

# 貨物輸送中の衝撃値(加速度)に関する データベースの作成

平成25年度報告書

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. 目的	… 3
2. トラック・鉄道・航空機などで発生する衝撃値	… 4
2-1 事業実施方法	… 4
2-2 計測輸送区間と計測器の選定	… 4
2-3 予備計測	… 4
2-4 鉄道輸送中の加速度計測	… 4
2-5 解析	… 5
2-6 波形図	… 5
2-7 輸送中の加速度	… 5
2-8 コンテナ構造物の固有振動数の確認	… 5
2-9 まとめ	… 6
3. 船舶の揺れにより貨物に発生する加速度	… 7
3-1 事業実施方法	… 7
3-2 実験について	… 7
3-2-1 共試船	… 7
3-2-2 航海スケジュール	… 7
3-2-3 センサーおよび船内設置場所	… 7
3-2-4 計測データ	… 7
3-2-5 気象・海象情報	… 7
3-2-6 加速度情報	… 8
3-3 解析結果の利用について	… 8
3-4 ウェブによるデータ表示システムの構築	… 8
3-5 まとめ	… 9
4. 来年度以降の事業について	… 10

## 添付資料

### 2. トラック・鉄道・航空機などで発生する衝撃値 関連

- ・ 「鉄道輸送による加速度の測定」 (公 3-03 H25 衝撃値加速度 DB-鉄道.pdf)
- ・ 公 3-03 H25 Lansmont Transport Severity Report 1.pdf
- ・ 公 3-03 H25 Lansmont Transport Severity Report 2.pdf
- ・ 公 3-03 H25 Lansmont Transport Severity Report 3.pdf

### 3. 船舶の揺れにより貨物に発生する加速度 関連

- ・ 「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素に関する研究」  
(公 3-03 H25 神戸大学報告書 1 本文.pdf)
- ・ 実験データの解析結果 1月～3月分 (公 3-03 H25 神戸大学報告書 2 資料.pdf)
- ・ 実験データの解析結果 4月～6月分 (公 3-03 H25 神戸大学報告書 3 資料.pdf)
- ・ 実験データの解析結果 7月～12月分 (公 3-03 H25 神戸大学報告書 4 資料.pdf)

## 1. 目的

本事業は、船舶・トラック・鉄道・航空機等の輸送モード別、貨物の単体輸送・コンテナ輸送別に輸送中に発生する衝撃値(加速度)を一定期間にわたって計測・収集し、その結果を取りまとめたうえでデータベース化して公表するものである。

上記輸送モード別の数値を多数の関係者に有効に利用していただくことが本事業の端的な目的ではあるが、将来的には総合的に貨物を安全に目的地まで輸送するための基礎資料となるようにデータをまとめ、海上輸送にあたってはその輸送中の固縛について、また、陸上、航空輸送にあたっては輸送中の振動に対する貨物の包装、固縛についての検討に結びつけることも可能であると考えます。

## 2. トラック・鉄道・航空機などで発生する衝撃値

### 2-1 事業実施方法

本事業の目的は、船舶・トラック・鉄道・航空機等の輸送モード別、貨物の単体輸送・コンテナ輸送別に輸送中に発生する衝撃値(加速度)を一定期間にわたって計測・収集し、その結果を取りまとめたうえでデータベース化して公表するものである。

本年度は、鉄道輸送中の加速度計測を実施した。加速度の計測は JR 貨物 12 フィートコンテナに計測機を設置して調査した。調査で回収した加速度データは、Lansmont 社 Analysis Center にて解析処理を実施した。

本報告書は、Lansmont 社の Report と合わせて一体の報告書として作成した。

### 2-2 計測輸送区間と計測器の選定

鉄道輸送のデータ収集にあたり日本貨物鉄道株式会社殿の協力を頂き調査を開始した。鉄道貨物輸送はトラック輸送より長距離のため、東京起点からの北海道及び九州への輸送区間のデータ取得を目標とした。

当初、トラック・鉄道・航空機等で発生する衝撃値(加速度)の計測には EDR-3 を使用する予定であったが、継続的に多くのデータを取得したいこと、並びに取得データの解析性能を考慮して SAVER 3D15 を使用して計測することとした。

### 2-3 予備計測

具体的な計測機器の設定と設置方法を定めるため、2回の予備計測を実施した。その結果以下のように計測することとした。

設定条件: 500 sample/sec、1,024 Sample size

設置場所: コンテナ内の床面上

詳細は添付報告書を参照

### 2-4 鉄道輸送中の加速度計測

JR貨物様の12フィートコンテナに計測記録計 SAVER 3D15 を設置し、コンテナを東京から各地へ輸送し計測を実施した。計測データは以下の通り。

番号	ファイル名	輸送区間	往復回数	計測日	コンテナ内
A-1	130730-801-A7	東京-札幌	1	7月30日~8月1日	空
A-2	130801-804-A8	東京-札幌	1	8月2日~8月4日	空
A-3	JR20131003-1014	東京-福岡	5	10月3日~10月14日	貨物積載
A-4	JR20131016-1028	東京-福岡	4	10月16日~10月28日	貨物積載
A-5	140115-21-SN1108-07	東京-福岡	2	1月15日~1月21日	空

## 2-5 解析

計測データファイルは Lansmont 社の Lansmont Data Analysis Center で実施した。Lansmont 社の Transportation Severity Report は添付の通り。

- A) A-1 & A-2 の東京—札幌間をまとめた輸送
- B) A-3、A-4 & A-5 の東京～福岡間をまとめた輸送
- C) A-1、A-2、A-3、A-4 & A-5 をまとめた輸送

の3レポートで構成されている。

上記レポートの内容と表記内容は本報告書の本文を参照のこと。

## 2-6 波形図

ここでは計測したランダム振動による加速度を20Hz以上の高周波をフィルターで除去したもので各ケース A-1 から A-5 について表示している。

## 2-7 輸送中の加速度

輸送環境で発生するのはランダム振動であるから、ピーク値に代わる値として実効値（RMS 値）が採られるが、輸送環境を把握する上でピーク値である最大加速度がどれくらいであるかもまた重要なことである。

Transportation Severity Report によると最大が1G程度が大半であるが、東京～福岡間のルートと計測5回全体のZ-Axis のグラフでは最大値は5Gになっている。この理由はフォークリフトの荷扱いによると考えられるので、その波形からフォークリフトによると考えられる部分を除去すると以下のような結果が得られる。

方向	平均(G)	最大(G)
X(進行)方向	0.04	0.40
Y(左右)方向	0.04	0.20
Z(上下)方向	0.10	0.50

上記の加速度が鉄道輸送による加速度であると考えられる。

## 2-8 コンテナ構造物の固有振動数の確認

コンテナ形状の外法寸法は高さ 2500mm、幅 2450mm、長さ 3715mm、自重 1.6 トン。内容積は 18.8m<sup>3</sup>。最大積載量は 5 トンである。

ASTM D4169 の Rail にある鉄道輸送の振動 PSD パターンの周波数範囲は 1～200Hz 上限周波数だが、2Hz から 50Hz まではフラット、50Hz から 90Hz まで1回目の減衰、90Hz から 200Hz まで減衰している。2回目の予備計測でコンテナ内部の振動データ PSD では、Z 軸の 30～50Hz、57Hz、125Hz、140Hz、160Hz、200Hz、256Hz 近辺にピークが存在する。それらはコンテナの構造材に起因すると推察した。コンテナのモード解析の為に加速度センサーをコンテナの代

表的な構造材に固定してその構造材をハンマリングしてそれらの固有振動数を調べた。

その結果、37Hz、133Hz、166Hz、200Hz、256Hz の振動成分はコンテナの固有振動数と近似していることが判った。

## 2-9 まとめ

本年度実施した鉄道輸送中の加速度計測は、JR 貨物 12 フィートコンテナに計測器を実施して5回の調査を実施した。輸送経路は東京～札幌間と東京～福岡間の2ルートであり、実施回数は東京～札幌間が2回と東京～福岡間が3回である。東京～福岡間ではコンテナ内が空状態とダミーウエイト積載状態の2状態である。データ解析は Lansmont 社で、東京～札幌間、東京～福岡間のルート別と計測5回全体の3部構成で実施した。

個々の輸送については、貨車上のコンテナ積載数、貨車上のコンテナ積載場所、貨車が何両編成でコンテナ積載は何両目か、等で相違が出てくるが、3部構成で実施したデータ解析により鉄道輸送状況の以下の結論を得た。

- ① 輸送中はZ方向の振動による加速度が圧倒的に多い。
- ② データ分布量が判明出来る加速度は、Z方向で0.4G以下、Y方向で0.1G以下、X方向で0.1G以下である。
- ③ RMS 値の平均はZ方向で0.15G、Y方向で0.04G、X方向で0.04Gである。
- ④ PSD より、Xは3Hz、Yは1.5Hz、Zは2～3Hzにおいてピークがあるが、XYZ 共高周波帯の50Hz、70～80Hz、120Hz、180Hz 近辺にもピークを有する。

### 3. 船舶の揺れにより貨物に発生する加速度

#### 3-1 事業実施方法

調査対象は輸送時に発生する衝撃値(加速度)の数値であるので、その数値を実際の船舶において計測することとする。あくまでも実測値をデータとすることとし、その計測は環境データレコーダー等と呼ばれる、所謂、加速度記録計で実施される。

計測は平成23年度事業により選定された計測機器、米国ランスモント社の SAVER 3D15 を採用し、これを昨年度に引き続き、上海スーパーエクスプレス株式会社様のご協力をいただき、同社運航の RORO 船に設置して計測を行った。

本年度は昨年を引き続いて実施したことで1年間以上の通年のデータを得ることが出来た。

神戸大学と弊会の共同研究による、添付の「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素に関する研究」(以下「神戸大学報告書」)が成果品として提出され、また、同大研究室により実験データをウェブ上で閲覧出来るようになった。

#### 3-2 実験について

計測は平成24年度に引き続き継続的な測定を実施した。概要は以下の通りである。

##### 3-2-1 共試船

共試船は引き続き上海スーパーエクスプレス社様運航の「SHANGHAI SUPER EXPRESS」とした。要目は添付「神戸大学報告書」を参照のこと。

##### 3-2-2 航海スケジュール

「SHANGHAI SUPER EXPRESS」は博多～上海間の定期便であり、約1日をかけて航海する。各月およそ4往復の航海を解析の対象とした。

##### 3-2-3 センサーおよび船内設置場所

計測器は前述のように SAVER 3D15 を継続して使用することとし、船内での計測位置も変更せずに継続的に計測することとする。

##### 3-2-4 計測データ

計測器の設定は基本的に同じ設定で計測した。

##### 3-2-5 気象・海象情報

気象・海象情報は本船乗組員により記載されたログブックから抜粋して入手した。具体的な項目は「神戸大学報告書」を参照のこと。

### 3-2-6 加速度情報

加速度値は出航時から入港時まで継続的に計測していますが、全てのデータを解析するのはあまりにもデータ量が膨大であるため、前述の気象・海象情報を参考にして、荒天もしくは荒天に近い状況の中でのデータを解析の対象とすることとしている。

データ情報の取り扱い手法については「神戸大学報告書」を参照のこと。

### 3-3 解析結果の利用について

解析結果は全て添付の資料に記載されており、各月の詳細データを閲覧することが出来る。また、これらのデータから各月の加速度実効値の平均値のみを取り出すとおよそ以下ようになる。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
X方向	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
Y方向	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.12	0.04	0.04	0.06
Z方向	0.13	0.17	0.21	0.17	0.15	0.12	0.12	0.15	0.16	0.09	0.05	0.17

上記の数値は設定場所や海象条件を無視して平均値を記述したものであるため、詳細は添付の資料を参照のこと。

これらの解析結果を参照することにより、各方向の加速度の大きさや傾向を知ることが出来る。

### 3-4 ウェブによるデータ表示システムの構築

前述の加速度や海象の収集データ及びその解析結果は神戸大学の研究室の手によりウェブ化されたものを情報閲覧者が自由に閲覧することが出来る。

画面には説明文も表示されるので、より有効にデータが使用出来るものとする。

平成26年3月15日

平成26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  
及びその活用策に関する研究

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

実測データを  
閲覧する

説明文を読む

元に戻る

### 3-5 まとめ

平成24年度から開始した本共同研究ですが、この間収集された2年分のデータは多量なもので、その全ての計測及び解析結果を報告書に掲載するとあまりにも膨大な成果となることから、今年度はどのように結果のデータベース化を考え、それらをウェブ上に表示することを主として実施致しました。

本年度実施したデータベース化およびウェブ化によって、これを利用しようとする皆様方に全データを容易に比較・検討が行え、有意義な成果が得られることを期待しております。

#### 4. 来年度以降の事業について

陸上輸送の方面では、来年度は航空機輸送時の衝撃値に注目し、加速度記録計を貨物に収納した状態で加速度計測を実施し、その結果を解析する。

海上輸送の方面では来年26年度は船型と航路を変え、新たにデータを収集して公表することとする。特に重量物輸送時の非自航バージにおける加速度の収集に注力したい。神戸大学との共同研究も継続して実施することとする。

以上

# 平成25年度報告書

## 鉄道輸送による加速度の測定

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. 調査の概要	… 2
2. 計測輸送区間と計測器の選定	… 2
3. 予備計測	
3-1 1回目の予備計測	… 2
3-2 2回目の予備計測	… 4
3-3 予備計測より設定条件の決定	…5
4. 鉄道輸送中の加速度計測	
4-1 計測期間	… 5
4-2 計測データファイル	… 5
4-3 計測機のセットアップ	… 6
5. 解析	…6
5-1 Transportation Severity Report の内容	… 7
5-2 RMS 値と PSD	… 11
6. 波形図	…12
7. 輸送中の加速度	…16
8. コンテナ構造物の固有振動数の確認	…16
9. まとめ	…18

Transportation Severity Report A-1 & A-2 の東京-札幌間をまとめた輸送

Transportation Severity Report A-3, A-4 & A-5 の東京-福岡間をまとめた輸送

Transportation Severity Report A-1, A-2, A-3, A-4 & A-5 をまとめた輸送

## 1. 調査の概要

本事業の目的は、船舶・トラック・鉄道・航空機等の輸送モード別、貨物の単体輸送・コンテナ輸送別に輸送中に発生する衝撃値(加速度)を一定期間にわたって計測・収集し、その結果を取りまとめたうえでデータベース化して公表するものである。

本年度は、鉄道輸送中の加速度計測を実施した。加速度の計測は JR 貨物 12 フィートコンテナに計測機を設置して調査した。調査で回収した加速度データは、Lansmont 社 Analysis Center にて解析処理を実施した。

本報告書は、Lansmont 社の Report と合わせて一体の報告書として作成した。

## 2. 計測輸送区間と計測器の選定

鉄道輸送のデータ収集にあたり日本貨物鉄道株式会社殿の協力を頂き調査を開始した。鉄道貨物輸送はトラック輸送より長距離のため、東京起点からの北海道及び九州への輸送区間のデータ取得を目標とした。

当初、トラック・鉄道・航空機等で発生する衝撃値(加速度)の計測には EDR-3 を使用する予定であったが、継続的に多くのデータを取得したいこと、並びに取得データの解析性を考慮して SAVER 3D15 を使用して計測することとした。

## 3. 予備計測

近距離での予備計測を平成 25 年度上期の 4 ヶ月間に実施して計測器の設定等を確認した。

### 3-1 1 回目の予備計測

12 フィート空コンテナに SAVER 3D15 を 2 台設置して東京から横浜間の計測を実施した。コンテナ床面は、大半が合板で側壁近くの端部が鋼板の構造であるため合板上と鋼板上に 1 台ずつ設置した。

計測軸方向は進行方向を X 軸、左右を Y 軸、上下を Z 軸とした。

計測器のセットアップは 50Hz 以下の振動と予測して、100 Sample/Sec, 200 Sample Size とした。

計測の結果、下記が判明した。

- コンテナ床面の合板上及び端部の鋼板上のどちらに計測器を設置しても相違はない。
- PSD の結果から 50Hz で減衰しているとは言えず、50Hz 以上のデータも取得する必要がある。

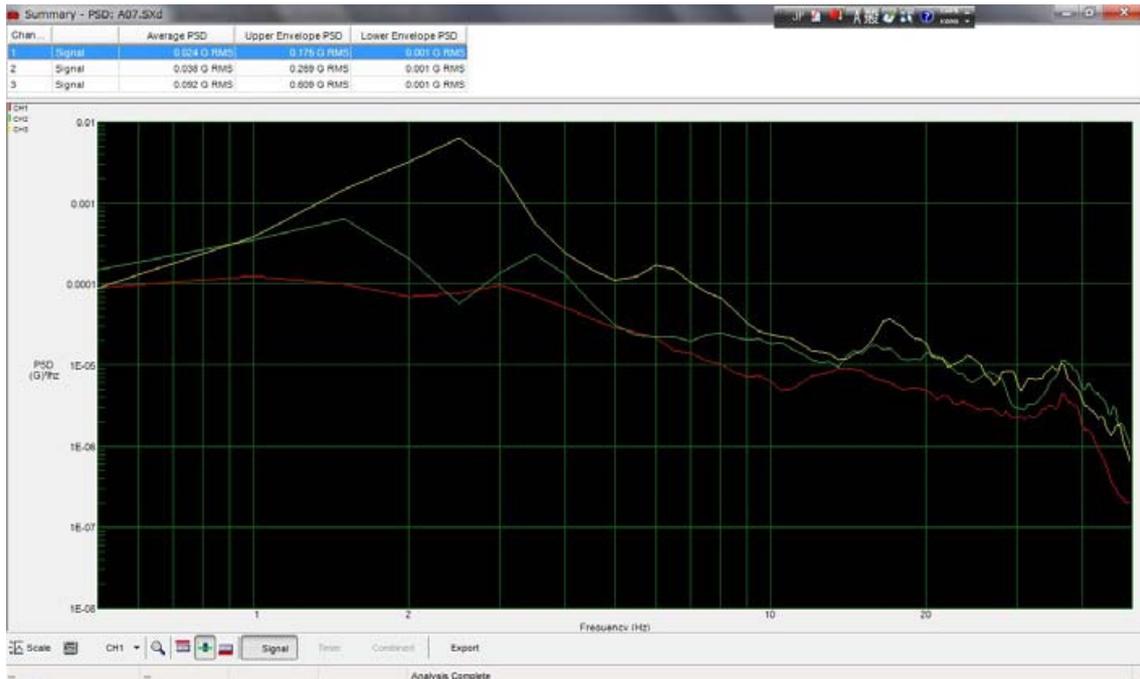


図 3-1 1 回目の予備計測 周波数範囲は 0.4 Hz～50Hz

#### 2 回目の予備計測準備

50Hz 以上のデータも取得する必要があることより、セットアップを変更して PSD 解析の結果がどのように表示されるかを確認した。セットアップの相違は、最大周波数を 100、250、500Hz として、PSD の最小周波数を 1Hz 以下にすること。

設定条件	No. of line	Sample/Sec	Sample size	Record Time(sec)
①	800	1,000	2,048	2.048
②	400	500	1,024	2.048
③	400	200	1,024	5.12
④	200	200	512	2.56

表 3-1 セットアップの詳細

設定条件	PSD Frequency Range		結果の考察
	Min(Hz)	Max(Hz)	
①	0.5	500	0.5Hz から 500 Hz 上限の PSD であるが、500Hz までは不要と思われた。
②	0.5	250	0.5Hz から 250 Hz 上限の PSD で、適当と思われた。
③	0.2	100	0.2Hz から 100 Hz 上限の PSD であるが、0.2Hz までは不要と思われた。
④	0.4	100	0.4Hz から 100 Hz 上限の PSD で適当と思われた。

表 3-2：セットアップの違いによる考察

### 3-2 2回目の予備計測

上記 PSD 解析の結果表示より、②と④の設定条件で 12 フィート空コンテナに SAVER 3D15 を 2 台設置して東京から横浜間の計測を実施した。

計測の結果、②の設定条件 PSD において Z 軸で 30~60Hz および 100~200Hz にもピークがあることより、②の設定条件にて計測することとした。

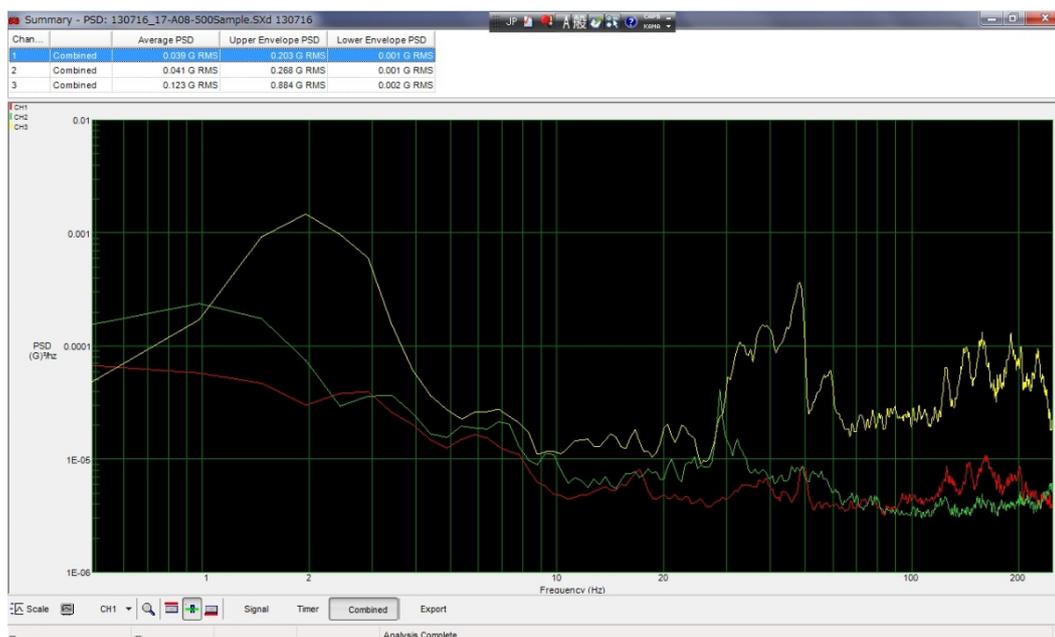


図 3-2 3 回目の予備計測 ②の設定条件 PSD：周波数範囲は 0.5 Hz~250Hz

### 3-3 予備計測より設定条件の決定

以上の予備計測より、設定条件と設置場所を以下の通りとした。

設定条件：500 Sample/Sec, 1,024 Sample Size

設置場所：コンテナ内の床面上

## 4. 鉄道輸送中の加速度計測

12フィートコンテナにSAVER 3D15を設置して東京からの計測を実施した。

設置場所はコンテナ内の床面上で、計測軸方向は鉄道進行方向をX軸、左右をY軸、上下をZ軸とした。

### 4-1 計測期間

平成25年7月～平成26年1月

### 4-2 計測データファイル

下記5ファイルの計測データを取得した。

番号	ファイル名	輸送区間	往復回数	計測日	コンテナ内
A-1	130730-801-A7	東京-札幌	1	7月30日～8月1日	空
A-2	130801-804-A8	東京-札幌	1	8月2日～8月4日	空
A-3	JR20131003-1014	東京-福岡	4	10月3日～10月14日	貨物積載
A-4	JR20131016-1028	東京-福岡	4	10月16日～10月28日	貨物積載
A-5	140115-21-SN1108-07	東京-福岡	2	1月15日～1月21日	空

表 4-1：計測データの詳細

往復回数：

計測器は貨物駅にてコンテナ内への設置及びコンテナからの回収を行った。コンテナの荷扱いは、往復回数が少なければフォークリフトによる貨車への積載、降ろし及び移動回数が少なく、往復回数が多いほどフォークリフトによる荷扱い回数が増えることとなる。

貨物積載：

ダミーウエイトを積載した。



図 4-1 12 フィートコンテナ



図 4-2 空状態での計測器設置



図 4-3 貨物積載 (ダミーウエイト)



図 4-4 貨物積載状態での計測器設置

### 4-3 計測機のセットアップ

上記 5 ファイルのセットアップは、添付の Lansmont 社の Transportation Severity Report 内 Measurement Setup に各々記載している。

## 5 解析

計測データファイルは Lansmont 社の Lansmont Data Analysis Center で実施した。Lansmont 社の Transportation Severity Report は、

- A) A-1 & A-2 の東京-札幌間をまとめた輸送
- B) A-3, A-4 & A-5 の東京-福岡間をまとめた輸送
- C) A-1, A-2, A-3, A-4 & A-5 をまとめた輸送

の 3 レポートで構成されている。

## 5-1 Transportation Severity Report の内容

### 表紙

ファイル名と輸送区間の表示

### Introduction:

計測期間の表示と Timer Triggered data のみを解析に採用 (セットアップ時にデータ記録の 97%をタイマー計測に割り当てた為)

### Measurement Details:

解析されたファイルの詳細

### Channel Identification:

Channel	SAVER Orientation	内容
1	Longitudinal	Channel 1 は X 軸設定としており、鉄道輸送の進行方向
2	Side to Side	Channel 2 は Y 軸設定としており、鉄道輸送の左右方向
3	Top to Bottom	Channel 3 は Z 軸設定としており、鉄道輸送の上下方向

### Measurement Setup:

計測器のセットアップ内容

### Vibration Orientation Report:

ファイル毎の解析結果

例 A-1)130730-801-A7. SXd とあれば、7 月 30 日～8 月 1 日間の計測データのみを解析結果表示

Vibration Orientation Overview	Top/Bottom は Z 軸, Front/Back は Y 軸, Left/Right は X 軸を表す。 単位は rms
Number of Events	各軸への方向付けより抽出された event 数(タイマーイベントの振動データで且つ 0.03GRMS 以上のデータをサマリーに選択したデータ数。XYZ の振り分けは、主な振動軸でカウントしたことによる)。従って Event 数が Front/Back (Y 軸), Left/Right (X 軸) で少なくなかった。
% Occurrence	抽出された各軸の event 合計数に対する割合。Event 数のほとんどが Top/Bottom (Z 軸) であるため、Z 軸が 100%を示している。 各軸の割合のグラフ表示が右図の円グラフ
G RMS	この行以下の項目を G RMS 単位で表すの意味
MAX, MIN, Average, Standard Deviation	最大、最小、平均、標準偏差を G RMS で表示
90%/95% at or Below	PSD 解析でその周波数で演算された特定の GRMS 値

### Front/Back (Y 軸), Left/Right (X 軸)について

計測器を上部から見ると、Y軸は前方向を指し、X軸が右方向を指している。

よって、Lansmont 社の Report で表示している

Front/Back とは計測器の前後方向、Y 軸を意味して、

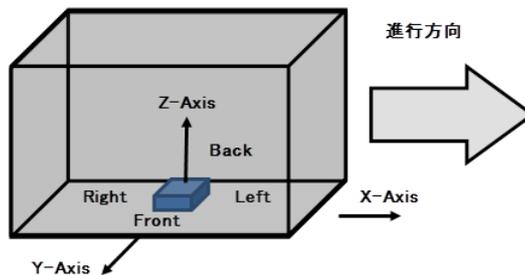
Left/Right とは計測器の左右方向、X 軸を意味している。

我々の計測器設置は、

計測器の左右方向 (X 軸) を鉄道輸送の進行方向となるように設置しているので、計測器の前後方向は鉄道輸送の左右方向となる。

X 軸 : 鉄道輸送の進行方向 (Longitudinal) であり、計測器の Left/Right

Y 軸 : 鉄道輸送の左右方向 (Side to Side) であり、計測器の Front/Back



### Vibration Intensity Report:

例 Combined Data (Z-Axis)とあれば、A-1)130730-801-A7 と A-2)130801-804-A8 の Z 軸(上下方向)の両データを一緒にした強度の解析結果表示

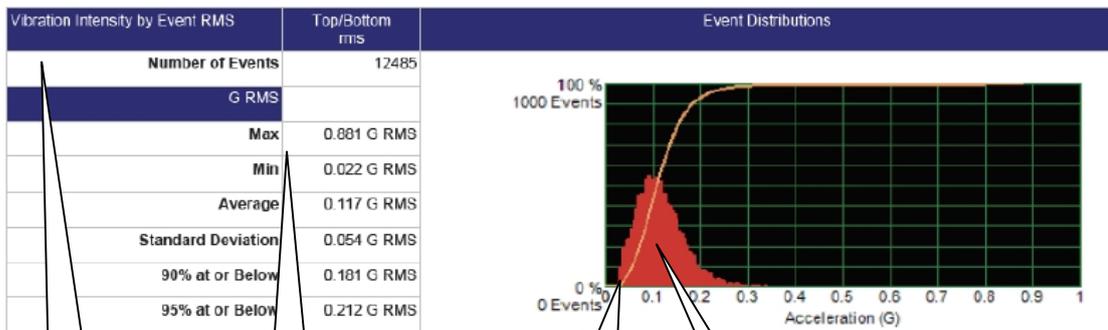


図 5-1

右図は G 値そのものを表示

サマリー event 数。Z 軸、Y 軸、X 軸とも同数である。

G RMS 値の表示。項目各々は前説明と同じ。

黄色ラインは各加速度の event の総数。縦軸目盛りは%を表示する。例えば、0.1G 以下の event 数は全体の 45%を示す。

赤色がピーク加速度のデータ数。目盛りは縦軸。0.1G 付近が分布量の頂点に近く、データ数が最も多いことを表す。

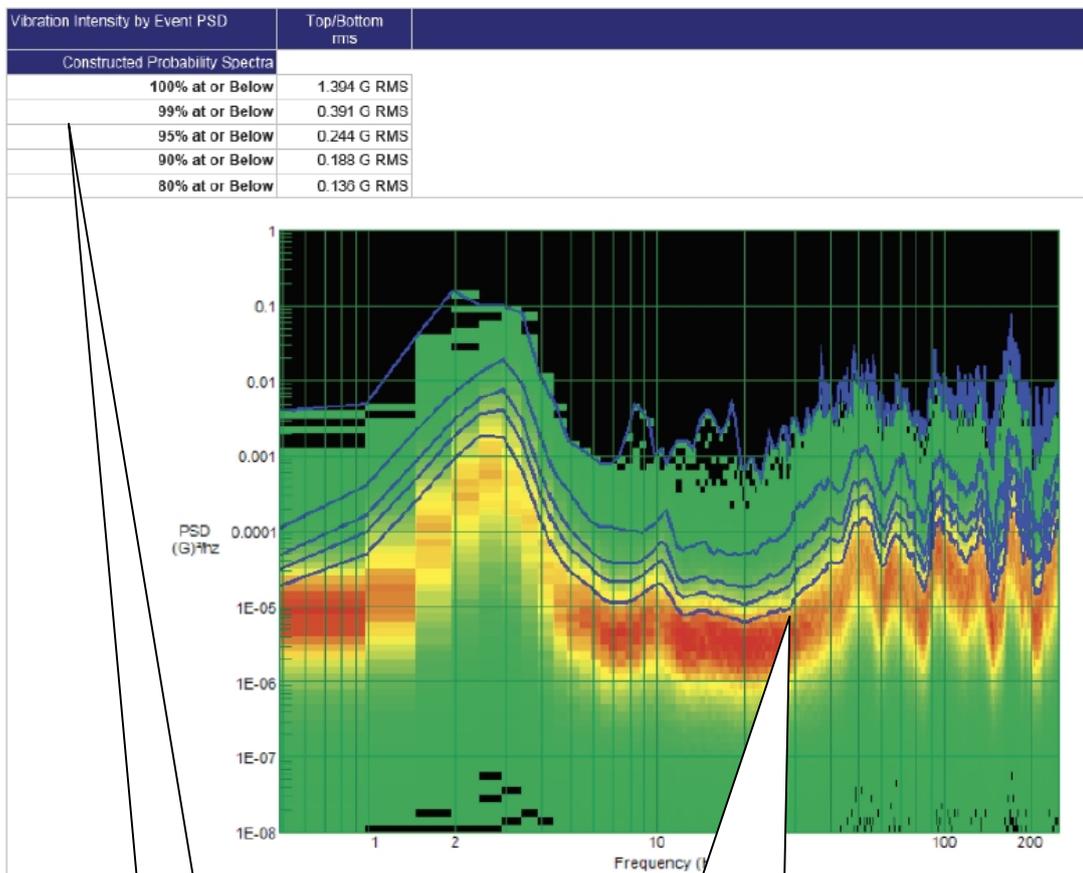


図 5-2 PSD 図

PSD 解析でその周波数で演算された特定の GRMS 値。

縦軸が  $(G)^2/hz$ 、横軸が波長。  
 青線が、上から 100% at or Below, 99%, 95%, 90%, 80% at or Below を表示。  
 データ分布量の多いところから少ないところへ、赤色、黄色、緑色と色相が変化する。  
 赤色：非常に高い発生率  
 橙色：高い発生率  
 黄色：中程度の発生率  
 緑色：低い発生率

PSD Data:

80% PSD (データ分布量が多いところ) 解析を X 軸、Y 軸、Z 軸毎に表示。

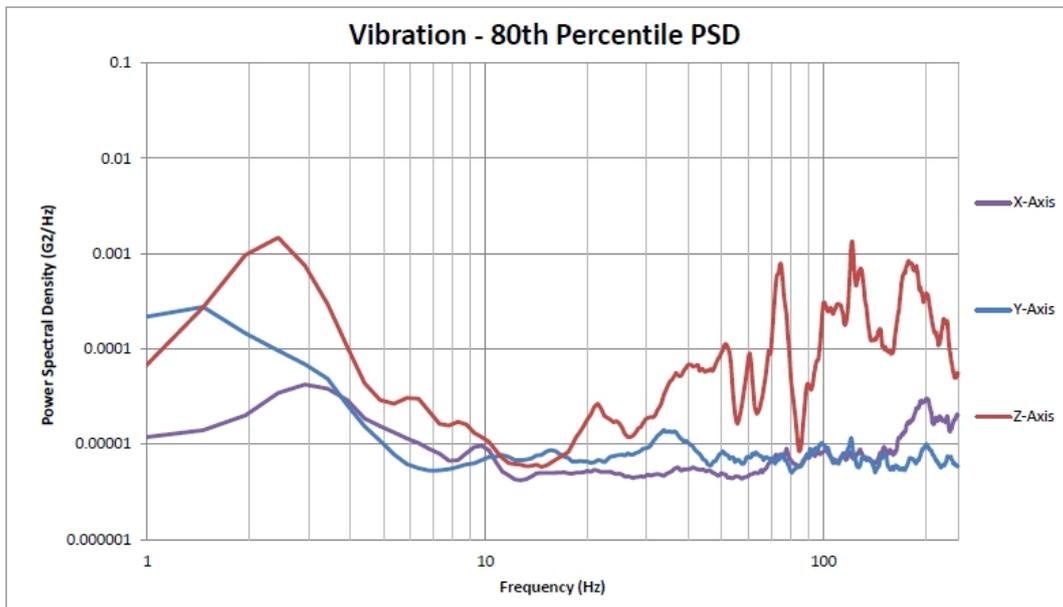


図 5-3 A-3)JR20131003-1014. SXd

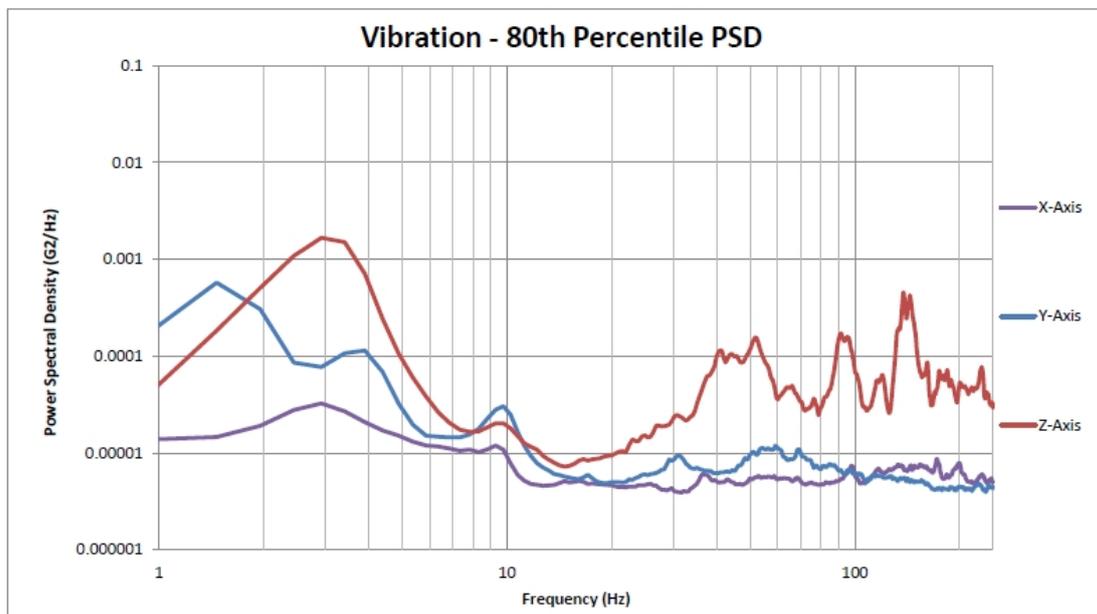


図 5-4 A-5)140115-21-SN1108-07. SXd

図 5-3 及び図 5-4 の Z 軸の 50Hz 以上における相違は、図 5-3 は A-3 ファイルでコンテナ内にダミーウェイトを積載しており、図 5-4 は A-5 ファイルでコンテナ内が空であることによるものである。

### Vibration Data: PSD Summary Comparison:

- A-1 & A-2 報告書 : Top to Bottom (Z 軸) の PSD  
A-3, A-4 & A-5 報告書 : Top to Bottom (Z 軸) の PSD  
A-1, A-2, A-3, A-4 & A-5 報告書 : Top to Bottom (Z 軸)、Side to Side (Y 軸)、  
Longitudinal (X 軸) の PSD  
をファイル毎、ファイル合成並びに ASTM D4169 を表示している。

## 5-2 RMS 値と PSD

Lansmont 社の Transportation Severity Report には GRMS 値と PSD が示されている。

RMS 値が採られるのは :

輸送環境で発生するのはランダム振動 (ピーク値が一定ではなく振動数も異なる正弦波の合成波) であるから、ピーク値に代わる値として実効値 (RMS 値) が採られる。

下記の正弦波形で考えると

$$\text{実効値 (RMS 値)} = \text{ピーク値 (振幅)} \div \sqrt{2}$$

RMS : Root Mean Square (二乗平均の平方根)

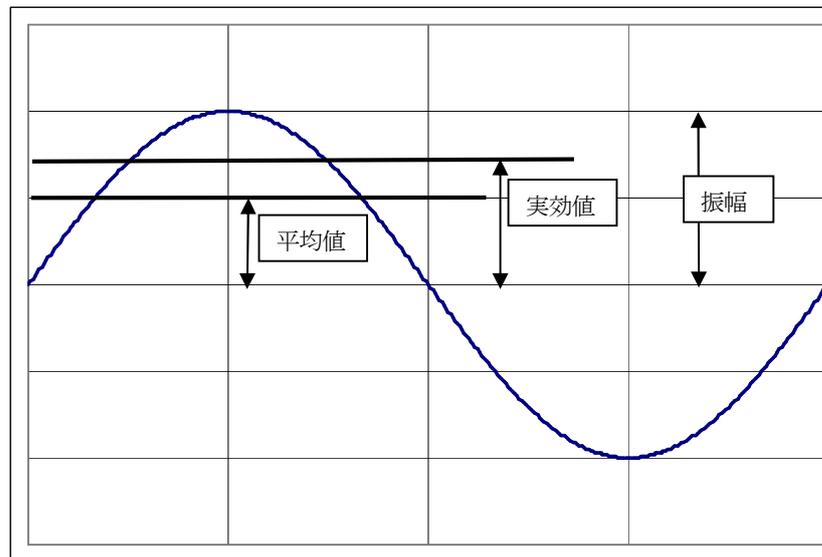


図 5-5 正弦波形

PSD は :

PSD 解析とは時系列の振動がどの振動数にどれくらい集中しているかを知ることができ、判断できる。スペクトル密度の曲線の面積は、信号の振幅の自乗すなわち全エネルギーの面積に等しい。

ランダム振動はパワースペクトル密度 (PSD) で表示され、輸送環境の厳しさを表す指標として使用される。単位は縦軸  $G^2/Hz$ 、横軸  $Hz$  で表される。

## 6 波形図

上述の様にランダム振動であるため、輸送状況を代表する波形図ではないが、いくつかの波形図は下記の通りである。波形図は、波形を見易くするために高周波スペクトルを除外した20Hzでフィルターをかけている。また、X軸：赤線、Y軸：緑線、Z軸：黄線である。

走行中の加速度が小さい時の波形 A-1 ファイルより

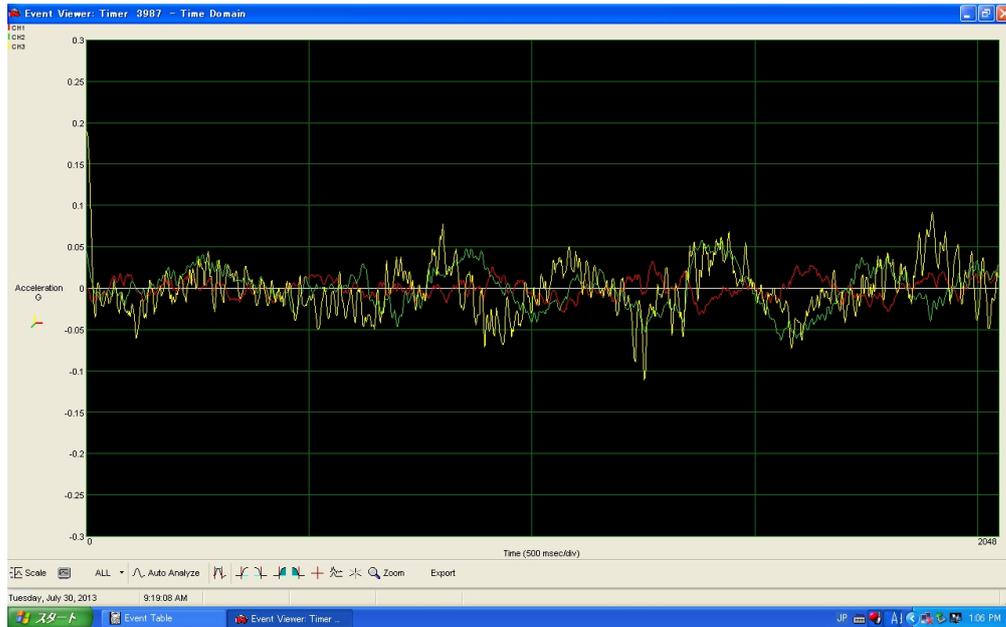


図 6-1 Z 軸：±0.05G、Y 軸：±0.05G、X 軸：±0.02G

走行中の Z 加速度が±0.1G 前後の波形 A-1 ファイルより



図 6-2 Z 軸：±0.1G、Y 軸：±0.05G、X 軸：±0.02G

走行中の Z 加速度が  $\pm 0.25G$  前後、Y 加速度が  $\pm 0.2G$  前後の波形 A-3 ファイルより



図 6-3 Z 軸 :  $\pm 0.25G$ 、Y 軸 :  $\pm 0.2G$ 、X 軸 :  $\pm 0.02G$

走行中の Z 加速度が  $\pm 0.1G$  前後、Y 加速度が  $\pm 0.15G$  前後の波形 A-1 ファイルより

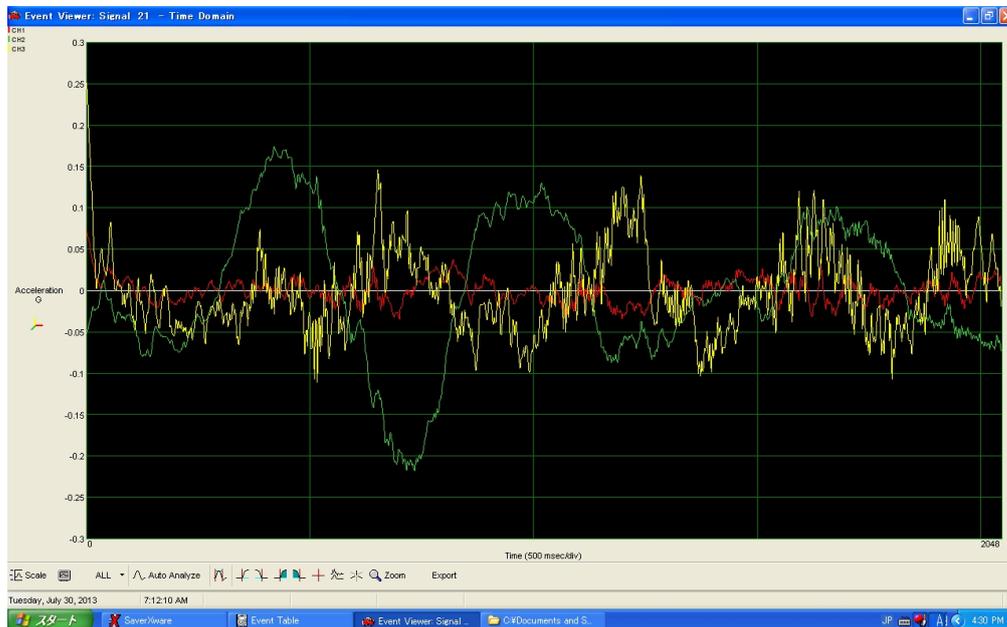


図 6-4 Z 軸 :  $\pm 0.1G$ 、Y 軸 :  $\pm 0.15G$ 、X 軸 :  $\pm 0.03G$

走行中の Z 加速度が  $\pm 0.35G$  前後、Y 加速度が  $\pm 0.15G$  前後の波形 A-3 ファイルより



図 6-5 Z 軸 :  $\pm 0.35G$ 、Y 軸 :  $\pm 0.15G$ 、X 軸 :  $\pm 0.02G$

発進時に X 加速度が  $\pm 0.3G$  前後の波形 A-3 ファイルより

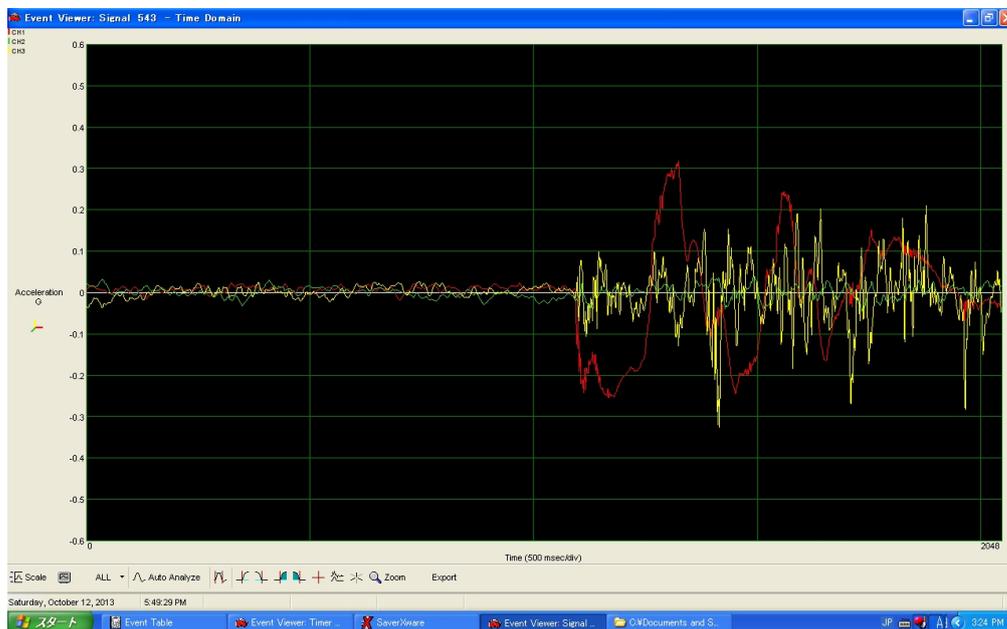


図 6-6 Z 軸 :  $\pm 0.1G$ 、Y 軸 :  $\pm 0.04G$ 、X 軸 :  $\pm 0.3G$

到着減速時に X 加速度が  $\pm 0.4G$  前後の波形 A-1 ファイルより

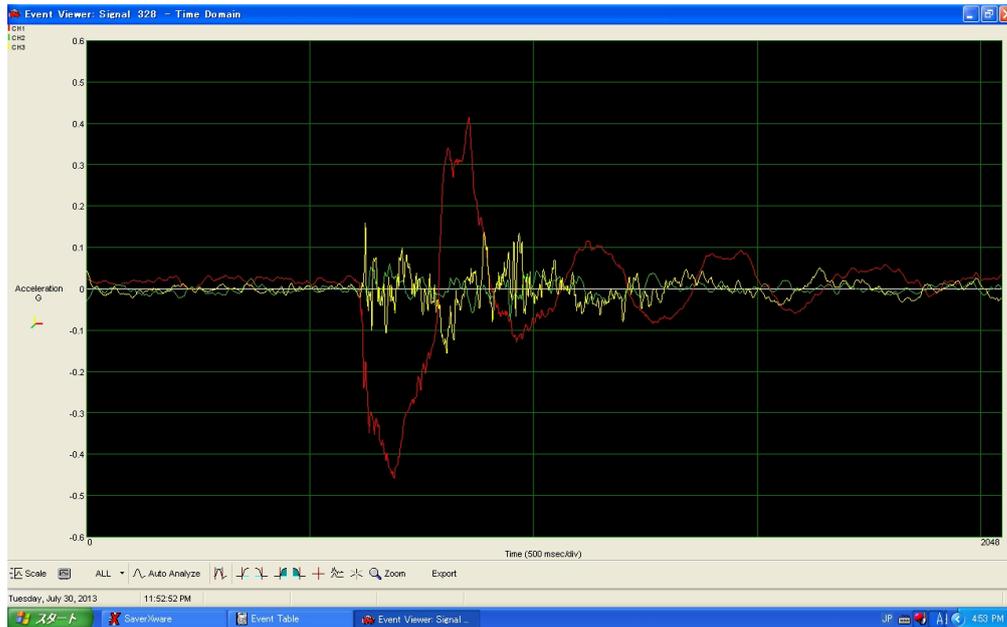


図 6-7 Z 軸 :  $\pm 0.1G$ 、Y 軸 :  $\pm 0.04G$ 、X 軸 :  $\pm 0.4G$

車両連結時に X 加速度が  $\pm 0.1G$  前後の波形 A-3 ファイルより

計測器設置のコンテナは 11 両目に積載されていた。後ろ 24 両目の 1 両が連結された。

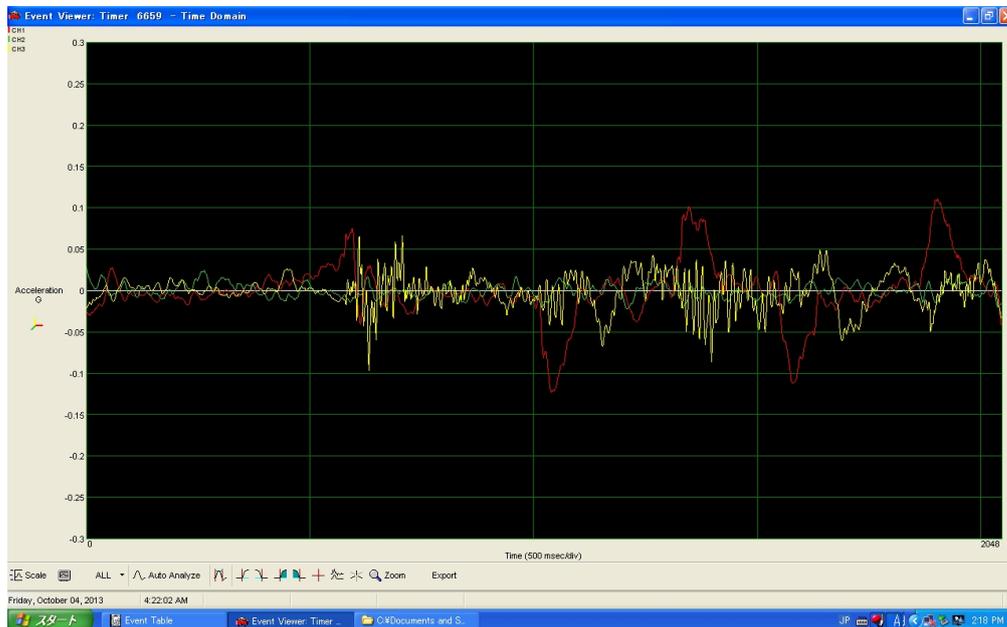


図 6-8 Z 軸 :  $\pm 0.05G$ 、Y 軸 :  $\pm 0.02G$ 、X 軸 :  $\pm 0.1G$

## 7 輸送中の加速度

5-2 RMS 値と PSD 項に記載の通り、輸送環境で発生するのはランダム振動であるから、ピーク値に代わる値として実効値(RMS 値)が採られるが、輸送環境を把握する上でピーク値である最大加速度がどれくらいであるかもまた重要なことである。

Transportation Severity Report の Vibration Intensity Report: Combined Data (Z-Axis), (Y-Axis), (X-Axis)の加速度&分布グラフを比較すると横目盛り最大が1Gのグラフが大半であるが、東京-福岡間のルートと計測5回全体の(Z-Axis)のグラフのみが目盛り最大値5Gになっている。この理由は、フォークリフトによるコンテナの荷扱いが多く発生していること起因していると思料される。本レポートの結果からフォークリフトによる荷扱いと思料される加速度を除外して、また波形図を参考にした結果、鉄道輸送中の加速度は以下の通りと思料される。

方向	平均(G)	最大(G)
X (進行) 方向	0.04	0.4
Y (左右) 方向	0.04	0.2
Z (上下) 方向	0.15	0.5

## 8 コンテナ構造物の固有振動数の確認

コンテナ形状の外法寸法は高さ 2,500mm、幅 2,450mm、長さ 3,715mm、自重 1.6t。内容積は 18.8m<sup>3</sup>。最大積載量は 5t である。

ASTM D4169 の Rail にある鉄道輸送の振動 PSD パターンの周波数範囲は 1~200Hz 上限周波数だが、2Hz から 50Hz まではフラット、50Hz から 90Hz まで一回目の減衰、90Hz から 200Hz まで減衰している。2回目の予備計測でコンテナ内部の振動データ PSD では、Z軸の 30~50Hz、57Hz、125Hz、140Hz、160Hz、200Hz、256Hz 近辺にピークが存在する。それらはコンテナの構造材に起因すると推察した。コンテナのモード解析の為に加速度センサーをコンテナの代表的な構造材に固定してその構造材をハンマリングしてそれらの固有振動数を調べた。その結果は、下記グラフと下表の通りであった。

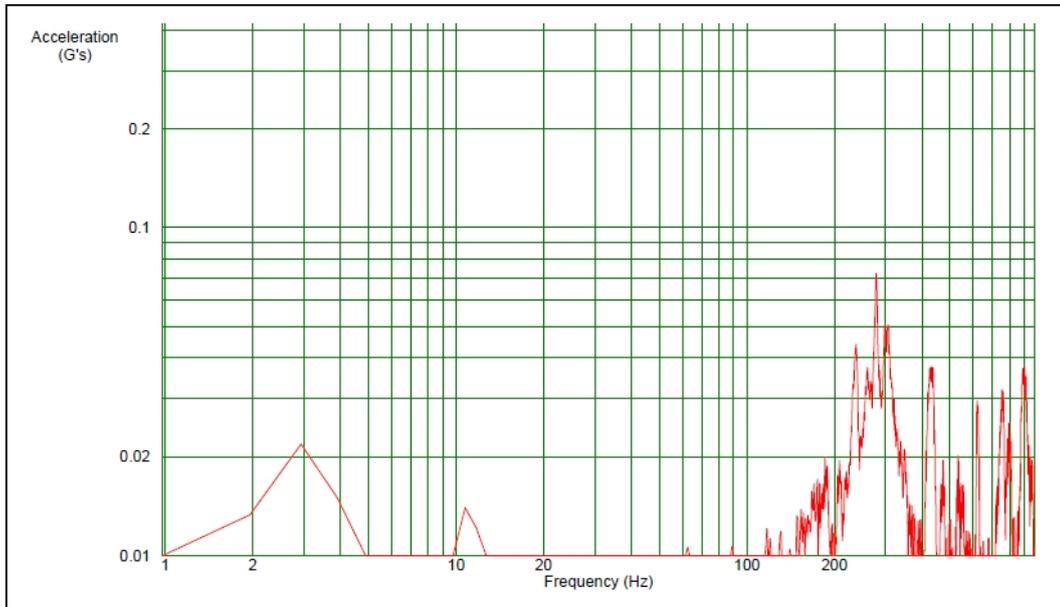


図 8-1 : コンテナの床合板部の FFT

コンテナの構造部材	ピーク周波数 (Hz)								
フロア 木部 取り付け部								237	
フロア 木部 中央								232	256
左右ビーム 中央	37					173			256
前後ビーム 中央									
柱 中央	36						208		246
壁 扉なし					140		196	210	250
計測データのピーク	37	52	70	97	133	166	200		256

表 8-1 : コンテナの構造材と固有振動数ピークの周波数および計測データのピークの比較

上記の表の最後の行に計測データの近似のピーク周波数を追加して対比した。37Hz、133Hz、166Hz、200Hz、256Hz の振動成分はコンテナの構造材の固有振動数と近似している。

## 9 まとめ

本年度実施した鉄道輸送中の加速度計測は、JR 貨物 12 フィートコンテナに計測機を設置して5回の調査を実施した。輸送経路は東京-札幌間と東京-福岡間の2ルートであり、実施回数は東京-札幌間が2回と東京-福岡間が3回である。東京-福岡間ではコンテナ内が空状態とダメージウエイト積載状態の2状態である。データ解析はLansmont社で、東京-札幌間、東京-福岡間のルート別と計測5回全体の3部構成で実施した。

個々の輸送については、貨車上のコンテナ積載数、貨車上のコンテナ積載場所、貨車が何両編成でコンテナ積載は何両目か等で相違が出てくるが、3部構成で実施したデータ解析により鉄道輸送状況の以下の結論を得た。

- ① 輸送中はZ方向の振動による加速度が圧倒的に多い。
- ② データ分布量が判明できる加速度は、Z方向で0.4G以下、Y方向で0.1G以下、X方向で0.1G以下である。
- ③ RMS値の平均は、Z方向で0.15G RMS、Y方向で0.04G RMS、X方向で0.04G RMSである。
- ④ PSDより、Xは3Hz、Yは1.5Hz、Zは2~3Hzにおいてピークがあるが、XYZ共高周波帯の50Hz、70~80Hz、120Hz、180Hz近辺にもピークを有する。

最後に、本事業の主旨に御理解を頂き、コンテナの手配及び運行に惜しみなく協力していただいた日本貨物鉄道株式会社殿に改めて謝意を表する次第である。

# Transportation Severity Report

**Combined SXd files:**

A-1) 130730-801-A7.SXd :Tokyo-Sapporo  
A-2) 130801-804-A8.SXd :Tokyo-Sapporo

**Shipping Route:** Tokyo-Sapporo

**Distribution Method:** Rail

**Prepared For:**



NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI  
NKKK

## Introduction:

This report examines the measurement study conducted for **NKKK** examining the shock and vibration experienced during shipment. The measured data was acquired between **July 30<sup>th</sup>, 2013 and August 4<sup>th</sup>, 2013** and only the *Timer Triggered* data was selected for summary analysis.

## Measurement Details:

Instrument Type:	SAVER™ 3D15	SAVER™ 3D15
Instrument ID:	0491-109	0491-105
Serial Number:	1108-007	1108-008
Last Calibration Date:	August 23 <sup>rd</sup> , 2012	August 23 <sup>rd</sup> , 2012
Associated SXd:	A-1) 130730-801-A7.SXd	A-2) 130801-804-A8.SXd
Number of Round Trips:	1	1
Route Measured:	Tokyo-Sapporo	Tokyo-Sapporo
Measurement Dates:	7/30/2013 – 8/1/2013	8/2/2013 – 8/4/2013



## Channel Identification:

Channel	SAVER™ Orientation
1	Longitudinal
2	Side to Side
3	Top to Bottom

## Measurement Setup:

The measurements described in this report were acquired with a **Lansmont Corporation SAVER™ 3D15**. The SAVER™ mounting/installation was performed by a **NKKK** representative. Data analysis was provided by the Lansmont Data Analysis Center.

A-1) 130730-801-A7.SXd & A-2) 130801-804-A8.SXd (Tokyo-Sapporo)

**Memory Storage Partitions**

**Signal Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Signal PreTrigger: 50 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 563 events

**Timer Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Wakeup Interval: 20 Seconds

Time to Fill: 4.2 days

Data Retention Mode: Fill / Stop

Memory Allocation: 18294 events

Disable PushButton On/Off  
(Requires Computer to Stop Acquisition)

**LED Alarm**

Temperature Alarm  
122 °F  
-40 °F

Humidity Alarm  
80 % RH  
10 % RH

**LED Alarm**

Acceleration Alarm  
5.0 G's

LED Heartbeat

**Cell Phone Alarm**

SMS Alarm Alerts  
Target Phone Number: \_\_\_\_\_  
Requires Cell Phone Interface Accessory

**GPS Tracking**

GPS Enable  
Requires GPS Interface Accessory

Print | Cancel | OK

3 % | 97 %

**Channel Information**    Copy Channel Setting    Paste Channel

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp

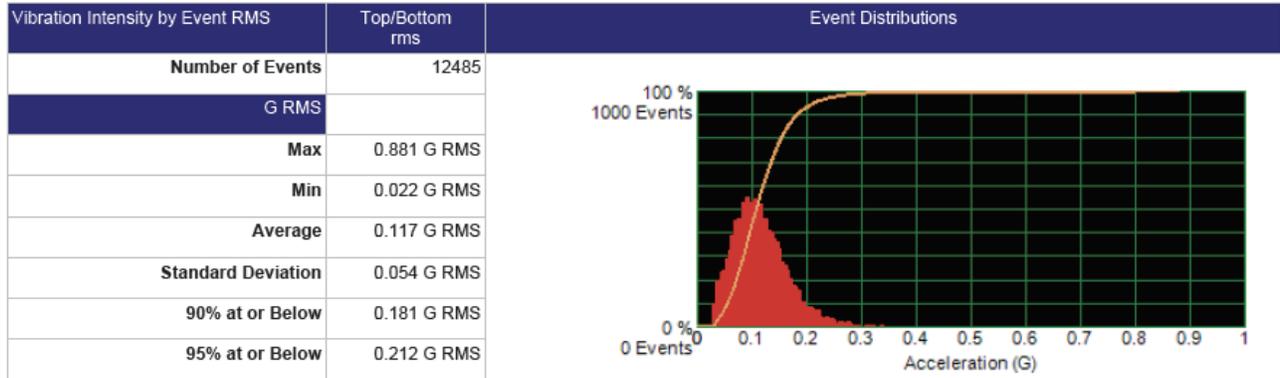
## Vibration Orientation Report: A-1)130730-801-A7.SXd (Tokyo-Sapporo)

Vibration Orientation Overview	Top/Bottom rms	Front/Back rms	Left/Right rms	6461 Events	
Number of Events	6446	5	10		
% Occurance	100%	0%	0%		
<b>G RMS</b>					
Max	0.713 G RMS	0.037 G RMS	0.131 G RMS		
Min	0.030 G RMS	0.031 G RMS	0.030 G RMS		
Average	0.123 G RMS	0.034 G RMS	0.064 G RMS		
Standard Deviation	0.057 G RMS	0.002 G RMS	0.037 G RMS		
90% at or Below	0.190 G RMS	0.034 G RMS	0.115 G RMS		
95% at or Below	0.222 G RMS	0.035 G RMS	0.122 G RMS		

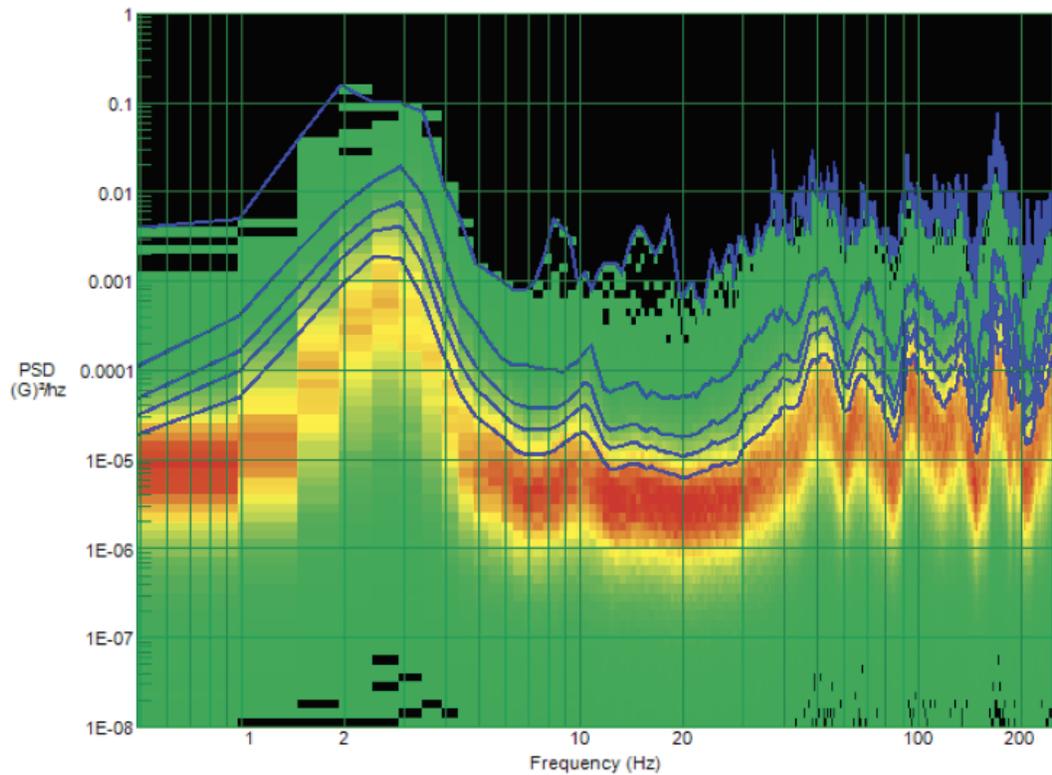
## Vibration Orientation Report: A-2) 130801-804-A8.SXd (Tokyo-Sapporo)

Vibration Orientation Overview	Top/Bottom rms	Front/Back rms	Left/Right rms	6024 Events	
Number of Events	6017	1	6		
% Occurance	100%	0%	0%		
<b>G RMS</b>					
Max	0.881 G RMS	0.053 G RMS	0.058 G RMS		
Min	0.030 G RMS	0.053 G RMS	0.031 G RMS		
Average	0.111 G RMS	0.053 G RMS	0.040 G RMS		
Standard Deviation	0.051 G RMS	0.000 G RMS	0.010 G RMS		
90% at or Below	0.170 G RMS	0.049 G RMS	0.051 G RMS		
95% at or Below	0.198 G RMS	0.052 G RMS	0.056 G RMS		

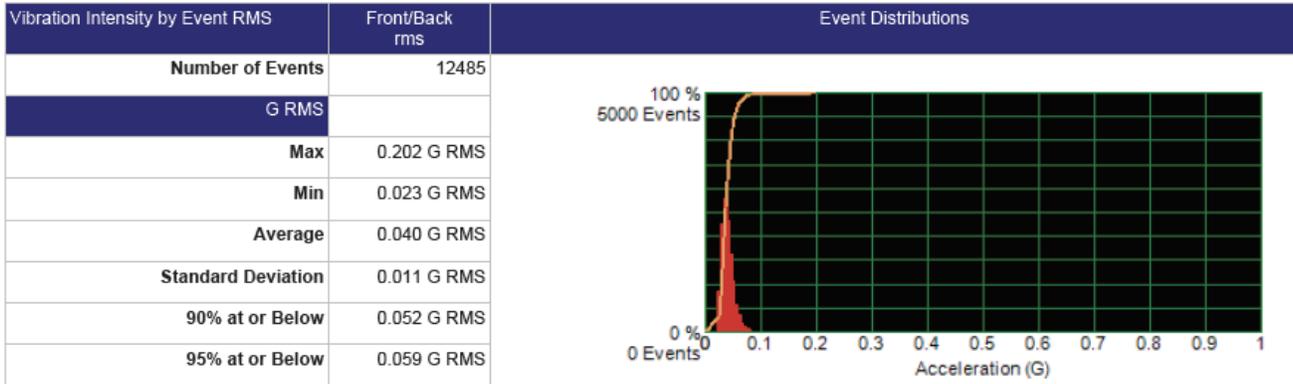
## Vibration Intensity Report: Tokyo-Sapporo Combined Data (Z-Axis) Top to Bottom



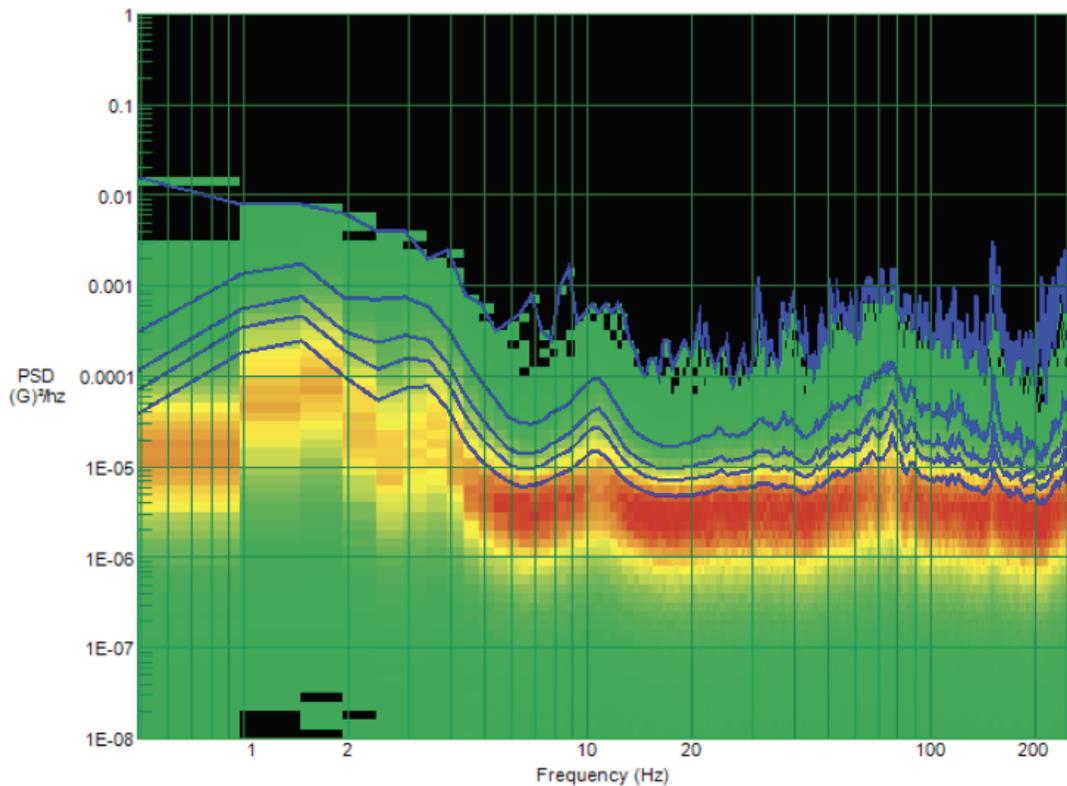
Vibration Intensity by Event PSD	Top/Bottom rms
<b>Constructed Probability Spectra</b>	
<b>100% at or Below</b>	1.394 G RMS
<b>99% at or Below</b>	0.391 G RMS
<b>95% at or Below</b>	0.244 G RMS
<b>90% at or Below</b>	0.188 G RMS
<b>80% at or Below</b>	0.136 G RMS



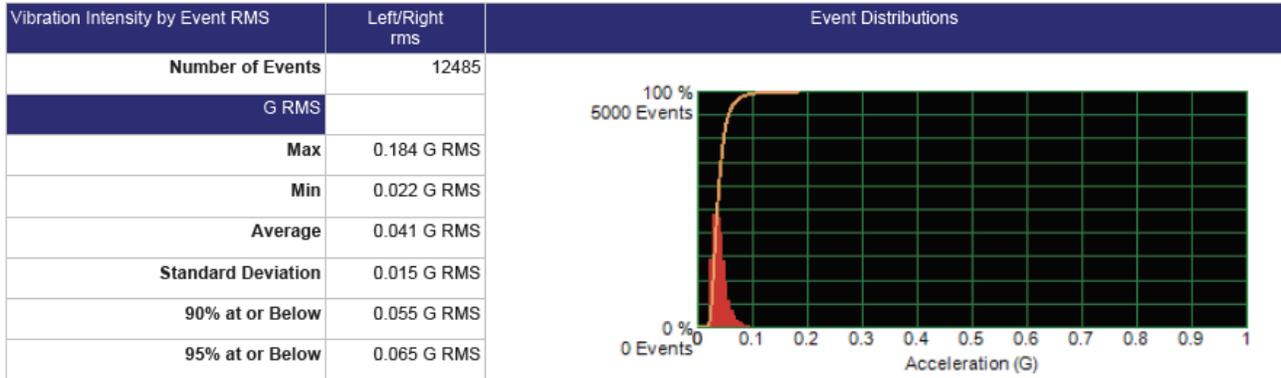
## Vibration Intensity Report: Tokyo-Sapporo Combined Data (Y-Axis) side to Side



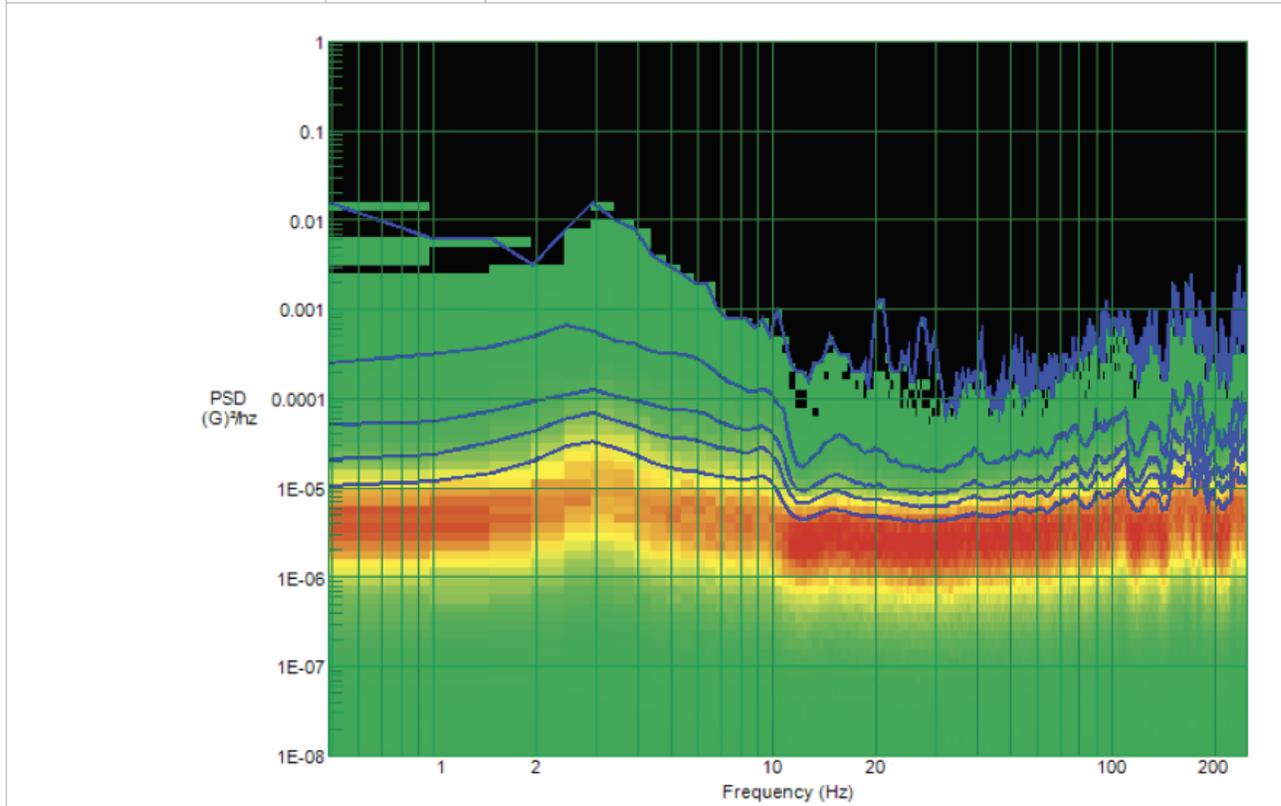
Vibration Intensity by Event PSD		Front/Back rms
Constructed Probability Spectra		
<b>100% at or Below</b>		0.377 G RMS
<b>99% at or Below</b>		0.113 G RMS
<b>95% at or Below</b>		0.075 G RMS
<b>90% at or Below</b>		0.060 G RMS
<b>80% at or Below</b>		0.046 G RMS



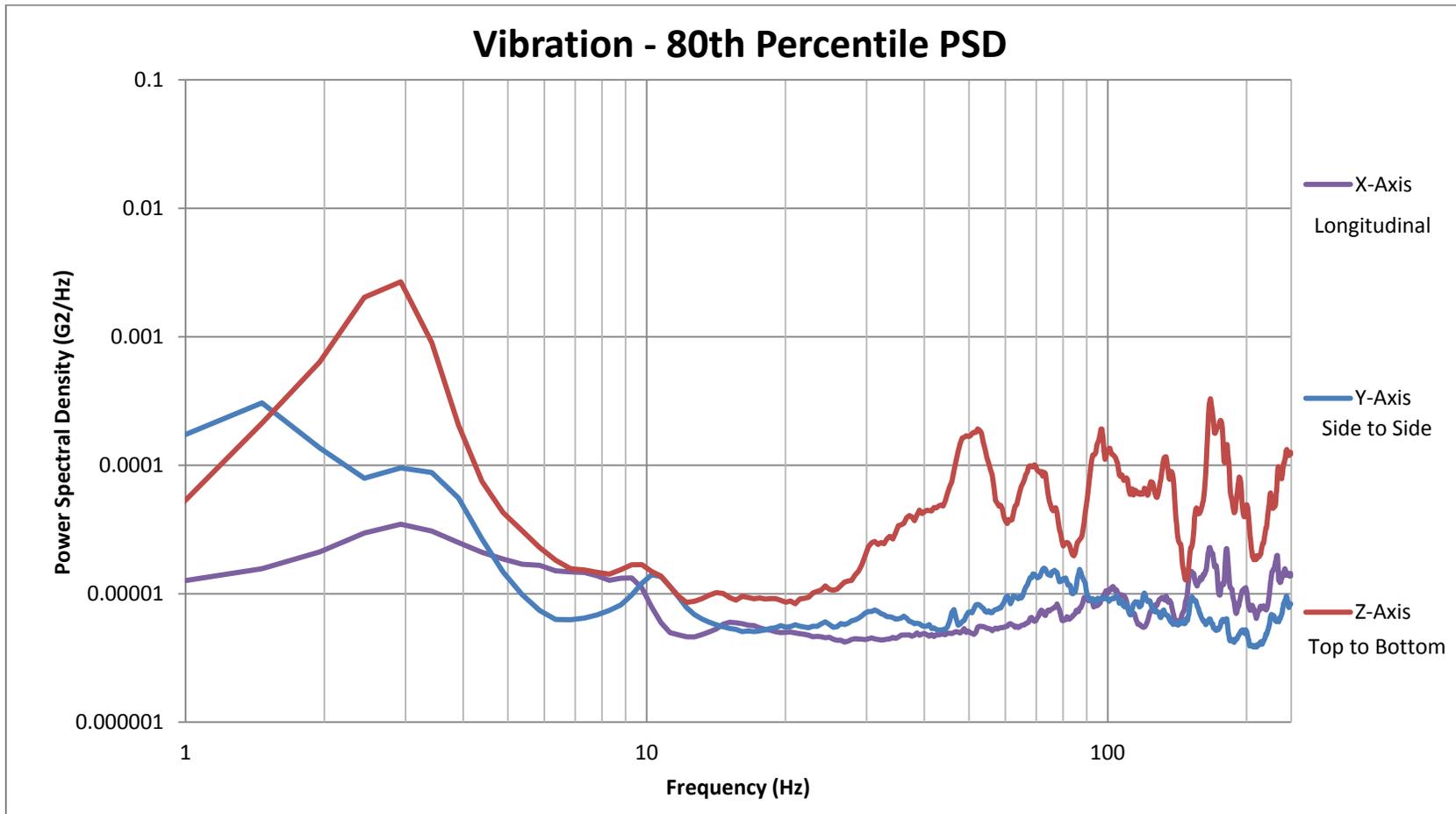
## Vibration Intensity Report: Tokyo-Sapporo Combined Data (X-Axis) Longitudinal



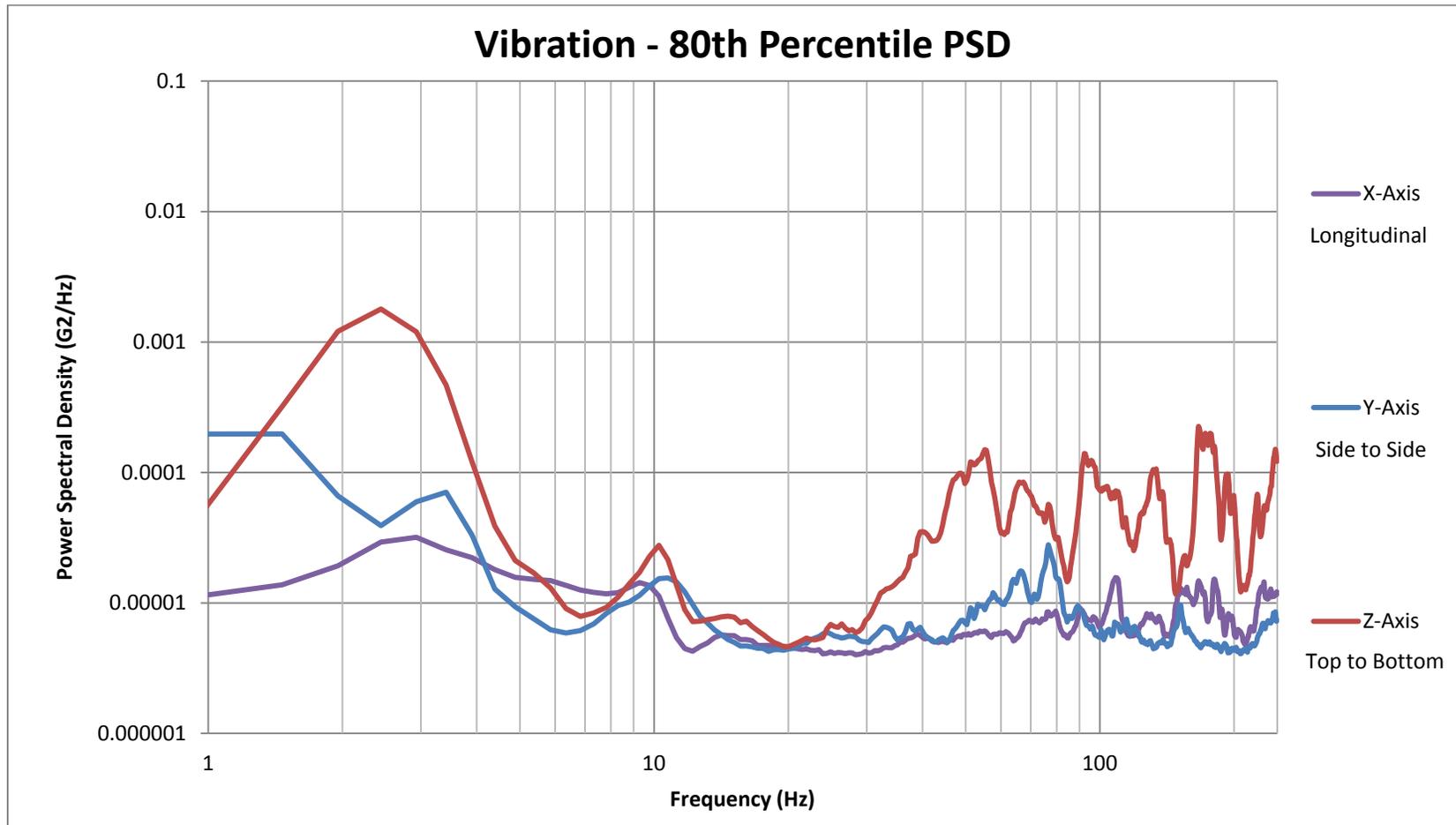
Vibration Intensity by Event PSD		Left/Right rms
<b>Constructed Probability Spectra</b>		
<b>100% at or Below</b>		0.409 G RMS
<b>99% at or Below</b>		0.122 G RMS
<b>95% at or Below</b>		0.077 G RMS
<b>90% at or Below</b>		0.061 G RMS
<b>80% at or Below</b>		0.047 G RMS



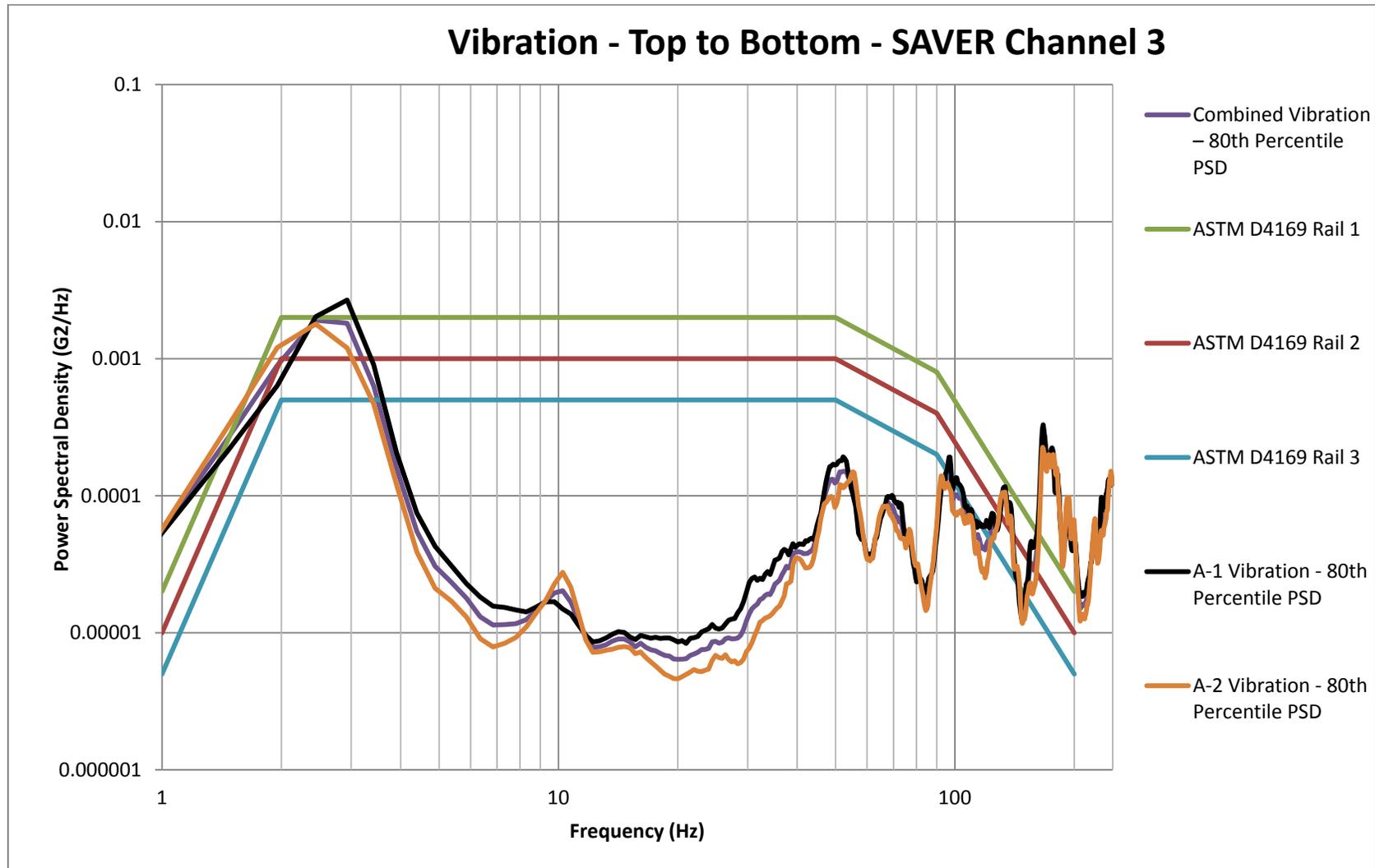
**PSD Data:** A-1) 130730-801-A7.SXd (Tokyo-Sapporo)



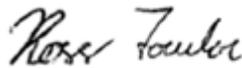
**PSD Data:** A-2) 130801-804-A8.SXd (Tokyo-Sapporo)



## Vibration Data: Tokyo-Sapporo PSD Summary Comparison



**Lansmont Corporation's Data Analysis Center** takes pleasure in presenting **NKKK** with the results of this study. The instruments used for this testing were especially designed for this purpose, in good condition and recently calibrated. The data presented is considered to be accurate and reliable. However, there is no warranty expressed or implied with the submission of this report and **Lansmont Corporation** is not responsible for the client's use of the data contained in this report.

A handwritten signature in black ink that reads "Ross Fowler".

---

Ross Fowler  
Data Analyst  
Lansmont Corporation

A handwritten signature in black ink that reads "Patrick Blizinski".

---

Patrick Blizinski  
Field-to-Lab® Product Manager  
Lansmont Corporation

# Transportation Severity Report

**Combined SXd files:**

A-3) JR20131003-1014.SXd :Tokyo-Fukuoka  
A-4) JR20131016-1028.SXd :Tokyo-Fukuoka  
A-5) 140115-21-SN1108-07.SXd :Tokyo-Fukuoka

**Shipping Route:** Tokyo-Fukuoka

**Distribution Method:** Rail

**Prepared For:**



NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI  
NKKK

## Introduction:

This report examines the measurement study conducted for **NKKK** examining the shock and vibration experienced during shipment. The measured data was acquired between **October 3<sup>rd</sup>, 2013** and **January 21<sup>st</sup>, 2014** and only the *Timer Triggered* data was selected for summary analysis.

## Measurement Details:

Instrument Type:	SAVER™ 3D15	SAVER™ 3D15
Instrument ID:	0491-109	0491-105
Serial Number:	1108-007	1108-008
Last Calibration Date:	August 23 <sup>rd</sup> , 2012	August 23 <sup>rd</sup> , 2012
Associated SXd:	A-4) JR20131016-1028.SXd A-5)140115-21-SN1108-07.SXd	A-3) JR20131003-1014.SXd
Number of Round Trips:	4 & 2	5
Route Measured:	Tokyo-Fukuoka	Tokyo-Fukuoka
Measurement Dates:	10/16/2013 – 10/28/2013 1/15/2014 – 1/21/2014	10/3/2013 – 10/14/2013



## Channel Identification:

Channel	SAVER™ Orientation
1	Longitudinal
2	Side to Side
3	Top to Bottom

## Measurement Setup:

The measurements described in this report were acquired with a **Lansmont Corporation SAVER™ 3D15**. The SAVER™ mounting/installation was performed by a **NKKK** representative. Data analysis was provided by the Lansmont Data Analysis Center.

