海上試運転解析法の浅水修正の検討

（国研）海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

辻本　勝、藤沢　純一、深澤　良平

発表内容

1. 経緯
2. 海上試運転の浅水修正法
3. 水槽試験（深水域及び浅水域）
4. 浅水修正法の評価

1．経緯

ITTC/PSS（国際試験水槽会議／実運航性能専門家委員会）にて、RP（推奨手法）2017年改訂のため海上試運転実施・解析法を検討を実施。

オランダMARIN委員から浅水修正の新修正法の提案*)

- 試運転海域が浅い実態（オランダ・中国）。
- 従来のLackenby法（1963年）は過大修正。
  試験データも3隻（cruiser：1934年（Schlichting））のみと少ない
- 実船検証も実施（Hopper, Inland tanker, Navy academic shipの3隻）

→中国委員（議長）は中国での検証が済むまでは改訂に反対。

海技研中水槽（長さ150m）で浅水試験を行う機会があったので、浅水修正を検討。

The International Towing Tank Conference, Specialist Committee on Performance of Ships in Service Recommended Procedures

*) Rave, H. C.: A new correction procedure for shallow-water effects in ship speed trials, Proc. of PRADS2016.

2．海上試運転の浅水修正法

ITTC RP7.5-04-01-01.2(2014)及びISO15016:2015にはLackenby法での修正が規定。

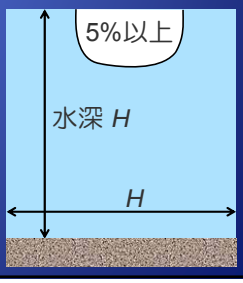
Lackenby法　　船速を修正する方法

$$\frac{\Delta V_S}{V_S} = 0.1242\left(\frac{A_M}{H^2} - 0.05\right) + 1 - \left\{\tanh\left(\frac{gH}{V_S{}^2}\right)\right\}^{1/2}$$

適用条件

$$A_M / H^2 \geq 0.05$$

A_M：船体の中央断面積
H：水深、g：重力加速度
V_S：船速



2．海上試運転の浅水修正法

MARIN提案法

主要目のみを使用した簡易修正法とすることを目的

粘性抵抗の修正、船体沈下（スコット）による抵抗増加を加味する。
造波抵抗、推進効率は深水域と同じとする。

（1）粘性抵抗の増加（ΔC_V）

$$\Delta C_V = (f_{rV} - 1)\{(1+K)C_{F0} + \Delta C_{FC}\}$$

$$f_{rV} = 1.0 + 0.57\left(\frac{d}{H}\right)^{1.79}$$

d：喫水、H：水深、K：形状影響係数
C_{F0}：相当平板の摩擦抵抗係数
ΔC_{FC}：実船の粗度修正係数

NMRI

2．海上試運転の浅水修正法

（2）付加沈下量による抵抗の増加（f_{rsink}）

$$f_{rsink} = (1+\delta\Delta)^{2/3}$$

$$\delta\Delta = \mathrm{Max}\left[1.46\frac{\Delta}{L^3}\left(\frac{F_{rH}}{\sqrt{1-F_{rH}^2}} - \frac{F_{rHD}}{\sqrt{1-F_{rHD}^2}}\right), 0\right]\frac{A_w}{\Delta}$$

