



電動ウィンチ搭載型UAVによる 沿岸水質計測手法の開発

岡田 輝久・坂井 伸一・新井田 靖郎

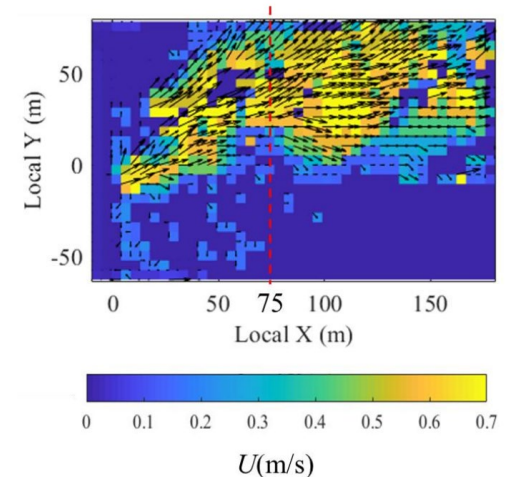
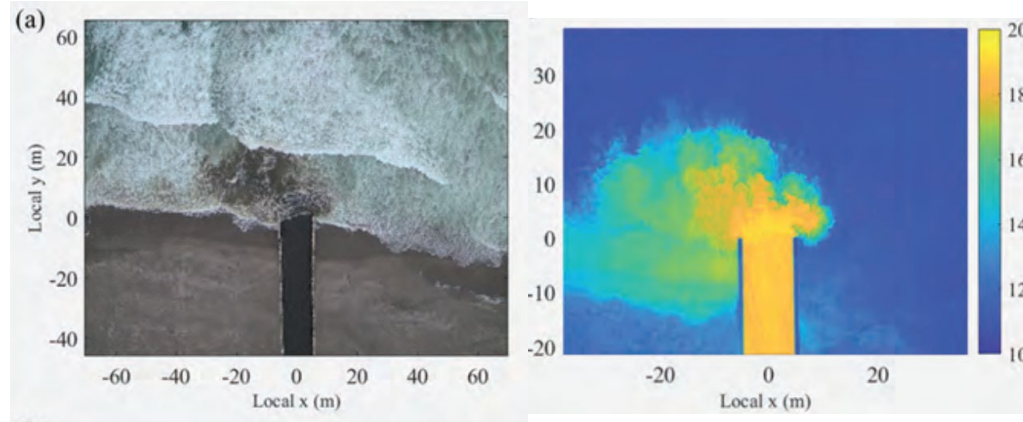
(一財) 電力中央研究所

2023/06/28 海洋開発シンポジウム

@網走オホーツク文化交流センター

背景・目的

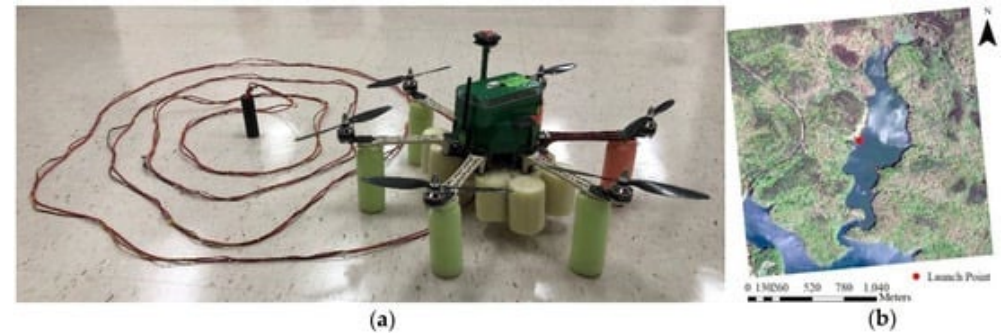
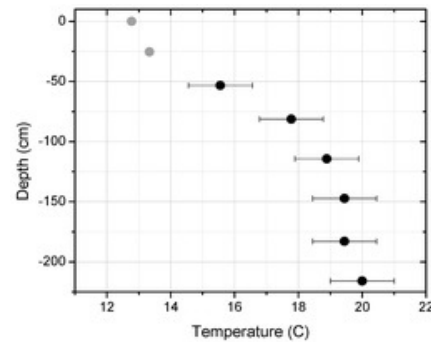
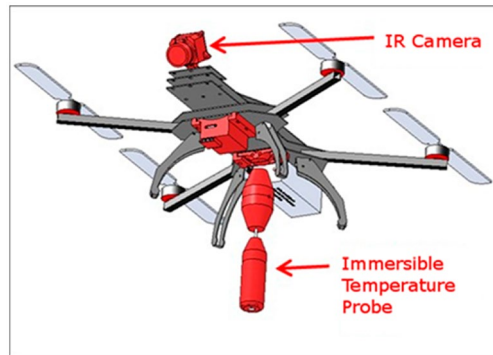
- 臨海発電所の高効率化・設備更新（リプレース）時の環境影響評価（再調査）および事後モニタリングが必要となっている
- 無人航空機UAV（Unmanned Aerial Vehicle）を用いて海域環境調査の効率化が進められつつある



例：サーモグラフィを搭載したUAVによる海面流速・水温分布計測（新井田ら2018他）

背景・目的

- UAVによる水面下の直接計測の試みもいくつか報告されているものの、汎用性にまだ課題がある



例：固定長ケーブルで取り付けられた水温計による計測（DeMario et al., 2017; Koparan et al., 2020）

- 本研究では、汎用的な水質計を電動ウィンチで操作できるUAVを開発し、手法の有用性と課題について考察する

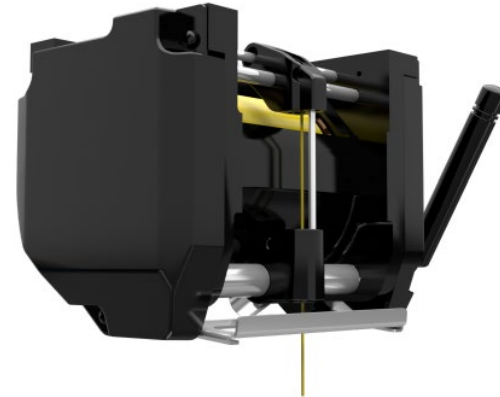
電動ウィンチ搭載型UAV

マルチコプター型UAVの下部に取り付けた電動ウィンチにより水質計（水温塩分計など）を垂下することで、沿岸海域環境の3次元計測が可能



DJI社製 Wind-04

- 羽を広げると1.7 m超
- ペイロード10 kg



画像：岡谷鋼機株式会社HP (www.ele.okaya.co.jp)

岡谷鋼機製 汎用小型電動ウィンチ

- UAV用に開発
- リモート操作可能

※水質計は交換可能



画像：JFE アドバンテック株式会社HP (www.jfe-advantech.co.jp)

JFE Advantec社製 Infinity CT 水温塩分計



画像：クリマテック株式会社HP (www.weather.jp)

Onset社製 HOBO U20 水位計

【参考】電中研YouTubeチャンネルにて映像公開中



<https://www.youtube.com/watch?v=a1VeH66S3wU>

※音が出ます

計測方法



1. 自動飛行

- 測点までの飛行は事前に作成したプランに沿った自動飛行 (DJI Pilot)
- 測点到着後, 自動飛行を停止 (高度10~15 m程度)