### A-3) JR20131003-1014.SXd (Tokyo-Fukuoka)

#### Memory Storage Partitions

##### Signal Triggered Data

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500    Sample Size: 1024

Signal PreTrigger: 50 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 563 events

##### Timer Triggered Data

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500    Sample Size: 1024

Wakeup Interval: 20 Seconds

Time to Fill: 4.2 days

Data Retention Mode: Fill / Stop

Memory Allocation: 18294 events

Disable PushButton On/Off  
(Requires Computer to Stop Acquisition)

##### LED Alarm

Temperature Alarm

122 °F

-40 °F

Humidity Alarm

80 % RH

10 % RH

##### Cell Phone Alarm

SMS Alarm Alerts

Target Phone Number:

Requires Cell Phone Interface Accessory

##### LED Alarm

Acceleration Alarm

5.0 G's

##### GPS Tracking

GPS Enable

Requires GPS Interface Accessory

Print    Cancel

OK

#### Channel Information

Copy Channel Setting    Paste Channel

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp

## Measurement Setup:

A-4) JR20131016-1028.SXd (Tokyo-Fukuoka)

**Memory Storage Partitions**

**Signal Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500    Sample Size: 1024

Signal PreTrigger: 50 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 563 events

**Timer Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500    Sample Size: 1024

Wakeup Interval: 2 Minutes

Time to Fill: 25.4 days

Data Retention Mode: Fill / Stop

Memory Allocation: 18294 events

Disable PushButton On/Off  
(Requires Computer to Stop Acquisition)

**LED Alarm**

Temperature Alarm  
122 °F  
-40 °F

Humidity Alarm  
80 % RH  
10 % RH

**LED Alarm**

Acceleration Alarm  
5.0 G's

LED Heartbeat

**Cell Phone Alarm**

SMS Alarm Alerts  
Target Phone Number: \_\_\_\_\_  
Requires Cell Phone Interface Accessory

**GPS Tracking**

GPS Enable  
Requires GPS Interface Accessory

Print    Cancel

OK

3%    97%

**Channel Information**    Copy Channel Setting    Paste Channel

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp

## Measurement Setup:

A-5) 140115-21-SN1108-07.SXd (Tokyo-Fukuoka)

**Memory Storage Partitions**

**Signal Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Signal PreTrigger: 50 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 563 events

**Timer Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Wakeup Interval: 30 Seconds

Time to Fill: 6.4 days

Data Retention Mode: Fill / Stop

Memory Allocation: 18294 events

Disable PushButton On/Off  
(Requires Computer to Stop Acquisition)

**LED Alarm**

Temperature Alarm  
122 °F  
-40 °F

Humidity Alarm  
80 % RH  
10 % RH

**LED Alarm**

Acceleration Alarm  
5.0 G's

LED Heartbeat

**Cell Phone Alarm**

SMS Alarm Alerts  
Target Phone Number: \_\_\_\_\_  
Requires Cell Phone Interface Accessory

**GPS Tracking**

GPS Enable  
Requires GPS Interface Accessory

Print | Cancel | OK

3 % | 97 %

**Channel Information**    Copy Channel Setting    Paste Channel

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp

### Vibration Orientation Report: A-3) JR20131003-1014.SXd (Tokyo-Fukuoka)

Vibration Orientation Overview	Top/Bottom rms	Front/Back rms	Left/Right rms	6344 Events	
Number of Events	6341	1	2		
% Occurance	100%	0%	0%		
G RMS					
Max	1.386 G RMS	0.144 G RMS	0.090 G RMS		
Min	0.030 G RMS	0.144 G RMS	0.076 G RMS		
Average	0.199 G RMS	0.144 G RMS	0.083 G RMS		
Standard Deviation	0.142 G RMS	0.000 G RMS	0.010 G RMS		
90% at or Below	0.366 G RMS	0.130 G RMS	0.087 G RMS		
95% at or Below	0.453 G RMS	0.138 G RMS	0.088 G RMS		

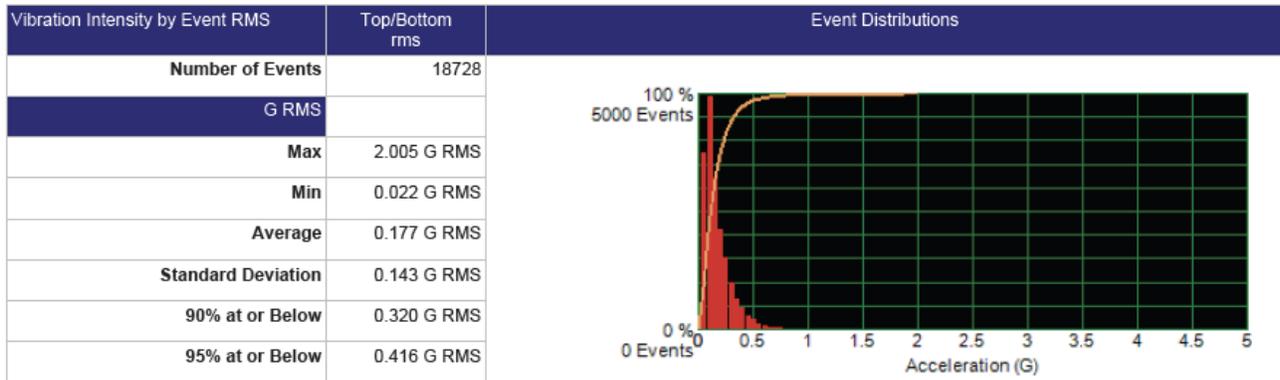
### Vibration Orientation Report: A-4) JR20131016-1028.SXd (Tokyo-Fukuoka)

Vibration Orientation Overview	Top/Bottom rms	Front/Back rms	Left/Right rms	4322 Events	
Number of Events	4319	0	3		
% Occurance	100%	0%	0%		
G RMS					
Max	2.005 G RMS	0.000 G RMS	0.037 G RMS		
Min	0.030 G RMS	0.000 G RMS	0.032 G RMS		
Average	0.232 G RMS	0.000 G RMS	0.035 G RMS		
Standard Deviation	0.190 G RMS	0.000 G RMS	0.002 G RMS		
90% at or Below	0.422 G RMS	0.000 G RMS	0.034 G RMS		
95% at or Below	0.569 G RMS	0.000 G RMS	0.035 G RMS		

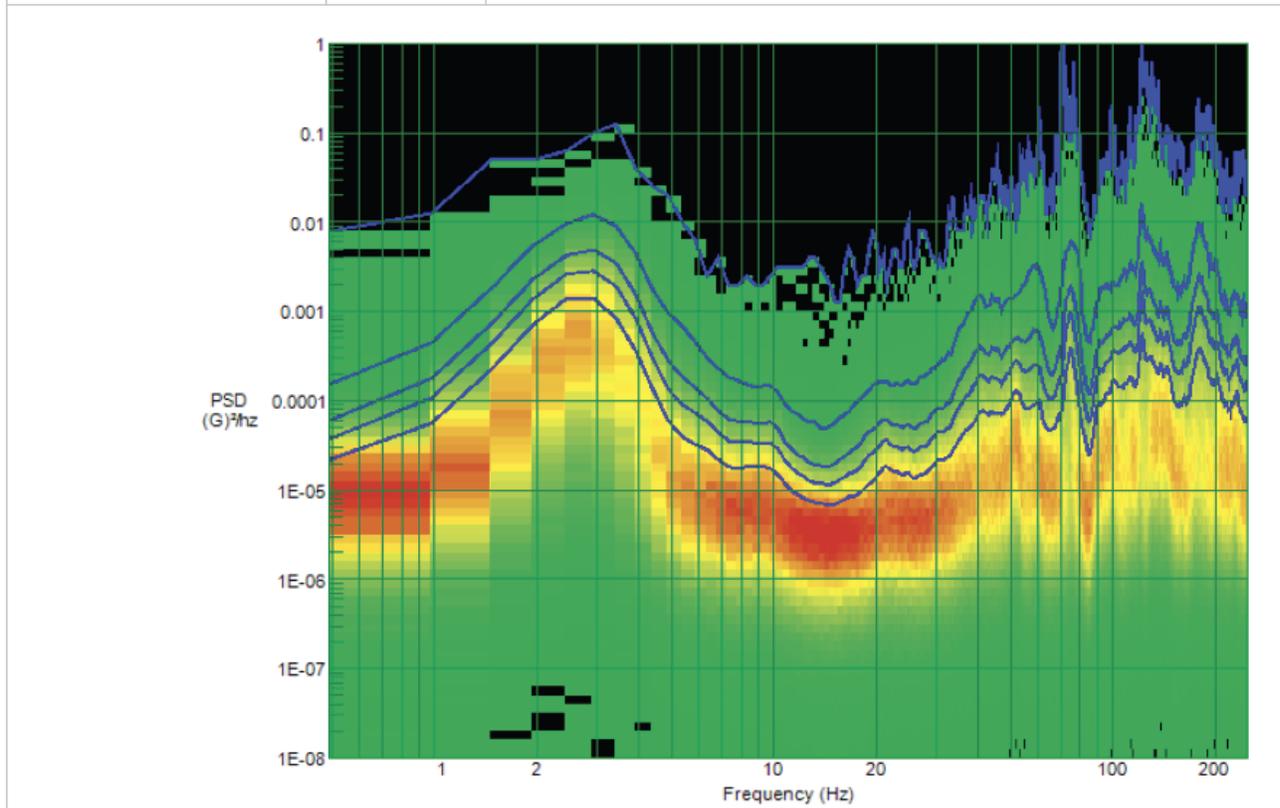
### Vibration Orientation Report: A-5) 140115-21-SN1108-07.SXd (Tokyo-Fukuoka)

Vibration Orientation Overview	Top/Bottom rms	Front/Back rms	Left/Right rms	8062 Events	
Number of Events	8051	4	7		
% Occurance	100%	0%	0%		
G RMS					
Max	1.029 G RMS	0.048 G RMS	0.063 G RMS		
Min	0.030 G RMS	0.030 G RMS	0.035 G RMS		
Average	0.130 G RMS	0.035 G RMS	0.046 G RMS		
Standard Deviation	0.090 G RMS	0.009 G RMS	0.012 G RMS		
90% at or Below	0.227 G RMS	0.044 G RMS	0.061 G RMS		
95% at or Below	0.289 G RMS	0.047 G RMS	0.063 G RMS		

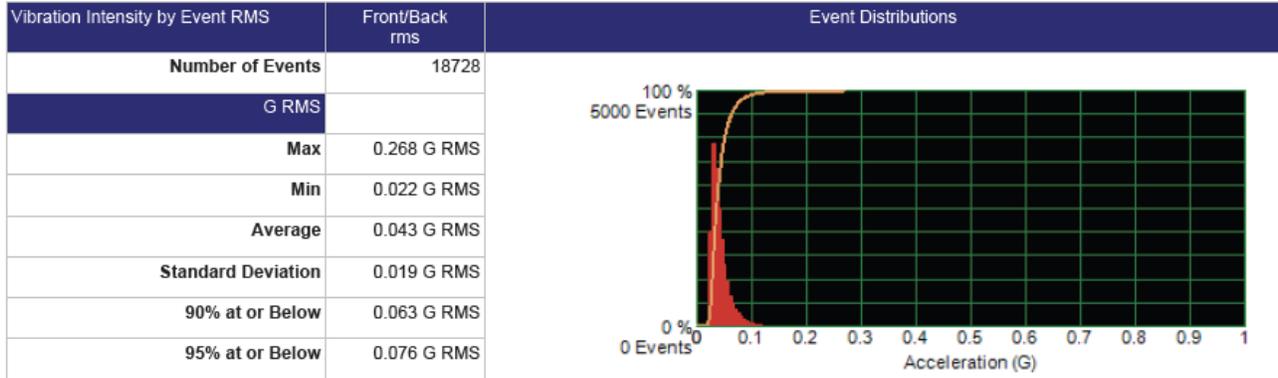
## Vibration Intensity Report: (Tokyo-Fukuoka) Combined Data (Z-Axis) Top to Bottom



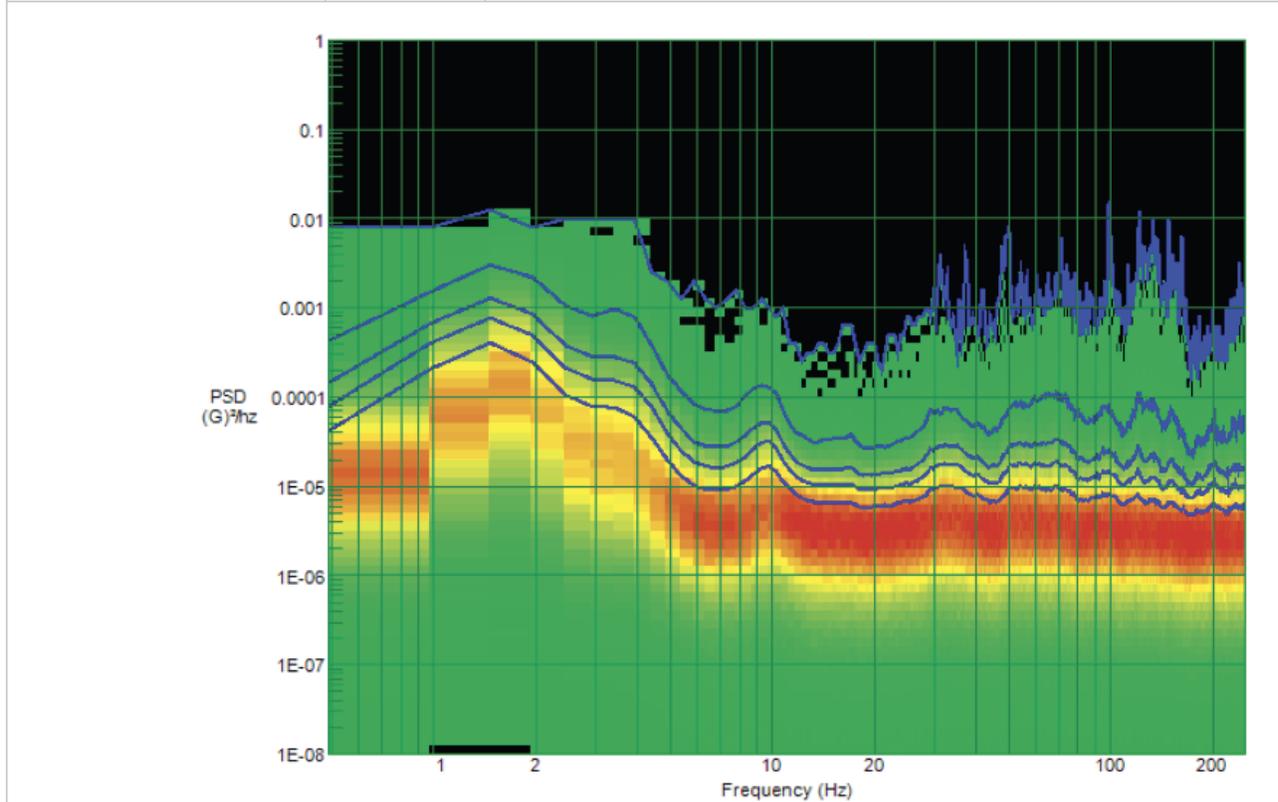
Vibration Intensity by Event PSD		Top/Bottom rms
Constructed Probability Spectra		
<b>100% at or Below</b>		4.439 G RMS
<b>99% at or Below</b>		0.815 G RMS
<b>95% at or Below</b>		0.425 G RMS
<b>90% at or Below</b>		0.297 G RMS
<b>80% at or Below</b>		0.188 G RMS



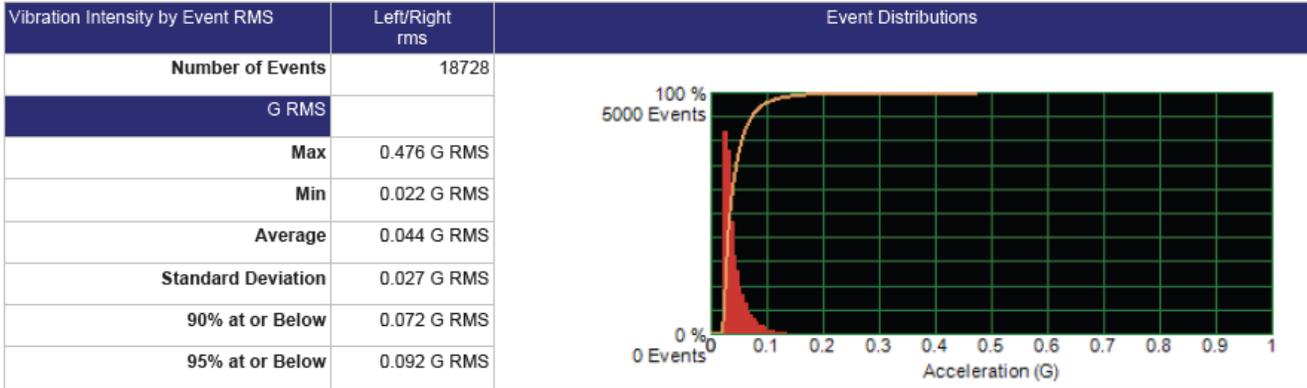
## Vibration Intensity Report: (Tokyo-Fukuoka) Combined Data (Y-Axis) Side to Side



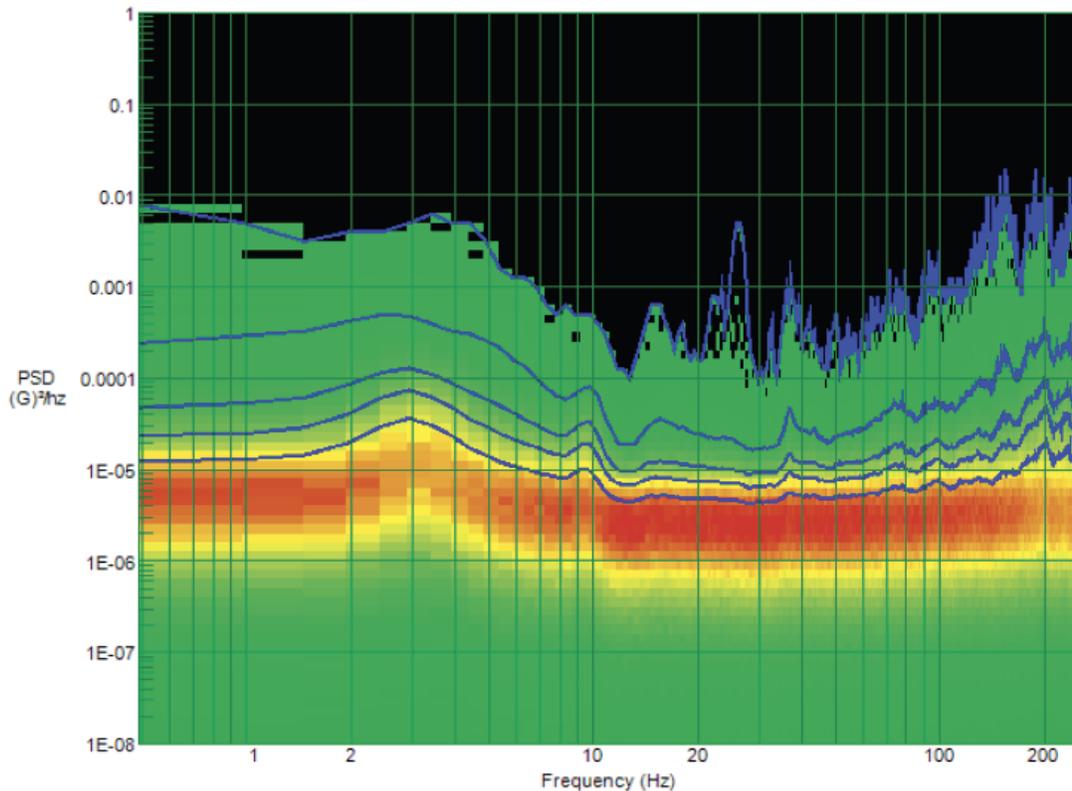
Vibration Intensity by Event PSD		Front/Back rms
Constructed Probability Spectra		
100% at or Below		0.640 G RMS
99% at or Below		0.139 G RMS
95% at or Below		0.083 G RMS
90% at or Below		0.064 G RMS
80% at or Below		0.048 G RMS



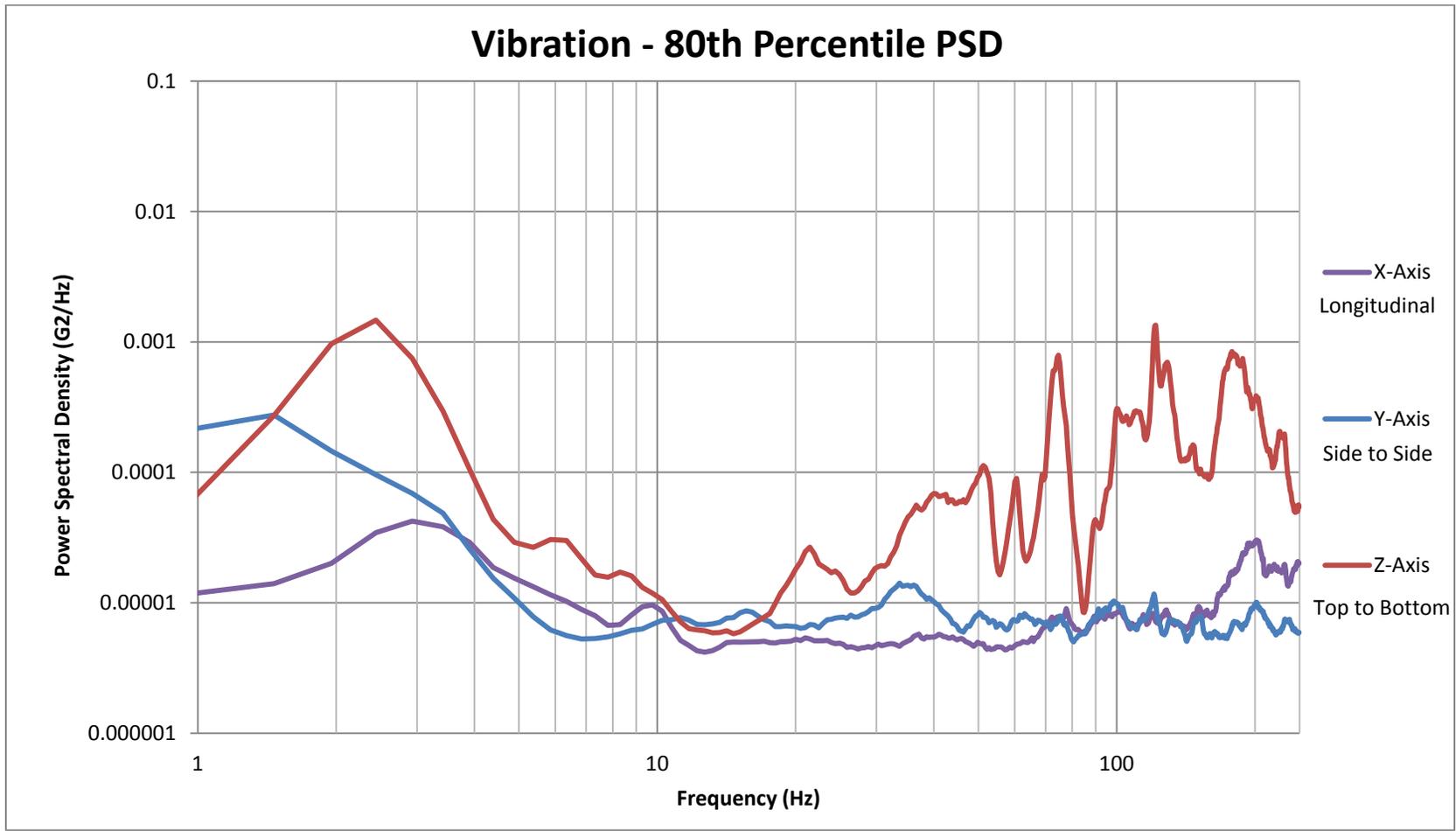
## Vibration Intensity Report: (Tokyo-Fukuoka) Combined Data (X-Axis) Longitudinal



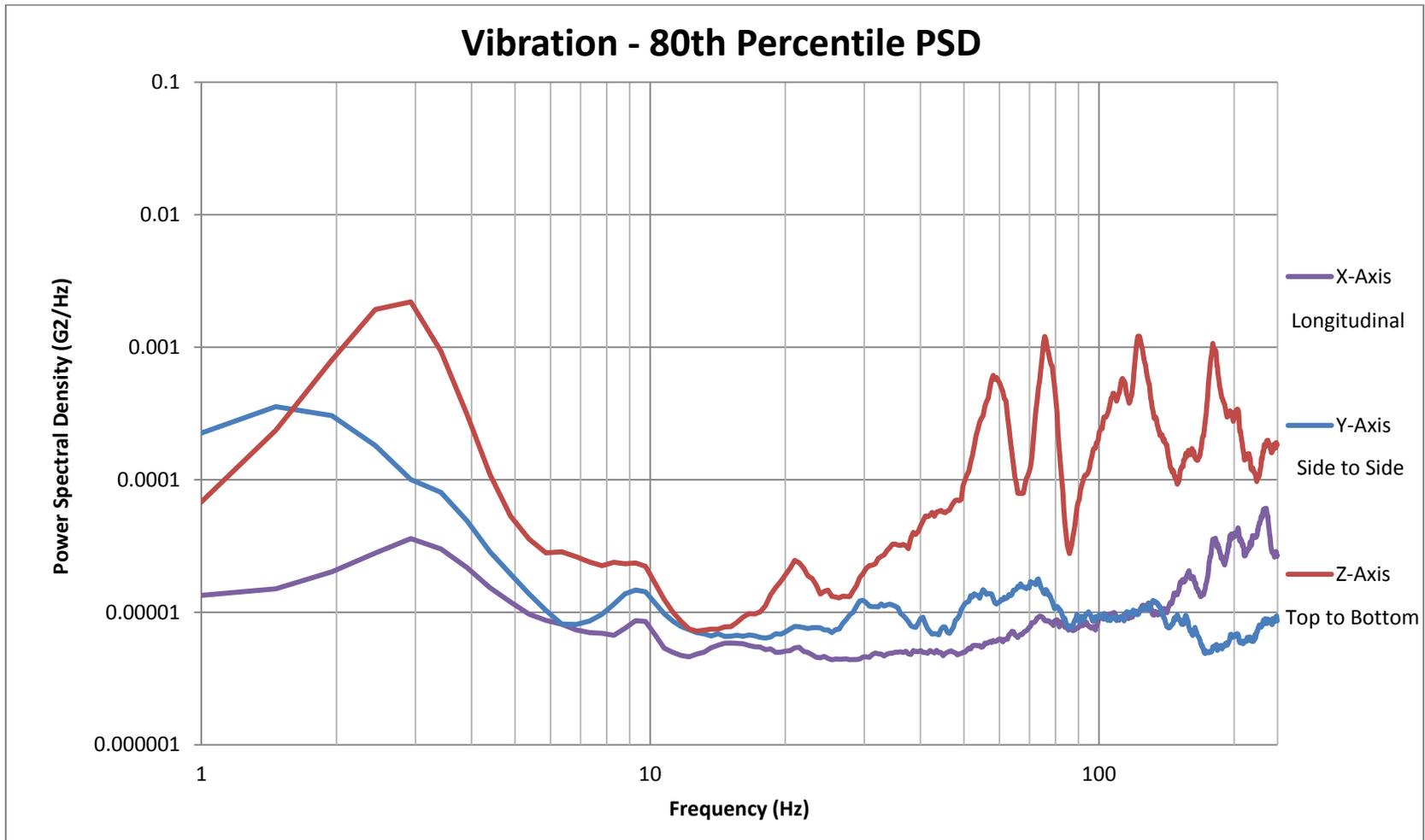
Vibration Intensity by Event PSD		Left/Right rms
Constructed Probability Spectra		
<b>100% at or Below</b>		0.860 G RMS
<b>99% at or Below</b>		0.169 G RMS
<b>95% at or Below</b>		0.093 G RMS
<b>90% at or Below</b>		0.069 G RMS
<b>80% at or Below</b>		0.049 G RMS



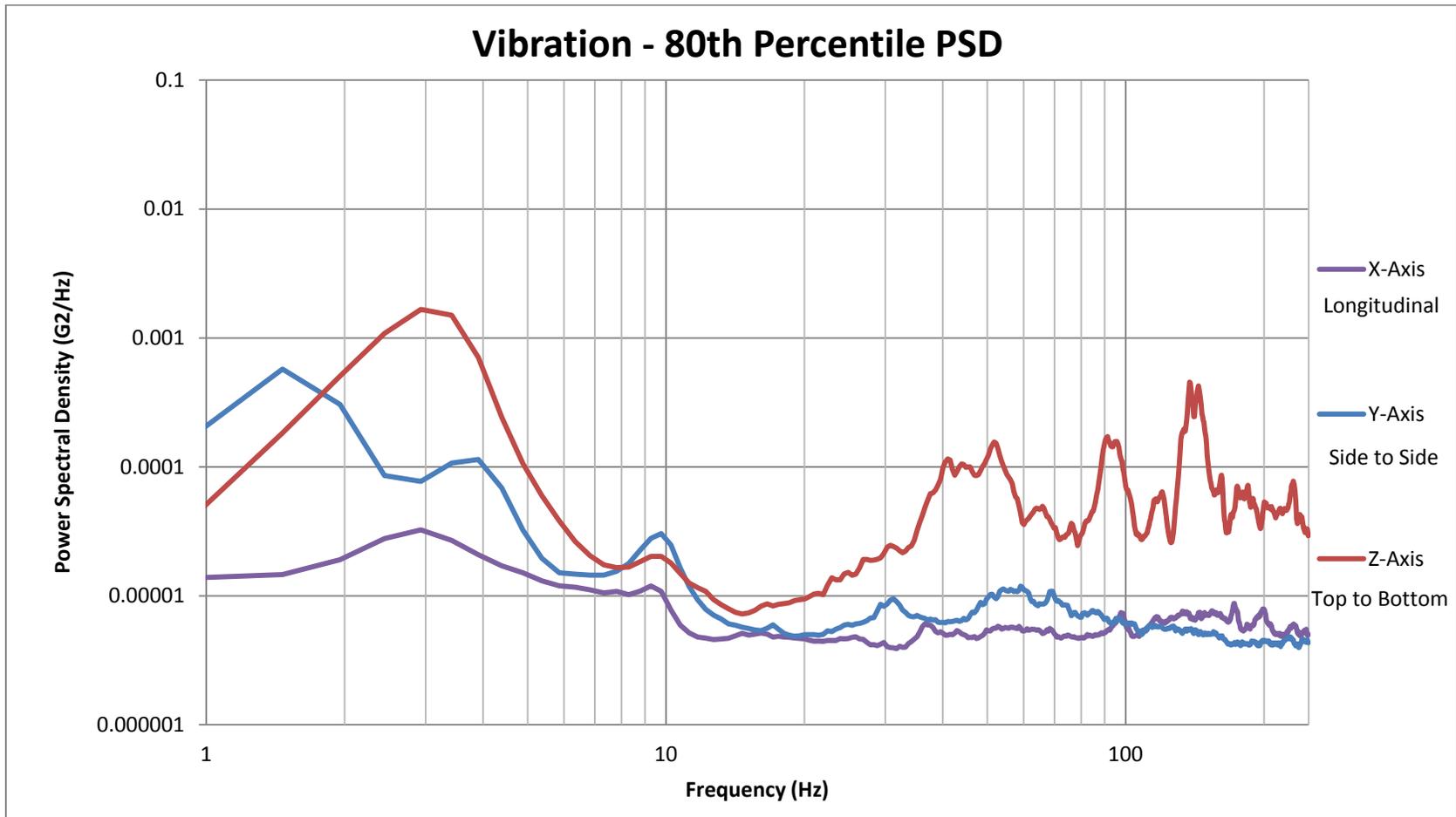
**PSD Data:** A-3) JR20131003-1014.SXd (Tokyo-Fukuoka)



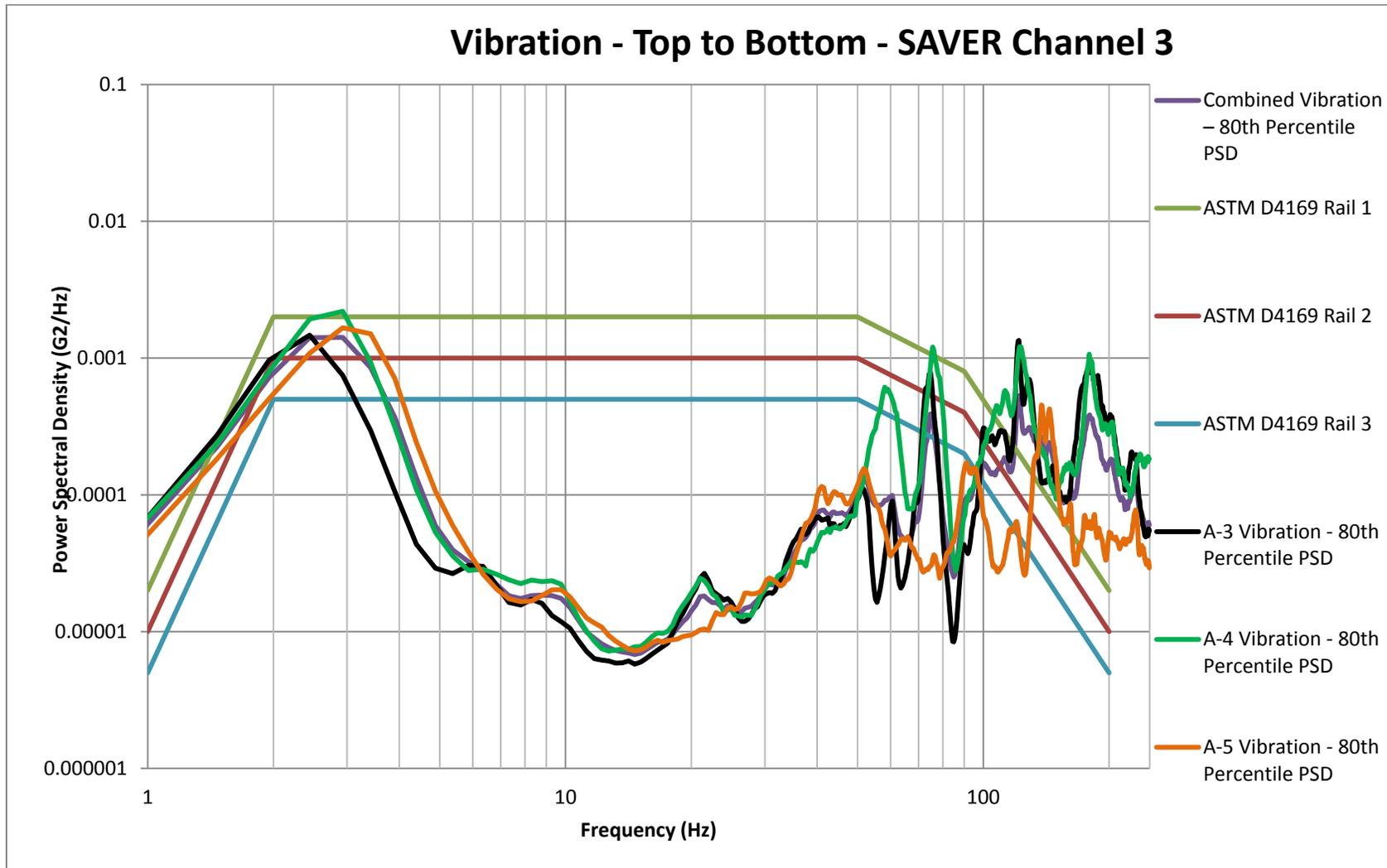
**PSD Data:** A-4) JR20131016-1028.SXd (Tokyo-Fukuoka)



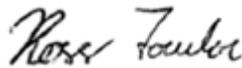
**PSD Data:** A-5) 140115-21-SN1108-07.SXd (Tokyo-Fukuoka)



## Vibration Data: Tokyo-Fukuoka PSD Summary Comparison



**Lansmont Corporation's Data Analysis Center** takes pleasure in presenting **NKKK** with the results of this study. The instruments used for this testing were especially designed for this purpose, in good condition and recently calibrated. The data presented is considered to be accurate and reliable. However, there is no warranty expressed or implied with the submission of this report and **Lansmont Corporation** is not responsible for the client's use of the data contained in this report.

A handwritten signature in black ink that reads "Ross Fowler".

---

Ross Fowler  
Data Analyst  
Lansmont Corporation

A handwritten signature in black ink that reads "Patrick J. Blizinski".

---

Patrick Blizinski  
Field-to-Lab® Product Manager  
Lansmont Corporation

# Transportation Severity Report

**Combined SXd files:**

A-1) 130730-801-A7.SXd :Tokyo-Sapporo  
A-2) 130801-804-A8.SXd :Tokyo-Sapporo  
A-3) JR20131003-1014.SXd :Tokyo-Fukuoka  
A-4) JR20131016-1028.SXd :Tokyo-Fukuoka  
A-5) 140115-21-SN1108-07.SXd :Tokyo-Fukuoka

**Shipping Route:** Tokyo-Fukuoka & Tokyo-Sapporo  
**Distribution Method:** Rail

**Prepared For:**



## Introduction:

This report examines the measurement study conducted for **NKKK** examining the shock and vibration experienced during shipment. The measured data was acquired between **July 30<sup>th</sup>, 2013 and January 21<sup>st</sup>, 2014** and only the *Timer Triggered* data was selected for summary analysis.

## Measurement Details:

Instrument Type:	SAVER™ 3D15	SAVER™ 3D15
<b>Instrument ID:</b>	0491-109	0491-105
<b>Serial Number:</b>	1108-007	1108-008
<b>Last Calibration Date:</b>	August 23 <sup>rd</sup> , 2012	August 23 <sup>rd</sup> , 2012
<b>Associated SXd:</b>	A-1) 130730-801-A7.SXd A-4) JR20131016-1028.SXd A-5) 140115-21-SN1108-07.SXd	A-2) JR20131003-1014.SXd A-3) 130801-804-A8.SXd
<b>Total Number of Round Trips:</b>	7	6
<b>Route Measured:</b>	Tokyo-Sapporo 7/30/2013 – 8/1/2013	Tokyo-Sapporo 8/2/2013 – 8/4/2013
<b>Measurement Dates:</b>	Tokyo-Fukuoka 10/16/2013 – 10/28/2013 1/15/2014 – 1/21/2014	Tokyo-Fukuoka 10/3/2013 – 10/14/2013



## Channel Identification:

Channel	SAVER™ Orientation
1	Longitudinal
2	Side to Side
3	Top to Bottom

## Measurement Setup:

The measurements described in this report were acquired with a **Lansmont Corporation SAVER™ 3D15**. The SAVER™ mounting/installation was performed by a **NKKK** representative. Data analysis was provided by the Lansmont Data Analysis Center.

A-1) 130730-801-A7.SXd, A-2) 130801-804-A8.SXd, & A-3) JR20131003-1014.SXd

The screenshot displays the configuration interface for the SAVER™ 3D15 device. It is divided into several sections:

- Memory Storage Partitions:** Shows a progress bar from 3% to 97%.
- Signal Triggered Data:**
  - Record Time: 2.048 sec
  - Samples / Sec: 500
  - Sample Size: 1024
  - Signal PreTrigger: 50 %
  - External Trigger: OFF - Disable
  - Data Retention Mode: Max Overwrite
  - Memory Allocation: 563 events
- Timer Triggered Data:**
  - Record Time: 2.048 sec
  - Samples / Sec: 500
  - Sample Size: 1024
  - Wakeup Interval: 20 Seconds
  - Time to Fill: 4.2 days
  - Data Retention Mode: Fill / Stop
  - Memory Allocation: 18294 events
- Alarms and Notifications:**
  - Disable PushButton On/Off (Requires Computer to Stop Acquisition)
  - LED Alarm:
    - Temperature Alarm: 122 °F, -40 °F
    - Humidity Alarm: 80 % RH, 10 % RH
    - Acceleration Alarm: 5.0 G's
    - LED Heartbeat
  - Cell Phone Alarm: SMS Alarm Alerts, Target Phone Number
  - GPS Tracking: GPS Enable
- Channel Information:**

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp

## Measurement Setup:

A-4) JR20131016-1028.SXd (Tokyo-Fukuoka)

**Memory Storage Partitions**

**Signal Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Signal PreTrigger: 50 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 563 events

**Timer Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Wakeup Interval: 2 Minutes

Time to Fill: 25.4 days

Data Retention Mode: Fill / Stop

Memory Allocation: 18294 events

3 % ← | 97 %

**Channel Information**

Copy Channel Setting | Paste Channel

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp

Disable PushButton On/Off  
(Requires Computer to Stop Acquisition)

**LED Alarm**

Temperature Alarm  
122 °F  
-40 °F

Humidity Alarm  
80 % RH  
10 % RH

**LED Alarm**

Acceleration Alarm  
5.0 G's

LED Heartbeat

**Cell Phone Alarm**

SMS Alarm Alerts  
Target Phone Number: \_\_\_\_\_  
Requires Cell Phone Interface Accessory

**GPS Tracking**

GPS Enable  
Requires GPS Interface Accessory

Print | Cancel

OK

## Measurement Setup:

A-5) 140115-21-SN1108-07.SXd

**Memory Storage Partitions**

**Signal Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Signal PreTrigger: 50 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 563 events

**Timer Triggered Data**

Record Time: 2.048 sec

Samples / Sec: 500 | Sample Size: 1024

Wakeup Interval: 30 Seconds

Time to Fill: 6.4 days

Data Retention Mode: Fill / Stop

Memory Allocation: 18294 events

Disable PushButton On/Off  
(Requires Computer to Stop Acquisition)

**LED Alarm**

Temperature Alarm  
122 °F  
-40 °F

Humidity Alarm  
80 % RH  
10 % RH

**LED Alarm**

Acceleration Alarm  
5.0 G's

LED Heartbeat

**Cell Phone Alarm**

SMS Alarm Alerts  
Target Phone Number: \_\_\_\_\_  
Requires Cell Phone Interface Accessory

**GPS Tracking**

GPS Enable  
Requires GPS Interface Accessory

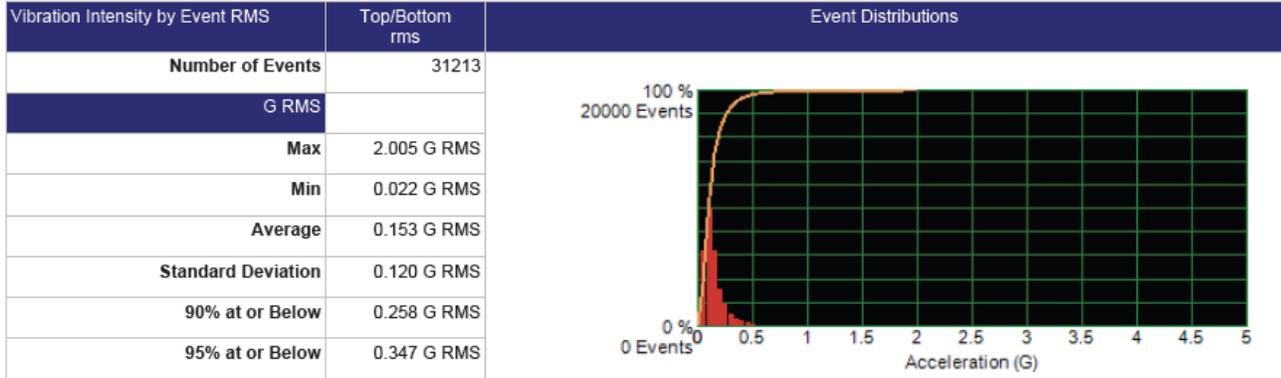
Print | Cancel | OK

3 % | 97 %

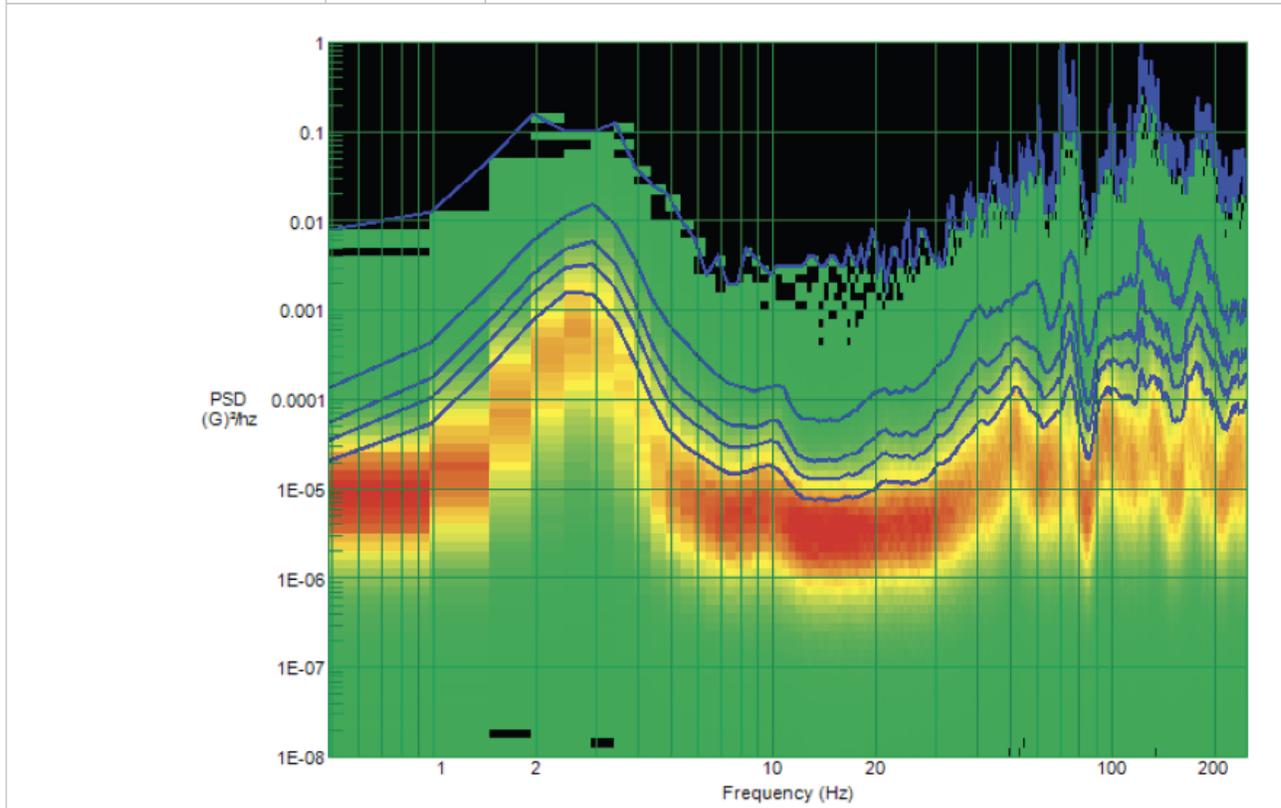
**Channel Information**    Copy Channel Setting    Paste Channel

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 G	250 Hz	---	Charge Amp

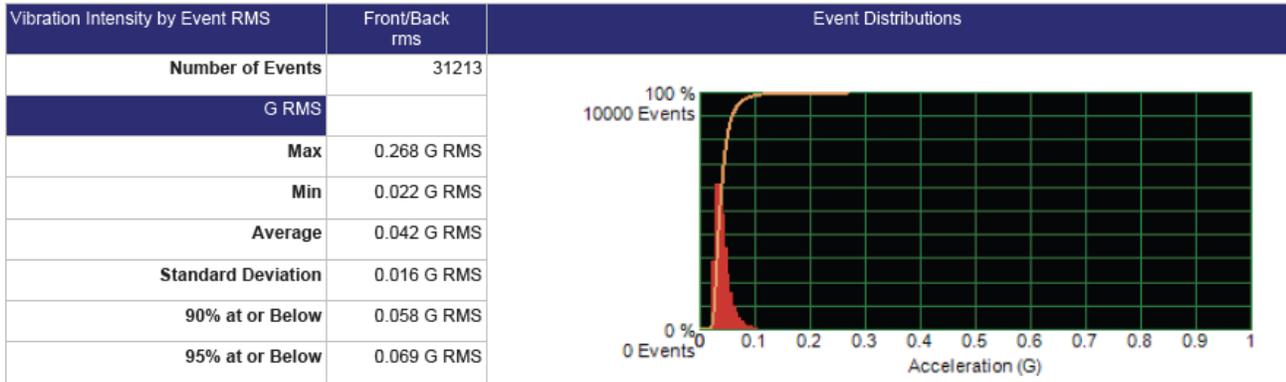
## Vibration Intensity Report: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 Combined Data (Z-Axis) Top to Bottom



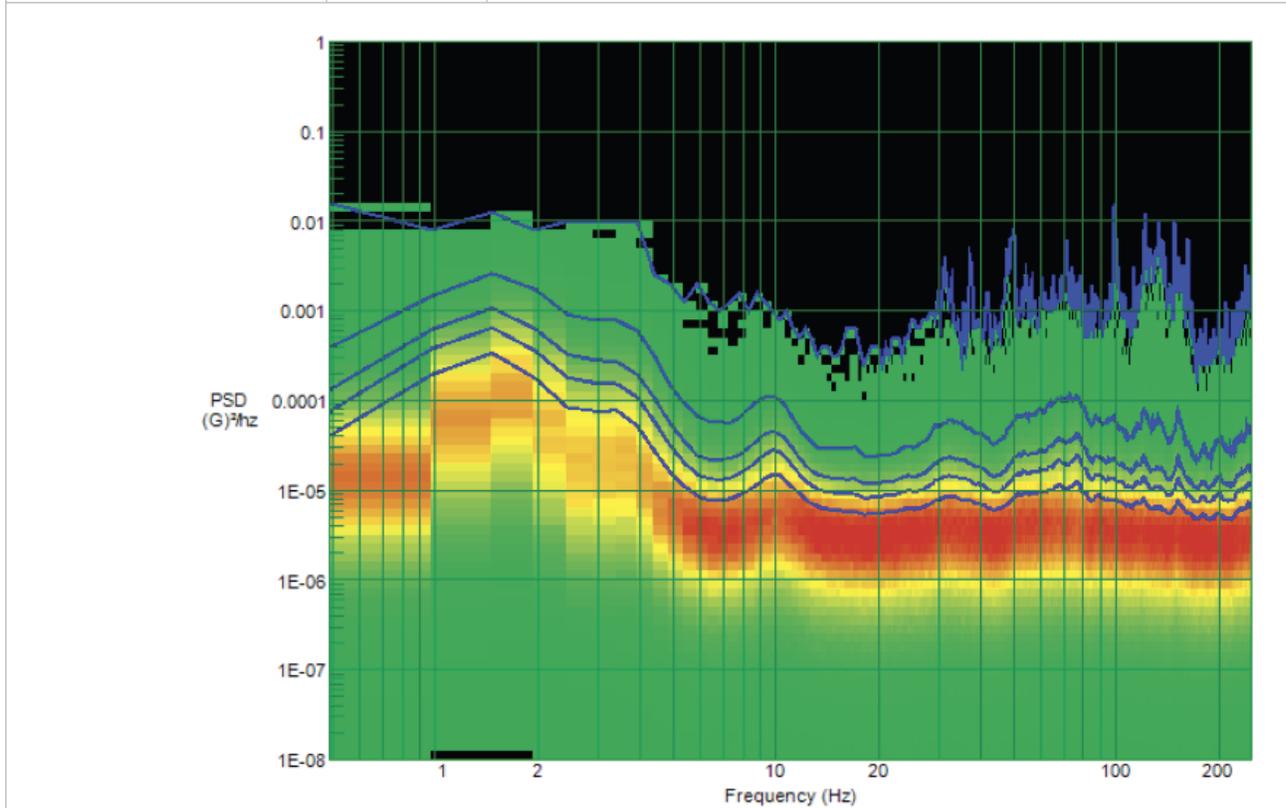
Vibration Intensity by Event PSD		Top/Bottom rms
Constructed Probability Spectra		
<b>100% at or Below</b>		4.453 G RMS
<b>99% at or Below</b>		0.692 G RMS
<b>95% at or Below</b>		0.354 G RMS
<b>90% at or Below</b>		0.246 G RMS
<b>80% at or Below</b>		0.158 G RMS



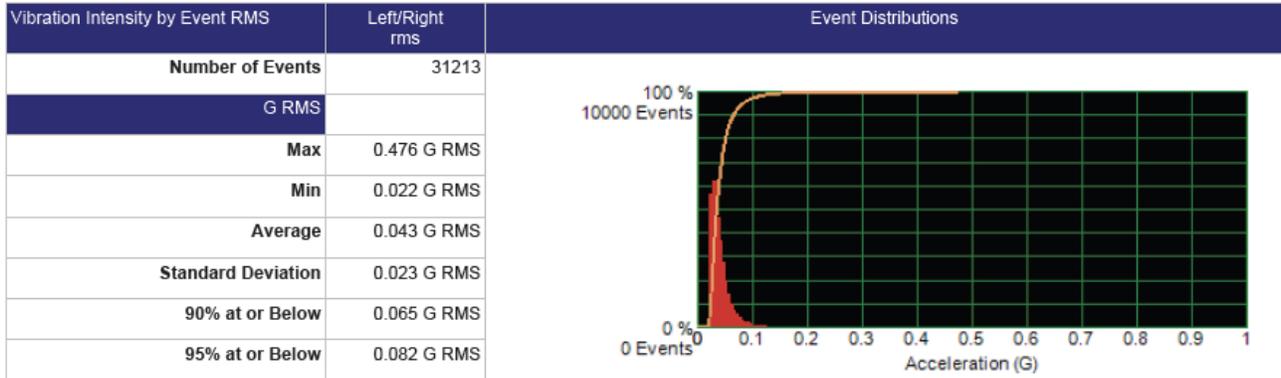
## Vibration Intensity Report: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 Combined Data (Y-Axis) Side to Side



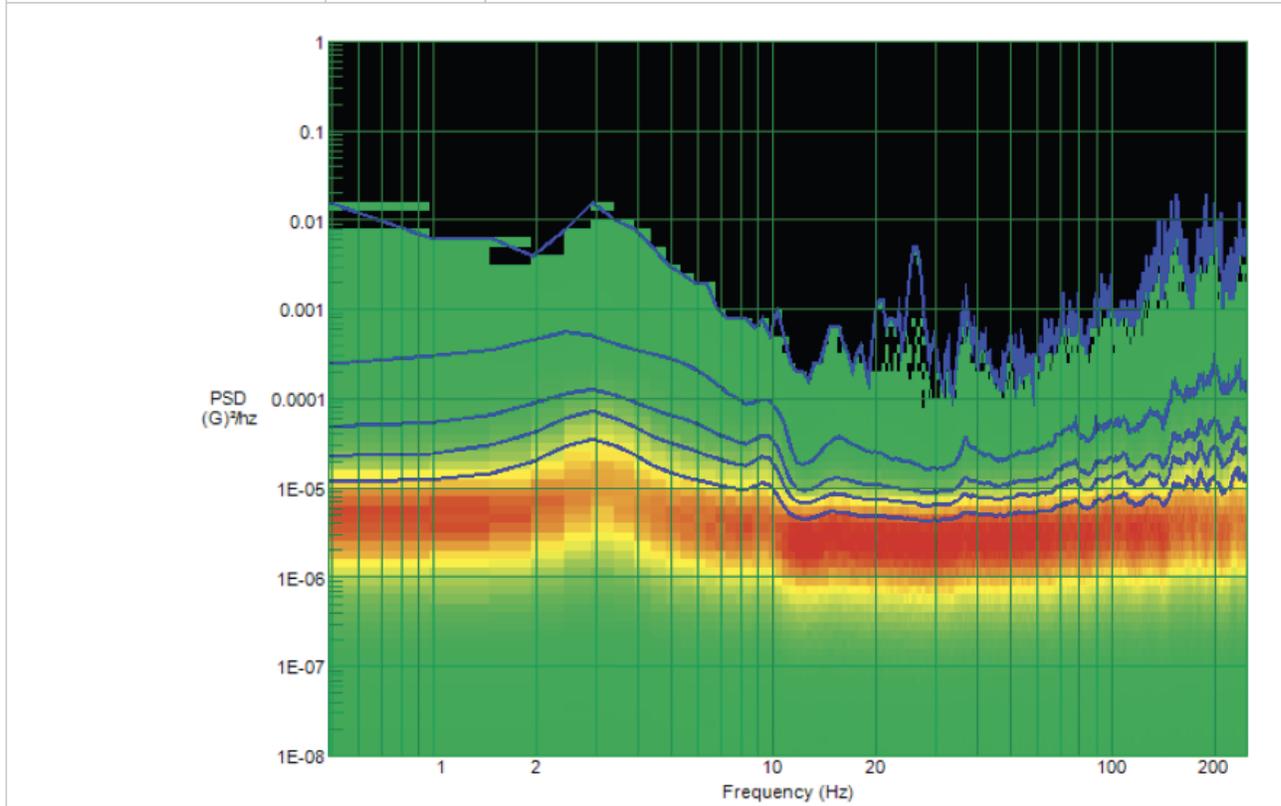
Vibration Intensity by Event PSD	Front/Back rms
<b>Constructed Probability Spectra</b>	
<b>100% at or Below</b>	0.651 G RMS
<b>99% at or Below</b>	0.129 G RMS
<b>95% at or Below</b>	0.080 G RMS
<b>90% at or Below</b>	0.063 G RMS
<b>80% at or Below</b>	0.047 G RMS



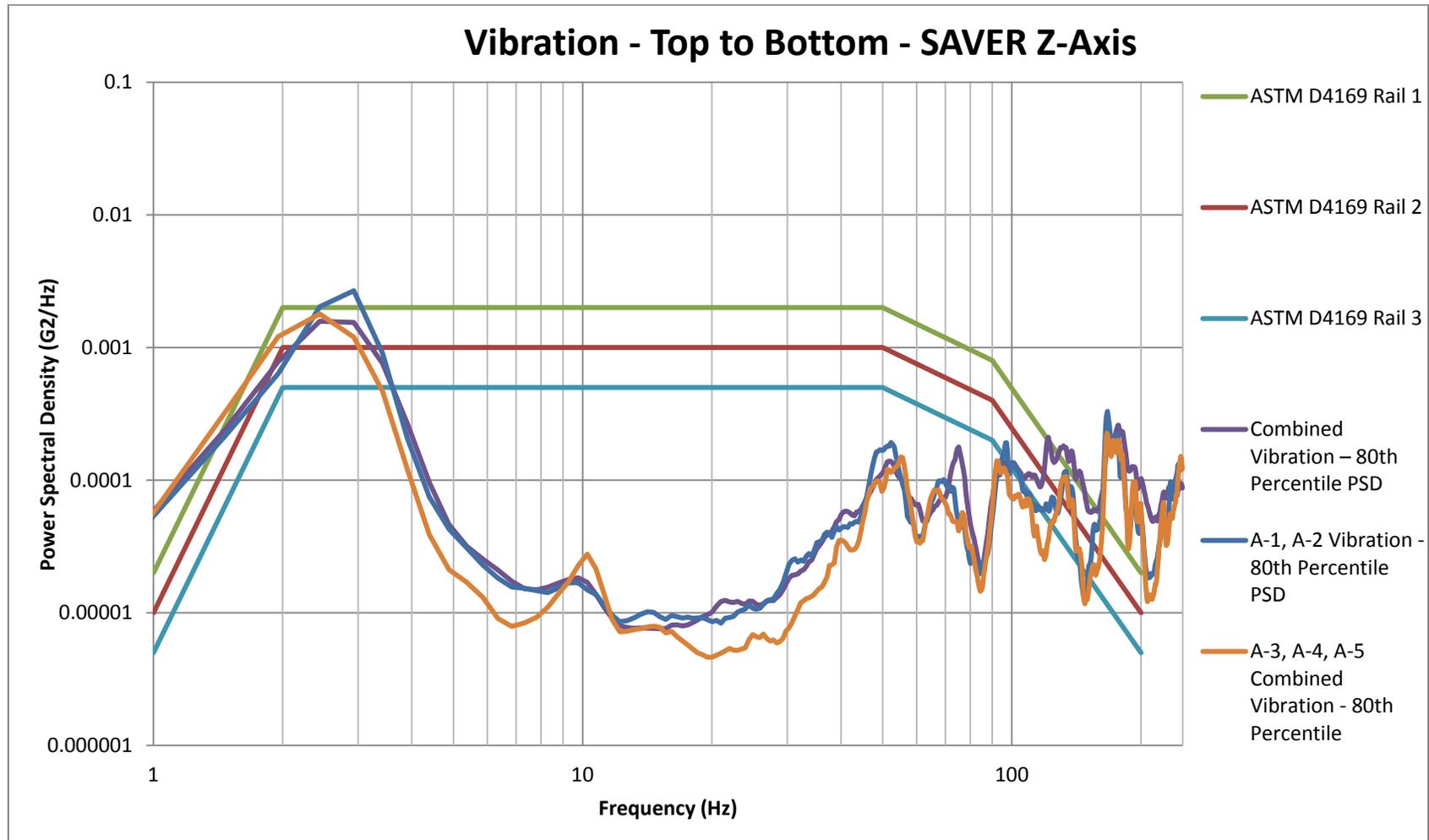
## Vibration Intensity Report: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 Combined Data (X-Axis) Longitudinal



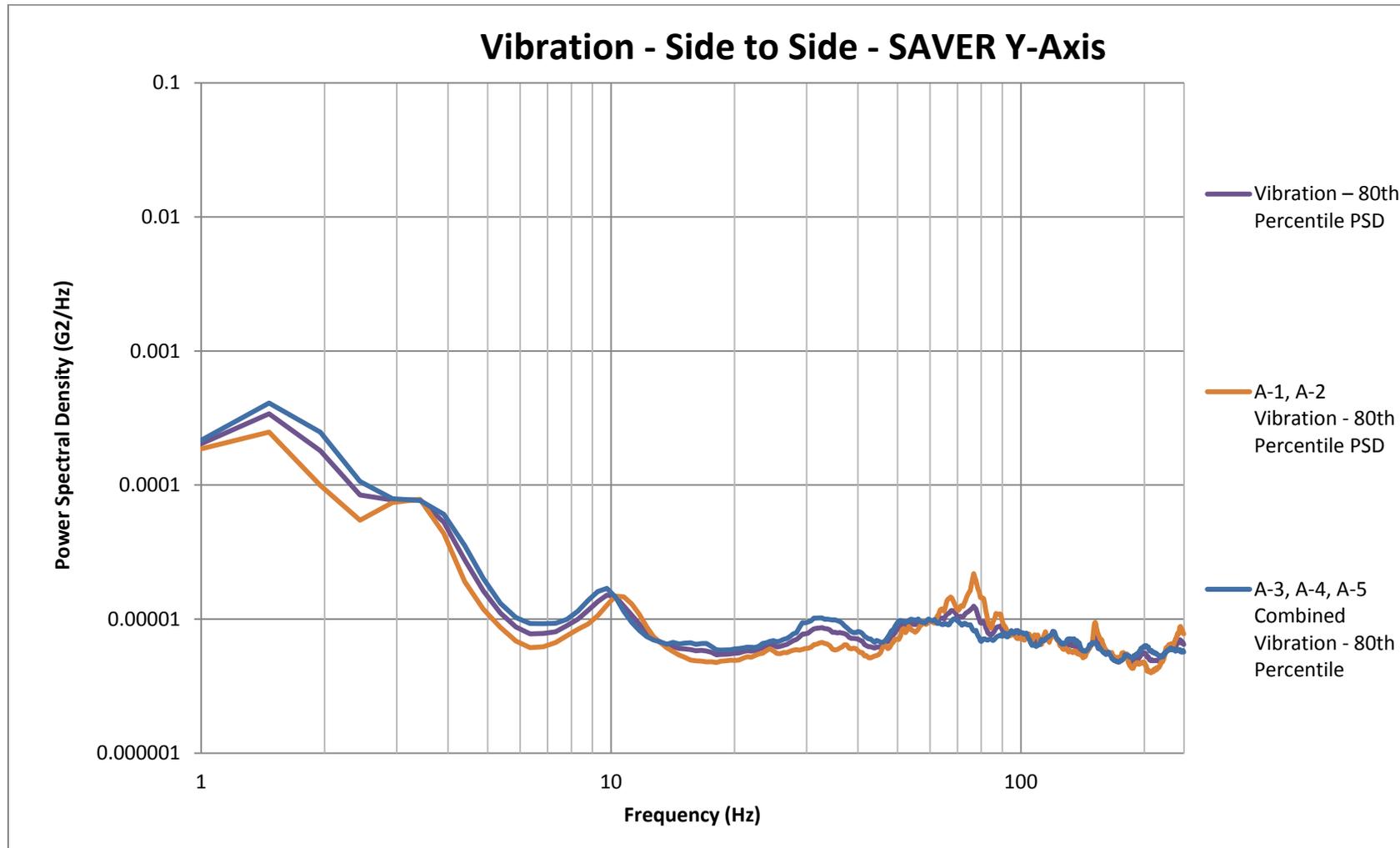
Vibration Intensity by Event PSD		Left/Right rms
<b>Constructed Probability Spectra</b>		
<b>100% at or Below</b>		0.874 G RMS
<b>99% at or Below</b>		0.153 G RMS
<b>95% at or Below</b>		0.086 G RMS
<b>90% at or Below</b>		0.065 G RMS
<b>80% at or Below</b>		0.047 G RMS



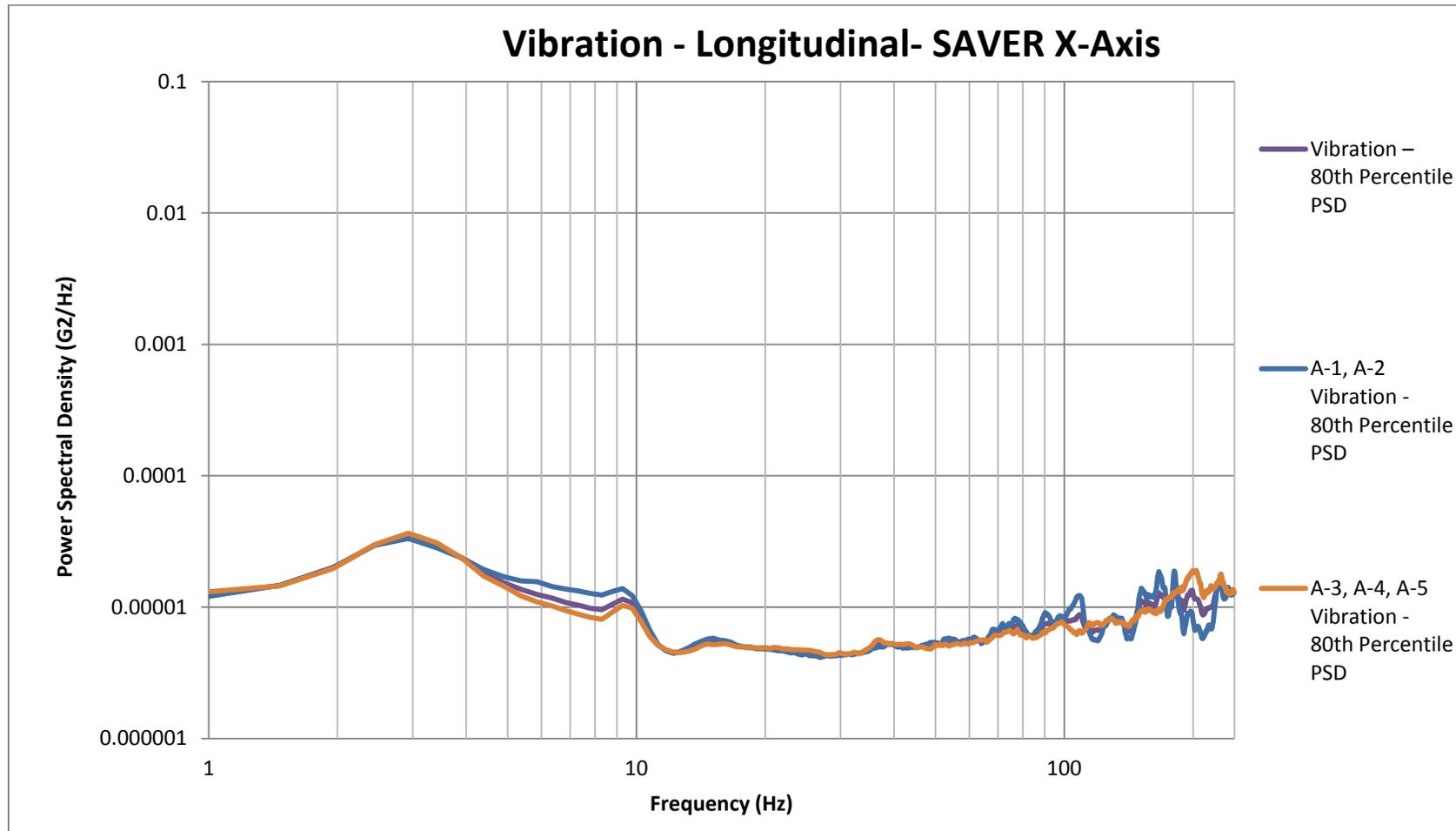
## Vibration Data: Tokyo-Sapporo, Tokyo-Fukuoka PSD Summary Comparison



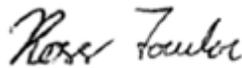
## Vibration Data: Tokyo-Sapporo, Tokyo-Fukuoka PSD Summary Comparison



## Vibration Data: Tokyo-Sapporo, Tokyo-Fukuoka PSD Summary Comparison



**Lansmont Corporation's Data Analysis Center** takes pleasure in presenting **NKKK** with the results of this study. The instruments used for this testing were especially designed for this purpose, in good condition and recently calibrated. The data presented is considered to be accurate and reliable. However, there is no warranty expressed or implied with the submission of this report and **Lansmont Corporation** is not responsible for the client's use of the data contained in this report.

A handwritten signature in black ink that reads "Ross Fowler".

---

Ross Fowler  
Data Analyst  
Lansmont Corporation

A handwritten signature in black ink that reads "Patrick J. Blizinski".

---

Patrick Blizinski  
Field-to-Lab® Product Manager  
Lansmont Corporation

平成 26 年 3 月 15 日

## 平成 25 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  
及びその活用策に関する研究

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. 研究目的および経緯	1
2. 実験について	2
2.1 共試船	2
2.2 航海スケジュール	3
2.3 センサーおよび船内設置場所	4
2.4 計測データ	5
2.5 気象・海象情報	6
2.5.1 風, 波およびウネリ	7
2.6 加速度情報	9
2.6.1 解析範囲の限定	9
2.6.2 海面状態と加速度の関係	10
3. 解析結果の利用について	12
4. ウェブによるデータ表示システムの構築	13
4.1 表題画面	14
4.2 情報解説・選択画面	15
4.3 情報表示画面	16
5. まとめ	17

## 1. 研究目的および経緯

貨物輸送を行う際に不特定多数の者が有意な資料として活用できるようにするための研究を行うことを主たる目的とし、船舶輸送中の加速度・衝撃値の実態調査、統計処理等の理論化及びその活用策に関する研究を行い、データの整理・解析とともに当該研究成果を報告書としてまとめて公表します。

平成 23 年度、同社団法人検査第一サービスセンターにおいて、下記の 2 つの主たる事業を実施いたしました。

- ・計測機器の選択及び購入
- ・購入計測機器の初期運用および基礎的試験

その結果、船舶動揺計測では米国ラスモント社製 SAVER 3D15 を選定し、さらに上海スーパーエクスプレス株式会社所有の上海-博多航路の中型コンテナ船の船橋、貨物室、機関室の 3 カ所に上記計測器を設置して基礎的な加速度測定を行いました。その結果、船艇した計測機器による船体動揺加速度の計測が可能であるとの結論を得ました。(H23 年度報告書を参照下さい。)

平成 24 年度は、船舶動揺計測を実施するためにメタルボックスを開発し、次年度より本格的に開始される船体動揺加速度のデータベース化に向けて、以下の事業を実施いたしました。

- ・メタルボックスの評価実験
- ・センサーの適切な計測値を得るための評価実験
- ・長期間データ処理のため解析法の検討

その結果、本研究課題への取り組みは着実に成果を上げつつあり、上述したように長期間にわたる計測結果によって、船舶運航者および陸上における関係者への有効な情報提供が可能となることから、ここで行ったデータ収集、解析および評価（利用）方法は非常に有効であるとの結論を得ました。

そこで、平成 25 年度は 1 年間にわたる実験により継続した計測データの収録を行い、前年度の計測データを含めた全てのデータを容易に比較・検討が行えるデータベース作成およびウェブによるデータ表示システムの構築を実施いたしました。

## 2. 実験について

### 2.1 共試船

本実験で用いる船舶は、博多—上海間を航行するコンテナ船で、表1に対象船舶の要目を、図1に全体写真を示します。

表1 共試船要目

総トン数	全長	航海速力	船種
16,350	145.65m	20.8 ノット	RORO 船



図1 SHANGHAI SUPER EXPRESS  
(<http://www.ss-express.biz/company/04.html>より)

## 2.2 航海スケジュール

航海スケジュールの一例を表1に示します。このように、博多-上海間をほぼ1日かけて航海し、9月分では双方向で4回の航海を解析対象としました。また解析期間を1ヶ月単位とするために、航海の途中で月の終わりとなる場合にはそれ以降の航海時間は翌月回しといたしました。

表2 航海スケジュールの一例

Voyage Schedule in September				
	From Hakata to Shanghai		From Shanghai to Hakata	
Voyage	Departure date & time	Arrival date & time	Departure date & time	Arrival date & time
No. 1	Spe.15th, 15 o'clock	Spe.16th, 17 o'clock	Spe.18th, 07 o'clock	Spe.19th, 05 o'clock
No. 2	Spe.19th, 11 o'clock	Spe.20th, 09 o'clock	Spe.21th, 11 o'clock	Spe.22th, 09 o'clock
No. 3	Spe.22th, 19 o'clock	Spe.23th, 17 o'clock	Spe.25th, 07 o'clock	Spe.26th, 01 o'clock
No. 4	Spe.26th, 11 o'clock	Spe.27th, 05 o'clock	Spe.28th, 07 o'clock	Spe.29th, 05 o'clock

## 2.3 センサーおよび船内設置場所

本実験で用いる加速度計は3軸方向の加速度センサーLansmont社SAVER 3D15を用い、船首方向をx軸、左舷方向をy軸、上方向をz軸とし、Full Scale 5Gを16ビットのA/D変換を用いて50Hzと500Hzのサンプリング周波数によって3軸加速度を記録いたしました。本装置の加速度データ収録法には、設定した一定の時間間隔で設定した時間長のデータ収録が行えるTimer Triggered Data(以下、Timerデータと言う。)と、設定した加速度以上になった時のデータを設定した時間長で計測出来るSignal Triggered Data(以下、Signalデータと言う。)の2つの記録方法があります。図2に3カ所のセンサー設置場所、表3に設置センサーの状況を示しています。

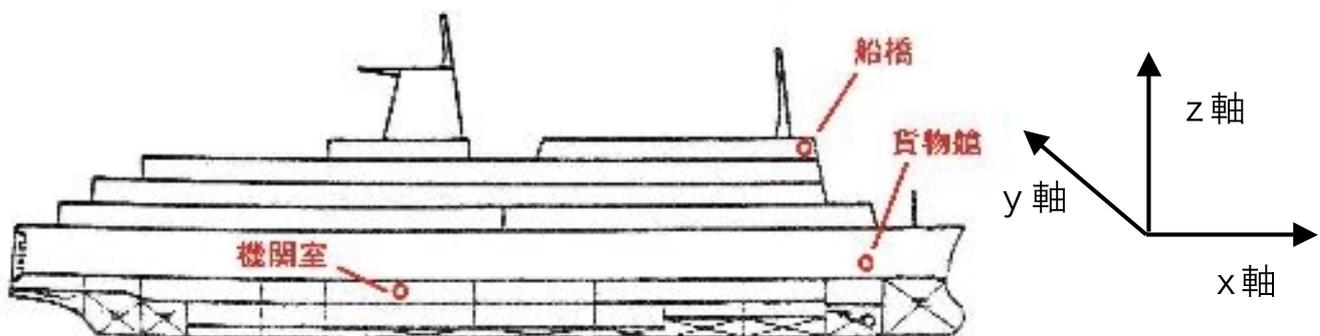


図2 センサー設置場所

表3 センサーの状況

センサー番号	ボックス種類	設置場所	Sampling 周波数	フィルター
No.01	メタル	デッキストアー	50 Hz	無し
No.02	メタル	デッキストアー	50 Hz	無し
No.03	メタル	ボースンストアー	50 Hz	無し

## 2.4 計測データ

本実験では、Signal データと Trigger データともに、Full Scale 5G、Trigger level 0.05G に設定し、ファイル A09 だけはデータ数/秒を 10 倍の 500Hz に設定しました。図 3 に本実験において設定した各種設定値を示します。

**Memory Storage Partitions**

**Signal Triggered Data**

Record Time: 30 sec

Samples / Sec: 500, Sample Size: 15000

Signal PreTrigger: 20 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 269 events

**Timer Triggered Data**

Record Time: 30 sec

Samples / Sec: 50, Sample Size: 1500

Wakeup Interval: 1 Minutes

Time to Fill: 7.2 days

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 10322 events

**Alarms and Alerts**

Disable PushButton On/Off (Requires Computer to Stop Acquisition)

LED Alarm

Temperature Alarm: 50 °C, -40 °C

Humidity Alarm: 80 % RH, 10 % RH

Acceleration Alarm: 2.5 G's

LED Heartbeat

**Cell Phone Alarm**

SMS Alarm Alerts

Target Phone Number: [ ]

**GPS Tracking**

GPS Enable

**Channel Information**

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.05 G	UnFiltered	---	Charge Amp
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.05 G	UnFiltered	---	Charge Amp
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Z	5.0 G	<input checked="" type="checkbox"/>	0.05 G	UnFiltered	---	Charge Amp

図 3 センサーの設定値

## 2.5 気象・海象情報

気象・海象情報は本船乗組員により記載されたログブック抜粋より入手しました。ログブックの一部を表4に示します。ログブック記載情報は、出発・到着時間、船位、針路、速力、機関回転数、風向、風力、波方向、波高、ウネリ方向、海面状態、天候、最大横傾斜角を4時間毎に記載されています。ただし、風力、波高はビューフォート階級の階級値を整数記しています。

表4 ログブック抜粋

Time	Position & Movement	Co. (deg.)	Speed (knots)	Eng. Rev. (rpm)	Wind Direction	Wind Force	Wave Direction	Wave Height	Swell Direction	Sea Condition	Weather	Max. Rolling Angle (deg.)
12:00	31-14.5N/1 23-04.2E	68	18.4	128	SE	4	SE	4	SE	2	O	1
13:00												
14:00												
15:00												
16:00		57	18.6	128	SE	4	SE	3	SE	2	O	1
17:00												
18:00												
19:00												
20:00		73	18.1	128	SE	4	SE	3	SE	2	O	1
21:00												
22:00												
23:00												
24:00		73	18.5	128	ENE	4	ENE	3	ENE	2	C	1

## 2.5.1 風, 波およびウネリ

ログブックから得られた情報の中で風向, 波向き, ウネリ向き, 針路を図4にそれぞれ示す。風, 波およびウネリ定義によると, 風向は風の到来方向, 波およびウネリの向きは伝搬方向を表すために, 風向と波・ウネリ向きが反方位となっていることに注意をして下さい。また, これらの風, 波, ウネリの方向は船舶の加速度や衝撃値に対して船首方向を基準とした相対方向とする方が, 船体運動への影響が良く比較できると考え, 絶対方向と船首方位を基準とした相対方向で示しています。

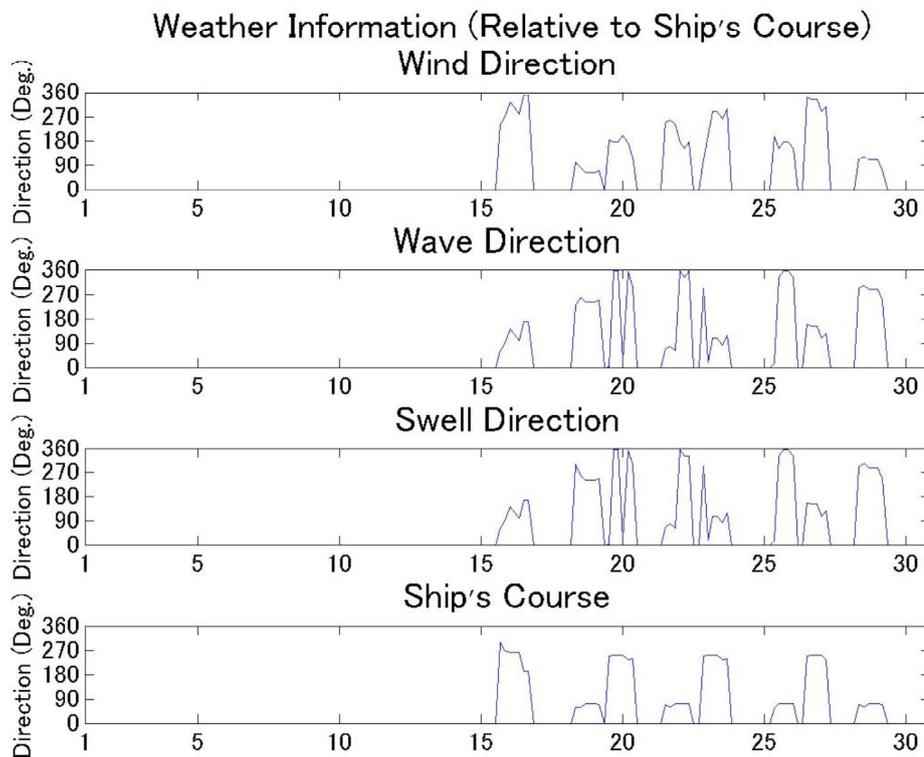


図4 風, 波, ウネリおよび針路情報の時系列

また、風、波、ウネリ、を1ヶ月間の時系列データとして表しても、相対方位で見てどちらからどの程度の割合でこれらの影響を受けているかを一目で理解することは困難です。そこで、以下では相対方位を16主要方位別に分け、各方位におけるビューフォースケール値または海面状態値の割合を図5のようにローズグラフで同時に表しています。

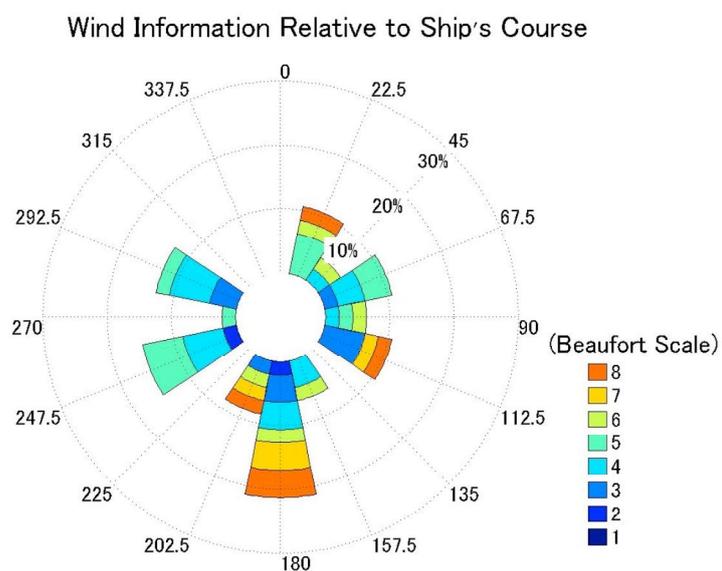


図5 相対風向のローズグラフ

## 2.6 加速度情報

### 2.6.1 解析範囲の限定

船体に生じる加速度には主として2種類が考えられます。一つは、船体動揺の固有振動周期で正弦的に変動する加速度と、パンチングなどによって衝撃的に変動する加速度です。両加速度ともに、その大きさは海面状態に応じて変化します。そこで、ここでは全ての航海中の加速度を調査するのではなく、船舶乗組員が目視から得たビューフォースケールに従った海面状態4（小さな波が立ち、白波が増える）以上を示している航海中の加速度を対象とします。

図6に航行中の海面状態の変化を示します。図中の赤で示された範囲は海面状態4以上の期間で、4つの期間に分割されます。

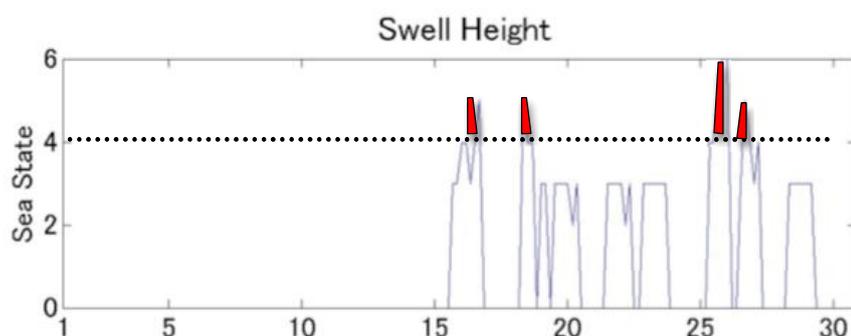


図6 航行中の海面状態

次に、この海面状態4以上の期間内で3カ所に設置された加速度センサーで計測されたX、Y、Z軸方向の加速度データは莫大な量となることから30秒毎に区切り、最大の加速度値を有する30秒間を抽出します。その後、通過帯域5Hzの低域通過フィルター（ローパスフィルター）を施した結果を加速度値として用いました。

## 2.6.2 海面状態と加速度の関係

海面状態 4 以上の加速度計測値を 30 秒間隔で分けることを述べましたが、ここではその 30 秒間の加速度の実効値を求め、さらに、海面状態 4 以上の間における加速度実効値の統計値を以下の平均値および標準偏差の式で求めます。さらに、各軸が受ける加速度はウネリの向きに依存することも考えられるために、図 7 に示されるようなウネリの相対方向別に区分し処理します。

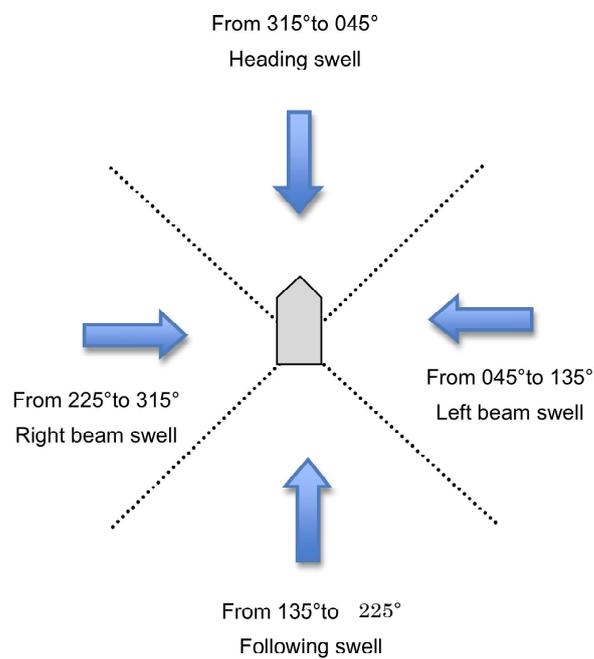


図 7 ウネリの向きの方向区分

最後に、No.1 位置に設置した加速度センサー計測値の加速度実効値の平均値と標準偏差をウネリの向き別で示した一例を図 3.13 に示します。図中の赤丸が加速度実効値の平均値を示し、赤丸から上下に引き延ばされた棒が標準偏差の範囲をしめしています。そこで、上下の棒で示される間隔は標準偏差を示しており、間隔が小さい程平均か速度実効値のバラツキが少ないことを表しています。従って、この図より船首方向からウネりをうける場合には、海面状態が 4, 5 および 6 でほとんど実効値に変化が無く、測定された実効値にばらつきが少なく計測確度が良いことが示されていることがわかります。

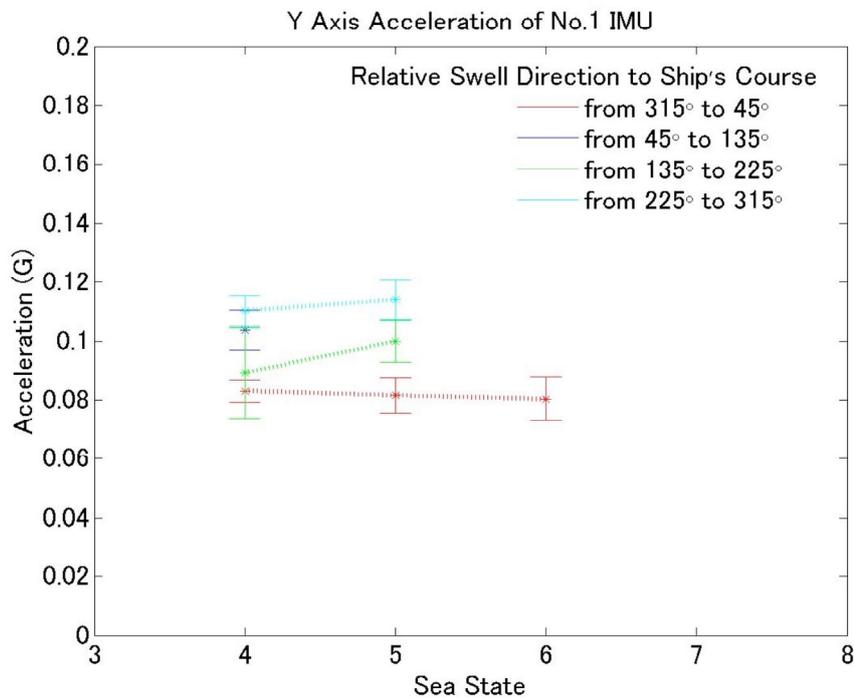


図8 海面状態と加速度実効値特性の一例

### 3. 解析結果の利用について

ここまでで気象・海象情報および船内の3カ所で計測した3軸方向の加速度に関する解析法および結果を示してきました。次に、これら解析結果をどのように用いることができるかについて説明いたします。

はじめに、気象・海象情報に関する風・波・ウネリの相対方位別頻度について、往復航海別で示した図から各年、各月毎にどの方向からどの程度の風・波・ウネリを受け航海したが比較することができます。また、おおよそではありますがそれぞれの割合も知ることができます。これらの解析結果を最低でも複数年の測定結果を比較することで、航行した航路における航行環境を把握でき、航路航行する船舶あるいは運航管理者にとって大変有用で貴重な情報となりうると考えられます。

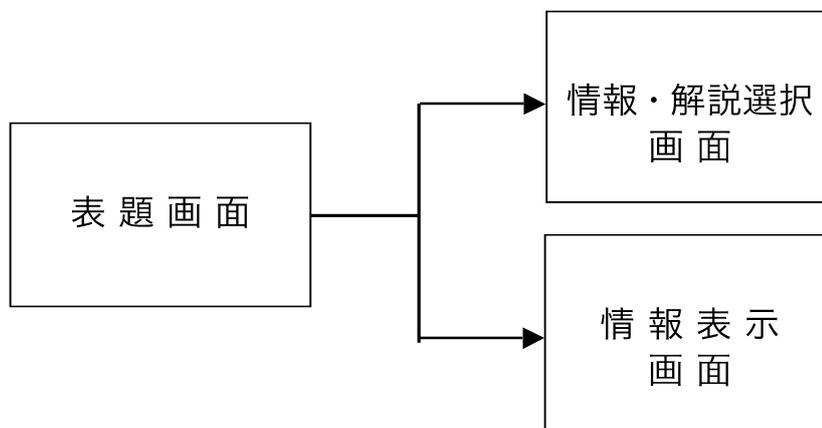
次に、異なる箇所計測した加速度より、各計測場所において3軸の加速度実効値と海面状態(ウネリの方向を含む)の関係は大変有効な情報を船舶運航者に提供できます。また、3つの計測箇所における3次元の加速度値を比較することで、各計測箇所に置ける積み荷の固縛方法に対する注意事項、必要な加速度方向に対する注意が必要であることもわかる。最後に、加速度を受けては困る積み荷などはこの場所に積みつけることで船体動揺の影響なども貨物のダメージ状況と比較することで具体的な対処法を見つける手がかりとなります。

## 4. ウェブによるデータ表示システムの構築

本年度実施いたしましたデータ表示システム構築に付きまして、特に考慮した点を以下に示します。

1. 情報閲覧者にとって取扱いが容易で、閲覧時に負担が生じないこと。
2. 各情報を複数年度・月別に容易に比較できること。
3. 複数情報を同時に比較・表示できること。

そこで以下のようなフローによるウェブ化を試みました。



## 4.1 表題画面

本ページでは「実験データを閲覧する」、必要であれば「説明文を読む」また「元に戻る」を選択します。



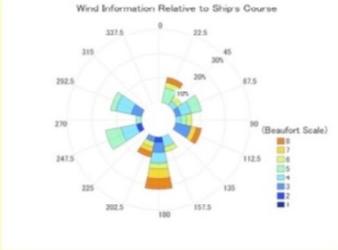
平成26年度報告書

平成26年3月15日



図2 センサー設置場所

### 船舶加速度・衝撃値データの統計処理等の理論化 及びその活用策に関する研究



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



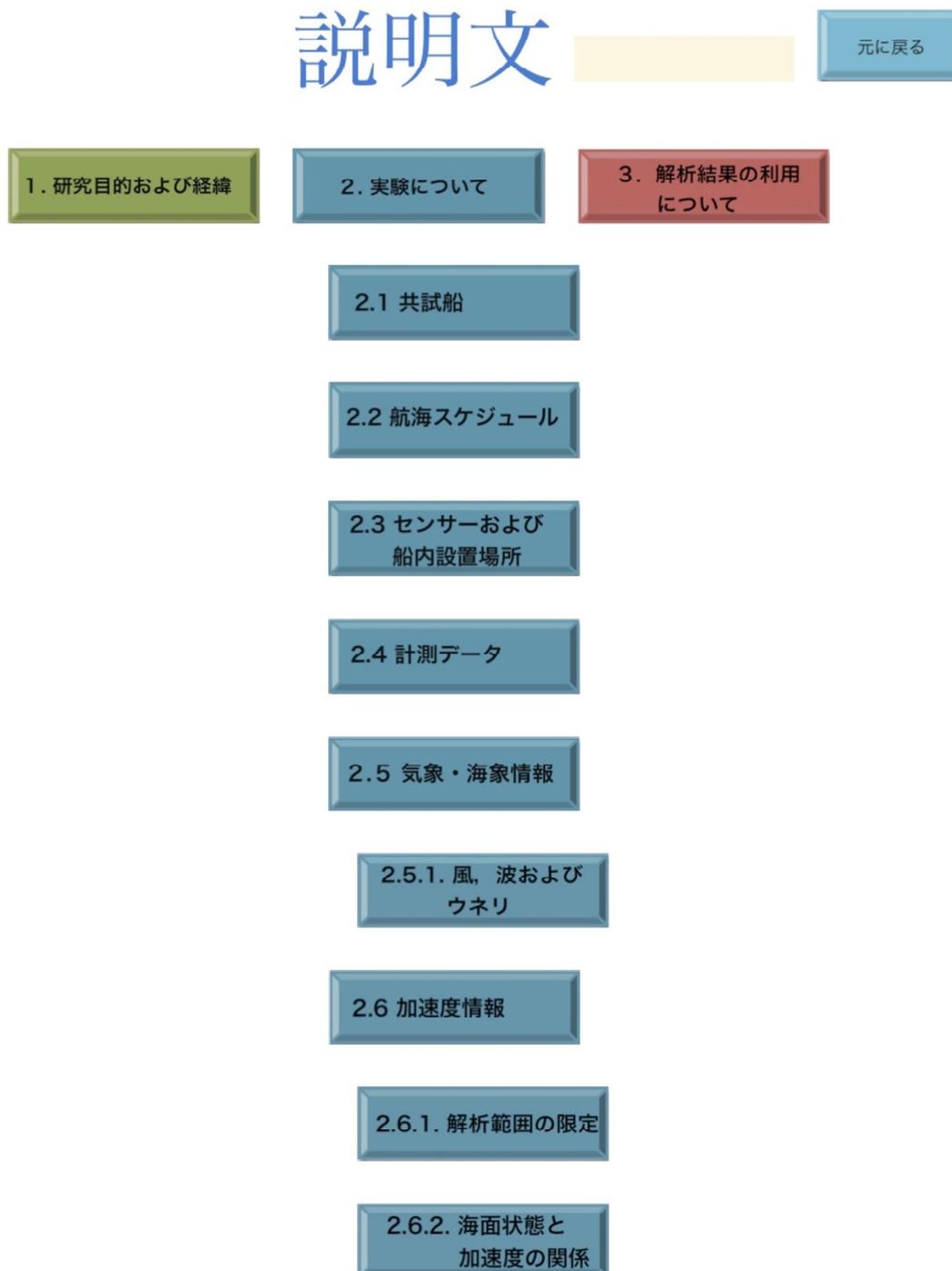
実験データを  
閲覧する

説明文を読む

元に戻る

## 4.2 情報解説・選択画面

説明文は本報告書の章立てに従って、それぞれを別ページに配列し、各情報別に解説を行っています。

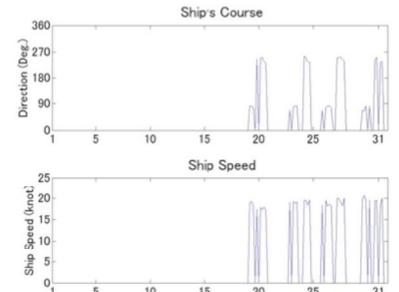
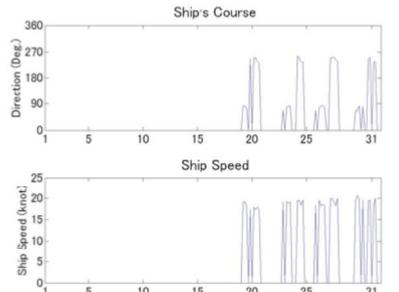


### 4.3 情報表示画面

各種情報は「環境情報」として、対象船舶の針路および速力、風向・風力、波向・波高、ウネリ向・高とし、一月をベースにした時系列および一月の頻度をローズ図で示しました。また、加速度情報を加速時計別に表示することができます。このように、非常に多くの情報から必要とする情報を選択し、利用者にとって比較検討が容易に行えるべく、データベース化を工夫し、ウェブ画面に表示を行いました。

## 実験データ表示画面

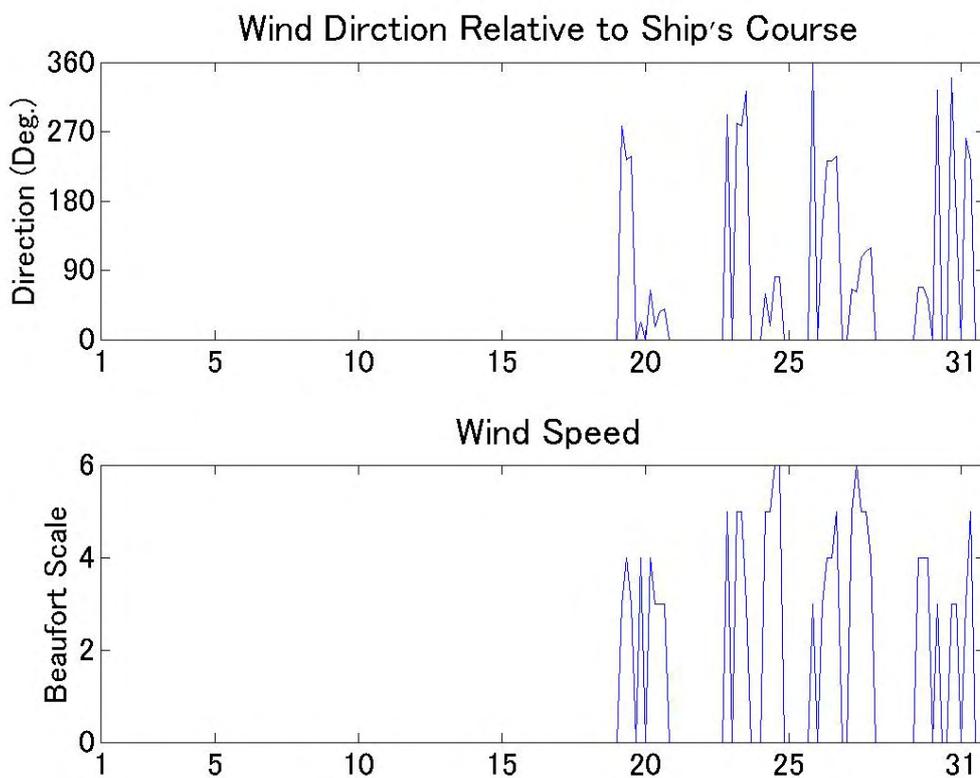
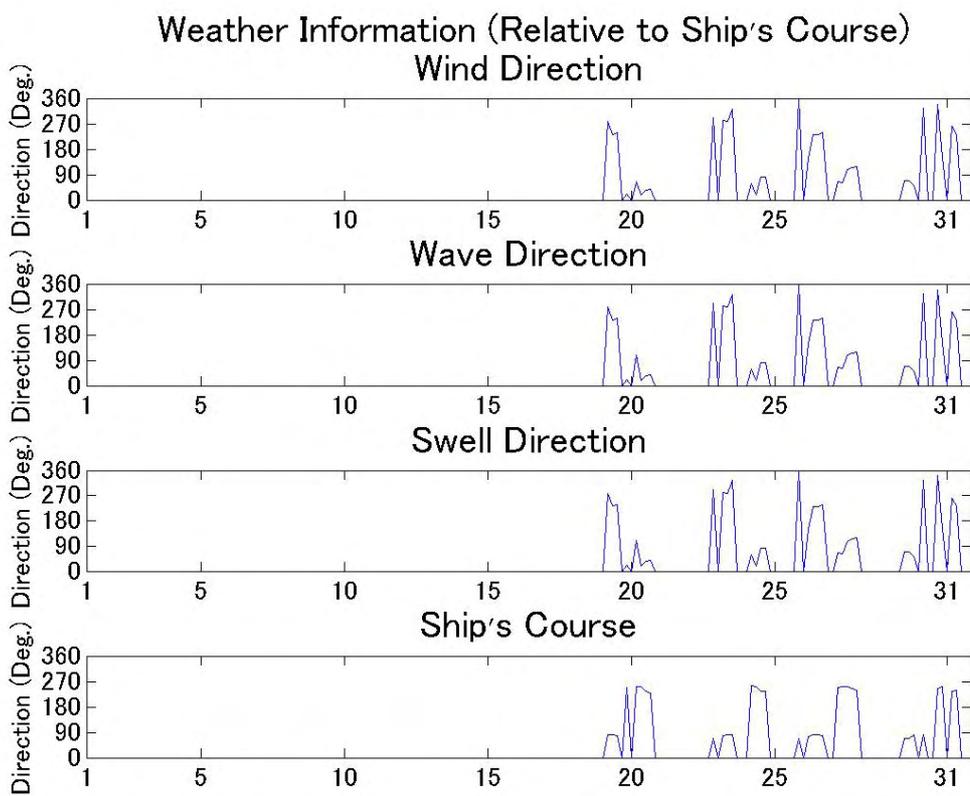
分割画面の数を選擇して下さい

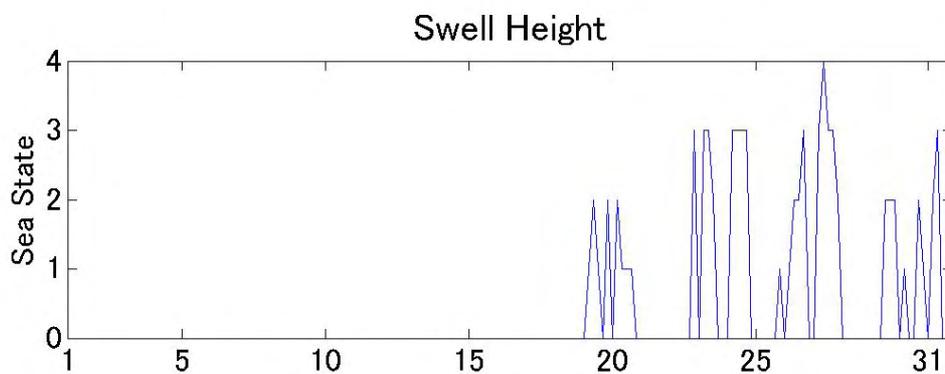
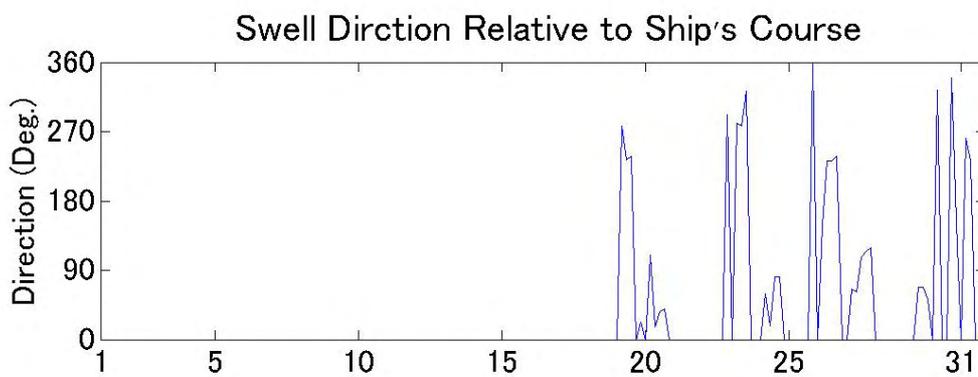
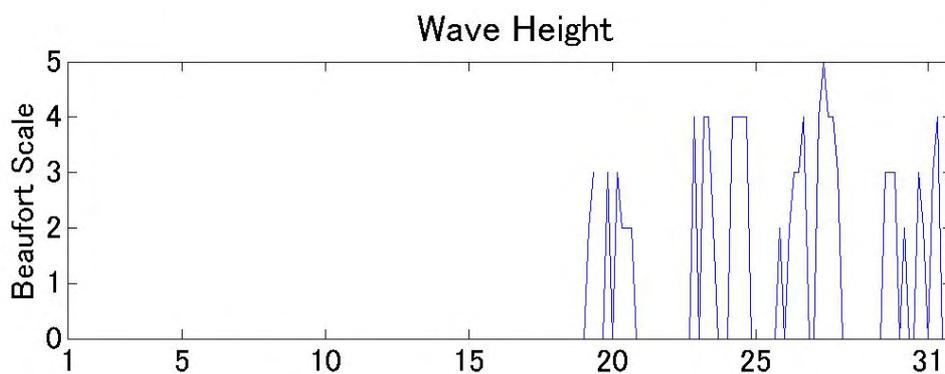
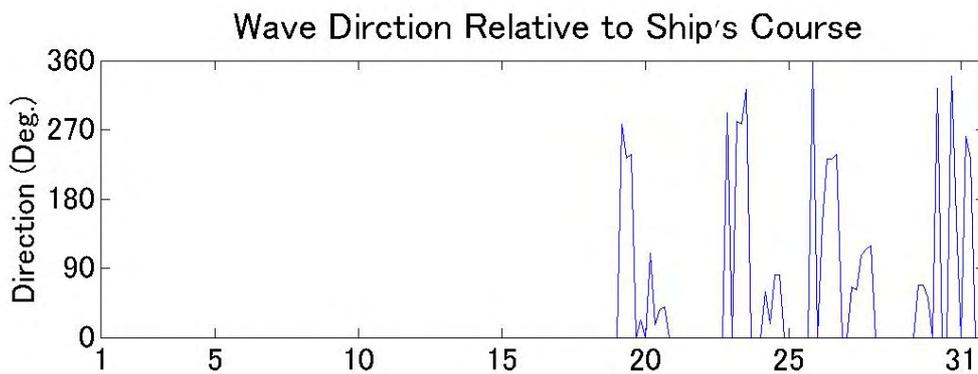
<p>分割画面1の表示情報を下から選擇して下さい</p> <p>環境情報 時系列</p> <p><input checked="" type="radio"/> 針路・速力; <input type="radio"/> 風向・風力 <input type="radio"/> 波向・波高; <input type="radio"/> ウネリ方向・高さ</p> <p>環境情報 ロース図</p> <p>往復全航海 <input type="radio"/> 風; <input type="radio"/> 波; <input type="radio"/> ウネリ 博多ー上海 <input type="radio"/> 風; <input type="radio"/> 波; <input type="radio"/> ウネリ 上海ー博多 <input type="radio"/> 風; <input type="radio"/> 波; <input type="radio"/> ウネリ</p> <p>加速度情報</p> <p>IMU1 <input type="radio"/> X; <input type="radio"/> Y; <input type="radio"/> Z IMU2 <input type="radio"/> X; <input type="radio"/> Y; <input type="radio"/> Z IMU3 <input type="radio"/> X; <input type="radio"/> Y; <input type="radio"/> Z</p>	<p>分割画面2の表示情報を下から選擇して下さい</p> <p>環境情報 時系列</p> <p><input checked="" type="radio"/> 針路・速力; <input type="radio"/> 風向・風力 <input type="radio"/> 波向・波高; <input type="radio"/> ウネリ方向・高さ</p> <p>環境情報 ロース図</p> <p>往復全航海 <input type="radio"/> 風; <input type="radio"/> 波; <input type="radio"/> ウネリ 博多ー上海 <input type="radio"/> 風; <input type="radio"/> 波; <input type="radio"/> ウネリ 上海ー博多 <input type="radio"/> 風; <input type="radio"/> 波; <input type="radio"/> ウネリ</p> <p>加速度情報</p> <p>IMU1 <input type="radio"/> X; <input type="radio"/> Y; <input type="radio"/> Z IMU2 <input type="radio"/> X; <input type="radio"/> Y; <input type="radio"/> Z IMU3 <input type="radio"/> X; <input type="radio"/> Y; <input type="radio"/> Z</p>
<p>分割画面1 <input type="text" value="2013年"/> <input type="text" value="1月"/></p> 	<p>分割画面2 <input type="text" value="2013年"/> <input type="text" value="1月"/></p> 

