

【論文】

荒天下を航行する浅喫水貨物船の操縦性能に関する研究

中山 喜之¹ 田中 公作² 小久保 達也²

A Study on the Maneuverability of a Light Draft Vessel in Rough Sea

Yoshiyuki Nakayama¹, Kosaku Tanaka² and Tatsuya Kokubo²

Abstract

The maneuverability of a light draft vessel in rough sea is discussed by using a maneuvering motion simulation. The calculation method for the simulation is based on the MMG model and can also consider the effects of wind and waves on the ship motion. KVLCC2 (Normal Ballast Condition) is employed for the studied ship and we analyze the maneuverability of the ship in rough sea by changing ship speed, rudder angle, wind speed, wave height and ratio between wave and ship lengths. As a result, we got some knowledge which can be used for the navigation of a light draft vessel in heavy wind and wave conditions. In the future, we would like to progress this study and present guideline for the vessel's navigating safely in rough sea.

Keywords: Light Draft Vessel, Maneuverability, Rough Sea, Maneuvering motion Simulation

1 緒言

近年、冬期の東北地方日本海沿岸及び陸奥湾内では、発達した低気圧による海上荒天により、浅喫水貨物船（荷揚げの結果、喫水が浅くなった貨物船）が操縦不能に陥り、陸岸に乗揚げるといった海難が連続している¹⁾。乗揚げ海難は、人命の損失はもとより、大量の油流出や船体の残留などにより、沿岸地域社会に甚大な影響を及ぼす可能性があり、その再発防止が喫緊の課題である。しかし、これらの海難は、荒天下において浅喫水貨物船の操縦性能が悪化することが主因で発生しているものと考えられることから、従来、通常喫水の貨物船を想定して実施してきた所要の冬期海難防止対策だけでは、その再発防止策としては不十分であると言える。よって、上記海難の再発防止策として、浅喫水貨物船を対象とした新たな冬期海難防止対策を確立することが求められている。

新たな海難防止対策の確立には、荒天下における浅喫水貨物船の操縦性能に関する検討が不可欠であるが、そのことに焦点を当てた研究は過去にはほとんど行われていない。小川²⁾や井上等³⁾は、風圧下における船舶の操縦性能について検討し、針路安定性に及ぼす風の影響等を明らかにしたが、波の影響は考慮されていない。平山

等⁴⁾は、短波長領域に限定しているものの波浪中における船舶の操縦性能について検討しており、操縦性指数に及ぼす波の影響について把握したが、風の影響は考慮されておらず、また、対象船舶も通常喫水状態の船舶を取り扱っている。一方、小瀬等⁵⁾は、肥大船の載荷状態が操縦性能に及ぼす影響について検討し、喫水の違いによる操縦性能の差異を確認しているが、風波の影響は考慮していない。このように、荒天下（風波下）における船舶の操縦性能、浅喫水状態における船舶の操縦性能といったように、それぞれについて個別に検討した研究は見受けられるが、本研究が目的とする「荒天下における浅喫水状態の船舶の操縦性能」について詳細に検討した例は見当たらない。なお、操船通論⁶⁾には、浅喫水状態の船舶が実海面を航走する際に生じる弊害について概括的な記載はあるが、具体的な海難防止対策を検討するには十分なものではない。また、第二管区海上保安本部においても、前記海難を受け、その対策について検討が行われたが、風による操船限界については確認されたものの⁷⁾、波による影響は考慮されていないため、その対策については、未だ見当の余地があると言わざるを得ない。

そこで、本研究では、荒天下を航走する浅喫水貨物船を対象として、操縦性能に及ぼす風波の影響について把

Received November 15, 2017

¹ 海上保安大学校 y-nakayama@jcg.ac.jp

² 海上保安大学校

握し、それに基づき、荒天下における当該船舶の操縦可能限界について検討することを目的とする。また、当該船舶を対象とする海難防止対策確立の一助となるよう、同船舶への安全指導指針についての検討も併せて行うこととする。

浅喫水貨物船の操縦性能に及ぼす風波の影響を把握するため、KVLCC2⁷⁾ (ノーマルバラスト状態) を対象として、風波下における操縦運動シミュレーションを実施した。同シミュレーションはMMGモデル⁸⁾をベースとし、風圧力、波漂流力についても考慮できるモデルとなっている。ただし、船体動揺については考慮していないことに注意が必要である。シミュレーションの結果から、当該船舶の操縦可能限界を把握し、それに基づき、安全指導指針について考察した。浅喫水貨物船を対象とした新たな冬期海難防止対策の確立にはさらなる研究の発展が必要であるが、現在までの成果について、本論文にて報告する。