2. 水質計の垂下

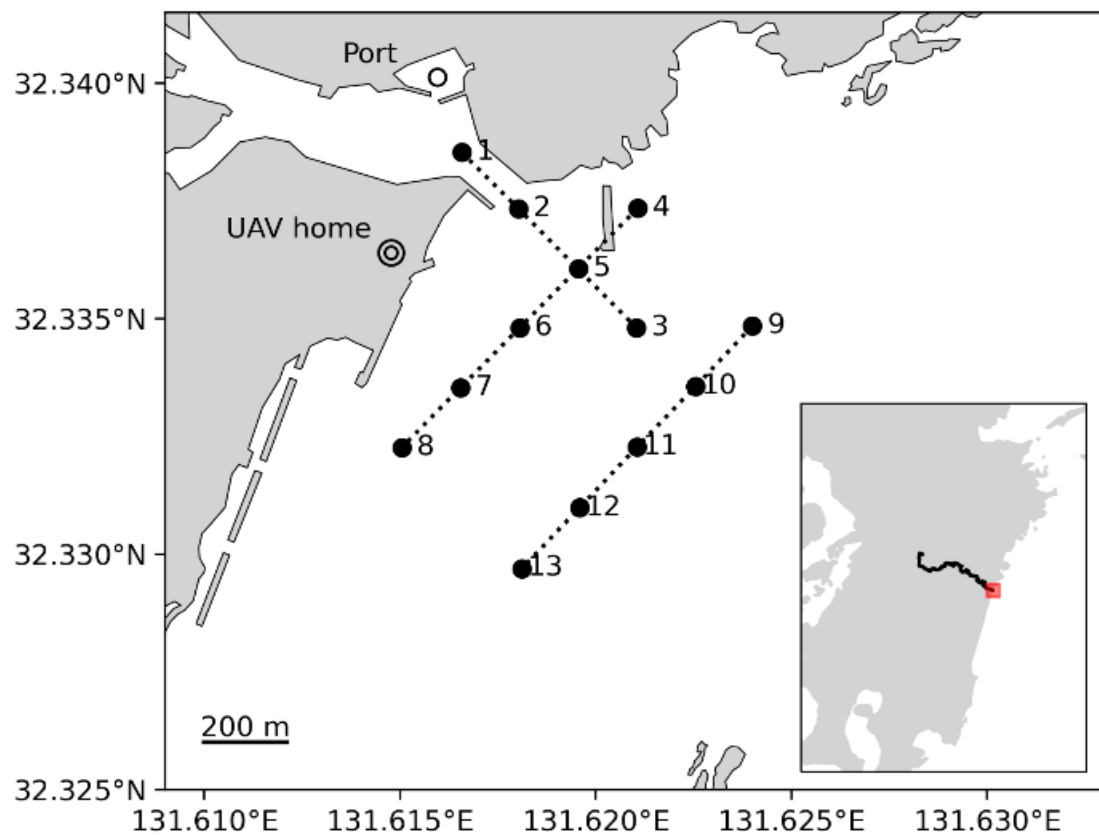
- マニュアル操作で水質計を垂下, 着水直後に電動ウィンチを停止
- 約10秒経過後にゆっくりと垂下する (0.3 m/s目安)



3. 水質計の回収

- 目標水深で停止させ, 本体まで最大速度で引き上げる (0.7 m/s)
- 次の測点へ自動飛行を再開

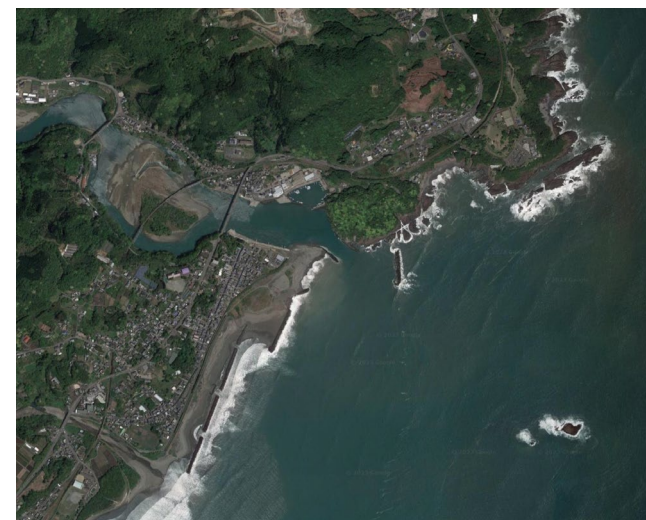
現地調査地点



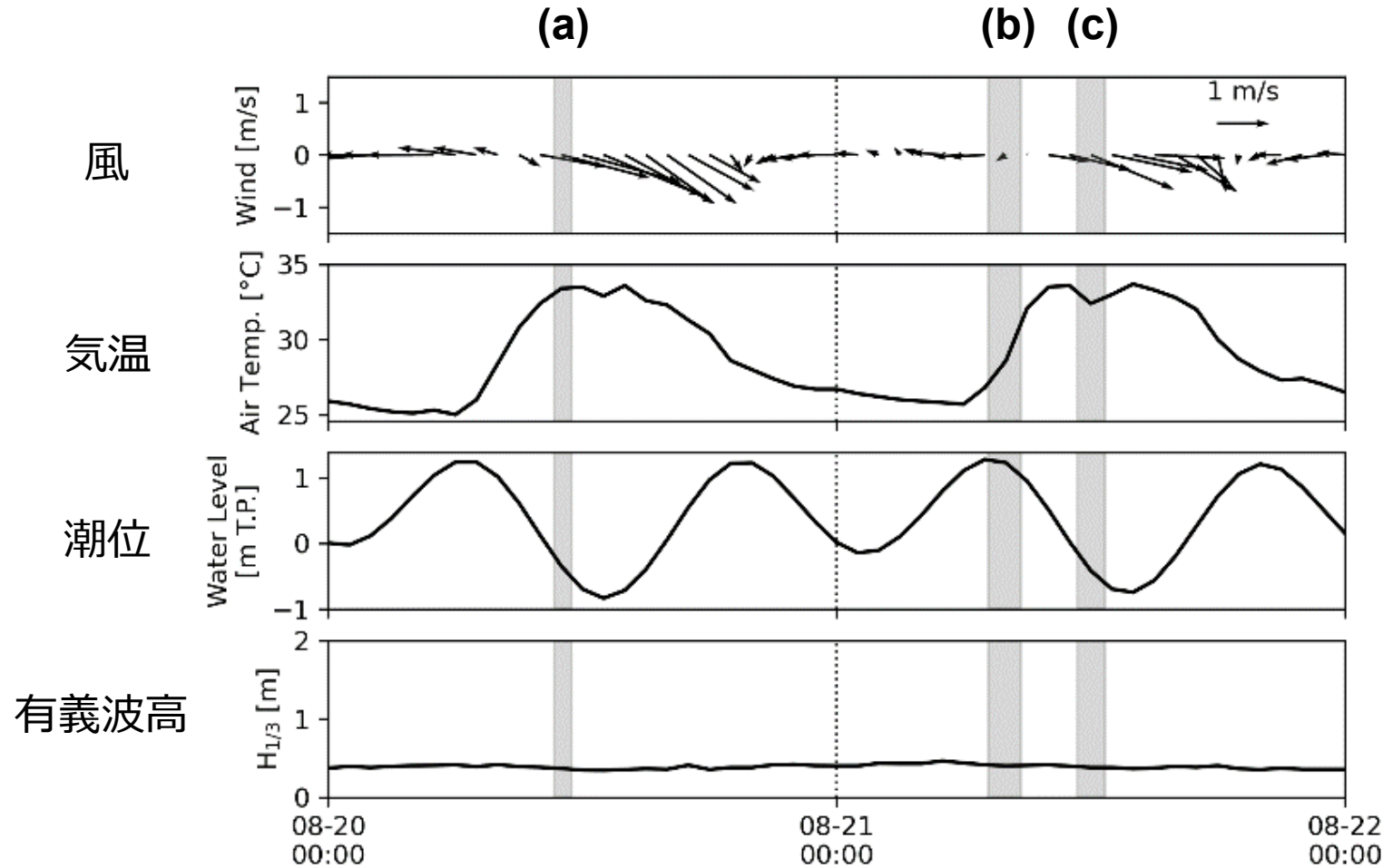
- 宮崎県耳川河口域
- 13測点、200m間隔、800m四方
- 最大離隔距離約1km
- 水深3~10m

