

「見える化」による低炭素運航推進について

東京海洋大学

特任教授

大津皓平

輸送機関	基準	貨物	旅客
 	車両数	300両	300両
  	台数	200台	バス 200台
			タクシー 350台
	総船腹量	2万総トン	2万総トン
	総最大離陸重量	9000トン	

- (1) 輸送事業者ごとにエネルギー消費原単位を中長期的に見て年平均1%以上低減させることを目標とすること。
- (2) 輸送事業者が省エネへの取組みを示す方針を策定することや省エネ対策責任者を設置し省エネへの取組みの推進体制を整備すること。

原単位

貨物輸送事業者： エネルギー消費量 ÷ 輸送トンキロ

旅客輸送事業者： エネルギー消費量 ÷ 輸送キロ（車両・船舶走行キロ）

温暖化ガス排出量規制 基本方針(11/3/2010)

- 2013年以降 ポスト京都議定書

2020年中期目標 1990比 25%削減

2050年長期目標 同 80%削減

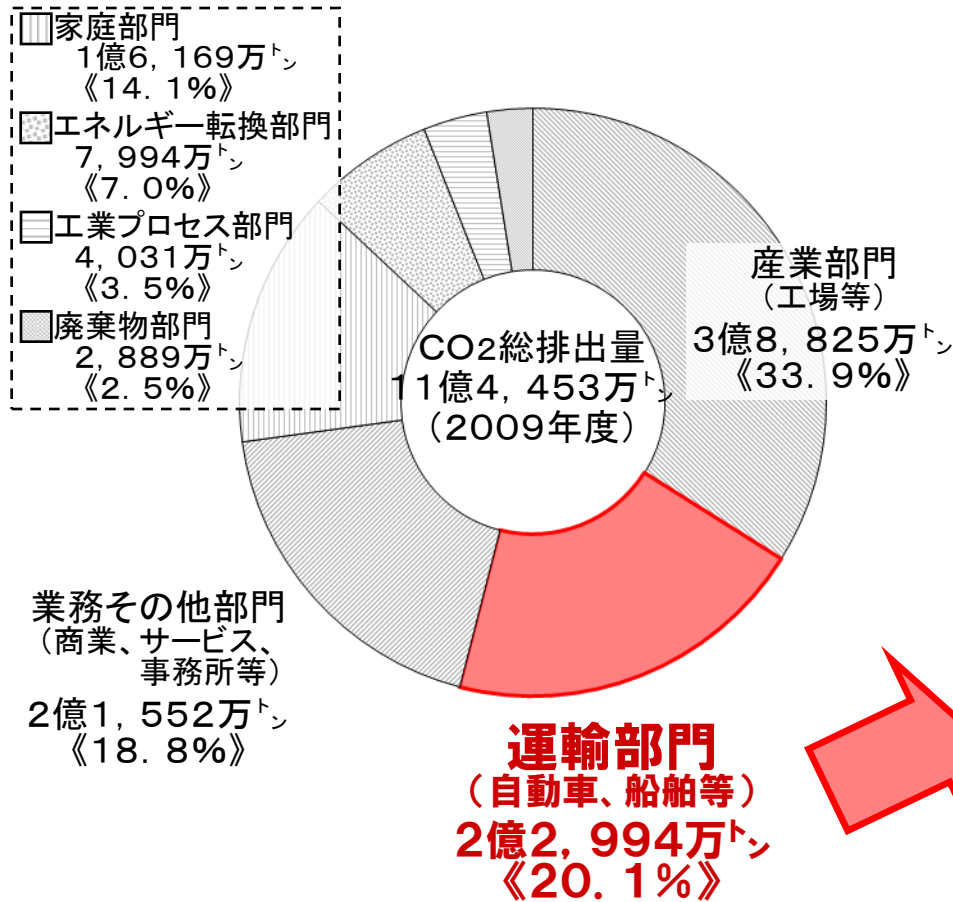
総排出量取引制度の導入

総量規制

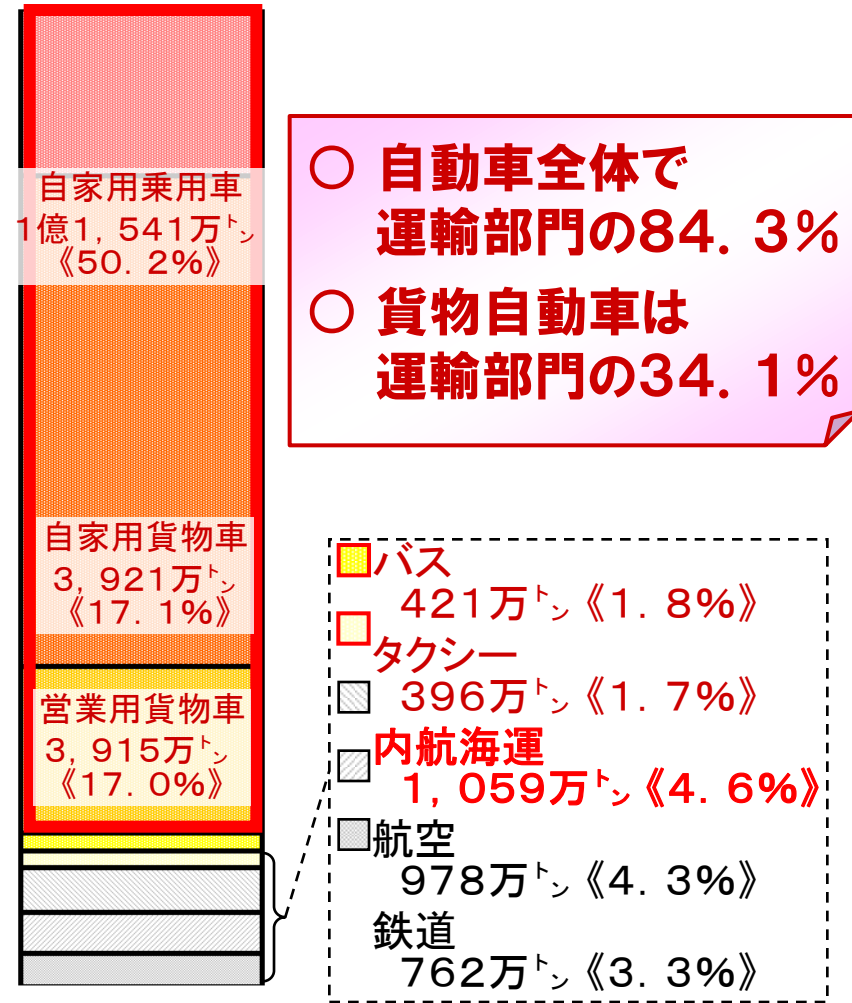
原単位量規制 両論併記

部門別CO2排出量(2009年度)

1. 日本の各部門におけるCO2排出量



2. 運輸部門におけるCO2排出量



国際海事機構(IMO) 第62回海洋環境保護委員会

【概要】

1. 船舶からの CO2 排出規制を導入する海洋汚染防止条約(MARPOL 条約)附属書改正が採択された。
2. 船舶からの NOx(窒素酸化物)排出削減に関して、選択触媒還元(SCR)脱硝装置を外付け搭載したエンジンを認証する仕組みに合意された。
3. シップリサイクル条約(仮称)に基づく、「船舶リサイクル計画に関するガイドライン」等が採択された。
4. 船舶からの廃物・汚水・大気汚染を規制する MARPOL 条約附属書の改正が採択された。

CO2排出指標(エネルギー効率設計指標)EEDIの導入

船技協資料

省エネ運航計画(船舶エネルギー効率管理計画:SEEMPの導入)

「一定条件下で、1トンの貨物を1マイル運ぶのに排出すると見積もられるCO2グラム数」としてインデックス化し、船舶性能を差別化する「エネルギー効率設計指標(EEDI: Energy Efficiency Design Index)」の策定

参考資料：省エネ運航計画（SEEMP）の内容

対象： 現存船を含む全ての船舶
 効果： 船舶の運航上の工夫によりCO₂排出を削減



※MEPC62正式レポート前の情報に基づきます。

推進性能に関する基本的な関係

抵抗は速力の2乗に比例する **減速航海**

波浪中の抵抗増加は波高の2乗に比例する
船体運動のモニタリング


機関出力(馬力)は速度の3乗に比例
する **推進性能の把握**

運航者の役割

平水中の抵抗曲線、推進性能：
船体の形状、プロペラ形状、機関効率によって決定される。
造船所の仕事

運航者の仕事：

船体運動と機関性能の関係を最適にすることにより安全を担保しつつ抵抗を減少させること。

- ・航路の選択
- ・針路の選択 波、風の影響の最小化
- ・機関運転の最適化  モニタリングの重要性
- ・操舵角の減少による抵抗軽減

キーポイント: 運航の合理化

荷主から「遅れない」要請



- ・運航スケジュール確保
- ・遅延時の責任回避



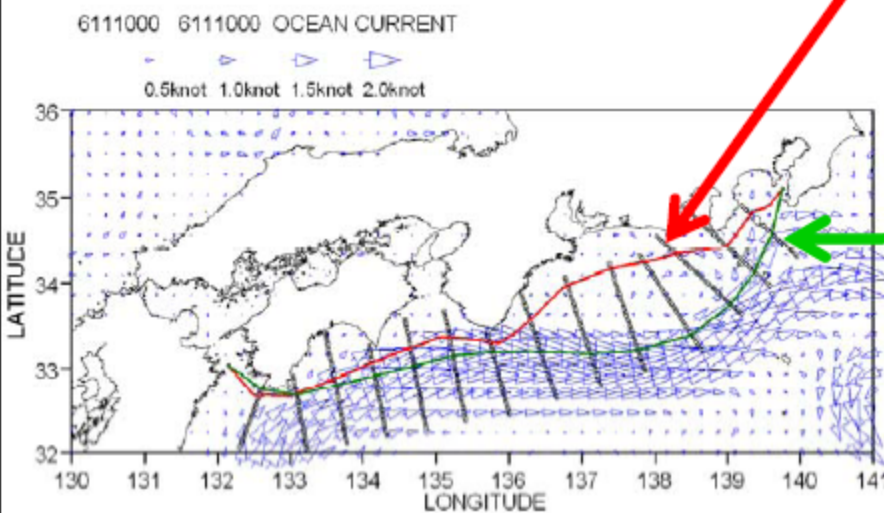
気象海象の不確実性

運航実態
 船速: 航海速力 (一定)
 航路: 最短航路 (一定)

