

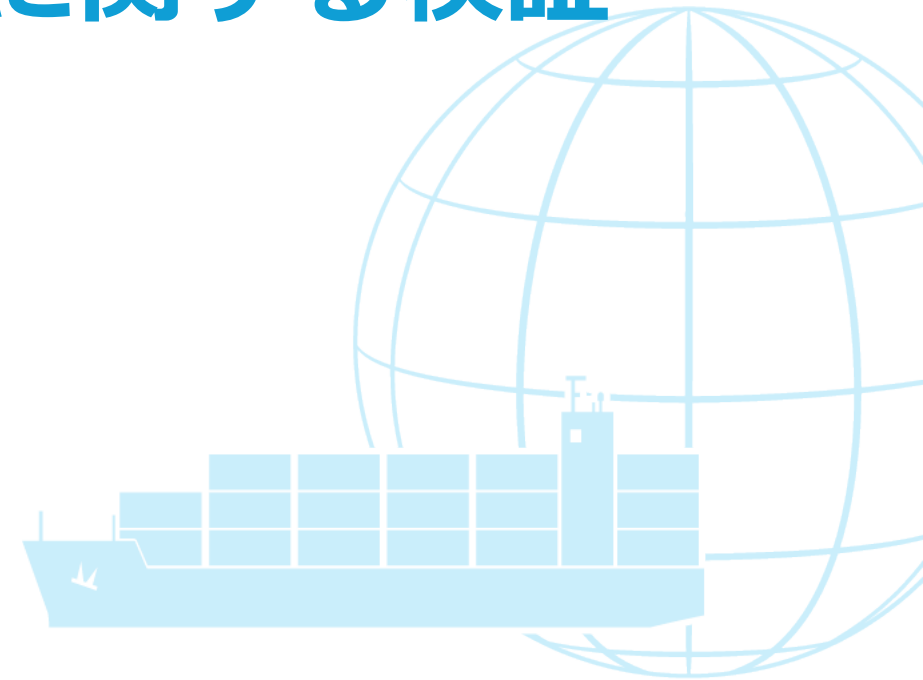


模型試験による 波浪中の船尾流場と自航要素に関する検証

海上技術安全研究所

流体設計系

横田 早織、若生 大輔、濱田 達也、黒田 麻利子



目次



1. 背景・目的
2. 荷重度変更法による自航要素推定モデル
3. 対象模型・試験条件
4. 試験結果
5. まとめ



実海域性能の評価の重要性

➡ 平水中性能だけでなく、波浪中性能に注目するようになってきた



波浪中抵抗増加

波浪中自航要素

荷重度を考慮することで
精度の高い自航要素の推定が可能

荷重度変更法を用いた自航要素の推定モデル

➡ 推定式の幅広い検証が必要

✓ 船尾流場は自航要素に大きく影響する

➡ **波浪中における船尾流場と荷重度変更法での自航要素の関係性について調査**

✓ **船尾形状の影響について調査**

荷重度変更法による自航要素推定モデル



自航要素の表現方法

$$1-w = U_{a0wc} + C_0(F_r) \times \left[-U_{a0wc} + \sqrt{C_T + U_{a0wc}^2} \right] \quad (1)$$

$$C_G = B_0(F_r) \times \left[-U_{a0wc} + \sqrt{C_T + U_{a0wc}^2} \right] \quad (2)$$

$$U_{a0wc} = U_{a0}(F_r) + \Delta U_{a0wc} \quad (3)$$

$$1-t = 1 - C_G / C_T \quad (4)$$

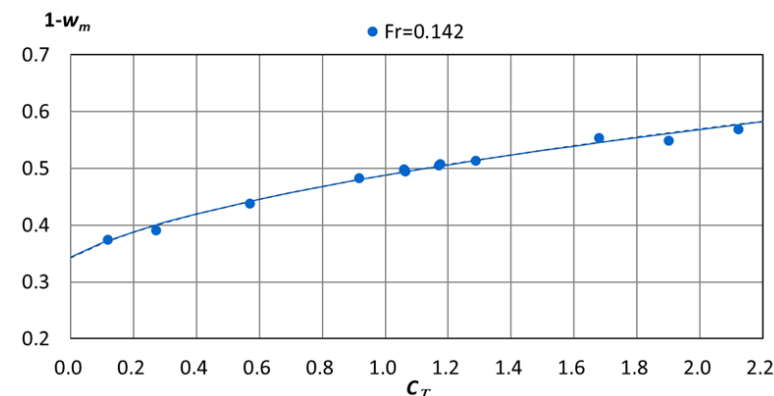
$$C_T = \frac{T}{0.5\rho V^2 \pi D_p^2 / 4} \quad (5)$$

$$C_G = \frac{G(T)}{0.5\rho V^2 \pi D_p^2 / 4} = \frac{R(T) + T - R_C}{0.5\rho V^2 \pi D_p^2 / 4} \quad (6)$$

