

平成31年3月19日

平成30年度報告書

船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化 及びその活用に関する研究

大島商船高等専門学校

商船学科 久保田 崇

神戸大学 大学院

海事科学研究科

一般社団法人日本海事検定協会

検査第一サービスセンター

目次

1	はじめに	1
2	実験	2
2.1	実験装置	2
2.2	実験船舶および設置場所	4
3	解析	8
3.1	解析エリア	8
3.2	データ計測	9
4	結果	10
4.1	外洋エリア	10
4.2	狭水道エリア	13
4.3	内海エリア	16
4.4	まとめ	18
5	曳航操船情報表示システム	19
5.1	システムの構成	19
5.2	Lab View による表示プログラムの制作	20
5.3	表示器	23
5.4	新しいコンセプト	24
5.5	結果と考察	24
6	まとめ	26
	参考文献	27
	【報告】SAVERXware の不具合について	28

1. はじめに

国内における貨物輸送事故は、少なからず発生している。近年、日本沿岸の航行船舶数の増加が目立つ。東京湾における一日の船舶航行数は約 500 隻である。これはマラッカ・シンガポール海峡と比較しても約 2 倍の航行量である。また同じように日本沿岸を航行する船舶が大型化している。全長 160m 以上の巨大船の交通量は平成 28 年度調べでは、東京湾約 9000 隻、瀬戸内海では、約 2000 隻が航行している⁽¹⁾。その中には、外国船籍且つ外国人船員の船舶も多く含まれており、新たな要因の貨物事故のリスクも懸念されている。平成 30 年 10 月 22 日未明に発生した大島大橋衝突事故はまさに新しいタイプの貨物事故である⁽²⁾。事故を起こした貨物船「エルナ・オルデンドルフ」(マルタ船籍)を所有・運航するオルデンドルフ・キャリアーズは、ドイツ最大のバルク(バラ積み貨物)運搬会社で、約 4000 万トンの運搬能力を持つ約 500 もの船舶を運航している。船には、インドネシア人の船員 21 人が乗船し、韓国オンサン港から広島県呉港沖を經由し、江田島港を目指す予定だった。高さ約 40m のレーダーマスト、さらに 35~36m のクレーン 4 基を搭載した船体で、大島大橋(海面からの高さ 31.9m)の下を通過しようとして衝突した。その後も船を止めることも通報もすることなく、クレーンが破損し、マストが折れた状態で呉港沖まで向かっていた。本事故が発生した原因は橋桁の高さと船のマストの高さの相違ではあるが、日本では内航船も通ることを躊躇うような難所であり、やはり情報不足が原因であると思われる。専門家の意見によると、このようなケースの事故は今後増加するとみられており、日本政府からの情報提供や呼びかけが必要であるとの事である。本研究で取り扱う船舶においては、一見かけ離れた出来事に思えるが、安全に関する知識・情報の不可欠性という点では同じ部類であるように思える。

本研究では、貨物輸送を行う際に不特定多数の者が、安全運航に有意となる資料として活用できる研究を行うことを目的としている。本年度共同研究では、昨年度に引き続き、東洋建設株式会社の協力を得て、深層混合処理船「DCM8 号船」、曳航船「くろしお丸」の操船や運航に関するデータを採取した。本研究では、GPS 計測器から得られた船体動揺を基に、両船の航行中・作業中に発生した衝撃、振動、落下等が分かる加速度計の計測結果を示すとともに、曳航船と被曳航船の遠隔監視装置実験の結果を述べる。

2. 実験

本研究では平成 30 年 7 月 30 日から 8 月 3 日の鳥取県境港～鳴尾浜への曳航船と被曳航船の航海の動静計測・加速度計測および曳航船と被曳航船の遠隔監視装置の作動を実施した。以下に使用した実験装置および実験海域について述べる。

2.1 実験装置

(1) NKKK 実験装置

船舶の動揺計測に使用した実験装置は米国ラスモンド社製 SAVER3D15 である。本機をメタルボックスで梱包し、保護した。そして曳航船の計 3 か所に固縛し設置した。図 1 に本機及び梱包について示す。



図 2-1 : 実験装置 (SAVER 3 D15)

平成 25 年度共同研究では本機の計測性能実験を実施し、入港時などの船体動揺の際における加速度 (3 軸) 及び周波数特性を観測できることを検証済みである。また昨年度についても本機の加速度及び周波数特性を観測することができた。

(2) 神戸大学実験装置

次に神戸大学が所有する古野電機製の GPS コンパス、GPS スピードログを 2 台設置した。図 2-2 に GPS コンパス、図 2-3 に GPS スピードログの構成について示す。



図 2-2 : 実験装置 GPS コンパス (SC-30)



図 2-3 : 実験装置 GPS コンパス (GS-100)

図 2-2、図 2-3 より、曳航船側には GPS コンパスを被曳航船には、GPS スピードログを各々設置した。両装置は周期が 1Hz すなわち一秒間隔で真針路、測位時刻 (UTC)、緯度経度、対地速度 (ノット)、進行方向 (真北)、日付 (UTC)、変位の向き (EW) 船首方位、ピッチ、ロール、ヒープなどを計測できることが確認できる。そして更に本実験では、神戸大で構築された曳航船と被曳航船の遠隔監視装置のリアルタイムの受信実験も実施するために、曳航船船橋に設置されたノート PC にデータを送信するために、被曳航船側のコンテナにはブルートゥースが接続され、受信した GPS データを無線で PC に送信するような機器の構成とした。図 2-4 に曳航船と被曳航船の遠隔監視装置実験の様子を示す。



図 2-4 : 遠隔監視装置

図 2-4 より、本実験では、遠隔監視装置用のノート PC は曳航船側の主電源を利用し、計測を試みた。また曳航船側からの GPS データは図のような無線装置を介して受信しリアルタイム計測を実現した。

2.2 実験船舶および設置場所

(1) 実験船舶

実験船舶について、図 2-5 に曳航船、2-6 被曳航船の外観を示す。また表 2-1、2-2 に各船の要目を示す。

表 2-1：曳航船要目

曳航船 くろしお丸 要目	
全長	33.13m
幅（型）	8.50m
深さ（型）	4.4m
総トン数	99 トン



図 2-5：曳航船

表 2-2：被曳航船要目

被曳航船 DCM 8 号 要目	
全長	48.00m
幅（型）	22.50m
深さ（型）	3.5m
喫水	1.5m



図 2-6：被曳航船

図 2-7 に曳航船・被曳航船の配置を示す。図より被曳航船を曳航船で境港から鳴尾浜まで曳航する。曳航索はブライドルワイヤー、クッションロープ、ワイヤーロープの 3 種で構成し、2 船の間隔は約 300m を維持する。ただし港内など狭い水域においては全長を 200m 未満として航行する。

