

(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  
2023年4月6日(06.04.2023)



(10) 国際公開番号  
**WO 2023/054039 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*B63B 71/10* (2020.01)    *B63B 49/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                    PCT/JP2022/034876
- (22) 国際出願日:                    2022年9月20日(20.09.2022)
- (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 2021-161814    2021年9月30日(30.09.2021) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人 海上・  
港湾・航空技術研究所 (NATIONAL INSTI-  
TUTE OF MARITIME, PORT AND AVIATION  
TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1810004 東京都三  
鷹市新川6丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 粉原 直人 (SOGIHARA Naoto);  
〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目3番1  
号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技

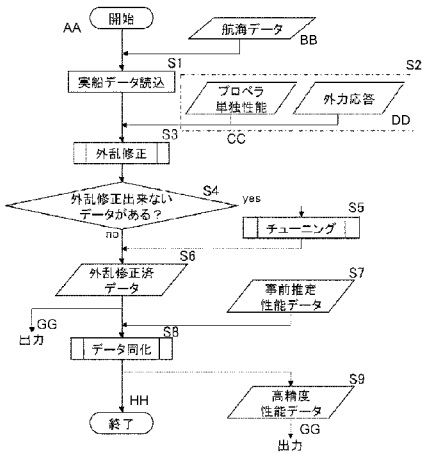
術研究所内 Tokyo (JP). 辻本 勝(TSUJIMOTO Masaru); 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 阿部 伸一, 外 (ABE Shinichi et al.);  
〒1710033 東京都豊島区高田3-1-1  
2 K Tビル3階 Tokyo (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, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,

(54) Title: PERFORMANCE EVALUATION METHOD, PERFORMANCE EVALUATION PROGRAM, AND PERFORMANCE EVALUATION SYSTEM THROUGH ACTUAL SHIP MONITORING ANALYSIS OF SHIP

(54) 発明の名称: 船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法、性能評価プログラム、及び性能評価システム



- S1 Read actual ship data
- S3 Disturbance correction
- S4 Data for which disturbance correction cannot be made exists?
- S5 Tuning
- S6 Disturbance-corrected data
- S7 Prior estimated performance data
- S8 Data assimilation
- S9 Accurate performance data
- AA Start
- BB Navigation data
- CC Propeller standalone performance
- DD External force response
- GG Output
- HH End

(57) Abstract: This method is provided with: a step S1 for acquiring, from navigation data on ships, actual ship data for actual ship monitoring analysis; a step S2 for acquiring, for a ship, a propeller standalone performance and an external force response indicating a change in hull resistance due to a disturbance; a step S3 for using the propeller standalone performance and the external force response of the ship to make a disturbance correction to a still water performance of the ship on the basis of the acquired actual ship data; a step S4 for determining whether there is actual ship data for which a disturbance correction cannot be made; a step S5 for performing tuning on the basis of the actual ship data and the propeller standalone performance when there is actual ship data for which the disturbance correction cannot be made; and a step S6 for outputting, as disturbance-corrected data, at least one of the disturbance correction data for which the disturbance correction has been made and tuned disturbance correction data obtained by performing the tuning. This arrangement makes it possible to perform disturbance correction appropriately and raise the accuracy of ship performance evaluation using actual ship monitoring analysis.



WO 2023/054039 A1

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

---

(57) 要約: 船舶の航海データから実船モニタリング解析のための実船データを取得するステップS1と、船舶のプロペラ単独性能と外乱による船体抵抗の変化を示す外力応答を取得するステップS2と、取得した実船データに基づいて船舶のプロペラ単独性能と外力応答を用いて船舶の平水中性能への外乱修正を行うステップS3と、外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別を行うステップS4と、外乱修正ができない実船データがある場合に実船データとプロペラ単独性能とに基づいてチューニングを行うステップS5と、外乱修正ができた外乱修正データ、及びチューニングを行ったチューニング外乱修正データの少なくとも一方を外乱修正済データとして出力するステップS6を備える。これにより、外乱修正を適切に行い実船モニタリング解析による船舶の性能評価精度を高めることができる。

## 明 細 書

発明の名称：

船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法、性能評価プログラム、及び性能評価システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、船舶の性能を実船モニタリング解析により評価する、船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法、性能評価プログラム、及び性能評価システムに関する。

### 背景技術

[0002] 船舶の運航状況及び周辺環境に関するデータを計測し、取得したデータを解析し、解析結果に基づいて船舶の性能を取得する実船モニタリングが行われている。

実船モニタリングによる平水中性能の評価においては、風速又は風速と波高について閾値を設定することにより、波、風の影響が小さいと見做せる状況での計測データを抽出し、外乱修正を実施せずに抽出したデータに対するカーブフィッティングにより性能を推定することが行われてきた。また、外乱修正により波、風の影響を除去する際、使用するプロペラ単独性能データの精度が不十分な場合に、適切なプロペラ作動点が得られないという問題があった。

また、特許文献1には、船舶航行時の周囲の海気象データを取得する通信装置と、平水の影響下での船の平水中性能、波浪の影響下での船の波浪中性能、及び風の影響下での船の風中性能のそれぞれの個船性能を記憶する個船性能データベースと、通信装置で取得した海気象データ、個船性能データベースに記憶した、平水中性能、波浪中性能、及び風中性能に基づいて、航海での燃料消費量である燃費が最小となる状態を推定する最適状態推定手段とを備える運航支援装置が開示されている。

また、特許文献2には、評価対象の船舶の性能評価を依頼するための船舶

条件及び評価情報条件を入力する条件入力手段と、船舶条件及び評価情報条件に基づいて実海域での船舶の評価を行う評価手段と、評価手段を用いた評価結果を、依頼を行った依頼者に提供する評価結果提供手段とを備えた船舶性能評価・提供システムが開示されている。

また、特許文献3には、船舶の過去の運航実績データに基づいて作成され、船舶の航行状態量を目的変数とし、航行状態量に影響を与える複数の関連要素を説明変数とする1つまたは複数の回帰分析モデルを用いて、各々の関連要素の想定値を含む運航条件における船舶の航行状態量を推定するデータ推定部と、船舶の1つまたは複数の物理モデルを用いて、運航条件における船舶の航行状態量を推定する理論推定部と、データ推定部の推定結果と理論推定部の推定結果とに基づいて、運航条件における船舶の航行状態量の推定値を算出する推定統合部を備える船舶性能推定装置が開示されている。

また、特許文献4には、船舶において継続的に計測される或る物理量を示す一連の計測データを或る系列の計測データとして取得する計測データ取得手段と、或る系列の信頼度を、或る系列の信頼度を評価するための基準に従い評価し、当該評価の結果を示す信頼度データを、或る系列の計測データの各々に対応付けるデータ系列評価手段とを備えるデータ処理装置が開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0003] 特許文献1：特開2013-107488号公報
- 特許文献2：特開2021-107785号公報
- 特許文献3：特開2020-104699号公報
- 特許文献4：国際公開第2017/115409号

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0004] 外乱修正を実施せずに抽出したデータに対するカーブフィッティングによ

り性能を推定する手法は、簡便であるが閾値を適切に設定する必要があり、実際は恣意性が入り容易ではない。

また、特許文献1～4は、外乱修正できないデータがある場合に、その外乱修正できないデータをどのように修正するかを開示するものではない。

そこで本発明は、外乱修正を適切に行い実船モニタリング解析による船舶の性能評価精度を高めることができる船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法、性能評価プログラム、及び性能評価システム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

[0005] 請求項1記載に対応した船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法においては、船舶の性能を実船モニタリング解析により評価する方法であって、船舶の航海データから実船モニタリング解析のための実船データを取得する実船データ取得ステップと、船舶のプロペラ単独性能と外乱による船体抵抗の変化を示す外力応答を取得する関連性能取得ステップと、取得した実船データに基づいて船舶のプロペラ単独性能と外力応答を用いて船舶の平水中性能への外乱修正を行う外乱修正ステップと、外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別を行う外乱修正判別ステップと、外乱修正ができない実船データがある場合に実船データとプロペラ単独性能とに基づいてチューニングを行うチューニングステップと、外乱修正ができた外乱修正データ、及びチューニングを行ったチューニング外乱修正データの少なくとも一方を外乱修正済データとして出力する外乱修正済データ出力ステップを備えることを特徴とする。

請求項1に記載の本発明によれば、実船データやプロペラ単独性能の精度不足等により平水中性能への外乱修正ができない場合は、チューニングを行って外乱修正できるため、外乱修正を適切に行い実船モニタリング解析による船舶の性能評価精度を高めることができる。

[0006] 請求項2記載の本発明は、船舶の模型試験、数値流体力学（CFD）、簡易性能推定、姉妹船実船データ、及び試運転データのいずれか一つを含む事

前推定データを取得する事前推定性能取得ステップと、取得した事前推定データと外乱修正済データ出力ステップで出力される主機出力及び主機回転数の少なくとも一方を含む外乱修正済データとを用いてデータ同化を行うデータ同化ステップをさらに備えることを特徴とする。

請求項2に記載の本発明によれば、船舶の模型試験、数値流体力学計算、簡易性能推定、姉妹船の実運航、又は試運転によって予め得られた事前推定データの精度を、外乱修正済みデータを用いたデータ同化により向上させることができる。また、船舶の性能評価において一般的な主機出力や主機回転数を外乱修正済データとしてデータ同化に用いることができる。

[0007] 請求項3に記載の本発明は、外乱修正判別ステップにおける外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別は、実船データに基づいてトルク係数を算出し、プロペラ単独性能と比較することにより行うことを特徴とする。

請求項3に記載の本発明によれば、算出したトルク係数とプロペラ単独性能との比較により、外乱修正の可否を簡便に判別することができる。

[0008] 請求項4に記載の本発明は、実船データに基づいて算出したトルク係数 $K_{Q\text{meas}}$ と、プロペラ単独性能としてのトルク係数 $K_Q$ とのグラフ上の交点に基づいて外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別を行うことを特徴とする。

請求項4に記載の本発明によれば、外乱修正の可否を、トルク係数を用いて有意なプロペラ作動点が求められるか否かによって判別することができる。

[0009] 請求項5に記載の本発明は、チューニングステップは、実船データに対してチューニングパラメータを設定するチューニングパラメータ設定ステップと、設定されたチューニングパラメータを用いた外乱修正を行うチューニング外乱修正ステップと、所定数の実船データにおいて外乱修正が成功したかを判別する外乱修正成功判別ステップと、所定数が成功した場合に残差を計算する残差計算ステップと、設定されたチューニングパラメータに対して計算を終了したかを判別する計算終了判別ステップと、外乱修正成功判別ステッ

プ又は計算終了判別ステップで否定された場合にチューニングパラメータを更新するチューニングパラメータ更新ステップを含むことを特徴とする。

請求項5に記載の本発明によれば、チューニング外乱修正データを求めるための最適なチューニングパラメータを得ることができる。

[0010] 請求項6に記載の本発明は、外乱修正ができない場合に、トルク係数の式を構成するパラメータごとのチューニングパラメータを用いてトルク係数を算出して外乱修正を行い、最適なチューニングパラメータを探索することを特徴とする。

