(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年9月19日(19.09.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/190232 A1

(51) 国際特許分類:
B63H 21/38 (2006.01) *B63B 25/16* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/004872

(22) 国際出願日： 2024年2月13日(13.02.2024)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2023-039372 2023年3月14日(14.03.2023) JP

(71) 出願人： 川崎重工業株式会社 (**KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号 Hyogo (JP).

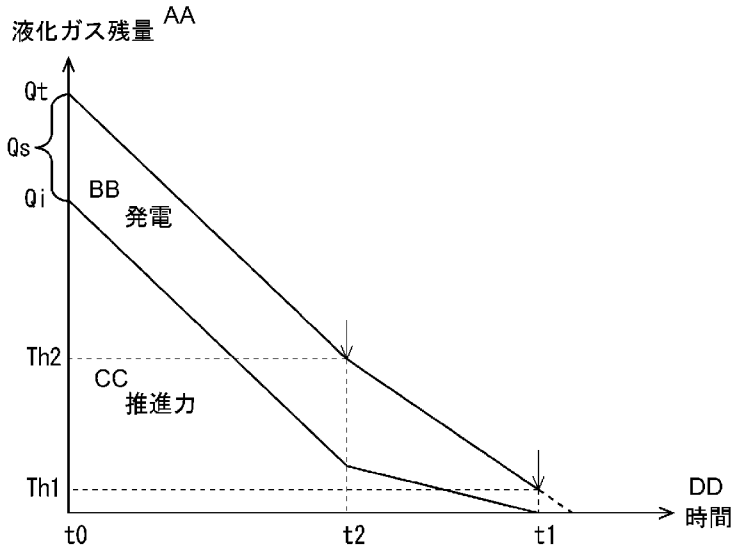
(72) 発明者: 池田 賢治 (**IKEDA, Kenji**). 野上 哲男 (**NOGAMI, Tetsuo**). 藤原 重治 (**FUJIHARA, Shigeharu**). 曽我 泰経 (**SOGA, Hiromichi**).

(74) 代理人: 弁理士法人有古特許事務所 (**ARCO PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS**); 〒6510088 兵庫県神戸市中央区小野柄通７丁目１番１号 日本生命三宮駅前ビル５階 Hyogo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,

(54) **Title:** PROPULSION SYSTEM, CONTROL PROGRAM, AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称： 推進システム、制御プログラムおよび制御方法



AA Remaining amount of liquified gas
BB Power generation
CC Propulsion force
DD Time

(57) **Abstract:** In the present invention, a controller includes a processing circuit, and the processing circuit acquires data on the distance from the position of a ship to a dock where the ship is to dock, the speed of the ship, and the amount of liquefied gas remaining in the tank, uses the distance and speed to estimate the required amount of liquefied gas which indicates the amount of liquefied gas required for the ship to navigate to the dock using the engine, calculates the amount of surplus liquefied gas by subtracting the required amount of liquefied gas from the remaining amount of liquefied gas,

WO 2024/190232 A1

[続葉有]

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

generates a rotation speed command value for the engine such that the amount of liquefied gas remaining becomes equal to or less than a prescribed threshold value at a prescribed time before arriving at the dock, and generates a power converter command value for controlling the power that a power converter receives from a generator so that the generator generates power using the driving force of the engine corresponding to the amount of surplus liquefied gas.

(57) 要約:制御器は、処理回路を含み、処理回路は、船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、船舶の速度、およびタンク内の液化ガス残量についてのデータを取得し、距離および速度を用いて、船舶がドックまでエンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定し、液化ガス残量から必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出し、ドックに到着する前の所定の時点で液化ガス残量が所定のしきい値以下になるようなエンジンに対する回転数指令値を生成し、発電機が余剰液化ガス量に対応するエンジンの駆動力を用いて発電するように、電力変換器が発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する。

明　細　書

発明の名称 ： 推進システム、制御プログラムおよび制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、船舶の推進システム、制御プログラムおよび制御方法に関する。

背景技術

[0002] 液化天然ガス等の液化ガスを気化して燃料として使用するガスエンジンが船舶のエンジンとして用いられる場合がある。例えば、下記特許文献１には、天然ガスと燃料油とを同時に燃料として使用できるデュアルフューエルエンジンが記載されている。

[0003] 特許文献１には、天然ガスを燃料として使用して駆動するガスモードと、燃料油を燃料として使用して駆動する燃料油モードと、天然ガスと燃料油とを同時に燃料として使用して駆動する燃料分配モードとを切り替え可能である構成が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０２０－７３３７７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、天然ガス等の液化ガスを燃料として用いたエンジンを搭載した船舶が、定期的なメンテナンス等のためにドックに入渠する場合、安全性確保のため、液化ガスを貯留するタンクを空にすることが定められている。上記特許文献１には、ドックへの入渠のための航行時に効率よく天然ガスを消費することは開示されておらず、このような観点において改善の余地がある。

[0006] 本開示は上記に鑑みなされたものであり、液化ガスを燃料として使用するエンジンを用いた船舶において、ドックへの入渠のための航行時に効率よく

液化ガスを消費することができる船舶の推進システム、制御プログラムおよび制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様に係る推進システムは、液化ガスを貯留するタンクと、前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の推進システムであって、前記制御器は、処理回路を含み、前記処理回路は、前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量についてのデータを取得し、前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定し、前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出し、前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成し、前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する。

[0008] 本開示の他の態様に係る制御プログラムは、液化ガスを貯留するタンクと、前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の制御プログラムであって、前記制御プログラムは、前記制御器に、前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量についてのデータを取得すること、前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジ

ンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定すること、前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出すること、前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成すること、および前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成することを行わせる。

[0009] 本開示の他の態様に係る制御方法は、液化ガスを貯留するタンクと、前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の制御方法であって、前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量についてのデータを取得し、前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定し、前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出し、前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成し、前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、液化ガスを燃料として使用するエンジンを用いた船舶において、ドックへの入渠のための航行時に効率よく液化ガスを消費することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図１は、本開示の一実施の形態に係る船舶の推進システムの概略構成を示すブロック図である。

[図2]図２は、本実施の形態における航行時の液化ガス残量の時間的変化を示すグラフである。

[図3]図３は、図２に示す液化ガス残量の時間的変化に伴う回転数指令値の時間的変化を示すグラフである。

[図4]図４は、本実施の形態の変形例における航行時の液化ガス残量の時間的変化を示すグラフである。

[図5]図５は、図４に示す液化ガス残量の時間的変化に伴う回転数指令値の時間的変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、一実施の形態について、図面を参照しながら、詳細に説明する。なお、以下では全ての図を通じて同一または相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。

[0013] 図１は、本開示の一実施の形態に係る船舶の推進システムの概略構成を示すブロック図である。本実施の形態においては、船舶として、エンジン３および電動発電機４を推進プロペラ２への駆動力の発生源として使用可能なハイブリッド推進船を例示する。

[0014] 本実施の形態における推進システム１は、推進プロペラ２、エンジン３、タンク３０、電動発電機４および電力変換システム２０を備えている。推進プロペラ２は、翼角指令値に従って翼角を変更可能に構成された可変ピッチプロペラである。

[0015] タンク３０には、液化天然ガス等の液化ガスが貯留される。エンジン３は、タンク３０に貯留された液化ガスを気化させた燃料ガスを含む燃料を用いて駆動力を発生させるガスエンジンである。なお、エンジン３は、液化ガスを気化させた燃料ガスを専焼するガス専焼エンジンでもよいし、燃料ガスと、重油等の液体燃料とを切り替えて燃焼可能なデュアルフューエルエンジンでもよい。燃料ガスは、例えば、天然ガス、水素ガス、アンモニアガス等を

含み得る。

[0016] エンジン３および電動発電機４は、減速機５を介して推進プロペラ２に機械的に接続されている。電動発電機４は、電力変換システム２０に電気的に接続される。電力変換システム２０は、直流配線６および第１電力変換器７を含む。第１電力変換器７は、直流配線６と電動発電機４との間に介装される。電動発電機４は、直流配線６を通じて供給される電力から動力を発生させることにより、推進プロペラ２に動力を伝達可能である。このとき、第１電力変換器７は、直流配線６における直流電圧を交流電圧に変換して、電動発電機４に出力する。さらに、電動発電機４は、エンジン３の駆動力を利用して発電を行い、直流配線６に電力を供給する発電機としても機能する。このとき、第１電力変換器７は、電動発電機４が発電することにより生じた交流電圧を直流電圧に変換して直流配線６に出力する。

