

PS-6 CFD ワークショップ Tokyo2015 の総括

流体性能評価系 * 小林 寛、平田 信行、大橋 訓英、田原 裕介、小野寺 直幸

1. はじめに

Tokyo 2015 A Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics (東京 2015 船舶 CFD に関するワークショップ) は、2015 年 12 月 2 日から 4 日にかけて海技研で開催された。船舶 CFD に関するワークショップは、共通の計算対象・計算条件を定めて参加者が計算結果を持ち寄り、実験結果等と比較・検証することにより、船舶流体力学分野における CFD 計算技術の現状を評価するものである。このワークショップは過去 1980, 1990, 1994, 2000, 2005, 2010 年とほぼ 5 年毎に開催されてきた。海技研は 1994, 2005 年に続いて今回が 3 回目のホスト役となる。

今回のワークショップでは、従前からワークショップで用いられていたコンテナ船 KCS に加えて、バルクキャリア JBC と米国駆逐艦 ONRT を新規船型として採用した (Figure 1)。計算条件については、これまで行われてきた抵抗性能や自航性能の解析に加えて、斜波中の船体運動(KCS)、付加物付状態での抵抗・推進性能(JBC)、波浪中の自由航走(ONRT)等も新たに対象とした。これらのテストケースに対して、総計で15ヶ国30グループが参加し、熱心なディスカッションが行われた。

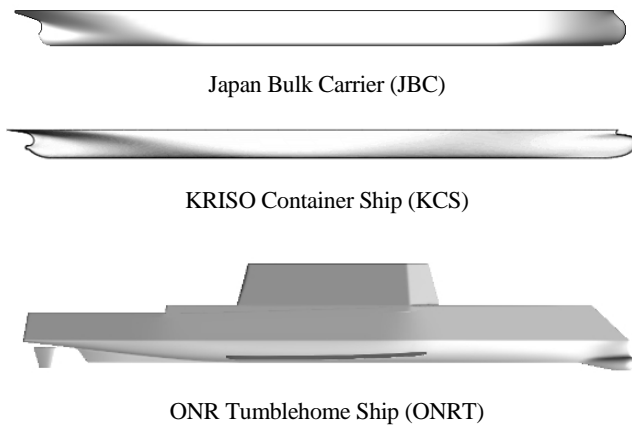


Figure 1 Hull forms

2. テストケース

JBC では、船尾ダクトの有無の両方について、抵抗・自航計算を対象とした。抵抗計算では、抵抗値及び姿勢(sinkage & trim)並びに両者の不確かさ解析とともに、船尾における流場と SPIV による計測結果との比較が行われた。自航計算では、抵抗値、 K_T 、 K_Q 、 n (回転数)等及びそれらの不確かさ解析とともに、抵抗計算同様 SPIV 結果との流場の比較が行なわれた。また、抵抗(船尾ダクト無し)状態での船側波形や縦切り波形の比較も行われた。

KCS では、前回のワークショップ(G2010)¹⁾から引き継いだ平水中曳航のフルード数シリーズ計算、平水中自航計算及び向波中での船体運動計算($\lambda/L_{PP} = 0.65 \sim 1.95$)に、新たに斜波中曳航計算($\chi = 0, 45, 90, 135, 180$ [deg], $\lambda/L_{PP} = 1.0$)が加わった。

ONRT では、平水中並びに幾つかの波向きの入射波中での自由航走計算($\chi = 0, 45, 90, 135, 180$ [deg], $\lambda/L_{WL} = 1.0$)がテストケースとなった。

各参加者の結果は、Proceedings Vol. II 及び Vol. III にまとめられている²⁾。ワークショップでの議論内容を踏まえた Proceedings Vol. I が現在ワークショップの Committee メンバーにより編纂中である。現在、各セッションの司会者によるプレゼンテーションが参照可能³⁾であり、ここではその中から幾つかの項目を紹介する。

2. 1. 1 JBC

抵抗計算における、抵抗値及び姿勢の結果の集計値を Table 1 に示す。E%D ((実験値-計算値)/(実験値)) の平均値は、抵抗値では 1% 程度であり、ダクトの有無を合わせると sinkage は 2~3% 程度、trim は 1% 程度となっている。

Table 1 Statistics of JBC towing condition

Item		Without Duct	With Duct	
$C_t(10^3)$	Experiment(D)	4.289	4.263	
	CFD	Mean(S)	4.243	4.233
		Mean of E%D	1.06	0.70
sinkage	Experiment(D)	-0.086	-0.086	
	CFD	Mean(S)	-0.088	-0.088
		Mean of E%D	-2.1	-3.13
trim	Experiment(D)	-0.180	-0.180	
	CFD	Mean(S)	-0.179	-0.180
		Mean of E%D	0.62	1.26

