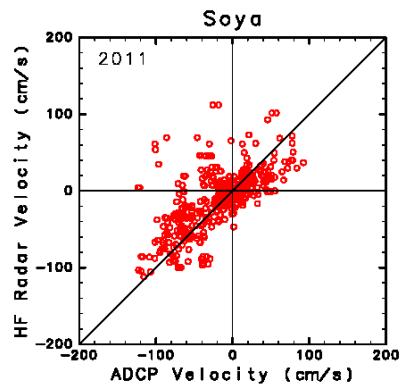
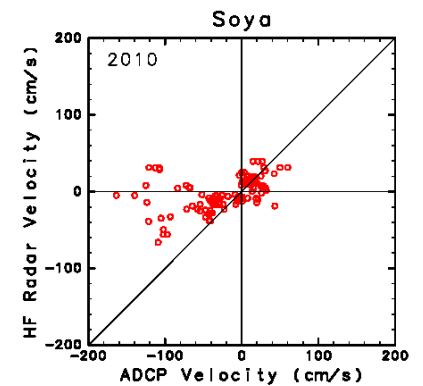
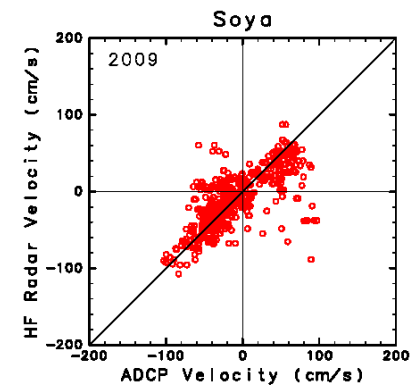
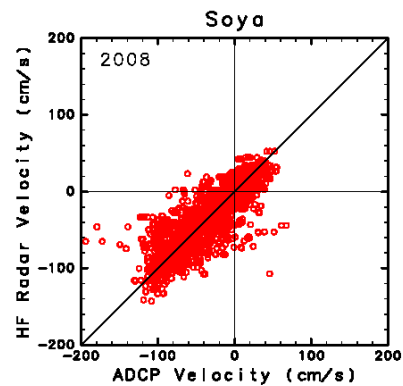
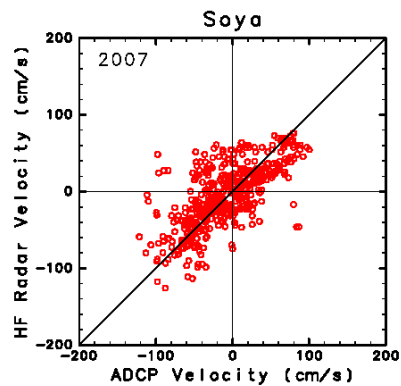
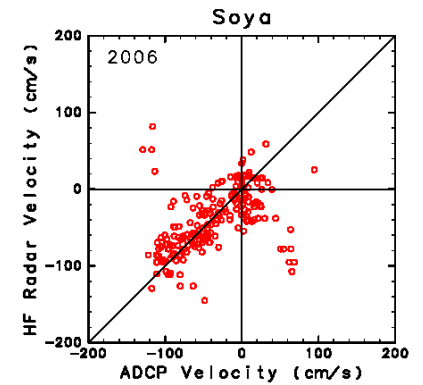
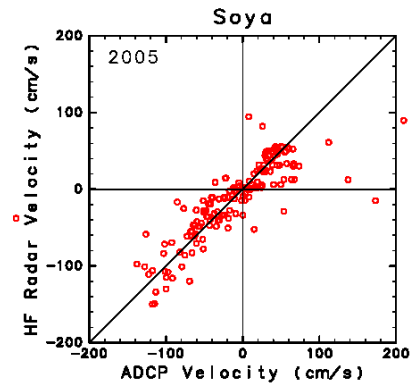
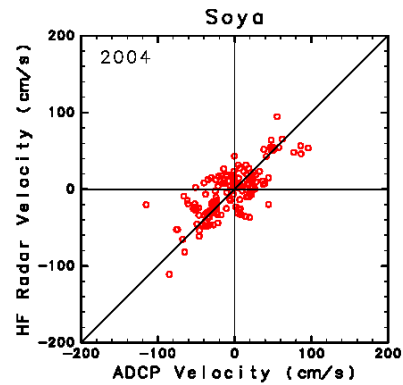
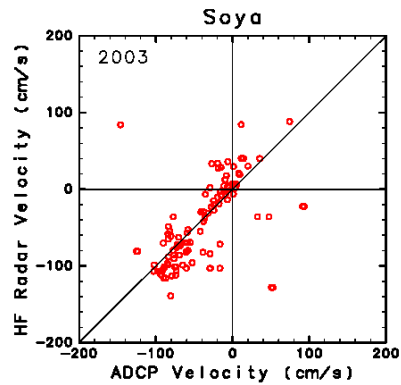


