



# Power Assist Sailの実用化

平成26年1月31日

一般財団法人日本海事協会  
三井造船株式会社  
株式会社商船三井  
株式会社三井造船昭島研究所



本研究開発の目的は、  
海上に広く存在する自然エネルギーである風を  
利用可能な帆を用いて、新たなCO<sub>2</sub>削減装置を開発し、  
廃熱回収装置や省エネ付加物に続く、  
新たなCO<sub>2</sub>削減手段の実用化することである。

## ● 研究体制

本研究開発は、次の1団体及び3社により実施した。

- 一般財団法人日本海事協会
- 三井造船株式会社
- 株式会社商船三井
- 株式会社三井造船昭島研究所

## ● 研究概要

帆を用いたCO2削減装置”Power Assist Sail”の実用化に向け、実船装備を想定した”Power Assist Sail”の設計を行い、設計した帆を実際に製造して陸上試験を実施した。

また、帆装備時の技術上・安全上の問題点などの実用上重要な内容についても検討を行った。

# 帆の利用の過去の事例について

## ● 省エネ性能改善を目的とした硬帆装備の商船

### 1. 1980年代に12隻建造及び改造

- 世界初の自動制御の帆を備える「新愛徳丸」
- 帆装TankerおよびBC、10隻は内航船

1980年代に存在した帆装商船

建造所	Lpp	B	D	d	Displacement	D.W.T.	Main Engine		Sail		
							MCR PS	Prop. revolution rpm	Number	Area m <sup>2</sup>	
Aqua City	日本鋼管	173.0	26.0		10.4		30,900	8300		2	352
Usuki Pioneer	臼杵鉄工	152.0	25.2	14.8	10.6		26,666	6600	88	2	640
第五新水丸	寺岡造船	97.0	15.5		6.4		4,999	3800		2	
第一共栄丸	桧垣造船	95.8	15.0		6.3		5,539	3000	225	1	216
新コープ丸	臼杵鉄工	90.0	17.0	8.9	7.7	8256.0	6,203	3200	340		
TROPICAL MARINA	高知重工	89.8	18.8		7.6	9078.1	6,650	3300	240	3	429
カルビーポテト丸	三浦造船	73.6	13.0		3.6		1,491	1600		1	96
扇蓉丸	檜崎造船(日本鋼管)	72.0	12.6	6.9	4.7		2,081	1550	190	2	234
日産丸	佐々木造船(日本鋼管)	72.0	12.6	6.9	4.8		2,098	1550	190	2	234
新愛徳丸	日本鋼管	66.0	10.6	5.2	4.4	2010.0	1,400	1600	250	2	194
愛徳丸	今村造船	66.0	10.6	5.2	4.4	2010.0	1,400	1600	250	1	85
日徳丸	今村造船	52.5	10.0		3.6		630	1050		1	96

