

超大型コンテナ船のシリーズ船型に対する CFD 計算

CFD 研究開発センター * 竹子春弥

輸送高度化研究領域

藤沢純一、深澤良平、長谷川 純、右近良孝

1. はじめに

現在、コンテナ船の大型化がめざましく、中でも一軸船での超大型（メガコンテナ）化に関心が集まっている。この実現のためには、有効馬力の大幅な低下、伴流分布の均一化（伴流変動率の最小化）とプロペラ荷重度の低減化が必要であり、海技研では船型開発とプロペラの最適設計を行っている¹⁾。船首バルブの大型化やノーズ・アップ化も課題となっている。船型開発を効果的に行うためには CFD の活用が期待される。

超大型コンテナ船型は、水面下の形状は痩せているが、水面付近は非常に幅広なものになり、船首バルブ付近や船尾の形状が課題となるが CFD 計算では格子生成が問題となる。この試みに対する CFD の対応性を調べたので報告する。

2. 計算コードと計算対象船型

今回使用した CFD コードは、3次元非圧縮性 Navier-Stokes 方程式を有限体積法で離散化し、マルチグリッド法を活用した準 Newton 法により解く構造格子対応の NEPTUNE コード²⁾である。

計算対象とした船型は、船首バルブが従来型に近い M 船型、バルブ上面が水平的な N 船型、ノーズアップな O 船型とプロペラ直上にわずかなトンネル的へこみのある P 船型の 4 隻である。要目と船首尾形状を表-1 と図-1 に示す。ボス形状などは無視し、トランサム形状はクルーザ形状で近似した。

3. 計算格子

計算格子は H-O トポロジーで、格子点数は $145 \times 33 \times 97$ (長手方向 $\times$ 周方向 $\times$ 境界層方向) を基準とした。境界層方向の最小格子間隔は、 $1 \sim 2 \times 10^{-6}$ Lpp とした。計算領域は、FP より上流に 1 船長、AP より下流に 2 船長以上とした。一例として O 船型の格子困難性の様子を図-2 に示す。喫水線と

バルブ頂上がほとんど同じ高さで、構造格子型、界面適応型の NEPTUNE コードでは非常に計算が難しい形状である。

4. 計算結果

計算全体の妥当性の検討のために、M 船型に関して抵抗計算 (Baldwin-Lomax: BL 乱流モデル) を行った結果を図-3 に示す。水槽試験データと比較すると、形状影響係数 $1+K$ は推定出来ている。造波抵抗係数 C_w についてもほぼ合っている。

M 船型の $Fn=0.21$ 、 $x/Lpp=0.98$ での計算伴流分布 (修正 Spalart-Allmaras : MSA) を実験結果と併せて図-4 に示す。ある程度傾向を捉えている様に見える。また、図-5 に残り 3 隻の伴流分布の計算結果を示す。レイノルズ数 $Rn=4.0 \times 10^6$ の波なしの状態とし、ノーズアップタイプの O と P 船型については格子生成が難しいため計算喫水を $z/Lpp \sim 0.023$ とした。ボス形状など船尾形状等を含め計算条件が不統一な段階である。

5. まとめ

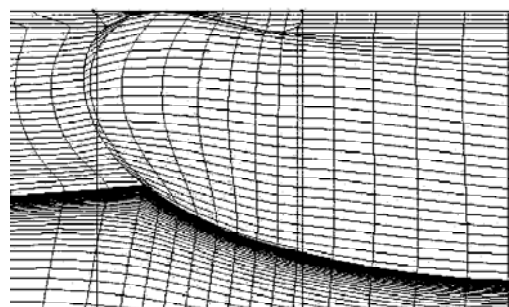
超大型コンテナ船型の計算を行い、従来型に近い M 船型に対しては、 $1+K$ 、造波抵抗ともにほぼ推定できた。しかし、極端なノーズアップの O&P 船型に対しては、格子生成が難しく、計算条件を統一した計算が出来なかった。今後、界面捕獲型、非構造格子対応の SURF コードによる適用も含めて、格子生成等の工夫改善を続け、計算条件を揃えたシリーズ計算を行う計画である。