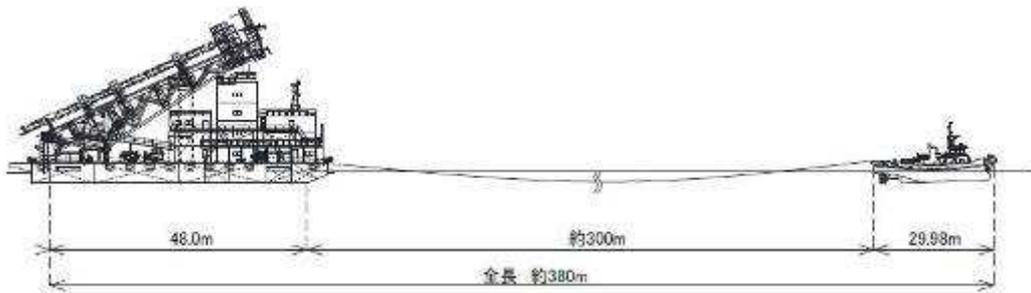


図 2-7：曳航船・被曳航船の配置

(2) 設置場所

図 2-8 に被曳航船の実験装置の配置、そして図 2-9 に曳航船の実験装置の配置を示す。

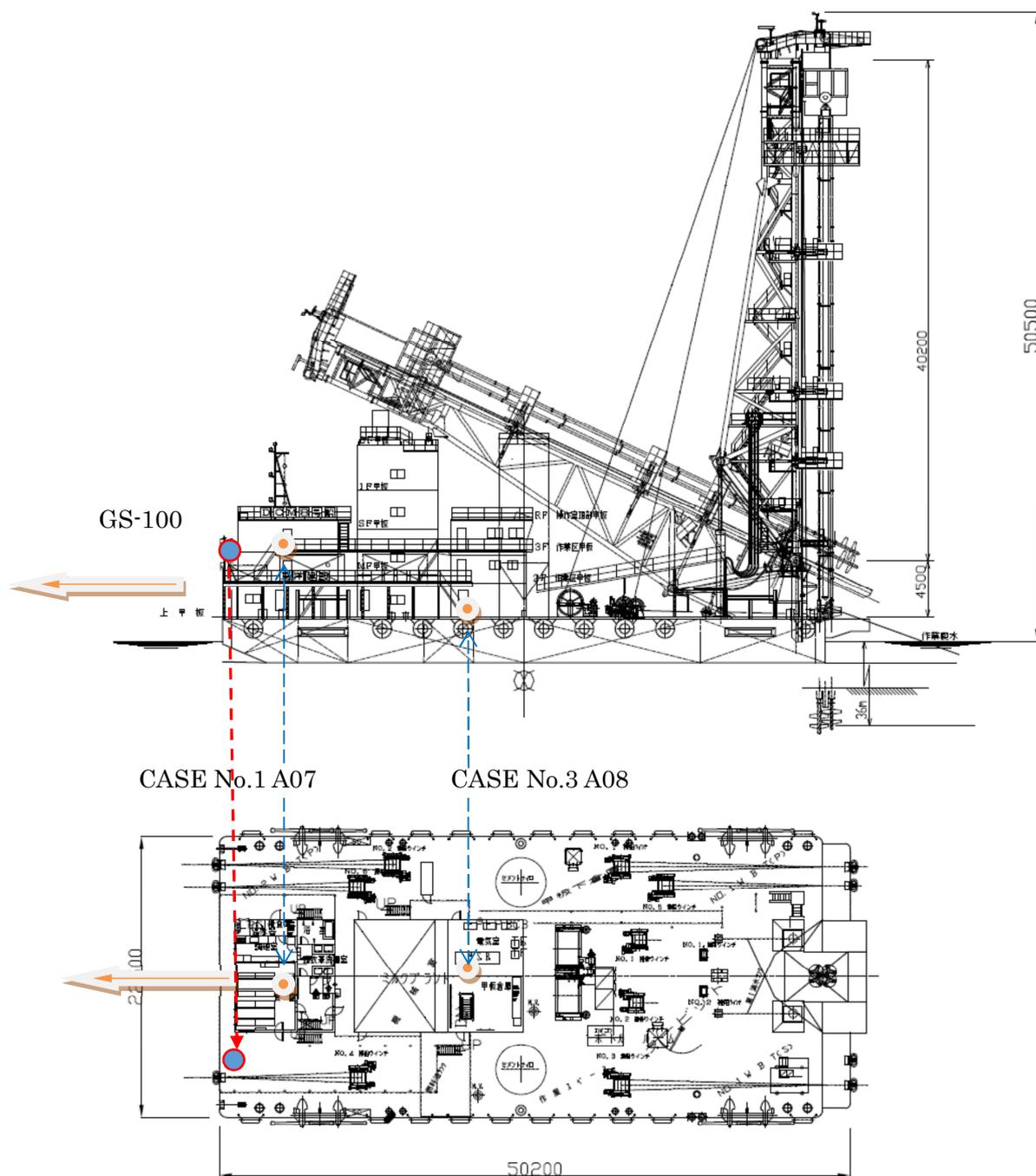


図 2-8 : 被曳航船の実験装置の配置

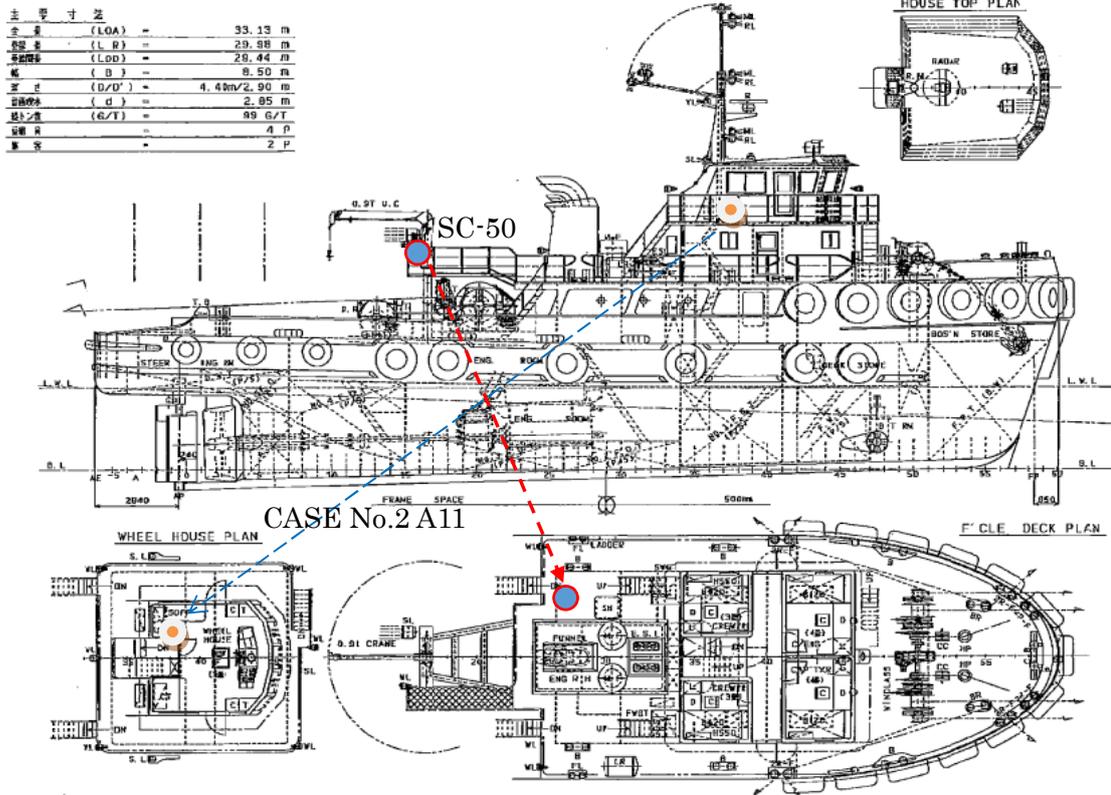


図 2-9 : 曳航船の実験装置の配置

図 2-8、図 2-9 より、実験装置の加速度計は、被曳航船に 2 機 (No.1,3) 曳航船に 1 機 (No.2) 計 3 機を設置した。GPS コンパスは曳航船の船橋裏ファンネル後部左舷側、GPS スピードログは被曳航船の前部左舷側フライングデッキ下に備え付けた。

(3) 実験海域

次に実験海域について図 2-10 に示す。



図 2-10 : 航路の概要

図 2-10 より、実験の航路は、鳥取県境港を出港し、関門海峡を通過、瀬戸内海に入り、西宮市鳴尾浜に入港する航海である。次に表 2-3 に回航計画を示す。

表 2-3：回航計画

日付	時間	経路	距離(海里)
7月30日	0800	境港	-
7月30日	1800	日御崎沖	45
7月31日	1900	角島沖	112
8月1日	0200	六連島沖	31
8月1日	0730	本山沖	25
8月1日	1730	八島沖	45
8月2日	1000	百貫島沖	75
8月2日	2100	地藏崎沖	50
8月3日	0600	明石海峡	41
8月3日	1030	鳴尾浜港	21

次に表 2-5 に 1 回目の気象・海象データ、そして図 2-11 に観測場所を示す。

表:2-5 気象・海象データ

	日付	位置	時間	天候	風向	風速 m/s	波高 m	視界	速力
①	7月30日	境港曳航開始	0800	晴	East	4	-	良好	4.5
②	7月30日	日御碕	1600	晴	NE	6	1	良好	5
③	7月31日	高山岬	0800	晴	NE	5	1	良好	4
④	7月31日	川尻岬 北東3海里	1600	晴	East	2	1	良好	4
⑤	8月1日	関門橋	0800	晴	East	5	0.5	良好	5
⑥	8月1日	防府沖	1600	晴	East	5	0.5	良好	3.5
⑦	8月2日	沖家室島	0800	晴	East	2	0.5	良好	3
⑧	8月2日	菊間沖	1600	晴	West	1	0.5	良好	3
⑨	8月3日	福山沖	0800	晴	SW	3	0.3	良好	3
⑩	8月3日	日比沖	1600	晴	West	2	0.3	良好	4
⑪	8月4日	須磨区沖	0800	晴	West	1	0.5	良好	3
⑫	8月4日	鳴尾浜	1500	晴	West	6	0.5	良好	3



図 2-11 : 気象観測場所

図 2-12 より、気象は太平洋高気圧の張り出しにより快晴であった³⁾。また表 2-5 より風速も最大で 6m/s と弱く、波高も外洋でも 1m、内海では、1m 以下と全体を通して、穏やかな気象であった。

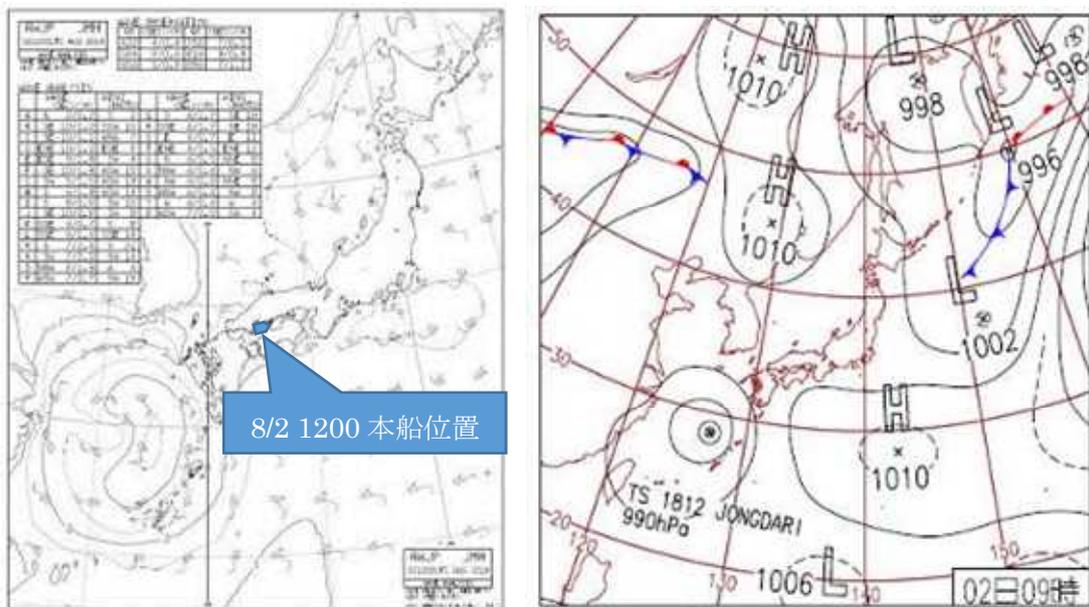


図 2-12 : 天気図 (8月2日気象庁 HP)

3. 解析

3-1 解析エリア

前項に述べた通り、本実験海域においては、全日快晴で風も弱くまた風向も一定方向からの風が多かった。また波高については、全て 1m 以下となり、海面状態は非常に穏やかであった。その為、前報告書のように、気象別・風向別に解析することは困難である。また曳航船の速度は、3~5 ノットで安定しているため、本研究では、外洋、狭水道、内海の海域別における船体動揺および加速度の差異を述べる。図 3-1 に解析対象エリアを示す。



図 3-1 : 解析対象エリア

(1) 外洋エリア

境港出港してから 1 時間後の 7 月 30 日 0900 から 60 分を解析対象とする。

(2) 狭水道エリア

関門橋を通過後の 8 月 1 日 0800 から 60 分間を解析対象とする。

(3) 内海エリア

福山沖航行中の 8 月 3 日 0800 から 60 分間を解析対象とする。

3-2 データ計測

GPS 装置では、Pitch ; X 軸回転運動、Roll ; Y 軸回転運動、Heave ; Z 軸上下移動が計測可能である。図 3-2 に船体の 3 次元動揺について示す。船舶の真針路に対して、風浪を受ける場合、風上から来る波の影響や風圧抵抗により、三軸の何れかには作用し、回転運動や移動に変化が見られる。

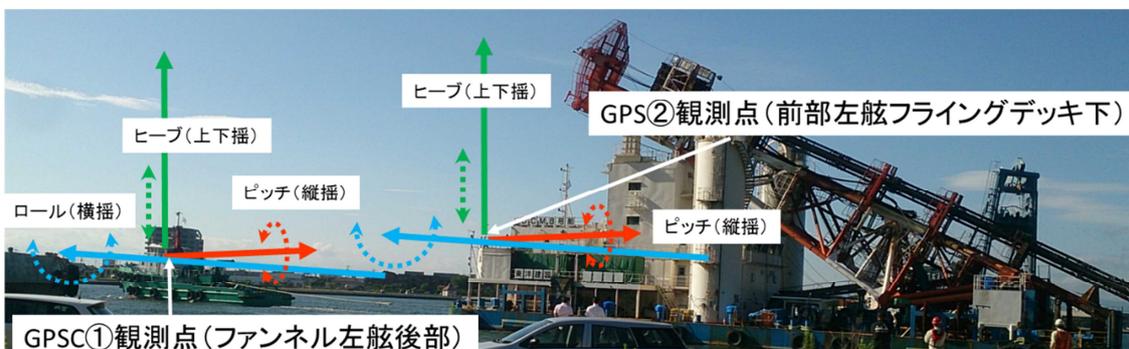


図 3-2 : 船体の 3 次元動揺

また加速度計の3軸の方向について、図 3-3 に示す。図 3-3 より Y 軸の正は船首方向の加速度を示し（青矢印） X 軸の正は右舷方向の加速度を示す（赤矢印）すべて同じ座標軸となる