しかし、現在は大型の硬帆を装備する商船は、1隻も存在しない。

# コンセプトの検討(1)

- 開発を開始するに際して、コンセプトを検討した。

多くの商船に装備可能な帆の開発

過去の帆装商船には障害があった  
✓ 運航上の制約  
✓ 設計変更や改造の必要性

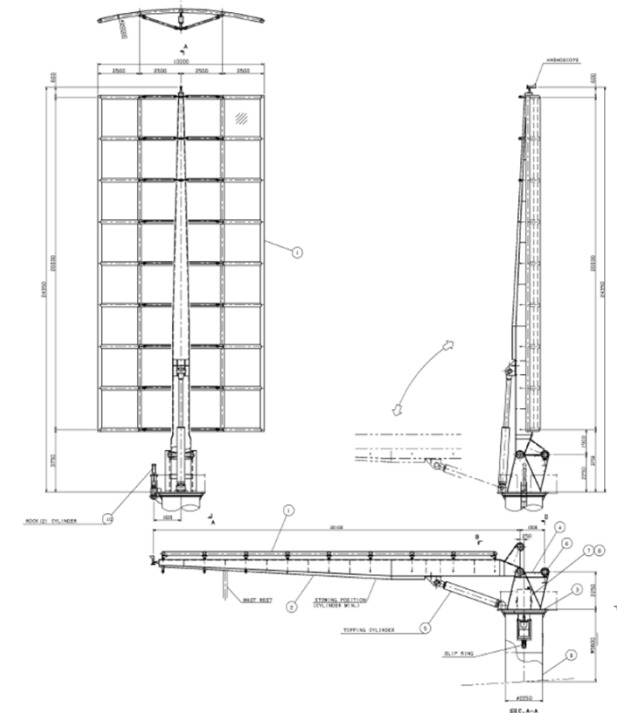
十分な省エネ効果を持つが、帆の影響が小さいもの

省エネ付加物的な帆であれば様々な障害を回避できる

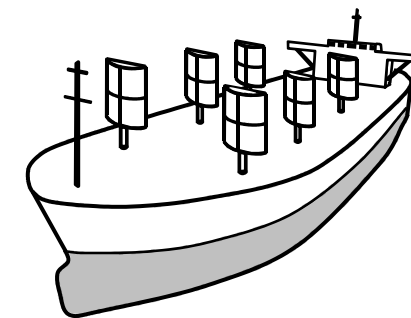
格納可能な小さな面積の帆には利点が多い

# コンセプトの検討(2)

- 格納可能な小面積帆の利点
  - 帆の配置箇所の自由度が高い。
  - 主機のみでの航行も可能で、定時制の確保が容易である。
  - 推力の変動が小さく、可変ピッチプロペラを装備する等の必要が無い。
  - 格納すれば、操縦性能とブリッジからの視界は、既存船舶と同等になる。



プロトタイプ案



装備イメージ



# プロトタイプの製造

- 基本設計を受け、(株)共立機械製作所に依頼して、プロトタイプを製造した。



製造中の状況



組立前動作確認の  
状況



# 陸上試験実施場所の選定(1)

## ● 陸上試験場所の選定

- 陸上試験場所を次の項目を考慮して、三井造船大分事業所を選定した。
  - ▶ 試験を実施するに十分な風が発生すること
  - ▶ 耐久試験の面から、海上の環境に近い海岸にプロトタイプを設置が出来ること
  - ▶ 格納展帆を含む全ての動作試験を行う事が出来る十分な試験エリアを確保できること
  - ▶ 緊急時の対応を含む十分な安全管理体制を整えることができること
  - ▶ 試験エリアの確保に大きな費用が発生しないこと
  - ▶ 長期にわたる試験を考慮し、試験要員の待機場所および宿泊施設の確保が容易なこと

