

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26820385

研究課題名(和文) 荒天下の船体動揺および操船限界評価のための数学モデルの研究

研究課題名(英文) A Study on a Mathematical model to evaluate ship motions and the manoeuvrability in adverse weather conditions.

研究代表者

鈴木 良介 (Suzuki, Ryosuke)

国立研究開発法人 海上技術安全研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：20711328

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、浜本等が提案した船体水線面固定座標系での波浪中の操縦運動推定法を基に、船速が0付近まで低下する荒天海象を対象とした6自由度の操縦運動および船体動揺計算法を開発した。本計算法では、実験的に明らかにした高プロペラ荷重度状態での自航要素や船体・舵の干渉係数等の変化が考慮されている。本計算法の一例として、大型タンカーを対象に荒天中の保針状態での船体運動を推定し、荒天中の操船限界、安全航行に必要な最低機関出力の評価を行った。その結果、本船の連続最大出力ではビューフォート風力階級7相当の海象中の向波・斜向波では操縦性能を保証する最低船速を満足できないことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this research, a six degree-of-freedom (6DOF) mathematical model to estimate manoeuvring motion of a ship in adverse weather conditions in which the ship speed decreases to almost zero knot is developed on the basis of the equations of manoeuvring ship motion in waves in Horizontal Body Axes proposed by Hamamoto et. al.. Variations of self-propulsion factors and interaction factors between a hull and the propeller in high propeller loading conditions, which is experimentally investigated, are considered in the developed model.

Manoeuvring ship motions in adverse weather under autopilot conditions of a VLCC are calculated as an example and minimum required output of an engine in order to navigate safely are investigated. As the result, it is revealed that the VLCC can't satisfy minimum speed ensuring manoeuvrability in head seas of adverse weather that is equivalent to Beaufort scale of wind 7.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：6自由度船体運動時系列計算 荒天下の船体動揺 操船限界 最低機関出力

1. 研究開始当初の背景

(1) 船舶に対する CO2 排出規制(EEDI)の導入に伴い、船体寸法に対して機関出力の小さな船が増えつつある。この様な船が荒天時に機関出力を最大にしても操船不能または意図した針路への航行が不可能となる状況に陥り海難事故につながることを防止するために、2013 年に国際海事機関(IMO)では排水量に対して荒天時必要最低機関出力のガイドラインを提案している^①。しかし、これは十分な検討を経ていない暫定値である。

荒天時に安全に運航できる最低機関出力や船体動揺・操縦運動を明らかにするために理論に基づく合理的な評価が必要である。

(2) 波浪中の操縦運動に関する 6 自由度船体運動について、安川は操縦運動を扱う低周波数の運動方程式と波浪動揺を扱う高周波数の運動方程式を個別に解く方法を提案^②し、規則波中旋回運動の推定計算と実験結果とを比較した。このモデルは操縦運動理論と船体動揺に関する耐航性能理論を完全に分離することから、理論的整合性が必ずしも十分に検証されているとは言えず、大波高となる荒天海象にまで適用可能かは不明である。

他方、梅田らは追波中でのブローチングの研究において耐航・操縦運動の統合モデルを提案^③した。しかし、波乗り現象で船速が増加するブローチングと荒天下向波で船速が 0 近くまで減速するような状況は大きく異なり、そのモデルが本研究で対象としている後者にまで適用できるかは未知である。

上述のように、船速 0 付近となる荒天下で必要な最低機関出力と船体運動を合理的に推定することは不可欠にもかかわらず、それらの推定を可能とする 6 自由度船体運動理論はこれまでに十分検討されていない。

<引用文献>

- ① IMO, MEPC 65th session Agenda item 22, MEPC 65/22 Annex 16, pp.1-7, 2013.
- ② 安川宏紀, 旋回する船の波浪動揺シミュレーション, 日本船舶海洋工学会論文集 4 号 pp.117-126, 2006.
- ③ 梅田直哉, 船の波乗り現象について, 日本造船学会秋季講演会 pp.192-201, 1982.

