

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：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25289324

研究課題名(和文) 海象が非定常操縦運動に及ぼす影響を反映した操船シミュレータ構築に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Basic research about the maneuvering simulator building which considered the effect of wave and wind on non-regular maneuvering motions

研究代表者

宮崎 英樹 (MIYAZAKI, Hideki)

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：10415797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,100,000円

研究成果の概要(和文)：波浪中での操舵時の船体姿勢が操縦性試験に及ぼす影響を確認するために波浪中での操縦性能試験を行い、操舵タイミングの違いでZ操舵試験のオーバーシュート角に違いが生じることが確認された。風圧力による影響を確認するために送風機を用いた自由航走試験を行い、載荷状態によっては風圧力が無視出来ないことが確認された。自由航走試験を模擬した曳航試験を行い、自由航走状態での操縦流体力や波浪外力の計測を行った。これらの実験結果から6自由度の運動モデルの検討を行った。

研究成果の概要(英文)：In order to check the effect of rolling or pitching at the timing of steering, we carried out the maneuvering performance test in the waves. It was confirmed that the difference occurs to the over shoot angles (OSA) of zigzag maneuver by the difference at the timing of steering. In order to check the effect of wind pressure force, we carried out the free running test using a blower. It was confirmed that the loading condition cannot ignore the wind pressure force. We carried out the towing test simulating free running test to measure the hydrodynamic forces and wave-exciting forces. It was considered the model of 6 degree of freedom from theses experimental results.

研究分野：船体運動

キーワード：Z操舵試験 操縦流体力 外乱影響 船体運動モデル

1. 研究開始当初の背景

(1) 海上技術安全研究所(以下、海技研とする。)では水槽の全周に造波機を備えた実海域再現水槽が平成22年度に整備された。波浪推算により推定された方向波スペクトルとほぼ同じ方向波スペクトルを持つ波浪場を再現出来ることが確認されている。そこで海難事故が発生した時刻と場所の方向波スペクトルが推定出来れば本水槽で事故当時の波浪場を再現することが可能であり、その波浪場中で模型船を自由航走させることで海難事故を再現出来ることが確認された。

しかし、水槽実験では船体運動の時系列データやその際の船体運動を撮影することは可能であるが、その危険な状況に陥るまでの経緯や予兆などを操船者が実際に体感することは不可能であり、再発を防止するためには操船シミュレータを用いて再現することが望まれる。

2. 研究の目的

(1) 近年は造波機や水槽試験の技術の高度化に伴い、海難事故を水槽を用いて再現することが可能となってきている。水槽を用いた再現実験では船体運動の時系列データやその際の船体運動を映像として確認することは可能であるが、その船体運動を操船者が体感し、危険な状況へ陥る予兆などを把握することが困難である。一方、従来のシミュレータは時間平均化された3自由度の水平面内の操縦運動モデルを用いており、海難事故が発生するような非定常な状況を再現することは困難である。そこで本研究では海難事故を水槽試験だけではなく、操船シミュレータ上で再現するために気象・海象が非定常操縦運動に及ぼす影響を実験的に明らかにし、それに対応した高速な6自由度の船体運動モデルの検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 本研究では重心が比較的高く横傾斜による影響が出易いと考えられるフェリーと針路不安定となり易い肥大船の2船種を対象とし、それぞれの船型で波浪中における自由航走実験を行い、波が非定常操縦運動に与える影響を実験的に明らかにする。

(2) 上記実験結果をもとに同一の船速・方位角を時系列で与えた曳航試験を行い、船体に働く操縦流体力の計測を行う。これにより波浪外力の時系列での定量的な評価が可能となる。