Number of data 1949
Bias 0.0 cm/s
Rms difference 27.6 cm/s

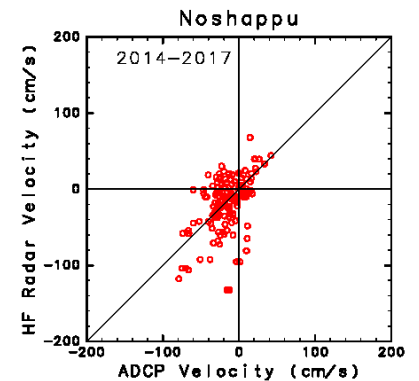
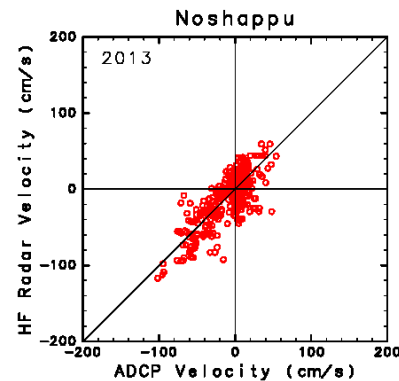
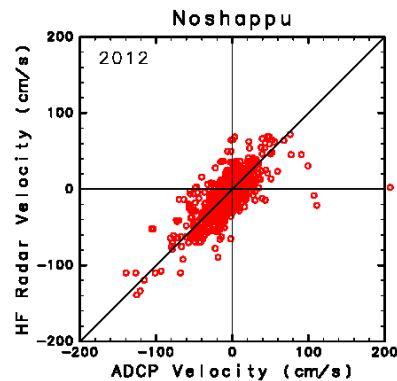
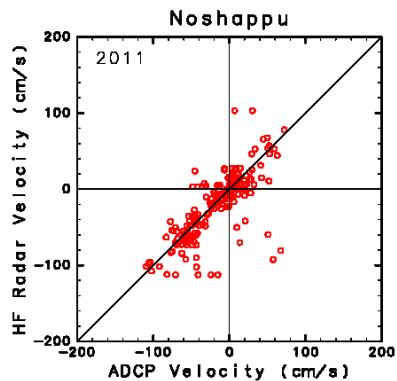
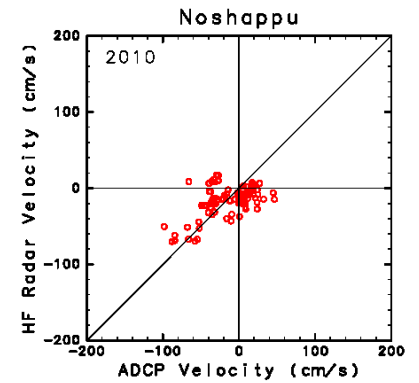
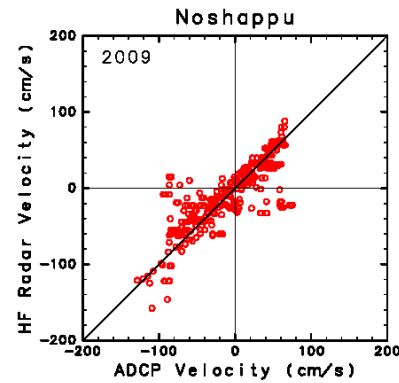
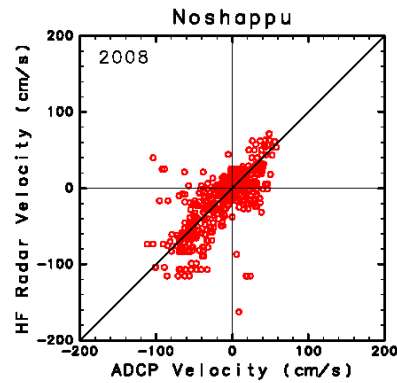
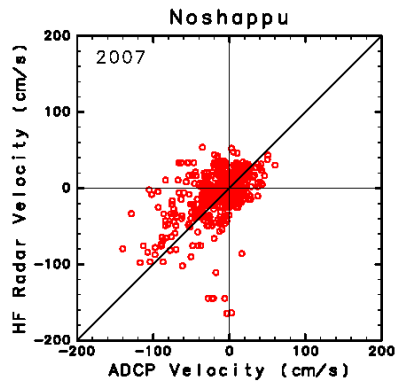
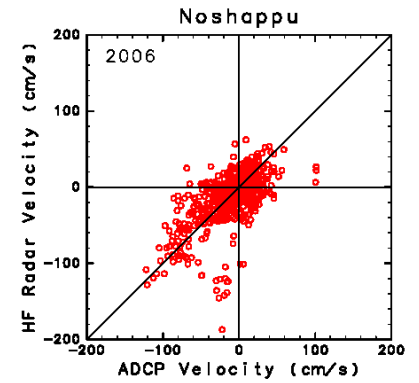
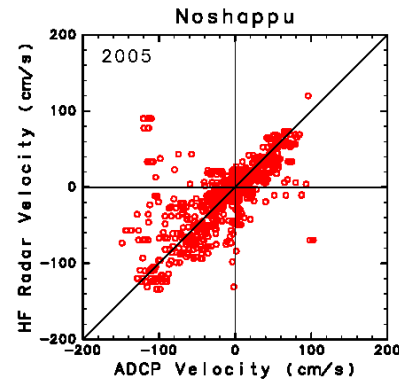
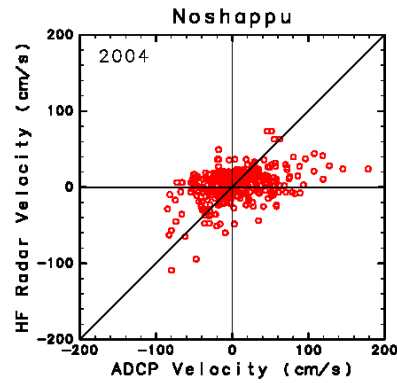
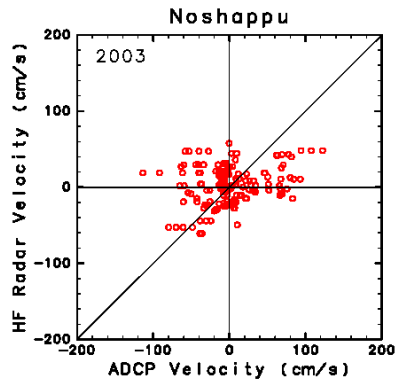
巡視船ADCPとの比較(猿払局)



巡視船ADCPとの比較(宗谷岬局)



巡視船ADCPとの比較(ノシャップ岬局)

