

明 細 書

発明の名称：操船制御装置、操船システム、及び、操船制御方法

技術分野

[0001] 本出願は、オペレータの操作に応じて推進機を制御する操船システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1の操船装置は、左右一対のアウトドライブ装置と、ジョイスティックレバーと、制御装置と、を備える。アウトドライブ装置は、推進力及び推進方向を変更可能である。ジョイスティックレバーは、オペレータによって操作され、操作方向と操作量を変更可能である。制御装置は、ジョイスティックレバーの操作方向と操作量に応じて、左右のそれぞれのアウトドライブ装置の推進力及び推進方向を変更する。これにより、船体は、ジョイスティックレバーの操作に応じた方向へ移動する。特許文献1には、一例として、船体の向きを変化させずに横方向に移動できることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-10400号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載されたように船体の向きを変化させずに横方向に船体を移動させる場合において、アウトドライブ装置と船体重心との位置関係に起因して、船体にモーメントを加えることなく船体に横方向のみに作用させることができる力の大きさには限界がある。つまり、操船において求められる船体の横方向への移動が実現できない可能性がある。この課題は、船体を真横に移動させる場合に限られず、横方向を成分に含む方向に船体を移動させる場合にも生じ得る。

[0005] また、船体が移動することにより、船体は水から抵抗力を受ける。そのた

め、操船制御装置が推進機を制御して指令通りの推進力を発生させたとしても、船体が指令通りに移動又は旋回しない可能性がある。つまり、水の抵抗力は、船体の移動を阻害する要素であるとして、従来は取り扱われている。

[0006] 本出願は以上の事情に鑑みてされたものであり、その主要な目的は、推進機が発する推進力のみでなく、船体が受ける水の抵抗力を考慮し、横方向の推進力を増大させることにより発生する船体のモーメントを水の抵抗力とバランスさせることで船体の旋回動作を抑制しつつ、船体を高速に横方向に移動させるための操船制御装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本出願の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段とその効果を説明する。

[0008] 本出願の第1の観点によれば、以下の構成の操船制御装置が提供される。即ち、操船制御装置は、推進力及び推進方向を変更可能な少なくとも2つの推進機を制御する。操船制御装置は、受信部と、記憶部と、演算部と、を備える。前記受信部は、船体の前後又は左右の移動方向、又は、船体の旋回方向を指示する推進指令を受信する。前記記憶部は、船体の向きと船体の移動方向がなす角である斜航角と、対水船速と、船体の移動に伴って船体が水から受ける抵抗力に基づく、前後方向の力、左右方向の力、及びモーメントと、の関係を示す船体特性データを記憶する。前記船体特性データに基づいて求めた前後方向の力の補償値とモーメントの補償値を用いて前記推進指令を修正し、修正後の前記推進指令に基づいて前記推進機を制御する。

[0009] 本出願の第2の観点によれば、以下の操船制御方法が提供される。操船制御方法は、推進力及び推進方向を変更可能な少なくとも2つの推進機を制御する方法である。操船制御方法では、船体の前後又は左右の移動方向、又は、船体の旋回方向を指示する推進指令を受信する。操船制御方法では、船体の向きと船体の移動方向がなす角である斜航角と、対水船速と、船体の移動に伴って船体が水から受ける抵抗力に基づく、前後方向の力、左右方向の力、及びモーメントと、の関係を示す船体特性データに基づいて、前後方向の

力の補償値とモーメントの補償値とを求める。操船制御方法では、前後方向の力の前記補償値とモーメントの前記補償値を用いて前記推進指令を修正し、修正後の前記推進指令に基づいて前記推進機を制御する。

発明の効果

[0010] 本出願によれば、水の抵抗力を積極的に活用することにより、船体を高速に横方向に移動させることができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本出願の一実施形態に係る操船システムのブロック図。
[図2]推進機が発生する推進力と船体に加わる力との関係を示す図。
[図3]斜航角が90度を維持しつつ横移動して大型船に追従する状況を示す図。
。
[図4]船体特性データの内容を示す図。
[図5]高速横移動モードを用いて横移動して大型船に追従する状況を示す図。
[図6]高速横移動モードの指示方法を示す図。
[図7]推進指令と船体特性データに基づいて操船制御装置が高速横移動モードの制御指令を生成する処理を示す図。
[図8]前後力の補償値とモーメントの補償値を求める処理を示すフローチャート。
[図9]船体特性データに基づいて、前後力の補償値とモーメントの補償値を求める処理を示す説明図。
[図10]推進指令と船体特性データと外乱検出センサの検出値に基づいて操船制御装置が高速横移動モードの制御指令を生成する処理を示す図。
[図11]推進指令と船体特性データと角速度センサの検出値に基づいて操船制御装置が制御指令を生成する処理を示す図。
[図12]推進指令と船体特性データと船体加速度に基づいて操船制御装置が制御指令を生成する処理を示す図。
[図13]位置及び方位を維持する処理のフローチャート。
[図14]ディスプレイに表示される推進機情報表示画面及び航行情報表示画面

を示す図。

[図15] 2つの状態における航行情報表示画面の移動方向の違いを説明する図

。

発明を実施するための形態

[0012] 次に、図面を参照して本出願の実施形態を説明する。

[0013] 初めに、方向の定義について説明する。以下の説明において、前後方向とは、船体座標系における前後方向を指す。言い換えれば、船首の向きが前方であり、その反対が後方向である。また、左右方向は、船体座標系における左右方向を指す。言い換えれば、船の幅方向が左右方向である。また、左右方向を成分に含む方向に船体が移動することを横移動と称する。つまり、横移動は、左方向、左前方向、左後方向、右方向、右前方向、右後方向を含む。

[0014] 次に、図1を参照して、操船システム1の構成について説明する。

[0015] 操船システム1は、オペレータの操作に基づいて推進機を制御して船舶の位置及び向きを変化させるシステムである。図1に示すように、操船システム1は、操船制御装置10と、操作パネル20と、第1推進機31と、第2推進機32と、を備える。

[0016] 操船制御装置10は、受信部10aと、記憶部10bと、演算部10cと、を備える。受信部10aは、無線通信モジュール又は有線通信モジュールであり、センサ及び操作パネル20からデータを受信する。記憶部10bは、SSD、HDD、フラッシュメモリ等のストレージであり、制御に必要なデータを記憶する。演算部10cは、CPU等であり、ストレージに記憶されたプログラムを実行することにより、操船に関する様々な処理を行う。

[0017] 操作パネル20は、オペレータが操作したり情報を確認するための装置である。操作パネル20は、ジョイスティック21と、回頭ダイヤル22と、ディスプレイ23と、を備える。ジョイスティック21及び回頭ダイヤル22が「操作部」に相当し、ディスプレイ23が「表示部」に相当する。

[0018] ジョイスティック21は、レバー状であり、船体を移動させる方向をオペ

レータが指示するための装置である。ジョイスティック 21 は、少なくとも前後方向と左右方向に傾倒させることができる。前後方向及び左右方向とは、操作パネル 20 を操作するオペレータにとっての前後方向及び左右方向であり、船体座標系の前後方向及び左右方向と一致する。ジョイスティック 21 は、オペレータが傾倒させた方向を検出可能である。ジョイスティック 21 は、オペレータが傾倒させた方向に基づく信号を生成して操船制御装置 10 に出力する。ジョイスティック 21 が出力する信号は船体 30 の移動方向を指示する信号である。詳細には、ジョイスティック 21 は、船体 30 に加える前後方向又は左右方向の力を指示する信号を出力する。この信号は「推進指令」に相当する。