請求項6に記載の本発明によれば、トルク係数の式で用いられるパラメータごとのチューニングパラメータにより、外乱修正に最適なチューニングパラメータを得ることができる。

[0011] 請求項7に記載の本発明は、チューニングパラメータを用いてトルク係数を算出するに当たり式(1)を用いて算出することを特徴とする。

請求項7に記載の本発明によれば、チューニングパラメータを用いてトルク係数を適切に算出して外乱修正を行うことができる。

[数1]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_p^5} \quad \dots(1)$$

$K_{Q_{meas}}$  : トルク係数

$P_{meas}$  : 馬力 (計測値)

$\eta_M$  : 主機伝達効率

$\eta_R$  : プロペラ効率比

$\rho_s$  : 海水密度

$C_\gamma$  : チューニングパラメータ

$N_{meas}$  : 回転数 (計測値)

$D_p$  : プロペラ直径

[0012] 請求項8に記載の本発明は、チューニングパラメータを用いてトルク係数を

算出するに当たり、パラメータごとのチューニングパラメータを1つに設定する場合は、式(1)から式(3)のいずれか一つを用い、2つに設定する場合は、式(4)から式(6)のいずれか一つを用い、3つに設定する場合は、式(7)を用いて算出する、又は式(1)から式(7)を組み合わせて算出することを特徴とする。

[数1]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_P^5} \quad \dots(1)$$

[数2]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S N_{meas}^3 D_P^5} \quad \dots(2)$$

[数3]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S N_{meas}^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(3)$$

[数4]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_P^5} \quad \dots(4)$$

[数5]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S N_{meas}^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(5)$$

[数6]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(6)$$



[数7]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 (C_{DP} \cdot D_p)^5} \quad \dots(7)$$

$K_{Q_{meas}}$  : トルク係数

$P_{meas}$  : 馬力 (計測値)

$\eta_M$  : 主機伝達効率

$\eta_R$  : プロペラ効率比

$\rho_s$  : 海水密度

$C_\gamma$ 、 $C_{KQ}$ 、 $C_{DP}$  : チューニングパラメータ

$N_{meas}$  : 回転数 (計測値)

$D_p$  : プロペラ直径

請求項8に記載の本発明によれば、チューニングパラメータを設定する数に応じトルク係数を適切に算出して外乱修正を行うことができる。

[0013] 請求項9記載の本発明は、最適なチューニングパラメータの探索は、有効伴流係数の残差が最小となるチューニングパラメータを選出することにより行うことを特徴とする。

請求項9に記載の本発明によれば、トルク係数を算出するための最適なチューニングパラメータを適切に求めることができる。

[0014] 請求項10記載の本発明は、有効伴流係数の残差の算出は、式(8)に基づいて行うことを特徴とする。

[数8]

$$R = \sum_{i=1}^N \left\{ (1-w_s)_i^{est} - (1-w_s)_i^{inter} \right\}^2 \quad \dots(8)$$

R : 残差

$1-w_s$  : 有効伴流係数

$(1-w_s)_i^{est}$  : 簡易推定による  $1-w_s$

$(1-w_s)_i^{inter}$  : 中間出力としての  $1-w_s$

N : データ数

請求項 10 に記載の本発明によれば、有効伴流係数の残差を正確に求めることができる。

[0015] 請求項 11 記載に対応した船舶の実船モニタリング解析による性能評価プログラムにおいては、船舶の性能を実船モニタリング解析により評価するプログラムであって、コンピュータに、船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法における、実船データ取得ステップと、関連性能取得ステップと、外乱修正ステップと、外乱修正判別ステップと、チューニングステップと、外乱修正済データ出力ステップを実行させることを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、チューニングによる外乱修正等をコンピュータが実行することで適切に行い、精度の高い実船モニタリング解析による船舶の性能評価を迅速かつ正確に行うことができる。

[0016] 請求項 12 記載の本発明は、コンピュータに、データ同化ステップをさらに実行させることを特徴とする。

請求項 12 に記載の本発明によれば、外乱修正済データを用いてデータ同化をコンピュータに実行させて、船舶の模型試験、数値流体力学計算、簡易性能推定、姉妹船の実運航、又は試運転によって予め得られた事前推定データの精度を向上させることができる。

[0017] 請求項 13 記載の本発明は、コンピュータに、請求項 5 に記載のチューニングパラメータ設定ステップと、チューニング外乱修正ステップと、外乱修正成功判別ステップと、残差計算ステップと、計算終了判別ステップと、チューニングパラメータ更新ステップを実行させることを特徴とする。

請求項 13 に記載の本発明によれば、チューニングステップをコンピュータが実行することで、迅速かつ正確にチューニング外乱修正データを求めるための最適なチューニングパラメータを得ることができる。

[0018] 請求項 14 記載に対応した実船モニタリング解析による性能評価システムは、船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法を実行するシステムであって、コンピュータと、少なくとも実船モニタリング解析用の実船データ

を取得するためのデータ取得手段と、少なくとも外乱修正済データを出力する出力手段とを備え、実船データ取得ステップと、関連性能取得ステップと、外乱修正ステップと、外乱修正判別ステップと、チューニングステップと、外乱修正済データ出力ステップを実行することを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、最適なチューニングパラメータの探索、チューニングによる外乱修正、外乱修正済データの出力、及びデータ同化等を行えるシステムを提供することができる。

[0019] 請求項 1 5 に記載の本発明は、出力手段が、データ同化の結果を出力することを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、システムの利用者は、外乱修正済データと事前推定データのデータ同化の結果を簡便に得ることができる。

[0020] 請求項 1 6 に記載の本発明は、データ取得手段及び出力手段の少なくとも一方を情報通信網に接続して構成し、実船データの取得、外乱修正済データの出力、及びデータ同化の結果の出力の少なくとも一つを、情報通信網を介して行うことを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、遠隔地との情報のやり取りを情報通信網を介してスムーズに行えるため、システムの利便性を向上させることができる。

## 発明の効果

[0021] 本発明の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法によれば、実船データやプロペラ単独性能の精度不足等により平水中性能への外乱修正ができない場合は、チューニングを行って外乱修正できるため、外乱修正を適切に行い実船モニタリング解析による船舶の性能評価精度を高めることができる。

[0022] また、船舶の模型試験、数値流体力学（CFD）、簡易性能推定、姉妹船実船データ、及び試運転データのいずれか一つを含む事前推定データを取得する事前推定性能取得ステップと、取得した事前推定データと外乱修正済データ出力ステップで出力される主機出力及び主機回転数の少なくとも一方を

含む外乱修正済データとを用いてデータ同化を行うデータ同化ステップをさらに備える場合には、船舶の模型試験、数値流体力学計算、簡易性能推定、姉妹船の実運航、又は試運転によって予め得られた事前推定データの精度を、外乱修正済みデータを用いたデータ同化により向上させることができる。また、船舶の性能評価において一般的な主機出力や主機回転数を外乱修正済データとしてデータ同化に用いることができる。

[0023] また、外乱修正判別ステップにおける外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別は、実船データに基づいてトルク係数を算出し、プロペラ単独性能と比較することにより行う場合には、算出したトルク係数とプロペラ単独性能との比較により、外乱修正の可否を簡便に判別することができる。

[0024] また、実船データに基づいて算出したトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ と、プロペラ単独性能としてのトルク係数 $K_Q$ とのグラフ上の交点に基づいて外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別を行う場合には、外乱修正の可否を、トルク係数を用いて有意なプロペラ作動点が求められるか否かによって判別することができる。

[0025] また、チューニングステップは、実船データに対してチューニングパラメータを設定するチューニングパラメータ設定ステップと、設定されたチューニングパラメータを用いた外乱修正を行うチューニング外乱修正ステップと、所定数の実船データにおいて外乱修正が成功したかを判別する外乱修正成功判別ステップと、所定数が成功した場合に残差を計算する残差計算ステップと、設定されたチューニングパラメータに対して計算を終了したかを判別する計算終了判別ステップと、外乱修正成功判別ステップ又は計算終了判別ステップで否定された場合にチューニングパラメータを更新するチューニングパラメータ更新ステップを含む場合には、チューニング外乱修正データを求めるための最適なチューニングパラメータを得ることができる。

[0026] また、外乱修正ができない場合に、トルク係数の式を構成するパラメータごとのチューニングパラメータを用いてトルク係数を算出して外乱修正を行い、最適なチューニングパラメータを探索する場合には、トルク係数の式で

用いられるパラメータごとのチューニングパラメータにより、外乱修正に最適なチューニングパラメータを得ることができる。

[0027] また、チューニングパラメータを用いてトルク係数を算出するに当たり式（1）を用いて算出する場合には、チューニングパラメータを用いてトルク係数を適切に算出して外乱修正を行うことができる。

[0028] また、チューニングパラメータを用いてトルク係数を算出するに当たり、パラメータごとのチューニングパラメータを1つに設定する場合は、式（1）から式（3）のいずれか一つを用い、2つに設定する場合は、式（4）から式（6）のいずれか一つを用い、3つに設定する場合は、式（7）を用いて算出する、又は式（1）から式（7）を組み合わせる場合には、チューニングパラメータを設定する数に応じトルク係数を適切に算出して外乱修正を行うことができる。

[0029] また、最適なチューニングパラメータの探索は、有効伴流係数の残差が最小となるチューニングパラメータを選出することにより行う場合には、トルク係数を算出するための最適なチューニングパラメータを適切に求めることができる。

[0030] また、有効伴流係数の残差の算出は、式（8）に基づいて行う場合には、有効伴流係数の残差を正確に求めることができる。

[0031] また、本発明の船舶の実船モニタリング解析による性能評価プログラムによれば、チューニングによる外乱修正等をコンピュータが実行することで適切に行い、精度の高い実船モニタリング解析による船舶の性能評価を迅速かつ正確に行うことができる。

[0032] また、コンピュータに、データ同化ステップをさらに実行させる場合には、外乱修正済データを用いてデータ同化をコンピュータに実行させて、船舶の模型試験、数値流体力学計算、簡易性能推定、姉妹船の実運航、又は試運転によって予め得られた事前推定データの精度を向上させることができる。

[0033] また、コンピュータに、チューニングパラメータ設定ステップと、チューニング外乱修正ステップと、外乱修正成功判別ステップと、残差計算ステッ

プと、計算終了判別ステップと、チューニングパラメータ更新ステップを実行させる場合には、チューニングステップをコンピュータが実行することで、迅速かつ正確にチューニング外乱修正データを求めるための最適なチューニングパラメータを得ることができる。

[0034] また、本発明の実船モニタリング解析による性能評価システムによれば、最適なチューニングパラメータの探索、チューニングによる外乱修正、外乱修正済データの出力、及びデータ同化等を行えるシステムを提供することができる。