(1-w): 伴流係数
(1-t): 推力減少係数
 C_T : プロペラ荷重度
 T : スラスト

$G(T)$: 船体とプロペラの干渉による抵抗増加
 $R(T)$: 抵抗
 R_C : スラスト0の時の抵抗
 ρ : 流体密度
 V : 船速
 D_p : プロペラ直径
 F_r : フルード数

$\sqrt{C_T}$ モデル: 推定精度が高い



$C_0(F_r)$: 伴流に対するプロペラの干渉を表す係数
 $B_0(F_r)$: 船体とプロペラの干渉を表す係数
 $U_{a0}(F_r)$: 平水中のスラスト0の時の有効伴流係数
 ΔU_{a0wc} : 波浪中のスラスト0の時の有効伴流係数の平水中からの増加量

荷重度変更法による自航要素推定モデル



自航要素の表現方法

$$1 - w = U_{a0wc} + C_0(F_r) \times \left[-U_{a0wc} + \sqrt{C_T + U_{a0wc}^2} \right] \quad (1)$$

$$C_G = B_0(F_r) \times \left[-U_{a0wc} + \sqrt{C_T + U_{a0wc}^2} \right] \quad (2)$$

$$U_{a0wc} = U_{a0}(F_r) + \Delta U_{a0wc} \quad (3)$$

$$1 - t = 1 - C_G / C_T \quad (4)$$

$$C_T = \frac{T}{0.5 \rho V^2 \pi D_p^2 / 4} \quad (5)$$

$$C_G = \frac{G(T)}{0.5 \rho V^2 \pi D_p^2 / 4} = \frac{R(T) + T - R_C}{0.5 \rho V^2 \pi D_p^2 / 4} \quad (6)$$

自航要素パラメータの簡易モデル

$$B_0 = 0.746 - 0.027 \cdot \frac{L_{ps}}{B} - 1.373 \cdot C_{pa} + 0.865 \cdot C_B - 0.023 \cdot e_a' + 0.394 \cdot F_r$$

$$C_0 = -0.800 + 0.002 \cdot \frac{L_{ps}}{B} + 1.145 \cdot C_{pa} + 0.018 \cdot C_B + 0.095 \cdot e_a' - 1.077 \cdot F_r$$

$$U_{a0} = 5.917 + 0.264 \cdot \frac{L_{ps}}{B} - 6.715 \cdot C_{pa} - 0.485 \cdot C_B - 0.577 \cdot e_a' - 0.147 \cdot F_r - 0.155 \cdot k$$

$$k = 1.698 + 0.048 \sigma_a - 0.113 e_a' - 19.056 \frac{C_B}{L_{ps}/B} + 76.14 \left(\frac{C_B}{L_{ps}/B} \right)^2$$