船舶の沖待ち

推薦航路(距離は伸びる)を採用しても、定時性を維持する航海計画

気象・海象予測情報



最適航海計画

- ・最適航路
- ・最適船速

定時運航
 スケジュール確保

燃料消費量の削減

風推算

波浪推算

黒潮流路予測

波と風による抵抗増加

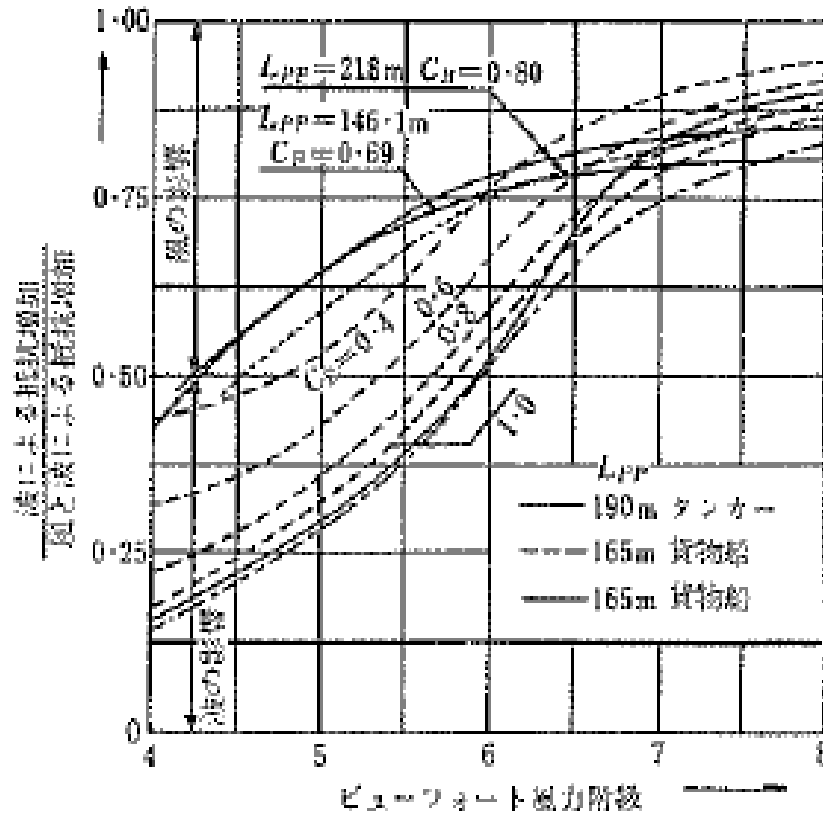
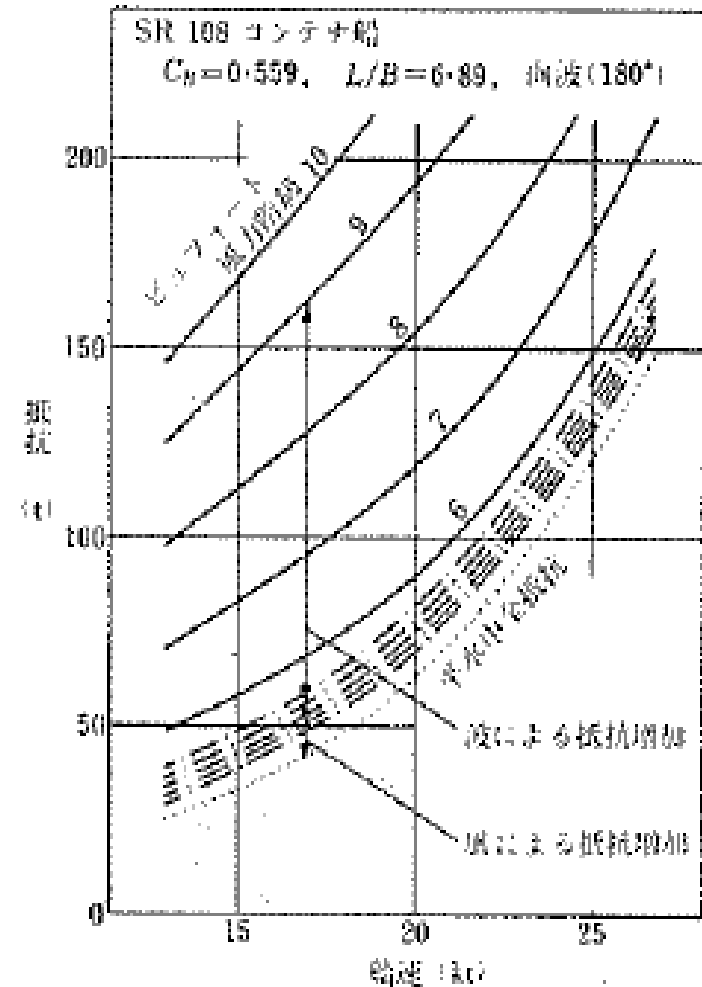
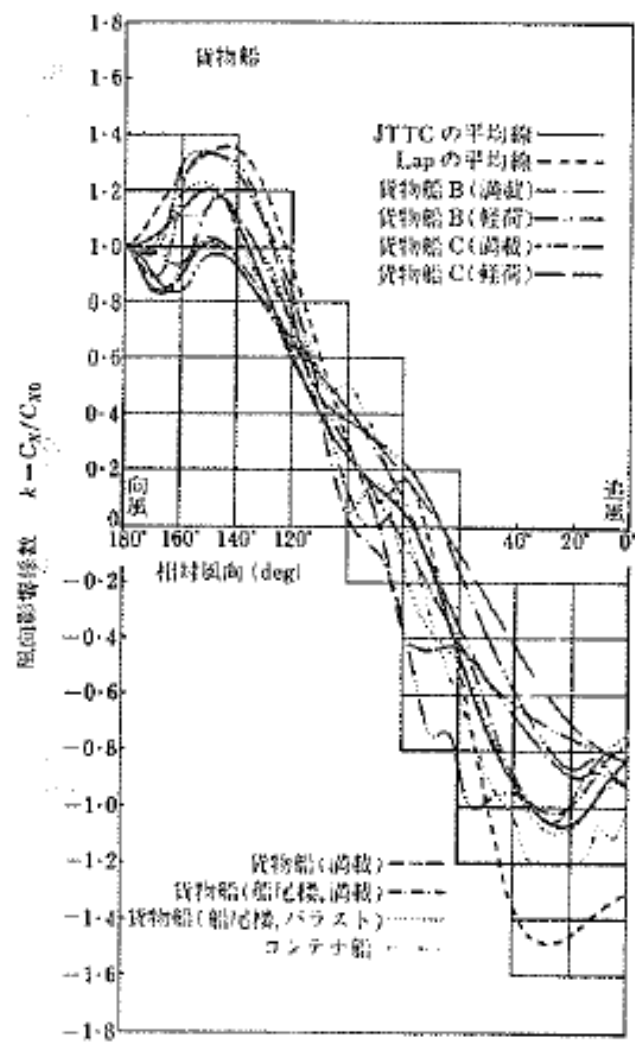
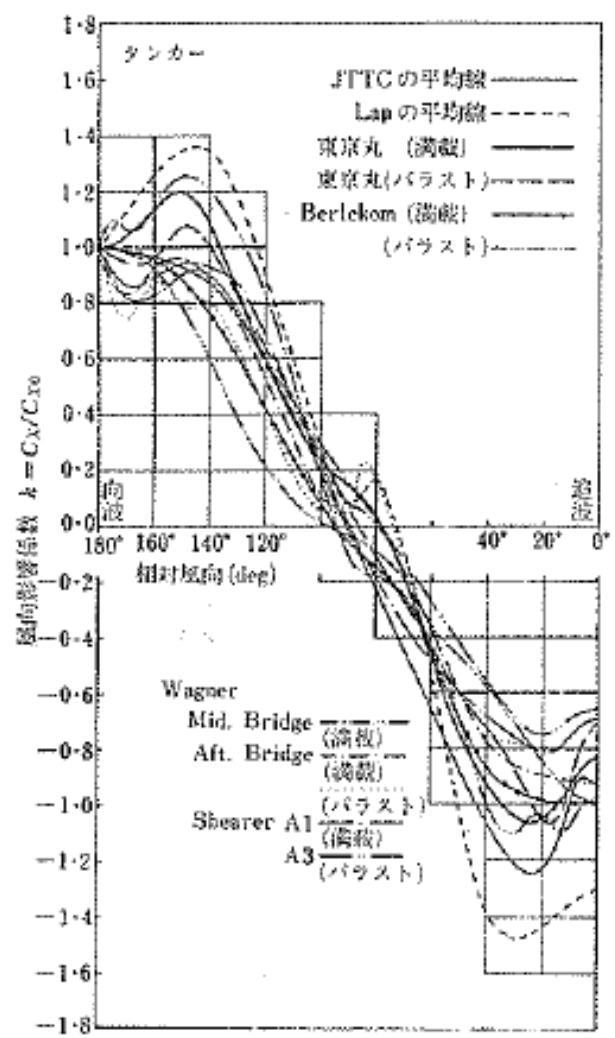


図 114 波と風による抵抗増加量と波による抵抗増加量との比





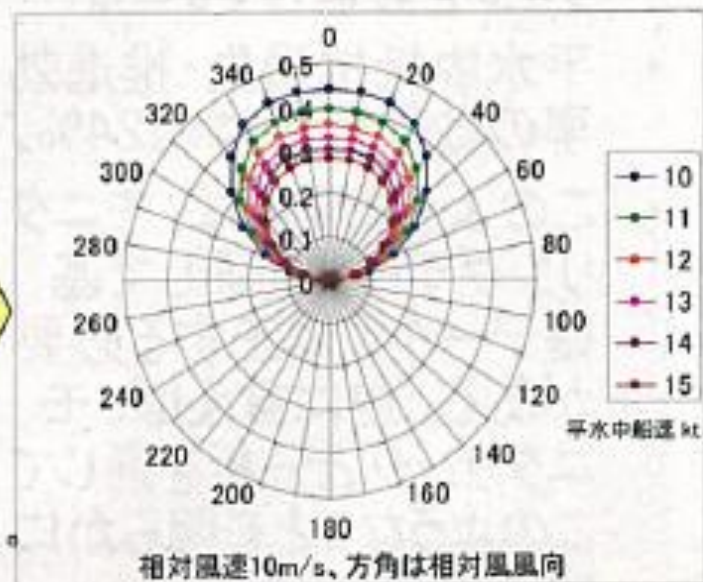
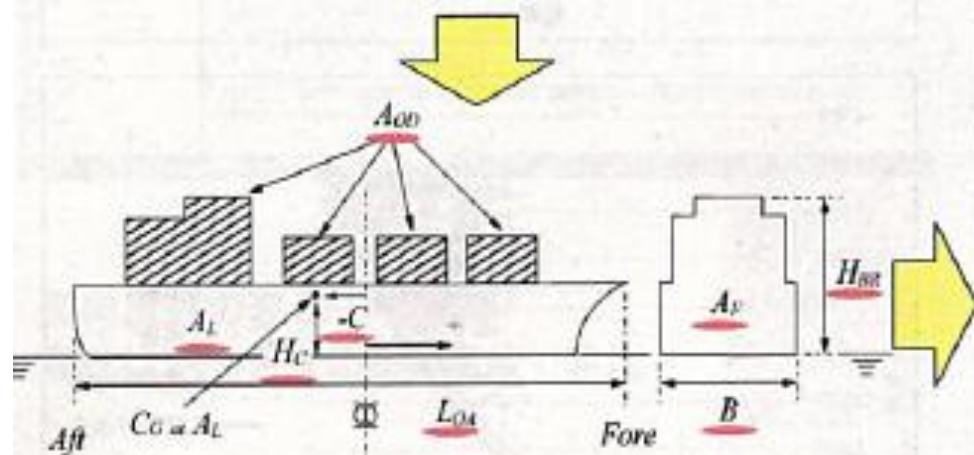
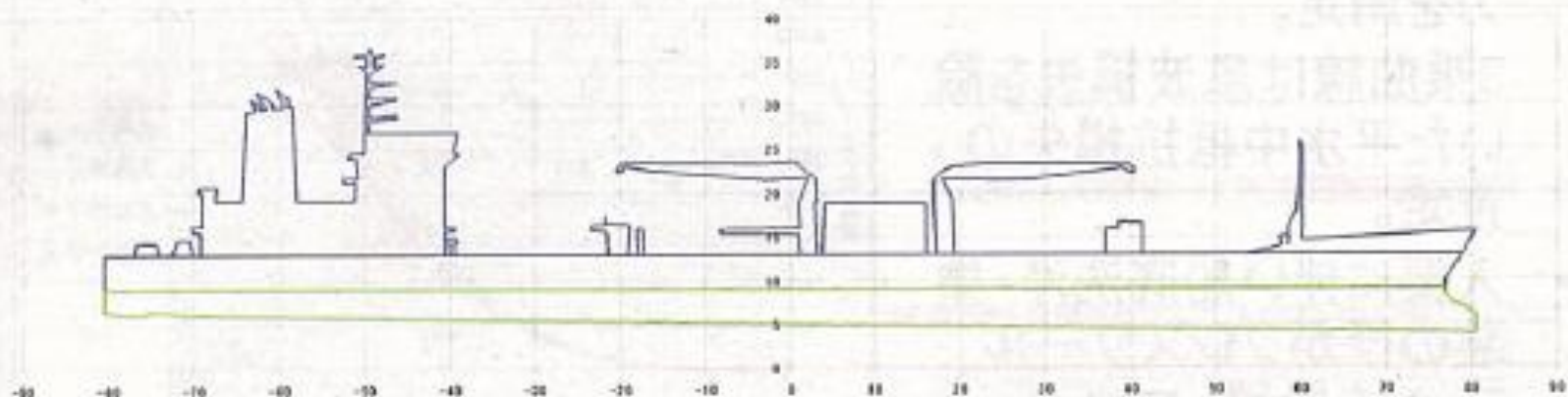
(1) 貨物船



(2) タンカー

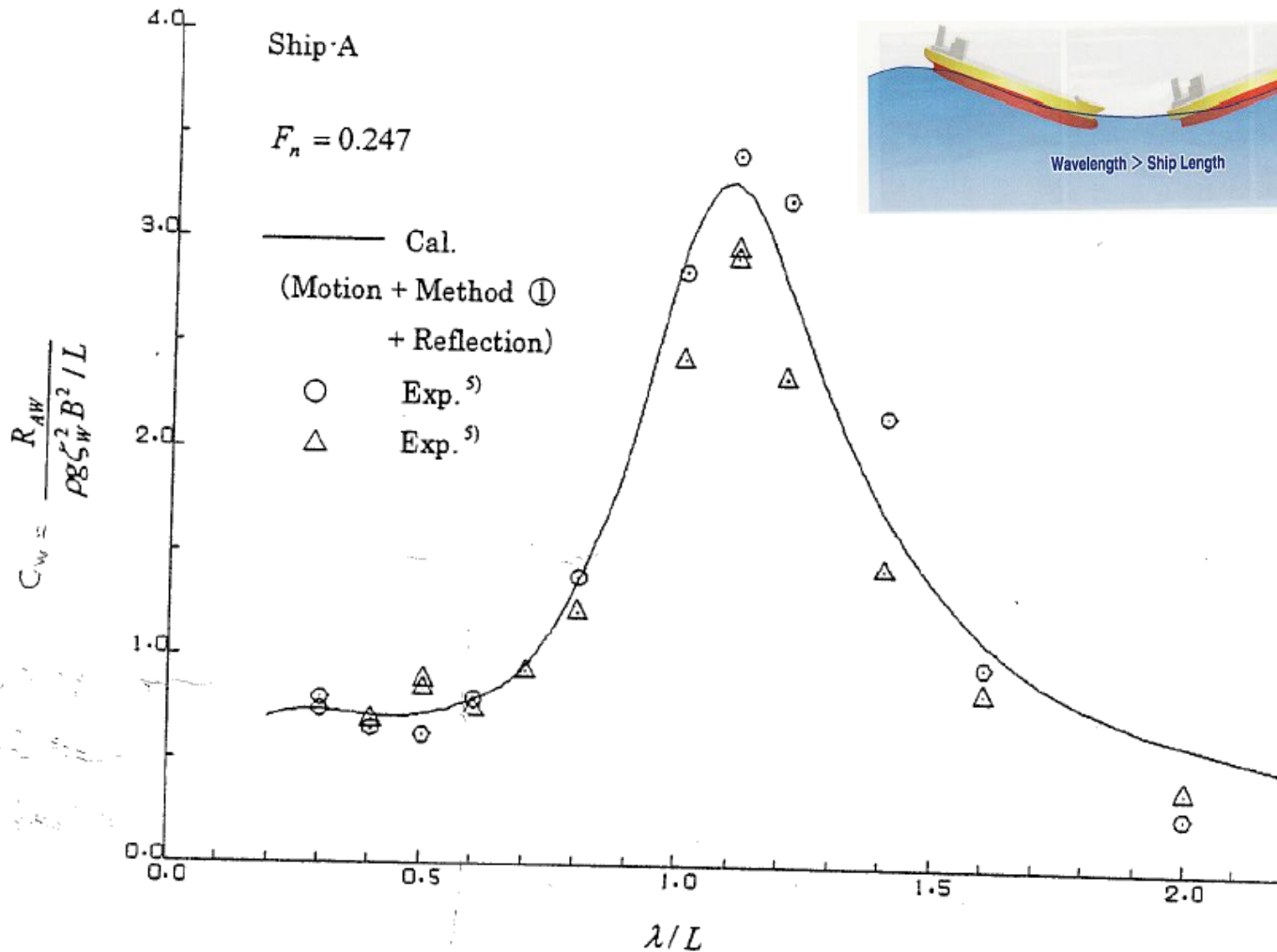
図 113 風向影響係数

風向風速と船速低下



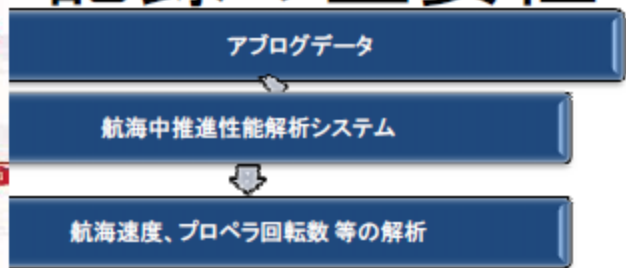
- ① 一般配置図より水上部面積を測定します(満載・空船別)。
- ② 推定式によって風向別の抵抗係数を算出します。
- ③ モニタリングデータによるフィッティングを行い係数を調整します。