[0035] また、出力手段が、データ同化の結果を出力する場合には、システムの利用者は、外乱修正済データと事前推定データのデータ同化の結果を簡便に得ることができる。

[0036] また、データ取得手段及び出力手段の少なくとも一方を情報通信網に接続して構成し、実船データの取得、外乱修正済データの出力、及びデータ同化の結果の出力の少なくとも一つを、情報通信網を介して行う場合には、遠隔地との情報のやり取りを情報通信網を介してスムーズに行えるため、システムの利便性を向上させることができる。

### 図面の簡単な説明

[0037] [図1]本発明の実施形態における船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法のフロー図

[図2]同実船モニタリング解析による性能評価システムの構成図

[図3]同前処理コンピュータと解析コンピュータの役割分担を示すフロー図

[図4]同平水中への外乱修正のイメージ図

[図5]同外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別にプロペラ作動点を利用する例を示す図

[図6]同外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別にプロペラ作動点を利用する例を示す図

[図7]同解析コンピュータによるチューニングパラメータ探索のフロー図

[図8]同選出した最適なチューニングパラメータを適用してプロペラ作動点を

求めた例を示す図

[図9]同データ同化のイメージ図

### 発明を実施するための形態

[0038] 本発明の実施形態における船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法、性能評価プログラム、及び性能評価システムについて説明する。

図1は船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法のフロー図、図2は実船モニタリング解析による性能評価システムの構成図、図3は前処理コンピュータと解析コンピュータの役割分担を示すフロー図である。

性能評価システムは、コンピュータ（解析コンピュータ（解析PC））10と、実船モニタリング解析用の実船データや関連性能等を取得するためのデータ取得手段20と、出力手段30を備えている。性能評価システムには、インターネット等の情報通信網70を介して前処理コンピュータ（前処理PC）11と、プロペラ単独性能導出手段40と、外力応答導出手段50と、事前推定性能導出手段60が接続されており、各船舶A～Z、及び利用者X、Yは、情報通信網70を介して性能評価システムや各手段等とデータの送受信を行うことができる。なお、解析コンピュータ10、前処理コンピュータ（前処理PC）11、プロペラ単独性能導出手段40、外力応答導出手段50、及び事前推定性能導出手段60は、図2に示すように別々の場所、又はウェブサイトで運用してもよいが、これらを任意に組み合わせて運用することも可能である。

例えば、利用者X、Yが船社や船用メーカー等、実船モニタリング解析において、高精度なプロペラ単独性能データを利用できない立場にあっても、船舶A～Zで得られた航海データや実船データを基に、合理的な範囲で外乱修正が情報通信網70を介して実行可能となり、船舶A～Zの平水中性能の評価が実施できる。

解析コンピュータ10は、実船データ取得部、関連性能取得部、外乱修正部、チューニング部、及び出力部を有する。通常、これらの実船データ取得部、関連性能取得部、外乱修正部、チューニング部、及び出力部は、コンピ

ユータプログラムの機能として実行される。解析コンピュータ10には性能評価プログラムがインストールされており、性能評価プログラムは、船舶の性能を実船モニタリング解析により評価する性能評価方法の各ステップを実行する。

[0039] 性能評価システムを用いた性能評価方法においては、まず、取得した船舶の航海データに基づいて前処理コンピュータ11が実船モニタリング解析のための実船データを導出する。そして性能評価システムは、実船データをデータ取得手段20を介して取得する（S1：実船データ取得ステップ）。なお、前処理コンピュータ11は、各船舶A～Zから取得した航海データのクレンジング処理、統計処理、分類処理、関連付け処理等、凡そ実船モニタリング解析のために必要な全ての処理された実船データの導出を行う。取得した実船データは、実船データ取得部からの要求により解析コンピュータ10へ送信される。船舶の航海データは、運航性能や遭遇した気象海象等であり、船舶A～Zに搭載された各種センサーA～Z等を使用して運航中の船舶A～Zから収集されるすべてのデータを含む。実船データは、主機回転数や主機出力等である。

また、プロペラ単独性能導出手段40及び外力応答導出手段50を用いて船舶のプロペラ単独性能と外力応答を導出したものを、性能評価システムは、関連性能として、データ取得手段20を介して取得する（S2：関連性能取得ステップ）。取得したプロペラ単独性能及び外力応答は、関連性能取得部からの要求により解析コンピュータ10に読み込まれる。水槽試験等を利用したプロペラ単独性能導出手段40により導出されるプロペラ単独性能は、前進係数Jに対する推力係数 $K_T$ 、トルク係数 $K_Q$ 、プロペラ単独効率 $E_{t a 0}$ の応答を示したものである。外力応答は、外乱による船体抵抗の変化、すなわち波や風の影響により船体の抵抗がどの程度変化するかを示したものであり、外力応答導出手段50を用いて得ることができる。外力応答導出手段50は、例えば数値計算や水槽試験等に基づいて外力応答を導出する。

[0040] 次に、解析コンピュータ10は、受信した実船データに基づいて、船舶の



プロペラ単独性能と外力応答を用いて、外乱修正部により船舶の平水中性能への外乱修正を行う（S3：外乱修正ステップ）。

ここで、図4は平水中への外乱修正のイメージ図であり、図4（a）は主機回転数と主機出力の修正値の算出式を示し、図4（b）は主機回転数の外乱修正のイメージを示し、図4（c）は主機出力の外乱修正のイメージを示している。

評価海象における性能評価のため、実船データの主機回転数及び主機出力について、平水中性能への外乱修正を行う。なお、評価海象は、波や風のない平水中とすることが最も多いが、波や風のある海象とすることもできる。

図4（a）に示すように、主機回転数の修正値  $N_{corr}$  は、計測値を  $N_{meas}$ 、修正量を  $\Delta N$  とすると、 $N_{corr} = N_{meas} - \Delta N$  で求めることができ、主機出力の修正値  $P_{corr}$  は、計測値を  $P_{meas}$ 、修正量を  $\Delta P$  とすると、 $P_{corr} = P_{meas} - \Delta P$  で求めることができる。

そして、修正値の算出結果を表した図4（b）、（c）より、外乱修正後における任意の船速での主機回転数及び主機出力を把握することができる。

[0041] 図1に示すように、解析コンピュータ10は、外乱修正ステップS3の後、外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別を行う（S4：外乱修正判別ステップ）。

ここで、図5、図6は外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別にプロペラ作動点を利用する例を示す図である。

外乱修正判別ステップS4における判別は、実船データに基づいてトルク係数を算出し、プロペラ単独性能と比較すること等により行うことができる。これにより、外乱修正の可否を簡便に判別できる。トルク係数は下式（9）で算出される。

[数9]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi \rho_S N_{meas}^3 D_P^5} \quad \dots(9)$$

$K_{Q_{meas}}$ はトルク係数、 $P_{meas}$ は馬力（計測値）、 $\eta_M$ は主機伝達効率、 $\eta_R$ はプロペラ効率比、 $\rho_s$ は海水密度、 $N_{meas}$ は回転数（計測値）、 $D_p$ はプロペラ直径である。主機伝達効率 $\eta_M$ 、プロペラ効率比 $\eta_R$ 、及びプロペラ直径 $D_p$ は、船舶に固有の値である。

図5の例では、前進係数 $J$ 、推力係数 $K_T$ 、トルク係数 $K_Q$ 、及びプロペラ単独効率 $E_{t a O}$ は、全て正の値となっており、 $J - 10 K_Q$ の曲線と $10 K_{Q_{meas}}$ との交点を有意なプロペラ作動点として求められる。そして、トルク係数 $10 K_{Q_{meas}}$ に対応する前進係数 $J$ を求めることで、外乱修正を行うことができる。なお、前進係数 $J$ に基づいて、プロペラのスラストや前進速度、またトルク係数 $K_Q$ 以外にもスラスト係数を知ることが可能となる。

一方、図6の例では、図6（a）においてはトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ が大きすぎてプロペラ作動点が存在せず、図6（b）においてはトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ が小さすぎて推力係数 $K_T$ 及びプロペラ単独効率 $E_{t a O}$ の値が負になってしまう。このようにトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ が過大又は過小な場合は、有意なプロペラ作動点が見つからず、このままでは外乱修正を行えない。トルク係数 $K_{Q_{meas}}$ が過大又は過小となる原因としては、計測値の精度不足、船体固有値の精度不足、又はプロペラ単独性能の精度不足が考えられるが、船社、メーカー、気象予報会社など、高精度なデータを保有する造船所以外の立場においては、一般的に起こり得るものである。

このように、実船データに基づいて算出したトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ と、プロペラ単独性能としてのトルク係数 $K_Q$ とのグラフ上の交点に基づいて外乱修正ができない実船データがあるか否かの判別を行うことで、外乱修正の可否を、トルク係数を用いて有意なプロペラ作動点が求められるか否かによって判別することができる。

[0042] 図1に示すように、解析コンピュータ10は、外乱修正判別ステップS4において、外乱修正ができない実船データはない（no）と判別した場合は、外乱修正ができた外乱修正データを外乱修正済データとして出力部から出力手段30へ送信し、出力手段30は、外乱修正済データを出力する（S6

：外乱修正済データ出力ステップ）。

一方、解析コンピュータ10は、外乱修正判別ステップS4において、外乱修正ができない実船データがある（yes）と判別した場合は、実船データとプロペラ単独性能とに基づいてチューニング部によりチューニングを行い、チューニングを行ったチューニング外乱修正データを出力部から出力手段30へ送信する（S5：チューニングステップ）。出力手段30は、チューニング外乱修正データを、外乱修正済データ出力ステップS6において外乱修正済データとして出力する。

チューニングステップS5においては、トルク係数算出時にチューニングパラメータを導入する。チューニングパラメータを用いてトルク係数を算出するに当たっては、例えば下式（1）を用いる。式（1）を用いることで、チューニングパラメータを用いてトルク係数を適切に算出して外乱修正を行うことができる。これにより、中高速ディーゼル機関や電気推進等で使用されるギアによる回転数の変換も、ギア比の情報が無くてもチューニング可能となり、その値も求まる。

[数1]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_p^5} \quad \dots(1)$$

$K_{Q_{meas}}$ はトルク係数、 $P_{meas}$ は馬力（計測値）、 $\eta_M$ は主機伝達効率、 $\eta_R$ はプロペラ効率比、 $\rho_s$ は海水密度、 $C_\gamma$ はチューニングパラメータ、 $N_{meas}$ は回転数（計測値）、 $D_p$ はプロペラ直径である。

[0043] ここで、チューニングステップS5について図7を用いて説明する。図7は解析コンピュータ10によるチューニングパラメータ探索のフロー図である。

まず、実船データに対してチューニングパラメータを設定する（S11：チューニングパラメータ設定ステップ）。

チューニングパラメータ設定ステップS11においては、トルク係数の式

を構成するパラメータごとのチューニングパラメータを設定する。パラメータごとのチューニングパラメータを1つに設定する場合は、式(1)、下式(2)又は下式(3)を用いる。チューニングパラメータを2つに設定する場合は、下式(4)から下式(6)のいずれか一つを用いる。チューニングパラメータを3つに設定する場合は、下式(7)を用いて算出するか、式(1)から式(7)を組み合わせて算出する。これにより、チューニングパラメータを設定する数に応じトルク係数を適切に算出して外乱修正を行うことができる。

