

令和 4 年 6 月 12 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04859

研究課題名(和文)ハーバー・タグによる離着岸支援操船の自動化に向けた運動モデル構築及び運動計算

研究課題名(英文) Development of a mathematical model to simulate berthing maneuver assisted by tugs

研究代表者

佐野 将昭 (Sano, Masaaki)

広島大学・先進理工系科学研究科(工)・准教授

研究者番号：40582763

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、タグによる離着岸局面の支援操船に焦点を当て、将来的にタグの自動制御を検証可能な仮想環境を構築した。具体的には、広範な運動状態を網羅する主船体流体力モデル、岸壁に近づく際に主船体を受ける干渉力モデル、緻密な水槽試験に基づくタグの旋回式推進器の推力モデル等、種々の要素モデルを提案した。加えて、本船を任意隻数のタグが押航、曳航する状況、それらの支援作業が混在・連続的に変化する状況を取り扱えるモジュール型連携運動モデルを構築した。そして、それを活用した着岸支援操船の計算例を通じて、複数のタグが自身の方位角や速度を柔軟に調節し、連携運動の結果として、本船を着岸させる事を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の自動運航船に関する研究開発の多くは、自船単独で操縦制御を完結する事を目指している。しかし大型な船舶ほど、その巨大な慣性力に対して相対的に制御力が乏しく、過密航路の安全通航や離着岸操船では、ハーバー・タグによる支援が欠かせない。自動運航という趨勢の中、支援側のタグの進化もまた検討に値する。本研究では、任意隻数のタグが連携して本船を支援する局面を取り扱える運動数学モデルを提案した。これは今後の次世代型タグの開発に当たり、その制御方式を開発・評価する為のプラントモデルとしての活用を期待できる。また実際に離着岸支援操船の計算例を提示する事で、タグによる高度な連携支援の可能性を示す事ができた。

研究成果の概要(英文)：This study was aimed to establish maneuvering mathematical model for berthing/unberthing operation of a ship assisted by harbor tugs in cooperation. In the coming era of autonomous controlled ships, an advanced tug with a sophisticated intelligence is also one of promising ideas and is expected to support a ship berthing more safely and smoothly. The proposed model could be utilized in future as a plant model for the model-based design of such an advanced tug and helpful to evaluate the control system through the virtual simulation.

This study tackled with the mathematical formulation of the berthing phase, towing tank test and simulation-based studies. A main achievement is to present a modular-type mathematical model for cooperative maneuvers, considering the coupled motions among the ship and tugs. Some trial simulations indicated the possibility that multiple tugs could berth the large ship by cooperative maneuvers, in which their motions were flexibly adjusted each other.

研究分野：船舶運動性能

キーワード：タグ(曳船) 離着岸 操縦運動 運動モデル 自動化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1980年代の高信頼度知能化船プロジェクトは、自動運航船開発の先駆けともいえる取り組みであり、運輸省(当時)主導の下、国内の主要造船企業や大学の研究者等が集い、種々の画期的な要素技術やシステムが開発された。当時の課題とされた通信技術やセンシング技術は飛躍的な進化を遂げ、人工知能(AI)技術の発達と普及、更には多方面で自動化に対する社会的受容性が向上した事もあり、国内外で精力的な研究開発が進められている。既に先行する欧州では、MUNINやAAWA等の大型プロジェクトを通じて、自動運航船のコンセプト構築と立証が行われてきた。国内でも数十年越しに気運が高まり、2018年には、国土交通省の分科会において自動運航船の実用化に向けたロードマップが策定された。また日本財団が支援する無人運行プロジェクトでは、2025年迄の実用化を目指して、共同企業体により実証実験が進められている。正に自動運航船の開発競争は待たなしの状況にあり、そう遠くない将来の実現が期待される。