L_{ps} : 船長
 k : 形状影響係数
 C_B : 方形係数
 B : 最大幅
 d_{mid} : 中央喫水

$$e_a' = \frac{L_{ps}/B}{\sqrt{0.25 + (d_m/B)^2}} (1 - C_{pa})$$

C_{pa} : 船体後半部柱形係数
 C_{wa} : 船体後半部水線面積係数

$$\sigma_a = \frac{1 - C_{wa}}{1 - C_{pa}}$$

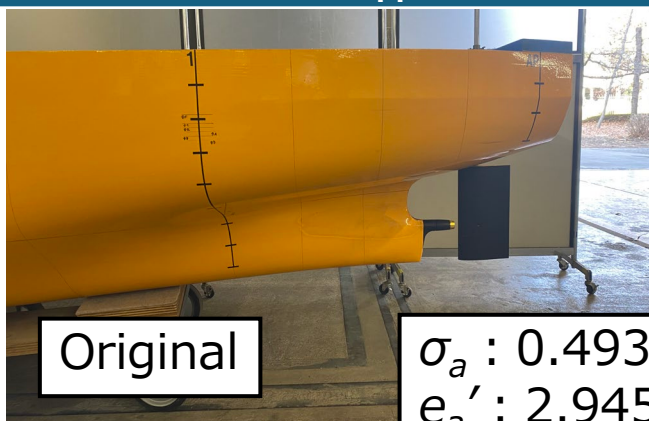
船尾形状に関するパラメータ

対象船型・試験条件

- 対象とする船型は船尾形状を変更できる82BCとした。

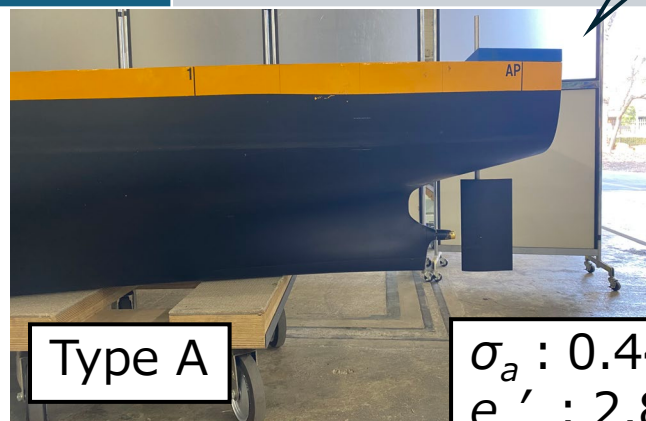
Condition	Full	
Item	Ship	Model 857
Length between perpendiculars L_{PP} [m]	222.0	7.63
Length at load waterline L_{WL} [m]	225.0	7.73
Ship breadth B [m]	32.3	1.11
Mean draft d_m [m]	12.2	0.42
Displacement Disp. [m ³]	76124.0	3.09
Wetted surface area S [m ²]	11607.5	13.72
Trim [m]	0.00	
Longitudinal center of buoyancy lcb [% L_{PP}] (+aft)	-2.11	

船尾部分の取り換え可能な模型船



Original

$\sigma_a : 0.493$
 $e_a' : 2.945$



Type A

$\sigma_a : 0.442$
 $e_a' : 2.889$

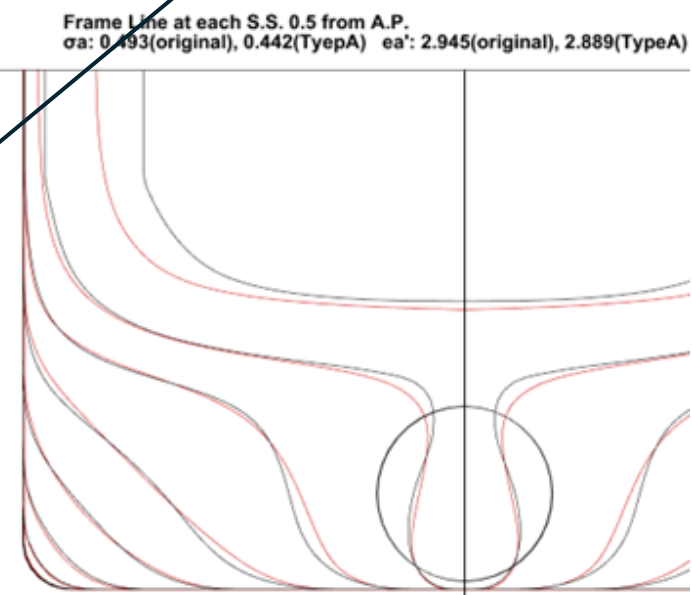


図 82BC フレームライン
(黒線:Original、赤線:TypeA)

対象船型・試験条件



●プロペラ要目

Item	Full scale	Model 682
Diameter D_p [m]	6.40	0.22
Pitch Ratio	0.68	0.65
Boss Ratio	0.16	0.16
Expanded Area Ratio	0.50	0.55
Number of Blades	4	4