耳川

上流に7つの水力
発電用ダムをも
つ2級河川



現地調査時の気象・海象条件



調査日：2020年8月20日、21日

- 平均風速 < 3 m/s
 - UAV飛行への影響なし
- 高気温（晴天）
 - 気温 26~34°C
 - 河川水温 < 海水温
- 有義波高 < 0.5 m
- 前週から降水なし
 - 最下流ダムの放流量 16~21m³/s（≒維持流量）

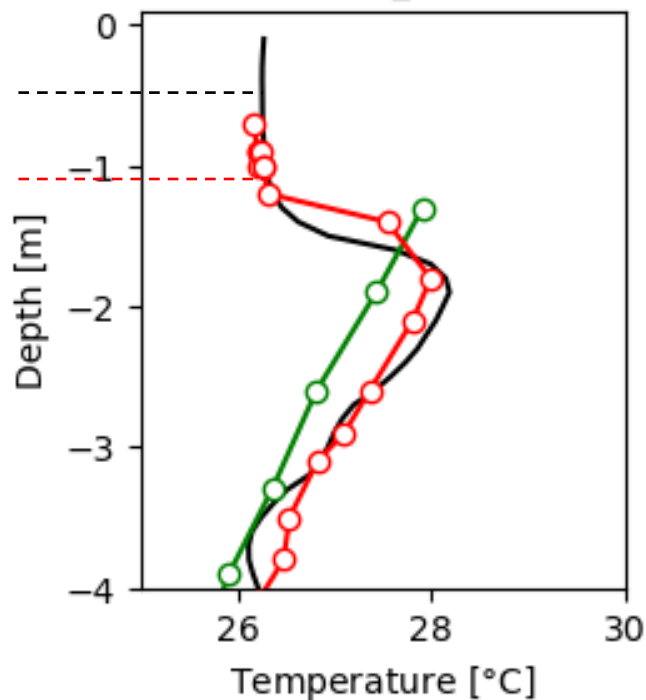
【結果】 測定結果の一例（河口部）

水温

2020-08-21_AM, Sta.1

船舶観測

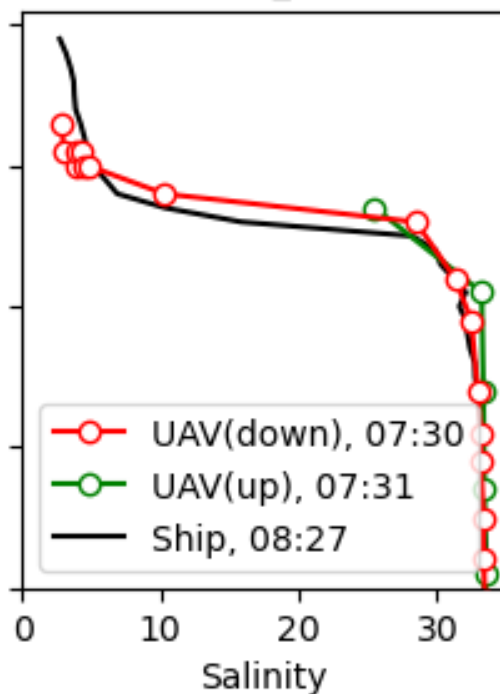
UAV観測
(下げ時)



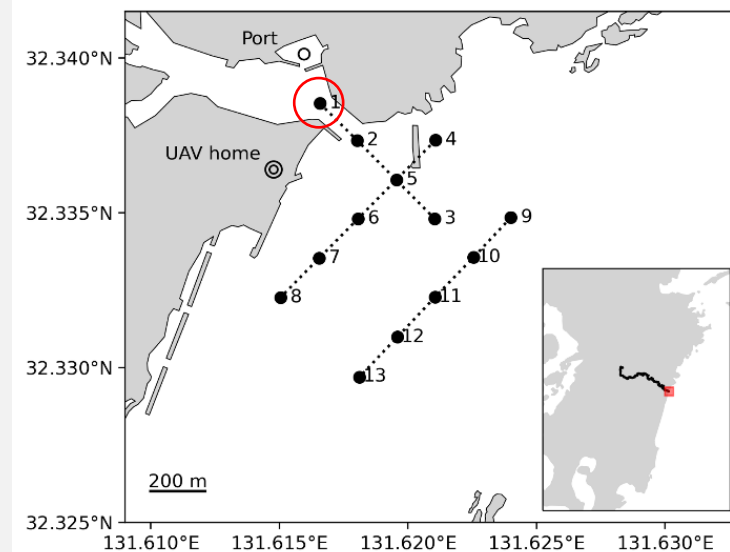
塩分

2020-08-21_AM, Sta.1

密度躍層



河口部



※ UAVデータの測定インターバル
は1秒
→ 約3個/m程度

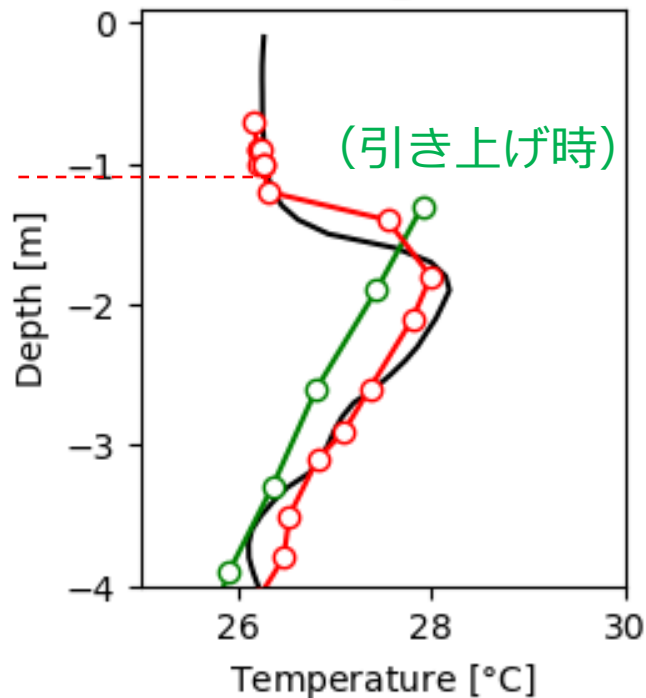
- 船舶観測データと同様に，河口表層部において強固な密度躍層が形成されている様子をとらえることができる

【結果】

測定結果の一例 (河口部)