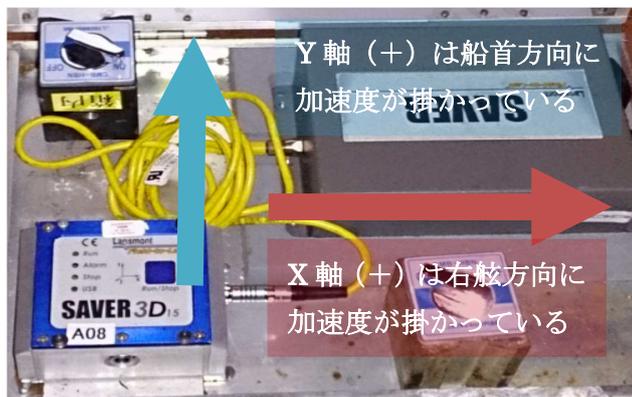


図 3-3 : 加速度計の軸方向

4. 結果

4.1 外洋エリア

図 4-1 に曳航船・被曳航船のピッチ角、図 4-2 に曳航船・被曳航船のロール角、そして図 4-3 に曳航船・被曳航船のヒープ変位の結果を示す。なお図中の青線は曳航船、橙線は被曳航船のデータを示す。縦軸はピッチ、ロールは角度（度）そしてヒープは変位（m）を表しており、データ長さは 5 分間である。

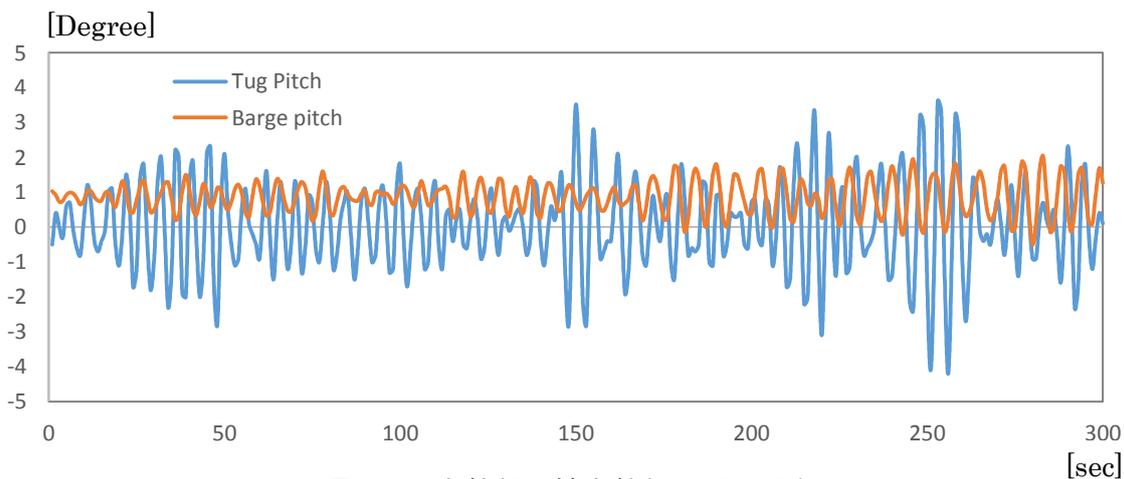


図 4-1 : 曳航船・被曳航船のピッチ角

図 4-1 より、波高が 1m と穏やかな状態ではあったが、日本海側からのうねりの影響もあり曳航船の縦揺れ最大値は 4 度以上と大きな値となった。しかし被曳航船の縦揺れは、1 度（船首方向）を中心として、1 度程度の振幅となり、安定していた。

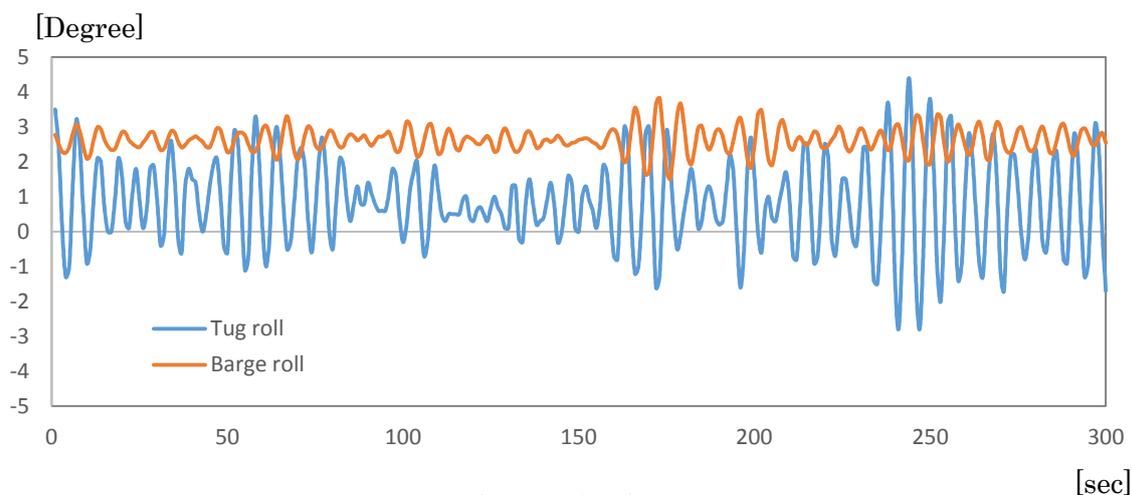


図 4-2：曳航船・被曳航船のロール角

図 4-2 より、横揺れについては、曳航船は 1 度（右舷方向）を中心として最大で 2 度程度の振幅であった。また被曳航船の横揺れは 2.5 度付近を中心に 1 度以内の振幅と安定していた。

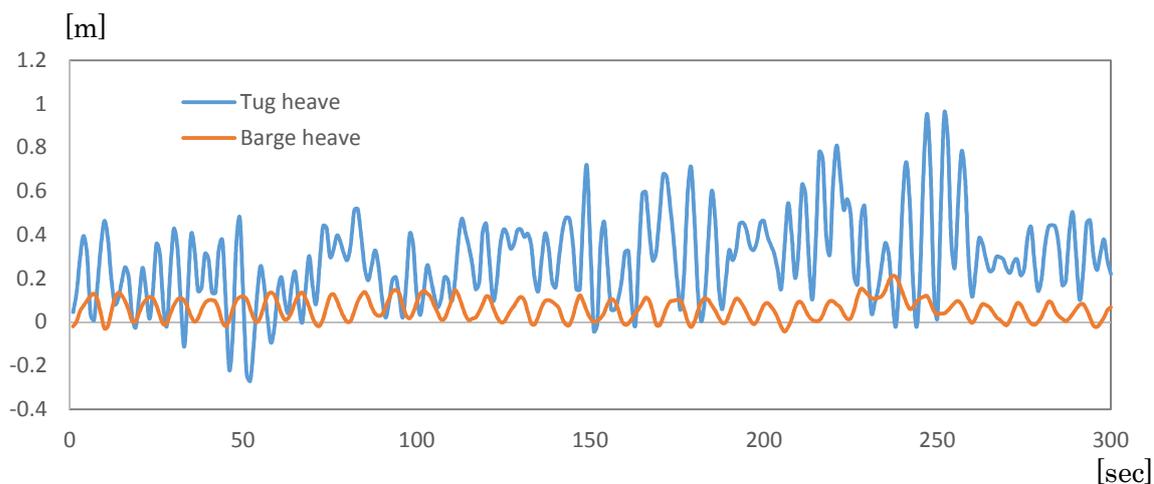


図 4-3：曳航船・被曳航船のヒープ変位

図 4-3 より、上下変位については、曳航船は不規則な 1m 以内で不規則な変位が生じている。しかし被曳航船は 10cm 程度上下変位と非常に安定している。

次にこのエリアの加速度計の計測結果を示す。図 4-4 に No.1 加速度計による振動の結果、図 4-5 に No.2 加速度計による振動の結果、そして図 4-5 に No.3 加速度計による振動の結果を示す。なお図中の赤色波形は舷方向（X 軸方向）、緑色は船首方向（Y 軸方向）、黄色は上下方向（Z 軸方向）の加速度の変化を示す。時間軸は約 5 分である。また 2 章でも示した通り No.1 加速度計は被曳航船の作業区甲板の食堂付近に、No.3 加速度計は上甲板の電気室付近にそして No.2 加速度計は曳航船の船橋に設置した。

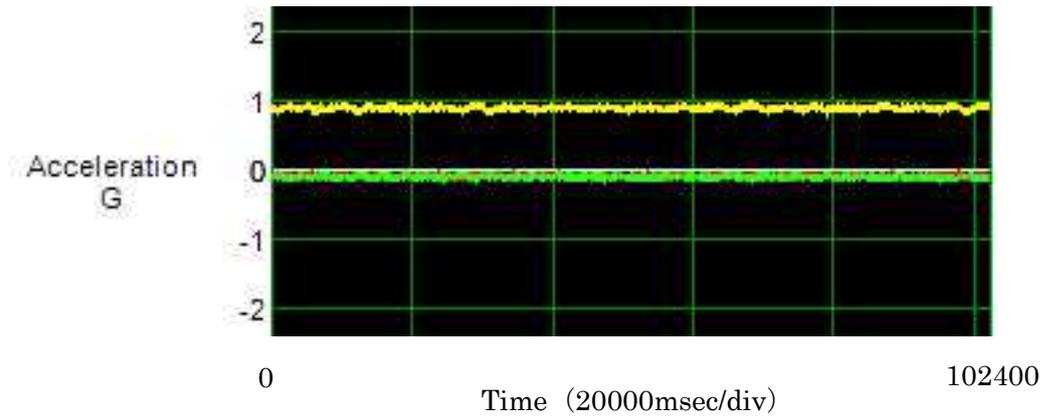


図 4-4 : 外洋における振動 (No.1 加速度計)

図 4-4 より、No.1 加速度計の上下振動は 1G を中心に小刻みに揺れているが、振幅は小さい。また船首・舷方向においても振動は殆ど無い。次に図 4-5 に No.2 加速度計の結果を示す。

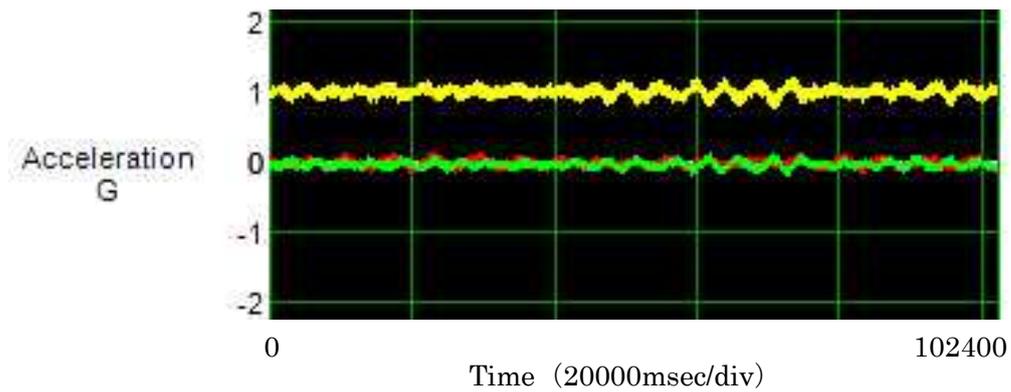


図 4-5 : 外洋における振動 (No.2 加速度計)

図 4-5 より、上下方向の振動は不規則に激しく振動している。上下振動とシンクロし船首方向の振動も大きくなっている。また半周期ずれて舷方向の振動も大きくなっていることが分かる。次に図 4-6 に No.3 加速度計の結果を示す。