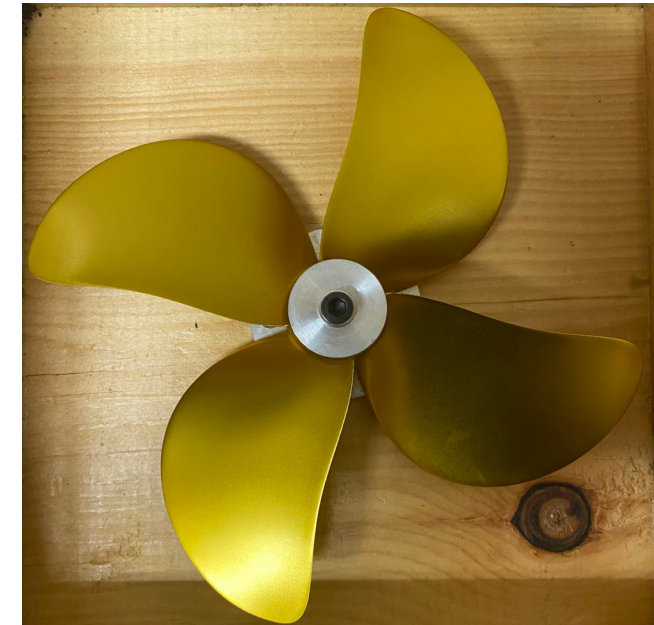


図 模型プロペラ Model682

対象船型・試験条件

計画速力

● 試験条件



試験場所：中水槽(三鷹第三船舶試験水槽)

① 平水中自航試験

- ・ 試験速度： $V_s=14.2\text{knot}$ ($Fr=0.1556$)
- ・ CT 7種類：4(ISO15016), 自航点+0.5, 自航点-0.5, $CT=0$

② 波浪中自航試験

- ・ 試験速度： $V_s=14.2\text{knot}$ ($Fr=0.1556$)
- ・ CT 3種類：自航点, 自航点+0.5, 自航点-0.5
- ・ 波向：向波