# 陸上試験実施場所の選定(2)



試験実施場所



三井造船大分事業所

- 設置方法検討結果を受け、基礎の土木工事を行った。



ボーリング調査状況



杭打工事状況



配線埋設工事状況



完成した基礎

# 完成～海上輸送

- プロトタイプ完成後、プロトタイプを尾道から大分まで海上輸送した。



積出作業の状況



バージへの積載状況



大分事業所での受入

# 設置工事

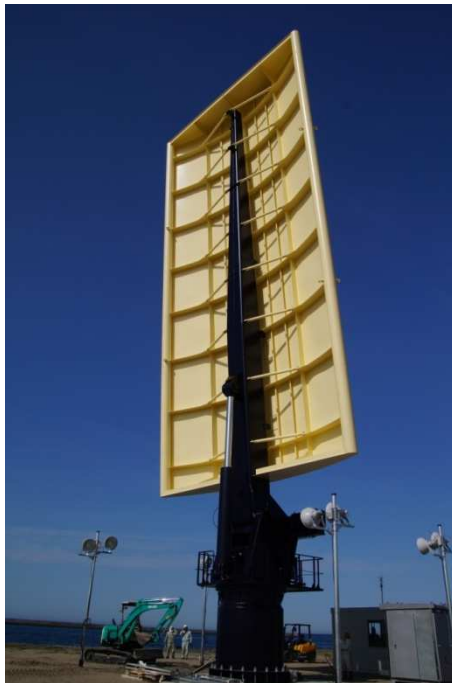
- 大分事業所に到着後、完成している基礎に設置された。



設置工事状況

# 動作確認

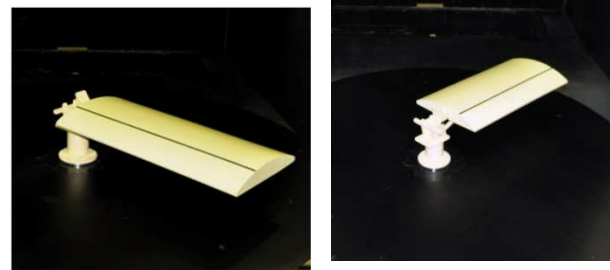
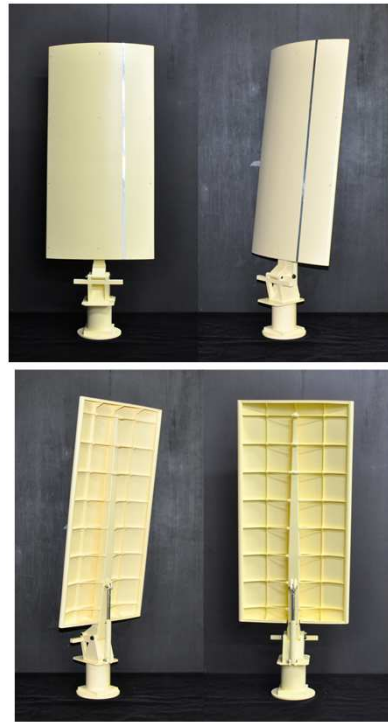
- 設置工事終了後、動作確認を実施した。



動作確認状況

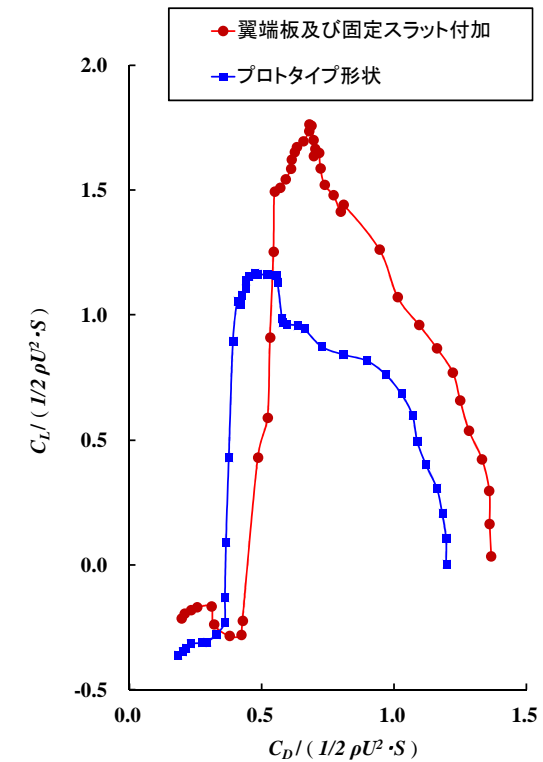
# 風洞試験

- 相似形状と改良形状について、風洞試験を実施した。
  - プロトタイプ形状の空力特性を把握
  - スラット及び翼端板を付加することにより、大幅な性能改善が可能であることを確認