2. 研究の目的

本研究の主な目的は、第一に船速が 0 近くまで低下する状況を含む荒天下の向波における操縦運動や船体動揺特性、また追波中で船速が増加する波乗り現象の推定を可能にする 6 自由度船体運動評価モデルを提案することである。第二に、本モデルを用いて数値計算によって、荒天時に安全に航行するために必要な最低機関出力とその時の船体動揺、操船限界について明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 荒天下の船体動揺と操船限界評価のための数学モデルの提案

新たに提案する荒天下の船体動揺と操船限界評価を可能とする数学モデルは、過去に提案されている耐航性能理論と操縦性能理論を統合した 6 自由度船体運動理論の 1 つである浜本等の船体水線面固定座標系での波浪中の操縦運動計算法^④を基に定式化する。これに外乱による船速の大幅な低下によって大きく影響を受けると考えられる以下の要素を新たに考慮する。

① 荒天下での伴流と舵力の変化の考慮

荒天下での減速時のような極度の高プロペラ荷重度状態では、平水航行時と比べ伴流率が大きく変化し、これは舵力にも影響を及ぼす。これらは斜航など操縦運動の影響も受ける。本研究では平水中の高プロペラ荷重度と大斜航状態における曳航模型試験によって、この変化を明らかにし、定式化を図る。

② 機関の出力限界の考慮

大幅な減速時には推進に必要な馬力が急増するため、機関が出力限界に達しプロペラ回転数が低下する。この主機作動制限を簡易的に模する。

(2) 荒天時に安全に航行するために必要な最低機関出力や操船限界等の評価

上記で提案した数学モデルを用いて、荒天海象下のオートパイロット保針状態での船体運動の計算を行う。また主機上限値を変化させた場合のこれら応答の変化を調査する。この結果により操船限界と荒天時の安全航行に必要な最低機関出力の評価をする。

<引用文献>

- ④ 浜本剛実ほか, 波浪中の操縦運動を記述する新しい座標系とその運動方程式, 日本造船学会論文集 第 173 号 pp.209-220, 1993.

4. 研究成果

(1) 荒天下の船体動揺と操船限界評価のための数学モデル

① 運動方程式の定式化

用いる座標系は、空間固定座標系 $O-\xi\eta\zeta$ 、船体固定座標系 $G-xyz$ 、船体水線面固定座標系^④ $G-x'y'z'$ の 3 つである。これらの座標軸の向きおよび原点は全て文献^④に従う。また、各軸の並進速度と角速度は次式で定義する。

$$\begin{aligned} \text{空間固定座標系: } \dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}, \omega_{\xi}, \omega_{\eta}, \omega_{\zeta} \\ \text{船体固定座標系: } u, v, w, p, q, r \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{船体水線面固定座標系: } U, V, W, \dot{\phi}, \dot{\theta}, \dot{\psi}$$

オイラー角 (ϕ, θ, ψ) を用いれば、船体固定座標系と船体水線面固定座標系には次の関係が成り立つ。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \phi \sin \theta & \cos \phi \sin \theta \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ -\sin \theta & \sin \phi \cos \theta & \cos \phi \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (2)$$

