



# 浅水域における肥大船型の推進性能に関する 実験的研究

## 1.はじめに

船舶が浅水域を航行する場合、推進性能、操縦性能の低下や、船体沈下量の増加等が生じることが知られています。

浅水域の多い航路に就航予定の肥大船の設計にあたり、浅水域での水槽試験（抵抗試験、自航試験等）、および理論計算による検討を行い、浅水域航行時の性能を評価しました。

## 2.主要目等

試験に使用した模型船の主要目を Table 1 に示します。

浅水域での試験は、浅水域試験設備を有する（独）海上技術安全研究所三鷹第三船舶試験水槽（中水槽）で実施しました。模型寸法は就航海域条件により設定した水深および、設備の関係、並行して同所第二船舶試験水槽（大水槽）で実施した大型模型（長さ約6m）による試験との関係等を考慮して決定されました。

試験水槽の寸法、水深を Table 2 に示します。

Table 1 Principal dimensions

	模型船
L <sub>PP</sub> (m)	4.010
B (m)	0.763
d (m)	0.216

Table 2 Dimensions of test tank

	中水槽
長さ (m)	150
幅 (m)	8
水深 (m)	可変

水深をH、満載喫水をdとした場合、今回行った試験は、H/d=16.17、2.049、1.640の3種で、以下ではH/d=16.17を深水域、H/d=1.640、2.049を浅水域と呼ぶこととします。

## 3.推進性能

### 3.1 推進性能試験

抵抗試験結果の解析は、水抵抗を粘性抵抗と造波抵抗に分ける3次元外挿法により、摩擦抵抗はシェーンヘル摩擦抵

抗係数により計算しました。また自航要素は推力一致法により求めました。

造波抵抗係数 $r_w$ 、伴流係数 $1-w_T$ 、スラスト減少係数 $1-t$ については、フルード数(Fn)ごとの深水域の結果（下添字 $\infty$ で表す）を1とし、粘性抵抗の3次元影響 $C_{TM}/C_{FM}$ は深水域の $1+k$ を1とした場合の浅水域の試験結果をFig.1~4に示します。

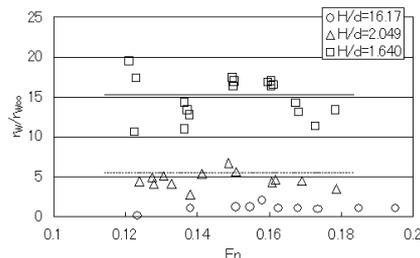


Fig.1  $r_w$

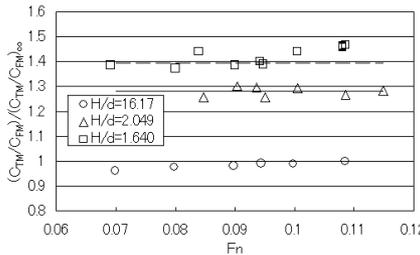


Fig.2  $C_{TM}/C_{FM}$

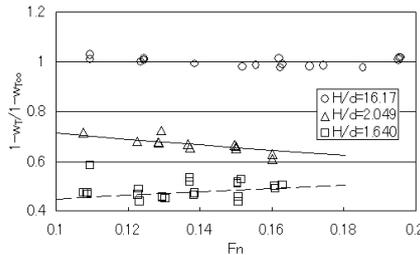


Fig.3  $1-w_T$

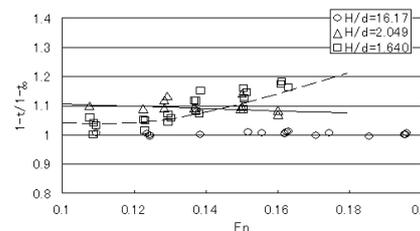


Fig.4  $1-t$

深水域における計画速度であるFn=0.1625での $r_w$ 、 $1-w_T$ 、 $1-t$ 、 $1+k$ について、浅水域での深水域に対する比を Table 3 に示します。

Table 3 Experimental results

	H/d=2.049	H/d=1.640
$r_w$	5.41	15.4
$1+k$	1.28	1.39
$1-w_T$	0.64	0.49
$1-t$	1.08	1.16

$r_w$ の増加率は計測Fn全域でほぼ一定であり、Fn=0.1625ではH/d=2.049で5.41倍、H/d=1.640で15.4倍に増加しています。また、 $1+k$ もH/d=2.049で1.28倍、H/d=1.640で1.39倍に増加しています。Fn=0.1625における全抵抗係数 $C_{TM}$ に対する、造波抵抗係数 $C_w$ と粘性抵抗係数 $(1+k)C_{FM}$ の構成比率を Table 4 に示します。

Table 4 Ratio of  $C_w$ ,  $(1+k)C_{FM}$  to  $C_{TM}$

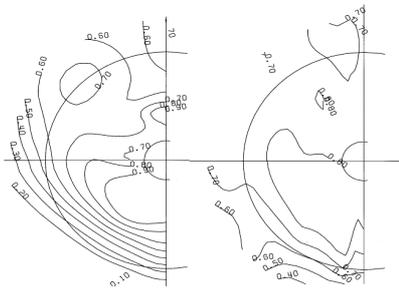
H/d	16.17	2.049	1.640
$C_w/C_{TM} \times 100(\%)$	3.6	11.0	24.7
$(1+k)C_{FM}/C_{TM} \times 100(\%)$	96.4	89.0	75.3