三井造船昭島研究所風洞

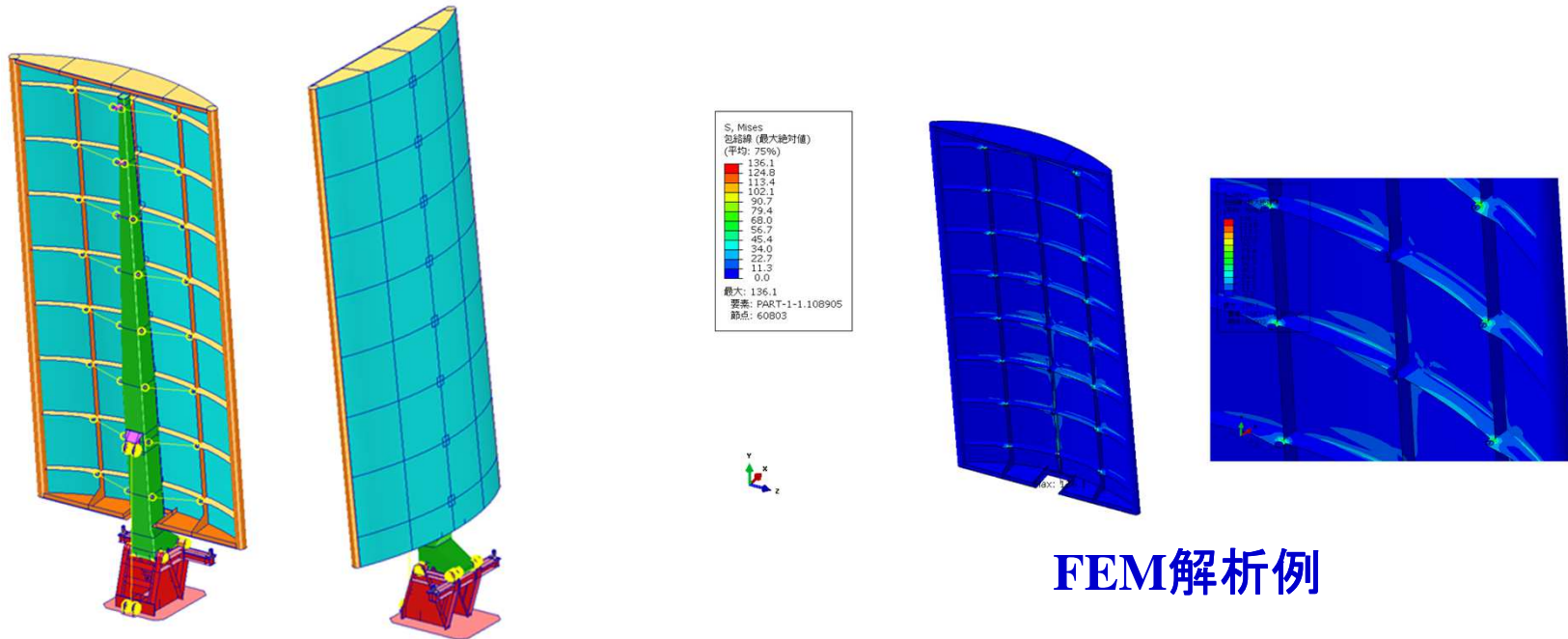
風洞試験模型および試験状況



空力特性

# FEM解析

- プロトタイプ強度の把握のため、波浪中での動揺（傾斜と加速度）を考慮したFEM解析を実施した。
- 十分な強度を有することが確認された。
- より厳しい状況にも耐えることを狙い、構造改良案を検討した。