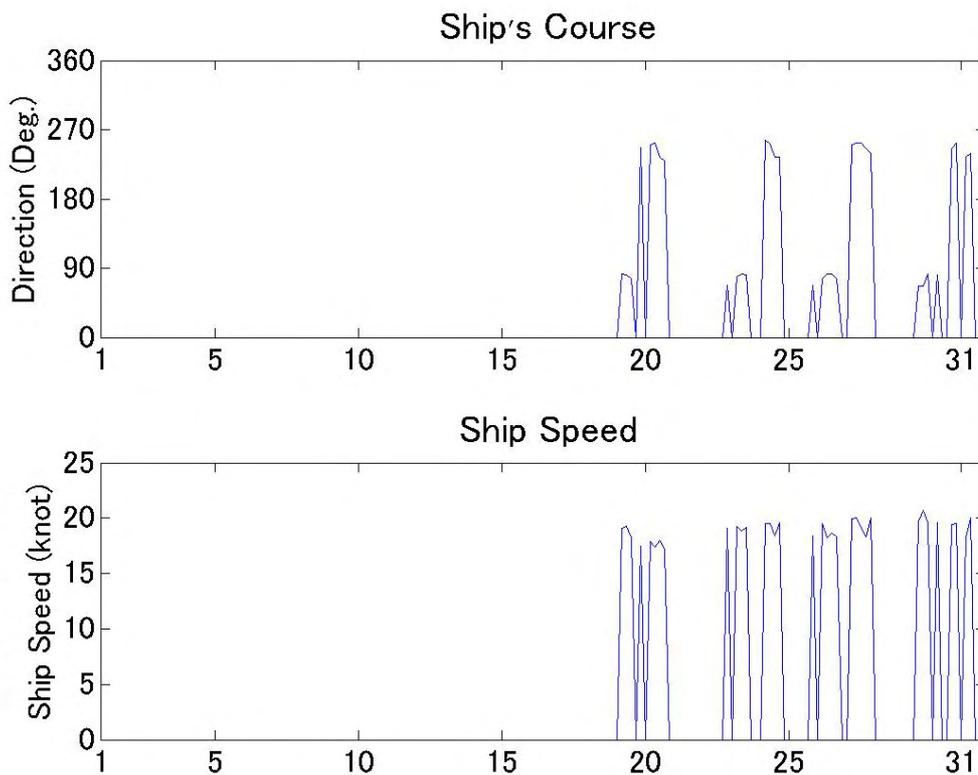
## 5. まとめ

平成 24 年度から開始いたしました本共同研究ですが、この間収集されました 2 年分のデータ量は多量なもので、その全ての計測および解析結果を報告書に掲載するとあまりにも莫大な成果となることから、今年度はどのように結果のデータベース化を考え、それらをウェブ上に表示することを主として実施いたしました。

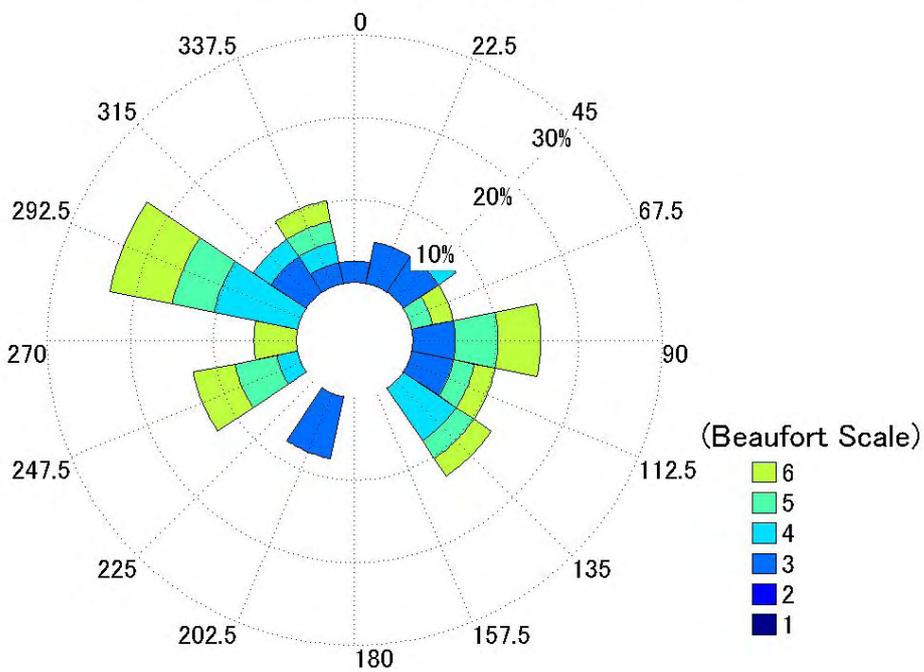
本年度実施いたしましたデータベース化およびウェブ化によって、これを利用しようとする皆様方に全データを容易に比較・検討が行え、有意義な成果が得られることを期待しております。



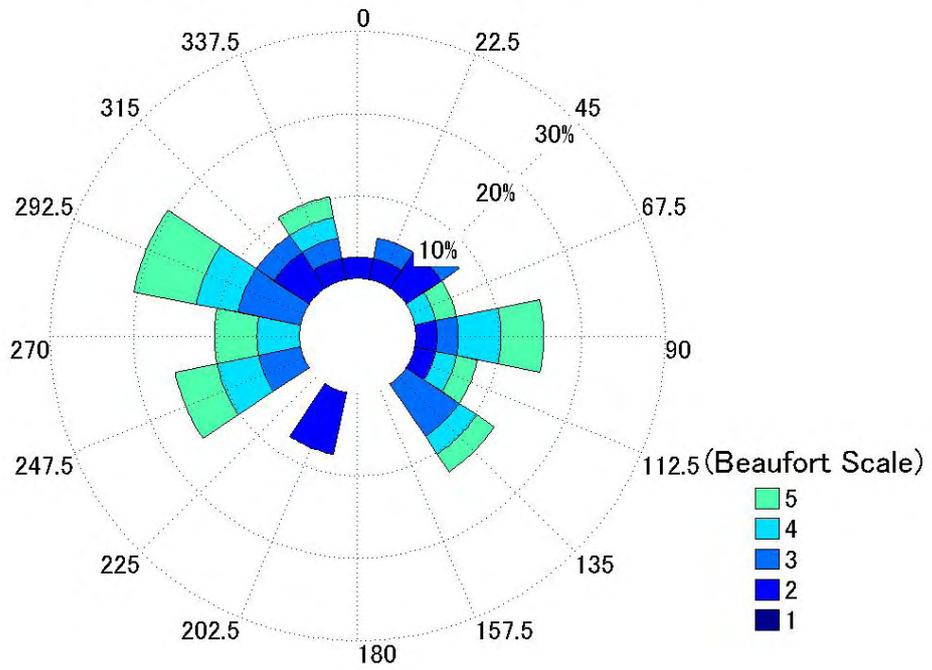




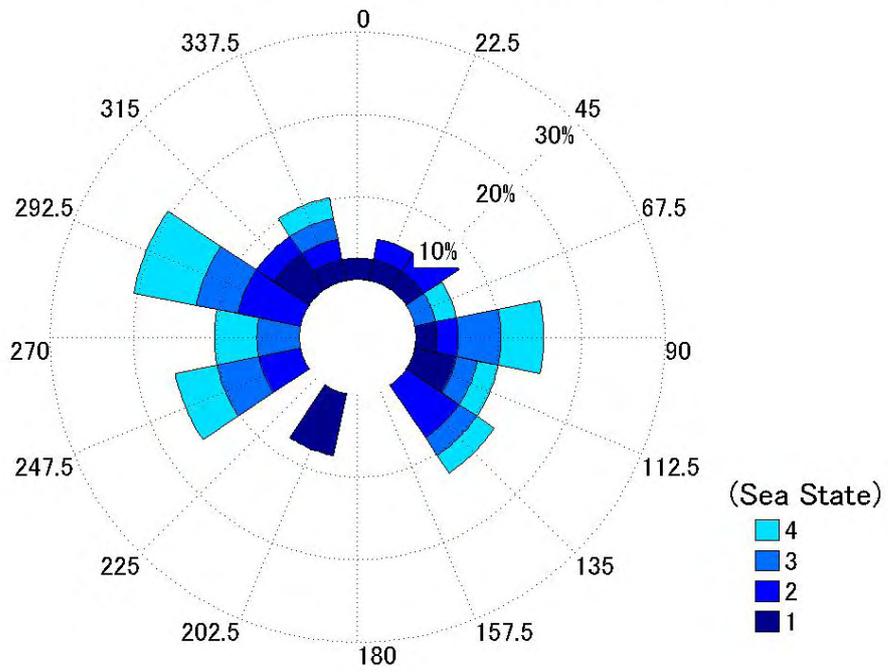
### Wind Information Relative to Ship's Course



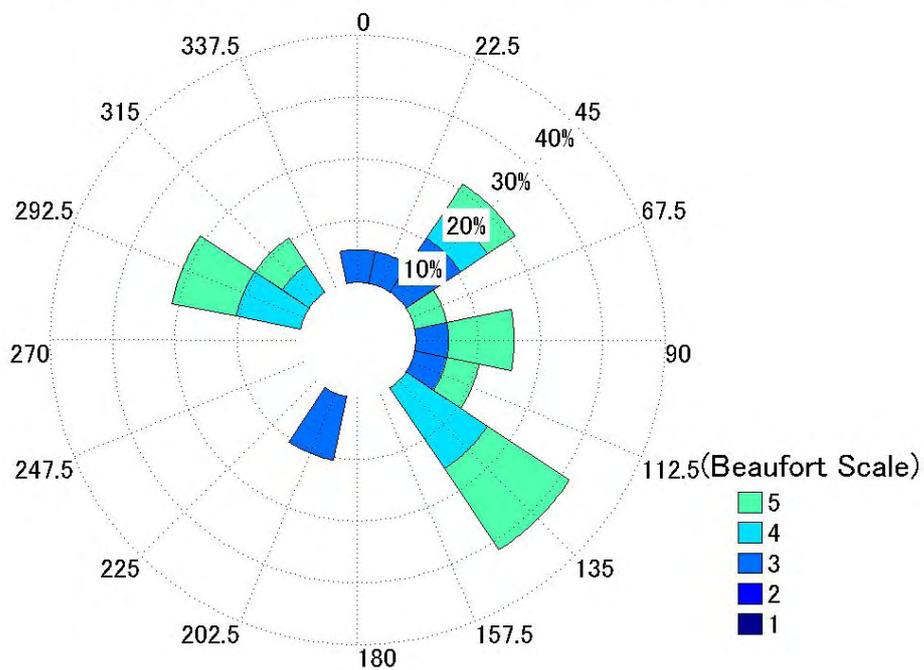
### Wave Information Relative to Ship's Course



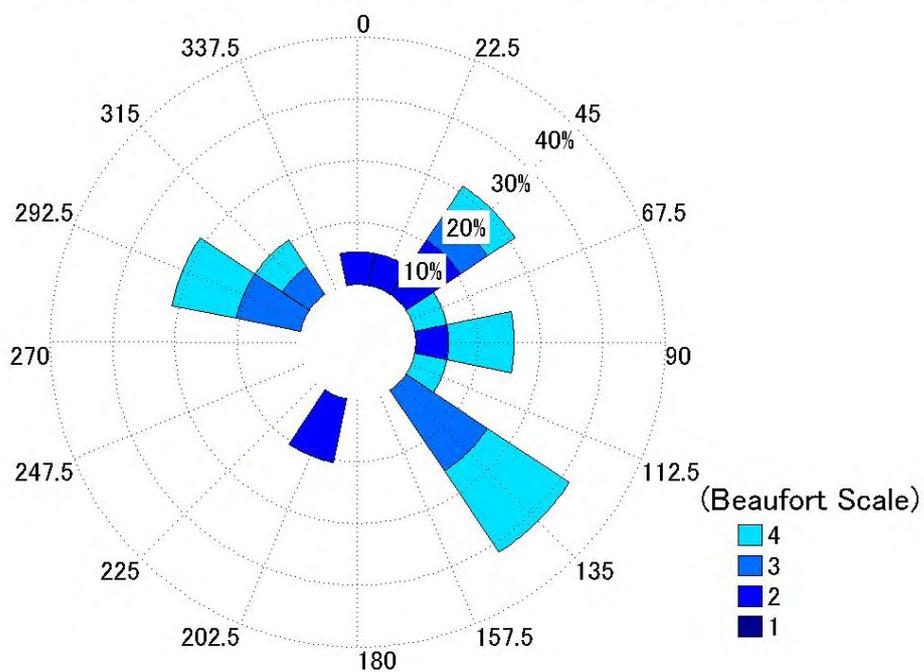
### Swell Information Relative to Ship's Course



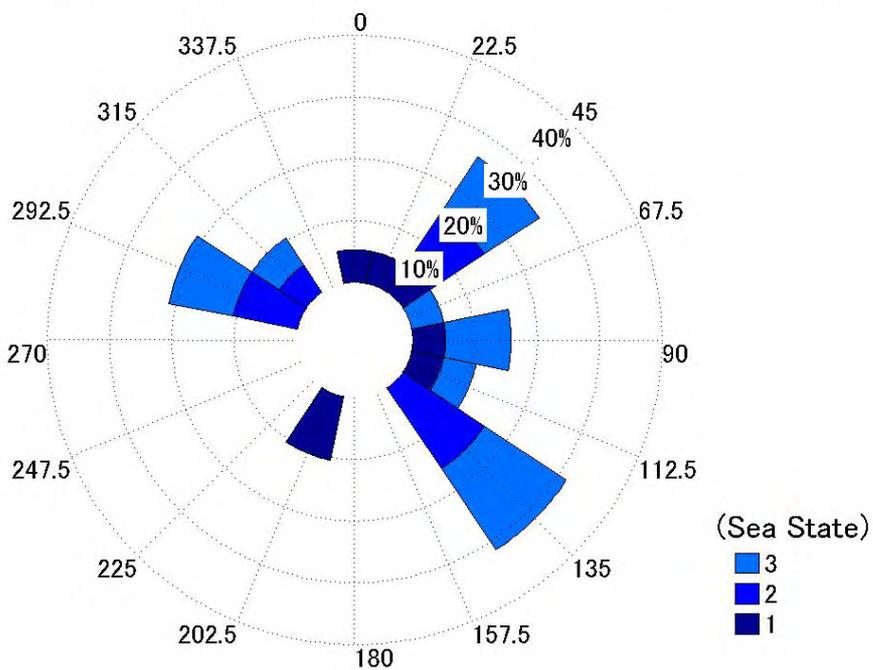
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



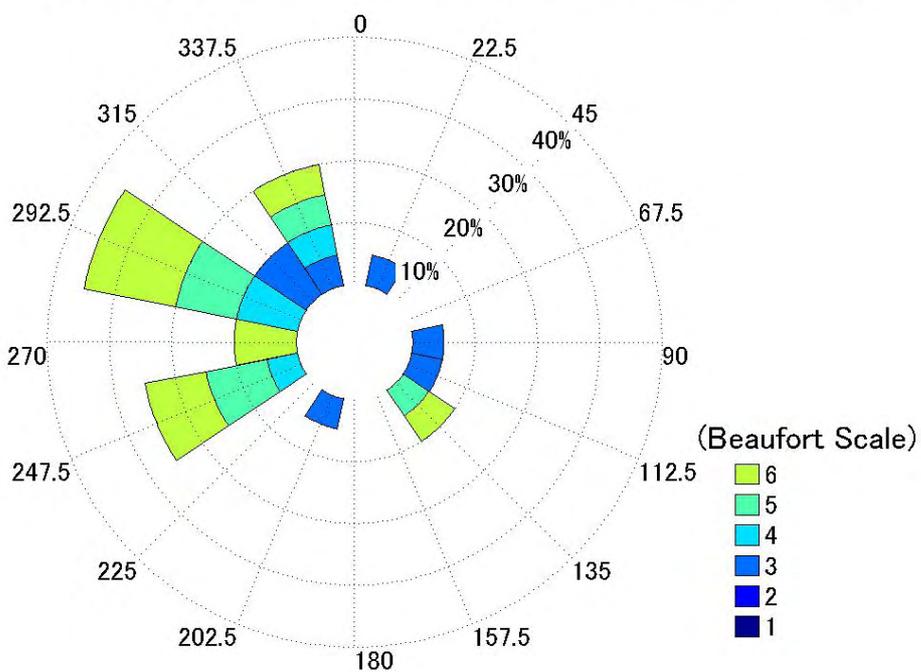
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



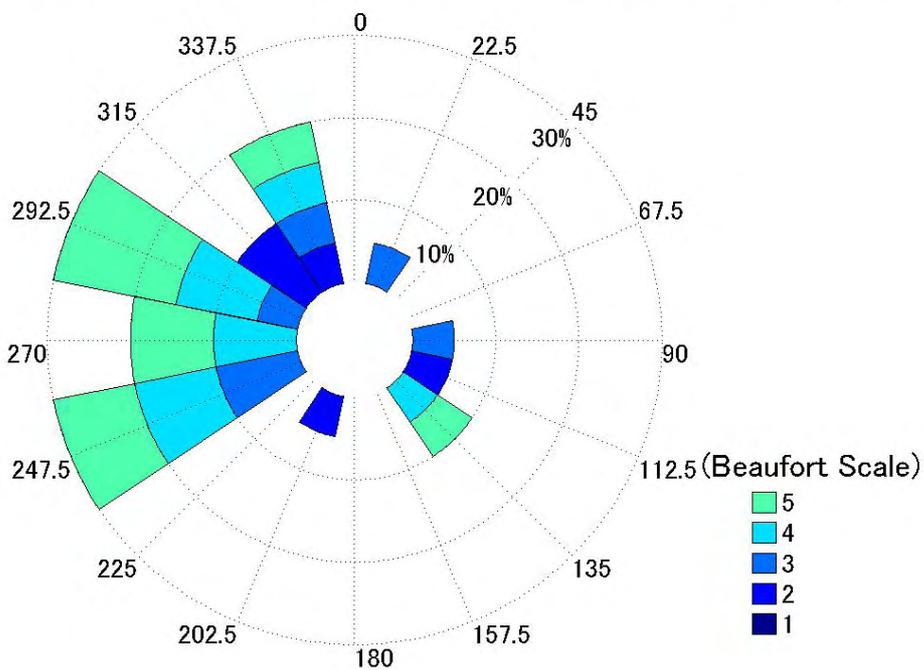
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



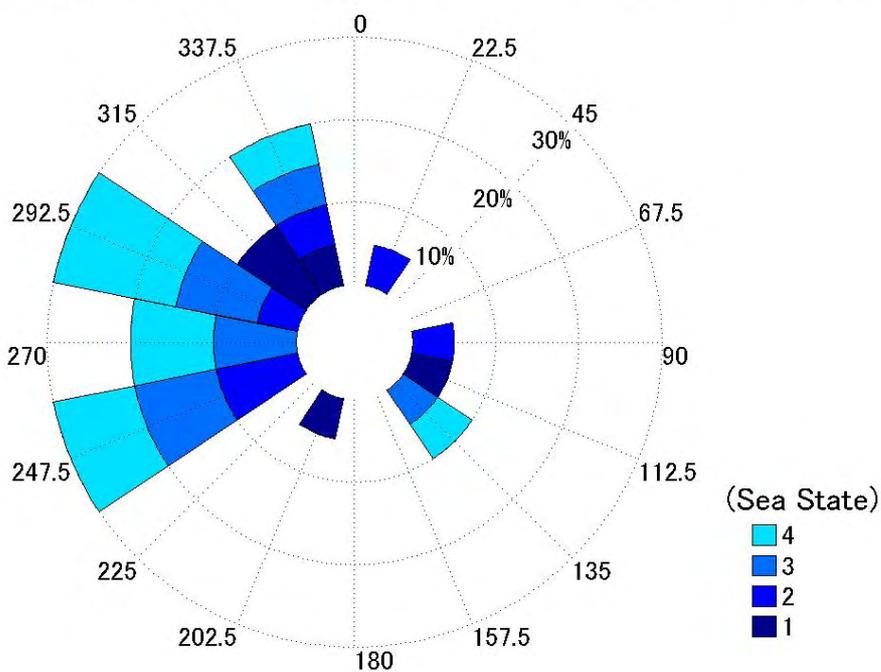
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

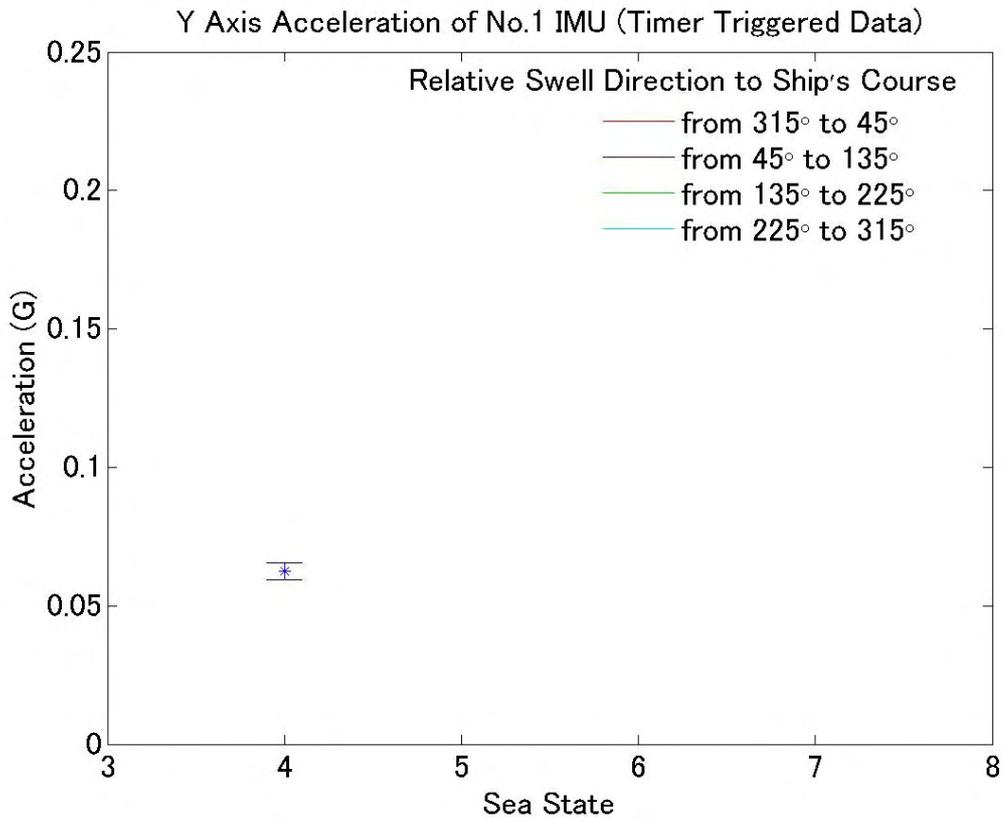
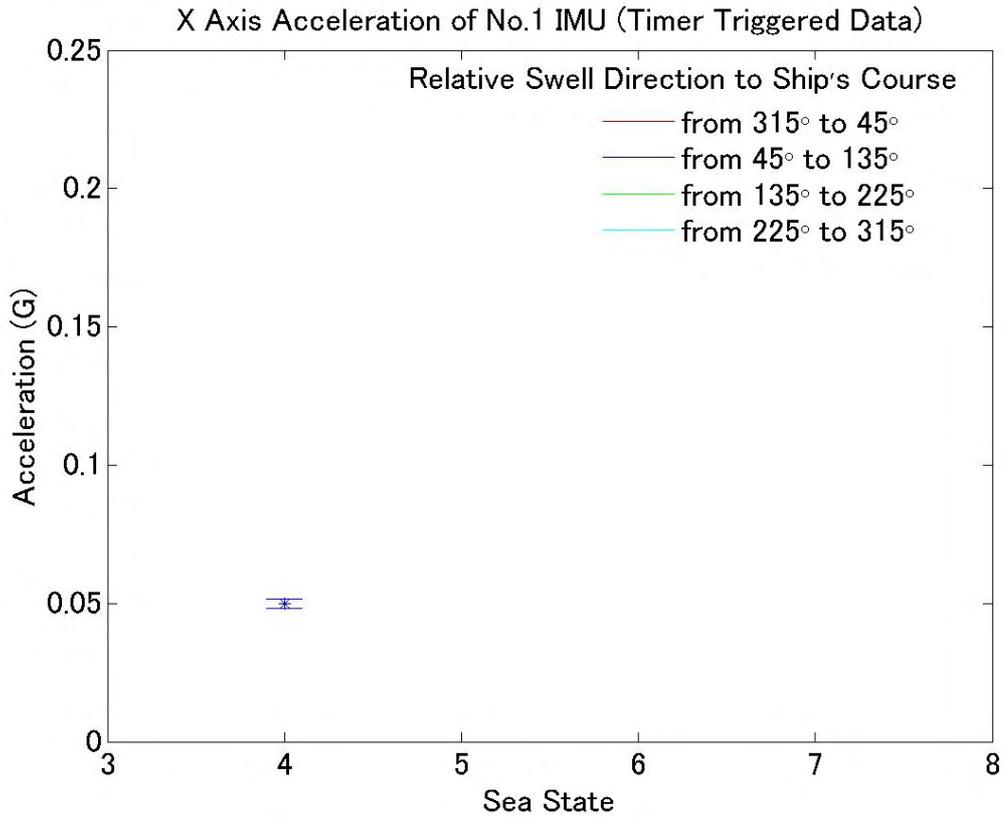


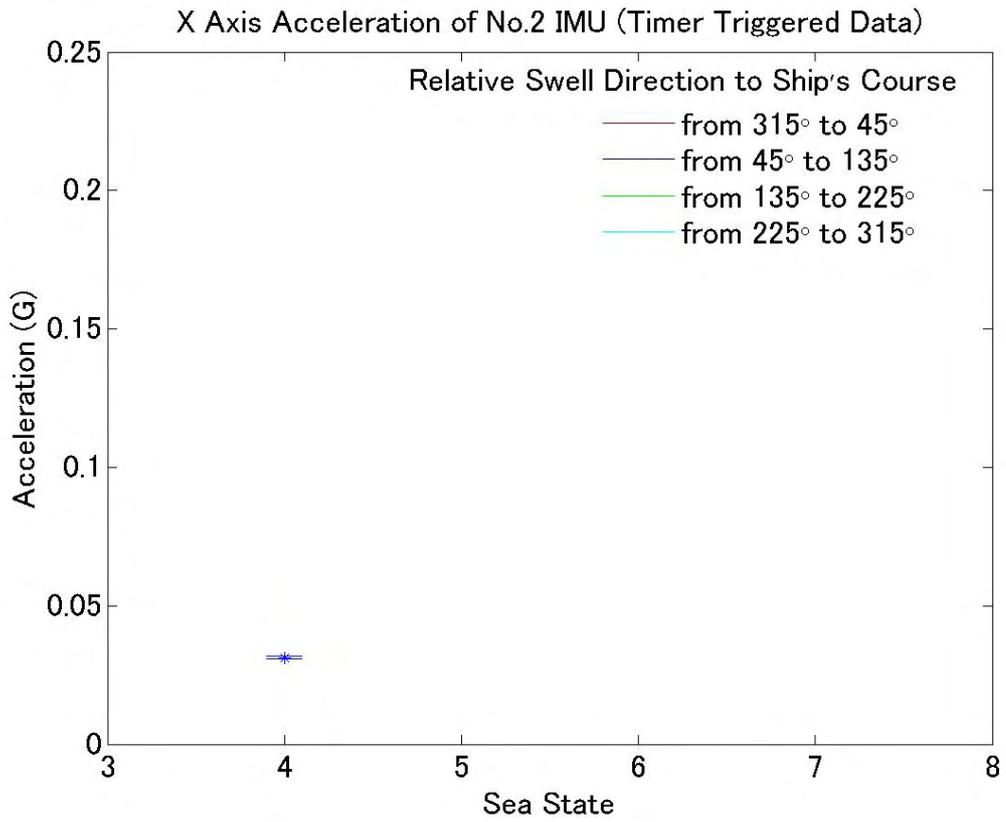
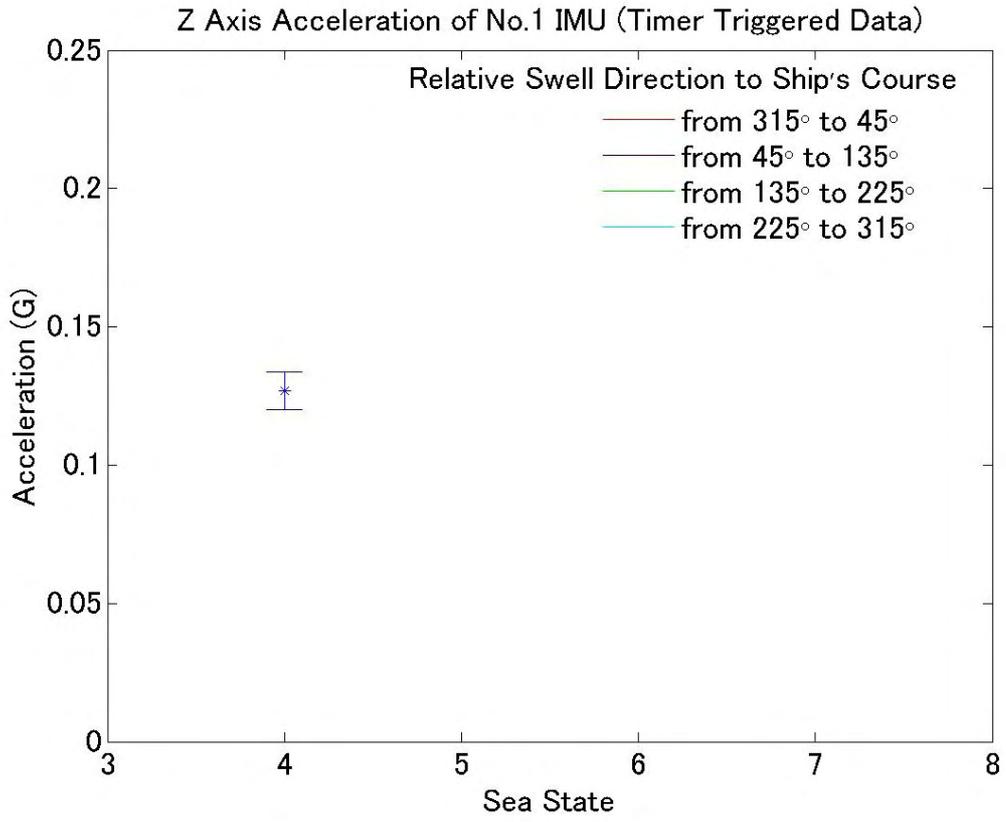
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

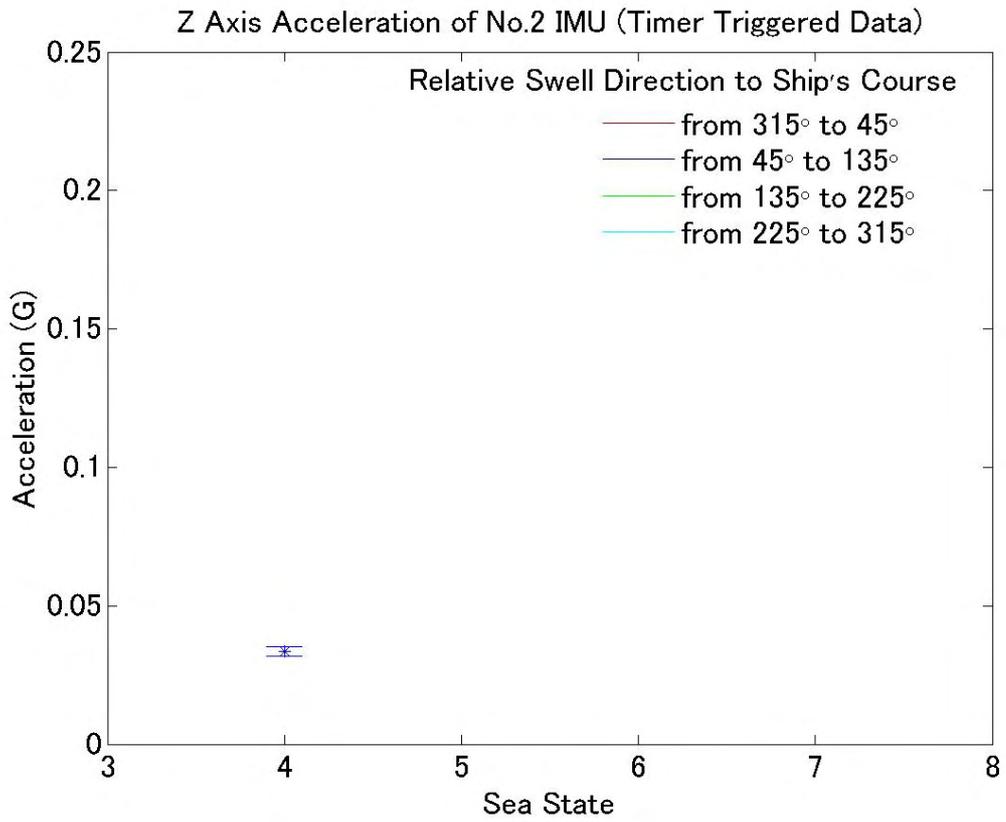
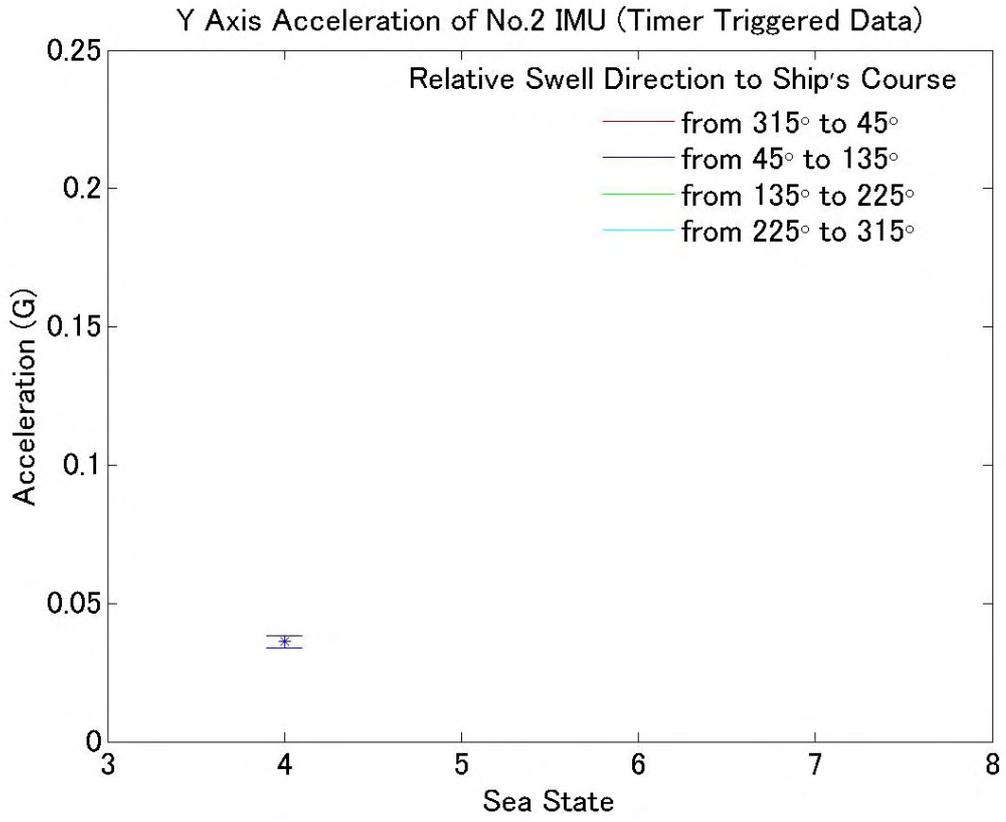


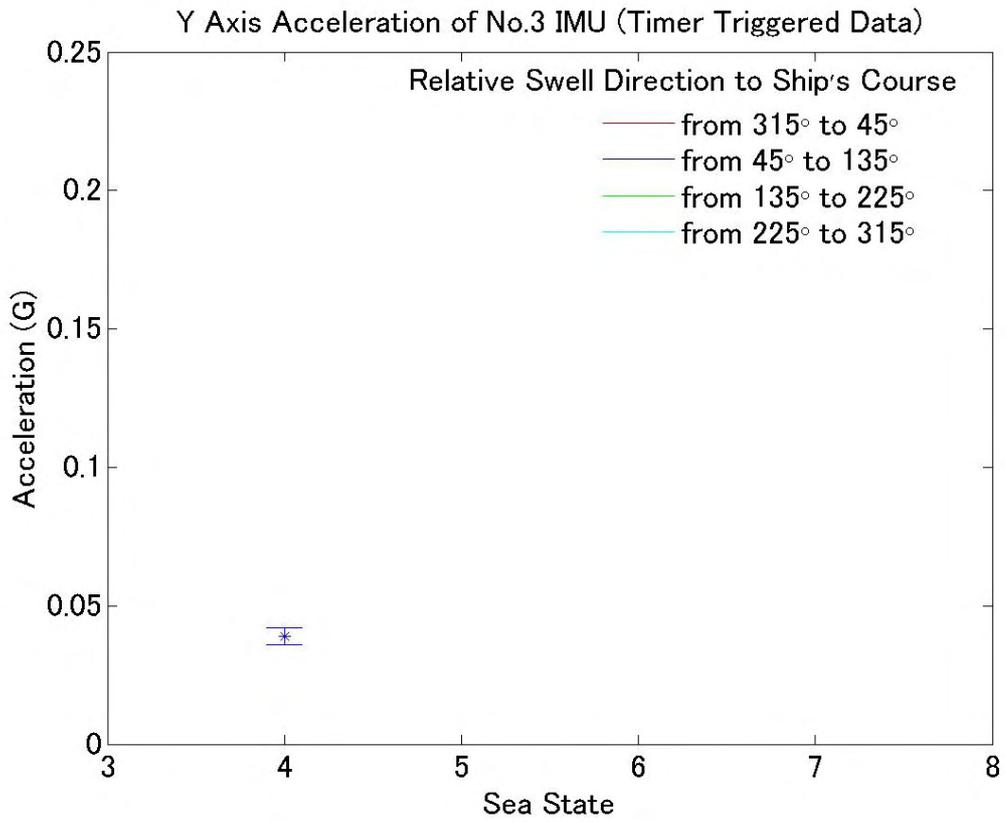
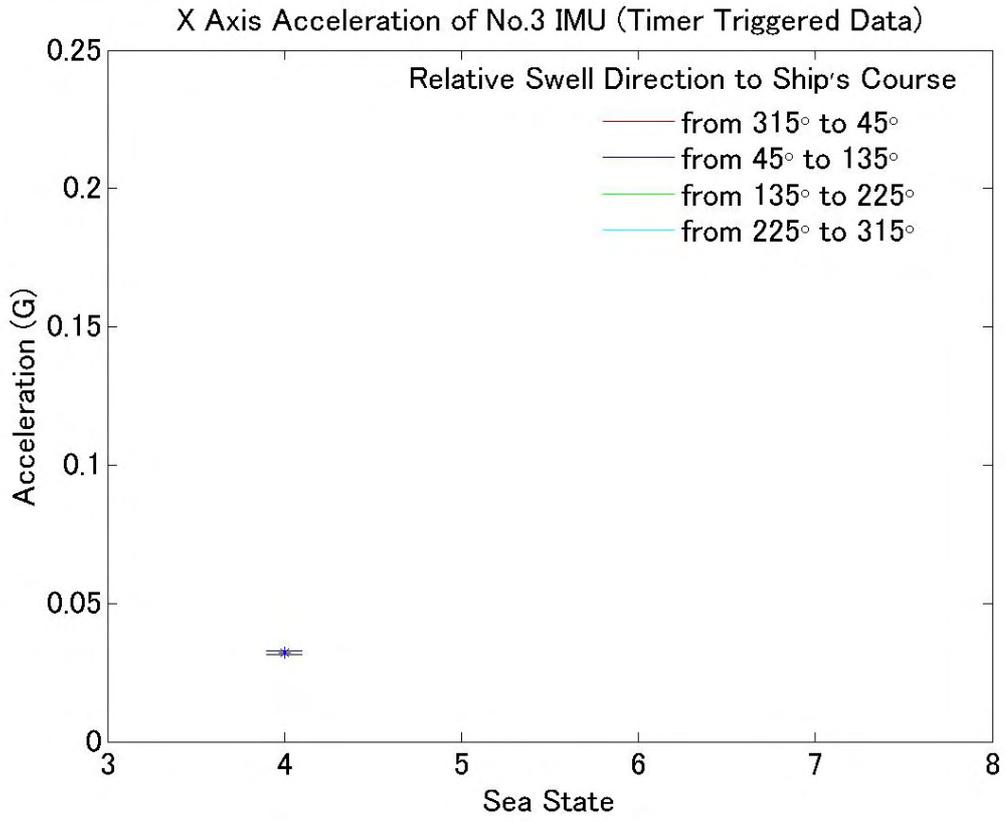
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

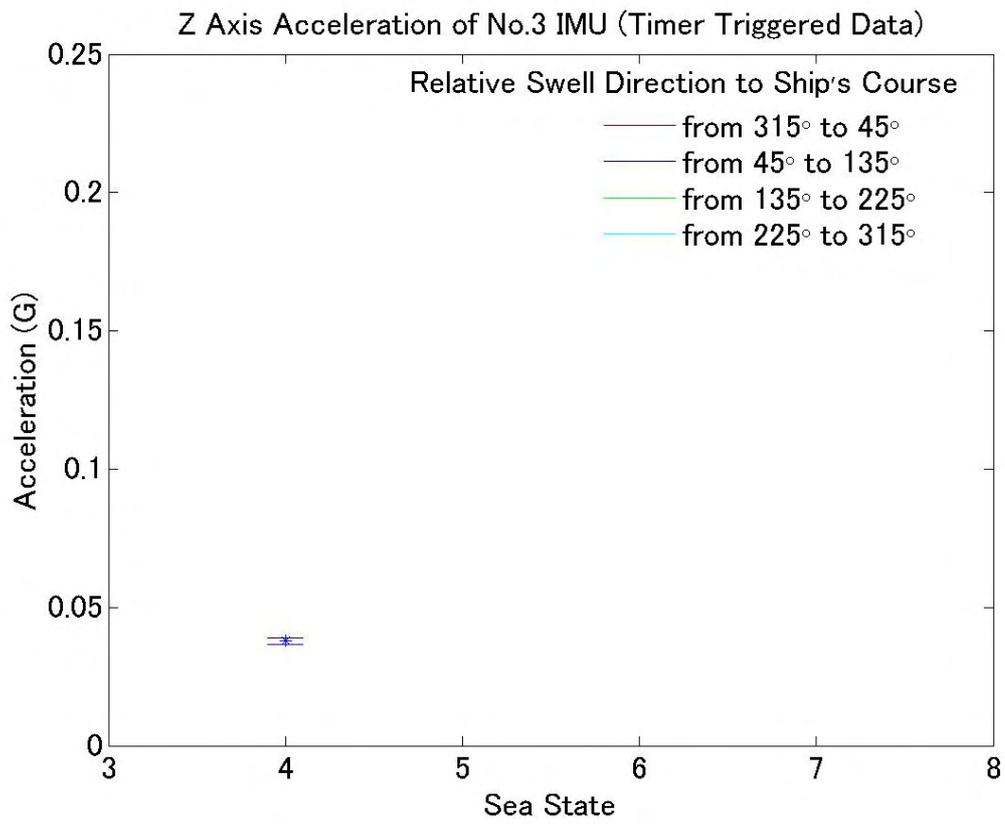


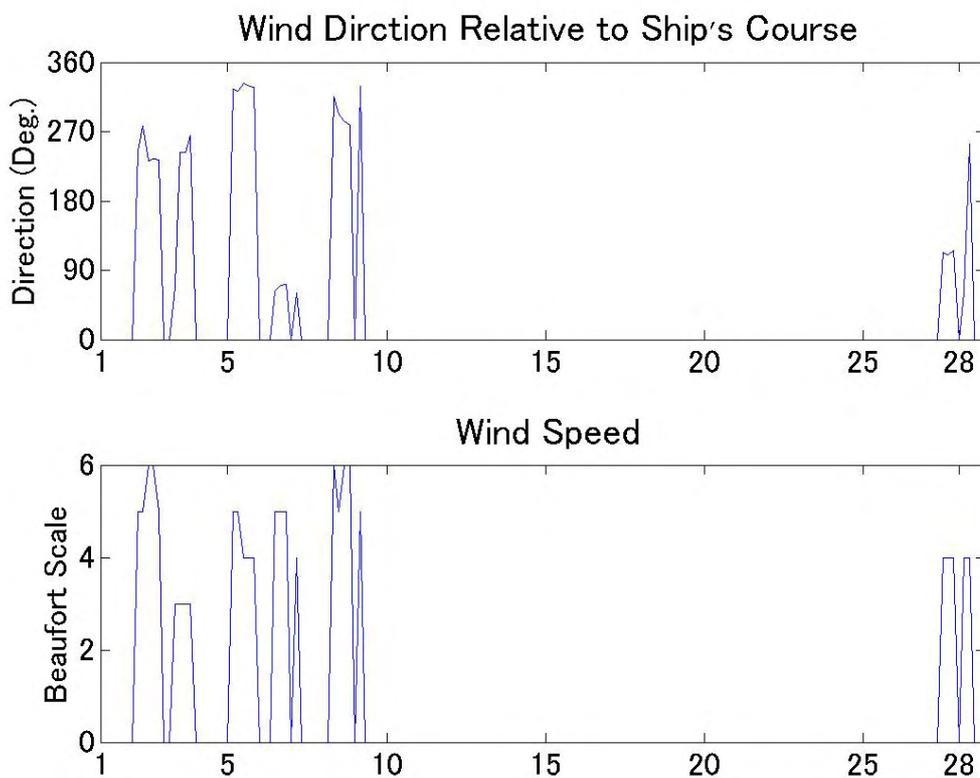
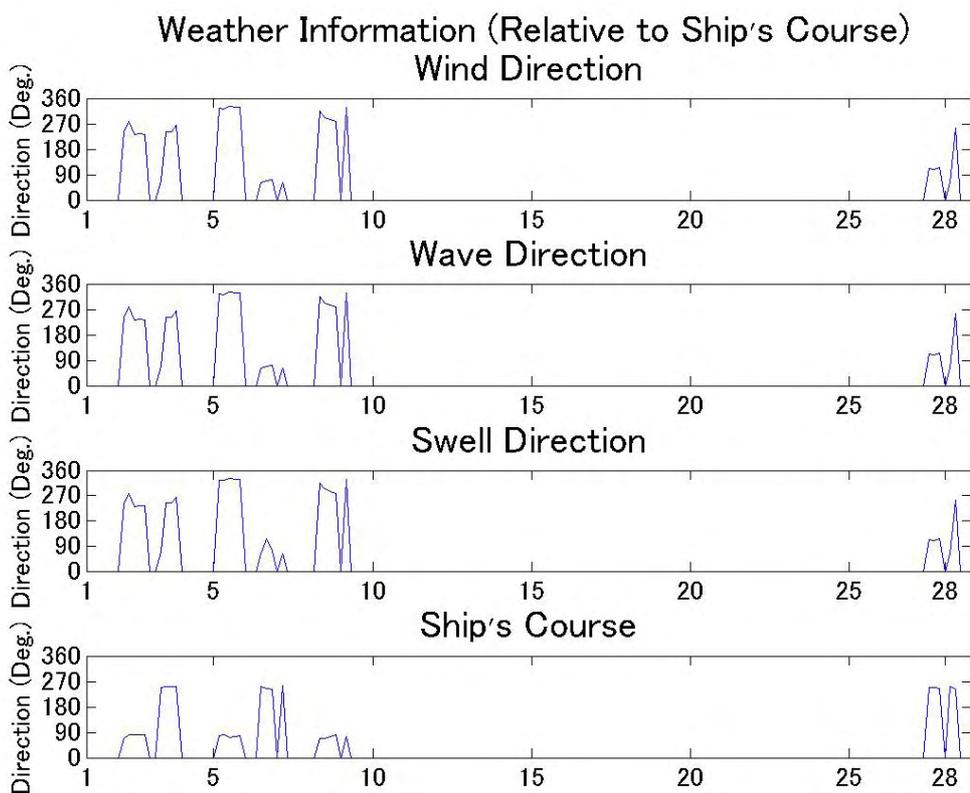


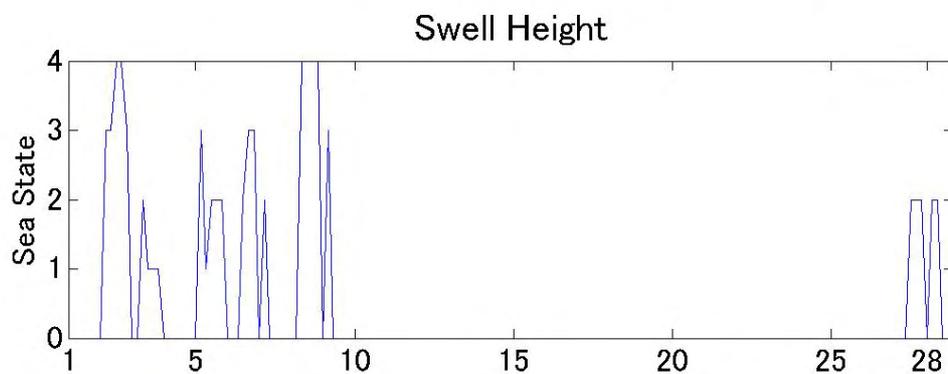
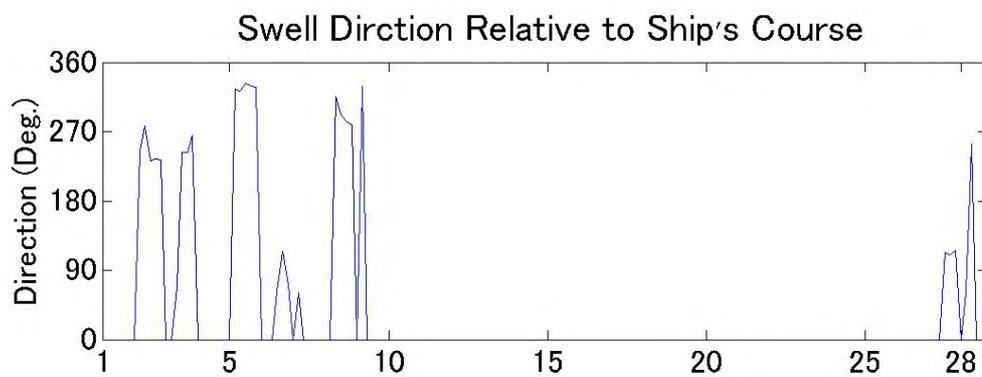
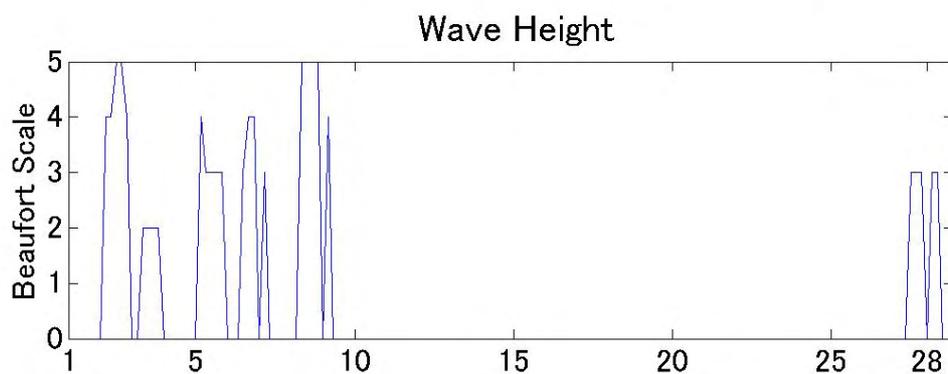
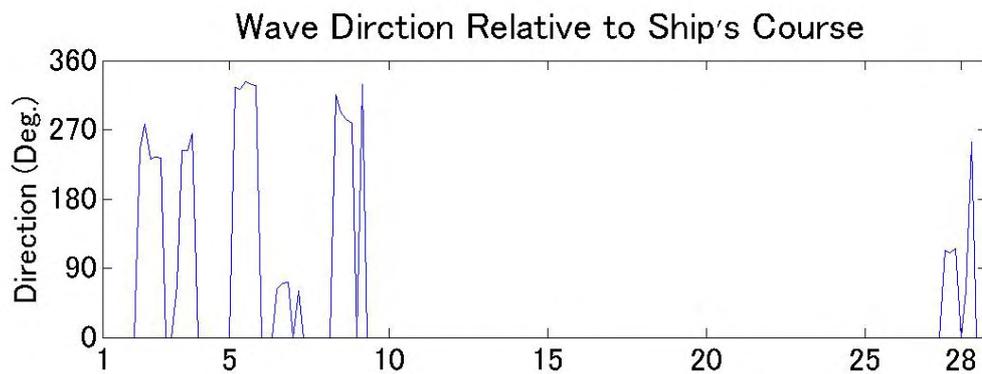


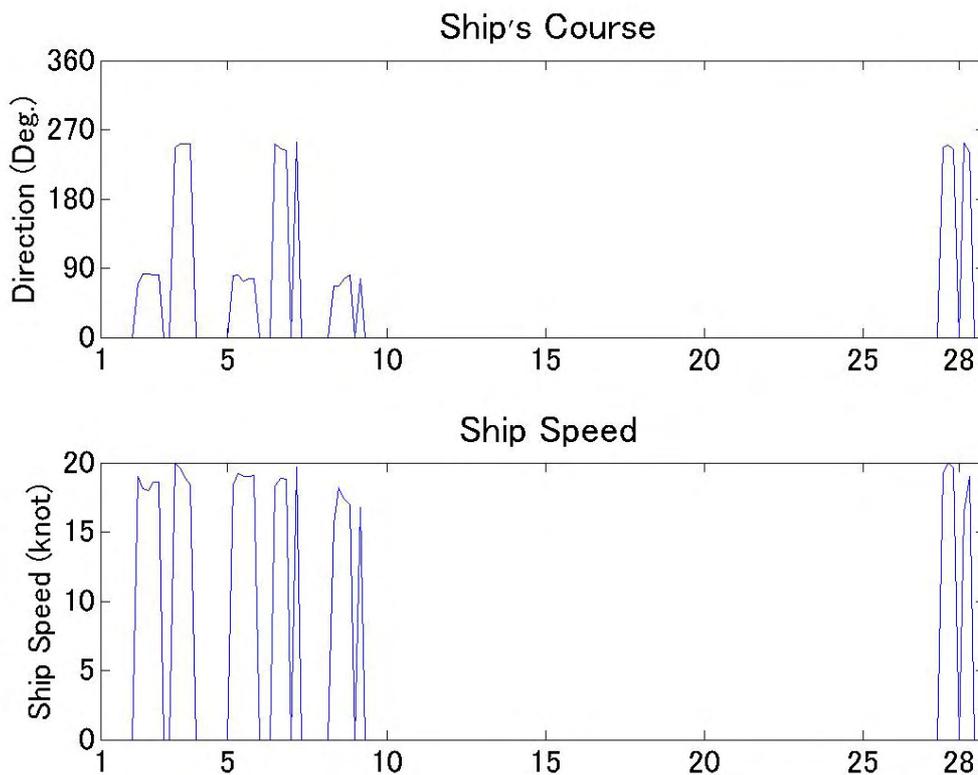




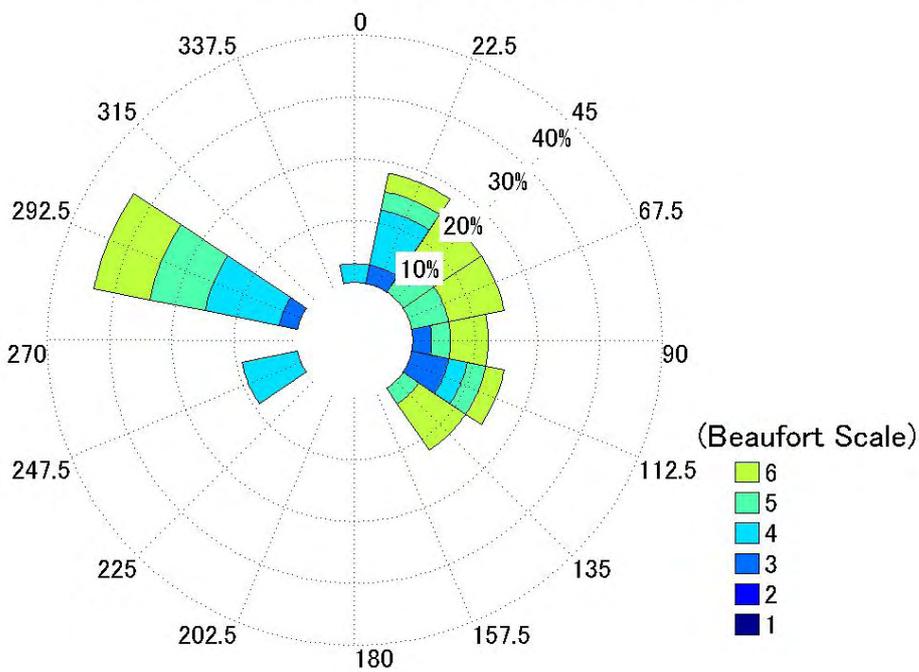




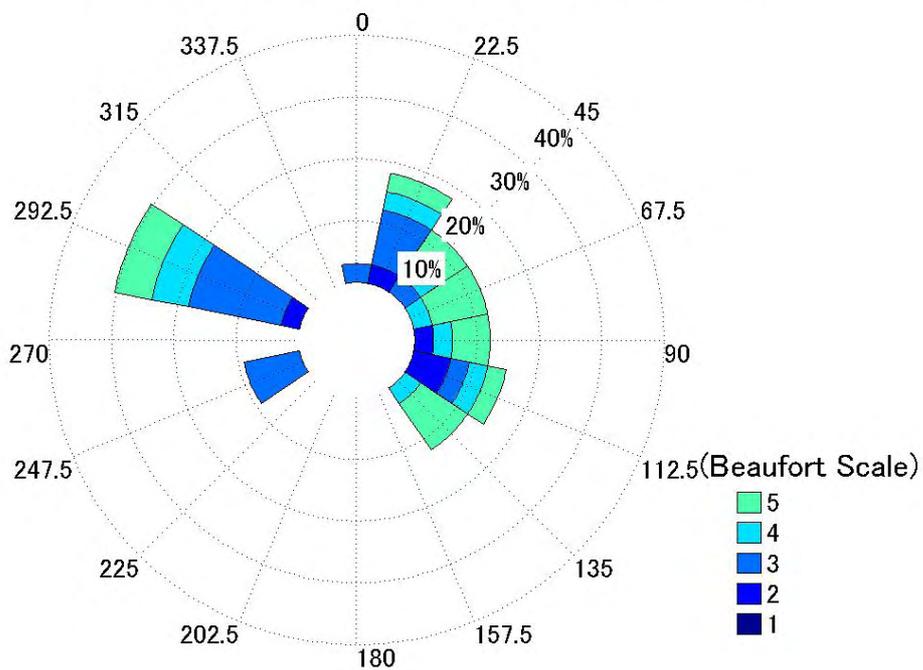




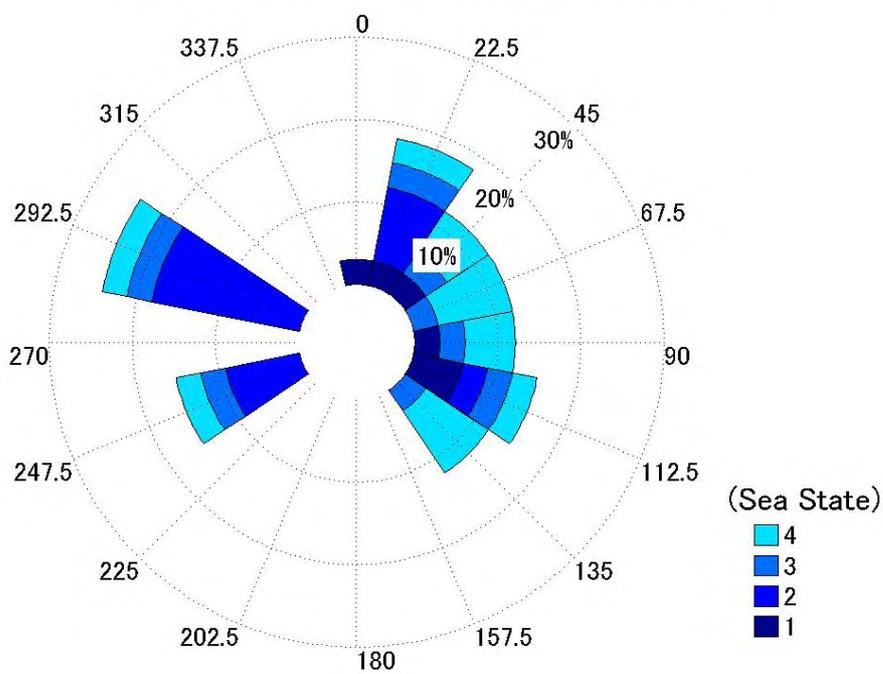
Wind Information Relative to Ship's Course



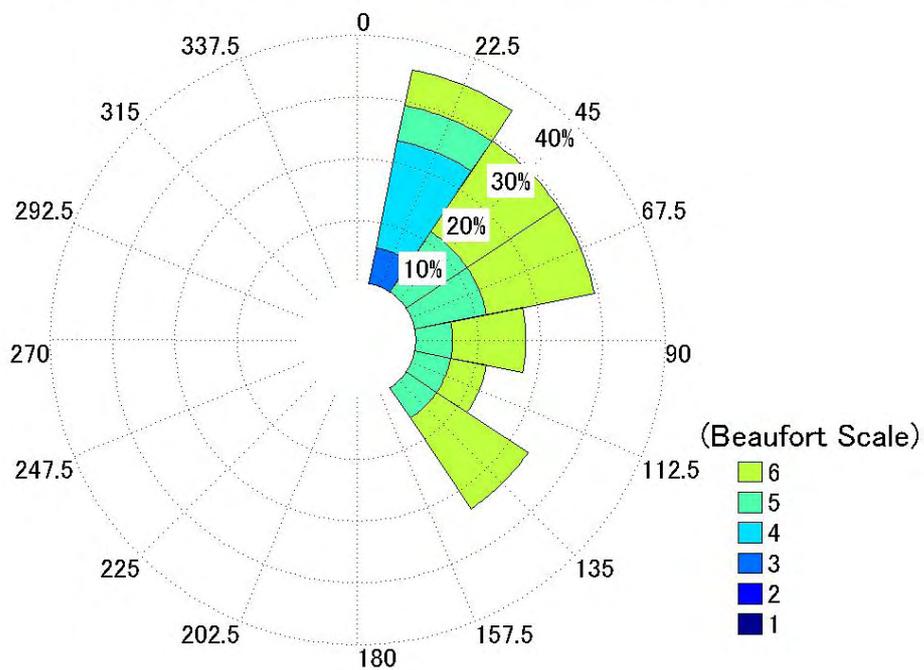
Wave Information Relative to Ship's Course



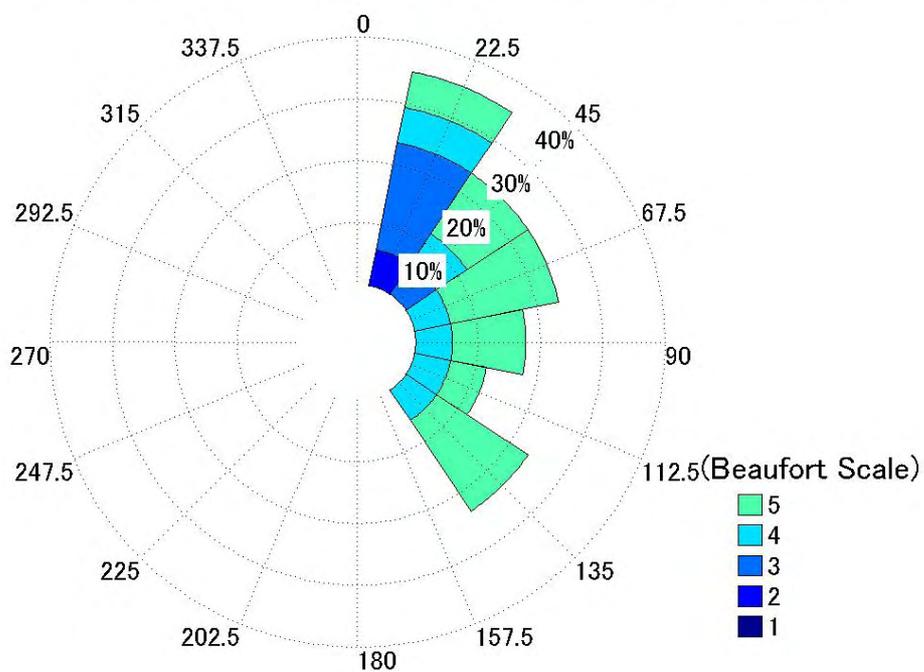
Swell Information Relative to Ship's Course



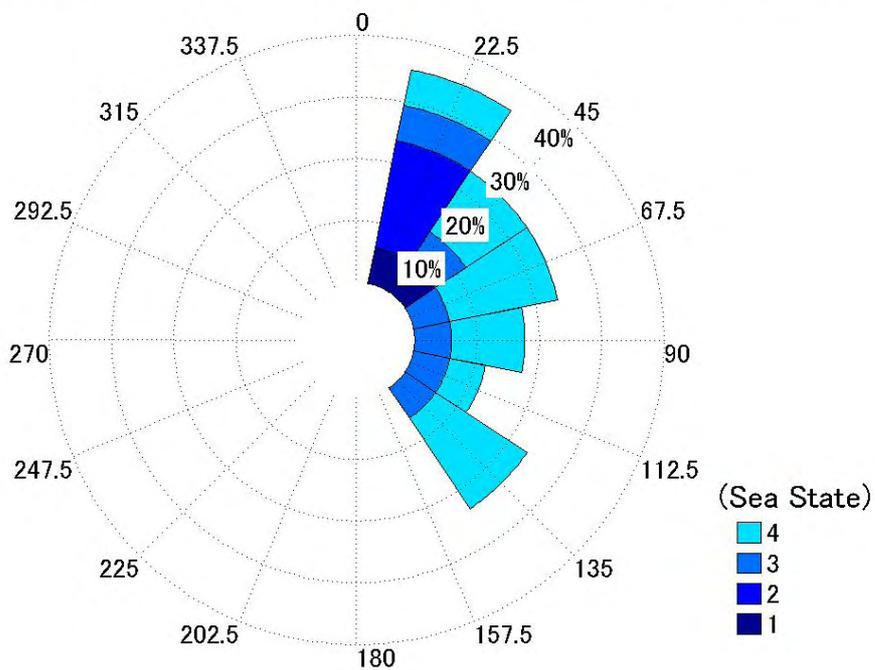
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



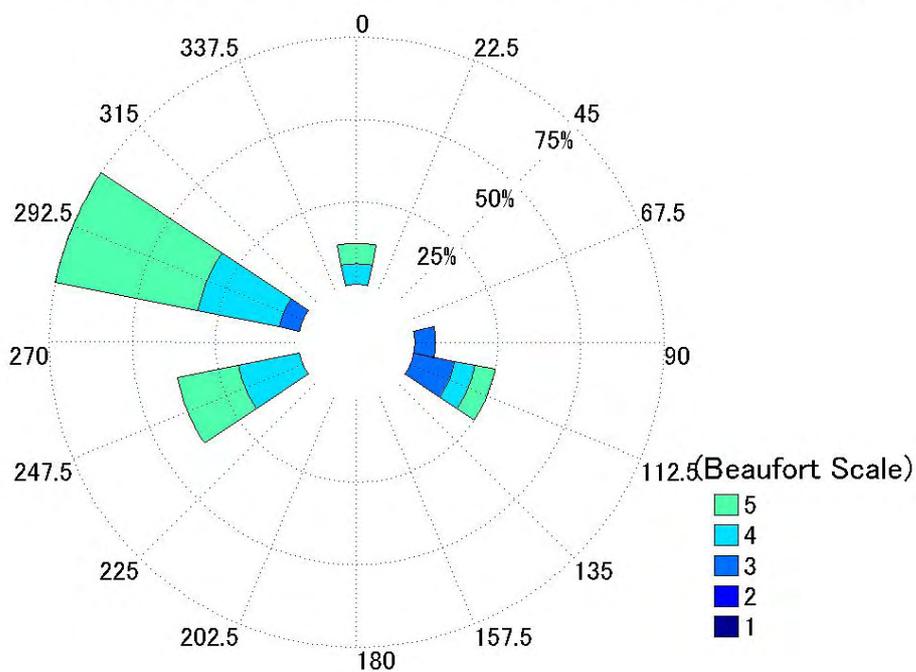
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



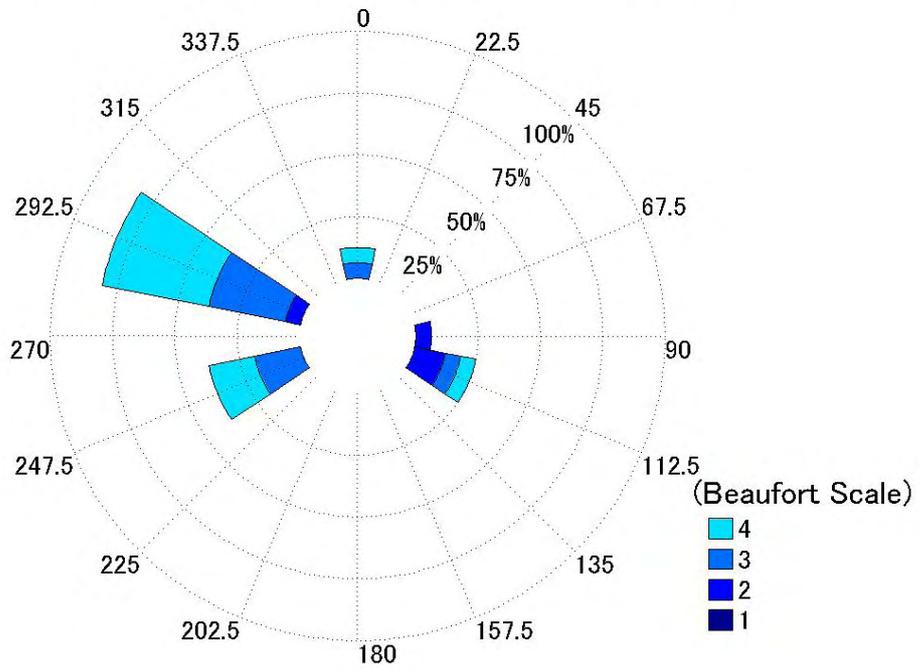
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



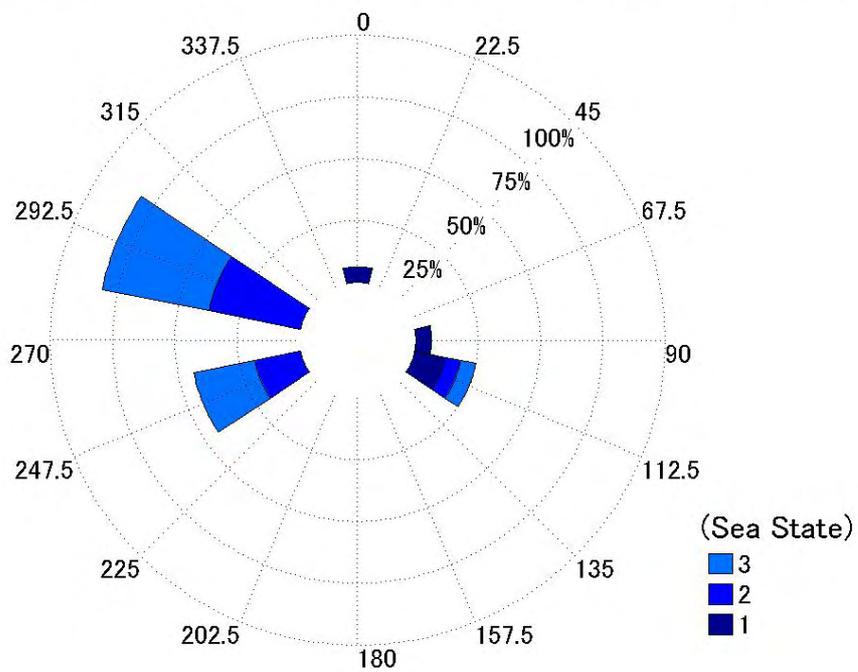
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

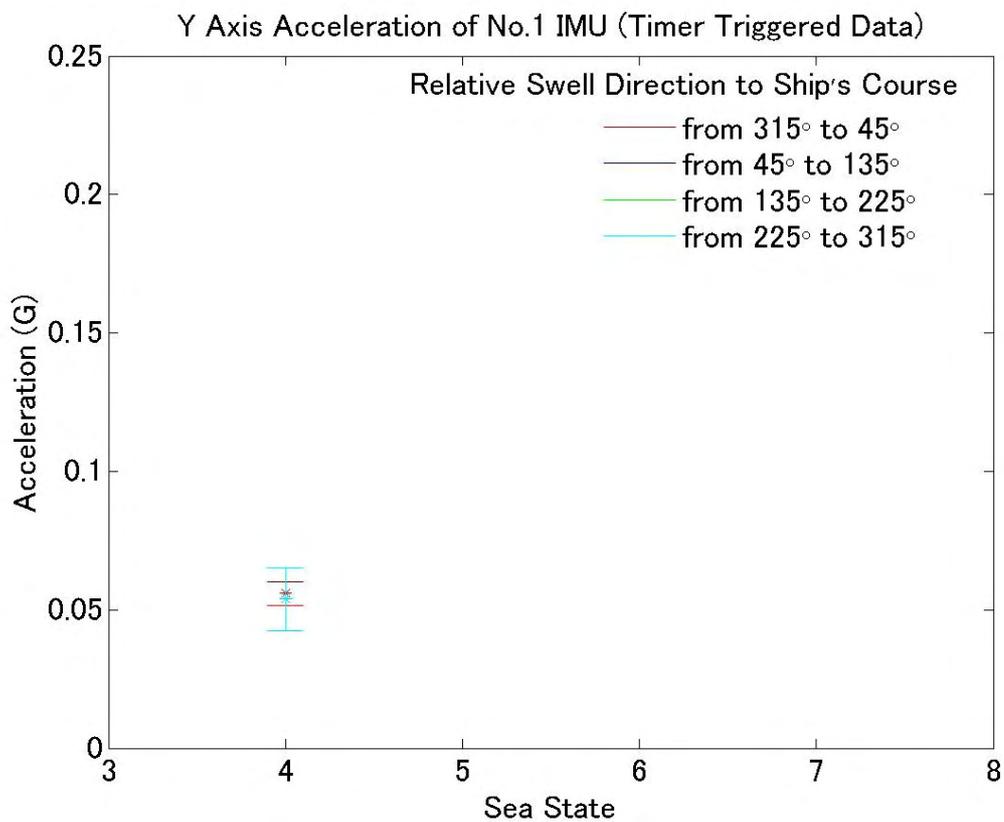
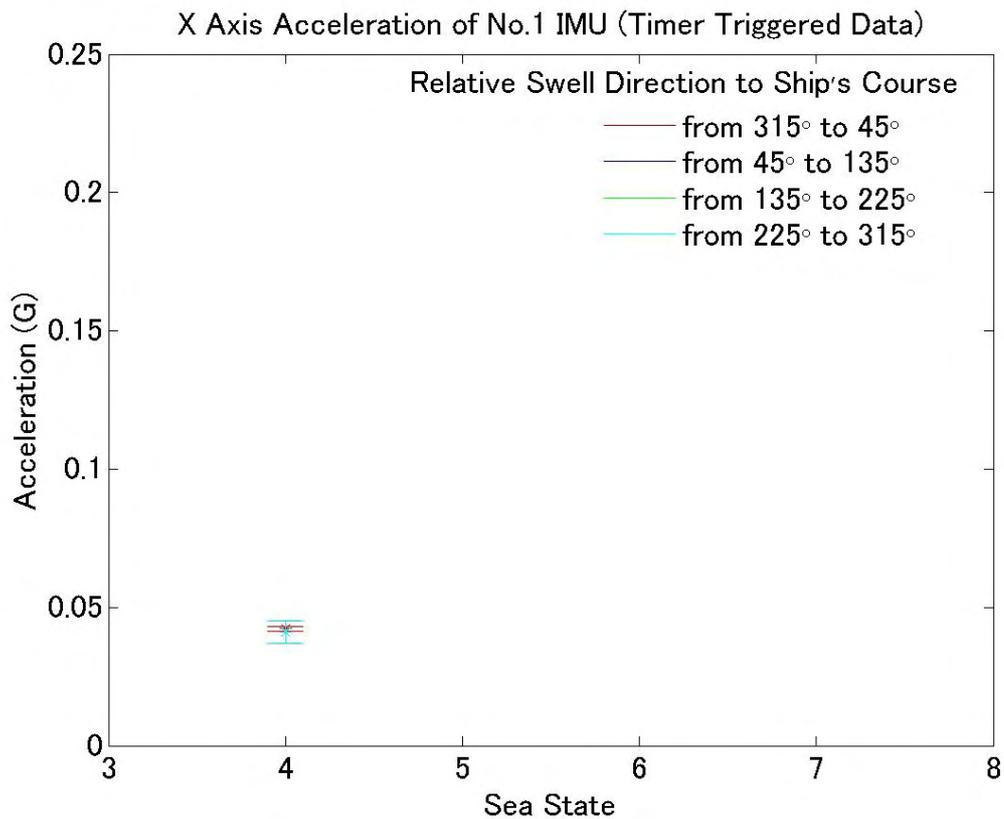


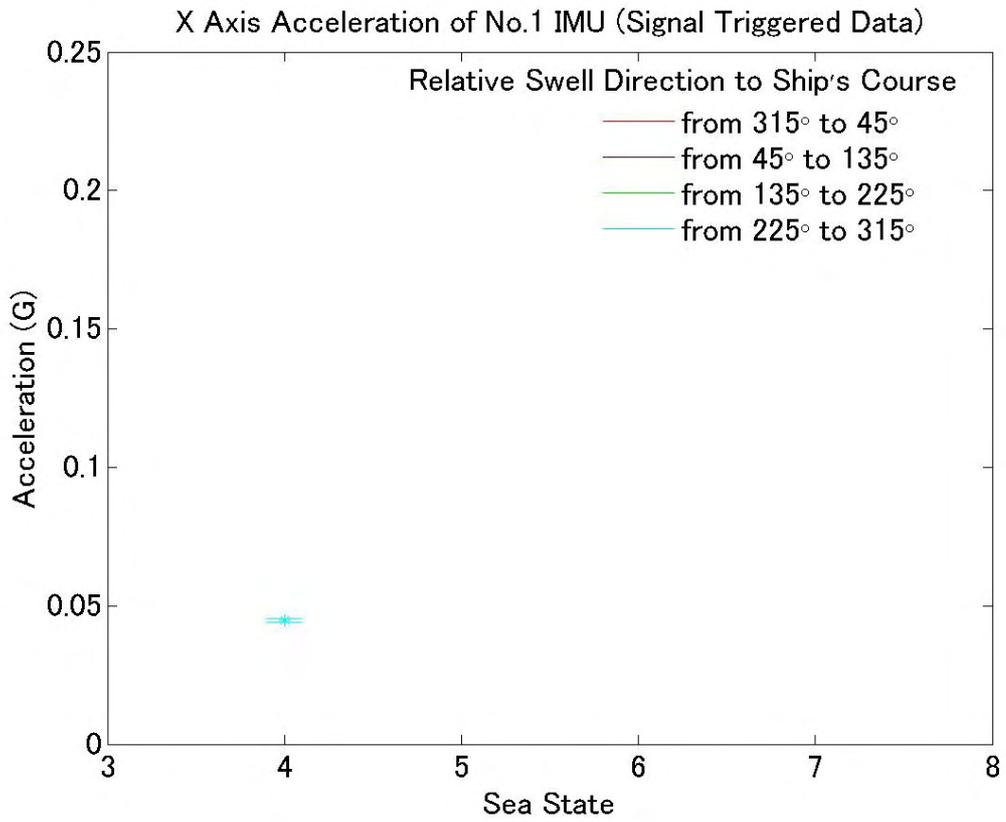
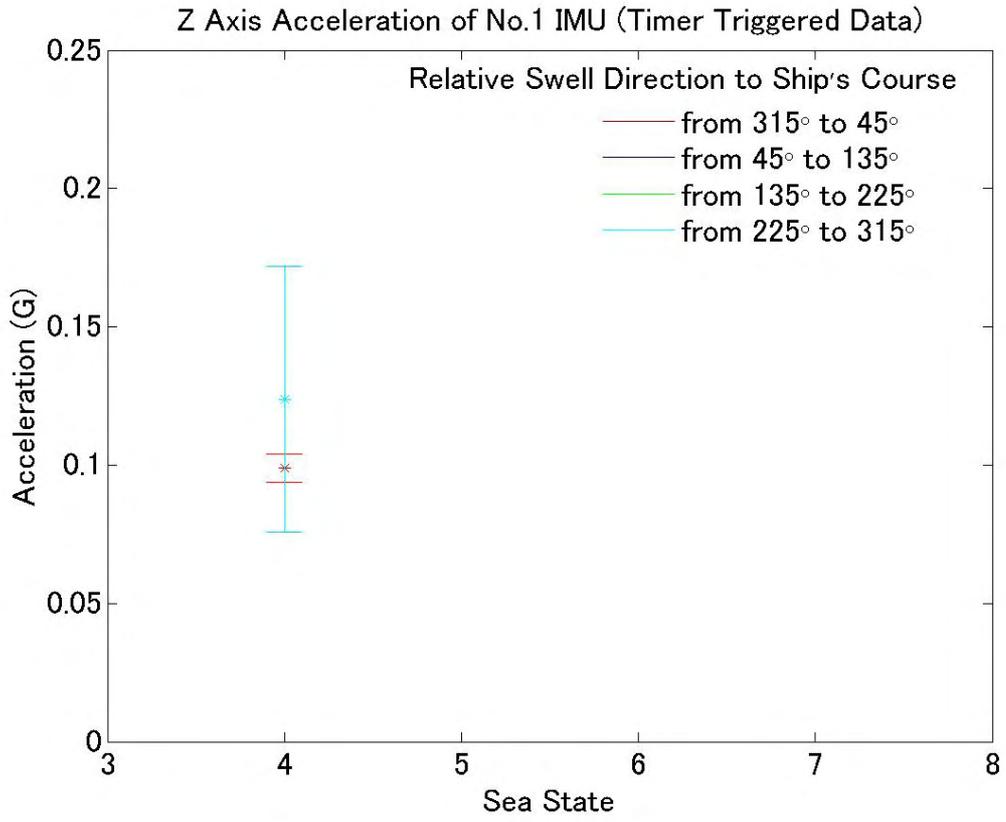
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

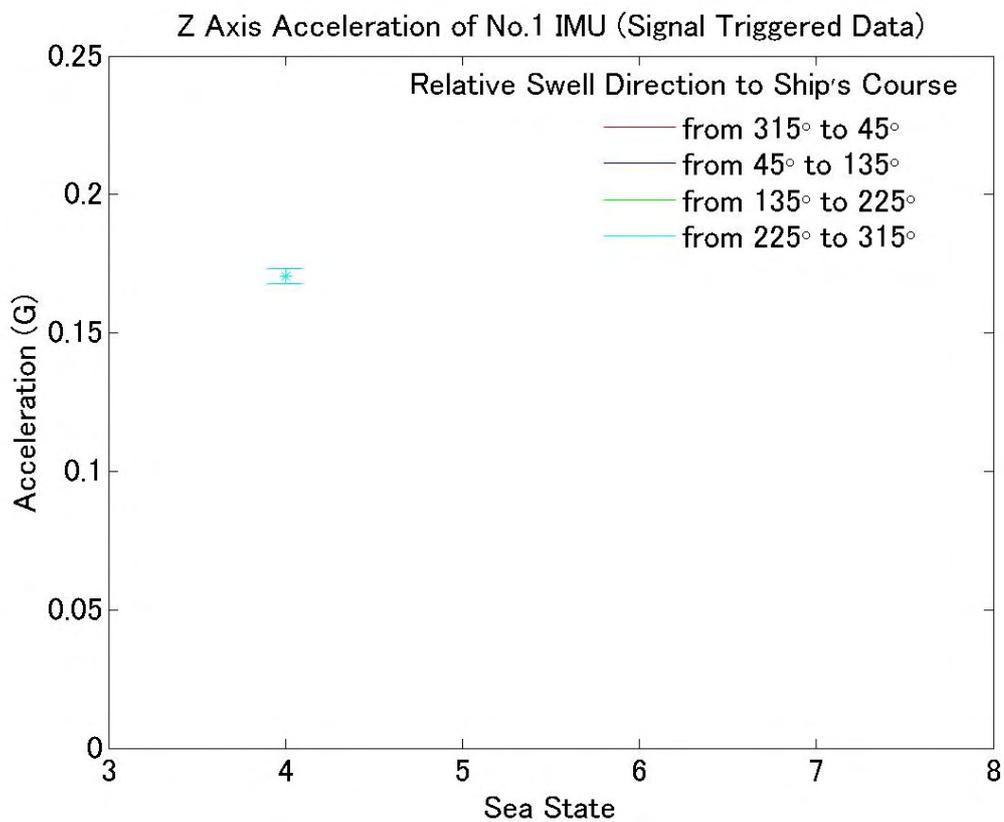
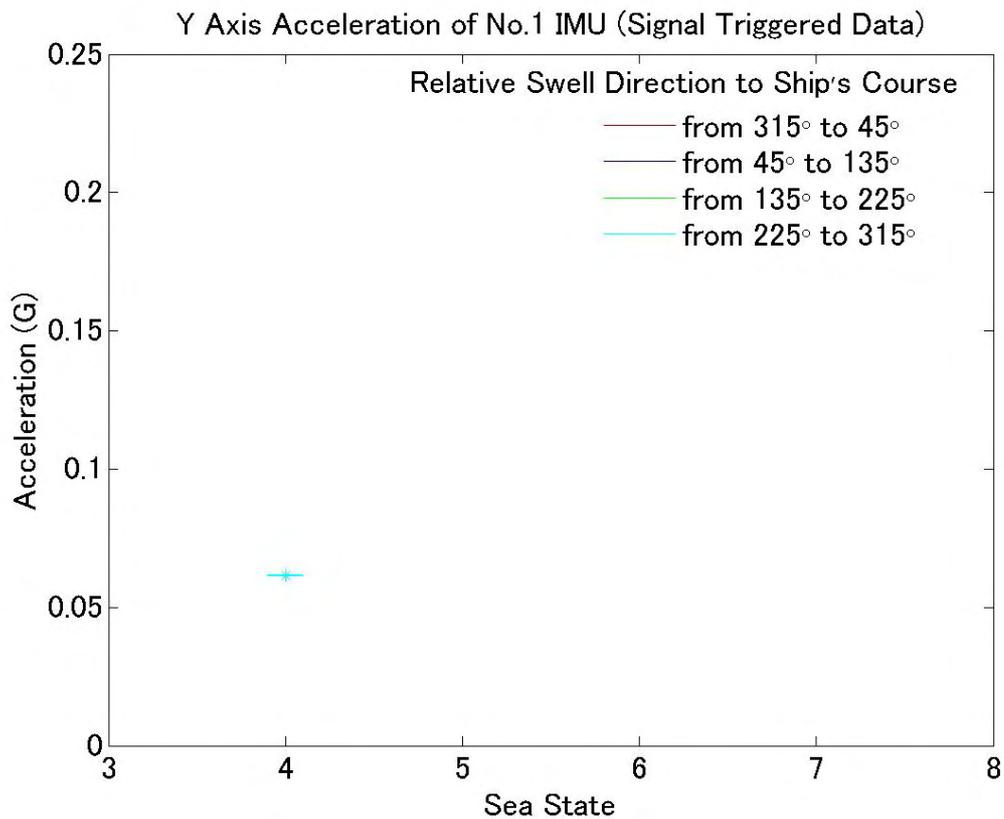


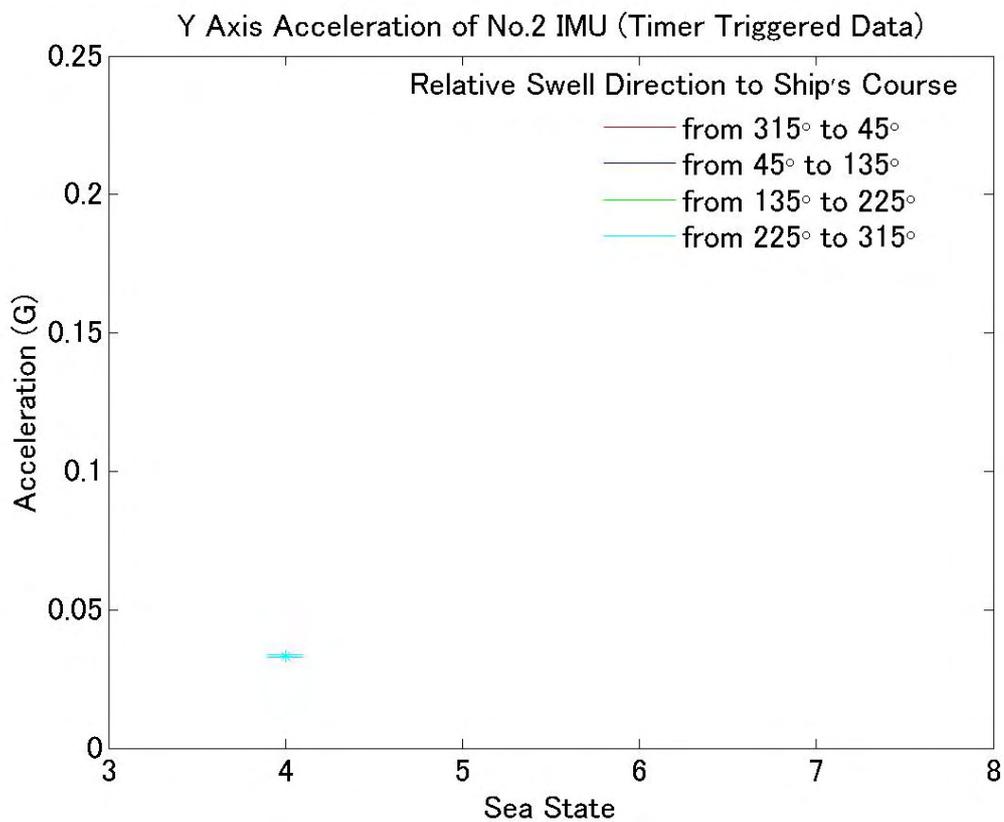
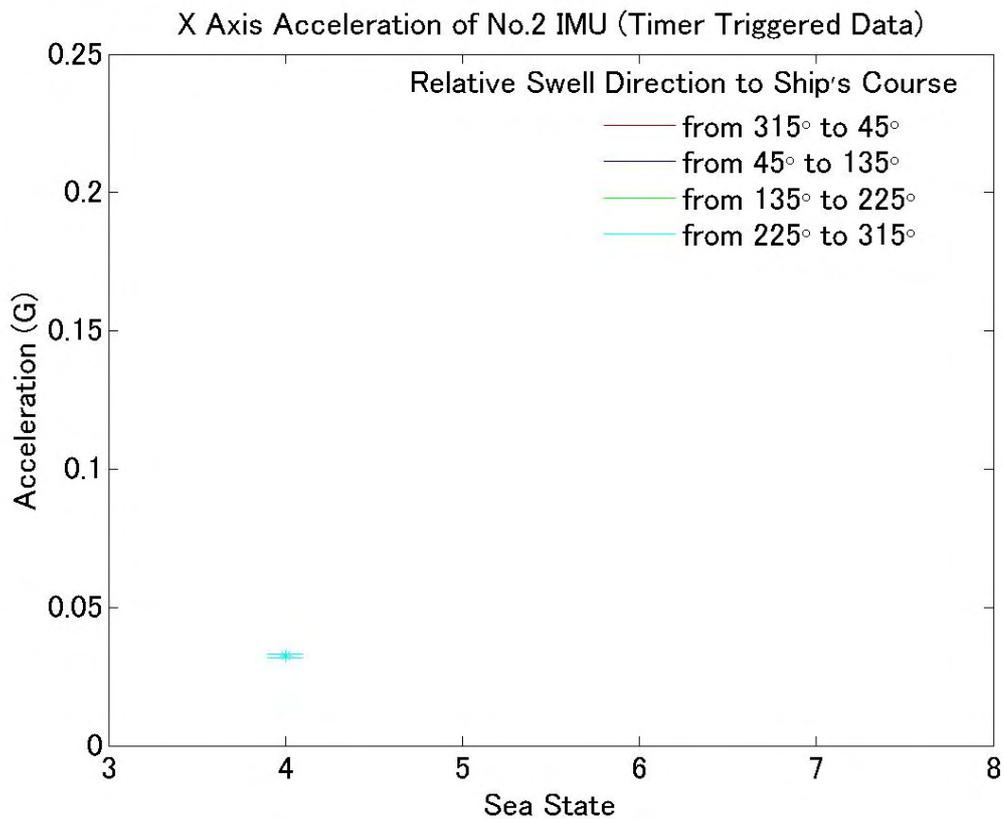
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

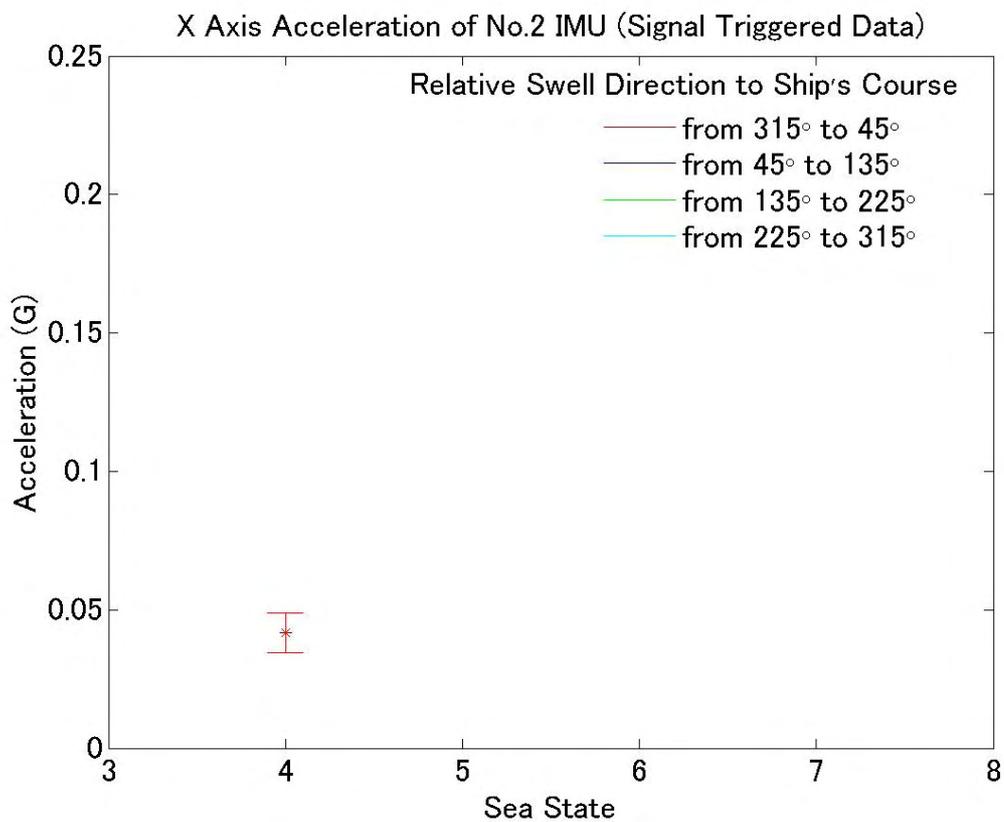
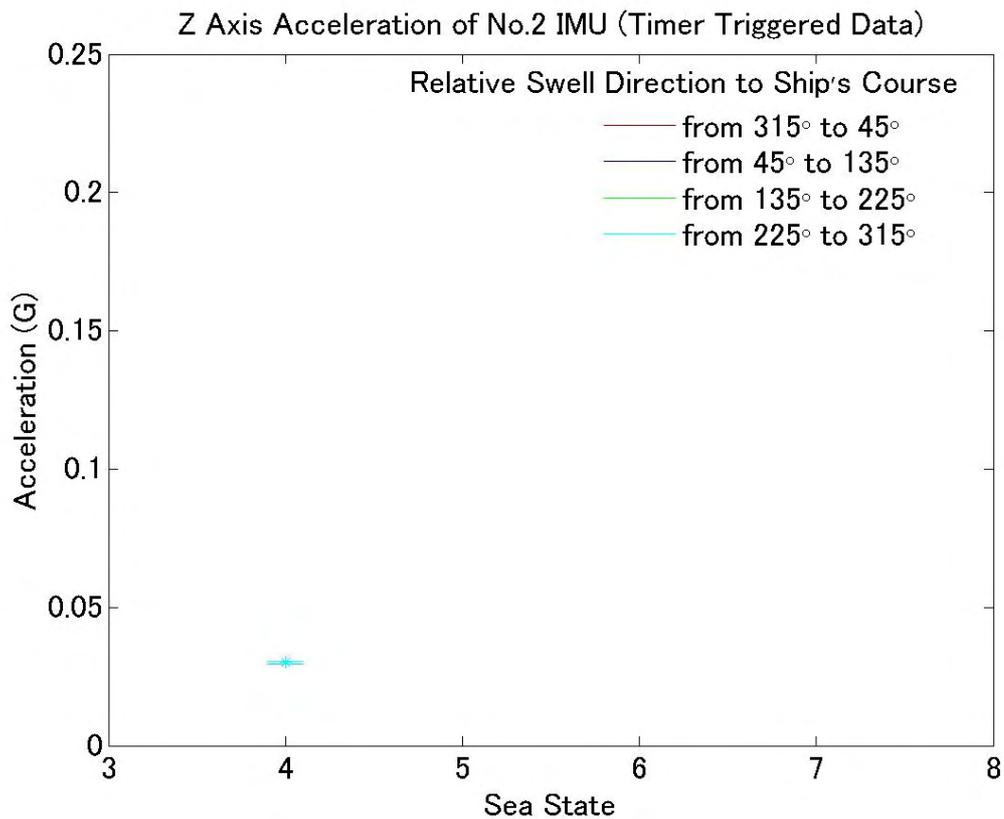


