

(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  
2020年11月26日(26.11.2020)



(10) 国際公開番号  
**WO 2020/235689 A1**

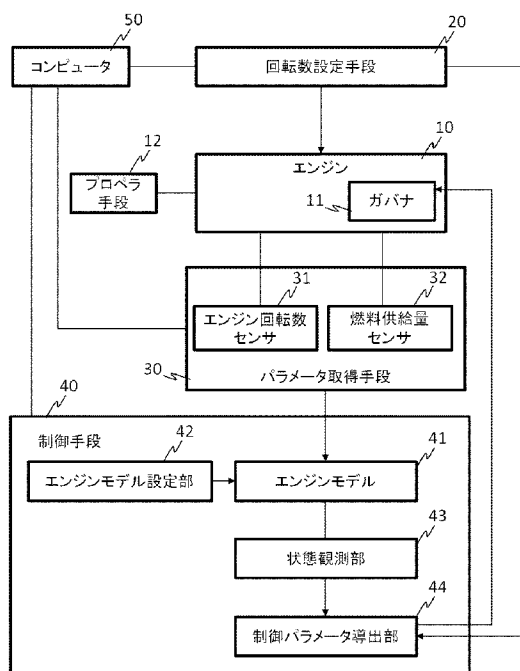
- (51) 国際特許分類:  
G05B 11/36 (2006.01) F02D 41/04 (2006.01)  
F02D 29/02 (2006.01) B63H 21/21 (2006.01)  
G05B 13/02 (2006.01) F02D 45/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/020426
- (22) 国際出願日: 2020年5月22日(22.05.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2019-095769 2019年5月22日(22.05.2019) 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 INSTITUTE OF MARITIME, PORT AND AVIATION

TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 Tokyo (JP). ナブテスコ株式会社(NABTESCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1020093 東京都千代田区平河町二丁目7番9号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: ボンダレンコ オレクシー (BONDARENKO Oleksiy); 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38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). 福田 哲吾(FUKUDA Tetsugo); 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38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). 北川 泰士(KITAGAWA Yasushi); 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内 Tokyo

(54) Title: ENGINE CONTROL METHOD, ENGINE CONTROL SYSTEM, AND SHIP

(54) 発明の名称: エンジン制御方法、エンジン制御システム、及び船舶



- 10 Engine
- 11 Governor
- 12 Propeller means
- 20 Speed setting means
- 30 Parameter acquisition means
- 31 Engine speed sensor
- 32 Fuel supply quantity sensor
- 40 Control means
- 41 Engine model
- 42 Engine model setting unit
- 43 Status observation unit
- 44 Control parameter derivation unit
- 50 Computer

(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing an engine control method and an engine control system that improve engine performance using feedforward control, and a ship in which the engine control system is installed. The following are executed: an engine model setting step S1 for setting an engine model 41; a set speed acquisition step S2 for acquiring a set speed  $n_{sp}$  of an engine 10; a parameter acquisition step S3 for acquiring parameters that are for predicting fluctuation in the load on the engine 10; a status observation step



WO 2020/235689 A1

(JP). 出口 誠(IDEGUCHI Makoto); 〒6512413 兵庫県神戸市西区福吉台1丁目1617番1 ナブテスコ株式会社 西神工場内 Hyogo (JP). 藤原 真(FUJIWARA Makoto); 〒6512413 兵庫県神戸市西区福吉台1丁目1617番1 ナブテスコ株式会社 西神工場内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 阿部 伸一, 外 (ABE Shinichi et al.); 〒1710033 東京都豊島区高田3-11-1 2KT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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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, 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))

---

S4 for applying the parameters to the engine model 41 and observing the status including the fluctuation in the load on the engine 10; a control parameter derivation step S5 for deriving feedforward control parameters that are for controlling the engine 10 on the basis of the result obtained from predicting the load fluctuation and the established speed  $n_{sp}$ ; and an engine control step S6 for applying the feedforward control parameters to controlling the engine 10.

(57) 要約: フィードフォワード制御によりエンジン性能を改善するエンジン制御方法、エンジン制御システム、及びエンジン制御システムを搭載した船舶を提供することを課題とし、エンジンモデル41を設定するエンジンモデル設定ステップS1と、エンジン10の設定回転数 $n_{sp}$ を取得する設定回転数取得ステップS2と、エンジン10の負荷変動を予測するためのパラメータを取得するパラメータ取得ステップS3と、パラメータをエンジンモデル41に適用し、エンジン10の負荷変動を含む状態観測を行う状態観測ステップS4と、負荷変動の予測結果と、設定回転数 $n_{sp}$ に基づきエンジン10を制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する制御パラメータ導出ステップS5と、フィードフォワード制御パラメータをエンジン10の制御に適用するエンジン制御ステップS6を実行させる。

## 明 細 書

発明の名称：

エンジン制御方法、エンジン制御システム、及び船舶

### 技術分野

[0001] 本発明は、エンジン性能を改善できるエンジン制御方法、エンジン制御システム、及び船舶に関する。

### 背景技術

[0002] E E D I（エネルギー効率設計指標）規制やCO<sub>2</sub>排出規制の強化に応じ、船用エンジンは船舶の大きさに比べ小型化する傾向にある。エンジンの小型化が更に進むと、現状のガバナによる回転数フィードバック制御だけでは、実海域におけるプロペラ負荷変動によるエンジンへの悪影響を避けることはできない。

従来、負荷変動の大きさに応じて、ガバナのゲインを変えて制御したり、設定回転数を予め下げたりする調整が行われているが、プロペラ負荷変動のエンジンへの影響を小さくし燃費を最適にする制御はできていない。

[0003] ここで、特許文献1には、主機に連結された主軸の実回転数を検出し、回転数指令及び実回転数の偏差に対し制御演算部においてP I D演算を施し、P I D演算により得られたガバナ指令をガバナに出力し、主機へ供給される燃料量を制御し、更に、ガバナ指令および実回転数を制御対象のオブザーバに入力しプロペラ流入速度変動を推定し、演算部においてプロペラ流入速度変動に所定ゲインを掛け回転数指令に加算し、回転数指令を補正する船用エンジン制御システムが開示されている。

また、特許文献2には、様々な波高、波周期、対水船速、船舶の重量等の組合せに対して船体運動を考慮したプロペラ流入速度をシミュレーションにより算出し、算出されたプロペラ流入速度の変動から主機回転数の変動を算出してその標準偏差を求め、これらの結果を基準偏差データベースとし、基準偏差データベースを参照して航行中の波高、波周期、対水船速、船舶の重

量から標準偏差を求め許容回転数偏差を算出し、制御部において主機のPID制御を行い、ゲインの異なる複数の制御モードを設け、比較部における回転数偏差と許容回転数偏差の比較に基づいて制御部の制御モードを切り替える船舶の主機制御システムが開示されている。

また、特許文献3には、回転数指令と実測された主軸又は主機の回転数の偏差をPID演算部に入力して燃料噴射装置から主機へ供給される燃料の量をフィードバック制御し、プロペラへのプロペラ流入速度を検出し演算部に入力し、プロペラ流入速度の変動に対応して制御ポイントが効率曲線に沿って移動するように回転数指令を修正する船用エンジン制御システムが開示されている。

また、特許文献4には、排気弁と燃料調節手段を備えたエンジンをエンジンモデルによりエンジン状態を推定するエンジン状態観測器を用いて制御するエンジン制御方法であって、少なくともエンジンの回転数を検出してエンジン状態観測器に入力し、エンジン状態観測器でエンジン状態として少なくとも空気過剰率を推定し、推定した空気過剰率に基づいて制御対象として少なくとも排気弁を制御することが開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2012-57523号公報  
特許文献2：特開2011-214471号公報  
特許文献3：特開2010-236463号公報  
特許文献4：特開2019-19783号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0005] 特許文献1～特許文献3は、いずれもエンジンに対してフィードフォワード制御を行うものではない。

また、特許文献4は、エンジン状態として空気過剰率を推定し、推定した

空気過剰率に基づいて排気弁の制御を行うものであるが、フィードフォワード制御についての詳細説明は見当たらない。

そこで本発明は、フィードフォワード制御によりエンジン性能を改善するエンジン制御方法、エンジン制御システム、及びエンジン制御システムを搭載した船舶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