- ・ 波長： $\lambda/L=0.4$
- ・ 波高：2m相当

③ PIV計測試験(平水中および波浪中)

- ・ 試験速度： $V_s=14.2\text{knot}$ ($Fr=0.1556$)
- ・ 自航点
- ・ 波向：向波
- ・ 波長： $\lambda/L=0.4$
- ・ 波高：2m相当

前後揺固定で試験可能な短波長で実施

試験結果(荷重度変更試験)

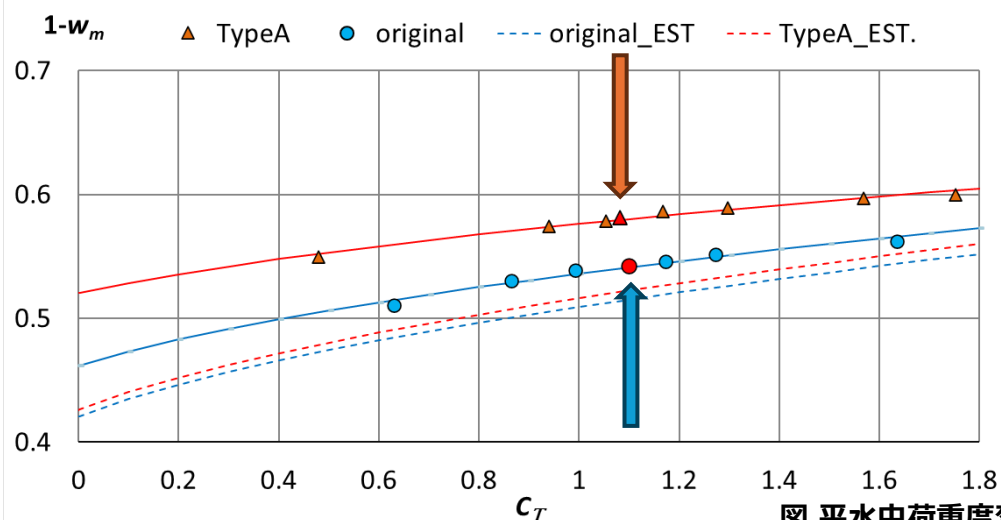
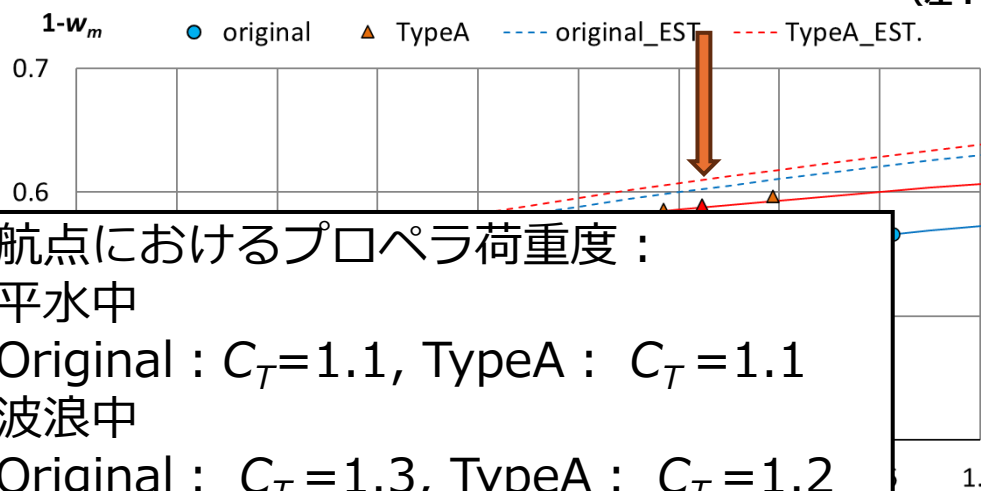
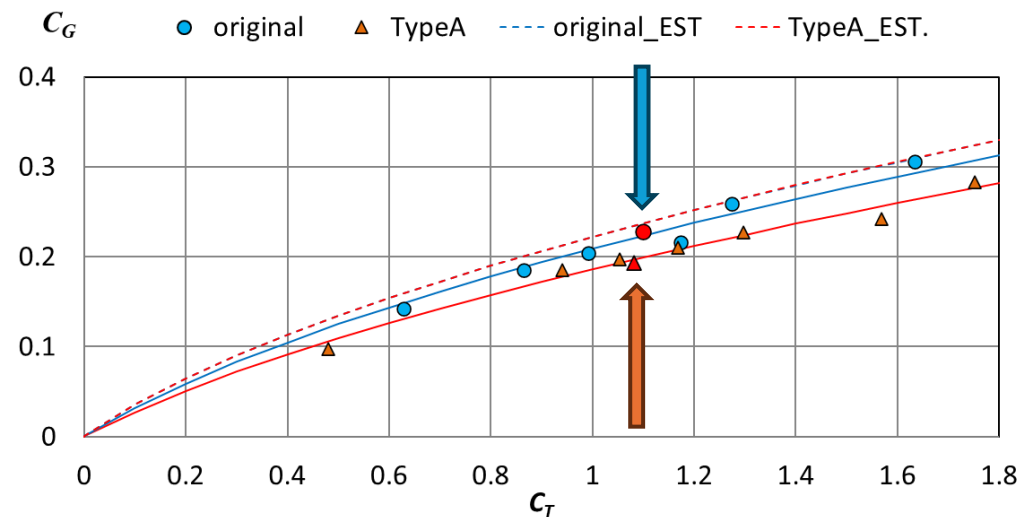