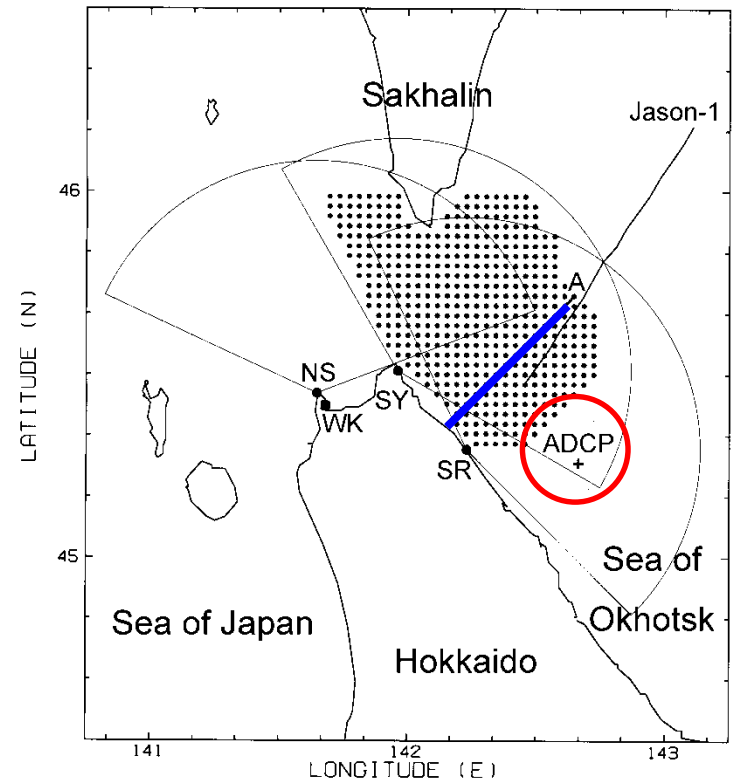


Observation of Vertical Structure of the SWC using TRBM-ADCP

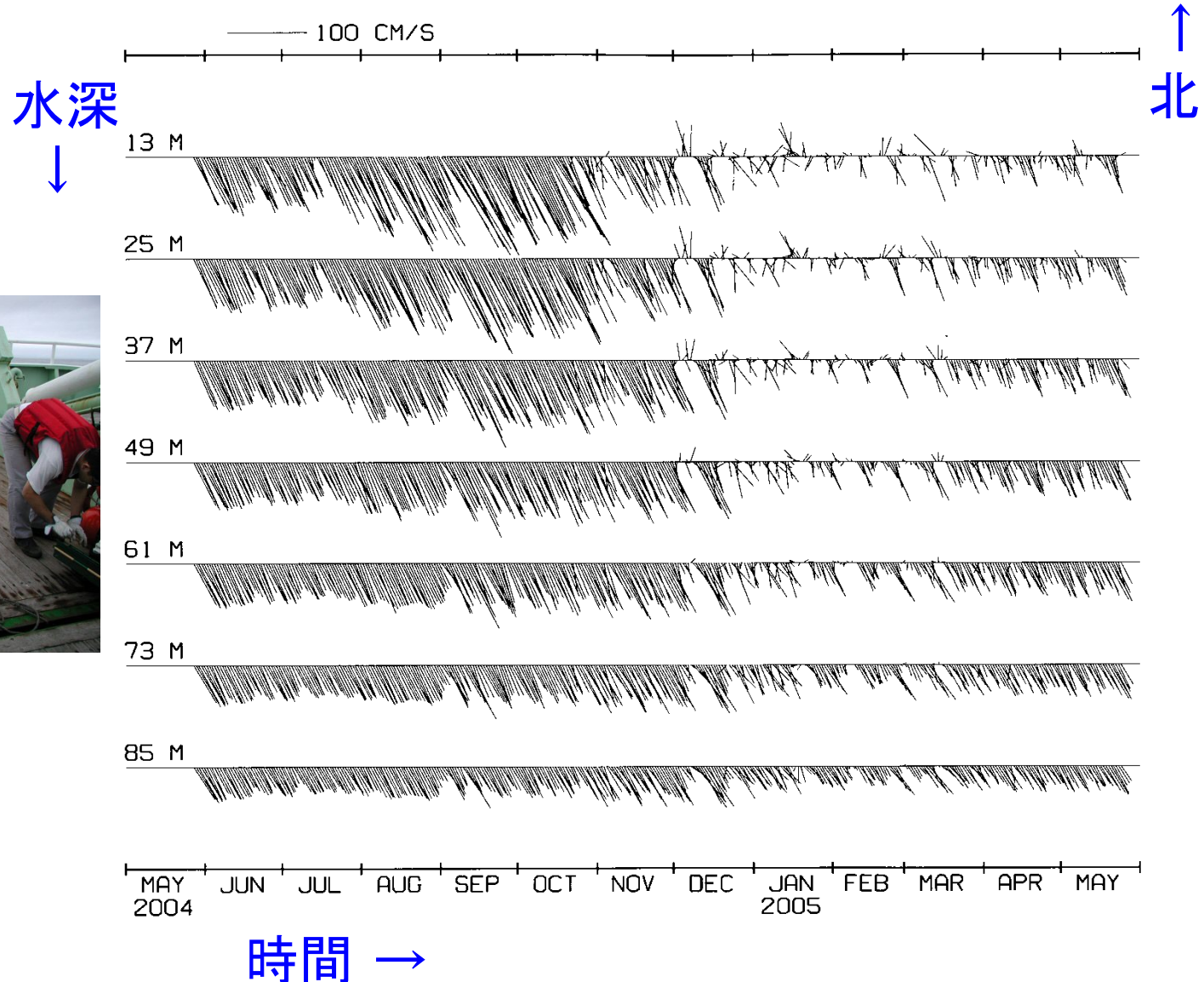


Depth bin size = 4 m
Hourly-average observation