Δ：排水容積、L：船長、A_w：水線面積

$$F_{rH} = \frac{V_S}{\sqrt{gH}} \qquad F_{rHD} = \frac{V_S}{\sqrt{0.3gL}}$$

深水域の船体沈下と同等（$H = 0.3L$）

（3）制動出力（*BHP*）

$$C_{TS} = (C_V + \Delta C_V + C_W) f_{rsink}$$

C_{TS}：全抵抗抵抗、C_V：粘性抵抗

造波抵抗C_W・推進効率$\eta_H \eta_R \eta_o$は深水域と浅水域とで変化しないとする

$$BHP = \frac{1}{2}\rho S V_S^2 \frac{C_{TS} V}{\eta_S \eta_H \eta_R \eta_o}$$

ρ：海水密度、S：浸水表面積、η_S：伝達効率

NMRI

適用条件 $F_{rH} < 0.65$ かつ $d/H < 0.5$ かつ $\delta\Delta < 0.05$

3．水槽試験（深水域及び浅水域）

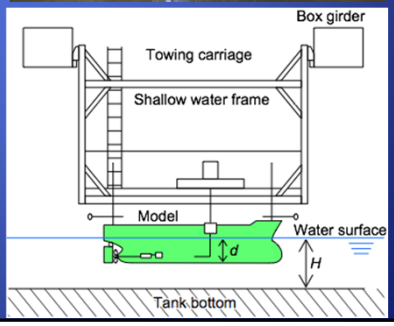
深水域、浅水域の試験を実施できる曳航水槽は少ない。
海技研の中水槽では両方の試験が可能。
深水域、浅水域で同じ計測器を使用できる。

深水試験

曳引台車

浅水試験

浅水桁

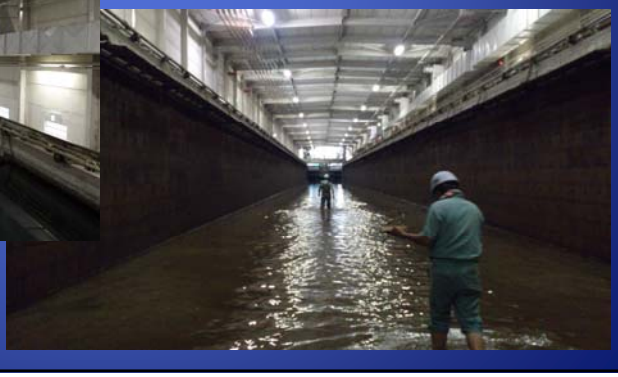


NMRI

3．水槽試験（深水域及び浅水域）

三鷹第三船舶試験水槽（中水槽）

Length	150m
Breadth	7.5m
Depth	0-3.9m（可変）



NMRI

3．水槽試験（深水域及び浅水域）

9

模型船要目（バルクキャリア：JBC）

		Model	Ship
Length (L_{PP})	[m]	4.8276	280.000
Breadth (B)	[m]	0.7759	45.000
Draught (d)	[m]	0.2845	16.500
C_B	[-]	0.858	

With Rudder, Bilge keel
Without Duct

NMRI

3．水槽試験（深水域及び浅水域）

10

プロペラ要目

		Model	Ship
Diameter (D_P)	[m]	0.1400	8.120
Pitch ratio (H/D_P)	[-]	0.7500	
Expanded area ration (a_E)	[-]	0.5000	
Number of blades (Z)	[-]	5	