[0019] 回頭ダイヤル 22 は、円板状であり、船体の旋回をオペレータが指示するための装置である。回頭ダイヤル 22 は、軸方向を回転中心として回転させることができる。回頭ダイヤル 22 は、オペレータが回転させた角度を検出可能である。回頭ダイヤル 22 は、オペレータが回転させた角度に基づく信号を生成して操船制御装置 10 に出力する。回頭ダイヤル 22 が出力する信号は船体 30 の旋回方向を指示する信号である。詳細には、回頭ダイヤル 22 は、船体 30 に加えるモーメントを指示する信号を出力する。この信号は「推進指令」に相当する。

[0020] ディスプレイ 23 は、例えば、液晶ディスプレイ又は有機 EL ディスプレイである。ディスプレイ 23 は、操船制御装置 10 が生成したデータを表示する。具体的には、操船制御装置 10 は、船舶の操作に必要な情報、例えば、第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 の状態や、センサの検出結果等をディスプレイ 23 に表示させる。

[0021] 第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 は、図 2 に示すように、船体 30 の船尾側に配置されている。船尾側とは、前後方向において船体 30 の重心よりも後側であることを示す。詳細には、本実施形態の第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 は、船体 30 の後端又は後端近傍に配置されている。また、前後方向において船体 30 の重心よりも前側を船首側と称する。本実施形態では

、船首側には推進機が配置されておらず、船尾側にのみ推進機が配置されている。ただし、本実施形態の技術は、船首側にサイドスラスト等の推進機が配置された船舶にも適用可能である。あるいは、本実施形態の技術は、船首側にのみ推進機が配置された船舶にも適用可能である。第1推進機31及び第2推進機32は、船体30の左右方向の中央を通る線に対して左右対称に配置されている。ただし、本実施形態の推進機の設置数及びレイアウトは一例であり、本実施形態とは異なってもよい。

[0022] 第1推進機31及び第2推進機32は、プロペラを有する。第1推進機31及び第2推進機32は、エンジン又はモータ等の駆動源が発生させた駆動力を用いてプロペラを回転させる。これにより、第1推進機31及び第2推進機32は、船体30を移動させるための推進力を発生させる。また、駆動源が発生させる駆動力又は減速機の減速比を変化させることにより、第1推進機31及び第2推進機32の推進力を個別に変化させることができる。駆動源及び減速機は操船制御装置10によって制御される。従って、操船制御装置10は、第1推進機31及び第2推進機32の推進力を個別に変化させることができる。

[0023] また、第1推進機31及び第2推進機32はアジマススラストであり、推進方向を変更可能である。推進方向とは、推進力を作用させる方向である。具体的には、第1推進機31及び第2推進機32は、それぞれ、船体30の高さ方向を回転中心として、プロペラの向きを変化させる回転機構を有する。また、回転機構は操船制御装置10によって制御される。従って、操船制御装置10は、第1推進機31及び第2推進機32の推進方向を個別に変化させることができる。

[0024] また、船舶には様々なセンサが設けられており、操船制御装置10はそれらのセンサの検出値に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制御する。具体的には、図1に示すように、外乱検出センサ11、角速度センサ12、GNSSセンサ13、及び方位角センサ14が船舶に設けられている。

[0025] 外乱検出センサ11は、船体30の動きに影響を与える外乱情報を検出す

る。言い換えれば、外乱検出センサ 11 は、船体 30 が受ける外乱力に係る値である外乱データを検出する。外乱検出センサ 11 は、例えば、風向風速計、又は、潮流計である。外乱検出センサ 11 は検出値を操船制御装置 10 へ出力する。

[0026] 角速度センサ 12 は、船体 30 の旋回の方角角速度を検出する。角速度センサ 12 は、検出値を操船制御装置 10 へ出力する。

[0027] GNSS センサ 13 は、船体 30 の位置を検出する。具体的には、GNSS センサ 13 は GNSS アンテナと GNSS 受信機を有する。GNSS アンテナが受信した GNSS 電波を GNSS 受信機が解析することにより、地球座標系における船体の位置を検出する。また、GNSS センサは地球座標系における対地船速を検出することもできる。GNSS センサ 13 は、検出値を操船制御装置 10 へ出力する。

[0028] 方位角センサ 14 は、船体 30 の方位を検出する。具体的には、方位角センサ 14 は、ジャイロコンパス、磁気コンパス、GNSS コンパスであり、地球座標系における船体 30 の方位を検出する。地球座標系における船体 30 の方位とは、地球座標系において船体 30 の船首方位が指す方位である。方位角センサ 14 は、検出値を操船制御装置 10 へ出力する。

[0029] 次に、図 2 を参照して、推進機制御について説明する。

[0030] 上述したように、ジョイスティック 21 の推進指令は、船体 30 に加える前後方向又は左右方向の力であり、回頭ダイヤル 22 の推進指令は、船体 30 に加えるモーメントである。推進機制御とは、推進指令が示す力及びモーメントが実現されるように、第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 のそれぞれの推進力と推進方向を定める制御である。なお、ここで説明する推進機制御は水の抵抗力及び外乱力を考慮しない制御である。

[0031] 図 2 には、船体座標系において船体 30 に作用する力及びモーメント等が記載されている。図 2 では、第 1 推進機 31 が発生させる推進力を T_1 で示し、第 2 推進機 32 が発生させる推進力を T_2 で示す。また、図 2 では、第 1 推進機 31 の推進方向を α で示し、第 2 推進機 32 の推進方向を β で示す

。詳細には、第1推進機31の推進方向とは、平面視において、第1推進機31が推進力を発生させる方向と前方向とがなす角である。第2推進機32の推進方向とは、平面視において、第2推進機32が推進力を発生させる方向と前方向とがなす角である。

[0032] 以上により、第1推進機31が船体30に対して前後方向に加える力は、 $T1 \cos \alpha$ である。第2推進機32が船体30に対して前後方向に加える力は、 $T2 \cos \beta$ である。従って、第1推進機31及び第2推進機32が船体30に対して前後方向に加える前後力である F_x は、図2の式(1)に示すように、 $F_x = T1 \cos \alpha + T2 \cos \beta$ である。

[0033] 同様に、第1推進機31が船体30に対して左右方向に加える力は、 $T1 \sin \alpha$ である。第2推進機32が船体30に対して左右方向に加える力は、 $T2 \sin \beta$ である。従って、第1推進機31及び第2推進機32が船体30に対して左右方向に加える左右力である F_y は、図2の式(2)に示すように、 $F_y = T1 \sin \alpha - T2 \sin \beta$ である。

[0034] また、重心Gから第1推進機31までの左右方向の距離は L_w であり、重心Gから第1推進機31までの前後方向の距離は L_l である。本実施形態では左右対称であるため、重心Gから第2推進機32までの左右方向の距離も L_w であり、重心Gから第2推進機32までの前後方向の距離も L_l である。

