PS-21 小型高速船の斜め向波中における実験及び時系列計算

流体性能評価系 *柳 裕一朗, *河村 昂軌, 宮崎 英樹

1. 序論

実海域再現水槽では、耐航性能試験で模型船を高速で斜め 向波中を曳航した場合、Yaw が大きく変化して横引きする恐 れから、Yaw を固定して計測を行ってきた.本研究ではガイ ド装置のYawモーメントの反定常モーメントを制御すること により、Yaw を極力拘束しないで模型船を高速で斜め向波中 を曳航する手法を開発したので検証実験の概要と計測結果 を2、3章で紹介する.

また,波浪中での高速船の運動を把握する場合,水槽試験 施設・装置による制約がない数値計算による推定は有用であ ると考えられる.本研究においてはチャインラインやビルジ キールなどの船体形状を表現することができ,流場を支配方 程式に基づき計算する数値流体力学を用いた推定も検討し た.本報では比較的高いフルード数(Fn=0.789)にて規則向 波中運動シミュレーションを行い,水槽試験結果との比較を 行った結果を4章~7章で紹介する.

2. 斜め向波中における実験

2.1 供試模型船

模型船は総トン数 19 トンの小型高速船 (Lpp=23.40m, B=4.50m, D=1.45m) の 1/9.36 縮尺模型である.

2.2 実験方法

実験は、海上技術安全研究所の実海域再現水槽において模型船を曳引台車上に設置したガイド装置に取り付け、規則波中を出会い角 χ =150deg.,曳航速度2.018m/s (Fn=0.408)で実施した.ガイド装置は模型船の計測位置を保持するためにサーボ機構によりSurge,Sway,Yawに反定常力と動揺復原力を発生させた.Yawモーメントについては実験開始から計測された定常モーメントを用いて反定常モーメントを与えた.また、サーボ機構で与える復原力に関しては極力小さな値となるように設定した.

2.3 計測項目及び計測装置

計測項目は①Heave, Sway, Surge, Roll (ϕ_a), Pitch (θ_a), Yaw (ϕ_a), ②出会い波高(ζ_a) であり, それぞれガイ ド装置のポテンショ, 非接触型波高計を用いて計測した.

3. 実験結果

図1にRoll, Pitch, Yawの試験結果を無次元化して示す. 試験結果の無次元化は以下の通りである. なお, 試験結果と 併せてストリップ法の一種である Salvesen-Tuck-Faltinsen 法 (STF 法) による船体運動計算結果を示す.

・波長船長比: λ /Lpp(波長 λ としては造波装置の設定値を

用いた)

- ・Roll 振幅:φa/(kζa)
- ・Pitch 振幅: θ a/(kζa)
- ・Yaw 振幅: ψ_a/(kζ_a)
- k:波数2π/λ

により,Yaw を極力拘束しないで模型船を高速で斜め向波中 図から分かるように,実験値と計算値の一致は良く,従来 を曳航する手法を開発したので検証実験の概要と計測結果 はYaw を固定して計測していた曳航速度で,Yaw を極力拘束 を2,3章で紹介する. しないで計測ができることを確認した.



図1 Roll, Pitch 及び Yaw の試験結果と計算結果(Fn=0.408, χ=150deg.)

4. 数値計算手法

本研究では CFD コードの一つであり,海上技術安全研究所

で開発された「NAGISA」¹⁾を用いて規則波向波中船体運動シ ミュレーションを行った.本計算コードの支配方程式は非圧 縮の三次元レイノルズ平均ナビエ・ストークス方程式であ り,疑似圧縮性を仮定し,圧力と速度のカップリングを行っ ている.

5. 対象船と模型試験

計算対象は三鷹第三船舶試験水槽(中水槽)において波浪 中曳航試験を実施した遊漁船模型(図 2)とした. 模型船の 全長は2.455m,幅は0.561m,喫水は0.089mである.供試船 型は小さなチャインラインを2つ,大きなチャインラインと 角を延長したビルジキールを1つ持っており,小さなセンタ ースケグを有する船型である.



図2 遊漁船模型

6. 計算条件

CFD 計算における計算格子は船体格子周りの格子と,矩形 格子による重合格子を用いた.総格子分割数は約250万点で ある.船体運動の表現は重合関係の再計算が不要な,船体回 りのメッシュの変形によって行った.運動モードはSurgeを 固定した,Heave,Pitchの2自由度である.

7. シミュレーション結果

規則向波中運動シミュレーション結果と水槽試験結果を 比較して図 3~図5 に示す.船体運動に対するビルジキール の影響についても確認するためビルジキールの有り、無し状 態の計算を実施した.また、参考としてストリップ法の一つ である, STF 法を用いた計算を実施した. 向波中運動におけ るビルジキールの影響を確認すると, Heave, Pitch の応答関 数においてはわずかに運動を抑える方向に働くことが分か った. ビルジキールは波と出会う毎に水面への突入と脱出を 繰り返しており、それが抵抗となり、船体運動を抑える効果 があると考えられる.いずれの CFD 計算の結果はストリップ 法で見られる、λ/L=2.4 付近の過大評価にはなっておらず、 ストリップ法に比べ CFD 計算の方が高良い推定精度を持って いる. 波浪中運動の平均姿勢を確認すると、実験、シミュレ ーション共に波長により平均姿勢が様々に変化している事 が確認でき、シミュレーションは実験を定性的に推定できて いる.



8. 結論

模型船をガイド装置に取り付け,規則波中をχ=150deg., Fn=0.408 で模型実験を実施した.その際,ガイド装置のサ ーボ機構によりYawモーメントの反定常モーメントを制御す ることにより,従来はYawを固定していた曳航速度で,極力 拘束しない状態で計測が可能であることを確認した.

また,海上技術安全研究所で開発を進めている CFD コード 「NAGISA」を用いて高速で航走する遊漁船(Fn=0.789)の波 浪中曳航シミュレーションを行い,実験結果との比較を行っ た.向波中運動におけるビルジキールの影響を確認したとこ ろ,Heave,Pitchの応答関数においては運動を抑える方向に 働くことが分かった.運動の平均姿勢を確認すると,実験, シミュレーション共に波長で姿勢が様々に変化しており,定 性的に推定できることを確認した.

参考文献

1) Ohashi et al. "Development of a structured overset Navier-Stokes solver with a moving grid and full multigrid method". JMST (2018).