波浪中の抵抗増加

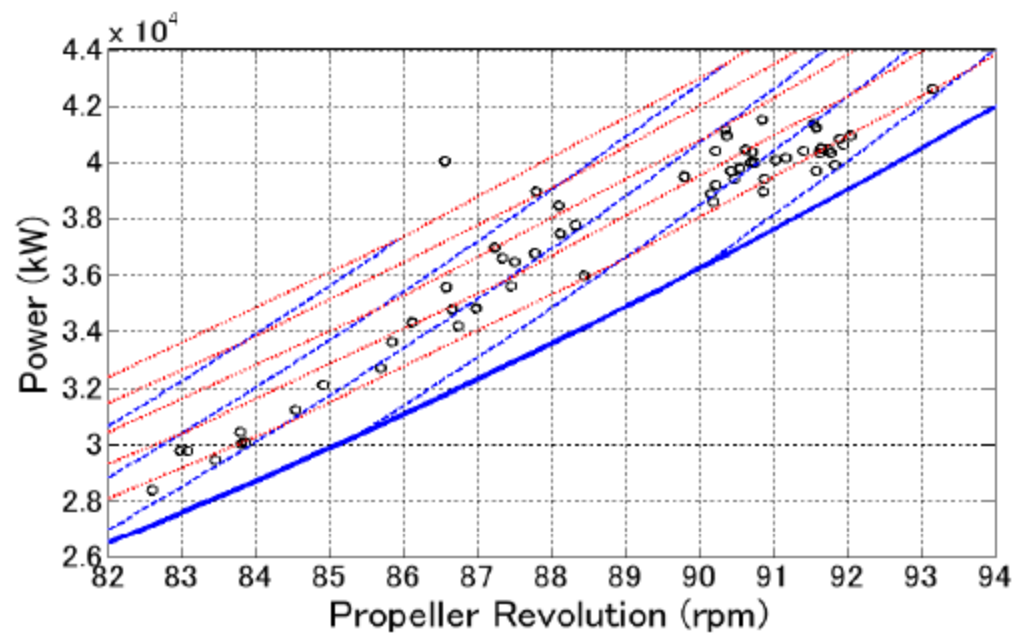


キーポイント: アブログデータの利用 記録の重要性

NO.	TIME	DEPTH	TEMP	SPEED	DIR	WIND	WAVE	SEA	SWELL	WIND DIR	WAVE DIR	SEA DIR	SWELL DIR
1	10:00	10.0	28.0	10.0	090	10.0	1.0	1.0	1.0	090	090	090	090
2	10:05	10.0	28.0	10.0	090	10.0	1.0	1.0	1.0	090	090	090	090



アブログ記載事項
 出発時
 出発地、時刻、喫水(船首、中央、船尾)、排水量、燃料搭載量
 航海中
 日付、航海時間、NoonPosition、航行距離、平均速力
 プロペラ回転数、スリップ、風向、風力、うねり高さ、主機、補機燃料消費量、1日当たり燃料消費量、手記出力、残航、ETA、シーマージン



YEAR	MON	DAY	WK	MO	YEAR	DEPARTURE										ARRIVAL									
						DATE					TIME					DATE					TIME				
						HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC		

DATE		TIME		DEPARTURE (L)					
YEAR	MON	DAY	WK	MO	YEAR	MON	DAY	WK	MO

DEPARTURE REPORT (Last LAST ARRIVAL TIME OF START OF SEA PASSAGE)

YEAR	MON	DAY	OPERATION CODE	DEPARTURE CODE	DEPARTURE										ARRIVAL									
					HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC					

POSITION			
YEAR	MON	DAY	HR

SEA REPORT (From START OF SEA PASSAGE to END OF SEA PASSAGE)

YEAR	MON	DAY	DEPARTURE CODE	SUPERVISOR CODE	STARTED TIME	NOON POSITION		DISTANCE SEA MILE	SPEED KNOTS	WIND DIR	WIND FORCE	STATE OF SEA	CONSUMPTION (All Fuel Oil in one column)										SEA OFF GAS	WATER WASH	TANK CLEANING	CARGO HEATING	MAIN ENG	FOR PERFORMANCE REPORT		EMERGENCY				SEARCH	
						HR	MIN						HR	MIN	HR	MIN	HR	MIN	HR	MIN	HR	MIN						HR	MIN	HR	MIN	HR	MIN	HR	MIN

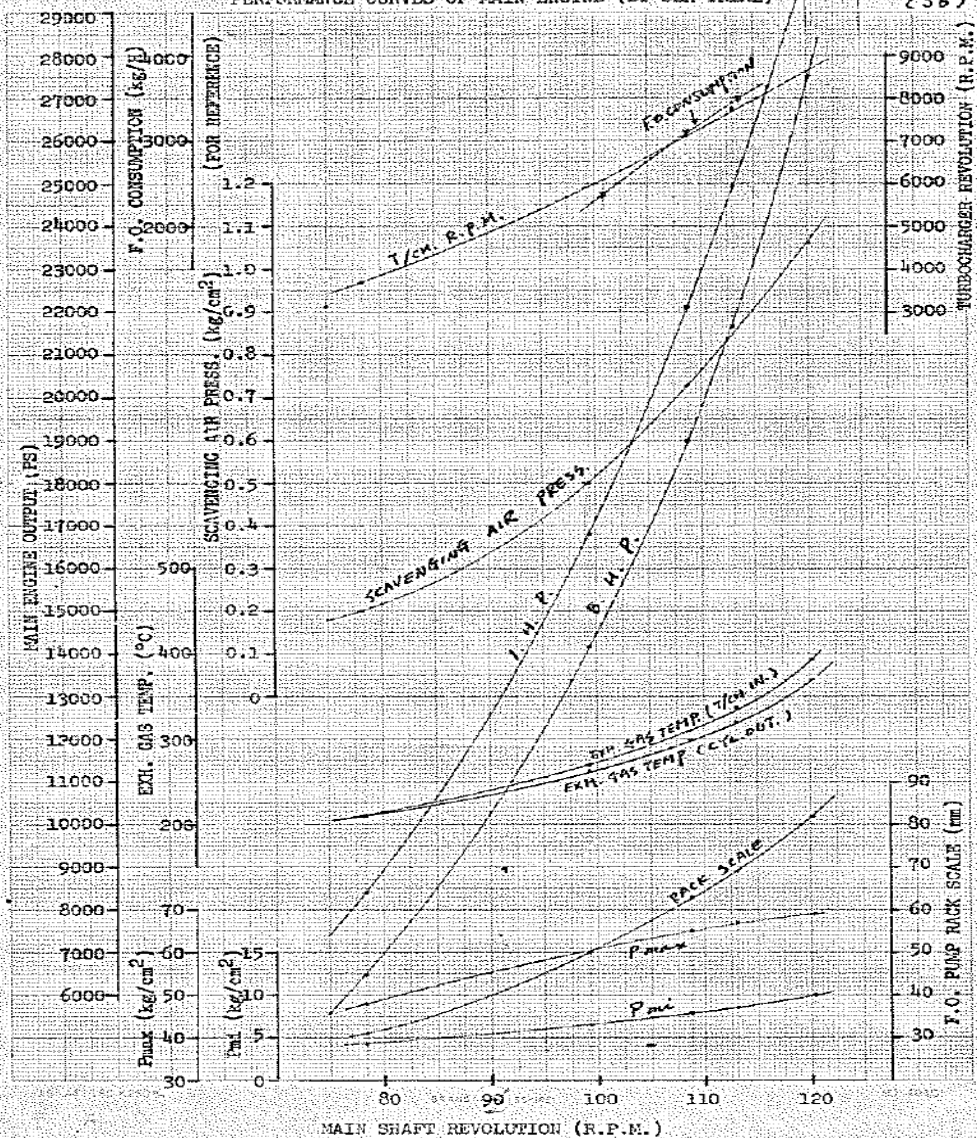
ARRIVAL PORT REPORT (From END OF SEA PASSAGE to ARRIVAL TIME)

YEAR	MON	DAY	OPERATION CODE	DEPARTURE CODE	DEPARTURE										ARRIVAL									
					HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC	HR	MIN	SEC					

- 1400.1 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.2 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.3 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.4 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.5 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.6 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.7 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.8 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.9 14h Aug. Changed from 1540 to 1400
- 1400.10 14h Aug. Changed from 1540 to 1400

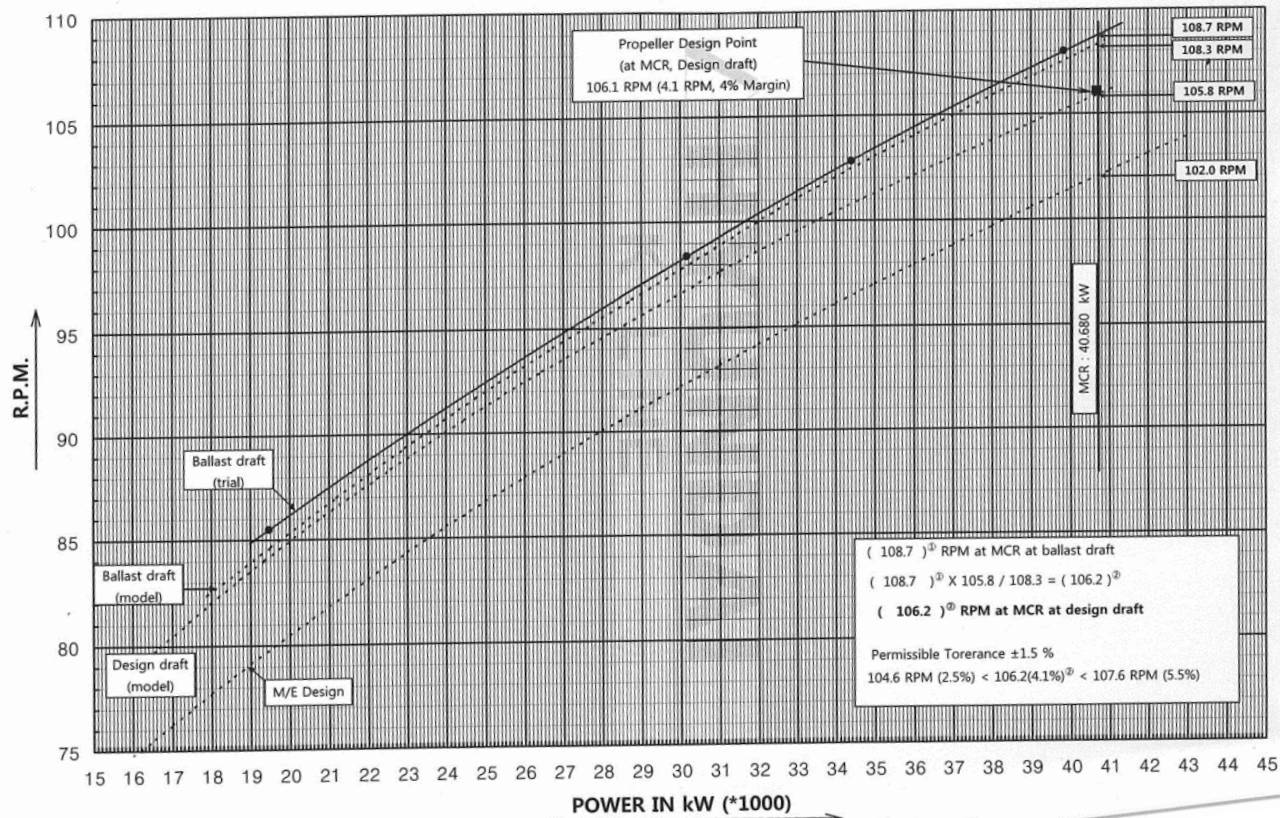
PERFORMANCE CURVES OF MAIN ENGINE (BY SEA TRIAL)

(56)



推進性能曲線

2124. RPM-POWER CURVE



バラスト航海におけるPBCF有り無しの比較

- ・バラスト航海PBCF無しの平水中回転数および機関出力の推定
- ・バラスト航海PBCF有の幣水中回転数および機関出力の推定
- ・機関出力と回転数の関係式

$$P(V) = aN(V)^3$$

- ・相対利得の関係。出力変化は速度変化の3倍

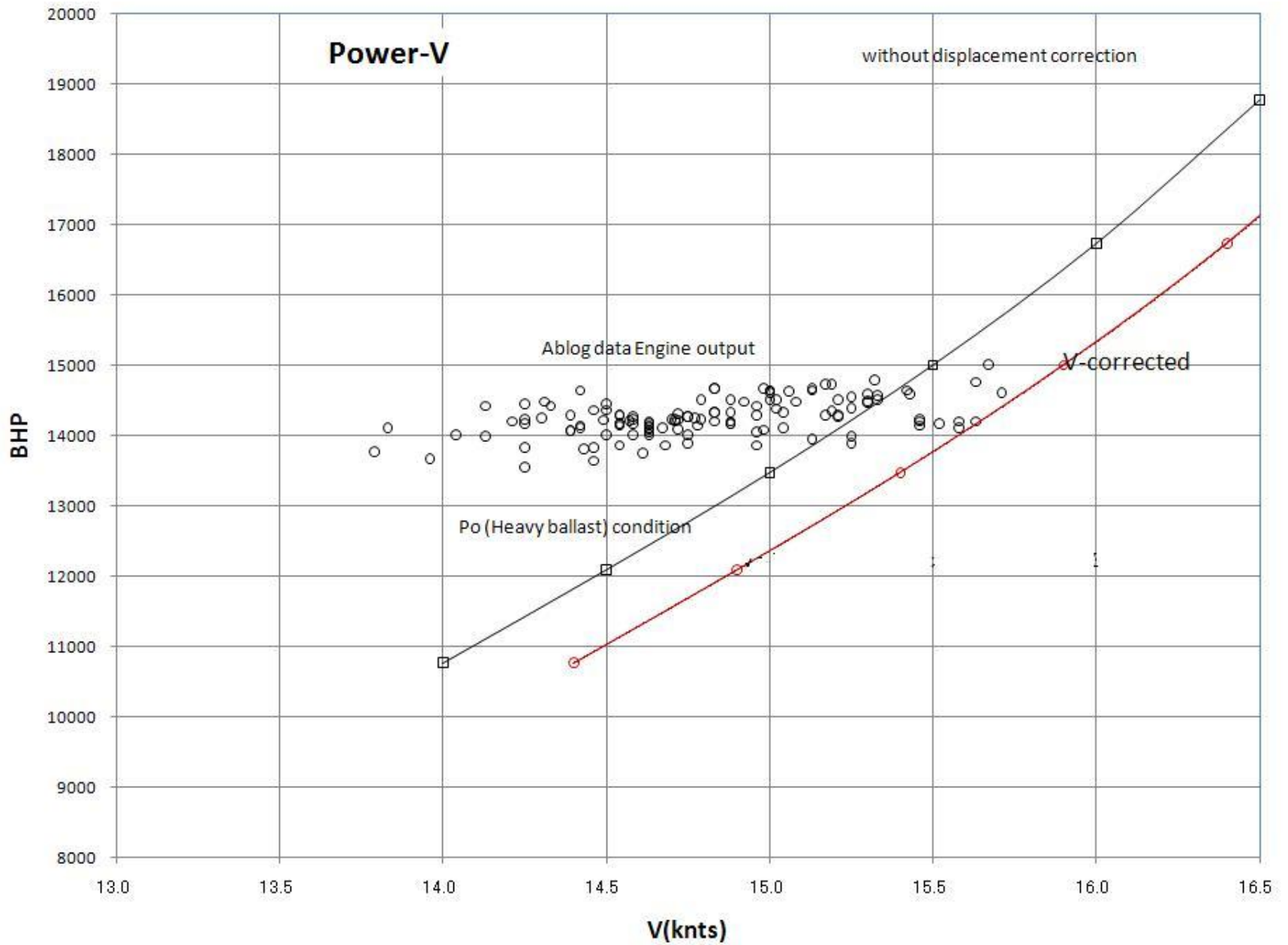
$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \frac{\Delta N}{N}$$