[0035] 以上により、時計回りのモーメントを正として、第1推進機31が船体30に対して加えるモーメントは、 $-L_l \cdot T1 \sin \alpha + L_w \cdot T1 \cos \alpha$ である。第2推進機32が船体30に対して加えるモーメントは、 $L_l \cdot T2 \sin \beta - L_w \cdot T2 \cos \beta$ である。従って、第1推進機31及び第2推進機32が船体30に対して加えるモーメントである M は、図2の式(3)に示すように、 $M = -L_l \cdot T1 \sin \alpha + L_w \cdot T1 \cos \alpha + L_l \cdot T2 \sin \beta - L_w \cdot T2 \cos \beta$ である。

[0036] 操船制御装置10は、操作指令が示す F_x 、 F_y 、 M が式(1)から式(3)を満たすように、 $T1$ 、 $T2$ 、 α 、及び β を決定し、 $T1$ 、 $T2$ 、 α 、

及び β に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制御する。なお、式が3つで未知数が4つであるため、操船制御装置10は、公知の別の制約条件を用いて演算を行う。

[0037] 次に、推進機制御における課題について説明する。

[0038] 図3には、本実施形態の船舶を用いて大型船100の運行をアシストする際の状況が示されている。この場合、船体30は、大型船の挙動を確認しつつ大型船の動きに追従する。そのため、船体30の向きを大型船100に合わせた状態を維持しつつ、船体30が大型船100に追従する必要がある。この場合、船体30を横移動させる必要がある。従って、図2を用いて説明した推進機制御のみを用いるときは、前後力とモーメントを殆ど0にする必要がある。しかし、この条件では左右力を大きくすることは困難であり、大型船100に追従する速度が出せない可能性がある。なお、船体30を横移動させることが必要な状況は、大型船100のアシストに限られない。例えば、船体30を横移動させて港に停泊させる状況等があり得る。

[0039] 本実施形態の操船システム1は、第1推進機31及び第2推進機32が発する推進力のみでなく、船体30が受ける水の抵抗力を考慮し、横方向の推進力を増大させることにより発生する船体30のモーメントを水の抵抗力とバランスさせることで船体30の旋回動作を抑制しつつ、船体30を高速に横方向に移動させることができる。

[0040] 次に、図4を参照して、水の抵抗力について説明し、水の抵抗力を積極的に活用した制御の概要について説明する。

[0041] 船体30が受ける水の抵抗力は、(1)船体30の向きと移動方向がなす角度である斜航角、(2)対水船速、(3)船体30の形状に依存する。図4に示すように、船体30の前方向と移動方向がなす角を斜航角と称し、図4に θ で示す。図4のグラフは、斜航角を変化させたときに、船体30が水から受ける力を示す。具体的には、 F_{x_f} は船体30が水から受ける前後力、 F_{y_f} は船体30が水から受ける左右力、 M_f は船体30が水から受けるモーメントを示す。また、対水船速が速くなるにつれて船体30が受

ける力は大きくなる。図4には、船速が遅い順に、対水船速1、対水船速2、及び対水船速3についてのグラフが一例として示されている。対水船速3は、推進機の性能及び船体形状等に基づいて求められる最高速度又はそれに類似する速度である。なお、対水船速が変化しても、船体30が受ける力の変化傾向は同じである。従って、例えば船体30が受けるモーメントが最大値を取る時の斜航角の値は、対水船速が変わっても大きく変化することはない。前後力及び左右力についても同様である。斜航角 θ に応じて船体30が受ける力の変化傾向は船体30の形状に依存する。図4に示す3つのグラフの変化傾向は一般的な形状の船体30の場合であり、船体30の形状によっては、全く異なる変化傾向を示す可能性もある。

[0042] 以下では、(1)斜航角と、(2)対水船速と、(3)船体の移動に伴って船体が水から受ける、前後力、左右力、及びモーメントと、の関係を示すデータを船体特性データと称する。船体特性データは、例えば、実機を用いた実験、又は、3Dモデルを用いたシミュレーションによって生成可能である。船体特性データは予め作成され、操船制御装置10の記憶部10bに記憶されている。船体特性データは、テーブル形式で記憶される。例えば、対水船速1についての斜航角と3つの力(前後力、左右力、モーメント)の対応関係がテーブル形式で記憶される。また、対水船速2及び対水船速3のそれぞれについても同様に、斜航角と3つの力の対応関係がテーブル形式で記憶される。言い換えれば、船体特性データは3次元配列で記憶される。また、対水船速1と対水船速2の間にある対水船速については、線形補間等を用いることにより、斜航角と3つの力の対応関係を求めることができる。従って、斜航角と、対水船速と、が定まれば、それに応じて船体が水から受ける、前後力、左右力、及びモーメントを求めることができる。

[0043] 図4に示すグラフは、一般的な形状の船体30の船体特性データをグラフ化したものである。ここで、斜航角が90度とは、船体30が真横に横移動するときの状態を示す。斜航角が90度である状態では、船体30が受ける前後力とモーメントがともに0近傍である。そのため、船体30を高速で横

移動させるためには第1推進機31及び第2推進機32を用いて、船体30が受ける左右力を大きくする必要がある。しかし、本実施形態では船尾側のみ推進機が配置されているため、仮に左右力（例えば右方向）を大きくした場合、マイナス方向（例えば反時計回り）のモーメントが大きくなって船体30が旋回してしまう。そのため、船体30の向きを維持しつつ、船体30を高速で真横に移動させることは困難である。

[0044] これに対し、斜航角が90度から離れるにつれて、所定の斜航角まではモーメントの絶対値が大きくなる。また、斜航角が90度から離れるにつれて、前後力の絶対値も大きくなる。この状態では、左右力を大きくすることにより発生したモーメントと、水の抵抗力によるモーメントと、を打ち消し合わせることができる。これにより、左右方向の推進力を増大しても船体30の旋回を抑制できる。水の抵抗力による前後力は、抵抗力に応じた前後力を推進機で出力することにより打ち消し合わせることができる。これにより、船体30の前後方向の移動を抑制できる。

[0045] 以上により、水の抵抗力を積極的に活用して第1推進機31及び第2推進機32を制御することにより、一般的な横移動と比較して高速で船体30を横移動させることができる。図5に示すように、船体30が右方向に横移動する際において、斜航角を90度よりも大きくすることにより、船体30の横移動の速度を速くすることができる。

[0046] 本実施形態では、船体30を真横に移動させる場合を例に挙げて説明したが、斜め前方又は斜め後方に移動させる場合においても同じ原理を利用して横移動を高速化できる。以下では、水の抵抗力による船体30が受ける前後力及びモーメントを積極的に活用して船体30を、斜航角が90度のときよりも高速で横移動させることを高速横移動と称する。また、船体30を高速横移動させる制御モードを高速横移動モードと称する。高速横移動では、推進機を用いて前後力及びモーメントを発生させるが、推進機による前後力及びモーメントの少なくとも一部は、外力による前後力及びモーメントと打ち消し合う。また、高速横移動では、地球座標系における船体30の移動方向

