

令和元年度 深江丸夏季研究航海
(令和元(2019)年8月23日(金)～8月30日(金))

研究活動報告



令和2年8月

神戸大学大学院海事科学研究科
海事科学教育開発センター・附属練習船深江丸

目 次

1. はじめに	1
航海実施概要	2
2. 研究活動報告	
研究テーマ一覧	8
1. 四国沖海底地すべり地形調査チーム	9
2. 淡路島東縁海底地形調査チーム	12
3. 横河電子機器株式会社	15
4. 予防保全技術研究室	20
5. 海洋・気象研究室	23
6. 海底電磁気観測チーム	27
3. おわりに	34

1. はじめに

神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船深江丸では、夏季及び春季の2回、研究航海を実施しています。

令和元年度夏季研究航海は、令和元年8月23日から8月30日にかけて実施しました。本報告書は、この7泊8日の夏季研究航海における研究活動について、その概要を記録し、周知するために発行するものです。

本航海は、8月23日午後、神戸大学（阪神港神戸区・深江ポンド）を出港し、大阪湾～紀伊水道～四国南岸～日向灘～豊後水道～別府湾～別府を航行し、8月26日午前、別府国際観光港に着岸しました。その後、8月28日午前、別府国際観光港を離岸し、別府～別府湾～伊予灘～安芸灘～来島海峡～燧灘～備後灘～備讃瀬戸～播磨灘～明石海峡～大阪湾を航行し、8月30日午前、神戸大学（阪神港神戸区・深江ポンド）に帰港しました。

今回は、6つの研究チームが乗船し、その期間、研究・調査活動を行いました。

令和元(2019)年度深江丸夏季研究航海実施概要
 《実施期間：令和元年(2019)年8月23日(金)～8月30日(金)》

【往路】阪神港神戸区～大阪湾～紀伊水道～四国南岸～日向灘～豊後水道～別府湾～別府

- ◎ 阪神港神戸区・神戸大学深江ポンド出港：8/23(金) 13時20分
 別府国際観光港入港：8/26(月) 08時50分
 ・神戸～別府の航海時間：67時間30分(2日19時間30分)、航程：526海里
 錨泊時間：0時間 0分<錨泊なし>

○ 乗船者：29人(研究者等18人・乗組員11<研究兼務>)

<内訳>

- ・神戸大学：7(教員3・学生4) ・兵庫県立大学：3(教員1・学生2)
- ・徳島大学：3(教員1・学生2) ・京都大学：1(学生1)
- ・岡山理科大学：1(教員1)……乗船取り止め ・横河電子機械(株)：4

【別府停泊】8/26(月) 08時50分 ～ 8/28(水) 07時45分：停泊時間：46時間55分(1日22時間55分)

【復路】別府～別府湾～伊予灘～安芸灘～来島海峡～燧灘～備後灘～備讃瀬戸～播磨灘
 ～明石海峡～大阪湾～阪神港神戸区

- ◎ 別府国際観光港出港：8/28(水) 07時45分
 阪神港神戸区・神戸大学深江ポンド入港：8/30(金) 09時30分
 ・別府～神戸の航海時間：23時間55分(0日23時間55分)、航程：254海里
 錨泊時間：25時間50分(1日01時間50分)

○ 乗船者：28人(研究者等17人・乗組員11<研究兼務>)

<内訳>

- ・神戸大学：7(教員3・学生4) ・兵庫県立大学：3(教員1・学生2)
- ・横河電子機械(株)：6 ・京都大学：1(学生1)



深江丸夏季研究航海<2019年8月23日(金)～30日(金)> 南備讃瀬戸大橋20190829 0825通過

〔研究テーマ〕

1. 海洋・気象研究室
 - ・航行予定海域における洋上大気環境の計測
2. 予防保全技術研究室
 - ・聴音棒を用いたポンプの軸受部の音響測定
3. 淡路島東縁海底地形調査チーム
 - ・淡路島東縁の海域に見られるサンドウェーブの形状変化の探査
4. 四国沖海底地すべり地形調査チーム
 - ・四国沖海底地すべり痕のマルチナロービーム (MBES) 探査
5. 海底電磁気観測チーム
 - ・南海トラフ西方のスロー地震域における海底電磁気探査器の回収 (5基)
6. 横河電子機器株式会社
 - ・レーダによる海面クラッタ影響の調査
 - ・電磁ログの機能拡張に関する研究
 - ・実船環境下での船体動揺の計測
7. 岡山理科大学 …… 体調不良により急遽、乗船取り止め
 - ・水環境中の多環芳香族炭化水素 (PAH) の動態調査

〔運航概要〕

【8月22日(木)】(出港前日)

13時30分から深江丸で開催した研究航海の打ち合わせ会合において、現状における海況を勘案して航海の前半は大阪湾から紀伊水道・四国南岸・日向灘において活動を展開することを決定した。

また、後半は、別府出港後、状況が許せば未完了の活動を展開しながら、研究希望に従って瀬戸内海経由で大阪湾向け東進、最終日前日の午後に大阪湾・淡路島北東端の東部海域における海底地形探査を再度実施して8月30日午前の帰学を計画した。

※ 1海里 = 1.852km

《往路》阪神港神戸区・神戸大学深江ポンド ~ 別府港への航程 (航走距離) : 526海里
〈阪神港神戸区~大阪湾~紀伊水道南方~四国南岸~日向灘~豊後水道~別府〉

【8月23日(金)】曇り、時々小雨、雷鳴あり 大阪湾：しゅう雨
大学ポンド：南南西の風、風力3 (2~4 m/秒)

大阪湾：南南西の風、風速4~5 (6~9 m/秒) Sea slight~mod.

台風11号が台湾・南西諸島付近を北西進中であった。秋雨前線の南下に伴い、曇天の下、淡路島北部東方至近の探査海域からは激しいしゅう雨が遠望された。

12:30 集合・点呼、出航式(学生ホール)、スタッフ・参加者紹介、オリエンテーション

13:20 海事科学研究科ポンドを離岸・出港

13:35~13:55 操練 (退船訓練、服装点検、サバイバル説明他)

操練終了後から予防保全技術研究室と横河電子機器株式会社が研究・調査を始め、航海全般を通じて場面ごとに活動を展開した。

15:00~18:00 大阪湾・淡路島北端の東側：沖ノ瀬周辺におけるマルチナロービーム音響測深機 (MBES:Multi narrow-Beam Echo Sounder)による海底地形調査(11測線航走)実施
終了後、停船 CTD観測 (水中音速調査) (探査航程：18海里)

18:00 人員確認

19:30 友ヶ島水道。由良瀬戸通過、紀伊水道の南方へ向首

【8月24日(土)】雨 北寄りの風、風力5～6(9～14m/秒)、風浪1～1.5m Sea mod.
のち、曇り 南～西寄りの風、風力3～4(3～5m/秒)、Sea slight
01:30 高知県室戸岬の東方37海里(北緯33度10分, 東経134度54分)の海底地滑り痕探査海域に到達、方位290度と100度の側線(航程8～10海里)を速力8ノットで航走開始
06:30 人員確認
13:30 停船:CTD観測(水中音速調査)
14:05 側線航走終了、室戸岬の南方に向首 (11側線・探査航程:110海里)
16:00 室戸岬の南方11海里通過
18:00 人員確認
23:00 足摺埼の南東6海里通過

【8月25日(日)】曇り、時々しゅう雨 東南東の風、風力3～5(4～10m/秒)、風浪0.5～1m
午後、西寄りの風、風力3～5(4～10m/秒)、風浪0.5m・うねり1m
Sea slight～mod.

—海底電位磁力計:OBEM(Ocean Bottom Electro Magnetometer)の回収—

回収地点各点の航程:①→19海里→②→18海里→③→23海里→④→13海里→⑤

- ①05:00 EMP1回収地点(北緯32度00分, 東経132度30分)到着:高知県足摺埼の南南西51海里(約95km)
水深1,100m、海底離脱信号送信(15分で海底離脱・35分で浮上)
05:55 OBEM浮上・発見、06:10 回収
※緊急時にプロペラクラッチをOFFとするため、スラスト電源は待機発電機による。
- ②08:10 NU11回収地点(北緯32度10分, 東経132度49分)到着:高知県足摺埼の南南西35海里(約65km)
水深1,500m、海底離脱信号送信(15分で海底離脱・45分で浮上)
09:00 OBEM浮上 ※発見に時間を要す。09:50 回収
- ③11:30 NU12回収地点(北緯32度15分, 東経133度09分)到着:高知県足摺埼の南29海里(約54km)
水深1,100m、海底離脱信号送信(15分で海底離脱・35分で浮上)
12:30 OBEM浮上・発見、12:45回収
- ④14:55 NU08回収地点(北緯32度21分, 東経132度43分)到着:高知県足摺埼の南西27海里(約50km)
水深1,350m、海底離脱信号送信(15分で海底離脱・40分で浮上)
15:40 OBEM浮上・発見、15:55回収
- ⑤17:10 NU05回収地点(北緯32度32分, 東経132度36分)到着:高知県足摺埼の西南西24海里(約45km)
水深960m、海底離脱信号送信(15分で海底離脱・35分で浮上)
17:55 OBEM浮上・発見、18:10回収
- ◎ 今航は海況に比較的恵まれ、これまで荒天で回収を断念していた機器を含み、予定したすべての設置機器を回収できた。
上記のNU05回収地点から別府港外まで80海里、別府港外が8月26日(月)の08時40分頃になるよう速力を調整しながら豊後水道を北上した。
- 18:00 人員確認

【8月26日(月)】曇り・時々小雨 北西の風、風力1～2(2m/秒)、Sea smooth
別府湾:曇り・大雨、南西の風、風力3～4(3～5m/秒)
00:45 水ノ子島の西方1海里通過、豊後水道を北上
04:30 速水瀬戸通過後、別府湾奥へ向首
06:30 人員確認
08:30 入港部署
08:50 別府国際観光港着(“フェリーさんふらわあ”の北側)〈北向き・左舷付け〉

【往路】神戸ー別府の航海時間：02日19時間30分：67時間30分

航程：526海里、清水使用量：10トン

錨泊時間：0時間<錨泊なし>

09:20～09:45 大掃除

09:50 上陸諸注意・下船者紹介、自由散歩上陸

※ 8/27(火)と28(水)朝の総員起こしと点呼・体操は行わない。

朝食時間帯：08:00～09:00

【8月27日(火)】大雨

08:00 朝食 終日自由上陸

09:00～09:30 採水11トン

《復路》別府国際観光港～阪神港神戸区深江ポンド 航程(航走距離)：253海里

<別府～別府湾～伊予灘～安芸灘～燧灘～備後灘～備讃瀬戸～播磨灘～大阪湾～阪神港神戸区>

【8月28日(水)】大雨 別府：東寄りの風、風力1～2

伊予灘：南南西の風、風力5(8～10m/秒)、風浪0.5～1m Sea mod.