文献④を基に導出した船体水線面固定座標系での前後・左右・上下・横揺・縦揺・回頭方向の運動方程式は(3),(4)式となる。

$$\begin{aligned} & m(\ddot{U}-V\dot{\Psi})+m_{0x}\ddot{U} \\ & +m_{0x}z_{m0x}\ddot{\Theta}-m_{0x}U\dot{\theta}+m_{0x}z_{m0x}\dot{\phi}\dot{\psi} \\ & +m_{33}W\dot{\theta}+m_{35}\dot{\theta}^2+m_{0y}z_{m0y}\dot{\phi}\dot{\psi} \\ & =X_0+X_P+X_H+X_R+X_{F.K}+X_{W.D.}+X_A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & m(\ddot{V}+U\dot{\Psi})+m_{0y}\ddot{V}-m_{0y}z_{m0y}\ddot{\Phi}+m_{0y}x_{m0y}\ddot{\Psi} \\ & +m_{0y}W\dot{\phi}+m_{0y}z_{m0y}\dot{\theta}\dot{\psi} \\ & -m_{33}W\dot{\phi}-m_{35}\dot{\theta}\dot{\phi}+m_{0x}z_{m0x}\dot{\theta}\dot{\psi} \\ & =Y_H+Y_R+Y_{F.K}+Y_{DIF}+Y_{W.D.}+Y_A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & m\ddot{W}+m_{33}\ddot{W}+m_{35}\ddot{\Theta} \\ & +m_{33}U\dot{\theta}-m_{33}V\dot{\phi}+m_{35}\dot{\phi}\dot{\psi} \\ & -m_{0x}U\dot{\theta}-m_{0x}z_{m0x}\dot{\theta}^2+m_{0y}V\dot{\phi} \\ & -m_{0y}z_{m0y}\dot{\phi}^2+m_{0y}x_{m0y}\dot{\psi}\dot{\phi} \\ & +b_{33}W+b_{35}\dot{\theta}+c_{33}\zeta+c_{35}\theta \\ & =Z_H+Z_R+Z_{F.K}+Z_{DIF}+mg \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & A\ddot{\Phi}-B\ddot{\Psi}\sin\theta\cos\theta-B\dot{\theta}\dot{\Phi}\sin2\theta-B\dot{\theta}\dot{\Psi}\cos2\theta \\ & -I_{yy}\ddot{\Phi}\dot{\Psi}-m_{0y}z_{m0y}\ddot{V}+m_{44}\ddot{\Phi}-m_{44}\dot{\theta}\dot{\psi} \\ & +m_{0y}x_{m0y}V\dot{\theta}^2+J_{0z}\dot{\psi}\dot{\theta}-m_{0x}z_{m0x}U\dot{\psi} \\ & -m_{53}W\dot{\psi}-m_{55}\dot{\theta}\dot{\psi}+m_{33}WV+m_{35}\dot{\theta}V \\ & -m_{0y}VW-m_{0y}x_{m0y}W\dot{\psi}+b_{44}\dot{\phi}+c_{44}\dot{\phi} \\ & =K_H+K_R+K_{F.K}+K_{DIF}+K_{W.D.}+K_A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & I_{yy}\ddot{\Theta}+A\dot{\Phi}\dot{\Psi}-B\dot{\Psi}^2\sin\theta\cos\theta+ \\ & +m_{0x}z_{m0x}\ddot{U}+m_{53}\ddot{W}+m_{55}\ddot{\Theta} \\ & -m_{53}V\dot{\phi}+m_{55}\dot{\phi}\dot{\psi}-m_{0y}x_{m0y}V\dot{\phi}-J_{0z}\dot{\psi}\dot{\phi} \\ & -m_{0y}z_{m0y}V+m_{44}\dot{\phi}\dot{\psi}+m_{0x}UW-m_{33}UW \\ & +b_{53}W+b_{55}\dot{\theta}+c_{53}\zeta+c_{55}\theta \\ & =M_H+M_R+M_{F.K}+M_{DIF} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & -B\dot{\Phi}\sin\theta\cos\theta+A'\ddot{\Psi}-B\dot{\theta}\dot{\Phi}\cos2\theta+B\dot{\theta}\dot{\Psi}\sin2\theta \\ & +m_{0y}x_{m0y}\ddot{V}+J_{0z}\ddot{\Psi}+m_{0y}x_{m0y}W\dot{\phi}+m_{0y}z_{m0y}V\dot{\theta} \\ & -m_{44}\dot{\theta}\dot{\phi}+m_{0x}z_{m0x}U\dot{\phi}+m_{53}W\dot{\phi}+m_{55}\dot{\phi}\dot{\theta} \\ & -m_{0y}x_{m0y}U\dot{\phi}-m_{0x}z_{m0x}V\dot{\theta} \\ & =N_H+N_R+N_{F.K}+N_{DIF}+N_{W.D.}+N_A \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、