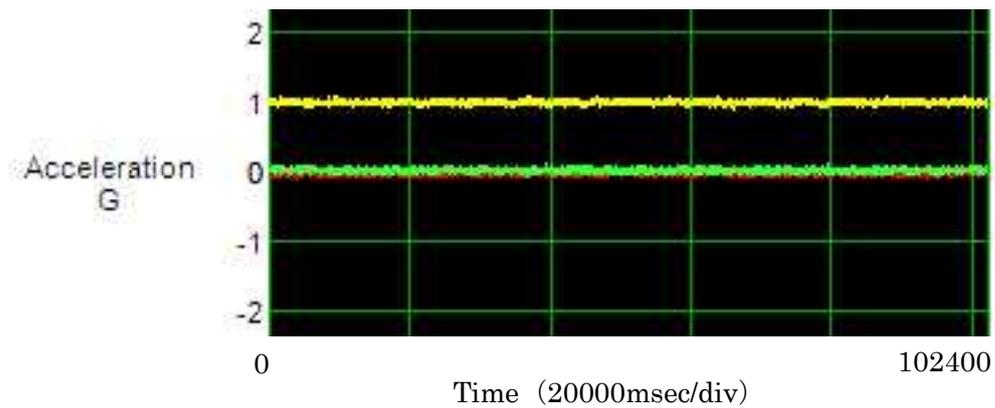


図 4-6：外洋における振動（No.3 加速度計）

図 4-6 より、No.1 加速度計の上下振動の振幅は非常に小さい。また船首・舷方向においても振動は殆ど無い結果となった。

4.2 狭水道エリア

図 4-7 に曳航船・被曳航船のピッチ角、図 4-8 に曳航船・被曳航船のロール角、そして図 4-9 に曳航船・被曳航船のヒープ変位の結果を示す。

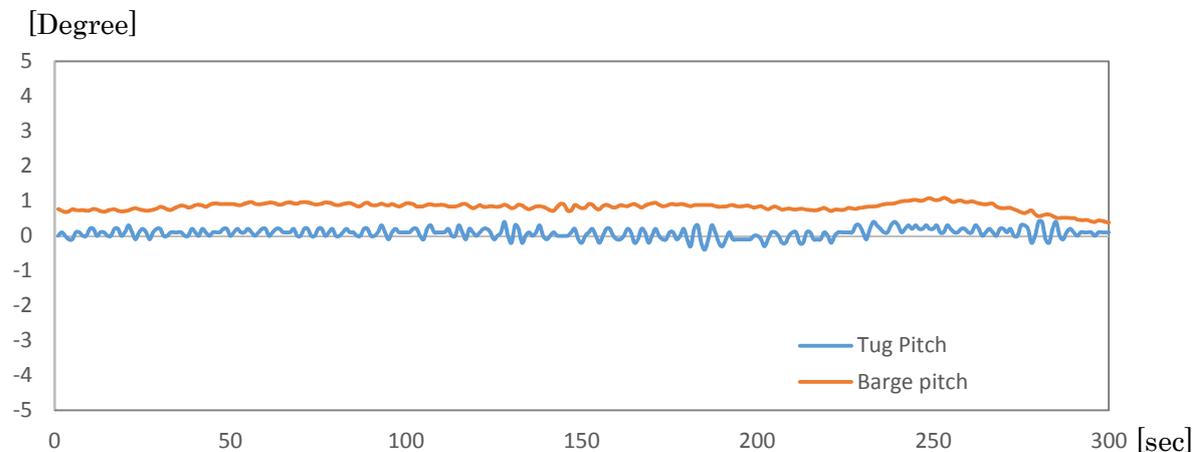


図 4-7：曳航船・被曳航船のピッチ角

図 4-7 より、狭水道エリアの縦揺れは曳航船、被曳航船ともに 1 度以内収まり、非常に安定していた。次に図 4-8 に曳航船、被曳航船のロール角を示す。

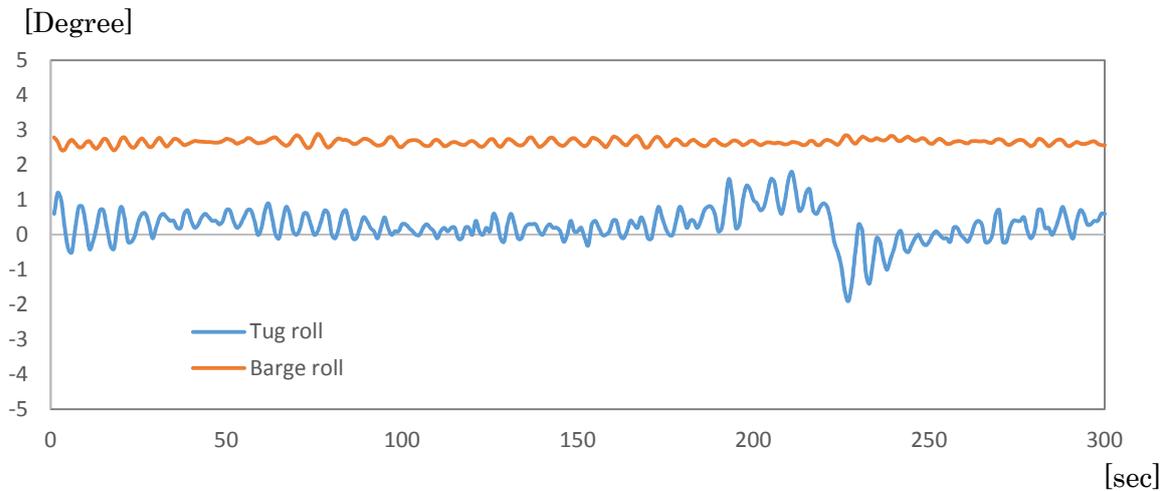


図 4-8：曳航船・被曳航船のロール角

図 4-8 より、被曳航船の横揺れは殆ど動きが無いが、曳航船の横揺れは不規則である。観測地点は関門大橋を通過し、門司区を通過する辺りでこまめな変針があった場所である為と推測する。

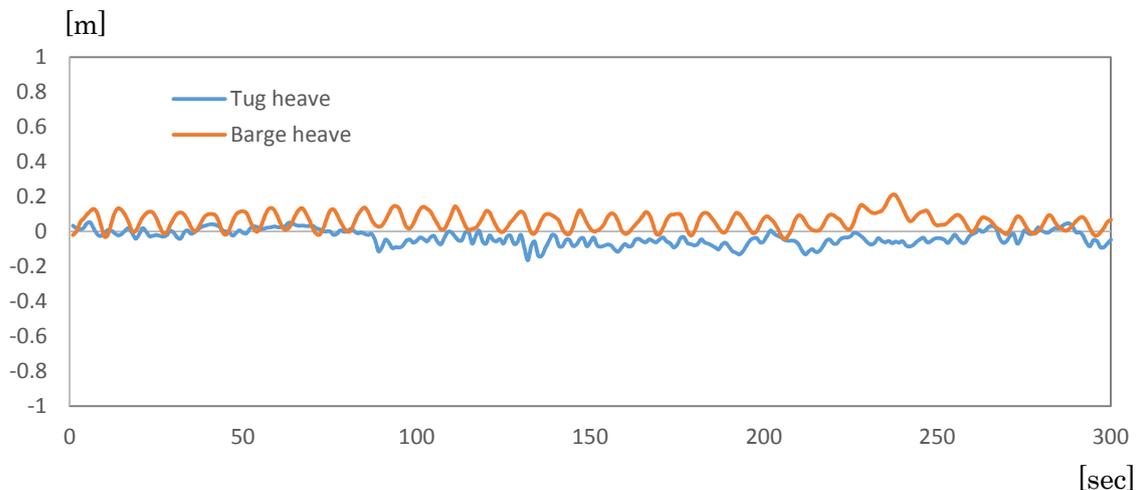


図 4-9：曳航船・被曳航船のヒープ変位

図 4-9 より、曳航船、被曳航船の上下変位についてもほとんどない状態であった。ピッチ角、ロール角に 250 秒付近で変化が見られたが、これは変針が原因である。次に図 4-10 に No.1 加速度計の結果を示す。

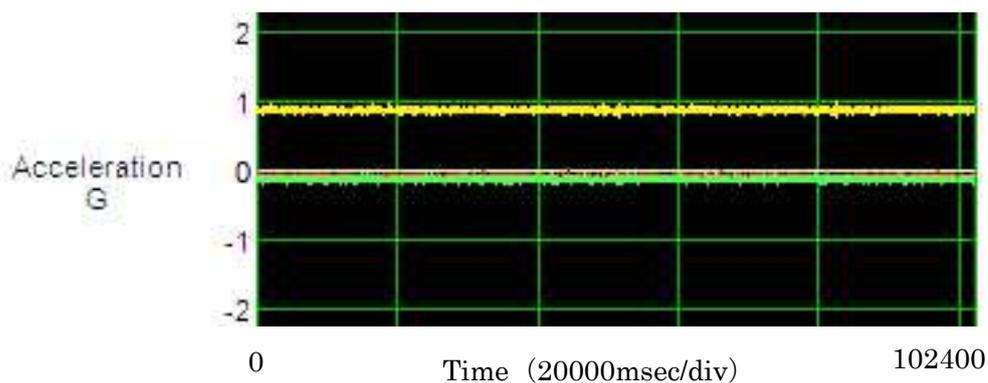


図 4-10：狭水道における振動（No.1 加速度計）

図 4-10 より、No.1 加速度計の上下振動の振幅は非常に小さい。また船首・舷方向においても振動は殆ど無い。次に図 4-11 に No.2 加速度計の結果を示す。

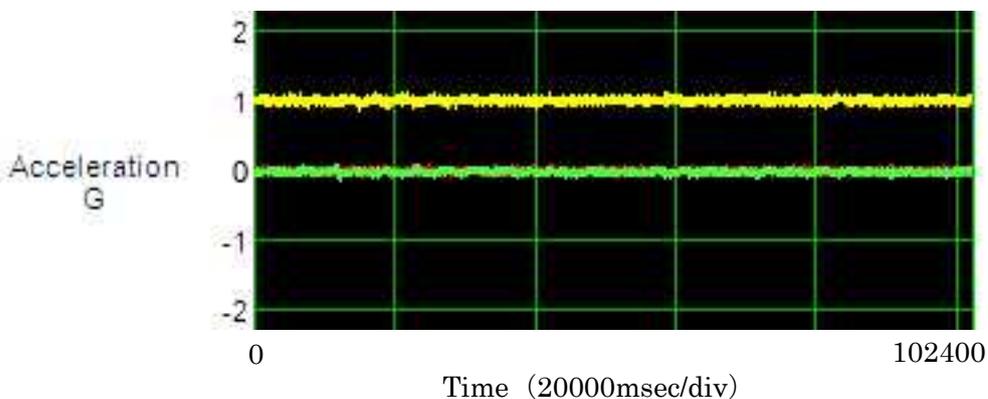


図 4-11：狭水道における振動（No.2 加速度計）

図 4-11 より、No.2 加速度計の上下振動の振幅は No.1 と No.3 に比べると多少は大きい。また船首・舷方向の振動も同様である。次に図 4-12 に No.3 加速度計の結果を示す。