[0006] 請求項 1 記載に対応したエンジン制御方法においては、エンジンのエンジンモデルを設定するエンジンモデル設定ステップと、エンジンの設定回転数を取得する設定回転数取得ステップと、エンジンの負荷変動を予測するためのパラメータを取得するパラメータ取得ステップと、取得したパラメータをエンジンモデルに適用し、エンジンの負荷変動を含む状態観測を行う状態観測ステップと、状態観測による負荷変動の予測結果と、エンジンの設定回転数に基づきエンジンを制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する制御パラメータ導出ステップと、導出したフィードフォワード制御パラメータをエンジンの制御に適用するエンジン制御ステップとを実行することを特徴とする。

請求項 1 に記載の本発明によれば、状態観測を行なうことにより負荷変動を予測したフィードフォワード制御をエンジンに対して行い、エンジン性能を改善することができる。

なお、エンジンモデルを設定することには、最初からエンジンモデルの条件を取得し、さらにモデル内変数を取得しエンジンモデルを構築すること、既に設定されたエンジンモデルのモデル内変数を取得すること、既にモデルパラメータも入力された他の装置やコンピュータと関係させること等を含むものとする。

[0007] 請求項 2 記載の本発明は、パラメータ取得ステップで取得するパラメータは、エンジン回転数と燃料供給量であることを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、状態観測による負荷変動の予測結果の精度を向上させ、ひいてはフィードフォワード制御パラメータの精度を向上

させることができる。

[0008] 請求項3記載の本発明は、状態観測ステップにおいて、パラメータをエンジンモデルに適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、負荷変動の予測結果を得ることを特徴とする。

請求項3に記載の本発明によれば、推定したエンジン負荷を負荷変動の予測結果に反映することができる。

[0009] 請求項4記載の本発明は、制御パラメータ導出ステップにおいて、システム伝達関数モデルに負荷変動の予測結果と設定回転数を適用し、フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする。

請求項4に記載の本発明によれば、システム伝達関数モデルを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0010] 請求項5記載の本発明は、制御パラメータ導出ステップにおいて、負荷変動の予測結果と設定回転数をカルマンフィルターに基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする。

請求項5に記載の本発明によれば、カルマンフィルターを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0011] 請求項6記載の本発明は、制御パラメータ導出ステップにおいて、負荷変動の予測結果と設定回転数をファジイ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出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、ファジイ推論を用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0012] 請求項7記載の本発明は、エンジン制御ステップにおいて、エンジンに設けたガバナにフィードフォワード制御パラメータとして指令回転数を出力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、負荷変動に対するエンジンの応答を速め、無駄な動きを小さくすることで燃費を向上させる制御を行うことができ

る。

[0013] 請求項 8 記載の本発明は、エンジンの負荷変動は、エンジンに連結されるプロペラの外乱による変動であることを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、エンジンの負荷変動に影響の大きいプロペラ負荷変動を予測した制御を行うことができる。

なお、請求項 1 から請求項 8 のいずれかにおける、エンジンモデル設定ステップ、設定回転数取得ステップ、パラメータ取得ステップ、状態観測ステップ、制御パラメータ導出ステップ、エンジン制御ステップをコンピュータのプログラムとして実行させることもできる。また、プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であっても、コンピュータを機能させることにより、その作用と効果は、同様に発揮できる。

[0014] 請求項 9 記載に対応したエンジン制御システムにおいては、エンジンと、エンジンの回転数を設定する回転数設定手段と、エンジンの負荷変動を予測するためのパラメータを取得するパラメータ取得手段と、エンジンのエンジンモデルを設定するエンジンモデル設定部、取得したパラメータをエンジンモデルに適用しエンジンの負荷変動を含む状態観測を行う状態観測部、及び状態観測による負荷変動の予測結果と回転数設定手段で設定された設定回転数に基づきエンジンを制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する制御パラメータ導出部を有した制御手段とを備え、導出したフィードフォワード制御パラメータに基づいてエンジンを制御することを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、状態観測を行なうことにより負荷変動を予測したフィードフォワード制御をエンジンに対して行い、エンジン性能を改善することができる。

[0015] 請求項 10 記載の本発明は、パラメータ取得手段は、エンジン回転数センサと燃料供給量センサであることを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、状態観測部における負荷変動の予測結果の精度を向上させ、ひいては制御パラメータ導出部におけるフィードフ

ォワード制御パラメータの導出精度を向上させることができる。

[0016] 請求項 1 1 記載の本発明は、状態観測部において、パラメータをエンジンモデルに適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、負荷変動の予測結果を得ることを特徴とする。

請求項 1 1 に記載の本発明によれば、推定したエンジン負荷を負荷変動の予測結果に反映することができる。

[0017] 請求項 1 2 記載の本発明は、制御パラメータ導出部において、システム伝達関数モデルに負荷変動の予測結果と設定回転数を適用し、フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする。

請求項 1 2 に記載の本発明によれば、システム伝達関数モデルを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0018] 請求項 1 3 記載の本発明は、制御パラメータ導出部において、負荷変動の予測結果と設定回転数をカルマンフィルターに基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする。

請求項 1 3 に記載の本発明によれば、カルマンフィルターを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0019] 請求項 1 4 記載の本発明は、制御パラメータ導出部において、負荷変動の予測結果と設定回転数をファジイ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出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、ファジイ推論を用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0020] 請求項 1 5 記載の本発明は、制御手段は、エンジンに設けたガバナをフィードフォワード制御パラメータとしての指令回転数で制御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、負荷変動に対するエンジンの応答を



速め、無駄な動きを小さくすることで燃費を向上させる制御を行うことができる。

[0021] 請求項 1 6 記載に対応した船舶においては、エンジン制御システムを、エンジンにより駆動されるプロペラ手段を有した船舶に搭載したことを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、エンジン性能を改善するエンジン制御システムが搭載された船舶を提供することができる。

[0022] 請求項 1 7 記載の本発明は、プロペラ手段の外乱による変動を状態観測部におけるエンジンの負荷変動として状態観測を行なうことを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の本発明によれば、エンジンの負荷変動に影響の大きいプロペラ負荷変動を予測した制御を行うことができる。

### 発明の効果

[0023] 本発明のエンジン制御方法によれば、状態観測を行なうことにより負荷変動を予測したフィードフォワード制御をエンジンに対して行い、エンジン性能を改善することができる。

[0024] また、パラメータ取得ステップで取得するパラメータは、エンジン回転数と燃料供給量である場合には、状態観測による負荷変動の予測結果の精度を向上させ、ひいてはフィードフォワード制御パラメータの精度を向上させることができる。

[0025] また、状態観測ステップにおいて、パラメータをエンジンモデルに適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、負荷変動の予測結果を得る場合には、推定したエンジン負荷を負荷変動の予測結果に反映することができる。

[0026] また、制御パラメータ導出ステップにおいて、システム伝達関数モデルに負荷変動の予測結果と設定回転数を適用し、フィードフォワード制御パラメータを導出する場合には、システム伝達関数モデルを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0027] また、制御パラメータ導出ステップにおいて、負荷変動の予測結果と設定

回転数をカルマンフィルターに基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出する場合には、カルマンフィルターを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0028] また、制御パラメータ導出ステップにおいて、負荷変動の予測結果と設定回転数をファジィ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出する場合には、ファジィ推論を用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0029] また、エンジン制御ステップにおいて、エンジンに設けたガバナにフィードフォワード制御パラメータとして指令回転数を出力する場合には、負荷変動に対するエンジンの応答を速め、無駄な動きを小さくすることで燃費を向上させる制御を行うことができる。

[0030] また、エンジンの負荷変動は、エンジンに連結されるプロペラの外乱による変動である場合には、エンジンの負荷変動に影響の大きいプロペラ負荷変動を予測した制御を行うことができる。

[0031] また、本発明のエンジン制御システムによれば、状態観測を行なうことにより負荷変動を予測したフィードフォワード制御をエンジンに対して行い、エンジン性能を改善することができる。

[0032] また、パラメータ取得手段は、エンジン回転数センサと燃料供給量センサである場合には、状態観測部における負荷変動の予測結果の精度を向上させ、ひいては制御パラメータ導出部におけるフィードフォワード制御パラメータの導出精度を向上させることができる。

[0033] また、状態観測部において、パラメータをエンジンモデルに適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、負荷変動の予測結果を得る場合には、推定したエンジン負荷を負荷変動の予測結果に反映することができる。

