

# 実運航における燃費改善のためのトリム最適化

株式会社MTI 技術戦略グループ  
上級研究員 堀 正寿



1

© Copyright 2012  
Monohakobi Technology Institute



## 目次

1. はじめに
2. 最適トリムの評価手法
  - 2-1. オペレーションプロファイル調査
  - 2-2. 水槽試験とトリム影響解析
  - 2-3. 実船検証
3. トリムチャートと運用
4. まとめ



2

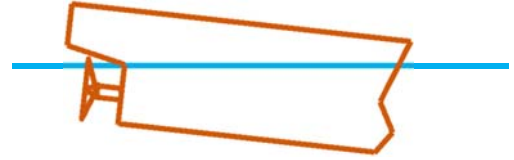
© Copyright 2012  
Monohakobi Technology Institute



## 1-1 トリムの定義

船尾喫水( $d_A$ )と船首喫水( $d_F$ )の差  
 トリム( $T$ ) =  $d_A - d_F$

①船首喫水が深い状態  
 $T < 0 \Rightarrow$  船首トリム



②船首・船尾喫水が同じ状態  
 $T = 0 \Rightarrow$  イーブントリム



③船尾喫水が深い状態  
 $T > 0 \Rightarrow$  船尾トリム



## 1-2 最適トリム研究の背景と目的

- 現状は船尾トリム運航が一般的
  - プロペラ没水を確保しつつ、排水量は軽くするのが基本
  - 船舶は船尾トリム運航を前提に設計
- NYKのこれまでの取り組み
  - トリム効果の実船検証（2006年、コンテナ船など）  
 ⇒船首バルブ没水が不十分なため燃費が悪化したケース有り
- 燃料油価格の高騰
  - 船型毎にトリム影響を正確に把握することで、実運航での燃料使用量を削減

## 2-1-1 オペレーションプロファイル調査 (1)

- ▶ 実運航データから実際に利用されるトリムと頻度を調査  
⇒現状はイーブン～船尾トリムでの運航が多い



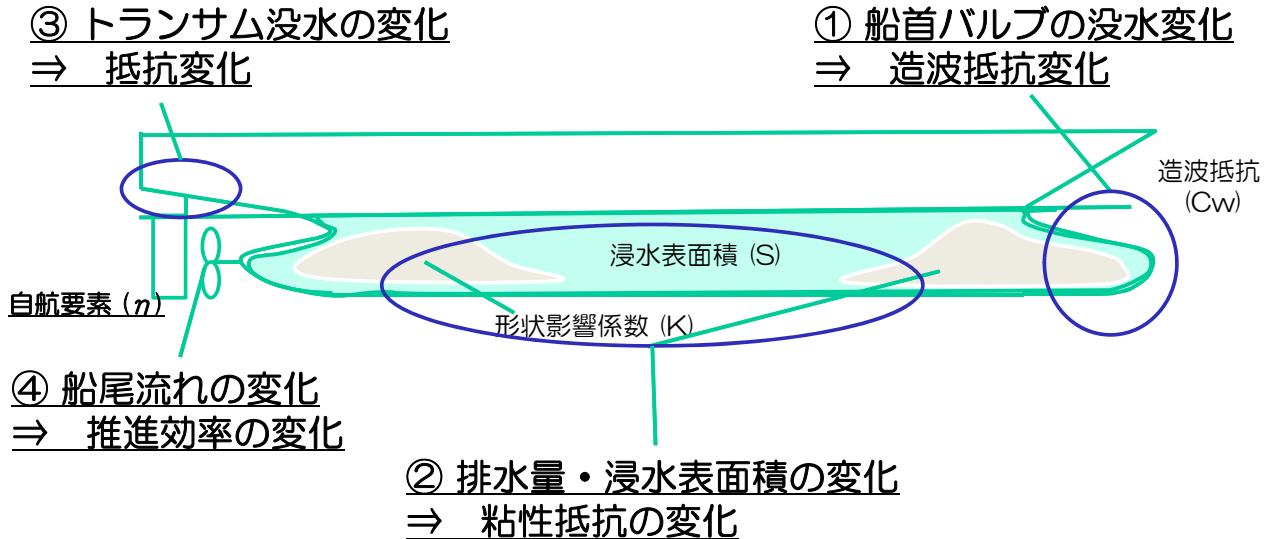
## 2-1-2 オペレーションプロファイル調査(2)

- ▶ 実運航の船速、喫水について調査  
⇒昨今は減速運転により、計画船速より遅い船速で運航  
⇒船速、喫水ともに設計(計画)とは異なる条件での運航が多い  
**最適トリム研究が重要**