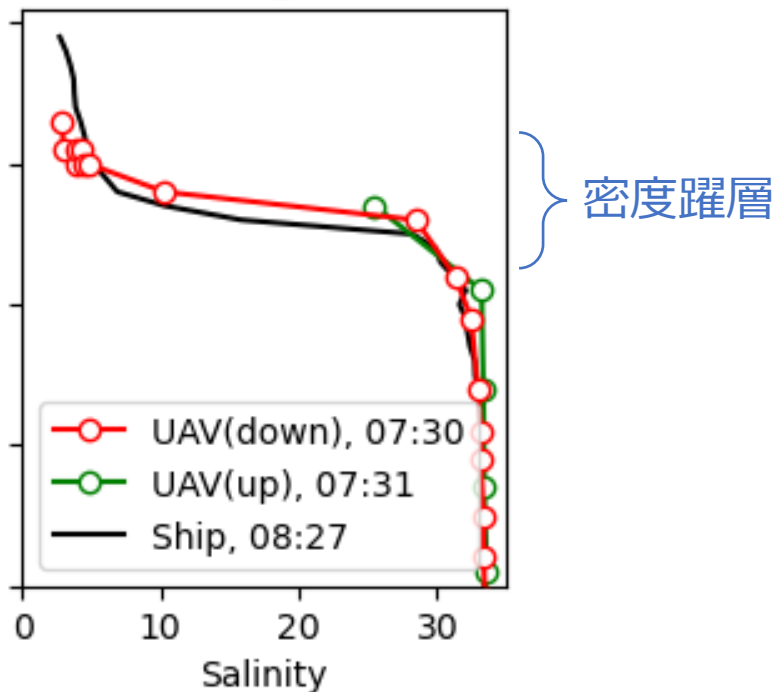
水温

2020-08-21_AM, Sta.1

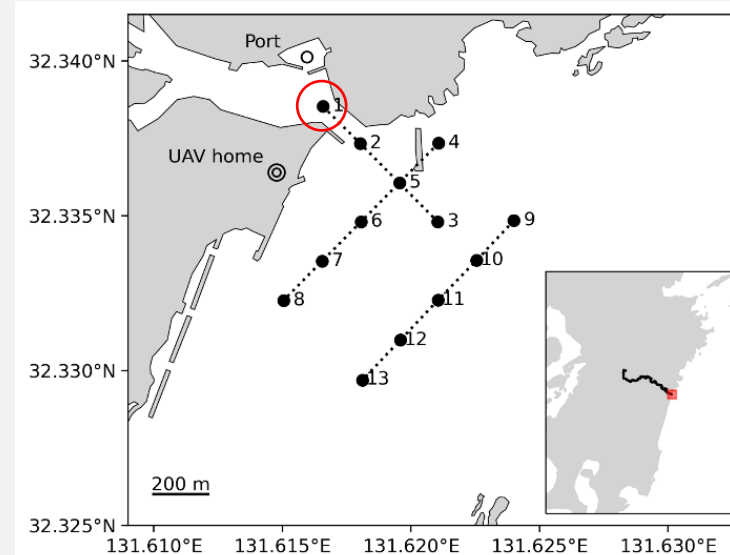


塩分

2020-08-21_AM, Sta.1



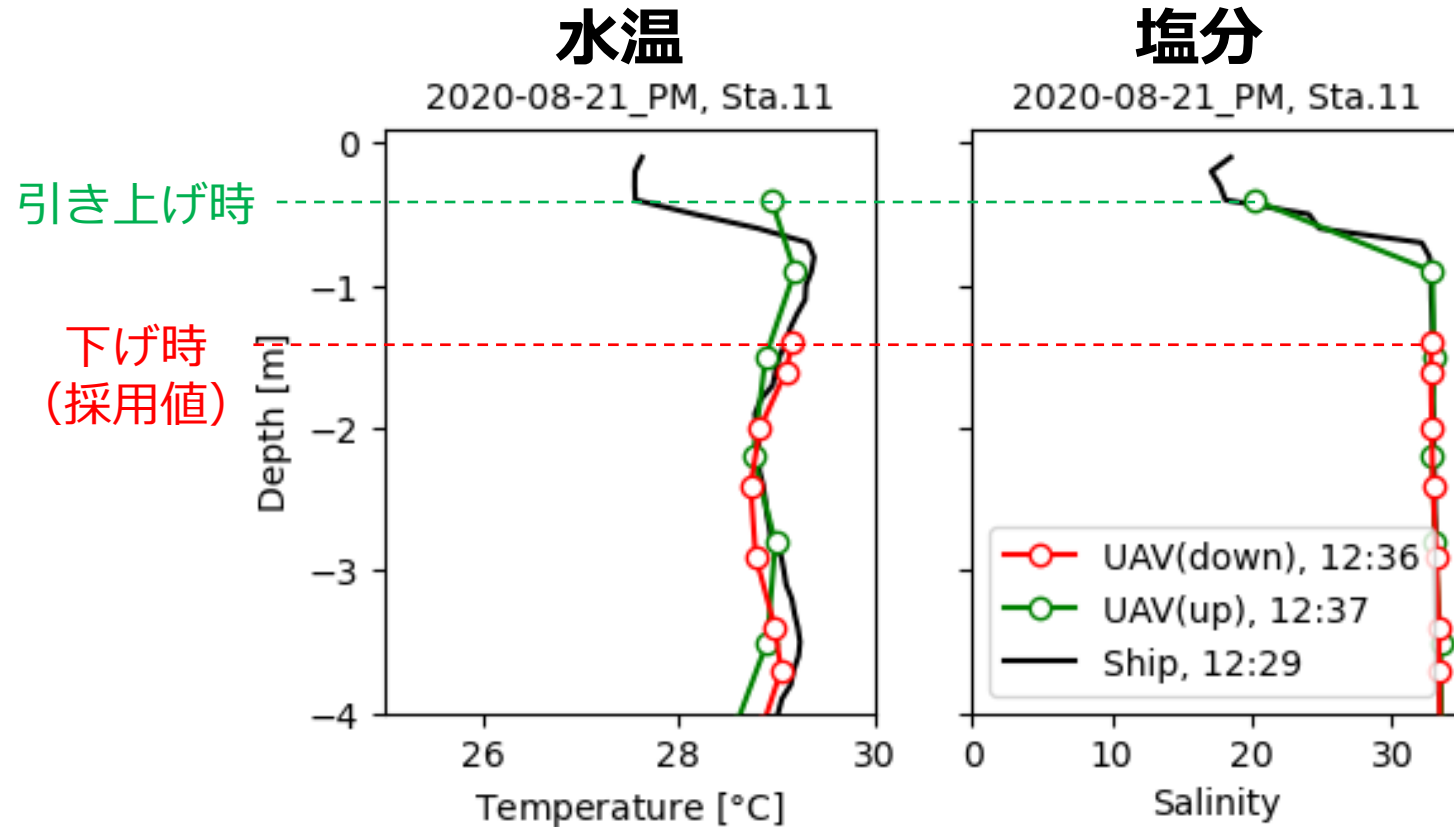
河口部



※ UAVデータの測定インターバルは1秒
→ 約3個/m程度

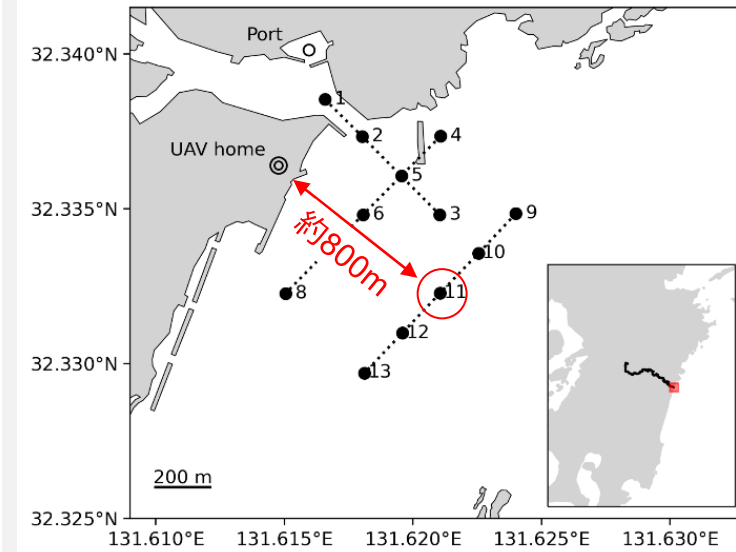
- 引き上げ時のデータが他と異なる理由は、引き上げ速度（最大巻き上げ速度0.7m/s）が測器の応答速度に対して速すぎるためと考えられる（評価対象はあくまで下げ時）

【課題】 表層データの取得

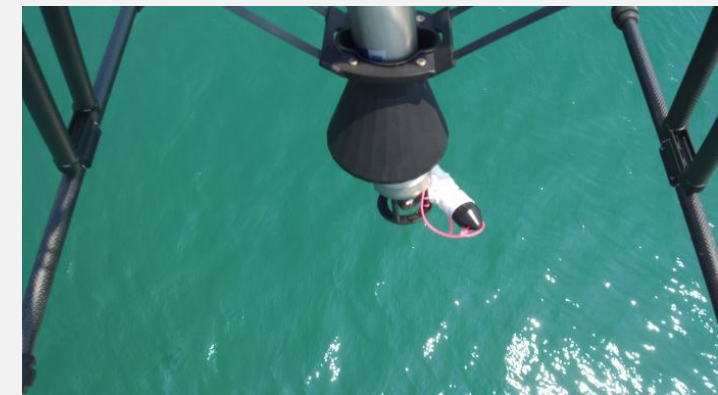