[数2]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S N_{meas}^3 D_P^5} \quad \dots(2)$$

[数3]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S N_{meas}^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(3)$$

[数4]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_P^5} \quad \dots(4)$$

[数5]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S N_{meas}^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(5)$$

[数6]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_S (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(6)$$

[数7]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 (C_{DP} \cdot D_p)^5} \quad \dots(7)$$

$K_{Q_{meas}}$ はトルク係数、 $P_{meas}$ は馬力（計測値）、 $\eta_M$ は主機伝達効率、 $\eta_R$ はプロペラ効率比、 $\rho_s$ は海水密度、 $C_\gamma$ は回転数に関係し分母で3乗に関係するチューニングパラメータ、 $C_{KQ}$ は分母もしくは分子の1乗に関係するチューニングパラメータ、 $C_{DP}$ はプロペラ直径に関係し、分母で5乗に関係するチューニングパラメータ、 $N_{meas}$ は回転数（計測値）、 $D_p$ はプロペラ直径である。

チューニングパラメータは、未知パラメータに対して設定する。よって、チューニングパラメータの数を幾つに設定するかは、未知パラメータの数に拠る。例えば、未知パラメータが主機回転数とプロペラ直径に関係する場合は、チューニングパラメータの数は、 $C_\gamma$ と $C_{DP}$ の2つに設定する。

[0044] 次に、設定されたチューニングパラメータを用いた外乱修正を外乱修正部により行う（S12：チューニング外乱修正ステップ）。チューニングパラメータは複数準備しておき、全てのパラメータを使って外乱修正を行う。チューニング外乱修正ステップS12における外乱修正は、トルク係数算出時にチューニングパラメータを導入する以外は、上述の外乱修正ステップS3と同様に行う。

次に、所定数の実船データにおいて外乱修正が成功したかを判別する（S13：外乱修正成功判別ステップ）。所定数は、設定したチューニングパラメータが適切か否かを信頼性よく判断できるための十分な数を考慮して定める。

外乱修正成功判別ステップS13において、所定数の実船データにおいて外乱修正が成功していない（no）と判別した場合は、チューニングパラメータを更新し（チューニングパラメータ更新ステップS16）、チューニングパラメータ設定ステップS11に戻り、更新したチューニングパラメータを実船データに対して設定する。外乱修正が成功していないと判別した場合

に行われるチューニングパラメータ更新ステップS 1 6では、チューニングパラメータの種類 ( $C_r$ 、 $C_{KQ}$ 、 $C_{DP}$ ) は変えずに設定値だけが変更される。

[0045] 一方、外乱修正成功判別ステップS 1 3において、所定数の実船データにおいて外乱修正が成功した (y e s) と判別した場合は、残差を計算する (S 1 4 : 残差計算ステップ)。

例えば有効伴流係数の残差を計算する場合は、下式 (8) に基づいて算出する。これにより、有効伴流係数の残差を正確に求めることができる。

[数8]

$$R = \sum_{i=1}^N \left\{ (1-w_s)_i^{est} - (1-w_s)_i^{inter} \right\}^2 \quad \dots(8)$$

Rは残差、 $1-w_s$ は有効伴流係数、 $(1-w_s)_i^{est}$ は簡易推定による $1-w_s$ 、 $(1-w_s)_i^{inter}$ は中間出力としての $1-w_s$ 、Nはデータ数である。

[0046] 残差計算ステップS 1 4の後、設定された全てのチューニングパラメータに対して計算を終了したか否かを判別する (S 1 5 : 計算終了判別ステップ)。

計算終了判別ステップS 1 5において、設定された全てのチューニングパラメータに対して計算を終了していない (n o) と判別した場合は、チューニングパラメータ更新ステップS 1 6に移行してチューニングパラメータを更新した後、チューニングパラメータ設定ステップS 1 1に戻り、更新したチューニングパラメータを実船データに対して設定する。計算が終了していないと判別した場合に行われるチューニングパラメータ更新ステップS 1 6では、チューニングパラメータの種類が変更される。なお、チューニングパラメータ設定ステップS 1 1においてチューニングパラメータを1つに設定した場合は、チューニングパラメータの種類が1つだけなので、計算終了判別ステップS 1 5において計算が終了していないと判別される場合はない。

一方、計算終了判別ステップS 1 5において、設定された全てのチューニングパラメータに対して計算を終了した (y e s) と判別した場合は、最適

なチューニングパラメータを選出する（S 17：最適チューニングパラメータ選出ステップ）。

最適チューニングパラメータ選出ステップS 17においては、例えば有効伴流係数の残差が最小となるチューニングパラメータを選出する。これにより、トルク係数を算出するための最適なチューニングパラメータを適切に求めることができる。

このように、チューニングステップS 5が、チューニングパラメータ設定ステップS 11、チューニング外乱修正ステップS 12、外乱修正成功判別ステップS 13、残差計算ステップS 14、計算終了判別ステップS 15、及びチューニングパラメータ更新ステップS 16を含むことで、チューニング外乱修正データを求めるための最適なチューニングパラメータを得ることができる。

また、トルク係数の式を構成するパラメータごとのチューニングパラメータを用いてトルク係数を算出して外乱修正を行い、最適なチューニングパラメータを探索することで、トルク係数の式で用いられるパラメータごとのチューニングパラメータにより、外乱修正に最適なチューニングパラメータを得ることができる。

[0047] 図8は選出した最適なチューニングパラメータを適用してプロペラ作動点を求めた例を示す図である。

図8（a）に示すようにトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ が過小で有意なプロペラ作動点を得られない場合は、図8（b）に示すように残差計算を行い残差が最小となるチューニングパラメータを評価し、トルク係数算出時に最適なチューニングパラメータを導入することで、図8（c）に示すように適切なトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ によって有意なプロペラ作動点を得ることができる。

このように、実船データやプロペラ単独性能の精度不足等により平水中性能への外乱修正ができない場合は、チューニングを行って外乱修正することで、外乱修正を適切に行い実船モニタリング解析による船舶の性能評価精度を高めることができる。

[0048] 図1に示すように、外乱修正済データ出力ステップS6の後は、データ同化ステップS8を行う。

データ同化ステップS8を実行する前には、事前推定性能導出手段60により導出した船舶の性能の事前推定データを取得する（S7：事前推定性能取得ステップ）。取得した事前推定データは解析コンピュータ10に読み込まれる。事前推定データは、船舶の模型試験（水槽試験）、数値流体力学（CFD）計算、簡易性能推定、姉妹船の実運航、又は試運転等を行い、事前推定性能導出手段60を用いて予め取得した予測性能データである。

データ同化ステップS8で用いられる事前推定データが、船舶の模型試験、数値流体力学（CFD）、簡易性能推定、姉妹船実船データ、及び試運転データのいずれか一つを含むことで、船舶の模型試験、数値流体力学計算、簡易性能推定、姉妹船の実運航、又は試運転によって得られた事前推定データの精度を、データ同化により向上させることができる。

[0049] 解析コンピュータ10は、データ同化ステップS8において、事前推定性能取得ステップS7で取得した事前推定データと、外乱修正済データ出力ステップS6で出力された外乱修正済データを用いて、データ同化を行う。これにより、水槽試験や数値計算等により予め求めた事前推定データの精度を向上させることができる。

また、データ同化ステップS8で用いられる外乱修正済データが、主機出力及び主機回転数の少なくとも一方を含む場合には、船舶の性能評価において一般的な主機出力や主機回転数を外乱修正済データとしてデータ同化に用いることができる。

ここで、図9はデータ同化のイメージ図であり、図9（a）は主機回転数のデータ同化を示し、図9（b）は主機出力のデータ同化を示している。

外乱修正済データを用い、予測値に対して計測値（外乱修正結果）を適用してデータ同化を行い修正値を得ることで、予測値の精度が向上し事前推定データを高精度化することができる。

データ同化ステップS8の後、解析コンピュータ10は、データ同化の結



果を出力部から出力手段30へ送信する。出力手段30は、データ同化の結果を出力する（S9：結果出力ステップ）。これにより、システムの利用者X、Yは、外乱修正済データと事前推定データのデータ同化の結果としての高精度性能データを簡便に得ることができる。

また、データ取得手段20と出力手段30は情報通信網70に接続して構成されているため、実船データの取得、外乱修正済データの出力、及びデータ同化の結果の出力の少なくとも一つを、情報通信網70を介して行うことができる。これにより、遠隔地との情報のやり取りを情報通信網70を介してスムーズに行えるため、システムの利便性を向上させることができる。

[0050] 以上説明したように、船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法によれば、実船データやプロペラ単独性能の精度不足等により平水中性能への外乱修正ができない場合は、チューニングを行って外乱修正できるため、実船モニタリング解析による船舶の性能評価精度を高めることができる。また、データ同化により事前推定データの精度を向上させることができる。

また、船舶の実船モニタリング解析による性能評価プログラムを用い、解析コンピュータ10に、実船データ取得ステップS1と、関連性能取得ステップS2と、外乱修正ステップS3と、外乱修正判別ステップS4と、チューニングステップS5と、外乱修正済データ出力ステップS6を実行させることで、チューニングによる外乱修正等を解析コンピュータ10が適切に行い、精度の高い実船モニタリング解析による船舶の性能評価を迅速かつ正確に行うことができる。

また、解析コンピュータ10に、データ同化ステップS8をさらに実行させることで、水槽試験や数値計算等により予め求めた事前推定データの精度を向上することができる。

また、解析コンピュータ10に、チューニングパラメータ設定ステップS11と、チューニング外乱修正ステップS12と、外乱修正成功判別ステップS13と、残差計算ステップS14と、計算終了判別ステップS15と、チューニングパラメータ更新ステップS16を実行させることで、迅速かつ

正確にチューニング外乱修正データを求めるための最適なチューニングパラメータを得ることができる。

また、実船モニタリング解析による性能評価システムが、解析コンピュータ10、データ取得手段20、及び出力手段30を備え、性能評価プログラム又は性能評価方法を実行することで、最適なチューニングパラメータの探索、チューニングによる外乱修正、外乱修正済データの出力、及びデータ同化等を行えるシステムを提供することができる。なお、プログラムは各種記憶媒体に記録して利用することもできる。

なお、上記の実施形態では、前処理コンピュータ11と解析コンピュータ10を別々のコンピュータとして説明をしたが、同一のコンピュータとすることも可能である。

### 産業上の利用可能性

[0051] 本発明を適用することで、船社や船用メーカー、気象予測会社など、高精度なデータを保有していない事業者においても実用的精度で外乱修正を行うことができるため、実船モニタリング解析のハードルが下がり、実船モニタリング解析の一層の普及に寄与する。また、本発明は、実船性能だけでなく、プロペラや塗料性能の評価、ウェザールーティング等の検証にも役立てることができる。