2 荒天下を航行する船舶の運動に関する理論計算法

本研究で構築した理論計算法は、MMGモデルをベースとしたものである。船体に作用する流体力等の表示式については、操縦性分野で一般に使用されているものそのまま用いることとしたため、それらの詳細については割愛する。一方、風圧力及び波漂流力の表示式については、その数学モデルを示し、理論についても説明を行うこととする。

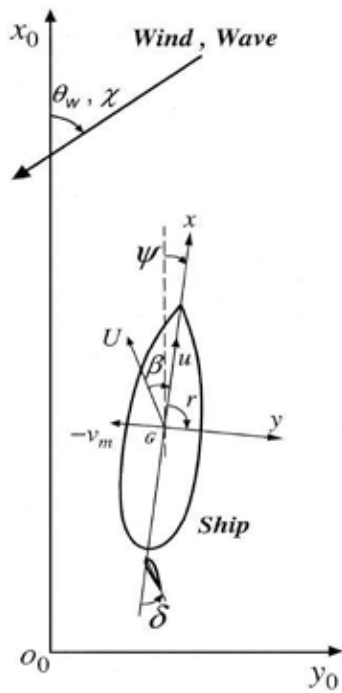


図1 座標系

2.1 座標系

図1のように、空間に固定された座標系 $o_0 - x_0y_0$ と、船の重心位置 G を原点として船に固定された座標系 $G - xy$ を考える。なお、 x_0y_0 平面及び xy 平面はともに静水面に一致する。また、船速を U (x 軸方向成分を u , y 軸方向成分を v_m)、斜航角を β 、船首方位を ψ 、舵角を δ 、重心周りの回頭角速度を r とし、空間固定座標系における x_0 軸との交差角に基づき、絶対風向を θ_w 、絶対波向を χ として定義する。

2.2 基礎となる運動方程式及び外力に関する数学モデル

船体固定座標系 $G - xy$ に基づき構築された船の縦運動に関する運動方程式は次のように表される。

$$\left. \begin{aligned} (m + m_x)\dot{u} - (m + m_y)vr &= X \\ (m + m_x)ur + (m + m_y)\dot{v} &= Y \\ (I_G + J_{zz})\dot{r} &= N \end{aligned} \right\} (1)$$

式中、 m は質量、 m_x, m_y はそれぞれ前後方向並びに横方向の付加質量、 I_G は慣性モーメント、 J_{zz} は付加慣性モーメントを意味する。 X, Y, N はそれぞれ船体の前後方向、横方向、回頭方向に作用する外力であり、その表示式は次のように示される。

$$\left. \begin{aligned} X &\approx X_H - R_0 + (1 - t)T - (1 - t_R)F_N \sin \delta + X_A + X_W \\ Y &\approx Y_H - (1 + a_H)F_N \cos \delta + Y_A + Y_W \\ N &\approx N_H - (x_R + a_H x_H)F_N \cos \delta - x_G Y + N_A + N_W \end{aligned} \right\} (2)$$

上述の通り、詳細な表示式については割愛するが、 X_H, Y_H, N_H は斜航・旋回により船体に作用する流体力、 R_0 は前後方向における抵抗、 T はプロペラ推力、 F_N は舵直圧力、 t, t_R 等は干渉係数と呼ばれるものである。

一方、 X_A, Y_A, N_A は風によって船体に作用する風圧力を意味し、次のように表されるものとした⁹⁾。

$$\left. \begin{aligned} X_A &= \frac{1}{2} \rho_a A_X V_A^2 C_{XA}(\theta_A) \\ Y_A &= \frac{1}{2} \rho_a A_Y V_A^2 C_{YA}(\theta_A) \\ N_A &= \frac{1}{2} \rho_a A_Y V_A^2 L C_{NA}(\theta_A) \end{aligned} \right\} (3)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} V_A^2 &= u_A^2 + v_A^2 \\ u_A &= u + U_W \cos(\theta_w - \psi) \\ v_A &= v_m + U_W \sin(\theta_w - \psi) \\ \theta_A &= \tan^{-1}(v_A/u_A) \end{aligned} \right\} (4)$$