図 平水中荷重度変更試験結果 ($F_r=0.157$)

(左: $1-w_m$ 、右: C_G)



自航点におけるプロペラ荷重度:

○平水中

Original: $C_T=1.1$, TypeA: $C_T=1.1$

○波浪中

Original: $C_T=1.3$, TypeA: $C_T=1.2$

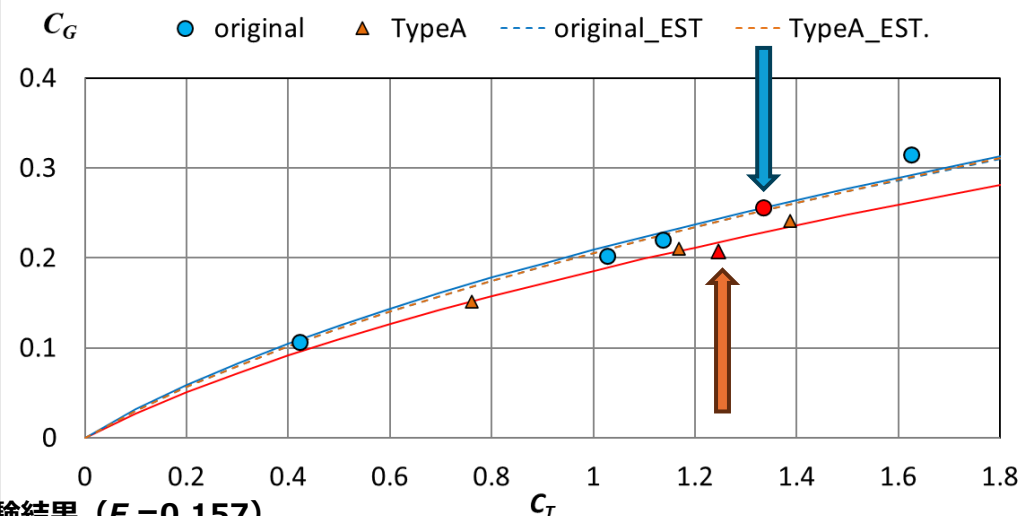


図 波浪中荷重度変更試験結果 ($F_r=0.157$)

(左: $1-w_m$ 、右: C_G)