### 符号の説明

[0052] 10 コンピュータ（解析コンピュータ）  
20 データ取得手段  
30 出力手段  
70 情報通信網  
S1 実船データ取得ステップ  
S2 関連性能取得ステップ  
S3 外乱修正ステップ  
S4 外乱修正判別ステップ  
S5 チューニングステップ

- S 6 外乱修正済データ出力ステップ
- S 7 事前推定性能取得ステップ
- S 8 データ同化ステップ
- S 1 1 チューニングパラメータ設定ステップ
- S 1 2 チューニング外乱修正ステップ
- S 1 3 外乱修正成功判別ステップ
- S 1 4 残差計算ステップ
- S 1 5 計算終了判別ステップ
- S 1 6 チューニングパラメータ更新ステップ

## 請求の範囲

- [請求項1] 船舶の性能を実船モニタリング解析により評価する方法であって、船舶の航海データから前記実船モニタリング解析のための実船データを取得する実船データ取得ステップと、前記船舶のプロペラ単独性能と外乱による船体抵抗の変化を示す外力応答を取得する関連性能取得ステップと、取得した前記実船データに基づいて前記船舶の前記プロペラ単独性能と前記外力応答を用いて前記船舶の平水中性能への前記外乱修正を行う外乱修正ステップと、前記外乱修正ができない前記実船データがあるか否かの判別を行う外乱修正判別ステップと、前記外乱修正ができない前記実船データがある場合に前記実船データと前記プロペラ単独性能とに基づいてチューニングを行うチューニングステップと、前記外乱修正ができた外乱修正データ、及び前記チューニングを行ったチューニング外乱修正データの少なくとも一方を外乱修正済データとして出力する外乱修正済データ出力ステップを備えることを特徴とする船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。
- [請求項2] 前記船舶の模型試験、数値流体力学（CFD）、簡易性能推定、姉妹船実船データ、及び試運転データのいずれか一つを含む前記船舶の性能の事前推定データを取得する事前推定性能取得ステップと、取得した前記事前推定データと前記外乱修正済データ出力ステップで出力される主機出力及び主機回転数の少なくとも一方を含む前記外乱修正済データとを用いてデータ同化を行うデータ同化ステップをさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。
- [請求項3] 前記外乱修正判別ステップにおける前記外乱修正ができない前記実船データがあるか否かの前記判別は、前記実船データに基づいてトル

ク係数を算出し、前記プロペラ単独性能と比較することにより行うことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[請求項4] 前記実船データに基づいて算出したトルク係数 $K_{Q_{meas}}$ と、前記プロペラ単独性能としてのトルク係数 $K_Q$ とのグラフ上の交点に基づいて前記外乱修正ができない前記実船データがあるか否かの前記判別を行うことを特徴とする請求項3に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[請求項5] 前記チューニングステップは、前記実船データに対してチューニングパラメータを設定するチューニングパラメータ設定ステップと、設定された前記チューニングパラメータを用いた前記外乱修正を行うチューニング外乱修正ステップと、所定数の前記実船データにおいて前記外乱修正が成功したかを判別する外乱修正成功判別ステップと、前記所定数が成功した場合に残差を計算する残差計算ステップと、設定された前記チューニングパラメータに対して計算を終了したかを判別する計算終了判別ステップと、前記外乱修正成功判別ステップ又は前記計算終了判別ステップで否定された場合に前記チューニングパラメータを更新するチューニングパラメータ更新ステップを含むことを特徴とする請求項1から請求項4のうちの1項に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[請求項6] 前記外乱修正ができない場合に、前記トルク係数の式を構成するパラメータごとの前記チューニングパラメータを用いて前記トルク係数を算出して前記外乱修正を行い、最適な前記チューニングパラメータを探索することを特徴とする請求項3又は請求項4を選択する請求項5に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[請求項7] 前記チューニングパラメータを用いて前記トルク係数を算出するに当たり式(1)を用いて算出することを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[数1]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_P^5} \quad \dots(1)$$

$K_{Q_{meas}}$  : トルク係数

$P_{meas}$  : 馬力 (計測値)

$\eta_M$  : 主機伝達効率

$\eta_R$  : プロペラ効率比

$\rho_s$  : 海水密度

$C_\gamma$  : チューニングパラメータ

$N_{meas}$  : 回転数 (計測値)

$D_P$  : プロペラ直径

[請求項8]

前記チューニングパラメータを用いて前記トルク係数を算出するに当たり、前記パラメータごとの前記チューニングパラメータを1つに設定する場合は、式(1)から式(3)のいずれか一つを用い、2つに設定する場合は、式(4)から式(6)のいずれか一つを用い、3つに設定する場合は、式(7)を用いて算出する、又は式(1)から式(7)を組み合わせて算出することを特徴とする請求項6に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[数1]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_P^5} \quad \dots(1)$$

[数2]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s N_{meas}^3 D_P^5} \quad \dots(2)$$

[数3]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s N_{meas}^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(3)$$

[数4]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 D_P^5} \quad \dots(4)$$

[数5]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s N_{meas}^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(5)$$

[数6]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(6)$$

[数7]

$$K_{Q_{meas}} = \frac{C_{KQ} \cdot P_{meas} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}{2\pi\rho_s (C_\gamma \cdot N_{meas})^3 (C_{DP} \cdot D_P)^5} \quad \dots(7)$$

$K_{Q_{meas}}$  : トルク係数

$P_{meas}$  : 馬力 (計測値)

$\eta_M$  : 主機伝達効率

$\eta_R$  : プロペラ効率比

$\rho_s$  : 海水密度

$C_\gamma$ 、 $C_{KQ}$ 、 $C_{DP}$  : チューニングパラメータ

$N_{meas}$  : 回転数 (計測値)

$D_P$  : プロペラ直径

[請求項9]

最適な前記チューニングパラメータの探索は、有効伴流係数の残差が最小となる前記チューニングパラメータを選出することにより行う

ことを特徴とする請求項5から請求項8のいずれか1項に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[請求項10] 前記有効伴流係数の残差の算出は、式(8)に基づいて行うことを特徴とする請求項9に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法。

[数8]

$$R = \sum_{i=1}^N \left\{ (1 - w_s)_i^{est} - (1 - w_s)_i^{inter} \right\}^2 \quad \dots(8)$$

R : 残差

$1 - w_s$  : 有効伴流係数

$(1 - w_s)_i^{est}$  : 簡易推定による  $1 - w_s$

$(1 - w_s)_i^{inter}$  : 中間出力としての  $1 - w_s$

N : データ数

[請求項11] 船舶の性能を実船モニタリング解析により評価するプログラムであって、  
コンピュータに、  
請求項1に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法における、  
前記実船データ取得ステップと、前記関連性能取得ステップと、前記外乱修正ステップと、前記外乱修正判別ステップと、前記チューニングステップと、前記外乱修正済データ出力ステップを実行させることを特徴とする船舶の実船モニタリング解析による性能評価プログラム。

[請求項12] 前記コンピュータに、請求項2に記載の前記データ同化ステップをさらに実行させることを特徴とする請求項11に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価プログラム。

[請求項13] 前記コンピュータに、請求項5に記載の前記チューニングパラメー



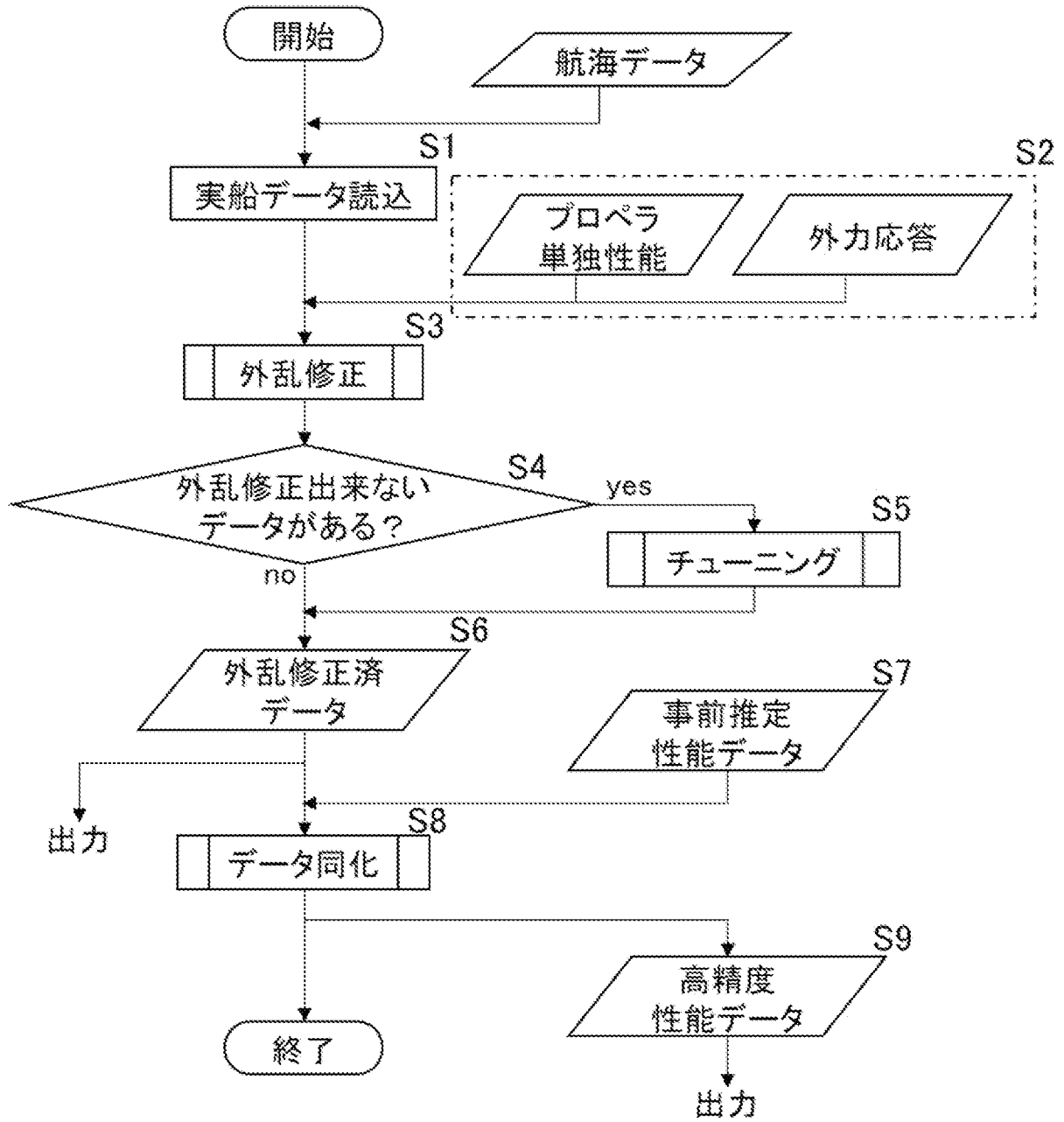
タ設定ステップと、前記チューニング外乱修正ステップと、前記外乱修正成功判別ステップと、前記残差計算ステップと、前記計算終了判別ステップと、前記チューニングパラメータ更新ステップを実行させることを特徴とする請求項 1 1 又は請求項 1 2 に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価プログラム。