[0017] さらに、電力変換システム２０は、第２電力変換器８および第３電力変換器１０を含む。直流配線６には、第２電力変換器８を介して蓄電器９が接続される。蓄電器９は、二次電池またはキャパシタ等である。第２電力変換器８は、直流配線６の直流電圧を所定の直流電圧に変換するＤＣ－ＤＣコンバータである。また、直流配線６には、第３電力変換器１０を介して交流配線１１が接続される。第３電力変換器１０は、直流配線６の直流電圧を交流電圧に変換して、交流配線１１に出力し、交流配線１１の交流電圧を直流電圧に変換して、直流配線６に出力する。交流配線１１には、発電機１２および交流の船内負荷１３が接続され得る。また、直流配線６には、直流の船内負荷が接続され得る。

[0018] このような推進システム１によれば、機械的推進部であるエンジン３および電気的推進部である電動発電機４との間で協調的に船舶の推進力を発生させることができる。また、推進システム１によれば、エンジン３により生じた推進力の余剰分を電動発電機４により電力として回収し、船内負荷１３に電力を供給したり、蓄電器９に蓄電したりすることができる。

[0019] 推進システム１は、左右一対の舵３１を備えている。本実施の形態におい

て、左右一対の舵３１は、推進プロペラ２の後方に配置されている。これに代えて、左右一対の舵３１は、推進プロペラ２の両側方に配置されてもよい。

[0020] 推進システム１は、制御器１４を備えている。制御器１４は、各種の信号処理を行う処理回路１５を備えている。処理回路１５は、例えばマイクロコントローラ、パーソナルコンピュータ、ＰＬＣ（Programmable Logic Controller）等のコンピュータを有する。より具体的には、処理回路１５は、プロセッサ、記憶器および周辺回路を含む。プロセッサは、例えば、ＣＰＵまたはＭＰＵ等を含む。記憶器は、ＲＯＭ、ＲＡＭ、レジスタ、不揮発性のストレージ等を含む。周辺回路は、入出力インターフェイス等を含む。制御器１４は、船舶を操作する操作入力器１６に接続される。制御器１４は、制御状態を表示するモニタまたは音声出力を行うスピーカ等に接続されてもよい。

[0021] なお、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構成また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、および／または、それらの組み合わせを含む回路また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、処理回路または回路と見なされる。本明細書において、回路、ユニット、手段、または部は、列挙された機能を実行するハードウェアであるか、または、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また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、ユニット、または手段はハードウェアとソフトウェアとの組み合わせであり、ソフトウェアはハードウェアおよび／またはプロセッサの構成に使用される。

[0022] 制御器１４の記憶器には、制御対象を制御するための制御プログラムが記

憶される。制御器１４は、制御プログラムに基づいて制御対象を制御する。制御器１４の制御対象は、推進プロペラ２、エンジン３、および第１電力変換器７を含む。制御器１４は、これらの構成２，３，７を制御する１つの制御器として構成されてもよいし、２以上の制御器により構成されてもよい。また、制御器１４は、他の電力変換器８，１０、発電機１２、左右一対の舵３１、または、船内負荷１３を制御可能に構成されてもよい。

[0023] 制御器１４は、翼角指令値に基づいて可変ピッチプロペラである推進プロペラ２の翼角を制御する。翼角指令値は、操作入力器１６から入力される。操作入力器１６は、例えば、船舶の速度調整および前進と後進との切り替えを操作するための操作レバーまたは操作ハンドルを含み得る。例えば、操作レバーは、第１方向に最大量操作した位置が前進側の最大船速に対応し、第１方向とは反対の第２方向に最大量操作した位置が後進側の最大船速に対応し、中立位置が船速０に対応するように構成されている。

[0024] 操作入力器１６は、操作レバーの操作位置に対応する船舶速度が速いほど翼角が大きくなるような翼角指令値を生成する。例えば、操作レバーが第１方向の位置にある場合には、正の翼角となる翼角指令値が生成され、操作レバーが第２方向の位置にある場合には、負の翼角となる翼角指令値が生成される。

[0025] なお、本実施の形態において、推進システム１は、推進プロペラ２の翼角を検出する翼角センサ１７を備えている。制御器１４は、翼角センサ１７が検出する値を取得し、推進プロペラ２の翼角が翼角指令値になるようにフィードバック制御を行う。

[0026] さらに、制御器１４は、回転数指令値に従ってエンジン３の回転数を制御する。回転数指令値は、制御モードに応じて、固定値として設定されてもよいし、操作入力器１６によって変更可能な値に設定されてもよいし、後述するように、制御器１４により生成されてもよい。制御器１４は、エンジン３の回転数が回転数指令値に対応する回転数を維持するように、エンジン３を制御する。

[0027] さらに、制御器１４は、電力変換指令値に従って第１電力変換器７を制御する。例えば、制御器１４は、航行時における通常の制御モードにおいて、電動発電機４で所定の電力を発電し、直流配線６に供給するように制御する。本実施の形態では、通常の航行時における第１電力変換器７に対する制御モードを、第１制御モードと称する。第１制御モードでは、電動発電機４は常時発電を行う。このため、エンジン３に対する回転数指令値は、推進プロペラ２で発生する出力より大きな出力を発生するような回転数に設定される。

[0028] 第１制御モードにおいて、第１電力変換器７から直流配線６に供給された電力は、第３電力変換器１０を介して交流配線１１に供給され、船内負荷１３に供給される。余剰の電力は、第２電力変換器８を介して蓄電器９に供給され、蓄電器９に蓄えられる。第１制御モードにおいて電動発電機４が発電する電力量は、これらの直流配線６で利用される電力量の総和および発電機１２で発電される電力量に基づいて定められる。すなわち、直流配線６における電力の不足分を補うように電動発電機４で発電された電力が直流配線６に供給される。

[0029] 蓄電器９の充電率が所定値以上である場合、制御器１４は、蓄電器９に蓄えられた電力を船内負荷１３または電動発電機４に供給するように第２電力変換器８を制御し得る。この場合、制御器１４は、電動発電機４から直流配線６に供給される電力を第１制御モード時より低減させる、または、直流配線６から電動発電機４に供給する制御を行う。

[0030] 本実施の形態では、蓄電器９の放電時における第１電力変換器７に対する制御モードを、第２制御モードと称する。第２制御モードは、エンジン３の駆動力と電動発電機４の駆動力とで推進力を発生させるハイブリッドモードである。

[0031] 船舶は、メンテナンス等のために、定期的に予め定められたドックに入渠する必要がある。この場合、安全性確保のため、ドックへの入渠時には、液化ガスを貯留するタンク３０を空にする、いわゆる、ガスフリーにすること

が定められている。一般的に、燃料ガスを含む燃料を用いて駆動力を発生させるガスエンジンを備えた船舶には液化ガスを燃焼させるガス燃焼装置が搭載されている。しかし、ガス燃焼装置は時間当たりに焼却できるガス量が限定的であり、タンク３０内に液化ガスが多く残存する場合、ドック到着後に一定の処理時間がかかることが問題となる。

[0032] 本実施の形態では、第１電力変換器７に対する制御モードは、上記第１制御モードおよび第２制御モードに加えて、船舶がドックに入渠するための航行時に用いられる第３制御モードを含んでいる。操作入力器１６は、第３制御モードの実行を開始するための切り替えボタン等の入力操作子を含む。第３制御モードの実行開始は、ドックへ向けての出港前または出港時であってもよいし、航行中であってもよい。

[0033] 制御器１４の処理回路１５は、操作入力器１６を操作することによる第３制御モードの実行指令を受けた場合に、第３制御モードの実行を開始する。まず、処理回路１５は、船舶の位置から入居先のドックまでの距離、船舶の速度、およびタンク３０内の液化ガス残量Ｑｔについてのデータを取得する。