である。ここで、 ρ_a は空気の密度、 A_X は正面風圧面積、 A_Y は側面風圧面積、 L は船長である。 V_A, θ_A はそれぞれ船体固定座標系に基づく相対風速、相対風向、 U_W, θ_w はそれぞれ空間固定座標系に基づく絶対風速、絶対風向である。 C_{XA}, C_{YA}, C_{NA} は風圧力係数であり、相対風向 θ_A の関数で表される。

最後に、 X_W, Y_W, N_W は波漂流力(前後方向については動揺等による波浪中抵抗増加も含む)を意味し、次のように示されることとした¹⁰⁾。

$$\left. \begin{aligned} X_W &= \rho g H_W^2 L C_{XW}(u, v_m, T_V, \varphi) \\ Y_W &= \rho g H_W^2 L C_{YW}(v_m, T_V, \varphi) \\ N_W &= \rho g H_W^2 L^2 C_{NW}(v_m, T_V, \varphi) \end{aligned} \right\} (5)$$

ここで、 ρ は流体の密度、 g は重力加速度、 H_W は波高を意味する。 C_{XW}, C_{YW}, C_{NW} は波漂流力係数であり、船速、入射波の波周期 T_V 、相対波向 φ の関数として表される。なお、 $\varphi = \chi - \psi$ として定義している。

3 対象船及び計算条件

3.1 対象船

第二管区海上保安本部の報告¹⁾によると、近年、冬期の東北地方日本海沿岸及び陸奥湾内において、海上荒天による操縦不能・乗揚げ海難を起こした船舶は、いずれも空船状態（浅喫水状態）にある外国船籍の貨物船であった。しかし、それら海難船舶の船型・排水量・操縦性能等にはそれぞれ差異があったため、それらを統一的に解析することは難しく、また、外国船籍であるがゆえ、それらの船舶の操縦運動計算に必要な各種の資料（線図、操縦流体力微係数、プロペラ単独性能等）を入手することは、現在のところ、実情として不可能であった。

そこで、本研究では、将来的にそれらの資料の入手が可能となった場合に備え、まずは船型データ等が広く公表されているKVLCC2と呼ばれるタンカー船型（ノーマルバラスト状態：荷揚げ後、浅喫水となった状態）を対象に、荒天下における操縦運動計算を実施し、各種条件下における同船の操縦可能限界について検討を行うこととした。本研究により、荒天下における浅喫水貨物船の操縦可能限界を把握する手法を確立できれば、任意の船型においても、同様の検討が可能となると言える。

以上のことから、本来の海難船舶とは異なる船型ではあるが、上述の趣旨により、KVLCC2を対象船とする。その主要目を表1に、側面図を図2に示す。操縦運動計算に必要な操縦流体力微係数等の各種係数については、水槽試験等により得ているが、紙面の関係上ここでの表記は割愛する。詳細は文献¹⁾を参照されたい。

表1 KVLCC2の主要目

C_b	0.765	$\nabla(m^3)$	187000
$L_{pp}(m)$	320.00	$S(m^2)$	21700
$B(m)$	58.00	$A_X(m^2)$	1712.32
$d_m(m)$	13.20	$A_Y(m^2)$	6723.66



図2 KVLCC2の側面図 ($L_{pp}=320m$)

3.2 計算条件

まず、操縦運動シミュレーションを行う際の操船等の条件について以下に示す。シミュレーションを開始する際に対象船に与える初速のことを「初期船速」と定義し、その初期船速については3~12ktの範囲で1kt毎に変化させ、計算を行うこととした。また、対象船には平水中においてそれぞれの初期船速に対応するプロペラ回転数も同時に与えており、シミュレーション中、そのプロペラ回転数は一定として取り扱っている。よって、風波に

よる外力条件を加えなければ、対象船はそのまま与えた初期船速にて航走を続けることができるが、風波条件下においては、当然、それらの外力の影響が加わるため、定常的にその船速を維持できるわけではないことに注意が必要である。このような初期船速を計算条件で設定した理由は、操縦性能に及ぼす風波の影響を正しく把握するためである（プロペラ回転数を風波条件に応じて調整するような制御を加えてしまうと、その影響が混入し、操縦性能に及ぼす風波の影響が把握できなくなる）。なお、上記の初期船速の範囲については、第二管区海上保安本部の報告¹⁾から、実際の海難船舶の常用速力等を勘案して設定したものである。