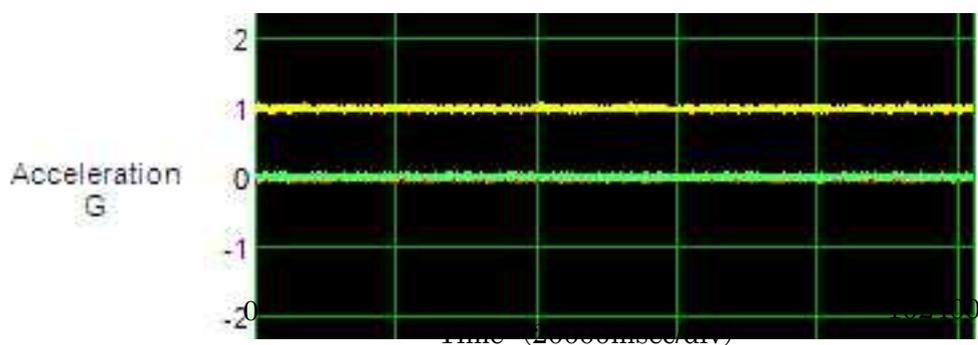


図 4-12：狭水道における振動（No.3 加速度計）

図 4-12 より、No.1 加速度計の結果同様、上下振動の振幅は非常に小さい。また船首・舷方向においても振動は殆ど無いという結果となった。

4.3 内海エリア

最後に図 4-13 に曳航船・被曳航船のピッチ角、図 4-14 に曳航船・被曳航船のロール角、そして図 4-15 に曳航船・被曳航船のヒープ変位の結果を示す。

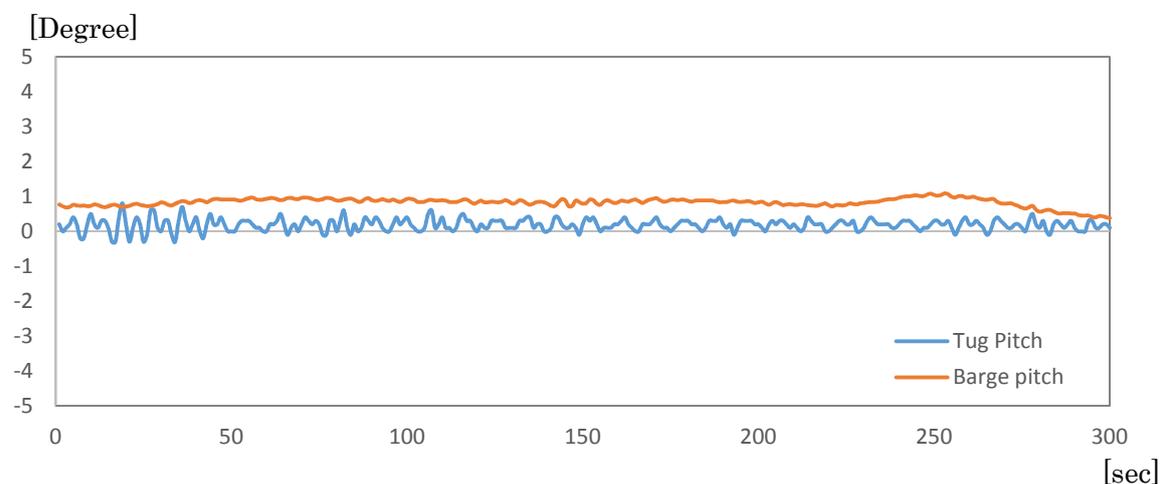


図 4-13 : 曳航船・被曳航船のピッチ角

図 4-13 より、曳航船の縦揺れおよび被曳航船の縦揺れは殆ど無く安定していた。次に図 4-14 に曳航船・被曳航船のロール角を示す。

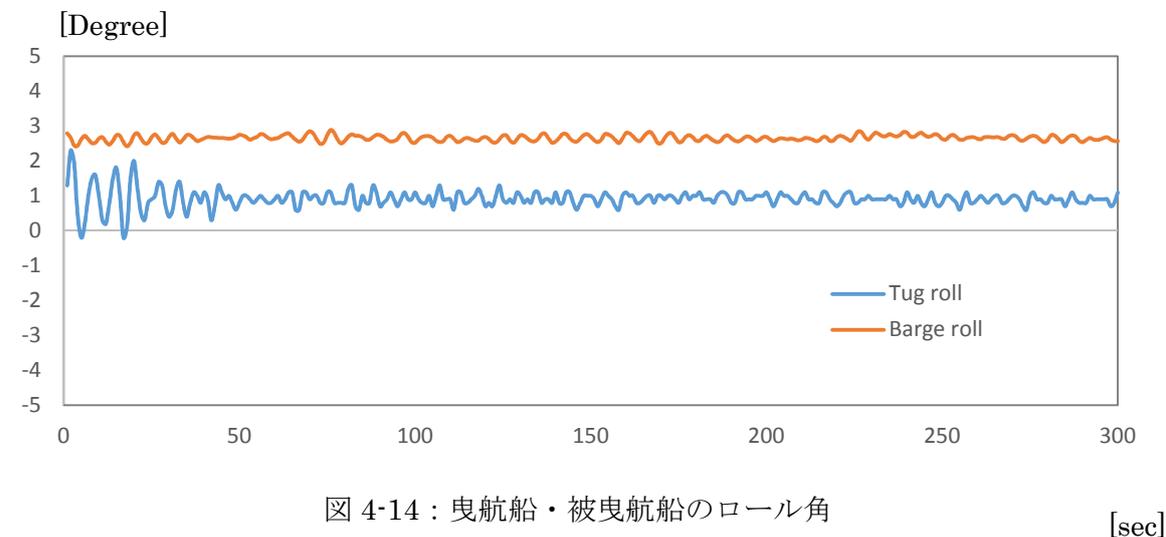


図 4-14 : 曳航船・被曳航船のロール角

図 4-14 より、0 秒付近に曳航船の横揺れが 1 度前後見られるが、この付近は変針も無い為、海面状況の変化（潮目など）による一時的なものと考えられる。また被曳航船の横揺れは殆ど無かった。次に図 4-15 に曳航船・被曳航船のヒープ変位を示す。

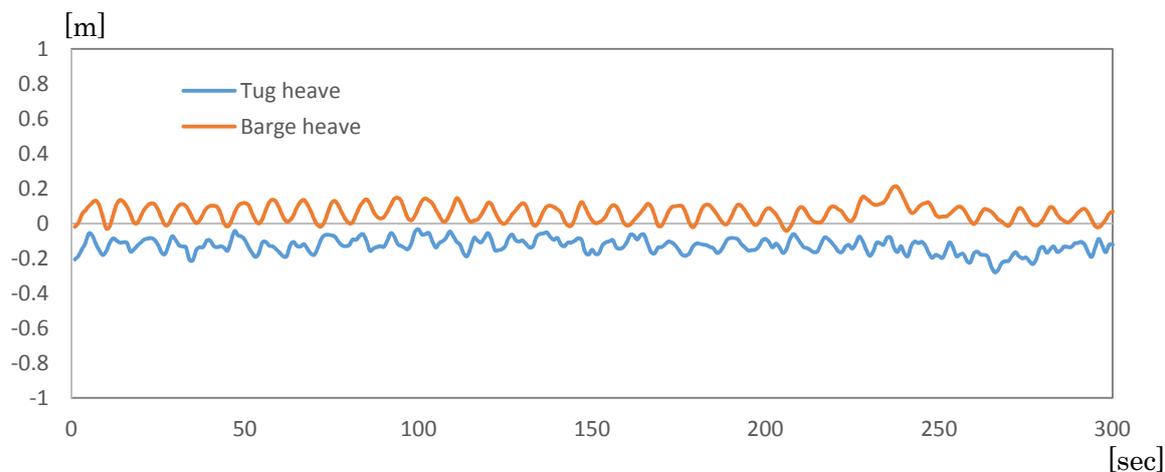


図 4-15：曳航船・被曳航船のヒーブ変位

図 4-15 より、内海における上下変位は、他のエリア同様に 10cm 程度の変化しかなく、安定していることが伺えた。次に図 4-16 に No.1 加速度計の結果を示す。

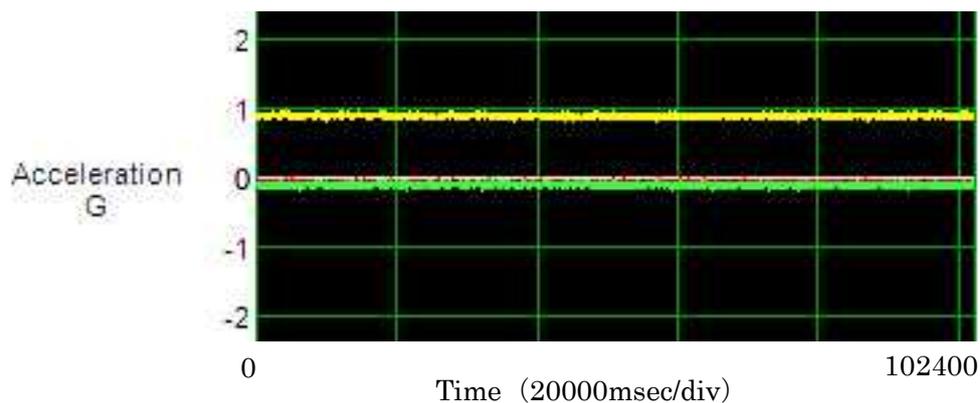


図 4-16：内海における振動（No.1 加速度計）

図 4-16 より、No.1 加速度では、他の結果同様、上下振動の振幅は非常に小さい。また船首・舷方向においても振動は殆ど無い。次に図 4-17 に No.2 加速度計の結果を示す。

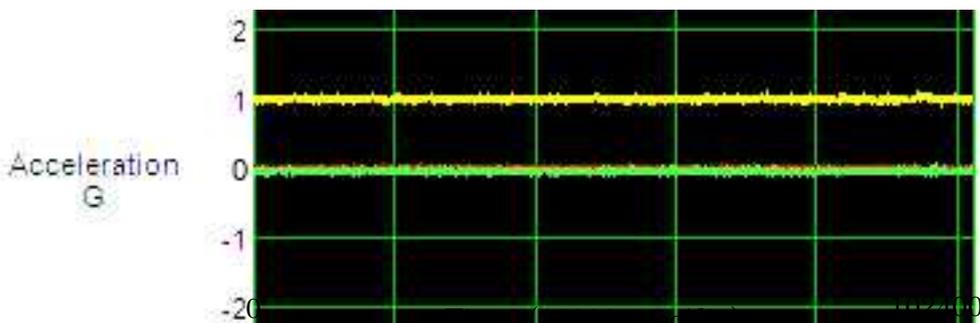


図 4-17：内海における振動（No.2 加速度計）

図 4-17 より、No.2 加速度計の上下振動の振幅は No.1 と No.3 に比べると多少小刻みに変化していることが分かる。また船首・舷方向の振動は同様である。最後に図 4-18 に No.3 加速度計の結果を示す。

