

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510199

研究課題名(和文) 移動体オペレータの行動特性から見た船舶運航安全性評価に関する研究

研究課題名(英文) Study on ship operating safety evaluation from view point of opereter

研究代表者

石橋 篤(Atsushi, Ishibashi)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・講師

研究者番号：00242321

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では着岸操船を行う操船者特性を明らかにすると共に力学的観点から着岸能力を評価する手法の開発を行った。着岸能力は船の操縦性能と風や曳船などの外的条件の組み合わせ及び操船者の特性によって決定される。はじめに数値シミュレーションにより操船者の特性を除く着岸能力の推定を行った。本シミュレーションにおいては着岸能力指標：T.M(Tugboat force Margin)を定義し、種々の条件下における着岸操船の実現性を評価することが可能となった。次に操船シミュレータを用いた実務者による着岸操船実験を行ない着岸操船の評価を行った。

研究成果の概要(英文)：Currently, a study about the quantitative evaluation of the maritime technology of mariner executed by Prof. KOBAYASHI. The result of the study is applied to the maritime education and training using ship handling simulator and the evaluation of the ship operator characteristic. However, the studies about the evaluation of ship-handling competency for the mariner's at berthing maneuver are insufficient.

In this study, it proposed the method for ship handling training for berthing maneuver under the wind. In this study, we carried out numerical simulation and experiments using ship-handling simulator. From the numerical simulation, we can estimate the berthing ability relating to physical condition without the human characteristics. And we are already propose define the index for berthing ability "Tug Margin". Tug Margin is expressed as margin of tugboats force against the wind force.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学/社会システム工学・安全システム

キーワード：船舶運航技術 船舶運航技術者 ヒューマンファクタ 行動特性

1. 研究開始当初の背景

本研究は移動体の安全な運航環境を実現するための環境条件（人間とそれ以外の要素）を論理的に明らかにし、一般社会に対し移動体操縦者いわゆるオペレータの重要性を正しく認識させることを目的としている。近年、移動体、大型プラントで発生した事故及災害の原因はそのシステムを運用する人間（オペレータ）にあるとされ、その割合は非常に高いと理解されている。特に船舶運航においては事故の原因の80%以上は人間、すなわち海技者に原因があるとされている。

本研究では船舶運航を例に安全な移動体運航を達成するための必要条件を移動体操縦者の行動を詳細に分析することによって明らかにすることを目的としている。

2. 研究の目的

本研究では船舶運航の操船局面の中で操船者に対し極めて高い TASK を課している複数の曳船を用いた着栈操船を対象とし、着栈時の操船者特性を明らかにすると共に操船者の着栈能力を定量的に評価する方法を提案する。

3. 研究の方法

着栈能力は船の操縦性能と風や曳船などの外的条件の組み合わせ及び操船者の特性によって決定される。はじめに数値シミュレーションにより操船者の特性を除く着栈能力の推定を行った。本シミュレーションにおいては着栈能力指標：T.M(Tugboat force Margin)を定義し、種々の条件下における着栈操船の実現性を評価することが可能となった。次に操船シミュレータを用いた実務者による着栈操船実験を行ない着栈操船の評価を行った。着栈操船の評価は、着栈能力指標に対する操船目標の達成度および着栈操船時の船体運動状態を比較検討することによって可能となる。本比較より、着栈能力指標と人間が制御可能な船体運動、すなわち、人間の制御余裕量を推定することが出来る。

(1) 数値シミュレーション

着栈操船の最終目的は本船の姿勢を栈橋と平行に保ち、許容速度以下の横移動速度で着栈することである。風圧下において本船を意図した通りに制御するには曳船により誘起される力及びモーメントは風によるそれよりも大きいことが必要である。これが物理的に必要な条件となり、曳船による着栈操船の能力を表すこととなる。