本研究が行う操縦運動シミュレーションは、上記の初期船速において、舵角を取らせ、各種条件下で変針が可能かどうかを判断することを目的として実施するものである。その際の操舵舵角については、小角度変針から大角度変針まで網羅的に検討するため、 $\pm 5 \sim \pm 35$ 度の範囲で5度毎に変化させるよう設定した。なお、舵角0度については、上述した本研究が行う操縦運動シミュレーションの趣旨にそぐわないことから、今回の計算条件からは除外する。

次に、シミュレーションにおける風波の条件についてであるが、ビューフォート風力階級(以下BFと記載)に基づき設定することとし、実際の海難が発生した際の風波の状況等¹⁾も考慮して、BF7,8,9の3通りの状況を設定することとした。設定した各BF毎の波高 H_W 、波周期 T_V 、風速 U_W 、波長船長比 λ/L_{PP} を表2に示す。

表2 BF毎の波高、波周期、風速、波長船長比

	BF7	BF8	BF9
$H_W(m)$	4.00	5.50	7.00
$T_V(s)$	7.72	9.05	10.20
$U_W(m/s)$	15.55	19.00	22.65
λ/L_{PP}	0.2905	0.3992	0.5071

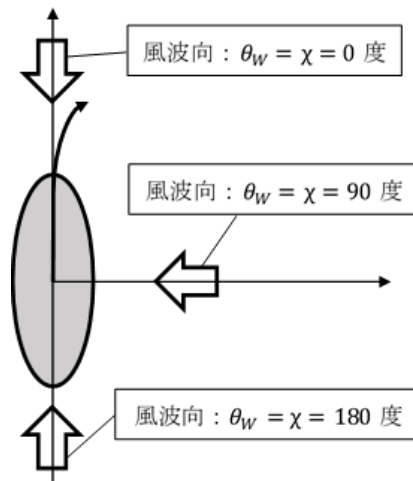


図3 風波向（絶対風波向）の定義

また、風波については、図3に示す通り、シミュレーション開始時の船首方向（空間固定座標系における x_0 軸）を基準として、船首から船尾までの片舷（右舷側）からのみ受けるものと仮定した（その方向については $0\sim 180$ 度の範囲で15度毎に変化させることとした）。なお、船首方向を0度、右正横を90度、船尾方向を180度と定義している。右舷側からのみ風波を受けるものと仮定した理由は、船体は基本的に左右対称であることから、右舷側から風波を受けた場合と左舷側から風波を受けた場合とで操縦性能にはそれほど大きな差は無いと考えられることによる。また、右舷側からの風波のみを対象としてシミュレーションを行うことにより、計算時間の短縮が図れることも理由の一つである。

最後に、対象船の風圧力係数については藤原等¹²⁾の方法により、各BF毎の波漂流力係数については丸尾¹³⁾の理論をベースとして値を設定しているが、ここでの表記は割愛する。詳細は文献¹⁴⁾を参照されたい。

4 数値計算結果

上記で示した荒天条件下（BF7,8,9）において、対象船に種々の初期船速・舵角を与え、航行（変針）させた場合の実航針路、船速の変化等をシミュレーションにより確認し、その結果に基づき、荒天下における同船の操縦可能限界について検討する。なお、本研究においては「操縦可能」の定義を、荒天下であっても操舵を行った側に実航針路で45度変針が可能で、かつ、変針後の船速を2kt以上の値に維持できる場合とした。船速2kt以上という条件については、対象船の場合、2kt未満の船速となると舵効きが急に悪くなるという実情から設定したものである。なお、上記条件（定義）に当てはまらない場合については「操縦不能」として整理している。

以下、条件毎に整理した数値計算結果（操縦可能限界）について、考察とともに示していく。

4.1 BF9, 操舵舵角15度における数値計算結果

まず、BF9の荒天条件下で、操舵舵角を15度で一定とし、初期船速及び風波向について変化させた場合の結果について示す。表3が面舵15度の場合、表4が取舵15度の場合の結果であり、表5はそれらの結果を重ね合わせたものとなっている。なお、いずれの表も、縦軸には初期船速(kt)を、横軸には風波向(度)をとっており、それらの表の白色部分については操縦可能領域、塗色部分については操縦不能領域を意味する。

表3、表4を比較すると、操舵舵角を取舵とした場合よりも、面舵とした場合の方が操縦不能領域が大きくなっていることがわかる。これは、計算条件より、右舷側からのみ風波を受けるものと設定していることから、面舵により右舷側に回頭した場合については、

