

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 21 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23651166

研究課題名(和文) 失敗の経験に着目した大型船の操縦技術訓練方法の検討

研究課題名(英文) A Study on Training methods of a Large Vessel Maneuvering Based on Experience of Failure

研究代表者

広野 康平 (HIRONO, KOUHEI)

神戸大学・海事科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80346288

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：大型船モデルとタグボートモデルの船体、動力部、制御装置、位置計測装置を設計、作成した。位置計測装置の動作確認を兼ね、既存モーターボートによる操縦航跡を取得した。操縦者は大型船の操縦経験者と非経験者であった。モーターボートの操縦には、大型船の操縦経験による優位性は認められず、船型毎に涵養される操縦感覚の存在が示唆された。失敗の経験に着目した技量の習熟過程についてのモデル化を検討し、併せて失敗の経験を明示的に組み入れる訓練シナリオの検討を行った。本助成によりモデルの製作と保守に必要な資機材の確保がなされた。今後もモデルの完成度の向上と改良、習熟過程に関する評価実験を継続する。

研究成果の概要(英文)：The hull of a large vessel model and a tugboat model, the power devices, the control devices, and the position fixing device were designed and created. Persons who have experience of maneuvering large vessel and persons who have no experience maneuvered several types of motorboats. It seemed that experience of maneuver large vessels has no advantage to maneuver small boats. Failure of maneuver, over-run for berthing position, and so on, was led by miss and / or short insight into that situation. The experience of failure establishes own strategy for maneuvering. It is important to give opportunities to fail not reach to critical and dangerous situation. The training scenario which combines modeling about the mastery process of skill was considered. Reservation of materials required for manufacture and maintenance of a model became by this support. Improvement in the completeness of a model, and improvement and the evaluation experiment about a mastery process will be continued.

研究分野：船隊運航管理

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：失敗経験 操縦技術 技術取得 安全工学

1. 研究開始当初の背景

(1) 船舶を操縦するための力

船舶は、船体重量を浮力で支持するとともに、目的の場所へ移動するために、プロペラ、舵という推力や抵抗を発生させる装置を持ち、適宜出力や角度を調整することによって、移動のための力を得ている。一方で、船体には外乱として風や潮流の圧力が働き、船体の移動に影響を与える。

大型船が岸壁に着く場合や岸壁から離れる局面(着離岸という)では、姿勢を制御するためにプロペラと舵以外の力が求められる場合があるため、船体にスラスタと呼ばれる推力装置を付しておいたり、かつ/あるいは、タグボートと呼ばれる支援専門の船舶を利用したりすることになる。場合によっては、錨を打ち、錨・錨鎖を支点とする抵抗を利用する場合もある。着離岸は、外力状況に合わせて、動いていた大きな質量の物体を止める、あるいは、止まっている物体を動かし始めることになるため、一定の速力で航行している状況よりも操縦者に高度な技量が求められる。

(2) 人による制御と既存の訓練方法

船体移動の制御は、操縦を指揮する者が、プロペラ、舵、スラスタ、タグボート、等から得ようとする力のそれぞれについて、方向と大きさ、使い始める、及び、止めるタイミングを判断して実現されている。

特に着離岸の場面では、時々刻々変化する外力影響を踏まえて、プロペラ等への指示を適切に出す必要がある。この判断は数式から導かれるものではなく、培った感覚によるものである。この判断力を「船舶を操縦する技術」と定義した。

「船舶を操縦する技術」の習得は専ら実際の船舶による着離岸の実際の操縦を通じてしか得ることができなかった。これを「現実実船訓練」と呼ぶこととした。現在は、ビジュアル式の操船シミュレータによる訓練が重要視され、訓練メニューの中に大きな割合を占めるようになってきている。シミュレータでは、現実の船舶の動きを数学モデルにより再現することが可能であるが、コンピュータグラフィックスを用いた仮想空間内での経験しか得ることができない。これを「仮想実船(シミュレータ)訓練」と呼ぶこととした。

(3) 新しい訓練方法の提案

「現実実船訓練」では、操縦の失敗は衝突などの事故・船体等の損害に直接結びつく。このため、初心者はベテランによる操縦の状況を見学するだけの段階から始まり、最終的には自身で操縦を実行するに至るものの、なお、ベテランのバックアップを伴うものとなっている。「現実実船訓練」は失敗が許されない訓練であるといえる。

一方、「仮想実船(シミュレータ)訓練」では、事故を怖れることなしに極端な制御方法を試行して、応答の限界などを体得する機

会を得ることができる。しかしながら、視覚情報のフィードバックが主であるため、実際に制御している船に乗って一緒に動いているという実感を伴いにくい。「仮想実船(シミュレータ)訓練」は緊張を強いにくい訓練であるといえる。

これら既存の二つの訓練方法を補完する、つまり、緊張感を伴いつつも、許される範囲内の失敗の経験を繰り返すことにより、操縦のセンスを体得させる訓練方法があり得ると考え、これを「現実モデル訓練」と呼ぶこととした。