$$\begin{aligned} A &= I_{xx}\cos^2\theta+I_{yy}\sin^2\theta \\ A' &= I_{yy}\cos^2\theta+I_{xx}\sin^2\theta \\ B &= I_{xx}-I_{yy} \end{aligned} \quad (5)$$

m は排水量、 I_{xx} と I_{yy} はそれぞれ船体の x 軸回りおよび y 軸回りの慣性モーメントを示す。 m_{0x}, m_{0y} は出会い波周波数 0 の付加質量であり元良チャートより求められる。 m_{ij} と $b_{ij}(i, j=1\sim6)$ はそれぞれ船体水線面固定座標で定義する付加質量・慣性モーメントと減衰係数であり、出会い波周波数に依存する。これらは STF 法^⑤を基に計算した。 $c_{ij}(i, j=1\sim6)$ は復原力係数であり流体静力学の観点から直接求められる。 g は重力加速度である。

下添え字 0 の項は平水中抵抗、 P はプロペラ推力、 H は操縦流体力、 R は舵抵抗、 $F.K.$ は入射波による流体力(フルードクリロフ力)、 DIF は波の拡散による流体力(ディフラクション力)、 $W.D.$ は波浪中抵抗増加および波漂流力、 A は風圧抵抗を表す。

平水中抵抗、プロペラ推力、操縦流体力、舵抵抗の計算法は MMG モデル^⑥で推定する。ただし、次項で説明の通り有効伴流率や $1+a_H$ などの船体と舵の干渉係数にはプロペラ荷重度および斜航角による変化を考慮する。

フルードクリロフ力は、入射波の速度ポテンシャル Φ_I を用いて次式で計算する。

$$F_{F.K.} = \iint_s (-\rho g \zeta - \rho \frac{\partial \Phi_I}{\partial t}) \mathbf{n} ds \quad (6)$$

ただし \mathbf{n} は船体水線面固定座標系での船体表面の法線ベクトルである。積分範囲の船体表面は時々刻々の波面の変化および船体運動による変化を考慮した浸水面とした。

ディフラクション力は非線形影響を無視して、単位波振幅に対するディフラクション力の周波数応答関数 $HP_i(\omega_e)$ を用いた次式で計算した。

$$F_{DIFi} = a_w \cdot H_i^D(\omega_e) \quad (7)$$

ただし a_w は入射波の片振幅である。また、 $HP_i(\omega_e)$ は STF 法^⑤を基に計算した。

波浪中抵抗増加は丸尾の理論に辻本らの反射波影響^⑦を考慮して求めた。また、波漂流力は 3D パネル法^⑧で求めており、船速 0 の値で代表している。

風圧抵抗は一様風を想定して、藤原らの簡易推定法^⑨を用いて計算した。

② 荒天下での伴流と舵力の変化

本研究では、船速が 0 付近まで低下する荒天下での舵力等の変化をモデル化するため、高プロペラ荷重度および大斜航角状態での有効伴流率や船体と舵の干渉係数の変化を拘束模型試験にて明らかにし、数値計算で考慮した。

本試験は海上技術安全研究所の曳航水槽(長さ 150m)で実施した。任意のプロペラ回転数 N_P と合成船速 V_S において模型船に定常な斜航角 $\theta(-\sin^{-1}(V/V_S))$ を与えて曳航し、船体と舵、プロペラに働く流体力を計測した。船体上下・縦・横揺れは自由とした。模型船は長さ 2.91m、縮尺 1/110 の満載状態のタン