は左右方向の成分を含む方向である。なお、高速横移動の船体 30 の移動方向は、左右方向を含む方向かつ一定の方向であることが好ましい。「一定の方向」とは厳密に一定である状態だけでなく実質的に一定である状態（言い換えれば外乱等に伴う僅かな誤差がある状態）も含む。また、「左右方向の成分を含む方向」を「左右方向を基準として $\pm 45^\circ$ 以内の方向」と言い換えてもよい。

[0047] 次に、図 6 を参照して、高速横移動モードの指示について説明する。

[0048] 上述した高速横移動モードは、船体 30 が高速で横移動できるという利点があるが、斜航角が 90 度にならないという留意点もある。従って、オペレータの明確な指示があった場合に操船制御装置 10 が高速横移動モードを実行することが好ましい。そのため、本実施形態では、以下の第 1 条件又は第 2 条件を満たした場合に高速横移動モードが許可される。

[0049] 第 1 条件は、オペレータによるジョイスティック 21 の操作量（指令値）が閾値以上であることである。本実施形態のジョイスティック 21 は、少なくとも左右方向については、多段階又は無段階で操作量が可変である。図 6 にはジョイスティック 21 の操作可能範囲が示されており、左右方向については、高速横移動モード指示範囲が設けられている。ジョイスティック 21 は、左右方向の傾倒量が閾値以上である場合、高速横移動モードを指示する信号を操船制御装置 10 へ送信する。

[0050] 第 2 条件は、高速横移動モードを指示するスイッチが操作されたことである。操作パネル 20 には、複数のハードウェアキーが配置されており、予め定められたスイッチが操作されたことにより、操作パネル 20 は、高速横移動モードを指示する信号を操船制御装置 10 へ送信する。このスイッチは、高速横移動モードの有効と無効を切り替える ON/OFF スwitch であってもよいし、オペレータが押している間だけ高速横移動モードが有効になるタイプのスイッチであってもよい。

[0051] 第 1 条件と第 2 条件は一例であり、別の条件が設定されてもよい。例えば、操船制御装置 10 に対する事前設定項目として高速横移動モードの実行を

許可する旨の設定があってもよい。

[0052] 次に、図7を参照して、高速横移動モードを実行する際に操船制御装置10が行う具体的な演算について説明する。図7等を示す処理図は、操船制御装置10によって実行される。詳細には、演算部10cが記憶部10bに記憶されたプログラムを実行したり、演算部10cが記憶部10bに記憶された船体特性データ等を用いて実行する。

[0053] ジョイスティック21からは、前後力の推進指令である前後推進指令と、左右力の推進指令である左右推進指令と、が出力される。回頭ダイヤル22からは、モーメントの推進指令であるモーメント推進指令が出力される。ジョイスティック21及び回頭ダイヤル22から出力される推進指令は、操作量に基づく値である。具体的には、ニュートラルを0%として、最大操作時を100%とした割合値(%)が推進指令である。例えば船体30を真横に移動させる際には前後推進指令は0%であり、モーメント推進指令も0%である。操船制御装置10は、前後推進指令又は左右推進指令の割合値(%)を力(N)に単位変換する処理を行い、モーメント推進指令の割合値(%)をモーメント(N・m)に変換する処理を行う。また、左右推進指令の割合値は対水補償演算ブロックに入力される。

[0054] 対水補償演算ブロックでは、操船制御装置10は、図8のフローチャートに示す処理を行って、前後力とモーメントの補償値を求める。前後力の補償値とは、高速横移動を行う際に水の抵抗により受けると推測される前後力である。前後力の補償値を打ち消す分だけ、推進機が前後力を発生させても、船体30の前後方向の移動は全く又は殆ど発生しない。モーメントの補償値とは、高速横移動を行う際に水の抵抗により受けると推測されるモーメントである。モーメントの補償値を打ち消す分だけ、推進機がモーメントを発生させても、船体30の旋回は全く又は殆ど発生しない。

[0055] 以下、図8及び図9を参照して、補償値を算出する処理を説明する。初めに、操船制御装置10は、ジョイスティック21の指令方向が左か右かを判定する(S101)。次に、操船制御装置10は、船体特性データを使用し

て左右推進指令から設定対水船速と設定斜航角とを求める（S102, S103）。設定対水船速とは、補償値を算出するために用いる対水船速であり、実際に設定対水船速になるように制御する必要はなく、また対水船速を検出する必要もない。設定斜航角とは、補償値を算出するために用いる斜航角であり、実際に設定斜航角になるように制御する必要はなく、また斜航角を検出する必要もない。

[0056] 船体30が右方向に移動する場合、図5に示したように斜航角が90度より大きくなることで、船体30の横移動の速度を速くすることができる。従って、ジョイスティック21の指令方向が右の場合、90度から180度の範囲の設定斜航角が設定される。図9に示す船体特性データの場合は、設定斜航角が α を超えるとモーメントが小さくなるため、90度から α までの設定斜航角が設定される。ジョイスティック21の指令方向が左の場合、180度から270度の範囲の設定斜航角が設定される。図9に示す船体特性データの場合は、右方向と同様に、 β から270度までの設定斜航角が設定される。

[0057] 設定対水船速と設定斜航角の求め方は、左右で同一又は対称であるため、以下では指令方向が右の場合について説明する。操船制御装置10は、左右推進指令の割合値（%）が大きいほど、大きい斜航角（言い換えれば α に近い斜航角）を設定する。具体的には、図9に示すように、また、左右推進指令の割合値の0%と、船体特性データの斜航角90度と、を対応付ける。更に、左右推進指令の割合値の100%と、対水船速3かつ斜航角が α の場合の船体特性データの左右力と、を対応付ける。これにより、操船制御装置10は、左右推進指令の割合値が0%と100%の場合の補間を行うことにより、任意の割合値に対応する船体特性データの左右力を求めることができる。

[0058] 操船制御装置10は、求めた船体特性データの左右力を実現する設定斜航角と設定対水船速の組合せを求める。図9には、設定斜航角（ θ_{set} ）と設定対水船速（ U_{set} ）の組合せが交点Pyとして示されている。図9で

求められる設定対水船速 (U_{set}) は、対水船速 2 である。なお、船体特性データの対水船速について例えば線形補間を行うことにより、テーブルに記憶されていない対水船速を設定対水船速として求めることもできる。

[0059] 次に、操船制御装置 10 は、設定対水船速及び設定斜航角に応じた前後力の補償値とモーメントの補償値とを求める ($S104$)。上述したように、船体特性データは、斜航角と、対水船速と、船体 30 が水から受ける抵抗力と、を対応付けたデータである。従って、斜航角と対水船速が決まれば、船体 30 が水から受ける前後力及びモーメントを求めることができる。図 9 には、設定斜航角 (θ_{set}) と設定対水船速 (U_{set}) の組合せに基づく点 P_x が示されており、点 P_x の縦軸の値が前後力の補償値 ($F_{x_f_comp}$) が求められることが示されている。同様に、図 9 には、設定斜航角 (θ_{set}) と設定対水船速 (U_{set}) の組合せに基づく点 P_M が示されており、点 P_M の縦軸の値がモーメントの補償値 (M_{f_comp}) が求められることが示されている。