試験結果(荷重度変更試験)



青線と赤線の相対関係は
試験結果と推定結果で傾向が同じ

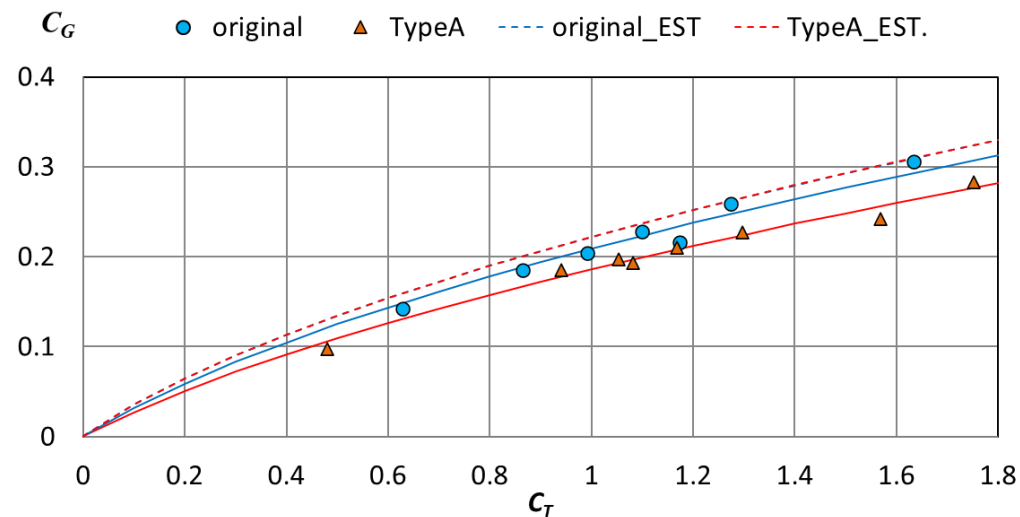
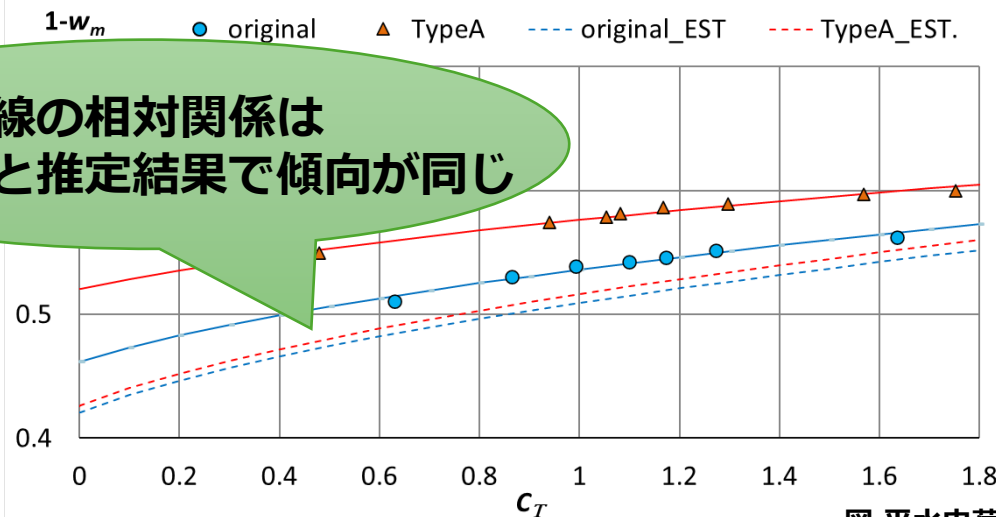
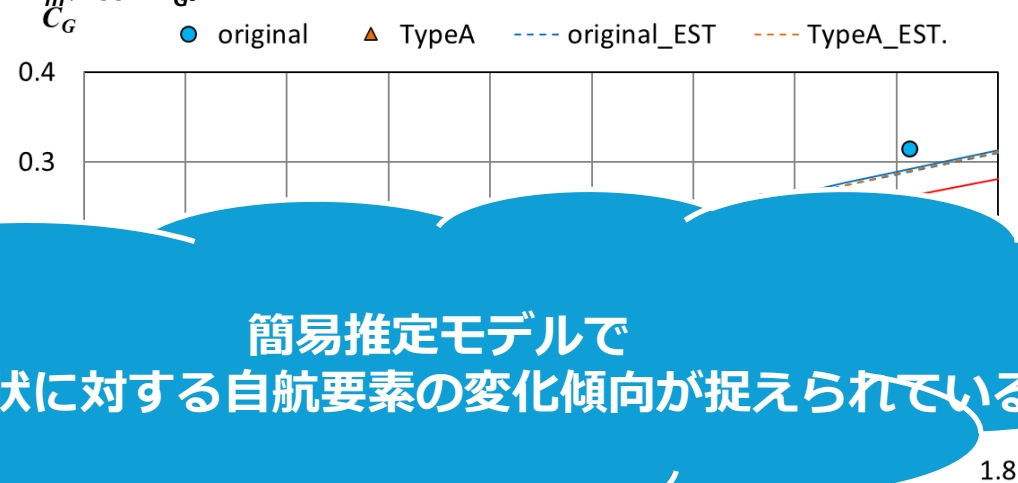
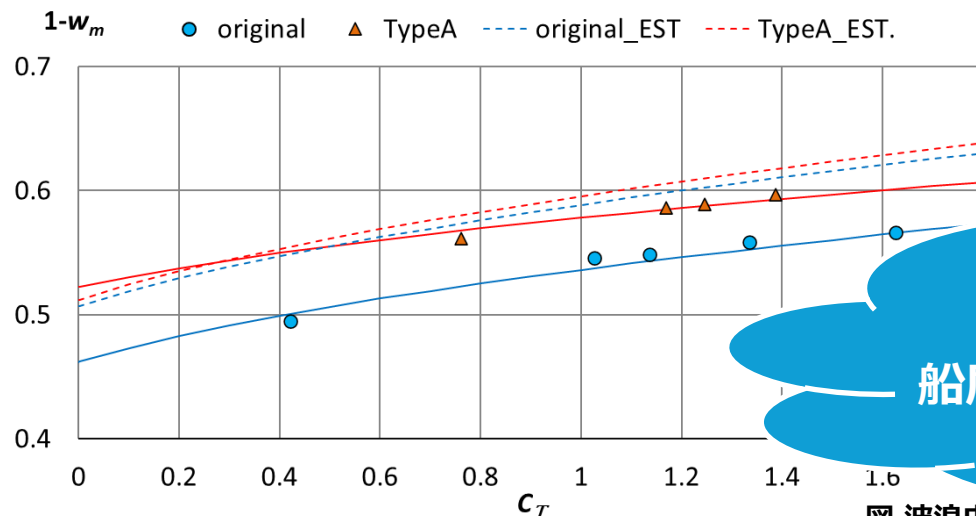