カー模型(KVLCC1)で、主要目は文献⑩の通りである。斜航曳航中の横傾斜角が小さくなるようGMは13.3cmと大きくした。

得られた計測値と文献⑩に従いMMGモデルの船体と舵の干渉係数 a_H などの操縦運動に関する微係数を解析した。図1に β に対する $1 \cdot tr$, a_H , a_{HXH} の変化を β が0度における船体前進率 $J_H (=U/NDP)$, 以降 $J_{H\beta 0}$ と記す) 毎に示す。 $\beta=0$ の直進状態では、 $1 \cdot tr$ は J_H の減少に従いわずかにし、 a_H と a_{HXH} の絶対値は減少することが確認できる。 β に対する変化を見ると、 a_H は β の絶対値の増加に伴い増加することが確認できる。また、 a_{HXH} は β の絶対値の増加に従い減少する。この減少量は $J_{H\beta 0}$ が低下するに従って小さくなり、 $J_{H\beta 0} = 0.188$ では僅かに増加している。一方、 $1 \cdot tr$ は β の絶対値の増加に伴い僅かに増加するようだが、明確な傾向は得られなかった。

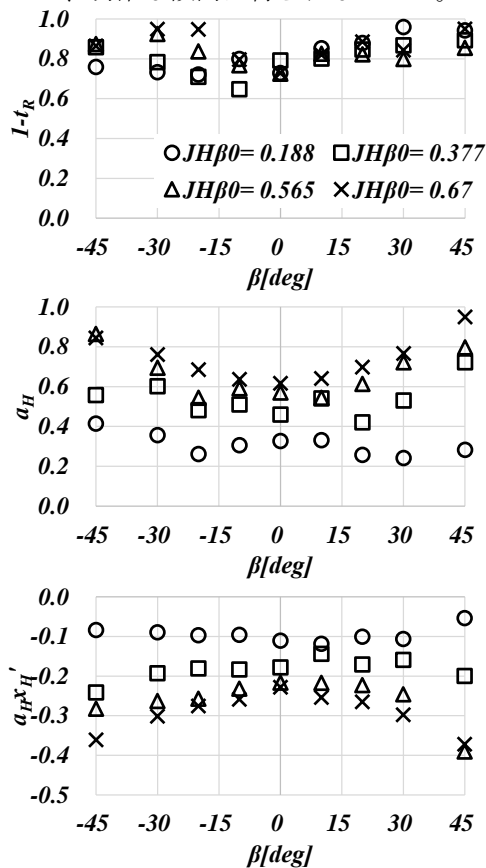


図1 β に対する $1 \cdot tr$, a_H , a_{HXH} の変化

この他に自航要素 $1 \cdot wp$, $1 \cdot tp$, 整流係数 Y_R や舵とプロペラ位置の伴流係数比 ϵ のプロペラ荷重度等による変化の調査も行った(詳細は5章の学会発表①と②の文献を参照)。

上述の係数のプロペラ荷重度等に対する変化傾向を簡易な方法で定式化するには、他の複数の船型に対しても幅広く同様の調査が必要である。これらは今後の研究要素とし、本研究では実験結果を多項式近似した曲線を用いて計算を行うようにした。

③ 計算手法の検証

上述の計算法を検証するために、過去に海

上技術安全研究所の実海域再現水槽で実施された波風併存時の+35度旋回試験の模型実験結果と計算結果の比較をした。波条件は規則波で片振幅1.5cm、波長船長比0.6、波向きを操舵開始時で正面向風とした。風は一樣風であり真風速3.8m/s、真風向は波向きと同じとした。対象船はKLVCC1である。