[0060] 図 7 に示すように、操船制御装置 10 は、単位変換後の前後推進指令 (F_{x_if}) から前後力の補償値 ($F_{x_f_comp}$) を減算することで、修正後の前後推進指令 (F_x) を求める。操船制御装置 10 は、単位変換後の左右推進指令 (F_{y_if}) を推進指令 (F_y) とする。操船制御装置 10 は、単位変換後のモーメント推進指令 (M_{if}) からモーメントの補償値 (M_{f_comp}) を減算することで、修正後のモーメント推進指令 (M) を求める。

[0061] 操船制御装置 10 は、修正後の推進指令を推進機制御ブロックに入力する。推進機制御ブロックは、図 2 を参照して説明した推進機制御である。操船制御装置 10 は、推進機制御を行うことにより、第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 への制御指令を生成する。制御指令には、推進力と推進方向の指示が含まれる。

[0062] 以上の制御指令で第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 を制御することにより、例えばジョイスティック 21 からの左右推進指令が右方向に 100% で

あり、右方向に斜航角 90 度で横移動中に右方向の高速横移動が指示された場合は、斜航角が 90 度から徐々に大きくなり、推進力、水からの抵抗力、及び外乱力とが釣り合った状態の斜航角と対水船速で船体 30 が航行を継続する。これにより、斜航角が 90 度で横移動を行う場合と比較して、高速で横移動を行うことができる。

[0063] なお、外乱力の影響の大きさによっては、地球座標系での船体 30 の移動方向が想定よりも大きくズれることもあり得る。しかし、その場合はジョイスティック 21 や回頭ダイヤル 22 を操作することにより、ズレを修正できる。例えば、船体 30 の移動方向が想定よりも後ろにズレた場合、ジョイスティック 21 を前に傾倒させることにより、前方向の推進力が大きくなるため、移動方向を修正できる。

[0064] 次に、図 10 を参照して、外乱力を考慮した処理について説明する。以下では、図 7 と比較した相違点のみについて説明する。

[0065] 図 10 には、外乱検出センサ 11 が検出した外乱データを更に考慮する処理が記載されている。外乱検出センサ 11 は、上述したように、外乱データ、詳細には潮力及び風力の検出値を出力する。潮力及び風力によって船体 30 が受ける力である外乱力は、船体 30 の船体形状に依存する。また、操船制御装置 10 は、外乱データと船体形状データとに基づいて、船体 30 に加わる外乱力を推定する処理を実行できる。実際には、操船制御装置 10 は、外乱検出センサ 11 が検出した外乱データと、予め記憶部 10b が記憶している船体形状データと、に基づいて、船体 30 が受ける外乱力を推定する。操船制御装置 10 が推測する外乱力は、前後方向の外乱力、左右方向の外乱力、及びモーメントの外乱力を含む。

[0066] 操船制御装置 10 は、船体特性データを用いた補償値と同様に、推定した外乱力を打ち消すために推進指令を修正する。具体的には、図 10 に示すように、操船制御装置 10 は、単位変換後の前後推進指令 (F_{x_if}) から前後力の補償値 ($F_{x_f_comp}$) と前後方向の外乱力 (F_{x_d}) を減算することで、修正後の前後推進指令 (F_x) を求める。操船制御装置 1

0は、単位変換後の左右推進指令 (F_{y_if}) から左右方向の外乱力 (F_{y_d}) を減算することで、修正後の推進指令 (F_y) を求める。操船制御装置 10は、単位変換後のモーメント推進指令 (M_{if}) からモーメントの補償値 (M_{f_comp}) とモーメントの外乱力 (M_d) を減算することで、修正後のモーメント推進指令 (M) を求める。

[0067] 以上により、船体が水から受ける抵抗力だけでなく、潮力や風力等の別の外乱力の影響を考慮して、第1推進機 31 及び第2推進機 32 への制御指令を生成できる。

[0068] 次に、図 11 を参照して、方位角速度が適切な値になるようにするための処理を説明する。

[0069] 高速横移動モードでは、船体 30 に掛かる力の釣り合いが取れた後は、条件が同じであれば船体 30 を旋回させる必要がない。この場合は、船体 30 の旋回の方位角速度が 0 又は 0 近傍であることが好ましい。また、斜航角が 90 度の状態から釣り合いが取れるまで斜航角を変化させる場合においても、斜航角を急激に変化させることは好ましくない。この場合は、船体 30 の旋回の方位角速度が大き過ぎない値であることが好ましい。このように、高速横移動モードにおいて、船体 30 の旋回の方位角速度を目標値に近づけることが好ましい。

[0070] 図 11 には、図 7 の処理に加えて、角速度センサ 12 が検出した方位角速度を考慮する処理が記載されている。角速度センサ 12 は、上述したように、船体 30 の旋回の方位角速度を検出する。操船制御装置 10 は、角速度センサ 12 が検出した方位角速度を、方位角速度の目標値と比較して差分を算出する。操船制御装置 10 は、角速度センサ 12 が検出した角速度と、角速度の目標値との差分を 0 に近づけるための補正量を求める。例えば、プラス方向の角速度の差分が存在する場合、PID 制御等のフィードバック制御でその差分を 0 に近づけるためのモーメントを求める。

[0071] 操船制御装置 10 は、角速度を目標値に近づけるためのモーメントを用いて推進指令を修正する。具体的には、図 11 に示すように、操船制御装置 1

0は、単位変換後のモーメント推進指令 ($M_i f$) からモーメントの補償値 ($M_f_c o m p$) を減算し、角速度を目標値に近づけるためのモーメント ($M_d a m p$) を加算することで、修正後のモーメント推進指令 (M) を求める。

[0072] 以上により、船体30が受ける水の抵抗力だけでなく、船体30の旋回の方位角速度が適切な値となるように、第1推進機31及び第2推進機32への制御指令を生成できる。

[0073] 次に、図12を参照して、船体30の速度が適切な値になるようにするための処理を説明する。

[0074] 高速横移動モードで移動中において、外乱力の影響を受けることにより、船体30の速度が大きく変化することがある。船体30の速度が大きく変化することは安定性の観点から好ましくない。

[0075] 図12には、図7の処理に加えて、船体30の速度が大きく変化することを防止するための処理が記載されている。上述したように、GNSSセンサ13の検出値に基づいて地球座標系での船速を求めることができる。この船速を微分することにより地球座標系での加速度に変換できる。また、操船制御装置10は、座標変化ブロックにおいて、方位角センサ14が検出した方位角を用いることにより、地球座標系の加速度を船体座標系の加速度（船体加速度）に変換する。これにより、座標系を推進指令と同じにすることができる。船体加速度は前後方向と左右方向に分けて求められる。そのため、船体加速度の目標値も前後方向と左右方向に分けて求められる。

[0076] 操船制御装置10は、前後方向と左右方向のそれぞれについて、船体加速度を目標値に近づけるための補正值を算出する制御を行う。この制御はPID制御等のフィードバック制御である。

[0077] 操船制御装置10は、前後方向と左右方向の補正值を用いて推進指令を修正する。具体的には、図12に示すように、操船制御装置10は、単位変換後の前後推進指令 ($F x_i f$) から前後力の補償値 ($F x_f_c o m p$) を減算し、前後方向の補正值 ($F x_d a m p$) を加算することで、修正