風波を船首方向から受けやすくなり、その結果、風圧力及び波漂流力等の影響により前後方向の抵抗が大きくなることの原因であると考えられる（抵抗増となることにより、船速が2kt未満となり、「操縦不能」の条件にあてはまる）。このことから、風波に向かう方向へ変針することは船速低下、ひいては舵効きの悪化を招くこととなるため、操船上得策ではないとすることができる。

表5は、表3と表4を重ね合わせたものであり、結果として、「BF9の荒天条件下において、どのような初期船速及び風波向であれば操舵舵角15度での操縦が可能か」ということを表す表となっている。表5より、初期船速を10kt以上とすることで、どの向きから風波を受けても操縦が可能となることがわかる。また、初期船速9kt以下となると、操縦不能領域が現れ始めることとなるが、略船首方向若しくは略船尾方向から風波を受けることにより、操縦可能となりやすくなる傾向があることもわかる。加えて、初期船速を4kt以下としてしまうと、操舵舵角15度では、どの方向から風波を受けても操縦不能となることがわかった。

上述の通り、操舵舵角15度においては、略船首方向若しくは略船尾方向から風波を受けることにより、操縦可能となりやすくなる傾向があることが判明したが、その理由は以下の通りと推察する。略船首方向から風波を受け、面舵により変針する場合については、小角度であっても変針さえしてしまえば風波を左舷船首から受けることとなるため、その影響により変針がしやすくなり、結果として操縦可能となりやすくなるものと考えられる。一方、略船尾方向から風波を受け、面舵により変針する場合については、最初から風波が右舷船尾を押し方向に作用しているため、それが回頭を補助する方向に働き、操縦可能となりやすくなるものとする。

以上から、BF9の荒天条件下において操舵舵角15度で航行する場合には、初期船速を10kt以上とすること及びやむを得ず初期船速が9kt以下となる場合については、できる限り風波を略船首方向若しくは略船尾方向から受け航行することが推奨される。ただし、後者にあってはスラミングやブローチングが発生する危険があることを十分留意しておく必要がある。

4.2 BF9, 初期船速9ktにおける数値計算結果

前節より、BF9の荒天条件下、操舵舵角15度の場合については、初期船速9kt以下の範囲において操縦不能領域が現れることが判明した。このことから、初期船速9ktという条件に焦点を当て、その操縦可能限界について詳しく検討を行うこととした。

表 3 操舵舵角 15 度（面舵）における操縦可能領域及び操縦不能領域（BF9）

		風波向(度)												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
初期船速 (kt)	12													
	11													
	10													
	9													
	8													
	7													
	6													
	5													
	4													
3														

表 4 操舵舵角 15 度（取舵）における操縦可能領域及び操縦不能領域（BF9）

		風波向(度)												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
初期船速 (kt)	12													
	11													
	10													
	9													
	8													
	7													
	6													
	5													
	4													
3														

表 5 操舵舵角 15 度における操縦可能領域及び操縦不能領域（BF9）

		風波向(度)												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
初期船速 (kt)	12													
	11													
	10													
	9													
	8													
	7													
	6													
	5													
	4													
3														

表 6 初期船速 9kt における操縦可能領域及び操縦不能領域（BF9）

		風波向(度)												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
操舵舵角 (度)	35													
	30													
	25													
	20													
	15													
	10													
	5													

以下、BF9の荒天条件下で、初期船速を9ktで一定とし、操舵舵角及び風波向について任意に変化させた場合の結果について考察する。表6は、縦軸に操舵舵角(度)を、横軸に風波向(度)をとり、結果を整理したものである(既に舵・取舵毎の結果を重ね合わせたものとなっている)。前節と同様、表の白色部分については操縦可能領域、塗色部分については操縦不能領域を意味する。同表より、操舵舵角15度以下の範囲においては、操縦不能領域が操舵舵角の減少に応じて広がっていることがわかる。これは、舵角が小さくなるとともに、舵力も低下するため、それにより操縦性能が悪化したことが原因であると考えられる。一方、操舵舵角20度以上の範囲においては、それ以上操舵舵角を大きくしても、操縦不能領域がほとんど変化しないことがわかった。この理由は、舵角を大きくすると、舵力も大きくなり、それにより操縦性能は向上するが、同時に舵抵抗や旋回時の斜航抵抗も大きくなってしまいうため、それによる船速低下が発生し、「45度変針は可能であっても船速が2kt未満まで低下してしまう」ことから、「操縦不能」の条件に当てはまり、操縦可能領域が広がらなかったのだと推察する。その証拠に、操舵舵角を35度とした場合については、操縦可能領