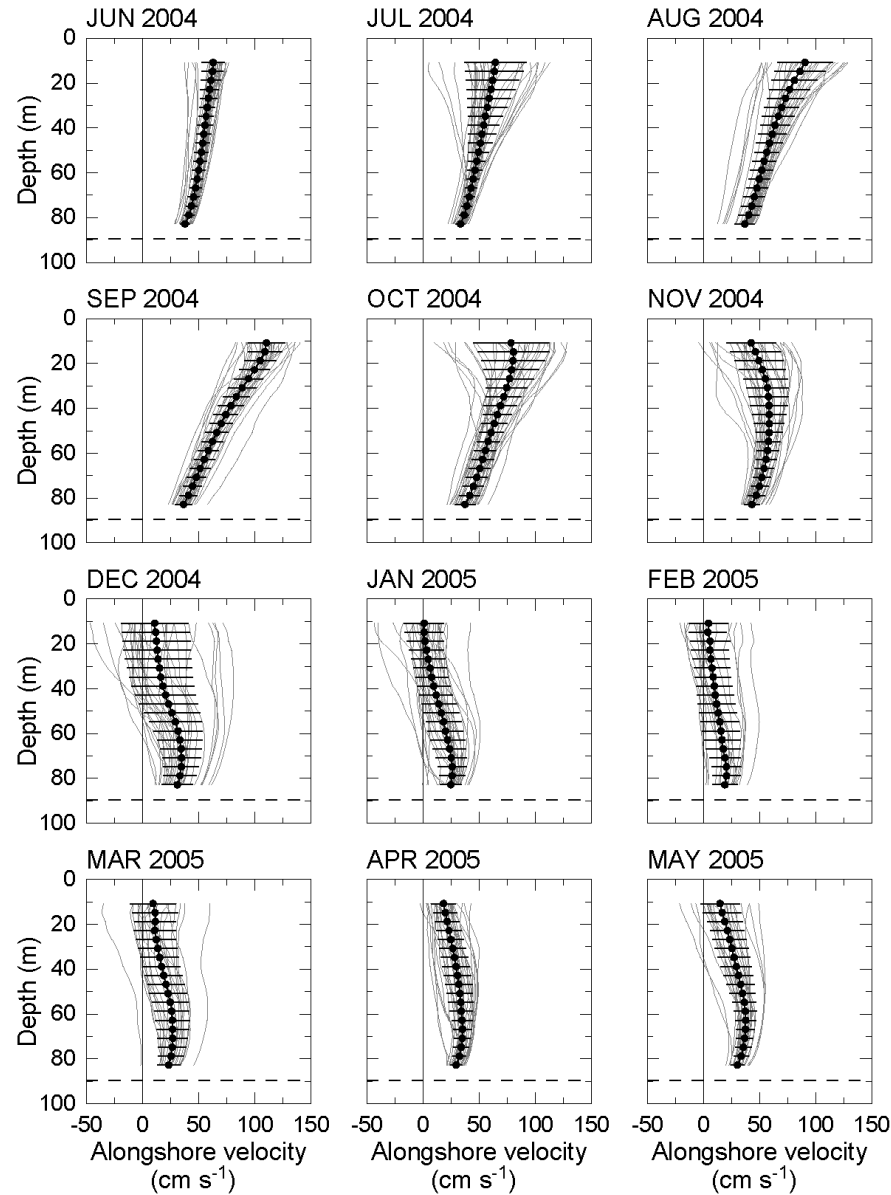
29 km offshore
Water depths 91 m
May 2004 – May 2005



海底設置型ADCPによって観測された 宗谷暖流の鉛直流速プロファイル

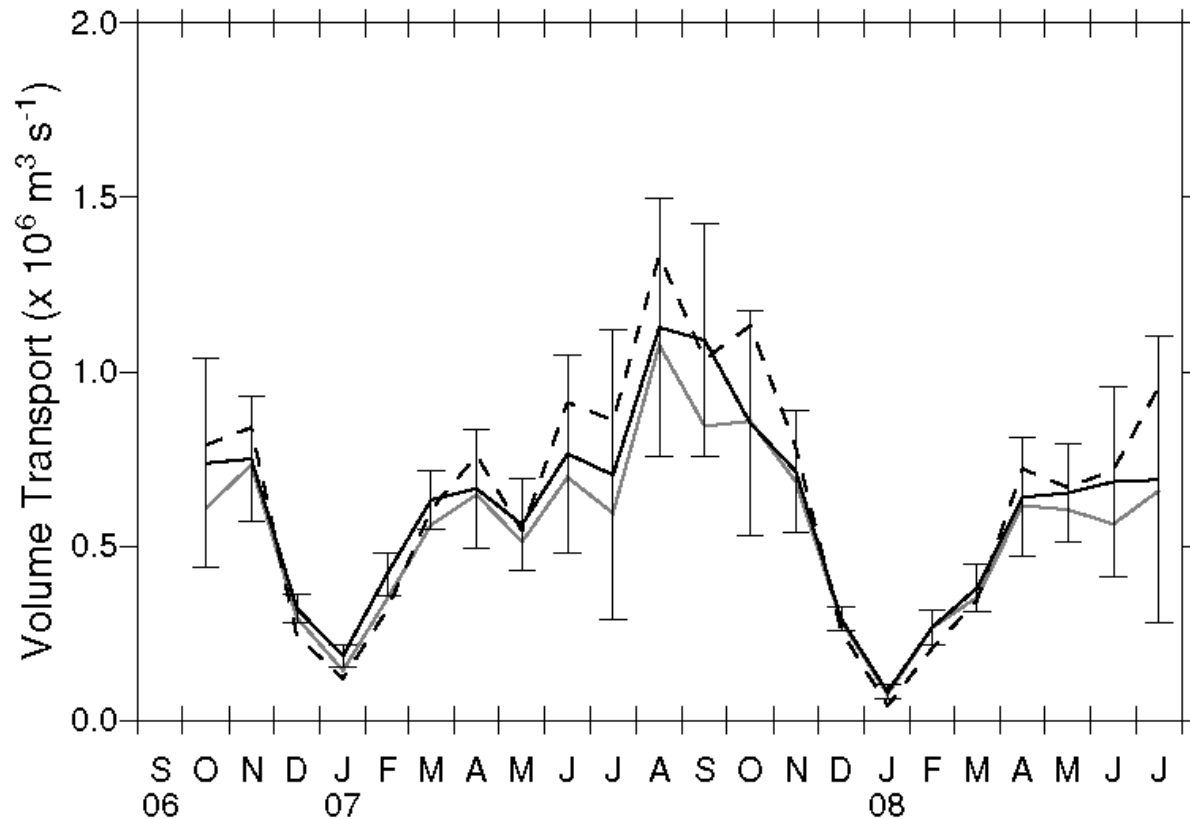


月平均流速プロファイル



(Fukamachi et al., 2005)