- 着水直後の降下停止操作が遅れた場合、表層データが得られない
- 引き上げ時のデータの方が表層近傍の成層構造をとらえられている場合も見られた → より詳細な検討が必要

沖側



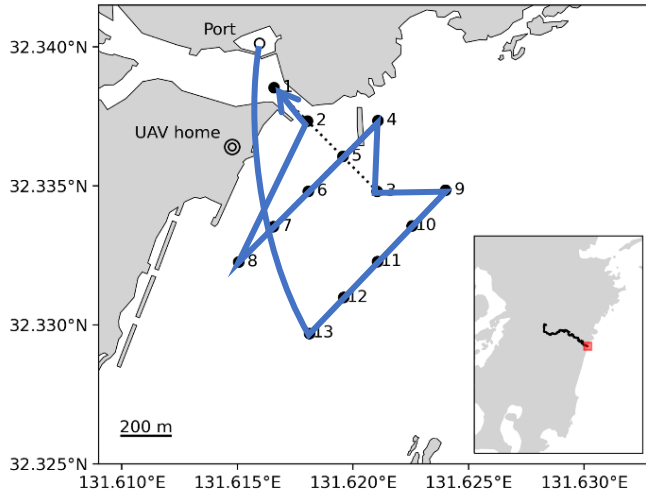
UAVリアルタイム映像



- 目視での着水確認が難しいため、カメラ映像により着水を判断

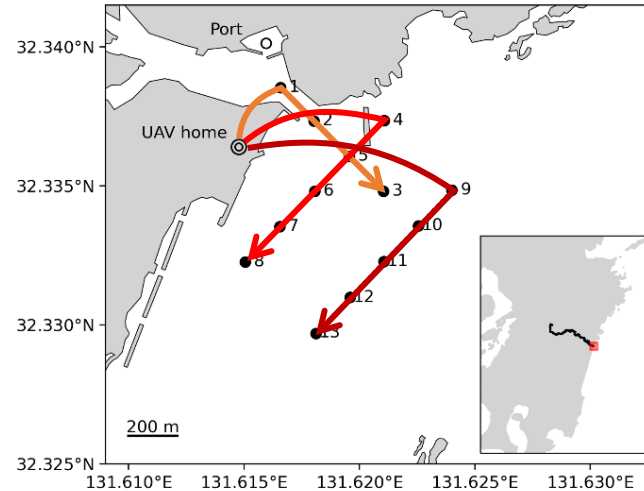
観測にかかる時間

船舶観測

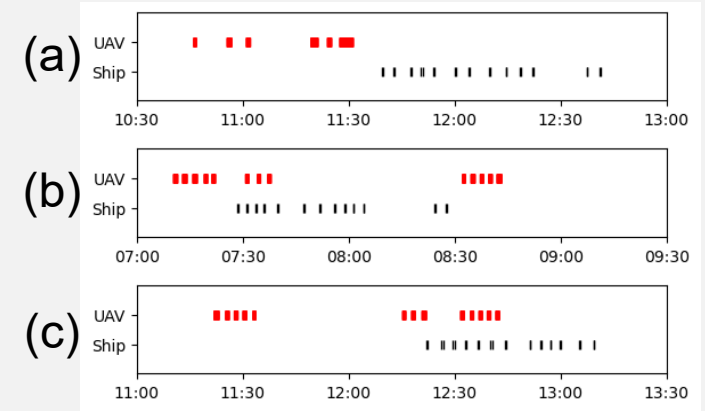


- 13測点で約1時間
- 帰港するまで**1時間半**

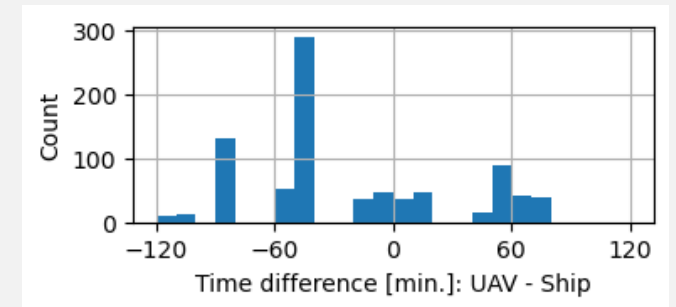
UAV観測



- 1フライトで3~5測点,
20分以内
- 3フライトで
計1時間~1時間半



観測時間の違い
(赤：UAV, 黒：船舶)