(3) 風波共存状態での水槽実験も行い、風による影響や風と波の相互影響について実験的に明らかとする。

(4) これらの模型実験の結果を踏まえて、波

と風が非定常操縦運動に及ぼす影響を反映した6自由度の船体運動モデルの検討を行う。

4. 研究成果

(1) 平水中と波浪中では操縦性能が異なることは良く知られている。通常、波浪中での操縦運動を推定では波強制力として変動力と波漂流力を考慮している。しかし、操縦運動の推定では水平面内の運動と横揺れ運動の4自由度の運動方程式として取扱い、縦揺れや上下揺れなどは考慮していない。

実海域では波浪による影響は無視することは困難であり、Z操舵などの操縦運動を行った場合には操舵開始の船体姿勢の違いが影響を及ぼすと考えられる。そこで、海技研の実海域再現水槽において肥大船を用いて規則波中での操縦性能実験を行い、操舵開始時の船体姿勢の違いが操縦運動に及ぼす影響の確認を行った。

表1 オーバーシュート角の比較(向い波)

	1 st overshoot angle (deg.)	2 nd overshoot angle (deg.)
calm	24.9	25.3
θ_{\min}	19.2	22.8
θ_{\max}	20.9	23.1

表2 オーバーシュート角の比較(横波)

	1 st overshoot angle (deg.)	2 nd overshoot angle (deg.)
calm	16.7	35.0
ϕ_{\min}	14.8	34.5
ϕ_{\max}	12.3	35.0

表の θ はピッチ角を、 ϕ はロール角を示す。Z操舵試験は平水中よりも向い波で行う方がオーバーシュート角(OSA)が小さな値となることが確認された。横波で行うと1st OSAは小さくなるものの、2nd OSAについてはそれほど変わらないことが確認された。また、操舵開始時のピッチ角やロール角の違いにより、オーバーシュート角に相違が生じることが確認された。この相違は航跡でも明らかで、横波よりも向い波の方が操舵から船体が旋回し始めるまでの時間が速いことが確認された。向い波の場合は船速低下が比較的大きいためその影響も考えられるが、横波の場合は船速低下は殆ど無いため、船速低下だけが原因とは考え辛い。原因としては舵力や船体姿勢、出会い波の違いなどかなり複雑な要因が考えられるため、より詳細な検討が必要と考える。

(2) 実海域では風の影響も無視することは出来ない。空気と水では密度が大きく異なるので波の影響を中心に議論されて来たが、近

年は自動車運搬船やコンテナ船など上部構造物の比較的大きな船型について空気抵抗の低減効果に注目が集めている。そこで海技研の実海域水槽で送風機を用いた風・波が共存する状態での自由航走実験を行った。自由航走試験の航跡・旋回角速度の比較を以下に示す。OSAの比較も以下に示す。