## 2-2-1 推進性能に影響を与える各種要因

- ▶ トリム変化が推進性能に影響を及ぼす主要因



## 2-2-2 水槽試験・数値計算(CFD)の実施

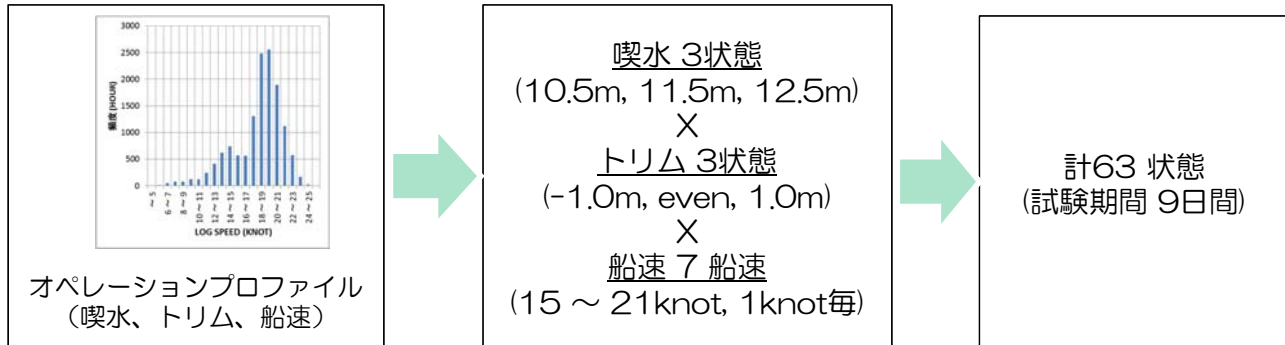
- ▶ 2011年7月から2012年度末までに16件の模型試験・数値計算を実施(同型船90隻程度)
- ▶ 必要に応じて、1つの船型について、大型模型、小型模型、数値計算を組み合わせた

	手法	イメージ	パートナー	件数
1	曳航水槽 (大型模型)		造船所 研究機関	5
2	曳航水槽 (小型模型)		大学	5
3	回流水槽 (小型模型)		造船所	1
4	数値計算 (CFD)		造船所 大学	5

## 2-2-3 模型試験状態の決定

- ▶ オペレーションプロファイル調査から、実運航で用いられる喫水、トリム、船速の範囲を特定し、試験状態を決定
  - ▶ 模型試験は時間とコストがかかるので、ケース数を絞り込み、効率的に実施

例)



## 2-2-4 喫水・トリムによる抵抗の変化(抵抗試験)

- ▶ 抵抗試験を実施し、喫水・トリムによって、造波の状況、抵抗値に特徴的な違いが見られるかを調査
  - ⇒ 以下の例では、船首喫水が浅く、船首バルブの没水が十分でないため船首造波が大きく、抵抗値増加が観測された

## 2-2-5 喫水・トリムによる推進効率の変化(自航試験)

- ▶ 自航試験を実施し、喫水・トリムと推進効率に特徴的な違いがないかを調査

⇒以下の例では、船尾喫水と推進効率の間に相関が見られ、船尾喫水が浅い場合に推進効率が改善されることがCFD計算で分かった



## 2-3-1 実船検証

- ▶ 模型試験・数値計算で推定したトリム影響の妥当性について、実船による検証を行った
  - ▶ 期間：2012年8月～9月(穏やかな海気象の時を選んで実施)
  - ▶ 場所：北米～南米航路・・・載貨状態  
南米～日本航路・・・バラスト状態