[0034] 船舶の位置は、ＧＰＳ等の全球測位衛星システム（ＧＮＳＳ：Global Navigation Satellite System）を用いた船舶位置情報から取得される。なお、船舶の位置は、船舶の現在位置でなくてもよい。例えば、操作入力器１６によりユーザが指定した位置が船舶の位置に設定されてもよい。船舶の速度は、対水速度計、方位計および風向風速計等を用いた船舶速度情報から取得される。なお、船舶の速度は、船舶の現在の速度でなくてもよい。例えば、船舶の速度として、当該船舶において想定される航行速度の推定値が用いられてもよい。航行速度の推定値は、予め記憶器に記憶されていてもよいし、操作入力器１６により、ユーザが入力可能としてもよい。

[0035] 液化ガス残量Ｑｔは、タンク３０に設置されたレベルセンサ３２により検出された検出値から取得される。入渠先のドックの位置は、予め記憶器に記憶されている。複数のドックの位置が記憶された地図データが予め記憶器に

記憶され、操作入力器１６により、何れのドックに入渠するかをユーザの操作入力により選択可能としてもよい。なお、液化ガス残量Ｑｔは、タンク３０に貯留された液化ガスの現在の残量でなくてもよい。例えば、操作入力器１６によりユーザが指定した量が液化ガス残量Ｑｔとして設定されてもよい。

[0036] 処理回路１５は、船舶の位置および入渠先のドックの位置との間の距離を算出する。以下では、算出した距離を到達距離と称する。処理回路１５は、到達距離および船舶の速度を用いて、船舶がドックまでエンジン３で航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量Ｑｉを推定する。

[0037] 例えば、必要液化ガス量Ｑｉは、取得した船舶の速度における単位距離当たりの燃料ガスの消費量に、到達距離を掛けた値として算出され得る。到達距離を、等速で航行する区間の第１距離と減速する区間の第２距離とで分けて、取得した船舶の速度における単位距離当たりの燃料ガスの消費量に第１距離を掛けた値と、第２距離において減速に要する燃料ガスの消費量とを加算した値が、必要液化ガス量Ｑｉとして算出されてもよい。また、予定航路における航行条件を考慮して必要液化ガス量Ｑｉが算出されてもよい。例えば、航行条件は、海峡等の特定区間を通過する際の制限速度、天候、波高等を含み得る。

[0038] 処理回路１５は、液化ガス残量Ｑｔから必要液化ガス量Ｑｉを差し引いた余剰液化ガス量Ｑｓを算出する。算出される余剰液化ガス量Ｑｓは、ドックに入渠するまでに船舶の推進力として消費される液化ガスとは別に消費しなければならない液化ガス量を意味する。処理回路１５は、ドックに到着したときに液化ガス残量Ｑｔが所定のしきい値Ｔｈ１以下になるようなエンジン３に対する回転数指令値Ｒｔを生成する。

[0039] 図２は、本実施の形態における航行時の液化ガス残量の時間的変化を示すグラフである。図３は、図２に示す液化ガス残量の時間的変化に伴う回転数指令値の時間的変化を示すグラフである。図２および図３のグラフにおいて、時刻ｔ０が船舶の位置、すなわち、第３制御モードの開始時点を示し、時

刻ｔ１がドックに到着する時刻を示す。ガスフリーを達成するために、時刻ｔ０から時刻ｔ１までの間に液化ガス残量Ｑｔをしきい値Ｔｈ１以下にする必要がある。

[0040] 本例において、時刻ｔ０から時刻ｔ２までは、船舶は、船舶の現在の速度を維持し、時刻ｔ２から減速する。本実施の形態において、推進システム１は、上記の通り、推進プロペラ２として可変ピッチプロペラを備えている。すなわち、船舶の航行中における推進力の変更は、推進プロペラ２の翼角を変更することで行われる。そのため、仮に、電動発電機４を動作させない状態で、かつ、エンジン３の駆動力を船舶の推進力のみに利用する場合のエンジン３の回転数指令値Ｒｉは、図３に示すように、時刻ｔ０から時刻ｔ２までの定速航行期間において一定の値に設定される。

[0041] 時刻ｔ０から時刻ｔ１に達する直前にエンジン３を停止させるまでの減速期間において、上記仮の回転数指令値Ｒｉは、漸減する。なお、これに代えて、仮の回転数指令値Ｒｉは、階段状に減少してもよい。また、推進プロペラ２の翼角の変化のみで船舶が停止するまで減速する場合には、仮の回転数指令値Ｒｉは時刻ｔ２における値から変化しないような制御も可能である。

[0042] 図３の例に示す仮の回転数指令値Ｒｉの推移に対応して、図２に示すように、必要液化ガス量Ｑｉが時間経過に応じて減少する。すなわち、時刻ｔ０から時刻ｔ２までの定速航行期間において単位時間あたりの液化ガスの消費量が一定であるため、必要液化ガス量Ｑｉは、直線的に減少する。時刻ｔ２からの減速期間においては仮の回転数指令値Ｒｉが減少することにより、単位時間あたりの液化ガスの消費量が減少するため、必要液化ガス量Ｑｉの減少量は、定速航行期間に比べて緩やかになる。

[0043] 時刻ｔ０における液化ガス残量Ｑｔが必要液化ガス量Ｑｉより大きい場合、液化ガス残量Ｑｔから必要液化ガス量Ｑｉを差し引いた余剰液化ガス量Ｑｓを時刻ｔ１までに船舶の推進力とは別に消費する必要がある。そのため、処理回路１５は、ドックに到着したときに液化ガス残量Ｑｔが所定のしきい値Ｔｈ１以下になるようなエンジン３に対する回転数指令値Ｒｔを生成する

。すなわち、時刻ｔ０における液化ガス残量Ｑｔが必要液化ガス量Ｑｉより大きい場合、第３制御モードにおける実際の回転数指令値Ｒｔは、図３に示すように、船舶の推進力を発生させるための上記仮の回転数指令値Ｒｉより大きい値となる。

[0044] 船舶のエンジン３は、頻繁な回転数変動に対する応答性が高くないため、定速航行期間における回転数指令値Ｒｔも仮の回転数指令値Ｒｉと同様に一定の値に設定される。時刻ｔ２からの減速期間においては、回転数指令値Ｒｔが時刻ｔ１までに液化ガス残量Ｑｔがしきい値Ｔｈ１以下になるように設定される。図３の例では、回転数指令値Ｒｔが単調減少するように設定されるが、減速期間における回転数指令値Ｒｔが、一定の値となるように設定されてもよいし、定速航行期間より増加した値となるように設定されてもよい。

[0045] また、余剰液化ガス量Ｑｓが時刻ｔ１に達する前にしきい値Ｔｈ１以下または０になるように回転数指令値Ｒｔが設定されてもよい。すなわち、時刻ｔ０と時刻ｔ１との間において液化ガス残量Ｑｔが必要液化ガス量Ｑｉに一致してもよい。ただし、必要液化ガス量Ｑｉはあくまで推定値であるので、ドックに到着する前に液化ガスがなくなり得る回転数指令値Ｒｔの設定は、電動発電機４等による他の推力発生手段を備えた推進システム１の場合に採用することができる。

[0046] このようにして設定された回転数指令値Ｒｔに基づくエンジン３の駆動力は、船舶の推進力と、発電用の駆動力とに分配される。すなわち、余剰液化ガス量Ｑｓは、発電を行うことによって消費される。このために、処理回路１５は、電動発電機４が余剰液化ガス量Ｑｓに対応するエンジン３の駆動力を用いて発電するように、第１電力変換器７が電動発電機４から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する。

[0047] これにより、余剰液化ガス量Ｑｓは、エンジン３および電動発電機４により電力に変換される。第１電力変換器７は、電動発電機４から供給された電力を直流に変換する。余剰液化ガス量Ｑｓを用いて発電された電力は、直流

配線６に第２電力変換器８を介して接続される第２電力変換器８により蓄電器９に充電される。蓄電器９に蓄えられた電力は、例えば、ドック入渠後における船内電源として用いられる。

[0048] また、余剰液化ガス量Ｑｓを用いて発電された電力は、直流配線６に第３電力変換器１０を介して接続された交流配線１１に供給され、交流配線１１に接続される船内負荷１３が動作することにより消費されてもよい。この場合、制御器１４は、交流配線１１に接続される発電機１２の発電量を減らす、または、停止させるように制御してもよい。船内負荷１３は、例えば液化ガスを気化するために利用される蒸気を生成する電気ボイラ等を含む。また、船舶が船内負荷１３として電動の可変ピッチプロペラを用いたサイドスラスタを備えている場合には、可変ピッチプロペラの翼角を中立位置にした状態で可変ピッチプロペラを回転させることにより、電力が消費されてもよい。