自動運航船が具備する技術の内、操縦制御分野に関して言えば、これまで自律避航、自動離着棧といった自船単独で操縦制御を完結する事を目指した技術開発に重きが置かれてきた印象が強く、進行中のプロジェクトもその流れに沿うものが多い。しかし総じて船舶は、その巨大な慣性力に対して制御力・制動力が乏しく、緩慢な運動性能となる。その傾向は大型船舶の場合に顕著であり、現実には、過密航路の安全通航や離接岸を含む港湾内操船では、ハーバータグ(以下タグ)と呼ばれる小型高馬力船による支援が、制御力を補償する手段として不可欠となっている。船舶が大量輸送を目的とした輸送機器である限り、タグの存在意義は変わる事はないと思われるが、船舶の自動運航という趨勢の中、港湾内の運航を支援するタグ側の進化(知能化・自動支援操船)もまた、将来的なタグの可能性の一つとして検討に値すると考えられる。

タグの数ある役割の内、本研究で取り扱う離着棧状況下の支援操船の自動化は、そうした先進的なタグの導入が期待できる分野といえる。特に大型船の着棧時は、本船に乗船した水先人からの無線指示に基づき、複数隻のタグが連携し合って着棧操船の支援に当たるが、港湾設備への損傷事例は数多い。人的な操船ミスに因る場合もあり、時に強い外乱に晒される状況下での繊細で緻密な連携支援の難しさがうかがえる。一方、そうした連携作業は機械が能力を発揮できる分野とも思われ、例えば知能化したタグの支援操船により、外乱下での安全かつ円滑な離着棧操船の実現や、離着棧時間の短縮化による就航回転率の向上に寄与できる可能性もある。また自動運航システムを有さない船舶を自動支援する事は、間接的な自動離着棧ともみなせる。このように高い運動ポテンシャルを有する先進タグの活躍には、期するところが多いと思われる。

以上の通り、本研究に従事した時期は自動運航船時代の幕開けと重なり、各種の技術開発に加え、受け入れ側の港湾やタグ、法令の在り方等、様々な分野の議論が本格化した時期であった。

2. 研究の目的

本研究では、タグによる離着棧局面の支援操船に焦点を当て、その将来的な自動化に向けた机上でのシミュレーション検討を可能とするべく、プレイヤーである大型船舶(本船)とタグの個々の運動数学モデルの構築、並びにそれらが連携する同局面の運動数学モデルの構築を第一の目的とする。これは今後の次世代の先進タグの開発に当たり、その制御方式を開発・評価する為のプラントモデルとしての活用を期待できる。第二の目的は、同運動モデルを活用し、タグが離着棧を支援する状況をシミュレーションする事で、タグによる高度な連携支援の可能性を示す事である。まず複数隻のタグによる押航支援、曳航支援の計算では、本船の初期状態に対してタグが適切に連携対処できるかを検証する。また具体的な着棧シナリオに基づく計算では、2隻のタグが協働して、入港から着棧まで本船をサポートする様子を例示する。その際、3Dのアニメーション環境を提供する事で、具体的なイメージの想起を目指す。加えて離着棧時の曳航策による回頭支援局面を想定した計算では、本船の行き脚速度や水深が、航跡や各種運動状態に及ぼす影響を明らかにし、支援操船に関する知見を得る。

以上纏めると、本研究では、タグによる離着棧支援操船の計算環境を整備(運動モデルを構築)し、幾つかの運動計算による検証を通じて、支援操船の自動化に関する取り組みの端緒とする。

3. 研究の方法

離着棧局面は、関連するプレイヤーの多さ(本船と複数隻のタグ)、互いの運動干渉を含む煩雑な動き、並びに運動モードの連続的な変化の観点から、その局面を取り扱える運動モデルの知見は極めて少ない。タグによる力を単純な外力値とみなし、本船の運動を解く方法が実用的であり主流と思われるが、本研究はタグが主役であり、タグの連携運動の結果として、本船の離着棧操船を実現するという趣旨からは、その取り扱いはずぐわれない。そこで本研究では、同局面を再現する為に必要な、個々の研究課題に取り組んだ。

(1) 広範な運動状態を網羅する主船体流体力モデルの構築(本船):

離着棧過程において、本船とタグは、状況に応じて様々な動きをする。前後進、真横移動、その場回頭を含む広範な運動状態に応じて、主船体に作用する流体力の組成は複雑に変化し、精度良い統一的な表現方法には頭を悩ます。ここでは、実績のある2つの主船体流体力モデルを運動状態に応じて円滑に接続する方法を提案し、離着棧時の主船体流体力の計算精度向上を試みた。