[請求項14] 請求項 1 から請求項 1 0 のいずれか 1 項に記載の船舶の実船モニタリング解析による性能評価方法を実行するシステムであって、前記コンピュータと、少なくとも前記実船モニタリング解析用の前記実船データを取得するためのデータ取得手段と、少なくとも前記外乱修正済データを出力する出力手段とを備え、前記実船データ取得ステップと、前記関連性能取得ステップと、前記外乱修正ステップと、前記外乱修正判別ステップと、前記チューニングステップと、前記外乱修正済データ出力ステップを実行することを特徴とする実船モニタリング解析による性能評価システム。

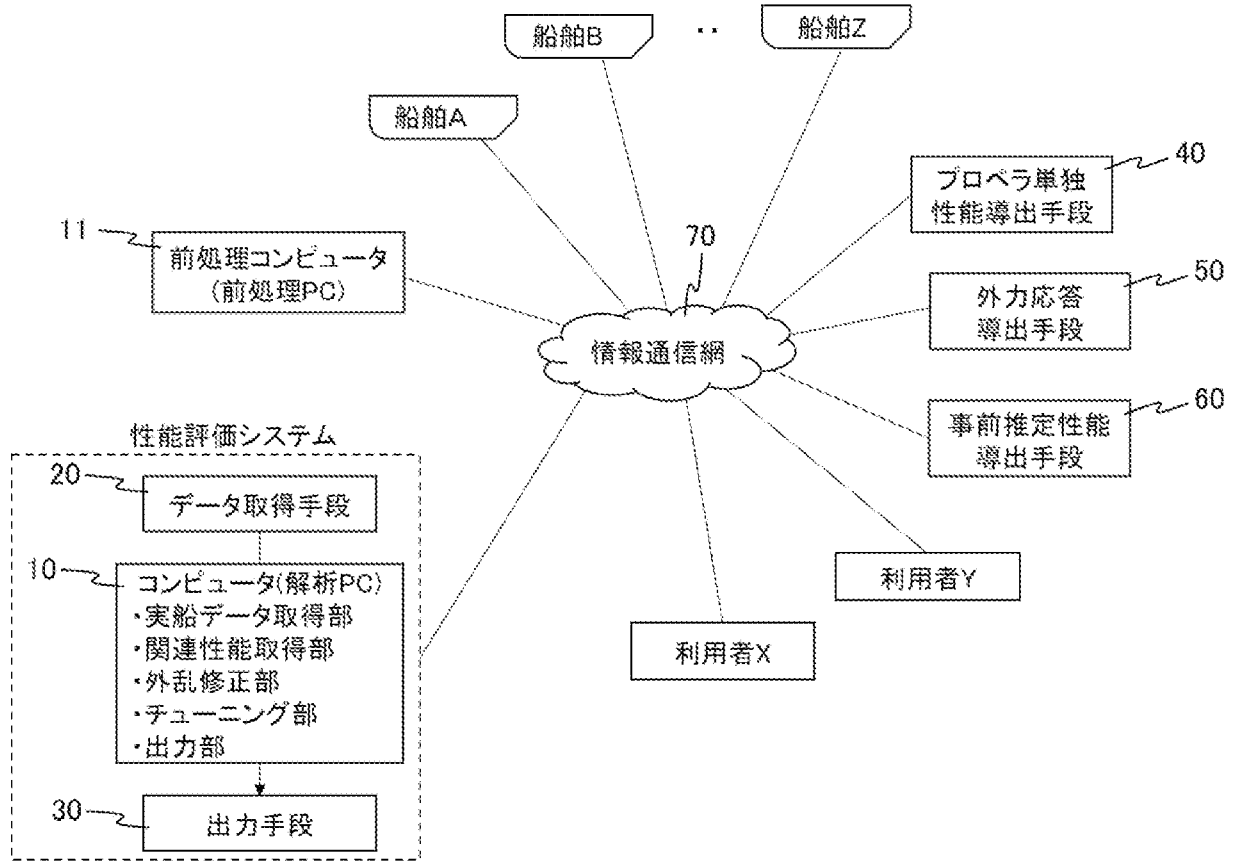
[請求項15] 前記出力手段が、前記データ同化の結果を出力することを特徴とする請求項 1 4 に記載の実船モニタリング解析による性能評価システム。

[請求項16] 前記データ取得手段及び前記出力手段の少なくとも一方を情報通信網に接続して構成し、前記実船データの取得、前記外乱修正済データの出力、及び前記データ同化の結果の出力の少なくとも一つを、前記情報通信網を介して行うことを特徴とする請求項 1 4 又は請求項 1 5 に記載の実船モニタリング解析による性能評価システム。

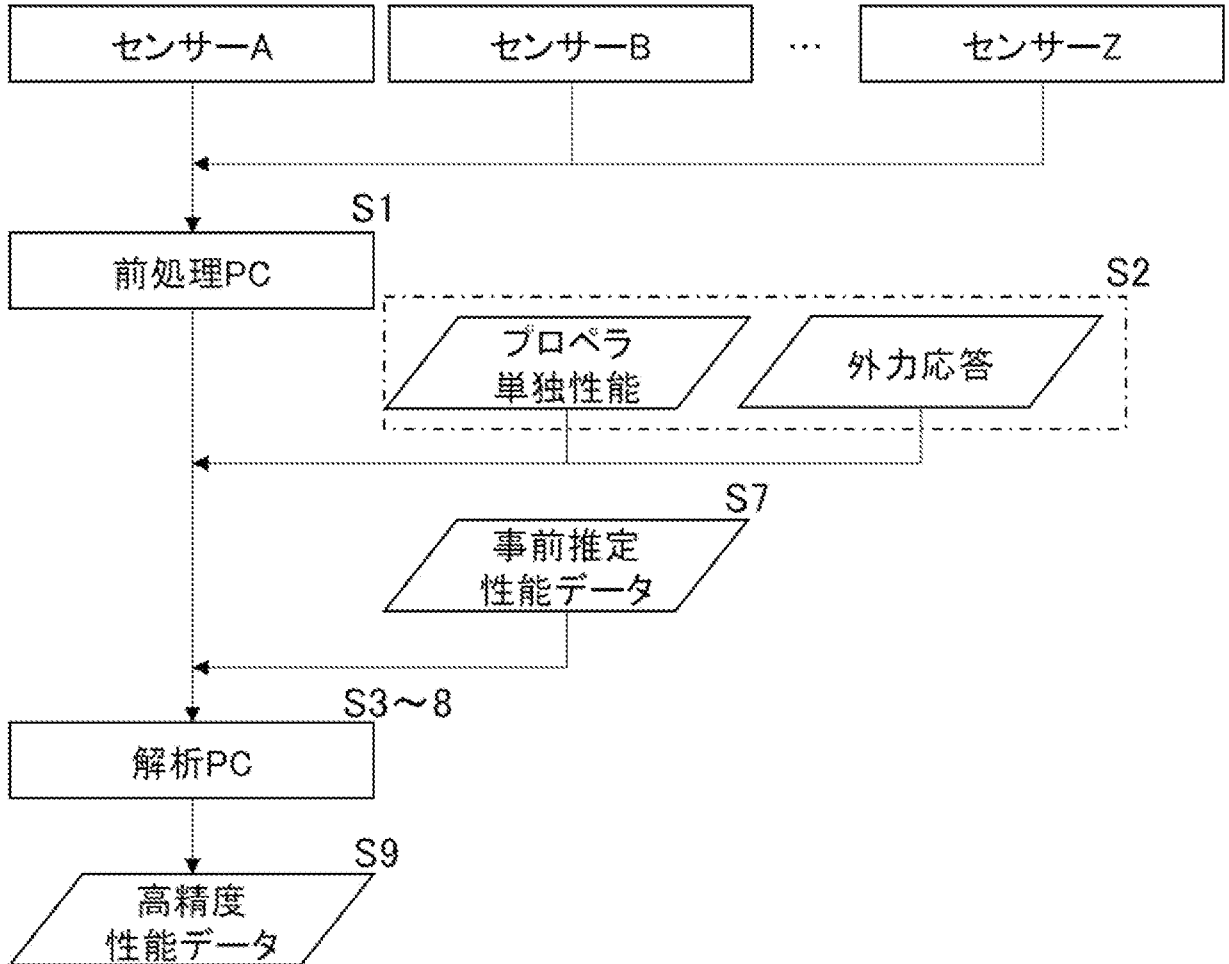
[図1]



[図2]



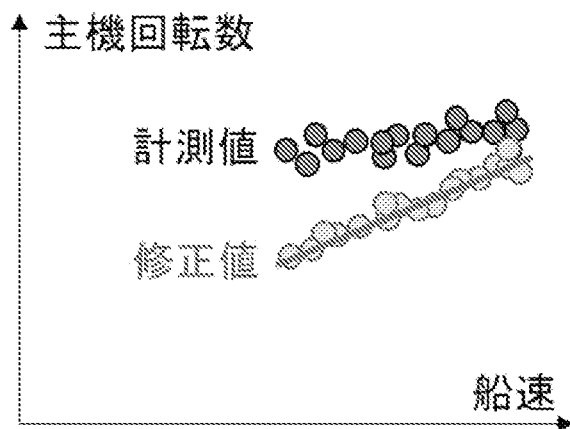
[図3]



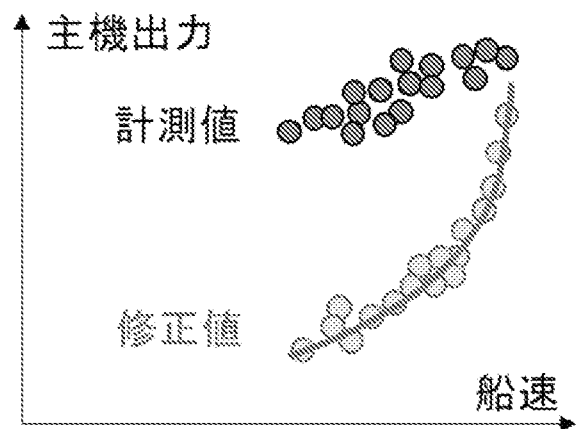
[図4]

$$\begin{array}{l}
 \text{主機回轉数} \\
 \text{主機出力}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{修正値} \\
 \text{修正値}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{l}
 \text{計測値} \\
 \text{計測値}
 \end{array}
 -
 \begin{array}{l}
 \Delta N \\
 \Delta P
 \end{array}
 \quad \text{修正量}$$

(a)