図 平水中荷重度変更試験結果
($F_r=0.157$) (左: $1-w_m$, 右: C_G)



簡易推定モデルで
船尾形状に対する自航要素の変化傾向が捉えられている

図 波浪中荷重度変更試験結果
($F_r=0.157$) (左: $1-w_m$, 右: C_G)

試験結果(PIV計測試験)

平水中および波浪中の自航中PIV計測を実施し、船尾流場の様子を可視化

- 船型の違いによる流場の違いが確認できた
- 波浪中でも渦は生じるが渦度は平水中より小さいことを確認した

$$\text{渦度} = \frac{\Delta v}{\Delta x} - \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (\text{渦度は赤枠部分の積分値})$$

オリジナル船型では1.2%、TypeA船型では0.1%の差

→自航点のプロペラ荷重度の違いによる影響

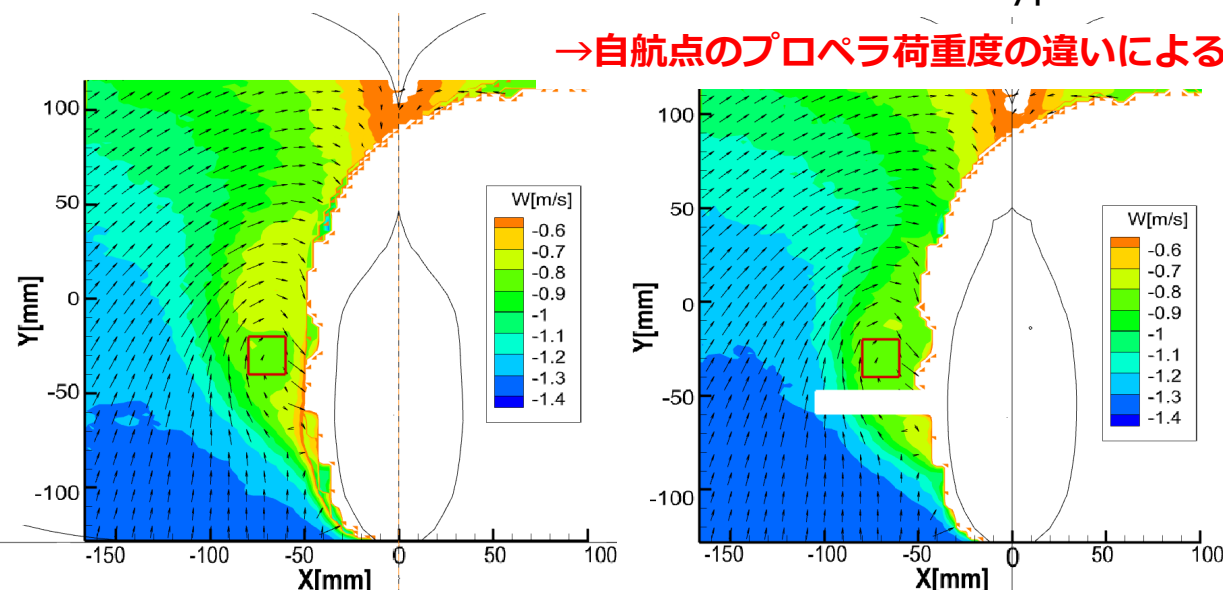


図 平水中自航 PIV計測結果(主流方向速度、Fr=0.157)

(左:オリジナル船型 $C_T=1.1$ 、右:TypeA船型 $C_T=1.1$)

プロペラ面の前方断面($x/L_{pp}=0.968$)

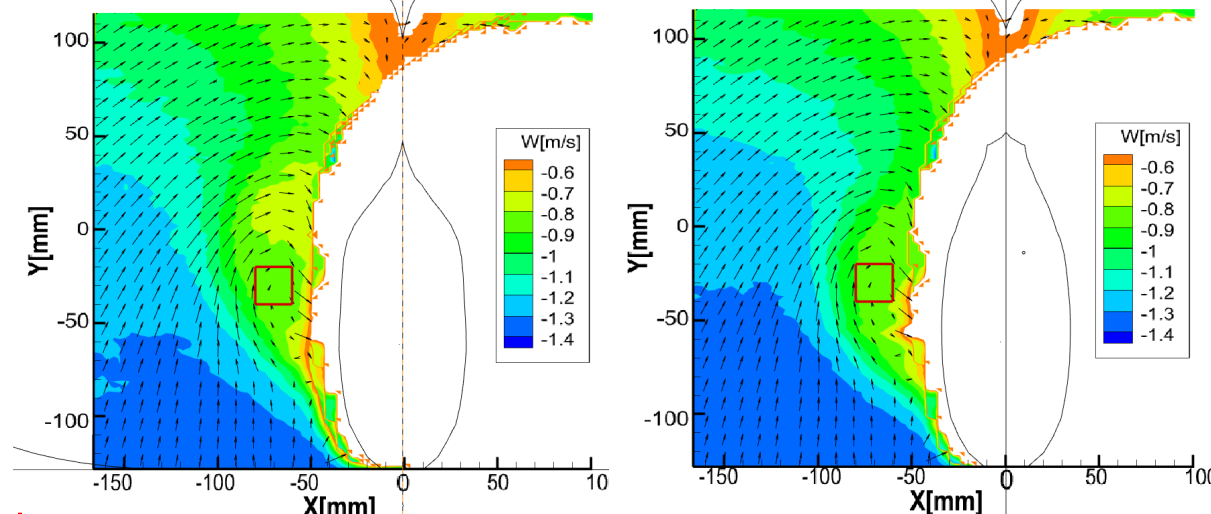


図 波浪中自航 PIV計測結果(主流方向速度、Fr=0.157, $\lambda/L=0.4$)

(左:オリジナル船型 $C_T=1.3$ 、右:TypeA船型 $C_T=1.2$)

プロペラ面の前方断面($x/L_{pp}=0.968$)



プロペラ面の前方断面
($x/L_{pp}=0.968$)

まとめ



- 平水中および波浪中荷重度変更試験により、自航要素に与える船尾形状の影響を調査し、簡易推定モデルで船尾形状に対する自航要素の変化傾向を捉えていることを確認した。
- 82BCのオリジナル船型とType A船型を用いて、平水中および波浪中PIV計測を実施し、船尾流場を計測した。平水中ではどちらの船型でも渦が生じており、波浪中でも渦は生じていたが、わずかであるが渦が小さくなっていることを確認した。この差は自航点の荷重度 (C_T) の違いによるものと考えられる。