NMRI

トリップワイヤー付（POT、自航試験実施）

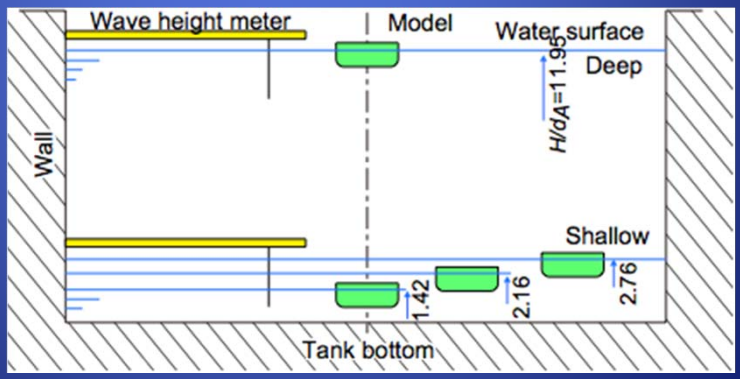
3．水槽試験（深水域及び浅水域）

水深状態

水深 [m]	喫水比	
H	H/d_A	
3.400	11.95	Deep
0.790	2.76	Shallow
0.615	2.16	
0.405	1.42	

超浅水域（MARIN提案法の適用外）

水槽中央部付近で波形計測を実施



NMRI

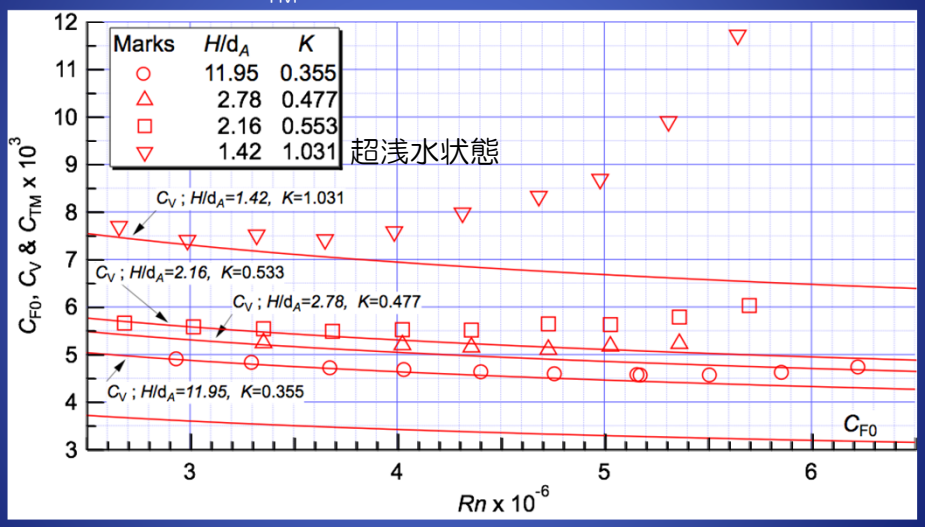
3．水槽試験（深水域及び浅水域）

水槽試験の様子

NMRI

3. 水槽試験（深水域及び浅水域）

相当平板の摩擦抵抗係数（C_{FO}）
粘性抵抗係数（C_V）
模型全抵抗係数（C_{TM}）

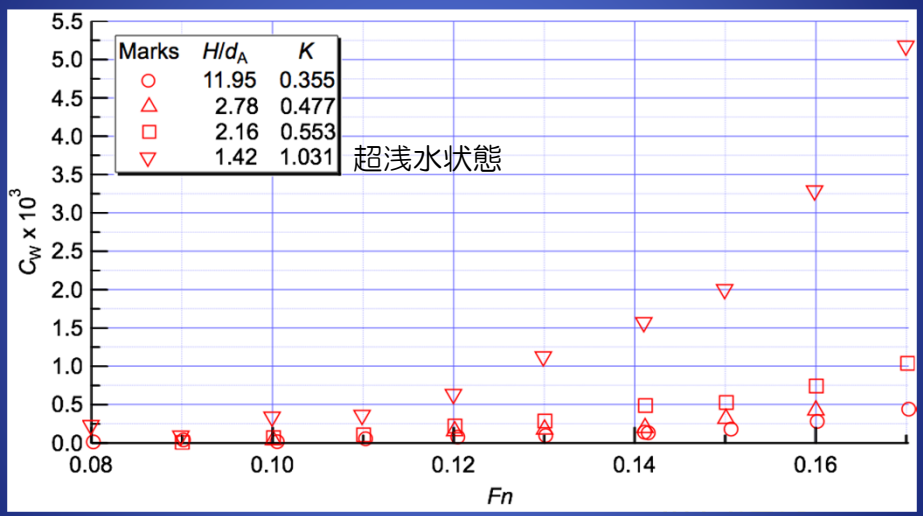


解析手法：浅水域の解析手法は深水域と同一