検証船の航路

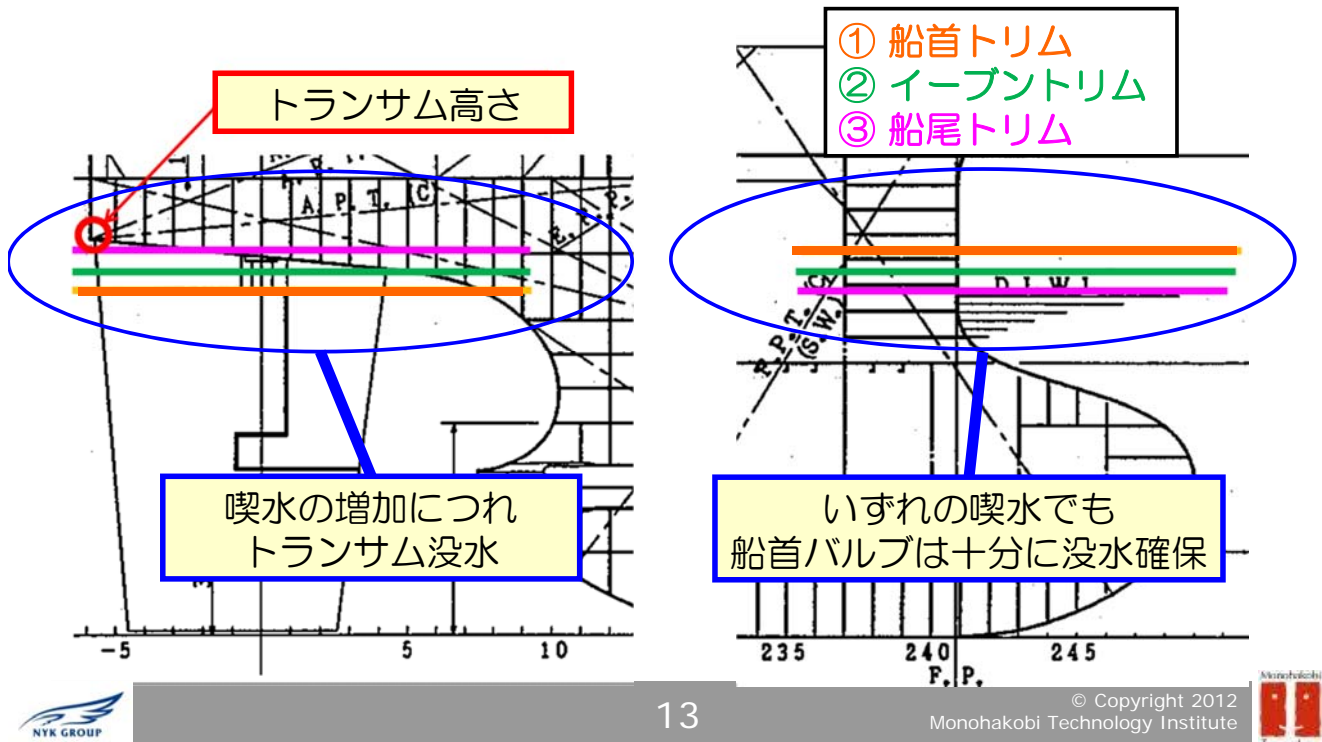
状態	船速域	
載貨	低速	(3回)
	中速	(3回)
	高速	(4回)
バラスト	低速	(3回)
	中速	(4回)
	高速	(4回)