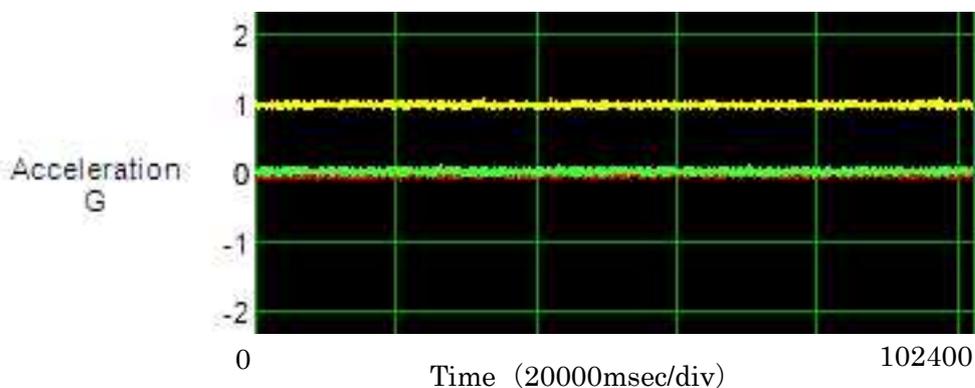


図 4-18：内海における振動（No.3 加速度計）

図 4-18 より、No.1 加速度計の結果と同様、上下振動の振幅は非常に小さくなった。また船首・舷方向においても振動は殆ど無いという結果となった。

4.4 まとめ

(1) GPS の結果について

GPS による動揺計測の結果より、得られた特徴を示す。

- ・外洋エリアにおいては、例え Clam に近い海面状態においても、外洋からのうねりの影響または九州南部から接近する台風から来る風浪により動揺しているが、波形から不規則な影響ではなく、操船者が制御しやすい範囲の動揺であることが分かった。
- ・狭水道エリアでは、多少船速を減速していることもあり、変針時に動揺が発生するが、大きな影響はない。
- ・内海エリアでは、動揺が殆ど無く安定した操船が伺えた。

(2) 加速度計の結果について

加速度計の結果について、以下の様な特徴を得られた。

- ・外洋エリアにおいては、曳航船の振動加速度が大きくなっており、これは GPS 動揺計測と同じく穏やかな海域においても、外洋からのうねりの影響または九州南部から接近する台風から来る風浪の影響を受けていると思われる。
- ・狭水道エリア、内海エリアにおいては、振動加速度の変化は乏しく、曳航船、被曳航船ともに安定していることが分かった。
- ・曳航船に搭載した No.2 加速度計の変化が一番激しく、曳航船の振動加速度は曳航操船により大きい。

また平成 29 年度の曳航船・被曳航船の GPS 動揺計測データと加速度計の振動を比較すると、データの変化に乏しく、非常に穏やかな環境の中での操船であったことが伺えた。

5. 曳航操船情報表示システム

5.1 システムの構成

使用機器について簡単に解説する。

(1) 使用機器

・サテライトコンパス (古野電気 SC-50)

出力センテンス : HDT、HDM (船首方位)、ATT (姿勢角)、ROT (回頭角速度)、VTG、VBW (対地船速)、VHW (船首方位)、VDR (対水船速・流向・流速表示)、GGA、GLL、GNS (自船位置) ZDA (時間)

・サテライトスピードログ (古野電気 GS-100)

サテライトコンパスの提供情報に加え、船首での 2 速度(船首方向速度と舷側方向速度)と船尾での舷側方向速度及び船体の任意の位置での左右船速を表示可能である。

・分配器 ・データロガー ・無線送信機 ・無線受信機・Bluetooth 送信機 ・パーソナルコンピュータ ・バッテリー

(2) システム構成

図 5-1 に示す機器構成で GPS データを処理する。まず、曳船及び被曳航船に GPS アンテナを設置する。各々の GPS 受信情報は GPS コンパス (ログ) の I/F でシリアルデータとして処理され、分配器を通し、データロガーに記録される。記録されたデータは情報表示プログラムのシミュレーションに使用する。被曳航船上では、分配器を通ったデータは無線送信機を介して曳船側の受信機で受信する。曳船上では、受信した被曳航船のデータ及び曳船上の分配器を通ったデータを、それぞれ Bluetooth 送信機で船橋内の PC に送信する。最後に Lab View により作成したプログラムによってデータを処理し、必要な情報を船橋の PC 画面上に表示する。

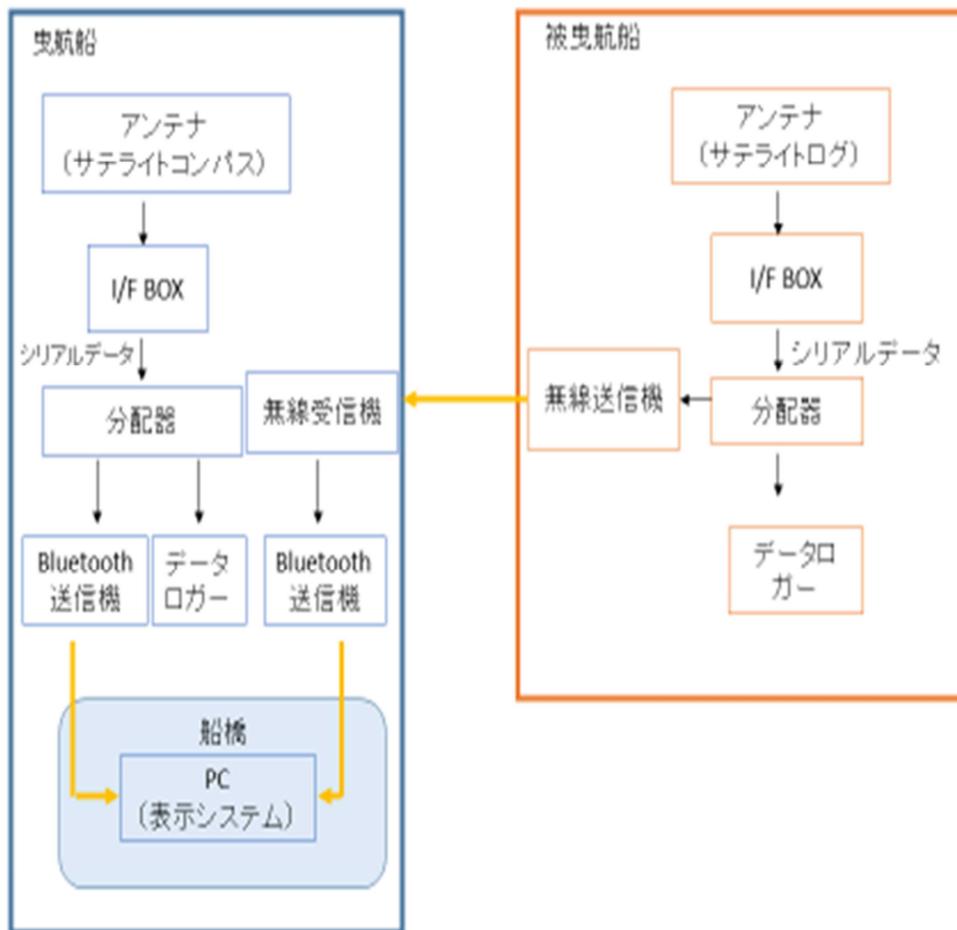


図 5-1： ハードウェア構成図

5.2 Lab View による表示プログラムの制作

(1) Lab View について

Lab View(ラボラトリ仮想計測器エンジニアリングワークベンチ)はグラフィカルプログラミング(G)言語を用いたデータの収集、計測器の制御、解析、シミュレーション、表示などのソフトウェアを構築するための開発ツールである。マウス操作及びブロックダイアグラム方式であるため、初心者にも直感的に計測、解析などのユーザーインターフェースを短い時間で作成することができる。

(2) 表示プログラムの概要

GPS から送られてくるシリアルデータをインポート毎秒ごとに、HDG、COG、SOG、ROT、PITCH、ROLL、POSITION 等の抽出各種データを視覚的にわかりやすい図として表示させる。GPS から送られてくるシリアルデータにはどの数値がどの航海情報

の数値かを判断できるようトーカを付けている。図 5-2 に GPS コンパス (SC-50) のシリアルデータの一部及び表示プログラムで使用した数値を示す。

```

5 行で1秒に1回更新
$GPVTG,①227.6,T,235.3,M,②4.3,N,7.9,K*41
$GPGGA,074502.00,③3525.7272,N,④13235.0395,E,2,09,1.8,41.4,M,,M,,*4C
$GPZDA,074502,30,07,2018,+00,00*68
$PFEC,GPatt,⑤231.6,⑥+0.2,⑦+0.3*4F
$PFEC,GPhve,-0.119,A*1B
$GPVTG,231.9,T,239.6,M,4.1,N,7.6,K*4D
$GPGGA,074503.00,3525.7264,N,13235.0385,E,2,09,1.8,41.5,M,,M,,*4A
$GPZDA,074503,30,07,2018,+00,00*69
$PFEC,GPatt,231.6,-0.2,+1.7*4C
$PFEC,GPhve,-0.161,A*14
$GPVTG,232.5,T,240.2,M,4.3,N,7.9,K*45
      .
      .
      .
      ①対地針路 ②対地速度 ③緯度 ④経度
      ⑤船首方位 ⑥Pitch ⑦Roll

```

図 5-2 : シリアルデータ (GPS メッセージ : SC-50)

(3) 表示器コンセプト

昨年度の研究では、曳航船の運航において事故につながるリスクが高いと考えられる原因に対する情報表示システムを構築している。

重視しているポイントは曳航索の伸出方向である。変針時に曳索の伸出角度が大きくなると曳索の伸出角度が制限角よりも大きくなることや構造物の破損が懸念される。また曳索にかかる張力が大きくなることにより破断につながることもあるため、これを防ぐことのできるような表示の作成をしている。しかし、このシステム作成にあたり使用できるデータは 2 船間の位置情報だけであったため、曳索の弛み具合を考慮することができず、信頼度の低い表示としている。

レイアウトコンセプトは重要度の高い表示を大きくし、見間違いを防止するために配色の区別を行っていた。

昨年度作成した表示器のメイン画面を図 5-3 に示す。

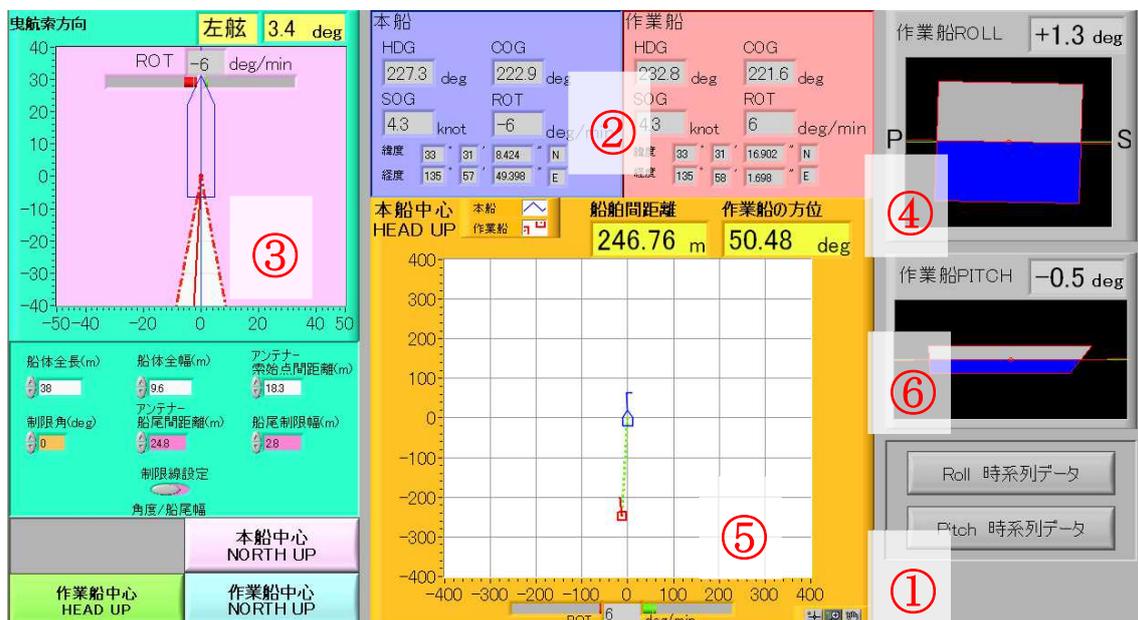


図 5-3：メイン画面

メイン・サブ画面について以下の機能を付加した。

・メイン画面

- ①基本情報表示、②位置関係図（曳航船中心 Head UP 表示）、③曳航索伸出方向図
- ④ロール角表示器 ⑤ピッチ角表示器

・サブ画面表示ボタン（ポップアップ）

- ①位置関係図（モーション別）、②ロール角時系列グラフ、③ピッチ角時系列グラフ
- 以下に各機能について解説する。

①基本情報表示

シリアルデータから抽出した数値をそのまま表示している。表示項目は曳船、被曳航船共に HDG、COG、SOG、ROT、PITCH、POSITION の 6 項目である。