本研究では風圧力が船体に誘起する力及びモーメントを打ち消し、純粋に本船の運動制御に使用可能な力 $Y_{force\ by\ Tug}$ と風圧横力 Y_w の比を曳船余裕率：T.M と定義した。T.M ($=Y_{force\ by\ Tug}/Y_w$) は着栈限界に対する余裕を示していることとなる。

T.M が 1.0 以下の場合、着栈操船は物理的に達成できない。一方、T.M が 1.0 を超えて

いれば物理的には着栈できるとなる。しかし、一般的に人間は与えられた制御力を最適に使う事は出来ず、T.M は 1.0 以上なければならないということとなる。標準的な海技者が曳船を用いて本船を安全に着栈させるために必要な余裕率を把握することは大変重要である。

(2) 操船シミュレータを用いた操船

風圧力に対する曳船余裕率 (T.M) を定義した。この余裕率は風圧下における栈橋への着栈能力を明確にするものである。つまり余裕率が 1.0 より大きければ、風圧外乱下において物理的には着栈可能である。しかし、海技者が物理的環境条件に適応した最適な操船を行うことは難しく、上記の物理的な余裕率に人間の制御余裕量を加える必要がある。人間の制御余裕量及び操船者特性を検討するために東京海洋大学操船シミュレーターセンターにて海技者による着栈操船実験を行った。

操船者は一級海技士の免許を有し、曳船を使用した着栈操船の経験を有する海技者 15 名である。

着栈操船時の要求条件は下記に示す。

- 1) 最大横移動速度は 20cm/s 以下とする。
- 2) 本船が栈橋との横距離が船幅 (約 60m) に至るまでに横移動速度を 10cm/s 以下とする。
- 3) 接岸時の速力は 5.0cm/s 以下とする。

4. 研究成果

(1) 曳船余裕率の妥当性評価

Fig. 1 は本船が接岸した時の余裕率と横移動速度の関係を示しており、影で囲まれた部分が着栈速度の制限値範囲内を表している。横軸は曳船余裕率、縦軸は着栈時の横移動速度を表している。

本図より余裕率が大きいほど着栈時の速力が制限値内に集中していることがわかる。また、余裕率によって着栈操船の達成度を良く整理できており、風圧下における着栈操船の能力を示す指標として妥当であることが確認できる。また、標準的な海技者が許容値内の横移動速度で着栈させるには、余裕率 4.0 以上必要であることが判る。

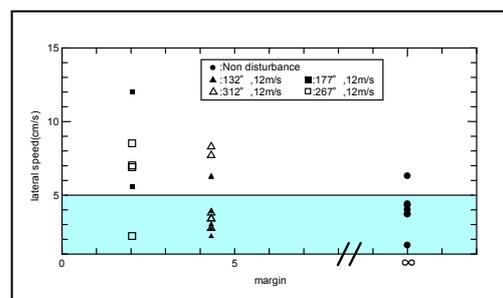


Fig.1 Relation between the margin and lateral approaching speed

(2) 操船者の曳船の操作特性

次に曳船の操作内容に関する解析結果を示す。操作内容は多くの操船者に共通した結果が得られた。ここでは代表的な操作内容を Fig. 2 に示す。Fig. 2 棧橋までの残行程を横軸に曳船推力の総和、各曳船の推力レベル及び推力の作用方向の一例をまとめたものである。Fig. 2-1 は横移動操船中、曳船によって誘起された横方向推力と残行程の関係を示したものである。上段は船体中心より前方に配置した曳船 (No. 1 及び No. 2) の合計推力、下段は船体中心より後方に配置した曳船 (No. 3, No. 4 及び No. 5) の合計推力を表している。