後の前後推進指令 (F_x) を求める。操船制御装置 10 は、単位変換後の左右推進指令 (F_{y_if}) に左右方向の補正值 (F_{y_damp}) を加算することで、修正後の推進指令 (F_y) を求める。

[0078] 以上により、船体 30 が受ける水の抵抗力だけでなく、船体 30 の速度が適切な値となるように、第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 への制御指令を生成できる。

[0079] また、図 10 を用いて説明した外乱データを用いる処理と、図 11 を用いて説明した船体 30 の角速度を用いる処理と、図 12 を用いて説明した船体加速度を用いる処理と、任意に組み合わせることも可能である。また、上述した処理以外であっても、前後力、左右力、及びモーメントに変換可能な処理であれば、上述した処理と同じ次元であるため加算及び減算することが可能であり、上述した処理と組み合わせることが可能である。

[0080] 次に、図 13 を参照して、水の抵抗力を積極的に活用して、位置及び方位を維持する処理について説明する。

[0081] 操船システム 1 は、地球座標系における船体 30 の位置及び方位を維持する機能を有する。この機能を用いることにより、潮力又は風力等により船体 30 が流されて位置が変わったり船体 30 の方位が変わった場合でも、船体 30 の位置及び方位の変化を元に戻すことができる。

[0082] 操船制御装置 10 は、位置及び方位を維持する指令を受信したと判定した場合 (S201)、現在位置を目標位置に設定し、現在方位を目標方位に設定する (S202)。現在位置は位置センサ 13 の検出値、現在方位は方位角センサ 14 の検出値を用いることができる。

[0083] 次に、操船制御装置 10 は、目標位置及び目標方位からの差分が 0 に近づくように第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 を制御する (S203)。この制御は PID 制御等のフィードバック制御である。

[0084] ここで、本実施形態のように船尾側のみに推進機が配置された船舶は、上述したように、左右方向の推進力のみを高くすることは難しい。そのため、横方向から強い潮力又は風力が作用した場合、船体 30 の左右方向の位置を

維持することが困難な場合が生じる。そのため、操船制御装置 10 は、以下の対応を行う。

[0085] 操船制御装置 10 は、左右方向の位置の維持が困難であるか否かを判定する (S 204)。この判定は、例えば、目標位置を維持する制御を行っているにも関わらず、船体 30 の左右方向の位置の差分が閾値を超えたか否かに基づいて判定できる。

[0086] 操船制御装置 10 は、船体特性データを用いて説明したように、船体 30 の目標方位を変更して斜航角を付けることにより方位角を目標方位付近に保った上で、船体 30 を左右方向に移動させることができる。そのため、操船制御装置 10 は、左右方向の位置の維持が困難と判定した場合、目標方位を船体 30 が左右方向に移動できる角度に設定し、船体 30 の位置を目標位置に戻す (S 205)。これにより、横方向から強い潮力又は風力が作用した場合であっても、船体 30 を目標位置に維持することができる。操船制御装置 10 は、船体 30 が目標位置に到達したと判定した場合 (S 206)、目標方位を当初の設定値、即ちステップ S 102 で定めた目標方位に戻す (S 207)。これにより、当初に設定した位置及び方位に船体 30 を戻すことができる。なお、操船制御装置 10 は、再び左右方向の位置が困難と判定した場合 (S 204)、再び目標方位を変更する処理 (S 205) を行う。

[0087] 目標方位を S 202 で設定した値に斜航角を加味した値に修正する、つまり、一時的に船体 30 の方位の維持を犠牲にしたとしても、船体 30 の位置の維持することは好ましい場合があり、その場合において本制御は好適である。なお、本制御は、オペレータの許可を制御の開始条件に含めてもよい。

[0088] 次に、図 14 を参照して、操作パネル 20 のディスプレイ 23 に表示させる情報の例について説明する。

[0089] 操船制御装置 10 は、船体 30 の推進に関する制御データをディスプレイ 23 に表示する。具体的には、操船制御装置 10 は、推進機情報表示画面 23a と、航行情報表示画面 23b と、をディスプレイ 23 に表示させる。

[0090] 推進機情報表示画面 23a には、第 1 推進機 31 及び第 2 推進機 32 に関

する情報が表示される。具体的には、第1推進機31の推進力と推進方向、及び、第2推進機32の推進力と推進方向が推進機情報表示画面23aに表示される。推進力は矢印の長さを用いて表示され、推進方向は矢印の向きを用いて表示される。更に、第1推進機31と第2推進機32が船体30に作用させる、前後力、左右力、及びモーメントが白抜き矢印を用いて推進機情報表示画面23aに表示される。

[0091] 航行情報表示画面23bには、船体30の移動方向と船体30の旋回方向と、が矢印を用いて表示される。操船制御装置10は、操作パネル20からの操作情報、船体特性データ及び外乱検出センサ11の検出結果を考慮することにより、船体30の移動方向及び旋回方向を推定できる。従って、航行情報表示画面23bには、操船制御装置10が推定した船体30の姿勢変化を伴う場合を含んだ移動方向と船体30の旋回方向とが表示される。なお、船体30の移動方向や旋回方向はGNSSセンサ13又は角速度センサ12からのデータを使用してもよい。

[0092] また、操船制御装置10は、操作パネル20、例えば回頭ダイヤル22からの操作情報を考慮することにより、船体30の姿勢変化、及び、姿勢変化を伴う場合の移動方向を推定できる。なお、回頭ダイヤル22に代えてジョイスティック21からの操作情報を考慮してもよい。そのため、航行情報表示画面23bには、船体30が姿勢変化を伴う場合を含んだ移動方向が表示されてもよい。船体30が姿勢変化を伴う場合を含んだ移動方向は、単独で航行情報表示画面23bに表示されてもよいし、上述した他の情報の少なくとも1つと併せて表示されてもよい。

[0093] 上述したように、本実施形態では、船体30が高速横移動を行うことにより斜航角が大きくなる。その結果、船体座標系での船体30の移動方向が変化する。航行情報表示画面23bには船体座標系での船体30の移動方向が表示されるため、高速横移動に伴う姿勢変化を考慮した移動方向が航行情報表示画面23bに表示される。ここで、図15に示す状態Aと状態Bを考える。状態Aと状態Bは地球座標系での移動方向が同じである。しかし、状態

Aと状態Bの斜航角は異なるので、船体座標系での移動方向も異なる。その結果、航行情報表示画面23bに表示される船体30の姿勢変化を伴う場合を考慮した移動方向についても異なる方向が表示されることとなる。これにより、オペレータは、高速横移動を行っている間においても、船体30の姿勢変化を考慮した移動方向を容易に把握できる。

[0094] 上述した情報は、数値ではなく矢印を用いてグラフィカルに表示されている。従って、オペレータは、必要な情報を一見して把握できる。ただし、図14の表示画面は一例であり、異なる態様で情報を表示してもよい。例えば、推進機情報表示画面23aと航行情報表示画面23bのうち、何れか一方のみをディスプレイ23に表示させてもよい。また、推進機情報表示画面23aに示される様々な力又はモーメントを全て表示することは必須ではなく、一部を省略してもよい。同様に、航行情報表示画面23bに示される様々な方向を全て表示することは必須ではなく、一部を省略してもよい。また、ディスプレイ23に表示される各情報の表示の有無を切替可能であってもよい。