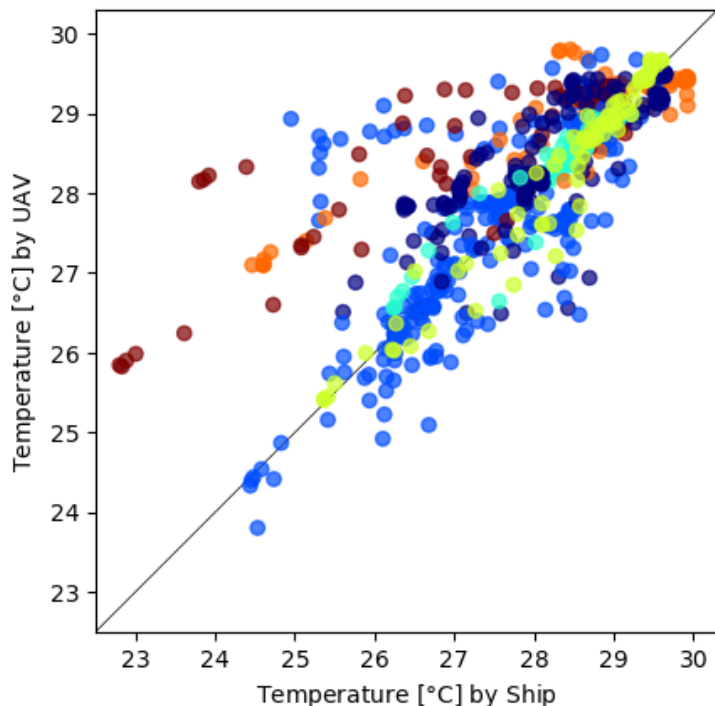


各データの観測時間差
(UAV-船舶)

測定の精度

水温

2020-08-20 & 21, N=845

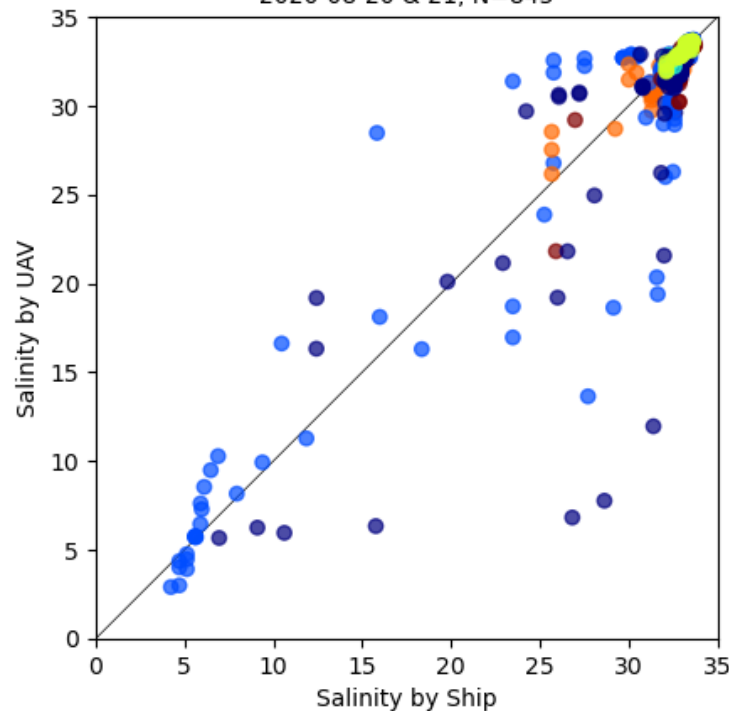


船舶観測

RMSE=0.22°C
Bias=-0.01°C

塩分

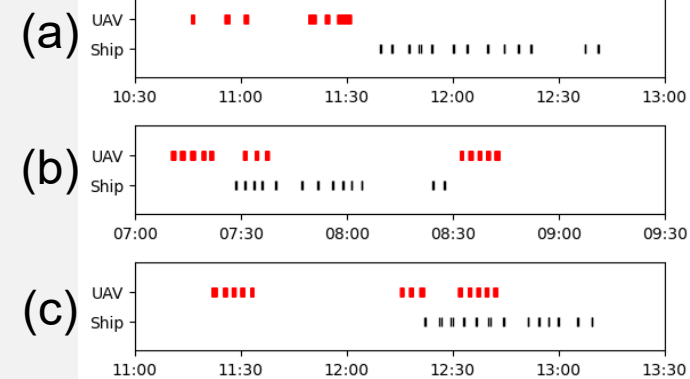
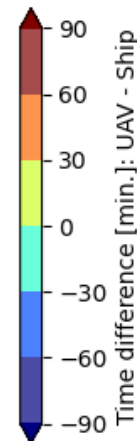
2020-08-20 & 21, N=845



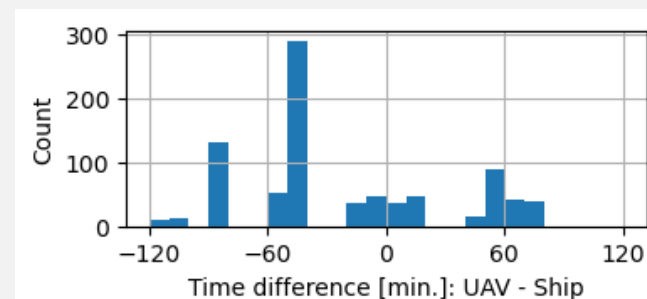
船舶観測

RMSE=0.16
Bias=-0.03

観測時間差 (UAV-船舶)



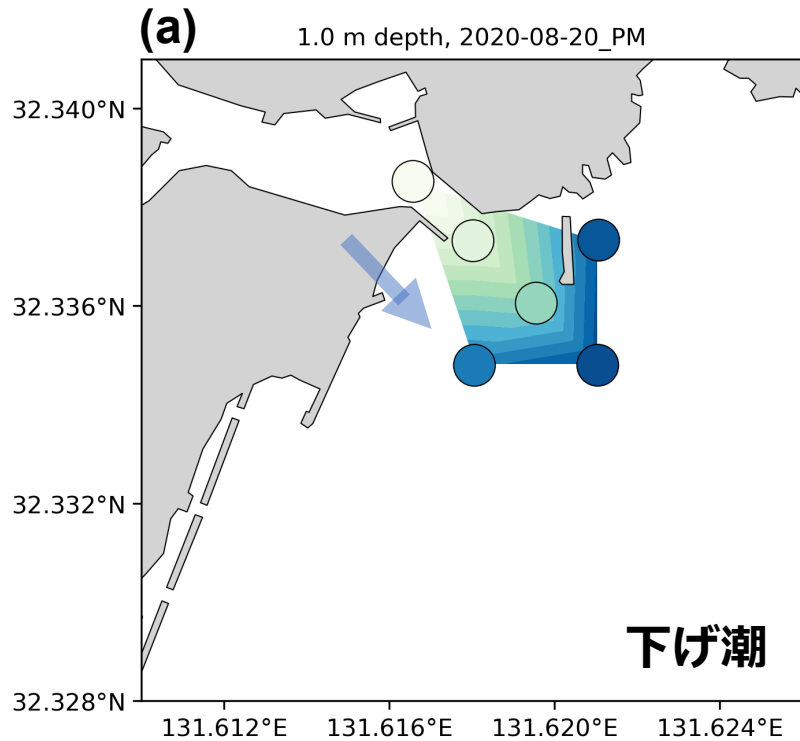
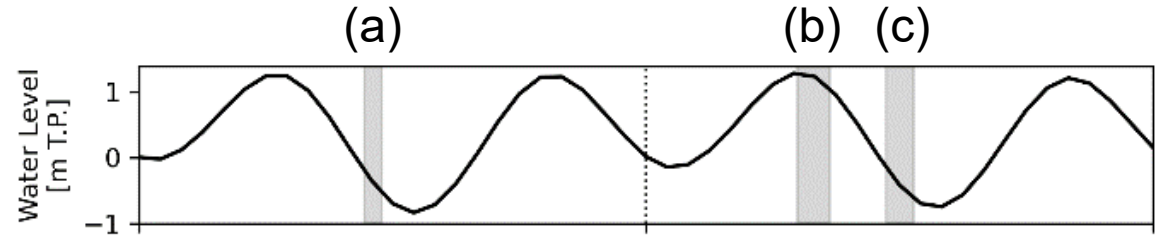
観測時間の違い
(赤: UAV, 黒: 船舶)