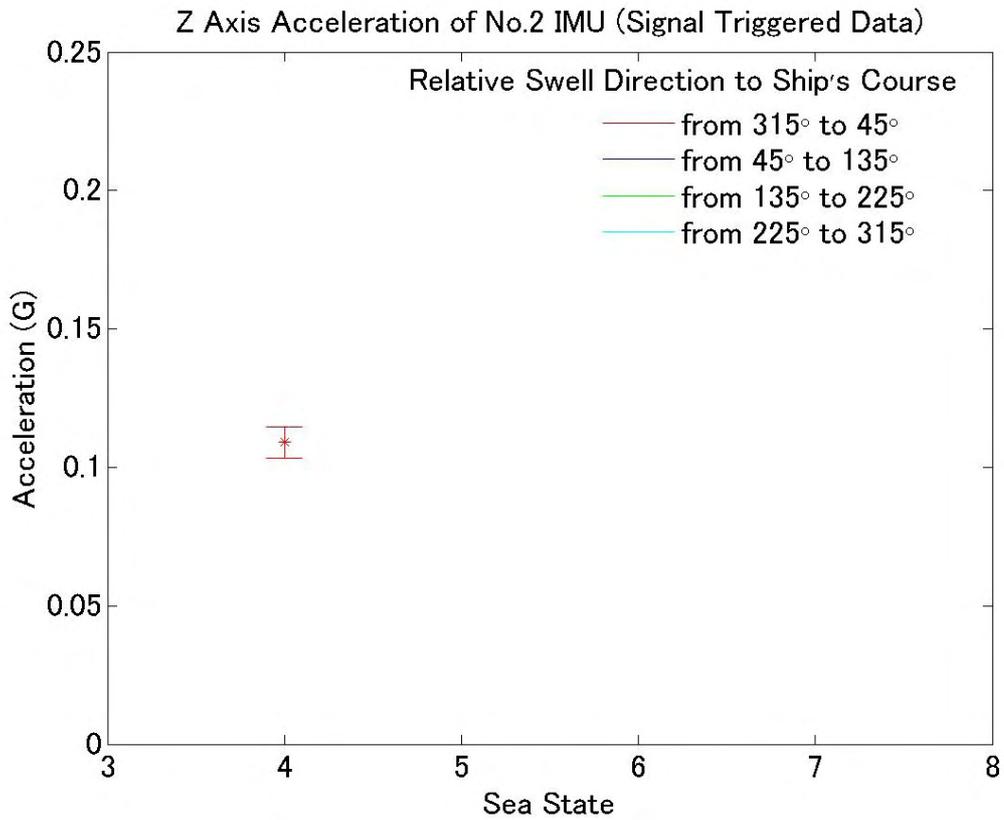
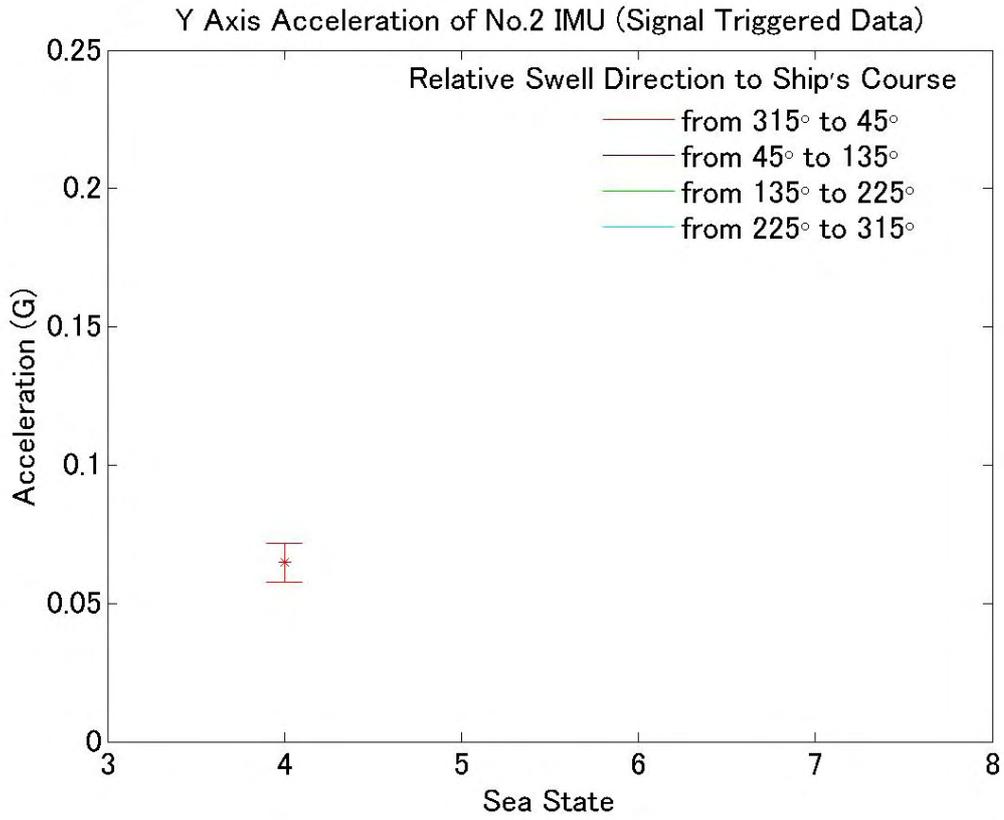


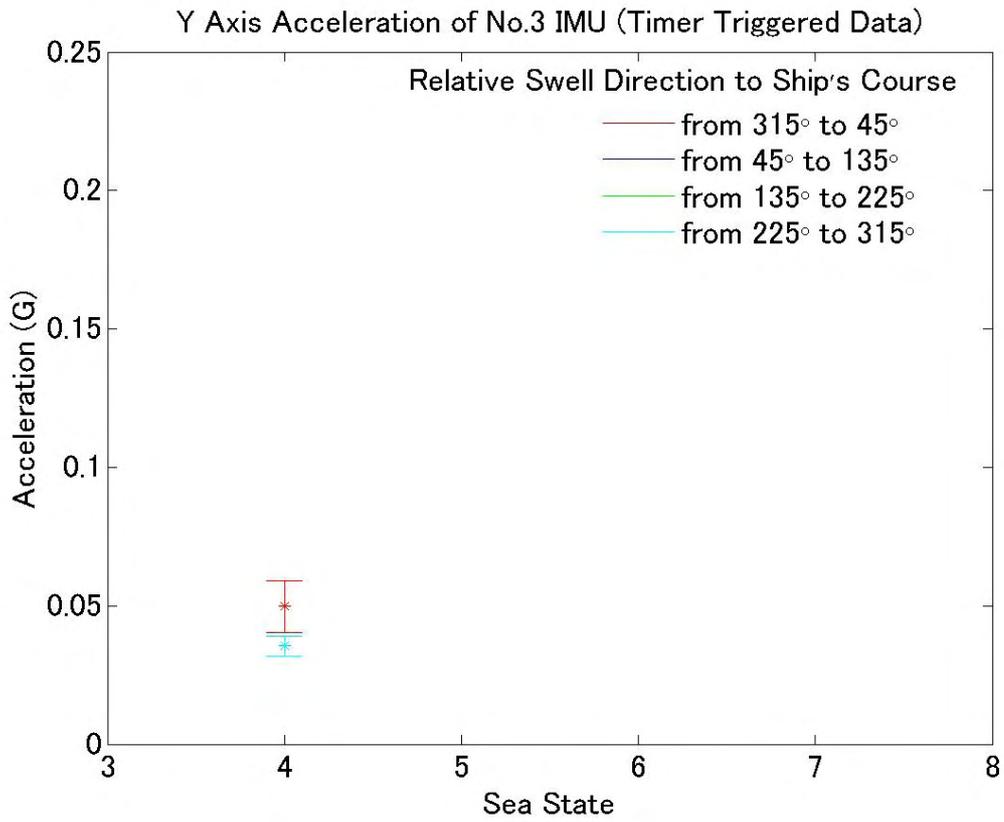
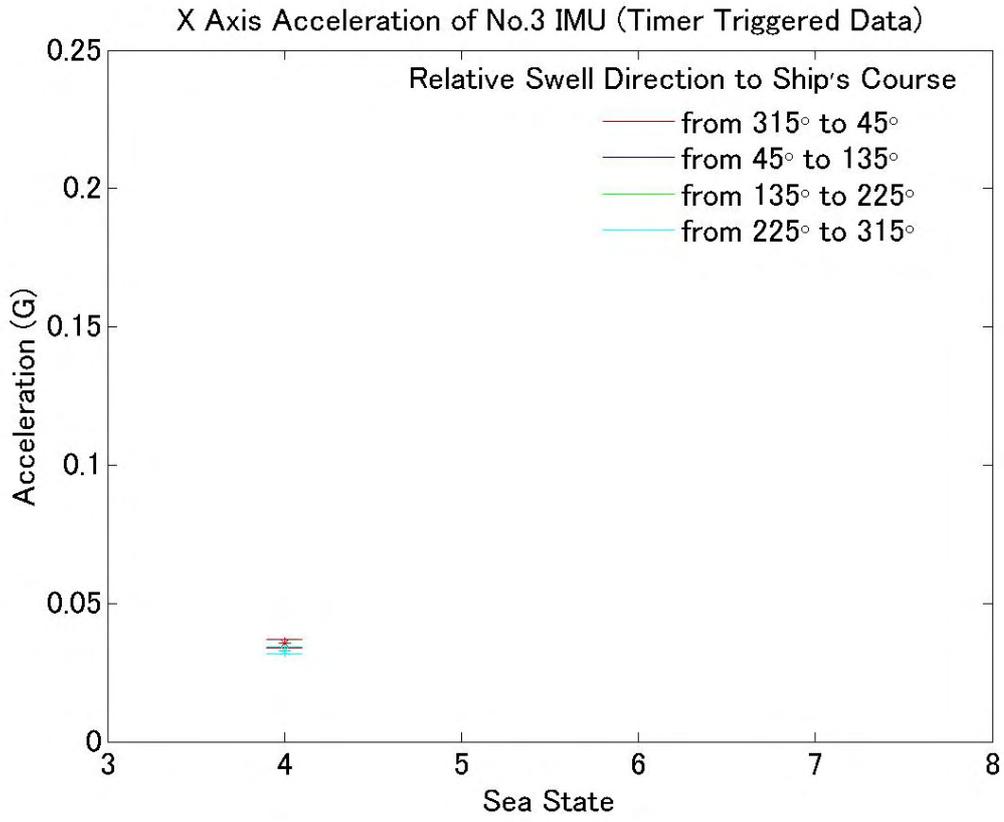


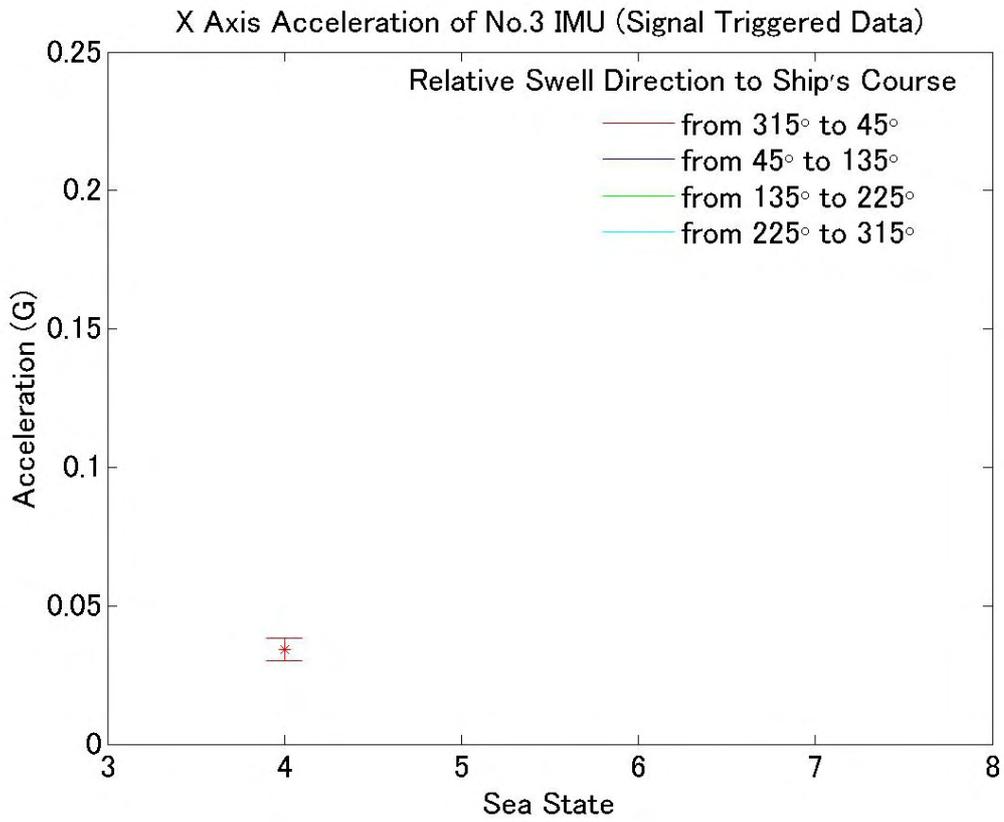
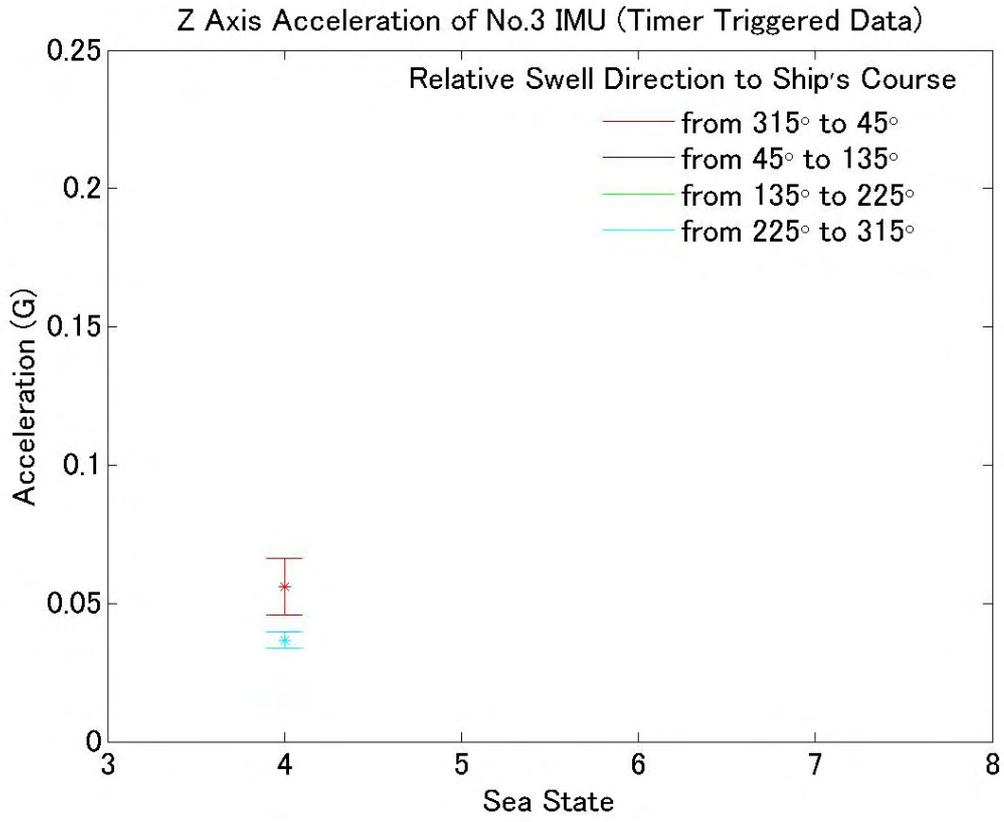


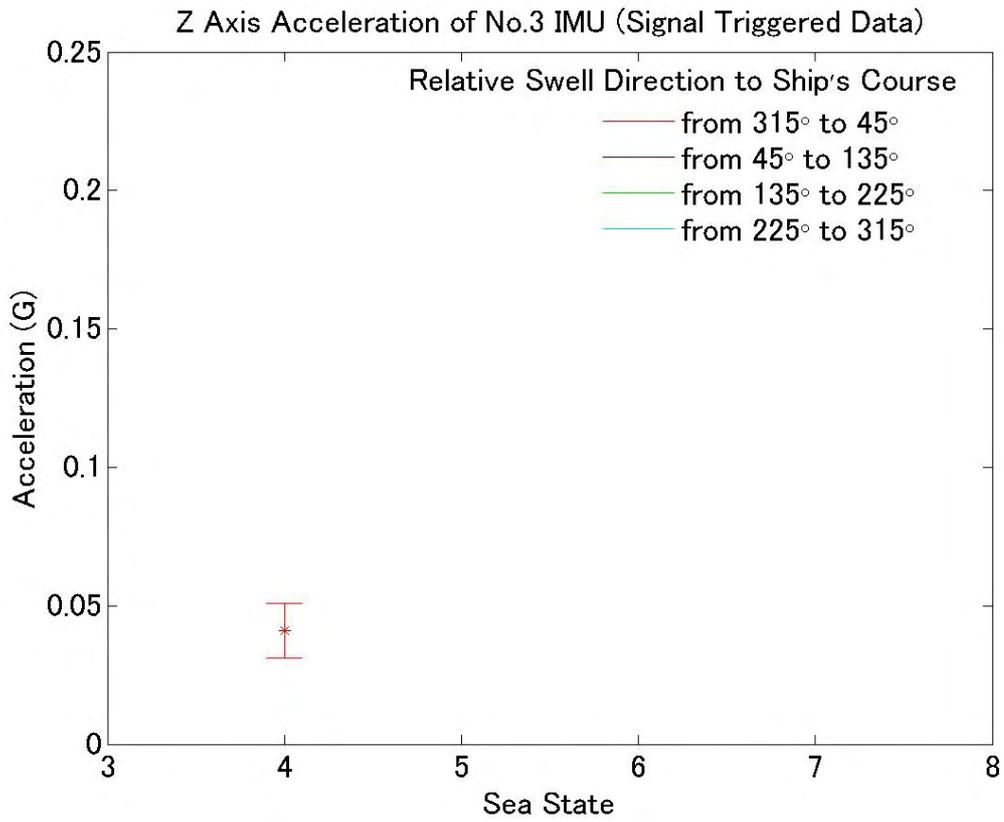
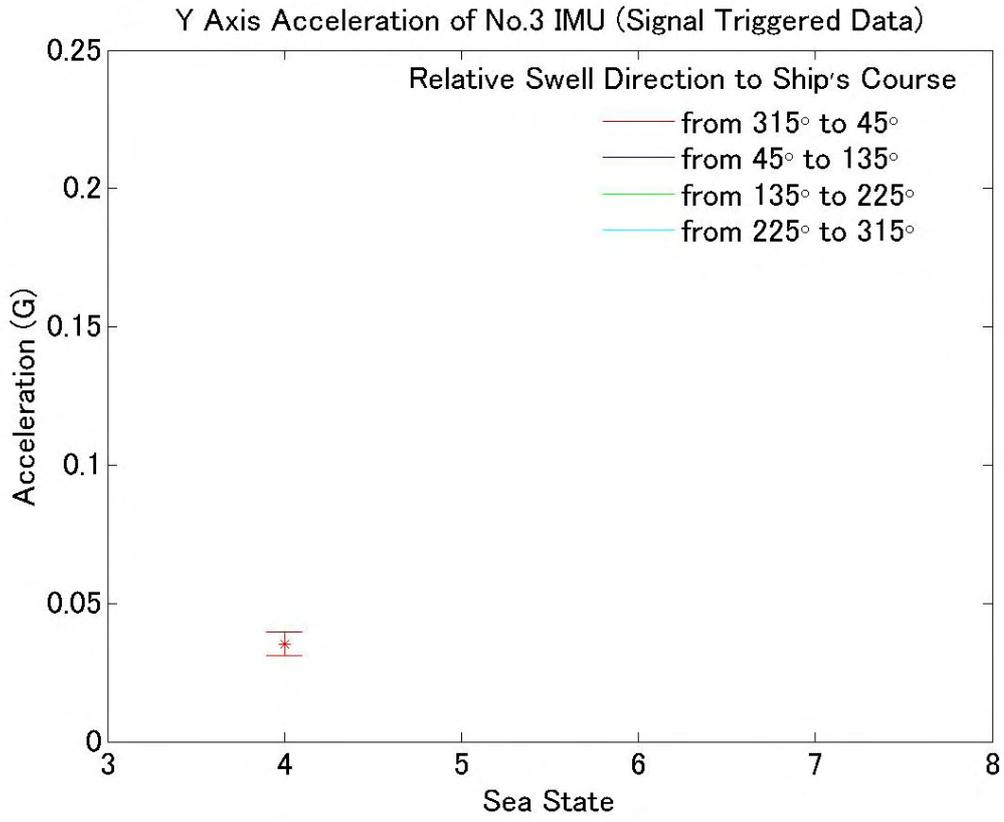


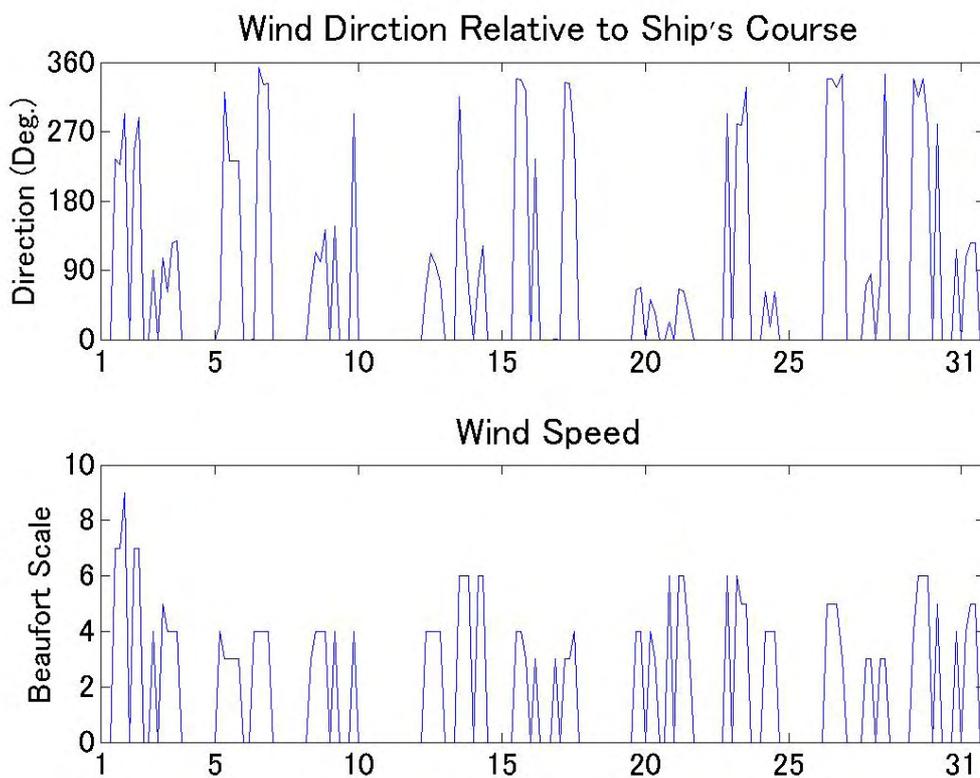
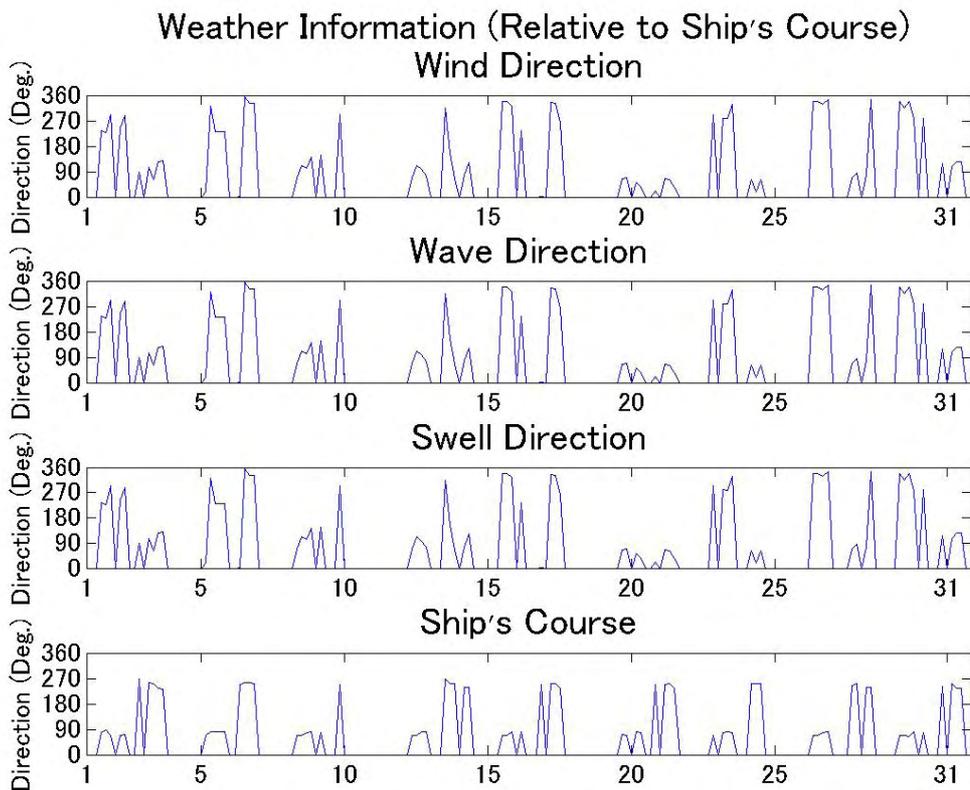


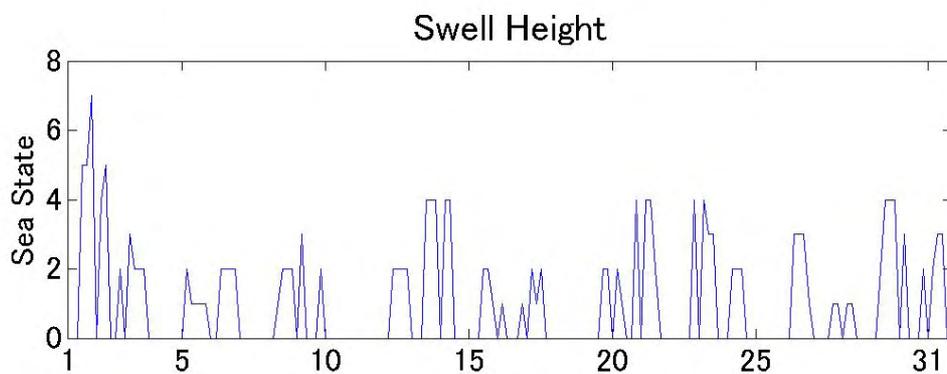
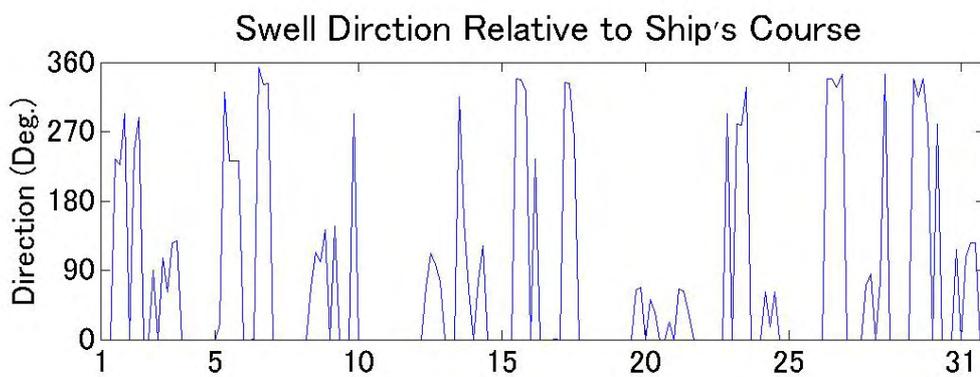
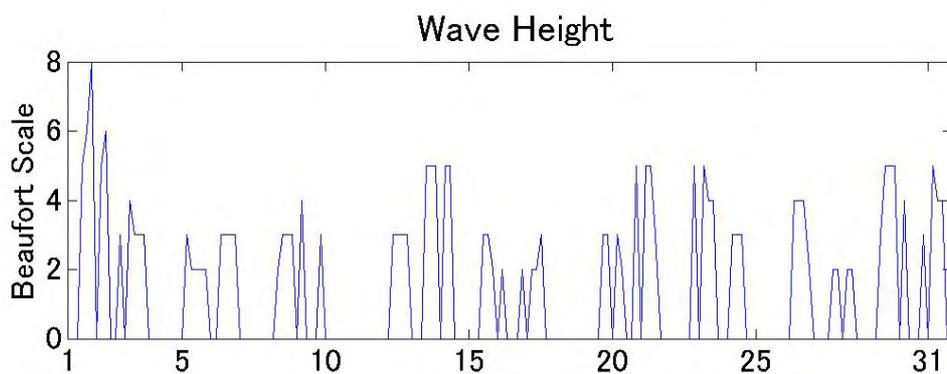
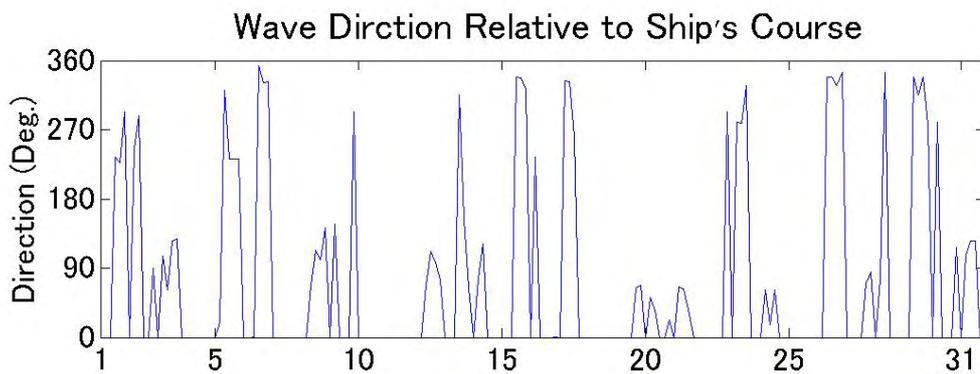


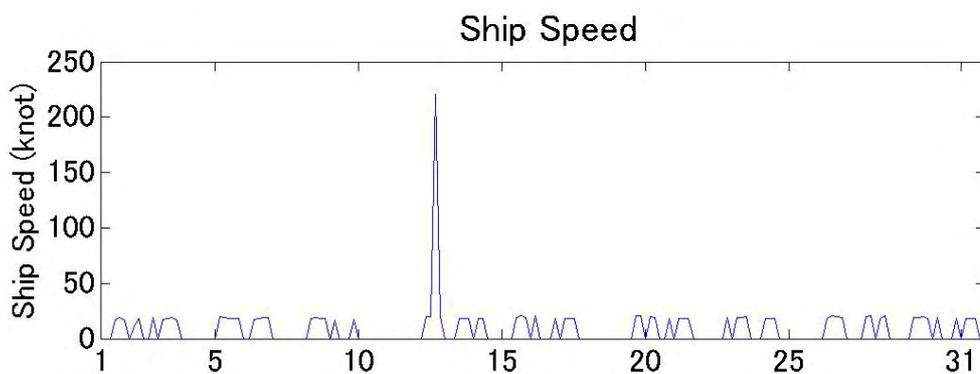
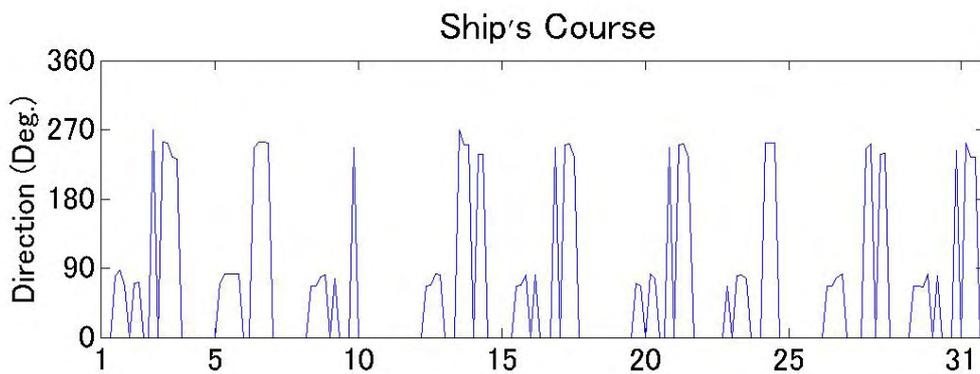




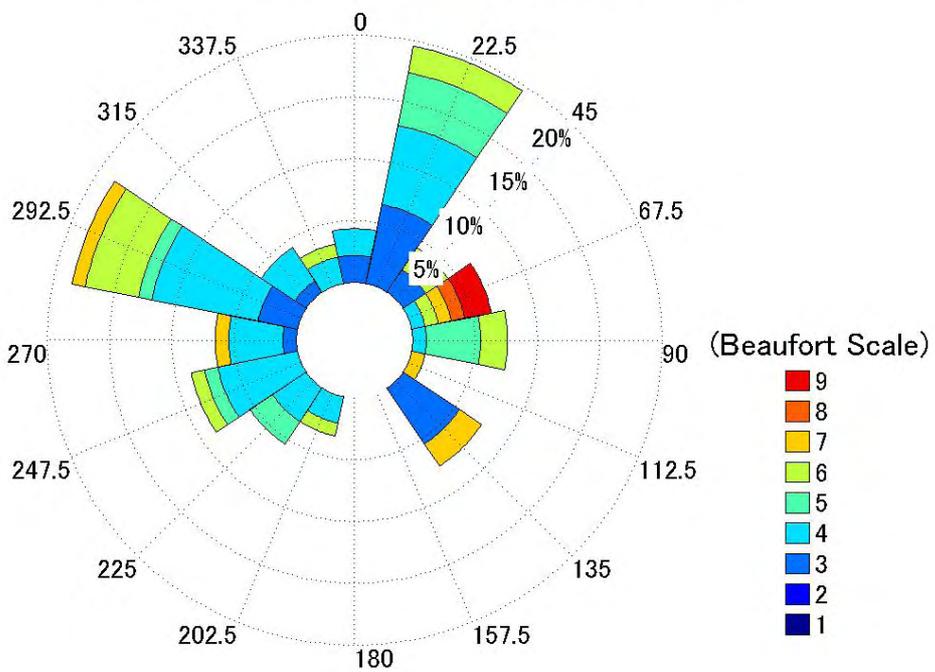




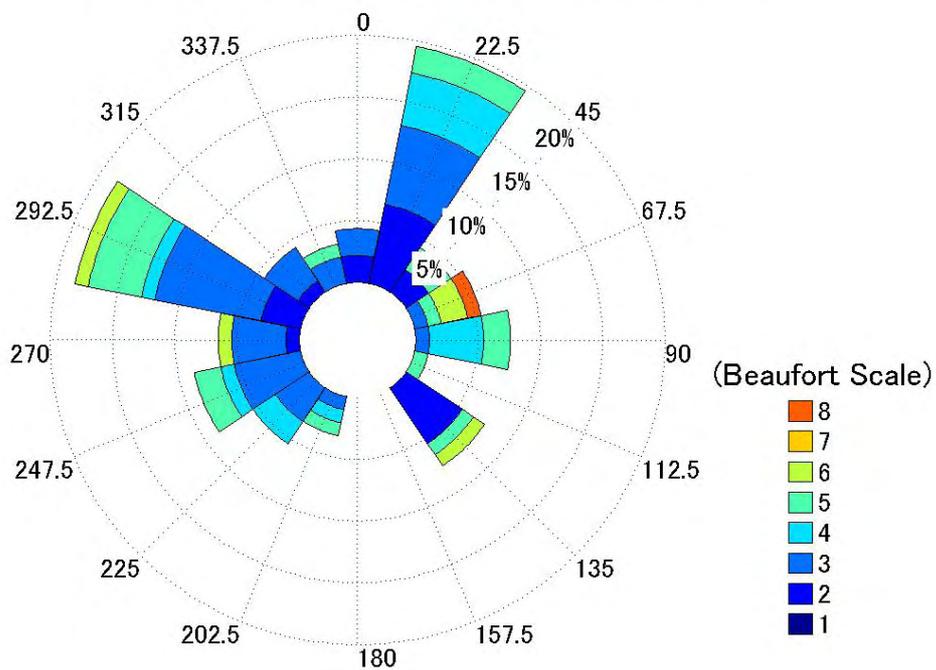




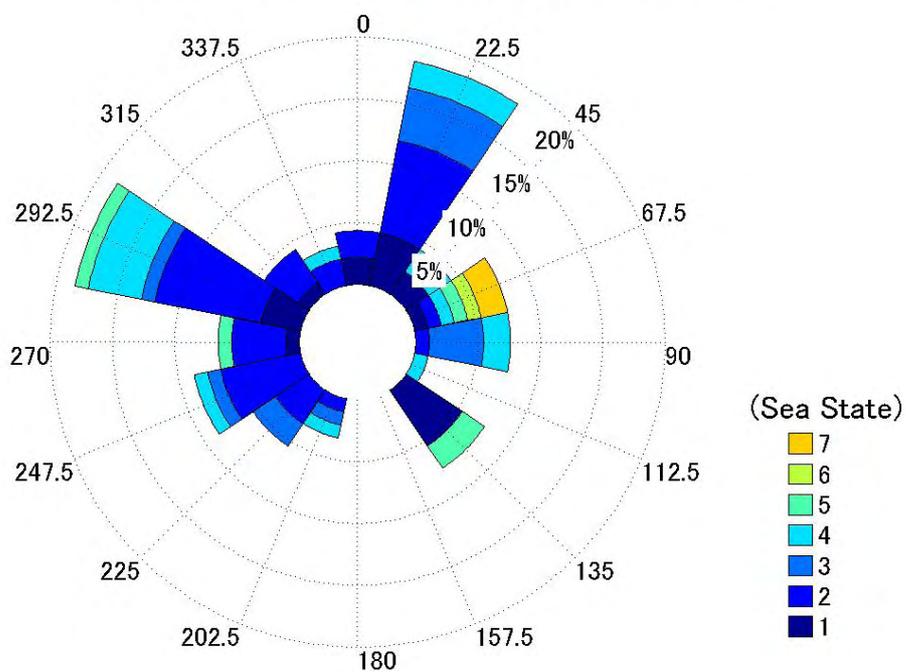
Wind Information Relative to Ship's Course



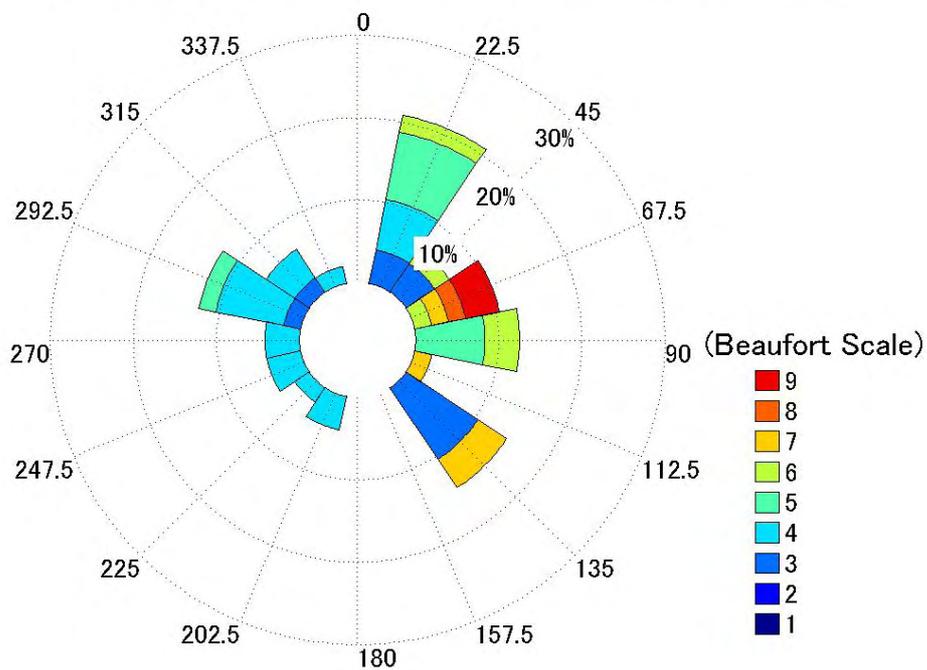
### Wave Information Relative to Ship's Course



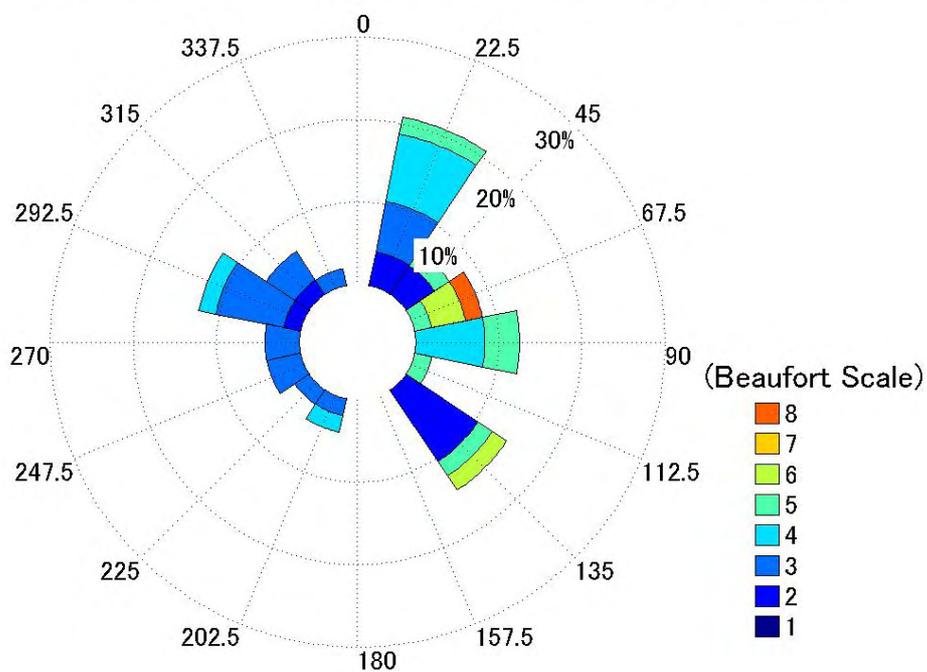
### Swell Information Relative to Ship's Course



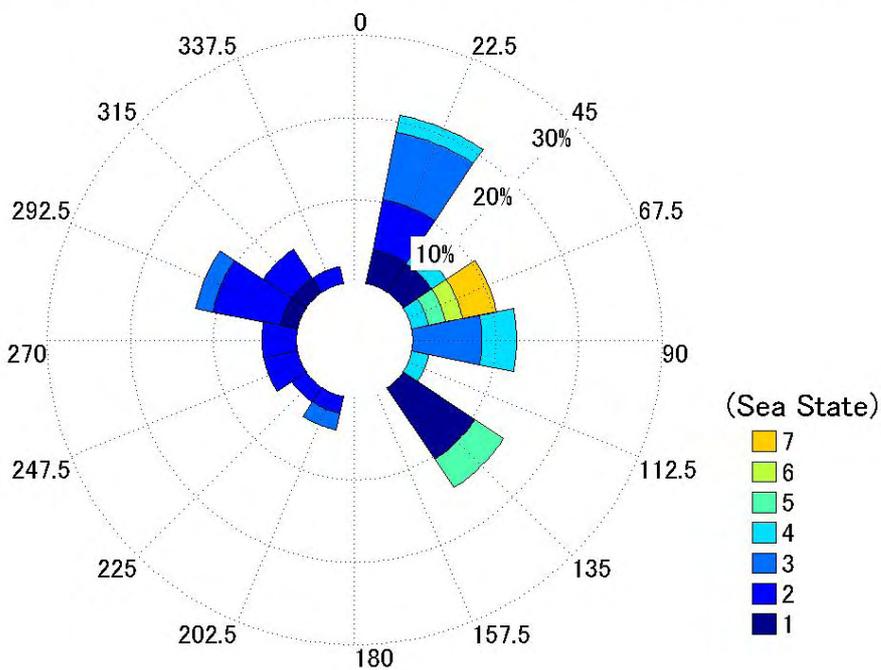
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



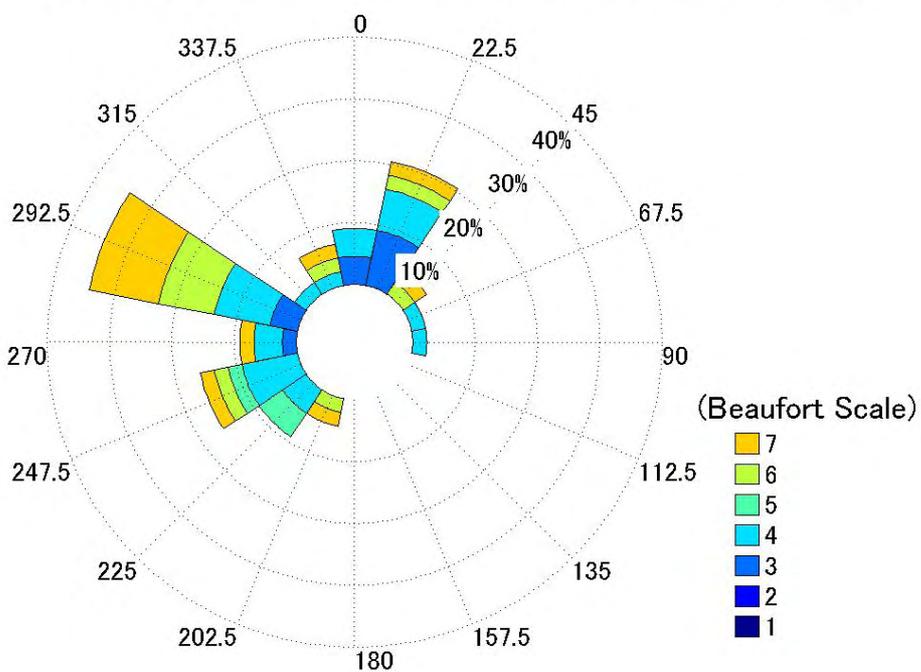
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



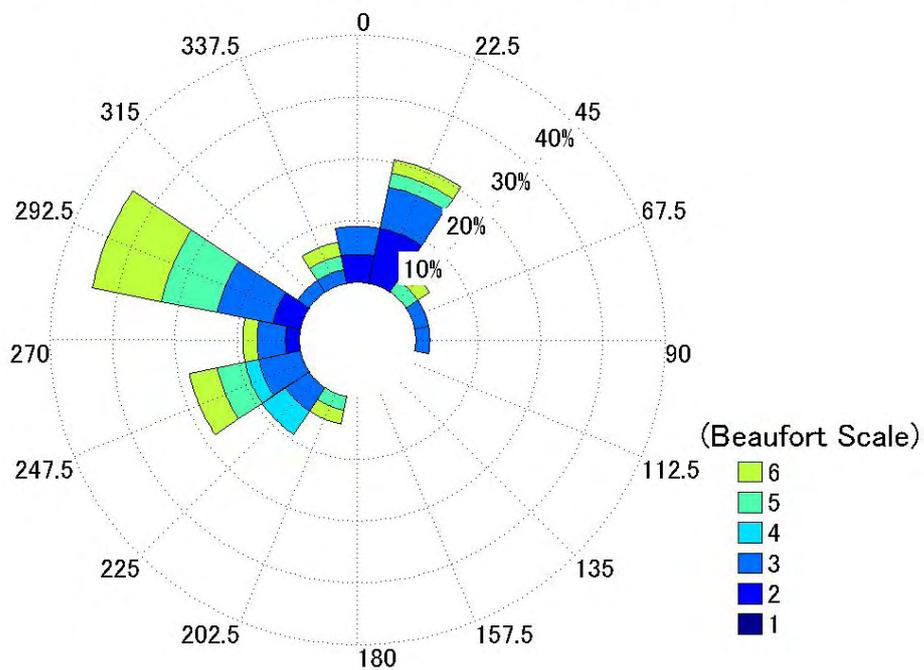
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



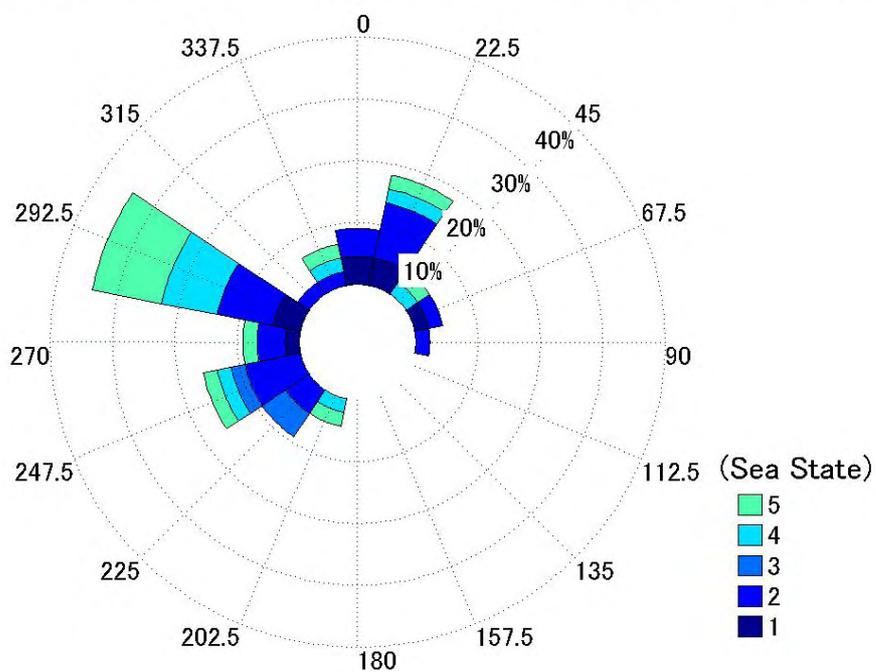
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

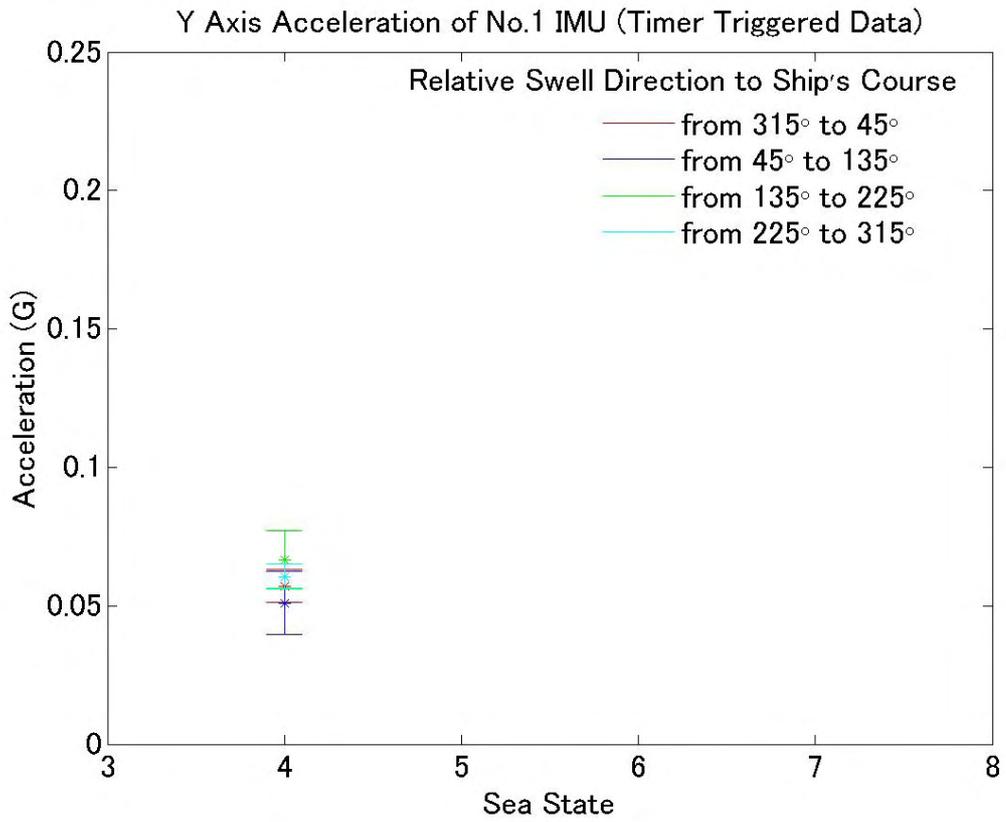
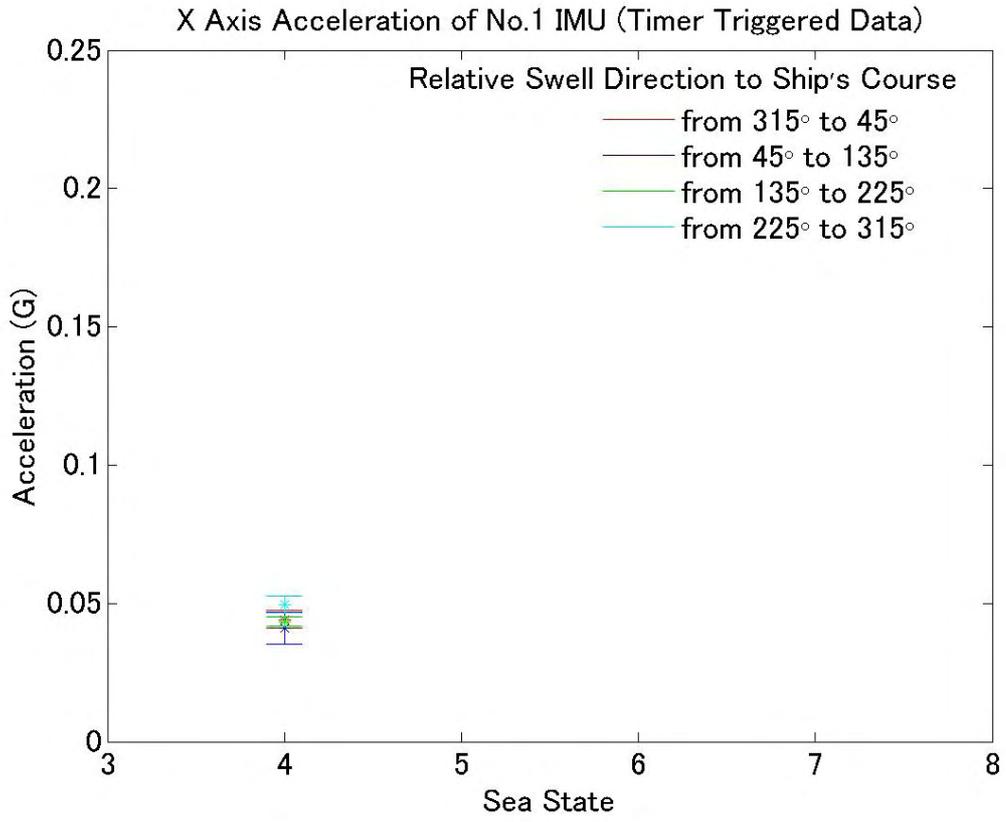


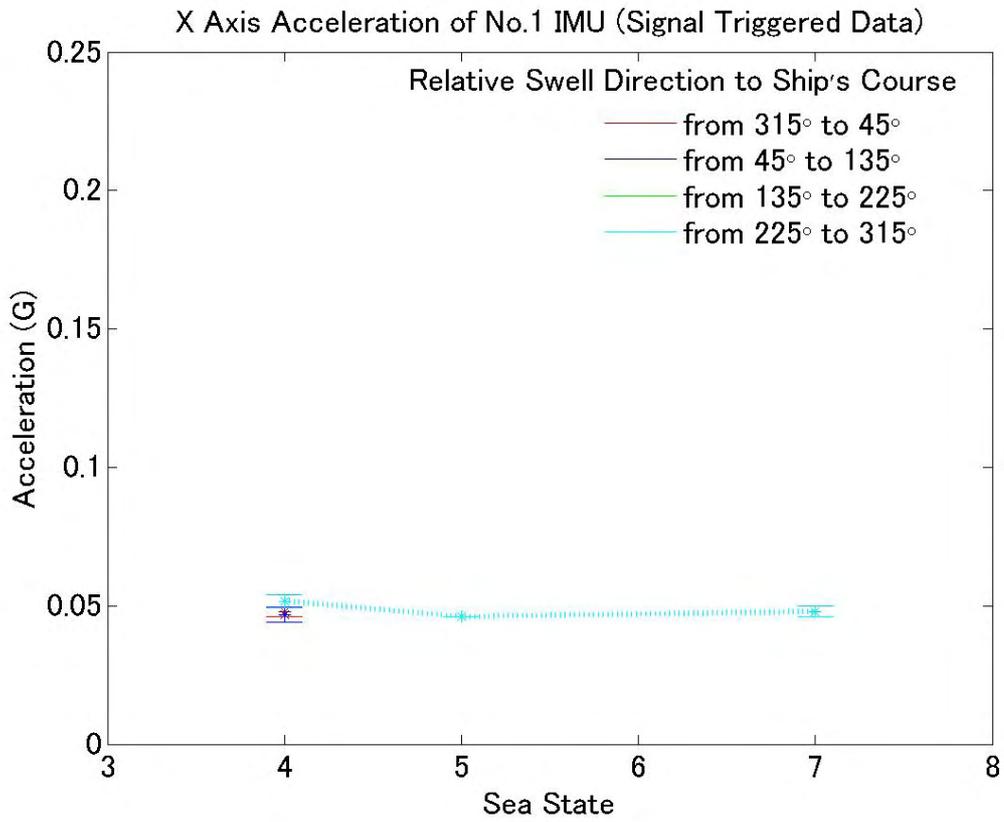
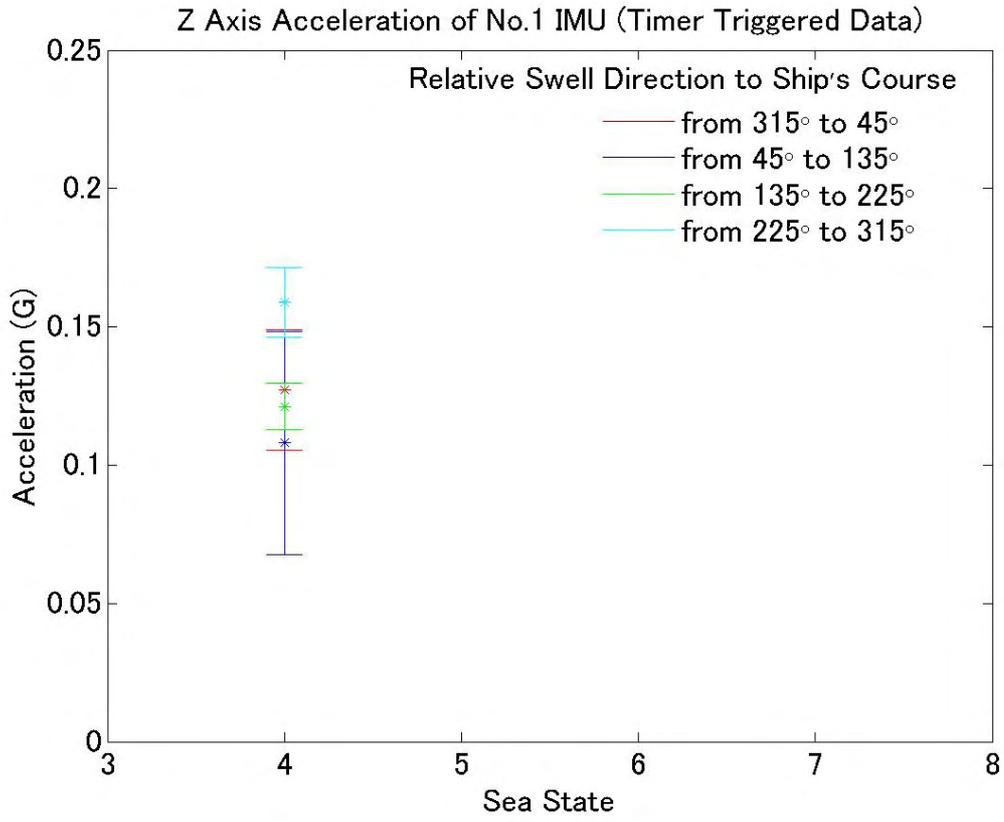
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

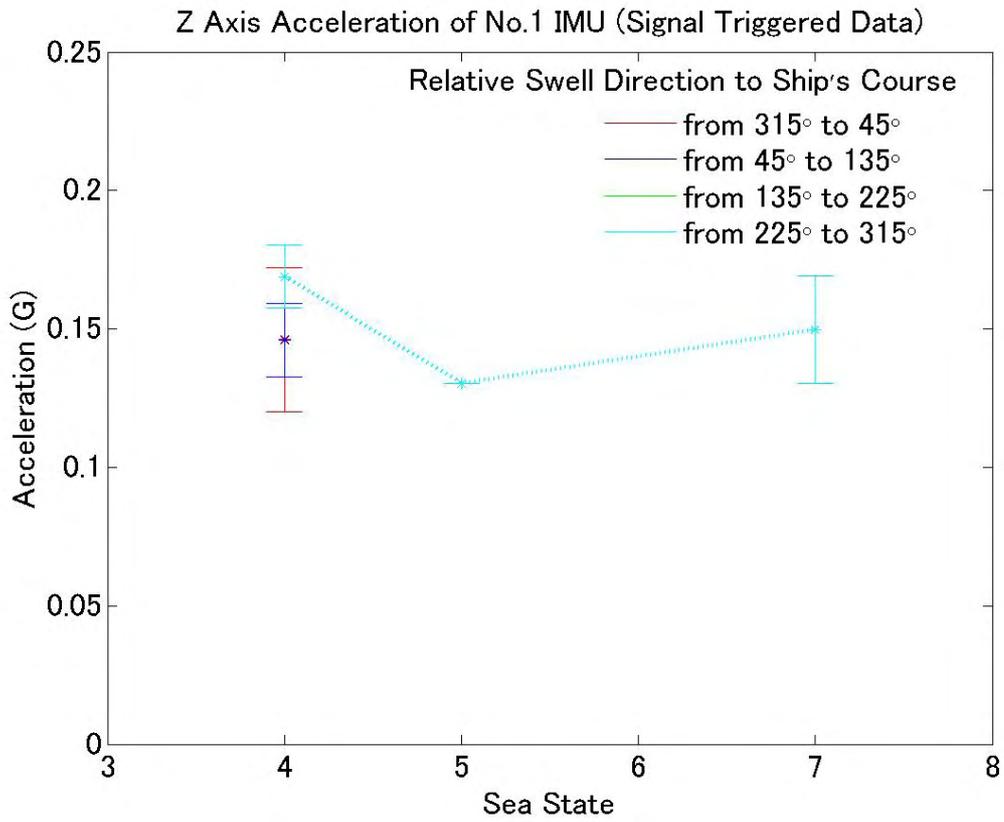
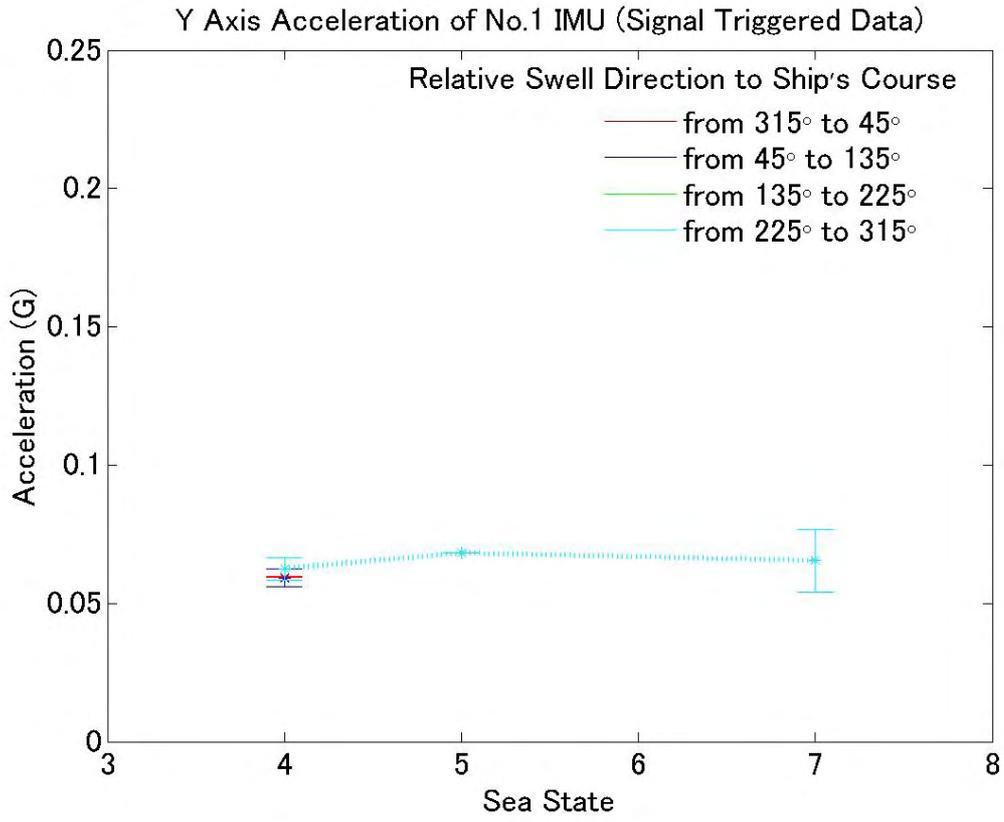


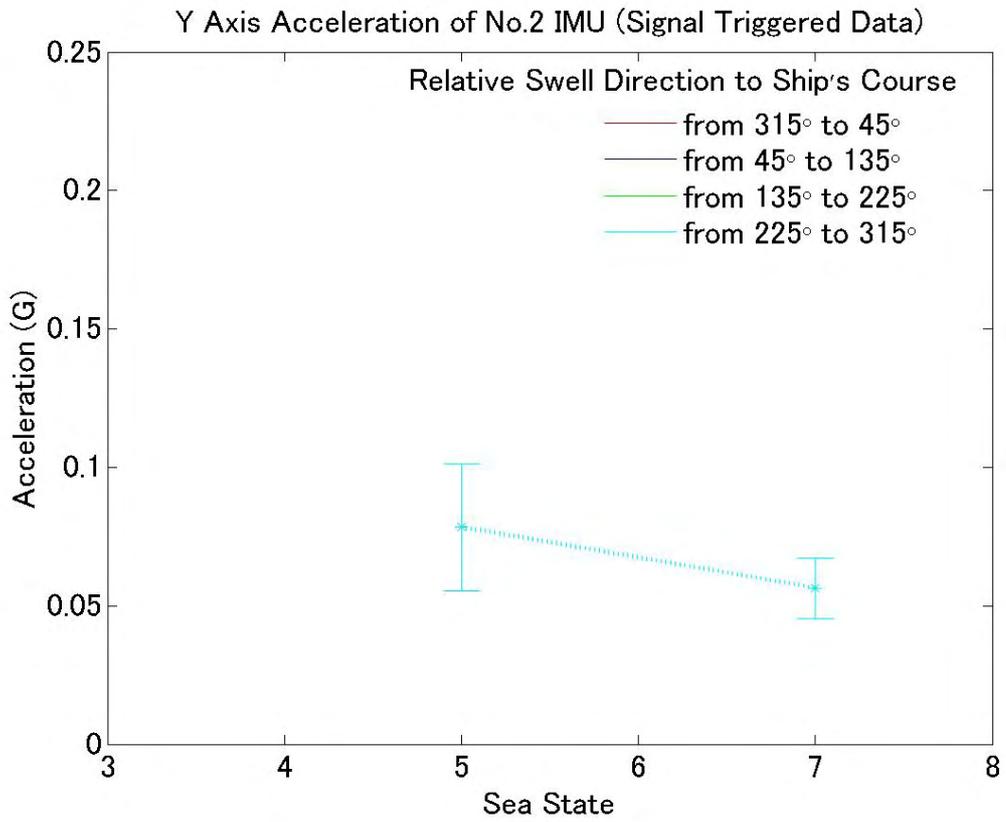
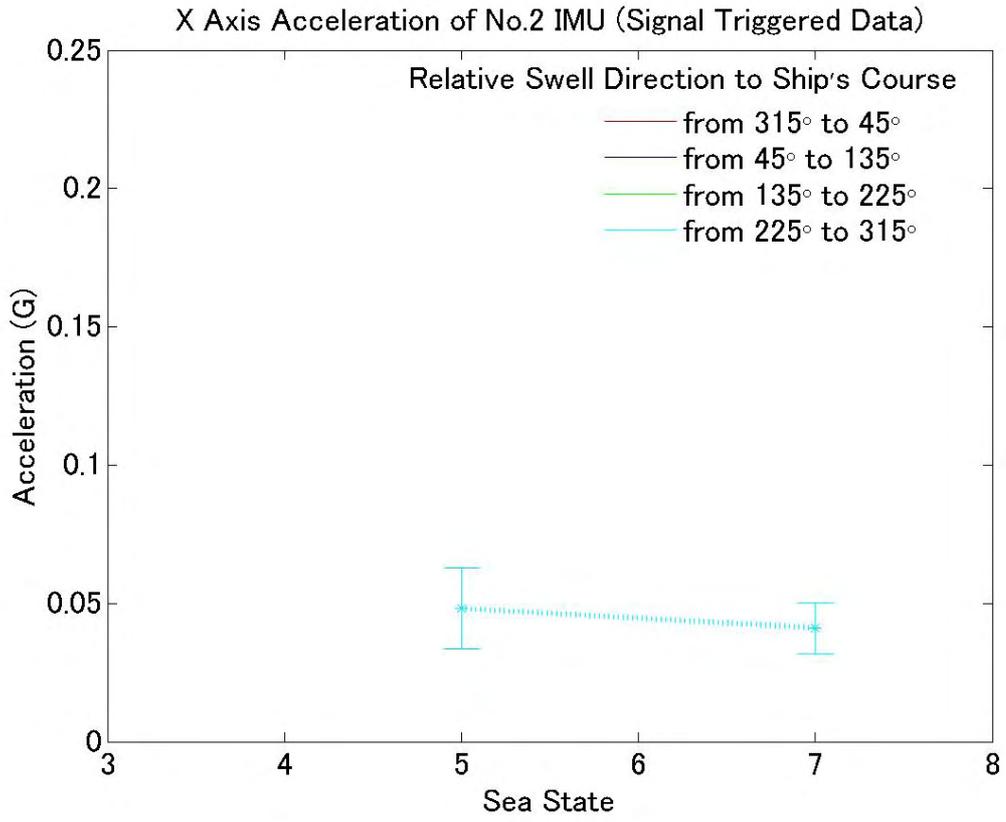
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

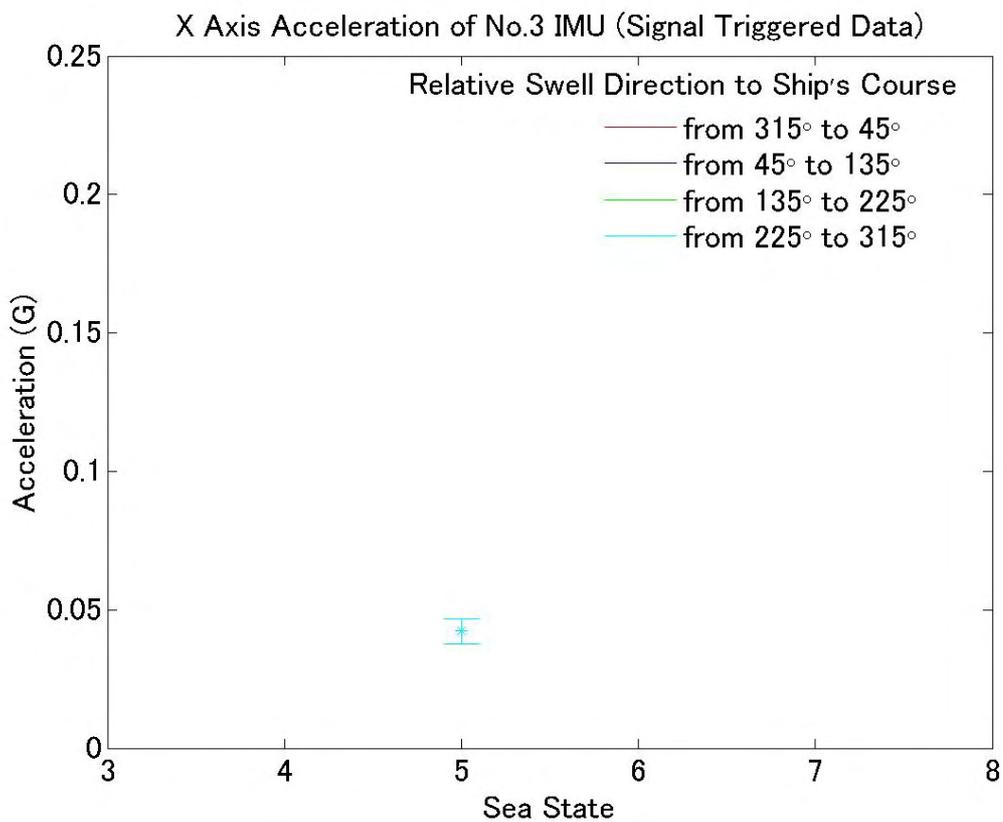
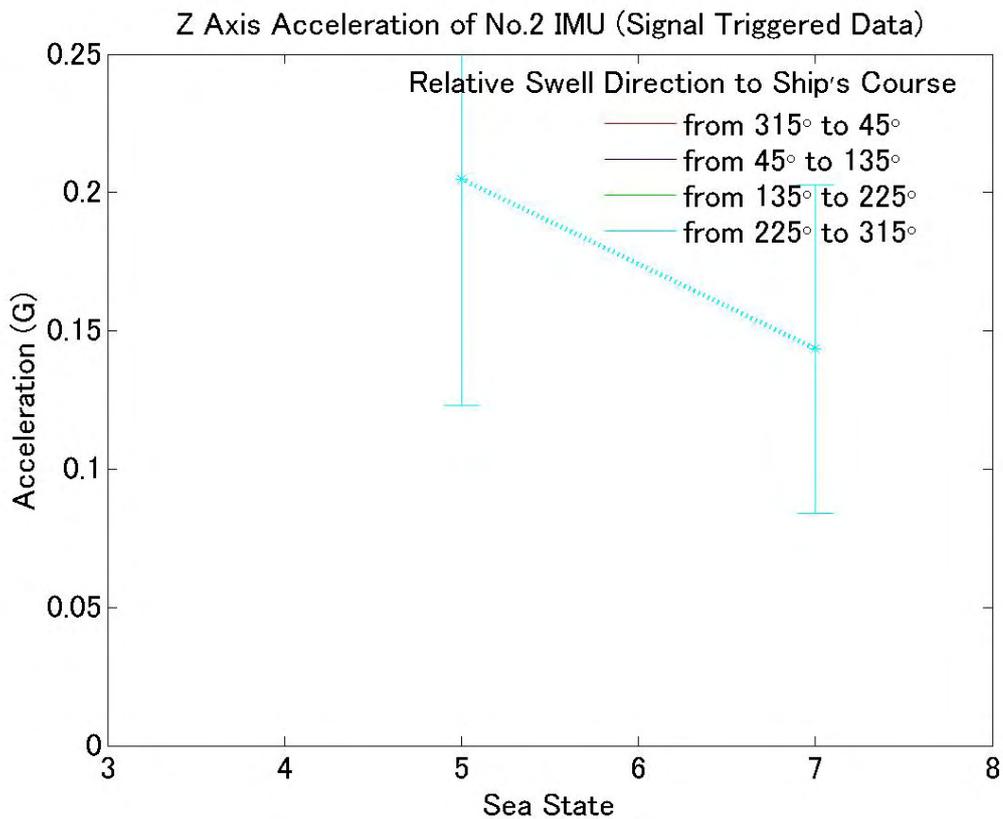


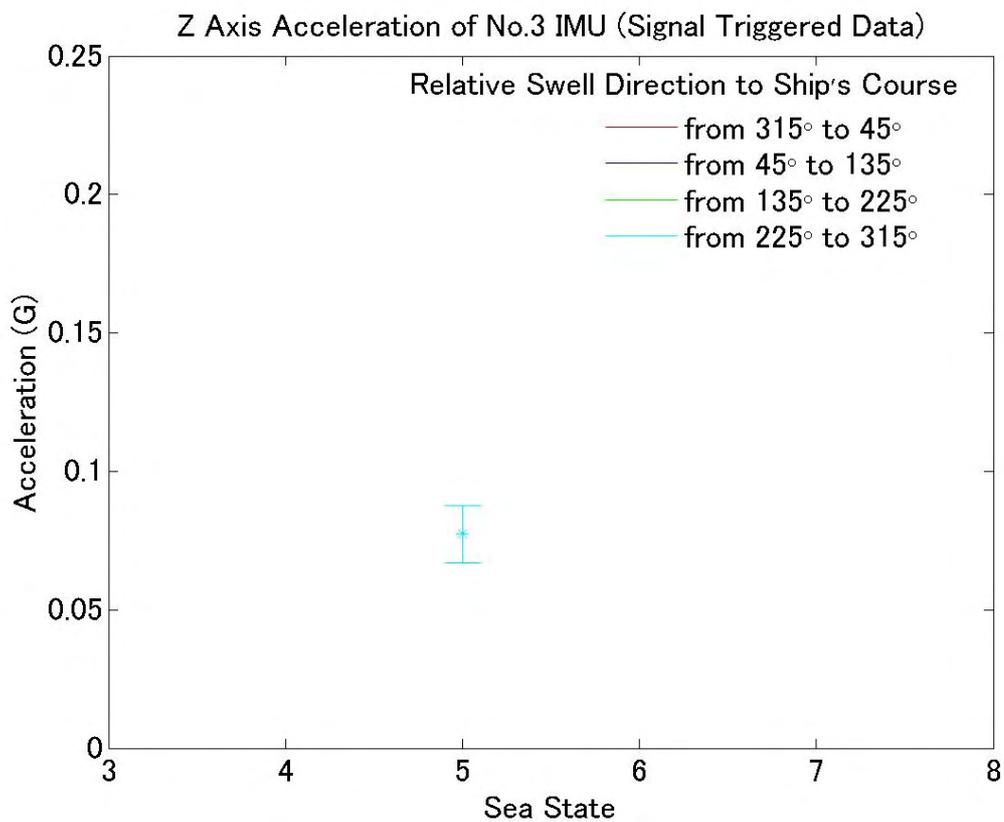
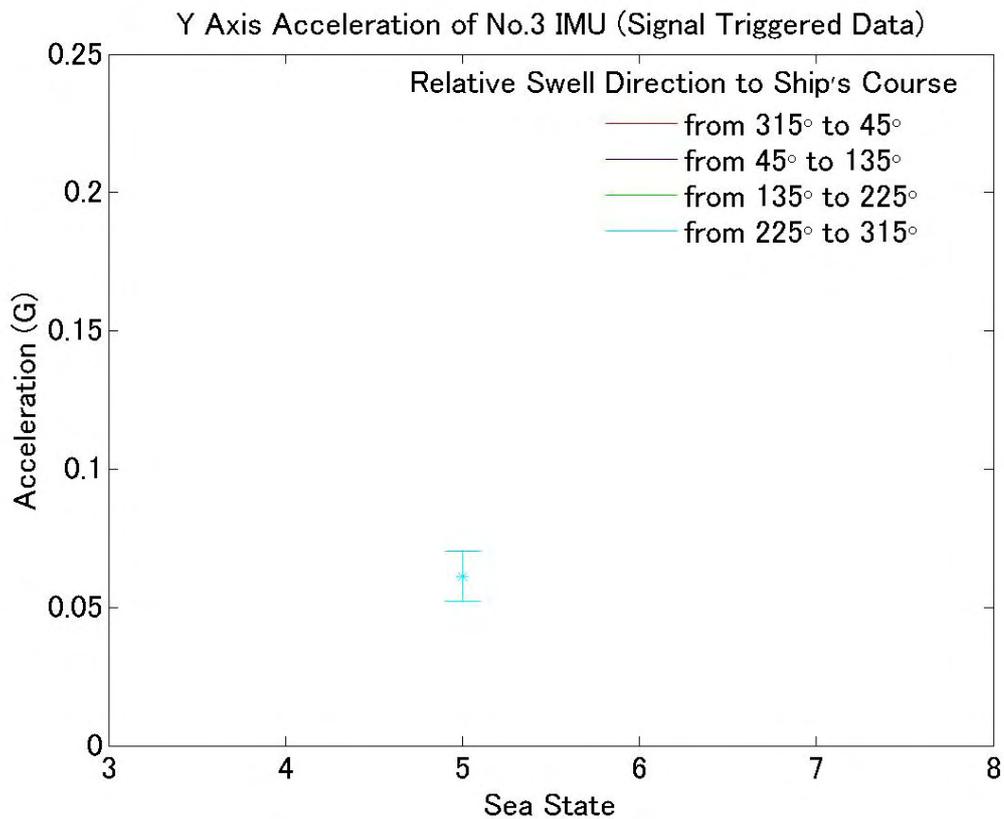


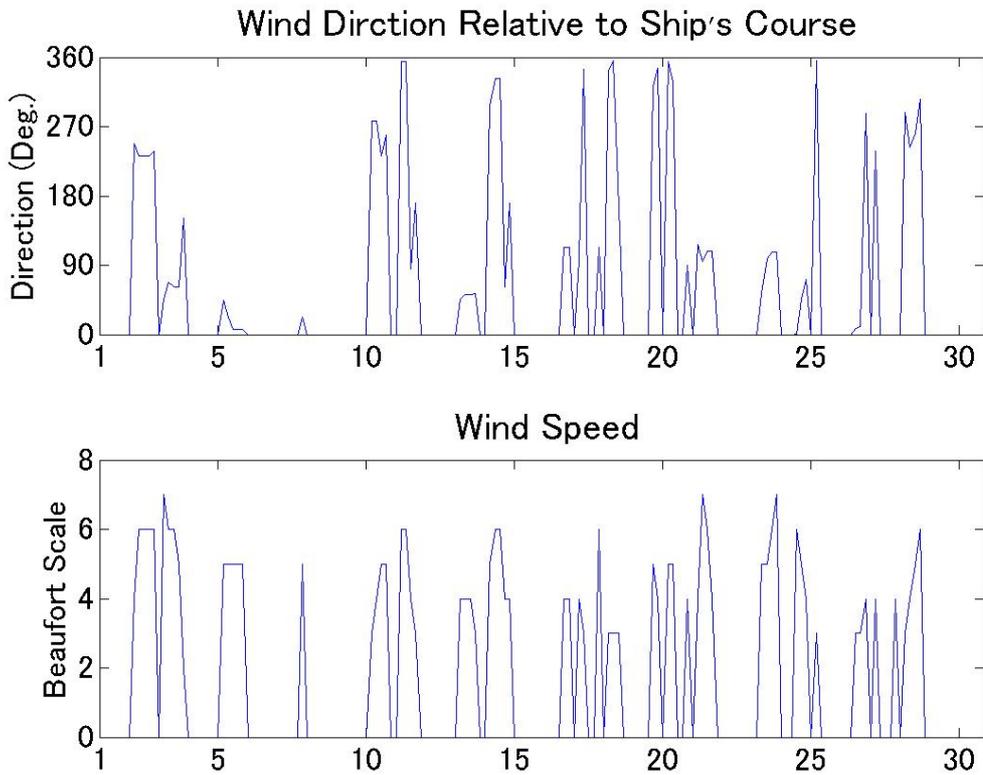
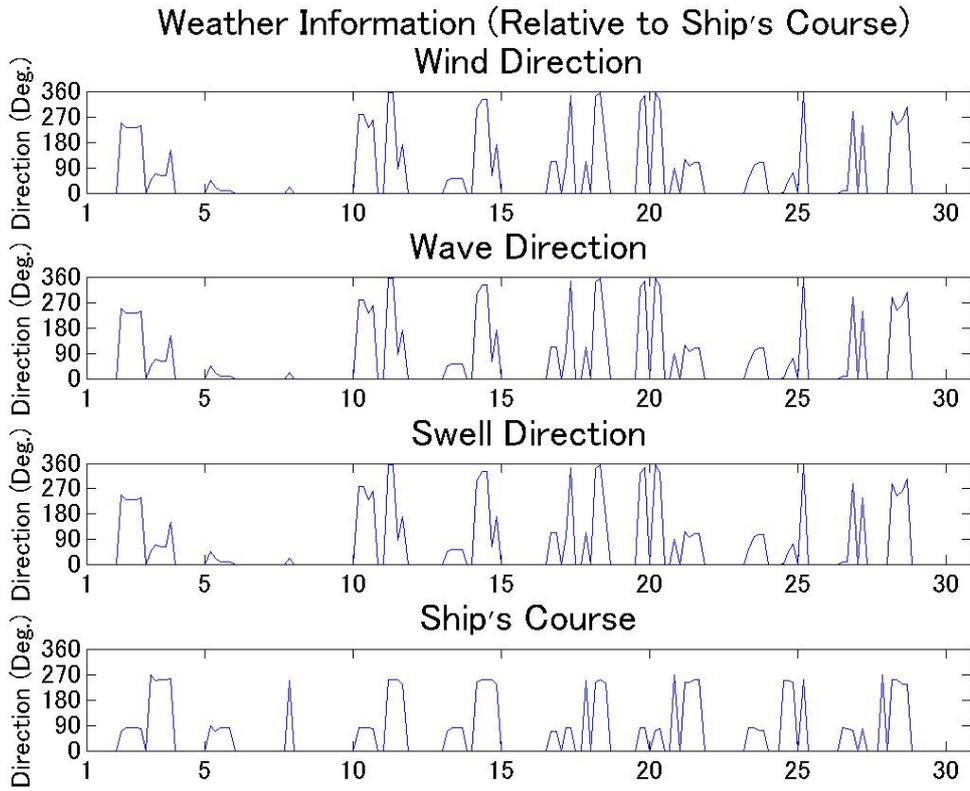


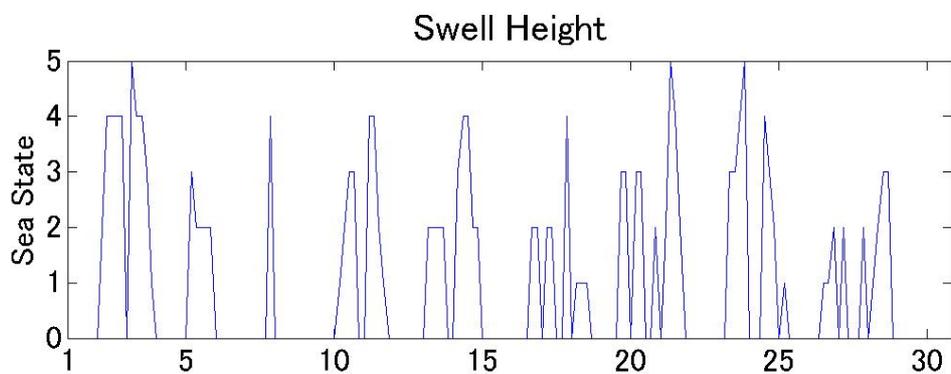
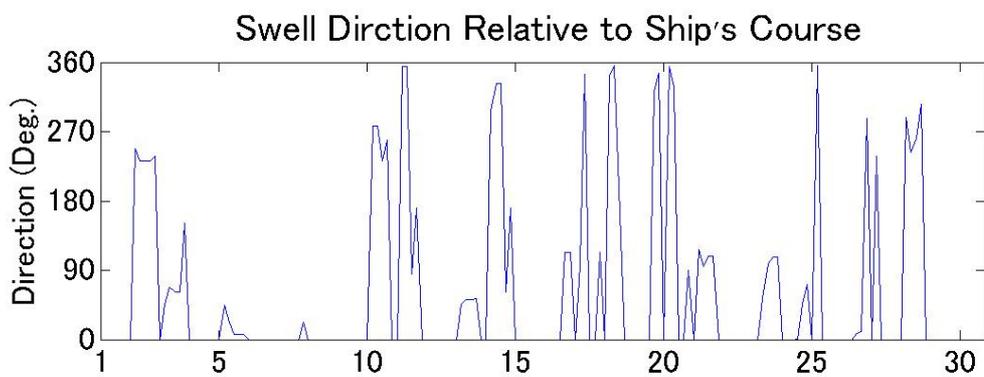
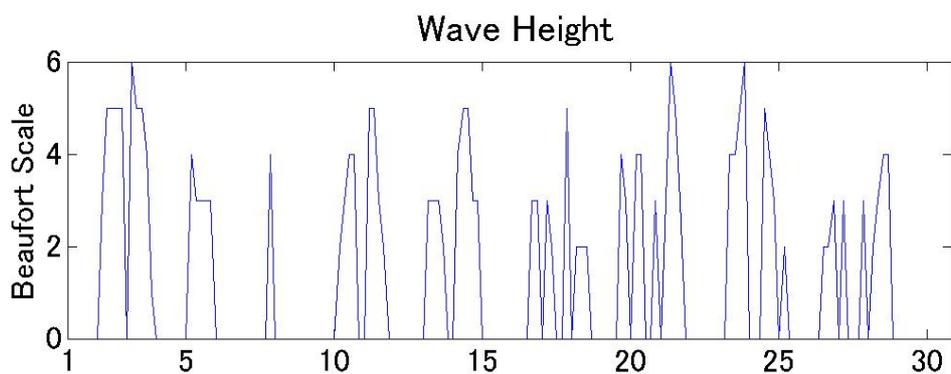
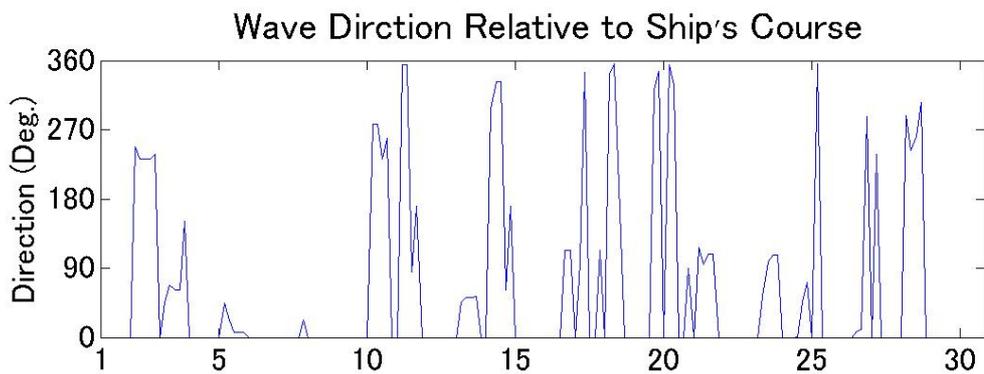


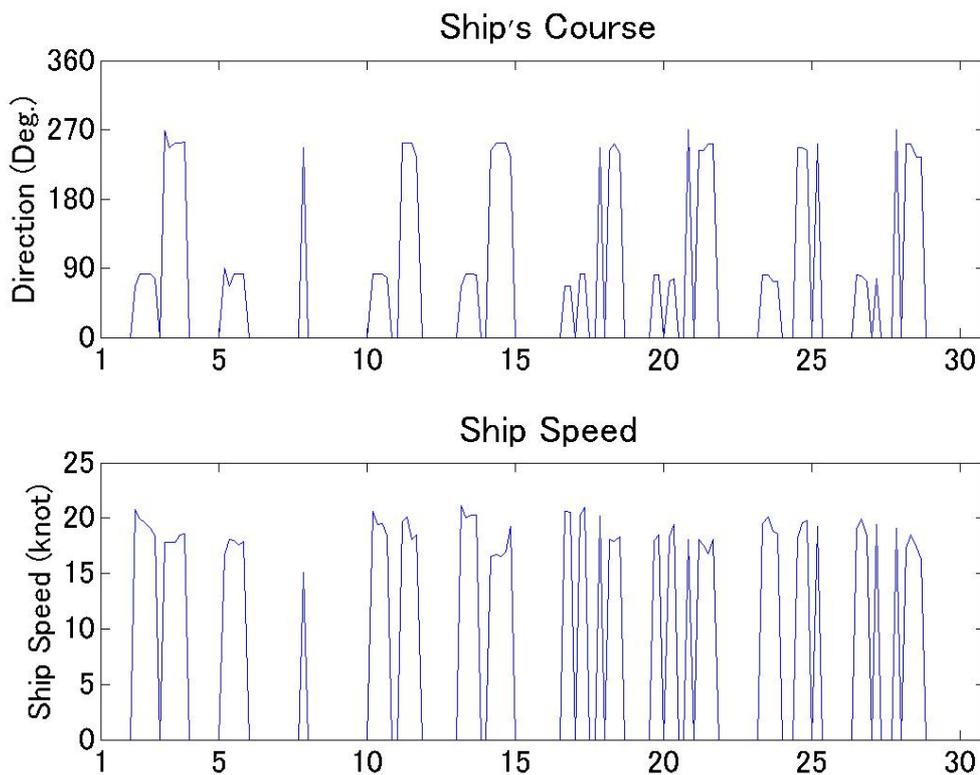




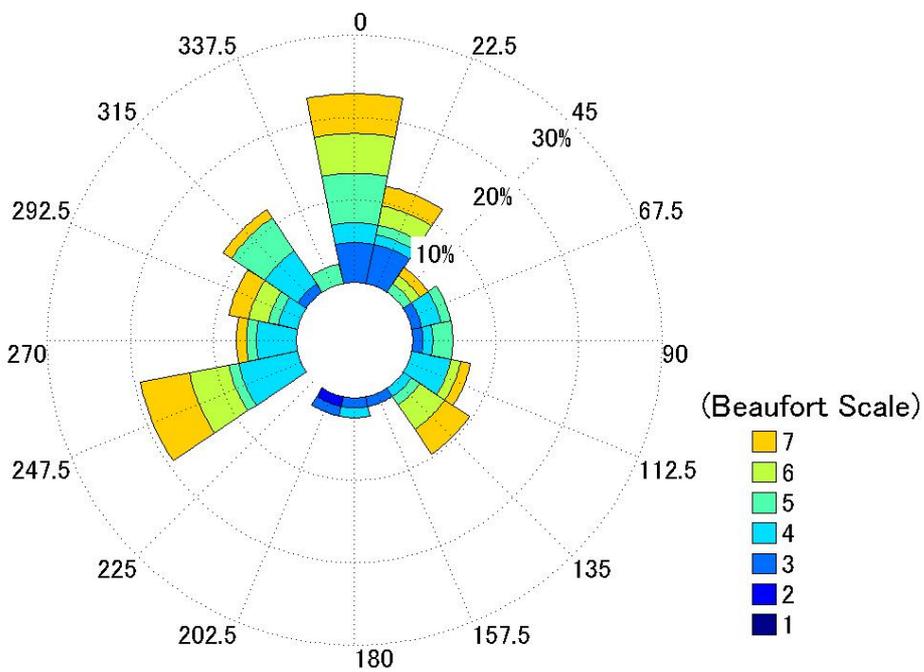




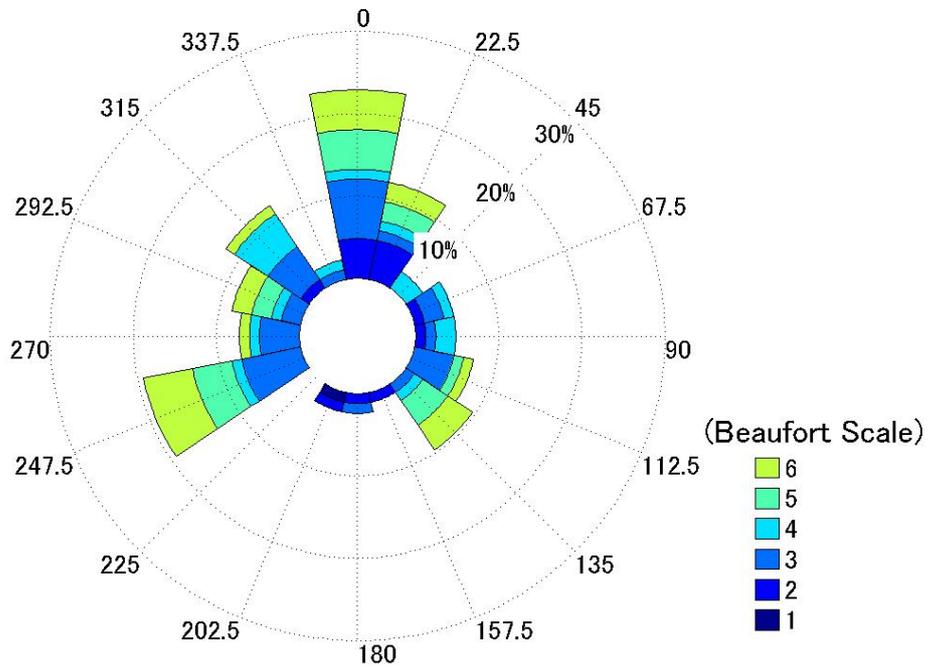




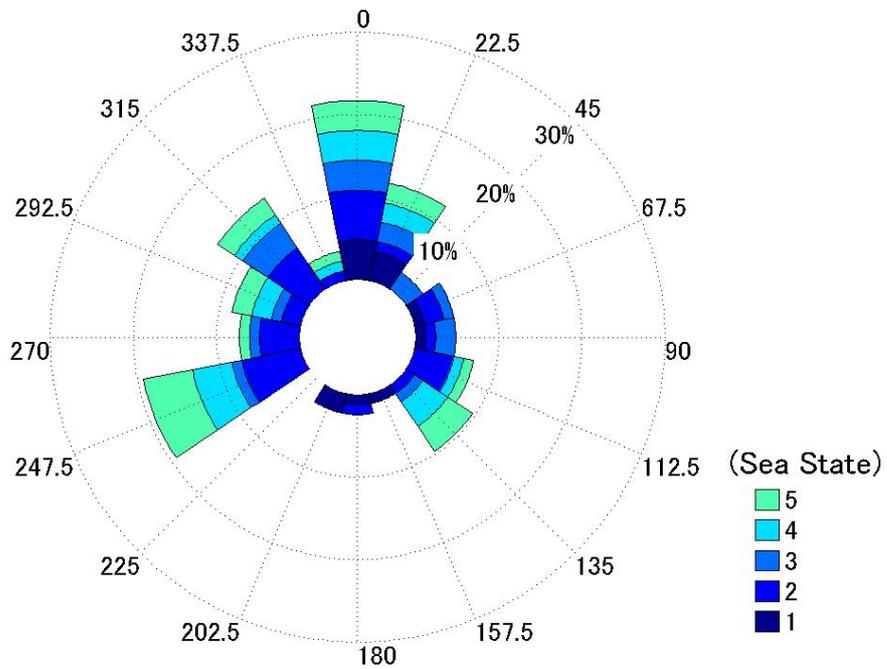
Wind Information Relative to Ship's Course