図2に重心位置の航跡を示す。本図より航跡は大凡妥当な推定値となっていることが確認できる。

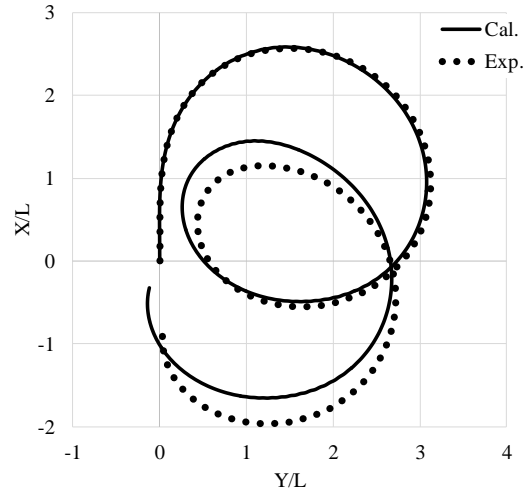


図2 波風中+35度旋回試験の重心の航跡

図3には船速、斜航角、方位角速度を比較して示す。本図よりこれら3つの応答は、旋回運動による低周波数の応答成分は実験値に近い傾向であることが確認できる。ただし、水槽試験結果よりも計算結果は時間的に遅れたようなふるまいを見せる。また、波による高周波数の応答成分および振幅の大きくなる時刻も、時間遅れを考慮すればおおよそ実験値に近い傾向となることが確認できる。低周波成分の時間遅れはMMGモデルによる平水中の旋回運動の推定精度そのもの、あるいは波浪中抵抗増加および波漂流力の推定精度が原因であると推測される。

図4には船体動揺の一例として横・縦揺れ角度を比較して示す。いずれの計算結果も同様に時間遅れを除けば、おおよそ実験値の傾向をとらえているあることが確認できる。詳細に見ると横揺れ角は誤差が大きい。これは船体運動に起因する流体の減衰力のうち左右揺れ、船首揺れによる横揺れへの連成成分を操縦流体力で代表している点、つまり出会い周波数0の粘性による減衰力のみ考え、造波減衰を考慮していない点が主な原因である。図は省略するが、これはストリップ法による横揺れの推定結果との比較により明らかになっている。また、縦揺れの誤差にも該当するが船体運動による流体反力は準定常的に扱っているため、過去の船体運動の影響(メモリー影響)を考慮していない点も原因の1つとしてあげられる。

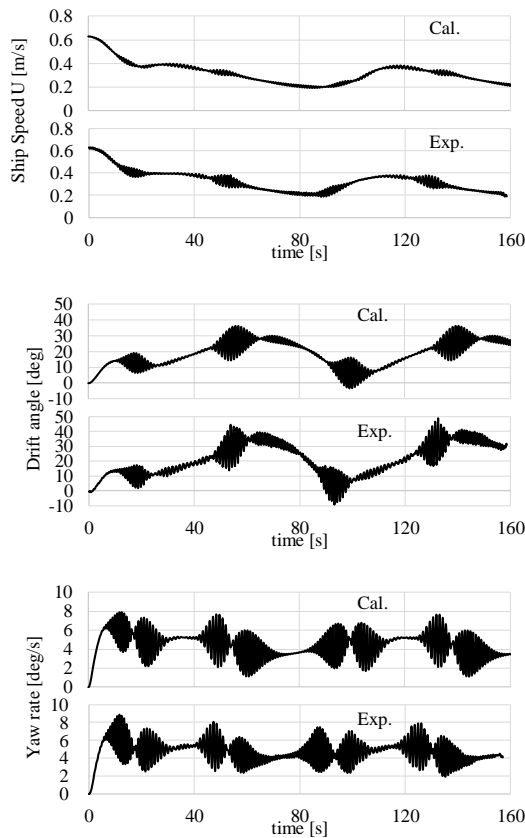


図3 波風中+35度旋回試験の船速・斜航角・方位角速度

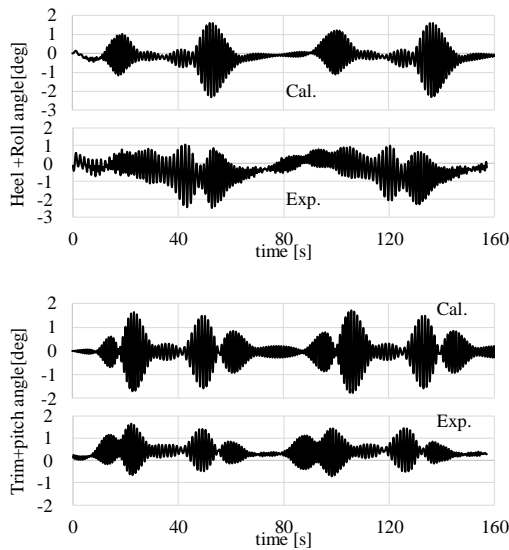


図4 波風中+35度旋回試験の横・縦揺れ角

以上により、僅かに実験結果との誤差は存在するものの、本計算法で波浪中の操縦運動を妥当な範囲で推定できることが確認できた。そのため、本計算法を用いて荒天下の船体動揺と操船限界評価をすることとした。