域が広がるどころか、逆に、操縦不能領域が増加している(舵抵抗、斜航抵抗の増大により速力低下が激しくなったためと考えられる)。

以上、表6が示す傾向より、BF9の荒天条件下において初期船速9ktで航行する場合には、操舵舵角として20度~30度程度を採用することが推奨される。ただし、風波を45度~105度方向から受ける場合については、どのような操舵舵角をとっても操縦不能となることに注意が必要である。

4.3 操舵舵角15度における数値計算結果 (BF変化)

最後に、BFの変化による操縦可能限界の差異について確認する。4.1節と同様、任意のBFの荒天条件のもと、操舵舵角を15度で一定とし、初期船速及び風波向について変化させた場合の結果について以下に示す。表7がBF8の場合、表8がBF7の場合の結果であり、BFの変化による操縦可能限界の差異を明確に把握するため、全てのBFの結果を重ね合わせたものが表9となる。なお、縦軸・横軸の定義及び白色・塗色部分の定義については4.1節と同様である(表9は、塗色部分の濃淡により、BFの差異を表している)。

BFの差異により操縦不能領域の大きさには差はあ

表7 操舵舵角15度における操縦可能領域及び操縦不能領域 (BF8)

		風波向(度)												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
初期船速 (kt)	12													
	11													
	10													
	9													
	8													
	7													
	6													
	5													
	4													
3														

表8 操舵舵角15度における操縦可能領域及び操縦不能領域 (BF7)

		風波向(度)												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
初期船速 (kt)	12													
	11													
	10													
	9													
	8													
	7													
	6													
	5													
	4													
3														

表9 操舵舵角 15度における操縦可能領域及び操縦不能領域 (BF9,8,7)

		風波向(度)												
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
初期船速 (kt)	12													
	11													
	10													
	9													
	8						BF9							
	7						BF8							
	6													
	5													
	4						BF7							
3														

るものの、表7、表8ともに、前記の表5 (BF9の結果) が示す傾向と同様の傾向を示すことが確認された。表7より、BF8においては、初期船速を8kt以上とすることでどの向きから風波を受けても操縦可能となること、表8より、BF7においては、初期船速を6kt以上とすることでどの向きから風波を受けても操縦可能となることがわかった。

これらの結果は、表9を見れば一目瞭然であり、基本的には4.1節で示した傾向が全てのBFについても当てはまることから、繰り返しとなるが、やむを得ず操縦可能とするために必要な初期船速 (BF9: 10kt, BF8: 8kt, BF7: 6kt) を実現できない場合については、できる限り風波を略船首方向若しくは略船尾方向から受け航行することが推奨される。ただし、後者にはスラミングやブローチングが発生する危険があることを十分留意しておく必要がある。

5 海難防止のための安全指導指針に関する一考察

上記の結果、本研究が対象とした浅喫水貨物船 (KVLCC2) が、荒天下を航行する場合に推奨される操船法等は以下の通りとなった。

- BF9の荒天条件下においては、初期船速を10kt以上とすること、また、やむを得ず初期船速が9kt以下となる場合については、風波をできる限り、略船首方向若しくは略船尾方向から受けるよう操船すること。ただし、後者にはスラミングやブローチングが発生する危険があることを十分留意しておく必要がある。また、初期船速4kt以下では、どの方向から風波を受けても操縦不能となることに注意。
- BF9の荒天条件下において初期船速9ktで航行する場合には、操舵舵角として20度~30度程度を採用すること。ただし、風波を45度~105度方向から受ける場合については、どのような操舵舵角をとっても操縦不能となることに注意。

- BF9,8,7の荒天条件下においては、それぞれ、初期船速を10kt, 8kt, 6kt以上とすること、また、やむを得ずそれぞれに必要な初期船速を実現できない場合には、上記と同様、風波をできる限り、略船首方向若しくは略船尾方向から受けるよう操船すること。ただし、後者にはスラミングやブローチングが発生する危険があることを十分留意しておく必要がある。