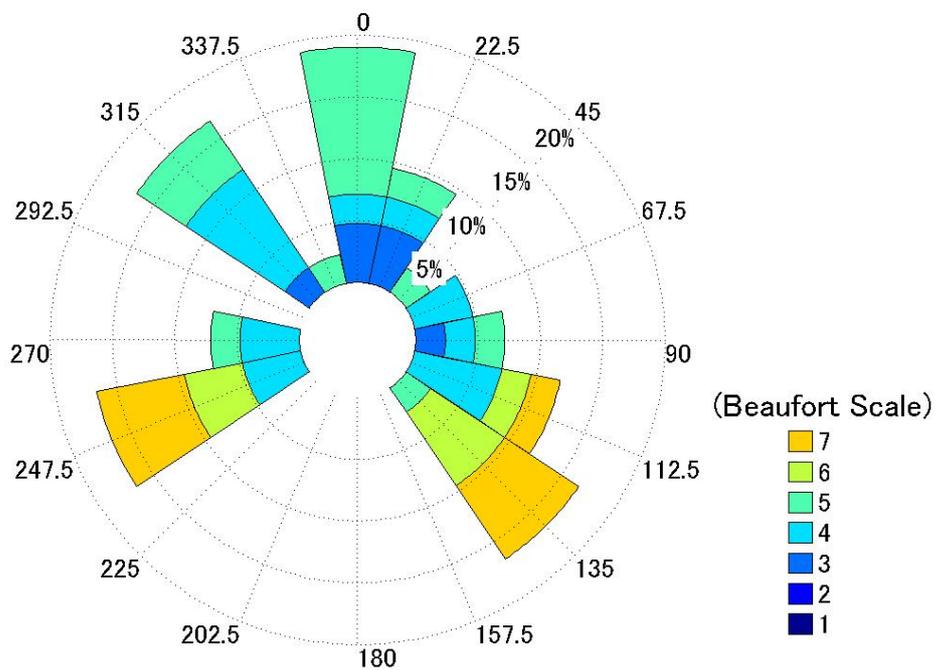
### Wave Information Relative to Ship's Course



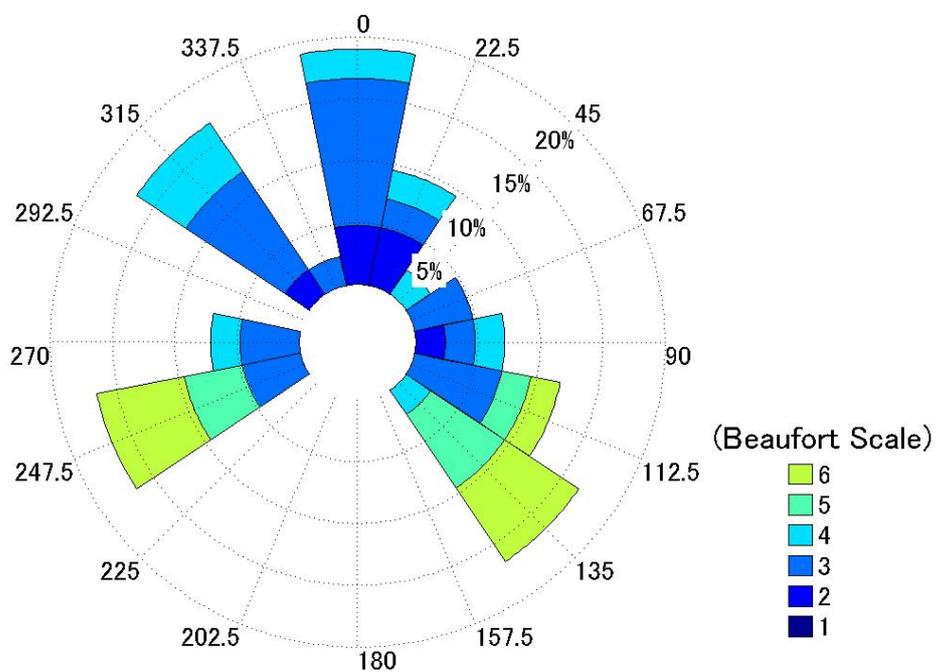
### Swell Information Relative to Ship's Course



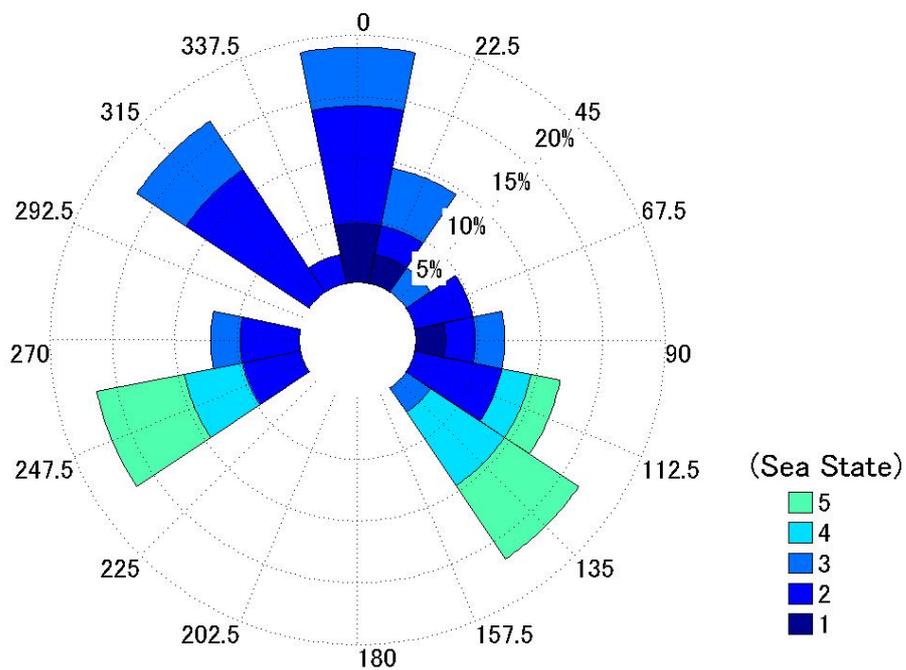
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



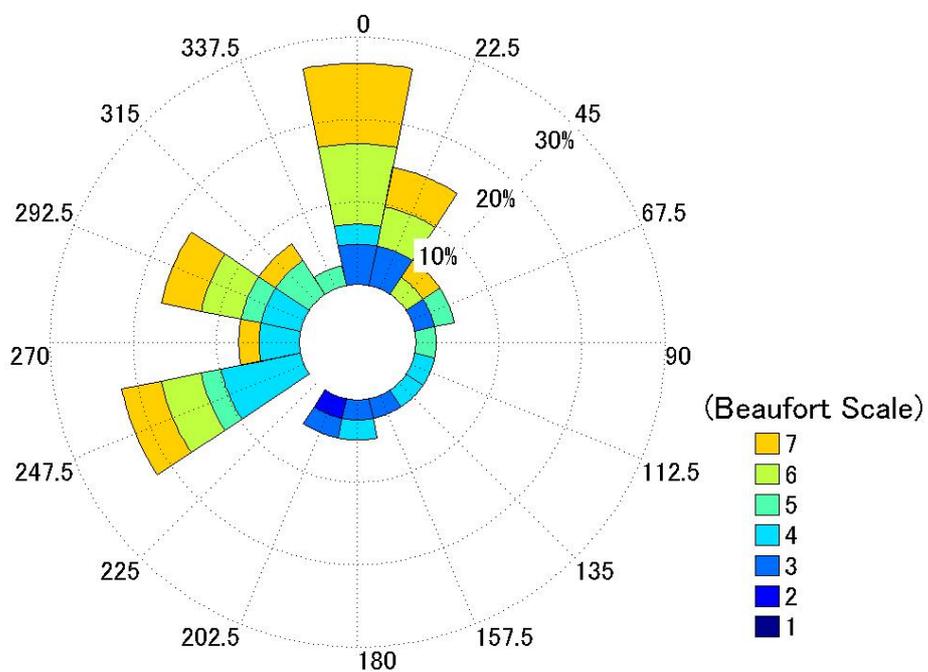
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



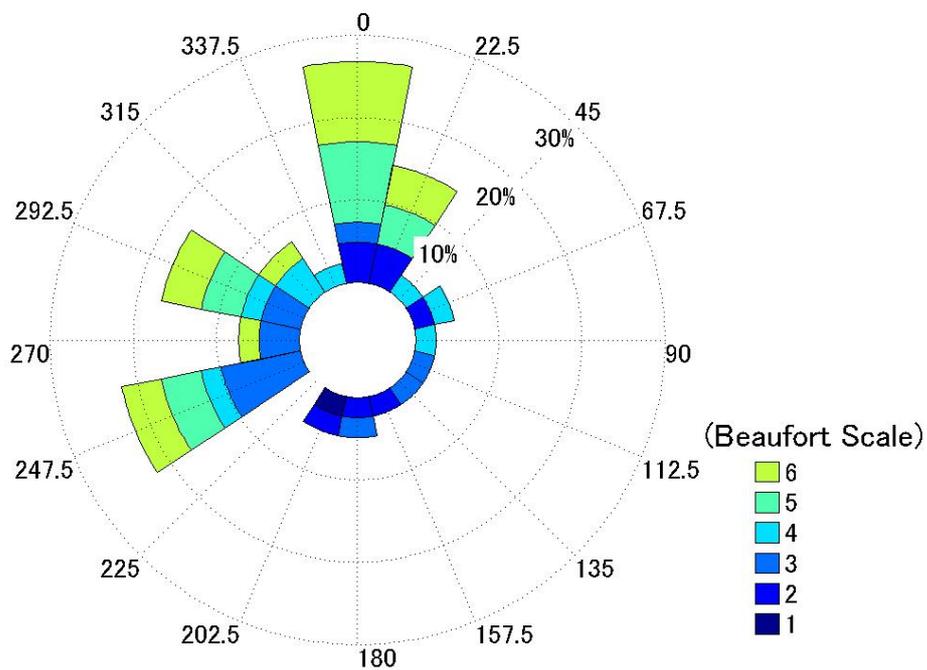
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



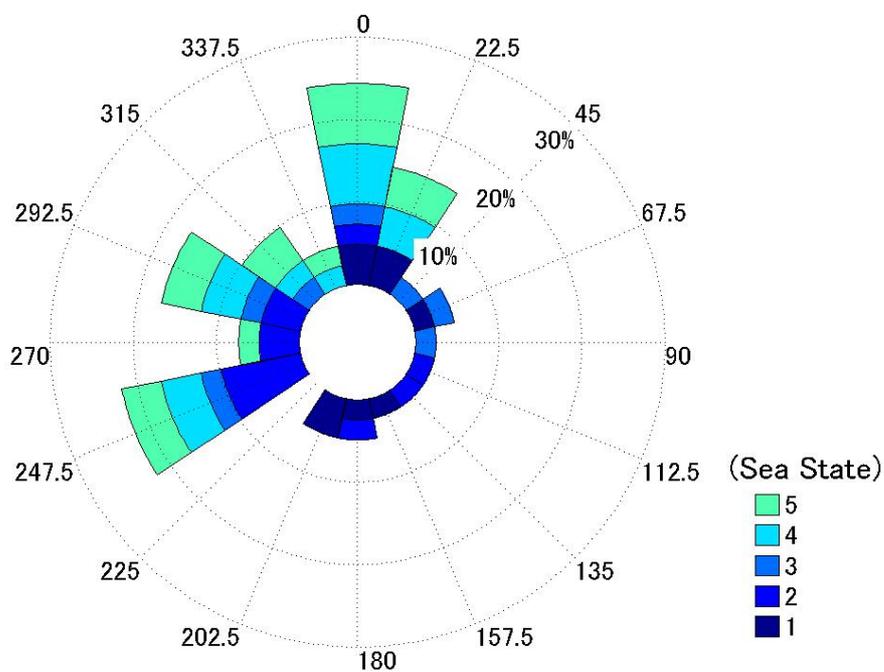
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

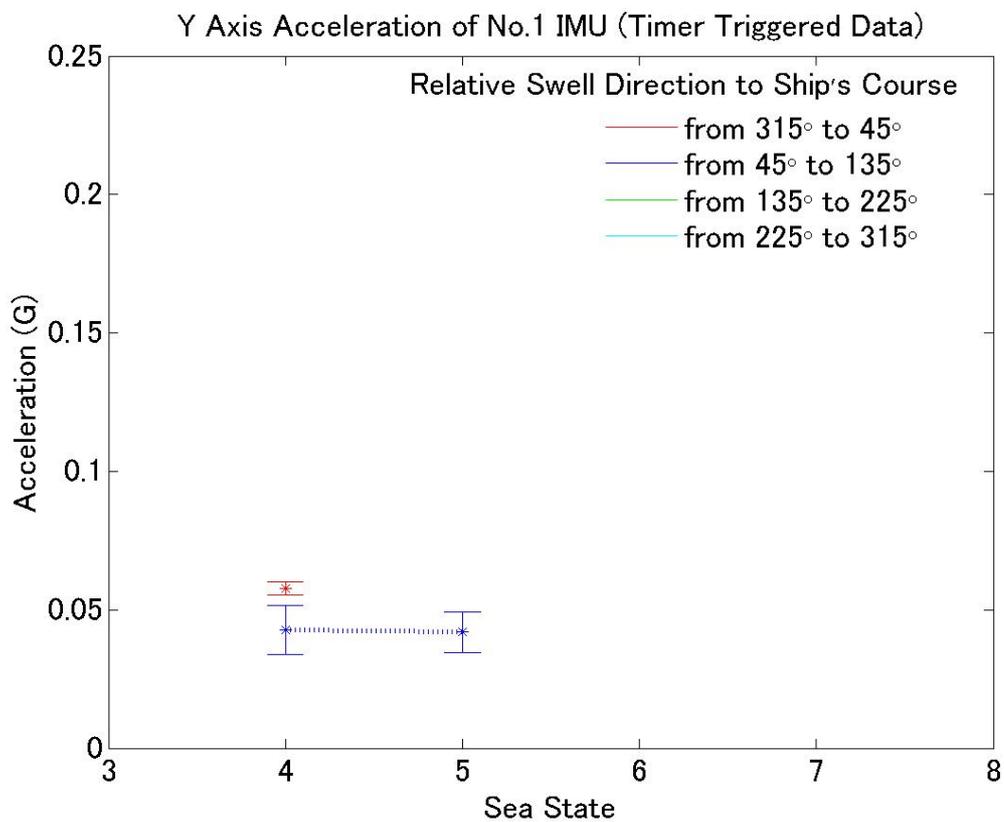
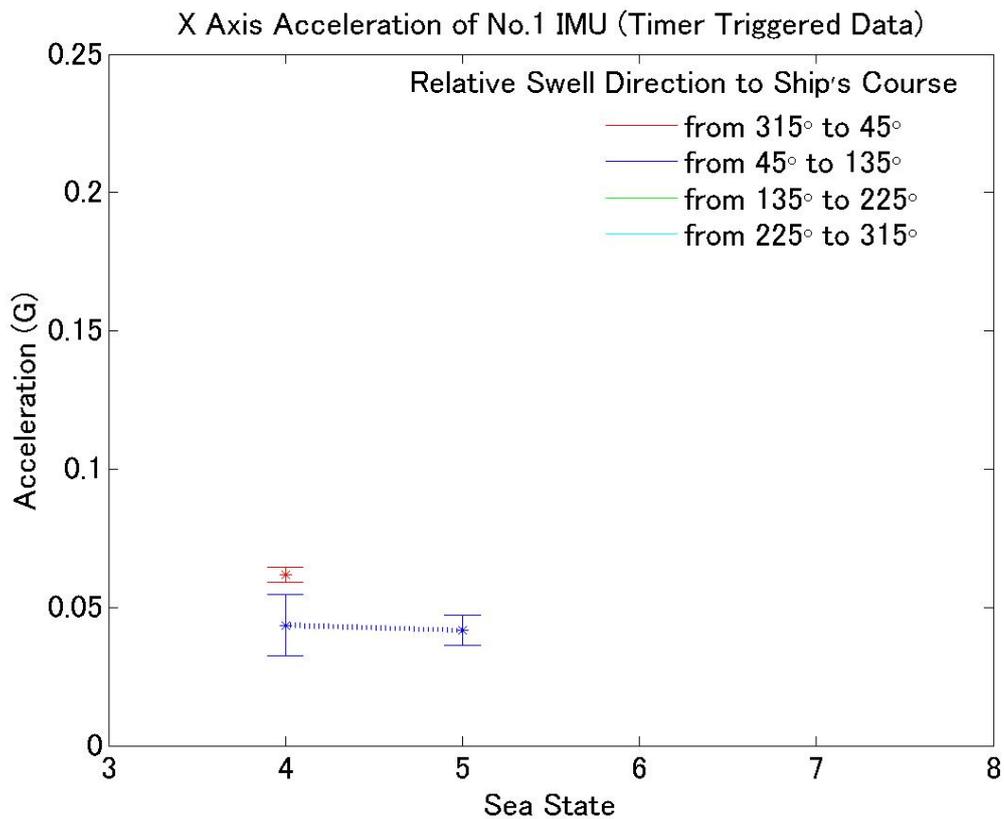


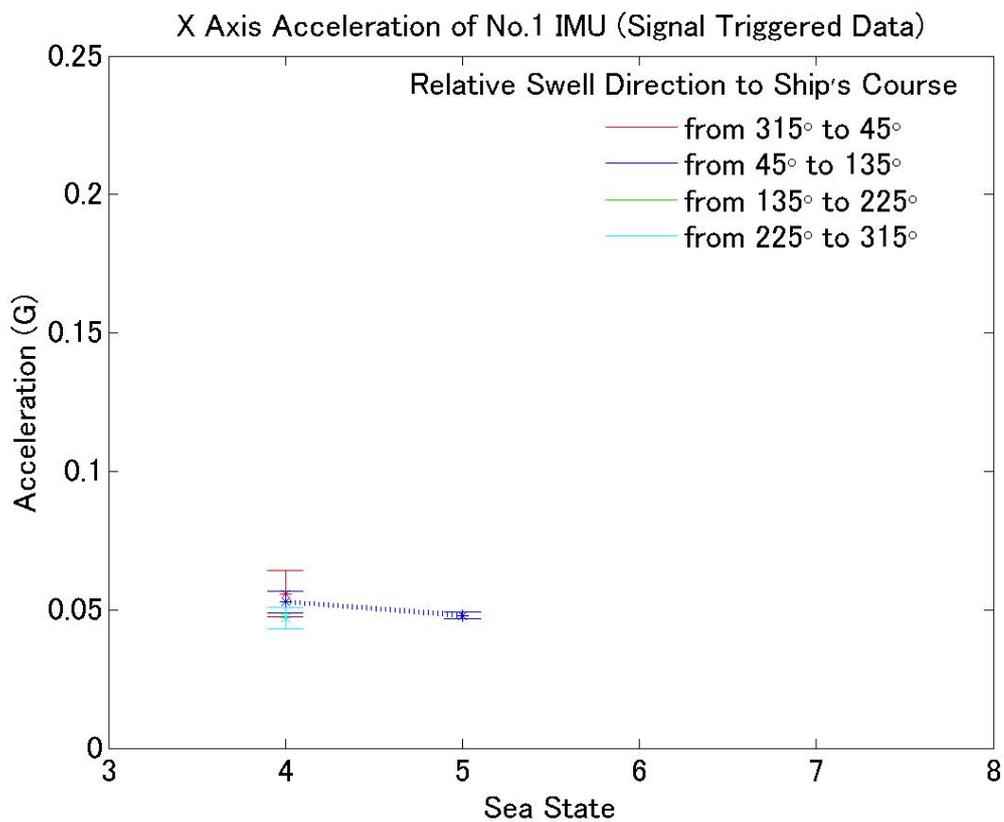
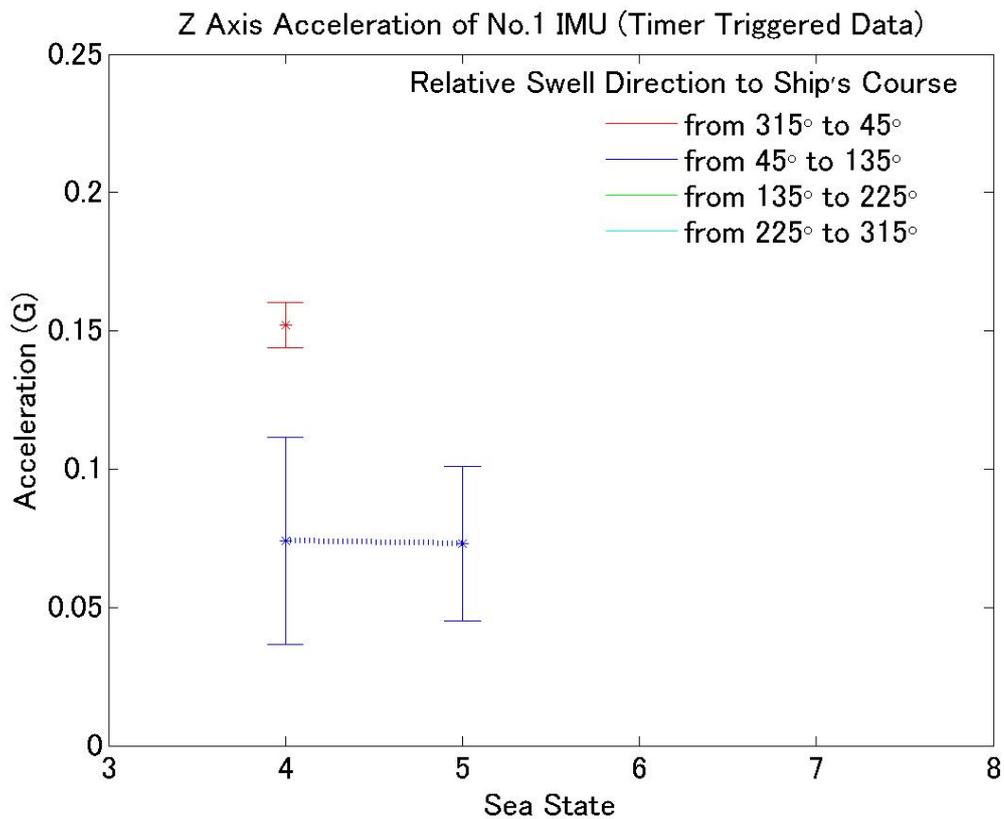
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

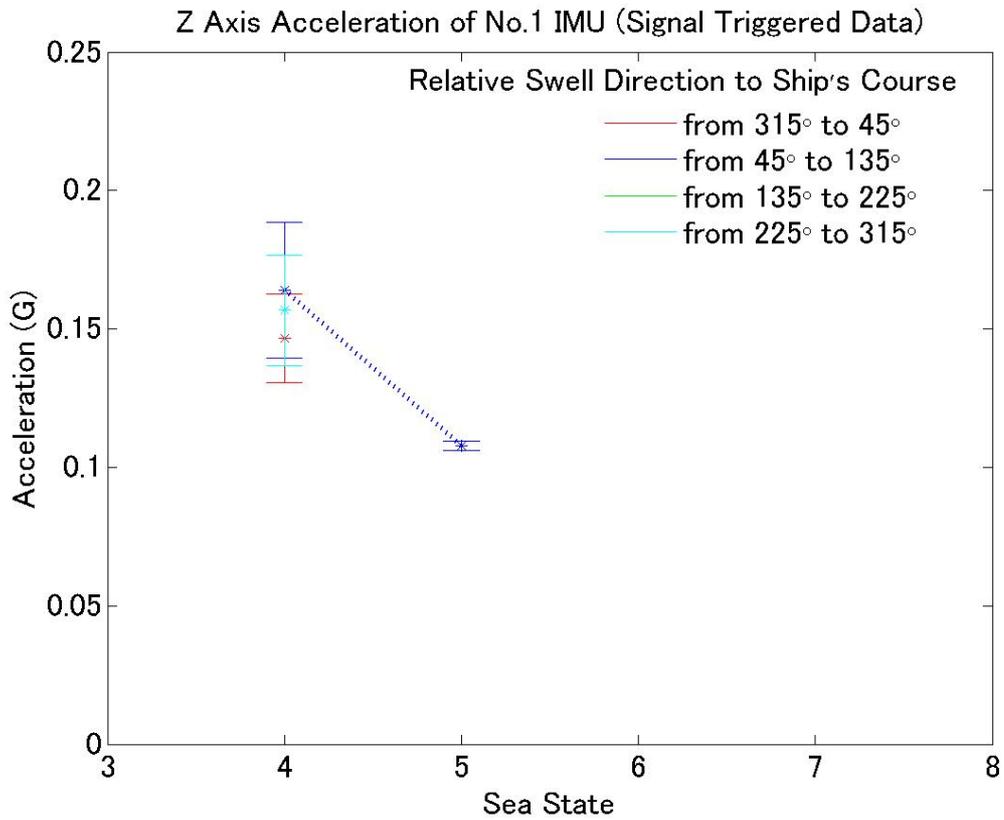
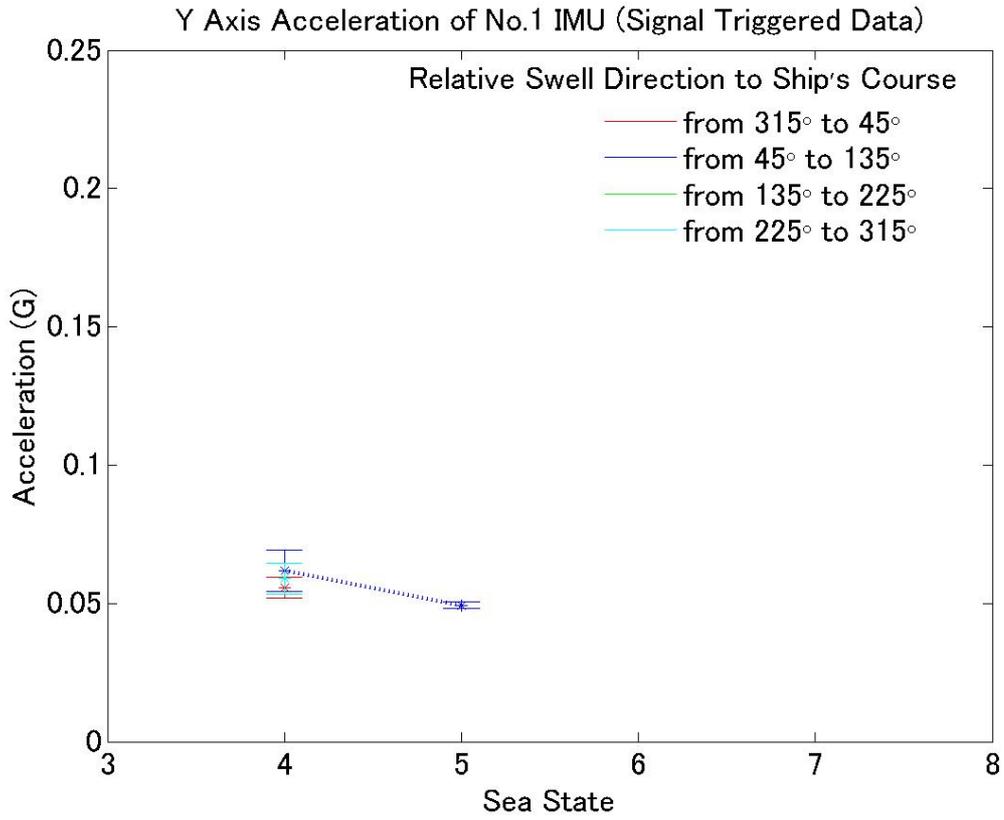


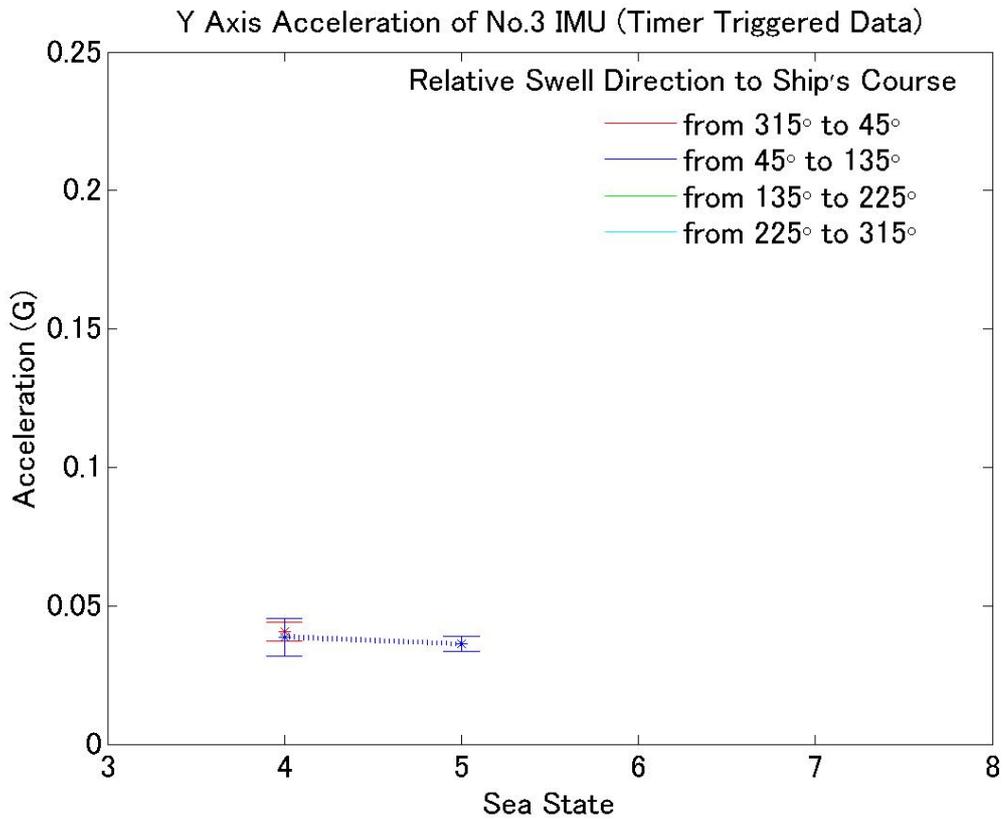
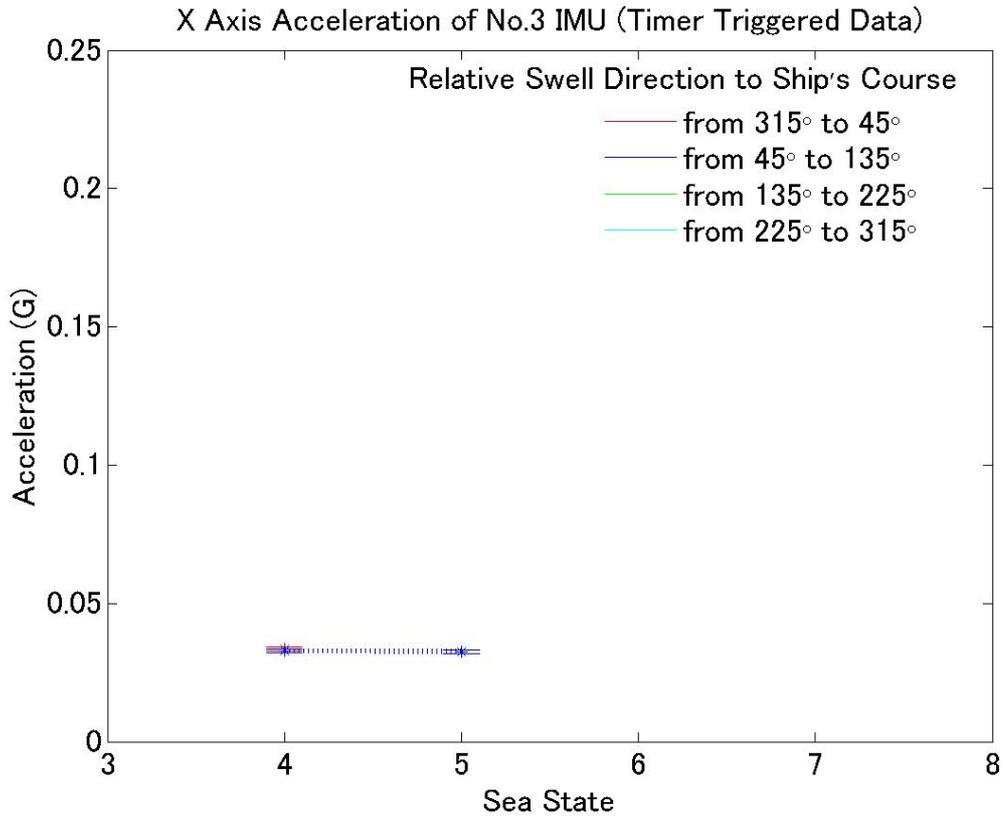
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

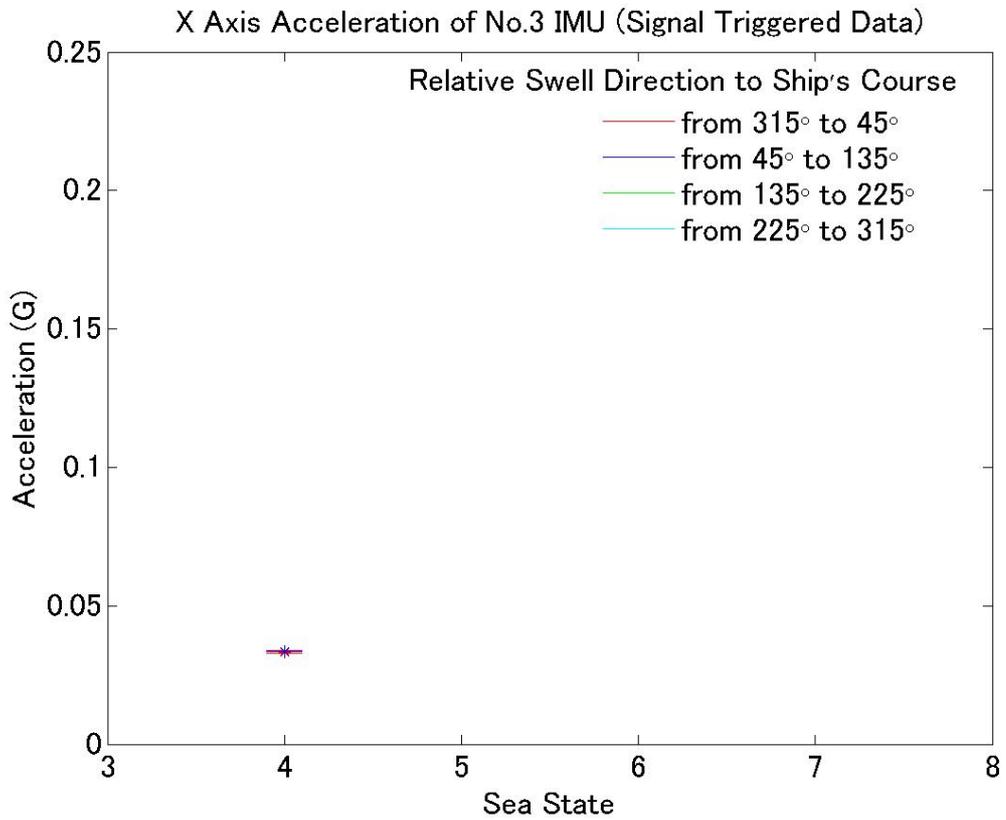
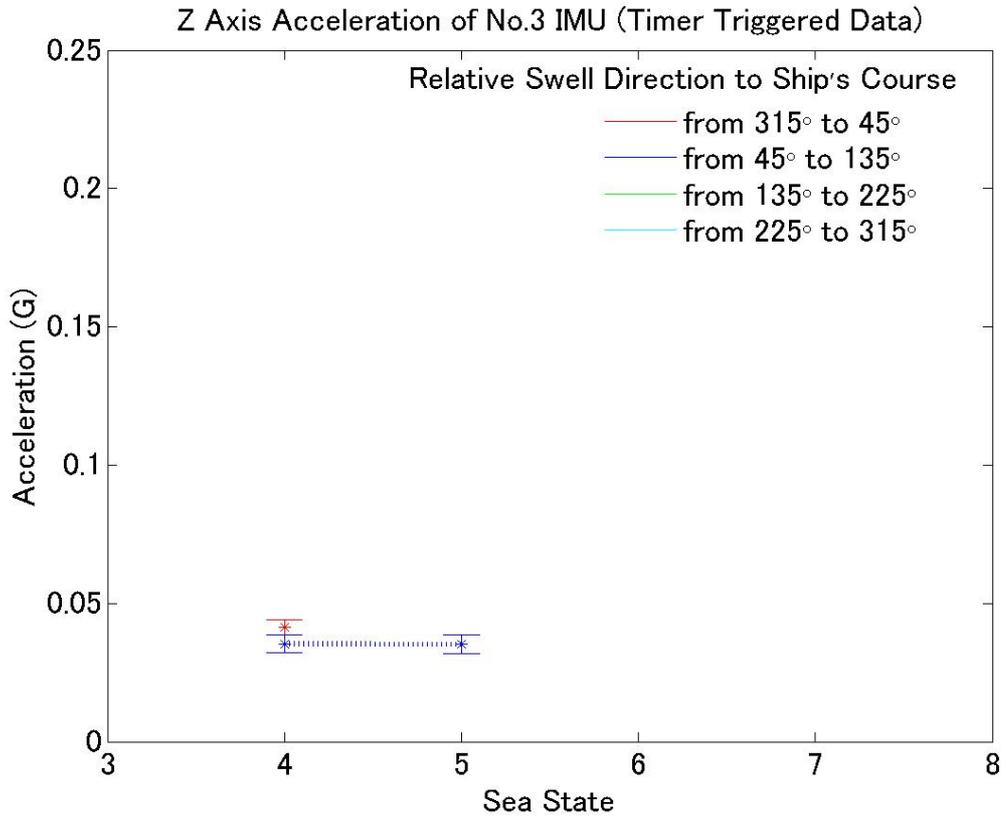


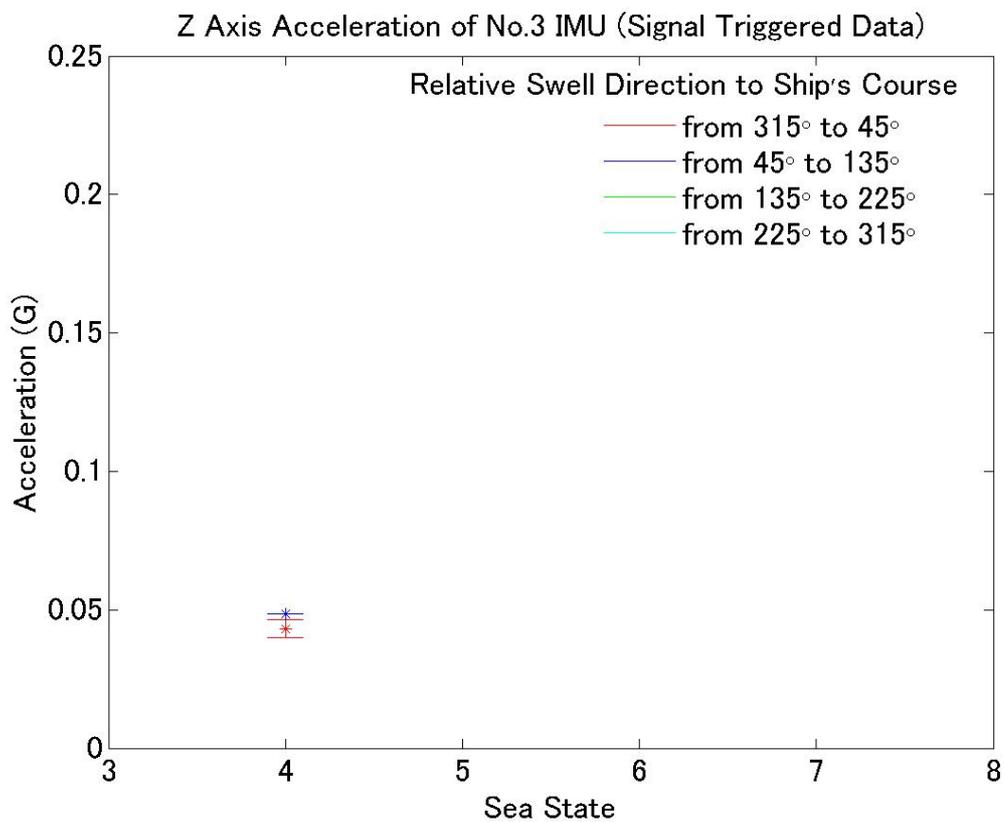
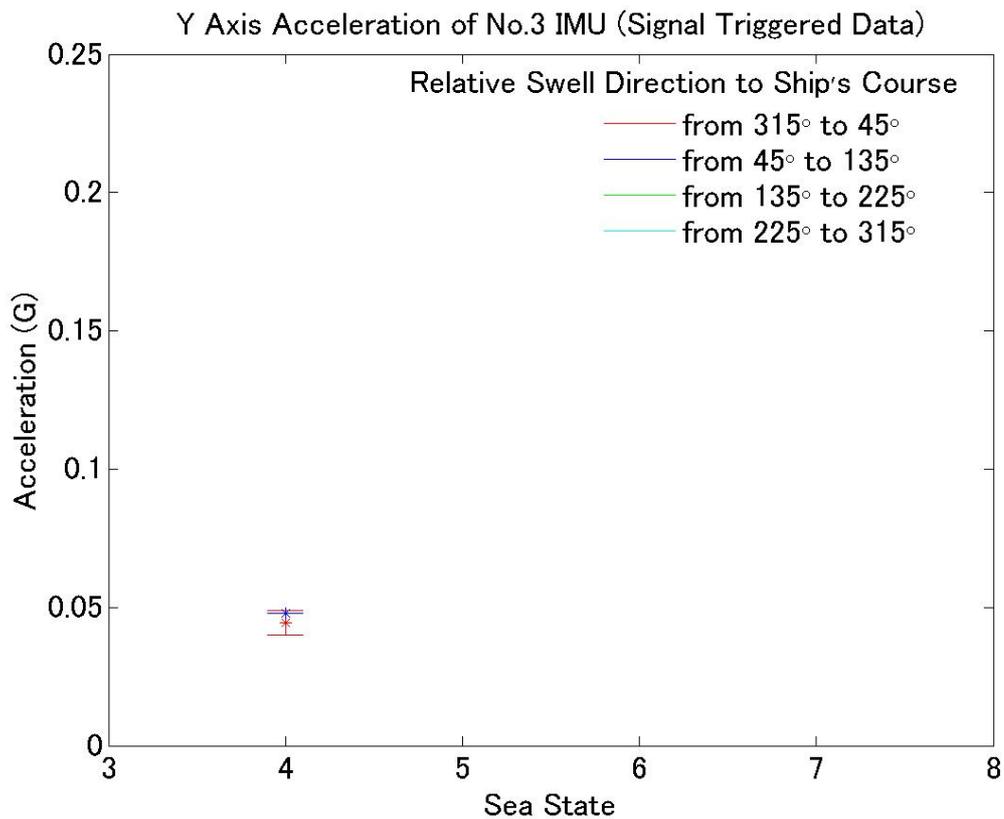




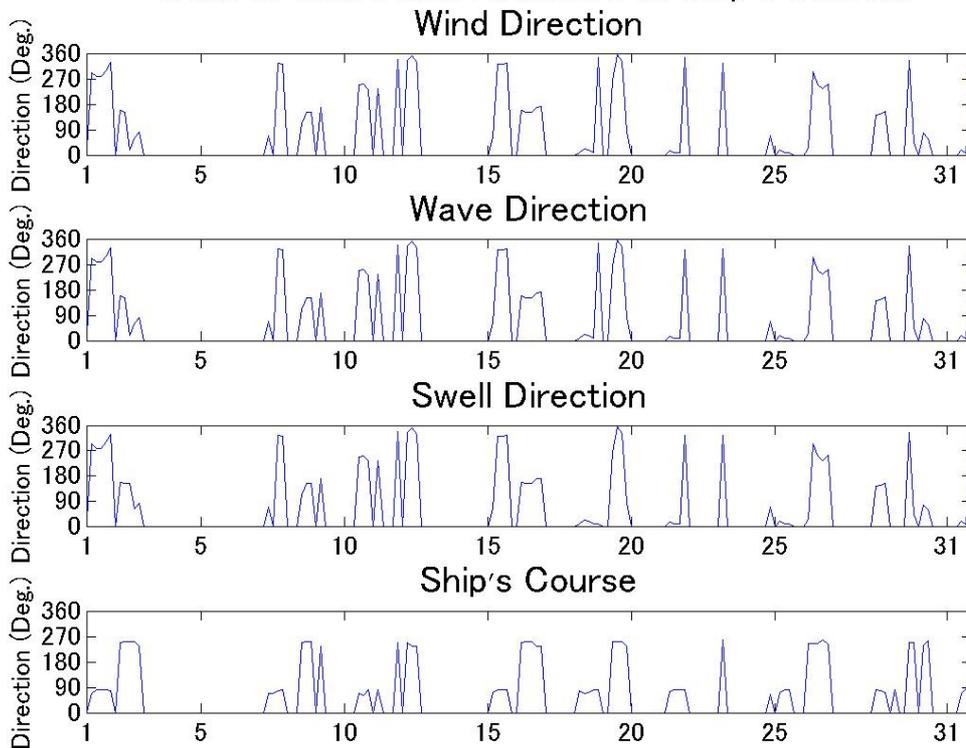




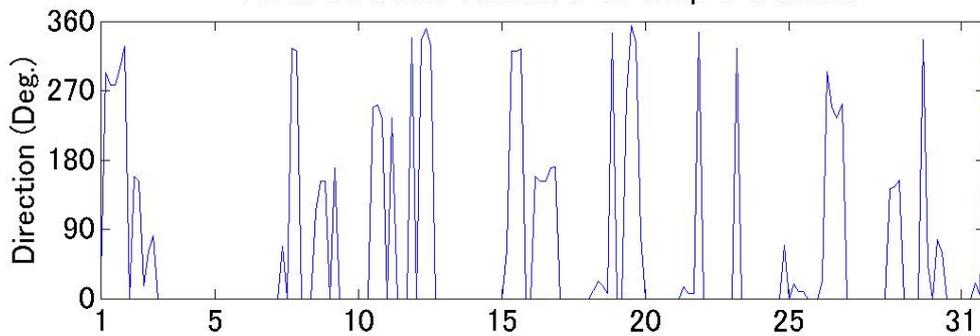




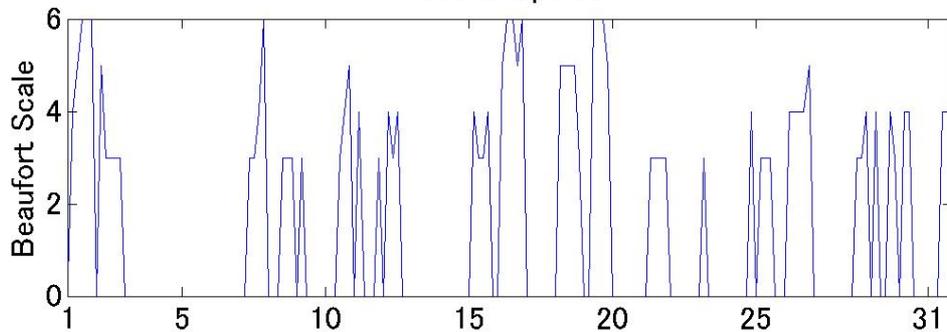
### Weather Information (Relative to Ship's Course)

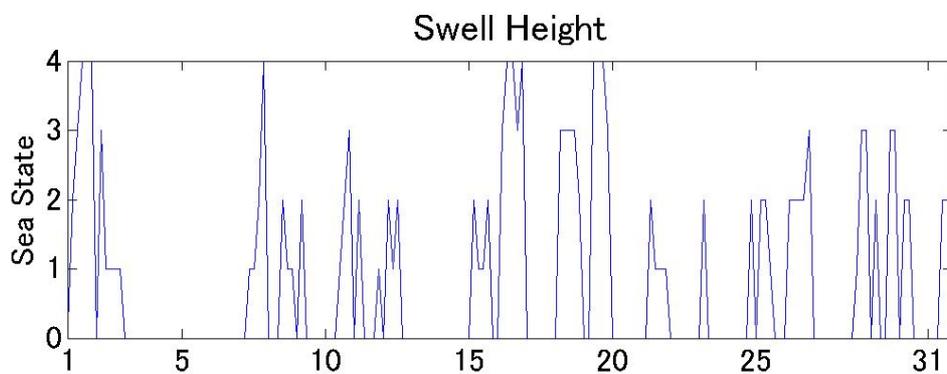
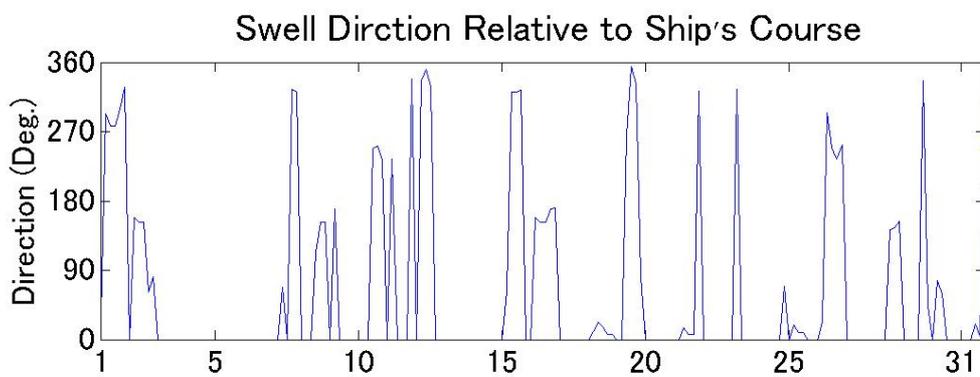
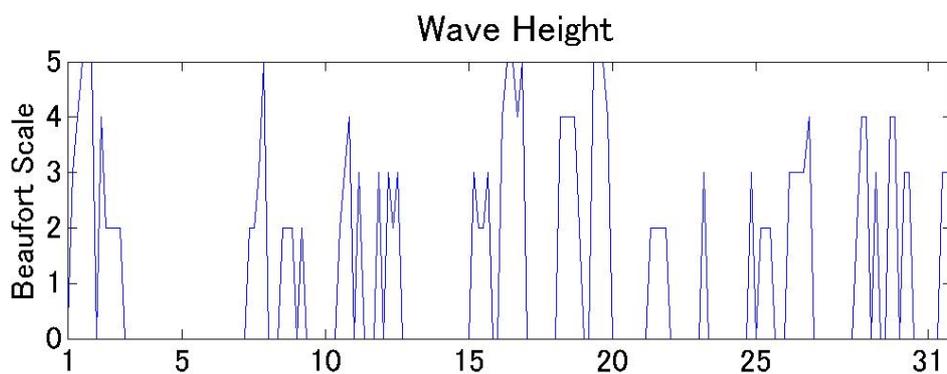
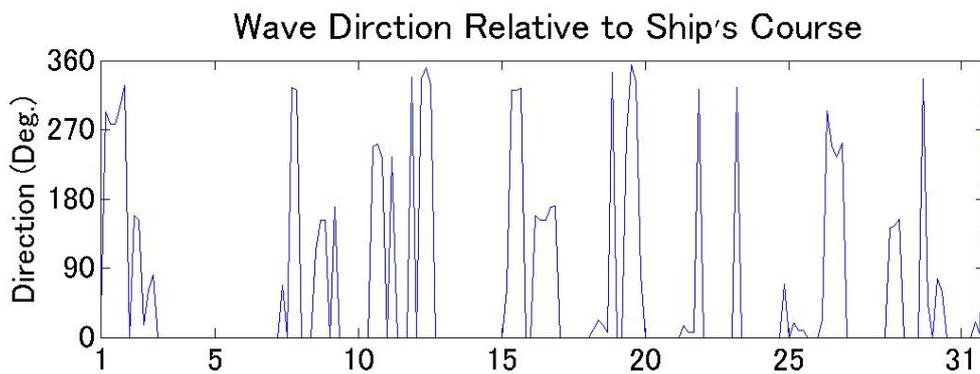


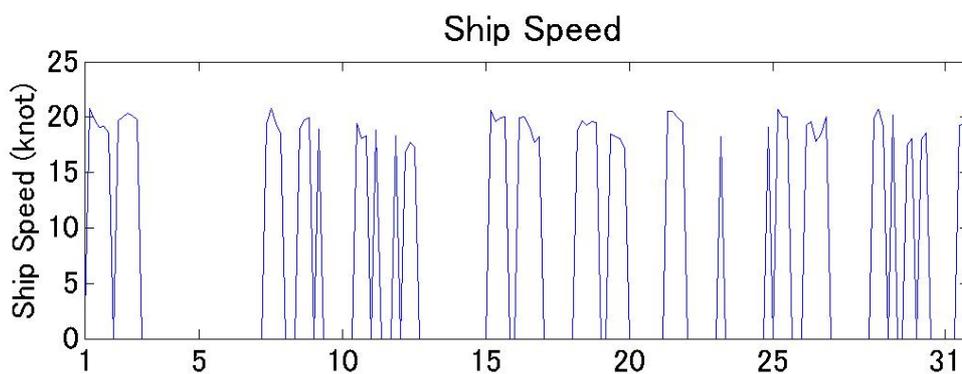
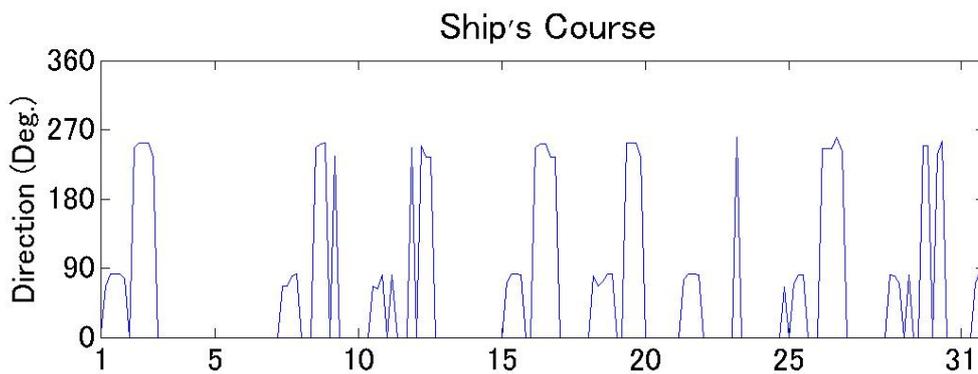
### Wind Dirction Relative to Ship's Course



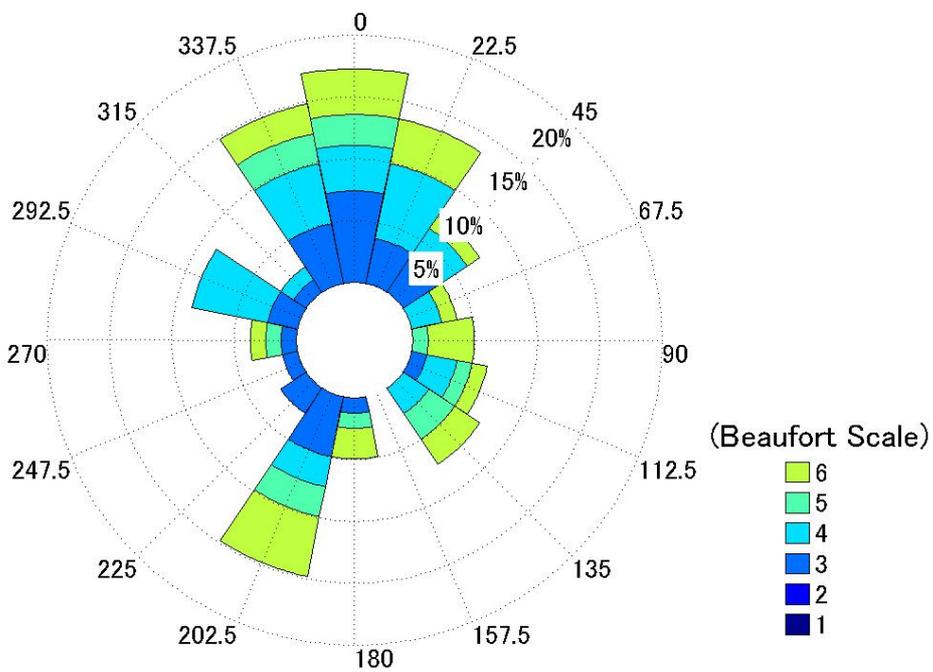
### Wind Speed



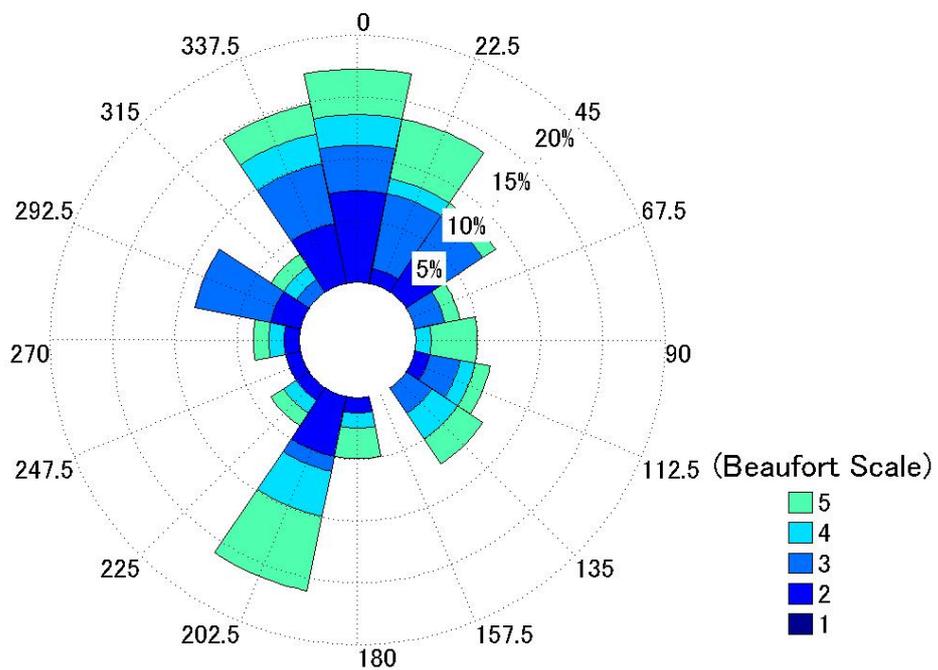




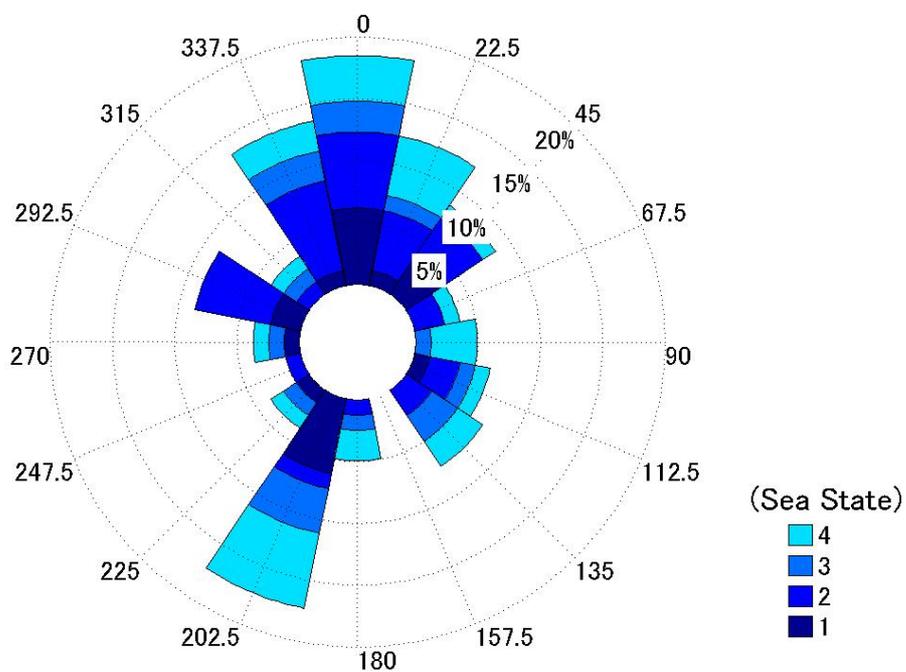
### Wind Information Relative to Ship's Course



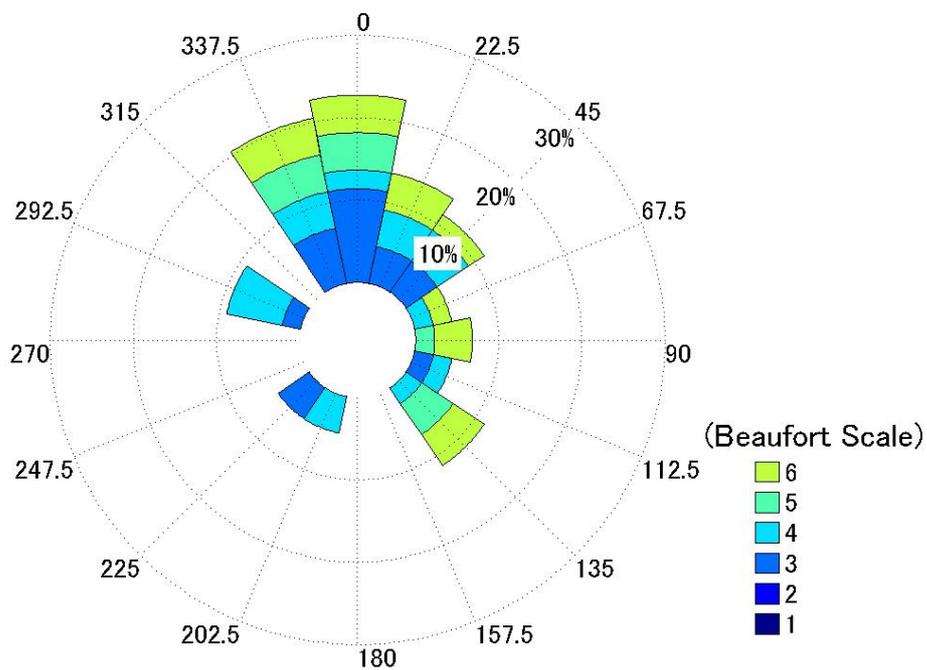
### Wave Information Relative to Ship's Course



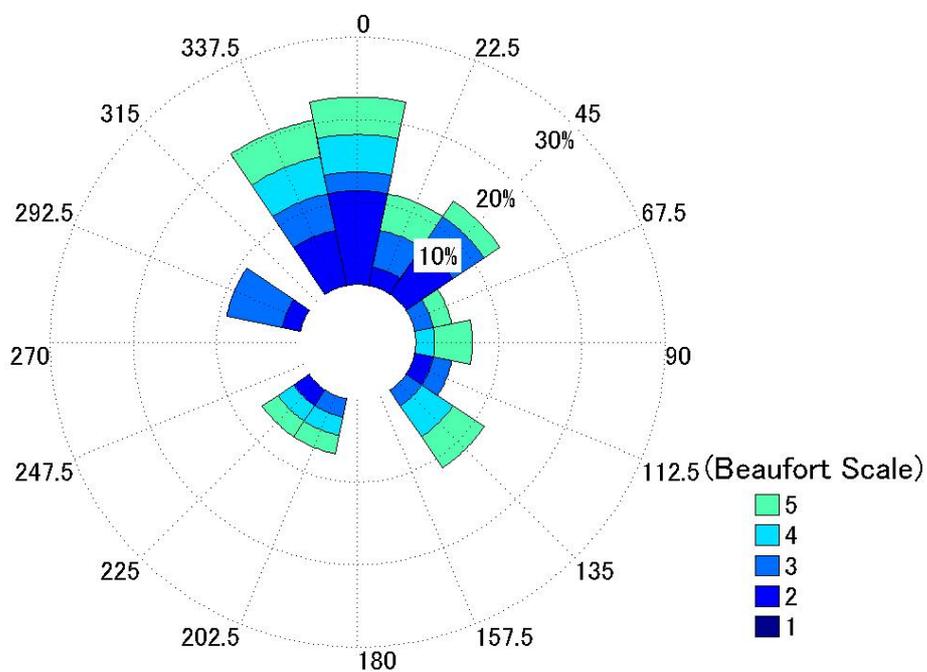
### Swell Information Relative to Ship's Course



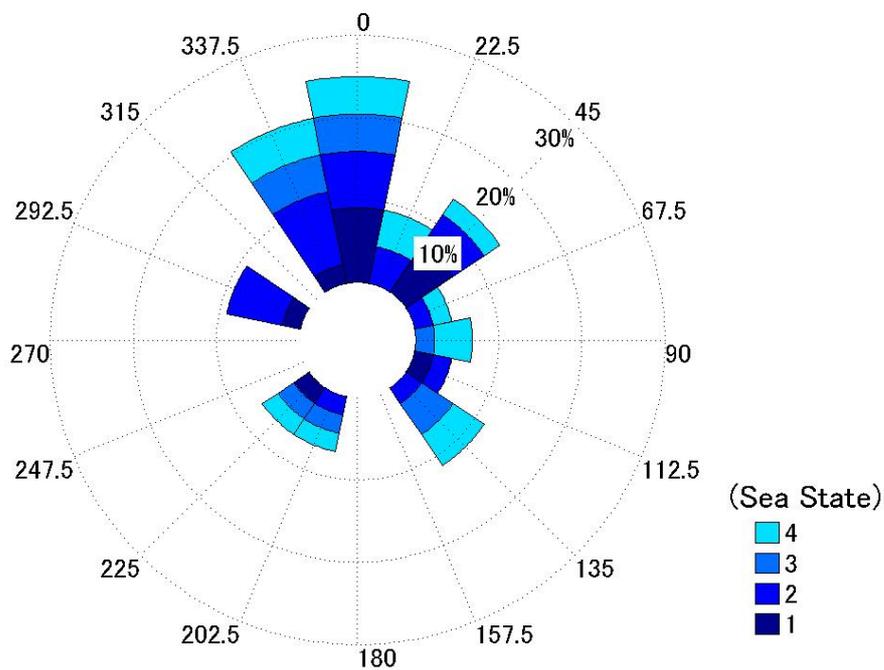
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



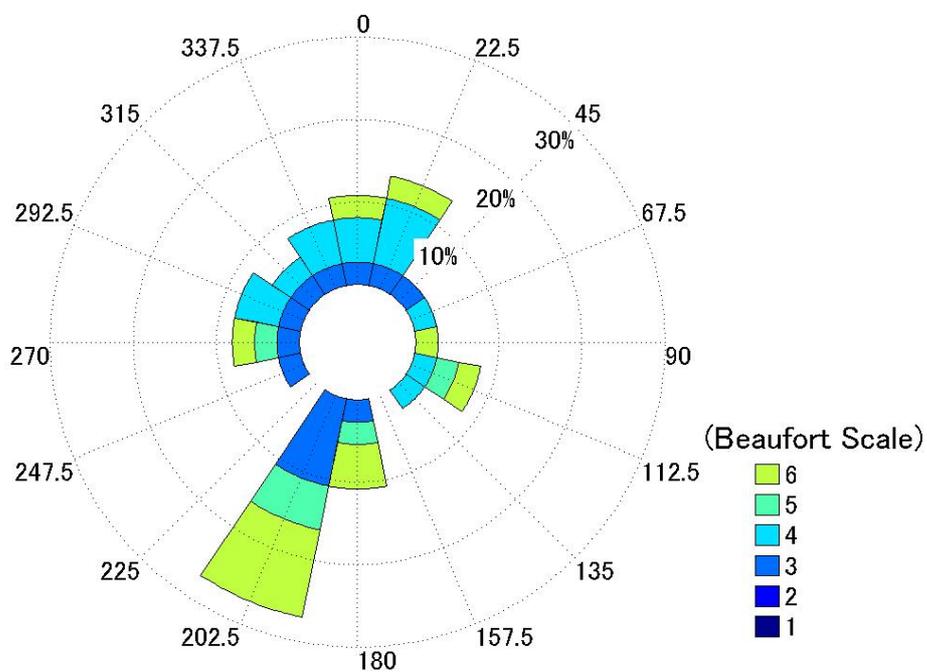
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



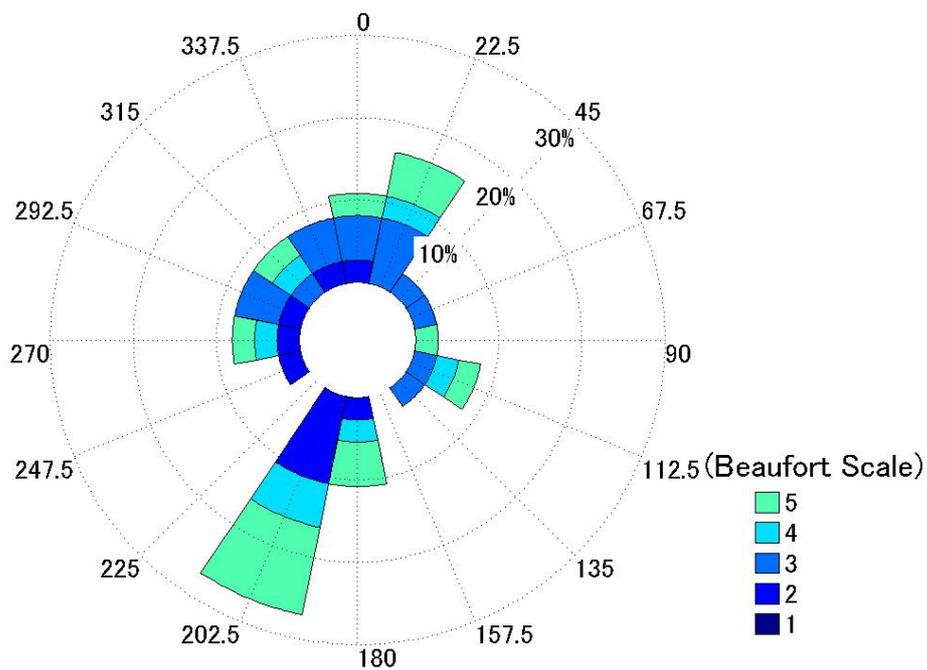
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



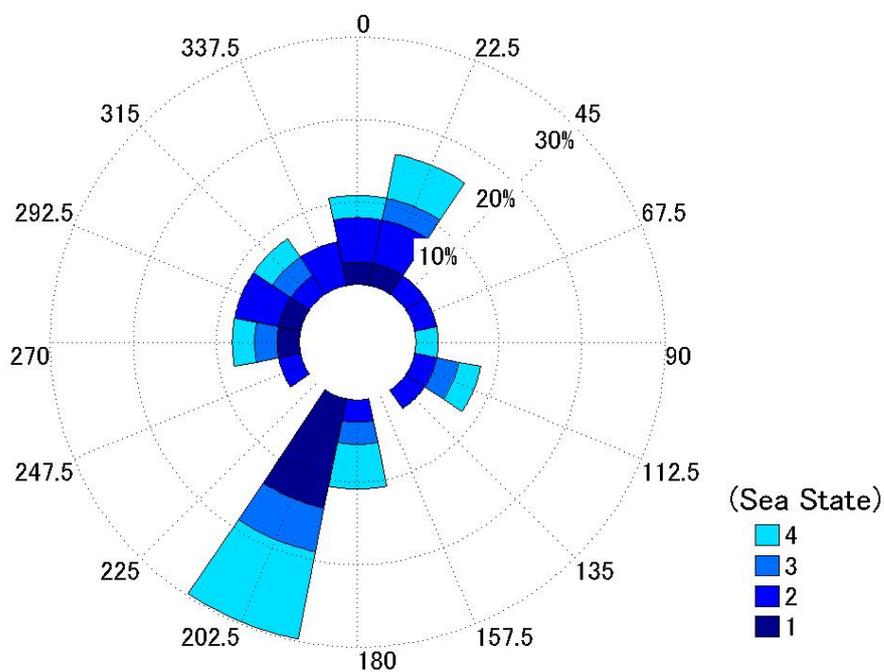
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

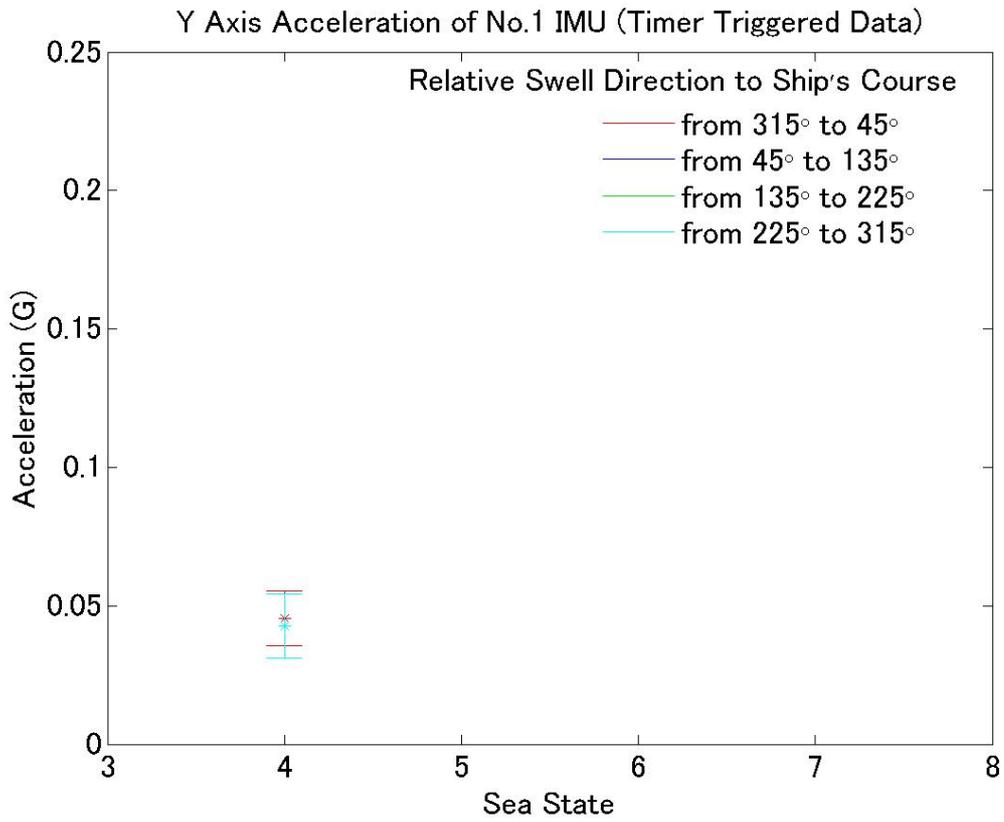
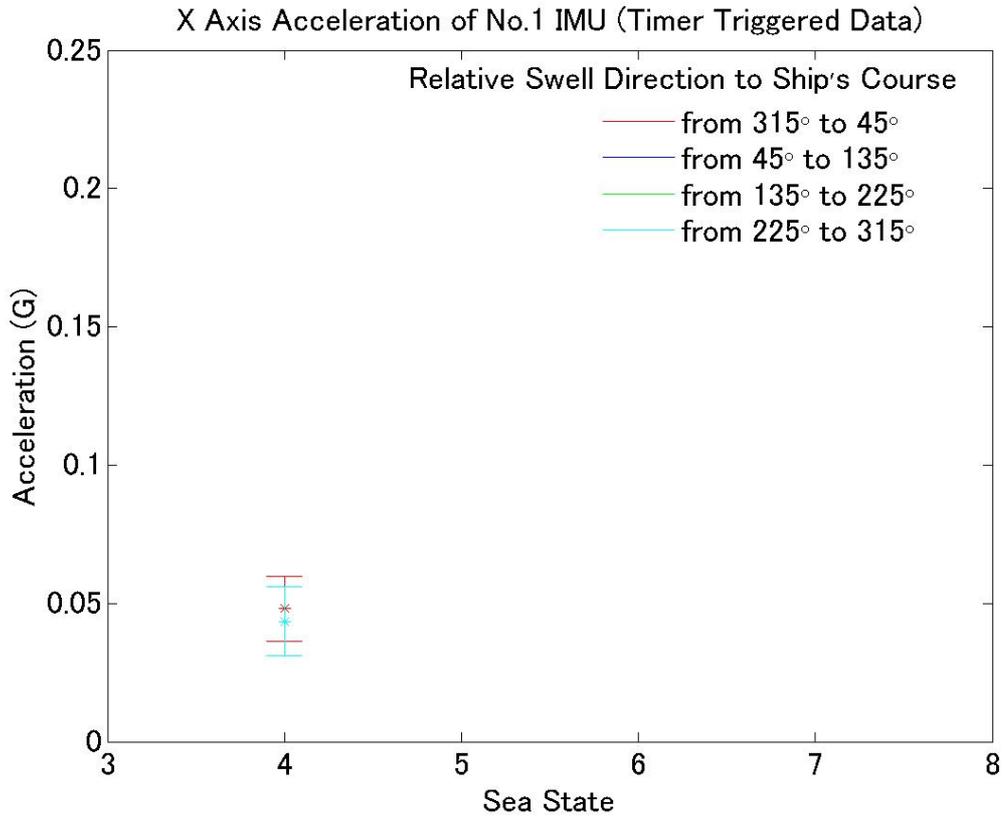


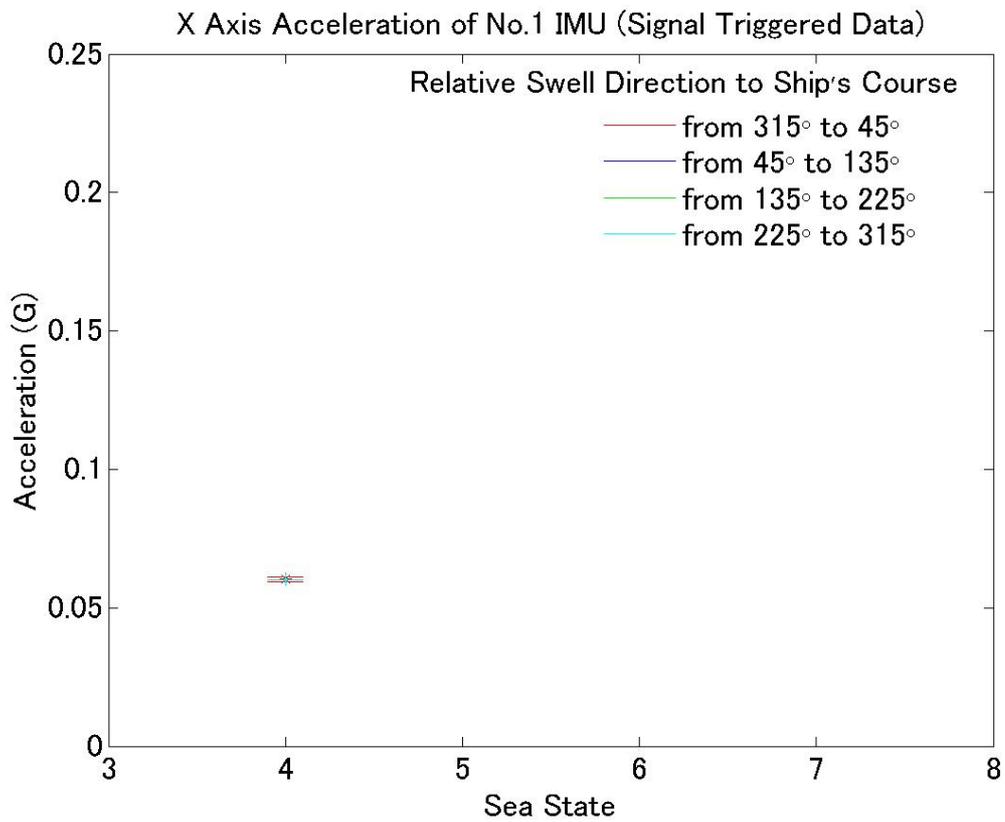
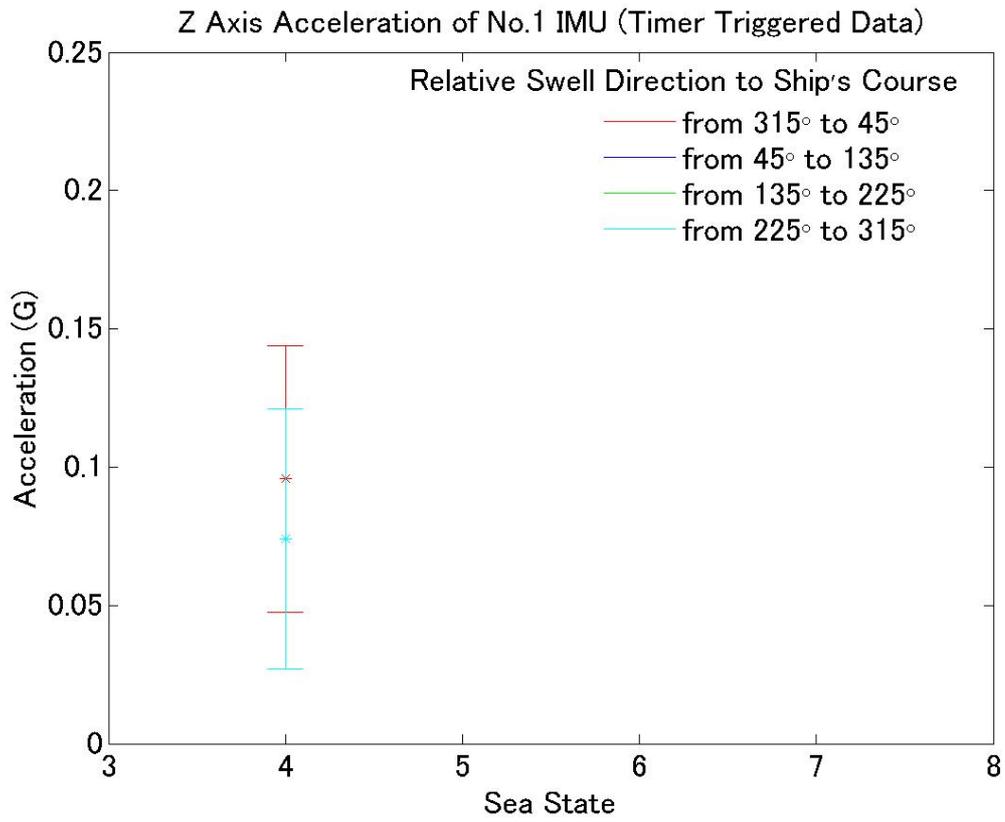
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

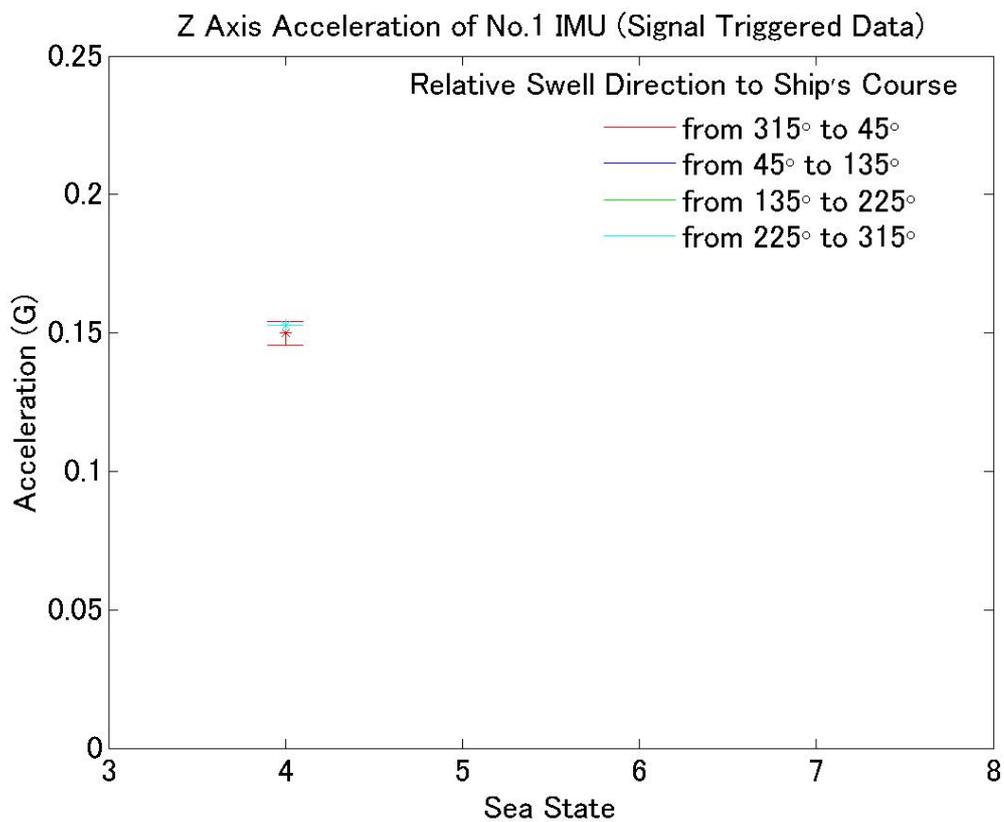
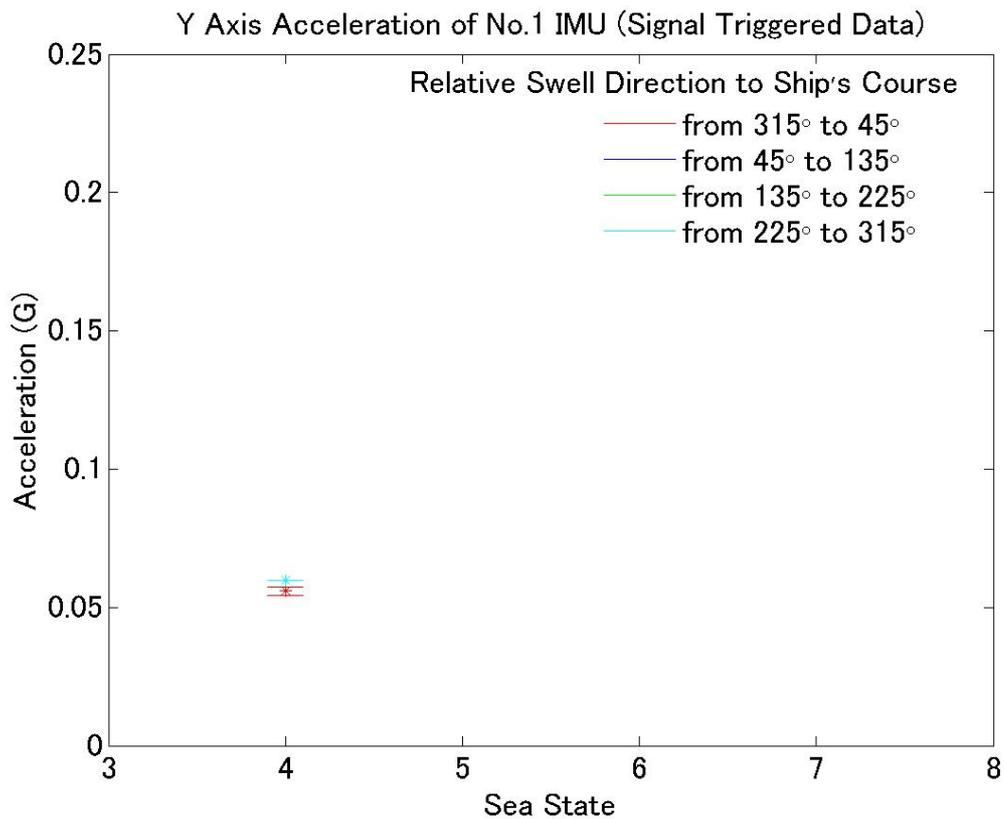


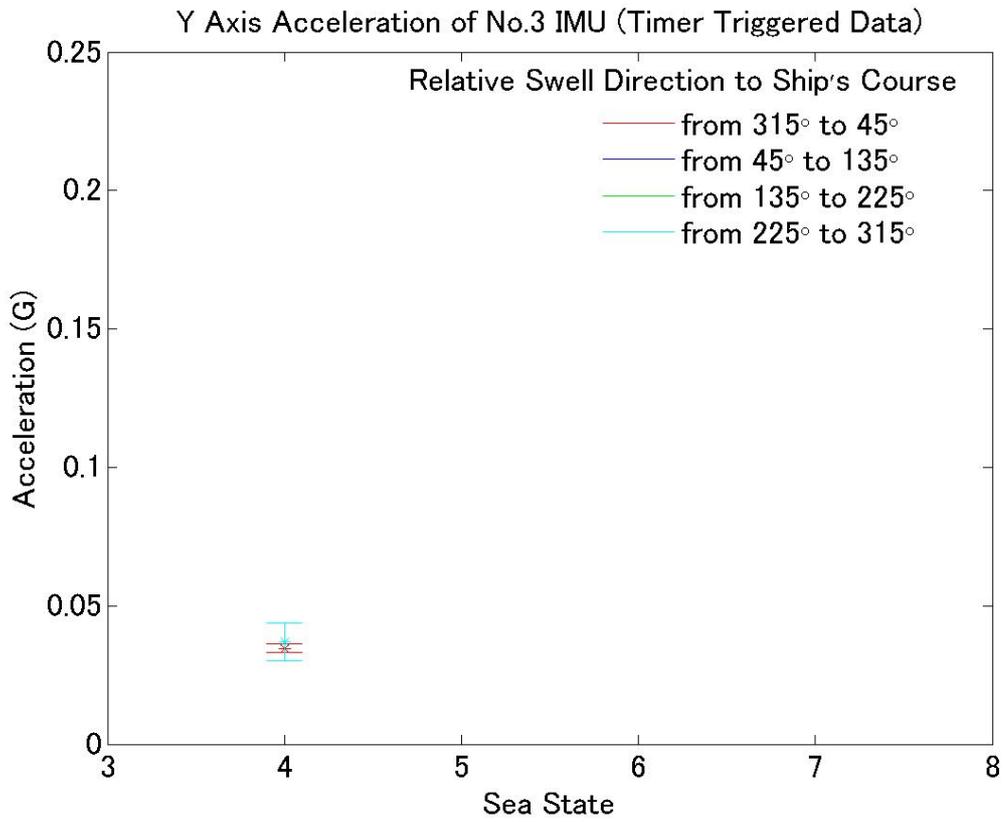
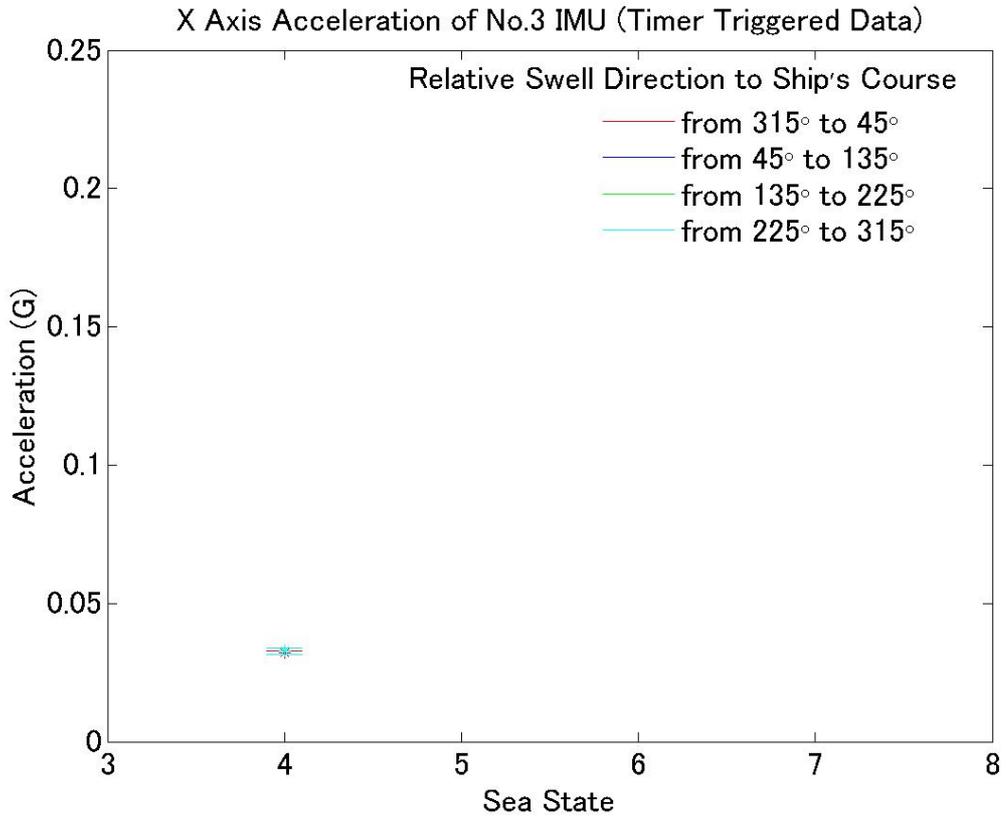
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

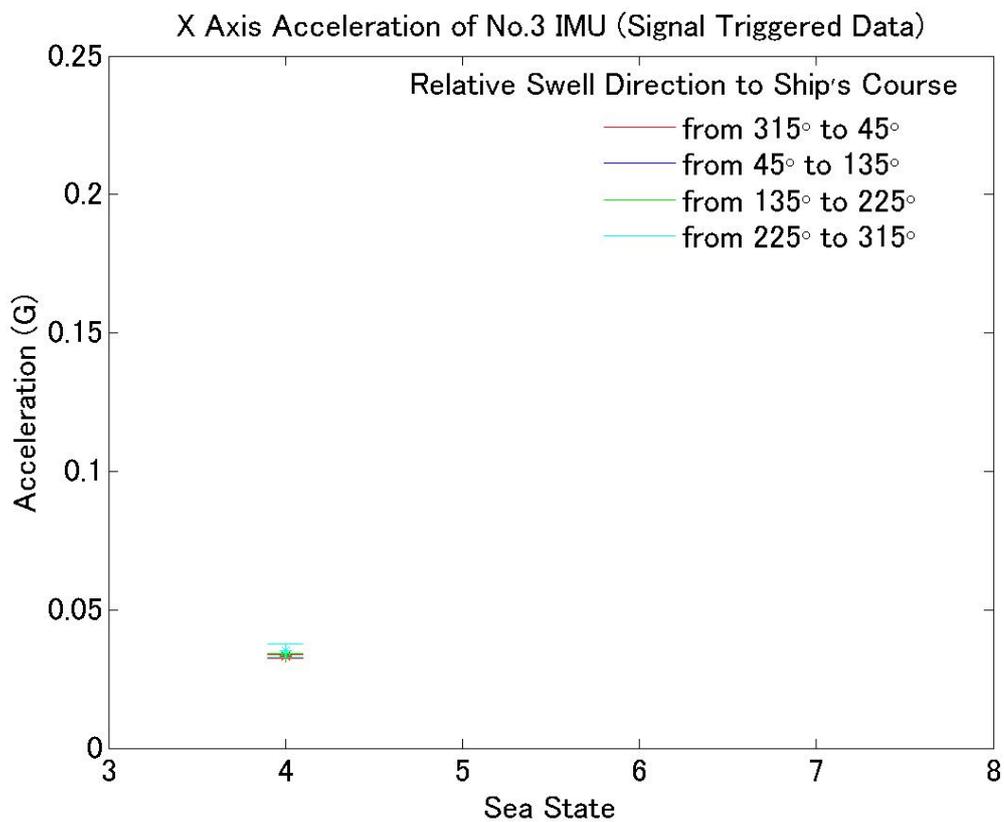
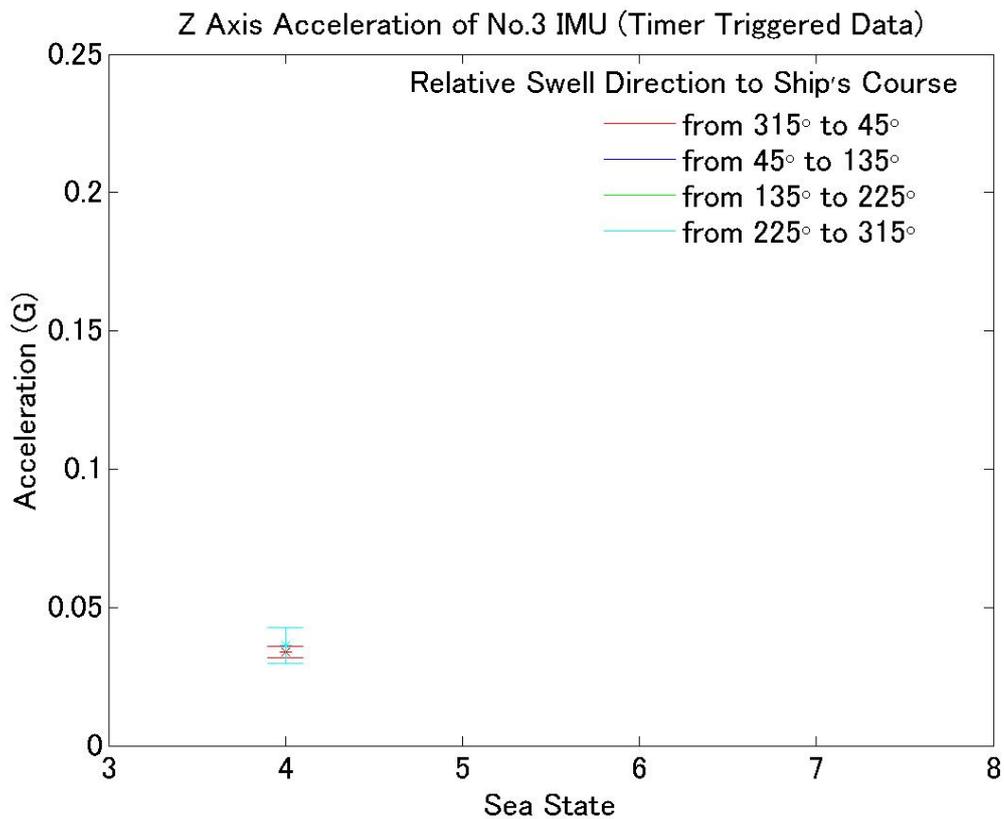