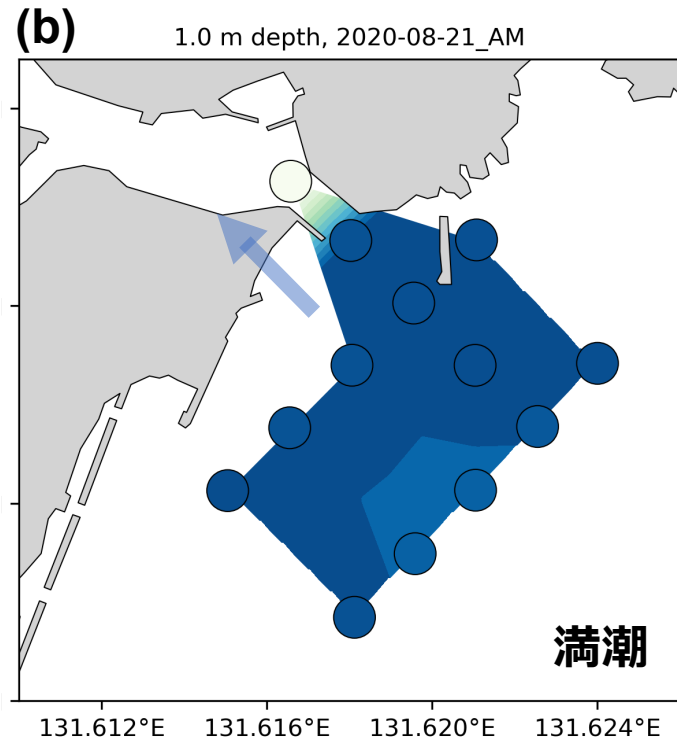
各データの観測時間差
(UAV-船舶)

観測時間差
30分以内

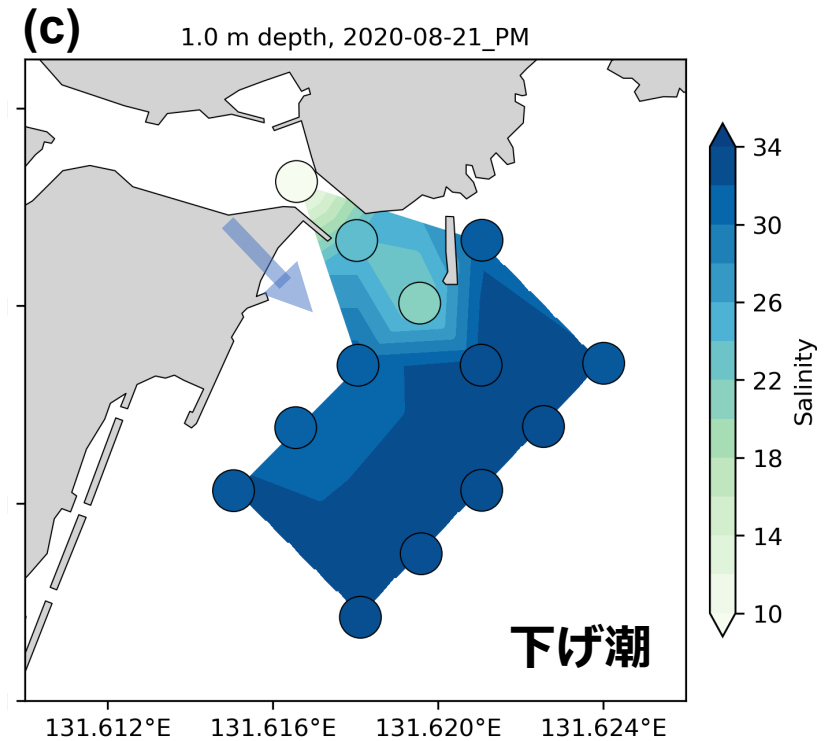
表層分布計測結果 (1.0m 塩分)