[0034] また、制御パラメータ導出部において、システム伝達関数モデルに負荷変動の予測結果と設定回転数を適用し、フィードフォワード制御パラメータを

導出する場合には、システム伝達関数モデルを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0035] また、制御パラメータ導出部において、負荷変動の予測結果と設定回転数をカルマンフィルターに基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出する場合には、カルマンフィルターを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0036] また、制御パラメータ導出部において、負荷変動の予測結果と設定回転数をファジィ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出する場合には、ファジィ推論を用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出することができる。

[0037] また、制御手段は、エンジンに設けたガバナをフィードフォワード制御パラメータとしての指令回転数で制御する場合には、負荷変動に対するエンジンの応答を速め、無駄な動きを小さくすることで燃費を向上させる制御を行うことができる。

[0038] また、本発明の船舶によれば、エンジン性能を改善するエンジン制御システムが搭載された船舶を提供することができる。

[0039] また、プロペラ手段の外乱による変動を状態観測部におけるエンジンの負荷変動として状態観測を行なう場合には、エンジンの負荷変動に影響の大きいプロペラ負荷変動を予測した制御を行うことができる。

### 図面の簡単な説明

[0040] [図1]本発明の実施形態によるエンジン制御システムのブロック図

[図2]同エンジン制御方法のフロー図

[図3]同フィードフォワード制御の例として、システム伝達関数モデルを用いる場合の説明図

[図4]同フィードフォワード制御の例として、カルマンフィルターを用いる場合の説明図

[図5]同フィードフォワード制御の例として、ファジィ推論を用いる場合の説

明図

### 発明を実施するための形態

[0041] 以下に、本発明の実施形態によるエンジン制御方法、エンジン制御システム、及び船舶について説明する。

[0042] 図1は本実施形態によるエンジン制御システムのブロック図である。

エンジン制御システムは、ガバナ11が設けられたエンジン10と、エンジン10の回転数を設定する回転数設定手段20と、エンジン10の負荷変動を予測するためのパラメータを取得するパラメータ取得手段30と、制御手段40を備える。

制御手段40は、エンジン10のエンジンモデル41を設定するエンジンモデル設定部42と、取得したパラメータをエンジンモデル41に適用しエンジン10の負荷変動を含む状態観測を行う状態観測部43と、状態観測による負荷変動の予測結果及び回転数設定手段20で設定された設定回転数に基づきエンジン10を制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する制御パラメータ導出部44を有する。

エンジン制御システムは、エンジン10により駆動されるプロペラ手段（プロペラ）12を有した船舶に搭載されている。

エンジン制御システムは、制御パラメータ導出部44が導出したフィードフォワード制御パラメータに基づいてエンジン10を制御する。状態観測を行なうことにより負荷変動を予測したフィードフォワード制御をエンジン10に対して行い、エンジン性能を改善することができる。

[0043] パラメータ取得手段30は、エンジン10のエンジン回転数（エンジン速度）を検出するエンジン回転数センサ31と、エンジン10への燃料供給量を検出する燃料供給量センサ32を有する。なお、燃料供給量の検出には、燃料ポンプラック位置の検出や、燃料流量計測等が含まれる。

[0044] 回転数設定手段20、パラメータ取得手段30及び制御手段40は、エンジン制御プログラムを有するコンピュータ50とインターフェースを介して接続されている。

なお、コンピュータ50は、制御手段40の一部、又は全てを含むことができる。コンピュータ50が、制御手段40の一部を含む場合は、他の部分は他のコンピュータやハード回路を用いて構成される。

[0045] 図2は本実施形態によるエンジン制御方法のフロー図である。

まず、エンジンモデル設定部42を用いて、エンジン10のエンジンモデル41を設定する（エンジンモデル設定ステップS1）。

エンジンモデル41は、エンジン10の構成要素ごとの応答を表す物理モデルを組み合わせたモデルである。物理モデルには、エンジン10の構成要素の状態を数学的に表現した物理数学モデル、機械学習（ML）モデル、非線形回帰（NLR）モデル、伝達関数（TF）モデル等がある。ここで、物理数学モデルは、モデル作成のデータがあればエンジン10を忠実に再現できる。また、機械学習（ML）モデルは、構成が若干複雑であるが、計測手段40の計測精度が十分でありモデル作成のデータがあればエンジン10に忠実である。非線形回帰（NLR）モデルは、構成は簡単であるが、計測手段30による多くの計測値があっても精度がやや劣る。伝達関数（TF）モデルは、構成は簡単であるが、主機10の構成要素（例えば冷却器等）によっては、これで十分な場合もある。これらモデルは一長一短があるものの、入手できるデータ項目や量に応じて使い分けることが望ましい。

ここでは、代表例として船用ディーゼルエンジンの物理数学モデルのみで物理モデルを構成する例を述べる。

まず、エンジン回転数の调速のためのガバナ11のモデルが挙げられる。ガバナ11はエンジントルク発生のための燃料投入量を定められた制御設定に応じて決定するものであり、機械式ガバナを対象とする場合は制御上の設定が反映された時定数や比例ゲイン係数を含んだ一次の微分方程式で表されるモデルであることが多く、電子ガバナの場合はPID制御則に則ったモデルとなる。エンジントルク発生モデルは燃料燃焼によるエンジントルク発生をモデル化したものであり、ガバナモデルから出力される燃料投入量やエンジン回転数及び過給機回転数に変数となり、発生したパワートルクと軸系の

摩擦を差し引いたモデルとなることが一般的である。過給機回転数が計測されない場合は過給機回転数モデルにより値を計算する。このモデルは過給機のタービントルクとコンプレッサートルクを外力項とした軸運動微分方程式によって求めることが多く、タービントルクやコンプレッサートルクの計算に燃焼室の掃気及び排気を考慮した特性方程式の計算を行う。これらの計算には燃焼問題をシリンダごとに個別に扱う計算法や、全てのシリンダの燃焼問題を1回転サイクルの平均値に代表させて取り扱う計算法もある。エンジン回転数の応答モデルはエンジントルクとプロペラトルク等の外力負荷トルクを外力項とした推進軸系の軸運動微分方程式によって求める。

船用ディーゼルエンジンの物理モデルを物理数学モデルで構成する場合は以上の構成が一般的である。

なお、エンジンモデル設定部42は、制御手段40に含めずに、他のコンピュータ等で構成し、このエンジンモデル設定部42を用いて、予め制御手段40にエンジンモデル41を設定しておくこともできる。

制御手段40がコンピュータ（コンピュータ50で構成される場合を含む）で構成されている場合、エンジンモデル設定部42は、エンジンモデル41の入力された条件を取得し、さらにモデル内変数を取得しエンジンモデル41を構築して設定すること、既に設定されたエンジンモデル41の入力されたモデル内変数を取得し設定すること、既にモデルパラメータも入力された他のコンピュータや装置のエンジンモデル41と関係させることを含む。

モデル内変数（係数・定数）を同定するためには、エンジン10と同型のエンジンの陸上運転結果などの船舶就航前に収集可能なデータを用いるか、就航後に取得できるデータを用いる。就航後に取得したデータを用いモデル内変数を更新することで、エンジン制御システムの経年劣化に対応できる。

[0046] 次に、回転数設定手段20で設定されたエンジン10の設定回転数を取得する（設定回転数取得ステップS2）。

取得した設定回転数は、制御手段40へ送信される。

[0047] 次に、パラメータ取得手段30を用いて、エンジン10の負荷変動を予測

するためのパラメータを取得する（パラメータ取得ステップS3）。

パラメータ取得ステップS3において取得するパラメータは、エンジン回転数センサ31によって取得するエンジン回転数と、燃料供給量センサ32によって取得するエンジン10への燃料供給量であることが好ましい。これにより、状態観測による負荷変動の予測結果の精度を向上させ、ひいてはフィードフォワード制御パラメータの精度を向上させることができる。なお、エンジン回転数センサ31はエンジン10の回転数を直接検出（フォトカプラ、ロータリーエンコーダ等）、また間接的に検出（プロペラ軸回転計等）する各種のセンサが採用し得る。

[0048] 次に、状態観測部43において、パラメータ取得手段30を用いて取得したパラメータをエンジンモデル41に適用し、計算を行ってエンジン10の負荷変動を含む状態観測を行う（状態観測ステップS4）。

状態観測部43においては、パラメータをエンジンモデル41に適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、負荷変動の予測結果を得ることが好ましい。これにより、推定したエンジン負荷を負荷変動の予測結果に反映することができる。