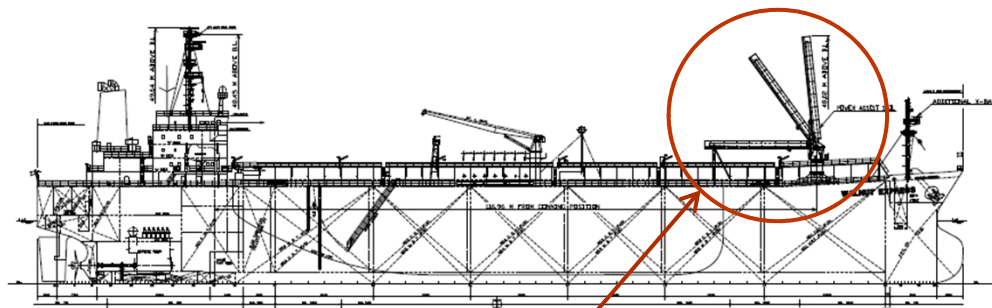
解析用モデル

FEM解析例

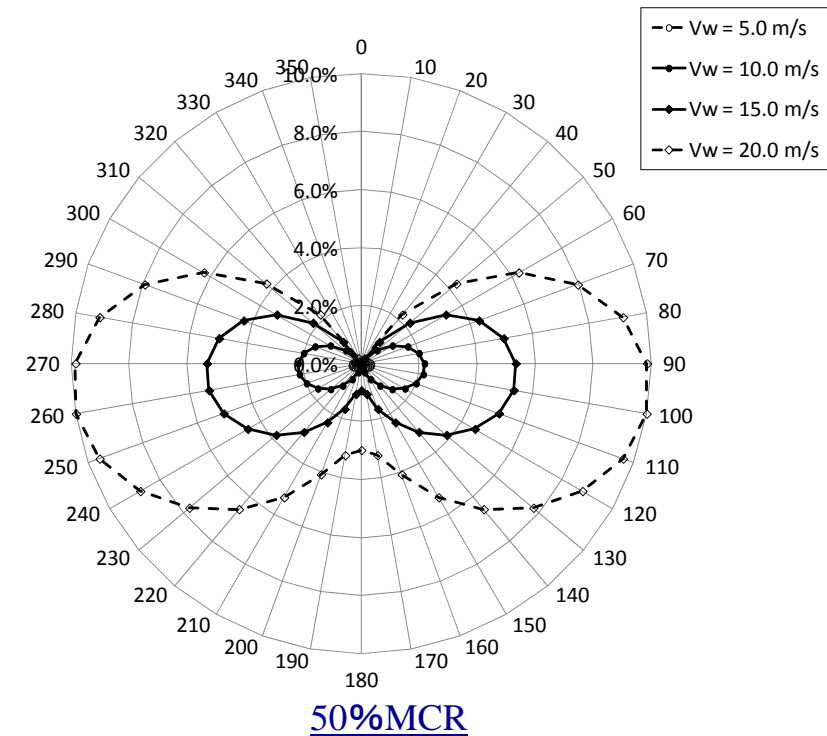
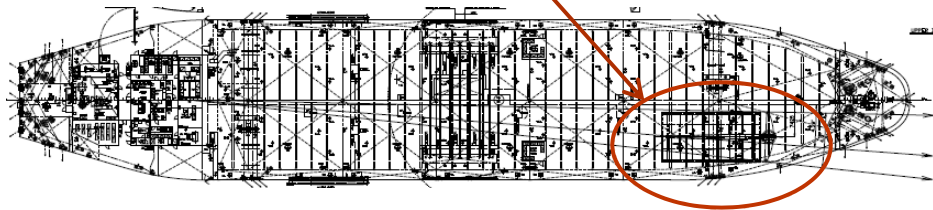


# 省エネ性能評価(1)

- 4万5千トンタンカーにプロトタイプを搭載した場合について、CO<sub>2</sub>削減(省エネ)効果を推定した。



Power Assist Sail搭載位置



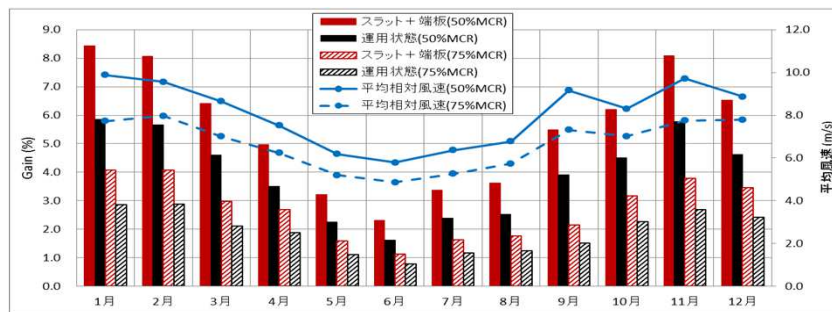
風向毎の省エネ効果

# 省エネ性能評価(2)

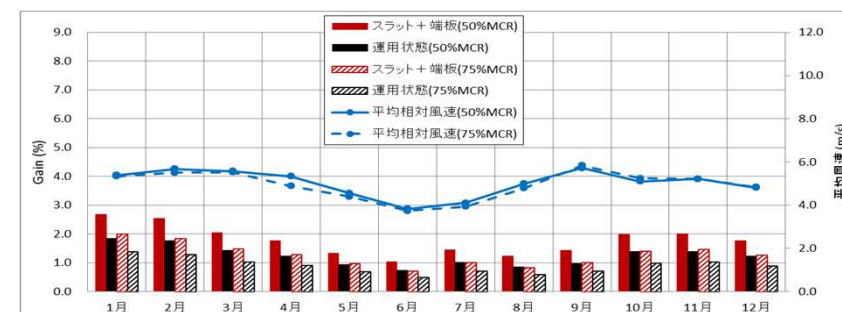
- 実際に航海した場合の年間の省エネ効果を評価
- 帆を装備しない場合の燃料消費が最小になる航路で評価