[0049] このように、本実施の形態では、ドックに入渠するための船舶の航行時において、ドックに達する時点で液化ガス残量がなくなるようにエンジンの回転数指令値が制御されることにより、液化ガス残量Ｑｔを考慮して、エンジン３で液化ガスが消費される。その上で、エンジン３で発生した駆動力のうち、船舶の推進力として用いられる駆動力を除いた余剰の駆動力が電動発電機４による発電に用いられる。例えば、第１制御モードにおける航行時よりも単位時間あたりの発電量を多くすることにより、単位時間あたりの液化ガスの消費量を多くする。これにより、ドックへ向かう航行中に発電を行いながら効率よく液化ガスを消費することができる。

[0050] 第３制御モードによる航行の結果、ドックの入渠直前、すなわち、時刻ｔ１直前の状態で、実際の液化ガス残量Ｑｔは、０になっているとは限らない。ドックに到着するまで船舶がエンジン３の駆動力を用いて航行するために、液化ガス残量Ｑｔのしきい値Ｔｈ１が０より大きい値に設定され得るからである。また、必要液化ガス量Ｑｉは、推定値であるため、実際にドックに到着するまでに船舶の推進力を発生させるために必要となる液化ガス量は、

実際の航行環境等に応じて変化し得る。また、必要液化ガス量Ｑｉ自体もある程度のマージンを含めた値に設定され得る。

[0051] そこで、ドックの入渠前、例えば、ドックのある港の湾内に船舶が進入した場合等において、必要液化ガス量Ｑｉがタンク３０に残っている場合に、処理回路１５は、船舶を停船状態としつつ、エンジン３を駆動させることにより液化ガスを消費させるような制御指令を生成する。

[0052] 例えば、処理回路１５は、推進プロペラ２への動力伝達を行わずに、エンジン３の駆動力を電動発電機４における発電に用いることにより液化ガスを消費させるような制御指令を生成し得る。発電された電力は、上記と同様に、蓄電器９に充電される、または、船内負荷１３の電源として利用される。

[0053] これに代えて、または、これに加えて、処理回路１５は、エンジン３の駆動力により推進プロペラ２を回転させることで液化ガスを消費させるような制御指令を生成してもよい。

[0054] 例えば、処理回路１５は、停船状態において、エンジン３を駆動し、かつ、可変ピッチプロペラである推進プロペラ２を前進側微小角および後進側微小角の間で交互に変化させるように制御する。これにより、停船状態を保持しつつ余剰液化ガス量Ｑｓの少なくとも一部をエンジン３で生じる駆動力により消費させる。

[0055] また、例えば、処理回路１５は、停船状態において、エンジン３を駆動し、かつ、左右一対の舵３１を停船位置とした状態で推進プロペラ２を回転させるように制御する。これによっても、停船状態を保持しつつ余剰液化ガス量Ｑｓの少なくとも一部をエンジン３で生じる駆動力により消費させる。

[0056] また、本実施の形態の推進プロペラ２および舵３１の構成に代えて、プロペラの回転軸方向を変更可能な複数の旋回式スラスタを備えている場合、処理回路１５は、停船状態において、エンジン３を駆動し、かつ、複数の旋回式スラスタの回転軸方向を停船状態を保持する方向に制御してもよい。すなわち、複数の旋回式スラスタが互いの推力を相殺するように動作することにより、推進プロペラ２が駆動されながら、船舶の停止状態が保持される。こ

れによっても、停船状態を保持しつつ余剰液化ガス量Ｑｓの少なくとも一部をエンジン３で生じる駆動力により消費させ得る。

[0057] 本実施の形態によれば、航行時において予め液化ガス残量Ｑｔを考慮した回転数指令値に基づいてエンジン３が駆動することにより、液化ガスが効率的に消費されるため、停船状態における液化ガスの消費量および液化ガス残量Ｑｔを０にするまでの時間を短縮することができる。したがって、環境負荷の低い船舶を実現することができる。

[0058] 以上、本開示の実施の形態について説明したが、本開示は上記実施の形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変更、修正が可能である。

[0059] ［他の実施の形態］

例えば、処理回路１５は、上記実施の形態に従って回転数指令値Ｒｔを生成した時点以後の所定の船舶位置における実際の液化ガス残量Ｑｔの減り具合に応じて回転数指令値Ｒｔを補正してもよい。

[0060] 図４は、本実施の形態の変形例における航行時の液化ガス残量の時間的変化を示すグラフである。図５は、図４に示す液化ガス残量の時間的変化に伴う回転数指令値の時間的変化を示すグラフである。図２および図３のグラフと同様に、図４および図５のグラフにおいて、時刻ｔ０の時点で回転数指令値Ｒｔが生成され、第３制御モードが開始される。

[0061] 処理回路１５は、回転数指令値Ｒｔを生成した時点である時刻ｔ０以後の所定の船舶位置Ｐａにおける液化ガス残量Ｑｔａａのデータを取得する。所定の船舶位置Ｐａは、時刻ｔ０からの経過時間によって定められてもよいし、時刻ｔ０における船舶の位置からの距離によって定められてもよいし、時刻ｔ０における船舶の位置からドックまでの航路上に設定されたウェイポイントであってもよい。図４および図５において、船舶が船舶位置Ｐａに到達したときの時刻がｔＰａとして示されている。

[0062] 処理回路１５は、回転数指令値Ｒｔに基づいて推定される船舶位置Ｐａでの推定液化ガス残量Ｑｔａｅを算出する。推定液化ガス残量Ｑｔａｅは、回

転数指令値をＲｔとしたときの液化ガス残量Ｑｔの時間的変化の推定値を示す関数と時刻ｔ０から船舶位置Ｐａに到達するまでの時間とに基づいて算出される。すなわち、図４におけるグラフＶｔにおいて時刻ｔＰａのときの液化ガス残量が推定液化ガス残量Ｑｔａｅとなる。

[0063] 処理回路１５は、船舶位置Ｐａにおける実際の液化ガス残量Ｑｔａａと推定液化ガス残量Ｑｔａｅとの差分を算出する。図４の例においては、推定液化ガス残量Ｑｔａｅより実際の液化ガス残量Ｑｔａａの方が多くなっている。すなわち、船舶位置Ｐａにおいて予想より液化ガスが多く残っていると判定される。処理回路１５は、船舶位置Ｐａにおける実際の液化ガス残量Ｑｔａａと推定液化ガス残量Ｑｔａｅとの差分に基づいて回転数指令値Ｑｔを補正し得る。図５に示すように、船舶位置Ｐａにおいて、処理回路１５は、単位時間あたりの液化ガス消費量を増加させるべく、元の回転数指令値Ｒｔより高い回転数指令値Ｒｔａに補正する。さらに、処理回路１５は、補正後の回転数指令値Ｒｔａに基づいて電力変換器指令値を補正する。

[0064] 処理回路１５は、元の回転数指令値Ｒｔに所定の係数をかけるまたは改めて上記実施の形態に示したように回転数指令値Ｒｔａを算出する等によって回転数指令値を補正する。

[0065] 所定の船舶位置は、複数設定され得る。本変形例は、第３制御モードの開始後、２つの船舶位置として定められる第１船舶位置Ｐａおよび第２船舶位置Ｐｂで回転数指令値Ｒｔの見直しが行われる。処理回路１５は、第２船舶位置Ｐｂにおいても、第１船舶位置Ｐａと同様に、第２船舶位置Ｐｂにおける液化ガス残量Ｑｔｂａのデータを取得する。また、処理回路１５は、回転数指令値Ｒｔａに基づいて推定される第２船舶位置Ｐｂでの推定液化ガス残量Ｑｔｂｅを算出する。

[0066] 推定液化ガス残量Ｑｔｂｅは、回転数指令値をＲｔａとしたときの液化ガス残量Ｑｔの時間的変化の推定値を示す関数と第１船舶位置Ｐａにおける時刻ｔＰａから時刻ｔＰｂに第２船舶位置Ｐｂに到達するまでの時間とに基づいて算出される。すなわち、図４におけるグラフＶｔａにおいて時刻ｔＰｂ

のときの液化ガス残量が推定液化ガス残量Ｑｔｂｅとなる。処理回路１５は、第２船舶位置Ｐｂにおける実際の液化ガス残量Ｑｔｂａと推定液化ガス残量Ｑｔｂｅとの差分に基づいて回転数指令値Ｑｔａを補正し得る。