また、本実施形態では、エンジン10の負荷変動は、エンジン10に連結されるプロペラ手段12の外乱による変動としている。これにより、エンジン10の負荷変動に影響の大きいプロペラ負荷変動を予測した制御を行うことができる。

[0049] 次に、制御パラメータ導出部44を用いて、状態観測部43における状態観測による負荷変動の予測結果と、エンジン10の設定回転数に基づき、エンジン10を制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する（制御パラメータ導出ステップS5）。

[0050] 次に、制御手段40は、導出したフィードフォワード制御パラメータをエンジン10の制御に適用する（エンジン制御ステップS6）。

エンジン10の制御として例えば、制御パラメータ導出部44がフィードフォワード制御パラメータとして指令回転数を導出し、制御手段40は、エ

ンジン 10 に設けたガバナ 11 をフィードフォワード制御パラメータとしての指令回転数で制御する。これにより、負荷変動に対するエンジン 10 の応答を速め、無駄な動きを小さくすることで燃費を向上させる制御を行うことができる。

なお、フィードフォワード制御パラメータとして指令回転数を導出し、ガバナ 11 を制御することは、回転数設定手段 20 で設定されたエンジン 10 の設定回転数を指令回転数に置き換えて予測制御することになる。

[0051] 図 3 は本実施形態によるフィードフォワード制御の例として、システム伝達関数モデルを用いる場合の説明図である。

図 3 (a) はエンジン制御システムの構成を示している。なお、プロペラ手段 12、回転数設定手段 20、パラメータ取得手段 30、エンジンモデル設定部 42、及びコンピュータ 50 については図示を省略している。

エンジンモデル 41 及び状態観測部 43 には、パラメータ取得手段 30 で取得したエンジン 10 のパラメータ（エンジン回転数  $n_e$ 、燃料供給量  $h_p$ 、過給機回転数  $n_{TC}$ 、掃気圧  $P_s$ 、及び平均有効圧力  $P_e$ ）が入力される。なお、過給機回転数  $n_{TC}$ 、掃気圧  $P_s$ 、及び平均有効圧力  $P_e$  は、エンジンモデル 41 を用いて推定してもよい。

状態観測部 43 は、取得したパラメータをエンジンモデル 41 に適用して状態観測を行い、エンジン 10 の負荷変動の予測結果としてプロペラ流入速度（プロペラ外乱）の推定値  $u_p$ （「u は上部に「～」付）を出力する。

制御パラメータ導出部 44 は、システム伝達関数モデルにプロペラ流入速度の推定値  $u_p$ （「u は上部に「～」付）と設定回転数を適用し、フィードフォワード制御パラメータを導出する。システム伝達関数モデルを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出し、燃費の向上等に繋げることができる。

[0052] 図 3 (b) はシステム伝達関数モデルを示す図である。図 3 (b) において、「 $n_{s,p}$ 」はエンジン 10 の設定回転数、「FF」はフィードフォワードフィルタ、「 $W_G$ 」はガバナ応答（伝達）機能、「 $W_h$ 」はガバナが出力する



燃料供給量  $h_p$  からエンジン回転数  $n_e$  への伝達関数、「 $W_u$ 」は外乱  $u_p$ （「 $u$ は上部に「 $\sim$ 」付）からエンジン回転数  $n_e$  への伝達関数、「 $W_{nt}$ 」は過給機からエンジン回転数  $n_e$  への伝達関数、「 $W_{ne}$ 」はエンジン回転数  $n_e$  から過給機への伝達関数、「 $W_{th}$ 」はガバナ 11 から過給機への伝達関数である。

出力  $Y$  は、伝達関数  $W_{ss}$  に状態  $X$  を乗じることで求められる。また、設定回転数  $n_{sp}$  の制御値  $\Delta n_{sp}$  は、伝達関数  $W_{ss}$  の逆数にプロペラ流入速度の推定値  $u_p$ （「 $u$ は上部に「 $\sim$ 」付）を乗じることで求められる。

[0053] 制御手段 40 は、フィードフォワード制御パラメータとしての指令回転数  $n_{order}$  をガバナ 11 へ送信する。ガバナ 11 は指令回転数  $n_{order}$  に基づいて燃料供給量  $h_p$  を調整する。これにより、プロペラ流入速度  $u_p$  の変動による外乱を補償して過給機の速度が安定する。このことは、燃料消費量に大きな影響を与える。また、制御手段 40 は、制御パラメータ導出部 44 のフィードフォワードフィルタのゲインを調整して、エンジン回転数  $n_e$  への悪影響を減らすことができる。ここでゲインとは、制御パラメータである制御値  $\Delta n_{sp}$  を大きく変えるかどうかを決める値（比例ゲイン）である。

[0054] 図 4 は本実施形態によるフィードフォワード制御の例として、カルマンフィルターを用いる場合の説明図である。なお、プロペラ手段 12、回転数設定手段 20、パラメータ取得手段 30、エンジンモデル設定部 42、及びコンピュータ 50 については図示を省略している。

エンジンモデル 41 及び状態観測部 43 には、パラメータ取得手段 30 で取得したエンジン 10 のパラメータ（エンジン回転数  $n_e$ 、燃料供給量  $h_p$ 、過給機回転数  $n_{TC}$ 、掃気圧  $P_s$ 、及び平均有効圧力  $P_e$ ）が入力される。なお、過給機回転数  $n_{TC}$ 、掃気圧  $P_s$ 、及び平均有効圧力  $P_e$  は、エンジンモデル 41 による計算結果を用いて推定してもよい。

状態観測部 43 は、取得したパラメータをエンジンモデル 41 に適用して計算により状態観測を行い、エンジン 10 の負荷変動の予測結果としてプロペラ流入速度（プロペラ外乱）の推定値  $u_p$ （「 $u$ は上部に「 $\sim$ 」付）を出力

する。

制御パラメータ導出部44は、プロペラ流入速度の推定値 $u_p$ （「 $u$ は上部に「 $\sim$ 」付）と設定回転数 $n_{sp}$ をカルマンフィルタに基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出する。カルマンフィルタを用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出し、燃費の向上等に繋げることができる。なお、カルマンフィルタとしては、拡張カルマンフィルタ（EKF）、又はアンセンテッドカルマンフィルタ（UKF）等を用いることができる。

[0055] フィードフォワード制御パラメータは下式（1）により導出する。

[数1]

$$\begin{aligned} h'_p|_i &= h'_p|_{i-1} + K_G [n_{sp} - F(\tilde{u}_p, h_p)] \\ K_G &= P_{i-1} A_{i-1}^T [A_{i-1} P_{i-1} A_{i-1}^T + R]^{-1} \\ P_i &= [I - K_G A_{i-1}] P_{i-1} \\ A_{i-1} &= \left. \frac{\partial F(\tilde{u}_p, h_p)}{\partial h_p} \right|_{\tilde{u}_{p,i-1}} \end{aligned} \quad \dots (1)$$

ここで、 $h'_p$ は燃料供給量補正值、 $K_G$ はカルマンゲイン、 $P_i$ は状態共分散である。

[0056] 制御手段40は、フィードフォワード制御パラメータとしての指令回転数 $n_{order}$ をガバナ11へ送信する。ガバナ11は、回転数設定手段20で設定された設定回転数を予測制御指令回転数 $n_{order}$ に置き換えて燃料供給量 $h_p$ を調整する。これにより、プロペラ流入速度 $u_p$ の変動による外乱を補償することができる。

[0057] 図5は本実施形態によるフィードフォワード制御の例として、ファジィ推論を用いる場合の説明図である。

図5（a）はエンジン制御システムの構成を示している。なお、プロペラ手段12、回転数設定手段20、パラメータ取得手段30、エンジンモデル設定部42、及びコンピュータ50については図示を省略している。

エンジンモデル41及び状態観測部43には、パラメータ取得手段30で取得したエンジン10のパラメータ（エンジン回転数 $n_e$ 、燃料供給量 $h_p$ 、過給機回転数 $n_{TC}$ 、掃気圧 $P_s$ 、及び平均有効圧力 $P_e$ ）が入力される。なお、過給機回転数 $n_{TC}$ 、掃気圧 $P_s$ 、及び平均有効圧力 $P_e$ は、エンジンモデル41による計算結果を用いて推定してもよい。

状態観測部43は、取得したパラメータをエンジンモデル41に適用して計算により状態観測を行い、エンジン10の負荷変動の予測結果としてプロペラ流入速度（プロペラ外乱）の推定値 $u_p$ （「 $u$ 」は上部に「 $\sim$ 」付）を出力する。

制御パラメータ導出部44は、プロペラ流入速度の推定値 $u_p$ （「 $u$ 」は上部に「 $\sim$ 」付）と設定回転数 $n_{s,p}$ をファジィ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、フィードフォワード制御パラメータを導出する。ファジィ推論を用いることで、フィードフォワード制御パラメータをより精度よく導出し、燃費の向上等に繋げることができる。

[0058] 図5（b）はファジィ推論に基づくフィードフォワード制御パラメータの導出を示す図である。図5（b）において、「 $\&$ 」はAND演算、「 $\parallel$ 」はOR演算である。

制御パラメータ導出部44は、エンジントルクとプロペラトルクを組み合わせ、プロペラトルクとエンジントルクとの不均衡に基づいてファジィ推論を使用しフィードフォワード制御パラメータを導出する。

[0059] 制御手段40は、フィードフォワード制御パラメータとしての指令回転数 $n_{order}$ をガバナ11へ送信する。ガバナ11は、回転数設定手段20で設定された設定回転数を指令回転数 $n_{order}$ に置き換えて燃料供給量 $h_p$ を調整する。指令回転数 $n_{order}$ を変更することによってプロペラ流入速度 $u_p$ の変動による外乱を補償することができる。

なお、上記の例ではエンジン10の負荷変動の予測結果としてプロペラ流入速度（プロペラ外乱）の推定値 $u_p$ を用いたが、プロペラ流入速度 $u_p$ を直接計測して用いフィードフォワード制御パラメータを導出することもできる

。

[0060] 以上の説明は、本開示による典型的な実施の形態の説明のためのものであり、限定するためのものではない。本開示が、本明細書に明示的に記載された形態と異なる形態で実施されてもよく、請求の範囲と一致する範囲で、様々な修正、最適化及び変形が、当業者によって実現され得る。

[0061] [付記]

なお、本発明は、次のように表現することも可能である。

(付記1)

コンピュータに、

エンジンのエンジンモデルを設定するエンジンモデル設定ステップと、  
前記エンジンの設定回転数を取得する設定回転数取得ステップと、  
前記エンジンの負荷変動を予測するためのパラメータを取得するパラメータ取得ステップと、  
前記取得した前記パラメータを前記エンジンモデルに適用し、前記エンジンの前記負荷変動を含む状態観測を行う状態観測ステップと、  
前記状態観測による前記負荷変動の予測結果と、前記エンジンの前記設定回転数に基づき前記エンジンを制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する制御パラメータ導出ステップと、  
導出した前記フィードフォワード制御パラメータを前記エンジンの制御に適用するエンジン制御ステップと  
を実行させることを特徴とするエンジン制御プログラム。

(付記2)

前記パラメータ取得ステップで取得する前記パラメータは、エンジン回転数と燃料供給量であることを特徴とする付記1に記載のエンジン制御プログラム。

(付記3)

前記状態観測ステップにおいて、前記パラメータを前記エンジンモデルに適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、前記負荷変動の前記

予測結果を得ることを特徴とする付記 1 又は付記 2 に記載のエンジン制御プログラム。

(付記 4)

前記制御パラメータ導出ステップにおいて、システム伝達関数モデルに前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数を適用し、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする付記 1 から付記 3 のいずれか 1 項に記載のエンジン制御プログラム。

(付記 5)

前記制御パラメータ導出ステップにおいて、前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数をカルマンフィルタに基づいてフィードフォワード補償をし、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする付記 1 から付記 3 のいずれか 1 項に記載のエンジン制御プログラム。

(付記 6)

前記制御パラメータ導出ステップにおいて、前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数をファジィ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする付記 1 から付記 3 のいずれか 1 項に記載のエンジン制御プログラム。

(付記 7)

前記エンジン制御ステップにおいて、前記エンジンに設けたガバナに前記フィードフォワード制御パラメータとして指令回転数を出力することを特徴とする付記 1 から付記 6 のいずれか 1 項に記載のエンジン制御プログラム。

(付記 8)

前記エンジンの前記負荷変動は、前記エンジンに連結されるプロペラの外乱による変動であることを特徴とする付記 1 から付記 7 のいずれか 1 項に記載のエンジン制御プログラム。

(付記 9)

付記 1 から付記 8 のいずれか 1 項に記載のエンジン制御プログラムを記録したことを特徴とするエンジン制御プログラムの記録媒体。

## 産業上の利用可能性

[0062] 本発明は、船用エンジン又はその他のエンジンについて、フィードフォワード制御により負荷変動を予測して性能を改善し、燃費を向上させることができる。また、本発明は、エンジン制御の方法、システムその他、プログラム、プログラムを記録した記録媒体として展開可能である。

## 符号の説明

- [0063] 10 エンジン  
11 ガバナ  
12 プロペラ手段（プロペラ）  
20 回転数設定手段  
30 パラメータ取得手段  
31 エンジン回転数センサ  
32 燃料供給量センサ  
40 制御手段  
41 エンジンモデル  
42 エンジンモデル設定部  
43 状態観測部  
44 制御パラメータ導出部  
50 コンピュータ  
S1 エンジンモデル設定ステップ  
S2 設定回転数取得ステップ  
S3 パラメータ取得ステップ  
S4 状態観測ステップ  
S5 制御パラメータ導出ステップ  
S6 エンジン制御ステップ  
 $h_p$  燃料供給量  
 $n_e$  エンジン回転数  
 $n_{order}$  指令回転数

$n_{sp}$  設定回転数

## 請求の範囲

- [請求項1] エンジンのエンジンモデルを設定するエンジンモデル設定ステップと、  
前記エンジンの設定回転数を取得する設定回転数取得ステップと、  
前記エンジンの負荷変動を予測するためのパラメータを取得するパラメータ取得ステップと、  
前記取得した前記パラメータを前記エンジンモデルに適用し、前記エンジンの前記負荷変動を含む状態観測を行う状態観測ステップと、  
前記状態観測による前記負荷変動の予測結果と、前記エンジンの前記設定回転数に基づき前記エンジンを制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する制御パラメータ導出ステップと、  
導出した前記フィードフォワード制御パラメータを前記エンジンの制御に適用するエンジン制御ステップと  
を実行することを特徴とするエンジン制御方法。
- [請求項2] 前記パラメータ取得ステップで取得する前記パラメータは、エンジン回転数と燃料供給量であることを特徴とする請求項1に記載のエンジン制御方法。
- [請求項3] 前記状態観測ステップにおいて、前記パラメータを前記エンジンモデルに適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、前記負荷変動の前記予測結果を得ることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のエンジン制御方法。
- [請求項4] 前記制御パラメータ導出ステップにおいて、システム伝達関数モデルに前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数を適用し、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のエンジン制御方法。
- [請求項5] 前記制御パラメータ導出ステップにおいて、前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数をカルマンフィルターに基づいてフィードフォワード補償をし、前記フィードフォワード制御パラメータを導出す



ることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のエンジン制御方法。

[請求項6] 前記制御パラメータ導出ステップにおいて、前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数をファジィ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のエンジン制御方法。

[請求項7] 前記エンジン制御ステップにおいて、前記エンジンに設けたガバナに前記フィードフォワード制御パラメータとして指令回転数を出力することを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のエンジン制御方法。

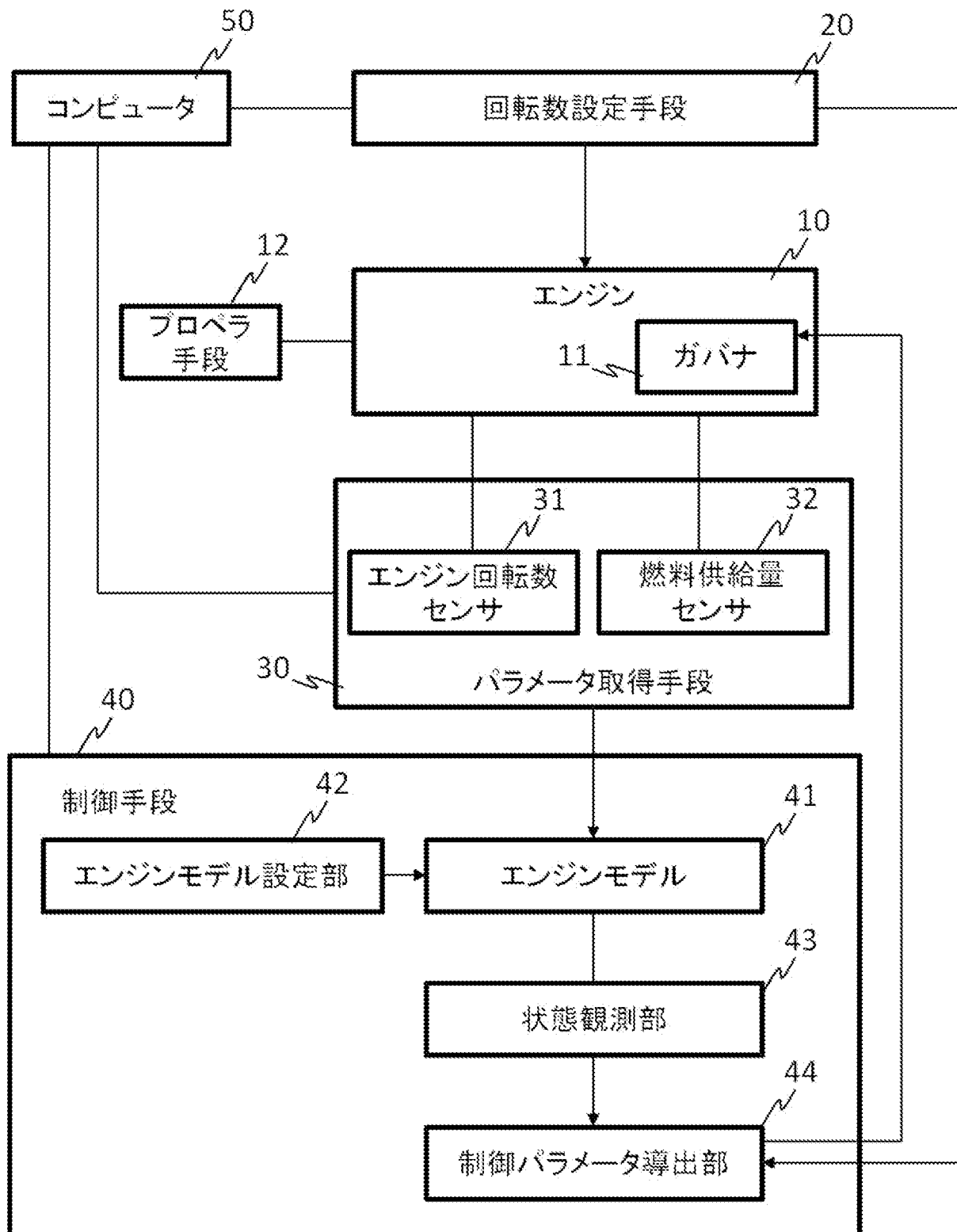
[請求項8] 前記エンジンの前記負荷変動は、前記エンジンに連結されるプロペラの外乱による変動であることを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載のエンジン制御方法。

[請求項9] エンジンと、前記エンジンの回転数を設定する回転数設定手段と、前記エンジンの負荷変動を予測するためのパラメータを取得するパラメータ取得手段と、前記エンジンのエンジンモデルを設定するエンジンモデル設定部、前記取得した前記パラメータを前記エンジンモデルに適用し前記エンジンの前記負荷変動を含む状態観測を行う状態観測部、及び前記状態観測による前記負荷変動の予測結果と前記回転数設定手段で設定された設定回転数に基づき前記エンジンを制御するためのフィードフォワード制御パラメータを導出する制御パラメータ導出部を有した制御手段とを備え、導出した前記フィードフォワード制御パラメータに基づいて前記エンジンを制御することを特徴とするエンジン制御システム。

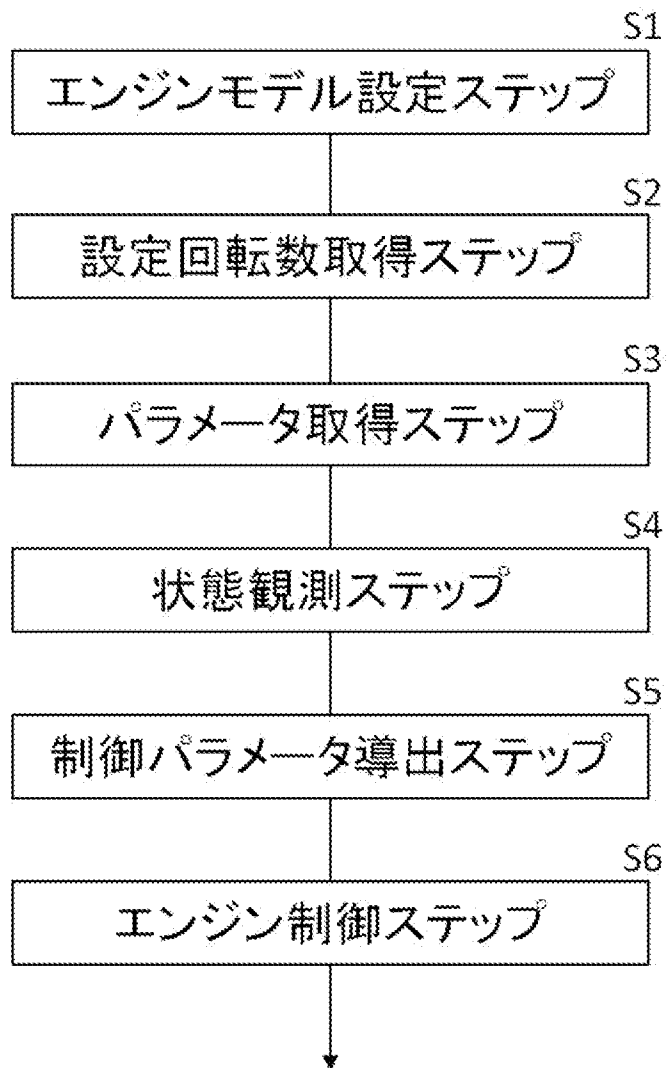
[請求項10] 前記パラメータ取得手段は、エンジン回転数センサと燃料供給量センサであることを特徴とする請求項9に記載のエンジン制御システム。

- [請求項11] 前記状態観測部において、前記パラメータを前記エンジンモデルに適用して得られるエンジン負荷の推定結果に基づいて、前記負荷変動の前記予測結果を得ることを特徴とする請求項9又は請求項10に記載のエンジン制御システム。
- [請求項12] 前記制御パラメータ導出部において、システム伝達関数モデルに前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数を適用し、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする請求項9から請求項11のいずれか1項に記載のエンジン制御システム。
- [請求項13] 前記制御パラメータ導出部において、前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数をカルマンフィルターに基づいてフィードフォワード補償をし、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする請求項9から請求項11のいずれか1項に記載のエンジン制御システム。
- [請求項14] 前記制御パラメータ導出部において、前記負荷変動の前記予測結果と前記設定回転数をファジィ推論に基づいてフィードフォワード補償をし、前記フィードフォワード制御パラメータを導出することを特徴とする請求項9から請求項11のいずれか1項に記載のエンジン制御システム。
- [請求項15] 前記制御手段は、前記エンジンに設けたガバナを前記フィードフォワード制御パラメータとしての指令回転数で制御することを特徴とする請求項9から請求項14のいずれか1項に記載のエンジン制御システム。
- [請求項16] 請求項9から請求項15のいずれか1項に記載のエンジン制御システムを、前記エンジンにより駆動されるプロペラ手段を有した船舶に搭載したことを特徴とする船舶。
- [請求項17] 前記プロペラ手段の外乱による変動を前記状態観測部における前記エンジンの前記負荷変動として状態観測を行なうことを特徴とする請求項16に記載の船舶。

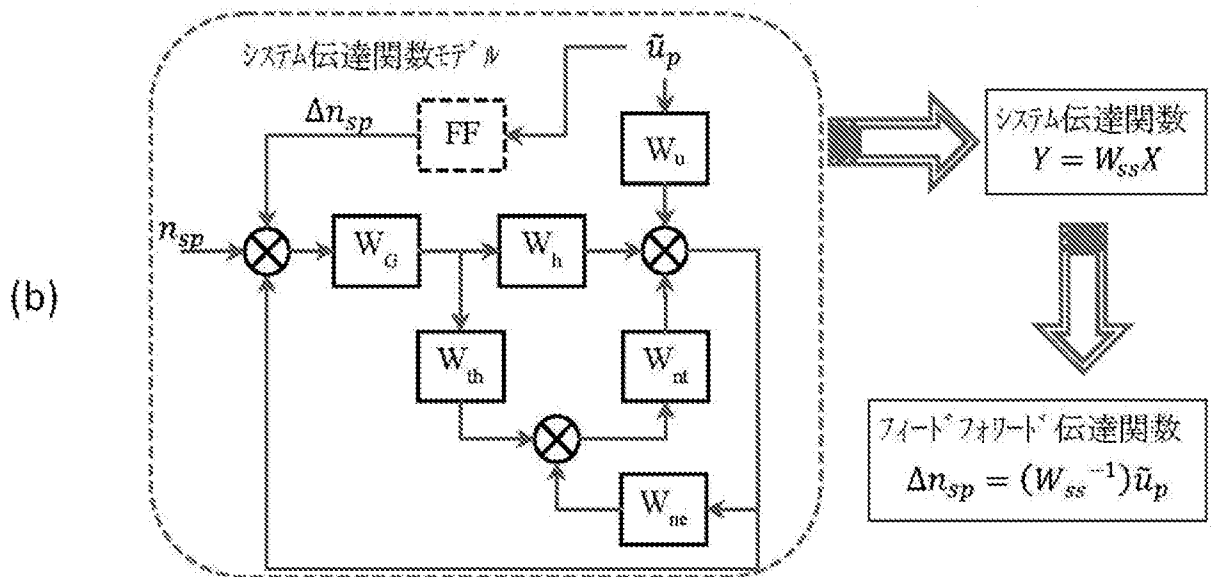
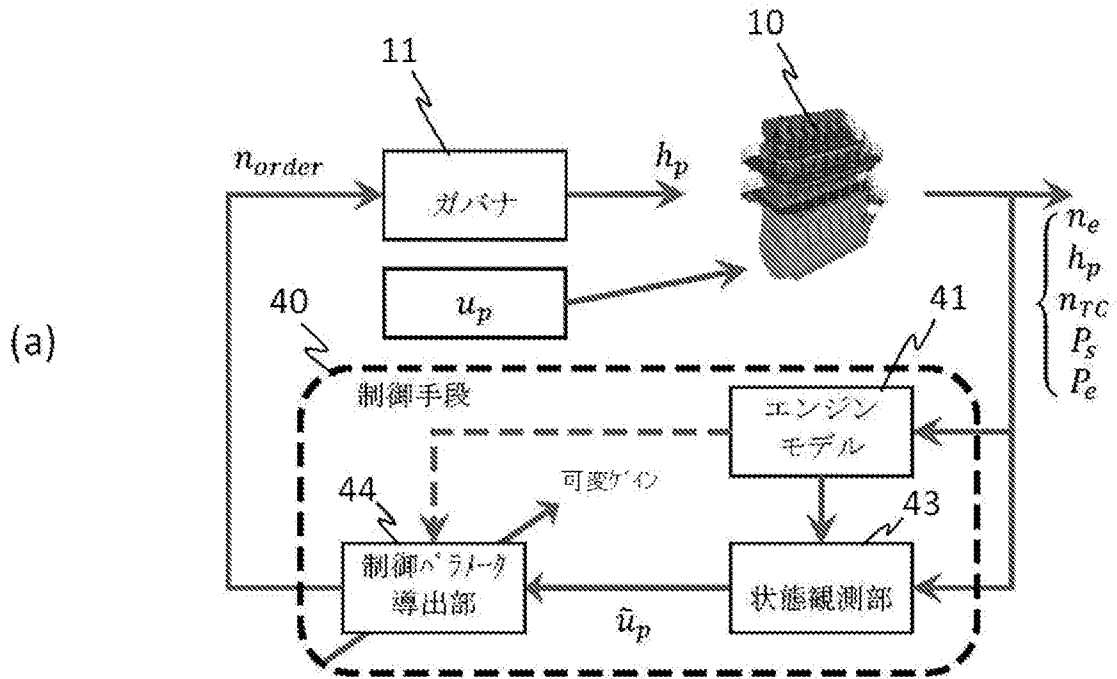
[図1]



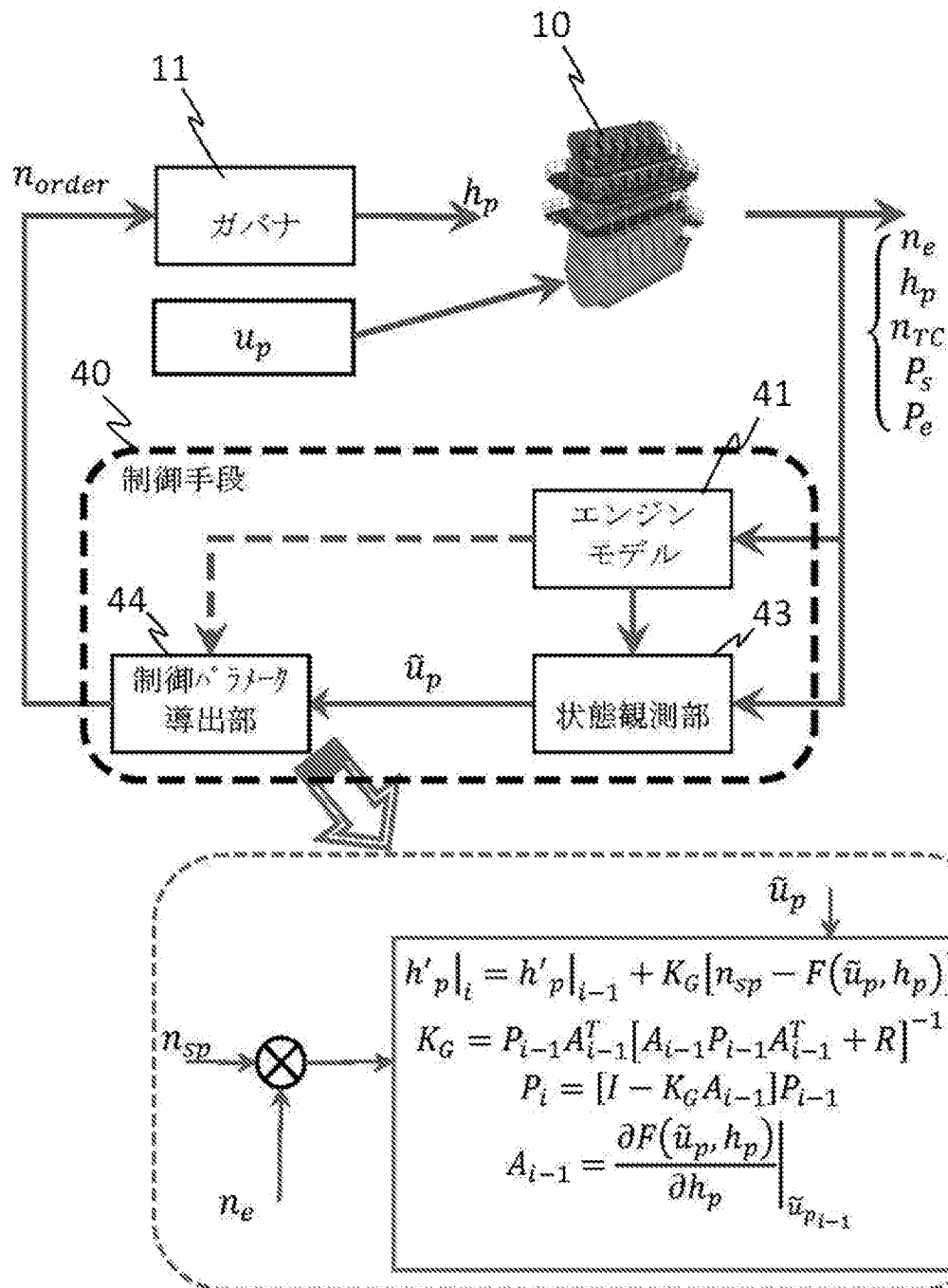
[図2]



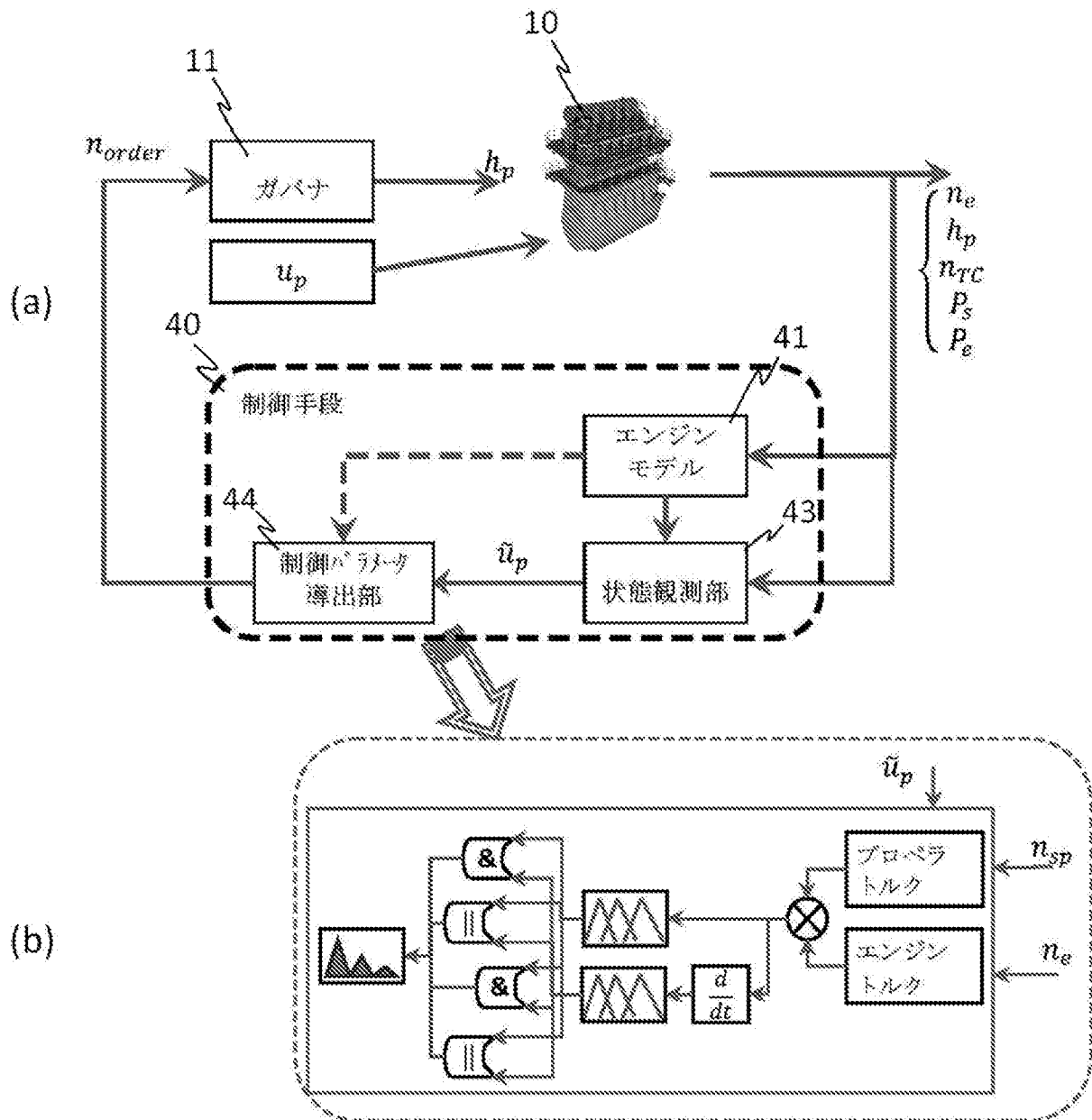
[図3]



[図4]



[図5]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/020426

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 G05B 11/36(2006.01)i; F02D 29/02(2006.01)i; G05B 13/02(2006.01)i; F02D 41/04(2006.01)i; B63H 21/21(2006.01)i; F02D 45/00(2006.01)i  
 FI: F02D45/00 372; F02D45/00 362; F02D45/00 369; F02D41/04; F02D29/02 A; F02D45/00; B63H21/21; G05B11/36 M; G05B13/02 A  
 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)  
 G05B11/36; F02D29/02; G05B13/02; F02D41/04; F02D45/00; B63H21/21

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 1971-2020  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 2019-19783 A (NATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT AGENCY NATIONAL INSTITUTE OF MARITIME, PORT AND AVIATION TECHNOLOGY) 07.02.2019 (2019-02-07) paragraphs [0048]-[0074], fig. 1-8	1-17
A	US 7006909 B1 (DETROIT DIESEL CORPORATION) 28.02.2006 (2006-02-28) abstract, column 3, line 44 to column 6, line 48, fig. 1-13	1-17
A	CN 107989708 A (TIANJIN UNIVERSITY) 04.05.2018 (2018-05-04) abstract, paragraphs [0032]-[0135], fig. 1-6	1-17
A	JP 2008-248859 A (DAIHATSU MOTOR CO., LTD.) 16.10.2008 (2008-10-16) paragraphs [0008]-[0033], fig. 1-4	1-17

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  
 "I" 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 04 August 2020 (04.08.2020)	Date of mailing of the international search report 18 August 2020 (18.08.2020)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 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/JP2020/020426

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-19783 A	07 Feb. 2019	(Family: none)	
US 7006909 B1	28 Feb. 2006	(Family: none)	
CN 107989708 A	04 May 2018	(Family: none)	
JP 2008-248859 A	16 Oct. 2008	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>G05B 11/36(2006.01)i; F02D 29/02(2006.01)i; G05B 13/02(2006.01)i; F02D 41/04(2006.01)i;                  B63H 21/21(2006.01)i; F02D 45/00(2006.01)i                  FI: F02D45/00 372; F02D45/00 362; F02D45/00 369; F02D41/04; F02D29/02 A; F02D45/00; B63H21/21;                  G05B11/36 M; G05B13/02 A</p>																
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>G05B11/36; F02D29/02; G05B13/02; F02D41/04; F02D45/00; B63H21/21</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> <p>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）</p>		日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年							
日本国実用新案公報	1922-1996年															
日本国公開実用新案公報	1971-2020年															
日本国実用新案登録公報	1996-2020年															
日本国登録実用新案公報	1994-2020年															
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-19783 A（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所）07.02.2019 （2019-02-07） 段落0048-0074，図1-8</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 7006909 B1（DETROIT DIESEL CORPORATION）28.02.2006（2006-02-28） 要約，第3欄第44行-第6欄第48行，図1-13</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107989708 A（天津大学）04.05.2018（2018-05-04） 要約，段落0032-0135，図1-6</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008-248859 A（ダイハツ工業株式会社）16.10.2008（2008-10-16） 段落0008-0033，図1-4</td> <td>1-17</td> </tr> </tbody> </table>		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 2019-19783 A（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所）07.02.2019 （2019-02-07） 段落0048-0074，図1-8	1-17	A	US 7006909 B1（DETROIT DIESEL CORPORATION）28.02.2006（2006-02-28） 要約，第3欄第44行-第6欄第48行，図1-13	1-17	A	CN 107989708 A（天津大学）04.05.2018（2018-05-04） 要約，段落0032-0135，図1-6	1-17	A	JP 2008-248859 A（ダイハツ工業株式会社）16.10.2008（2008-10-16） 段落0008-0033，図1-4	1-17
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 2019-19783 A（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所）07.02.2019 （2019-02-07） 段落0048-0074，図1-8	1-17														
A	US 7006909 B1（DETROIT DIESEL CORPORATION）28.02.2006（2006-02-28） 要約，第3欄第44行-第6欄第48行，図1-13	1-17														
A	CN 107989708 A（天津大学）04.05.2018（2018-05-04） 要約，段落0032-0135，図1-6	1-17														
A	JP 2008-248859 A（ダイハツ工業株式会社）16.10.2008（2008-10-16） 段落0008-0033，図1-4	1-17														
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>		* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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				
* 引用文献のカテゴリー	“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															
“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	“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															
“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	“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															
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献															
“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																
<p>国際調査を完了した日</p> <p>04.08.2020</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>18.08.2020</p>															
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>戸田 耕太郎 3G 9329</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3355</p>															

国際調査報告  
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/020426

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 2019-19783 A	07.02.2019	(ファミリーなし)	
US 7006909 B1	28.02.2006	(ファミリーなし)	
CN 107989708 A	04.05.2018	(ファミリーなし)	
JP 2008-248859 A	16.10.2008	(ファミリーなし)	