Table 2 Statistics of JBC Self-propelled condition

Item			Without Duct	With Duct	
1 - t	Experiment(D)		0.804	0.811	
	CFD	Mean(S)	A	0.800	0.779
			BF	0.799	0.808
		Mean of E%D	A	0.483	3.972
			BF	0.615	0.415
Experiment(D)		0.554	0.481		
1 - w	CFD	Mean(S)	A	0.548	0.485
			BF	0.543	0.468
		Mean of E%D	A	1.229	-0.779
			BF	1.992	2.756

A: Actual propeller, BF: Body force model

自航計算における1-t, 1-wの結果の集計値を Table 2 に示す。実プロペラ計算(表中 A)と体積力モデル(表中 BF)で、有意な差異は認められなかった。

2. 1. 2 KCS

結果の1例として、向波中の抵抗増加を Figure 2 に示す。各線はそれぞれの参加機関を表している。波長の違いによる抵抗増加量の傾向を概ね捉えていることが分かる。

2. 1. 2 ONRT

ONRT では、幾つかの波向きについて6自由度フリーランが行われた。例として、heave と pitch の1次の振幅について Figure 3 に示す。両者とも参加者の平均は実験とよく一致している。

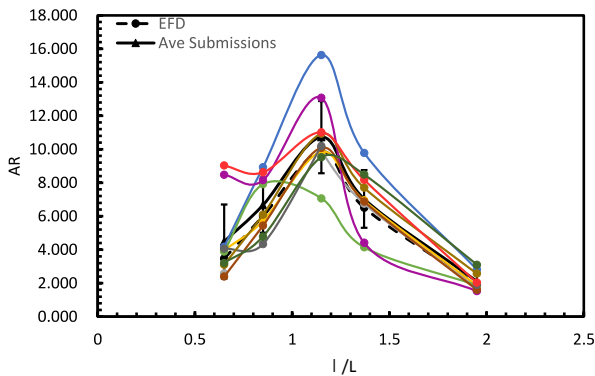


Figure 2 EFD and submissions for added resistance for KCS seakeeping in regular head waves at Fr=0.26(bars show the average deviation of submissions)

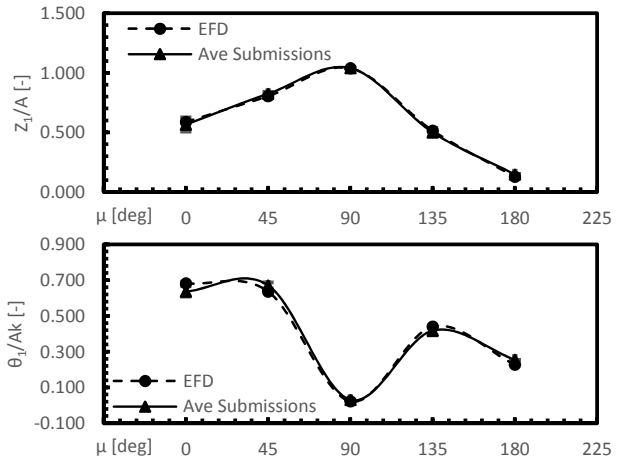


Figure 3 EFD and averaged submission values for 1st harmonic amplitudes of motions for ONRT seakeeping in regular waves at Fn=0.2, above: heave, bottom: pitch

3. CFD 技術開発の展望

ワークショップでは、各参加者に対して NS ソルバーの手法や計算条件等について詳細にアンケートをとった。使用している NS ソルバーでは、オープンソースのコードである OpenFOAM が3船型全てについて submission されており、JBC では商用コード・in house コード・OpenFOAM がほぼ同じ割合であった。

計算手法に関しては、低レイノルズ数のケースについて、LES (Large Eddy Simulation) の submission があつた他、自由表面は、VoF あるいは Level-set による Capturing method (界面捕獲法) がほとんどであった。乱流モデルについては、抵抗計算については2方程式で十分であるとの見解が得られた。

格子数に関しては、前回のワークショップでは、300 万セル程度で抵抗計算において4%程度の精度内に各結果がおさまっていたが、今回の JBC の抵抗計算では、1000 万セル程度まで細かくしないと、4%の精度内に各結果がおさまらないことが示された。今後も対象問題の複雑化等により、計算は大規模化の傾向にあり、効率的な計算手法の開発や、精度向上の検証等が行われていくと考えられる。

4. あとがき

今回のワークショップの議論を踏まえ、次回のワークショップは2020年頃に開催される予定である。

参考文献

- 1) L. Larsson et. al., Numerical Ship Hydrodynamics / An assessment of the Gothenburg 2010 workshop, 2014
- 2) Proceedings of Tokyo 2015 a Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics, Vol. II & Vol. III, 2015
- 3) Tokyo 2015 - Program(presentations), <http://www.t2015.nmri.go.jp/program.html>