[0067] 図４の例においては、推定液化ガス残量Ｑｔｂｅより実際の液化ガス残量Ｑｔｂａの方が少なくなっている。すなわち、第２船舶位置Ｐｂにおいて予想より液化ガスが多く消費されていると判定される。本変形例において、処理回路１５は、図５に示すように、単位時間あたりの液化ガス消費量を減少させるべく、元の回転数指令値Ｒｔａより低い回転数指令値Ｒｔｂに補正する。さらに、処理回路１５は、補正後の回転数指令値Ｒｔｂに基づいて電力変換器指令値を補正する。

[0068] これによれば、回転数指令値Ｒｔ生成後において実際の液化ガス残量Ｑｔの減り具合に応じて回転数指令値Ｒｔが補正される。このため、回転数指令値Ｒｔ生成後の船舶の実際の運航状態が変化しても過不足のない液化ガスの消費を実現することができる。

[0069] なお、処理回路１５は、船舶位置Ｐａ，Ｐｂにおける実際の液化ガス残量Ｑｔａａ，Ｑｔｂａと推定液化ガス残量Ｑｔａｅ，Ｑｔｂｅとの差分の大きさが所定の基準値以上である場合に回転数指令値Ｒｔを補正し、差分の大きさが所定の基準値未満の場合、回転数指令値Ｒｔの補正を行わないようにしてもよい。また、本変形例では、時刻ｔ０から時刻ｔ２までの定速航行期間における船舶位置Ｐａ，Ｐｂにおいて回転数指令値Ｒｔが補正される態様を例示したが、時刻ｔ２から時刻ｔ１までの減速期間において回転数指令値Ｒｔが補正されてもよい。

[0070] また、上記実施の形態においては、船舶として、エンジン３および電動発電機４を推進プロペラ２への駆動力として使用可能なハイブリッド推進船を例示したが、これに限られない。すなわち、本開示の態様は、エンジン３として液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動するエンジンを備えた推進システム１に適用可能である。そのため、推進システムは、推進プロペラ２への駆動力を発生する電動発電機４を備えていなくてもよい。この場合、

推進システムは、エンジン３の駆動力を利用して発電可能な発電機を備えていればよい。

[0071] また、上記実施の形態において、船舶内の制御器１４が第３制御モードにおける各種演算を行う処理回路１５を備えた態様を例示したが、処理回路１５は、船舶の外部において構成されてもよい。例えば、陸上に設置された管理装置と船舶とが通信可能に構成され、管理装置が船舶の推進システム１を構成する制御器１４の一部として第３制御モードにおける各種演算を行う処理回路１５を備えてもよい。

[0072] また、上記実施の形態において、エンジン３の回転数指令値を生成するための基準となる液化ガス残量Ｑｔのしきい値は、ドックに到着する直前の液化ガス残量Ｑｔの値、すなわち、時刻ｔ１におけるしきい値Ｔｈ１として設定されている例を示したが、しきい値以下にすべき時点は、ドックに到着する前の所定の時点であれば、何れの時期でもよい。例えば、しきい値以下にすべき時点が、定速航行期間の終了時点である時刻ｔ２に設定されてもよい。すなわち、処理回路１５は、時刻ｔ２の時点で液化ガス残量Ｑｔがしきい値Ｔｈ２以下になるようなエンジン３に対する回転数指令値を生成してもよい。また、例えば、操作入力器１６によりしきい値Ｔｈ１を設定する位置座標、ドックとの距離またはドック到着時を基準とする時間をユーザが入力可能とし、当該入力した内容に基づいてしきい値Ｔｈ１以下にすべき時点が設定されてもよい。

[0073] ただし、しきい値Ｔｈ１以下にすべき時点をドックに到着する前の所定の時点に設定する場合、しきい値Ｔｈ１以下にすべき時点における位置とドックの位置との間において船舶が液化ガスを消費することによる航行以外の航行能力を有することが望ましい。すなわち、電動発電機４を備えたハイブリッド推進船またはエンジン３がデュアルフューエルエンジンである場合に、しきい値Ｔｈ１以下にすべき時点をドックに到着する前の所定の時点に設定してもよい。なお、タグボート、牽引ロープ等の外部の作用によりドックに到着可能な範囲であれば、液化ガスを消費することによる航行以外の航行能

力を有しない船舶に対しても、しきい値Ｔｈ１以下にすべき時点をドックに到着する前の時点に設定可能である。

[0074] また、上記実施の形態においては、ハイブリッド推進船として、エンジン３および電動発電機４が減速機５を介して推進プロペラ２に並列に接続される構成を例示したが、エンジン３の駆動力を用いて電動発電機４が発電可能である構成であれば、エンジン３および電動発電機４の駆動力を推進プロペラ２に伝達する機構はどのような構成でもよい。

[0075] 上記実施の形態における制御プログラムは、外部のコンピュータからダウンロードすることによって提供される、またはコンピュータが読み取り可能な非一時的な記録媒体に記録されるプログラム製品として構成されてもよいし、制御プログラムが予めインストールされたコンピュータ製品として構成されてもよい。

[0076] ［本開示のまとめ］

［項目１］

本開示の一態様に係る推進システムは、液化ガスを貯留するタンクと、前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の推進システムであって、前記制御器は、処理回路を含み、前記処理回路は、前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量を取得し、前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定し、前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出し、前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成し、前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記

電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する。

[0077] 上記構成によれば、ドックに入渠するための船舶の航行時において、ドックに達する時点で液化ガス残量がなくなるようにエンジンの回転数指令値が制御されることにより、エンジンで液化ガスが消費される。その上で、エンジンで発生した駆動力のうち、船舶の推進力として用いられる駆動力を除いた余剰の駆動力が発電機による発電に用いられる。これにより、ドックへ向かう航行中に発電を行いながら効率よく液化ガスを消費することができる。

[0078] ［項目２］

項目１の推進システムにおいて、前記処理回路は、前記回転数指令値を生成した時点以後の所定の船舶位置における前記液化ガス残量のデータを取得し、前記回転数指令値に基づいて推定される前記船舶位置での推定液化ガス残量を算出し、前記船舶位置における前記液化ガス残量と前記推定液化ガス残量との差分に基づいて、前記回転数指令値を補正してもよい。これによれば、回転数指令値生成後において実際の液化ガス残量の減り具合に応じて回転数指令値が補正される。このため、回転数指令値生成後の船舶の実際の運航状態が変化しても過不足のない液化ガスの消費を実現することができる。

[0079] ［項目３］

項目１または２の推進システムは、前記電力変換器に電気的に接続される蓄電器を備え、前記蓄電器は、前記発電機から受け取った電力により充電されてもよい。

[0080] ［項目４］

項目１から３の何れかの推進システムは、前記電力変換器に電気的に接続される船内負荷を備え、前記船内負荷は、前記発電機から受け取った電力により動作してもよい。

[0081] ［項目５］

項目１から４の何れかの推進システムは、前記エンジンに機械的に接続された推進プロペラを備え、前記推進プロペラは、前記エンジンに機械的に接

続され、翼角指令値に従って翼角を変更可能な可変ピッチプロペラを含み、前記処理回路は、停船状態において、前記エンジンを駆動し、かつ、前記可変ピッチプロペラを前進側微小角および後進側微小角の間で交互に変化させるように制御することにより、前記停船状態を保持しつつ前記余剰液化ガス量の少なくとも一部を前記エンジンで生じる駆動力により消費させてもよい。これによれば、ドックに近づいた段階で液化ガス残量が残っていても船舶を停止した状態で液化ガスを迅速に消費することができる。

[0082] ［項目６］

項目１から５の何れかの推進システムは、前記エンジンに機械的に接続された推進プロペラと、前記推進プロペラの後方または側方に配置された左右一対の舵と、を備え、

前記処理回路は、停船状態において、前記エンジンを駆動し、かつ、前記左右一対の舵を停船位置とした状態で前記推進プロペラを回転させるように制御することにより、前記停船状態を保持しつつ前記余剰液化ガス量の少なくとも一部を前記エンジンで生じる駆動力により消費させてもよい。