河川起源の低塩分水が
河口から沖方向へと広がる

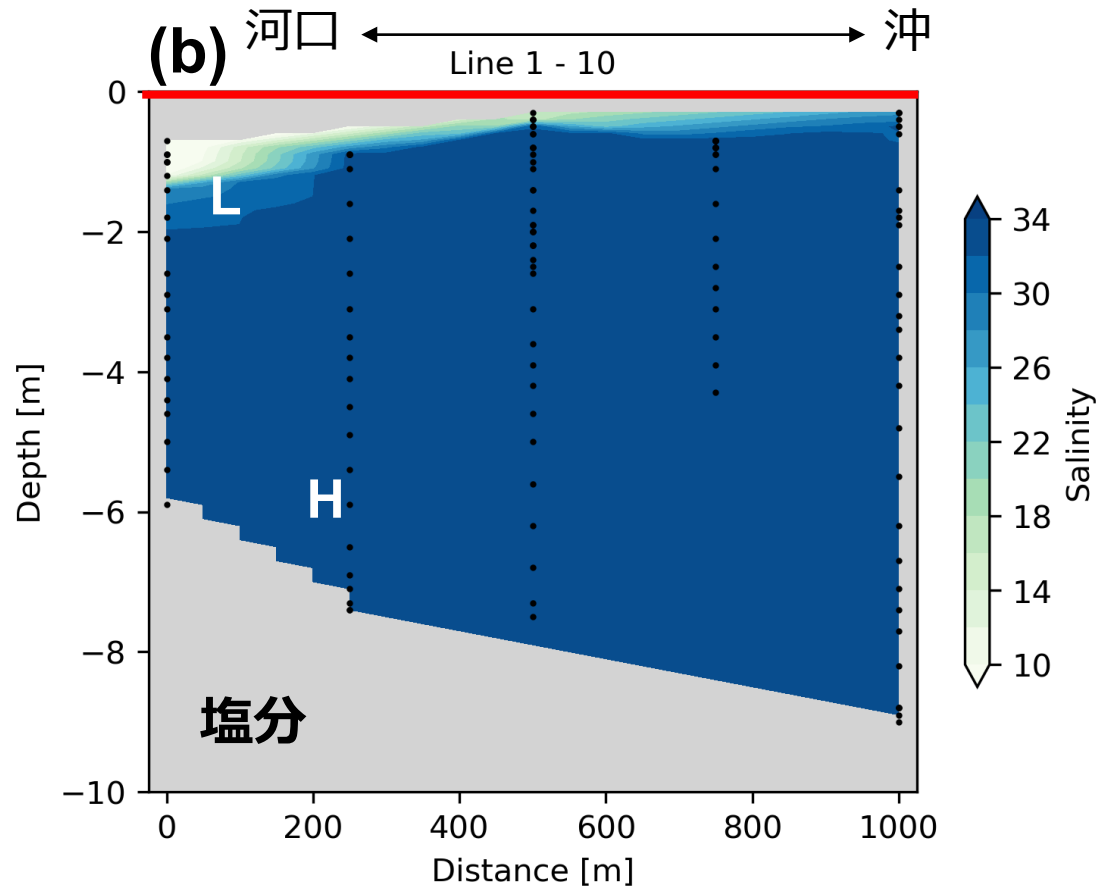
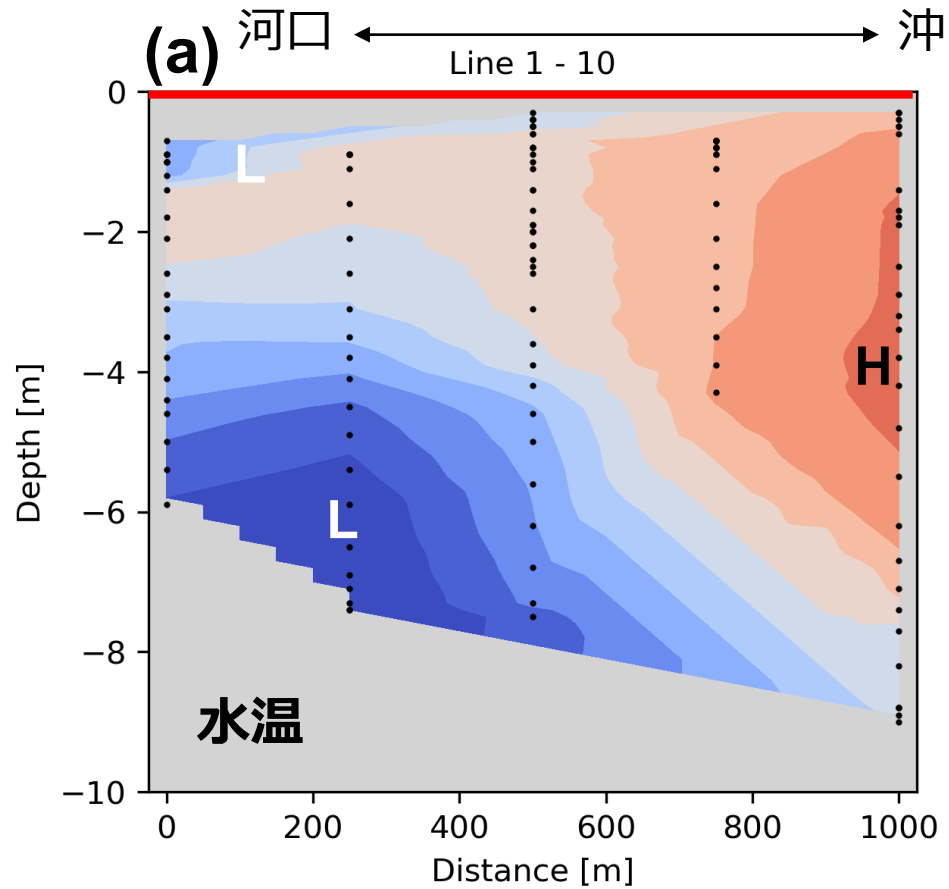
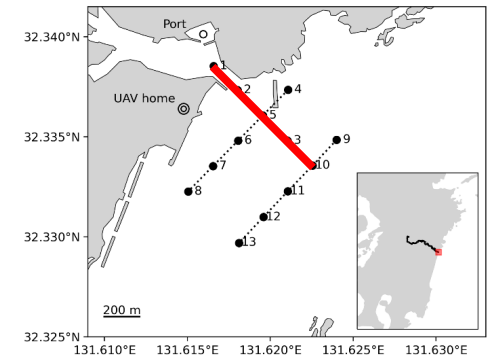
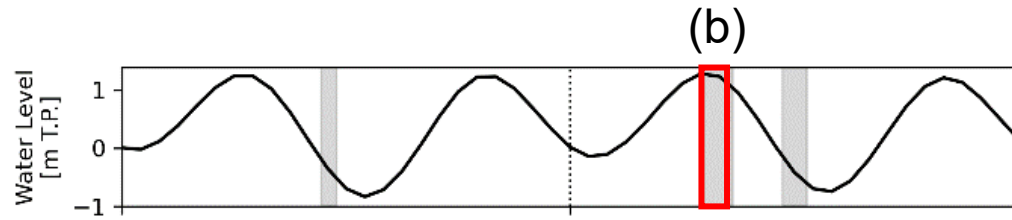


満潮時は河口部まで高塩分



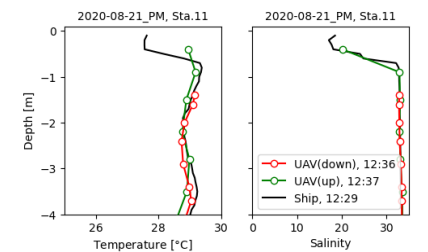
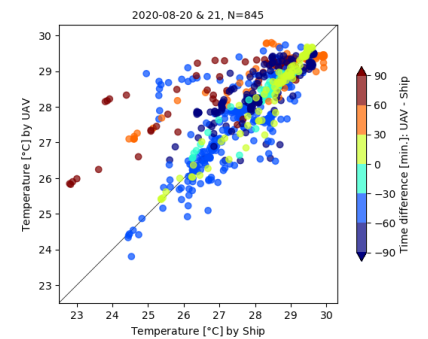
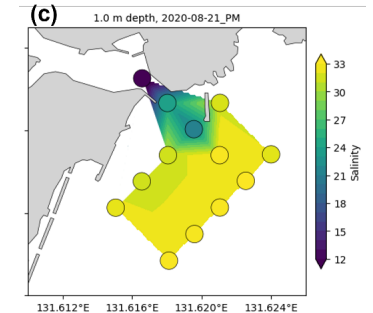
(a)と同様

鉛直断面分布 計測結果



結論

- 海域環境調査における極浅海域の調査手法として，電動ウィンチを搭載したUAVを用いた水質計測手法を開発し，水温と塩分の空間な変化の大きい河口域へと適用した。
- 精度の高い接触式センサにより，離発着地点から約1 km以内の沿岸海域13測点における水温・塩分の鉛直分布を1時間程度で測定可能であることが示された。
- 測定時刻の近い船舶観測値との差は小さく，UAV観測は船舶観測と同等の精度で水温・塩分の3次元分布調査を実施できることが示された。
- 今後は表層近傍の計測手順の改良を進める予定である。



電動ウィンチ搭載型UAVによる 沿岸水質計測手法の開発

岡田 輝久¹・坂井 伸一²・新井田 靖郎³

¹ 正会員 (一財) 電力中央研究所 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646)

E-mail: te-okada@criepi.denken.or.jp (Corresponding Author)

² 正会員 (一財) 電力中央研究所 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646)

E-mail: s-sakai@criepi.denken.or.jp

³ 正会員 (一財) 電力中央研究所 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646)

E-mail: niida@criepi.denken.or.jp

海域環境調査における極浅海域を対象とした調査手法として、電動ウィンチを搭載した無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle; UAV) による水質計測手法を開発し、水温と塩分の空間的な勾配が大きい河口域への適用を通じて、本手法の有用性と課題について考察した。本手法を用いることで、計測精度の高い接触式センサにより、離発着地点から約 1 km 以内の沿岸海域 13 測点における水温・塩分の鉛直分布を 1 時間程度で測定することが可能である。UAV 観測値と測定時刻の近い船上観測値との差は小さく、UAV 観測は船上観測と同等の水温・塩分分布調査を実施できることが示された。さらなる精度向上のため、今後は昇降速度の調整など、主として表層近傍の計測手順の改良を進める予定である。

Key Words : UAV, electric winch, water quality sensor, in situ observation, coastal environment survey