浅水影響により粘性抵抗の増加。

3. 水槽試験（深水域及び浅水域）

造波抵抗係数（C_W）



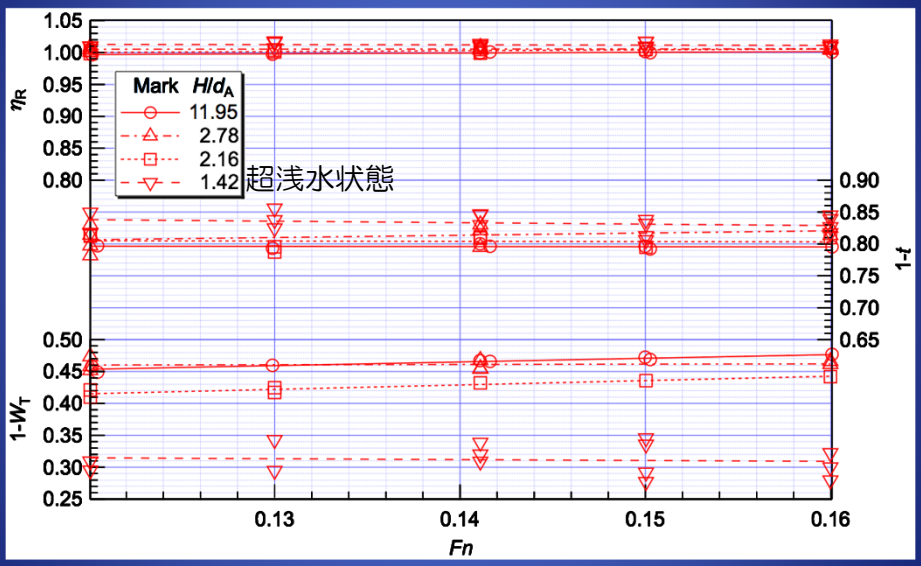
解析手法：浅水域の解析手法は深水域と同一

超浅水状態を除いても造波抵抗係数に浅水影響有り。

3. 水槽試験（深水域及び浅水域）

15

自航要素



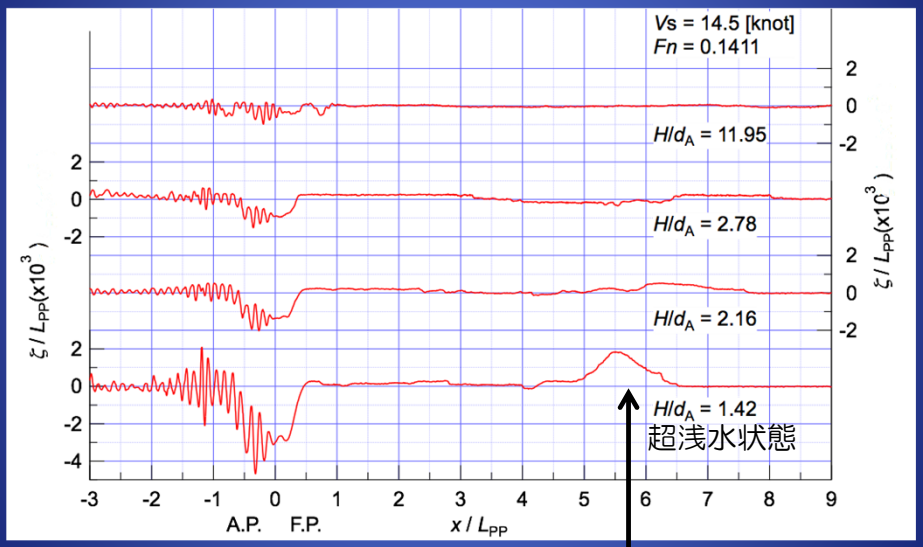
解析手法：浅水域の解析手法は深水域と同一

伴流係数の浅水影響が顕著。

3. 水槽試験（深水域及び浅水域）

16

航走波の比較



浅水波（$\sqrt{gH}$で進む波）

4．浅水修正法の評価

17

馬力推定

浅水域における３種類の手法による比較

（１）深水域と同じ手法
浅水域の有効馬力と自航要素を用いる

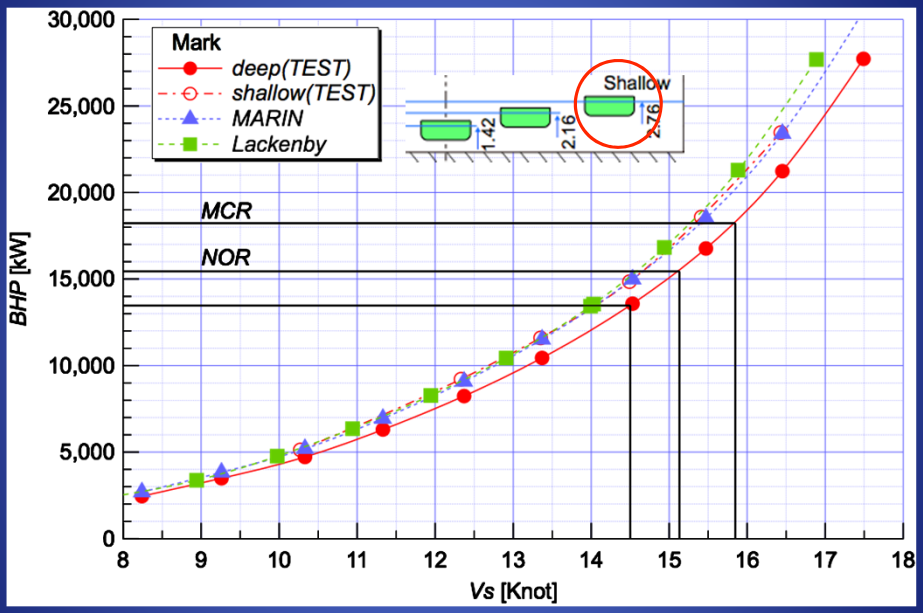