- ・回転数と速度の関係式

$$N = bV$$

- ・シーマージンの定義

$$S_w = \frac{P(V) - P_0(V)}{P_0(V)}$$



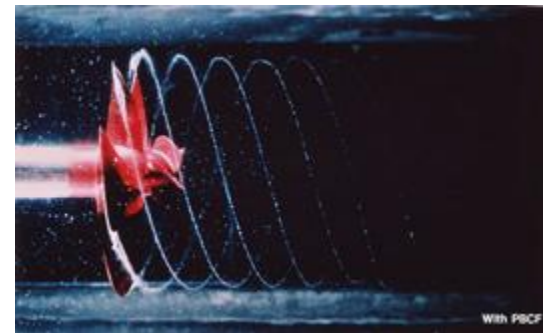
修正出力-速度曲線とアブログ出力データ

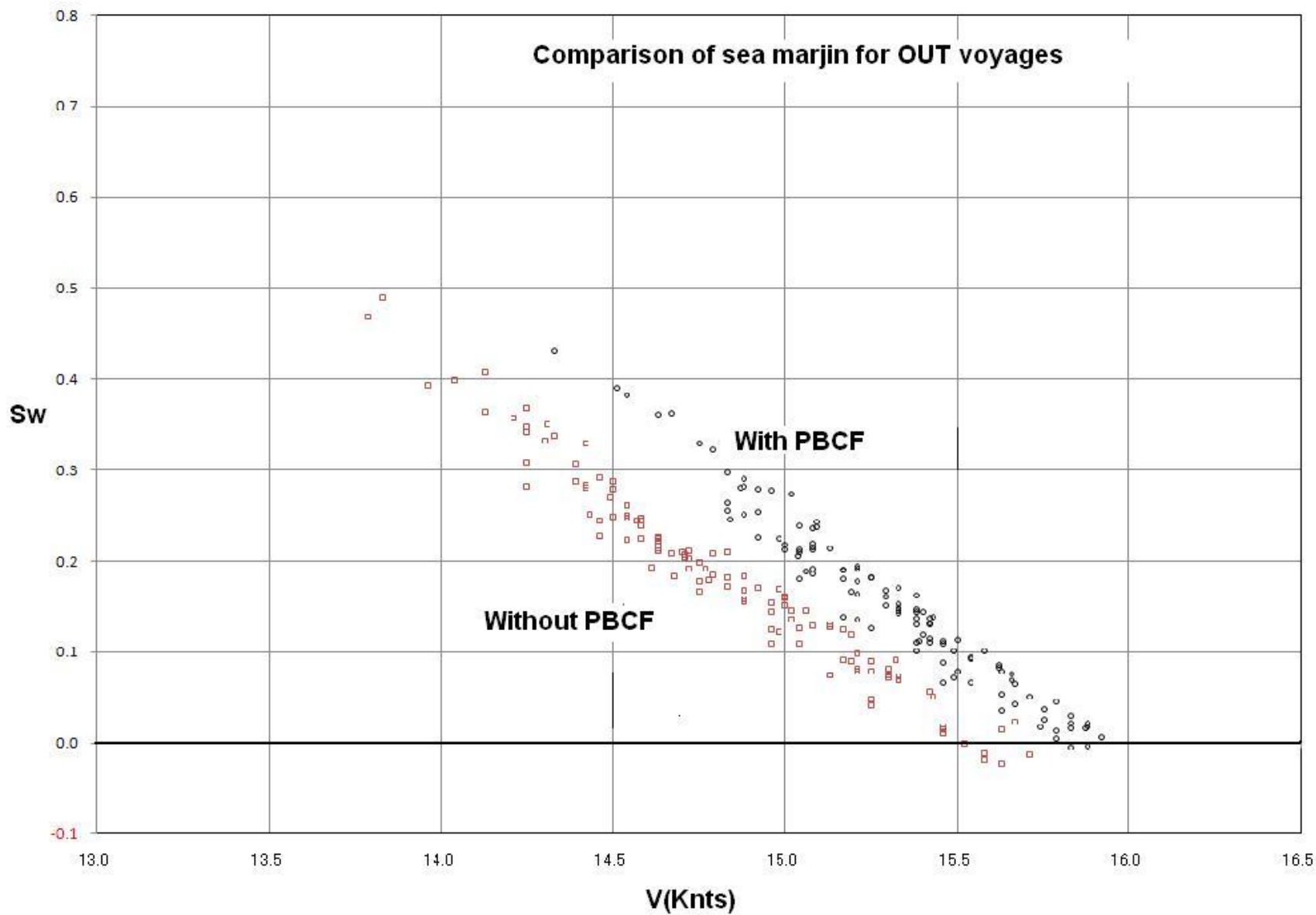
PBCFの効果

III 原理

PBCFの技術

プロペラは回転するときに水をひねるため、プロペラの後ろには必ず渦が発生し、船の推進上のエネルギーロスとなっています。PBCFは、この渦エネルギーの内、中心部に集中する強力なハブ渦を整流して、エネルギーロスを効率的に回収し、前進エネルギーに変える働きをします。