[0083] ［項目７］

項目１から４の何れかの推進システムは、前記エンジンに機械的に接続された推進プロペラを備え、前記推進プロペラは、プロペラの回転軸方向を変更可能な複数の旋回式スラスタを含み、前記処理回路は、停船状態において、前記エンジンを駆動し、かつ、前記複数の旋回式スラスタの回転軸方向を停船状態を保持する方向に制御することにより、前記停船状態を保持しつつ前記余剰液化ガス量の少なくとも一部を前記エンジンで生じる駆動力により消費させてもよい。

[0084] ［項目８］

本開示の他の態様に係る制御プログラムは、液化ガスを貯留するタンクと、前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、前記発電機に電気的に

接続される電力変換器と、前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の制御プログラムであって、前記制御プログラムは、前記制御器に、前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量を取得すること、前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定すること、前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出すること、前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成すること、および前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成することを行わせる。

[0085] ［項目９］

本開示の他の態様に係る制御方法は、液化ガスを貯留するタンクと、前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の制御方法であって、前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量を取得し、前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定し、前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出し、前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成し、前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する。

符号の説明

[0086] １　推進システム

２　推進プロペラ

３　エンジン

４　電動発電機（発電機）

７　第１電力変換器（電力変換器）

９　蓄電器

１３　船内負荷

１４　制御器

１５　処理回路

３０　タンク

３１　舵

請求の範囲

[請求項1] 液化ガスを貯留するタンクと、

前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、

前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、

前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、

前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の推進システムであって、

前記制御器は、処理回路を含み、

前記処理回路は、

前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量についてのデータを取得し、

前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定し、

前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出し、

前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成し、

前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する、推進システム。

[請求項2] 前記処理回路は、

前記回転数指令値を生成した時点以後の所定の船舶位置における前記液化ガス残量のデータを取得し、

前記回転数指令値に基づいて推定される前記船舶位置での推定液化

ガス残量を算出し、

前記船舶位置における前記液化ガス残量と前記推定液化ガス残量との差分に基づいて、前記回転数指令値を補正する、請求項１に記載の推進システム。

[請求項3] 前記電力変換器に電気的に接続される蓄電器を備え、

前記蓄電器は、前記発電機から受け取った電力により充電される、請求項１または２に記載の推進システム。

[請求項4] 前記電力変換器に電気的に接続される船内負荷を備え、

前記船内負荷は、前記発電機から受け取った電力により動作する、請求項１または２に記載の推進システム。

[請求項5] 前記エンジンに機械的に接続された推進プロペラを備え、

前記推進プロペラは、翼角指令値に従って翼角を変更可能な可変ピッチプロペラを含み、

前記処理回路は、停船状態において、前記エンジンを駆動し、かつ、前記可変ピッチプロペラを前進側微小角および後進側微小角の間で交互に変化させるように制御することにより、前記停船状態を保持しつつ前記余剰液化ガス量の少なくとも一部を前記エンジンで生じる駆動力により消費させる、請求項１または２に記載の推進システム。

[請求項6] 前記エンジンに機械的に接続された推進プロペラと、

前記推進プロペラの後方または側方に配置された左右一対の舵と、を備え、

前記処理回路は、停船状態において、前記エンジンを駆動し、かつ、前記左右一対の舵を停船位置とした状態で前記推進プロペラを回転させるように制御することにより、前記停船状態を保持しつつ前記余剰液化ガス量の少なくとも一部を前記エンジンで生じる駆動力により消費させる、請求項１または２に記載の推進システム。

[請求項7] 前記エンジンに機械的に接続された推進プロペラを備え、

前記推進プロペラは、プロペラの回転軸方向を変更可能な複数の旋

回式スラスタを含み、

前記処理回路は、停船状態において、前記エンジンを駆動し、かつ、前記複数の旋回式スラスタの回転軸方向を停船状態を保持する方向に制御することにより、前記停船状態を保持しつつ前記余剰液化ガス量の少なくとも一部を前記エンジンで生じる駆動力により消費させる、請求項１または２に記載の推進システム。

[請求項8] 液化ガスを貯留するタンクと、

前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、

前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、

前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、

前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の制御プログラムであって、

前記制御プログラムは、前記制御器に、

前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量についてのデータを取得すること、

前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定すること、

前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出すること、

前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成すること、および

前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る

電力を制御するための電力変換器指令値を生成することを行わせる、制御プログラム。

[請求項9] 液化ガスを貯留するタンクと、

前記液化ガスを気化した燃料ガスを含む燃料で駆動し、回転数指令値に従って回転数が制御されるエンジンと、

前記エンジンに機械的に接続され、前記エンジンの駆動力を利用して発電可能な発電機と、

前記発電機に電気的に接続される電力変換器と、

前記エンジンおよび前記電力変換器を制御する制御器と、を備えた船舶の制御方法であって、

前記船舶の位置から入渠先のドックまでの距離、前記船舶の速度、および前記タンク内の液化ガス残量についてのデータを取得し、

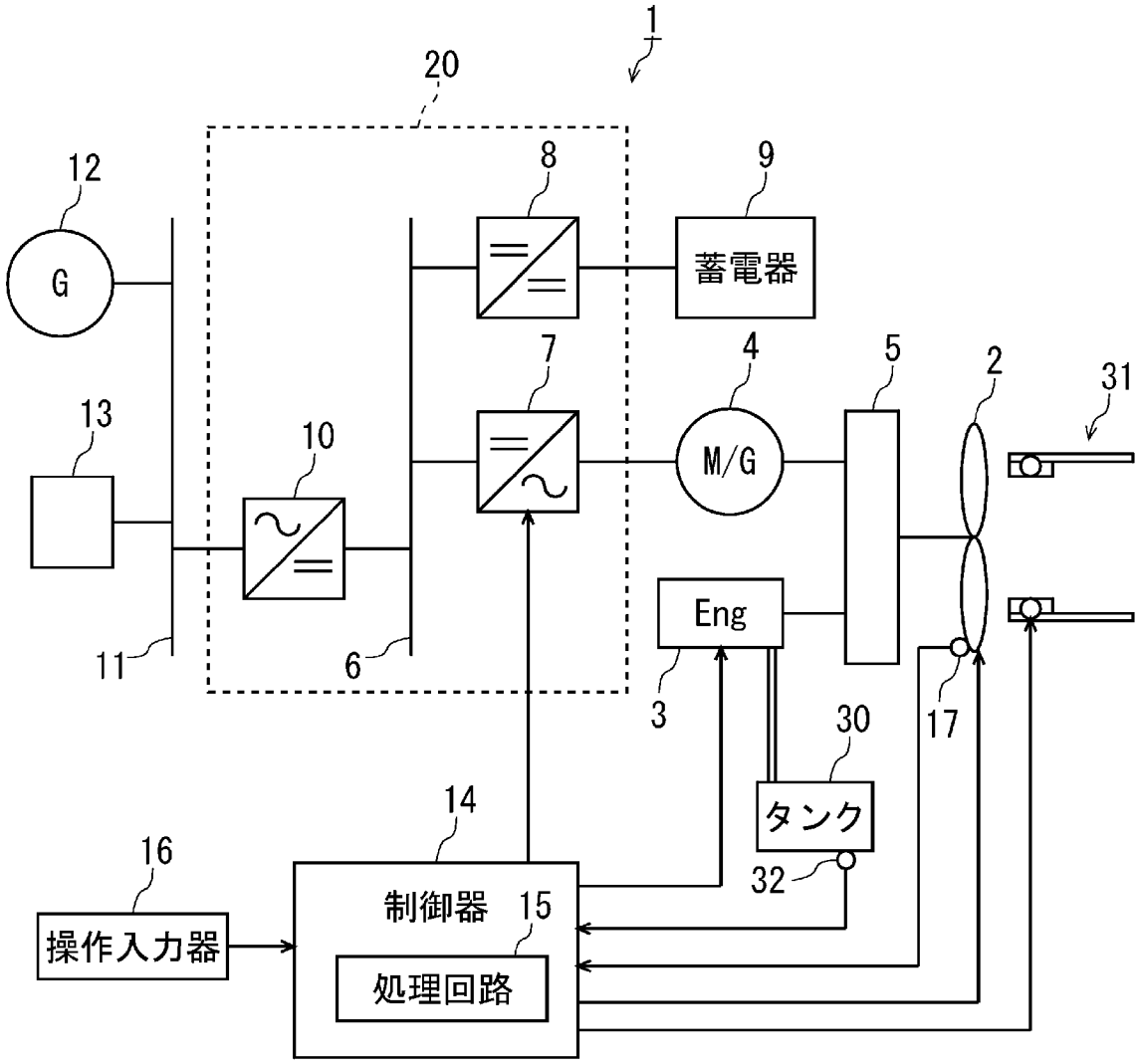
前記距離および前記速度を用いて、前記船舶が前記ドックまで前記エンジンで航行するために必要な液化ガスの量を示す必要液化ガス量を推定し、