06:30 起床・点呼、乗船者紹介

07:45 別府国際観光港出港

10:00 佐田岬(愛媛県)の北西7海里通過<伊予灘>

14:10 釣島(つるしま)の北西0.7海里通過、釣島水道<航程5海里>に入域

16:10～16:50 来島海峡(くるしまかいきょう)通過

(南流3ノット、16:37 中水道・来島海峡第2大橋通過)

18:00 人員点呼

19:00 備後灘(香川県・観音寺の西方)錨泊

航程(航走距離)：124海里

【8月29日(木)】備讃瀬戸：曇り、東寄りの風、風力2～3、Sea smooth

大阪湾：南寄りの風、風力5～6(10～13m/秒) Sea mod.～rough

06:30 起床・点呼

06:45 備後灘抜錨

錨泊時間①：11時間45分

07:24 二面島(ふたおもてしま)通過・備讃瀬戸南航路入航

08:25 南備讃瀬戸大橋通過

08:33 備讃瀬戸東航路入航

10:12 備讃瀬戸東航路出航(播磨灘へ)

10:42～11:59 播磨灘航路第1号～第4号灯浮標間(航程16海里)で船底防汚塗料の性能評価のための速力試験実施

13:47～14:09 明石海峡航路通航

14:30～17:30 大阪湾・淡路島北端の東側：沖ノ瀬周辺におけるマルチナロービーム音響測深機(MBES:Multi narrow-Beam Echo Sounder)による海底地形調査(11測線航走)実施
終了後、停船 CTD観測(水中音速調査) (探査航程：18海里)

18:00 人員点呼・最終日の予定を通知

18:45 大阪湾錨泊(尼崎西宮芦屋防波堤の南側至近)

航程(航走距離)：125海里

【8月30日(金)】大阪湾：大雨のち雨・くもり、北西の風、風力4～6、Sea rough

06:30 起床・点呼

08:00～08:40 大掃除

09:00 大阪湾抜錨

09:30 神戸大学ポンド入港・着岸

航程（航走距離）：5海里

【復路】別府－神戸の航海時間：23時間55分、航程：254海里、錨泊時間：25時間50分
清水使用量：6トン

09:50 解散式

11:00 昼食、

13:00 器財搬出完了、自由解散・下船

16:15 洋上大気環境観測機器の点検修理完了

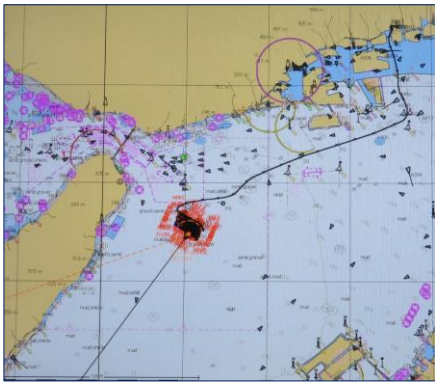
《令和元年度夏季研究航海 運航集計》

- | | |
|-----------|---------------------------------|
| 1. 航海時間 | : 91時間25分 (3日19時間25分) |
| 2. 停泊時間 | : 46時間55分 (1日22時間55分) |
| 3. 錨泊時間 | : 25時間50分 (1日01時間50分) |
| 合計 | : 164時間10分 (6日20時間10分) |
| 4. 総航程 | : 780海里 (1,445km) |
| 5. 燃料使用量 | : 13KL (A重油:ME 8.4KL, DG 4.6KL) |
| 6. 清水使用料 | : 16トン |
| 7. 採水(別府) | : 11トン |

///

令和元(2019)年度 深江丸夏季研究航海 -付図-

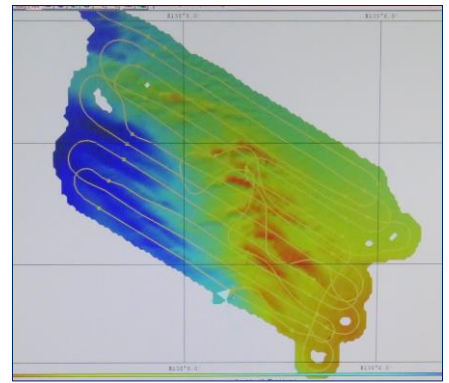
往路：神戸～大阪湾～紀伊水道～紀伊水道南方～四国南岸～日向灘～豊後水道～速水瀬戸～別府湾～別府 <航程526海里(974km)>



大阪湾北東部
◆ 淡路島北東端の東方「沖ノ瀬」周辺の海底地形探査 8月23日 15:00～18:00 及び 8月29日 14:30～17:30

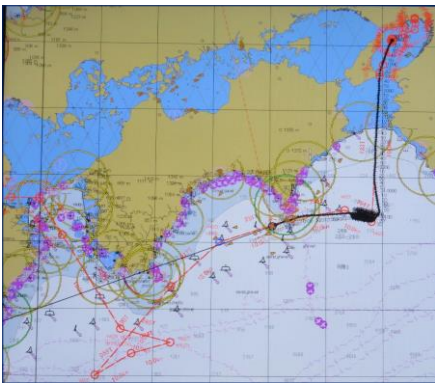


計画測線と航行軌跡(18海里)

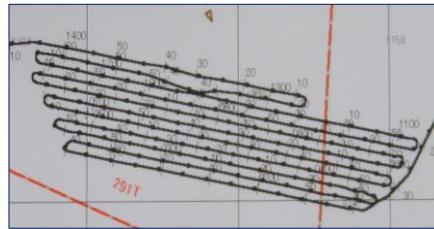


MBES測深による海底地形

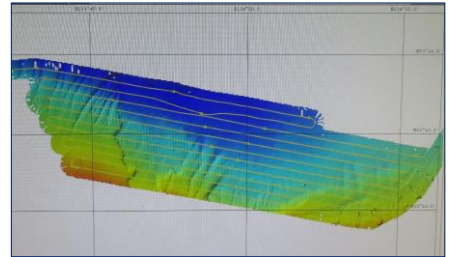
MBES:Multi narrow-Beam Echo Sounder



ECDIS(電子海図情報表示装置)の航行経路

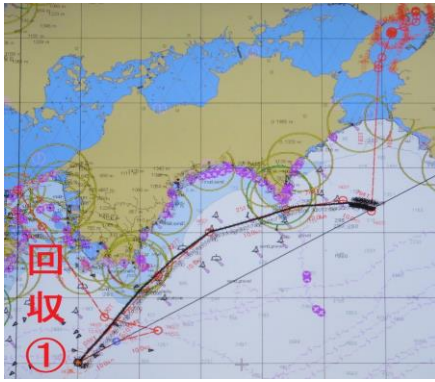


計画測線と航行軌跡(11測線110海里)

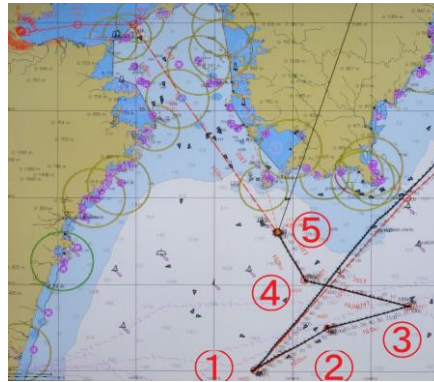


MBES測深による海底地形

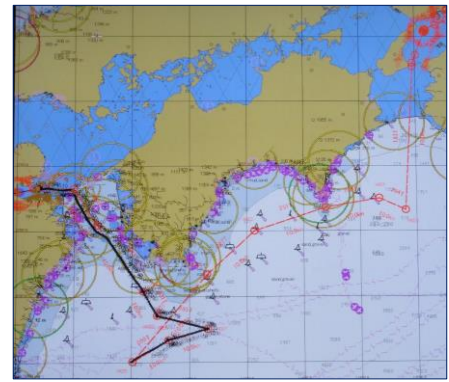
◆ 四国・室戸岬東方の海底地滑り痕探査海域



海底地滑り調査海域からOBEM回収地点①へ

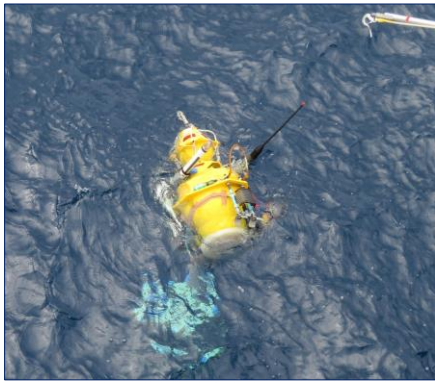


① 8月25日 05:00海底離脱信号送信



⑤ 8月25日 18:10回収

◆ 日向灘・足摺岬南方の海底電位磁力計(OBEM)の回収 ① → 29海里 → ② → 18海里 → ③ → 23海里 → ④ → 13海里 → ⑤

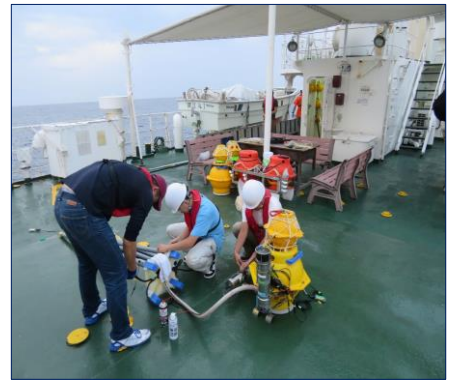


② 09:00 水深1500mから浮上、09:50発見・回収



⑤ 17:55 水深960mから浮上、18:10発見・回収

◆ 深海底からOBEMの洋上回収



OBEM(Ocean Bottom Electro Magnetometer <海底電位磁力計>

復路：別府～伊予灘～安芸灘～来島海峡～燧灘～備後灘～備讃瀬戸～播磨灘～明石海峡～大阪湾～神戸 <航程254海里(471km)>
-通常の航行経路につき図は省略-

2. 研究活動報告

平成元年度深江丸夏季研究航海 研究テーマ一覧

	研究室・チーム	代表者	所属機関	人数	研究テーマ
1	四国沖海底地すべり地形調査チーム	馬場 俊孝	徳島大学	4	四国沖海底地すべり痕のマルチナロービーム (MBES) 探査
2	淡路島東縁海底地形調査チーム	谷 篤史	神戸大学	2	淡路島東縁の海域に見られるサンドウェーブの形状変化
3	横河電子機器株式会社	内野 秀幸	横河電子機器株式会社	7	レーダによる海面クラッタ影響の調査 電磁ログの機能拡張に関する研究 実船環境下での船体動揺の計測
4	予防保全技術研究室	井川 博雅	神戸大学	3	聴音棒を用いたポンプの軸受部の音響測定
5	海洋・気象研究室	川本 雄大	神戸大学	1	航行予定海域における洋上大気環境の計測
6	海底電磁気観測チーム	後藤 忠徳	兵庫県立大学	4	南海トラフ西方のスロー地震域における海底電磁気探査

R1夏季研究航海 研究計画概要

研究室（チーム）の名称：		四国沖海底地すべり地形調査		
申し込み責任者：	氏名	馬場俊孝	連絡先メール：	
	機関名	徳島大学	所属・職	大学院・教授
乗船者： （ 4 名）				
	馬場 俊孝	徳島大学	大学院社会産業理工学研究部 教授	
	松野 哲男	神戸大学	海洋底探査センター 特命講師	
	上谷 政人	徳島大学	理工学部理工学科 学部4年	
	黒住 将弘	徳島大学	理工学部理工学科 学部4年	
テーマ				
四国沖海底地すべり痕のマルチナロービーム（MBES）調査				
研究内容				
概要：				
津波は、海域で発生する地震だけでなく、海底地すべりによっても発生する。本研究では四国沖室戸舟状海盆に位置する海底地すべり痕を対象にして、深江丸のマルチナロービームによる海底地形調査を行い、その性状を明らかにするとともに、津波の危険性について検討する。				
準備：				
調査対象は矩形領域として南西端が東経134度40分、北緯33度05分、北東端が東経135度00分、北緯33度20分の範囲である。事前に、調査のための航走計画を深江丸にお伝えし、深江丸付属のMBES機器の動作確認を行う。また、海中音速測定のためのXCTD調査に関する機器やパソコンの持ち込みと準備を行う。				
計画：				
別添の測線案図に沿って8ノットでの航走をお願いする。また、最深部付近でXCTD調査を行う。合わせて、船内LAN、ADCP及び表層水質モニターによるデータ収集も行う。なお、全測線を網羅するための総航走距離をおよそ266マイル(493km)と見積った（回頭などは除く）。				
研究実施につき深江丸に要望する事項				
MBES機器の使用、指定する航路での航行、XCTD調査時の深江丸の減速をお願いいたします。航海前半（深江一別府港）での調査を希望します。				

研究テーマ名：四国沖海底地すべり痕のマルチナロービーム（MBES）調査

報告者氏名（所属）：馬場 俊孝（徳島大学大学院社会産業理工学研究部）

参加者氏名（所属）：馬場 俊孝（徳島大学大学院社会産業理工学研究部）

松野 哲男（神戸大学海洋底探査センター）

上谷 政人（徳島大学工学部理工学科4年）

黒住 将弘（徳島大学工学部理工学科4年）

1. 研究の目的

津波は、海域で発生する地震だけでなく、海底地すべりによっても発生する。本研究では四国沖室戸舟状海盆に位置する海底地すべり痕を対象にして、深江丸のマルチナロービームによる海底地形調査を行い、性状を明らかにする。