本結果より前部と後部に配置した曳船の残行程に対する推力の変化傾向が同じであることがわかる。

Fig. 2-2 は各曳船の推力レベルと残行程の関係を示したものである。図中の実線は曳船推力レベルを示し、破線は推力の作用方向を示している。

この結果より、操船者は No. 1 と No. 5 及び No. 2 と No. 4 の曳船に対して同一の操作指令を行っていることがわかる。

本曳船指令は、操船者が曳船操作による回頭モーメントを最小限にすることを目的としていると推定することができる。また、前後ほぼ同距離に配置された曳船に対して同一の操作指令を行うことによって、操作対象となる曳船隻数を見かけ上減少させていると考えられる。このことから操船者は 5 隻の曳船を個別に操作することが出来ていないことがわかる。また、本操作内容は 2 隻の船

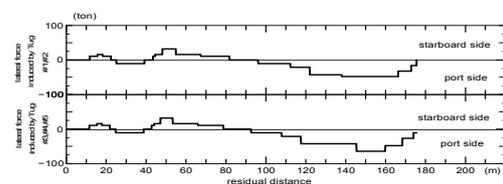


Fig.2-1 Lateral force induced by tug

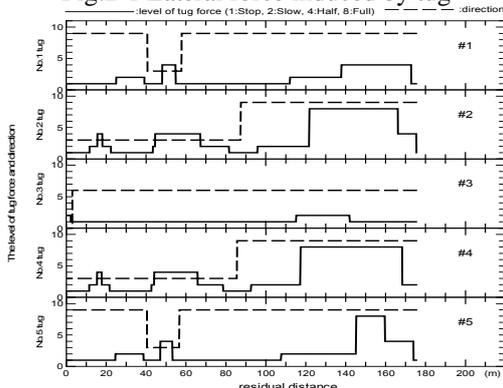


Fig.2-2 The level of tug force and direction

Fig.2 Relation between the residual distance and contents of tug operation

で制御している状態とも言える。この操船方法は人間の持つ情報処理能力の限界に対する一つの対策であると考えることが妥当である。

以上の結果より、配置された曳船の能力を有効に活用するためには支援システムの導入が有効であると考えられる。

数値シミュレーションおよびシミュレータを用いた曳船による着棧操船実験の結果から下記の点が明らかとなった。

- 1) 本研究で定義した曳船余裕率は風圧外乱下における安全な着棧能力を決定する重要な指標である。
- 2) 曳船余裕率を使用することによって着棧操船実施前に理論的に安全な操船が実現できる状態を推定することが出来ると共に合理的な曳船配置を決定することが可能となる。
- 3) 操船シミュレータを用いた実験結果より、標準的な技能を有する海技者が許容値内の速度で着棧させるには、4.0 以上の曳船余裕率が必要である。
- 4) 本研究で提案している曳船余裕率は静的条件下で算出したものである。今後は本操船実験から得られた動的な困難度を加えることによって、より合理的な指標とすることが出来る。
- 5) 海技者は 5 隻の曳船を有効活用することが出来ない。これは人間の持つ情報処理限界と推定でき、曳船の能力を有効に活用するためには支援システムの導入が有効であると考えられる。

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)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 石橋 篤、小林 弘明、曳船を用いた着棧操船の解析と評価に関する研究-風圧下における着棧操船-、日本航海学会講演予稿集第 1 巻 2、査読無、2013 年、p.35-38
- ② Atsushi ISHIBASHI, Hiroaki KOBAYASHI, Analysis on the berthing maneuver by using tug boats, 13th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, 査読有、2013 年、p. 74-83

[学会発表] (計 2 件)

- ① 日本航海学会 129 回講演会、2013 年 11 月 8 日、神戸ポートタワーホテル
- ② 13th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, 2013 年 8 月 8 日~8 月 9 日、Daejeon, KOREA

[図書] (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0件）

○取得状況（計 0件）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石橋 篤 (ISHIBASHI, Atusushi)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・講師

研究者番号：00242321

(2) 研究分担者

内野 明子 (UCHINO, Akiko)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・准教授

研究者番号：40311005

小林 弘明 (KOBAYASHI, Hiroaki)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・特任教授

研究者番号：70016963