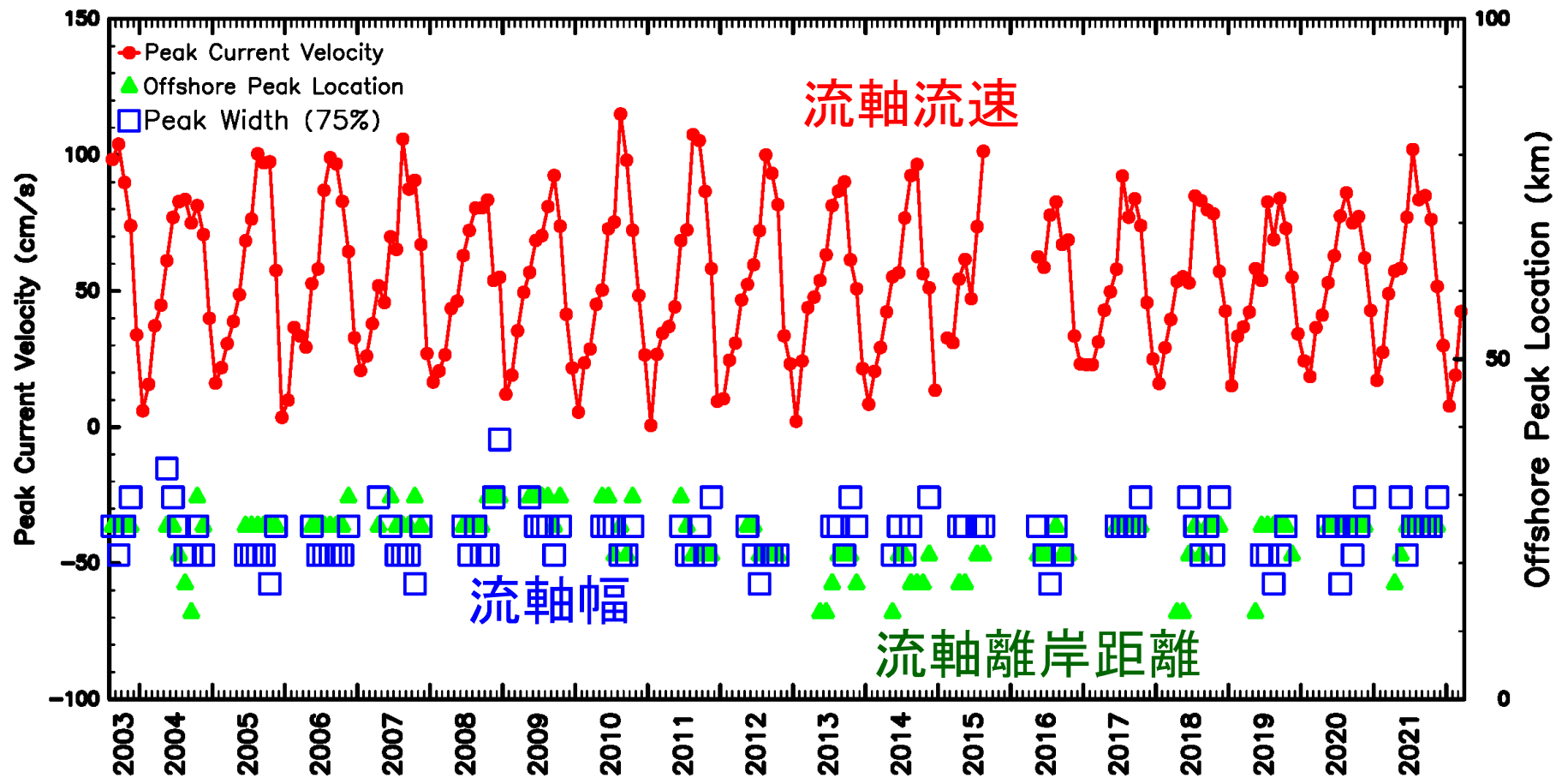
海洋レーダとADCPデータを使った宗谷暖流の 流量の見積もり



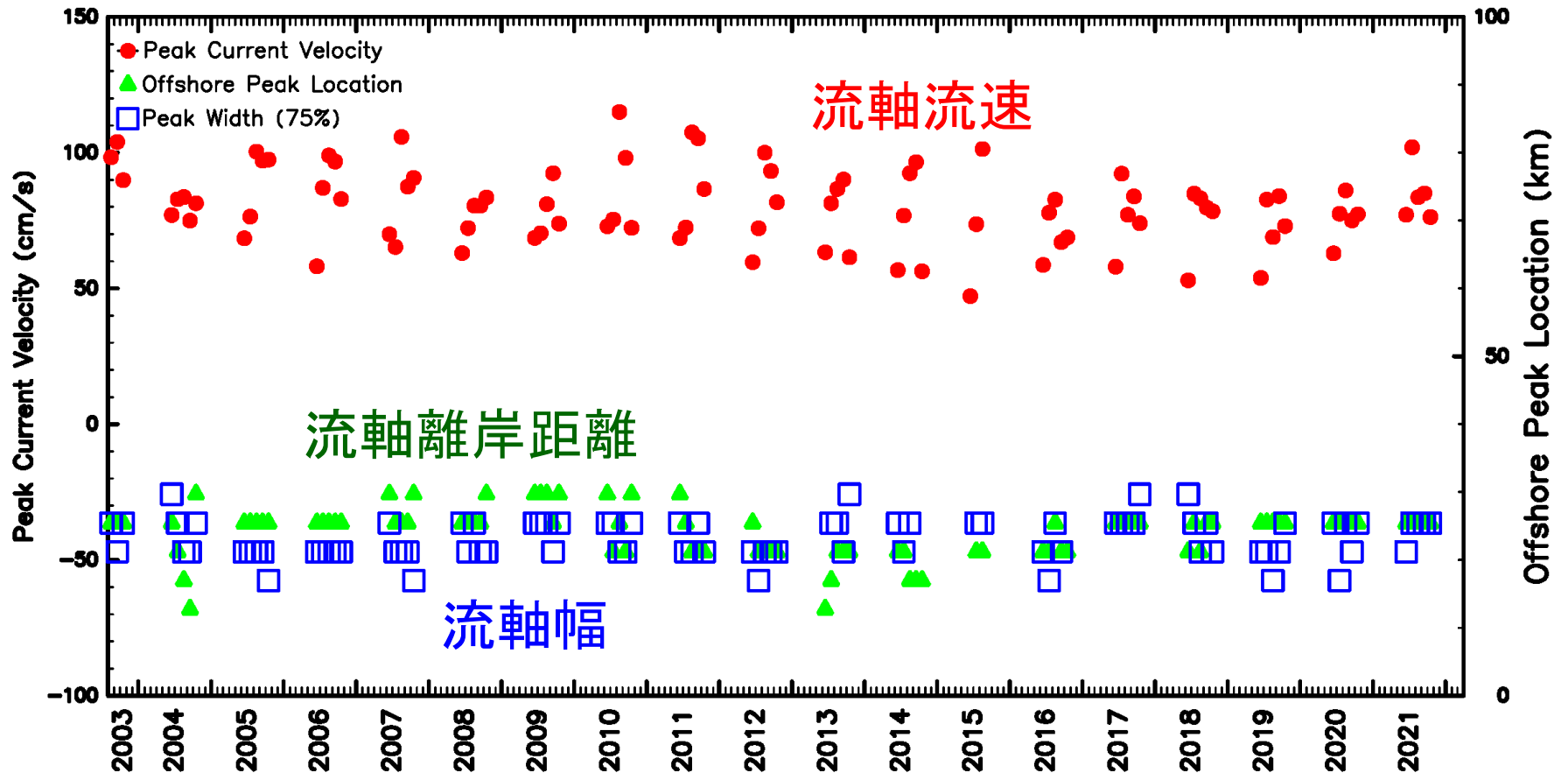
- 吹送流成分は除去.
- 年平均流量 = 0.65 ± 0.20 Sv
- 最大流量 = 1.08 Sv (Aug. 2007)
- 最小流量 = 0.08 Sv (Jan 2008)