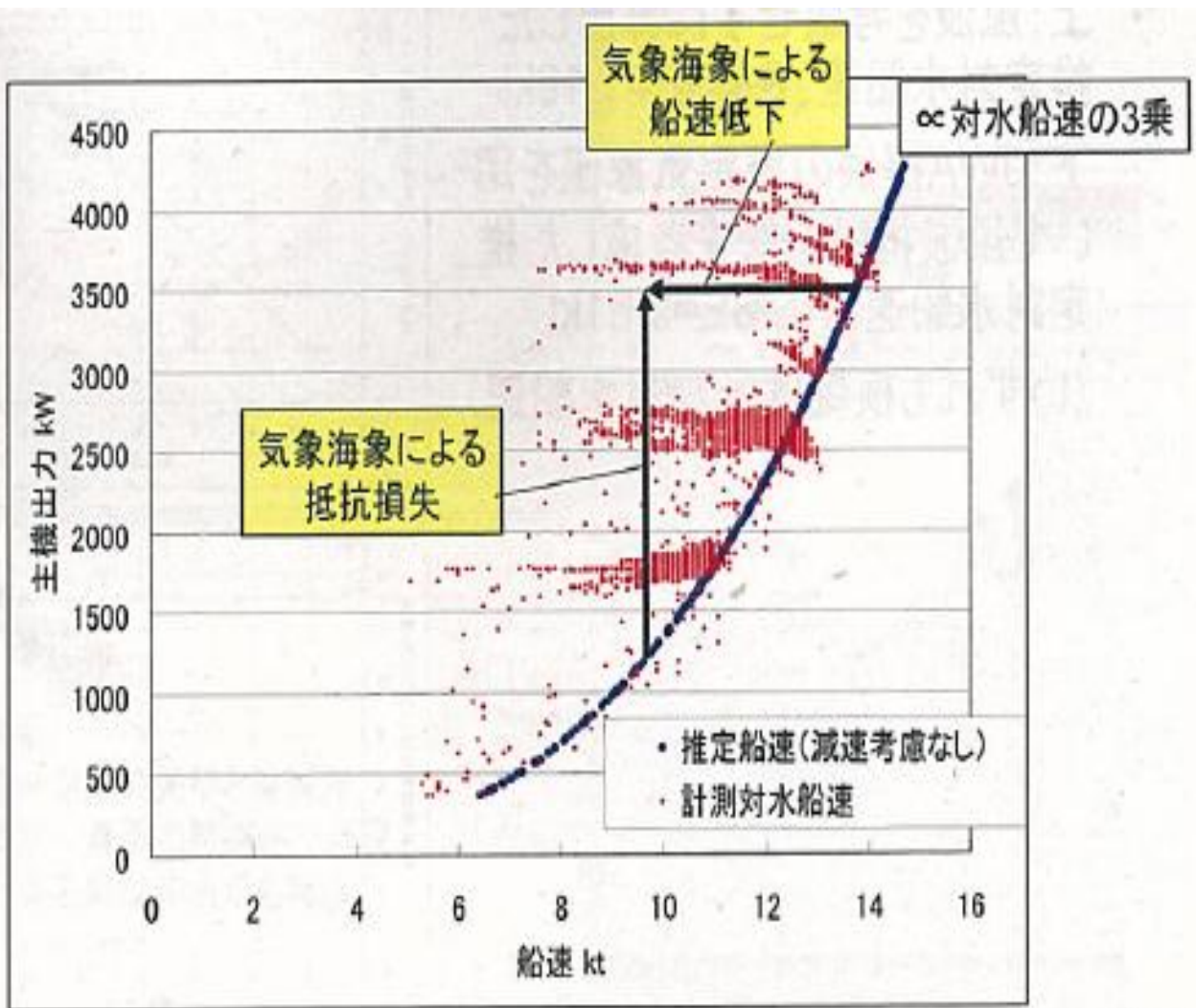




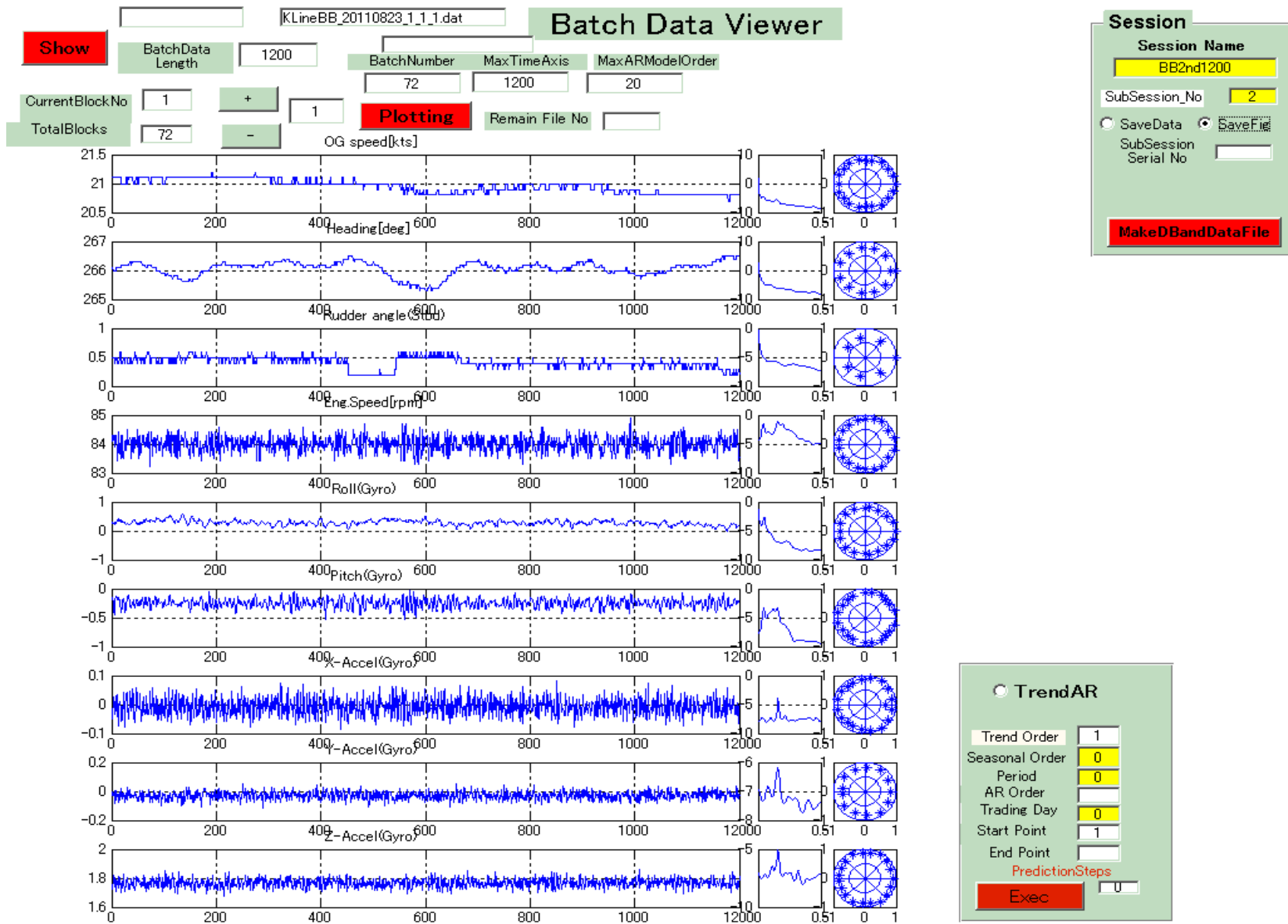
PBCF有り無しのバラスト航海のシーマージンの比較

バラスト航海におけるPBCF有り無しの比較

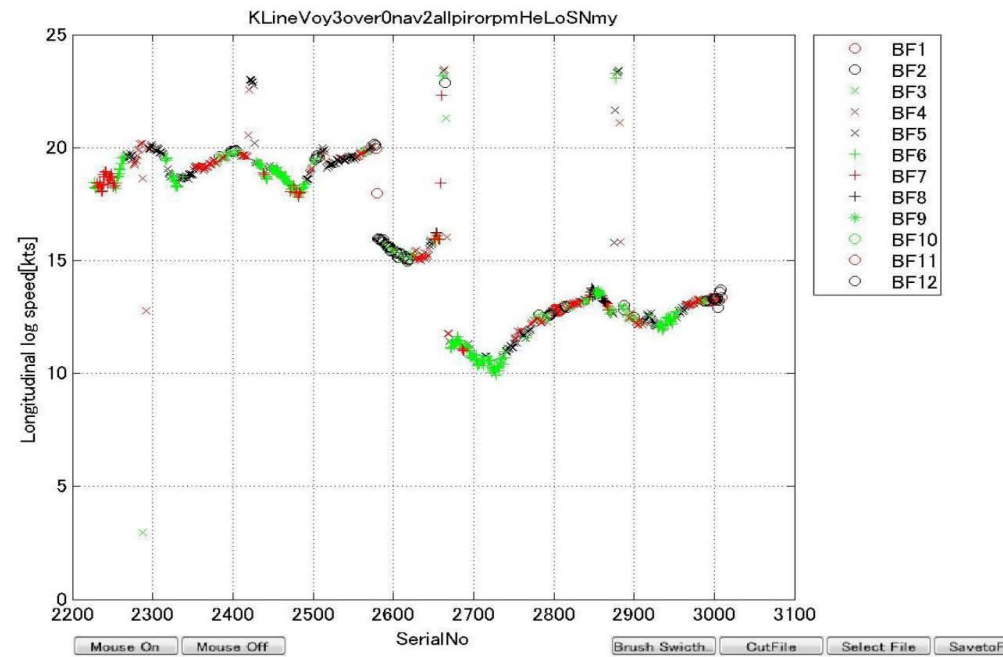
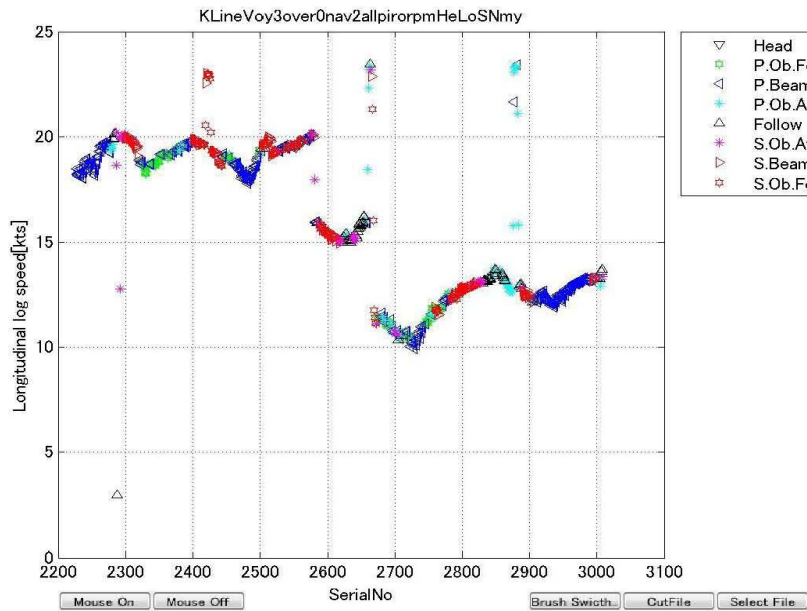
- ・PBCF有の航海記録はPBCF無しの場合に比べ速度が変化している。
 - ・速度変化は回転数と出力で同じように平行移動している。
 - ・回転数の速度に対する相対変化は出力の場合の1/3である。
 - ・PBCF有の場合PBCF無しの場合と同じ速度で航海する場合回転数は2.5%小さくすることができる。
 - ・PBCF有の場合PBCF無しの場合と同じ速度で航海する場合機関出力は7.5%小さくすることができる。
 - ・シーマージンの変化の割合は同じである。船体抵抗増加が同じであれば同じシーマージン値が設定される。
 - ・シーマージン0の速度は各航海により異なる可能性がある。したがってシーマージンの変化の割合のみが抵抗増加量を表す。
-
- ・PBCFの効果は上記のように定量的に示すことが可能である



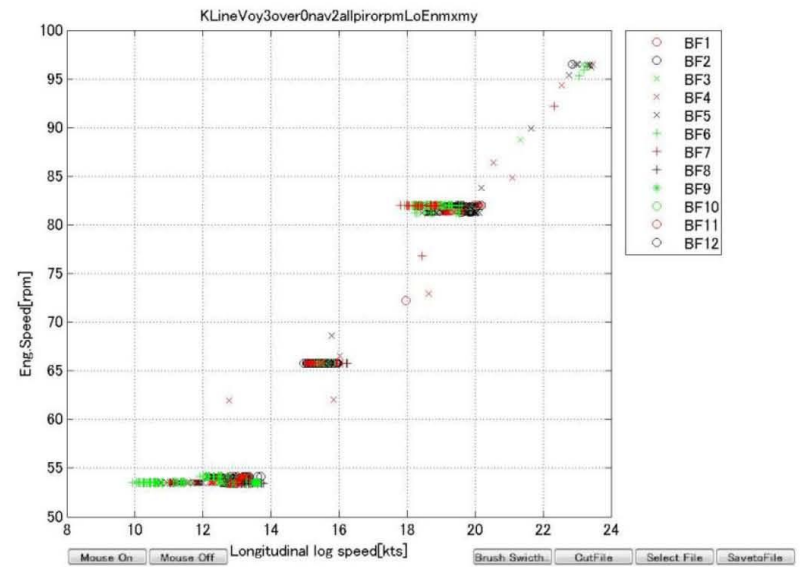
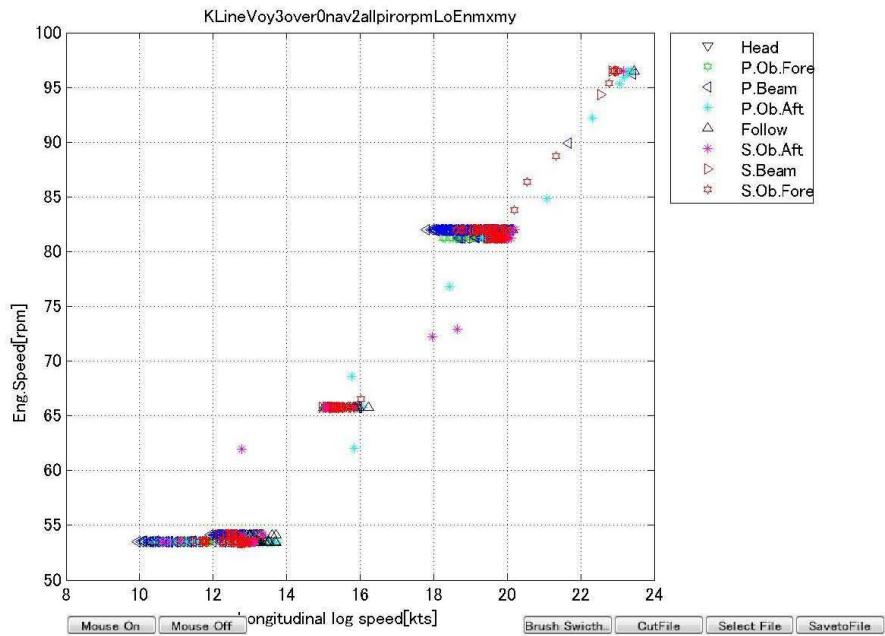
BRK号 収録データの例



