

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02370

研究課題名（和文）風浪下における船舶の走錨発生のメカニズム解明とその防止法に関する研究

研究課題名（英文）Elucidation of the mechanism of anchor dragging of ships in adverse weather conditions and its prevention

研究代表者

安川 宏紀（Yasukawa, Hironori）

広島大学・先進理工系科学研究科（工）・教授

研究者番号：40363022

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、風浪下における船の走錨発生その後の船の漂流のメカニズムを解明した。縮尺模型船を用いた水槽試験と力学をベースとした船の運動を模擬できるシミュレーション計算により、研究目的を達成した。研究の流れは次の通り：(1)水槽試験による風浪下における船の走錨の再現とその後の船の漂流現象の把握、(2)理論計算モデルの開発と検証、(3)現象のメカニズム把握のための理論検討。その結果、走錨後、船が漂流を始めると、外乱条件に関わらずほぼ真横状態で漂流すること、それは船が横を向いて漂流するという状況は、運動学的に最も安定であるためであることが分かった。そのような運動の理論計算法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今まで、走錨後の船の漂流の特徴を明らかにした人はおらず、また、それらの現象を理論計算によってシミュレートした人もいなかった。今回の研究により、浮体の運動学の視野が大きく広がったと考えられる。社会的には、走錨発生後の船の漂流のメカニズムが解明されたことによって、その防止法を策定することが容易となった。運悪く走錨後に船の漂流が始まると、船は真横に流されてゆくので、その特性を踏まえて、事故の対策を取る必要がある。この船の漂流の予測には、今回開発した理論計算法が使用できる。これによって、強風下における船舶の海難事故の低減が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to elucidate the mechanism of ship drifting after dragging anchor under wind and waves. The study was achieved through tank tests using a scale ship model and motion simulations of the ship based on dynamics/hydrodynamics. The flow of the research is as follows: 1. simulations of anchor dragging under wind and waves by the tank tests and understanding of subsequent ship drifting phenomenon, 2. development and validation of the calculation model for ship drifting in wind and waves, 3. theoretical consideration for mechanism of the phenomenon.

As a result, when the ship begins to drift after dragging the anchor, it drifts almost sideways regardless of the disturbance conditions. It turned out that this is because the condition drifting sideways is kinematically the most stable. In addition, a theoretical calculation method for such movements was developed.

研究分野：海洋工学

キーワード：漂流 走錨 水槽試験

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、大型台風が我が国を襲うことが増えており、それに伴い停泊中の船が流されて、浜辺への座礁や橋などと衝突する災害が多く発生している。2018年9月、いかりを下ろしたまま強風で船がひきずられる「走錨(そうびょう)」に陥ったタンカーが、関西空港の連絡橋に衝突する事故が発生し、長期にわたり空港機能のマヒを招いたことは記憶に新しい。この走錨は、船乗りの間では良く知られた現象であるが、強風下の船が走錨ならびにその後の船の漂流に至る過程は大変複雑であり、それがどのようなメカニズムで起こるのか、十分には解明されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、風浪下における船の走錨発生その後の船の漂流のメカニズムを解明し、その防止法を策定することである。それによって、強風下における船舶の海難事故を大きく低減させる。今まで、上で述べたような現象のメカニズムを力学的に解明した人はいない。また、それらの現象を数値計算等によってシミュレートした人もいない。

3. 研究の方法

縮尺模型船を用いた水槽試験と力学をベースとした船の運動を模擬できるシミュレーション計算により、研究目的を達成する。研究の流れを次に示す。

- (1) 水槽試験による風浪下における船の走錨の再現とその後の船の漂流現象の把握
- (2) 理論計算モデルの開発と検証
- (3) 現象のメカニズム把握のための理論検討

4. 研究成果

4.1 水槽試験による風浪下における船の走錨の再現とその後の船の漂流現象の把握

模型船ならびに錨模型を設計・製作し、それらを用いて、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所(水技研)の角水槽において、風、波中における振れ回り走錨に関する試験、圧流走錨に関する試験を行った。Fig.1 に水槽試験に使用した模型船の画像を示す。