②位置関係図

曳船及び被曳航船の座標情報から二船間の位置関係を算出しプロット表示する。各船の SOG ベクトル、回頭角速度を表示させることで位置関係のみならず 2 船の航行の様子が観測できる。曳索は過剰な張力を加えないために弛ませているが、弛ませすぎると索が海底に接触し危険である。2 船間の距離が分かれば、2 船間距離と曳索の伸出長を比較することで、曳索の弛み具合が推測しやすくなる。航行中最も使用頻度が高いと思われる曳船中心を中心とした Head UP 表示をメイン画面中央に配置した。

③曳航索伸出方向図

変針時に曳索の伸出角度は大きく変化する。その角度が大きくなると曳索のガイドからの滑落や構造物の破損等が懸念される。それを防ぐために、あらかじめ曳索伸出制限角を設定し、その範囲内に曳索があることを監視する表示器である。制限角の設定は曳船のデータを入力することで各種船舶に対応できる。

④ROLL 角表示器 PITCH 角表示器

被曳航船の ROLL 角は船体断面図を模して図で傾斜姿勢を表示する。

⑤位置関係図

曳船中心 HEAD UP 表示以外の位置関係図は通常時は格納する。曳航開始時、停船時等で使いやすいモーション表示を選択しサブ画面としてポップアップ表示する。

⑥ROLL 角・PITCH 角時系列グラフ

ROLL 角と PITCH 各の時系列データをグラフで表示する。毎分ごとに更新。後の船体動揺の予測に使用できることを期待して作成した。使用頻度が低いと予想し、メイン画面では格納している。

5.3 表示器の再検討

本年度は実際に起きたタグボートの海難事故事例、平成 28 年那審第 15 号：引船甲引船列灯浮標衝突事件、平成 24 年長審第 29 号：引船第二大徳丸被引起重機船伊勢養殖施設損傷事件⁴⁾とそれを防止することにつながる情報を提供する事を検討した。

この 2 つの事故の原因は大きく分けて 2 つであると考えられる。1 つ目は被曳航船の操縦性能に対する理解不足による操船者の判断の遅れであると考えられる。曳航船の針路変更に対して被曳航船はどの程度ついてくるのかということを正確に判断できていれば早めの避航動作を行い、事故にはつながらなかったと考えられる。2 つ目は被曳航船の運動の状態の把握不足である。具体的には曳航船と比べてどの程度圧流されているかが視覚的にわかりやすく判断することができれば、事故にはつながらなかったと考えられる。同様に、視界制限状態における作業中の事故防止につながる情報を提供する事も検討する。

今回、実験時に船長に対して聞き取り調査を行った。曳航船の操船において難しい部分はやはり被曳航船の状態を正確に把握することであり、2 船間の距離ですら曳航索を伸ばした感覚や目視による勘で判断しているということで、被曳航船の状態把握を一目ですることが出来るだけでも役立つということであった。また、特に欲しいシステムは曳航船と被曳航船の両船の位置情報を曳航船に搭載されていた航海計器の 1 つの GPS プロッターでプロットし、そのうえで ARPA のような衝突防止機能があれば衝突予防に役立つということであったが、これに関しては製品に被曳航船の情報を追加で載せるということになるため、本研究で行うことは不可能であると判断した。

5.4 新しいシステムコンセプト

海難事例、聞き取り調査の検討より以下の情報をシステムに新たに表示させた。

- ① 曳航船、被曳航船の運航情報（船首方位、対地針路、対地速力、緯度経度、回頭角速度）
- ② 位置関係図(HEAD UP)
- ③ 被曳航船舶の運動の軌跡表示（位置関係図に搭載）
- ④ 被曳航船舶の ROLL 角表示器
- ⑤ 被曳航船舶の PITCH 角表示器
- ⑥ 位置関係図（NORTH UP）

レイアウトで特に考慮したことは夜間、暗闇の中での使用である。昨年度のシステムは見間違い防止を考慮した配色でできる限り見やすく作られていたが、明るい色が多くあり、夜間の使用には不適切であると判断し、今回のシステムでは一般的なレーダーの配色とレイアウトを参考に黒を背景に、文字情報を緑色で表示させるようにした。

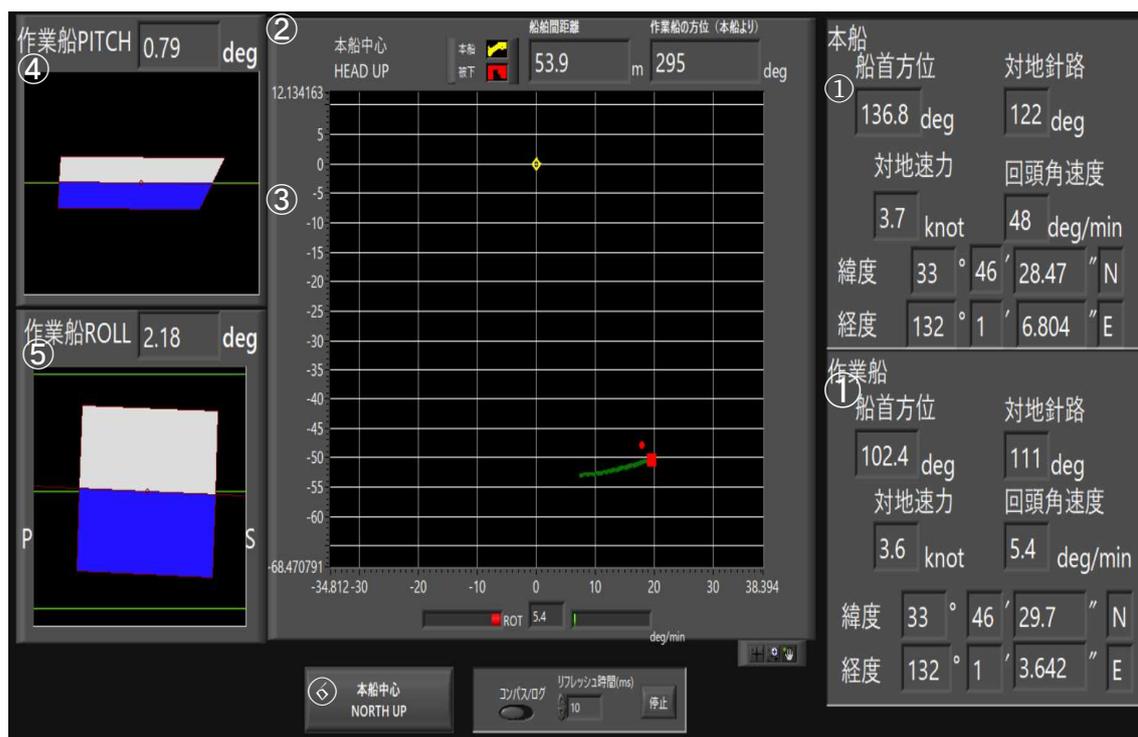


図 5-4 : 表示システムレイアウト

5.6 結果と考察

各船のフライングデッキに GPS アンテナ、無線通信機を設置した。その際の電源の確保のため DC12V のバッテリーを使用する。被曳航船側ではデータロガー、インターフェース等の機器は屋外に設置することになるため防水措置としてプラスチックボックスの中に収納した。曳航船側では被曳航船と同様の装置の設置に加え船橋の空きスペースに情報表示

を行うための PC を設置した。しかし被曳航船側の情報を曳航船へ送信するための無線送信機に具合があり、2 船の距離がかなり接近した状態でないと被曳航船に設置したアンテナからのデータを PC まで送ることができなかつたため、パソコンの情報表示は航行中ほぼ使用することができなかつた。しかし各船にデータロガーを設置していたため、2 船の航行情報は収集することができた。収集したデータを見たところ、被曳航船側の取得データには本研究には必要のない情報が多数含まれていた。この情報を取得し続けると、データ量が膨大になり、また作成したソフトでの情報処理に不具合を生じさせる可能性がある。これは装置設置時の設定で必要なデータのみを出力させることが可能であるため、設置時に変更しなければならなかつた。

関門海峡を航行している時間のデータをシステム上で表示させたところ直進しているときは被曳航船が曳航船のほぼ船首尾船上にあり操船には問題ないが、大角度変針を行う場面になると大きく船首尾船から左右にずれていた。この時の左右のずれの距離も正確に見ることができるため、操船の補助に使用できると考えられる。無線送信機の不具合に関しては実験を行う前に大学の屋上で装置の設置を行っており、その際は正常に動いていたのでそのまま実験に使用した。しかし、その際は近距離で使用しており遠距離での動作確認を行っていなかつたために気づくことができなかつた。

本研究で明白となった問題点はシステムを実際の運航において操船者に使用してもらい意見の聴取を行い、システムを作成しなければならなかつたが、実験での不具合のためわずかな時間しか使用してもらうことができず、実際の使用感といった点を知ることができなかつたことである。今後表示させる情報として「曳航索」の情報がある。曳航船の運航に際して曳航索の伸出方向や曳航索にかかる張力により貨物の破損、曳航索の破断といった危険な要因の一つとなっている。昨年度のシステムでは表示器を作成していたが、GPS アンテナからの情報だけでは信頼度の低い情報となるため今回のシステムではこの情報の表示は断念した。

以上より本研究で作成したシステムは曳航船の運航に対して完全な補助機能をもつとは言いきれないが、GPS アンテナから得られる情報の処理としては限界点であると考えられる。ここから、より有益な情報を提供させるには、曳航索にかかる張力や伸出方向を正確に計測することのできる装置の設置や曳航船に搭載された GPS プロッターに被曳航船の位置もプロットさせるといったことが必要になると考えられる。

6. おわりに

平成 24 年度から平成 30 年度まで、貨物船および曳航船・被曳航船の船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化及びその活用に関する研究を総括する。

平成 24 年度は「貨物郵送中の衝撃値（加速度）に関するデータベースの作成」を主題とし、船舶加速度・衝撃値データベースのために必要な情報及びそれらを収集するための装置などの検討を行った。

平成 25 年度は「船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化及びその活用法に関する研究」を主題とし、上海スーパーエクスプレス社の貨物船にて加速度計およびメタルボックスの評価のための基礎的実験を実施し、実験から得られた結果に関して長期間データ処理のための解析法を考察した。

平成 26 年度は「船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化及びその活用法に関する研究」を主題とし、平成 24 年から 26 年までの貨物船の加速度計のデータおよび海象記録から、加速度とうねりの向きに関する実験結果の解析及びそれらのデータベース化を行なった。