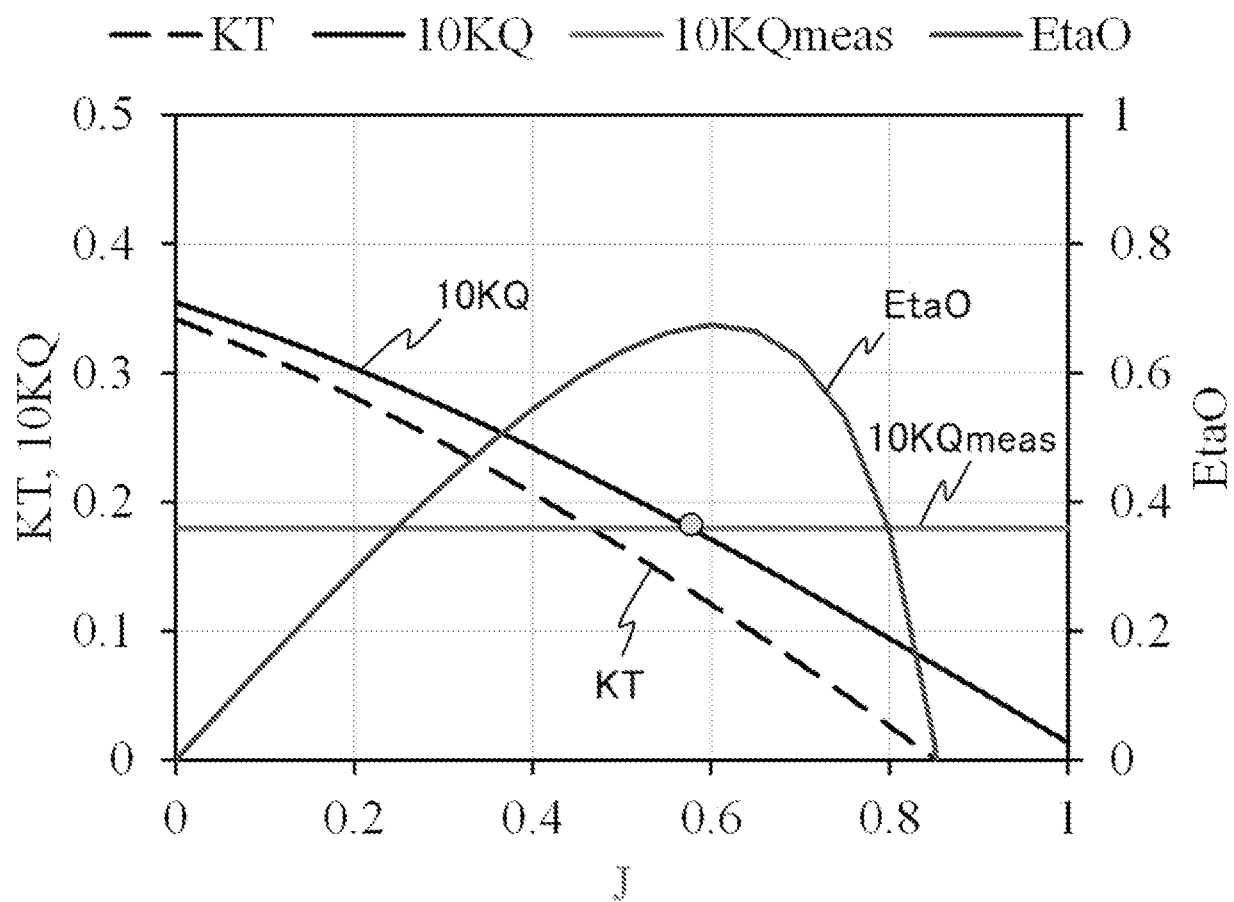


(b)

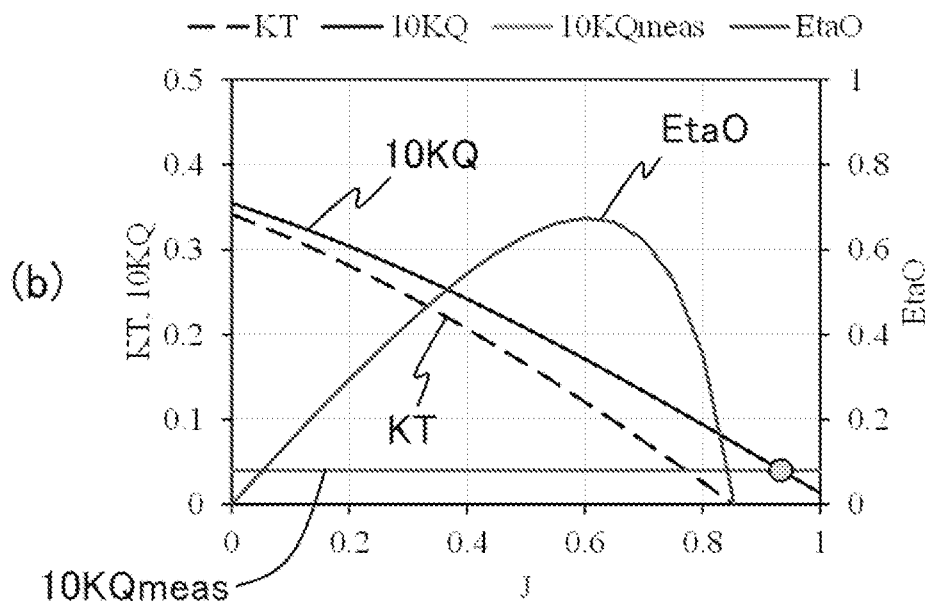
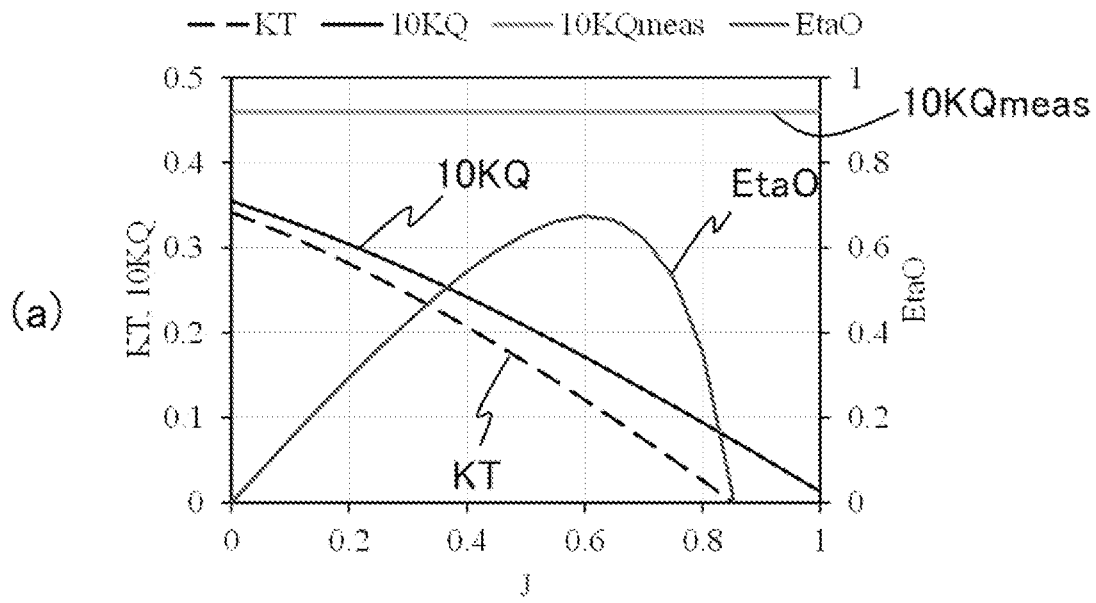


(c)

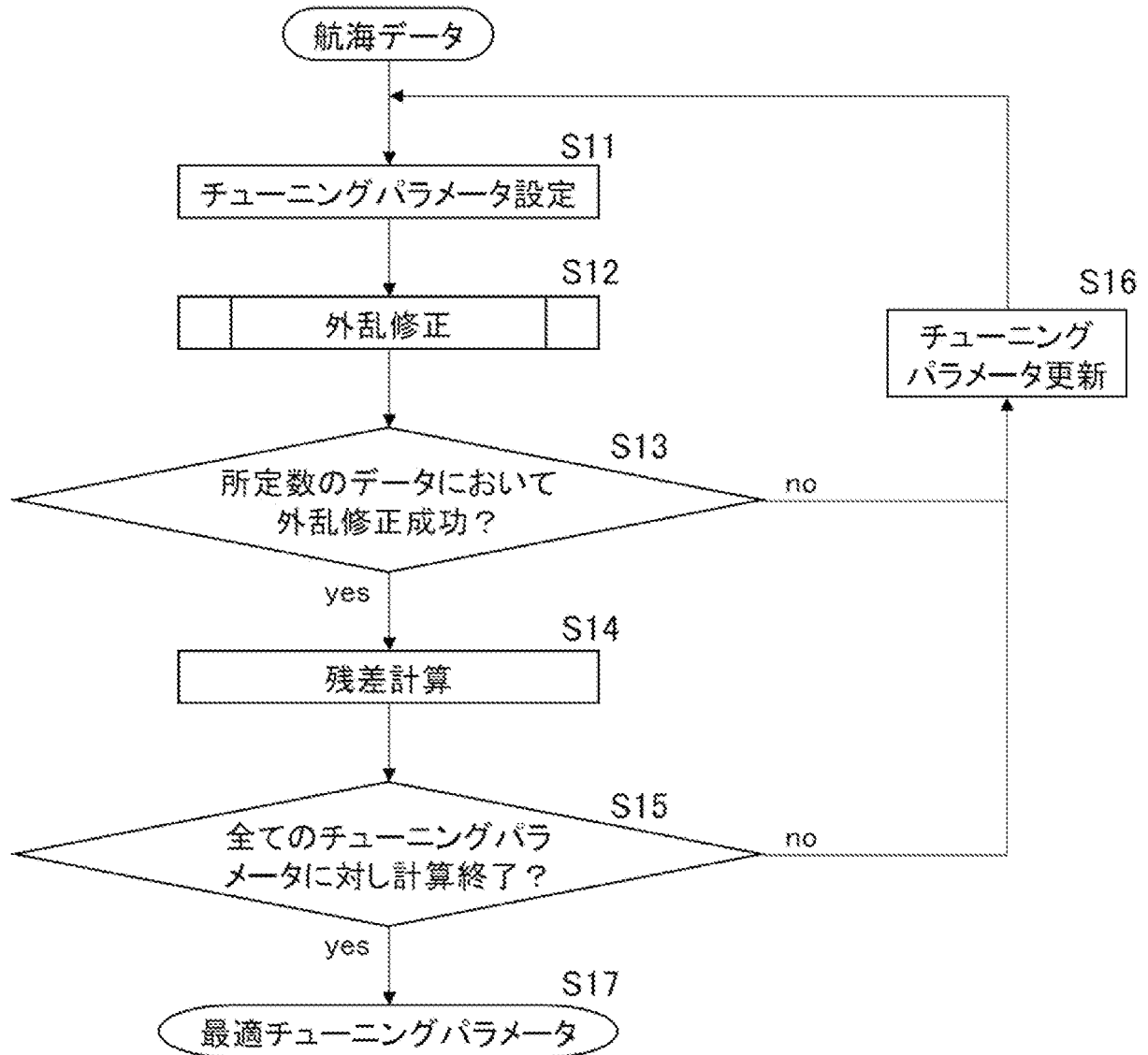
[図5]