(Fukamachi et al., 2010)

流軸流速, 流軸位置, 流軸幅の時系列

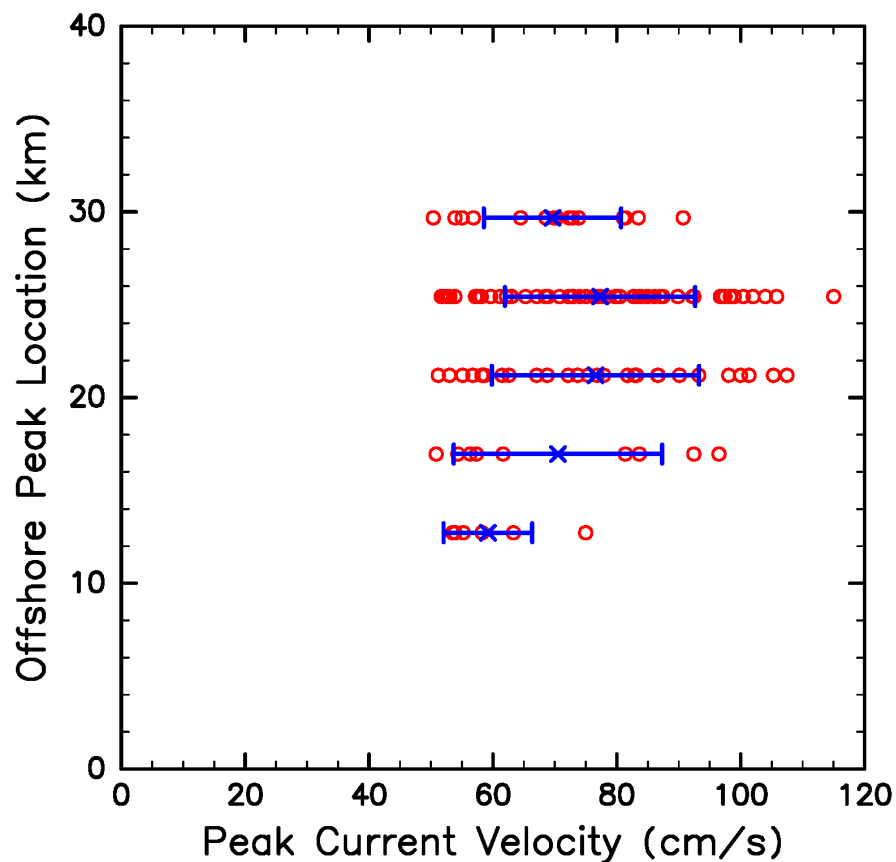


流軸流速, 流軸位置, 流軸幅の時系列 (6-10月のみ)