平成 27 年度は「船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化及びその活用法に関する研究」を主題とし、貨物船に装置搭載が出来なくなったことから、曳航船と被曳航船に加速度計および GNSS 計測器を搭載し記録したデータを利用し、通常航海、荒天時、通狭時における 3 次元動揺と加速度の関係を示した。

平成 28 年度は「船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化及びその活用法に関する研究」を主題とし、東洋建設株式会社からの依頼を受け、新造多目的船に搭載された計測器で得られた航海に関連したデータを用い、加えて GNSS 計測装置と多目的船に搭載された装置から得られた航海に関する情報の違いを示した。また、多目的船における通常航行時、通狭時、作業時、入港時、停泊時の加速度の違いも併せて示した。

平成 29 年度は「船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化及びその活用法に関する研究」を主題とし、東洋建設株式会社と協力して、曳航船・被曳航船における GNSS 計測装置および加速度計の結果を波向き別に分類し解析を実施した。また曳航船監視システムを提案し、実際に曳航船に設置し、試行した結果を示した。

平成 30 年度は「船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化及びその活用法に関する研究」を主題とし、東洋建設株式会社の協力を得て、曳航船・被曳航船における GNSS 計測装置および加速度計の結果を外洋、狭水道、内海に分類し解析を実施した。また前年度実施した曳航船監視システムを改良し、実際に曳航船に設置し、試行した。

以上で述べたとおり、当初の 3 年間は様々な貨物船の加速度・衝撃値データベース作成のための基礎的実験を実施し、後の 4 年間は保安上の問題から外航貨物船への実験装置を設置できなくなったため、即時の情報入手が困難な曳航船舶に着目し、曳航及び被

曳航船舶に実験装置を設置し、加速度・衝撃値を収集するとともに曳航船舶運航者に被曳航船舶の航海情報を提示するシステム構築にテーマを変えて実施してきた。

7年間に渡って研究・解析した結果はひとつの側面ではあるが貨物輸送を行う際に不特定多数の者が、安全運航に有意となる資料として活用できるものであったと推察する。今後も多視的に安全輸送に寄与できる研究について邁進していきたいと考えている。

この間、長きにわたり、多くの方々にお世話になりましたが、その中でも実験の実施及びそれに伴う様々な実務にご協力を賜りました東洋建設の傳亮司氏、NKKKの寺田耕一氏、斎藤威志氏及び栗原義浩氏、実験装置作成のご尽力いただきました神戸大学大学院海事科学研究科の井川氏、実験実施に際してお手伝いいただきました海洋計測・航海計器学研究室の学生諸氏にお礼を申し上げまして終わりのご挨拶とさせていただきます。

参考文献

- (1) 国土交通省関東地方整備局, 数字で見る東京湾
<https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/wankou/data/index.htm>, 2017
- (2) 長周新聞, 大島大橋に巨大貨物船が衝突
<https://www.chosyu-journal.jp/yamaguchi/9687>, 2018
- (3) 気象庁過去の天気図
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/wxchart/quickmonthly.html>, 2018
- (4) 海難審判所ホームページ
<http://www.mlit.go.jp/jmat/>

【報告】SAVERXwareの不具合について

SAVER3D15で計測したデータの解析に不具合が生じたので報告する。

① エラーについて

SAVER3D15で計測したデータ解析に使用するSAVERwareを開き、Process SXd Event Database上で指定のSxdファイルを開き、解析を実施するが(図1)、「データ容量が大きすぎる為、ファイルを分割するように」といったメッセージが現れる。しかしそのメッセージを無視して先に進むことは可能である。(図2)

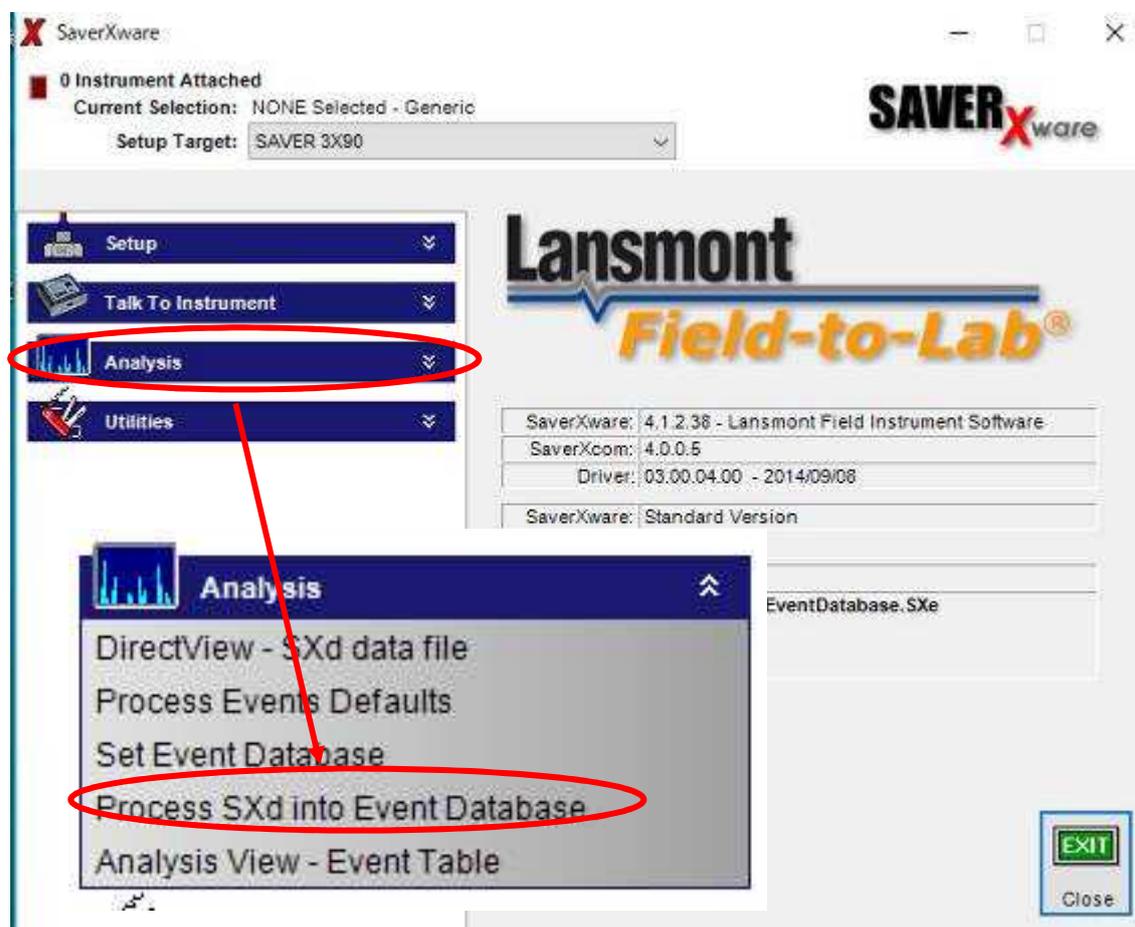


図 1 : Process SXd Event Database の選択

エラーを無視して、解析画面に進み終了し、Analysis View – Event table 図 3 の様なメッセージが出る。

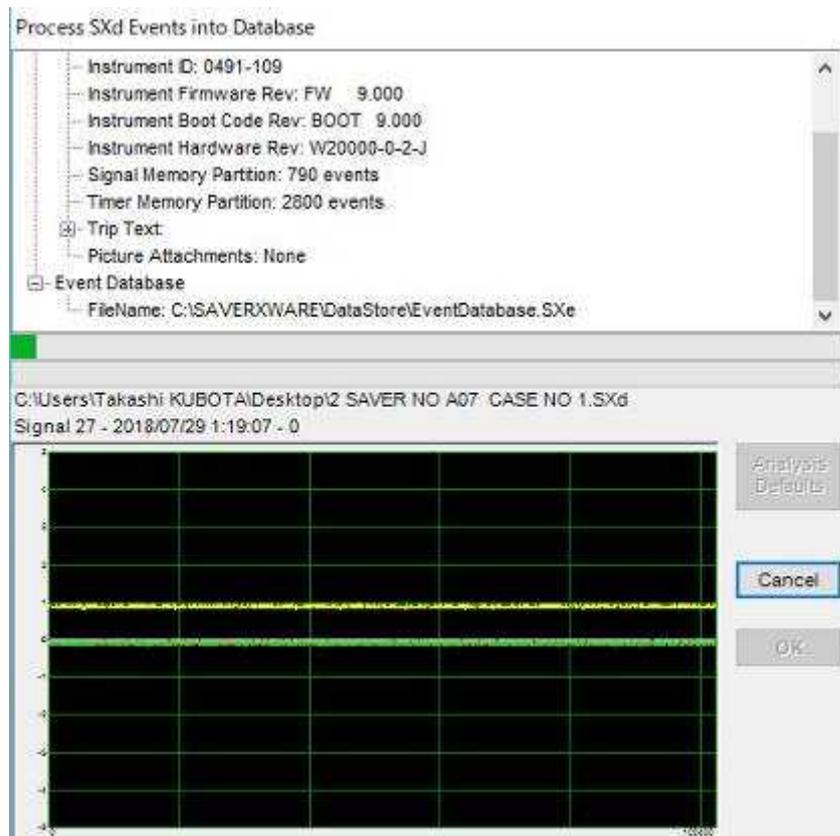


図 2 : 解析中の画面



図 3 : エラーメッセージ

エラーメッセージの「続行」を押しても進むことは出来ない。またこのメッセージが出るとアプリケーション自体がフリーズしてしまうため、強制終了しなくてはならなくなる。さらに、このエラーが出た後に、解析可能であった別のファイルを開いても同じようにフリーズするようになる。(アプリケーション自体が壊れてしまうと推測する。)

また詳細を見ると以下の様なメッセージが現れる。

Just-In-Time (JIT) デバッグを呼び出すための詳細については、
ダイアログ ボックスではなく、このメッセージの最後を参照してください。

中略

***** JIT デバッグ *****

Just-In-Time (JIT) デバッグを有効にするには、このアプリケーション、またはコンピューター (machine.config) の構成ファイルの jitDebugging 値を system.windows.forms セクションで設定しなければなりません。アプリケーションはまた、デバッグを有効にしてコンパイルされなければなりません。

例:<configuration>

```
<system.windows.forms jitDebugging="true" />
```

</configuration>

JIT デバッグが有効なときは、このダイアログ ボックスで処理するよりも、
ハンドルされていない例外はすべてコンピューターに登録された
JIT デバッガーに設定されなければなりません。

このエラーメッセージの対策としては、windows のシステムフォルダーの
configuration のデバッキングを true に書き換える必要があるとのことで、該当するフ
ァイルをテキスト形式で開いて書き換えようとするが、「権限が無い」とのメッセージ
が出てあえなく頓挫した。

またこのエラーはデータ容量が大きいことが明白である。(今までのデータ量は最大で
10MB、今回のデータは 80MB) Sxd ファイルをテキスト形式で確認し、データを分割
できないかを試みた。しかしテキスト形式でファイルオープンしても認識できる形のデ
ータは確認できなかった。バイナリ形式でも、アスキー形式でも文字化けして確認でき
なかった。(図 4)



図 4 : Sxd をテキスト形式でオープン

また、Window10 ベースでエラーが発生するソフトウェアも存在するため Windows7 マシンに本ソフトをインストールし、起動を試みたが、上記と同じ状態となった。同じく Window update が原因でソフトが動かなくなることもあるため、オフラインの PC にソフトをインストールし、起動を試みたが同じ状態であった。