深水域では造波抵抗は全抵抗に対して3.6%でしたが、H/d=2.049では11.0%、H/d=1.640では24.7%に増加しており、造波抵抗の構成比率が大きくなっています。

浅水域での $1-w_T$ は深水域に比べH/d=2.049で2/3程度、H/d=1.640で半分程度に減少しています。 $1-t$ は浅水域で深水域に比べ増加しますが、水深が浅くなると単調に増加する訳ではなく、H/d=1.640ではFnが増加するにともない $1-t$ が急激に増加する特異な傾向があります。

### 3.2 船尾流場

Fig.5にプロペラ位置での伴流計測結果を示します。自航試験の $1-w_T$ の結果と同様に、浅水域で船尾の流速が減少しています。



深水域 H/d=16.17 浅水域 H/d=1.640  
Fig.5 Wake distribution (Measured)

さらに、浅水航行時の流場を把握するため、浅水航行時と深水航行時の波無し二重模型流れの粘性流場計算（CFD）を実施しました。格子生成にはGMESHを、NSソルバーにはNICEを使用しました。計算レイノルズ数を $4.5 \times 10^6$ （模型船の $Fn=0.1625$ に対応）とし、乱流モデルはBLとMBLモデルを使用しました。

なお、 $H/d=1.640$ では計算が発散したので $H/d=2.049$ のみ示します。

プロペラ位置での伴流分布をFig.6に、限界流線の計算結果をFig.7に示します。Fig.6によると試験結果と同様に船尾流速が減少していることが分かります。またFig.7によると、浅水域では船尾で大規模な剥離が発生していることが分かります。

### 3.3馬力計算

深水域における大小模型船結果を比べると、形状影響係数および造波抵抗係数はほぼ同じでしたので、抵抗性能に関しては、大型模型試験と同様な扱いが可能であると判断しました。

他方、自航要素にはかなりの相違が認められましたので、深水域の大型模型の実船馬力推定に用いた模型船-実船相関係数を基に、模型の大小を考慮に入れた、伴流率の修正を行い、浅水域の実船馬力を計算しました。

Fig.8にEHPとBHPの増加率の推定結果を示します。EHPとBHPの増加率は、

同一水深ではほぼ同じでした。特に $H/d=1.640$ の場合はEHPの増加率とBHPの増加率は、ほとんど一致しています。よって浅水影響による馬力増加は、船体抵抗の増加が主要因であるといえます。

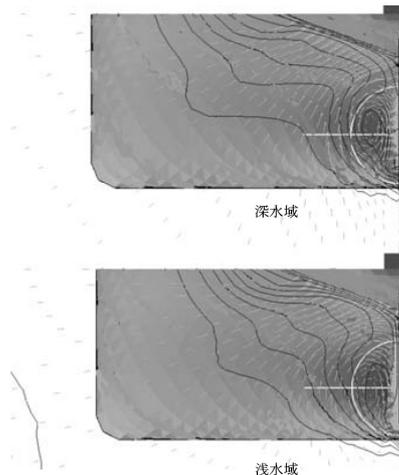


Fig.6 Wake distribution (CFD)

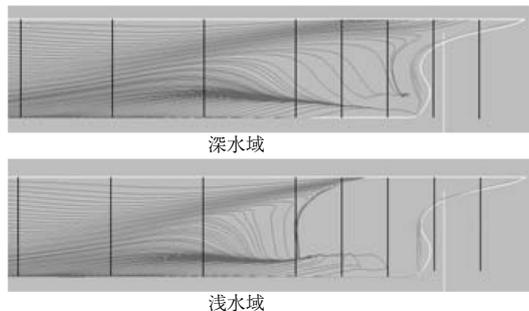


Fig.7 Limited stream line (CFD)

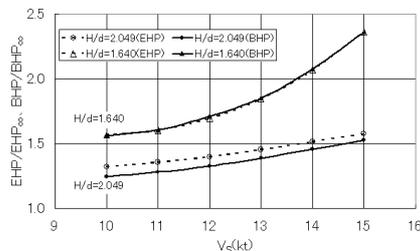


Fig.8 EHP, BHP

Table 5、6に定格出力における速度低下、設計速度における馬力増加を示します。

## 4.まとめ

今回の計測では、従来から言われているように浅水域で発生する大幅な抵抗増加が確認されました。また船尾流場が浅水域で大きく変化することが、計測結果や理論計算（CFD）によって示されました。

Table 5 Speed decrease at rated power

H/d	速度低下率 (%)
2.049	10.1
1.640	16.7

Table 6 Power increase at designed speed

H/d	馬力増加率 (%)
2.049	49.9
1.640	137.2

浅水域での模型試験は、通常の深水域での試験と流体力学的な条件が異なる事が考えられます。今回の試験では通常の深水域での試験と同様の手法で計測、解析を行いましたが、浅水域特有の現象に

対応していない可能性もあります。今回の試験、検討で得られた知見を基に、浅水域での計測、解析法の検討をさらに行っていくつもりです。

本研究は、(株)名村造船所殿との共同研究として実施されました。

(試験センター技術部 谷上明彦)

### 参考文献

谷上明彦, 山元康博, 新郷将司: 浅水域における肥大船型の推進性能に関する実験的研究, 日本船舶海洋工学会 春季講演会(平成20年)