なお肥大度が大きくタグの支援が難しいと思われるバラ積み貨物船を対象に検討したが、同流体力モデルの枠組みは、タグの主船体流体力モデルへも適用可能である。

(2) 着岸時に主船体が受ける岸壁影響の表現モデルの構築 (本船):

仮想環境上で、離着岸時の運動再現を難しくする理由の一つに、岸壁側から受ける反力の影響が挙げられる。そこで浅水域 (水深喫水比 1.2, 1.5, 2.05) に設置した岸壁模型 (垂直壁) へ船体を横移動させる実験結果を解析する事で、主船体に作用する非定常な横力特性を明らかとし、その表現モデルを検討した。供試船は (1) と同じバラ積み貨物船を対象とした。

(3) タグの旋回式推進器の推力モデルおよび運動モデルの構築 (タグ):

国内の標準的なタグ仕様を文献調査で洗い出し、船長 33(m) の 1/19 の縮尺模型を製作した。同模型は、360 度首振り可能なノズル付き旋回式推進器を 2 基装備する仕様を持つ。広島大学曳航水槽で各種拘束模型試験を実施し、タグの運動数学モデルの構築に必要な流体力データを計測した。特に推進器単独曳航試験では、首振り角とプロペラ荷重度を系統的に変化させる事で、離着岸支援時の広範な作動状態を網羅できるような推進器流体力モデルを検討した。

(4) 本船とタグの連携運動モデルの構築と運動計算:

離着岸支援操船の運動計算の為、本船と任意隻数のタグから成る連携運動モデルの定式化を行った。具体的に、押航時には押航位置における本船とタグの平面運動の連続条件を課し、曳引時には、緊張状態の曳引索を 1 本のトラスと見なした定式化を試みた。そしてそれらを複合したモジュール型運動モデル (行列方程式) を提案した。シナリオ計算を通じて、要素行列を組み替える事で、各タグの時々刻々変化する支援状態に柔軟に対処できるかを検討した。また曳航支援状態に関しては、索の弛緩と緊張を取り扱えるランプドマス法に基づく高度な定式化も試みた。

4. 研究成果

(1) 広範な運動状態を網羅する主船体流体力モデルの構築 (本船):

入出港から離着岸に至る多岐に渡る運動状態を念頭に、実用的かつ精度良い主船体流体力の表現方法を提案した。具体的には、前進時、自船操舵による通常運動範囲には多数の実績を持つ MMG 型 3 次多項式モデルを、タグ支援中の横移動・旋回が大きな運動範囲には簡易 Cross Flow Drag 型モデル (パラメータ数が少なく、それらと船型要素との相関も良い為、実用性が高い) を適用し、その中間運動領域では、連結係数を介してこれらの要素モデルを連結する連結型主船体流体力モデルを考案した。図 1 に示す通り、連結係数は、横移動速度 (横軸) と回頭角速度 (縦軸) に応じて決まり、時々刻々の運動状態に応じて、両要素モデルのブレンド率が調整される。斜航/CMT 試験時の主船体流体力の回帰精度の検証から、連結係数を介す緩衝帯の存在が、要素モデルの連続的かつ円滑な切り替えを可能とし、広範な運動状態で主船体流体力の高い回帰精度を見込める事を確認した。引き続き旋回運動試験、逆スパイラル試験、及び小旋回から横移動に至る混成運動の操縦運動シミュレーション (図 2) を行い、港湾内操船で直面する広範な運動状態を口バストに計算できる事を確認した。

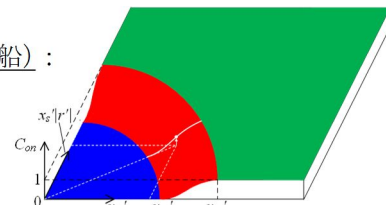


図 1: 運動状態に応じた連結係数の概念図

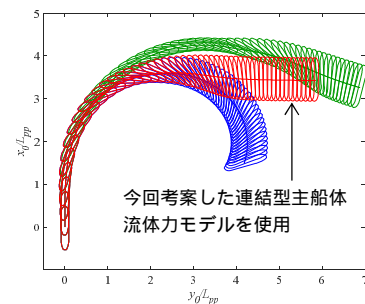


図 2: 小旋回から横移動に至る混成運動の計算結果

(2) 着岸時に主船体が受ける岸壁影響の表現モデルの構築 (本船):