最適航路(燃料消費)



JAPAN ~ SEATTLE、75%MCR



JAPAN ~ BRISBANE、75%MCR

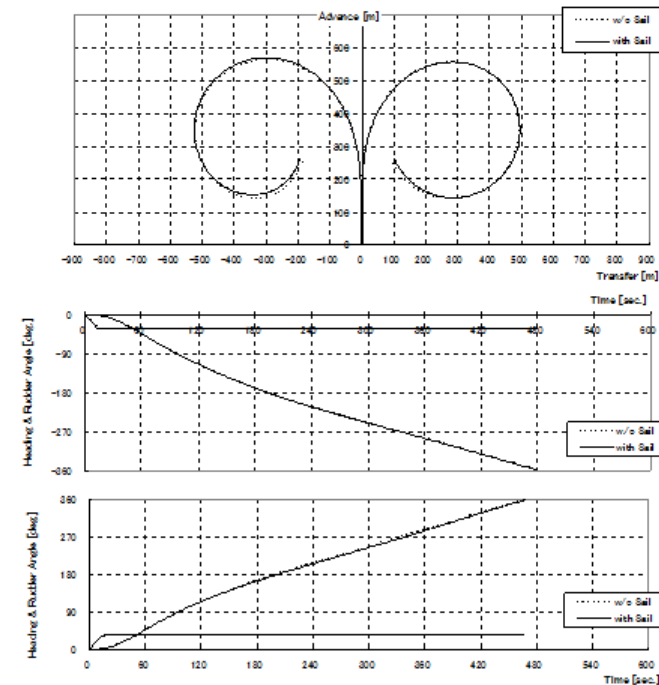
各月の省エネ効果

# 操船影響確認

- 操船時の安全性確認の為、帆が装備された状態での操縦性能のシミュレーションを実施した。
- 4万5千トンタンカーに、プロトタイプ(20m×10m)を搭載したケースを実施
- 実用上問題となるような影響が無いことを確認
- 帆を格納すれば、帆を装備しない状況とほとんど変わらない操縦特性を示す。

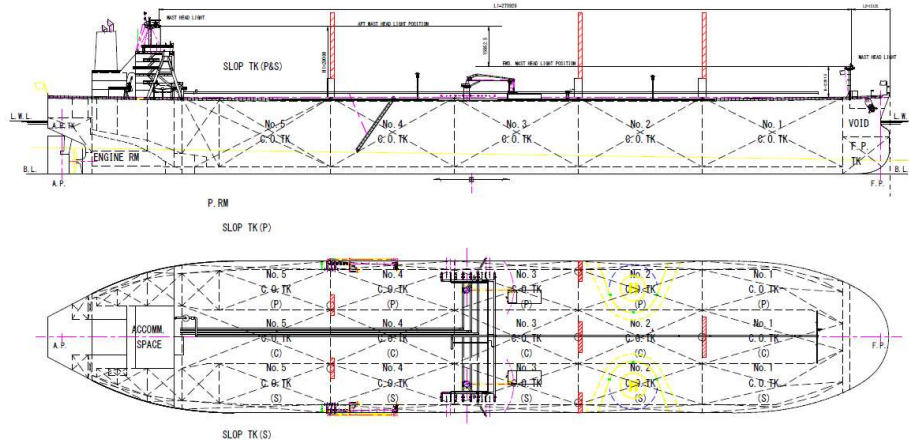
(4) Windy Condition (20m/s, 90deg)

Turning Angle	Without Sail				With Sail			
	Turn to Port		Turn to Stbd.		Turn to Port		Turn to Stbd.	
	time	speed	time	speed	time	speed	time	speed
90	97s	9.2kts	96	8.7kts	97s	9.3kts	96s	8.7kts
180	194s	5.4 kts	200	5.1 kts	194s	5.4 kts	202s	5.0 kts
270	335s	3.8 kts	334	4.6 kts	334s	3.7 kts	339s	4.6 kts
360	482s	3.7 kts	468	4.3 kts	482s	3.7 kts	470s	4.4 kts