2. 研究の目的

本研究は、「現実モデル訓練」方法を試行し、もって、「船舶を操縦する技術」の習得についての過程・メカニズムを明らかにし、より効果的で効率的な訓練方法の構築に寄与することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 訓練装置としての実船モデルの作成

大型船のミニチュアモデル(大型船モデル)を作成する。このモデルの形状は、タンカーあるいはコンテナ船等の大型船の船型を模し、プロペラ、舵等の装置も実船と同じ位置に配置する。タグボートのミニチュアモデル(タグボートモデル)も併せて作成し、大型船モデルの操縦支援の模擬を行えるようにする。これらの考慮事項から以下の要件を設けた。

大型船モデルは長さ10m程度とし、訓練生が実際に搭乗し操縦を行う。

プロペラやタグボートの出力は、実際とスケールを合致させる。即ち、大型船モデルの重量と見合うものとし、過大な速力とならないようにする。

大型船モデルは周囲の岸壁等に接触しても損傷しない堅牢さを持たせるとともに、損傷の防護措置を講じておく。

(2) 現場での試行錯誤ができる環境の提供 以下の要件を仮説として設けた。

作成した大型船モデルとタグボートモデルを実際に浮かべ、航行や着離岸の操縦課題を訓練生に与える。

このとき、操縦している訓練生にとっては、岸壁等にぶつけまいとする意識が働くはずであり、シミュレータ訓練に比べて高い緊張感を強いることになると考える。

構造・強度的に問題が無いようにするが、思った通りに船体が動かない、あるいは、岸壁に過度の速力でもって接触するなど実際に失敗を体験することになれば、その原因は何か、考えが足りなかったところはどこであったかと、真剣に反省・反省をすることになる。

(3) 現実モデル訓練方法の検討

試行錯誤を繰り返させる、つまり、「失敗の経験」を明示的に与える訓練方法の有効性を確認する方法を検討する。併せて、より効率的で効果的に操縦技術を習得するための訓練の要件を求める。

4. 研究成果

(1) 大型船モデルの作成

船体の設計と開発

大型船モデルの船体形状は、一般財団法人日本船舶技術研究協会(第108研究部会)による検討供試用のコンテナ船の船型を参照した。主要目は垂線間長175m、型幅25.4m、型喫水15.4mである。大型船モデルはこの船型の25分の1とし、それぞれ7m、1.02m、0.62mとした。

船体の形は線図(オフセットテーブル)に定義されている。垂線間を20分割した各セクション(隔壁部材)の形状をベニヤ板から切り出し、垂線間方向に配置したキール(竜骨部材)に垂線間の20分の1間隔で配置するものとした。

縦貫部材(バウライン・パトックライン)、水平部材(ウォーターライン)も同様に線図を基にベニヤ板から切り出し、隔壁部材とそれぞれ直交するように配置し、三次元での強度を得るようにした。

船体中央部(セクション3からセクション6)の間の隔壁部材の形状は上部に開くU字型とし、搭乗スペースを確保するものとした。

推進力の確保

大型船モデルには、主機(メインエンジン)とバウスラスト(船首部に配置し、左右への回頭モーメントを得る装置)を配置するものとした。それぞれバスマッシング用の電動モータ(最大推力約25Kg重)を用意した。モータを駆動するバッテリー(マリン用12V)とチャージャーを用意した。

推進力の制御

バッテリーと電動モータの間に耐高電流MOS-FETによるHブリッジ回路を形成して、正転・逆転の制御ができるようにし、また、オペアンプ・コンパレータによるPWM(Pulse Width Modulation)回路を形成して、双方向の出力調整ができるようにした。

舵の制御

舵角の調整は舵柄式とし、直線運動を舵角の回転運動に変換する機構とした。直線運動には、ロッド式のアクチュエータを用意した。舵角に相当する回転を与える直線位置を検出するようにし、指示舵角を得るようにした。

位置の計測

GPSアンテナを用意した。

計測された位置情報はシリアル信号として出力される。ノートパソコンに入力できるようにUSBインタフェースに変換するようにした。入力された情報を記録するプログラムを開発した。

(2) タグボートモデルの作成

船体の設計と開発

タグボートモデルも人が搭乗して、大型船モデルの操縦を支援できることとした。

ただし、大型船モデルが動く為に必要な水域を制限しないよう、タグボートモデルの船体は、大型船モデルに比べて小さくする必要があるので、最小限の面積で人等の浮力を得ることのできる、浮棧橋ユニット(プラスチック製の縦横50cm、高さ40cmの立方体)を組合せて長さ2m、幅1.5mの筏状にし、これを船体とした。