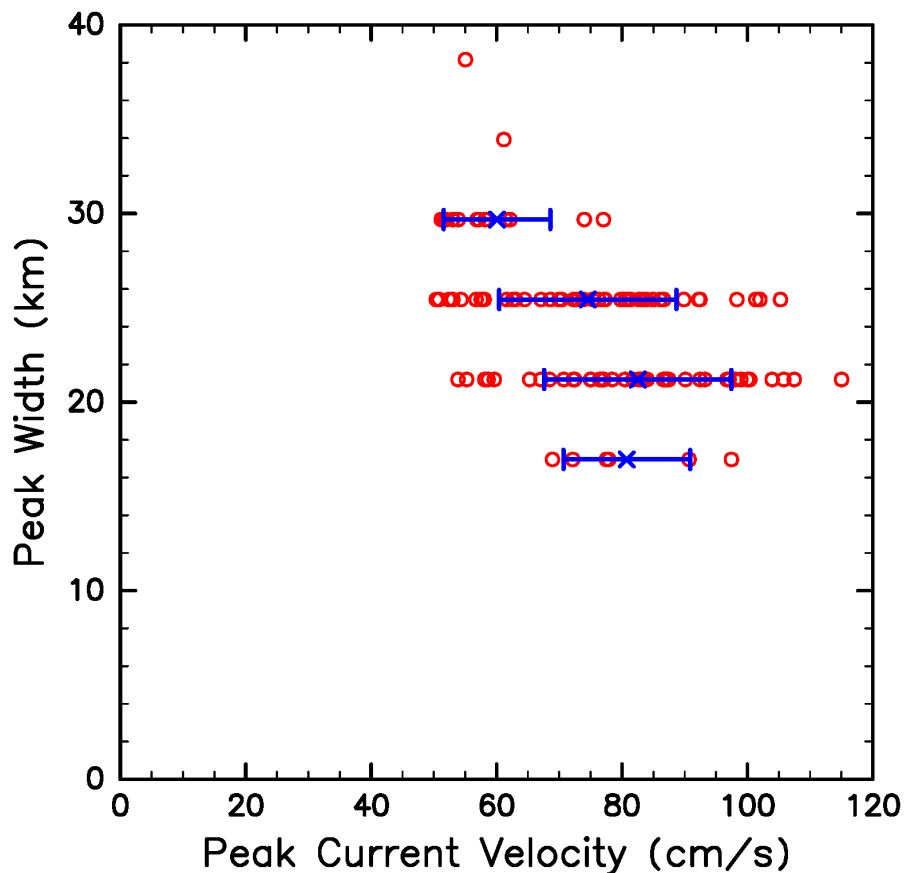


流軸流速と流軸位置, 流軸幅の関係

流軸位置と流軸流速

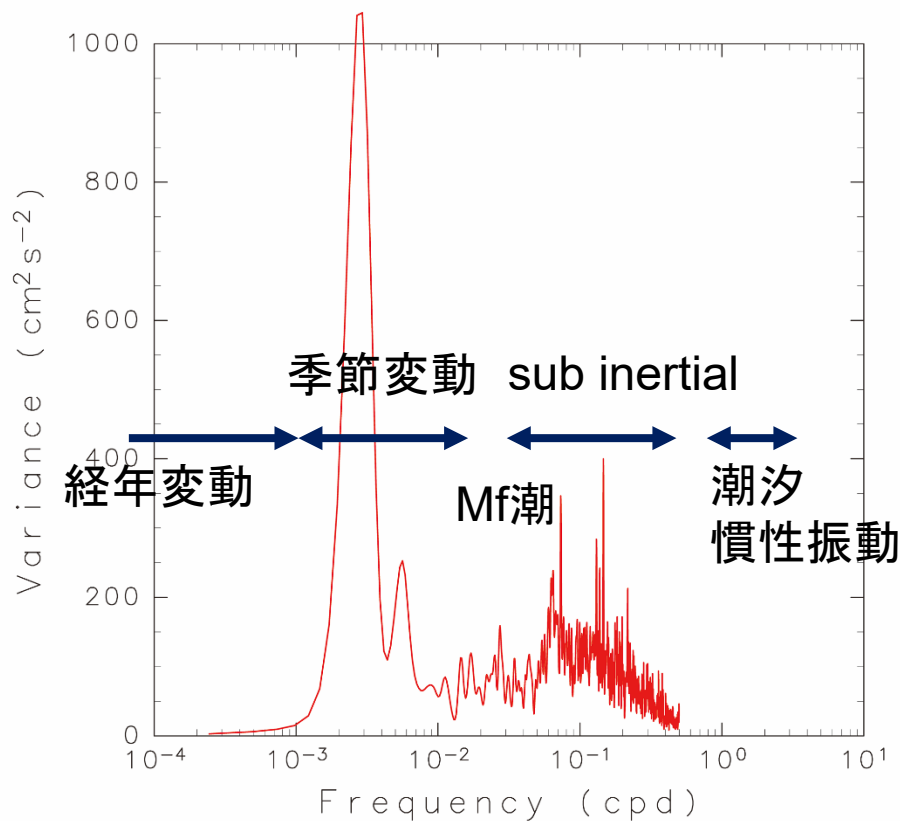


流軸幅と流軸流速

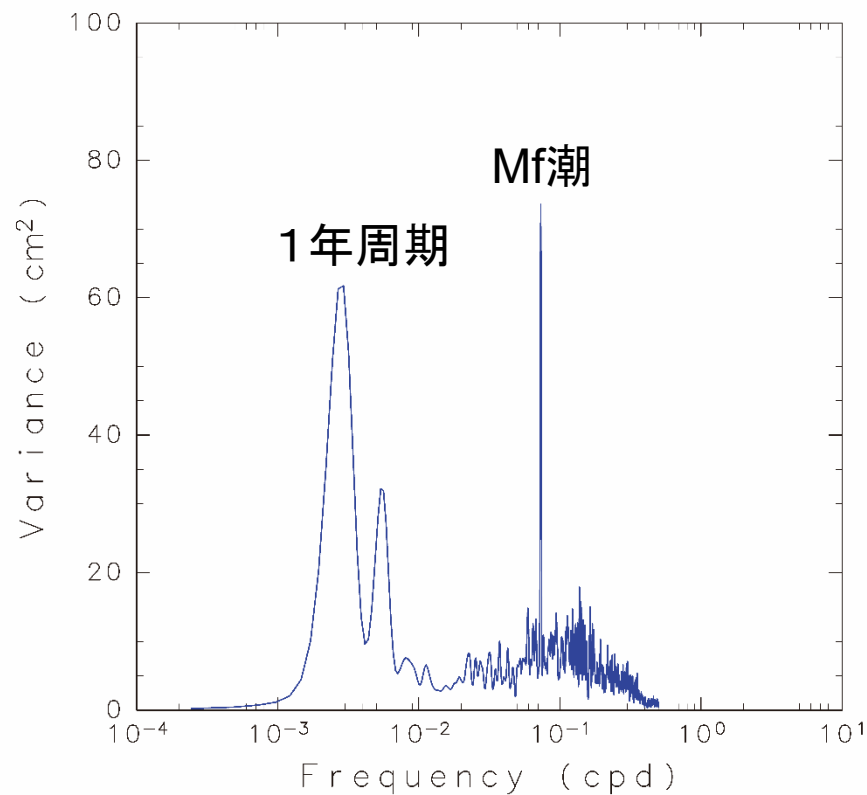