参考文献

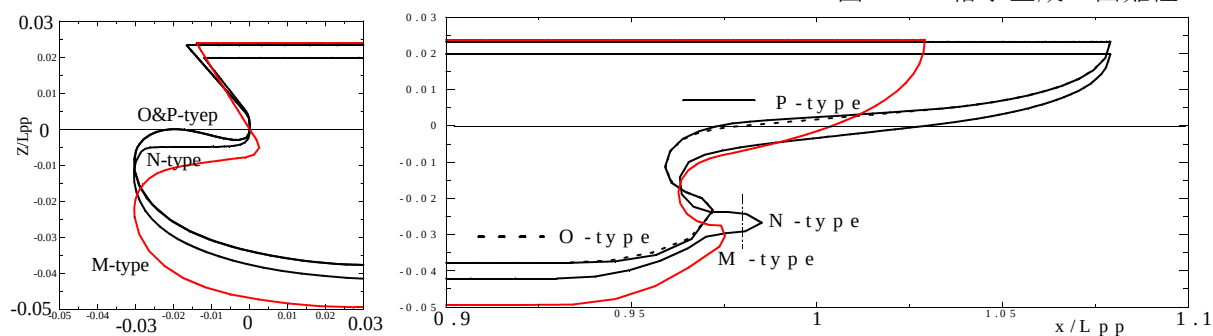
- 1) 右近良孝 ; 「メガコンテナ船プロペラの流体力学上の問題」、第 4 回海上技術安全研究所発表会講演集 (2004.7)
- 2) Hirata, N., Hino, T. : "An Efficient Algorithm for Simulating Free-Surface Turbulent Flows around an Advancing ship", Journal of the Society of

表－1 計算対象船型要目

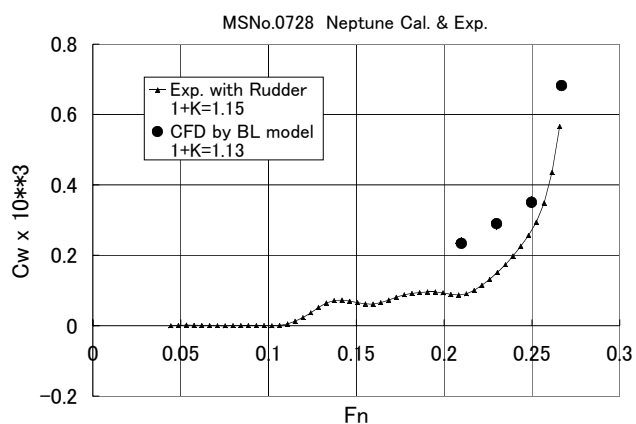
Type		Model			
		M	N	O	P
MSNo.		728	732	739	740
		Original	Change B/d	Nose Up	slight Tunnel
Lpp	m	6.8800		7.1667	7.1667
Lwl	m	7.0800		7.0184	6.9756
B	m	0.9600	1.1260	1.1563	1.1563
d	m	0.3400	0.2898	0.2708	0.2708



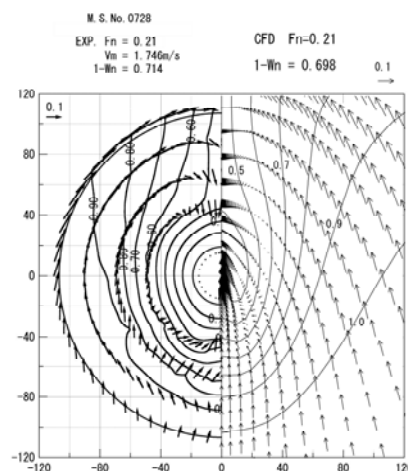
図－2 格子生成の困難性



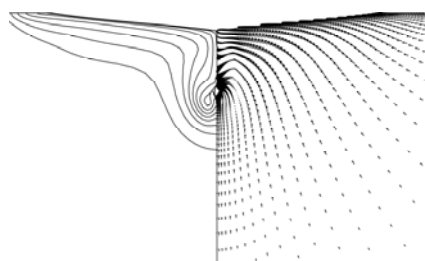
図－1 計算船型の船首尾形状



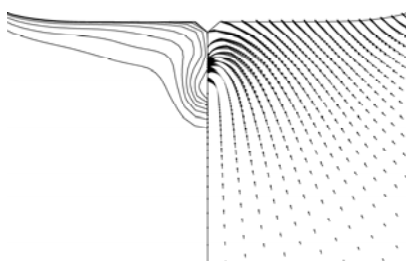
図－3 抵抗値の推定 (M船型)



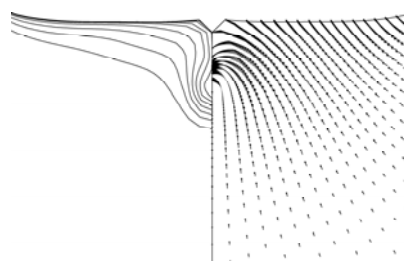
図－4 伴流分布の推定 (M船型)
(左：実験、右：CFD)



N 船型



O 船型



P 船型

図－5 伴流分布の計算結果