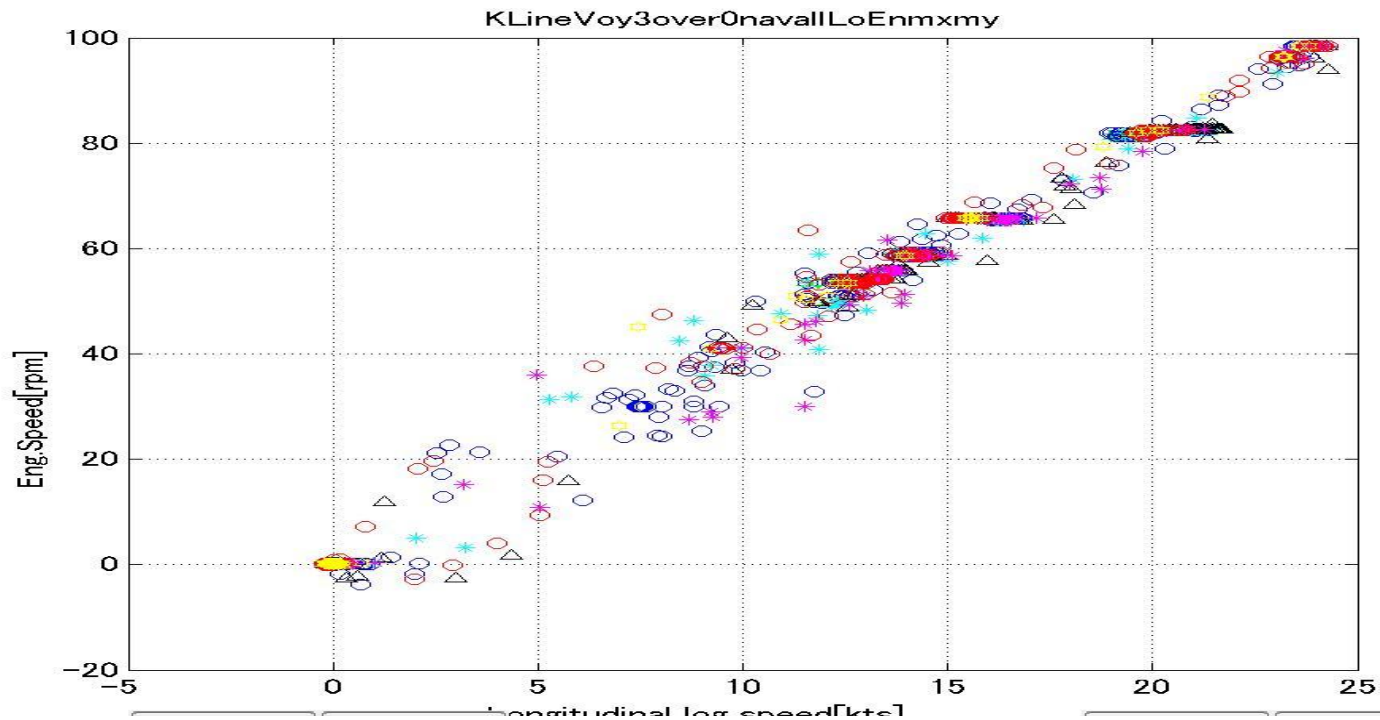
速力の推移



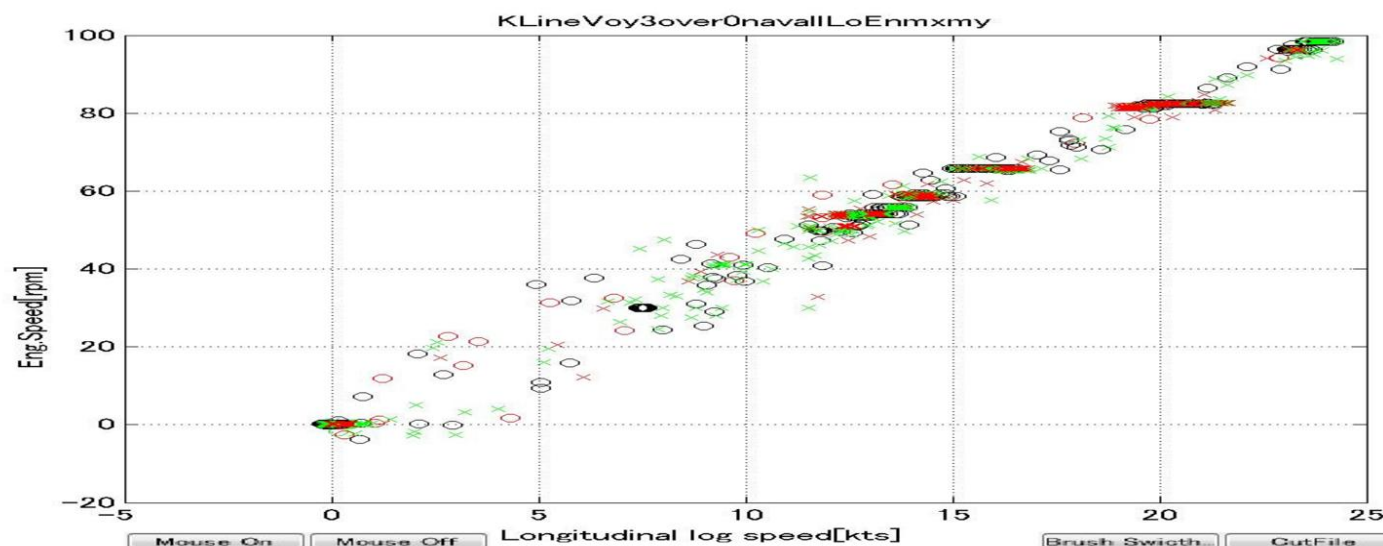
主機rpmと速力のmean-mean解析



BRK号主機回転数と速度の関係

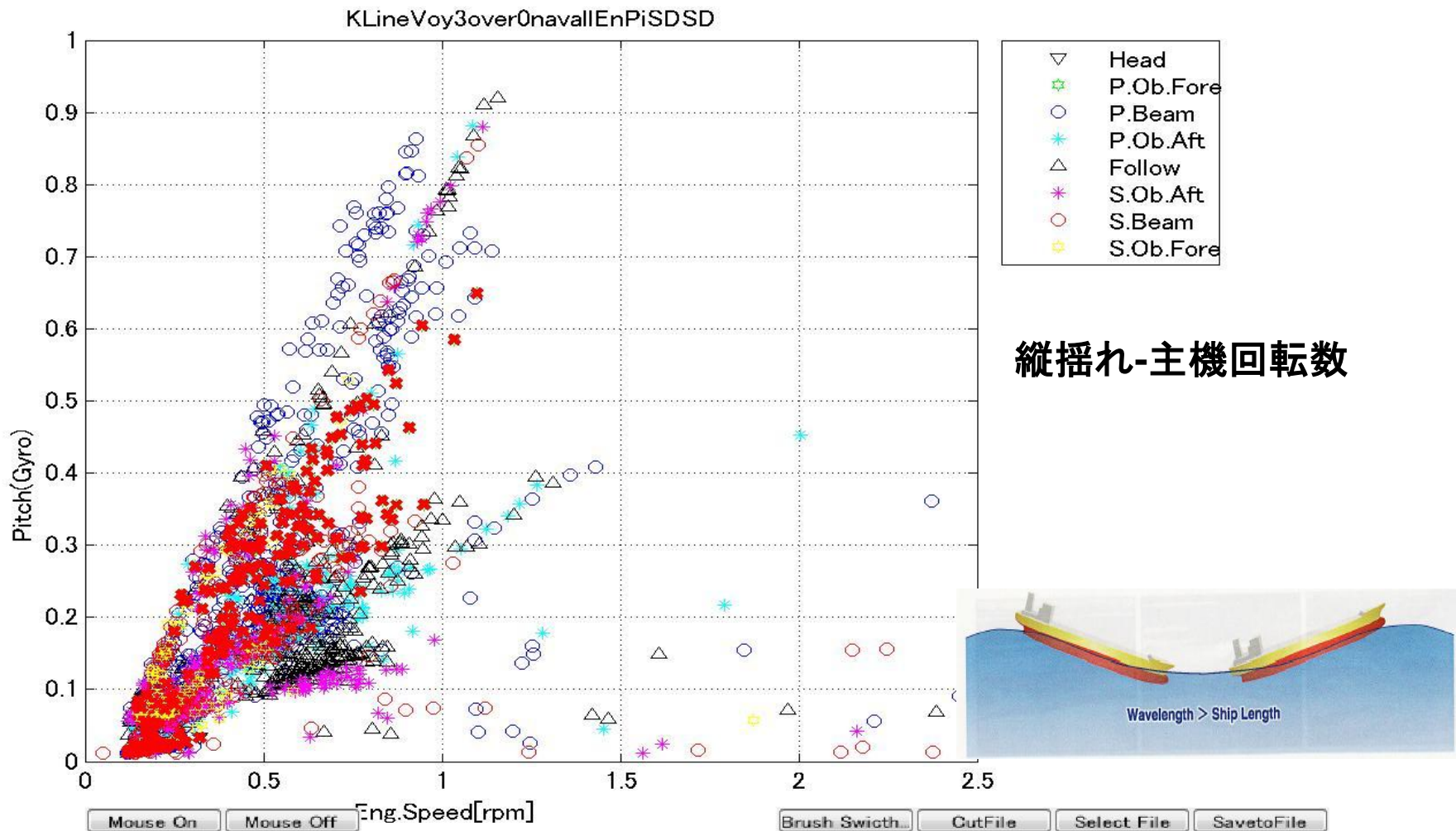


主機回転数と速度の関係
(風向別)

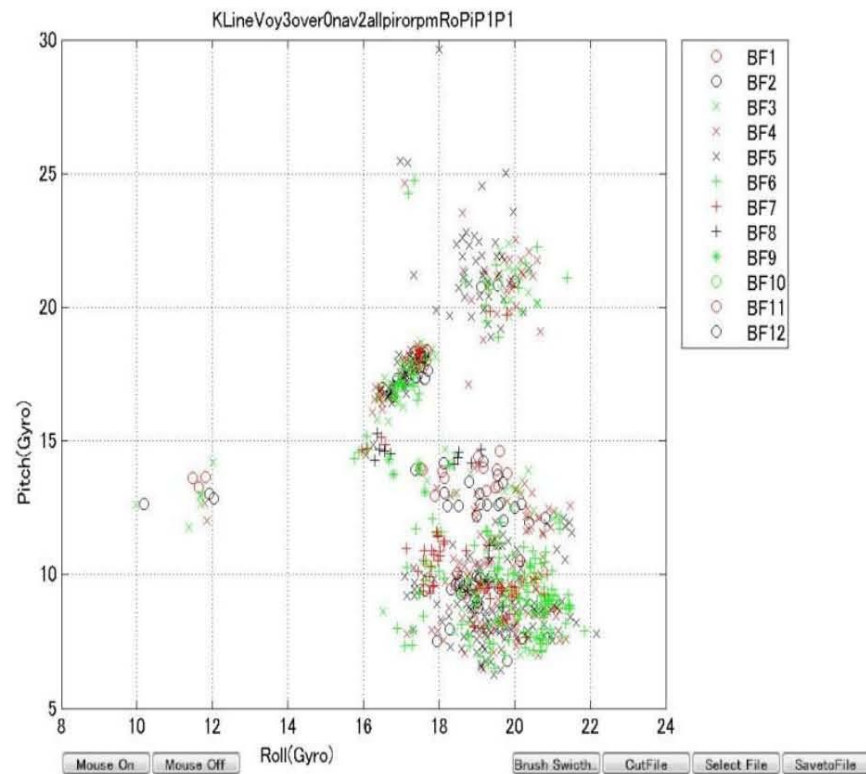
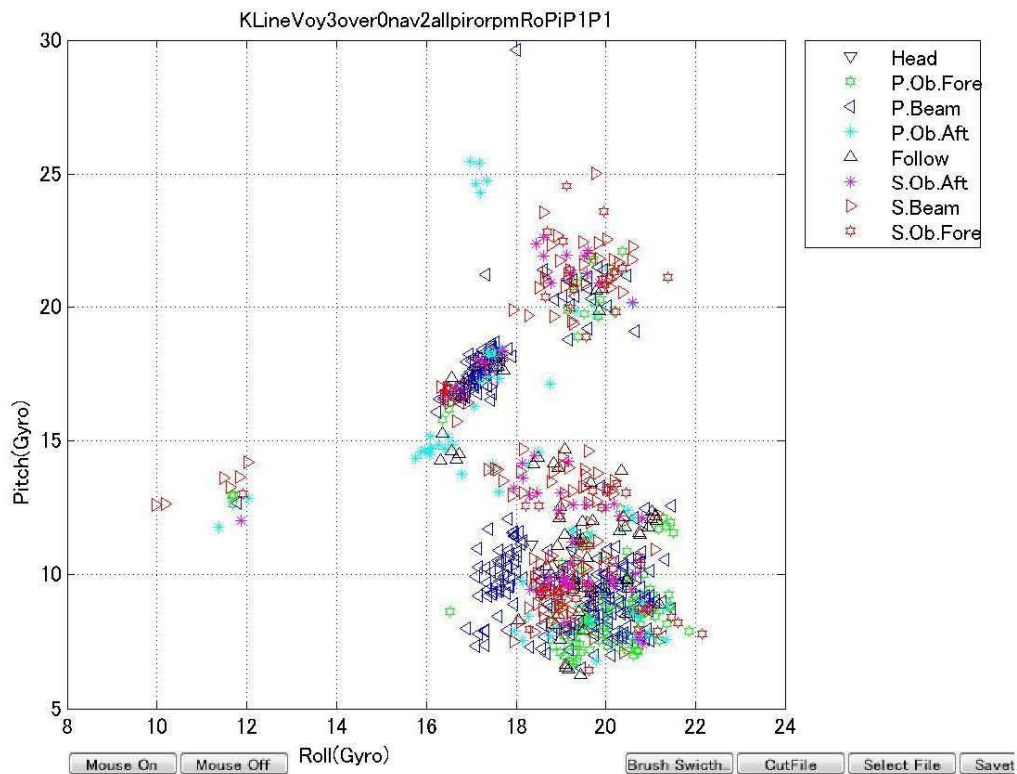


主機回転数と速度の関係
(風力別)

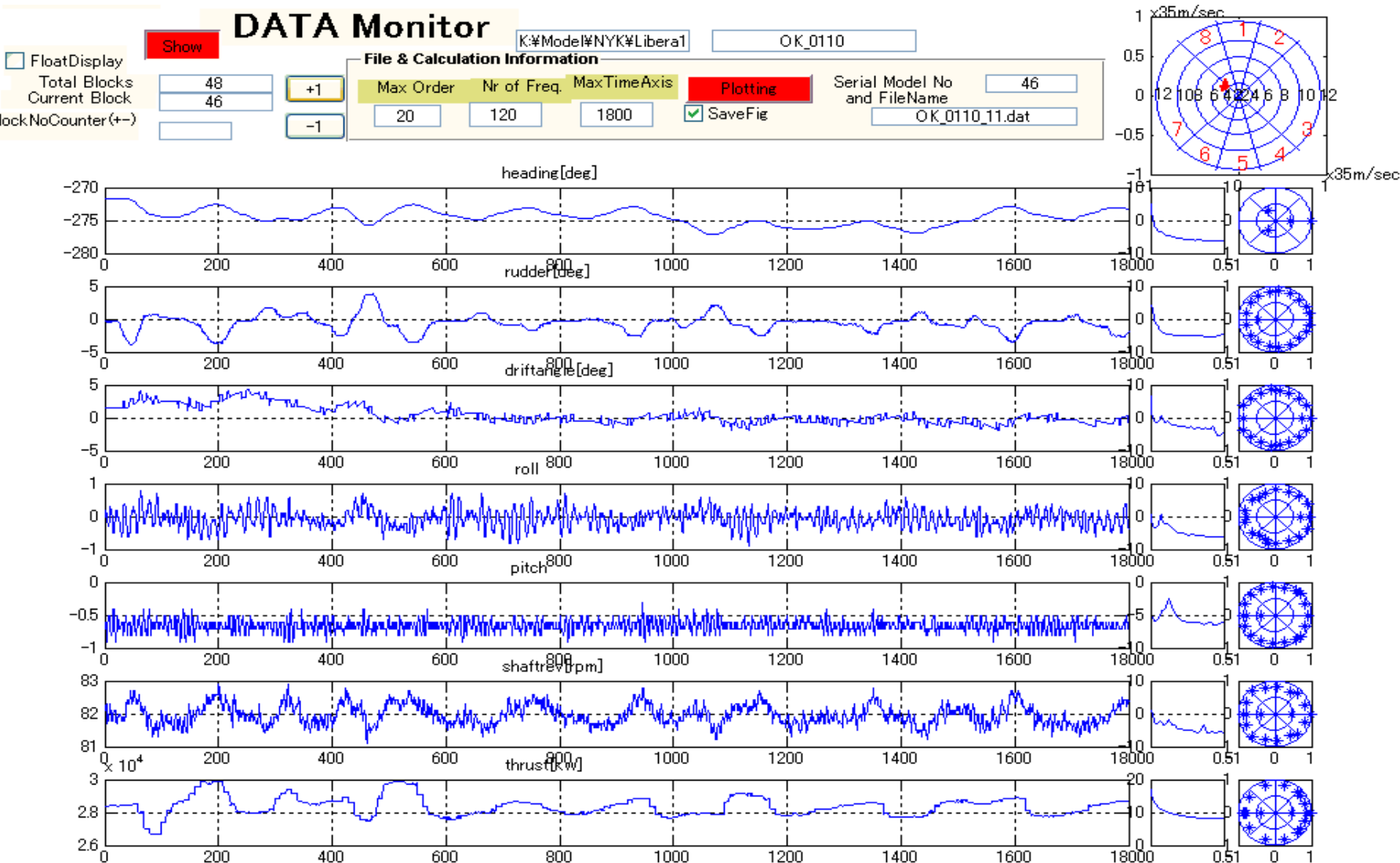
船体・機関運動間の時系列の標準偏差の関係(風向別)