実船による検証



## 2-3-2 実船検証時の喫水（載貨状態の例）

- ▶ 船首・船尾喫水と船首バルブ、船尾トランサムの関係



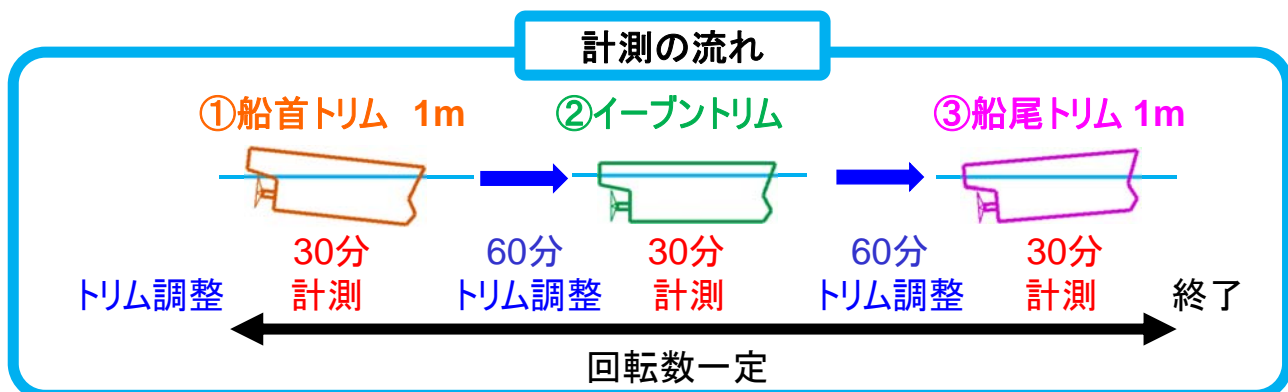
## 2-3-3 実船検証の実施及び計測

- ▶ 外乱の影響を最小限に抑えるため、短時間の内に3つのトリム状態を作り、計測を実施

① 船首トリム1m    ② イーブントリム    ③ 船尾トリム1m

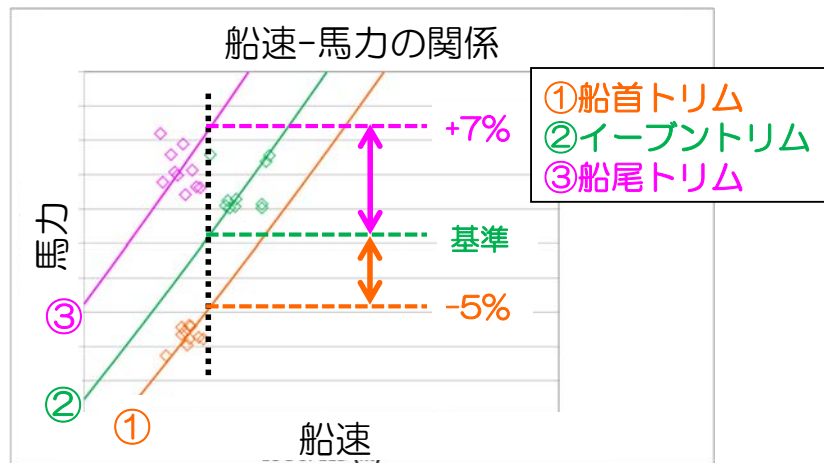
- ▶ MTI開発のSIMS利用による自動計測

- ▶ 計測項目：速力、馬力、回転数、方位、風速・風向等



## 2-3-4 実船計測データ解析

- ▶ 計測データから各トリム状態のパワーカーブを求め比較
- ▶ 以下の例では、船首トリムがイーブントリムより5%燃費が良好であることを確認



- 各プロットは3分間平均値
- 馬力が船速の3乗に比例すると仮定

## 3-1 最適トリムの表現方法

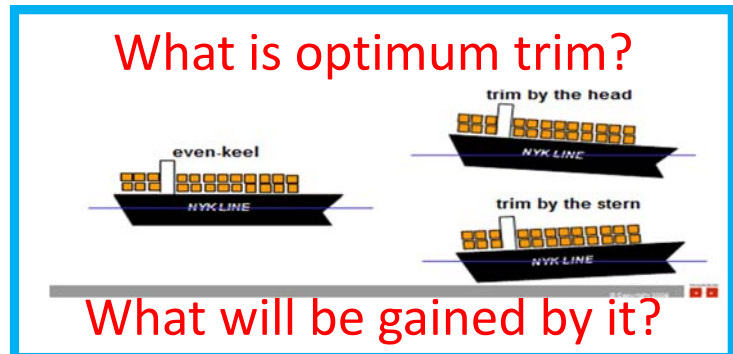
- ▶ 燃料消費量は、喫水・トリムにより変化
    - ▶ 船首喫水の変化による造波抵抗の変化
    - ▶ 船尾喫水の変化による推進効率の変化
  - ▶ 実運航では、求められる船速・載貨状況他から平均喫水が決まるため、その状態での最適トリムを船長・陸上の運航関係者が推定するツールが必要
- ⇒ トリムチャートの提供





### 3-4 成果の実運航への展開

- ▶ 燃費の良いトリム状態を作るためには、貨物搭載プランを作るオペレーターおよび本船の理解・協力が不可欠
- ▶ 実運航の燃費削減につなげるには、このプロセスが重要  
⇒トリムチャートをはじめ、研究で得られた知見の現場への教育・啓蒙活動を推進



### 4-2 まとめ

1. オペレーションプロファイルに基づくトリム影響評価(模型試験・数値計算)を行い、90隻程度に適用可能なトリムチャートを作成した
2. トリムチャートを利用して最適トリム運航を行うことで、船型・喫水・船速にもよるが2~5%程度の燃費削減を期待できる
3. トリム変化が推進性能に与える影響について理解を深めた

## 4-3 波浪影響 ～今後の課題

- ▶ 今回実施したトリム評価は穏やかな海象が前提
- ▶ 荒天時(波・風)には最適トリムが異なる可能性有り
  - ▶ 一部の船型で実施した波浪中のトリム試験で確認
- ▶ 現段階では、荒天時には最適トリムよりも、安全優先の喫水・トリム調整を推奨している

- 実海域の船体運動、推進性能は、安全運航、経済運航にとって重要課題
- MTIIは引き続き関係機関と協力して取り組んでいく

## 4-4 今後の取り組み

- ▶ 風・波浪中のトリム影響を含め、本研究を通して見つかった新しい課題への取り組み
  - ▶ 実海域でのトリムに関する解析手法
  - ▶ 最適トリム運航を考慮した船型および船舶設計
- ▶ 引き続き、造船所・研究機関・大学・他関係機関の皆さまの協力を得て、研究開発を進めていきたい