岸壁に向かって横移動する主船体受ける横力実験結果 (図 3(a)) に基づき、岸壁までの距離と主船体横力の増減関係を明らかとした。同水深オープン水域の横抵抗に対する増加比 (図 3(b)) から、船体側壁-岸壁間距離が船幅の 3 倍未満になると、岸壁からの反力が指数関数的に急増する事が分かる。水深が浅い程、増加率は顕著である。同現象は付加質量の時間変化項に寄与する現象であり、本研究では、壁までの距離に応じた指数関数的な横力増加項とみなして定式化し、水深毎にゲインと時定数で特徴付けた。また主船体流体力を表す Cross Flow Drag モデルに同岸壁影響項を考慮する定式化を行い、タグの支援を受けて一定押航力下で着岸を行う状況を計算した (図 3(c))。浅い水深では着岸速度の低下が目立ち、将来的な自動離着岸の可否を巡る机上検証では、水深に応じた適切な岸壁影響の考慮が、正確な運動計算に不可欠な事を示した。

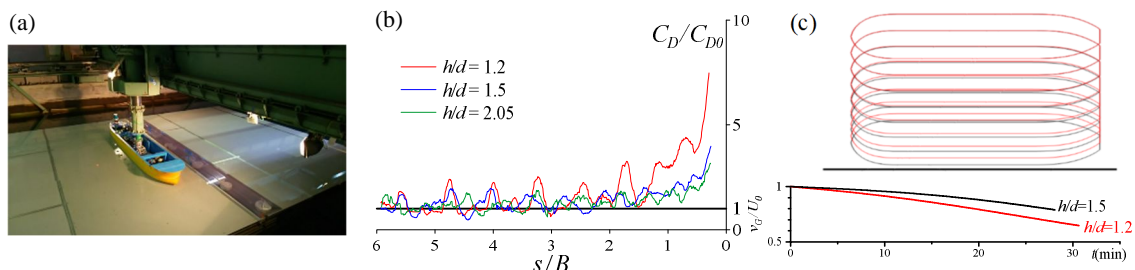


図 3: (a)岸壁への真横移動試験 / (b)横移動時の岸壁迄の距離に応じた主船体横力 / (c)岸壁影響を考慮した着岸シミュレーション計算 (航跡と船速低下)

(3) タグの旋回式推進器の推力モデルおよび運動モデルの構築 (タグ):

タグは 360 度首振り可能なノズル付き旋回式推進器を有し、同推進器に作用する推力と横力の精緻なモデル化が、タグの精度良い運動計算の鍵となる。そこでまずは、推進器単独の流体力特性を詳細に調査するべく、数十度刻みの首振り角毎 (計 20 首振り角) に、広範なプロペラ作動状態 (実船 3kt 相当で系統的にプロペラ回転数を変化) で推進器を単独曳航 (図 4(a)) し、首振り角、プロペラ荷重度、流体力の詳細な関係を明らかとした。推力と横力の無次元係数は、首振り角とプロペラ作動状態毎に詳細な場合分けを行い、各々プロペラスリップの多項式表示を考案した。図 4(b1,b2)はモデル化した旋回式推進器の推力/横力特性 (一部) であり、首振り角に応じた推進器特性の俯瞰的な把握が可能である。引き続き推進器をタグ船体へ装着し、船体斜航角を $\pm 180^\circ$ 変化させた際に推進器位置に流入する流れの平均的な流向と流速の変化を明らかとした。一連の解析結果を通じて、任意の操縦運動時、任意の首振り角の推進器に作用する推力/横力を推定可能なモデルを構築した。図 4(c)は再現計算であるが、プロットで示す実験点は複雑な傾向を示すものの実線の推定曲線は、それらの特徴を捉える事ができている。図 5(a)にはタグ模型の外観を、同図(b)(c)には推進器の拡大写真を示す。