Fig.1 模型船の画像

Table 1: 船の要目表

| | Full | | Ballast | |
|----------------------------|------------|--------|------------|--------|
| | Full-scale | Model | Full-scale | Model |
| L_{pp} [m] | 178.0 | 2.9091 | 178.0 | 2.9091 |
| B [m] | 32.26 | 0.5273 | 32.26 | 0.5273 |
| d_a [m] | 11.57 | 0.1891 | 7.843 | 0.1282 |
| d_m [m] | 11.57 | 0.1891 | 6.754 | 0.1074 |
| d_f [m] | 11.57 | 0.1891 | 5.304 | 0.0867 |
| ∇ [m ³] | 55805 | 0.2437 | 29678 | 0.1296 |
| x_G [m] | 5.33 | 0.0871 | 2.822 | 0.0461 |
| S_a [m ²] | 8639 | 2.308 | 6676 | 1.783 |
| C_b | 0.84 | 0.84 | 0.786 | 0.786 |

Table 1 に対象船の主要目を示す。模型船の縮尺比は 1/61.18 である。表中, L_{pp} は垂線間長, B は船幅, d_a, d_m, d_f はそれぞれ船尾, 船体中央, 船首位置での喫水, ρ は排水量, x_G は浮心位置, S_a は浸水面積, C_b は方形係数である。水槽試験は, 満載状態とバラスト状態の 2 つの载荷状態で行われた。

試験では, 風波の外乱条件等を種々変更して, それらパラメータが走錨に及ぼす影響を把握した。Fig.2 に風波中での振れ回りの様子を示す。BF10 相当の波と風が, 図の下から流入する。波浪は長波頂不規則波, 風は一定風速とした。BF10 のとき, 有義波高 147.1mm, 平均波周期 1.48s, 絶対風速 3.64m/s とした。錨鎖長は実船 5m 相当とした。ミドシップ位置での, 左右の振れ回りの平均値は, 満載状態で 0.30m, バラスト状態で 1.89m であった。満載状態での振れ回りは, バラスト状態のそれよりもずいぶん小さい。振れ回りに及ぼす载荷状態の影響は大きいことが分かる。さらには, 走錨後, 船が漂流を始めると, 外乱条件に関わらずほぼ真横状態で漂流することが分かった。