2. 活動の実施概要

調査対象は矩形領域として南西端が東経 134 度 40 分、北緯 33 度 05 分、北東端が東経 135 度 00 分、北緯 33 度 20 分の範囲である。およそ 500m 間隔で MBES 調査測線を 19 本計画した。隣り合う測線でスワ幅を半分ずつ重なるように MBES 調査を実施した。つまり、短い測線間隔、さらに、西向き航行と東向き航行により 2 回測深することにより高密度地形データが取得できるように工夫した。MBES 調査は 2019 年 8 月 24 日 1 時 30 分頃から、8 月 24 日 14 時頃まで実施された。良好なデータを得るため船速は対地 8 ノットに減速した。また、海域の音速プロファイルデータ取得のための XBT 調査を、MBES 調査終了直前の 8 月 24 日 13 時 30 分頃に行った。

3. 活動結果・成果の概要

予定 19 測線のうち 11 測線の調査を実施しおおむね良好なデータを取得した。本海域では隣り合う 2 つの崩壊地形が確認されるが、図中西側の崩壊地形の中に北西方向に流れたような小規模な痕跡が見受けられる。流れの方向は最大傾斜方向とも斜交しており、大変興味深い。今後、速度補正、ノイズ除去を行い、より詳細な解析を実施する。

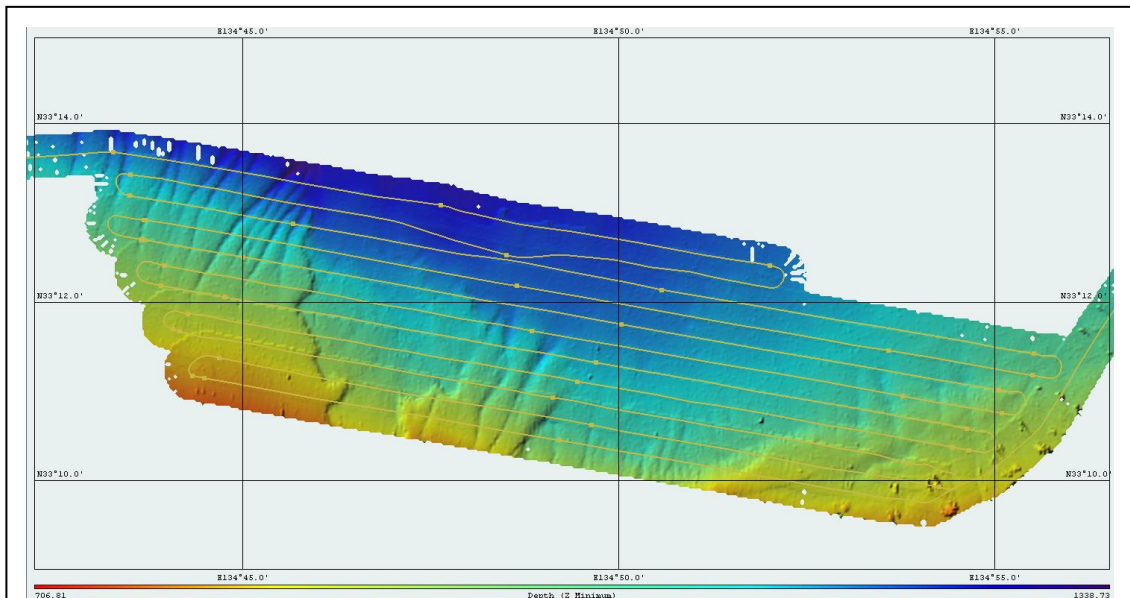


図 本調査航海で取得された測深データ

4. 研究目標の達成状況及び今後の夏季・春季研究航海活用の予定
来年の春季航海では残りの8測線のデータの取得を予定している。

5. 研究成果

・学術雑誌（査読つき国際会議，解説等を含む）

- [1] Baba, T., Y. Gon, K. Imai, K. Yamashita, T. Matsuno, M. Hayashi, H. Ichihara, Modeling of a dispersive tsunami caused by a submarine landslide based on detailed bathymetry of the continental slope in the Nankai trough, southwest Japan, *Tectonophysics*, 768, 228182, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.228182>, 2019.08.

・国際会議・国内学会・研究会・口頭発表等

- [1] 権容大, 馬場俊孝, 松野哲男, 林美鶴, 市原寛, 四国沖大陸棚斜面の海底地すべり調査と津波計算, HDS11-P02, 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019 大会, 2019.
- [2] Baba, T., K. Imai, K. Yamashita, Dispersion effects on generation and propagation of tsunami caused by submarine landslide, 27th IUGG general assembly, IUGG19-0988, Montreal, Canada, 2019.

・その他（特許，受賞，マスコミ発表等）

（特許）なし

（受賞）なし

（マスコミ発表）なし

6. 研究成果公表の予定

- ・2020年日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2020大会での発表。

R1夏季研究航海 研究計画概要

研究室（チーム）の名称：		淡路島東縁海底地形調査チーム		
申し込み責任者：	氏名	谷篤史	連絡先メール：	
	機関名	神戸大学	所属・職	人間発達環境学研究科・准教授
乗船者： （ 2 名）				
	谷 篤史	神戸大学	人間発達環境学研究科 准教授	
	小島 響	神戸大学	人間発達環境学研究科 博士前期課程2年	
テーマ				
淡路島東縁の海域に見られるサンドウェーブの形状変化				
研究内容				
概要：				
<p>これまでの深江丸航海を通じて、大阪湾沖ノ瀬北西部の海底にみられるサンドウェーブの地形調査を行ったところ、南北に変化する潮流に合わせて、サンドウェーブの形状が変化しているという結果が得られた。また、これまでの調査結果では、南進している形状の方が卓越しているように見え、この結果は、残差流の方向とサンドウェーブの形状が一致するという一般的な理解と異なる。この原因に迫るために、夏季研究航海では過去の調査とは異なる潮流（+潮位）の流れにおけるサンドウェーブの形状を調べることで、サンドウェーブの形状に潮流がどれほど影響しているかを評価したい。</p>				
準備：				
<p>過去6回の地形調査の結果、底質が砂層の範囲（N34° 32' -33.5'、E135° 05' -06'）に確認されたサンドウェーブは波高や波長の大きさにより大きく2種類の構造に分けられることがわかった。また、これまでの調査結果とサンドウェーブに対する一般的な理解から、沖ノ瀬のサンドウェーブは数ヶ月～数年単位で移動していると考えられていた。しかし、サンドウェーブの形状の非対称性を評価したところ、予想と異なり、サンドウェーブの形状は潮流により大きく変化していることが分かった。この結果は、潮流がサンドウェーブを構成する粒子を十分に動かせることを示しており、沖ノ瀬のサンドウェーブは非常に流動的であると考えられる。</p>				
計画：				
<p>N34° 32' -33.5'、E135° 05' -06' の範囲で調査海域を設定し、MBESによる海底地形調査、ADCPを用いた海流調査を希望する。潮流（+潮位）の異なる条件のもとでの地形調査を実施したいため、少し時間を置いての調査を希望する。具体的な測線や調査時間については別途相談の上決定する（現時点では、第一希望が出港直後の8/23の15:00前後で、第二希望が入港前日の8/29の12:00-18:00である）。</p>				
研究実施につき深江丸に要望する事項				
MBESを用いた地形調査のほか、ADCPの計測をお願いしたいと考えている。				

研究テーマ名：淡路島東縁海底地形調査

報告者氏名（所属）：谷 篤史（神戸大学人間発達環境学研究科）

参加者氏名（所属）：谷 篤史（神戸大学人間発達環境学研究科）

小島 響（神戸大学人間発達環境学研究科）

1. 研究の目的

平成 29 年 9 月, 11 月, 平成 30 年 3 月, 8 月, 9 月, 10 月の 6 回にわたり淡路島東縁の沖ノ瀬と呼ばれる海域の海底地形の調査を行い, 南北に変化する潮流に合わせて, サンドウェーブの形状が変化していることを明らかにしてきた. また, 過去 6 回の調査結果では, 南進しているサンドウェーブの形状の方が卓越しているように見え, この結果は, 残差流の方向（沖ノ瀬環流は北向き）とサンドウェーブの形状は一致する（Nemeth et al., 2002）という一般的な理解と異なる. しかし, 過去 6 回の調査が, たまたま南進するサンドウェーブが支配的な時間帯に行われた可能性が考えられる. そのため, 過去の調査では得られていない, 小潮・上げ潮時（2019 年 8 月 23 日）の海底地形の様子と大潮・上げ潮時（2019 年 8 月 29 日）の海底地形の様子を調べることで, サンドウェーブの形状に潮流がどれほど影響しているかの評価を目的とした.

2. 活動の実施概要

日時：2019 年 8 月 23 日 15:02-18:05 および 29 日 14:25-17:24

領域：大阪湾の沖ノ瀬北西部（N34°32.0'-33.5', E135°04.5'-06.0'）

内容：深江丸搭載のマルチナロービーム音響測深器（MBES）システムを使用し, 海底地形, サイドスキャンソナー調査を行った. また, 海中音速測定のために CTD 測定を行った.

3. 活動結果・成果の概要

3.1 MBES 機器を用いた海底地形調査

2019 年 8 月 23 日に調査海域で海底地形調査を行なった結果を Fig. 1 に示す. 過去 6 回の調査結果と同様に水深が 25-35 m の範囲で, 小さいサンドウェーブ（波長 50 m 未満, 波高 2 m 未満）と大きいサンドウェーブ（波長 50 m 以上, 波高 2 m 以上）を観測することができた.

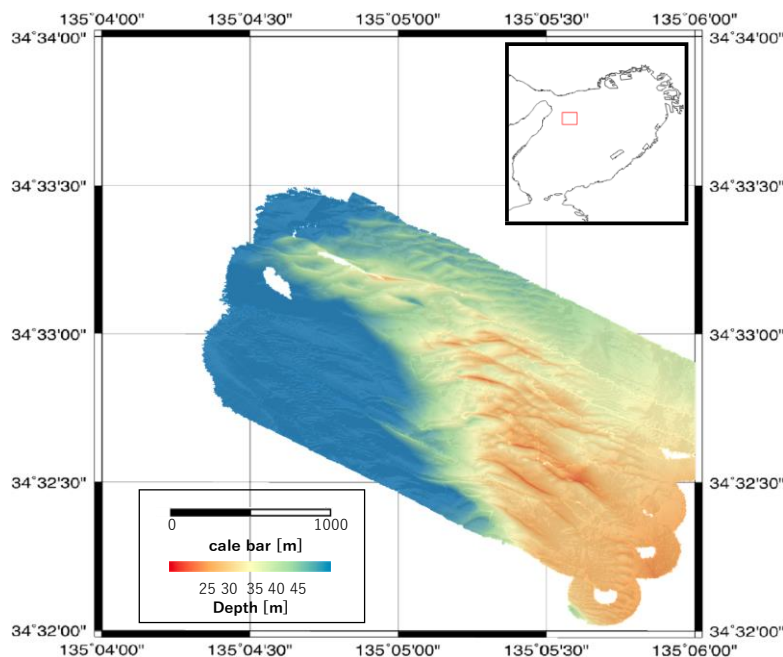


Fig. 1. 8 月 23 日の調査によって得られた沖ノ瀬海底地形.