実験データの不足から本研究では行えなかったが、大波高中での操縦性能試験と本計算法による推定値を直接比較して、本計算法が大波高中でも適用可能か調査すること、また研究当初の解析対象の一つであった追波中で船速が増加する波乗り状態での実験値

との比較は本計算法の検証として、継続して調査が必要である。この点と上述の誤差の改善は、今後の研究課題としていく。

(2) 最低機関出力および操船限界の評価

前節の計算法を用いて荒天時に安全に航行するために必要な最低機関出力や操船限界の評価を行う。

波風併存時の大波高中においてオートパイロット保針状態での船体運動の計算を行う。波条件はビューフォート風力階級(BF)7相当(波高 4.0m、波周期 14.32 秒)の規則波とし、風は一樣風を仮定して真風速 15.70m/s で真風向は波向と同じとした。

対象船はタンカー船型の KVLCC1 で、計算は全て実船尺度で行った。船速の大幅な低下時には、推進に必要な馬力が急増するため、機関が出力限界に達しプロペラ回転数が低下する。本計算では、この主機作動制限を簡易的に考慮した。文献⑦を参考に主機作動制限として、連続運転の上限である平均有効圧力制限とトルク/スピード制限の 2 つを考慮した。これら制限は連続最大出力(MCR)およびその時の平水中プロペラ回転数から求めることができ、本対象船でその値はそれぞれ $3.00 \times 10^5 \text{kW}$ (図 5,6 で MCR_0 と定義) と 84.9RPM である。計算時の指令プロペラ回転数は平水中で設計船速となる 77.5RPM で一定とし、波風中保針時の制動馬力がこの制限を超えた場合は、制動馬力が制限内となるプロペラ回転数まで低下することとした。オートパイロットは比例ゲイン 3.0 の比例制御とした。

計算結果として、時間が十分に経過した後の状態(定常状態)での合成船速の最小値、舵角および斜航角の最大値を、横軸に目標波向きをとって図 5 に示す。

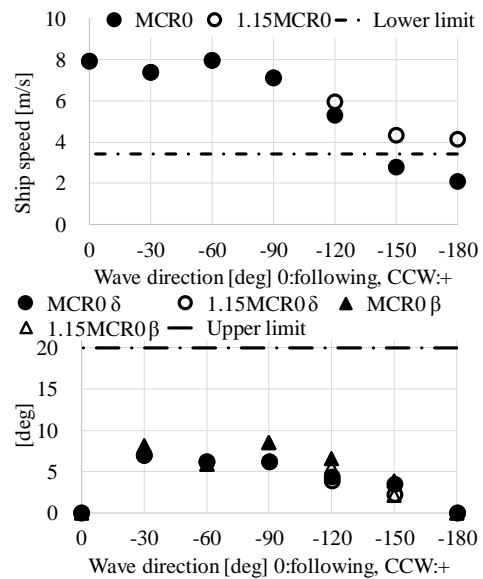


図5 保針状態での船速の最小値、斜航角と舵角の最大値

本図の一点鎖線は、文献①から定められる KVLCC1 の荒天時に安全航行に必要な最低

船速3.42m/sと文献⑩に従って定めた斜航角と舵角の最大許容値 20 度である。また図中の MCR_0 および $1.15MCR_0$ は、それぞれ MCR_0 と 1.15 倍の MCR_0 を基に定めた主機作動制限を考慮した場合の計算結果である。

本図より、連続最大出力が MCR_0 の状態は正面および斜向波で必要最低船速を下回り、安全な航行不可能と推測される。斜航角と舵角はどの波向きにおいても許容値の範囲内である。一方、連続最大出力を 1.15 倍した場合には、どの波向きでの必要船速を満足することがわかった。以上より、BF7 相当の海象では、安全航行に必要な本船の最低機関出力は $1.15MCR_0$ であることが明らかとなった。