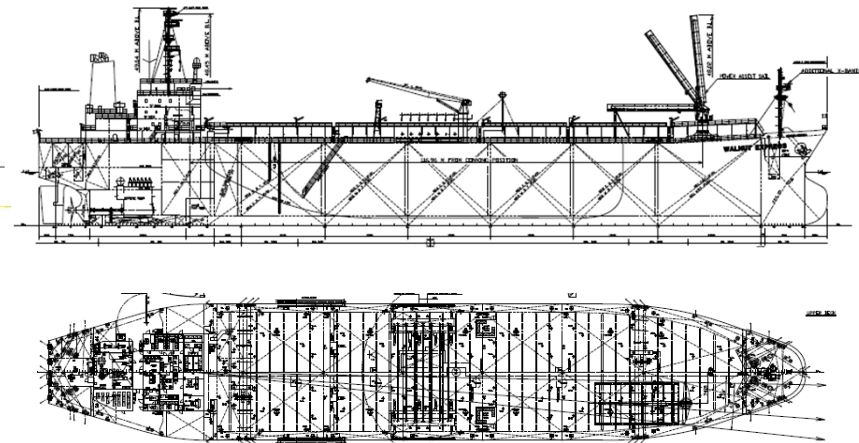


# 実船搭載検討

- 搭載に関わる改造工事に関する検討を行った。
  - より現実的な検討となる様、実際の船を対象に実施した。
    - 帆据付台、マスト、搭載部周辺船体、電装関係
- 船級等に関わる要件の確認・検討を行った。
  - 視界、消火設備、航海灯、レーダ等
- 日本海事協会による図面確認を受けた。