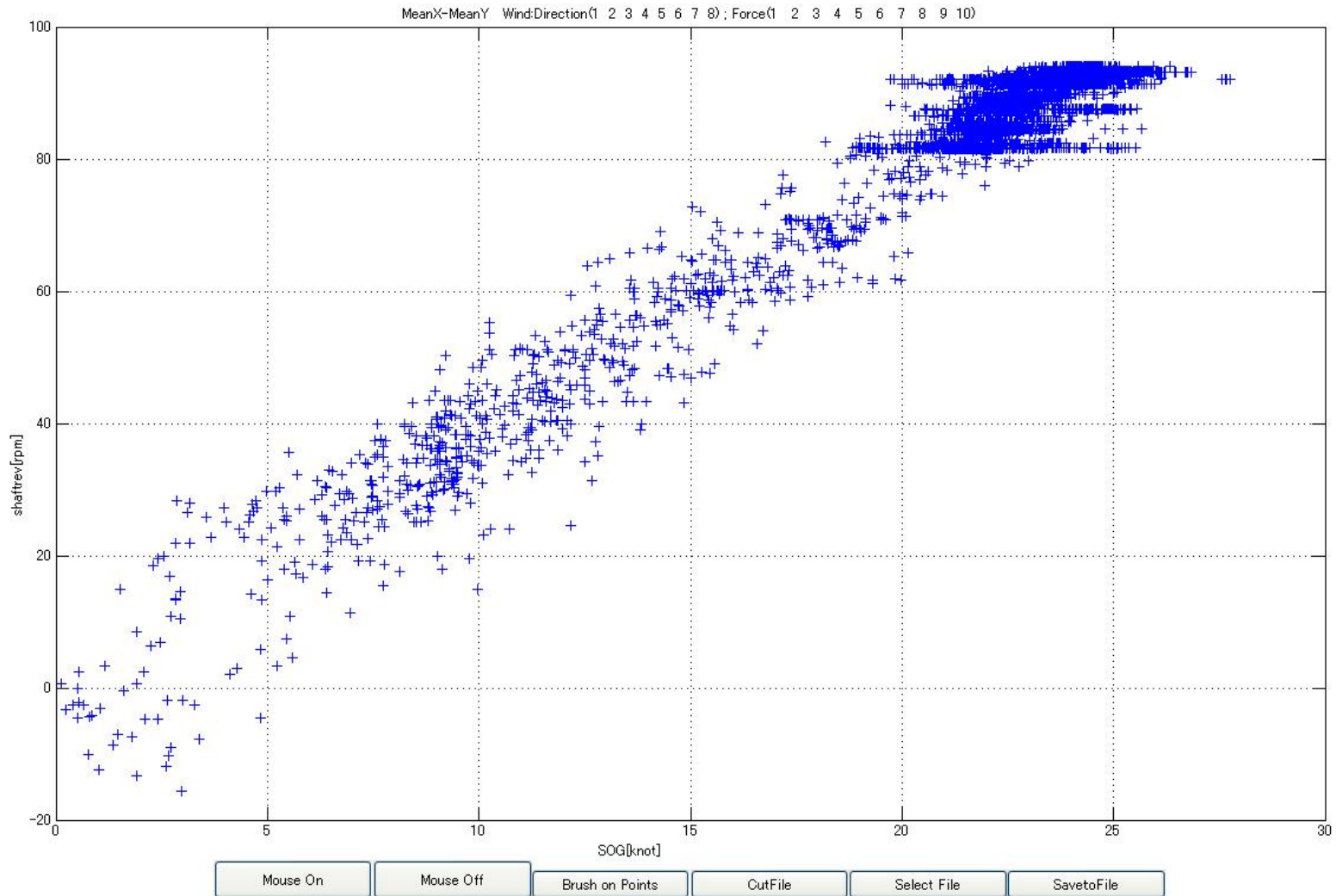
横揺れと縦揺れの主要周期間の関係



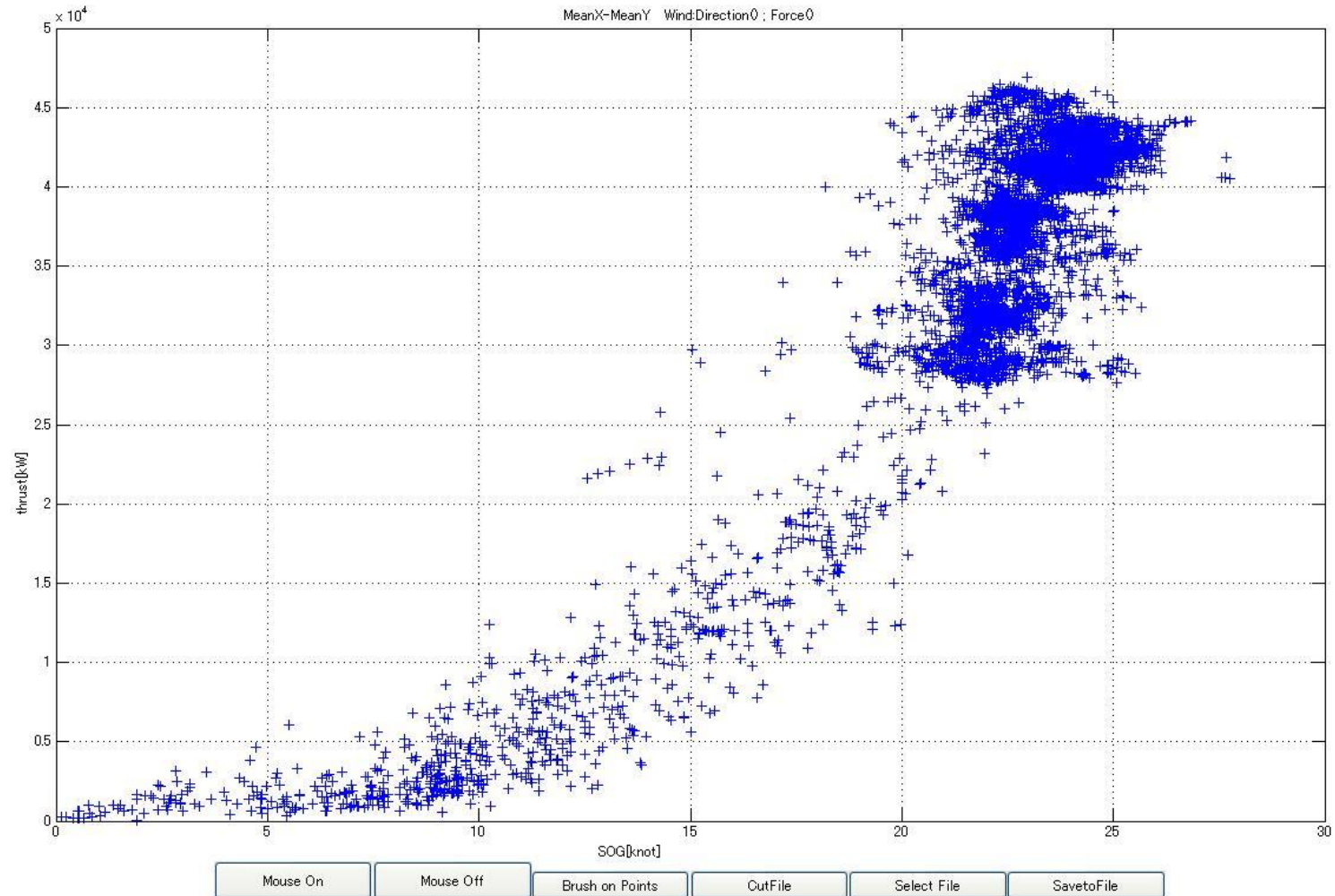
L号 収録データの記録例



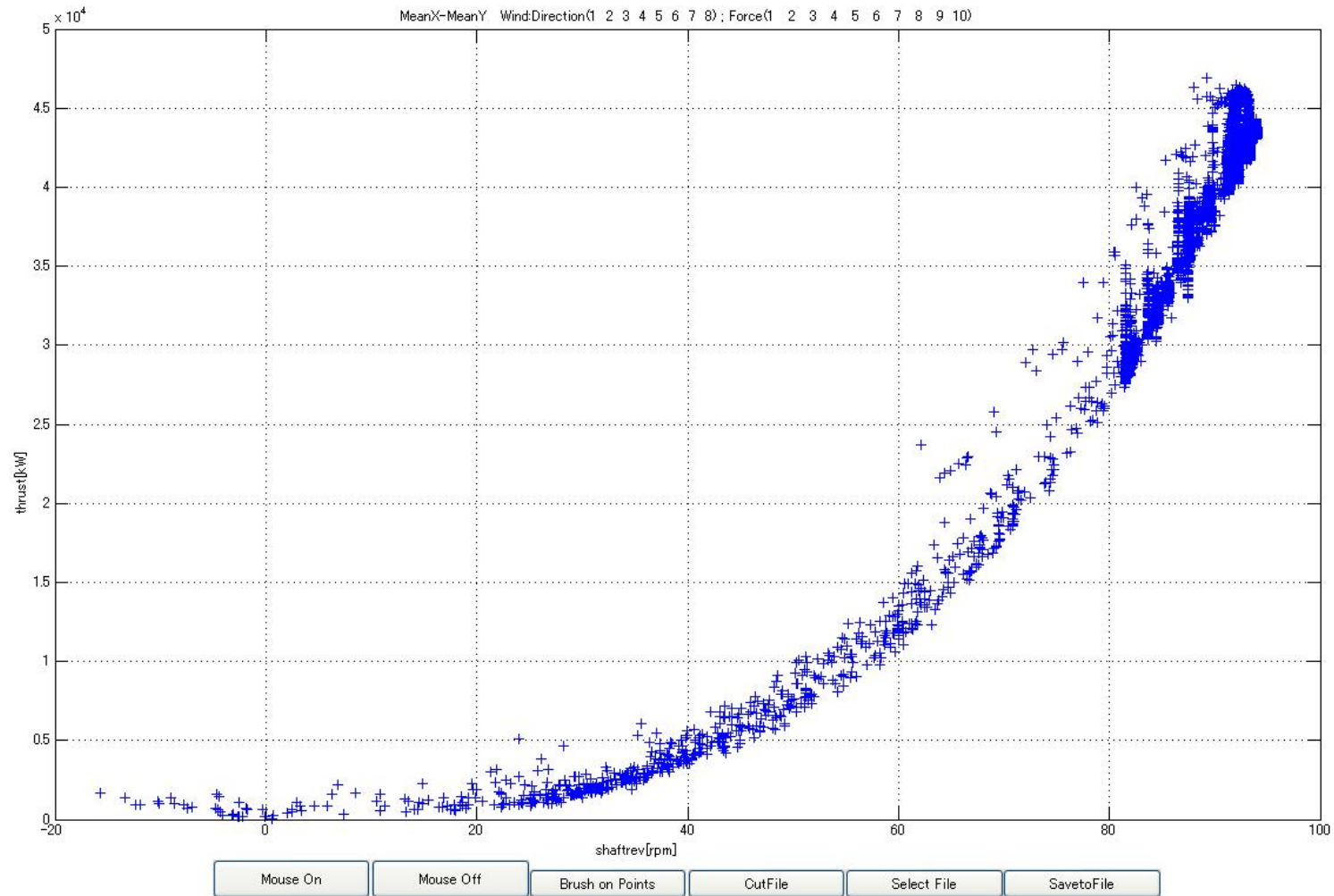
L号船速と回転数の関係



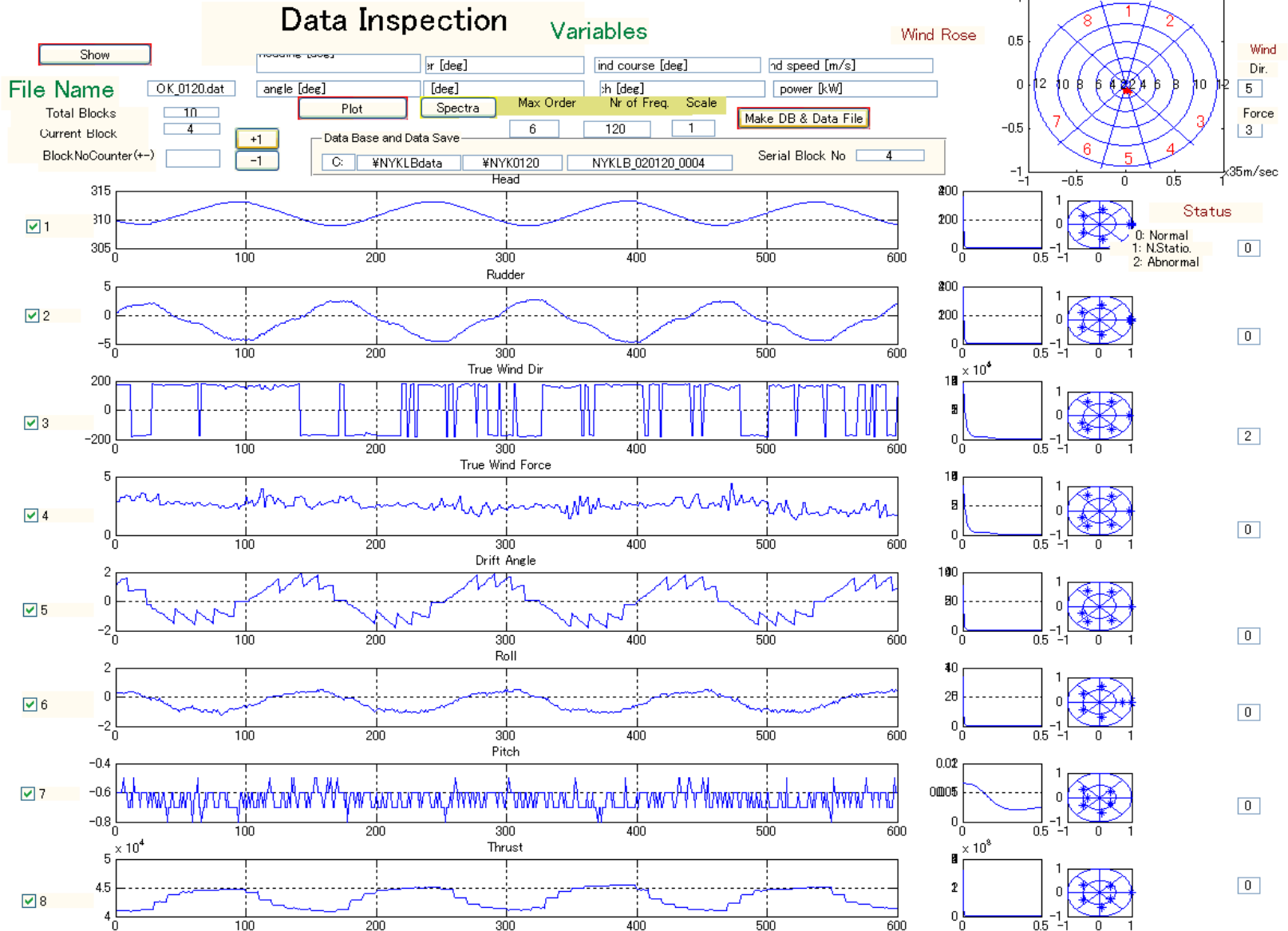
L号：船速とスラストの関係



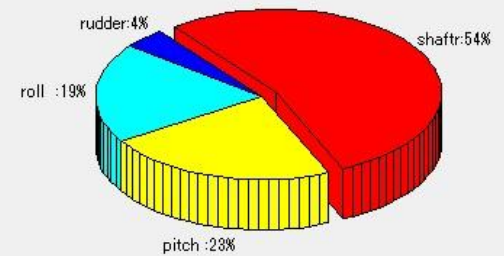
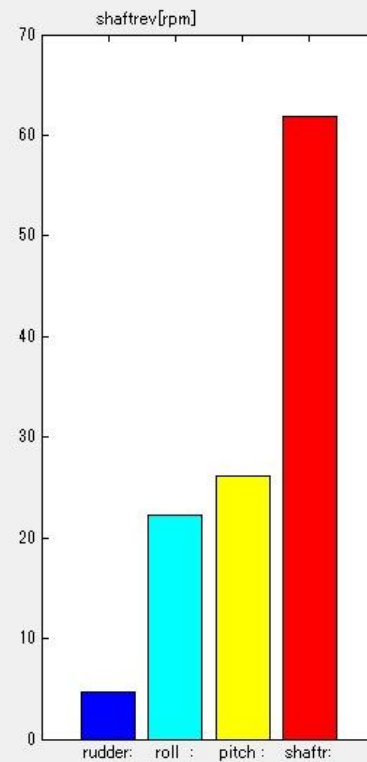
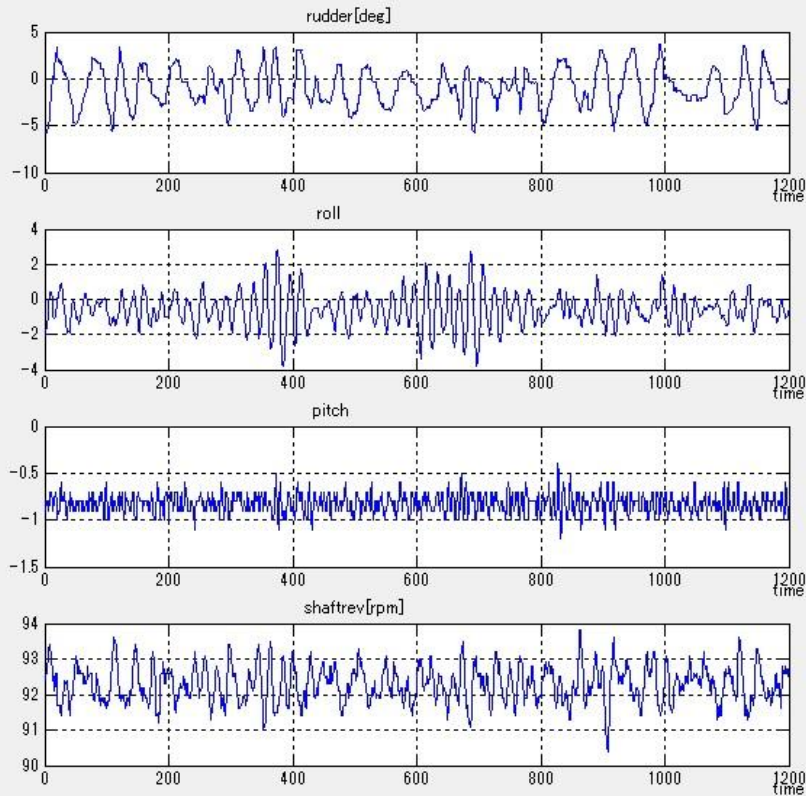
L号：プロペラ回転数とスラストの関係