図5の状態における上下揺れ変位、横および縦揺れ角の最大値を図6に示す。これら応答の許容値の検討はしていないが、連続最大出力によらず斜追波付近では横揺れ角が大きくなっていることがわかる。これは出会い波周期が横揺れ固有周期に近くなったことが原因である。そのため、最低機関出力の $1.15MCR_0$ でも斜追波状態での航行を避けることが横揺れ同調周期を避ける観点から重要であると言える。

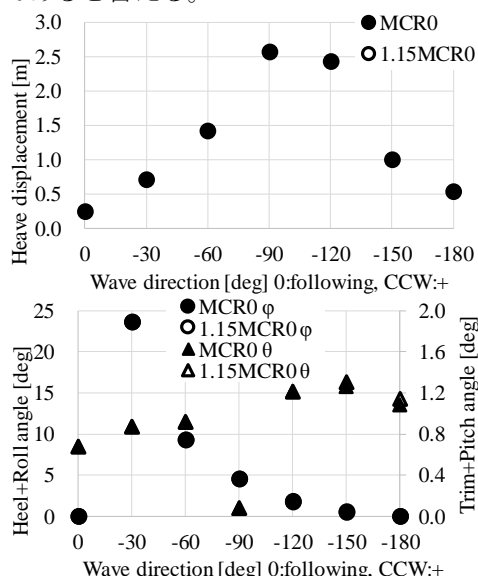


図6 保針状態での上下揺れ変位、横および縦揺れ角の最大値

本計算は一例であるため、この最低機関出力評価は本対象船のみしか当てはまらないが、ここで示した計算手法は船速が0付近まで低下する荒天海象中で対象とした船舶の最低機関出力の推定を可能とし得る。その点から本研究の成果は意義がある。さらに、他の様々な船型に対して同様の評価をすることで、操船限界の基準が明らかとなり海難事故の減少に寄与することができるため、本研究の成果は重要である。

上述の点およびより実海域の海象に近い不規則波中での検討と計算法の拡張を今後の研究課題としていく。

<引用文献>

⑤ N.Salvesen *et al.*, Ship Motions and Sea Loads, The society of naval architects and marine engineers No.6, pp.1-30, 1970.
 ⑥ 船舶操縦性予測モデルの標準化に関する研究委員会報告書, 2012.
 ⑦ Tsujimoto M. *et al.*, Development of Calculation Method for Fuel Consumption of Ships in Actual Seas with Performance evaluation, Proceedings of the 32rd OMAE, pp. 1-10, 2013.
 ⑧ 原口富博ほか、曳船およびバージの波漂流力計測, 船舶技術研究所 第31号 第3巻, 1994.
 ⑨ 藤原敏文ほか、成分分離型モデルを利用した新しい風圧力推定法, 日本船舶海洋工学会論文集 第2号 pp.243-255, 2005.
 ⑩ Stern F. *et al.*, Comparison of Results for Free Manoeuvre Simulations - Systems and CFD Based Methods, Proc. of Workshop on Verification and Validation of Ship Manoeuvring Simulation Methods, Part G, 2008.
 ⑪ 高橋雄ほか、大型低速肥大船の荒天時運航特性に関する実験的研究、西部造船会会報 第65号、pp.51-61、1983.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0件)

[学会発表] (計 2件)

① Ryosuke Suzuki, Yoshiaki Tsukada, Michio Ueno, Analysis of Hydrodynamic Characteristics and Predictions of Ship Motions on Steady Advancing Conditions in Adverse Weather, MARSIM2015, 2015年9月10日、イギリス、ニューカッスル

② 鈴木良介、塚田吉昭、上野道雄、操縦性能に関する干渉流体力の荒天中の特性と定常航行状態への影響、日本船舶海洋工学会春季講演会、2015年5月26日、兵庫県神戸市

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 良介 (SUZUKI, Ryosuke)

国立研究開発法人 海上技術安全研究所

その他部局等 研究員

研究者番号：20711328