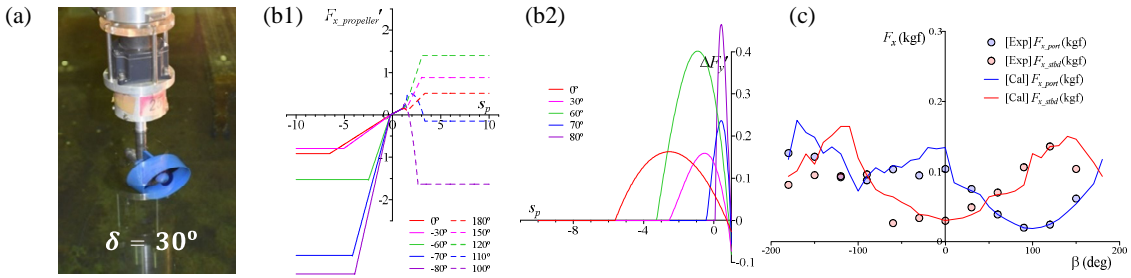


図 4 : (a)推進器単独曳航試験 / (b1/b2)首振り角に応じた推力/横力特性 / (c)推定推力と実験値の比較

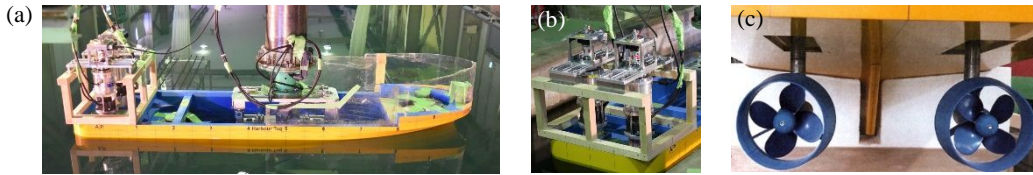


図 5 : (a)曳航電車に設置されたタグ模型 / (b)横列配置した 2 基の推進器 / (c)船低から見た推進器

本研究のタグ船型は、2 基の大型推進器を上から吊るす為に、船尾が反り上がったバトックフロー形状を有し、保針性保持の為に大型のセンタースケグを装備している。また押航作業の観点から、張り出した船首甲板を持つ。180 度に至る斜航角、大きな回頭角速度を含む CMT 試験により、タグの主船体流体力特性を明らかとした。図 6 の横力結果 (横軸: 斜航角, 凡例: 無次元角速度) に基づくと、タグは短い船長にも関わらず船首尾形状の非対称性が強い事から、大きな角速度の場合に、代表的な主船体流体力モデル (船長方向の抗力係数を一定と仮定する簡易 Cross Flow Drag モデル) による近似曲線と乖離が見られた。タグの主船体流体力を高精度で推定するには、抗力係数を高次の多項式で表現する必要性が示唆される。

以上の推進器と主船体の各流体力モデルを組み合わせる事で、タグの広範な操縦運動に対応可能な運動モデルを構築した。

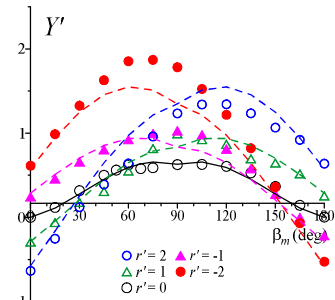


図 6 : 斜航/旋回運動時にタグに作用する横力 (シンボル: 実験値, 点線: 既存の流体力モデルに基づく推定値)

(4) 本船とタグの連携運動モデルの構築と運動計算:

押航支援および曳航支援時の各運動モデルの構築: 任意隻数のタグが本船を押航する状況の定式化を示した。タグが所定のプッシュライン (構造を強化した本船側面) を押して押航作業する点に着目し、同位置を支点とするタグと本船の連成運動方程式を導いた。そして種々の運動の連続条件を考慮し、本船の運動、押航タグの運動、それらの運動干渉を表す要素行列の集合として、押航支援時の連携運動モデル (行列方程式) を構築した。同様に、任意隻数のタグが本船を曳航する状況を対象に、張力が生じる緊張索を 1 本のピン結合部材とみなして連成運動方程式を導き、曳航策を介した運動の連続条件を踏まえて、曳航支援時の連携運動モデルを構築した。