3.2 サンドウェーブの形状解析

2019年8月23日15:02-18:05に海底地形調査を行ったところ、16:40頃に転流したことが確認できた。そこで、転流前と転流後それぞれのサンドウェーブの形状を比較することで、潮流の変化がサンドウェーブの形状にどの程度影響を与えるかを検討した (Fig. 2)。その結果、転流前 (15:02-16:40, 潮流は北進方向) は北進型のサンドウェーブがより支配的で、転流後 (16:40-18:05, 潮流は南進方向) は南進型のサンドウェーブがより支配的であることが確認できた。これらの結果から、潮流がサンドウェーブの形状に影響を与えることを改めて確認することができた。現在、2019年8月29日の調査によって得られた沖ノ瀬海底地形についても同様の解析を進めている。

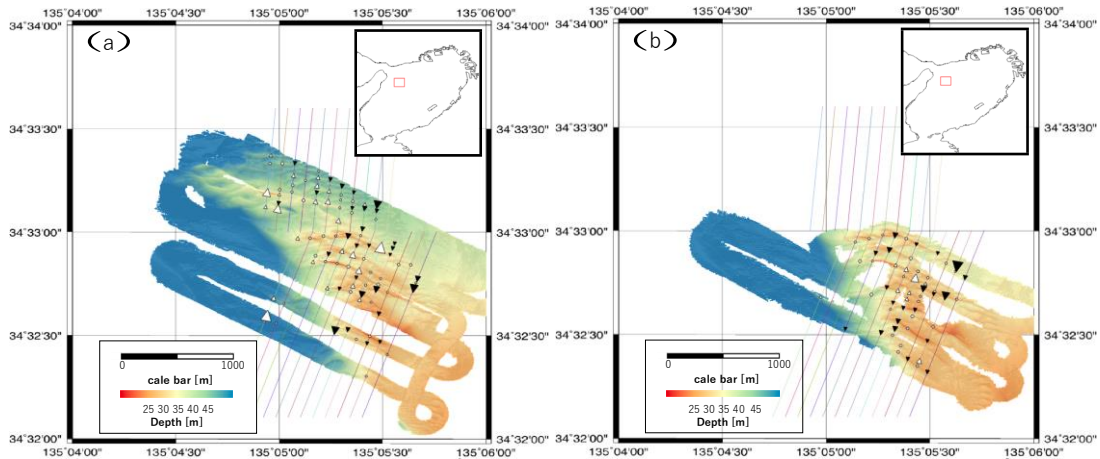


Fig. 2. (a) 8月23日15:02-16:40の沖ノ瀬海底地形 (b) 8月23日16:40-18:05の沖ノ瀬海底地形
それぞれの海底地形図上に南流型のサンドウェーブを▼、
北進型のサンドウェーブを△、対称型のサンドウェーブを○で表記している。

4. 研究目標の達成状況及び今後の夏季・春季研究航海活用の予定

今回の夏季研究航海で、サンドウェーブの形状の変化に対する潮流の影響の大きさを評価するために必要なデータを取得することができた。サンドウェーブの形状の変化に対する潮流の影響の大きさを評価するために、沖ノ瀬底層の海水の流れのシミュレーション結果とのマッチングを図りたい。また、KOBEC 公開海洋底探査実習 1 (9月24-26日)、理学部惑星学科 惑星学実験実習の基礎 I (10月5日)でも同様の地形調査を行う予定である。

5. 研究成果

- ・ 学術雑誌 (査読つき国際会議, 解説等を含む)

なし

- ・ 国際会議・国内学会・研究会・口頭発表等

[1] Kojima Hibiki, Tetsuo Matsuno, Mamoru Sano, Nobukazu Seama, Noritaka Endo, Kenichi Ohkushi, Atsushi Tani: Direction and migration of sand wave seen in the seabed of Osaka Bay, JpGU 2019, Makuhari, May 2019

- ・ その他 (特許, 受賞, マスコミ発表等)

なし

6. 研究成果公表の予定

- ・ Sedimentary Geology, Marine Geology, Sedimentology のいずれかへの論文投稿を予定している。

- ・ JpGU 2020 (2020年5月)での研究発表を予定している。

R1夏季研究航海 研究計画概要

研究室（チーム）の名称：		横河電子機器株式会社		
申し込み責任者：	氏名	藤田 貴大	連絡先メール：	
	機関名	横河電子機器	所属・職	第3営業本部 船用企画室
乗船者： (7 名)				
	内野 秀幸	横河電子機器株式会社	技術開発本部 技術開発2室	室長
	佐野 直樹	横河電子機器株式会社	技術開発本部 技術開発2室	係長
	今井 進太郎	横河電子機器株式会社	技術開発本部 技術開発2室	主務
	朝倉 裕幸	横河電子機器株式会社	盛岡技術部 1Gr	一般
	工藤 圭太	横河電子機器株式会社	盛岡技術部 1Gr	一般
	藤田 貴大	横河電子機器株式会社	第3営業本部 船用企画室	一般
	矢部 宏樹	横河電子機器株式会社	第3営業本部 営業技術部	一般
テーマ				
1) レーダによる海面クラッタ影響の調査 2) 電磁ログの機能拡張に関する研究 3) 実船環境下での船体動揺の計測				
研究内容				
概要：				
1) さまざまな海象条件がレーダーに及ぼす海面クラッタの影響を調査する。 2) 電磁ログを用いた着岸操船時の船首・船尾船速の計測方法を検証する。 3) 実船における操縦・波浪の影響下で船体に加わる力(加速度・角速度等)の大きさ・傾向を調査する				
準備：				
1) レーダー、レーダー固定用の三脚1台、計測用PC、レーダー用バッテリーまたは電工ドラム 持込むレーダーは無線局免許不要の低出力タイプ 2) 電磁ログ用制御ユニット、PC 3) 慣性センサ、記録用PC				
計画：				
1) レーダーを動作させ本船付近の海面クラッタデータを収録する。 2) マイルポスト試験の実施により速力精度を検証する。②離着岸時に船首・船尾船速を計測し、陸岸から計測した速度との比較を行う。 3) 全行程にわたり弊社持込の姿勢計測装置および本船LANのデータを記録用PCへ保存する。				
研究実施につき深江丸に要望する事項				
1) レーダー測定機材一式をコンパスデッキへ設置させていただきたく思います。天候・波浪によってはPCや観測者に雨・波が掛からないような対策が必要なため、方法をご相談させていただきたく思います。航海中、ジャイロデータ、AIS情報、ARPAの画面キャプチャ、船首カメラの映像を記録させていただきたく思います。8月27日の機材搬入・設置許可をいただきたいと思ひます。 2) 研究航海中、スピードトライアルの実施をお願いしたいと思います。航海中、ドップラーログ、電磁ログ、GPSのデータを記録させていただきたく思います。離着岸時に陸岸から速度計測を行うため、航海中に各入港予定時刻をお伺ひします。 3) 乗船中、船内LANへのアクセス許可をいただきたいと思ひます。				

研究テーマ名：レーダによる航行船舶検知性能の検証
電磁ログの機能拡張に関する研究
実船環境下での船体動揺の計測

報告者氏名（所属）：藤田 貴大（横河電子機器株式会社）

参加者氏名（所属）：内野 秀幸（横河電子機器株式会社）

佐野 直樹（横河電子機器株式会社）

今井 進太郎（横河電子機器株式会社）

朝倉 裕幸（横河電子機器株式会社）

工藤 圭太（横河電子機器株式会社）

藤田 貴大（横河電子機器株式会社）

1. 研究の目的

- 1.1. さまざまな海象条件がレーダーに及ぼす海面クラッタの影響を調査する.
- 1.2. 電磁ログを用いた着岸操船時の船首・船尾横速力の計算方法を検証する.
- 1.3. 実船における操縦・波浪の影響下で船体に加わる力(加速度・角速度等)の大きさ・傾向を調査する

2. 活動の実施概要

- 2.1. レーダーを動作させ本船付近の海面クラッタデータを収録する.
- 2.2. 離着岸時に船首・船尾船速を計算し、陸岸から計測した速度との比較を行う.
- 2.3. 全航程にわたり弊社持込の姿勢計測装置および本船 LAN のデータを記録用 PC へ保存する.

3. 活動結果・成果の概要

3.1. レーダー

当初、海面クラッタの影響確認のため、供試レーダーを本船コンパスデッキに設置して計測を行った。供試レーダーが本船のレーダー表示に影響しないことは確認できたが、逆に本船搭載の X/S バンドレーダーが供試レーダーに影響することが確認された。

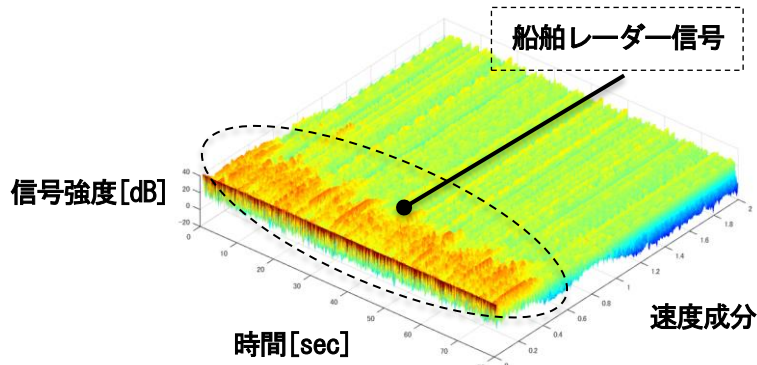


図 3.1.1 フライトデッキ設置時のレーダー検知結果

このため設置位置をコンパスデッキから船橋左舷側に変更したところ、本船レーダーの影響を避け海面クラッタの影響の信号強度等を評価することができるようになった。

海面クラッタ

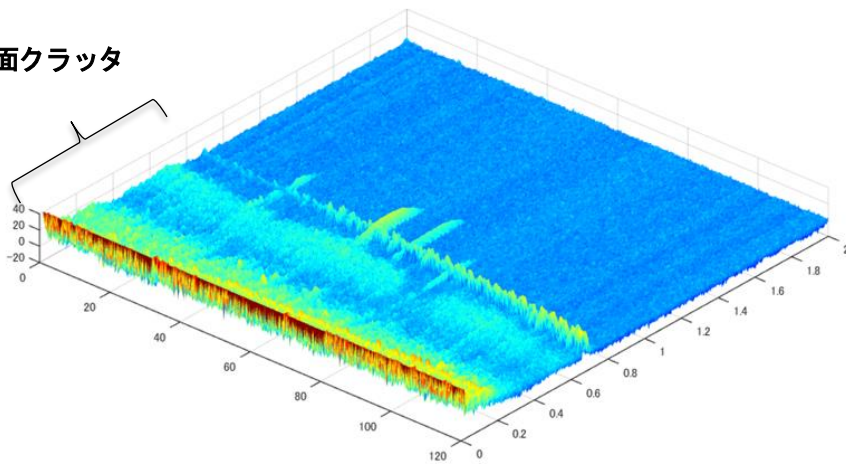


図 3.1.2 船橋左舷設置時のレーダー検知結果

3.2. 電磁ログ

3.2.1 接岸時の船体の動き

別府入港時の運動は図 3.2.1 のようであった。

PHASE1：船首から左舷付けで岸壁に進入

PHASE2：船首の位置を維持しながら，船尾を岸壁に近づけていく

PHASE3：船体全体を岸壁に近づけながら微速前進

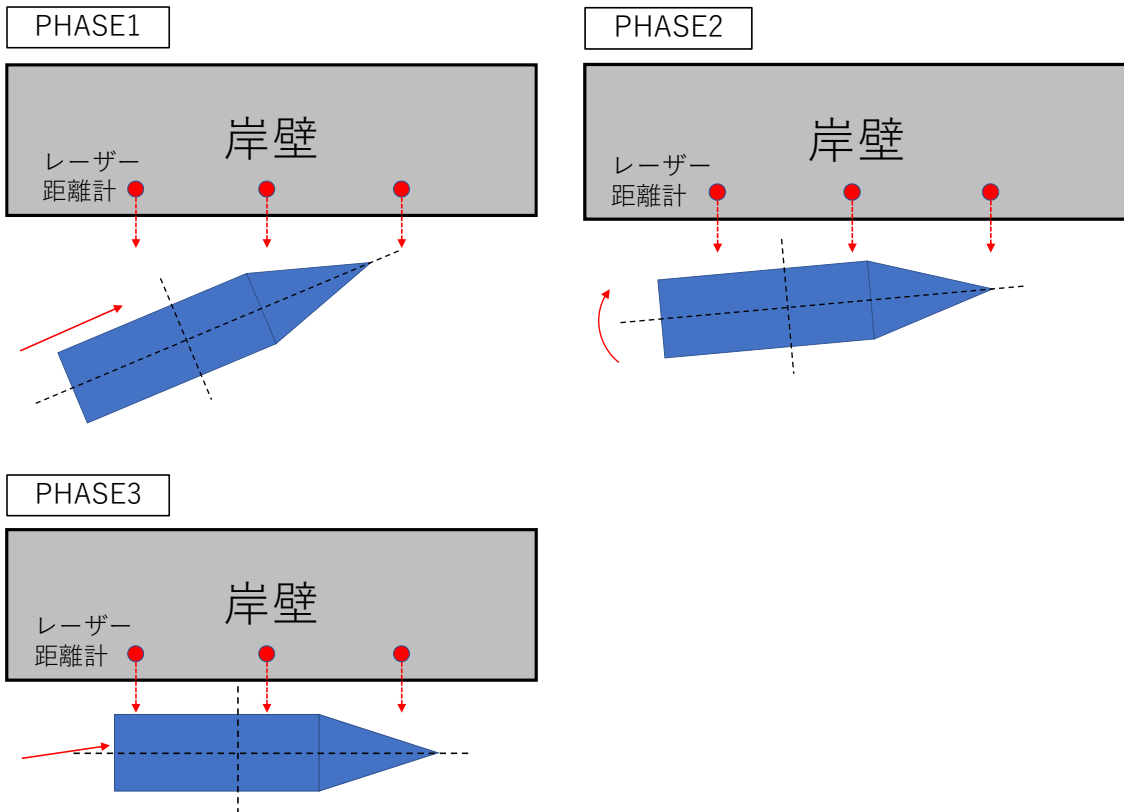


図 3.2.1 接岸時の船体の動き

3.2.2 船内速力処理部と船外計測値の比較.