[0095] (特徴1)以上に説明したように、本実施形態の操船制御装置10は、推進力及び推進方向を変更可能な第1推進機31及び第2推進機32を制御する。操船制御装置は、受信部10aと、記憶部10bと、演算部10cと、を備える。受信部10aは、船体30の前後又は左右の移動方向、又は、船体30の旋回方向を指示する推進指令を受信する。記憶部10bは、船体30の向きと船体30の移動方向がなす角である斜航角と、対水船速と、船体30の移動に伴って船体30が水から受ける抵抗力に基づく、前後方向の力、左右方向の力、及びモーメントと、の関係を示す船体特性データを記憶する。演算部10cは、船体特性データに基づいて求めた前後方向の力の補償値とモーメントの補償値を用いて推進指令を修正し、修正後の推進指令に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制御する。

[0096] これにより、水の抵抗力を積極的に活用することにより、船体30を高速に横方向に移動させることができる。

- [0097] (特徴2) 本実施形態の操船制御装置10は、推進指令に応じて高速横移動モードを実行する。高速横移動モードにおいて、操船制御装置10は、船体座標系において前後方向の推進力が発生するように、及び、モーメントが発生するように第1推進機31及び第2推進機32を制御するとともに、地球座標系における船体30の移動方向が船体30の左右方向の成分を含む方向となるように第1推進機31及び第2推進機32を制御する。
- [0098] これにより、船体30を左右方向の成分を含む方向に高速で移動させることができる。
- [0099] (特徴3) 本実施形態の操船制御装置10は、ジョイスティック21が受け付けた船体30の位置変化の操作の操作量が閾値以上である場合か、高速横移動モードの実行を指示するスイッチが操作された場合に、操船制御装置10は高速横移動モードを実行する。
- [0100] これにより、オペレータは、簡単かつ明確な操作で高速横移動モードを指示することができる。
- [0101] (特徴4) 本実施形態の操船制御装置10において、受信部10aは、船体30の動きに影響を与える外乱データを検出する外乱検出センサ11の検出値を取得する。演算部10cは、操船制御装置10は、推進指令と、船体特性データに基づいて求めた補償値と、外乱データに基づいて求めた船体30が受ける外乱力と、に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制御する。
- [0102] これにより、船体30が環境から受ける外乱力が検出できるため、環境から受ける外乱力を考慮して第1推進機31及び第2推進機32を制御できる。
- [0103] (特徴5) 本実施形態の操船制御装置10において、受信部10aは、船体30の旋回の角速度を検出する角速度センサ12の検出値を取得する。演算部10cは、操船制御装置10は、推進指令と、船体特性データに基づいて求めた補償値と、角速度センサ12の検出値を目標角速度に近づけるために必要なモーメントと、に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制

御する。

- [0104] これにより、船体30の角速度が大きく変化することを抑制できる。
- [0105] (特徴6) 本実施形態の操船制御装置10において、演算部10cは、推進指令と、船体特性データに基づいて求めた補償値と、船体30の前後方向の加速度を目標加速度に近づけるために必要な前後方向の力と、船体30の左右方向の加速度を目標加速度に近づけるために必要な左右方向の力と、に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制御する。
- [0106] これにより、船体30の加速度が大きく変化することを抑制できる。
- [0107] (特徴7) 本実施形態の操船制御装置10において、演算部10cは、左右方向の推進指令と船体特性データとに基づいて、設定斜航角と設定対水船速とを設定する。演算部10cは、設定斜航角と、前記設定対水船速と、船体特性データと、に基づいて、前後方向の力の補償値及びモーメントの補償値を求める。演算部10cは、推進指令を、前後方向の力の補償値及びモーメントの補償値を用いて修正し、修正後の推進指令に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制御する。
- [0108] これにより、船体特性データを用いて的確な補償値を算出できる。
- [0109] (特徴8) 本実施形態の操船システム1は、船体30の推進に関する情報を表示するディスプレイ23を備える。ディスプレイ23には、第1推進機31及び第2推進機32のそれぞれの推進力及び推進方向と、全ての推進機が船体30に作用させる前後方向の力、左右方向の力、及びモーメントと、推進機及び外乱力による船体30の移動方向及び旋回方向と、のうち少なくとも1つが表示される。
- [0110] これにより、オペレータは、例えば船体30に作用する力及び船体30の移動又は旋回に関する情報を把握できる。
- [0111] (特徴9) 本実施形態の操船制御装置10は、船体30の推進に関する情報を表示するディスプレイ23を備える。ディスプレイ23には、船体30が姿勢変化を伴う場合において、船体30の姿勢変化を考慮して推定された移動方向が表示される。

- [0112] これにより、オペレータは、船体30が姿勢変化を伴う場合においても、船体30の移動方向を把握することができる。
- [0113] (特徴10) 本実施形態の操船制御装置10において、受信部10aは、船体30の位置を検出する位置センサ13の検出値を取得する。受信部10aは、船体30の方位を検出する方位センサ14の検出値を取得する。演算部10cは、船体30の位置及び方位を維持する指令を受け付けた場合に、位置センサ13及び方位センサ14の検出値に基づいて第1推進機31及び第2推進機32を制御して、船体30の位置及び方位を維持する。演算部10cは、船体30の左右方向の位置を維持することができないと判定した場合、船体特性データに基づいてモーメントを抑制しつつ左右方向の推進力を上昇させるように斜航角を変更させて左右方向の位置を維持する制御を行う。
- [0114] 船体30の方位を変更することにより、横方向の推進力を増大させることにより発生する船体30のモーメントを水の抵抗とバランスさせることで横方向に移動させるための左右方向の推進力を上昇できる可能性があるため、左右方向の位置を維持し易い。
- [0115] 上述した特徴1から特徴9を例えば以下のように組み合わせて、以下の各構成の操船制御装置を実現することができる。操船システム、操船制御方法又は操船制御プログラムについても同様である。
- 〔構成1〕 特徴1の操船制御装置。
- 〔構成2〕 構成1に加えて、更に特徴2を有する操船制御装置。
- 〔構成3〕 構成2に加えて、更に特徴3を有する操船制御装置。
- 〔構成4〕 構成1から3の何れか1つに加えて、更に特徴4を有する操船制御装置。
- 〔構成5〕 構成1から4の何れか1つに加えて、更に特徴5を有する操船制御装置。
- 〔構成6〕 構成1から5の何れか1つに加えて、更に特徴6を有する操船制御装置。