複数の支援状態が混在する時の運動モデルの構築: 本船を支援する任意隻数の押航タグ、曳航タグ、及び支援待機 (自由運動) 中のタグが混在する場合、状況は煩雑となるが、各タグの作業状態に応じた要素行列 (定数ベクトル・解ベクトル) を組み合わせる事で、系全体の運動モデル (行列方程式) を構成する方法を考案した。時々刻々、連続的にタグの作業が変化する場合に

も、要素行列を置き換えるだけで、柔軟に運動モデルを更新可能である。今回提案したモジュール型運動モデルの概念図を図7に示す。区枠・色付けされた領域が要素行列を表し、この例は、3隻のタグが本船（緑）を取り囲み、その内2隻のタグが押航支援（青）、1隻のタグが曳航支援（赤）に従事する状況の連携運動モデルを表す。例えば A_{P01} は、1隻目の押航タグの運動が本船に与える影響を表す要素行列を意味する。

A_0 (5×5)	A_{P01} (5×7)	A_{P02} (5×7)	A_{T01} (5×7)	B_0 (5×1)	C_0 (5×1)
A_{P10} (7×5)	A_{P11} (7×7)	0 (7×7)	0 (7×7)	B_{T1} (7×1)	C_{T1} (7×1)
A_{P20} (7×5)	0 (7×7)	A_{P21} (7×7)	0 (7×7)	B_{T2} (7×1)	C_{T2} (7×1)
A_{T10} (7×5)	0 (7×7)	0 (7×7)	A_{T11} (7×7)	B_{T1} (7×1)	C_{T1} (7×1)

図7：本船とタグの連携運動モデル（行列方程式）

押航/曳航支援及び着岸支援シナリオに則った運動計算：

本船として(1)(2)の供試船と同じ実船長 178(m)の満載バラ積み貨物船を、タグには、プッシャーの操縦流体力データを代用し（計算当時、タグの運動モデルは開発途上にあった為）、支援操船の運動計算を実施した。図8は、棧橋に対して斜め-20°に停泊した本船の方位角を、棧橋と平行となるように修正しながら一定速度で押航する状況の計算例である。制御系は、本船の方位角と速度偏差に関するPID制御に基づき制御力を見積もり、問題の冗長性からMoore-Penroseの疑似逆行列を用いて、各タグに要求される力とその向きを決定した。同図より、2隻のタグが自身の方位角や速度（押航力）を調節し、連携運動の結果として、本船を円滑に横押ししてきている様子が見て取れる。

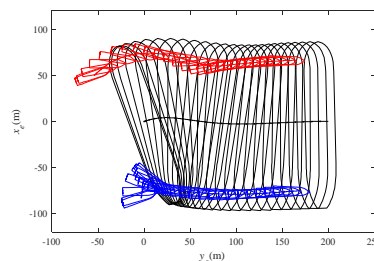


図8：2隻のタグが連携して本船を横押しする計算例

図9は、より具体的な着岸シナリオを念頭に、港湾内入港から着岸に至る過程の計算例である。本船とタグの3Dモデルを取り込む事で、立体視で運動制御の成否が確認できるアニメーション環境を整備し、時刻歴のコマ撮り（空撮）を図示したものである。同シナリオには、弛緩策による入港（：タグは自由運動状態）、曳航索による制動操船（：曳航支援）、タグが本船左舷側に周り込む移動操船（～：自由運動）、そして本船接触後（接触判定は2次元多角形の内外判定アルゴリズムを応用）の着岸支援操船（～：押航支援）が含まれる。このように、タグの支援状態、運動状態が連続的に切り替わる状況であっても、今回提案したモジュール型運動モデルを時々刻々更新する事で、一連の動作を円滑に計算出来る事を示した。