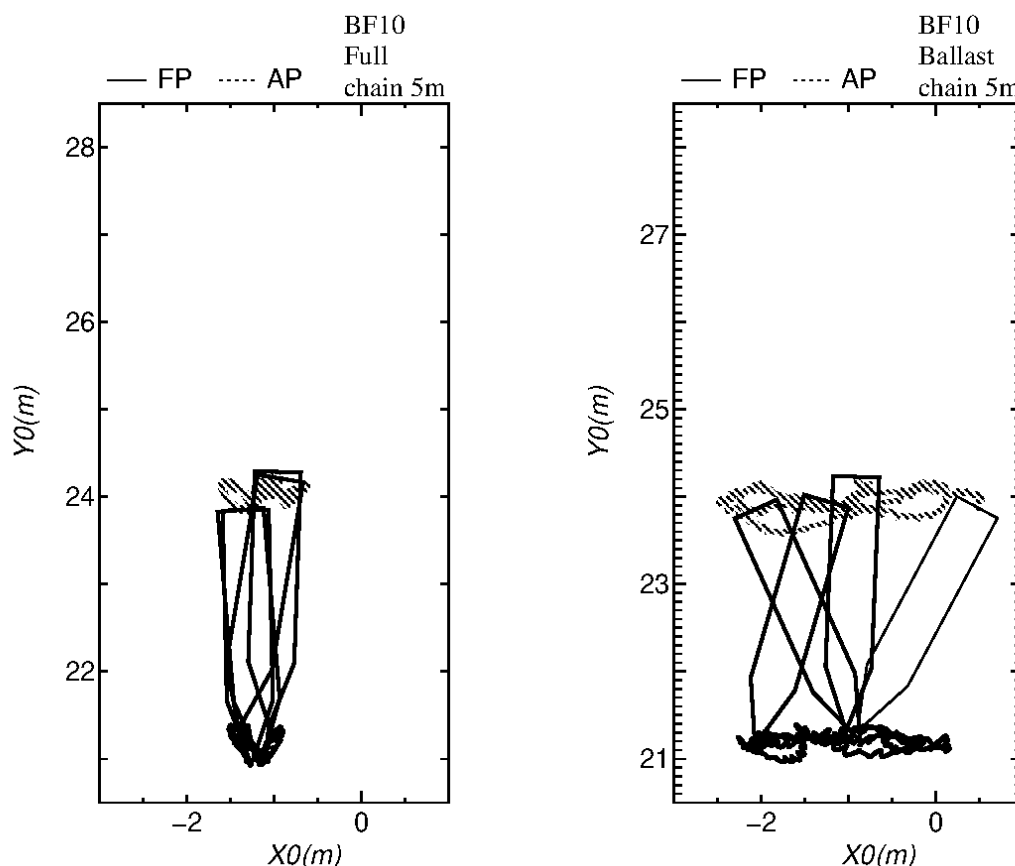


Fig.2 風波中での振れ回り運動に及ぼす载荷状態の影響(BF10, 錨鎖長 5m)

走錨後, 風波の中を漂流する船の運動計算モデルを開発するためには, 船の流体力モデル, 風波モデル等を完成させる必要がある。船の流体力モデルについては, MMG モデル[1]を用いた。そのため, プロペラ単独試験, 抵抗・自航試験, プロペラ荷重変更舵力試験, 斜航・旋回運動試験, 整流係数試験といった拘束模型試験を, 広島大学曳航水槽ならびに九州大学運動性能試験水槽にて実施した。

4.2 理論計算モデルの開発と検証

風波中における船の漂流運動ならびに動揺の理論計算法を開発した。基本となるアイデアは, 船の運動を高周波数成分と低周波数成分に分けてそれぞれを個別に取り扱う, Two-time scale 法[2]である。具体的には, 船の高周波の波浪動揺は 3D パネル法[3]を用い, 低周波の船の漂流運動は MMG モデル[1]を用いて計算した。風のモデルについては, 藤原のモデル[4]を用いた。モデルの構築に当たっては, 上で述べた拘束模型試験結果を用いた。計算法の検証のため, 実施した水槽試験と同じ風浪条件下で, 船の漂流に関する理論計算を行い, 試験結果と比較した。

Fig.3 に 2 つの载荷状態における風波中(BF10)での走錨後漂流運動の計算結果と水槽試験結果の比較を示す。満載状態, バラスト状態の 2 つの载荷状態において, 風波下において, 船は後進するように流され, その後, おおよそ真横状態で流されることが分かる。理論計算結果は, 水槽試験結果と実用上の精度で一致し, 本計算法の妥当性を確認した。

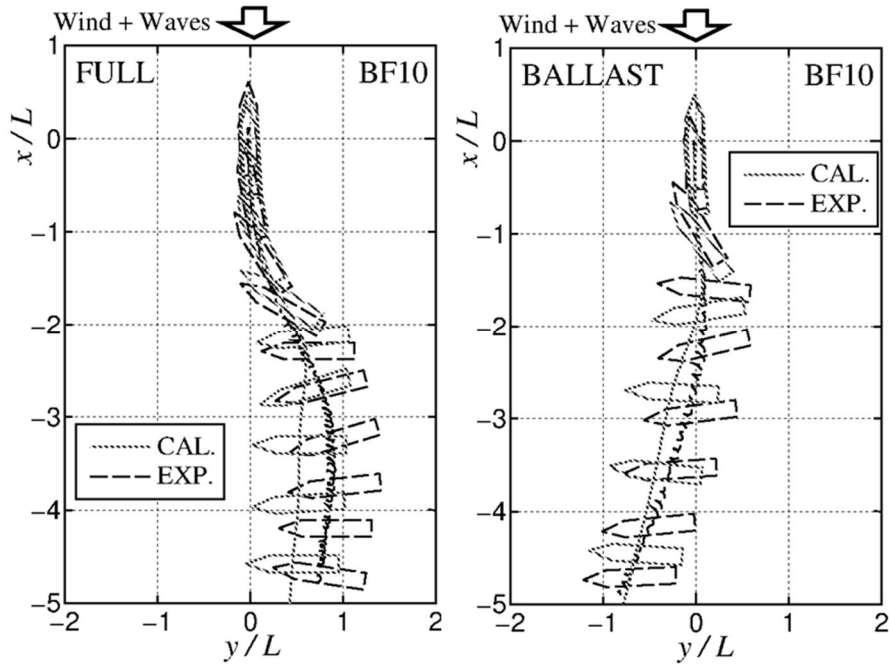


Fig.3 風波中での走錨後漂流運動に及ぼす荷状態の影響(BF10)