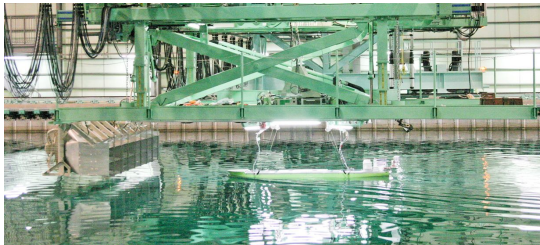


図1 送風機を用いた自由航走試験

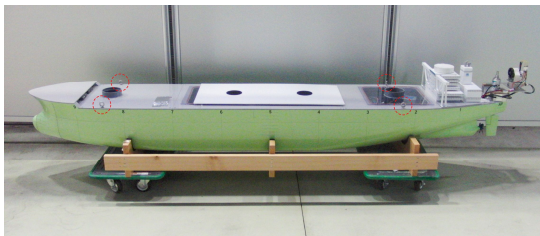


図2 供試模型

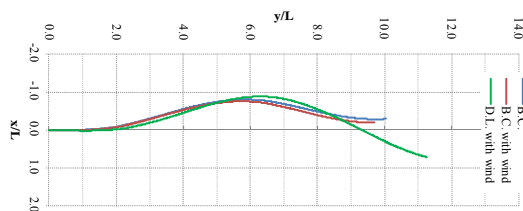


図3 10度z操舵の航跡の比較

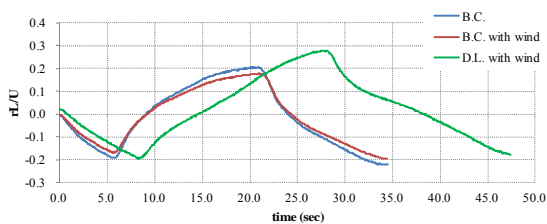


図4 10度z操舵の旋回角速度の比較

表3 オーバーシュート角の比較(風圧下)

Condition	1st OSA (deg.)	2nd OSA (deg.)
B.C. without wind effect	6.2	5.2
B.C. with wind effect	5.9	5.3
D.L. without wind effect	8.2	14.2

針路不安定な船型ということで肥大船を用いたが、肥大船は水面下の排水量は大きい。上部構造物は船橋が中心である。そのため、

海上公試が行われる海象条件では大きな影響は確認されなかった。今回の自由航走試験では航跡は載荷状態や風圧影響の有無での違いはそれほど大きくない。しかし、船速や旋回角速度では載荷状態や風圧影響の有無での違いは有意である。これは荒天下と呼ばれるような海象下では、この影響はさらに顕著となる。

一方、上部構造物の大きい自動車運搬船やコンテナ船は風圧の影響は大きい。これらの船型は排水量が小さく、針路安定な船型のため操船に影響が出るとは考え辛い。

(3) 上記実験で使用した模型船の上部構造物を製作して、風洞試験による風圧力の検証を行った。風圧力の結果を以下に示す。



図5 供試模型(満載状態)



図6 供試模型(軽荷状態)

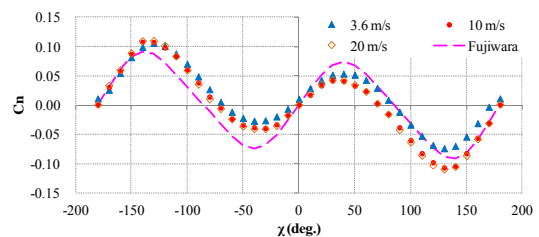


図7 回頭モーメントの比較(軽荷状態)

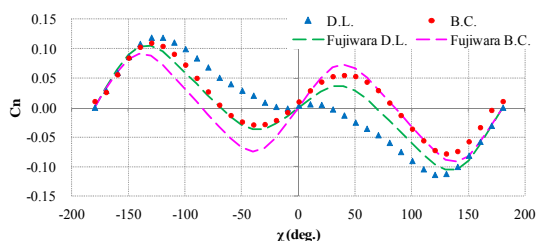


図8 回頭モーメントの比較(U_A=3.6m/s)

風圧力は藤原らにより提案された推定式があり、その推定結果についても併せて示した。今回は上部構造物の投影面積が小さい船型

のために推定精度は今一つであるが、実用的なレベルでは推定出来ていると考える。しかし、これは風圧力の無次元値がほぼ一定となる範囲を対象にしたものであり、今回の自由航走試験で使用したような低レイノルズ数での推定精度は悪化する。そのため、シミュレーション計算の検証を水槽試験で行う場合には、推定式をそのまま使用する風向きによっては過大評価や過小評価してしまうことが確認された。これには注意が必要である。この試験結果を元にシミュレーション計算を行い自由航走試験結果との比較を行った。これまで提案されているように風圧力を線形重ね合わせることで、推定結果は実用的な精度で水槽試験を推定出来ていることが確認された。しかし、高レイノルズ数を対象とした藤原の推定式を水槽試験に用いるとレイノルズ数の違いによる影響が生じるので、注意が必要である。