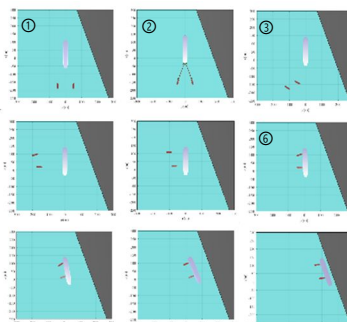


図9：入港から着岸に至るシナリオに則った連携運動の計算例

3次元曳航策を介した連携運動モデルの構築と離岸局面の運動計算：

曳航支援時には、索が弛緩状態から緊張する時にスナップ力（負荷）が作用する。その挙動把握を動機として、索をピン結合された集中化マスの集合体（ランプドマス法）と仮定し、本船、タグ、3次元索による曳航支援局面の連携運動モデルを構築した。その際、タグに関しては、3自由度の平面運動にロール運動を加えた4自由度運動を考慮した。応用例として、本船を後ろ向きにバース区域を抜けるまで曳航し、広い水域で出港に向けた回頭曳き回し作業を行う状況（図10a）を想定した計算を行い（本船とタグはと同じ）、本船の行き脚速度や水深が、航跡や各種運動時系列に及ぼす影響を明らかにした。図10(b)は水深が深い場所での回頭支援作業の計算例である。共通の制御系の下での検討となるが、本船に僅かでも行き脚があると回頭航跡はオーバーシュート気味となる。当初タグは左舷から曳かれるが、回頭が発達すると右舷側から曳かれる。その後は、いわゆる振れ周り現象が続くと思われる、曳航を続ける場合には本船の挙動に注意が必要と思われる。一方、水深が浅い場合（図10(c)）は、操縦運動に対する減衰力が強い為、タグに曳かれても本船の横移動・回頭運動の発達は遅い。この為、深水域と比べて、同時間内のタグの進出距離は短い。特に行き脚があると、本船の回頭航跡は円弧ではなく急峻に変化しており、本船の惰性直進を制動する事にタグが苦慮する様子がうかがえる。この事例からも、タグによる本船の制御方法は、水深に応じて調節する必要がある。

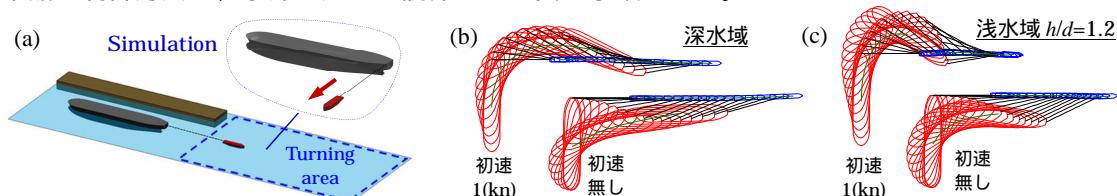


図10：(a)回頭曳き回し作業のイメージ / (b)本船の初速有無の航跡比較（深水域） / (c)同浅水域（ $h/d=1.2$ ）

今後の課題について：

主題の通り、本研究の目的に掲げた離着岸支援局面に関する運動モデルの構築と運動計算は、以上の研究成果で概ね達成できたと思われる。しかし成果(4)の本船とタグの連携運動モデルと、成果(1)の主船体流体力モデル、成果(2)の岸壁モデル、成果(3)のタグの運動モデルを全て統合させての計算は、本報告書を執筆時点では途上にある。それら要素研究の成果を集合させ、引き続き離着岸局面を再現できるプラントモデルの改良と活用に取り組む。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0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 佐野将昭, 飯塚大貴, 山崎剛至, 上村航大, 安川宏紀	4. 巻 32
2. 論文標題 ハーバータグによる離着棧支援操船の運動モデルに関する基礎研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 57-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 柳生周亮, 佐野将昭, 西村健, 北田亨汰	4. 巻 31
2. 論文標題 着岸に向けた低速操船時の主船体流体力モデルに関する検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 101-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 佐野将昭, 金井奎太, 安川宏紀	4. 巻 30
2. 論文標題 ハーバータグによる曳航支援操船時の運動モデルに関する基礎研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 637-641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐野将昭, 飯塚大貴, 山崎剛至, 上村航大, 安川宏紀
2. 発表標題 ハーバータグによる離着棧支援操船の運動モデルに関する基礎研究
3. 学会等名 令和3年 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳生周亮, 佐野将昭, 西村健, 北田亨汰
2. 発表標題 着岸に向けた低速操船時の主船体流体力モデルに関する検討
3. 学会等名 令和2年 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐野将昭, 金井奎太, 安川宏紀
2. 発表標題 ハーバータグによる曳航支援操船時の運動モデルに関する基礎研究
3. 学会等名 令和2年 日本船舶海洋工学会春季講演会 (中止につき書面討論)
4. 発表年 2020年

〔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

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