以上の操船法等を踏まえ、対象船に適用可能な安全指導指針 (例えば、BF毎に必要なとされる初期船速に基づく出港制限の勧告等) を策定することは可能であると思われる。しかし、他の船型の浅喫水貨物船にも適用できる指針を策定するには現段階では検討が不十分であるため、今後も継続した研究の実施が必要となる。また、策定した指針をどのように該当船舶に適用させるかということも今後の研究テーマの1つである。

6 結言

本研究では、荒天下を航走する浅喫水貨物船を対象として、操縦性能に及ぼす風波の影響について把握し、それに基づき、荒天下における当該船舶の操縦可能限界について検討した。また、当該船舶を対象とする海難防止対策確立の一助となるよう、安全指導指針についての一考察も実施した。本研究が対象とした船型はKVLCC2のみであり、得られた結論も第5章で示した限られた条件下におけるもののみではあったが、各種条件下における船舶の操縦可能限界を検討する手法については確立できたものと言える。本研究の成果が浅喫水貨物船を対象とした新たな冬期海難防止対策の確立に少しでも貢献できれば幸いである。

今後の課題として、本研究では、船型データの入手が容易であるという理由でKVLCC2を対象としたが、本来求められている冬期海難防止対策の確立のためには、実際の海難船舶を対象船として検討する必要がある、そのためには同船舶の操縦流体力微係数等のシ

シミュレーションに必要な各種係数を入手することが必須である。今後も粘り強く入手の方法について検討していきたい。また、本研究では、気象・海象の条件についてBFに基づき設定し、シミュレーションを実施したが、今後は、BFによらない任意の風速・波高等も設定し、実際の海難時の条件にできるだけ近い状態での検討を進めることも必要である。第二管区海上保安部とも協力しながら、引き続き研究を継続し、初期の目的が達成できるよう検討を進めていきたい。

謝辞

本研究の遂行にあたり、情報提供をいただいた第二管区海上保安本部交通部に深く御礼申し上げます。

本研究で数値計算に使用した操縦流体力微係数、風圧力係数、波漂流力係数等の各種係数は広島大学安川宏紀教授にご提供いただいたものである。ここに記して謝意としたい。また、数値計算結果の整理及び安全指導指針の考察にご協力いただいた海上保安大学校本科第64期生の扇野真文君、松岡未紘君にも心よりの感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 第二管区海上保安本部, 「平成27年度航行安全対策委員会報告書」, 2015, 1-39.
- 2) 小川陽弘, 外力を受ける船の操縦運動の計算(その1), 日本造船学会論文集, 第126号(1969), 107-120.
- 3) 井上正祐, 石橋賢論, 操縦性に対する風の影響(I), 西部造船会会報, 第44号(1972), 111-128.
- 4) 平山次清, 金世殿, 肥大船の操縦性能に及ぼす短波長方向スペクトル波の影響の一検討, 日本造船学会論文集, 第176号(1994), 129-136.
- 5) 小瀬邦治, 坂本衛, 小葉竹泰徳, 平尾三郎, 和田定弘, 載荷状態が操縦性に及ぼす影響に関する研究, 西部造船会会報, 第82号(1991), 155-165.
- 6) 本田啓之輔, 「操船通論(八訂版)」, 成山堂, 2011, 192-195.
- 7) SIMMAN 2008, Part B Benchmark Test Cases, KVLCC2 Description, Workshop on Verification and Validation of Ship Maneuvering Simulation Method, Workshop Proc., Vol.1, Copenhagen, 2008, B7-B10.
- 8) 「第3回操縦性シンポジウム」, 日本造船学会試験水槽委員会, 1981
- 9) Yasukawa,H., Hirono,T, Nakayama,Y and Koh,K.K., Course Stability and Yaw Motion of a Ship in Steady Wind, J. Marine Science and Technology, Vol.17, No.3 (2012), 291-304.
- 10) 安川宏紀, 波浪中における船の操縦運動シミュレーション(第1報: 旋回運動), 日本船舶海洋工学会論文集, 第4号(2006), 127-136.
- 11) 田中公作, 小久保達也, 荒天下における浅喫水船の操縦性能に関する研究, 海上保安大学校2016年度本科第63期特別研究論文(2016).
- 12) 藤原敏文, 上野道雄, 二村正, 船体に働く風圧力の推定, 日本造船学会論文集, 第183号(1998), 77-90.
- 13) Maruo, H., Wave Resistance of a Ship in Regular Head Seas, Bulletin of Faculty of Eng., Yokohama National Univ., Vol.9(1960), 73-91.