(4) 海技研の実海域水槽において自由航走状態を模擬した操縦流体力の計測を行った。実験は平水中と波浪中での計測を行い、波浪による影響も確認した。



図9 供試模型

操縦流体力を計測するためには自由航走試験で得られた船速・船首方位を用いて曳航試験を行う必要がある。そこで、事前に自由航走試験を行い、得られたデータから曳引台車の指令データを作成した。曳引台車の加減速性能の制限があるため、そのままを使用することは出来ず多少の調整が必要な場合もあった。出会い波との関係も操縦流体力に大きく関わるために、造波の開始時間や曳引台車の加速開始時間など全てを自由航走試験と同じ値とした。

波浪中の船体に働く流体力を以下に示す。これは波浪中の自由航走試験で得られた運動から曳引台車の指令データを作成したもので、模型船には同じ運動を与えて波浪の有無の影響を確認した。

波向きや波長により傾向は異なり、波向きで船体のどの方向に影響を及ぼすかが決まり、波長の違いで影響が船体運動に顕著になるか波浪外力が顕著になるかが決まる。図10は波向きが斜め向いで波長は比較的長い、そのため船体運動への影響が大きく波浪の有無による影響はそれほど大きくない。図11は横波で波長が短いために、波浪外力への影響が大きい。計測された流体力は波浪の有無で位相が異なり、流体力のピークはは未があ

る場合の方が0.1秒程度遅れている。また、回頭モーメントは波浪中よりも平水中の方が大きな値を示している。

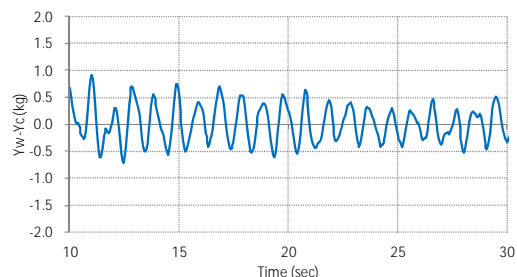


図10 横力の波浪による影響(斜め向い波)

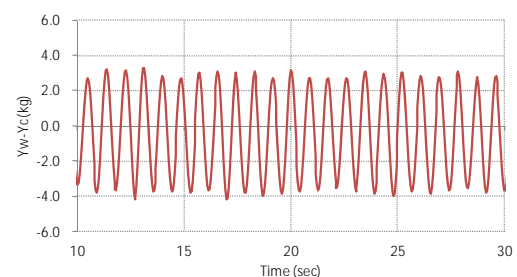


図11 横力の波浪による影響(横波)

これについてもかなり複雑な現象が発生しており、詳細に検証するためには更なる検証データの取得が必要と考える。

(5) これらの水槽実験結果から船体運動モデルの検証を行った。残念ながら波浪中については十分に検証が済んでいないが、平水中については一般的に使用されているMMGモデルの幾つかの係数を修正することで推定精度の改善が期待できることが確認された。また、海技研には操船リスクシミュレータがあり、現在作成中の数値シミュレーションをシミュレータに組み込む為のプログラムの修正を行った。今後は本研究で得られた知見からシミュレータの性能向上が期待される。

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)

〔学会発表〕(計 3件)

宮崎 英樹、鈴木 良介、船体姿勢が波浪中Z操舵試験に及ぼす影響に関する実験的研究、日本船舶海洋工学会平成26年度春季講演会論文集、査読無、2014、pp.343-346

宮崎 英樹、沢田 博史、Experimental and Numerical Study about the Effect of Wind on the Zig-Zag Manoeuvre of Very Large Crude Oil Carrier、第25回国際海洋及び極地工学会議(ISOPE2015)講演集、査読有、Vol.4、2015、pp.1188-1193

宮崎 英樹、平水中自由航走状態における
操縦流体力の計測について、日本船舶海洋工
学会平成28年度春季講演会論文集、査読無、
2016、pp.175-178

6 . 研究組織

(1)研究代表者

宮崎 英樹 (MIYAZAKI, Hideki)
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：10415797

(2)研究分担者

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