船内速力処理部から計算した船首横速力と船尾横速力を以下に示す。

想定していた挙動に似ているのが PHASE2 の動きだったため、PHASE2 に絞って記述する。

船外の計測値から船尾横速力は左舷方向に 0.128kn であった。

船内の計算値から船尾横速力の平均値は左舷方向に 0.133kn であった。

以上より船内計算値と船外計測値が同等の結果が得られたため、計算方法は妥当であると検証できた。

また、接岸時は船首横・船尾横速力ともに接岸する方向のみ速力を示した。左舷⇔右舷を交互に行き来するような挙動ではなく、左舷方向の速力の増減という結果となった。

3.3. ジャイロコンパス

今回の航海で計測できたデータのうち、8/23(金)に行われた大阪湾での他チームの測線調査時に計測したデータの一部を報告する。下記の図はY軸(船体横方向)に作用した加速度のグラフであり、旋回時に作用した遠心力が計測できている。

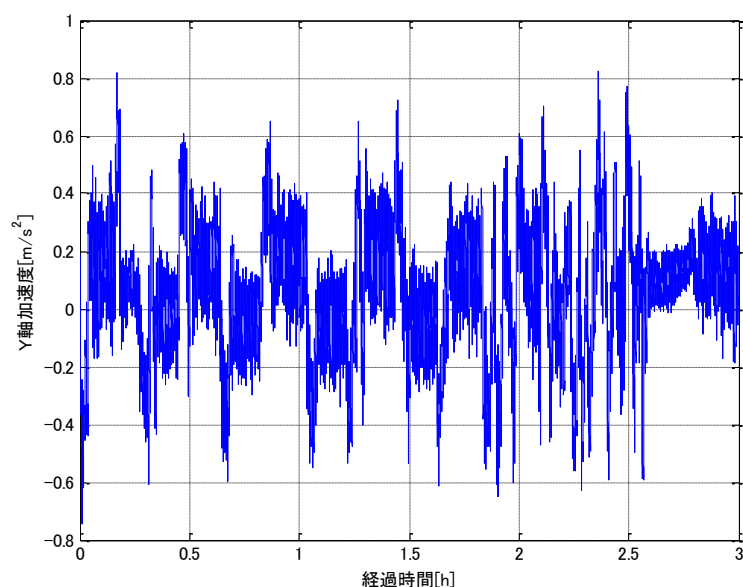


図1 大阪湾での測線調査(往路)でのY軸(船体横方向)の加速度

4. 研究目標の達成状況及び今後の夏季・春季研究航海活用の予定

4.1. レーダー

本研究航海において、実環境下におけるレーダーの基本性能を確認することが出来た。

今後は自船の船舶レーダー対策およびハード面のブラッシュアップを図り検証試験を継続したい。

4.2. 電磁ログ

本研究航海において、船内計算を検証することができ、研究目標の達成できた。今後の活動は未定。

4.3. ジャイロ

航海の全航程を経て、様々なパターンのデータを計測することが出来た。本報告書ではごく一部しか記載できていないが、このデータを今後の研究開発に活用させていただく。

5. 研究成果

特になし

6. 研究成果公表の予定

特になし

謝辞

深江丸乗組員の皆様および同乗させていただいた皆様におかれましては乗船中，試験・生活を問わず大変お世話になり誠にありがとうございました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

R1夏季研究航海 研究計画概要

研究室（チーム）の名称：		予防保全技術研究室			
申し込み責任者：	氏名	井川 博雅	連絡先メール：		
	機関名	神戸大学	所属・職	海事科学研究科・准教授	
乗船者：（ 3 名）					
	井川 博雅	神戸大学	海事科学研究科	准教授	
	大嶋 英生	神戸大学	海事科学部	4年	
	小林 新輔	神戸大学	海事科学部	4年	
テーマ					
聴音棒を用いたポンプの軸受部の音響測定					
研究内容					
<p>概要： 近年の機関室シミュレータ（ERS）をさらに発展させるために五感情報を活かした訓練が可能な体感型シミュレータを開発している。本研究ではその一環として聴覚に着目し、聴音棒による振動・音響の情報をシミュレータに組み込むことで、訓練の質をより向上させることを目的としている。 今回の研究航海では深江丸において、聴音棒を用いて機関室各部の軸受、特に最も一般的な電動ポンプの軸受部を中心に音響と振動を採取分析するものである。なお、これらの計測した音響と振動情報は別途用意している模擬聴音棒の制作に必要な情報となる。</p> <p>準備： 以下の機器を深江丸に持ち込む。 ダミーヘッド、三脚、アンプ2機、録音機、測定用聴音棒、ブリッジボックス、小型汎用表示器</p> <p>計画： 聴音棒を用いた場合の周囲音響・振動の影響を調査するために、GSポンプの軸受けにおいて、主機起動前・起動後S/B・R/U時のポンプON/OFF時に聴音棒を用いて音響と振動を採取する。</p>					
研究実施につき深江丸に要望する事項					
<ul style="list-style-type: none"> ・GSポンプの発停を行うので、その操作の協力を機関士にお願いしたい。 ・異なった発電機の運転状況で計測を行いたい。（1号機のみ、2号機のみなど）。 ・上記計画のように、主機起動前、主機起動後のS/B時、R/U時のお忙しいときではあるがエンジンルームにてダミーヘッドを用いた音響採取を行いたい。予め打ち合わせて、出来る限り邪魔にならない位置にて行う所存であるのでご容赦願いたい。 					

研究テーマ名：聴音棒を用いたポンプ軸受部の音響測定
報告者氏名（所属）：井川 博雅（神戸大学海事科学研究科）
参加者氏名（所属）：井川 博雅（神戸大学海事科学研究科）
大嶋 英生（神戸大学海事科学部）
小林 新輔（神戸大学海事科学部）

1. 研究の目的

機関士が船舶を運航する上で必要な教育や訓練の多くの部分を陸上においても受けることを可能にする機関室シミュレータ（ERS）をさらに発展させるため、本研究では五感情報を活かした、より質の高い訓練を可能とする体感型シミュレータの開発を目指している。現在は聴覚に着目し、音響・振動の情報をシミュレータに組み込むための模擬聴音棒を製作している。

今回の研究航海では深江丸において、聴音棒を用いて機関室各部の軸受、特に最も一般的な電動ポンプの軸受部を中心に音響と振動を採取分析することを目的とする。なお、これらの計測した音響と振動情報は別途用意している模擬聴音棒の制作に使われる。

2. 活動の実施概要

今回実験に使用した電動式ポンプは深江丸に搭載された発停操作が可能な FIRE G. S. PUMP（後述 GS ポンプ）であり、主機の運転状態を変え、振動計をつけた聴音棒を使い軸受け部の音響と振動の測定を行った。また、これまでの研究では稼働させる発電機は1機のみであったが、今回の実験では深江丸に搭載されている1号発電機・2号発電機それぞれの影響を調べた。

3. 活動結果・成果の概要

主機の運転状況を含め、こちらが希望したすべての条件下での測定を実施し十分なデータが採取できたと考える。これらのデータは研究航海終了後に音響解析ソフト（MATLAB）で解析を行っている途中である。その一例を図1・図2に示す。

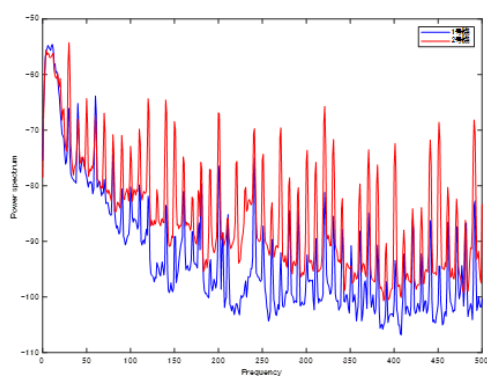


図1

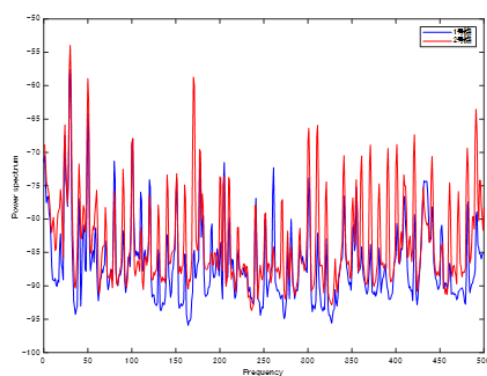


図2

図1は主機停止時にGSポンプを停止させた条件での音響を、図2は同じ条件での振動を発電機の稼働状態で比較したグラフである。横軸は周波数、縦軸はパワースペクトルである。青線が1号機、赤線が2号機を稼働させた際のデータであるが、どちらのグラフにおいても2号機の方が1号機よりやや大きく、1号機と2号機のパワースペクトルの概形やピーク周波数に相関があると言える。前者は測定を行った場所から2号機までの距離が1号機より短い事が大きな要因であると思われる。ただし、どちらのグラフにおいても1号機の方が大きいデシベルを示

す点もいくつか見られるため、他の条件でのデータを含め引き続き解析を継続していく必要がある。

4. 研究目標の達成状況及び今後の夏季・春季研究航海活用の予定

今回の測定で当方が希望したすべての条件で測定が行えたと考える。今後はこれらのデータすべての解析を行い、それぞれの相関などを調べていく予定である。

また、今後の夏季・春季研究航海活用の予定については、これまでと違う測定条件で活用させていただく可能性がある。

5. 研究成果

- 1) Ikawa et al., Conceptual Proposal of Advanced Sensory Marine Engine Room Simulator, ISMT2017, Busan, 2017, 47-49
- 2) 井川ほか2名, こわさない技術としての聴音棒による異常診断に関する研究 (第1報), 第88回日本マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, (2018), 41-42

6. 研究成果公表の予定

- 1) 大島英生, 令和元年度 特別研究発表会にて, 公表予定
- 2) 第89回以降の日本マリンエンジニアリング学術講演会にて公表予定

R1夏季研究航海 研究計画概要

研究室（チーム）の名称：	海洋・気象研究室			
申し込み責任者：	氏名	山地一代	連絡先メール：	
	機関名	神戸大学	所属・職	大学院海事科学研究科・准教授
乗船者：	1	名	川本 雄大	神戸大学大学院 海事科学研究科 修士2年
テーマ				
航行予定海域における洋上大気環境の計測				
研究内容				
<p>概要： 洋上大気中の温室効果ガス大気汚染物質（オゾン、PM2.5、SO₂、NO_x）の濃度測定を、航行・停泊・仮泊の全期間で昼夜問わず連続して実施する。また、船内LANによるデータ収集も行う。PM2.5成分分析用サンプリングを取得する。</p> <p>準備： 出港前日までに機材を搬入し、その後海洋観測室およびデータ処理室で次の設置作業を行う。フラッグラインおよびファンネル横に大気採取口をとりつけて観測室に導入する（既に設置済み）。観測室には分析器類を設置する。また、分析器を安定させるため、出港前日より、分析機器の稼働を開始する。</p> <p>計画： 海洋観測室で、大気汚染物質の濃度の連続測定を行う。また、これら測定・船内LANデータのデータ整理をデータ処理室で行う。PM2.5成分分析用試料の採取・調整をデータ処理室にて行い、データ処理室に備えられた冷蔵庫に保管する。測定データにて高濃度イベントを捉えた際には、航行状況・周囲の船舶の有無の確認を、AIS等で行う。</p>				
研究実施につき深江丸に要望する事項				
<ul style="list-style-type: none"> ・少なくとも片道は瀬戸内海を通過していただきたく、可能なら、別府→深江の航路を希望します。 ・船内LAN、気象センサーデータの収集を行いたい。 ・「準備」に記した通り、前日までに機器の搬入、設置、調整を行いたい。 ・前日より、通電を維持してほしい。 ・サンプル保存用に冷蔵庫を利用したい。 				