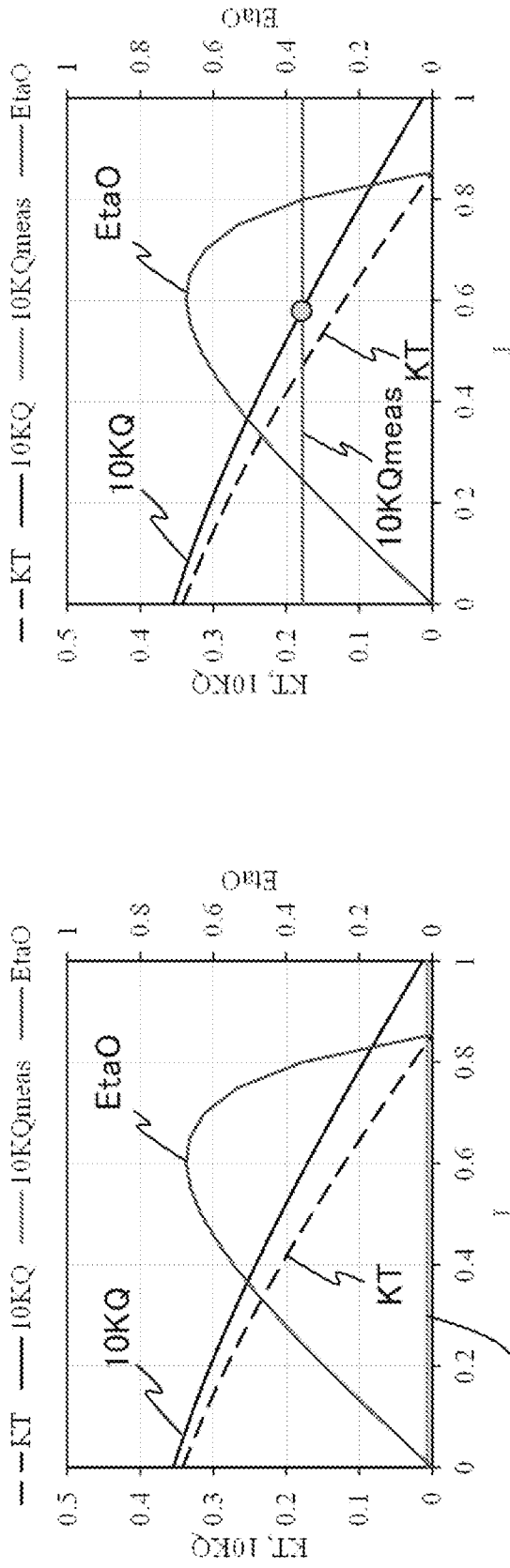
[図6]



[図7]

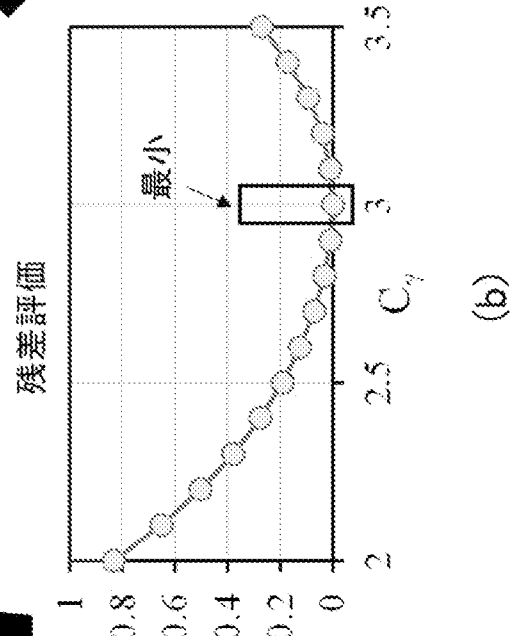
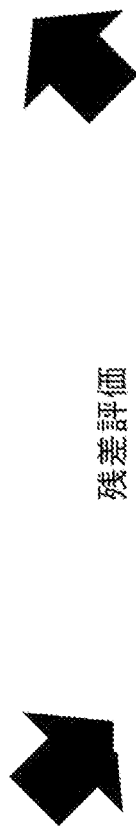


[8]



(a)

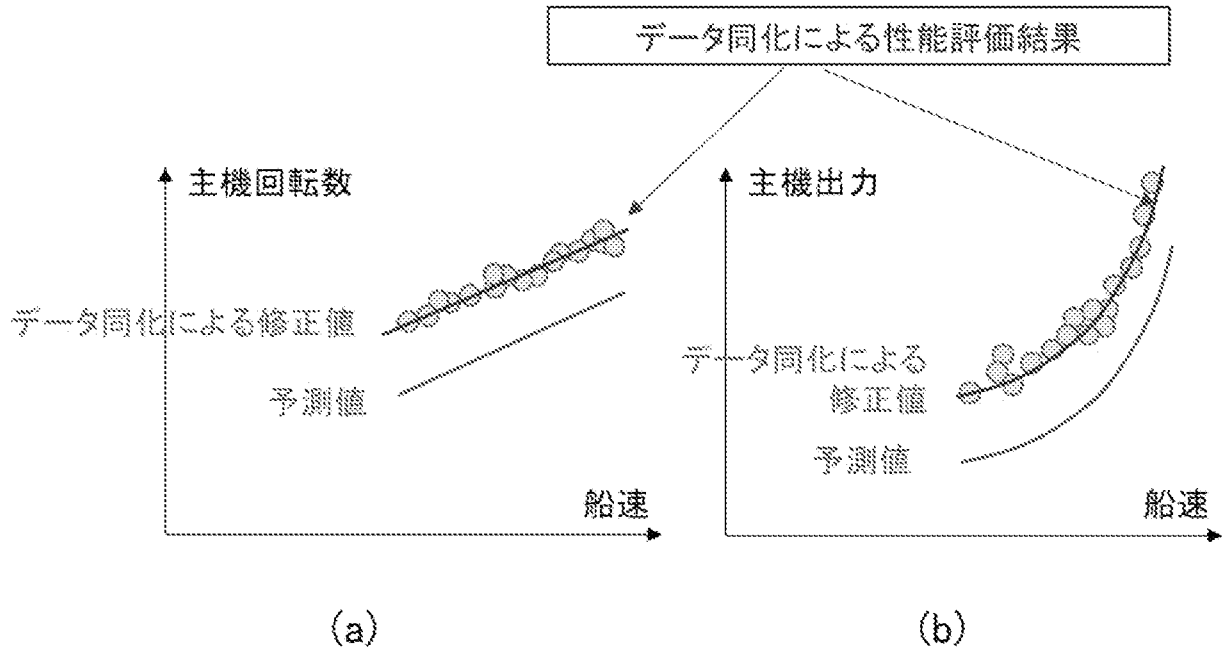
(c)



(b)



[図9]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

**PCT/JP2022/034876**

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

*B63B 71/10*(2020.01)*i*; *B63B 49/00*(2006.01)*i*  
 FI: B63B71/10; B63B49/00 Z

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)

B63B71/10; B63B49/00

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 1971-2022  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
A	JP 2018-34585 A (DIESEL UNITED KK) 08 March 2018 (2018-03-08) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2016-78685 A (MITSUBISHI HEAVY IND., LTD.) 16 May 2016 (2016-05-16) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2020-158072 A (PORT & AIRPORT RESEARCH INST.) 01 October 2020 (2020-10-01) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2021-107785 A (PORT & AIRPORT RESEARCH INST.) 29 July 2021 (2021-07-29) entire text, all drawings	1-16
A	櫻田 颯子ら, "実運航シミュレーションによる実船データ解析-排水量修正と波風修正の適用-", 日本船舶海洋工学会論文集, June 2017, no. 25, pages 33-38, DOI: 10.2534/jjasnaoe.25.33, ISSN 1881-1760(online), 1880-3717(print), (SAKURADA, Akiko et al. Analysis of the Onboard Measurement Data by Performance Simulations in Actual Sea - Application of Correction for Displacement and Weather Correction-. Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers.) entire text, all drawings and tables	1-16

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  
 “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

**17 November 2022**

Date of mailing of the international search report

**06 December 2022**

Name and mailing address of the ISA/JP

**Japan Patent Office (ISA/JP)  
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915  
 Japan**

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/034876**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-34585 A	08 March 2018	(Family: none)	
JP 2016-78685 A	16 May 2016	US 2016/0251064 A1 entire text, all drawings WO 2016/059809 A1 KR 10-2016-0057381 A CN 105722756 A	
JP 2020-158072 A	01 October 2020	(Family: none)	
JP 2021-107785 A	29 July 2021	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号

PCT/JP2022/034876

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
B63B 71/10(2020.01)i; B63B 49/00(2006.01)i  
FI: B63B71/10; B63B49/00 Z

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））  
B63B71/10; B63B49/00

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 1971-2022年  
日本国実用新案登録公報 1996-2022年  
日本国登録実用新案公報 1994-2022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
A	JP 2018-34585 A (株式会社ディーゼルユナイテッド) 08.03.2018 (2018-03-08) 全文, 全図	1-16
A	JP 2016-78685 A (三菱重工業株式会社) 16.05.2016 (2016-05-16) 全文, 全図	1-16
A	JP 2020-158072 A (国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所) 01.10.2020 (2020-10-01) 全文, 全図	1-16
A	JP 2021-107785 A (国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所) 29.07.2021 (2021-07-29) 全文, 全図	1-16
A	櫻田頭子ら, “実運航シミュレーションによる実船データ解析 ー排水量修正と波 風修正の適用ー”, 日本船舶海洋工学会論文集, 2017.06, 第25号, pp.33-38, DOI: 10.2534/jjasnaoe.25.33, ISSN 1881-1760(online), 1880-3717(print) 全文, 全図表	1-16

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、一般的な技術水準を示すもの
- “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  
17.11.2022

国際調査報告の発送日  
06.12.2022

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）  
結城 健太郎 3D 3024  
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/JP2022/034876

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-34585 A	08.03.2018	(ファミリーなし)	
JP 2016-78685 A	16.05.2016	US 2016/0251064 A1 全文, 全図 WO 2016/059809 A1 KR 10-2016-0057381 A CN 105722756 A	
JP 2020-158072 A	01.10.2020	(ファミリーなし)	
JP 2021-107785 A	29.07.2021	(ファミリーなし)	