（２）MARINの提案式
粘性抵抗の修正、船体沈下による抵抗増加を加味する
造波抵抗・推進効率は深水域と同じとする

（３）Lackenby法
深水域の制動馬力を用いるが、船速を修正する

NMRI

4．浅水修正法の評価

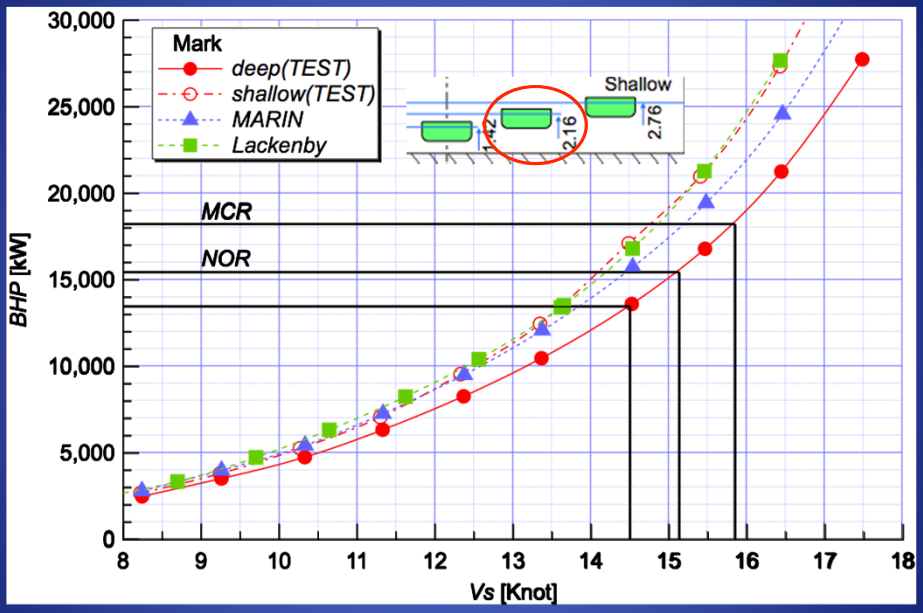
18



NMRI

どの推定手法もほぼ一致

4．浅水修正法の評価



低速ではどの推定手法もほぼ一致
中高速ではMARIN提案法は過小

まとめ

馬力推定
浅水域での水槽試験結果を
（１）深水域で用いられている手法で推定
（２）MARINの提案式で推定
（３）Lackenby法で推定

水槽試験結果との比較から、
・水槽試験結果とLackenby法は良い一致。
・MARINの提案式も大きな差はないが、中高速域で過小。

※MARINの提案式はLackenby法に対する優位性は確認されない。

※実船での第三者検証も必要。