研究テーマ名：航行予定海域における洋上大気環境の計測
 報告者氏名（所属）：川本 雄大（神戸大学大学院海事科学研究科）
 参加者氏名（所属）：川本 雄大（神戸大学大学院海事科学研究科）

1. 研究の目的

航行予定海域，特に瀬戸内海における洋上大気環境・海洋環境の計測をおこなう。

2. 活動の実施概要

洋上大気中の温室効果ガス大気汚染物質（オゾン，PM2.5，PM2.5成分，およびその前駆物質）の濃度測定を，航行・停泊・仮泊の全期間で昼夜問わず連続して実施した。また，船内LANによるデータ収集も行った。PM2.5に関しては，上甲板実験室に設置した測定機，ならびにコンパステッキに設置した小型センサーの2種類の方法で測定した。

3. 活動結果・成果の概要

図1～2に，上甲板実験室に設置の測定機にて測定されたSO₂ならびにNO_x濃度変動を示す。2物質間で濃度変動傾向が類似した。

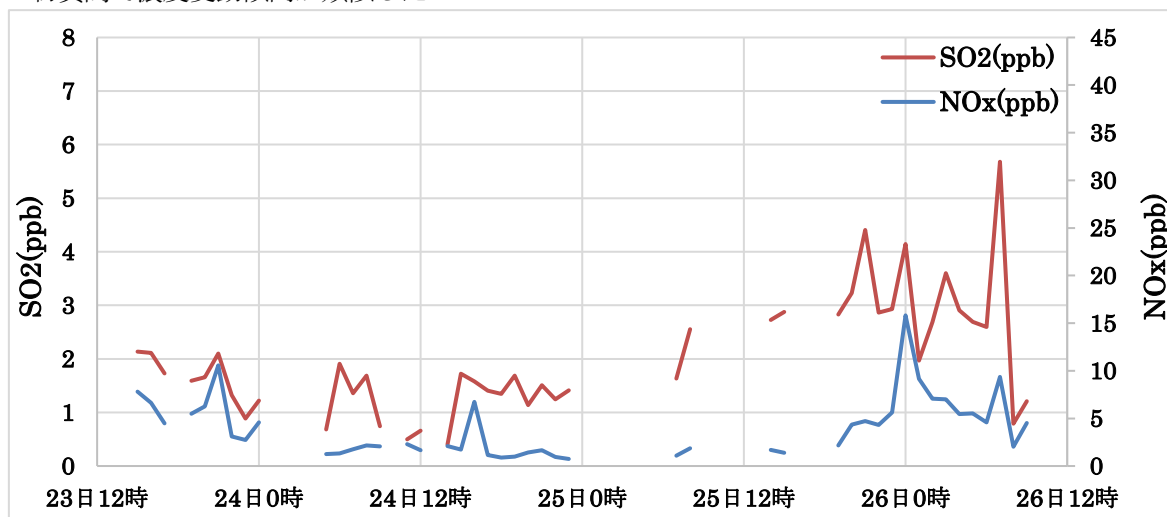


図1：研究航海前半におけるSO₂およびNO_x濃度変動

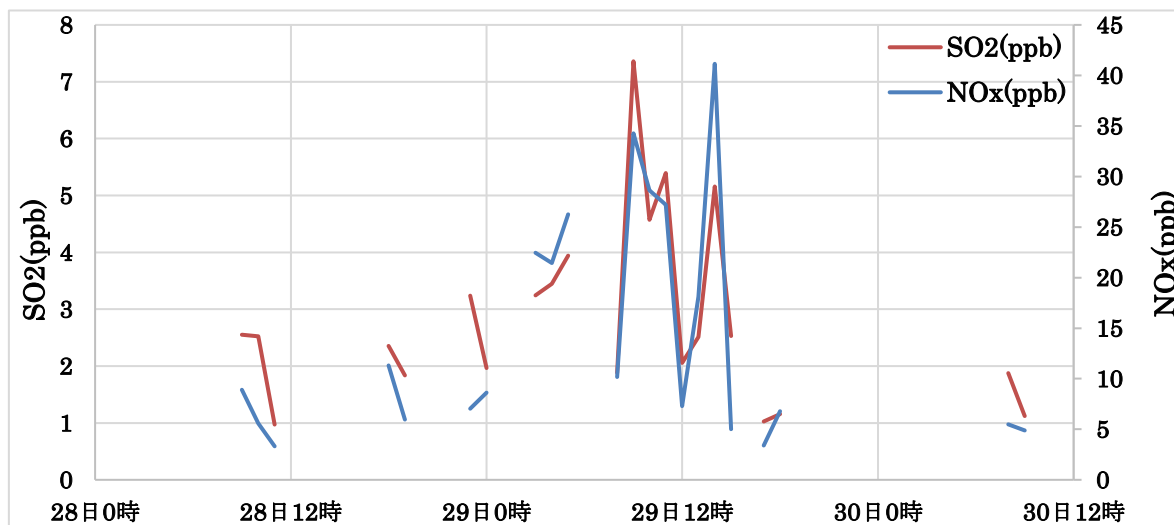


図2：研究航海後半におけるSO₂およびNO_x濃度変動

また表 1 に、太平洋、および瀬戸内海エリア(大阪湾, 紀伊水道, 播磨灘, 備讃瀬戸, 備後灘, 燧灘, 安芸灘, 伊予灘, 豊後水道)における SO₂ および NO_x 濃度平均値を示す. いずれも瀬戸内海において高濃度となり, 瀬戸内海では太平洋よりも船舶由来の汚染を強く受けている可能性が考えられた. 今後, 陸上常時監視測定局との比較等を行い, 当海上汚染の原因を考察したい.

表 1 : 研究航海期間中における SO₂ および NO_x 濃度平均値

平均濃度	SO ₂ (ppb)	NO _x (ppb)
瀬戸内海(データ数 39)	2.70	11.04
太平洋(データ数 31)	1.76	2.20

図 3~4 に実験室の測定機ならびに小型センサーで測定された PM_{2.5} 濃度変動を示す. 濃度変動が似る時間もあるが, 濃度差が極端に異なる箇所も存在し, 測定方法の違いの影響の大きさや, 測定場所の環境の違い等, 複数の考察・見当が必要である. 今回, PM_{2.5} 測定機と吸気口をつなぐチューブが外れるトラブルが発生し, その際に測定機内に水(雨水および海水)が流れ込み, 24 日早朝から 28 日目夜にかけて測定できなくなり, 瀬戸内海と太平洋での比較ができず, 大変残念である.

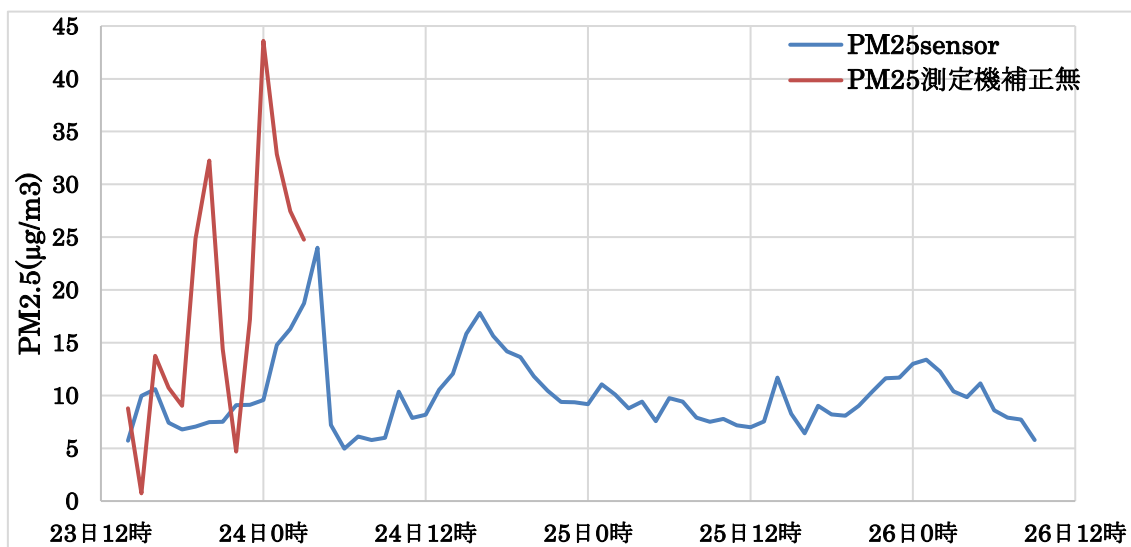


図 3 : 研究航海前半における PM_{2.5} 濃度変動

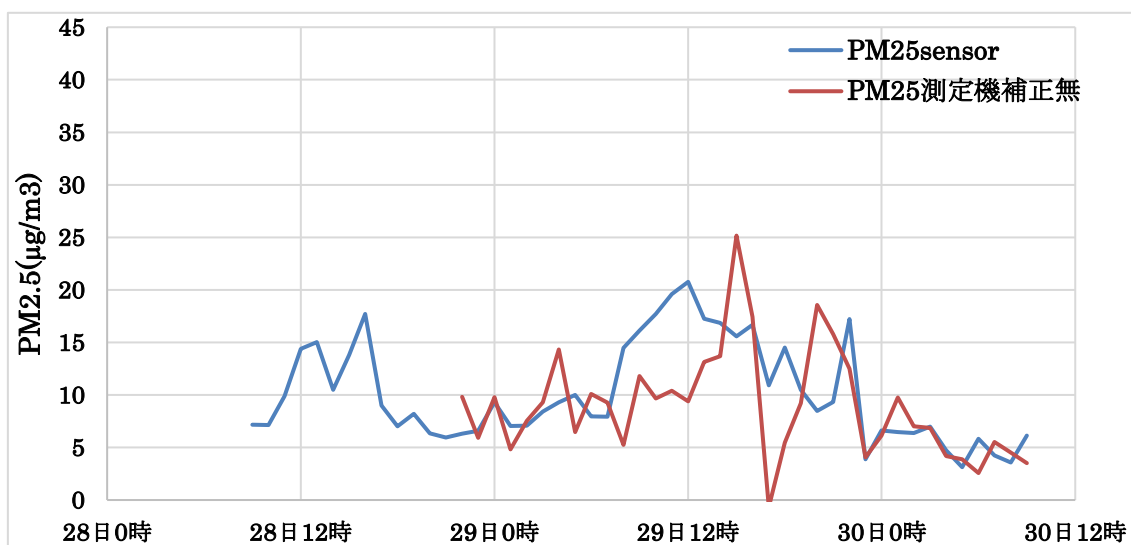


図 4 : 研究航海後半における PM_{2.5} 濃度変動

4. 研究目標の達成状況及び今後の夏季・春季研究航海活用の予定

今後も通常航海時は、大気汚染物質観測の準備及びデータ回収のために、出港前と入港後にお邪魔させていただきたいと思います。また、私自身は今回の研究航海が最後の乗船になると思いますが、今後の研究航海には研究室の後輩が参加する予定ですので、引き続きよろしく願いいたします。今回の研究航海で取得されたデータだけでなく、2016年より研究航海以外の航海においても取得されたデータを使用し、修士論文を書く予定です。