4.3 現象のメカニズム把握のための理論検討

走錨後、船が風浪下を横を向いて漂流するというメカニズムの把握のため、運動方程式を線形化して、船の運動安定性を判別する理論解析法を開発した[5]。Fig.4 に、運動安定性の理論計算結果を示す。図中、 D_2 、 D_3 が運動安定性を判別するパラメータであり、値が大きいほど運動安定である。一方、負のとき、針路不安定である。斜航角 β_s が180deg のとき、 D_3 は負であり、運動不安定である。一方、 β_s が90deg の近くで最大となり、真横に運動するときが一番安定であることが分かる。このように、船が横を向いて漂流するという状況は、運動学的に最も安定であることが分かった。

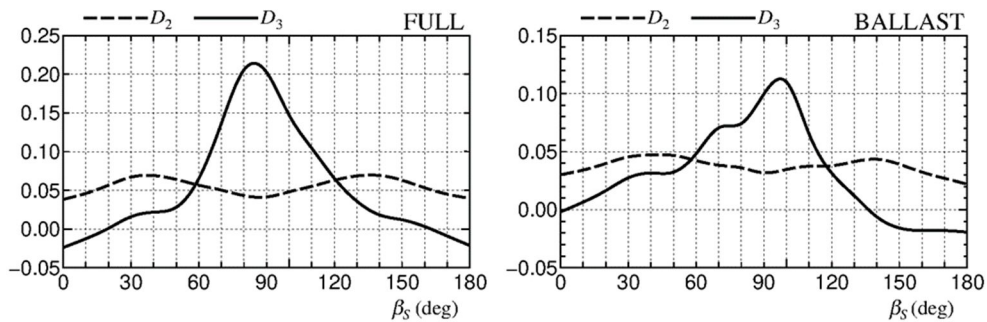


Fig.4 運動安定性の理論計算結果

参考文献

- [1] Yasukawa, H. and Yoshimura, Y. (2015), Introduction of MMG standard method for ship maneuvering predictions, J. Marine Science and Technology 20(1), 37-52.
- [2] 安川宏紀 (2006), 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第 4 号, pp.117-126.
- [3] Kashiwagi, M. et al. (2003), Hydrodynamics of floating body (Part 1), Seizan-Do Shoten, ISBN4-425-71321-4 (in Japanese)
- [4] 藤原敏文, 上野道雄, 池田良穂 (2005), 成分分離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.
- [5] Yasukawa, H., Okuda, R., Hasnan, M. A. A., Nakayama, Y., and Matsuda, A. (2023). 6-DOF Motion Simulations of a Deadship Drifting in Wind and Waves, Ocean Engineering 275, 2023, 114158.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Yasukawa, H., Hirata, N., Nakayama, Y., and Matsuda, A. | 4. 巻 70(1) |
| 2. 論文標題 Drifting of a Dead Ship in Wind | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Ship Technology Research | 6. 最初と最後の頁 26-45 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09377255.2021.1954835 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Yasukawa, H., Okuda, R., Hasnan, M. A. A., Nakayama, Y., and Matsuda, A. | 4. 巻 275, 114158 |
| 2. 論文標題 6-DOF Motion Simulations of a Deadship Drifting in Wind and Waves | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Ocean Engineering | 6. 最初と最後の頁 1-18 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.oceaneng.2023.114158 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|---------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 佐野 将昭 (Sano Masaaki) (40582763) | 広島大学・先進理工系科学研究科(工)・准教授 (15401) | |
| 研究分担者 | 平田 法隆 (Hirata Noritaka) (80181163) | 広島大学・先進理工系科学研究科(工)・助教 (15401) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|