前記液化ガス残量から前記必要液化ガス量を差し引いた余剰液化ガス量を算出し、

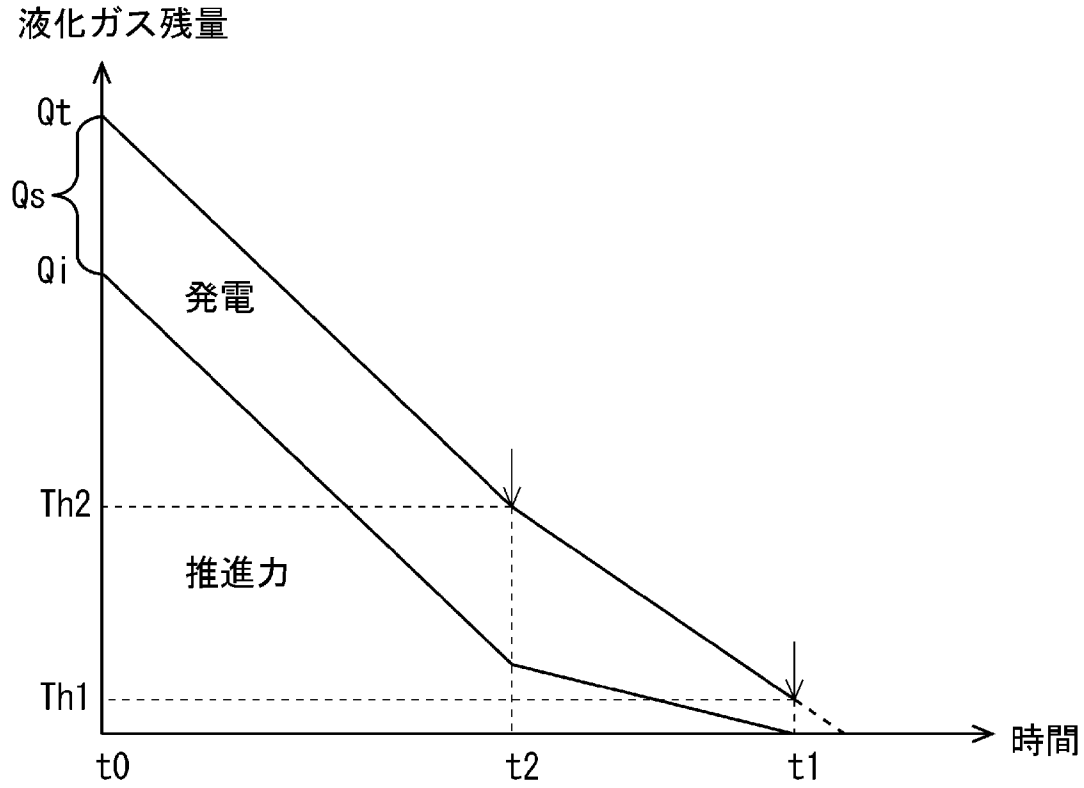
前記ドックに到着する前の所定の時点で前記液化ガス残量が所定のしきい値以下になるような前記エンジンに対する前記回転数指令値を生成し、

前記発電機が前記余剰液化ガス量に対応する前記エンジンの駆動力を用いて発電するように、前記電力変換器が前記発電機から受け取る電力を制御するための電力変換器指令値を生成する、制御方法。

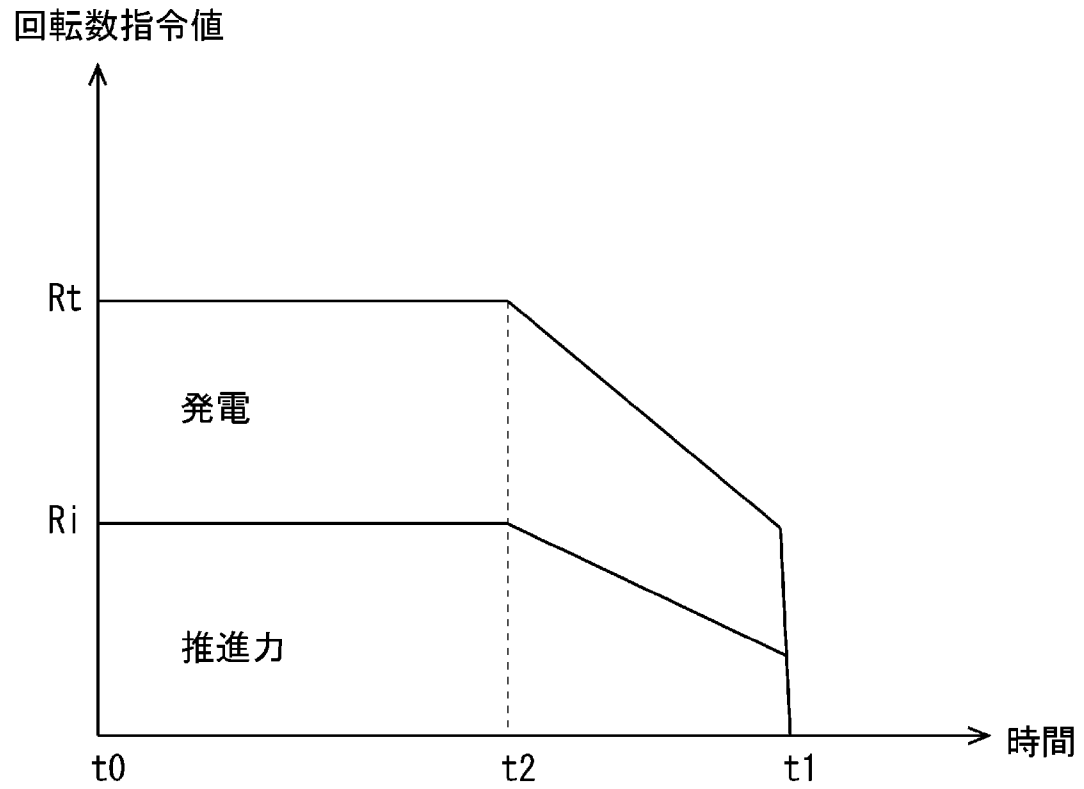
[図1]


1
20
12
G
8
9
蓄電器
13
10
7
4
M/G
5
2
31
11
6
Eng
3
30
17
タンク
32
14
16
制御器
15
操作入力器
処理回路

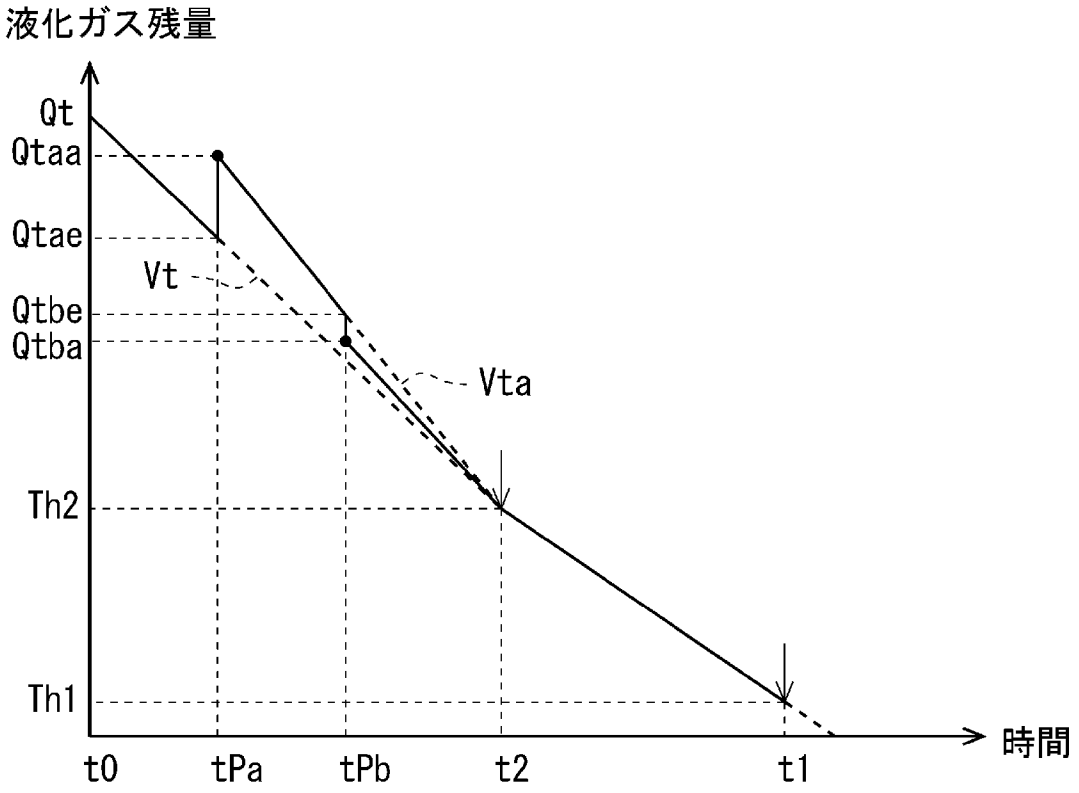
[図2]