5. 研究成果

今回はなし

6. 研究成果公表の予定

未定

R1夏季研究航海 研究計画概要

研究室（チーム）の名称：	海底電磁気観測チーム			
申し込み責任者：	氏名	後藤忠徳	連絡先メール：	
	機関名	兵庫県立大学	所属・職	大学院生命理学研究科・教授
乗船者： （ 4 名）	後藤忠徳	兵庫県立大学	大学院生命理学研究科 教授	
	三輪 和平	兵庫県立大学	理学部生命科学科	学部4年生
	葉山 良	兵庫県立大学	理学部生命科学科	学部4年生
	佐藤 真也	京都大学	大学院工学研究科都市社会工学専攻	博士課程2年生
テーマ				
南海トラフ西方のスロー地震域における海底電磁気探査□				
研究内容				
概要：				
日向灘および足摺岬沖に設置している海底電位差磁力計（以下OBEM）5台を回収する（すべて深江丸により設置を実施、うち4台は本年3月の春季航海にて設置）。また新たに1台のOBEMを同海域の海底に設置する。また、音響測距を実施する事により、機器の設置位置推定を行う。今後この研究を継続し、詳細な三次元電気伝導度構造を求める事により、本海域で発生するスロー地震の解明を進め、また、スロー地震と関連するとされる巨大地震・津波が想定される南海トラフの地震発生メカニズムの理解に資する事を目的とする。なおこれまでの観測結果および第一義的な地下比抵抗構造については、地球惑星科学連合大会2019において発表済みである。				
準備：				
新たに投入するOBEM（兵庫県立大学所有）は出航までに深江キャンパスにて整備し、出航前日に深江丸に搭載する。投入に必要なペリカンフック、ロープ類および音響トランスポンダ船上部は研究者側で準備する。なお、本調査には漁業関係者（宮崎県および高知県）との海域調整が必要で有り、現在兵庫県立大学で実施中である。詳細な設置予定点はこの海域調整によって変更する可能性がある。また航海実施に先立って、過去の観測状況やOBEM設置時の状況について、神戸大学海洋底探査センター松野哲男特命講師（海底地形チームとして参加予定）、名古屋大学地震火山研究センター市原寛助教（今回は非乗船）と綿密な打ち合わせを行う。				
計画：				
OBEMの投入時には着底位置の決定を含めて約1時間程度/1地点、回収には最大1時間半程度/1地点の時間を要する。OBEMの位置図を別途添付する。OBEMの緯度・経度・水深情報を含む詳細については、別途深江丸の航海士と打ち合わせを行う。				
研究実施につき深江丸に要望する事項				
OBEMの投入・回収作業および積み込み積降ろし作業のためのクレーン操作、玉掛けおよびクレーン操作指示をお願いしたい。				

研究テーマ名：南海トラフ西方のスロー地震域における海底電磁気探査
 報告者氏名（所属）：後藤忠徳（兵庫県立大学大学院生命理学研究科）
 参加者氏名（所属）：後藤忠徳（兵庫県立大学大学院生命理学研究科）
 山下凧（兵庫県立大学理学部生命科学科）
 佐藤真也（京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻）
 山田勇次（京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻）

1. 研究の目的

スロー地震とは、普通の地震を発生させる断層滑りよりも遥かに遅い断層滑りによって起きる地震である。南海トラフをはじめとする世界各地で近年報告が相次いでおり、沈み込み帯で普遍的に起きる現象であると認識されているが、その発生理由は分かっていない。南海トラフ西端部に位置する日向灘は、通常海溝型地震の他に、スロースリップや低周波微動などのスロー地震が頻繁に発生する場所であり、地球上で有数の地震活動の研究地域として注目されている（例えば Yamashita et al. Science, 2015; Obara and Kato, Science, 2016）。これらのスロー地震現象の根本的な理解には、地震発生域における諸物性のうち、含水率や浸透率の分布が鍵になると考えられている。断層面やその周辺の水の存在は、断層の摩擦係数に影響を与えるだけでなく、高圧の間隙水は断層面への有効法線応力を低下させ、断層強度を低下させるためである。

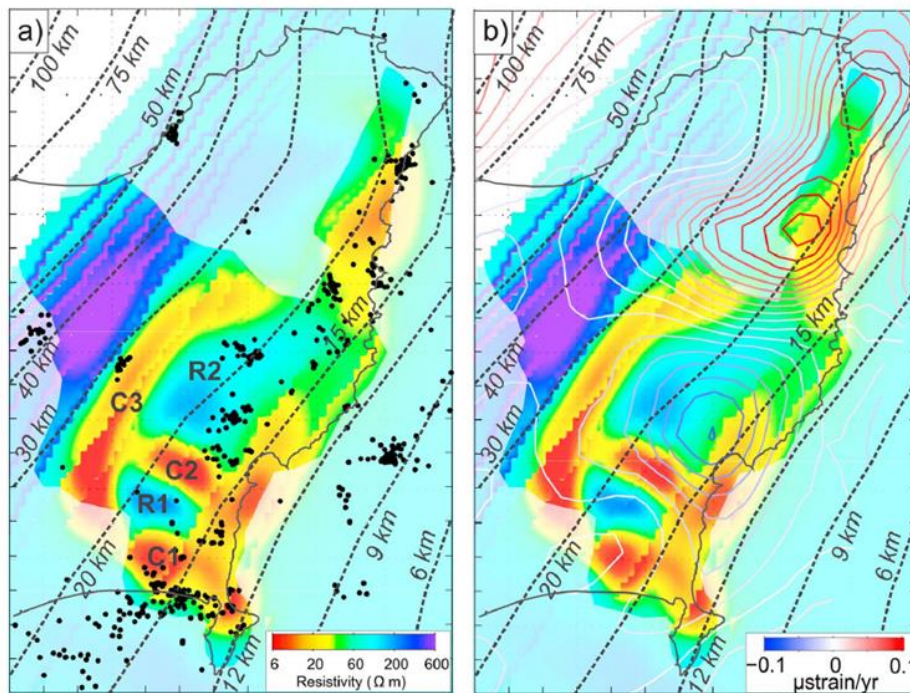


図1 ニュージーランド北島での比抵抗構造 (Heise et al., GRL, 2018). 左図：比抵抗構造と地震活動の比較。低比抵抗域 (C2) では地震は起きていない。コンターは東から西へと沈み込む海洋プレートの上面深度。右図：東から西へと沈み込む海洋プレート境界で上面（陸側）と下面（海洋プレート）間のカップリングの高い地域（青色のコンター線）の中心部には高比抵抗域が広がっている。カップリングが低い地域（赤色のコンター線）には高比抵抗域は認められない。

そこで本研究では、海底における電磁気探査を実施する。海底下の比抵抗分布は、地震の発生様態を支配する要素の一つである岩石中に含まれる水の分布についての制約を与える事が知られているためである。既往研究の例として、ニュージーランドでの陸上電磁探査によって得られた

地下比抵抗構造を示す(図1). 通常のプレート境界地震が発生している地域には, 高比抵抗域 R2 (断層周辺で含水率が低い部分) が広がっていることが明らかとなった. その一方で, 北西部のスロー地震発生域ではそのような高比抵抗域はなく, むしろ低比抵抗な特性を示している. これから, プレート境界でのスロー地震と比抵抗構造(海底下の間隙水分布)の関係性が示唆される. ただし, スロー地震発生域での電磁探査データが不足しており, はっきりした特徴は捉えられてはいない. したがって本研究では, 海底電位差磁力計 (Ocean Bottom Electro-magnetometer, 以下 OBEM)を用いた Magnetotelluric (地磁気地電流) 法観測を日向灘において実施して, 南海トラフ西方のスロー地震海域における電気比抵抗分布を解明する事を目的とする.

2. 活動の実施概要

本研究は深江丸研究航海を用いて 2017 年 3 月より継続的に実施しているテーマであり, 観測研究の一部は科学研究費助成事業新学術領域研究「スロー地震学」(領域番号 2804) より助成を受けている. 本航海 (2019 年 8 月 23 日~9 月 3 日) のうち, 往路中の 2020 年 8 月 25 日に, 宮崎県沖の計 5 地点に設置済みであった OBEM (合計 5 台) の回収を行った site site NU5, NU8, NU11, NU12 の 4 台は通常型の OBEM (図 2) であり, Site EMP1 の 1 台は圧力計付きの OBEM (OBEMP)である (図 3). 観測点分布図を図 4 に示した.

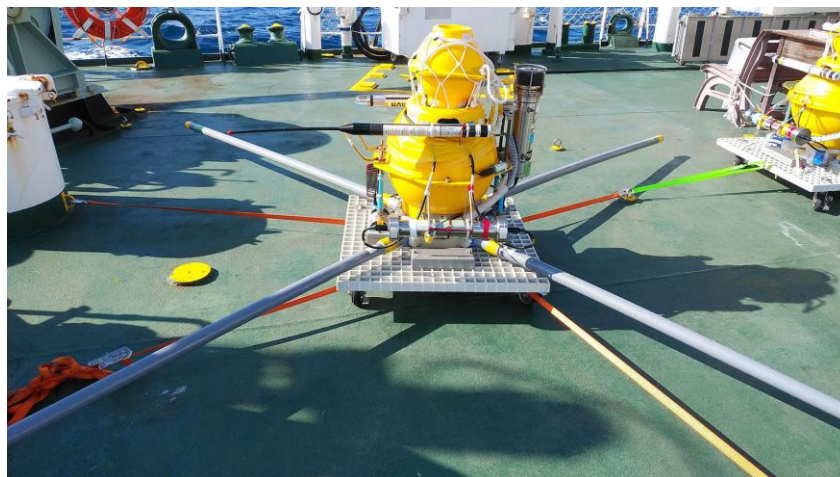


図 2 通常型 OBEM (他航海にて深江丸で設置した同型機)

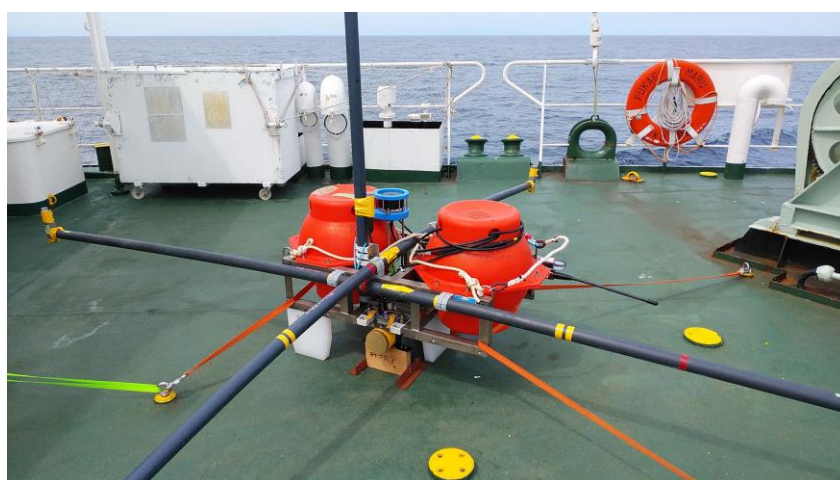


図 3 圧力計付き OBEM (OBEMP) (他航海にて深江丸で設置した同型機)