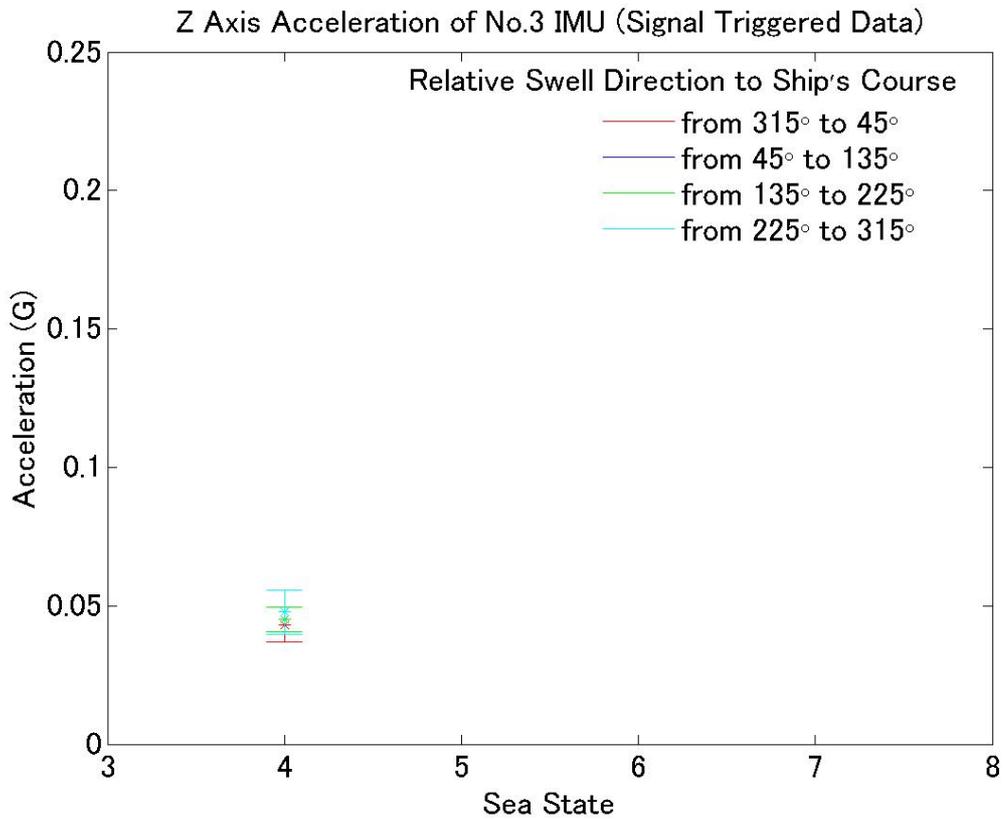
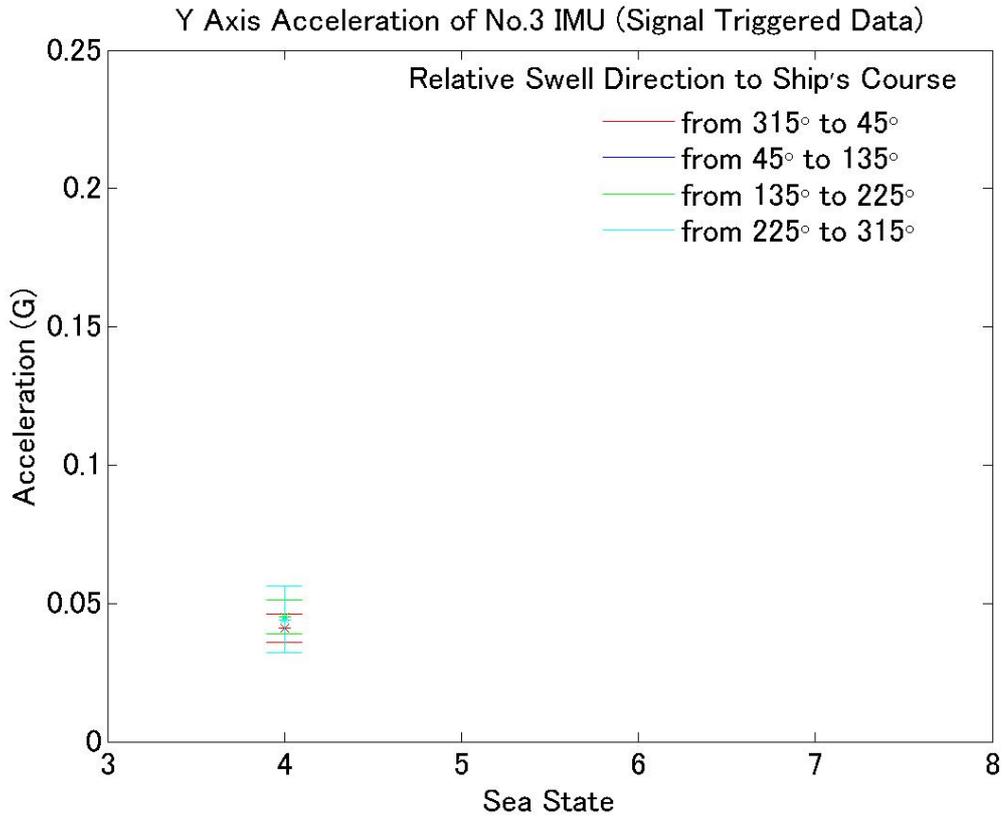




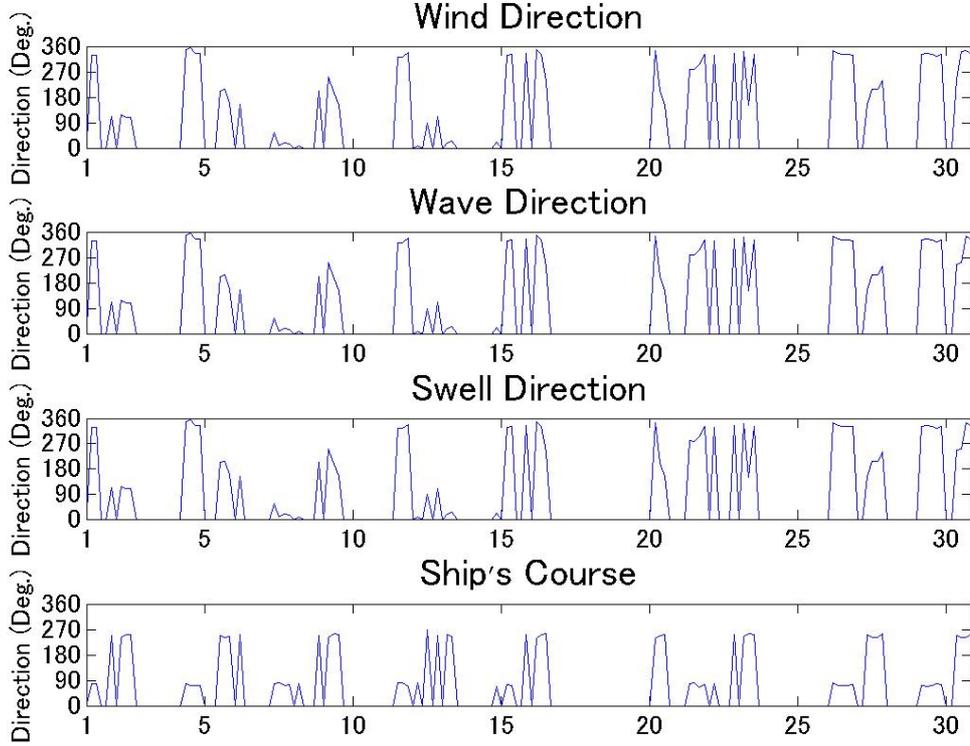




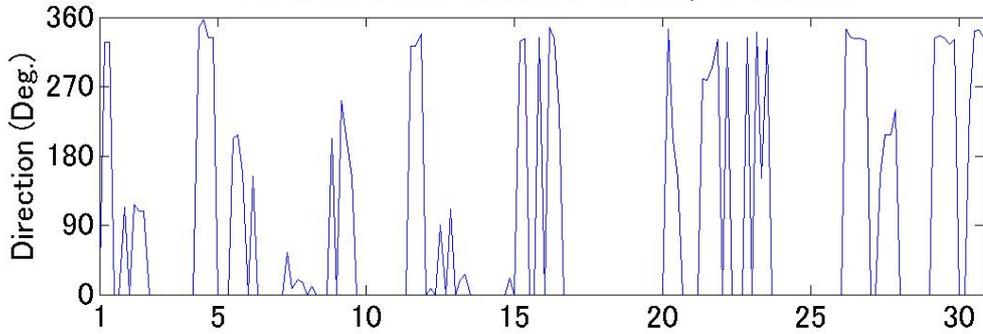




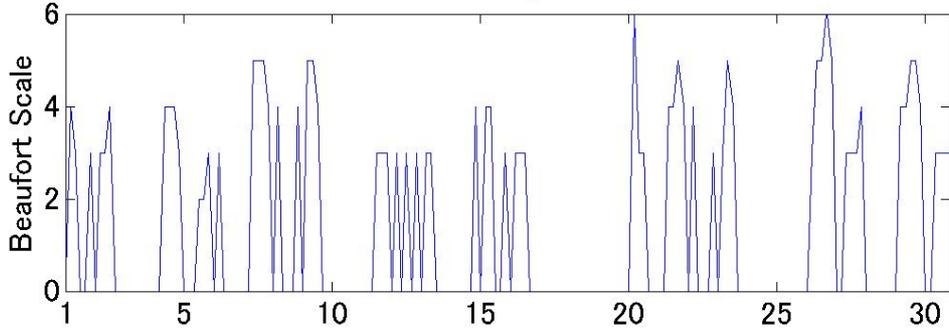
### Weather Information (Relative to Ship's Course)

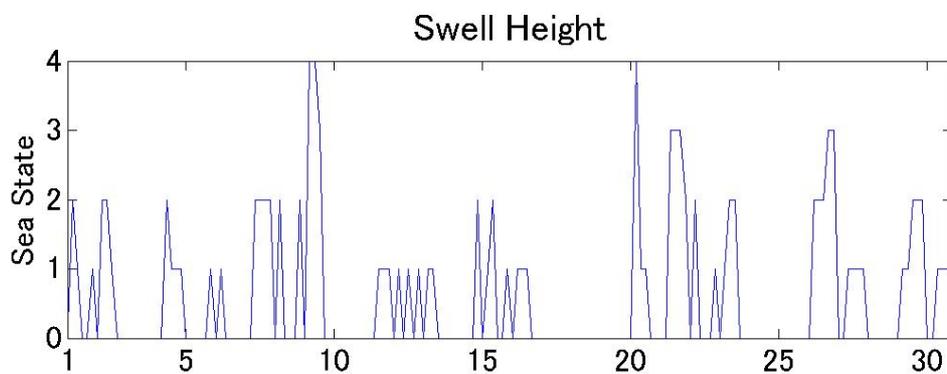
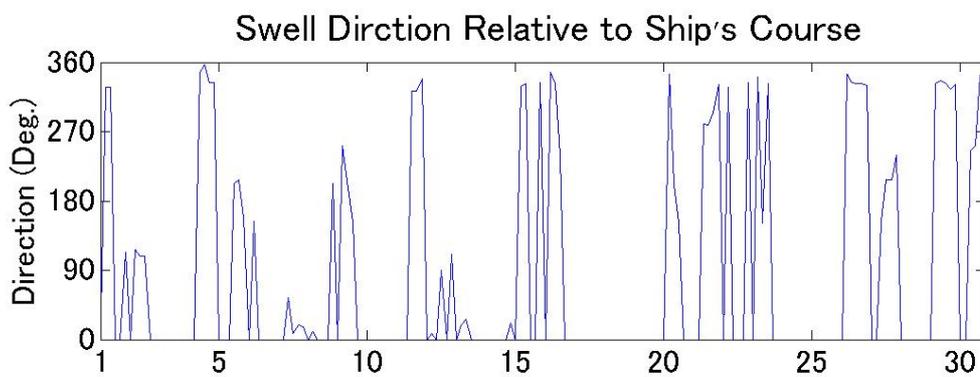
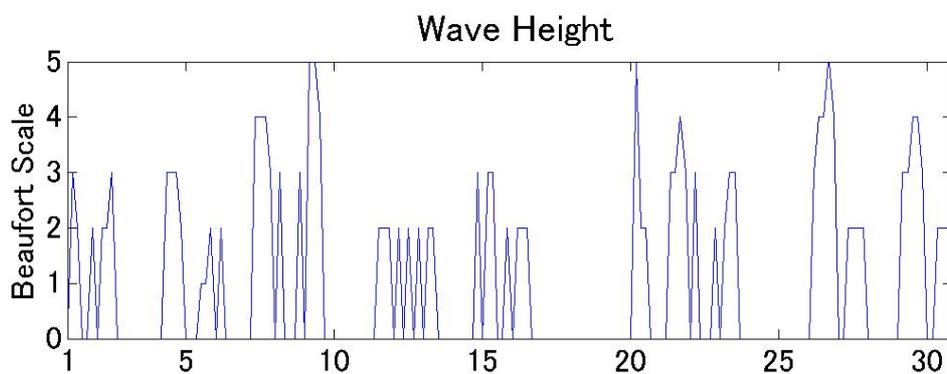
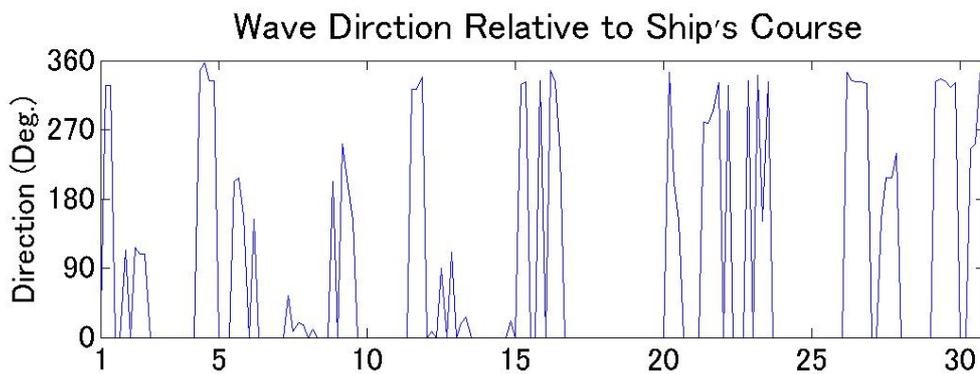


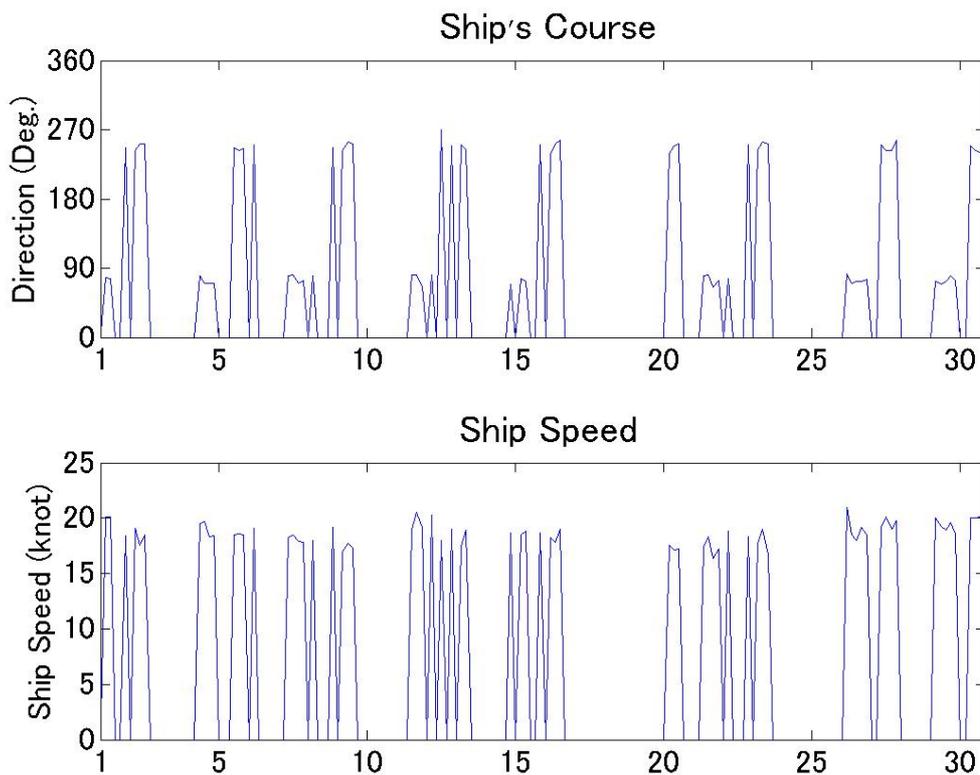
### Wind Dirction Relative to Ship's Course



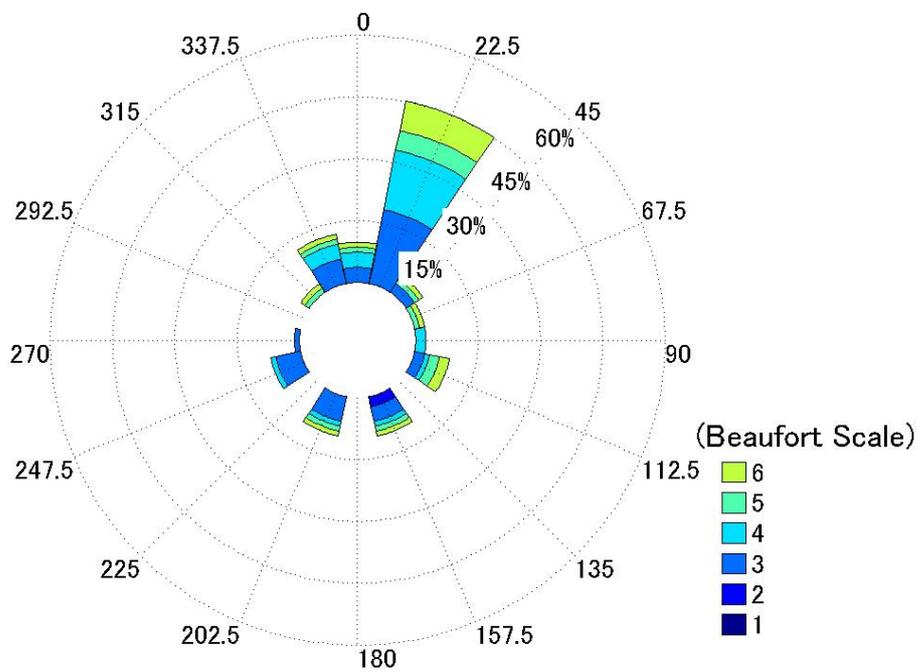
### Wind Speed



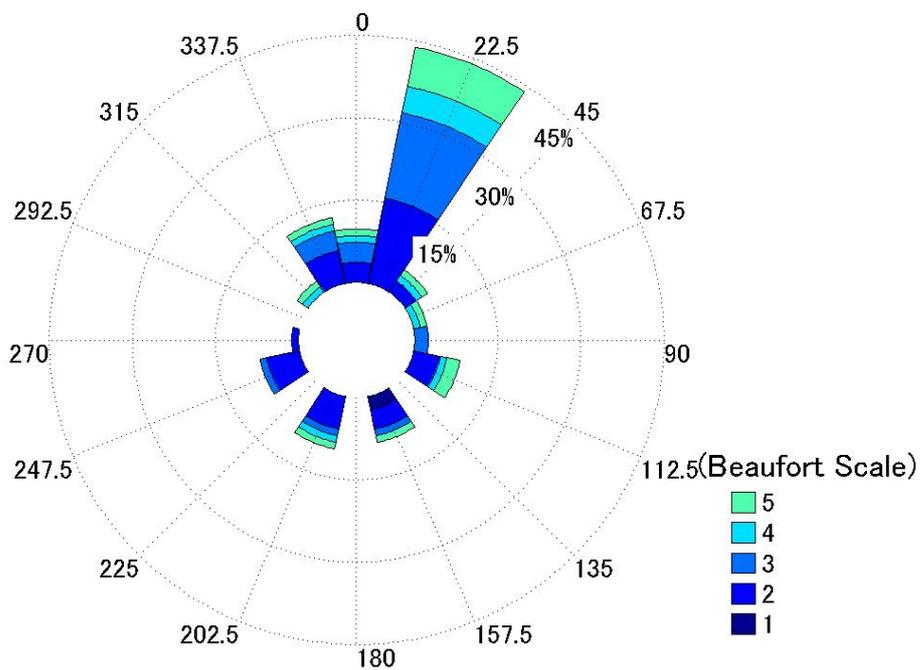




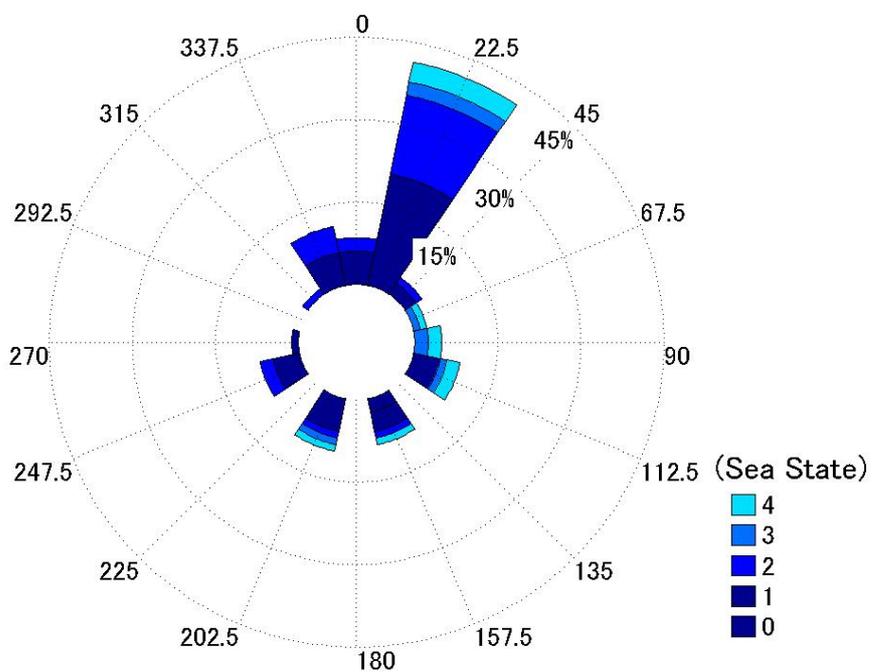
Wind Information Relative to Ship's Course



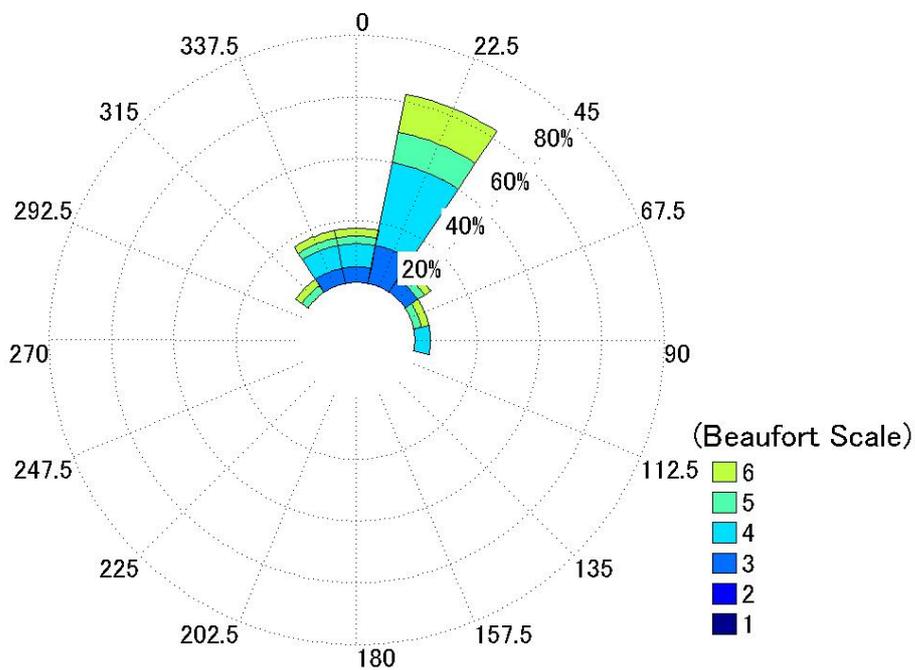
### Wave Information Relative to Ship's Course



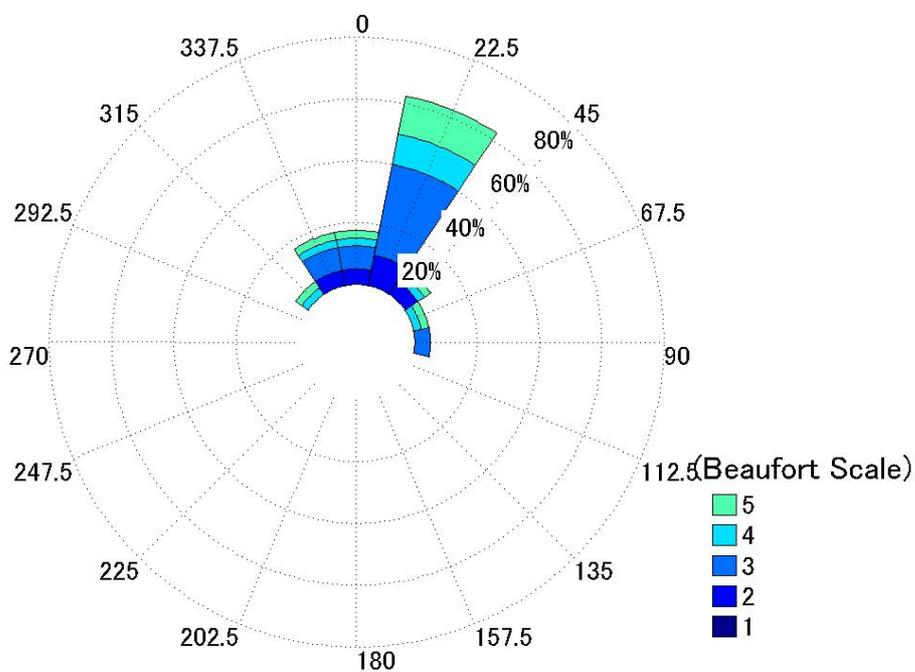
### Swell Information Relative to Ship's Course



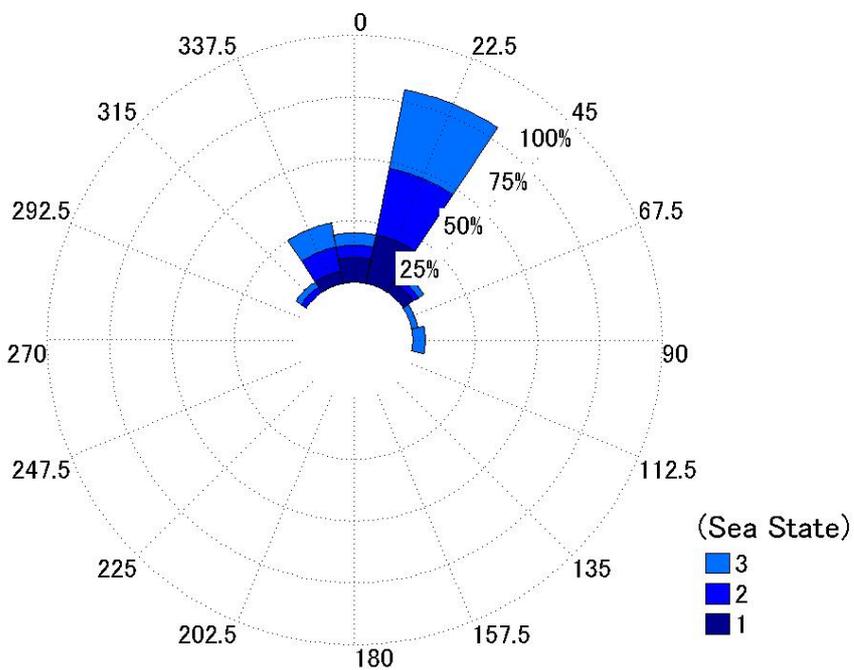
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



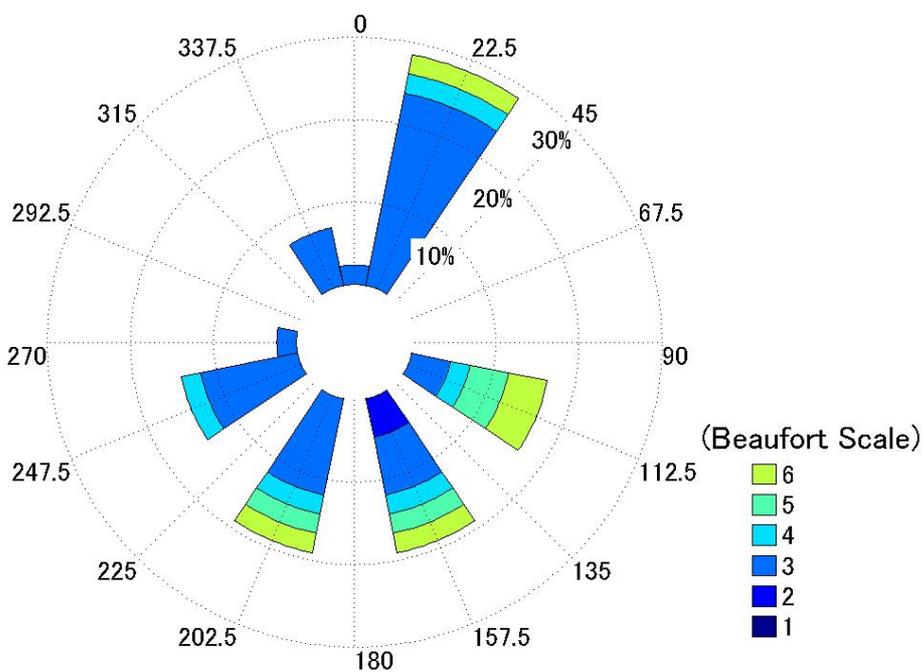
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



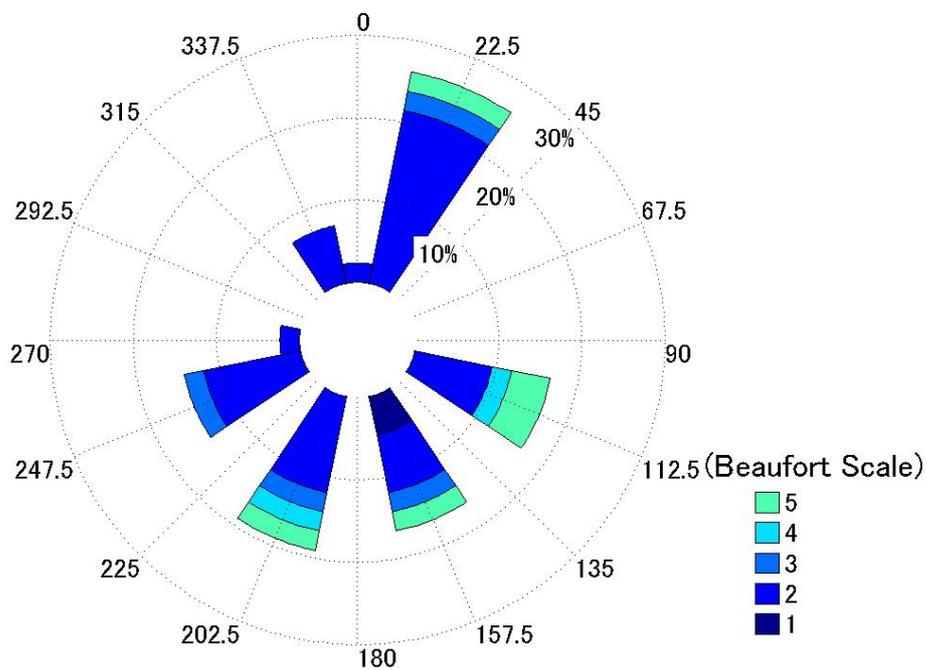
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



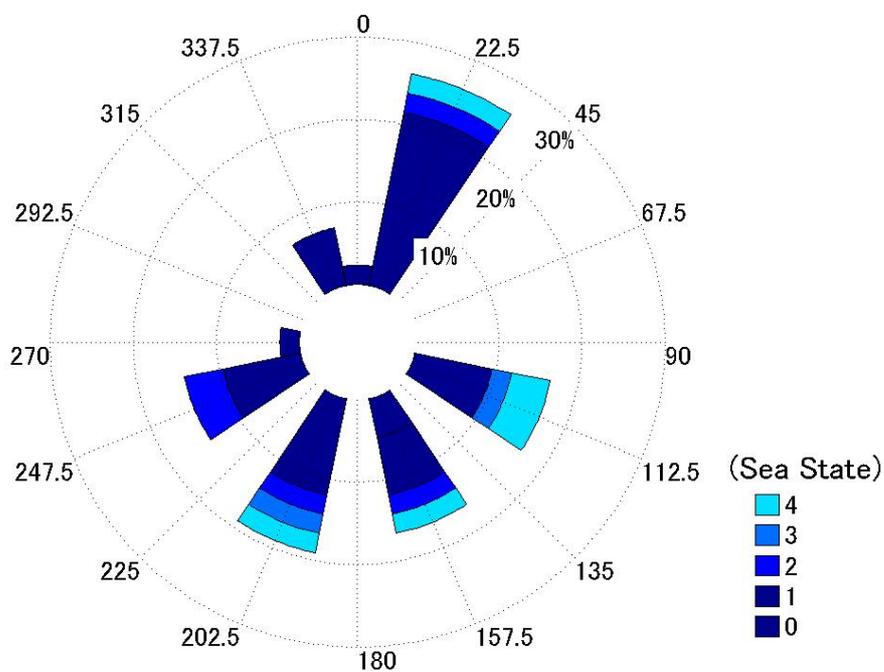
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

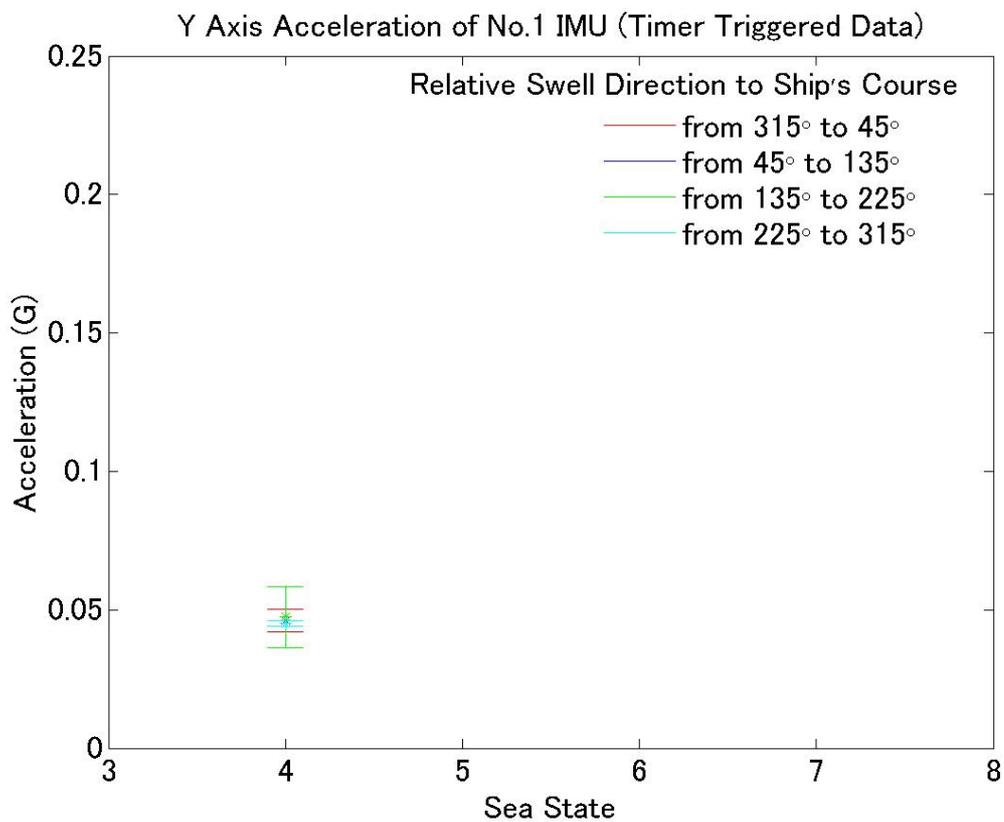
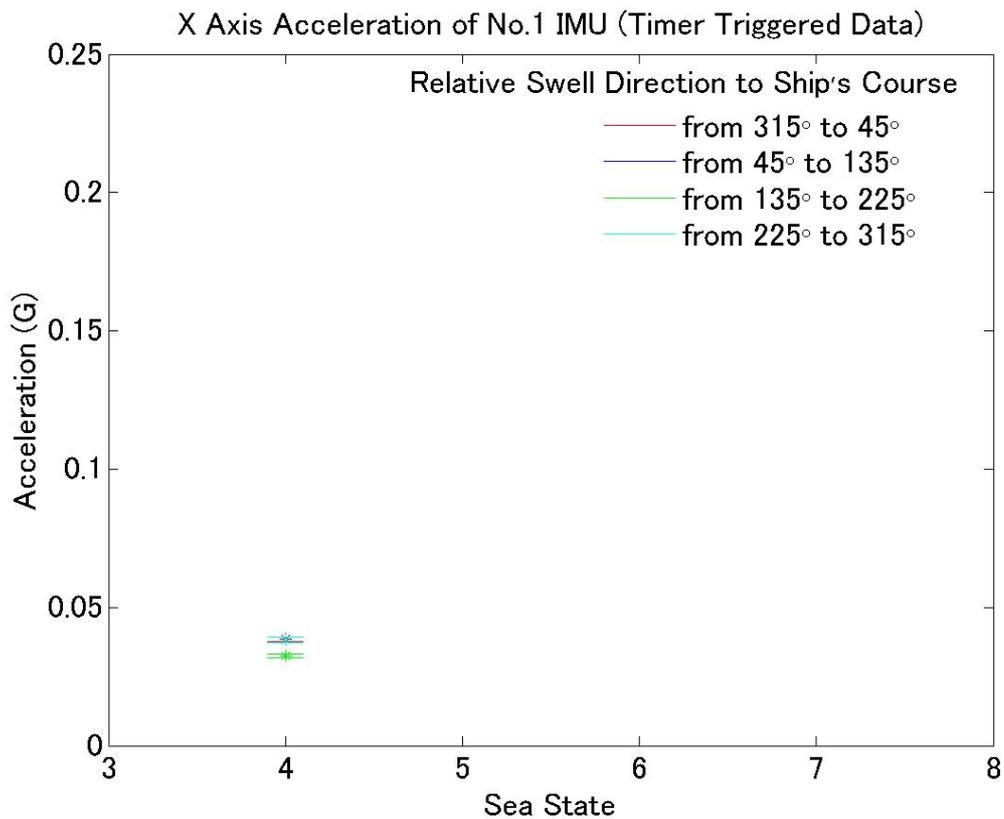


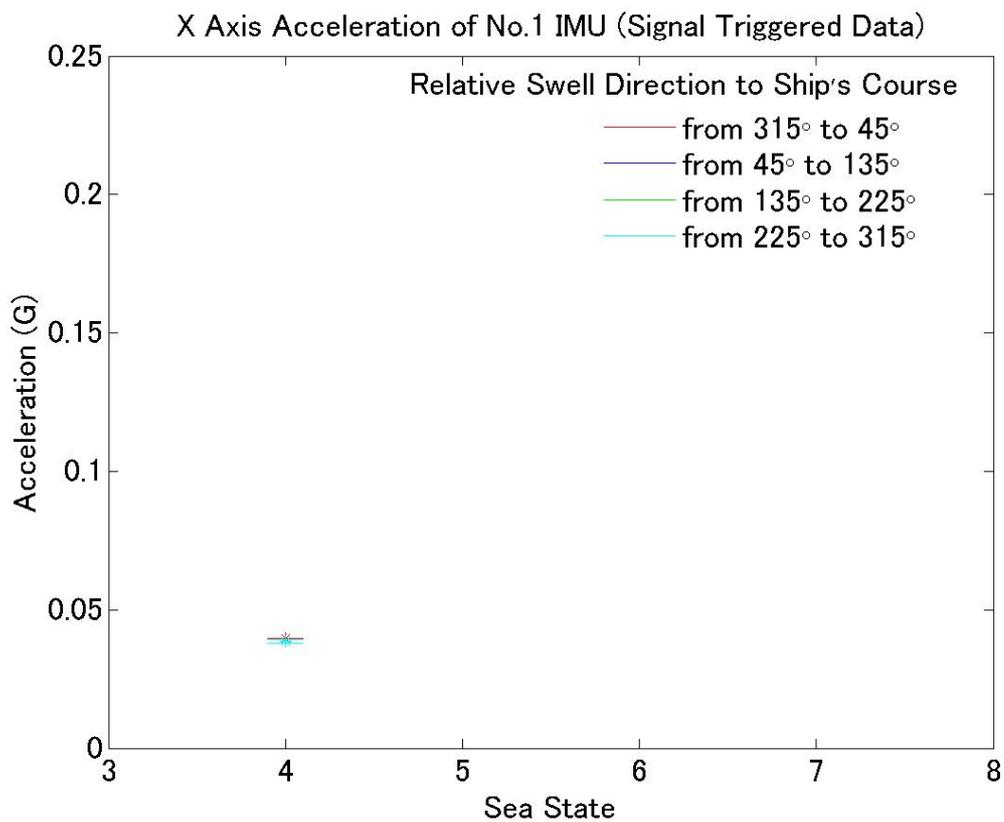
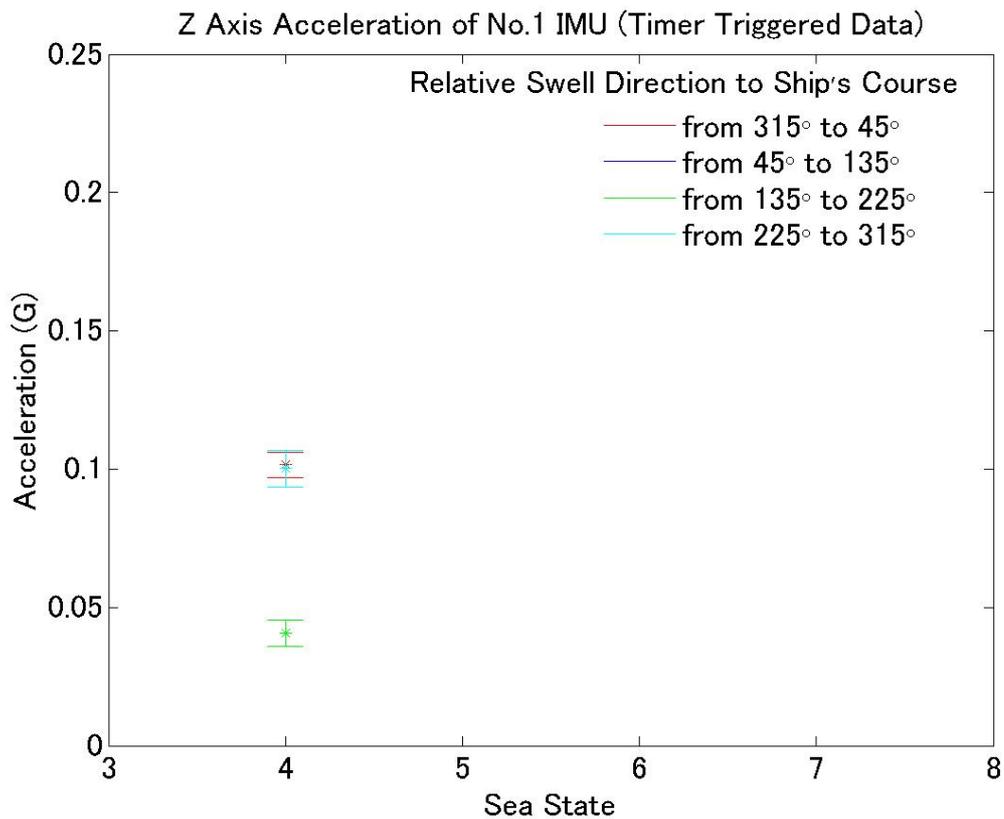
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

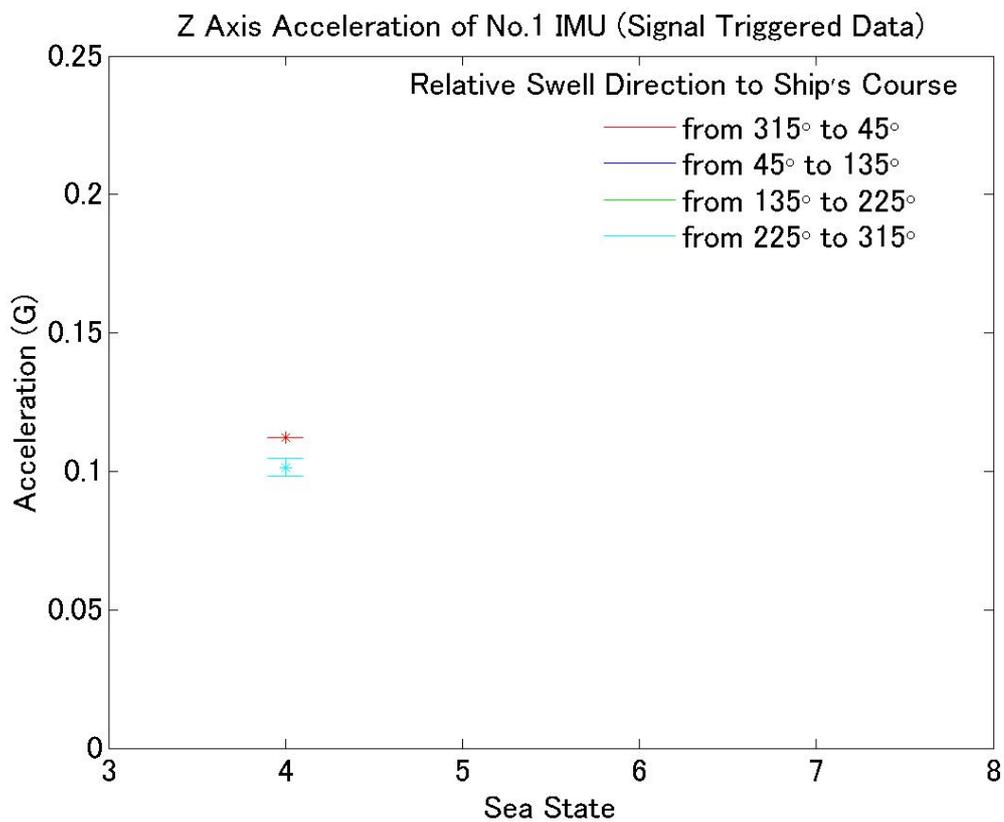
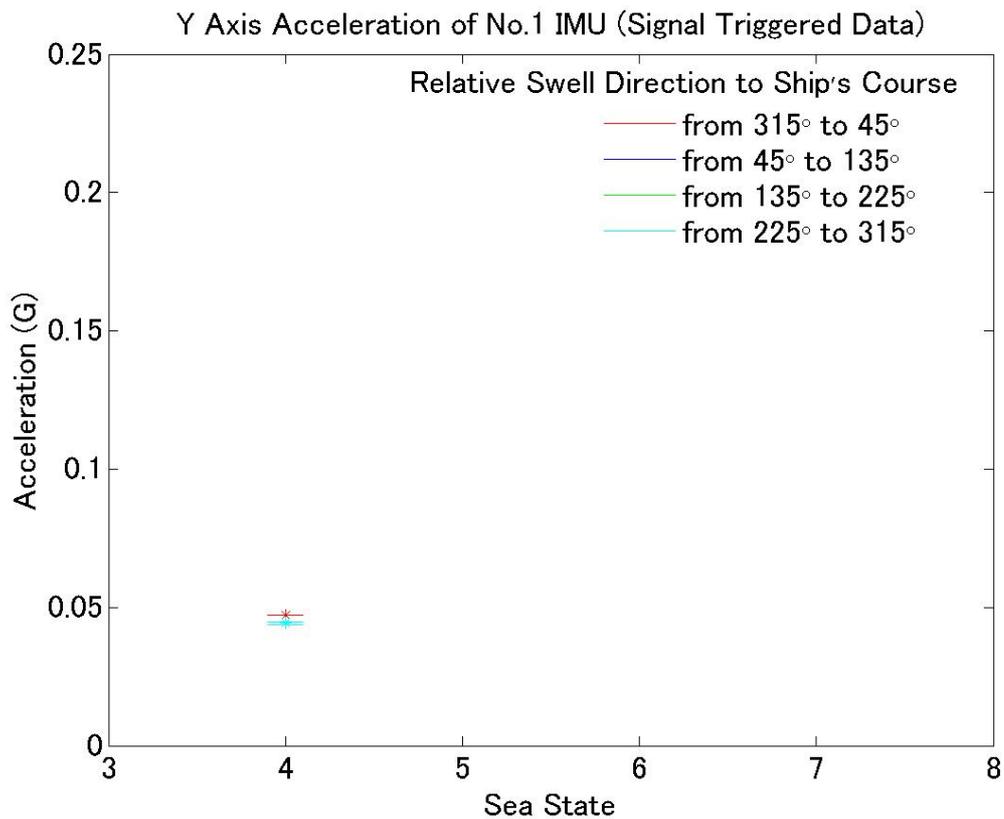


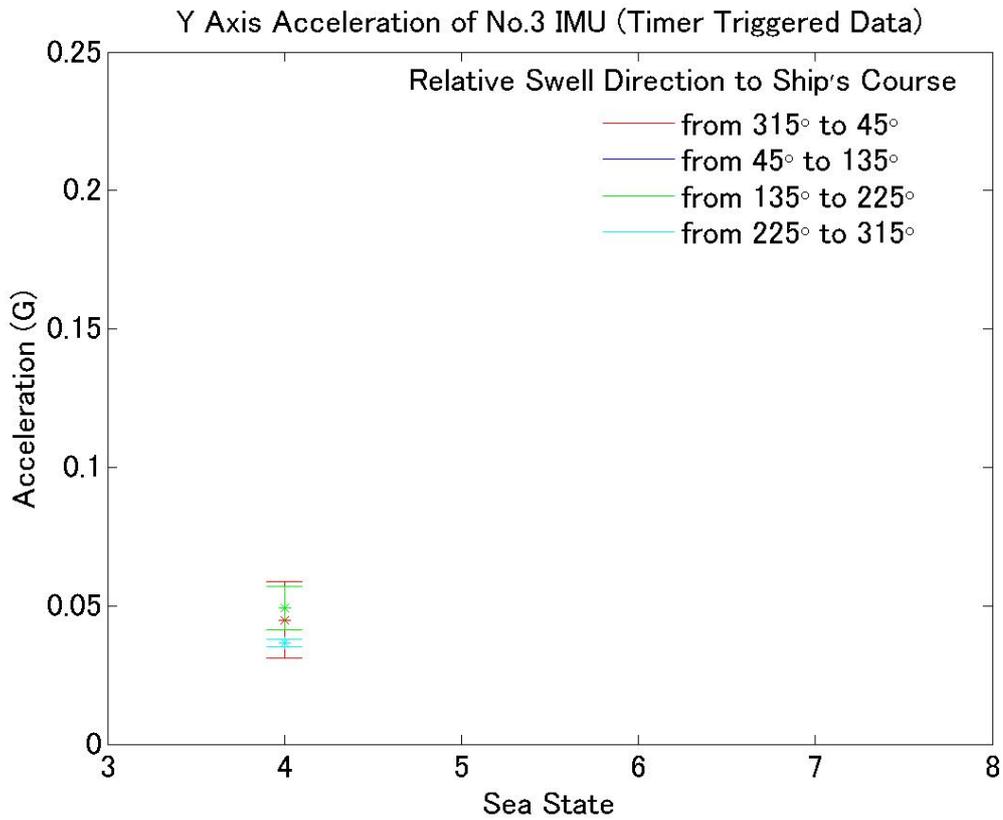
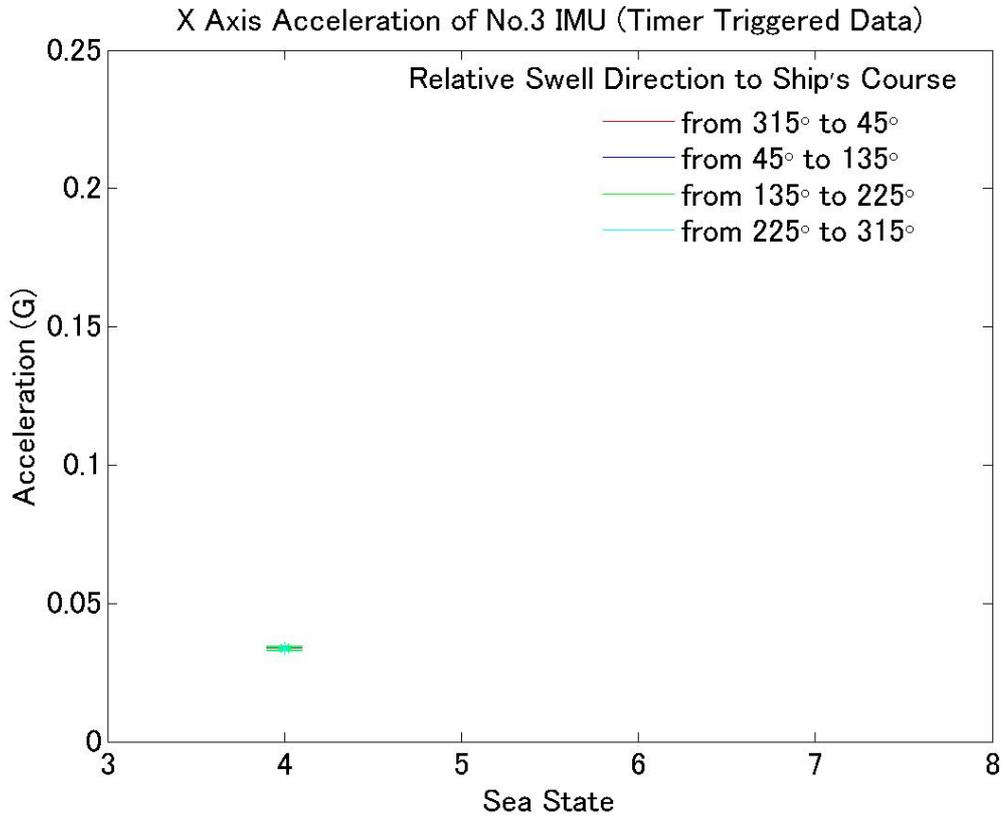
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

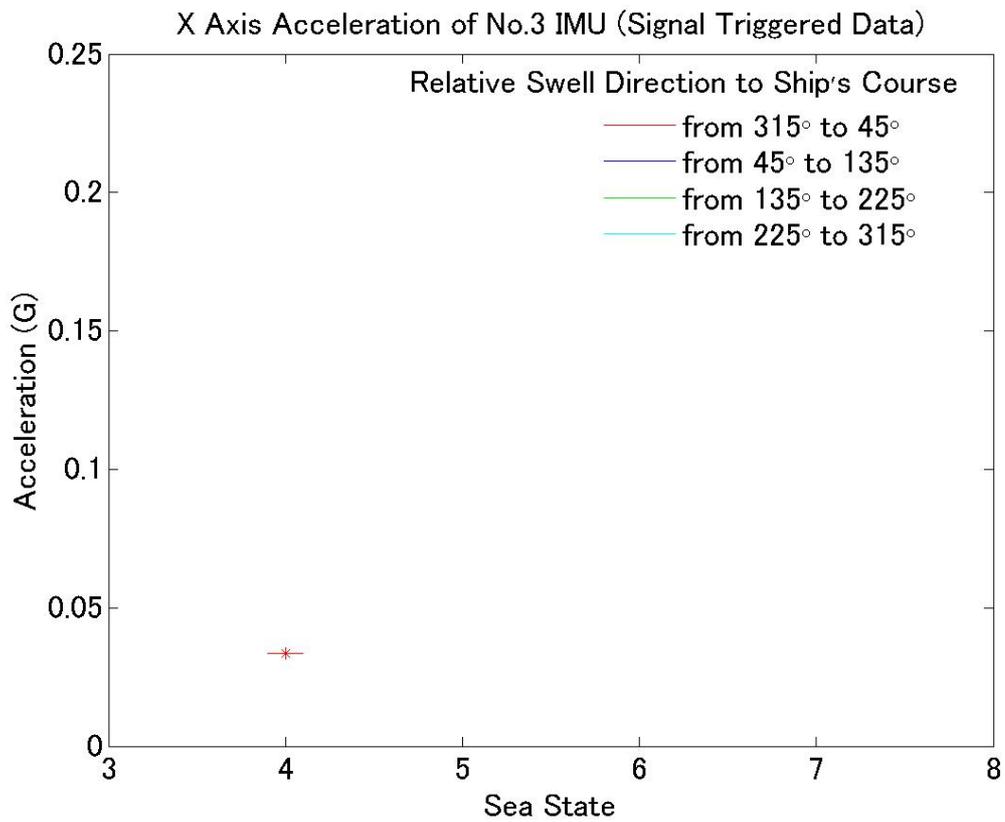
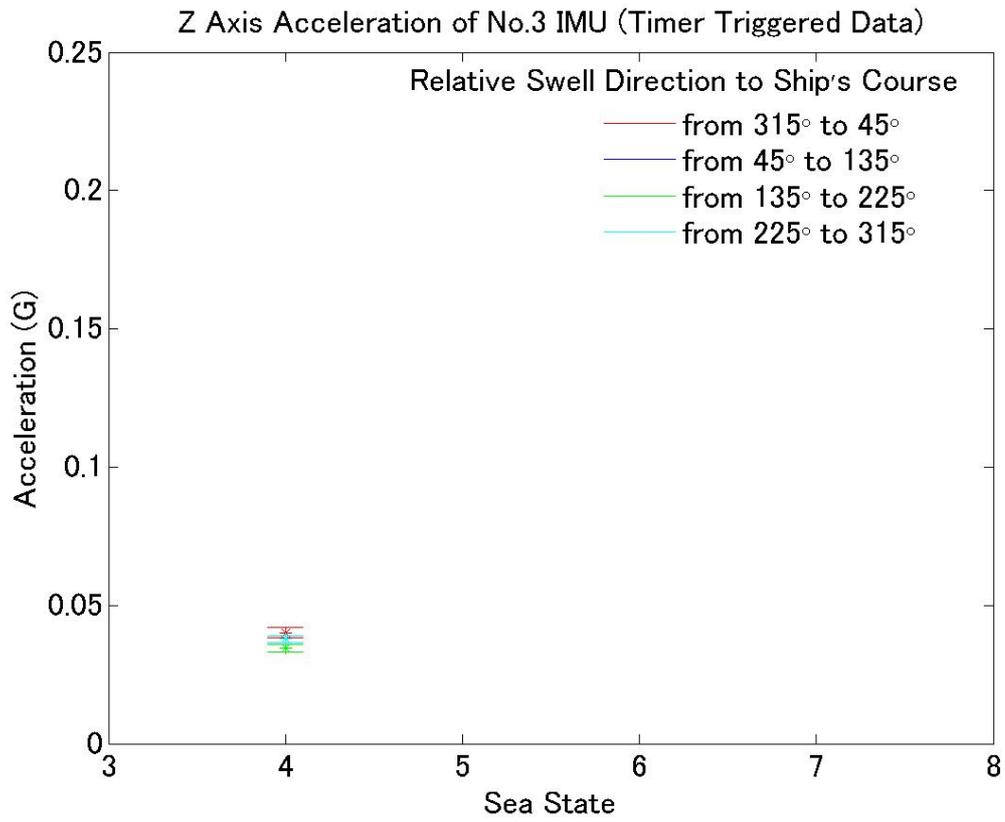


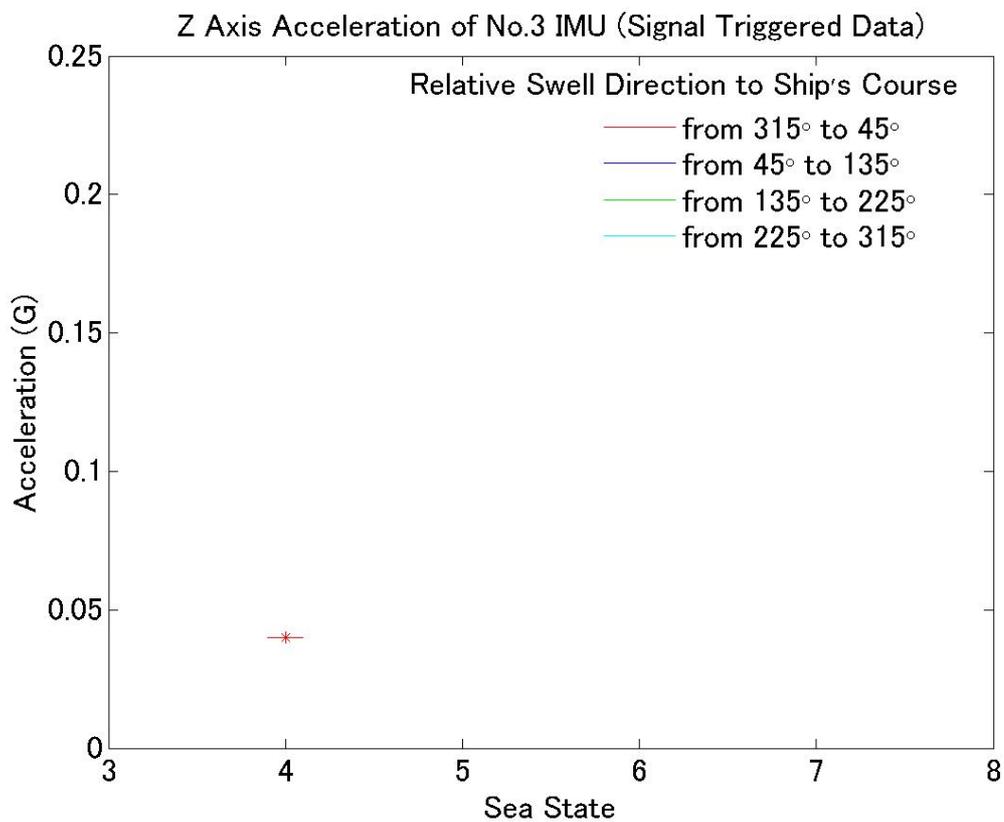
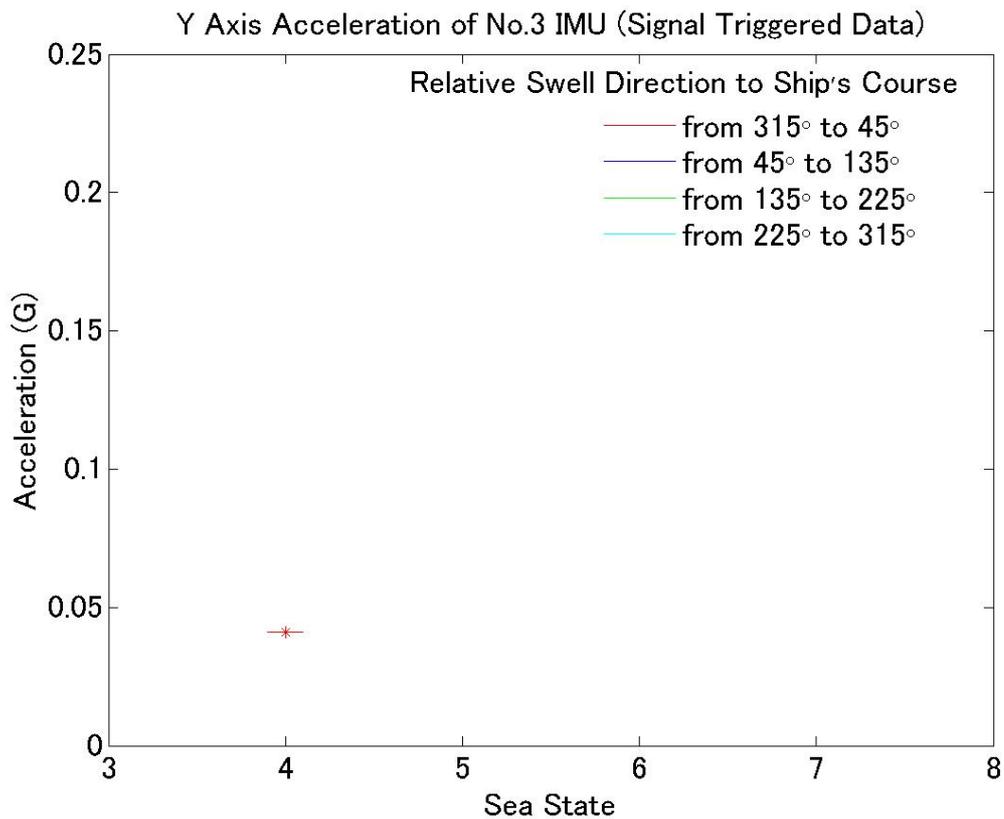


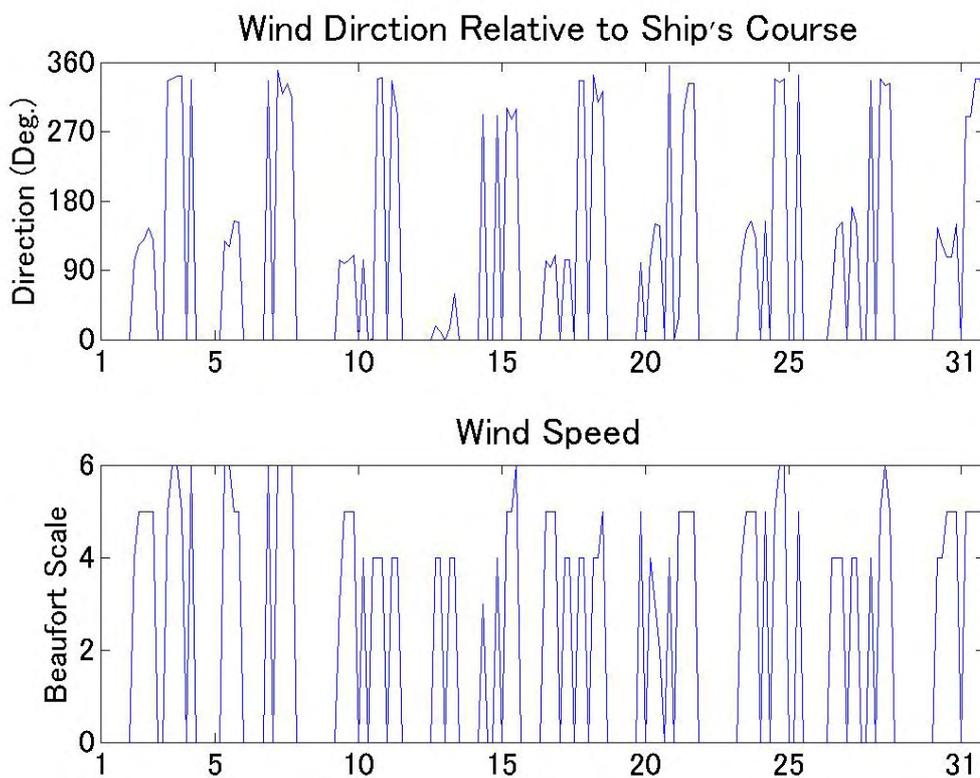
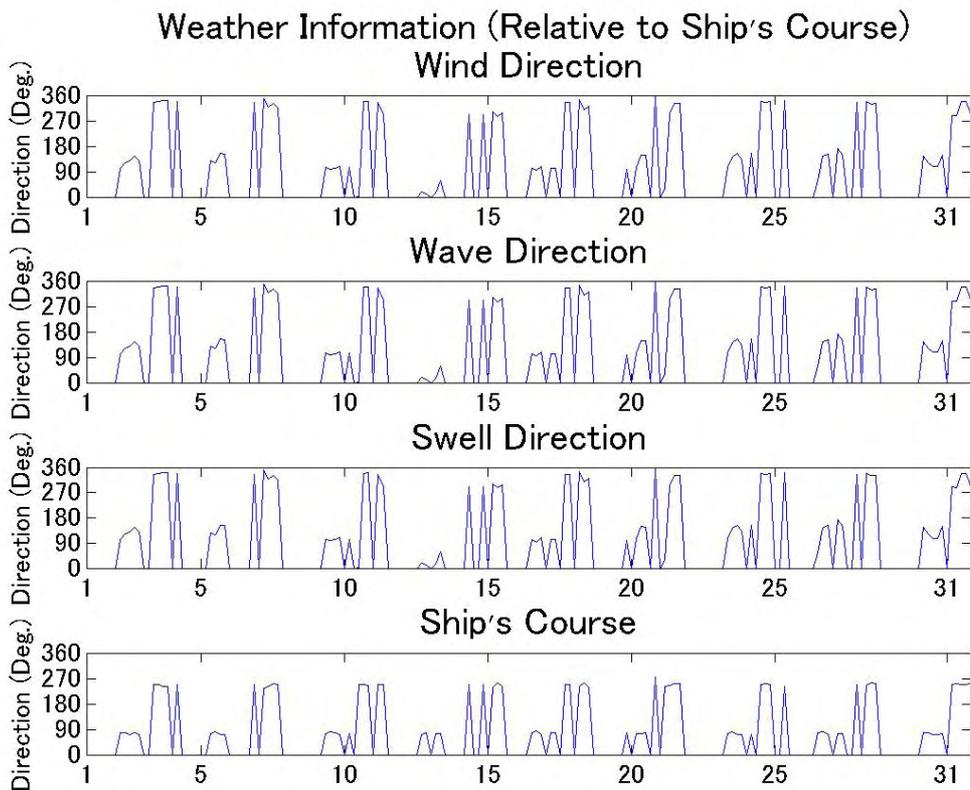


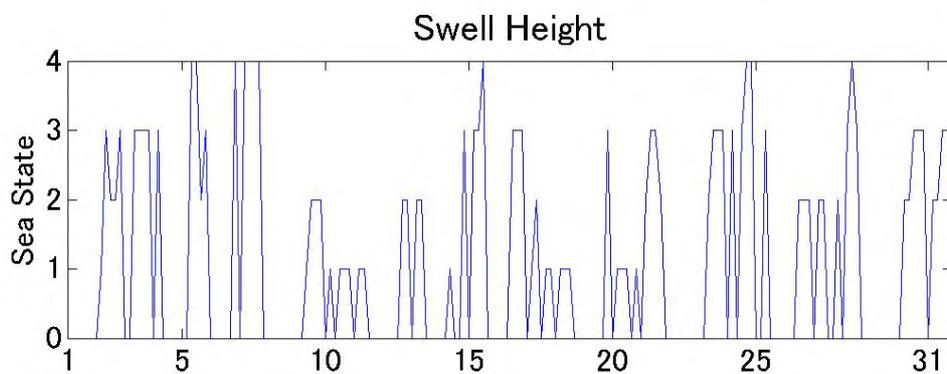
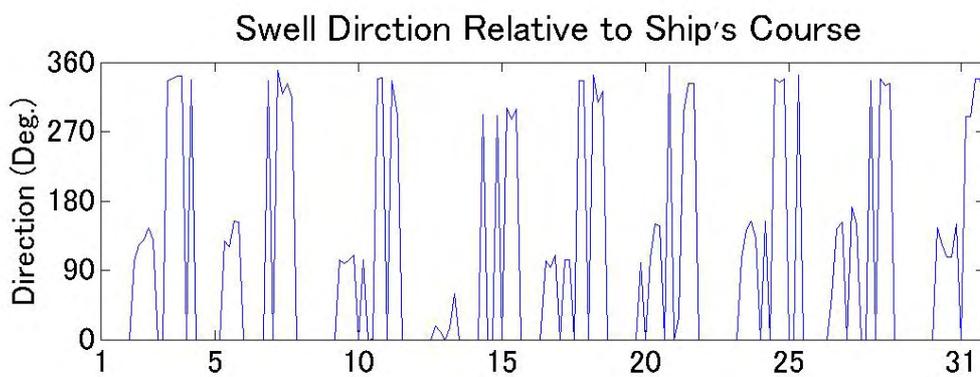
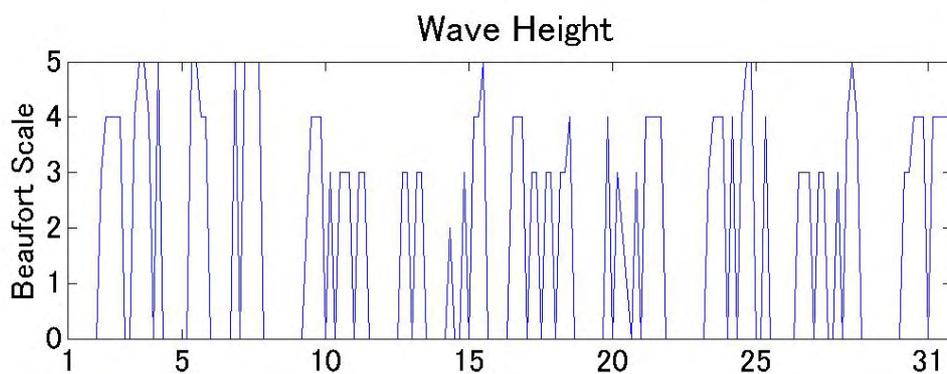
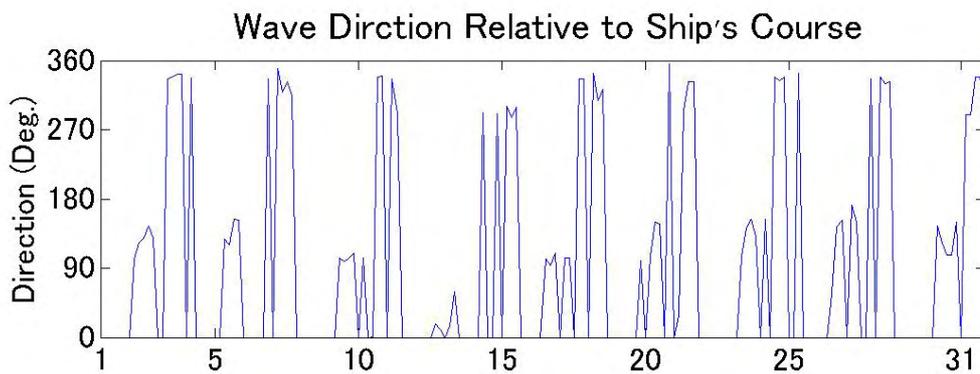


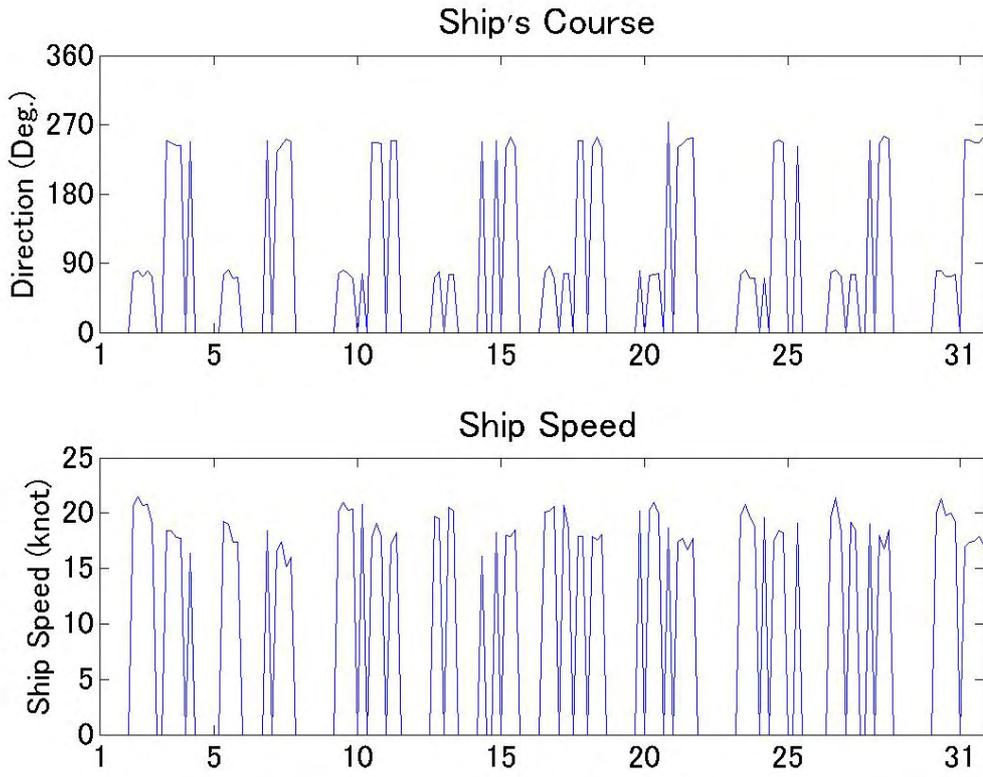




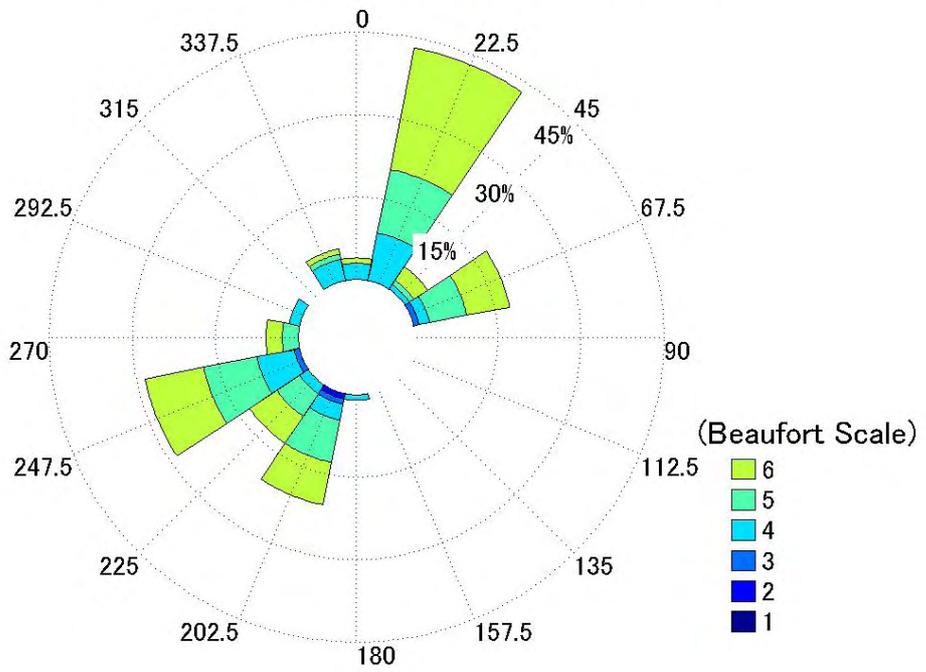




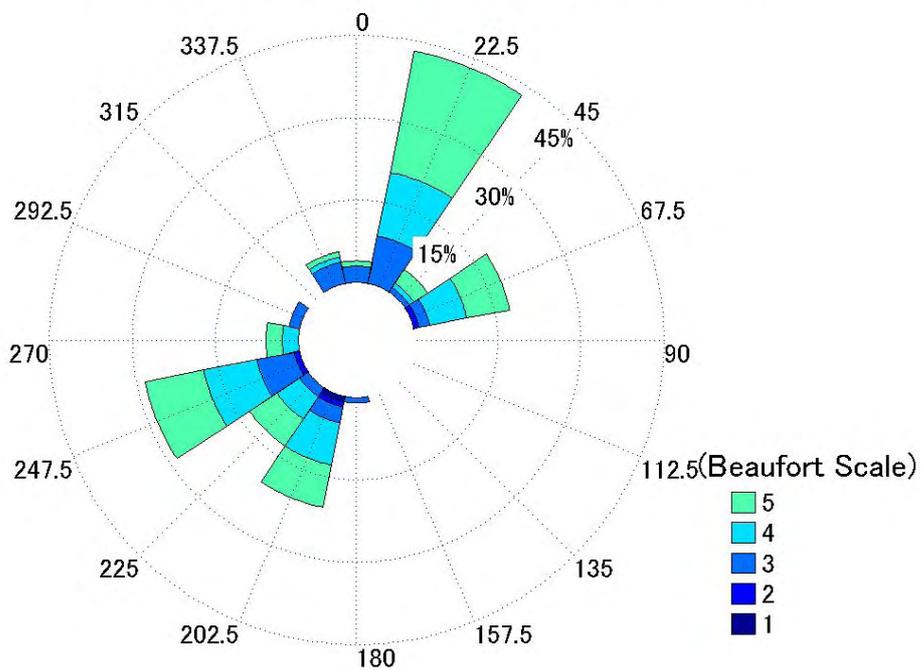




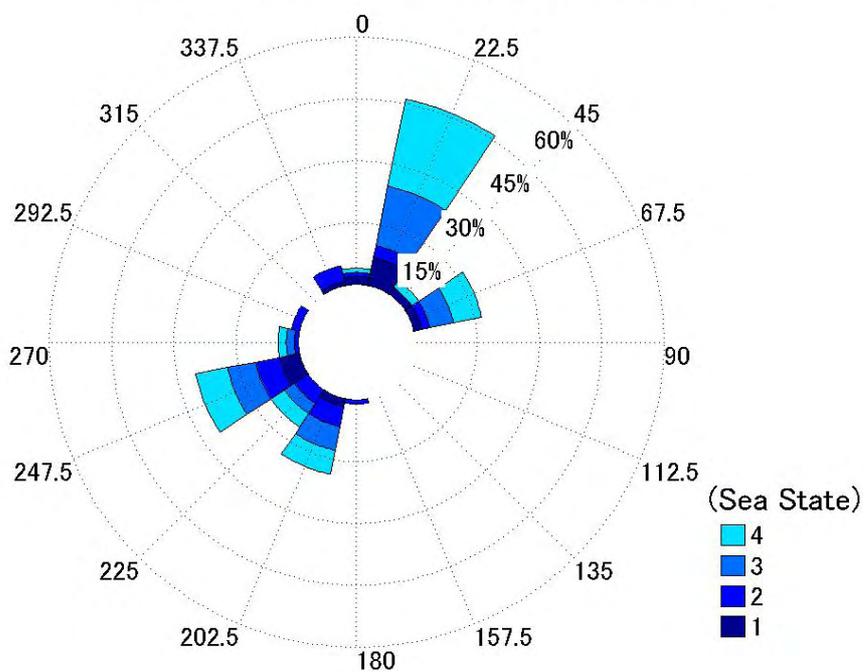
Wind Information Relative to Ship's Course



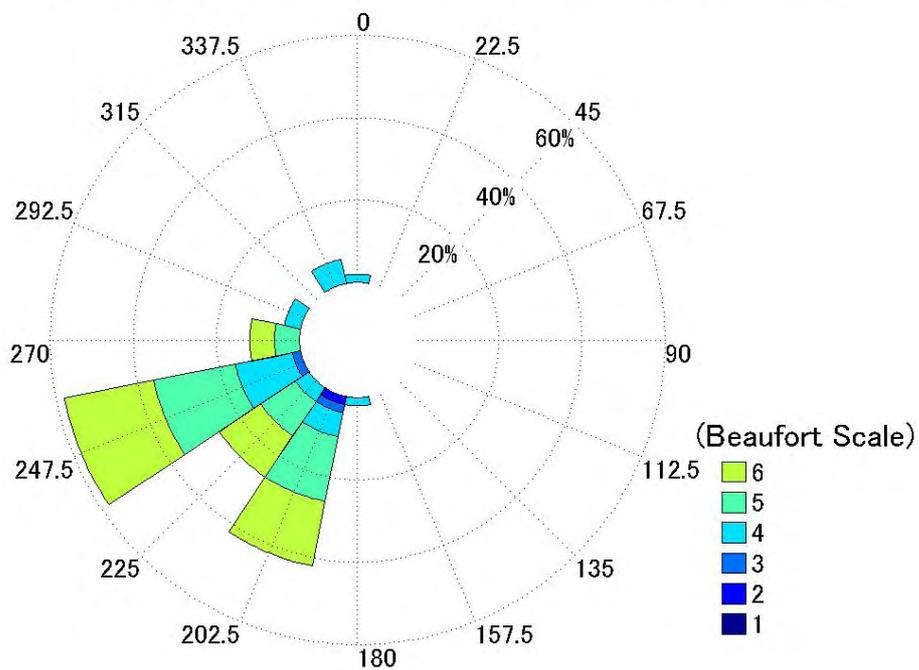
Wave Information Relative to Ship's Course



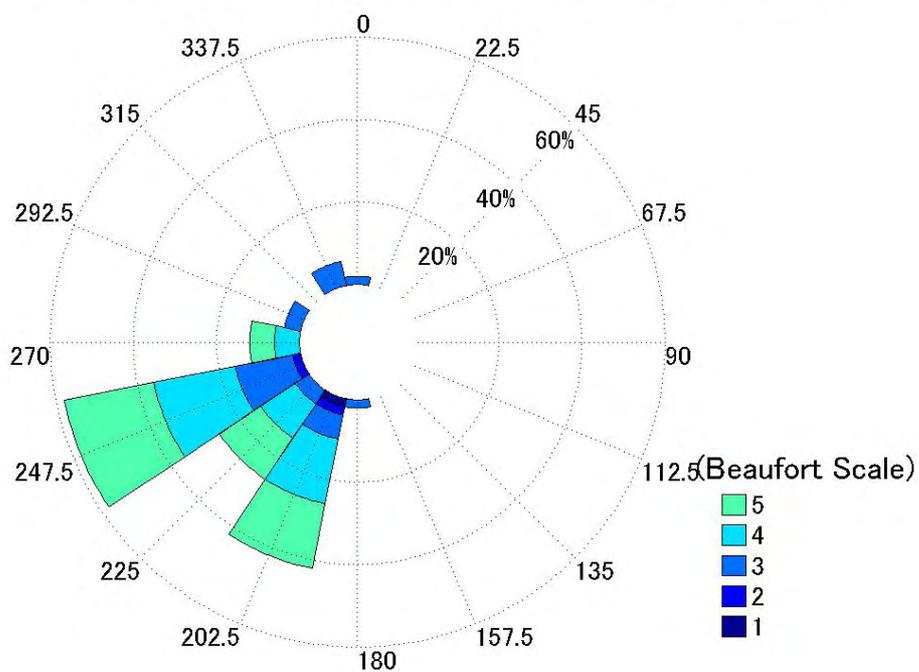
Swell Information Relative to Ship's Course



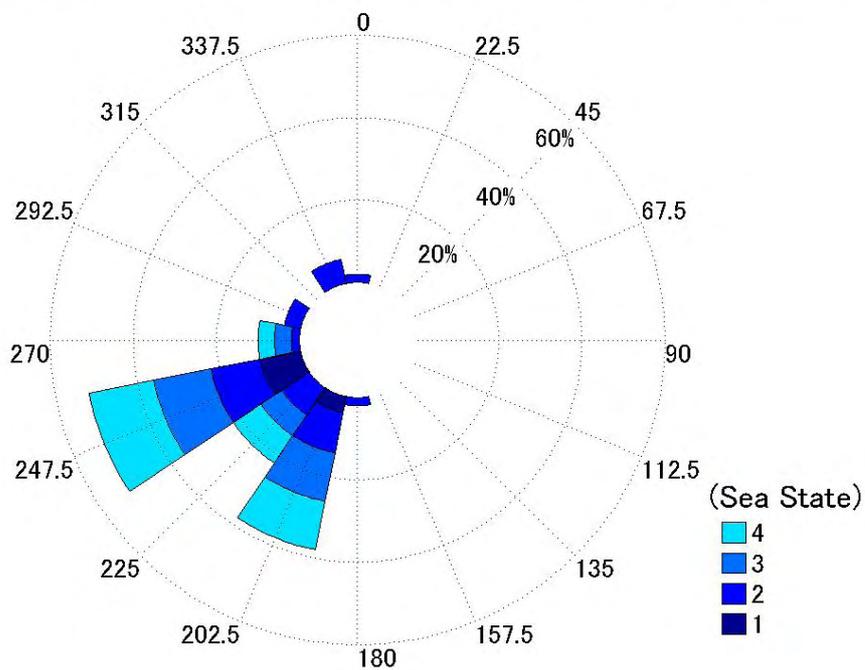
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



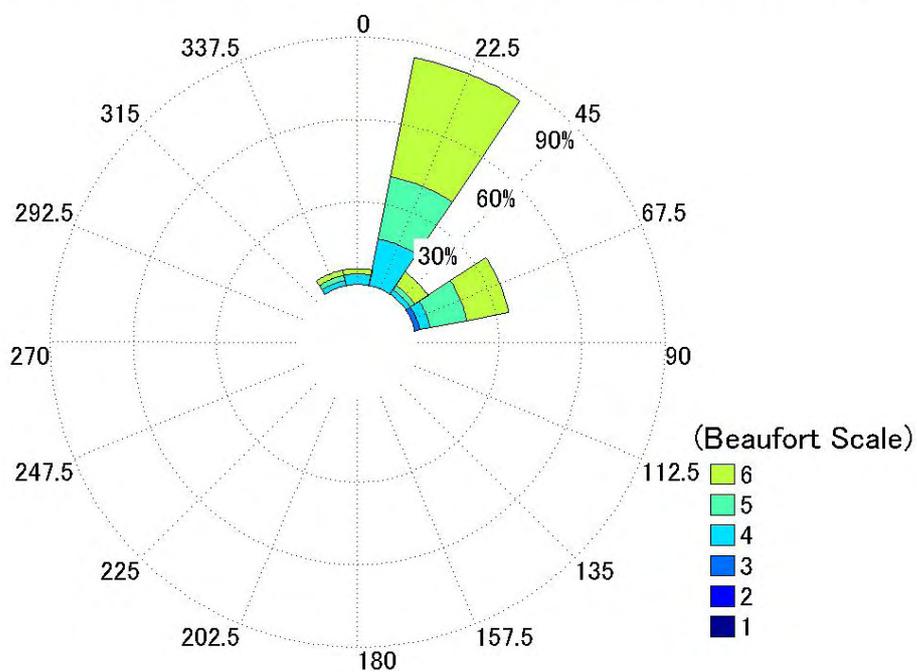
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



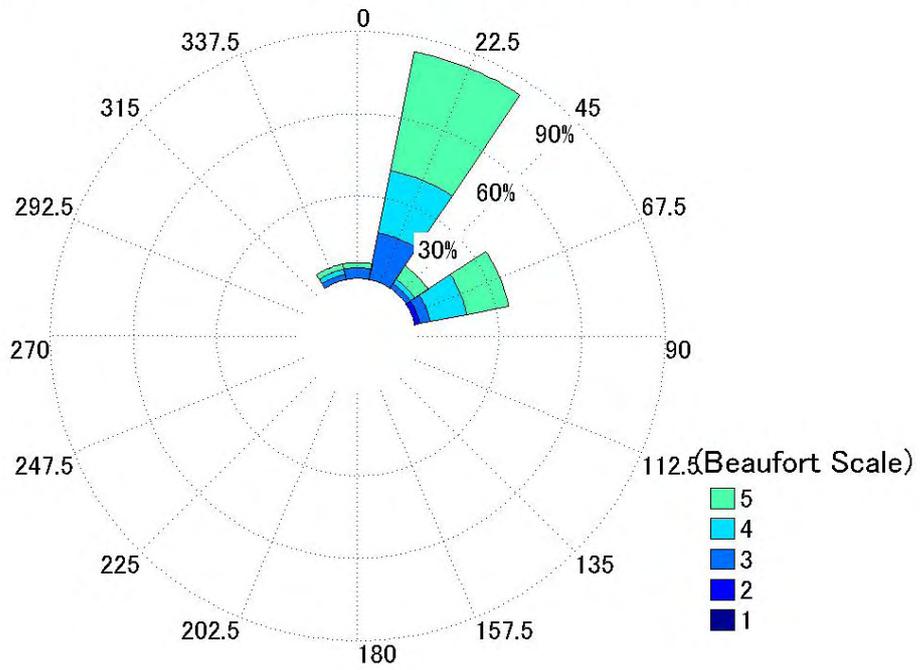
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



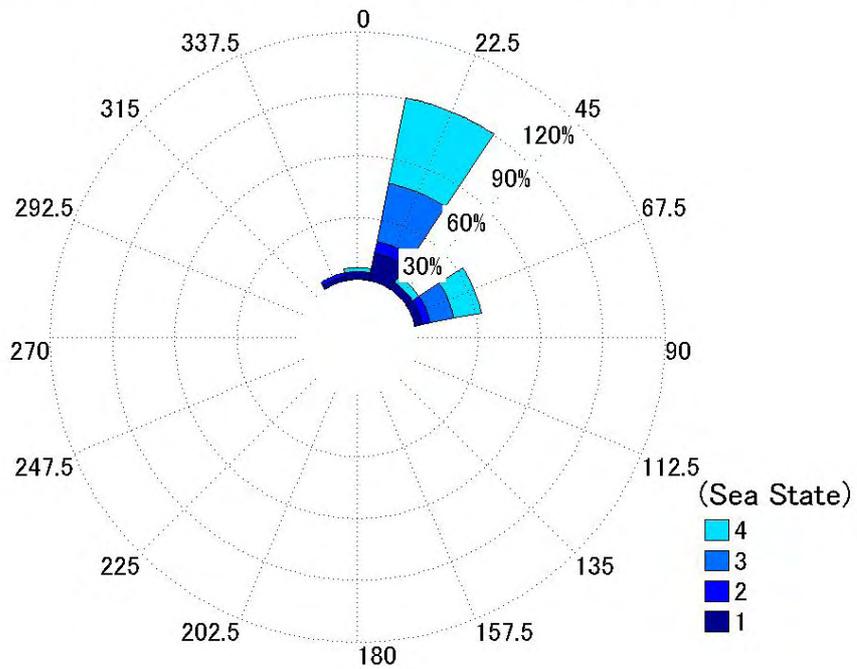
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

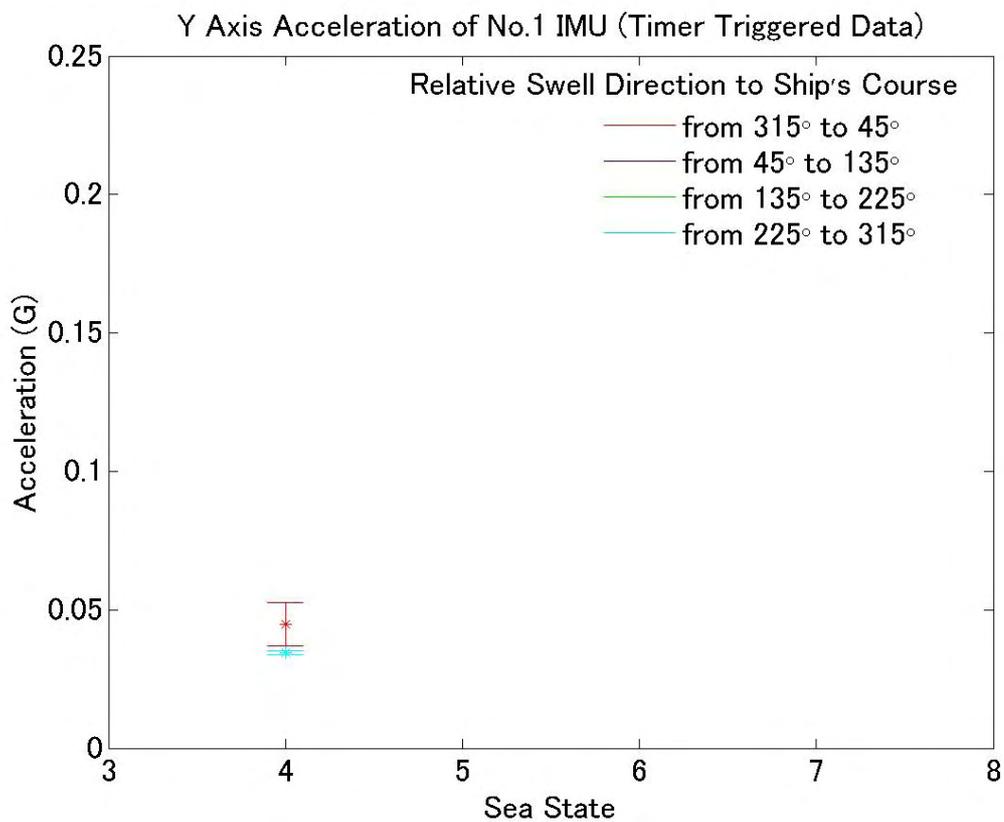
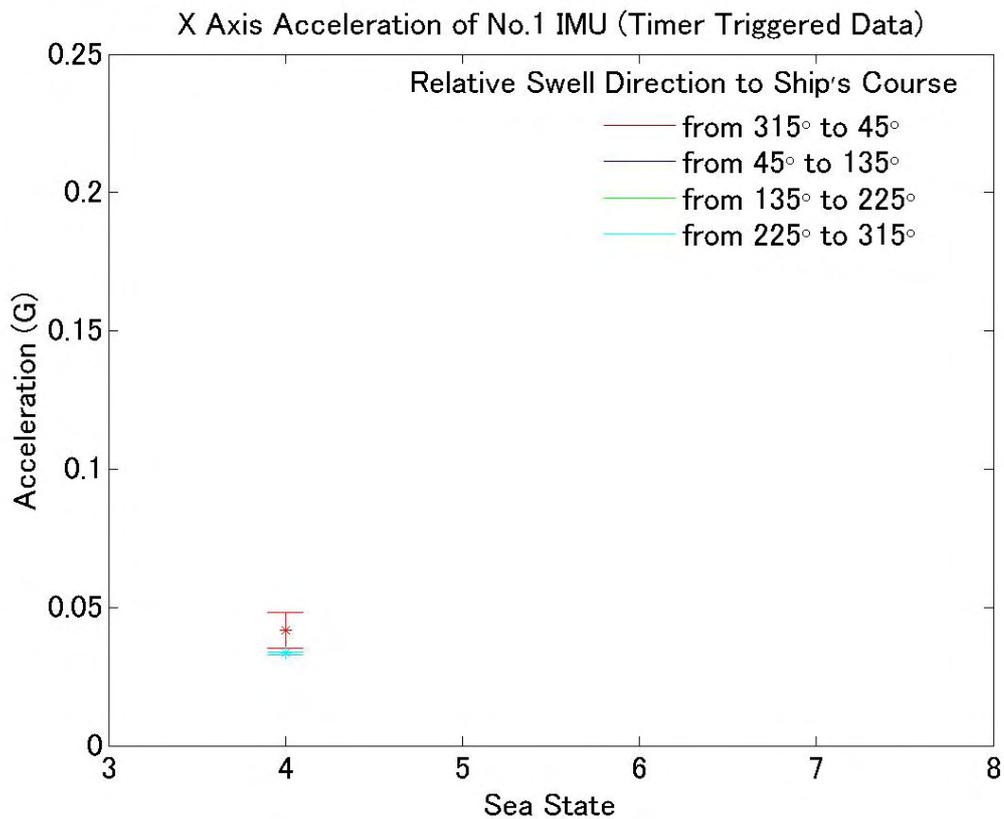