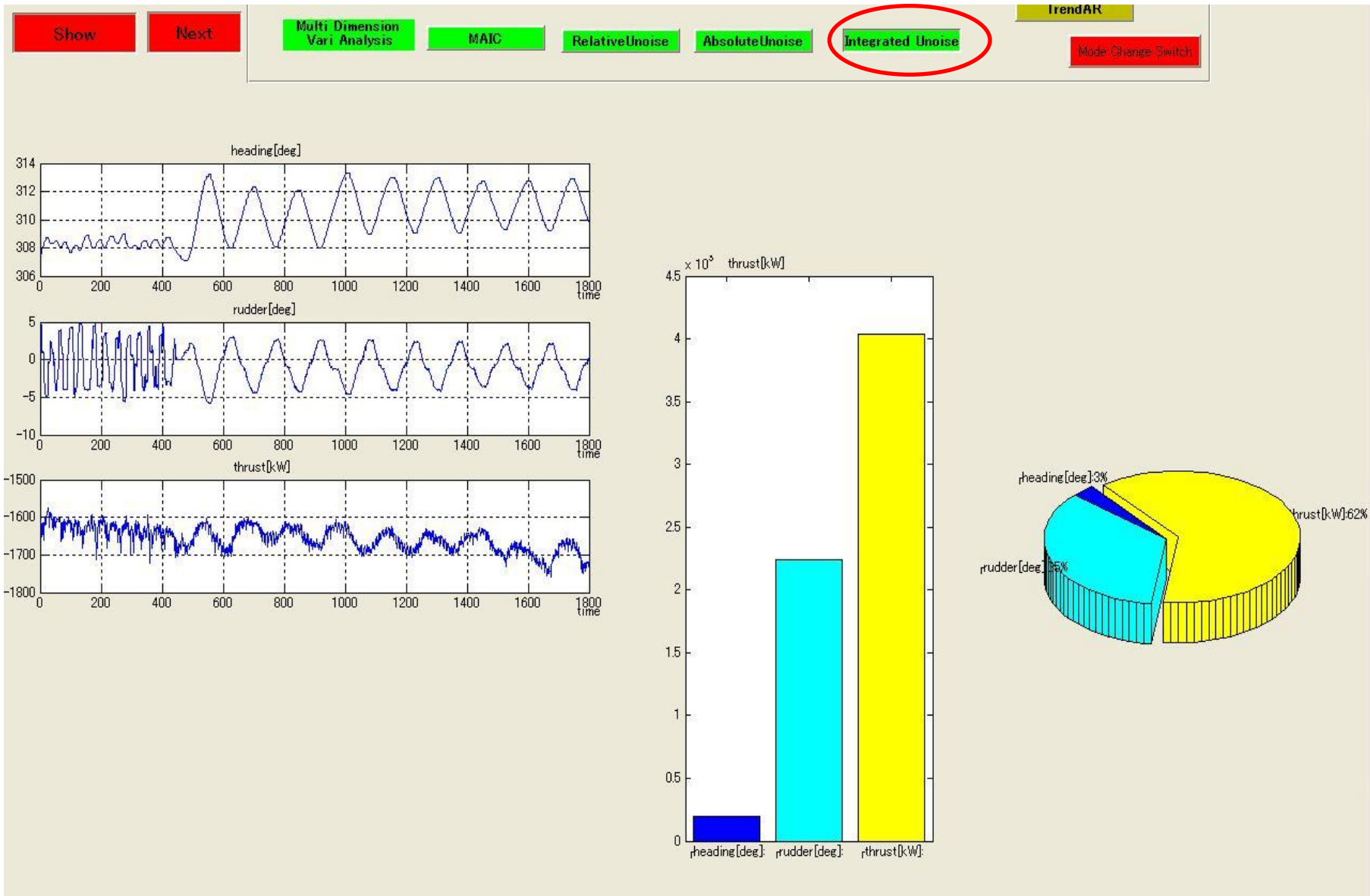
L号 収録データの記録例



BRK号:主機回転数変動への舵、横揺れ、縦揺れの寄与 (面積比率表示)

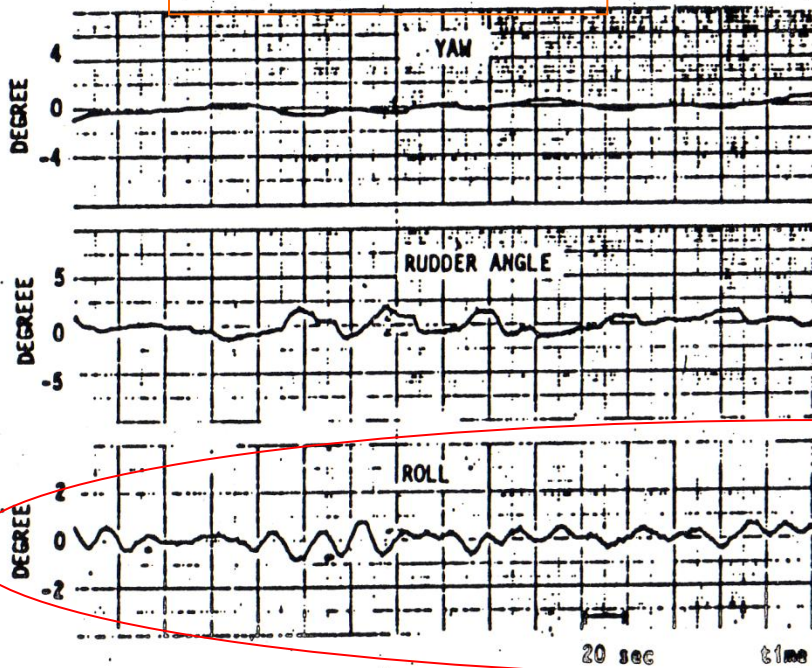


L号:スラスト変動への舵、船首揺れの寄与(面積比率相対表示)

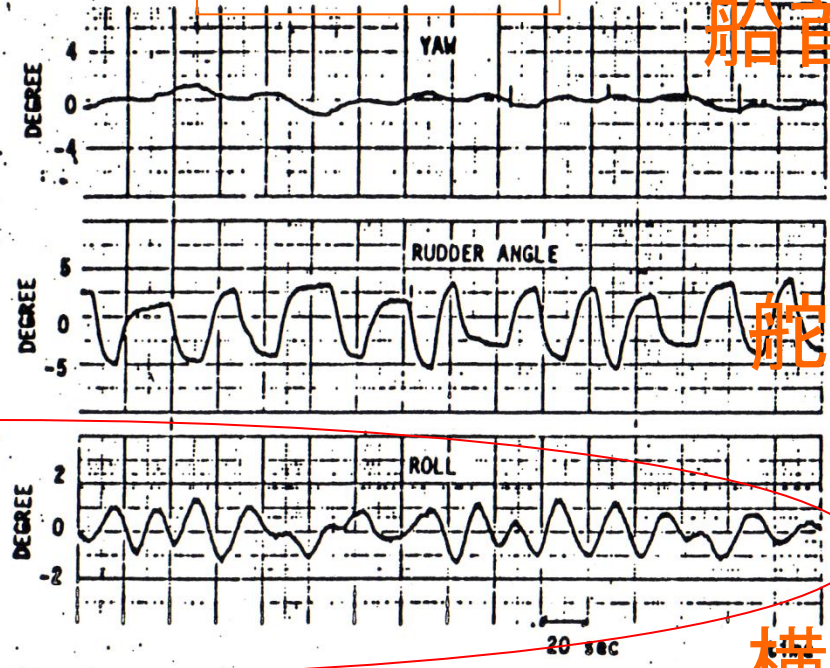


初めてのAR型最適操舵システムの誕生(1975・7・10)

AR型



従来型



船首揺

舵角

横揺

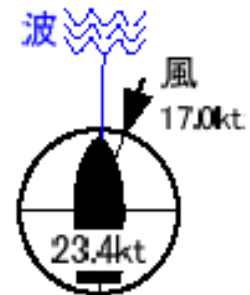
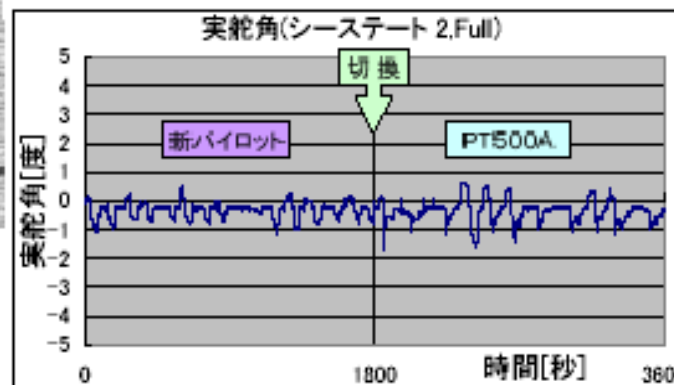
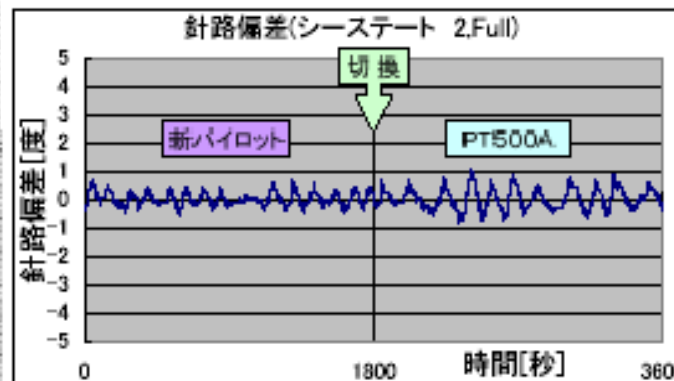
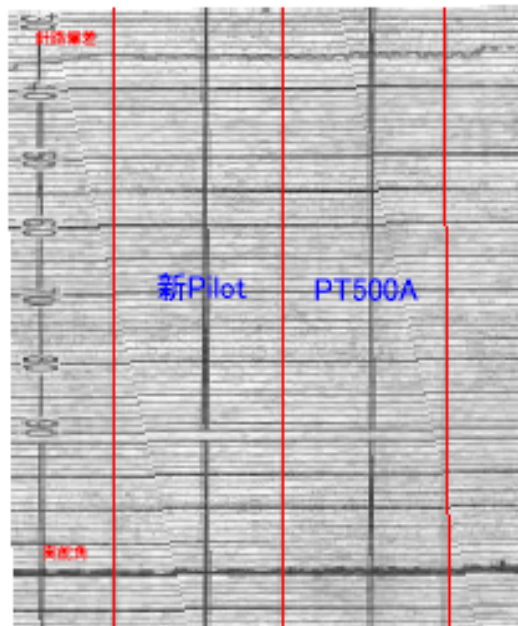
NADCONの実用化 2006

制御性の評価: Sea State 2; 10月23日

YOKOGAWA ◆

■ 平穏な海象状態(S.S 2)での比較

右前方からの強い風を受け、船首が右に切り上がる状況

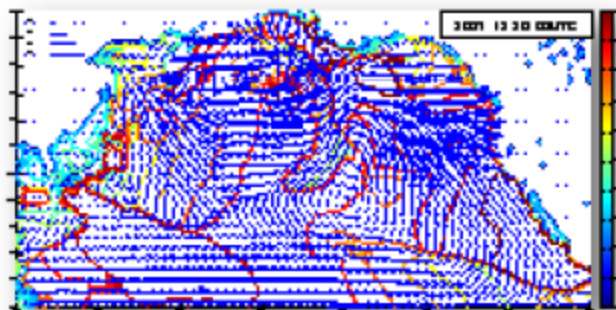


設定コース(deg)	036
波の方向(deg)	026~050
波高(m)	1.0~2.0
真風向(deg)	040~070
真風速(kt)	14~20
うねりの方向(deg)	020~050
うねりの高さ(m)	1.0~2.0

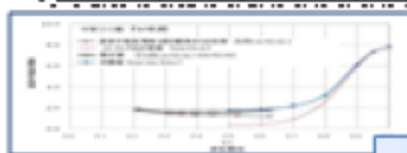
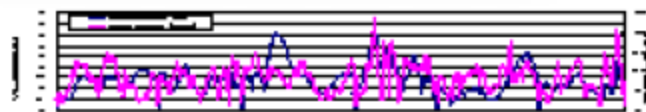
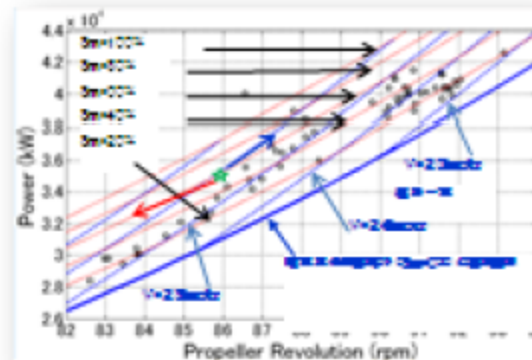
30年ぶり!

アブログの活用： 陸上における中長期データ解析

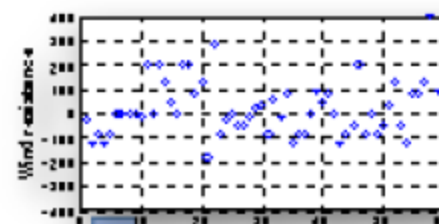
GPV



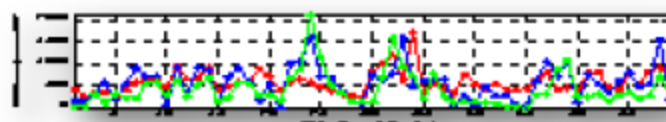
Basic Thrust Curve



Wave Resistance



Wind Resistance



Total Resistance Excess