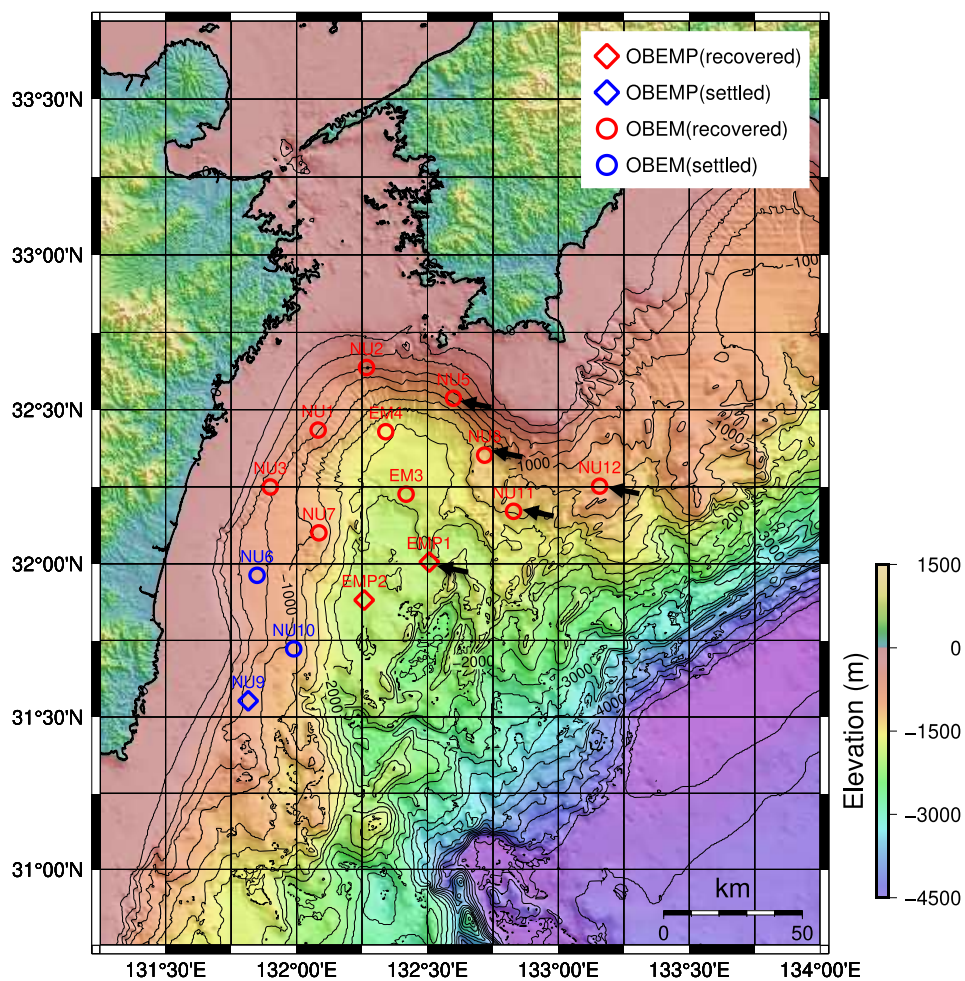


図4 観測点位置図. 本航海では矢印で示した5地点においてOBEMを設置した.

OBEMの回収は下記の(1)~(11)の手順による. 全5台のOBEMの回収作業は順調に実施された. 各OBEMの緯度経度情報については表1に, 回収時の時刻などについては表2にまとめた.

- (1) 深江丸左舷側から音響トランスデューサを水中に投入する.
- (2) 船とOBEM間のスラントレンジ(斜距離)を音響測距する.
- (3) OBEMの錘の切り離し音響信号を船から送信し, OBEMの信号受理応答を確認する.
- (4) スラントレンジの測定を継続する. 錘の切り離しには15分間程度を要する.
- (5) スラントレンジの急変(距離が縮む)から, OBEMの離底とその時刻を確認する.
- (6) OBEMの浮上予測時間を計算する. 音響トランスデューサを一旦デッキへ揚収し, 船を浮上後のOBEMを視認・回収しやすい位置へ移動する.
- (7) ラジオビーコンの信号(および夜間の場合はフラッシャーの点滅)により, OBEMの浮上を確認する. 必要に応じて音響トランスデューサを左舷側から水中へ投入し, OBEMと船の距離を測定する.
- (8) 洋上のOBEMが視認できたら, 船の右舷側面にOBEMが来るように船位を調整.
- (9) 舷側のOBEMに対して回収用フック2つを用いて回収ロープを取り付ける.
- (10) クレーンに回収用ロープを取り付けて, OBEMをデッキへ揚収する.
- (11) 静水によるOBEMの洗浄, OBEMの電源停止, 一部パーツの取り外しを行ったのち,

OBEM の時計情報および記録データの吸い出しを実施する。

表 1. OBEM の緯度経度等の情報

site ID	OBEM ID	Latitude (settled)	Longitude (settled)	Depth (settled)	Transponder	
					ID	Code
EMP1	KB302VT	32:00.3427N	132:30.4258E	1903.0	SI2-303	SI2-303
NU11	JM107	32:10.2444N	132:49.7107E	1406.8	JX-1199	3E-1
NU12	JM106	32:15.1365N	133:09.4450E	1076.7	JX-1198	2D-1
NU8	TOK02	32:21.1759N	132:43.0859E	1296.8	JX-1189	4F-1
NU5	KYT02	32:32.2279N	132:35.9431E	925.4	JX-1280	5B-1

表 2. OBEM の回収作業の時刻情報 (2020 年 8 月 25 日 時刻は JST)

site ID	コール送信	切離信号 送信	離底予想	離底時刻	浮上予想	浮上時刻	揚収終了
EMP1	4:56	4:58	5:13	5:11	5:53	5:50	6:10
NU11	8:06	8:10	8:25	8:22	8:57	9:00	9:50
NU12	11:30	11:34	11:49	11:54	12:20	12:20	12:40
NU8	14:54	14:57	15:12	15:10	15:42	15:41	15:50
NU5	17:11	17:14	17:29	17:29	17:52	17:53	18:05

3. 活動結果・成果の概要

本航海では OBEM 5 台全ての回収に成功し、いずれの OBEM にも海底での電磁場データが記録されていた。各観測点での観測期間は約半年から 1 年間である。OBEM では磁場 3 成分、電場 2 成分に加えて、機器の傾斜と温度を測定している。さらに EMP1 では、圧力計により水圧変動も測定している。電磁場データのサンプリングレートは記録開始から約 2~3 週間は 8Hz、その後は 0.016Hz (60 秒毎) である。得られた電場・磁場の時系列データに対してフーリエ変換を行うことで、各地点での海底下の応答関数を得ることができる。使用ソフトは BIRRP(Chave and Thomson, 2004) である。応答関数の推定の際には、海底でのノイズの低減のために、気象庁柿岡地磁気観測所の地磁気データを参照データとして使用している。

解析結果 (MT 応答関数) の例を図 5 に示す. 幅広い周波数帯に渡って, 見掛比抵抗・位相共に安定して求めることができた. ここで, 橙色(xx)・水色(yy)は電磁誘導の性質上, 見掛比抵抗は小さく求まり, 位相は安定しにくいことが知られているため, ここでは赤色 (xy)・青色 (yx) に着目する. 見掛比抵抗・位相共に, xy と yx では曲線の形が大きく異なっている. このことから, 地下には水平方向へ不均質性があることが予想される. また見掛比抵抗 xy に着目すると, 高周波数から低周波数に行くにつれて値が上昇し, さらに低周波数では下降する特徴が見られる. このことから, 海底下では(1)海底直下の低比抵抗層, (2)その下の高比抵抗層, (3)さらにその下の低比抵抗層がそれぞれ分布することが推測できる. (1)は堆積層, (2)は基盤岩層 (付加体), (3)は沈み込むフィリピン海プレートにそれぞれ相当するのではないかとと思われる. ただしこれらの応答関数には海底地形の影響が強く現れるため, 海陸境界や海底下構造を含む 3 次元的な比抵抗構造を作成し, 定量的な議論を行うことが今後必要である. すでに, これまでに得られた 12 観測点での電磁場データを用いた「MT 法 3 次元海底下構造逆解析 (Inversion)」は実施途上であり, 予察的な海底下構造は得られている. これは深江丸研究航海によって, 良質な海底電磁場データを得ることができた為である. 今後も解析及び観測を継続する予定である.

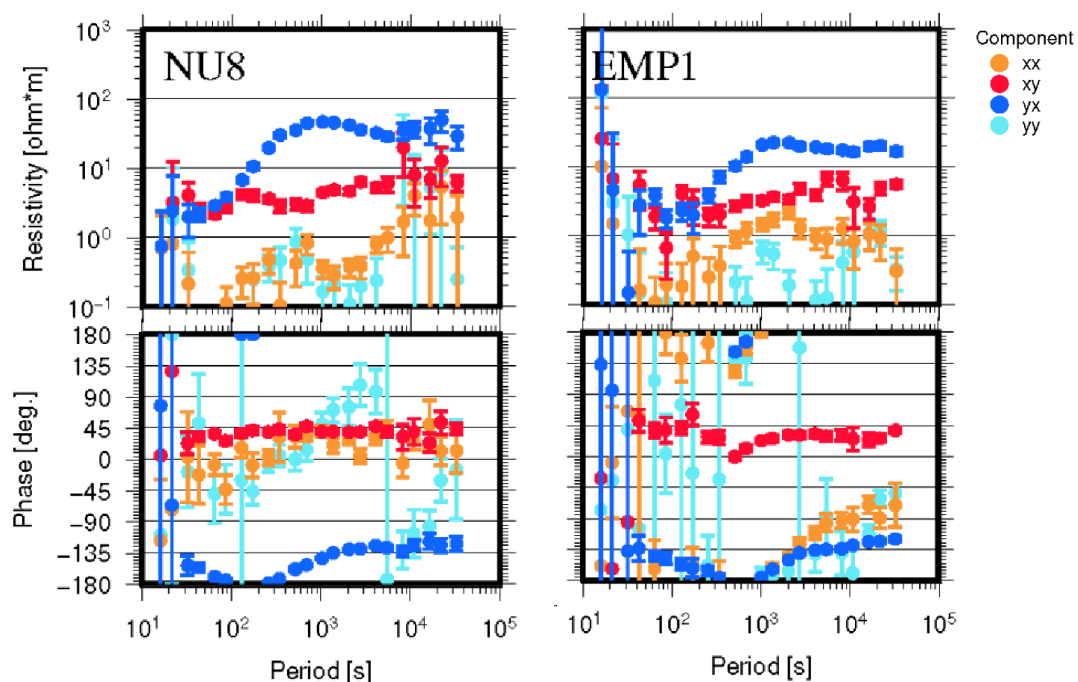


図 5. MT 応答関数の例 (NU8、EMP1). 上) 見掛比抵抗曲線, 下) 位相曲線.

4. 研究目標の達成状況及び今後の夏季・春季研究航海活用の予定

本研究は (1) OBEM データの取得, (2) 比抵抗構造の推定, (3) 解釈, (4) 研究成果の公表のプロセスにより進めている. 深江丸による OBEM 観測はこのうちの (1) にあたり, 現在 12 観測点において OBEM の観測が完了している. さらに, 図 4 の 3 地点 (NU6, 9, 10) にて海底電磁場観測を継続中である. 今後はこれらの 3 台の OBEM の回収作業を行うことを計画しており, 深江丸研究航海を活用したいと考えている.

5. 研究成果

- ・ 学術雑誌 (査読つき国際会議、解説等を含む)

なし

- ・国際会議・国内学会・研究会・口頭発表等

H. Ichihara, T. Goto, T. Matsuno, N. Tada, and S. Sato, Marine electro-magnetic observations around slow earthquake areas in the western Nankai trough, Japan Geoscience Union Meeting 2019, SCG48-P33, May 2019, Chiba.

中村捷人・市原寛・後藤忠徳・松野哲男・多田訓子・佐藤真也, 日向灘周辺における MT 応答関数の推定, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, SEM21-P04, July 2020, Virtual Meeting (<http://www.jpгу.org/>).

- ・その他 (特許, 受賞, マスコミ発表等)

なし

6. 研究成果公表の予定

- ・第 148 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会(2020 年 11 月) 等での研究発表
- ・Earth, Planets, and Space 等の国際誌に研究成果を公表 (比抵抗構造の解明後できるだけ早い時期)

3. おわりに

令和元年度の夏季研究航海では、神戸大の研究チームおよび他大学等の教育研究機関、企業の研究チームなど、全6チームにご参加いただきました。多様な計測・調査・研究活動に深江丸をご利用いただきましたこと、深く感謝申し上げます。本航海で得られたデータによってまとめられる研究、今後も引き続きデータの取得と蓄積に努める研究等、様々な取り組みがあると理解しております。今後とも、様々な研究・教育活動のために練習船 深江丸の研究航海をご活用頂けますようお願い申し上げます。

本教育開発センターでは、深江丸の教育・研究利用を通じて利用者各位のご要望等を伺い、研究効果と経済的運航の両立を図った運航計画の立案に努めたいと考えています。無論、航海において、安全面が最優先されることは論を待ちません。これらを念頭に、今後も深江丸の研究・教育利用の促進を図って参ります。皆様の積極的な活用を、何卒宜しくお願い申し上げます。



令和元年度深江丸夏季研究航海 研究活動報告

令和2年8月26日

編集：海事科学教育開発センター長 藤本 岳洋