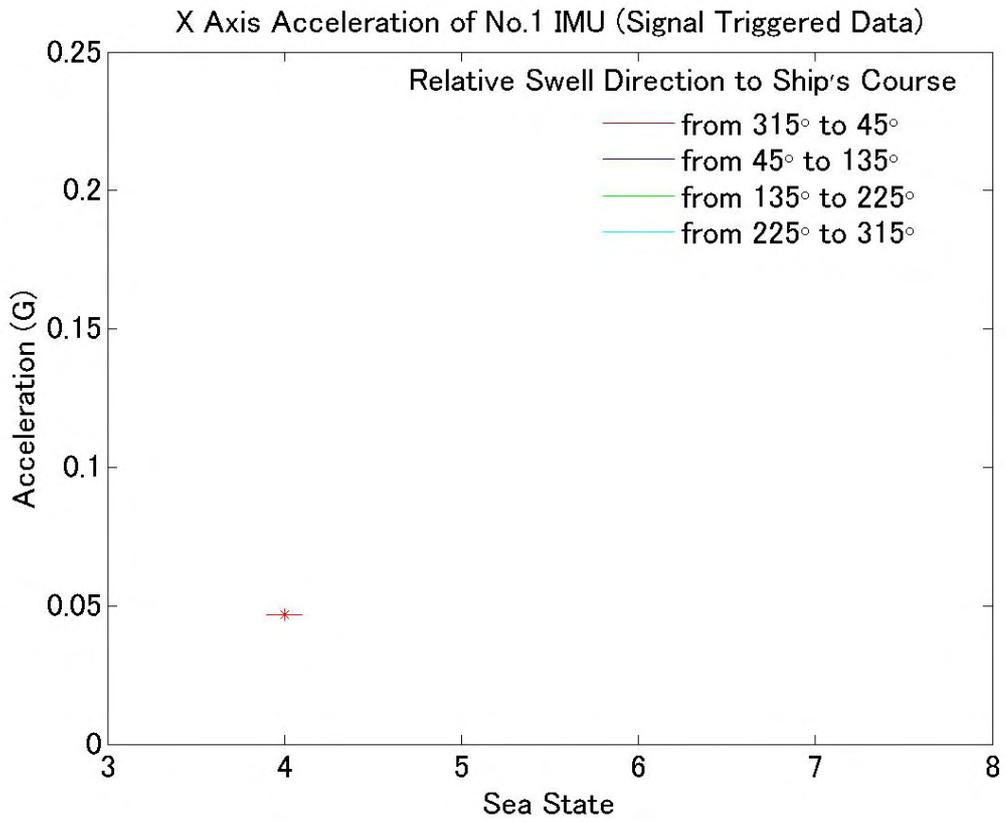
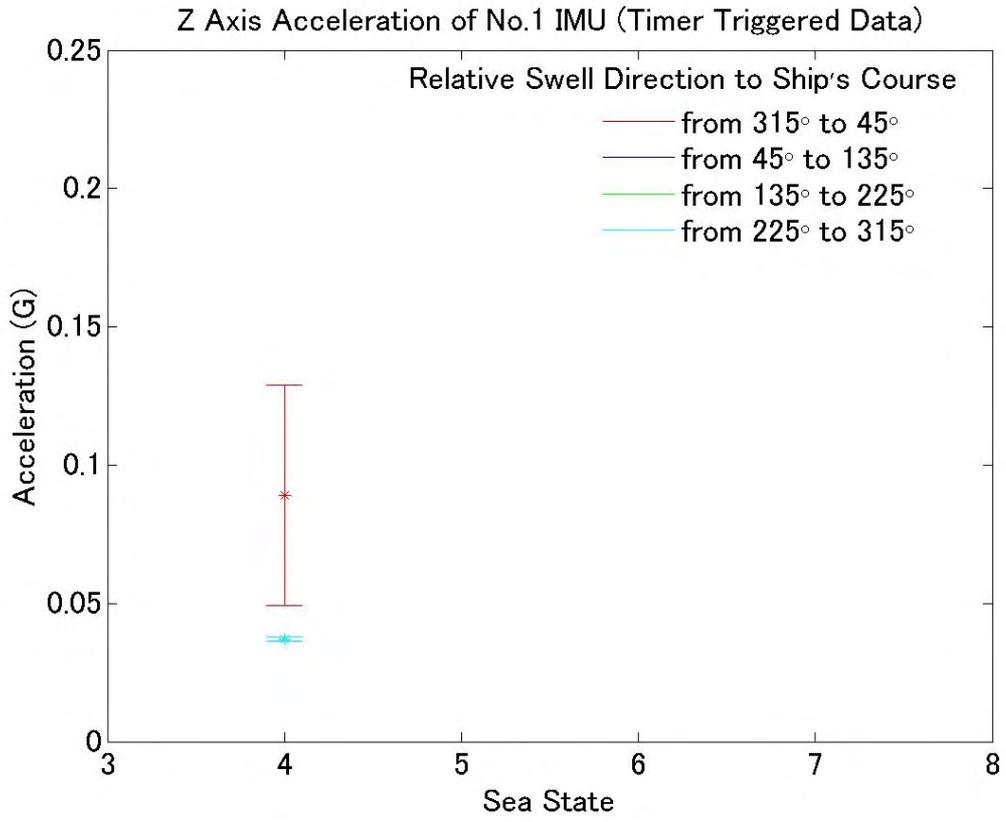
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

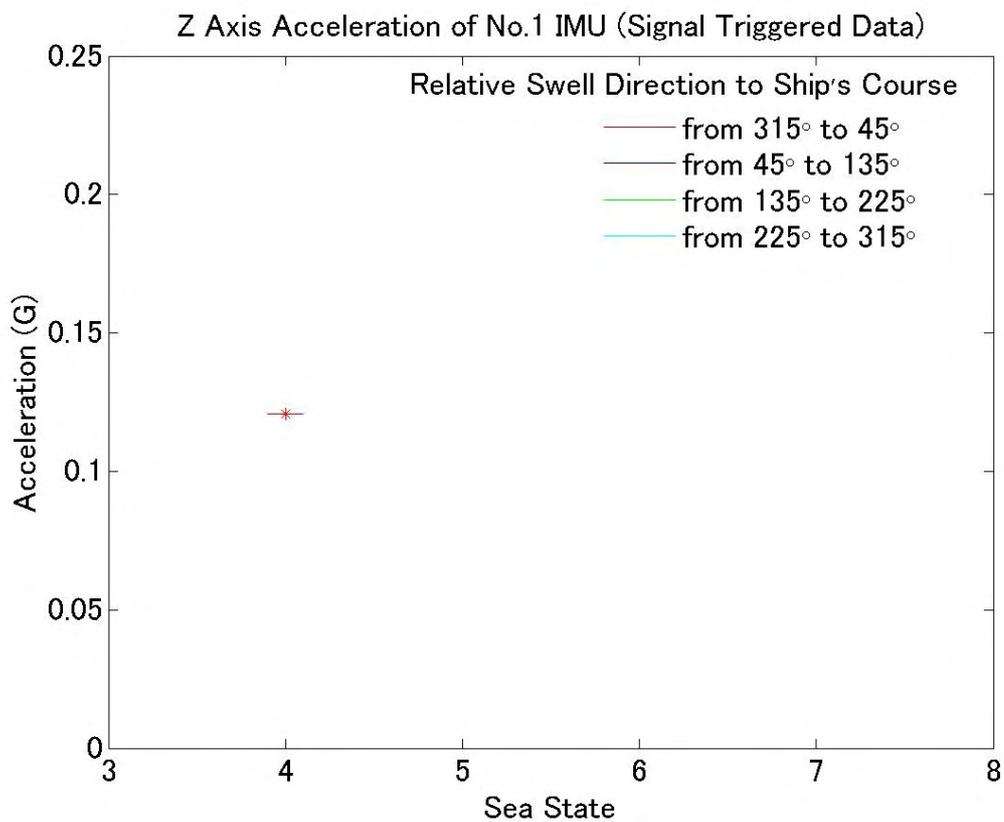
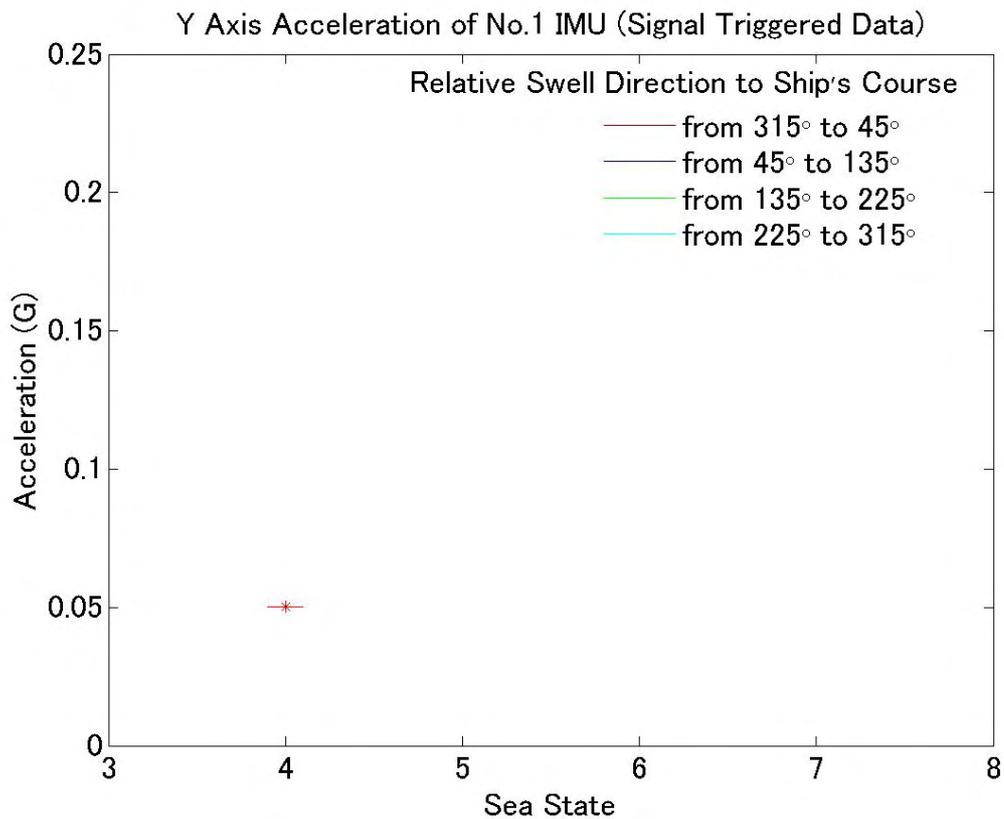


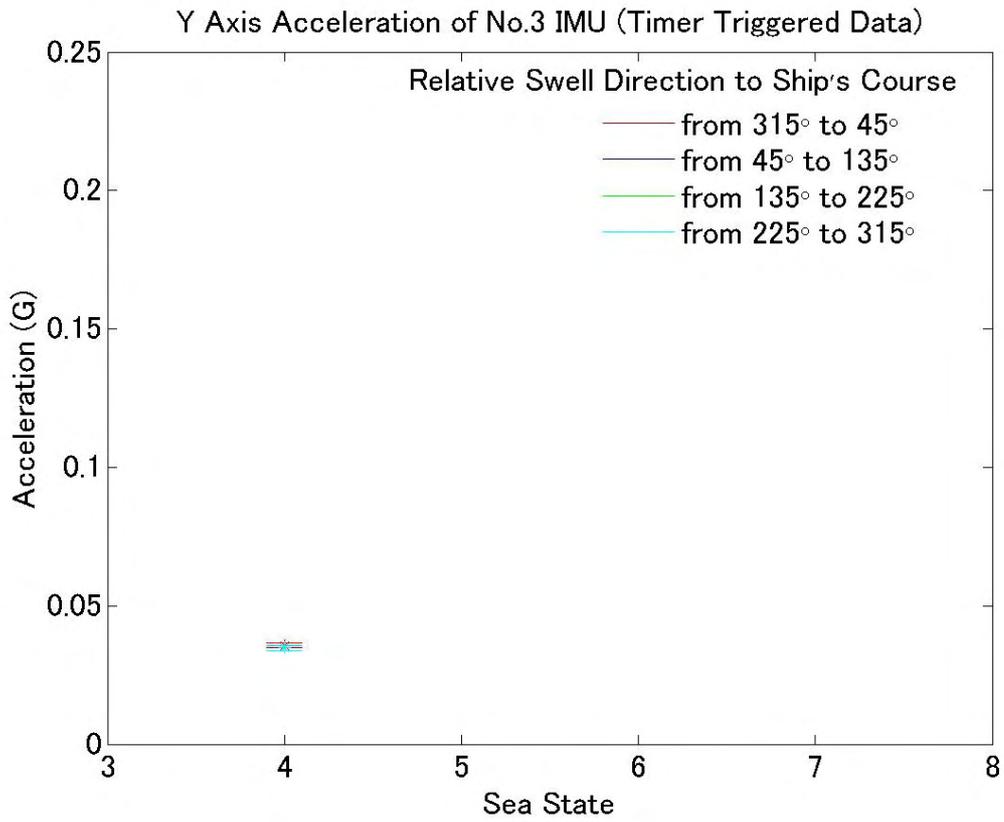
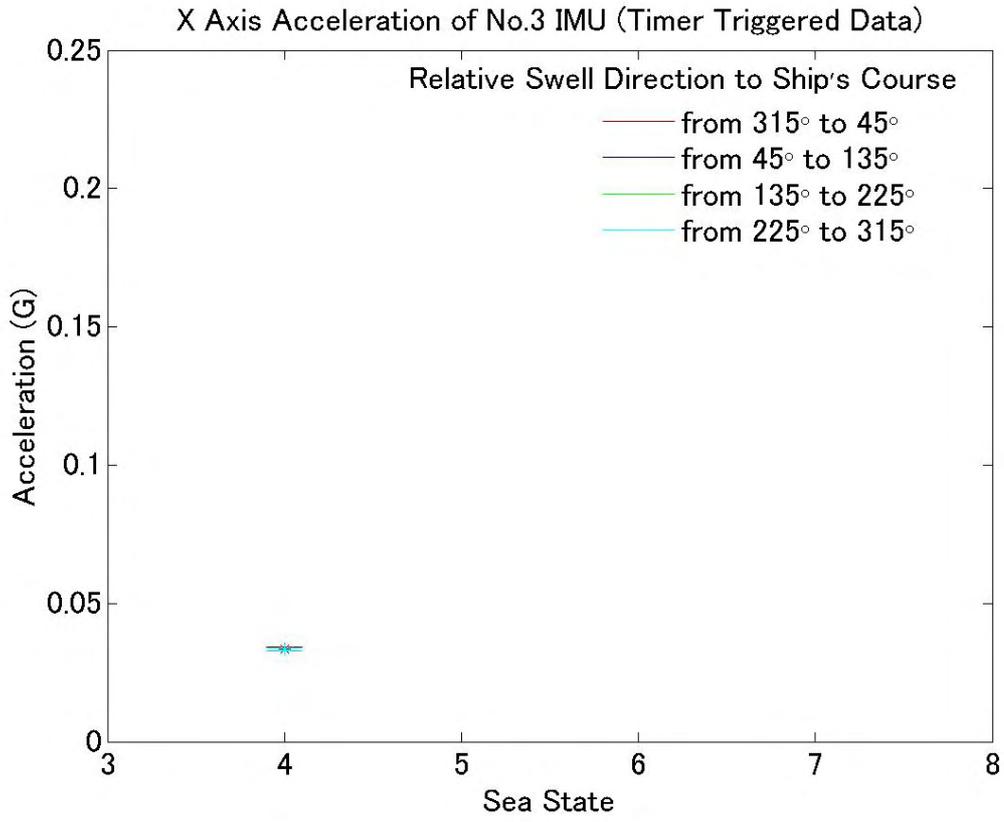
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

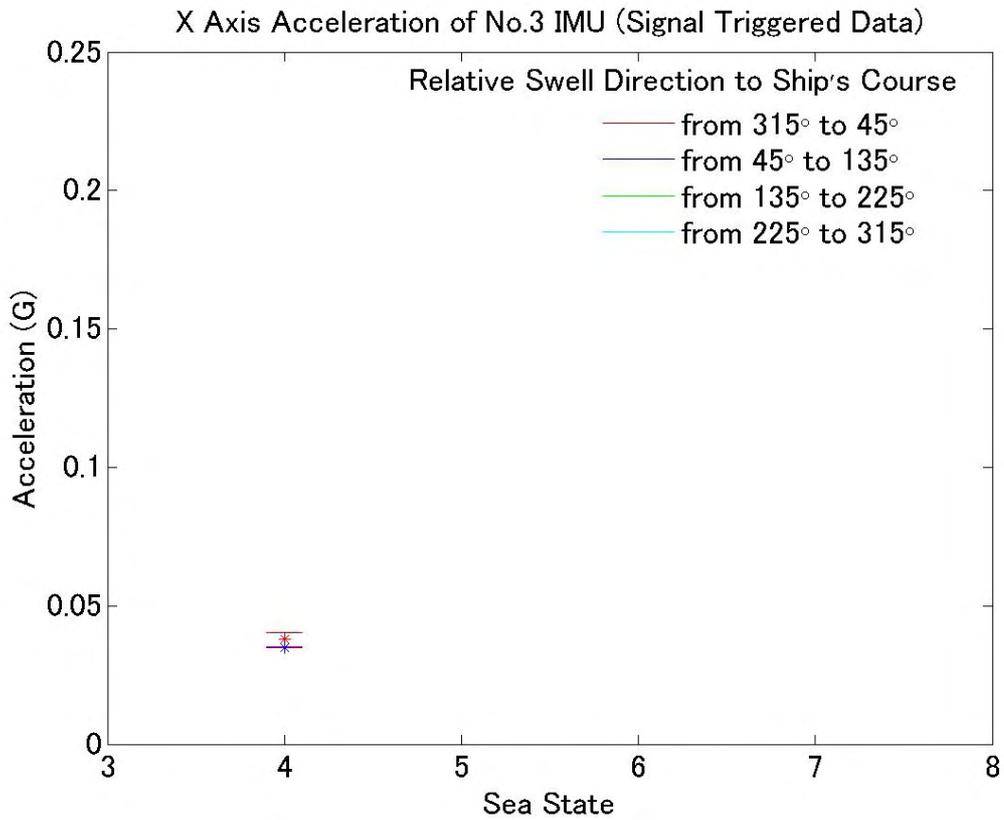
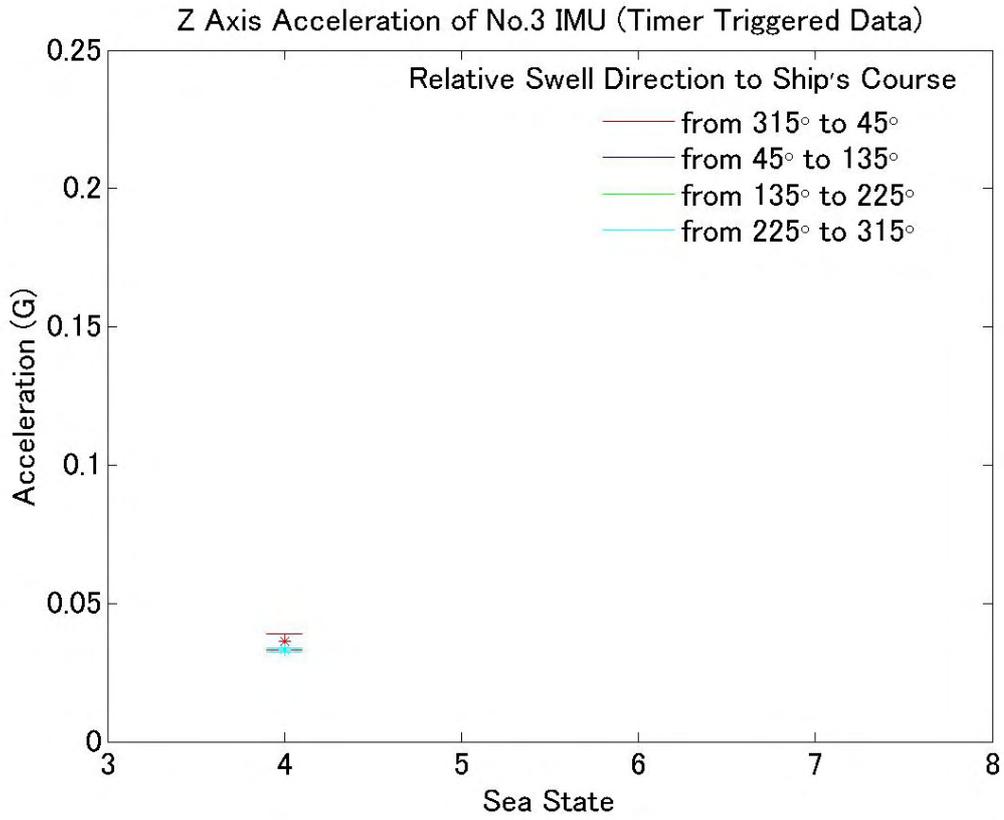


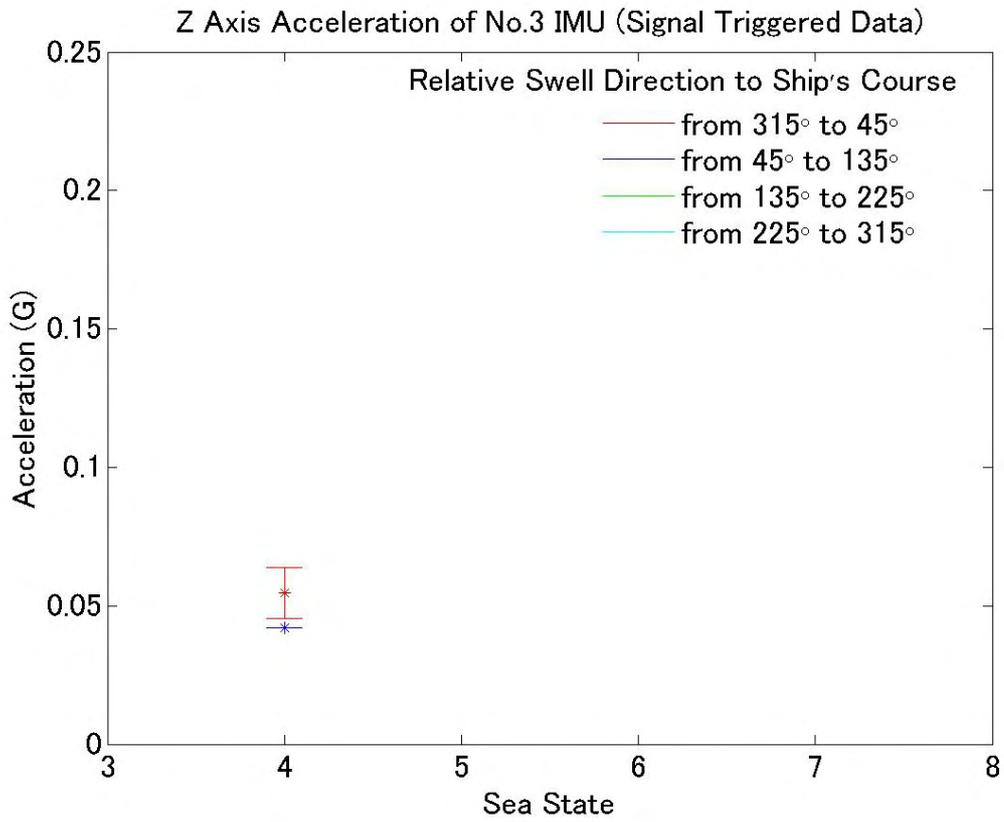
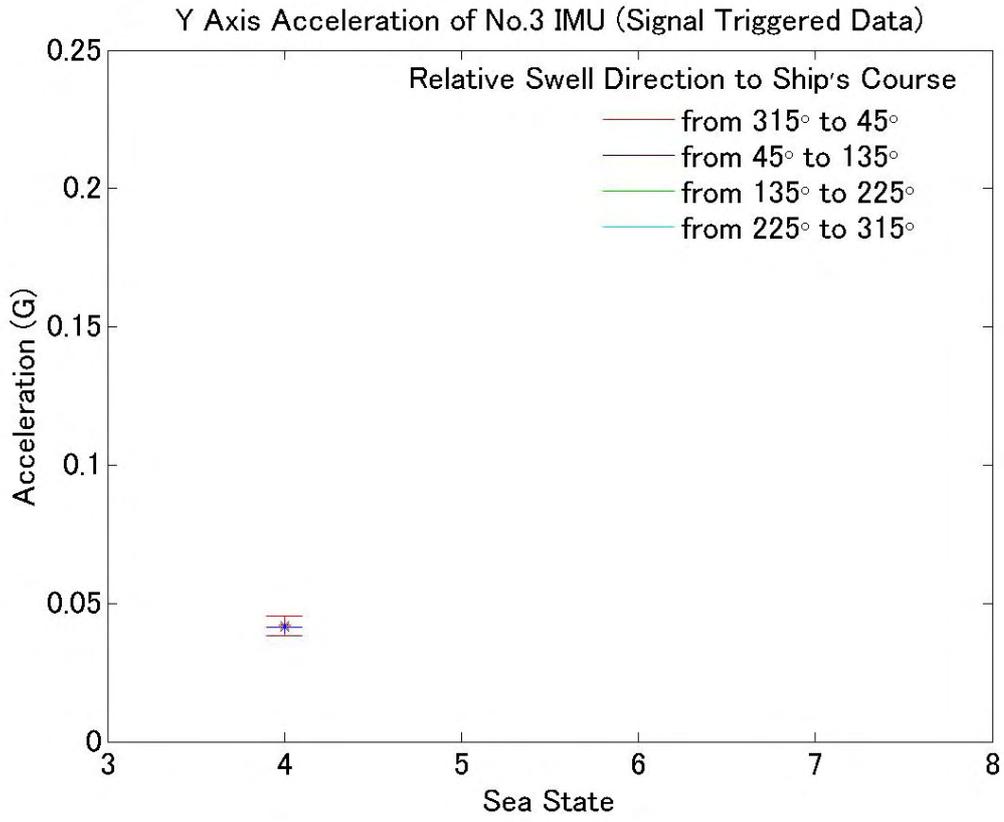


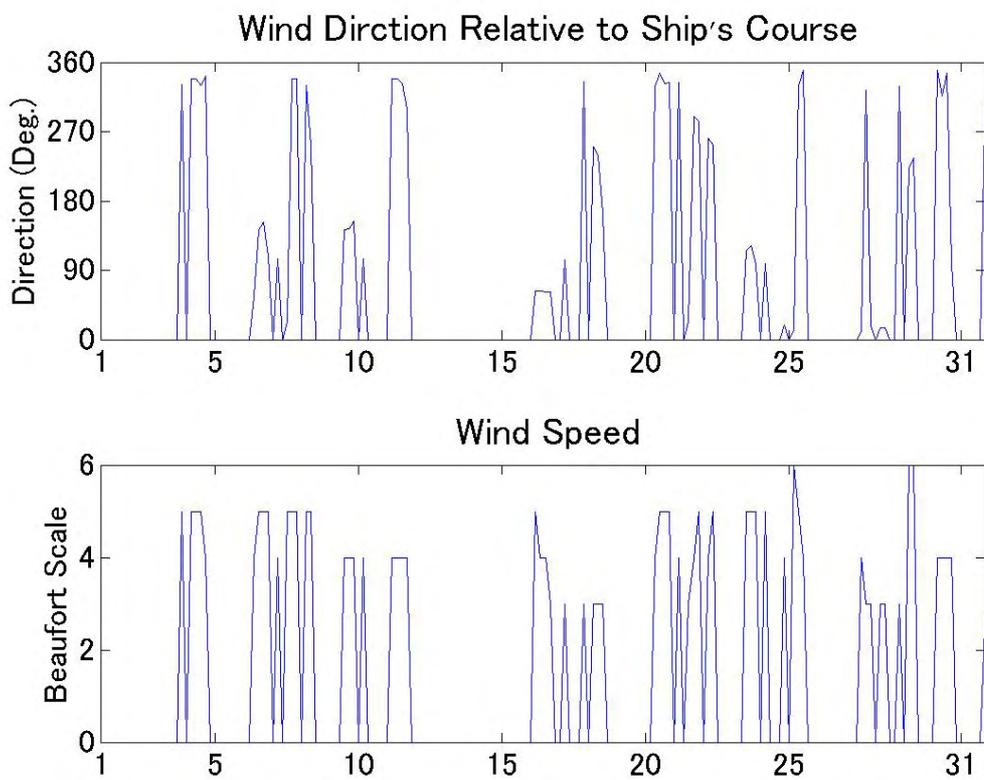
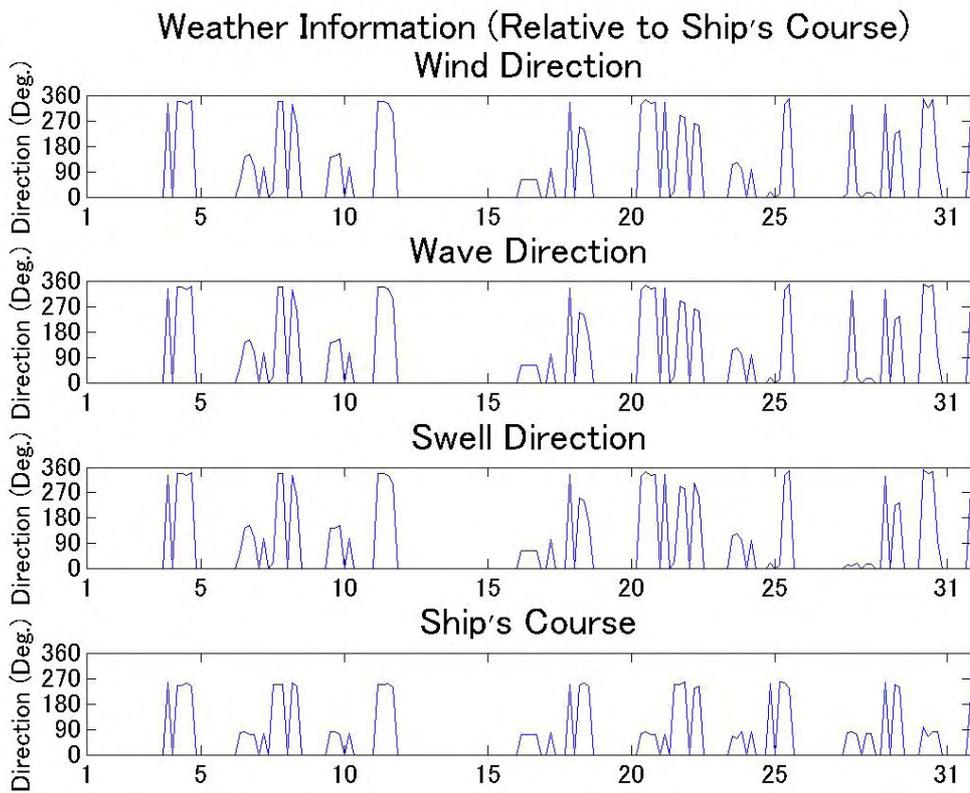


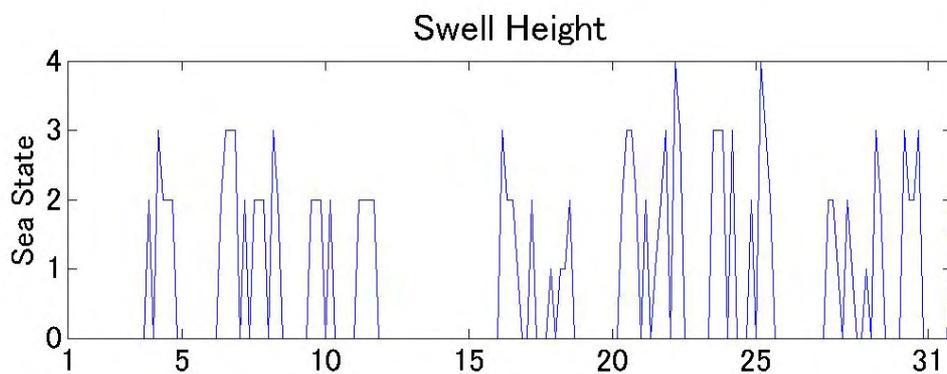
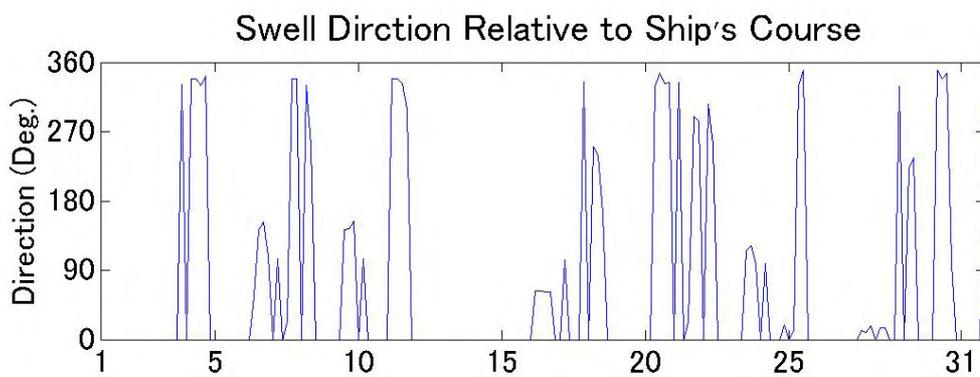
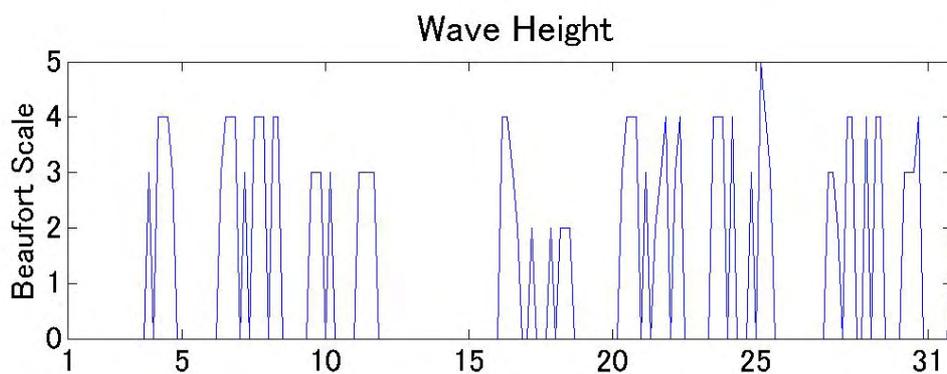
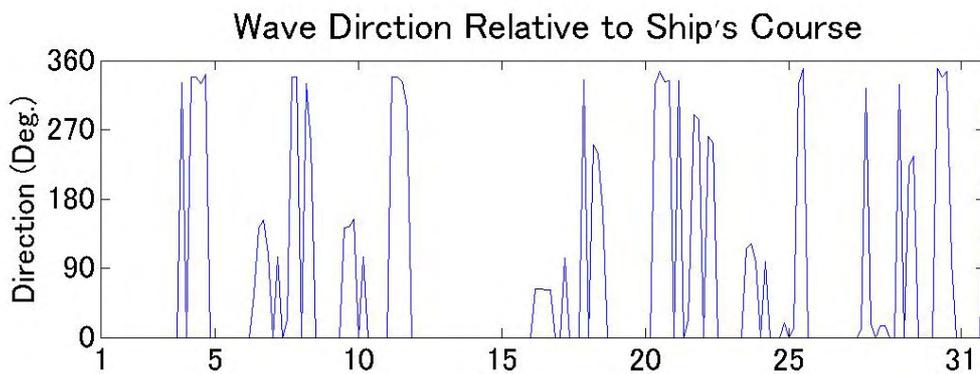


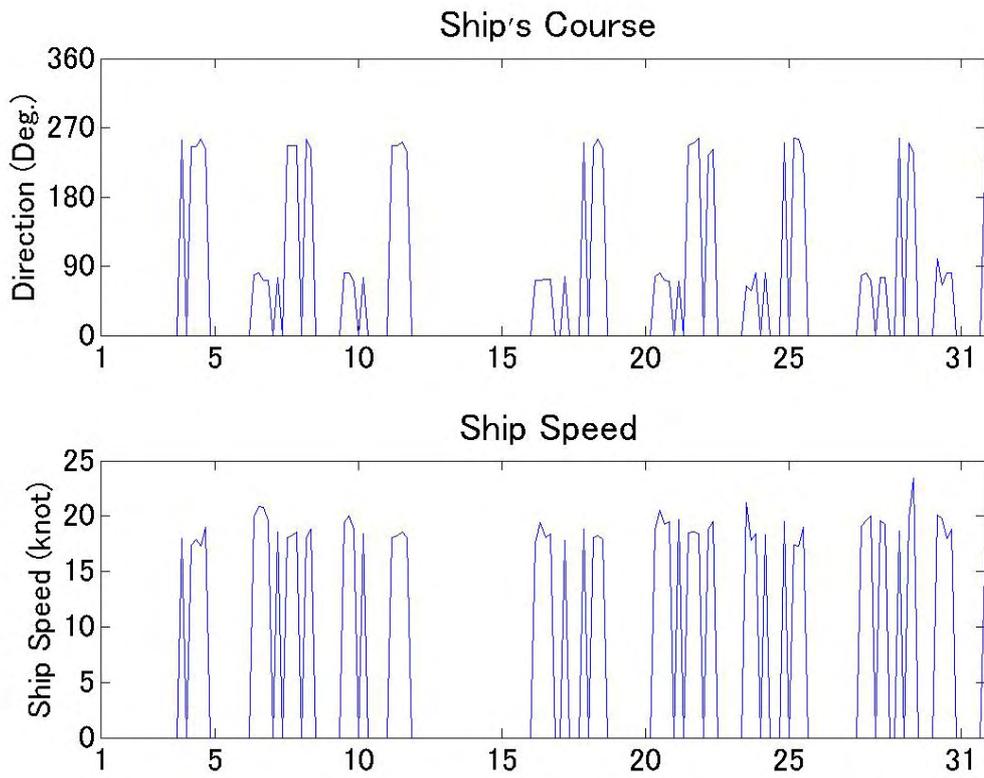




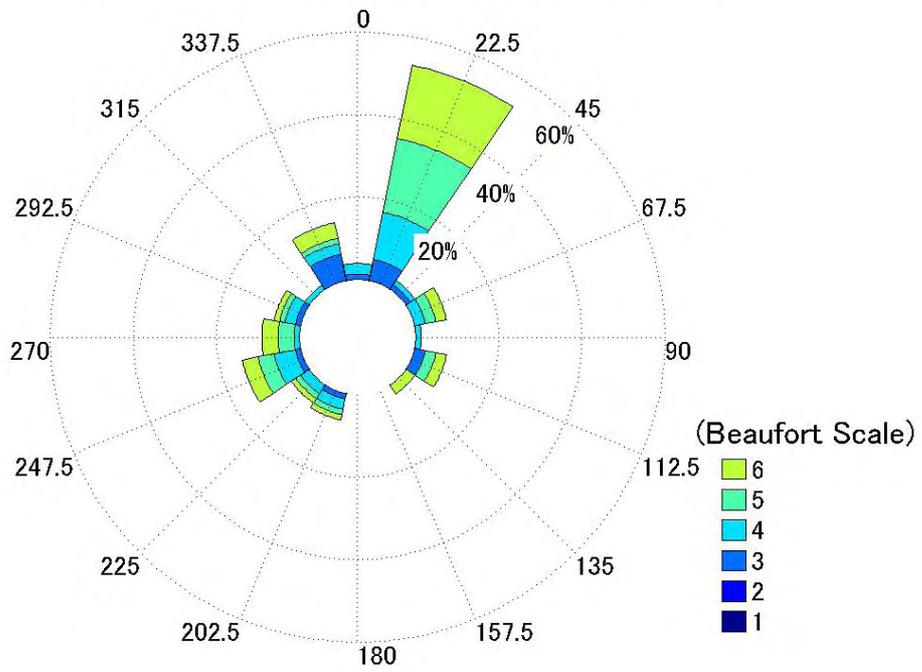




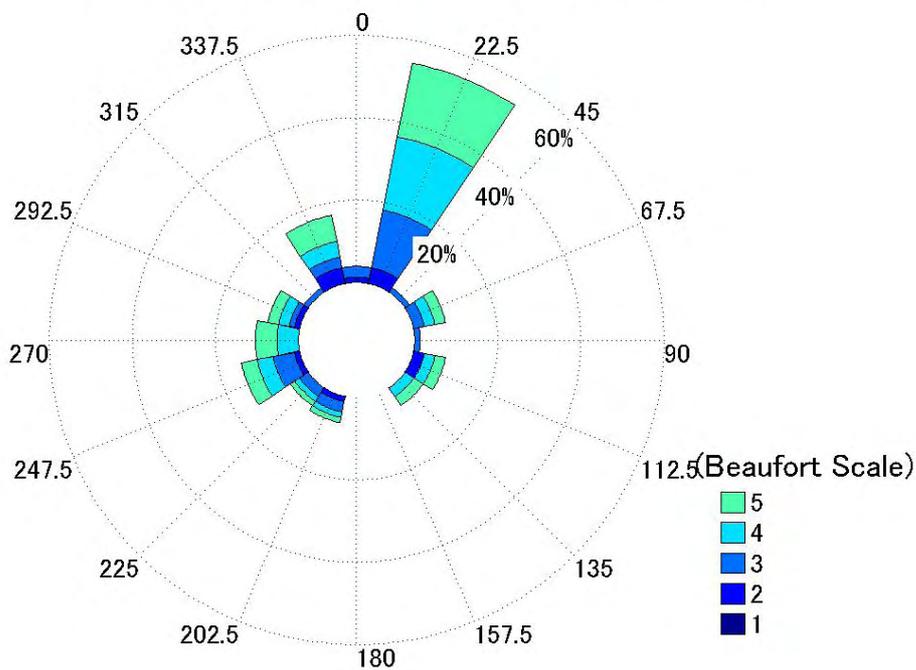




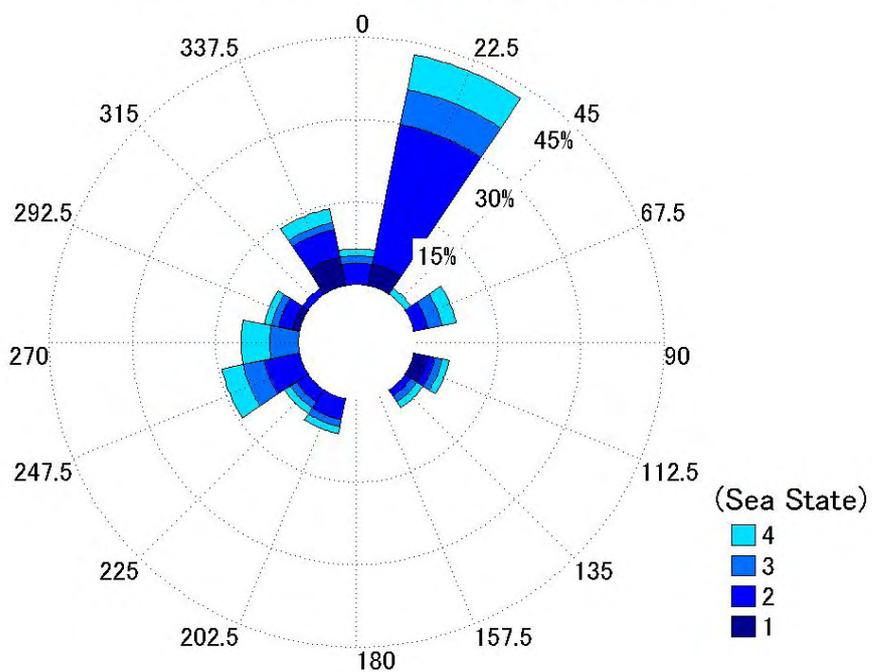
### Wind Information Relative to Ship's Course



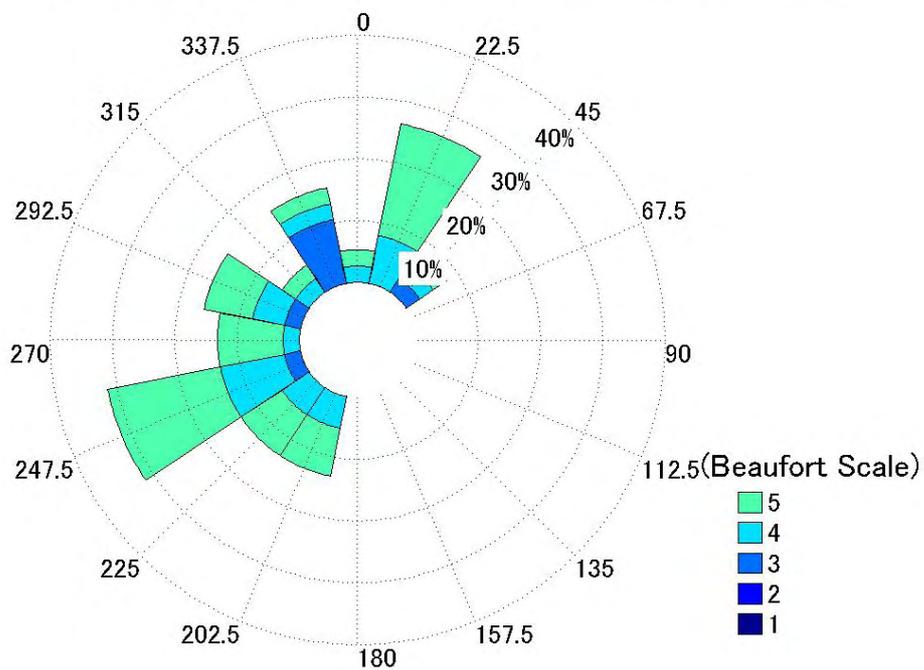
Wave Information Relative to Ship's Course



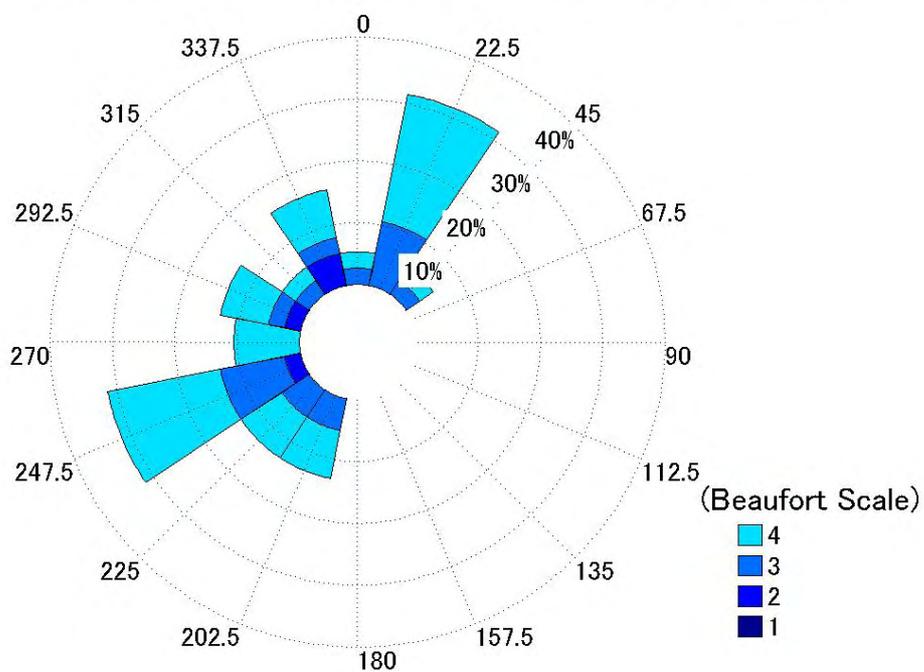
Swell Information Relative to Ship's Course



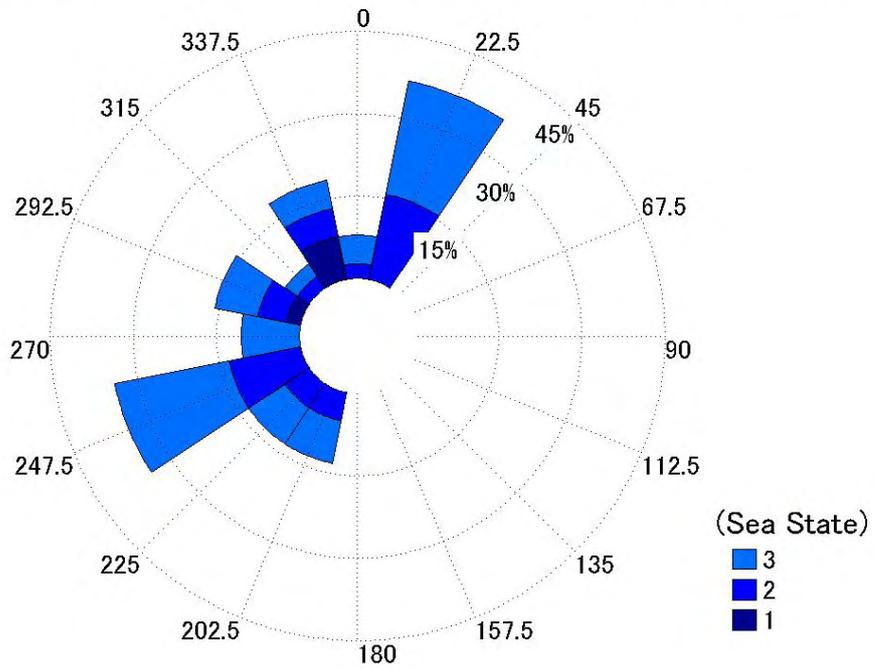
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



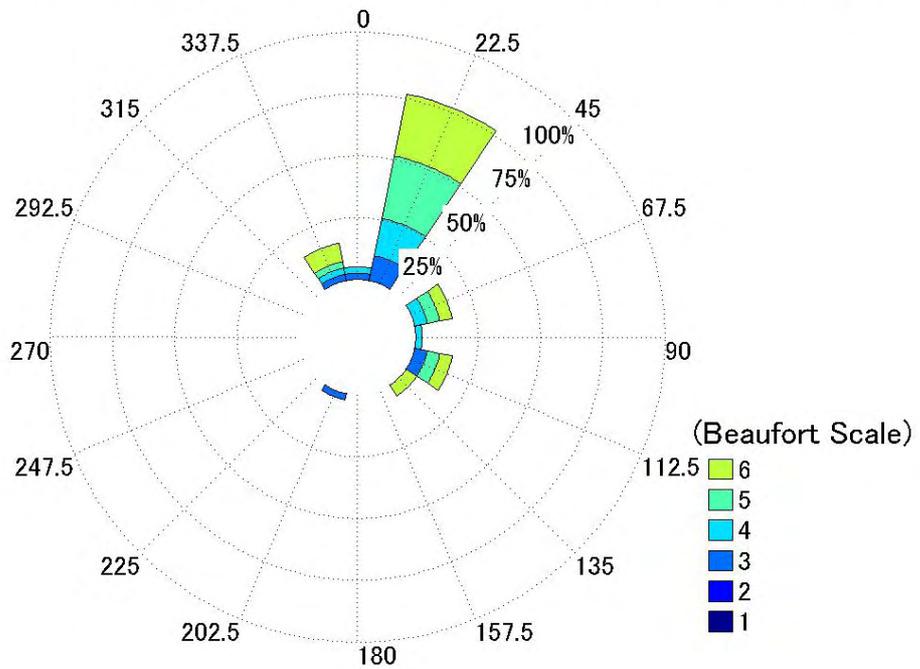
Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



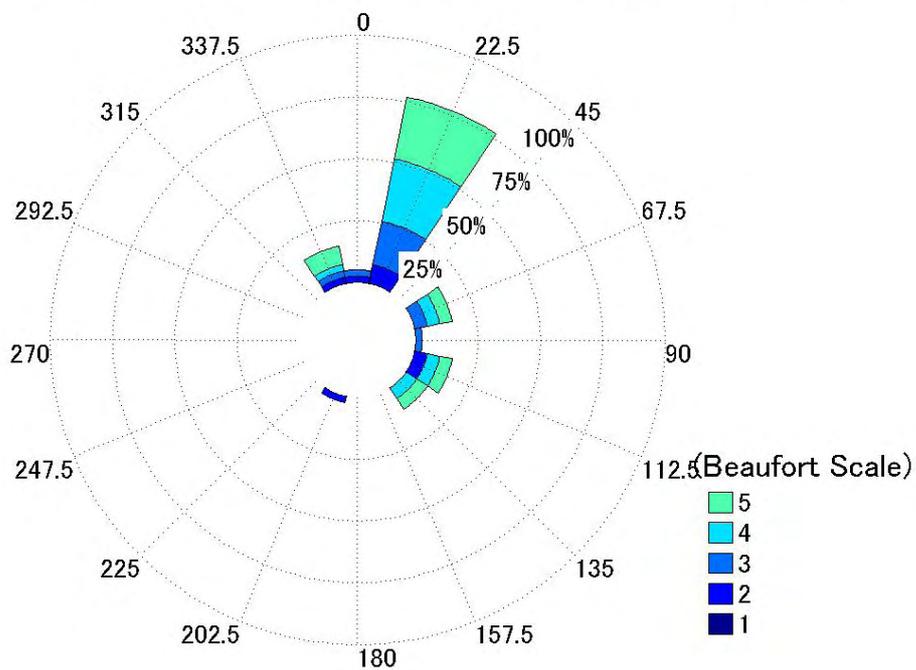
Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



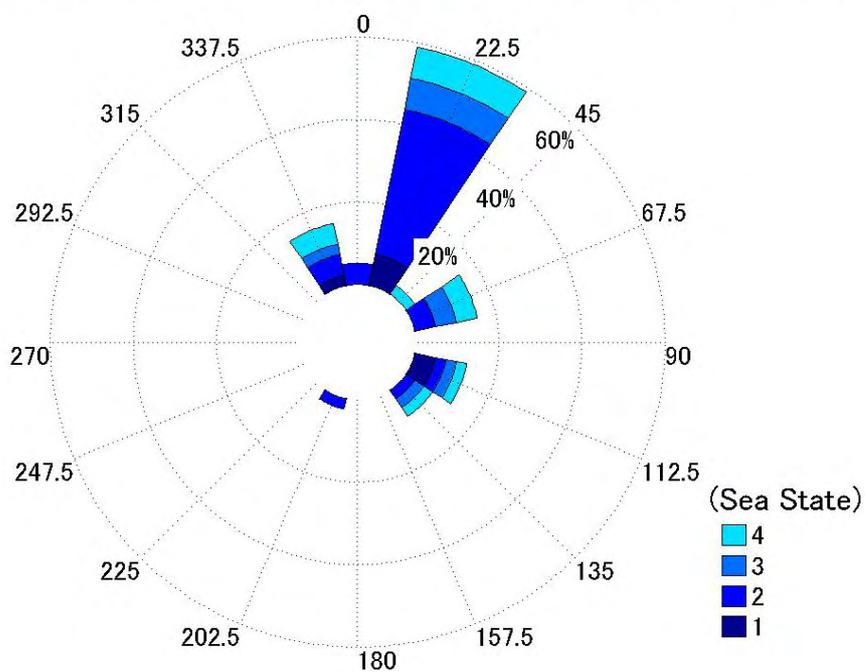
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

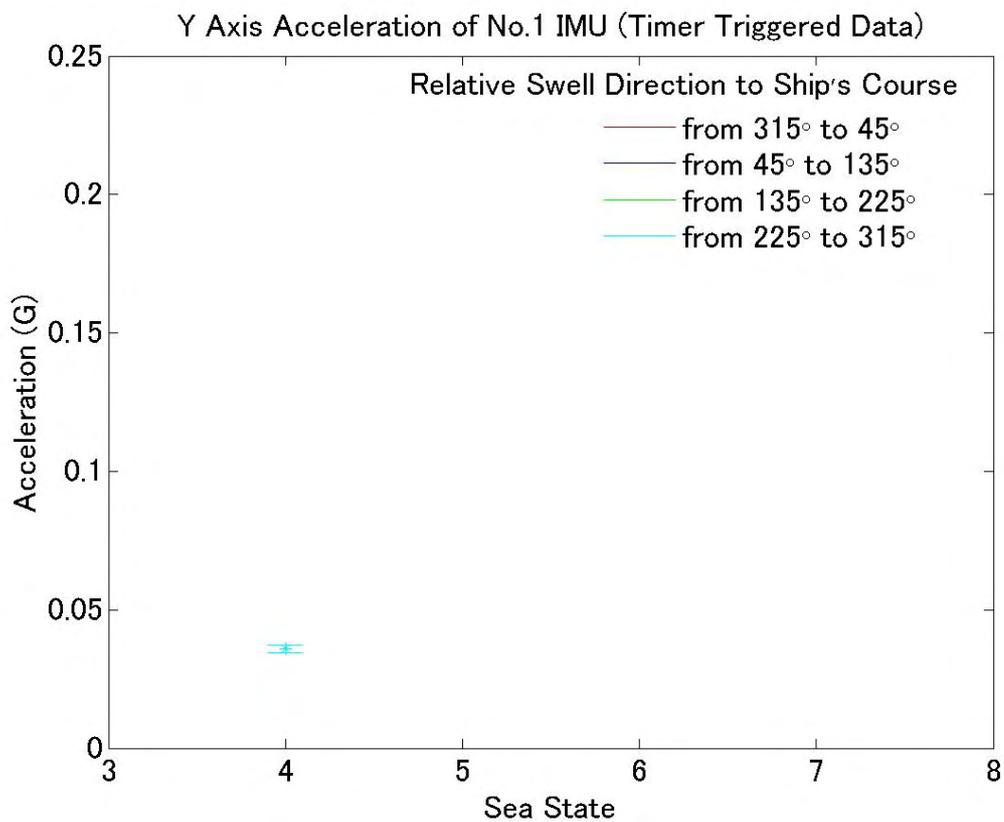
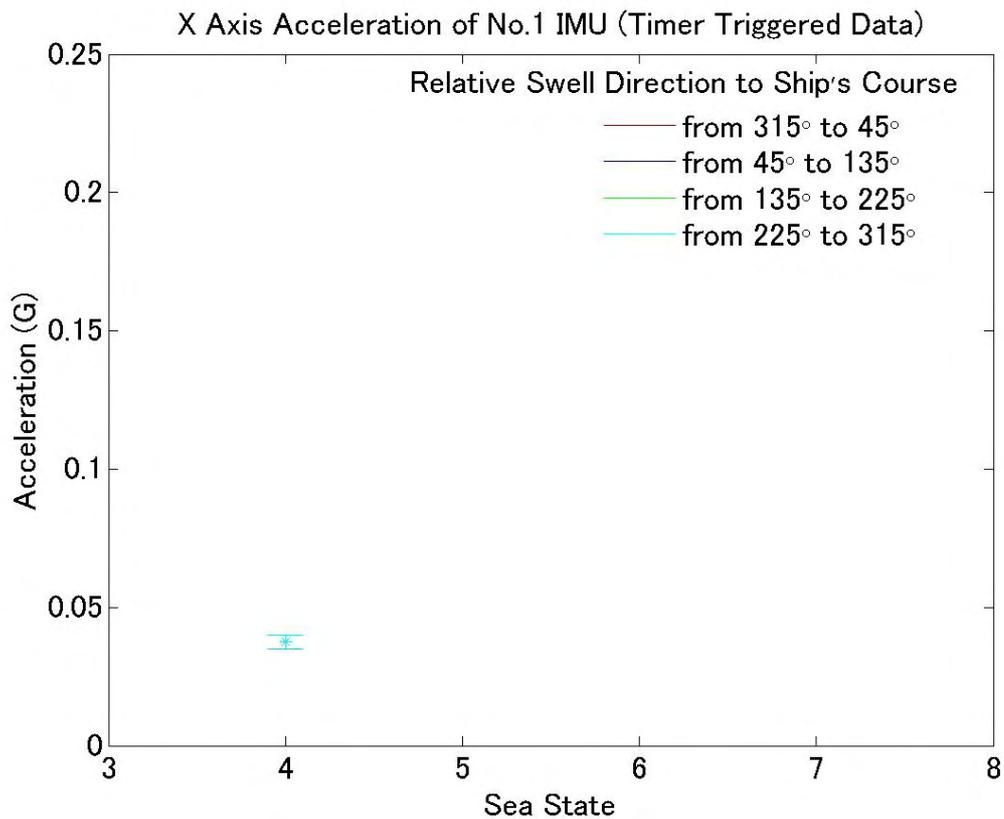


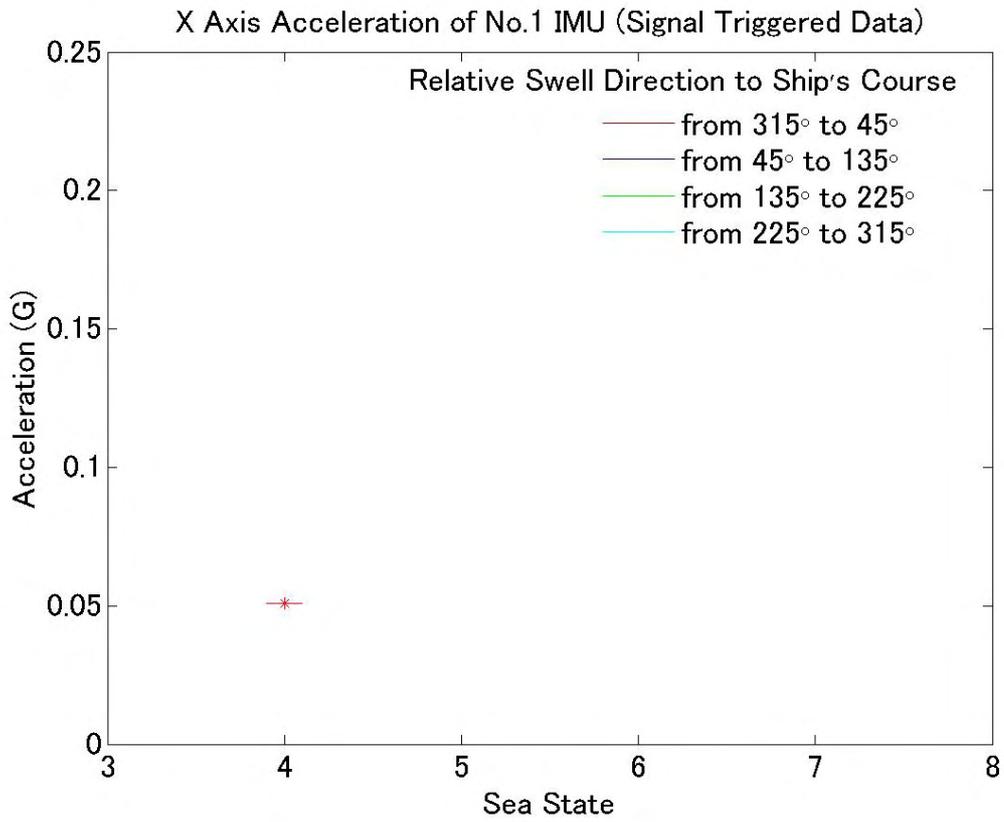
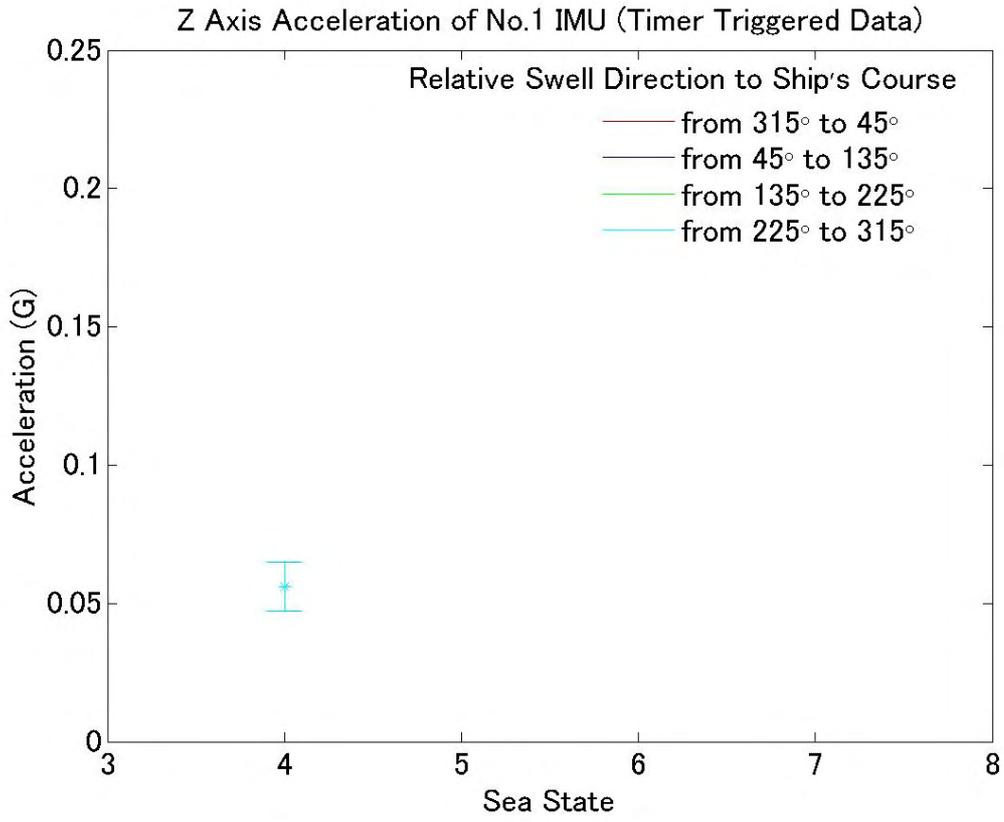
Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

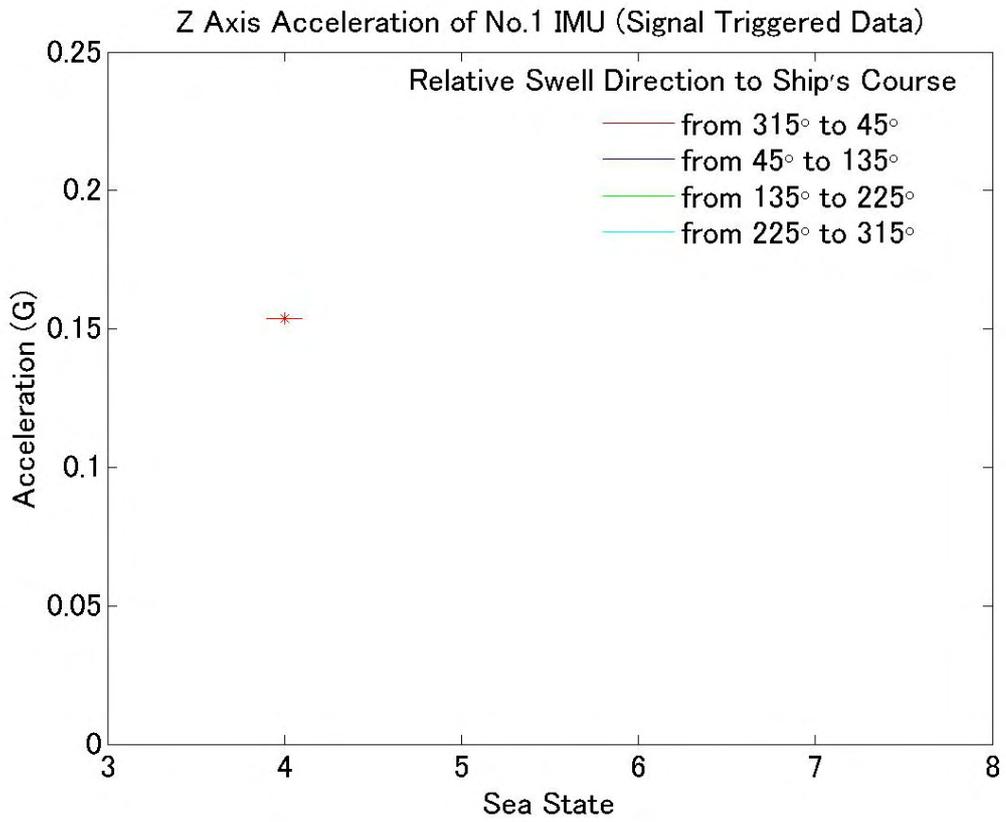
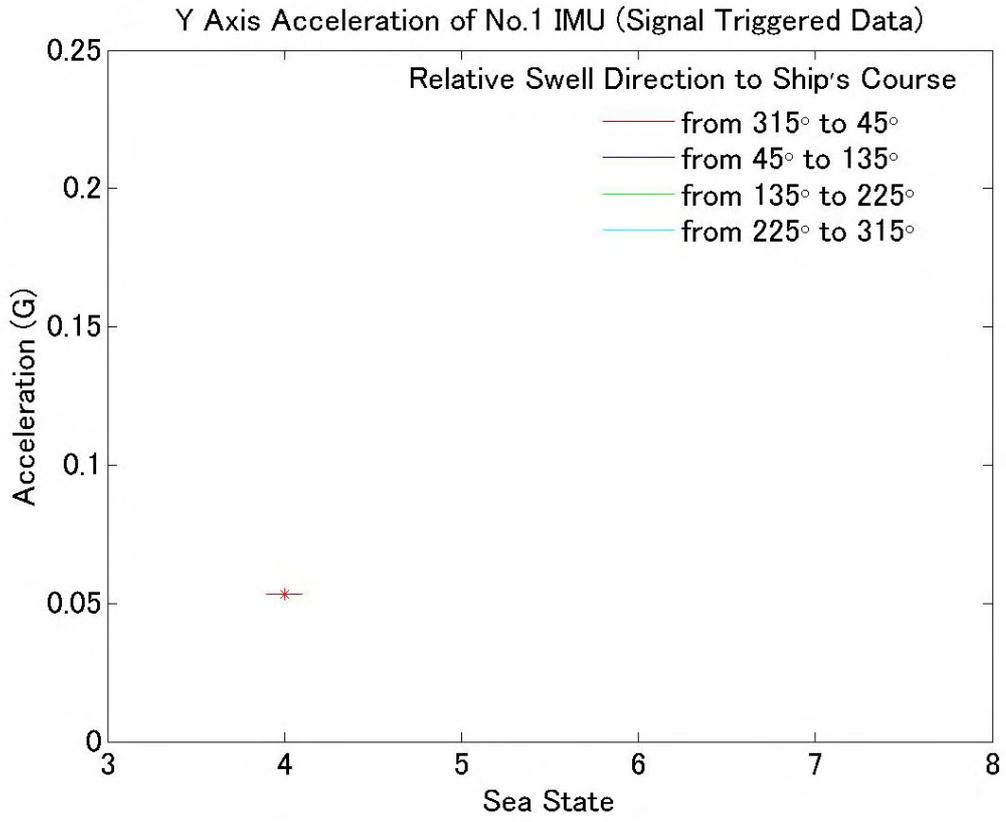


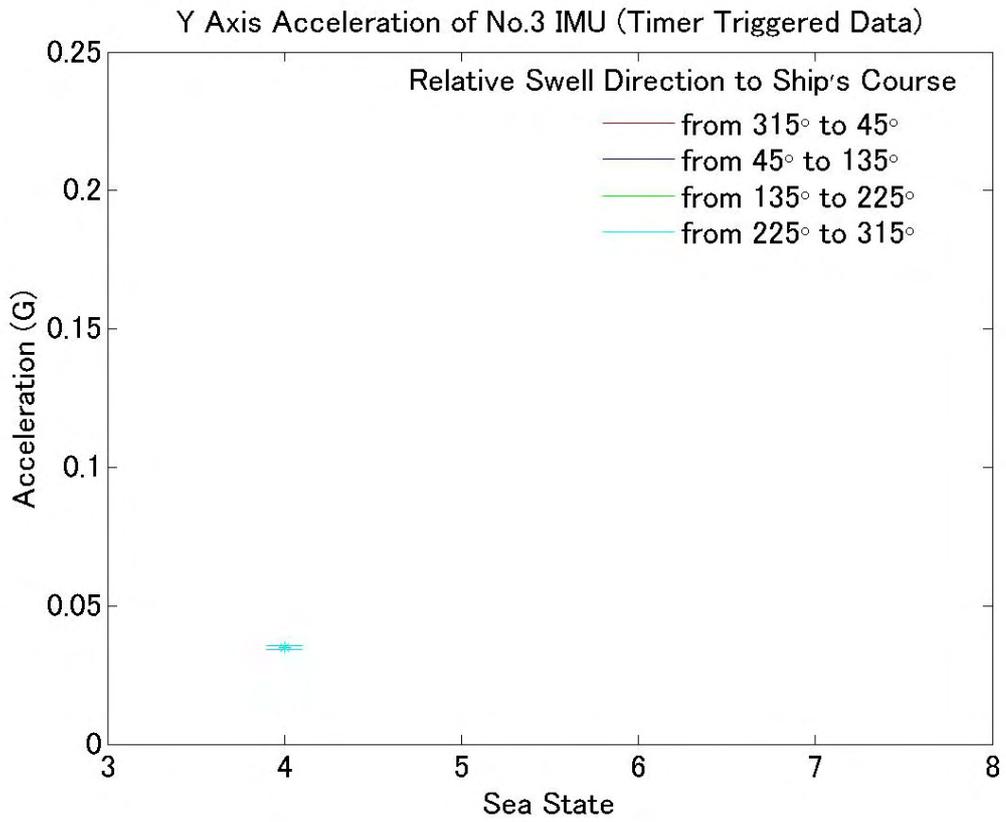
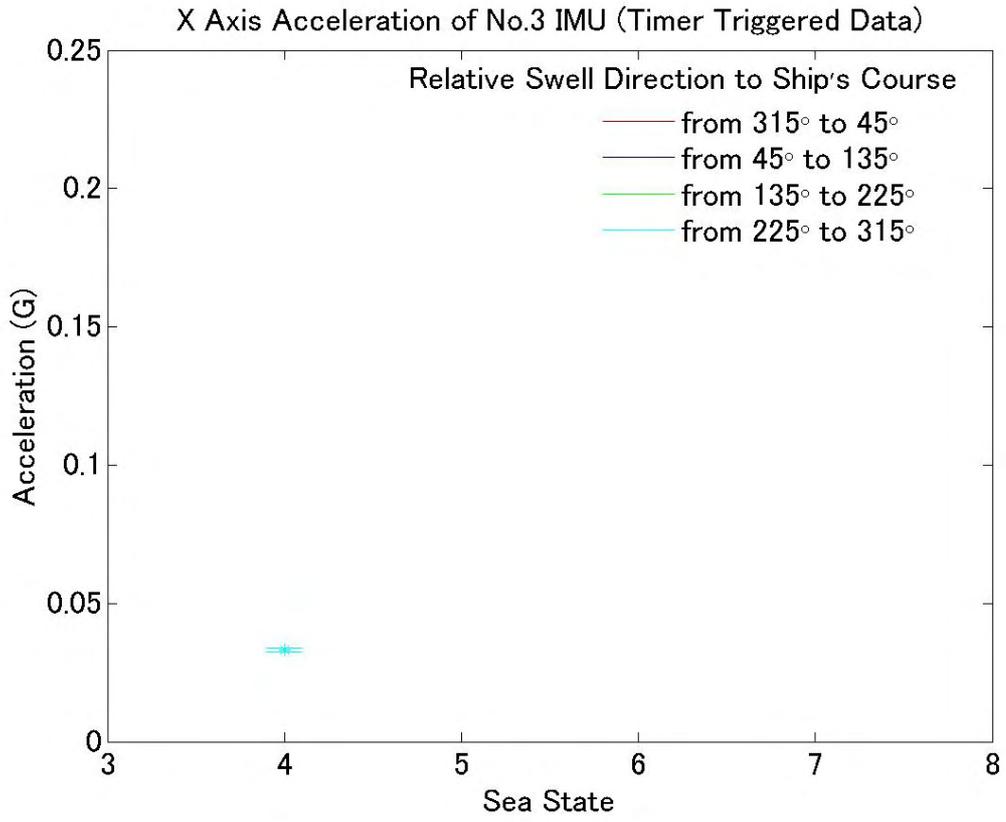
Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

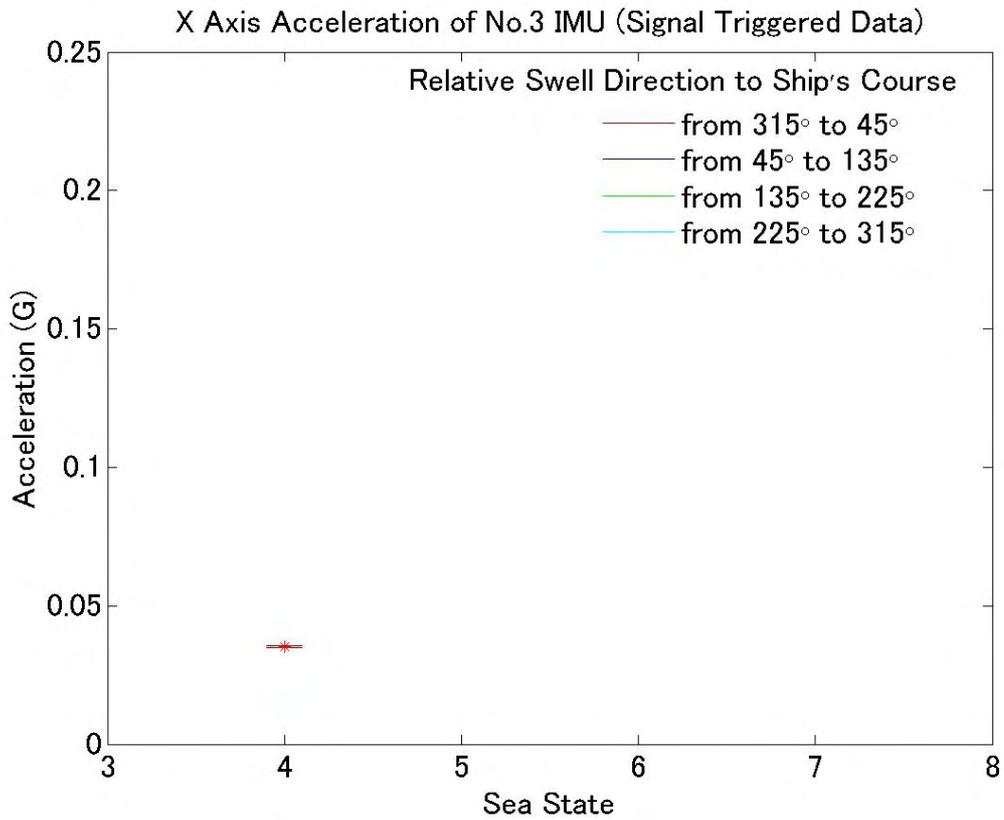
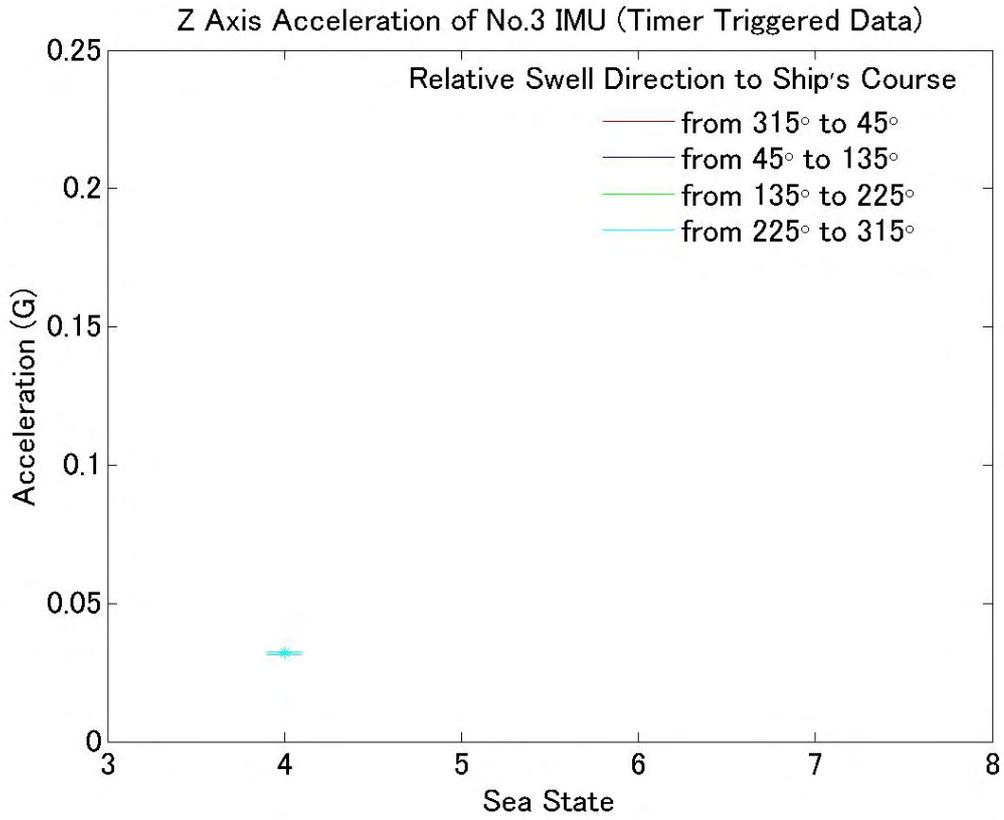


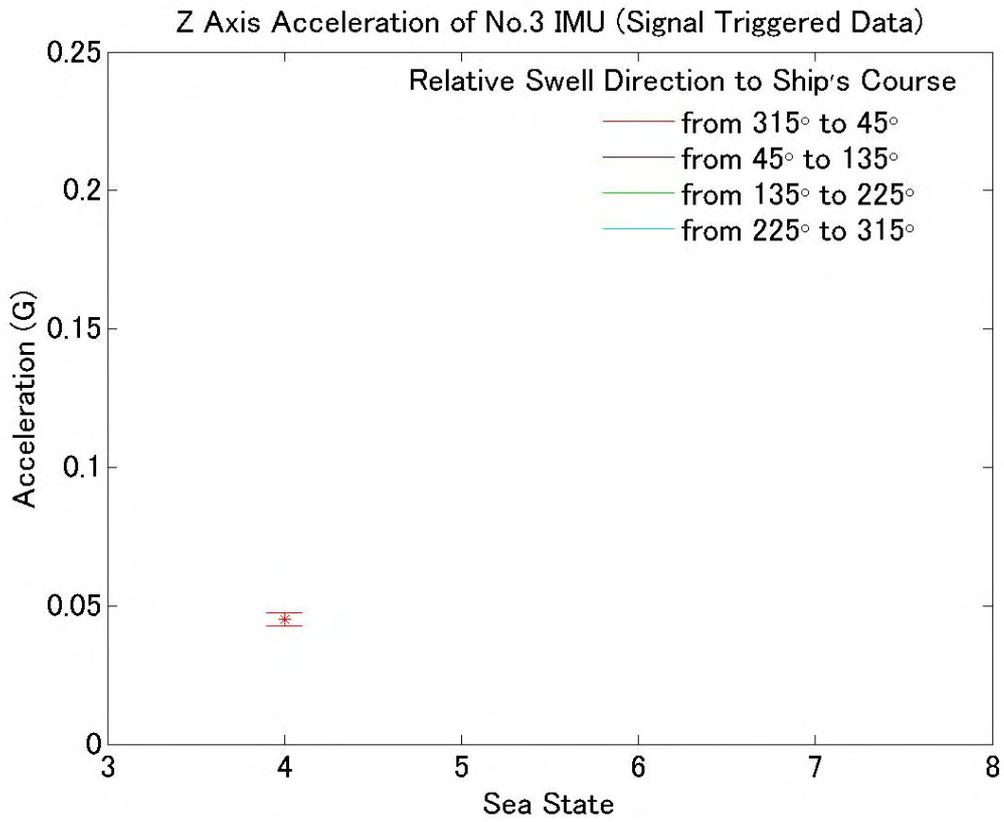
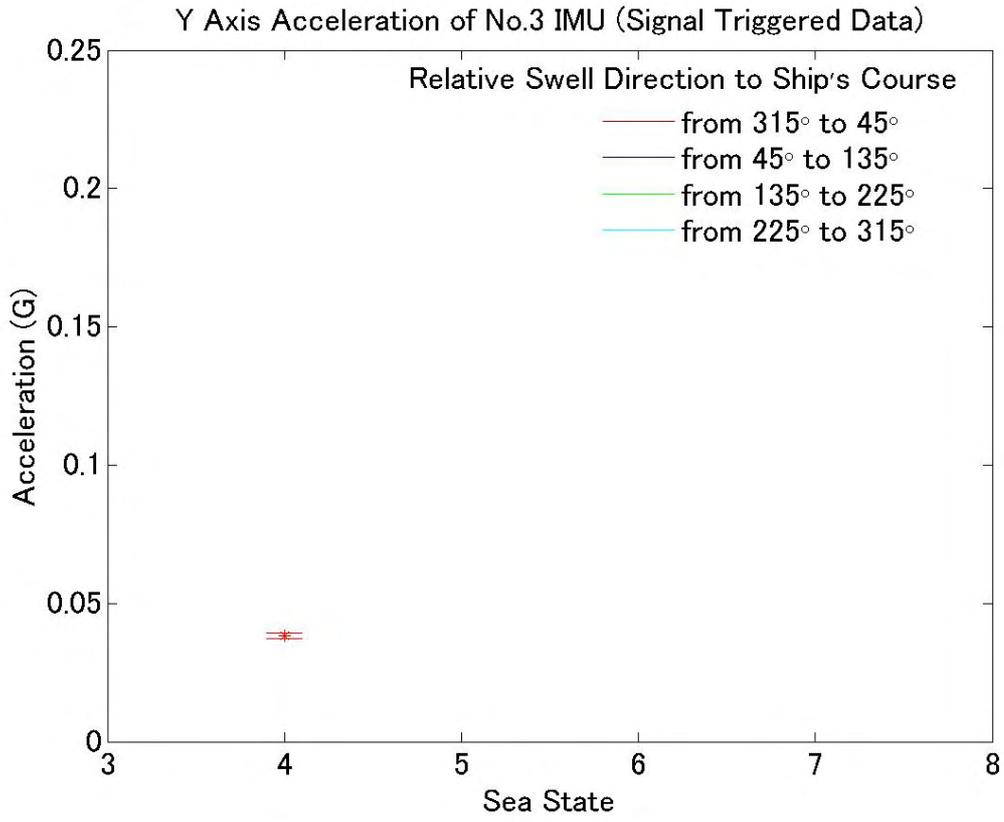




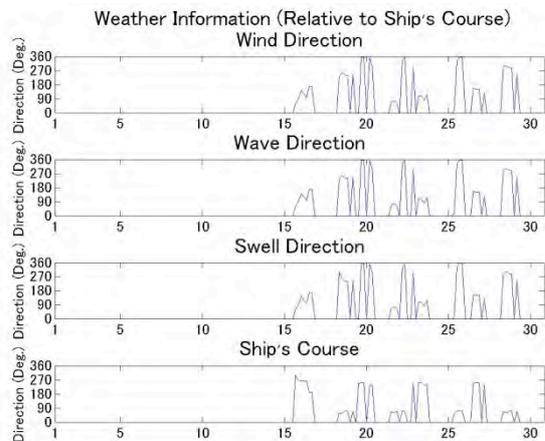




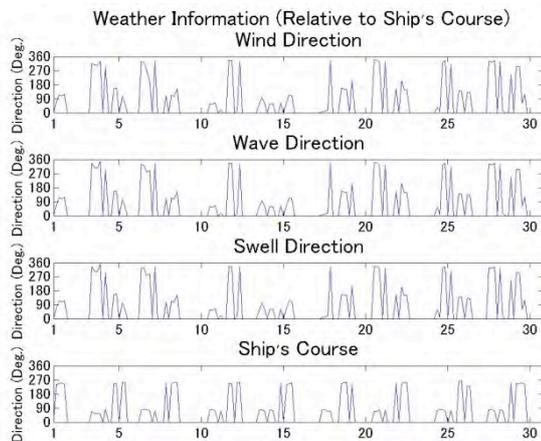




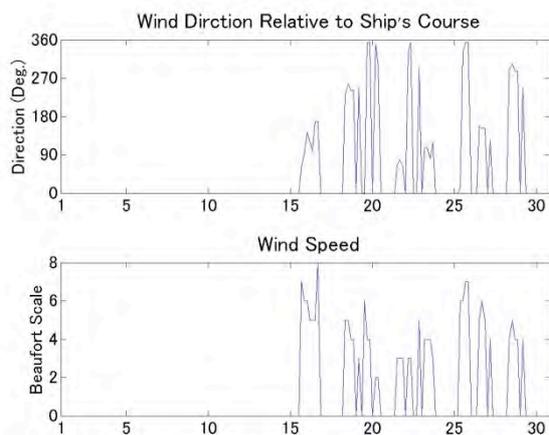
2012-09



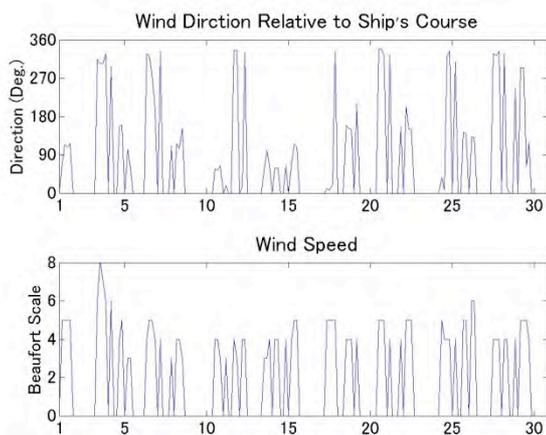
2013-09



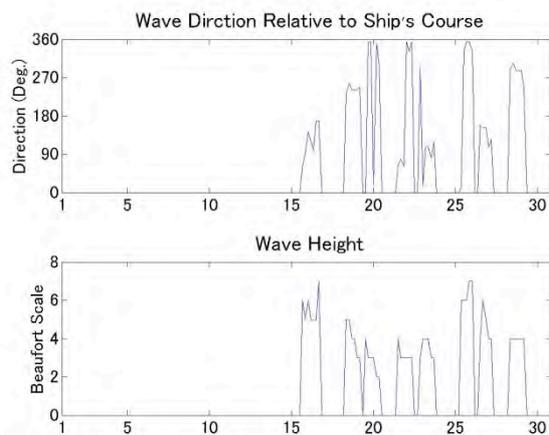
2012-09



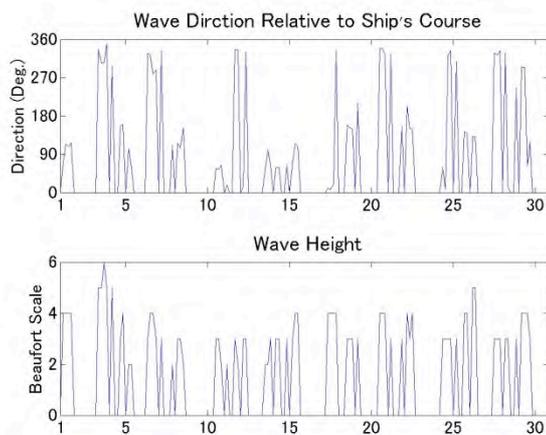
2013-09



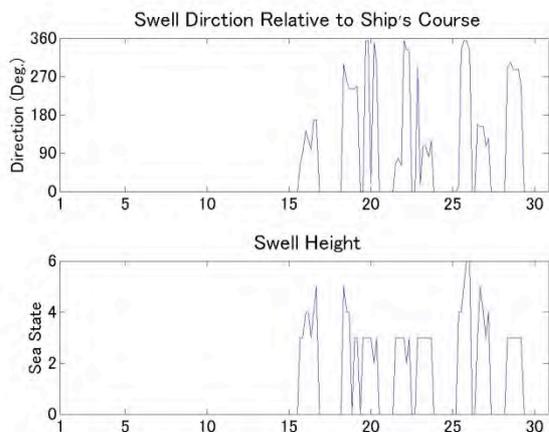
2012-09



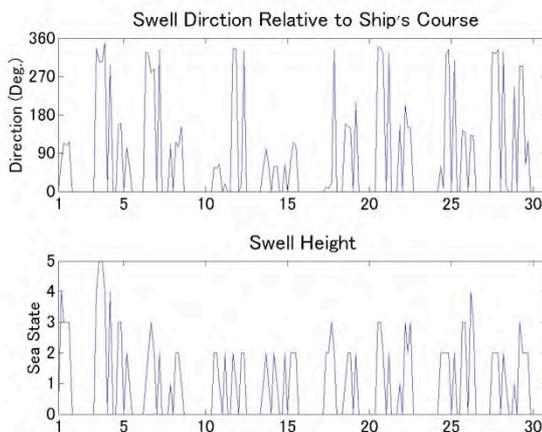
2013-09



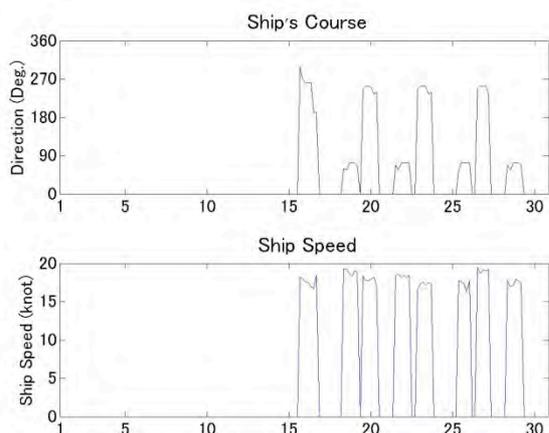
2012-09



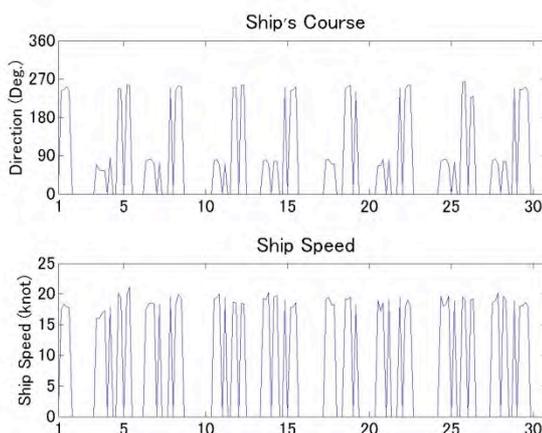
2013-09



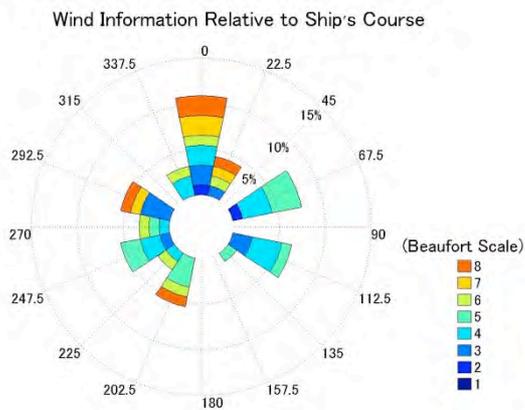
2012-09



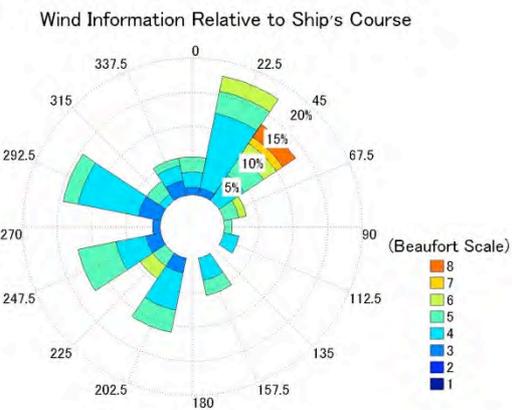
2013-09



2012-09

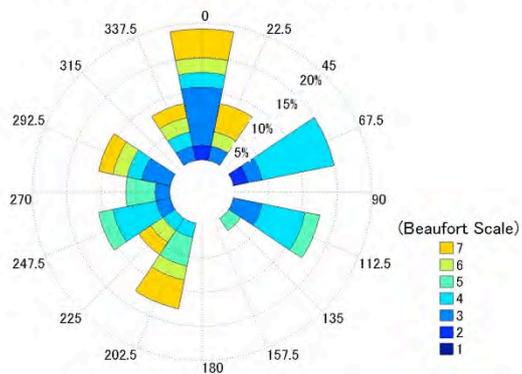


2013-09



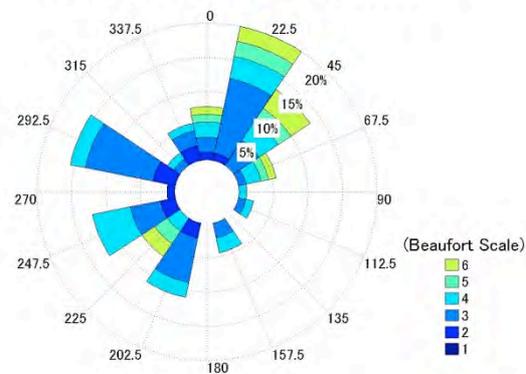
2012-09

Wave Information Relative to Ship's Course



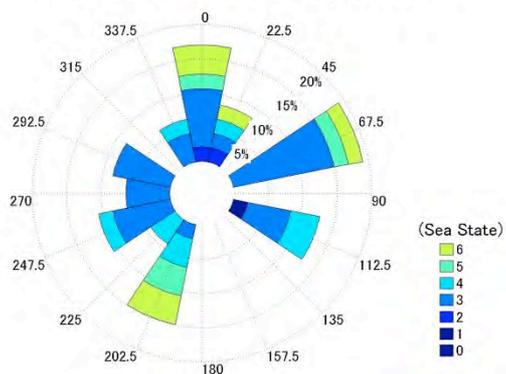
2013-09

Wave Information Relative to Ship's Course



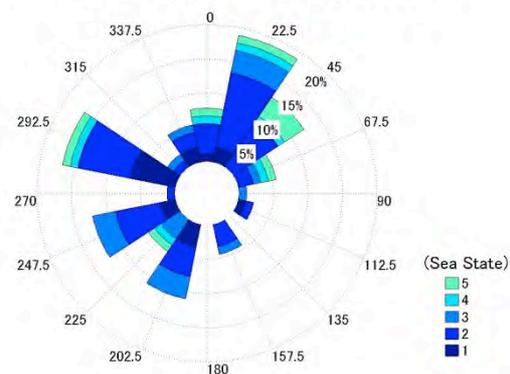
2012-09

Swell Information Relative to Ship's Course



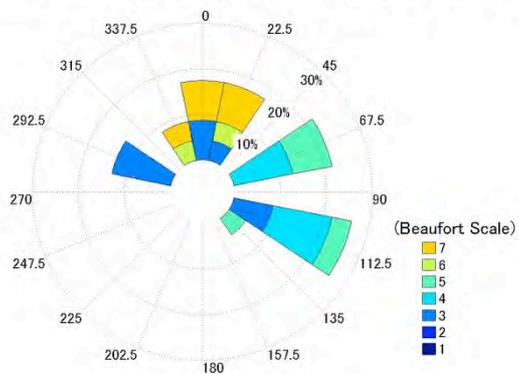
2013-09

Swell Information Relative to Ship's Course



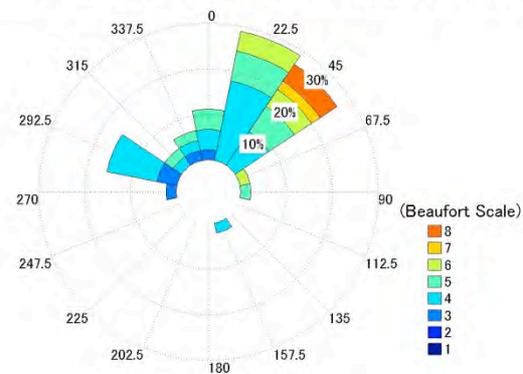
2012-09

Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



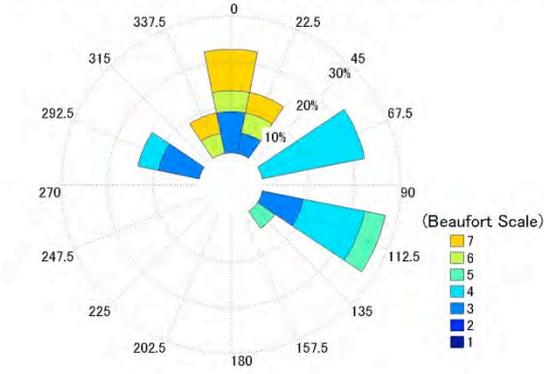
2013-09

Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



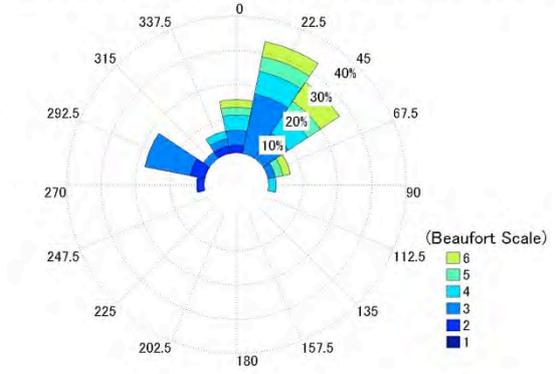
2012-09

Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



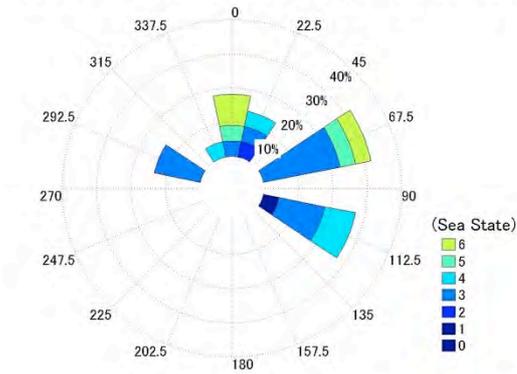
2013-09

Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



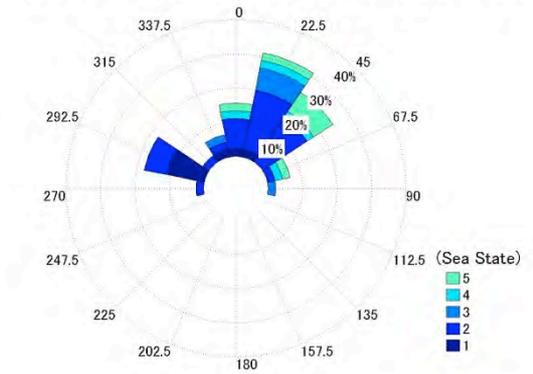
2012-09

Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



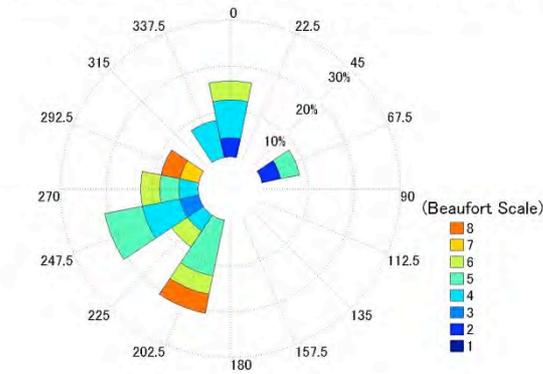
2013-09

Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



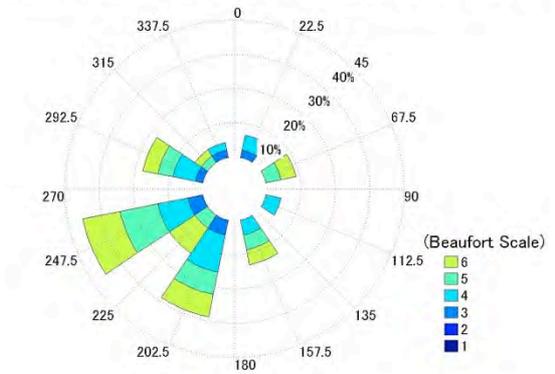
2012-09

Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai

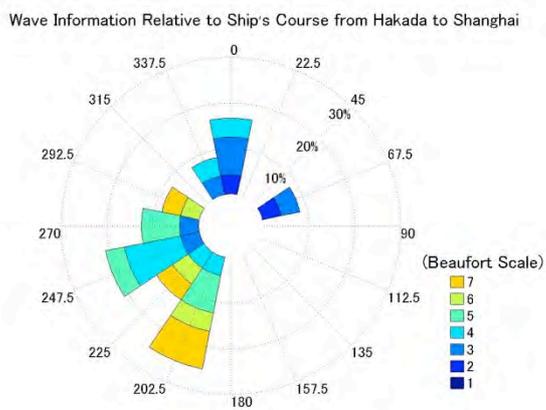


2013-09

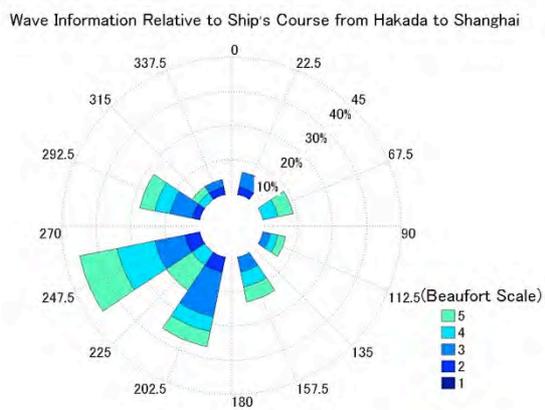
Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai



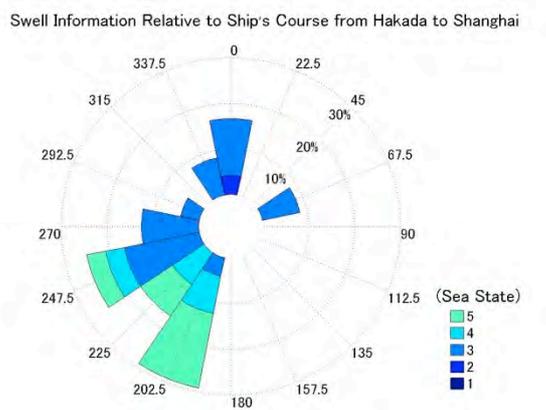
2012-09



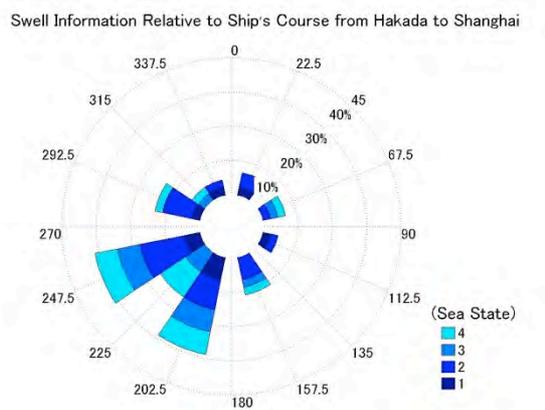
2013-09



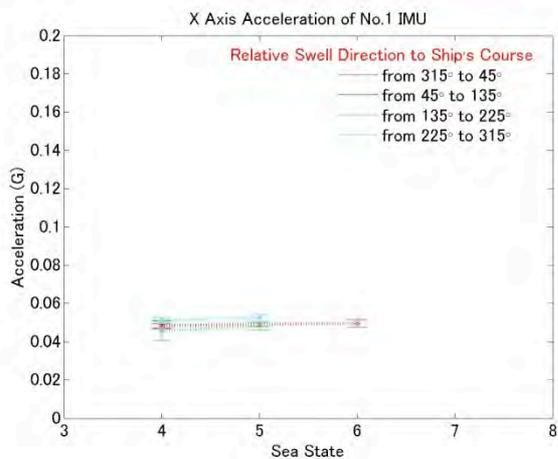
2012-09



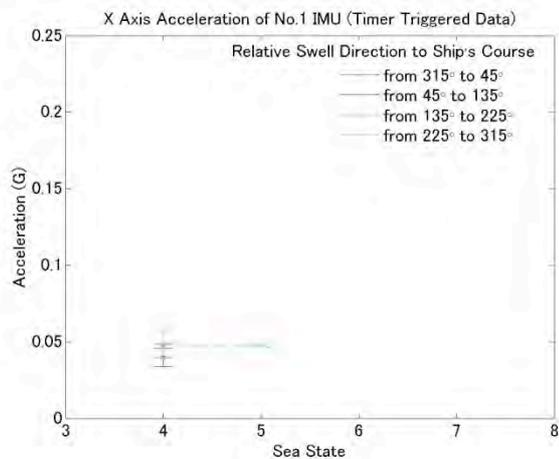
2013-09



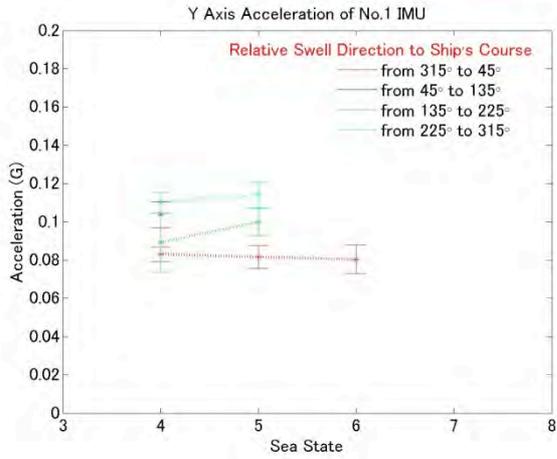
2012-09



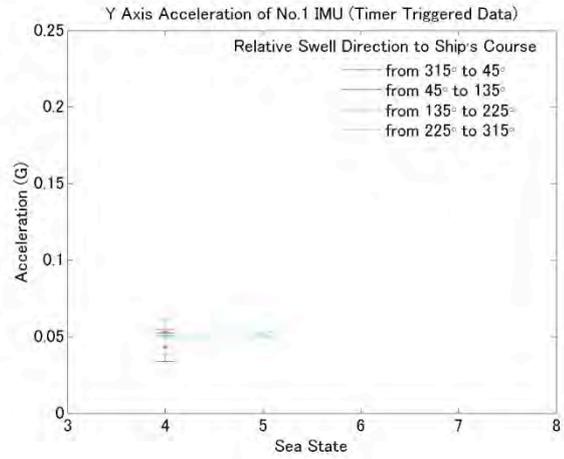
2013-09



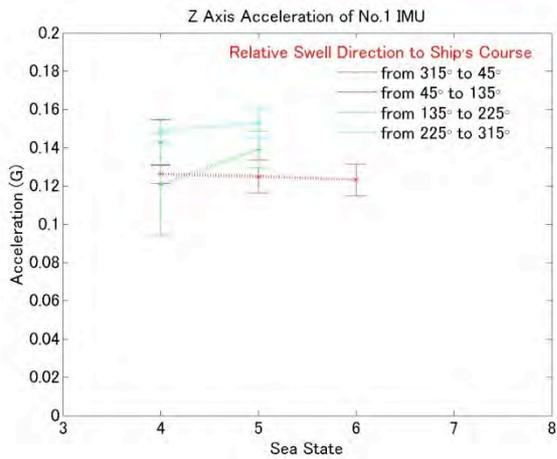
2012-09



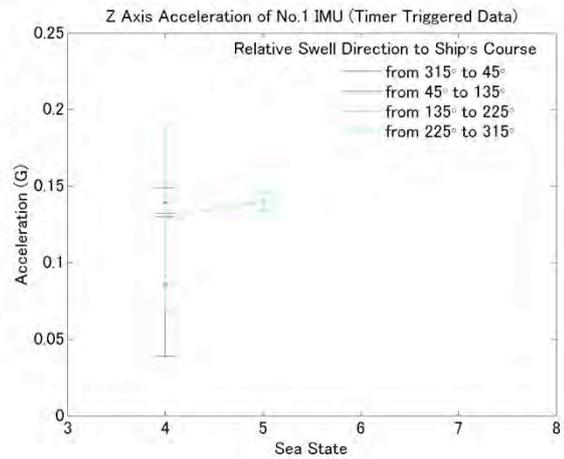
2013-09



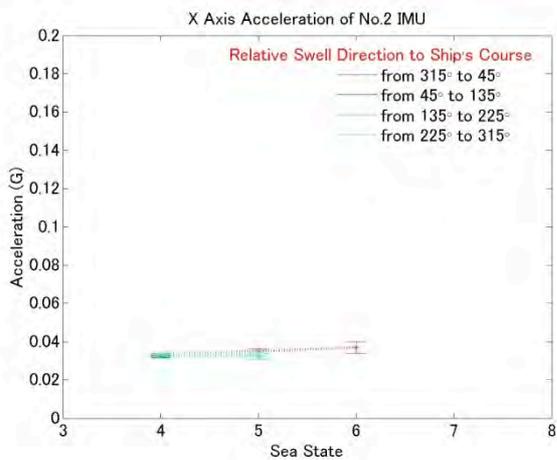
2012-09



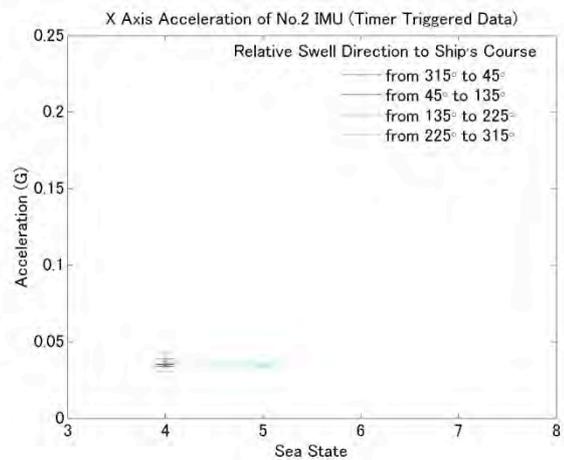
2013-09



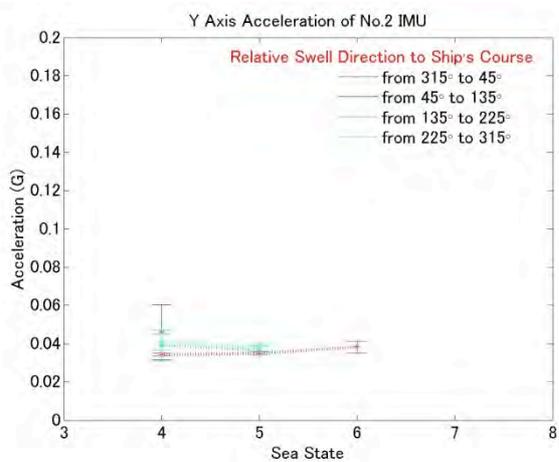
2012-09



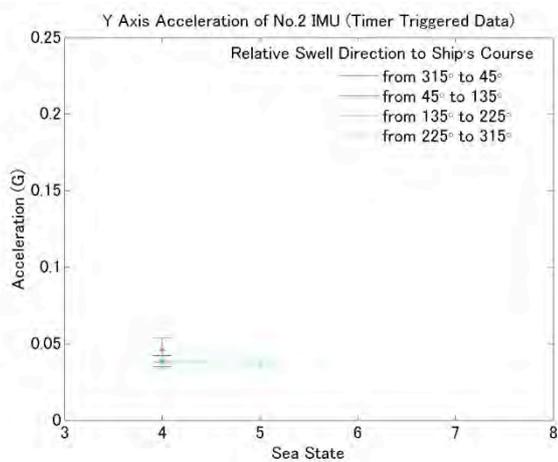
2013-09



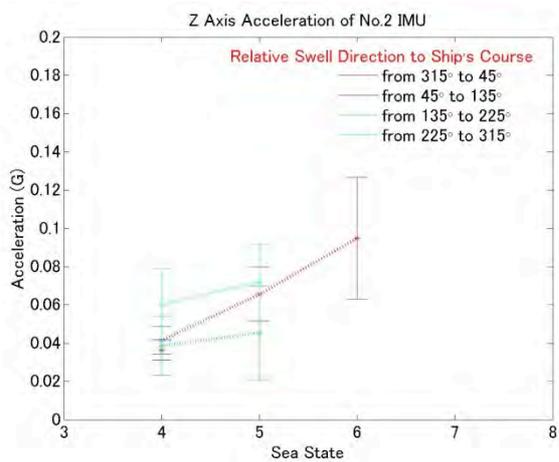
2012-09



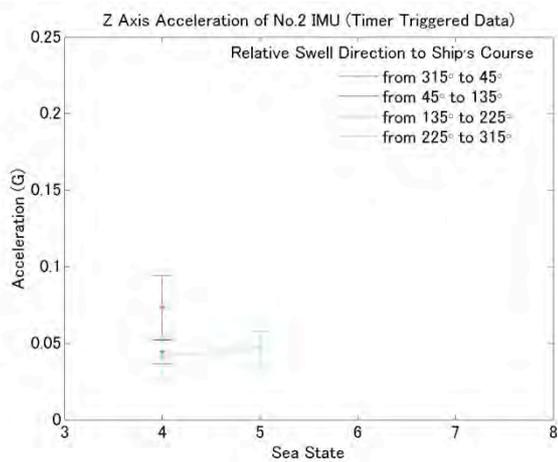
2013-09



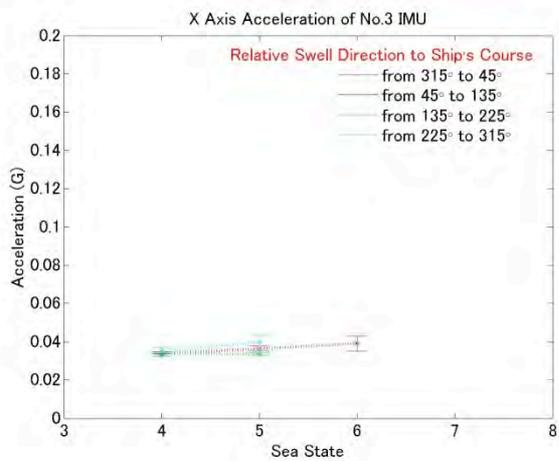
2012-09



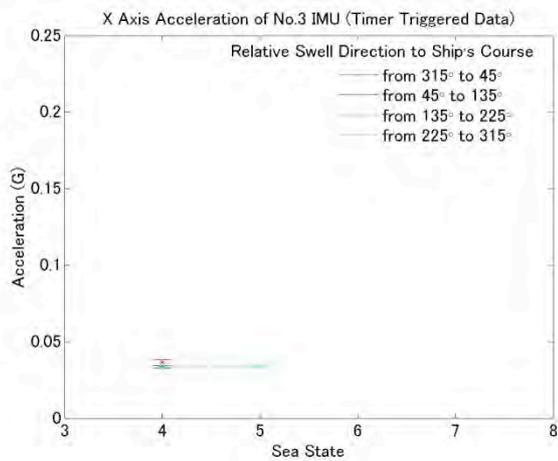
2013-09



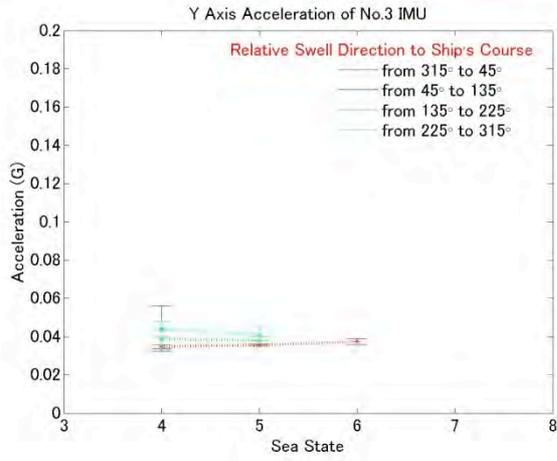
2012-09



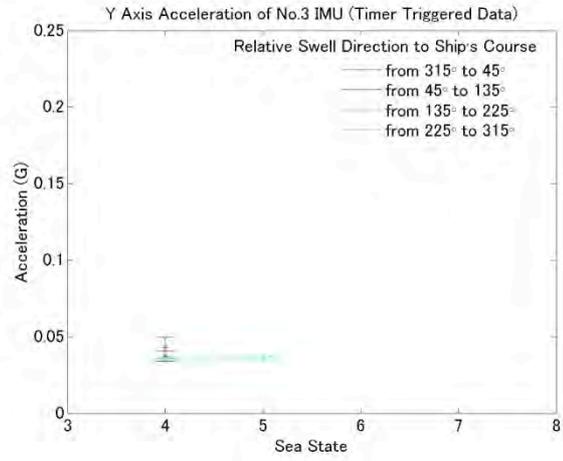
2013-09



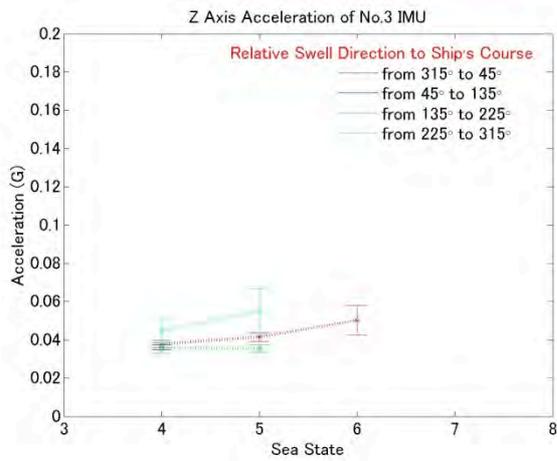
2012-09



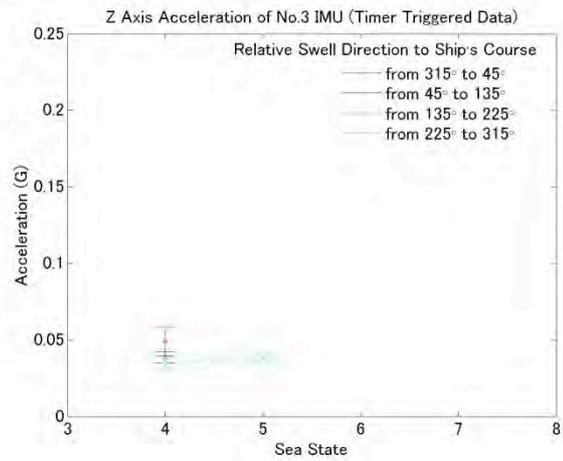
2013-09



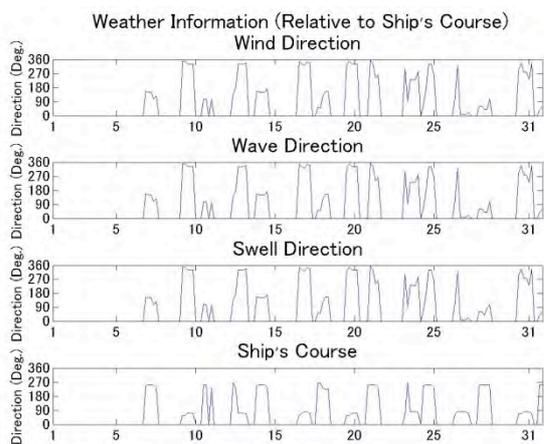
2012-09



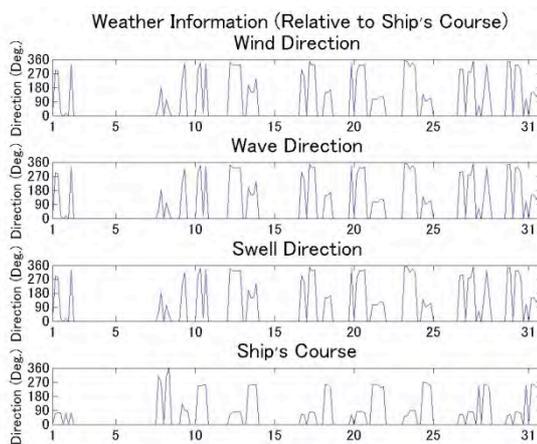
2013-09



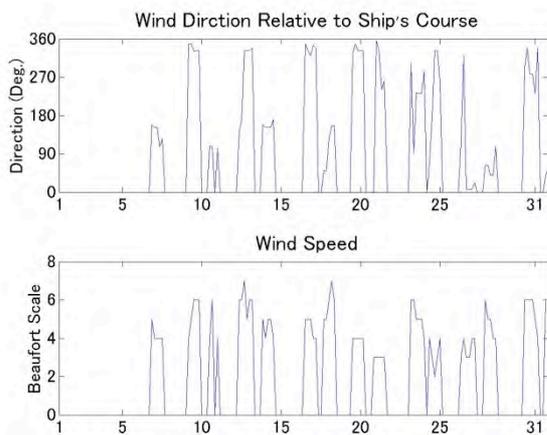
2012-10



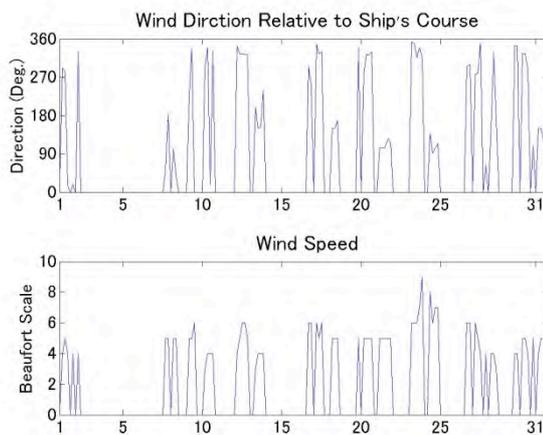
2013-10



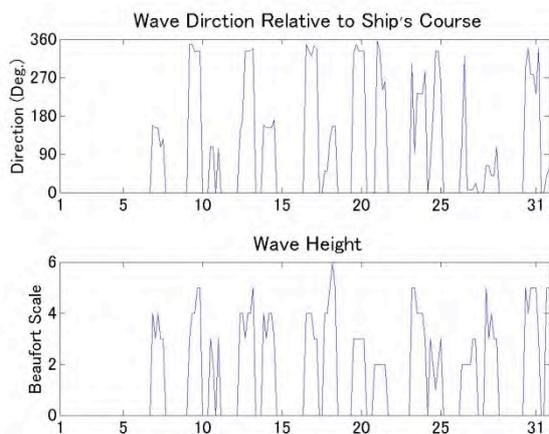
2012-10



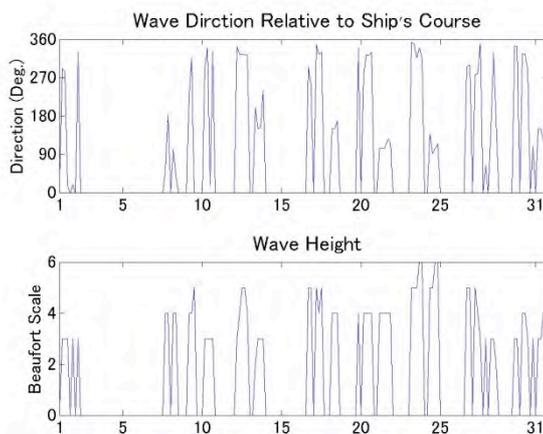
2013-10



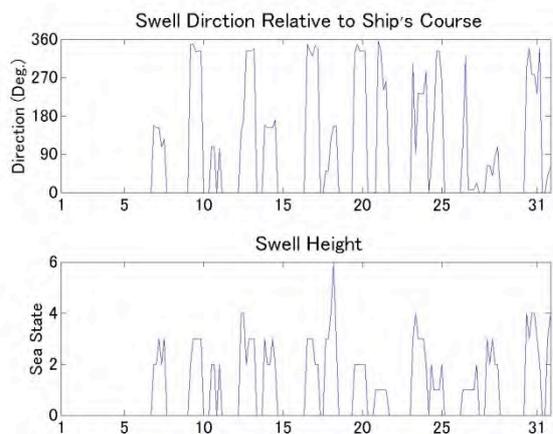
2012-10



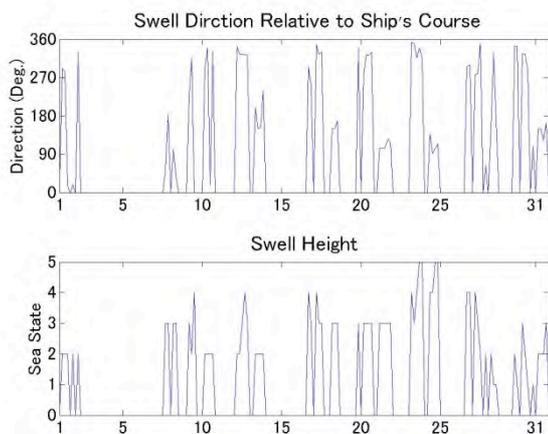
2013-10



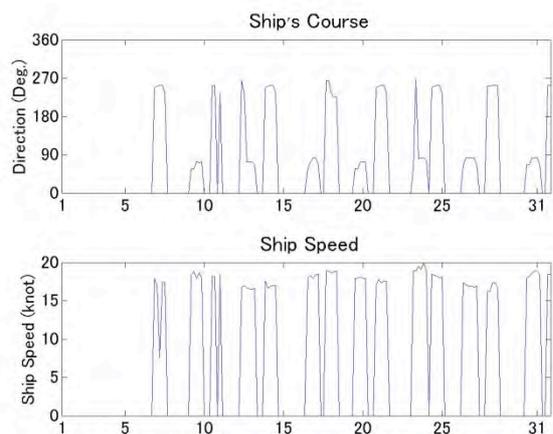
2012-10



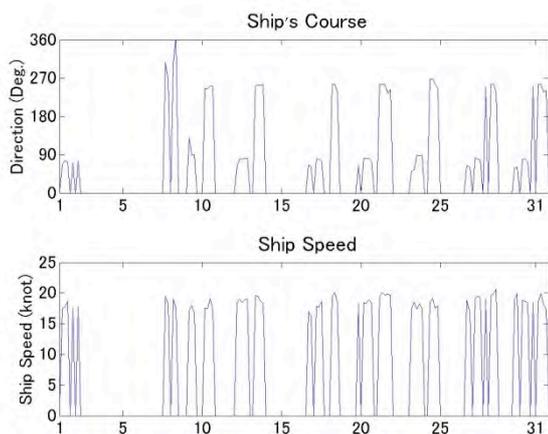
2013-10



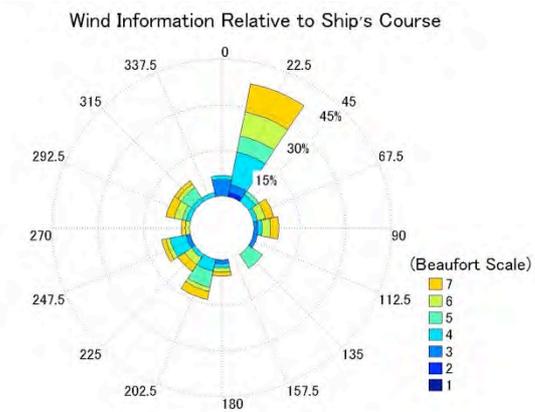
2012-10



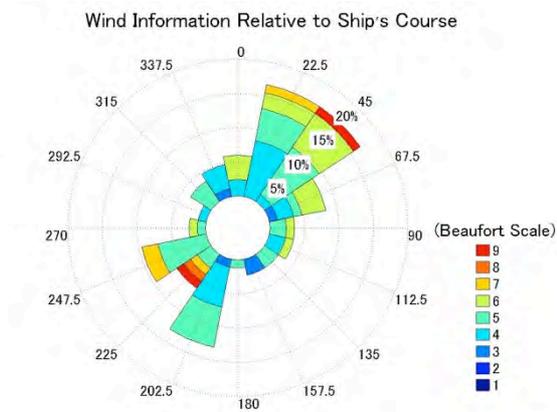
2013-10



2012-10

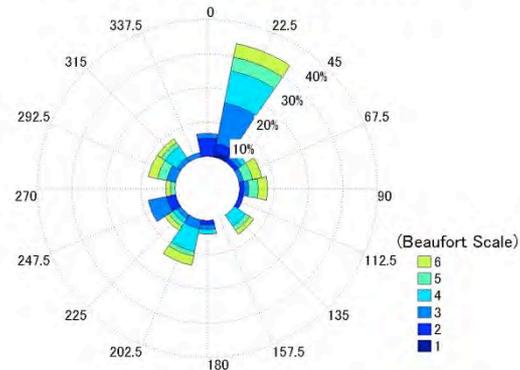


2013-10



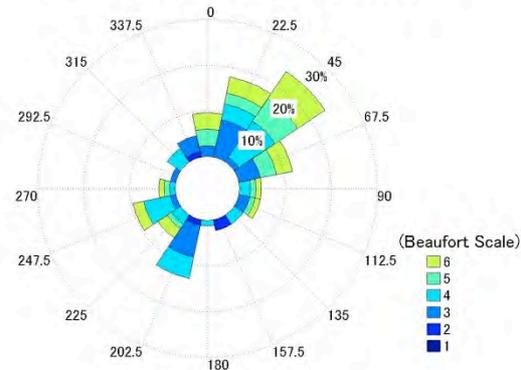
2012-10

Wave Information Relative to Ship's Course



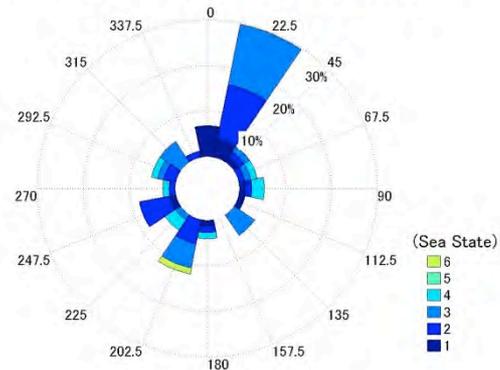
2013-10

Wave Information Relative to Ship's Course



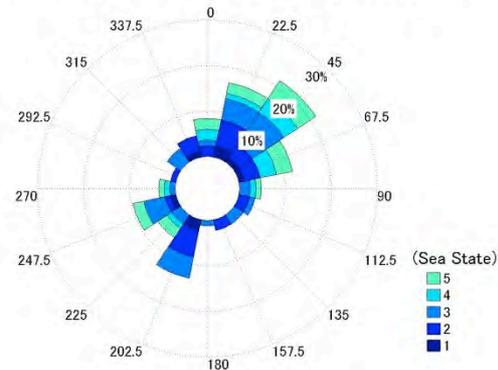
2012-10

Swell Information Relative to Ship's Course



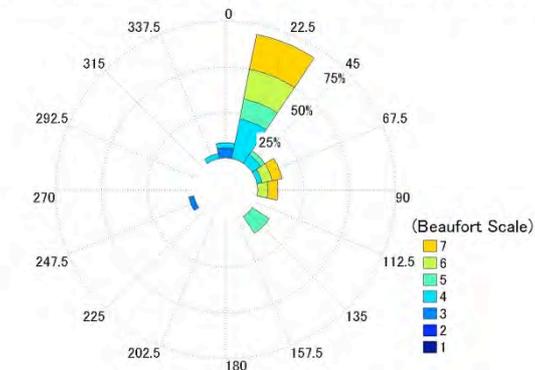
2013-10

Swell Information Relative to Ship's Course



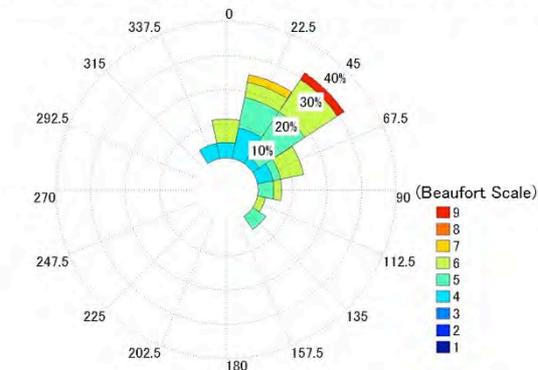
2012-10

Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada

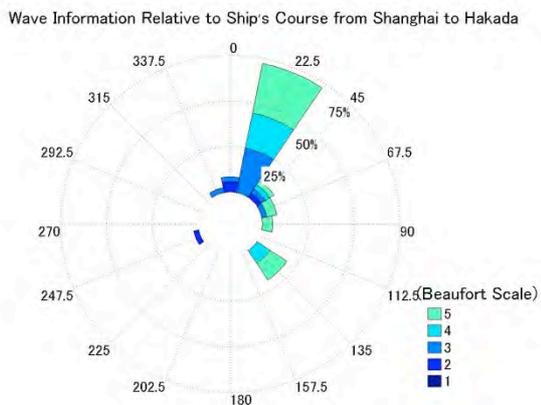


2013-10

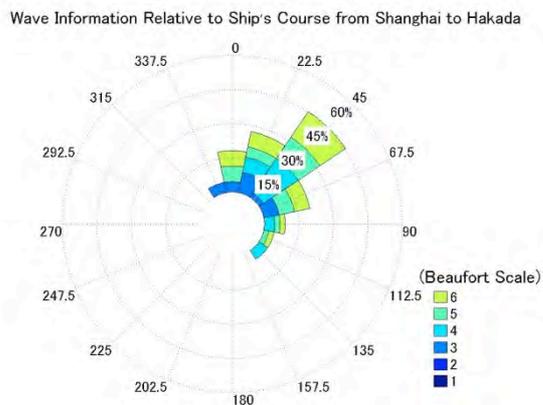
Wind Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



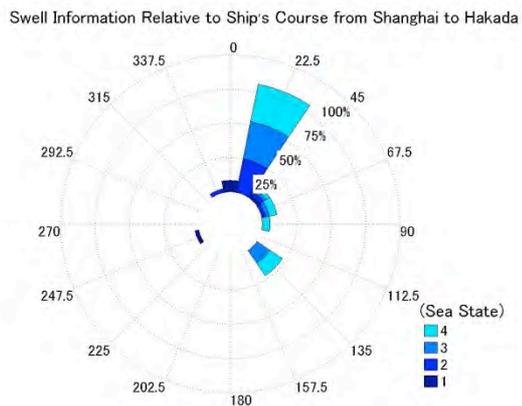
2012-10



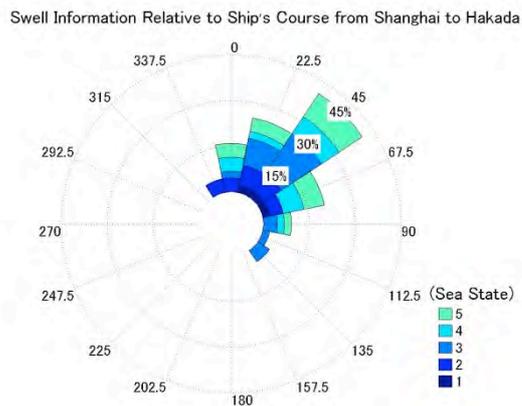
2013-10



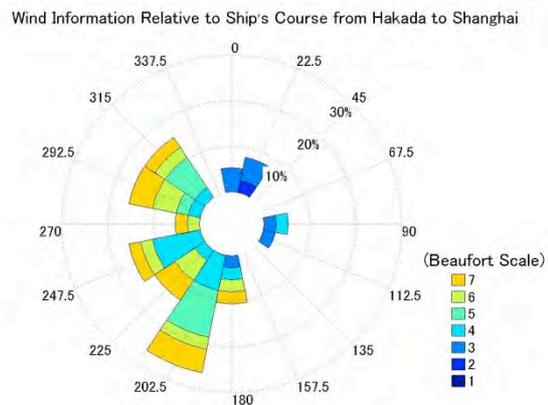
2012-10



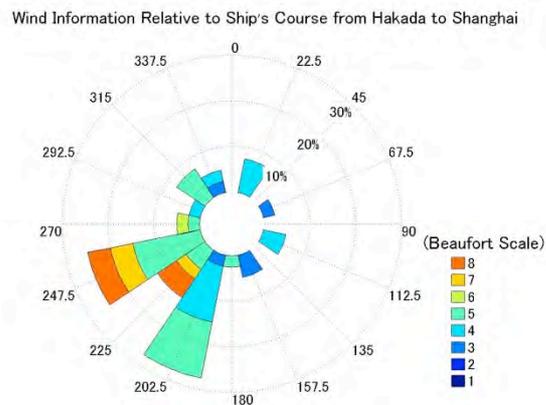
2013-10



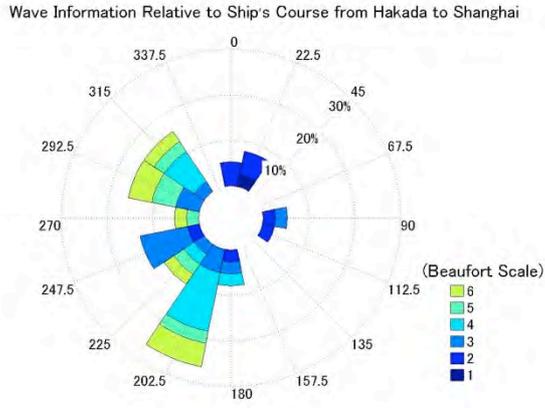
2012-10



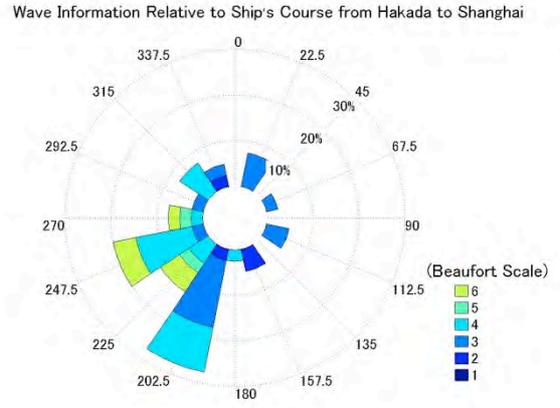
2013-10



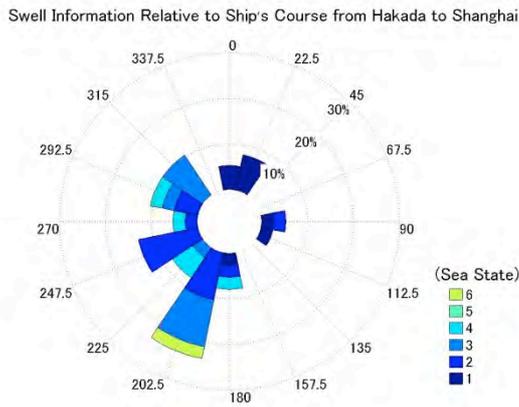
2012-10



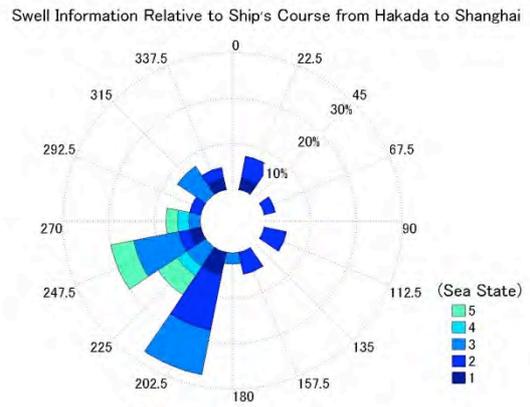
2013-10



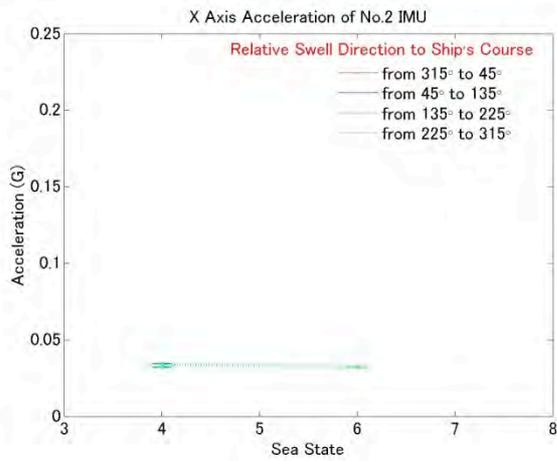
2012-10



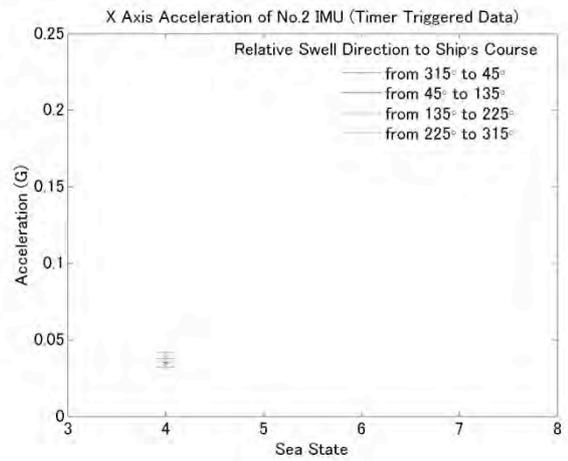
2013-10



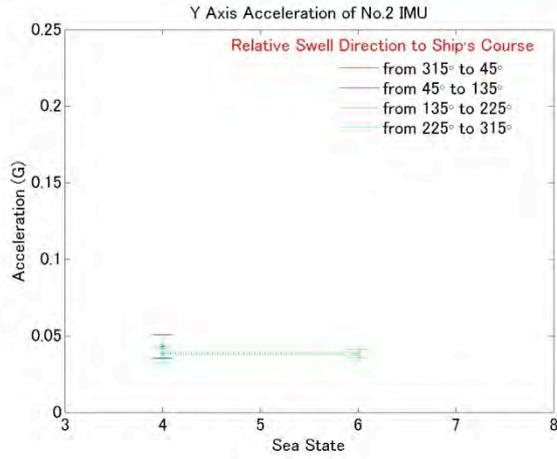
2012-10



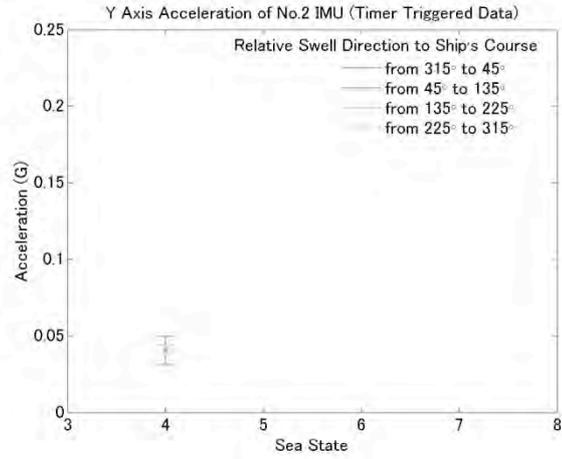
2013-10



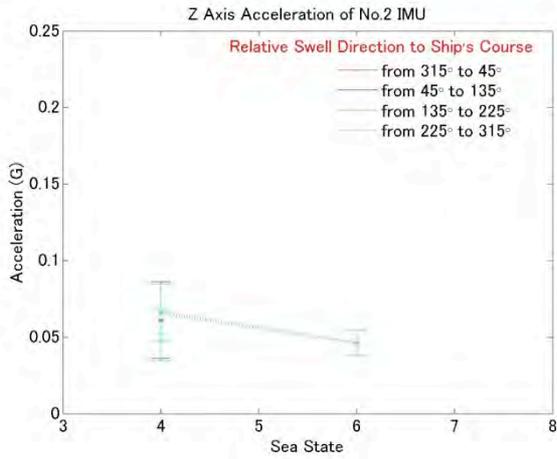
2012-10



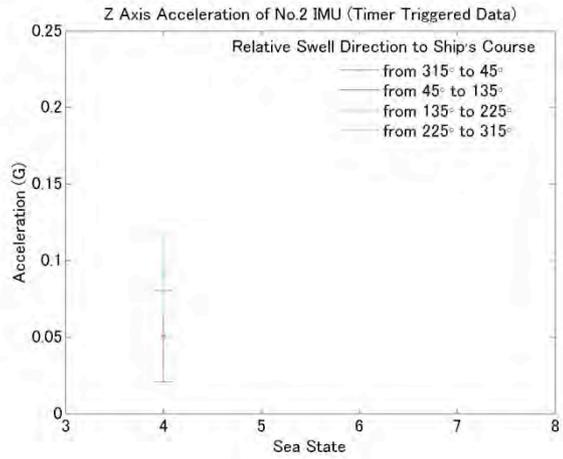
2013-10



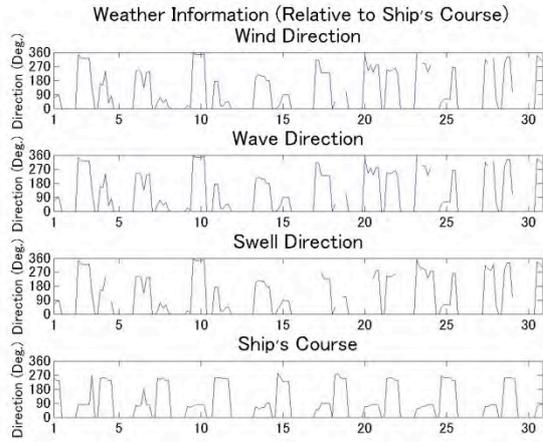
2012-10



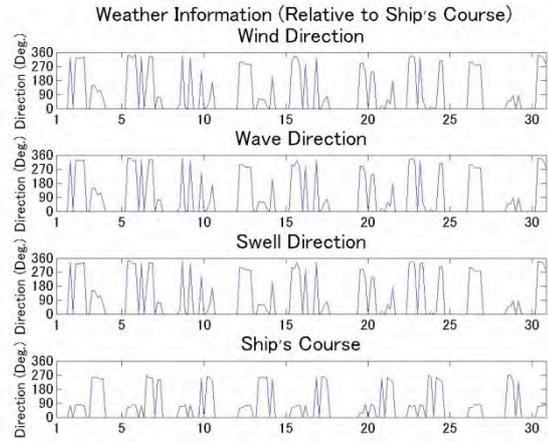
2013-10



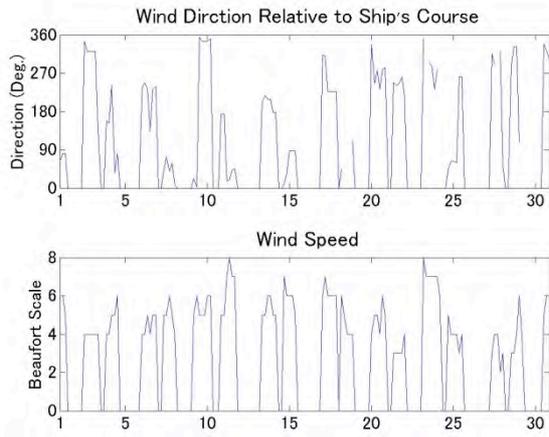
2012



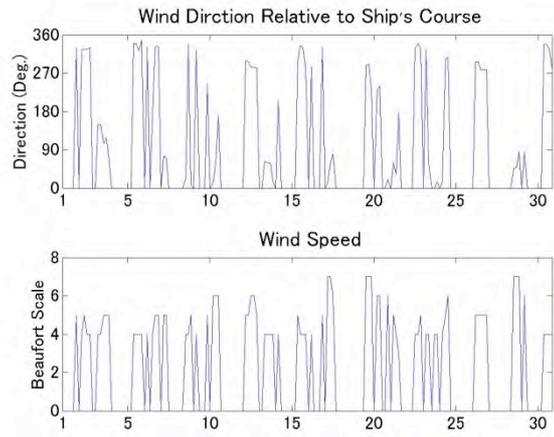
2013



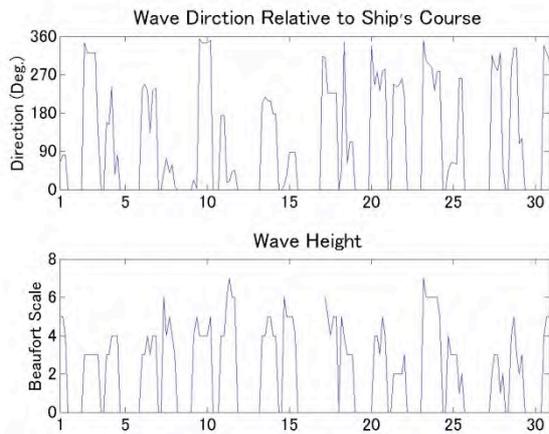
2012



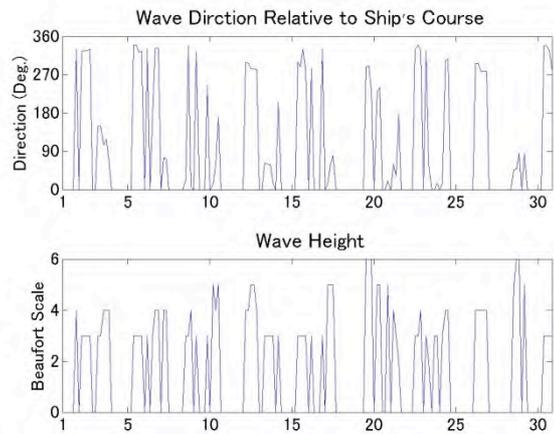
2013



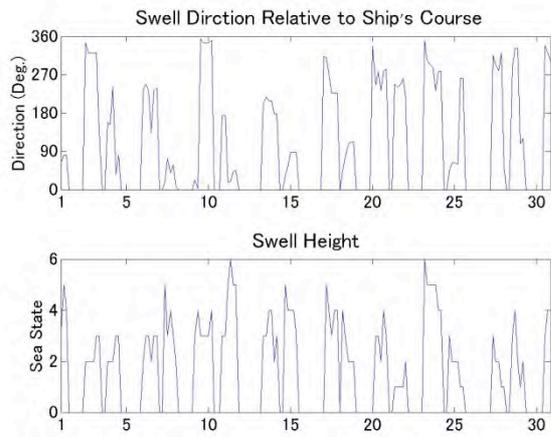
2012



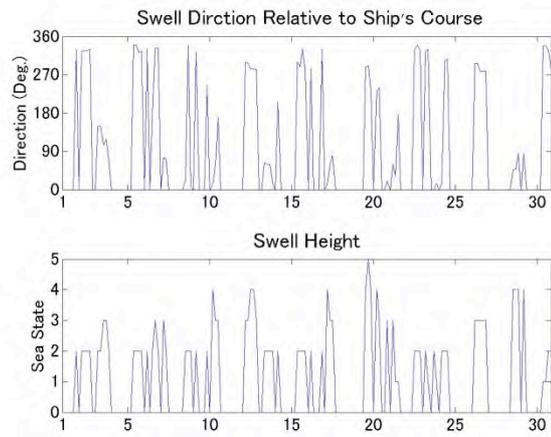
2013



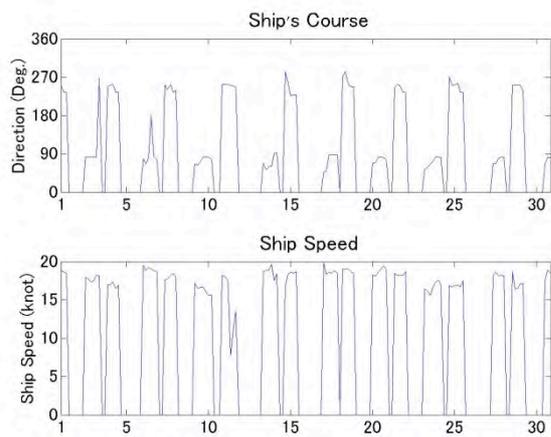
2012



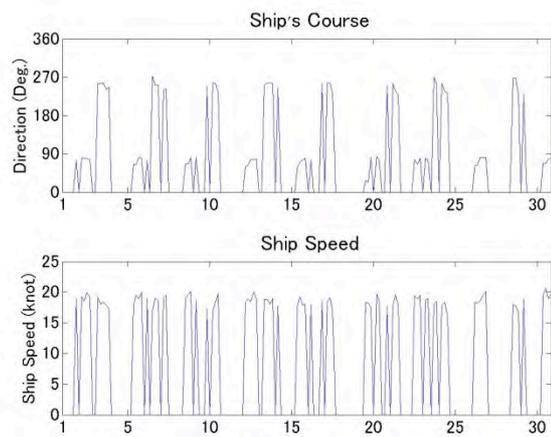
2013



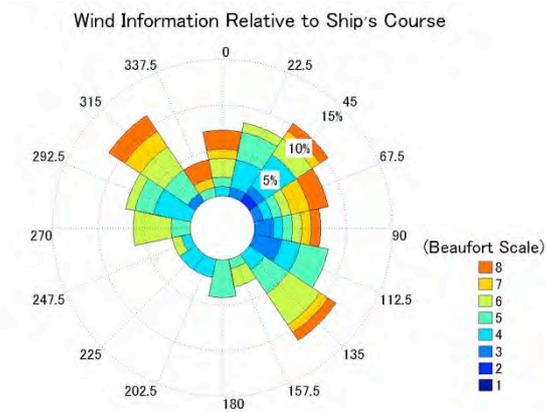
2012



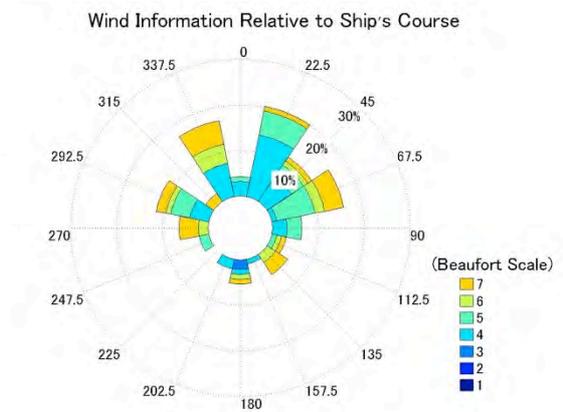
2013



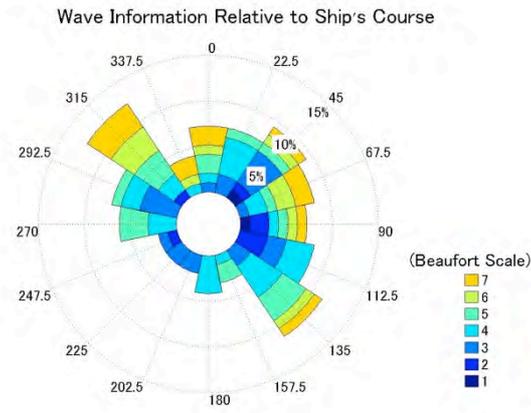
2012



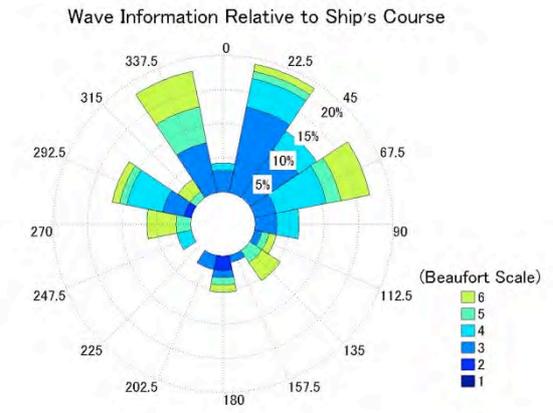
2013



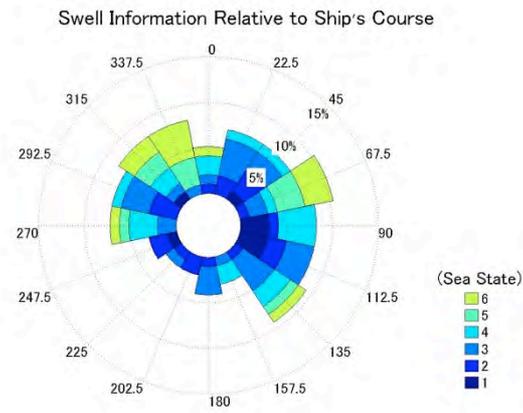
2012



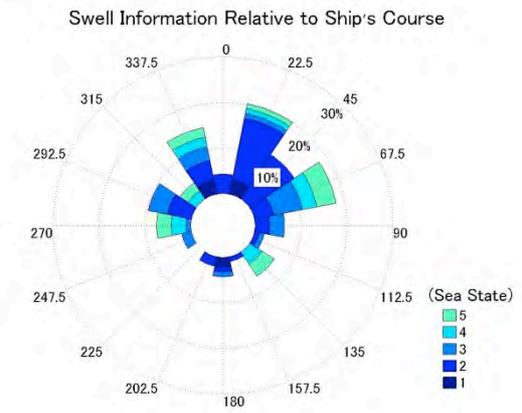
2013



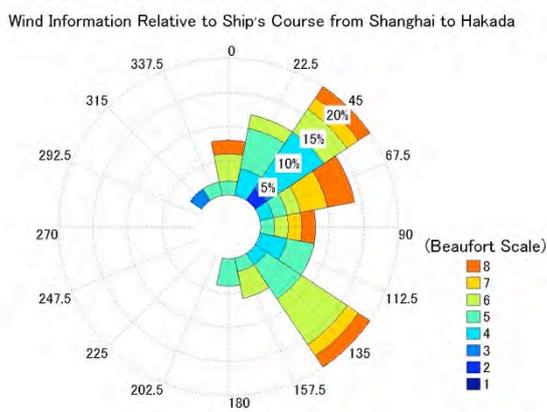
2012



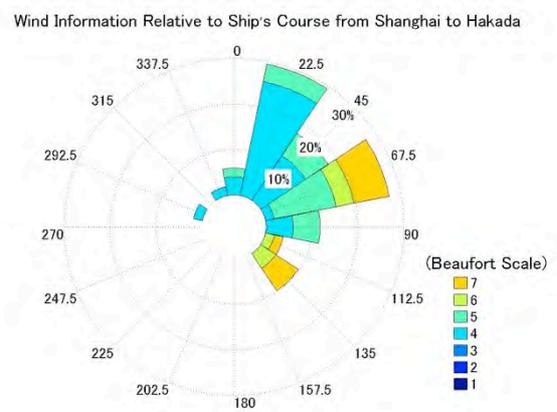
2013



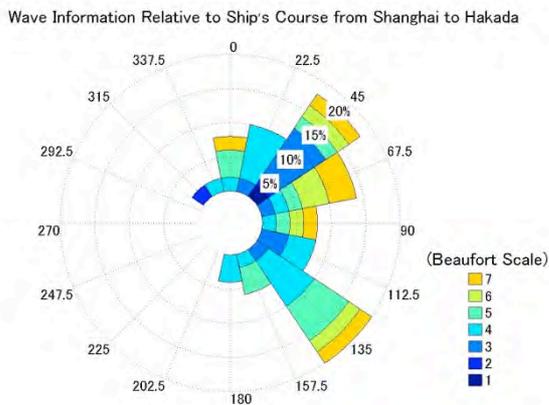
2012



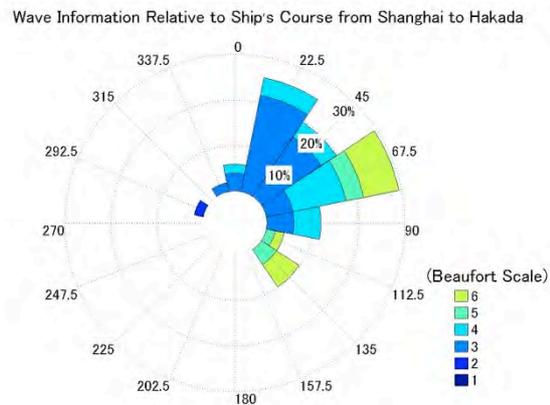
2013



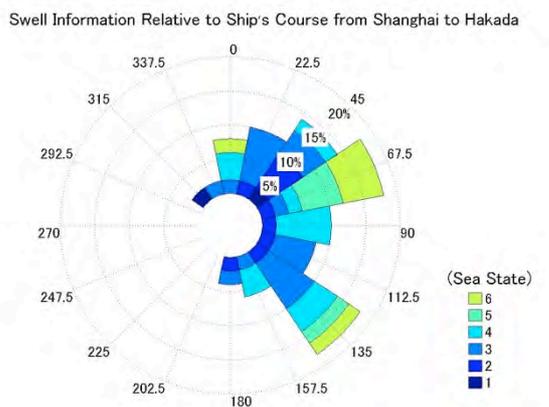
2012



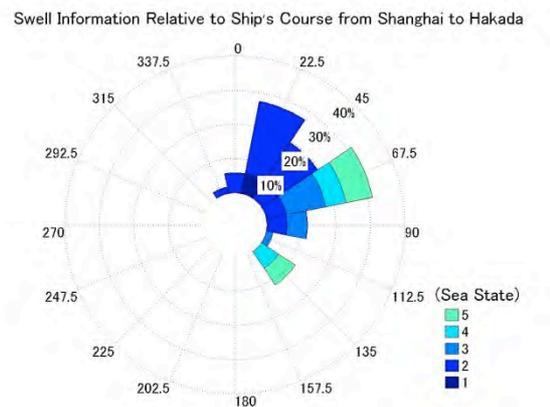
2013



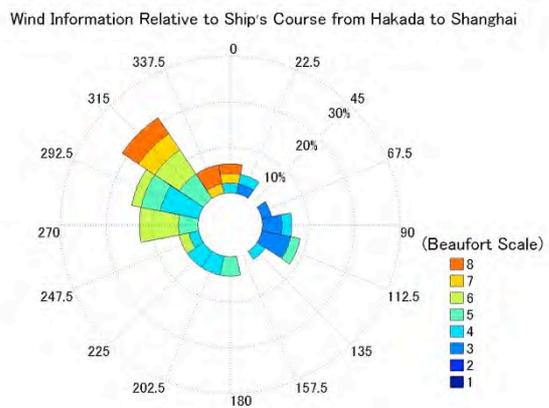
2012



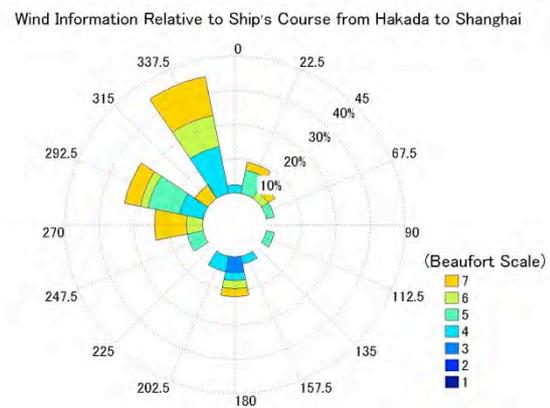
2013



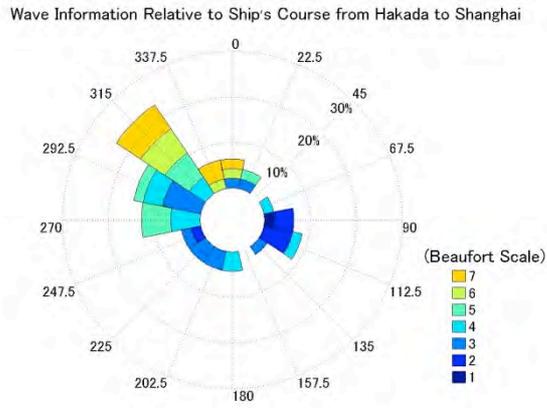
2012



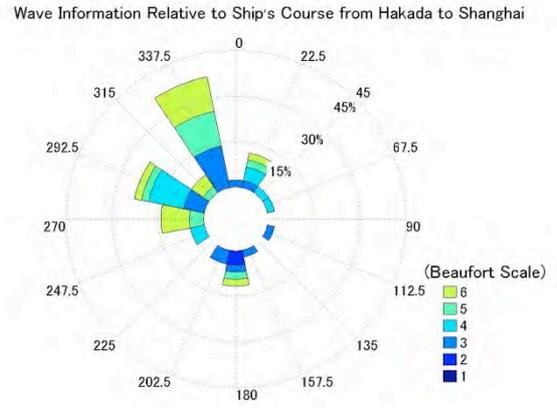
2013



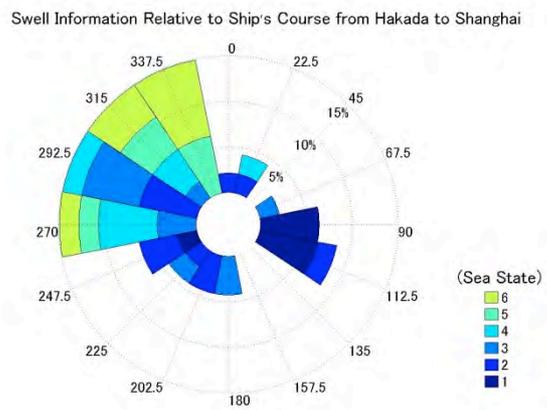
2012



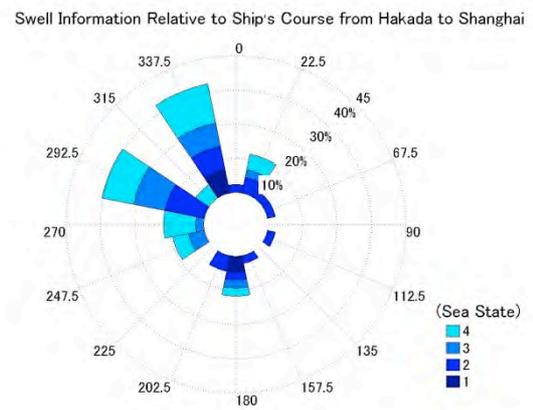
2013



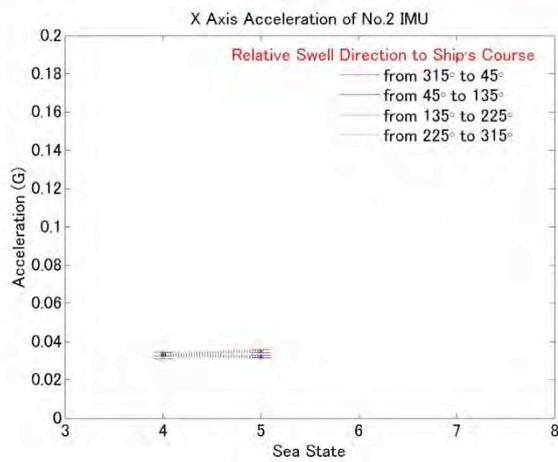
2012



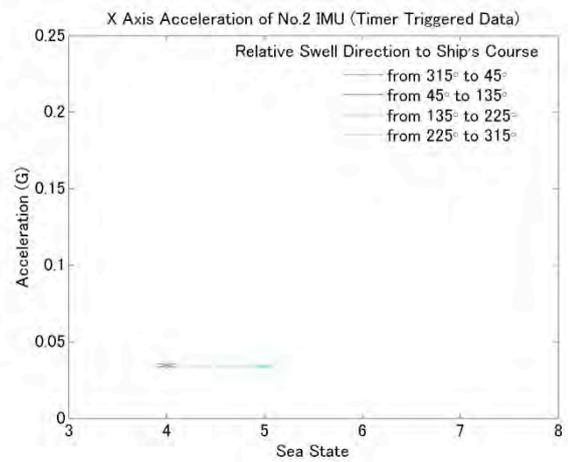
2013



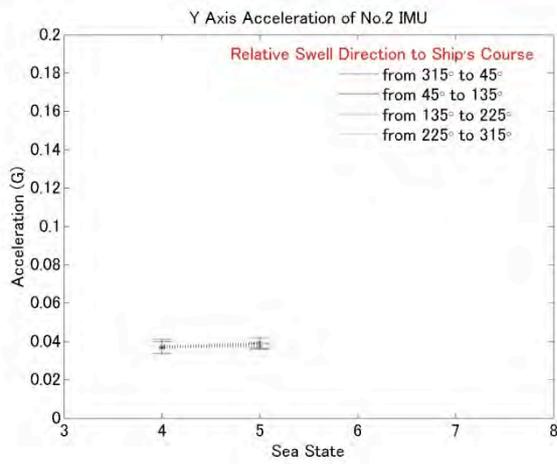
2012



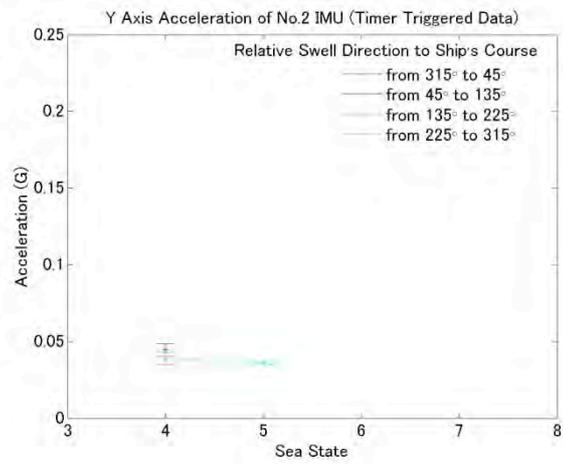
2013



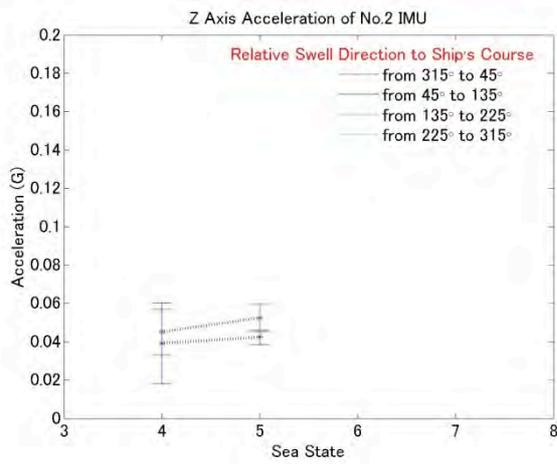
2012



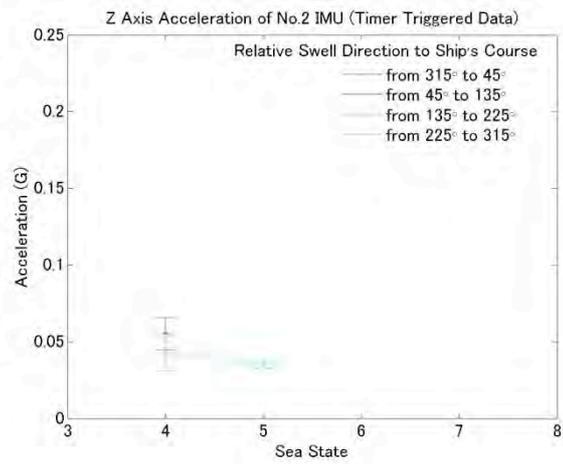
2013



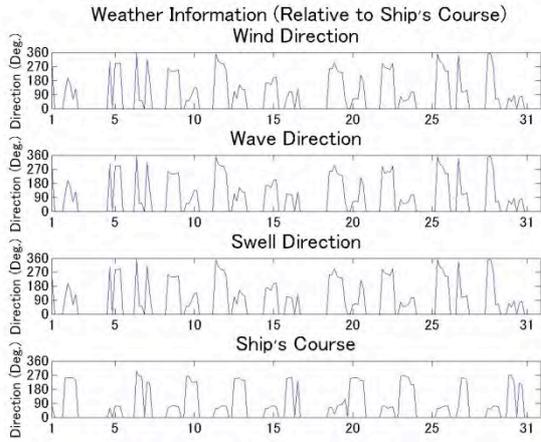
2012



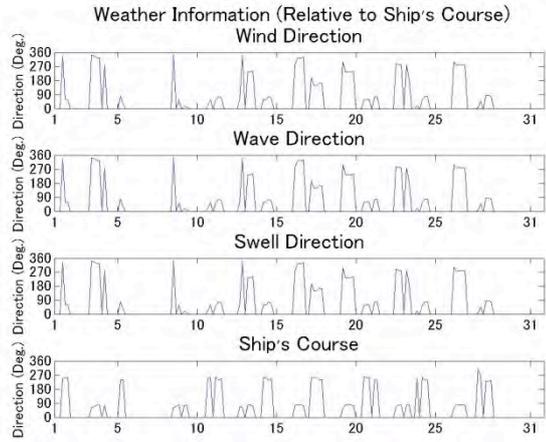
2013



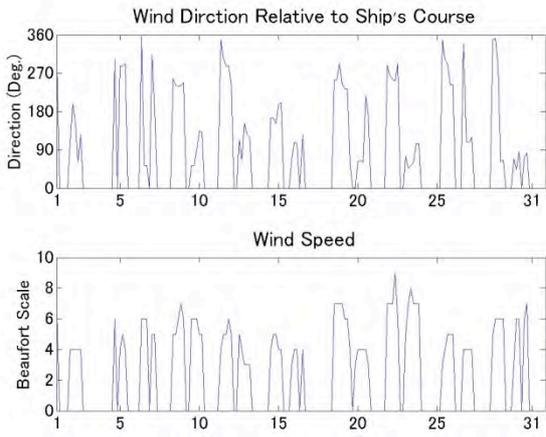
2012



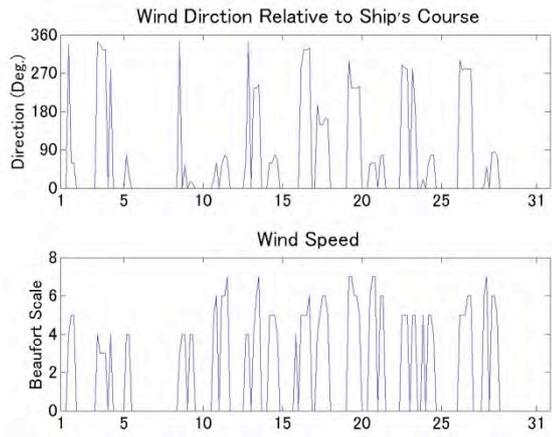
2013



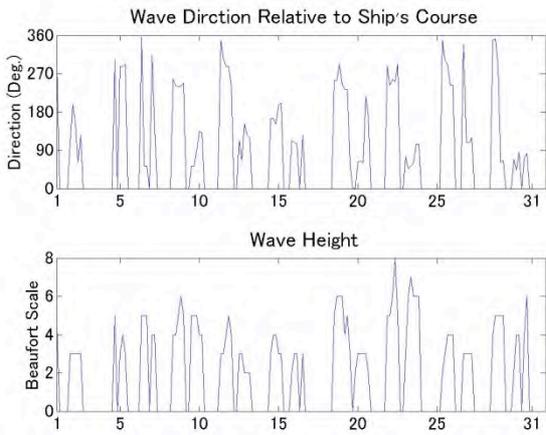
2012



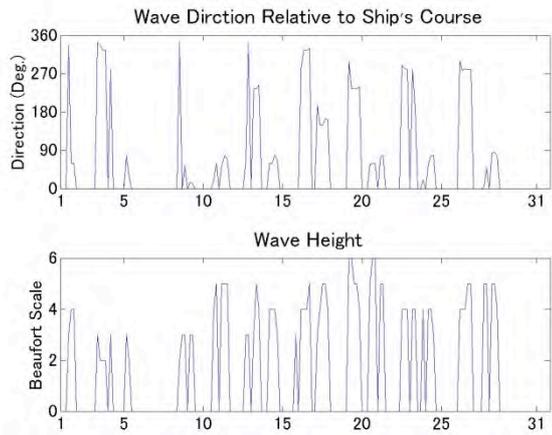
2013



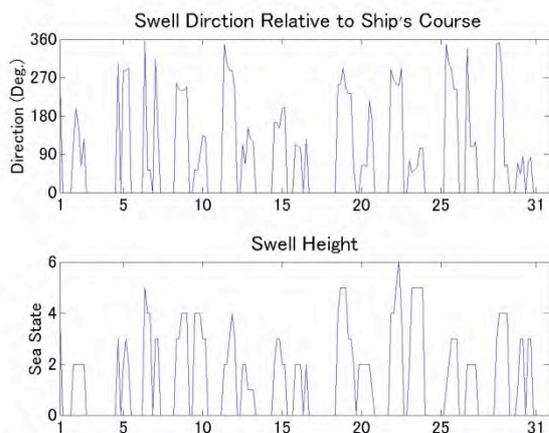
2012



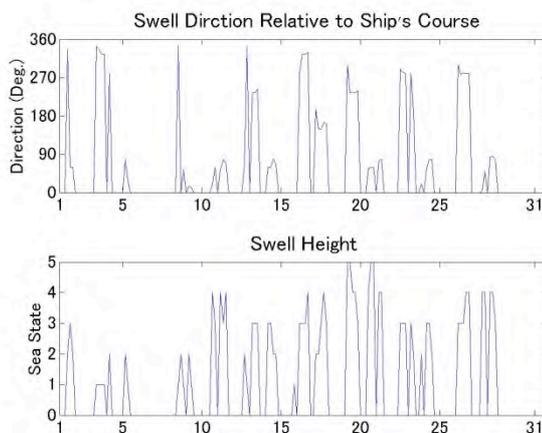
2013



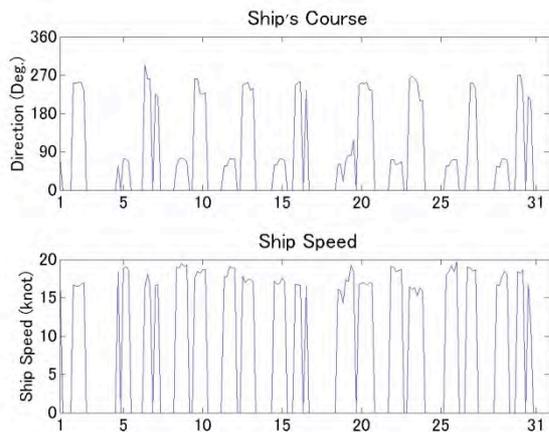
2012



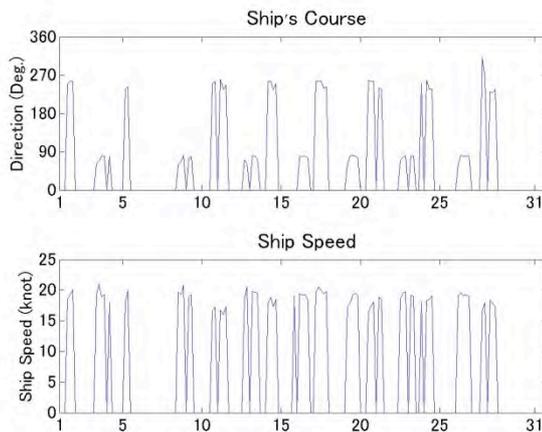
2013



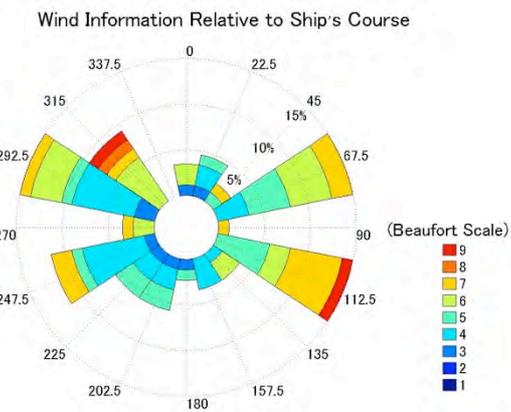
2012



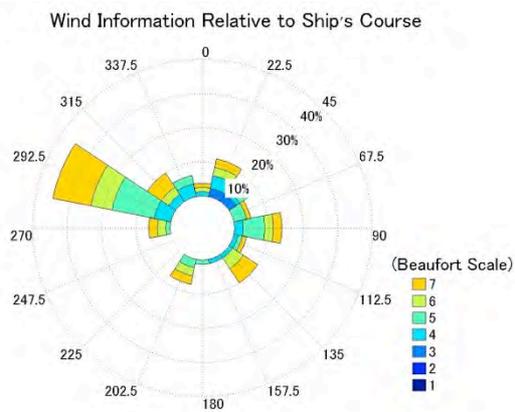
2013



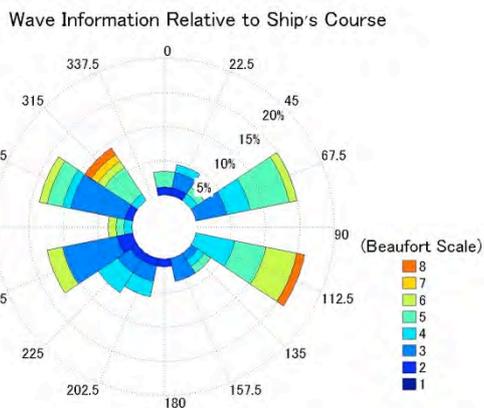
2012



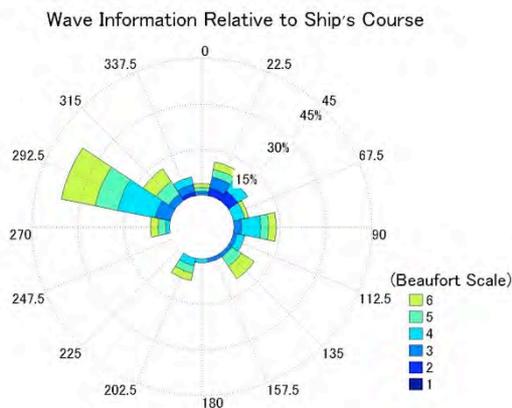
2013



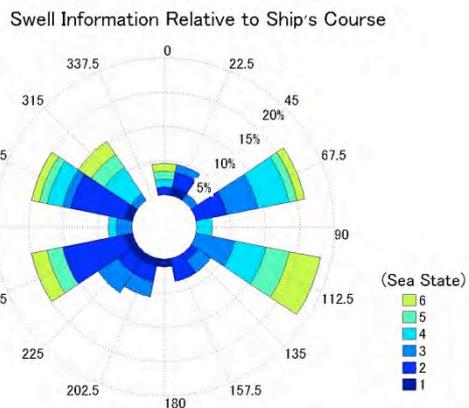
2012



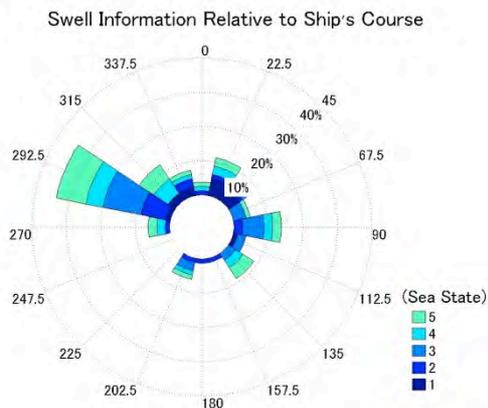
2013



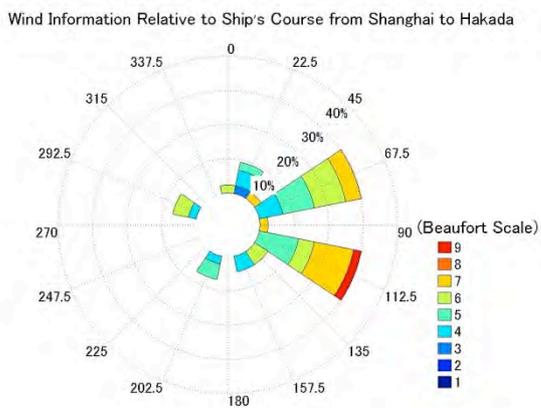
2012



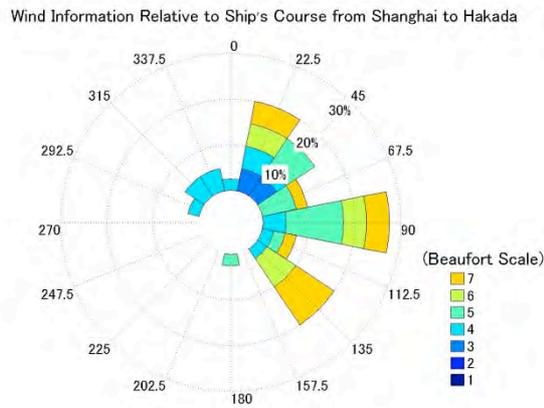
2013



2012

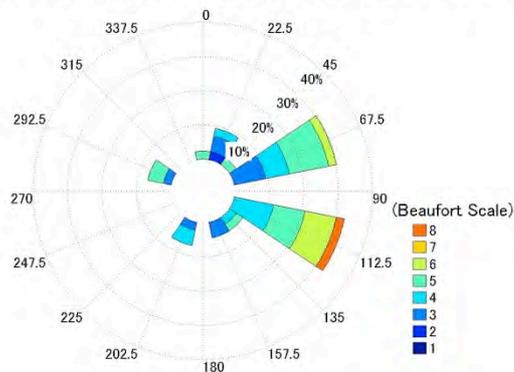


2013



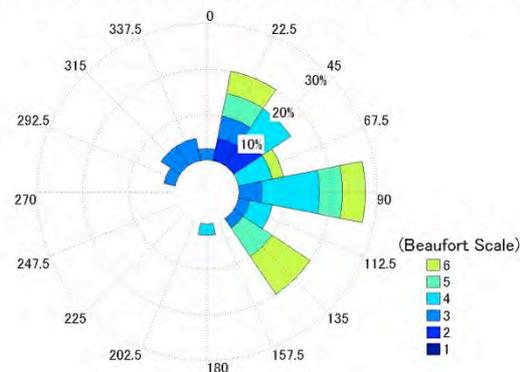
2012

Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



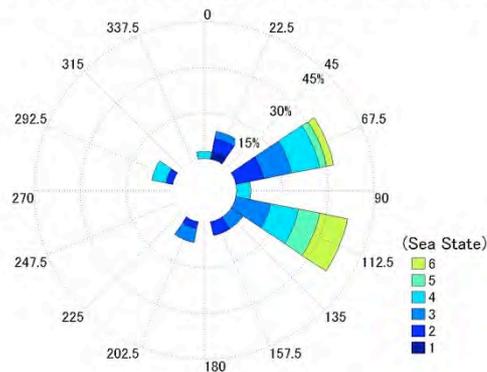
2013

Wave Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



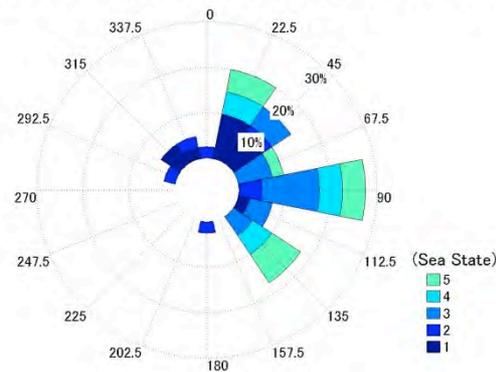
2012

Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



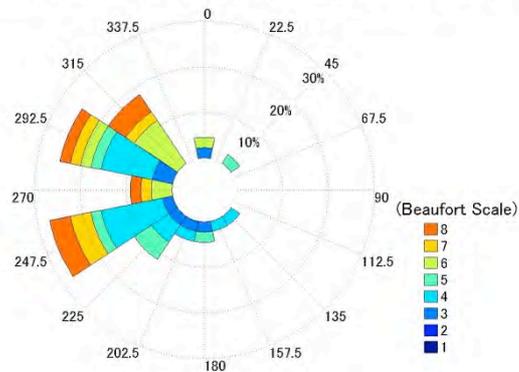
2013

Swell Information Relative to Ship's Course from Shanghai to Hakada



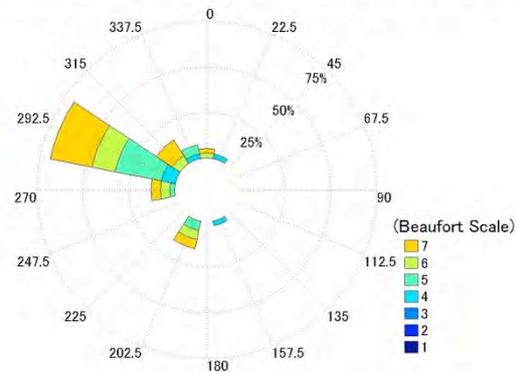
2012

Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai



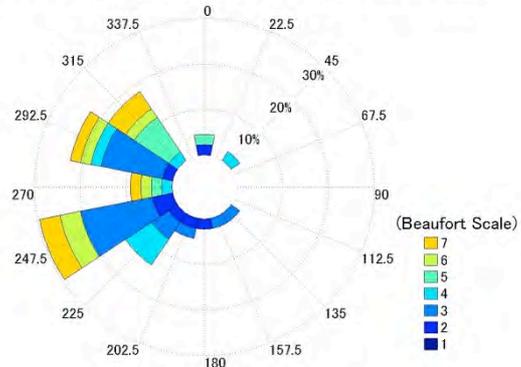
2013

Wind Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai



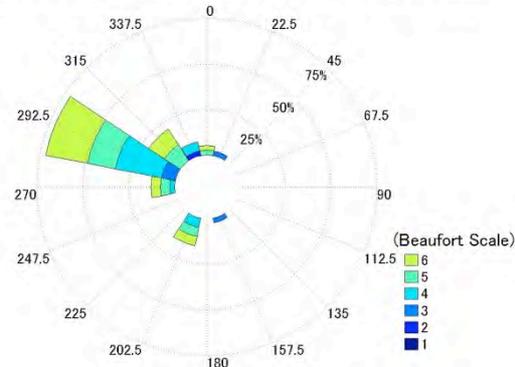
2012

Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai



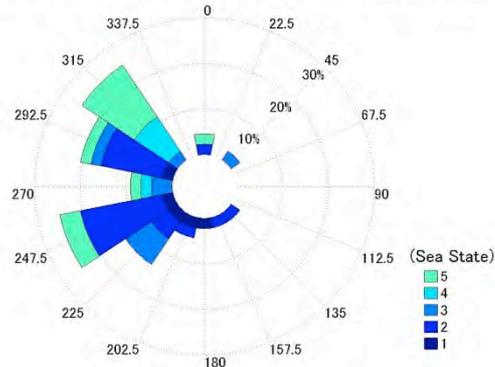
2013

Wave Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai



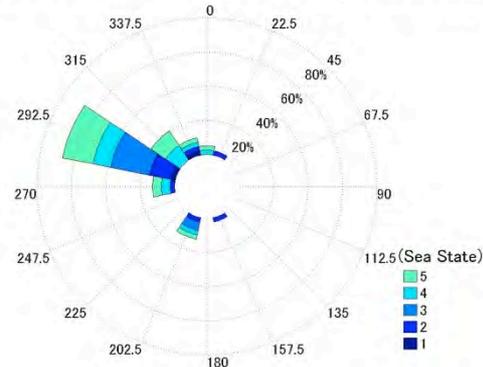
2012

Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai



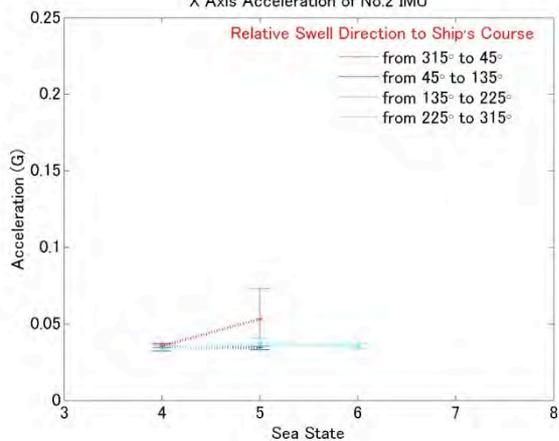
2013

Swell Information Relative to Ship's Course from Hakada to Shanghai



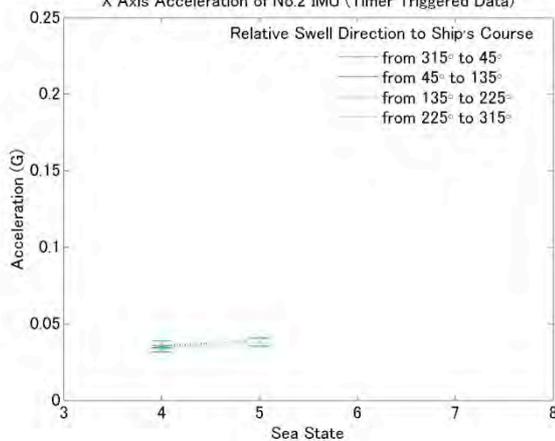
2012

X Axis Acceleration of No.2 IMU

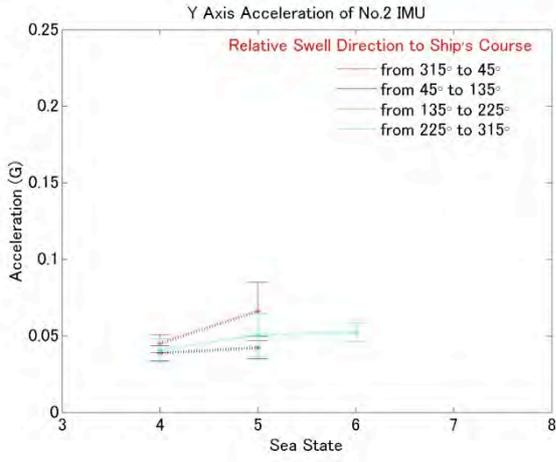


2013

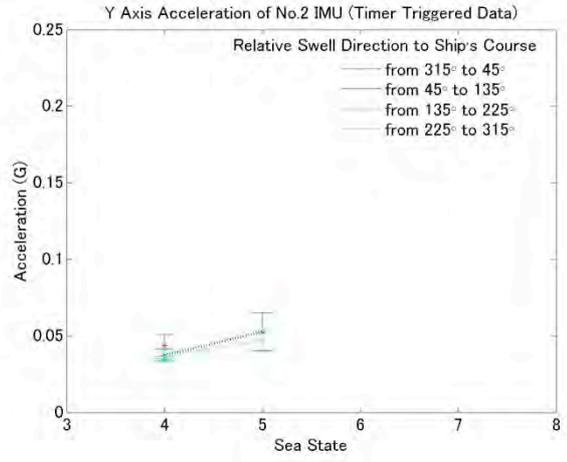
X Axis Acceleration of No.2 IMU (Timer Triggered Data)



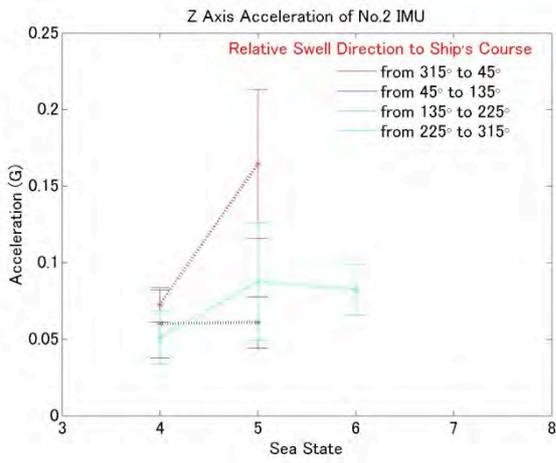
2012



2013



2012



2013