〔構成 7〕 構成 1 から 6 の何れか 1 つに加えて、更に特徴 7 を有する操船制御装置。

〔構成 8〕 構成 1 から 7 の何れか 1 つに加えて、更に特徴 8 を有する操船制御装置。

〔構成 9〕 構成 1 から 8 の何れか 1 つに加えて、更に特徴 9 を有する操船制御装置。

〔構成 10〕 構成 1、2、3、7、8、9 の何れか 1 つに加えて、更に特徴 10 を有する操船制御装置。

[0116] 以上に本出願の好適な実施の形態を説明したが、上記の構成は例えば以下のように変更することができる。

[0117] 上記実施形態の推進機はアジマススラストであるが、推進力と推進方向とを変更可能であれば、別の推進機にも本技術を適用できる。例えば、スクリューと舵を備える推進機にも本技術を適用可能である。

[0118] 本明細書で開示する要素の機能は、開示された機能を実行するように構成又はプログラムされた汎用プロセッサ、専用プロセッサ、集積回路、ASIC (Application Specific Integrated Circuits)、従来の回路、及び／又は、それらの組み合わせ、を含む回路又は処理回路を使用して実行できる。プロセッサは、トランジスタやその他の回路を含むため、処理回路又は回路と見なされる。本開示において、回路、ユニット、又は手段は、列挙された機能を実行するハードウェアであるか、又は、列挙された機能を実行するようにプログラムされたハードウェアである。ハードウェアは、本明細書に開示されているハードウェアであってもよいし、あるいは、列挙された機能を実行するようにプログラム又は構成されているその他の既知のハードウェアであってもよい。ハードウェアが回路の一種と考えられるプロセッサである場合、回路、手段、又はユニットはハードウェアとソフトウェアの組み合わせであり、ソフトウェアはハードウェア及び／又はプロセッサの構成に使用される。

請求の範囲

- [請求項1] 推進力及び推進方向を変更可能な少なくとも2つの推進機を制御する操船制御装置であって、
- 船体の前後又は左右の移動方向、又は、前記船体の旋回方向を指示する推進指令を受信する受信部と、
- 前記船体の向きと前記船体の移動方向がなす角である斜航角と、対水船速と、前記船体の移動に伴って前記船体が水から受ける抵抗力に基づく、前後方向の力、左右方向の力、及びモーメントと、の関係を示す船体特性データを記憶する記憶部と、
- 前記船体特性データに基づいて求めた前後方向の力の補償値とモーメントの補償値を用いて前記推進指令を修正し、修正後の前記推進指令に基づいて前記推進機を制御する演算部と、
- を備える、操船制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の操船制御装置であって、
- 前記演算部は、前記推進指令に応じて高速横移動モードを実行し、
- 前記高速横移動モードにおいて、前記演算部は、船体座標系において前後方向の推進力が発生するように、及び、モーメントが発生するように前記推進機を制御するとともに、地球座標系における前記船体の移動方向が前記船体の左右方向の成分を含む方向となるように前記推進機を制御する、操船制御装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の操船制御装置であって、
- 前記推進指令の左右の移動方向の指令値が閾値以上である場合か、前記高速横移動モードの実行を指示するスイッチが操作されたことを検出した場合に、前記演算部は前記高速横移動モードを実行する、操船制御装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の操船制御装置であって、
- 前記受信部は、前記船体の動きに影響を与える外乱データを検出する外乱検出センサの検出値を取得し、

前記演算部は、前記推進指令と、前記船体特性データに基づいて求めた補償値と、前記外乱データに基づいて求めた前記船体が受ける外乱力と、に基づいて前記推進機を制御する、操船制御装置。

[請求項5]

請求項1に記載の操船制御装置であって、

前記受信部は、前記船体の旋回の角速度を検出する角速度センサの検出値を取得し、

前記演算部は、前記推進指令と、前記船体特性データに基づいて求めた補償値と、前記角速度センサの検出値を目標角速度に近づけるために必要なモーメントと、に基づいて前記推進機を制御する、操船制御装置。

[請求項6]

請求項1に記載の操船制御装置であって、

前記演算部は、前記推進指令と、前記船体特性データに基づいて求めた補償値と、前記船体の前後方向の加速度を目標加速度に近づけるために必要な前後方向の力と、前記船体の左右方向の加速度を目標加速度に近づけるために必要な左右方向の力と、に基づいて前記推進機を制御する、操船制御装置。

[請求項7]

請求項1に記載の操船制御装置であって、

前記演算部は、左右方向の前記推進指令と前記船体特性データとに基づいて、設定斜航角と設定対水船速とを設定し、

前記演算部は、前記設定斜航角と、前記設定対水船速と、前記船体特性データと、に基づいて、前後方向の力の補償値及びモーメントの補償値を求め、

前記演算部は、前記推進指令を、前後方向の力の補償値及びモーメントの補償値を用いて修正し、修正後の前記推進指令に基づいて前記推進機を制御する、操船制御装置。

[請求項8]

請求項1に記載の操船制御装置であって、

前記船体の推進に関する情報を表示する表示部を備え、

前記表示部には、

それぞれの前記推進機の推進力及び推進方向と、
全ての前記推進機が前記船体に作用させる、前後方向の力、左右方向の力、及びモーメントと、
前記推進機及び前記水の抵抗力による前記船体の移動方向及び旋回方向と、
のうち少なくとも 1 つが表示される、操船制御装置。

[請求項9]

請求項 1 に記載の操船制御装置であって、
前記船体の推進に関する情報を表示する表示部を備え、
前記表示部には、前記船体が姿勢変化を伴う場合において、当該船体の姿勢変化を考慮して推定された移動方向が表示される、操船制御装置。

[請求項10]

請求項 1 に記載の操船制御装置であって、
前記受信部は、前記船体の位置を検出する位置センサの検出値を取得し、
前記受信部は、前記船体の方位を検出する方位センサの検出値を取得し、
前記演算部は、前記船体の位置及び方位を維持する指令を受け付けた場合に、前記位置センサ及び前記方位センサの検出値に基づいて前記推進機を制御して、前記船体の位置及び方位を維持し、
前記演算部は、前記船体の左右方向の位置を維持することができないと判定した場合、前記船体特性データに基づいてモーメントを抑制しつつ左右方向の推進力を上昇させるように前記斜航角を変更させて前記左右方向の位置を維持する制御を行う、操船制御装置。

[請求項11]

請求項 1 から 10 までの何れか一項に記載の操船制御装置と、
推進力及び推進方向を変更可能な少なくとも 2 つの前記推進機と、
前記船体の前後又は左右の移動方向、又は、前記船体の旋回方向を指示する操作を受け付け、受け付けた操作に応じた推進指令を出力する操作部と、

を備える、操船システム。

[請求項12] 請求項 1 1 に記載の操船システムであって、
2つの前記推進機が船尾側に配置される、操船システム。

[請求項13] 推進力及び推進方向を変更可能な少なくとも2つの推進機を制御する操船制御方法であって、

船体の前後又は左右の移動方向、又は、前記船体の旋回方向を指示する推進指令を受信し、

前記船体の向きと前記船体の移動方向がなす角である斜航角と、対水船速と、前記船体の移動に伴って前記船体が水から受ける抵抗力に基づく、前後方向の力、左右方向の力、及びモーメントと、の関係を示す船体特性データに基づいて、前後方向の力の補償値とモーメントの補償値とを求め、

前後方向の力の前記補償値とモーメントの前記補償値を用いて前記推進指令を修正し、修正後の前記推進指令に基づいて前記推進機を制御する、操船制御方法。