宗谷暖流の流速と稚内一網走水位差の 周波数スペクトル

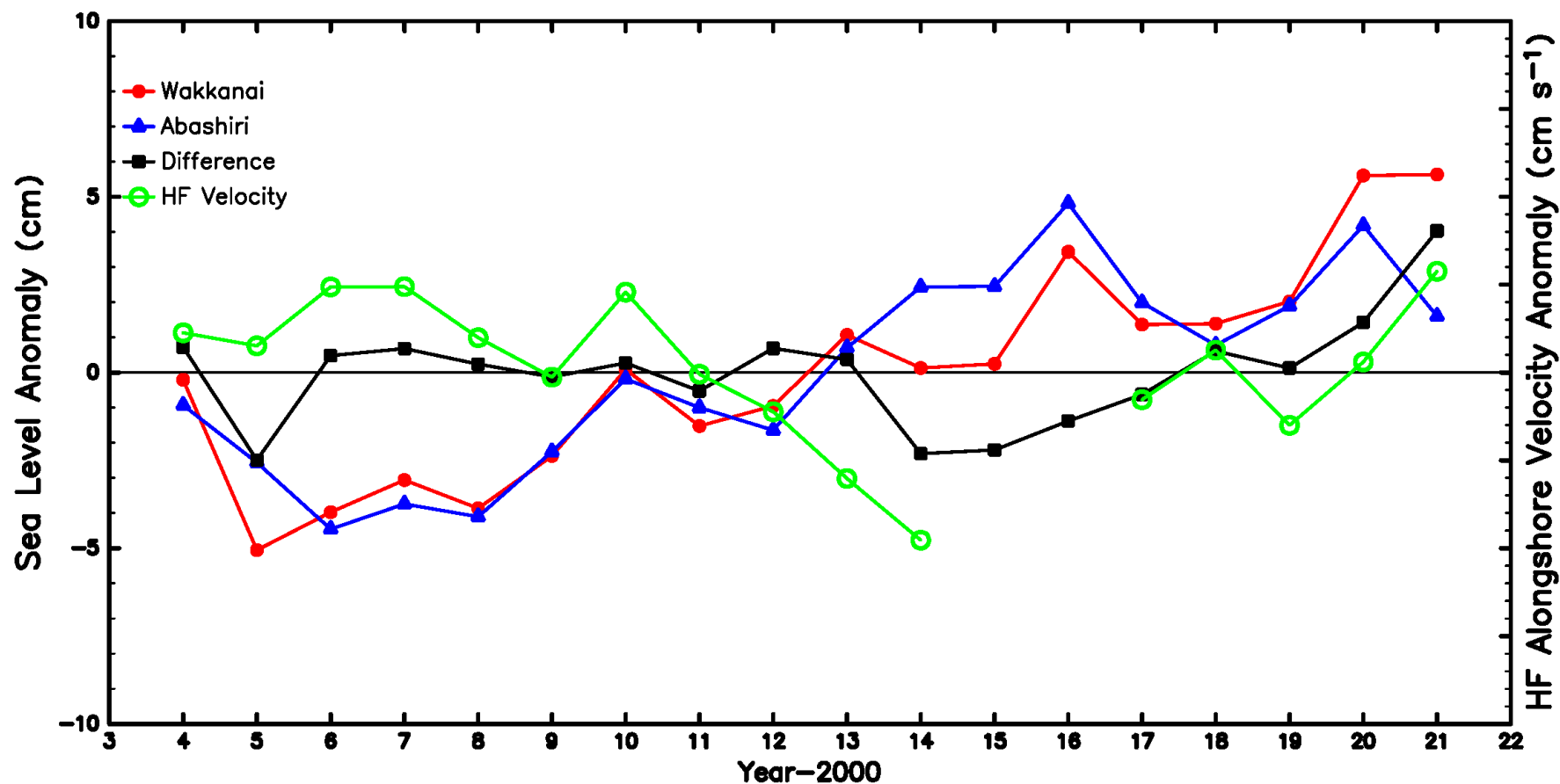
流速変動(南東成分)



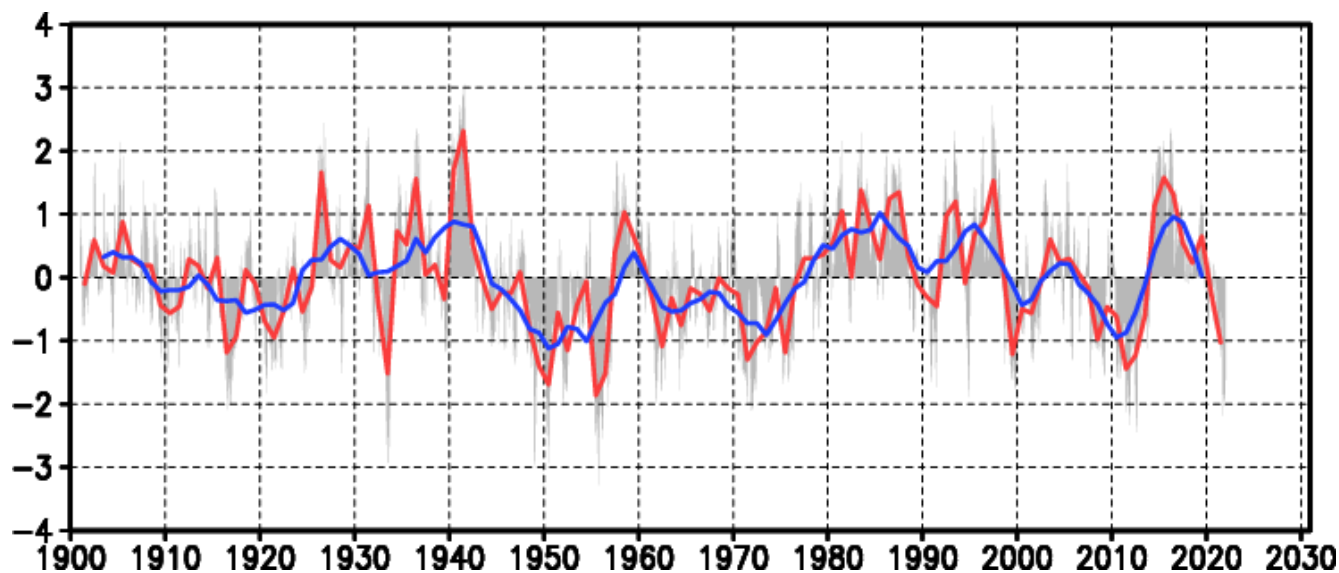
稚内一網走水位差



南東流速, 水位, 水位差の偏差の年平均



PDO index (JMA)



黒点相対数 NAOJ