液化ガス残量
Qt
Qs
Qi
発電
Th2
推進力
Th1
時間
t0
t2
t1

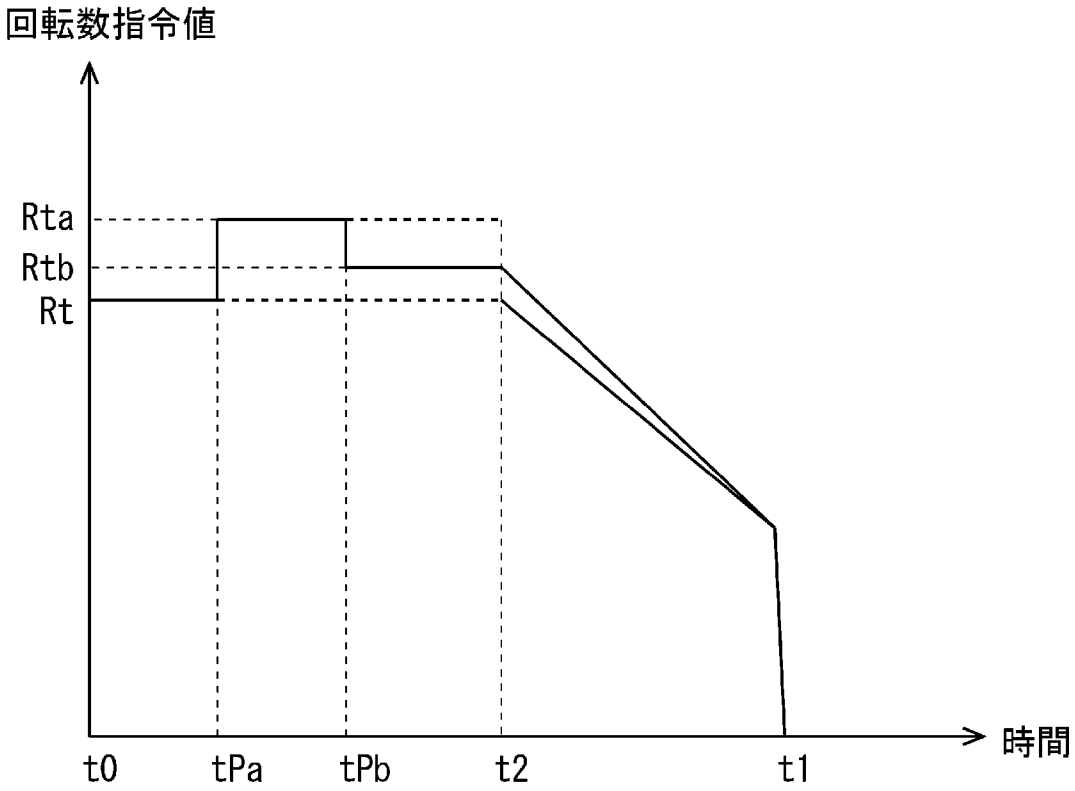
[図3]


回転数指令値
Rt
発電
Ri
推進力
時間
t0
t2
t1

[図4]


液化ガス残量
Qt
Qtaa
Qtae
Vt
Qtbe
Qtba
Vta
Th2
Th1
時間
t0
tPa
tPb
t2
t1

[図5]


回転数指令値
Rta
Rtb
Rt
時間
t0
tPa
tPb
t2
t1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/004872

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B63H 21/38(2006.01)i; ***B63B 25/16***(2006.01)i
FI: B63H21/38 B; B63B25/16 D; B63B25/16 H; B63B25/16 M

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B63H21/38; B63B25/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2022-11720 A (MITSUI E & S ZOSEN CO., LTD.) 17 January 2022 (2022-01-17) paragraphs [0011]-[0044], fig. 1-6	1, 3-4, 8-9
A	paragraphs [0011]-[0044], fig. 1-6	2, 5-7
Y	JP 2015-175470 A (MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO., LTD.) 05 October 2015 (2015-10-05) paragraphs [0011]-[0022], fig. 1-4	1, 3-4, 8-9
A	JP 2017-25791 A (PURPOSE CO., LTD.) 02 February 2017 (2017-02-02)	1-9
A	JP 2005-22650 A (NATIONAL MARITIME RESEARCH INSTITUTE) 27 January 2005 (2005-01-27)	1-9
A	JP 2016-137894 A (MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO., LTD.) 04 August 2016 (2016-08-04)	1-9
A	KR 10-2020-0050481 A (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.) 12 May 2020 (2020-05-12)	1-9

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 March 2024	**02 April 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/004872

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2019-0127170 A (KOREA SHIPBUILDING & OFFSHORE ENGINEERING CO., LTD.) 13 November 2019 (2019-11-13)	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/004872

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2022-11720 A	17 January 2022	CN 215752972 U	
JP 2015-175470 A	05 October 2015	(Family: none)	
JP 2017-25791 A	02 February 2017	(Family: none)	
JP 2005-22650 A	27 January 2005	(Family: none)	
JP 2016-137894 A	04 August 2016	(Family: none)	
KR 10-2020-0050481 A	12 May 2020	(Family: none)	
KR 10-2019-0127170 A	13 November 2019	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/004872

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B63H 21/38(2006.01)i; B63B 25/16(2006.01)i
FI: B63H21/38 B; B63B25/16 D; B63B25/16 H; B63B25/16 M

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B63H21/38; B63B25/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2022-11720 A (三井Ｅ＆Ｓ造船株式会社) 17.01.2022 (2022-01-17) 段落[0011]-[0044],図1-6	1,3-4,8-9
A	段落[0011]-[0044],図1-6	2,5-7
Y	JP 2015-175470 A (三井造船株式会社) 05.10.2015 (2015-10-05) 段落[0011]-[0022],図1-4	1,3-4,8-9
A	JP 2017-25791 A (パーパス株式会社) 02.02.2017 (2017-02-02)	1-9
A	JP 2005-22650 A (独立行政法人海上技術安全研究所) 27.01.2005 (2005-01-27)	1-9
A	JP 2016-137894 A (三井造船株式会社) 04.08.2016 (2016-08-04)	1-9
A	KR 10-2020-0050481 A (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.) 12.05.2020 (2020-05-12)	1-9
A	KR 10-2019-0127170 A (KOREA SHIPBUILDING & OFFSHORE ENGINEERING CO., LTD.) 13.11.2019 (2019-11-13)	1-9

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"D" 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
21.03.2024	02.04.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

福田　信成 3D 8372

電話番号 03-3581-1101 内線 3339

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/004872

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2022-11720 A	17.01.2022	CN 215752972 U	
JP 2015-175470 A	05.10.2015	（ファミリーなし）	
JP 2017-25791 A	02.02.2017	（ファミリーなし）	
JP 2005-22650 A	27.01.2005	（ファミリーなし）	
JP 2016-137894 A	04.08.2016	（ファミリーなし）	
KR 10-2020-0050481 A	12.05.2020	（ファミリーなし）	
KR 10-2019-0127170 A	13.11.2019	（ファミリーなし）	