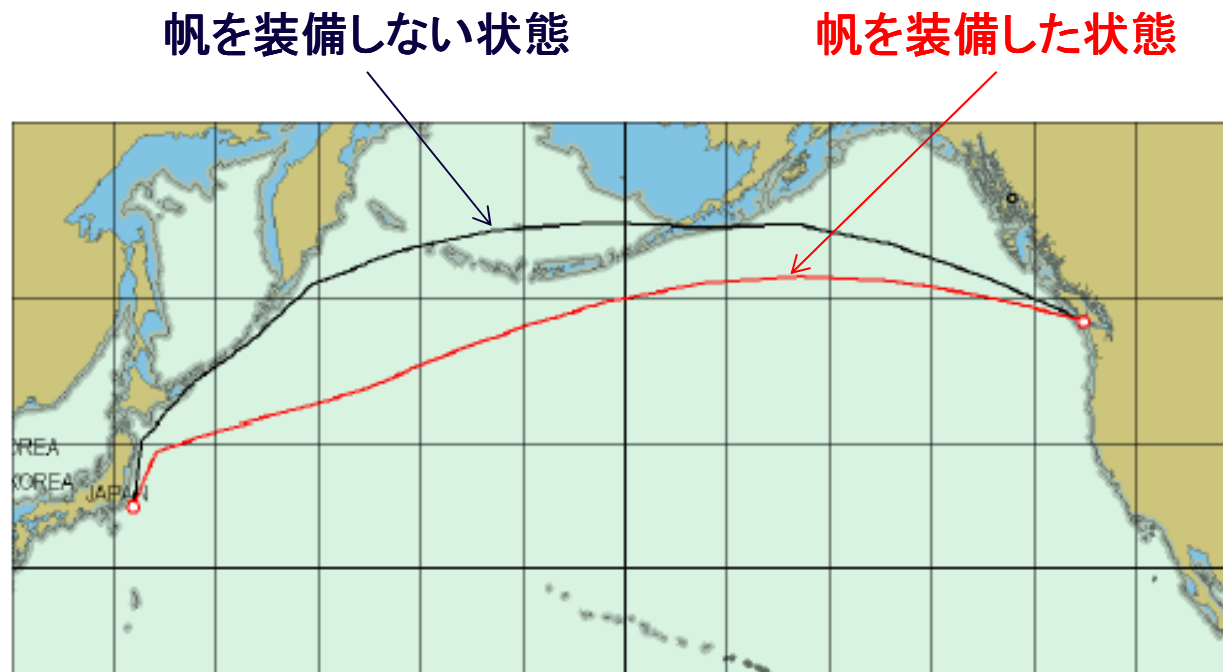
VLCC搭載例



4万5千トン級Tanker搭載例

# ウェザールーチンシステムの試作

- ウェザールーチンシステムを試作し、Power Assist Sail 装備時の最適航路計算を行った。

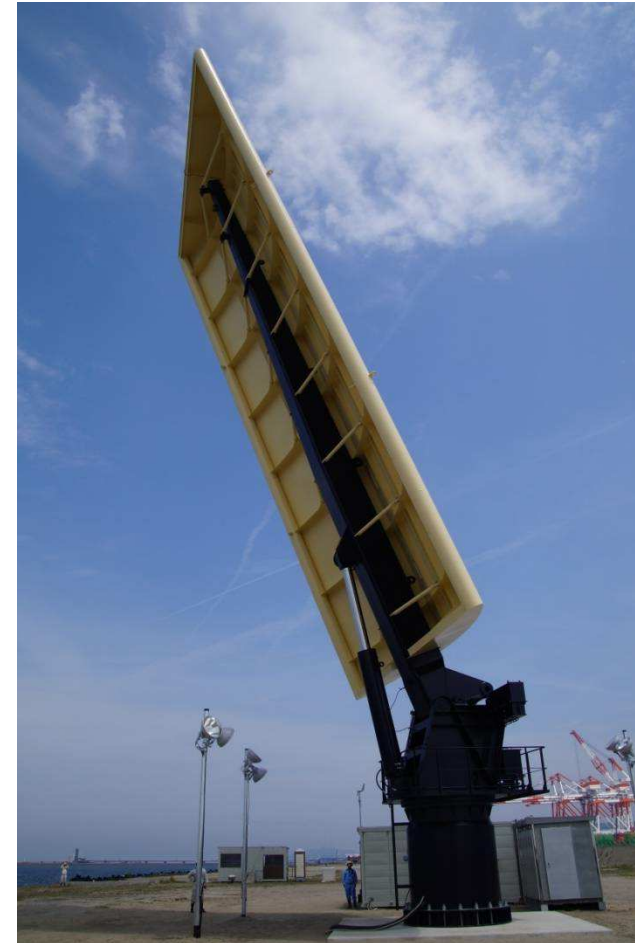


Tokyo~Seattle航路、4月上旬に出航

最適航路計算例

# 陸上試験

- 陸上試験期間
  - 2013年5月～2014年1月
- 試験内容
  - 動作確認試験
    - 設計通りに動作するかを確認
  - 空力特性確認試験
    - 風洞模型との失速角度の違いを確認
  - 自動制御試験
    - 制御の妥当性確認および耐久試験
  - 航海再現試験
    - 加速試験、耐久性の確認
  - 格納状態試験



動作試験時の状況

# 発表

- プレス発表2013年7月3日  
日刊海事通信、日本海事新聞他で報道
- 三井造船技報210号(2013年11月発行)にて技術報告
- 日本船舶海洋工学会秋季講演会(2013年11月22日)で発表
- NHKニュース(2014年1月2日)で紹介

# まとめ

- 実船搭載可能なプロトタイプを製造し、陸上試験を行った。
- 陸上試験により問題点を抽出し、その問題点を解決した。
- プロトタイプ装備によるCO<sub>2</sub>削減(省エネ)効果をシミュレーションを行って確認した。
- プロトタイプの図面の精査やFEM解析を行い、より耐久性および信頼性を上げる為の改良案を立案した。
- "Power Assist Sail" 装備時のウェーザールーチンシステムを試作し、試計算を実施した。
- 日本海事協会より、"Power Assist Sail" 搭載の改造工事を想定した図面確認を受け、規則上必要な検討作業や、必要書類等を把握した。
- 学会発表、プレスリリース等を行い社会的なアピールに努めた。



## 最後に

本研究開発は、日本海事協会、(株)商船三井、三井造船(株)、(株)三井造船昭島研究所の共同研究体制のもと、研究を実施しているもので、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームによる研究支援を受けてます。

ここに関係者への謝意を表します。