推力と方向の制御

大型船モデルの操縦を支援するためには、大型船モデルにかける力と方向を微調整できる必要がある。そこでタグボートモデルの旋回性と追従性を高めるため、推力装置として、大型船モデルと同様の電動モータを2基用意した。電動モータは、船体への取り付け部を中心に全方向に推力を向けることができる。推力と方向の制御は、搭乗した人の両手による既成のクラッチハンドルの操作によって実現する。これら二つの電動モータを左右に配置することで、前進・後進、その場回頭ができるようにした。

(3) 訓練環境の整備

訓練水域の確保

研究代表者の所属する組織には、その敷地内に係船池がある。この内外付近の海域を研究開発及び想定する訓練海域とした。また、同係船池内にある一般の小型舟艇のための係留棧橋等の設備を利用できるようにした。

風圧影響の調整

提案する「現実モデル訓練」では、実際の現場、つまり、風等の外力が存在している環境下で着離岸等の操縦を実行する。その時の風の強さ(風速)に応じて、受風面積を調整することにより、訓練シナリオの難易を調整できるようにした。

大型船モデルの船体の内、風圧を受ける部分の形状を設計し、透明なポリカーボネイト製の板により船体甲板に積載されるコンテナ(受風面積)を再現するようにした。

目標岸壁の任意設定

風速と同様に風向も現場では統制することが不可能である。訓練シナリオの多様性を確保するため、目標とする離岸岸壁を風向に合わせて移動できることが望ましい。そこで、タグボートモデルの船体に用いた浮棧橋ユニットを別途用意、筏状に組み合わせて、係

船池内外の任意の場所に設置できるようにした。

保守性・可搬性の確保

大型船モデルの保守性を確保するため、訓練シナリオ以外では、陸揚げしておく必要がある。また、係船池では他の一般の小型舟艇の運用があるため、別途確保した保管場所へからの可搬性が求められる。大型船モデル及びタグボートモデルに合わせた台車を作成した。

(4) 訓練方法の検討結果

複数被験者による操縦実績の取得と考察

大型船モデルとタグボートモデルの作成に並行して、複数の被験者によるモータボートの操縦実績を取得した。被験者は、一級海技士(航海)免許を有し、大型船の運航実務を船長として経験している者、及び、練習船による実習のみを経験している者、並びに船舶の操縦経験の無いものである。

使用したモータボートは、全長 15m (285馬力)、全長 9.7m (160馬力)、全長 5.4m (48馬力)、全長 5.7m (15馬力)の4種類であった。係船池内外において、着離岸操縦の課題を課した。過大な速力での接近や急激な舵やエンジンの使用状況が大型船の操縦経験者群と非経験者群の双方に認められた。これらの「失敗」は制御対象としたモータボートの運動特性と操縦操作系への慣熟が十分でなかったことが理由として考えられた。

このことから「現実モデル訓練」において、a)大型船モデルの運動特性は、実際の大型船と相似させる必要があること。

b)操縦操作系に関する慣熟は十分にすることが示唆された。

「現実モデル訓練」シナリオの要件策定

訓練生は大型船モデルの操縦操作系について十分に把握できているものとし、かつ、大型船モデルは対象とした大型船の運動特性に相似していることとする。これらの条件下にて、「現実モデル訓練」を実施する。

複数被験者の操縦実績についての考察から、訓練シナリオの要件を策定した。

a)着岸のための操縦課題を与える。

この際の評価は、過程に着目する評価と結果に着目する評価の二つに大別するものとした。

過程に関する評価では、まず、訓練生に課題開始位置から目的岸壁着岸状態までの操縦シーケンスをプランニングさせる。続いて、操縦を実際に行い、策定したプランとの差異を指標とする。

結果に関する評価では、着岸終了時での、位置と岸壁法線と船首方位のずれ、あるいは、岸壁に接触してしまった時点での速力を指標とする。

b)実際の操縦を実行させる。

操縦の過程の評価が良好であっても、結果が悪い場合がある。この場合は、操縦の特性が考慮できていても、プランとして操縦シーケンス自体が不良であったと判定する。また、プランとは異なった操縦過程となったものの、結果として良い着岸ができる場合がある。この場合はプランの策定に考慮すべき事項が抜けている、あるいは間違っているという問題があったことになる。

c)試行を繰り返す。

思い通りに上手く着岸する、すなわち、過程と結果の評価の双方が良好になるまで、繰り返し操縦を実行する。

シナリオの試行と考察(今後の課題)

本研究において、仮説として、「船舶を操縦する技術」とは実行可能な操縦プランを組み立てる能力と考えた。その能力は、操縦プランの策定に必要な条件は何であって、かつ、それがどのような状態かを認識する能力が必須であるとした。この認識能力は失敗を繰り返す試行錯誤の過程から得られるものと考えた。

大型船モデルの最終調整が済んでいないため、当該シナリオを検証する実験が行えていなく、研究として完結していない。今後も当研究を継続する。

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0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔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〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

広野 康平(HIRONO KOUHEI)

神戸大学・海事科学研究科・准教授

研究者番号：80346288

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし