(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
2022年3月3日(03.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/044601 A1

(51) 国際特許分類:
E02F 9/22 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/026600

(22) 国際出願日： 2021年7月15日(15.07.2021)

(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 2020-144049 2020年8月28日(28.08.2020) JP

(71) 出願人: 日本電気株式会社 (**NEC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉本 達也 (**YOSHIMOTO Tatsuya**); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 裕志(**YOSHIDA Hiroshi**); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 家入 健(**IEIRI Takeshi**); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目３３番８ アサヒビルヂング５階 響国際特許事務所 Kanagawa (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,

(54) **Title:** METHOD FOR CONTROLLING OPERATION OF CONSTRUCTION MACHINE, OPERATION CONTROL SYSTEM, AND OPERATION CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称： 建設機械の作業制御方法、作業制御システム及び作業制御装置

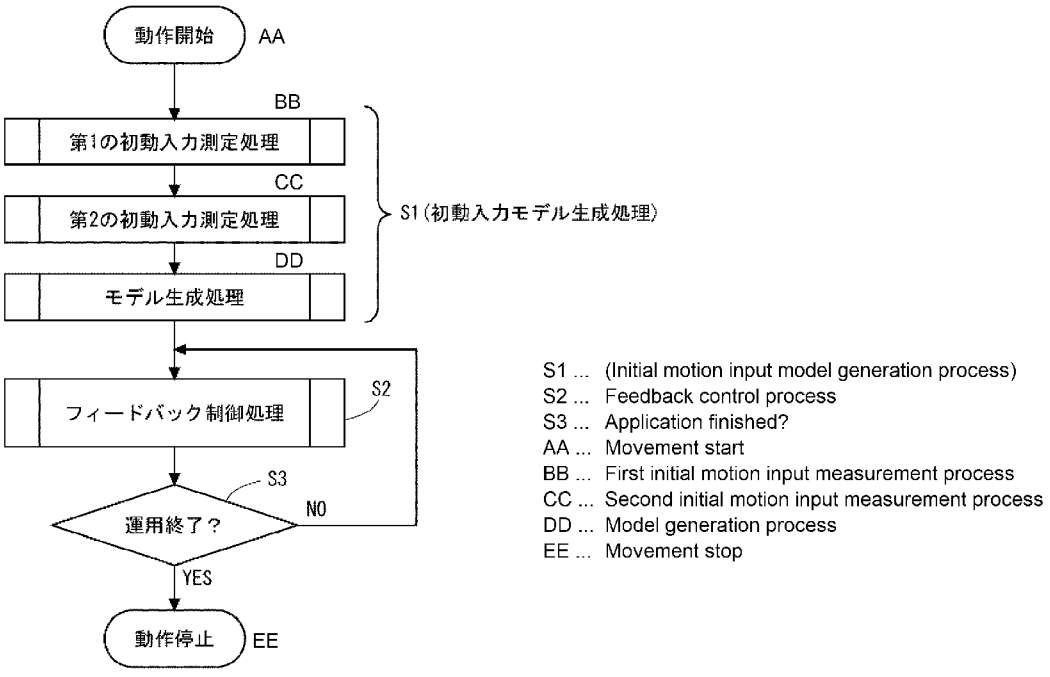


Fig. 4

(57) **Abstract:** In past operation control methods, the problem occurred that control precision was inadequate. This operation control method has: an initial motion input model generation step (S1) for generating an initial motion input model for calculating an initial motion input value at which a movable part of a construction machine is caused to begin to move; and a feedback control step (S2) that uses the initial motion input model to specify a control input value having a value

WO 2022/044601 A1

[続葉有]

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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)）

---

greater than or equal to the initial motion input value. The initial motion input model generation step has: a first initial motion input value measurement step for measuring a first initial motion measurement value at which the movable part starts to move in a first state of the movable part; a second initial motion input value measurement step for measuring a second initial motion measurement value at which the movable part starts to move in a second state of the movable part; and a model generation step for generating an initial motion input model in which the gap between the first initial motion measurement value and the second initial motion measurement value is interpolated to derive the initial motion input value in relation to an arbitrary posture of the construction machine.

(57) 要約：従来の作業制御方法では、制御精度が十分ではない問題があった。本発明の作業制御方法は、建設機械の可動部を可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成ステップ（Ｓ１）と、初動入力モデルを用いて初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御ステップ（Ｓ２）と、を有し、初動入力モデル生成ステップが、可動部の第１の状態において、可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定ステップと、可動部第２の状態において、可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定ステップと、第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して建設機械の任意の姿勢に対する初動入力値を導き出す初動入力モデルを生成するモデル生成ステップと、を有する。

明　細　書

発明の名称 ：

建設機械の作業制御方法、作業制御システム及び作業制御装置

技術分野

[0001] 本発明は建設機械の作業制御方法、作業制御システム及び作業制御装置に関し、特に建設機械の姿勢を制御する操作レバーを有する建設機械の作業制御方法、作業制御システム及び作業制御装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、建設機械の無人制御が多く提案されている。例えば、特許文献１、２には建設機械の制御に関する技術が開示されている。

[0003] 特許文献１には、建設機械の作業機制御装置に関する技術が開示されている。特許文献１に記載の建設機械の作業機制御装置は、作業機の各腕を回転駆動するそれぞれの作業機シリンダと、各腕毎に設けられた作業機操作レバーと、該レバーからの指令信号に応じて各作業機シリンダへの圧油供給流量を制御する流量制御系とを具えた建設機械において、各作業機の望ましい操作応答特性が規定された規範モデル部と、この規範モデルの操作応答特性を設定する規範モデル設定手段と、各作業機のシリンダ速度検出手段と、シリンダ速度検出手段の検出値をフィードバック信号として用い、各作業機の操作応答特性が規範モデル部の操作応答特性に一致するよう適応制御を実行し、各作業機に対する圧油供給流量の制御指令値を補正し、この補正制御指令値によって各作業機シリンダを速度制御する適応制御手段とを具える。

[0004] また、特許文献２には、産業車両の油圧回路における電磁弁制御装置に関する技術が開示されている。特許文献２に記載の産業車両の油圧回路における電磁弁制御装置は、ＣＰＵはバッテリと電磁弁との間に設けられたトランジスタに入力されるＰＷＭ信号のデューティ値（％）を決めるデューティ出力値Ｄoutのフィードバック制御を行う。キーオン後最初（１回目）にティルトレバーが操作（ティルト操作）されてから所定時間（300ms）を経過した時

点のデューティ出力値Doutと、そのときの目標電流値Iaimとを、それぞれ学習値Drec，Irecとして記憶する。キーオン後２回目以降のティルト操作からは前回のティルト操作で学習した学習値Drec，Irecを用いて、そのときの目標電流値Iaimに応じて計算したDout＝Iaim・Drec／Irecをデューティ出力値の初期値とする。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平０９－３２８７８５号公報

特許文献2：特開平１１－１７１４９８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 建設機械では、操作レバーの操作開始点とシリンダーの動作開始点との間にズレが生じる遊びが設けられている。しかしながら、特許文献１、２に記載の技術では、操作レバーの遊びの大きさが考慮されておらず、建設機械の無人制御の精度が十分ではない問題があった。

課題を解決するための手段

[0007] 一実施の形態にかかる建設機械の作業制御方法の一態様は、建設機械の可動部を可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成ステップと、前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御ステップと、を有し、前記初動入力モデル生成ステップが、前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定ステップと、前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定ステップと、前記第１の初動計測値と、前記第２の初動計測値の間を

補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成ステップと、を有する。

[0008] 一実施の形態にかかる建設機械の作業制御システムの一態様は、建設機械の可動部が可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成部と、前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御部と、を有し、前記初動入力モデル生成部が、前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定処理と、前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定処理と、前記第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成処理と、を行う。

[0009] 一実施の形態にかかる建設機械の作業制御装置の一態様は、建設機械の可動部が可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成部と、前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御部と、を有し、前記初動入力モデル生成部が、前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定処理と、前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定処理と、前記第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成処理と、を行う。

発明の効果

[0010] 実施の形態にかかる建設機械の作業制御方法、作業方法システム及び作業制御装置によれば、操作レバーの遊びの大きさが変化しても高い精度で建設機械の姿勢制御を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態１にかかる作業制御システムの概略図である。

[図2]実施の形態１にかかる作業制御システムの概略的なブロック図である。

[図3]実施の形態１にかかる作業制御システムの詳細なブロック図である。

[図4]実施の形態１にかかる作業制御システムの動作を説明するフローチャートである。

[図5]実施の形態１にかかる初動入力モデル生成部の動作を説明するフローチャートである。

[図6]実施の形態１にかかるフィードバック制御部の動作を説明するフローチャートである。

[図7]実施の形態２にかかる作業制御システムのブロック図である。

[図8]実施の形態２にかかるフィードバック制御部の動作を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 実施の形態１

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。以下で説明する建設機械の作業制御方法、作業制御システム、及び、作業制御装置は、シリンダーを用いて機械の関節を駆動する建設機械を制御する。そこで、以下の説明では、建設機械としてバックホウを例とする。また、以下の説明では、作業制御処理を行う処理ブロックがネットワークを通じて複数の箇所に分散して配置される作業制御システムについて説明するが、作業制御システムに含まれる処理ブロックを１つの装置とする作業制御装置としてもよい。また、作業制御システムにおいて行われる制御内容をもって作業制御方法と称す。これらの具体例については、後述する記載の中で詳細に説明する。

[0013] 図１に実施の形態１にかかる作業制御システム１の概略図を示す。図１に示す建設機械１０は、バックホウである。建設機械１０は、クローラー１１、旋回台１２、コックピット１３、ブーム１４、アーム１５、バケット１６を有する。クローラー１１は、建設機械１０を移動させるための無限軌道である。旋回台１２は、コックピット１３及びブーム１４等が搭載されるシャシーを旋回させる。コックピット１３は、建設機械１０の姿勢を操作する操作レバー等が配置される操作室である。また、図示を簡略化したが、作業制御システム１では、コックピット１３内に操作レバーを操作するアクチュエータ１７が配置される。また、ブーム１４、アーム１５、及び、バケット１６は、それぞれが可動部に相当し、油圧シリンダーによって稼動する。この油圧シリンダーは、コックピット１３に備え付けられた操作レバーを操作することで伸縮する。なお、可動部に該当する部分は油圧シリンダー以外にも例えばモーターで駆動される部位も含まれるが、以下の説明では、可動部の例として油圧シリンダーを説明する。

[0014] また、実施の形態１にかかる作業制御システム１では、建設機械１０の可動部に姿勢角を検出する姿勢センサ１８１～１８４を取り付ける。図１に示す例では、姿勢センサ１８１が旋回台１２の回転角を検出し、姿勢センサ１８２がブーム１４の現在角度を検出し、姿勢センサ１８３がブーム１４とアーム１５の相対角度を検出し、姿勢センサ１８４がアーム１５とバケット１６の相対角度を検出する。

[0015] そして、実施の形態１にかかる作業制御システム１では、建設機械１０に対応して姿勢制御装置２０及び作業制御装置３０を設ける。姿勢制御装置２０は、アクチュエータ１７を動作させるための命令を与える。また、姿勢制御装置２０は、姿勢センサ１８１～１８４から取得した角度の情報に基づき姿勢検出値を生成する。作業制御装置３０は、建設機械１０の姿勢を決定する制御入力値を姿勢制御装置２０から得た情報に基づき生成する。

[0016] 実施の形態１にかかる作業制御システム１では、アクチュエータ１７を介して与える建設機械１０の操作レバーの変位量に応じて建設機械１０のブー

ム１４等の可動部が稼動を開始する入力値を初動入力値と称す。そして、この初動入力値を制御の基準として建設機械１０の制御を実施する。また、この初動入力値は、シリンダーの特性上、シリンダーの伸縮量によって変化する。そこで、実施の形態１にかかる作業制御システム１では、異なるシリンダーの伸縮状態から初動入力モデルを生成し、当該初動入力モデルを用いて建設機械１０の制御開始時の姿勢ごとに初動入力値を更新する。そして、実施の形態１にかかる作業制御システム１では、更新した初動入力値を建設機械１０に与える入力値の最小値として保証するように建設機械制御部へのフィードバック制御入力値を算出する。以下では、実施の形態１にかかる作業制御システム１について以下で詳細に説明する。

[0017] まず、実施の形態１にかかる作業制御システム１の処理ブロックの構成について説明する。そこで、図２に実施の形態１にかかる作業制御システムの概略的なブロック図を示す。なお、図２では、建設機械１０は作業制御システム１の制御対象のものとして示した。図２に示す例では、姿勢制御装置２０に建設機械制御部２１、姿勢検出部２２が設けられる。作業制御装置３０に初動入力モデル生成部３１、フィードバック制御部３２が設けられる。そして、姿勢制御装置２０と作業制御装置３０とを用いて建設機械１０を操作する。

図２に示す例は一例であり、例えば姿勢制御装置２０と作業制御装置３０を１つの装置とし、建設機械１０と姿勢制御装置２０とを通信により接続することもできる。また、姿勢制御装置２０を建設機械１０と一体にとなるように設け、姿勢制御装置２０と作業制御装置３０とが通信により接続される形態とすることもできる。例えば、作業制御装置３０をクラウドストレージに配置し、姿勢制御装置２０と通信による接続することもできる。また、建設機械１０は作業制御装置３０による制御対象であり、姿勢制御装置２０は、作業制御装置３０が建設機械１０を具体的に動作させるためのインタフェースとも捉えられ、その場合、作業制御装置３０が作業制御システム１の主要部分と考えることが出来る。

[0018] 作業制御装置３０は、初動入力モデル生成部３１及びフィードバック制御部３２を有する。初動入力モデル生成部３１は、建設機械１０の可動部（例えば、旋回台１２、ブーム１４、アーム１５、バケット１６）が可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する。フィードバック制御部３２は、初動入力モデルを用いて、建設機械１０の姿勢に対応する初動入力値を算出し、初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定する。ここで、初動入力モデル生成部３１は、第１の初動入力測定処理と、第２の初動入力測定処理と、モデル生成処理とを行う。第１の初動入力測定処理では、可動部の可動範囲中の第１の位置に可動部を制御した第１の状態において、可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する。第２の初動入力測定処理では、可動部の可動範囲中の第１の位置とは異なる第２の位置に可動部を制御した第２の状態において、可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する。モデル生成処理では、第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して建設機械１０の任意の姿勢に対する初動入力値を導き出す初動入力モデルを生成する。

[0019] 続いて、実施の形態１にかかる作業制御システム１のより詳細な構成について説明する。そこで、図３に実施の形態１にかかる作業制御システム１のブロック図を示す。なお、図３では、作業制御システム１の制御対象である建設機械１０も説明のために示した。図３に示すように、実施の形態１にかかる作業制御システム１は、姿勢制御装置２０、作業制御装置３０を有する。そして、姿勢制御装置２０には、建設機械制御部２１、姿勢検出部２２が設けられる。また、作業制御装置３０には、初動入力モデル生成部３１、フィードバック制御部３２が設けられる。

[0020] 建設機械制御部２１は、フィードバック制御部３２が算出するフォードバック制御入力値に基づきアクチュエータを動作させることで、建設機械１０内の操作レバーを変位させる。また、建設機械制御部２１は、初動入力モデル生成部３１が初動入力モデルを生成する際には、初動入力モデル生成部３１から制御入力値が与えられ、当該制御入力値に基づき建設機械１０の操作

レバーを変位させるものとする。

[0021] 姿勢検出部２２は、建設機械１０のアーム等の可動部に設けられたセンサ１８１～１８４から各可動部の関節角を取得して建設機械１０の姿勢を表す姿勢検出値として出力する。初動入力モデル生成部３１は、建設機械１０の可動部を可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する。また、フィードバック制御部３２は、初動入力モデルを用いて現在姿勢に対応する初動入力値を算出し、初動入力値を最小値として保証するフィードバック制御入力値を算出する。

[0022] ここで、初動入力モデル生成部３１及びフィードバック制御部３２について詳細に説明する。初動入力モデル生成部３１は、初動入力測定部３１１、モデル生成部３１２を有する。初動入力測定部３１１は、初動入力モデルを生成する際に、建設機械１０の可動部を変位させるために建設機械制御部２１に与える入力値を出力し、姿勢検出部２２が出力する姿勢検出値に基づく可動部の可動開始状態の検出を行うことで、姿勢毎の初動入力値の測定を行う。より具体的には、初動入力測定部３１１は、第１の初動入力値測定ステップと、第２の初動入力値測定ステップとを実施する。

[0023] 第１の初動入力測定ステップでは、可動部の可動範囲中の第１の位置に可動部を制御した第１の状態において、可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する。第２の初動入力測定ステップでは、可動部の可動範囲中の第１の位置とは異なる第２の位置に可動部を制御した第２の状態において、可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する。この第１の初動入力測定ステップと第２の初動入力測定ステップのより具体的な動作の一例は以下のようになる。

第１の初動入力値測定ステップでは、可動部を駆動するシリンダーが伸張した第１の状態において段階的に変化する入力値を建設機械制御部２１に印加して、可動部が動き始めた時点の入力値を第１の初動計測値として計測する。さらに、実施の形態１では、この第１の初動入力値測定ステップにおいて、第１の状態となったシリンダーに対してシリンダーが伸びる正の方向と

シリンダーが縮む負の方向とにそれぞれ動くように入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて第１の初動計測値を測定する。

[0024] 第２の初動入力値測定ステップでは、可動部を駆動するシリンダーが短縮した第２の状態において段階的に変化する入力値を建設機械制御部２１に印加して、可動部が動き始めた時点の入力値を第２の初動計測値として計測する。さらに、実施の形態１では、この第２の初動入力値測定ステップにおいて、第２の状態となったシリンダーに対してシリンダーが伸びる正の方向とシリンダーが縮む負の方向とにそれぞれ動くように入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて第２の初動計測値を測定する。

[0025] モデル生成部３１２は、第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して建設機械１０の任意の姿勢に対する初動入力値を導き出す初動入力モデルを生成するモデル生成ステップを実施する。

[0026] フィードバック制御部３２は、初動入力更新部３２１、誤差更新部３２２、制御入力算出部３２３を有する。初動入力更新部３２１は、建設機械１０の可動部の位置情報（例えば、姿勢検出値）に基づき建設機械１０の姿勢を取得し、姿勢に対応する初動入力値を初動入力モデルを用いて算出された値で更新する初動入力更新ステップを実施する。誤差更新部３２２は、現在姿勢と建設機械１０の目標姿勢との誤差を更新する誤差更新ステップを実施する。制御入力算出部３２３は、誤差と、初動入力値とを入力として、誤差を小さくするフィードバック制御入力値を算出して建設機械１０に与える制御入力算出ステップを実施する。

[0027] 続いて、実施の形態１にかかる作業制御システム１の動作について説明する。そこで、図４に実施の形態１にかかる作業制御システムの動作を説明するフローチャートを示す。図４に示すように、実施の形態１にかかる作業制御システム１は、運用を開始する前に、初動入力モデル生成処理を行う（ステップＳ１）。このステップＳ１では、建設機械制御部２１、姿勢検出部２２及び初動入力モデル生成部３１を用いた初動入力モデルの生成処理を行う。また、ステップＳ１の初動入力モデル生成処理では、第１の初動入力測定

処理、第２の初動入力測定処理及びモデル生成処理を行う。そして、実施の形態１にかかる作業制御システム１では、ステップＳ１で生成した初動入力モデルを用いて建設機械１０の運用を実施するフィードバック制御処理を運用終了まで継続する（ステップＳ２、Ｓ３）。つまり、実施の形態１にかかる作業制御システム１では、建設機械１０が作業を行う稼動期間以外の期間に初動入力モデルを生成する。このように建設機械１０の稼動期間以外の期間に初動入力モデルを生成することで、建設機械１０を稼働中に初動入力モデルが変化せず、建設機械１０を安定稼働させることができる。

[0028] ここで、ステップＳ１の初動入力モデル生成処理とステップＳ２のフィードバック制御処理について詳細に説明する。図５に実施の形態１にかかる初動入力モデル生成部の動作を説明するフローチャートに示す。

[0029] 初動入力モデル生成部３１は、まず、初動入力測定部３１１が初動入力値を未測定の駆動部位を選択する（ステップＳ１１）。次いで、初動入力測定部３１１は、第１の初動入力測定ステップとして、ステップＳ１２、Ｓ１３の処理を行う。初動入力測定部３１１は、選択した駆動部位について、第１の初動入力値測定ステップの負方向の初動入力値の計測を行う（ステップＳ１２）。より具体的には、ステップＳ１２では、初動入力測定部３１１は、姿勢検出部より検出された最大姿勢（例えば、第１の状態）における負方向の初動入力値を計測する。ここで、ステップＳ１２で計測した初動入力値を（１）式で示す。なお、以下の説明において、θ_{upper}は、第１の状態となったときの駆動部位から建設機械制御部２１が検出した姿勢角である。

[数1]

$$\text{最大姿勢において負方向に可動部を変化させる際の初動入力値} = U_{min}^{-}(\theta_{upper}) \quad \cdots \quad (1)$$

[0030] 続いて、初動入力測定部３１１は、選択した駆動部位について、第１の初動入力値測定ステップの正方向の初動入力値の計測を行う（ステップＳ１３）。より具体的には、ステップＳ１３では、初動入力測定部３１１は、姿勢検出部より検出された最大姿勢（例えば、第１の状態）における正方向の初動入力値を計測する。ここで、ステップＳ１３で計測した初動入力値を（２

）式で示す。

[数2]

$$\text{最大姿勢において正方向に可動部を変化させる際の初動入力値} = U^{+}_{min}(\theta_{upper}) \quad \cdots \quad (2)$$

[0031] 続いて、初動入力測定部３１１は、第２の初動入力測定ステップとして、ステップＳ１４、Ｓ１５の処理を行う。初動入力測定部３１１は、選択した駆動部位について、第２の初動入力値測定ステップの負方向の初動入力値の計測を行う（ステップＳ１４）。より具体的には、ステップＳ１４では、初動入力測定部３１１は、姿勢検出部より検出された最小姿勢（例えば、第２の状態）における負方向の初動入力値を計測する。ここで、ステップＳ１４で計測した初動入力値を（３）式で示す。なお、以下の説明において、θ_{lower}は、第２の状態となったときの駆動部位から建設機械制御部２１が検出した姿勢角である。

[数3]

$$\text{最小姿勢において負方向に可動部を変化させる際の初動入力値} = U^{-}_{min}(\theta_{lower}) \quad \cdots \quad (3)$$

[0032] 続いて、初動入力測定部３１１は、選択した駆動部位について、第２の初動入力値測定ステップの正方向の初動入力値の計測を行う（ステップＳ１５）。より具体的には、ステップＳ１５では、初動入力測定部３１１は、姿勢検出部より検出された最小姿勢（例えば、第２の状態）における正方向の初動入力値を計測する。ここで、ステップＳ１５で計測した初動入力値を（４）式で示す。

[数4]

$$\text{最小姿勢において正方向に可動部を変化させる際の初動入力値} = U^{+}_{min}(\theta_{lower}) \quad \cdots \quad (4)$$

[0033] 続いて、初動入力モデル生成部３１では、初動入力測定部３１１が取得した４つの初動入力値を用いてモデル生成部３１２により初動入力モデルを算出する（ステップＳ１６）。このステップＳ１６で生成される初動入力モデルは、例えば、シリンダーが伸びる正方向とシリンダーが縮む負方向との２つある。そこで、実施の形態１にかかる初動入力モデル生成部３１において生成される初動入力モデルを（５）式及び（７）式に示す。なお、（５）式

は、正方向にシリンダーを変位させる場合の初動入力モデルＵｍｉｎ＿ｐ（θ）を示し、（７）式は、負方向にシリンダーを変位させる場合の初動入力モデルＵｍｉｎ＿ｍ（θ）を示す。なお、θは姿勢検出部２２において検出される駆動部位の姿勢角を示す。

[数5]

$$U_{min_p}(\theta) = \alpha^{+} \cdot (\theta - \theta_{lower}) + U^{+}_{min}(\theta_{lower}) \quad \cdots \quad (5)$$

なお、（５）式のα⁺は（６）式で表される。

[数6]

$$\alpha^{+} = \frac{U^{+}_{min}(\theta_{upper}) - U^{+}_{min}(\theta_{lower})}{\theta_{upper} - \theta_{lower}} \quad \cdots \quad (6)$$

[数7]

$$U_{min_m}(\theta) = \alpha^{+} \cdot (\theta - \theta_{lower}) + U^{+}_{min}(\theta_{lower}) \quad \cdots \quad (7)$$

なお、（７）式のα⁻は（８）式で表される。

[数8]

$$\alpha^{+} = \frac{U^{+}_{min}(\theta_{upper}) - U^{+}_{min}(\theta_{lower})}{\theta_{upper} - \theta_{lower}} \quad \cdots \quad (8)$$

[0034] 初動入力モデル生成部３１は、建設機械１０の全ての駆動部位についてステップＳ１１～Ｓ１６の処理を繰り返す。そして、初動入力モデル生成部３１は、建設機械１０の全ての駆動部位についての初動入力モデルを生成したことに応じて初動入力モデル生成処理を終了する。なお、初動入力モデル生成部３１のモデル生成部３１２は、生成した初動入力モデルにより初動入力更新部３２１に保持されている初動入力モデルを更新する。

[0035] 続いて、フィードバック制御部３２により実施するフィードバック制御処理について説明する。図６に実施の形態１にかかるフィードバック制御部３２の動作を説明するフローチャートを示す。

[0036] 図６に示すように、フィードバック制御部３２は、まず、初動入力更新部３２１を用いて姿勢検出部２２から建設機械１０の制御対象部位の姿勢検出値を取得し、建設機械１０の現在姿勢θを把握する（ステップＳ２１）。次

いで、初動入力更新部３２１は、保持している初動入力モデルを用いて現在姿勢θに帯する初動入力値を更新する（ステップＳ２２）。

[0037] 次いで、誤差更新部３２２が現在姿勢θと目標姿勢の誤差を更新する（ステップＳ２３）。その後、制御入力算出部３２３が、現在姿勢θに対するフィードバック制御入力値を算出すし（ステップＳ２４）、算出したフィードバック制御入力値を建設機械制御部２１に与える（ステップＳ２５）。なお、フィードバック制御部３２は、ステップＳ２３～Ｓ２５の処理を繰り返しながら建設機械１０の姿勢が目標姿勢となるまで制御する。

[0038] ここで、ステップＳ２４のフィードバック制御入力値の算出方法について詳細に説明する。まず、フィードバック制御入力値をｕとすると、フィードバック制御入力値ｕは、（９）式で表される。なお、以下の式において、θは現在姿勢、θｒは目標姿勢、Ｕｍａｘは入力最大値、Ｕｍｉｎ（θ）は初動入力値（ただし、姿勢方向は省略した）、Ｅｍａｘは目標姿勢と現在姿勢の誤差に対する減速開始位置、Ｅｍｉｎは目標姿勢に対する収束判定閾値である。

[数9]

$$u = K_p \cdot e + U_{min}(\theta) \quad \cdots \quad (9)$$

なお、Ｋｐは（１０）式で表される。

[数10]

$$K_p = \frac{U_{max} - U_{min}(\theta)}{E_{max} - E_{min}} \quad \cdots \quad (10)$$

また、ｅは（１１）式で表される。

[数11]

$$e = |\theta_r - \theta| \quad \cdots \quad (11)$$

[0039] 上記（９）式によれば、フィードバック制御入力値は、最小値を初動入力値Ｕｍｉｎ（θ）とする値であることがわかる。つまり、制御入力算出部３２３は、制御開始時の建設機械１０の姿勢毎に算出された初動入力値を最小値として補償したフィードバック制御入力値を算出することがわかる。

[0040] 上記説明より、実施の形態１にかかる作業制御システム１では、建設機械１０の駆動部位について、異なる変位量となる第１の状態と第２の状態とし、第１の状態と第２の状態のそれぞれについて初動入力値を測定する。そして、作業制御システム１は、測定した初動入力値を用いて任意の姿勢に対して適切な初動入力値を算出可能な初動入力モデルを生成する。作業制御システム１は、初動入力モデル生成部３１が生成した初動入力モデルを用いて現在姿勢に最適な初動入力値を算出し、この初動入力値を最低値として補償するフィードバック制御入力値を初動入力モデル生成部３１が算出する。

[0041] これにより、実施の形態１にかかる作業制御システム１は、操作レバーの遊び量が建設機械１０の姿勢毎に異なるものであっても、高い精度で建設機械１０を制御可能なフィードバック制御入力値により建設機械１０を制御することができる。

[0042] 実施の形態２

実施の形態２では、実施の形態１にかかる作業制御システム１の別の形態となる作業制御システム２について説明する。なお、実施の形態２の説明において、実施の形態１と同じ構成要素については、実施の形態１と同じ符号を付して説明を省略する。

[0043] 図７に実施の形態２にかかる作業制御システム２のブロック図を示す。図７に示すように、実施の形態２にかかる作業制御システム２は、実施の形態１にかかる作業制御システム１に作業指示部４１を追加したものである。また、実施の形態２にかかる作業制御システム２は、実施の形態１にかかる作業制御システム１のフィードバック制御部３２をフィードバック制御部４２に置き換えたものである。フィードバック制御部４２は、誤差更新部３２２を誤差更新部４２２に置き換えたものである。誤差更新部４２２は、誤差更新部３２２にパラメータ更新部４２２ａを追加したものである。

[0044] 作業指示部４１は、建設機械１０を用いて行う作業の内容に関する情報をフィードバック制御部４２に与える。フィードバック制御部４２の誤差更新部４２２は、作業指示部４１から与えられた指示に基づき建設機械１０に行

わせる作業を指示する作業指示が更新されたことを認識した場合には、パラメータ更新部４２２ａにより建設機械１０の目標姿勢を含む制御パラメータを更新するパラメータ更新ステップを行う。なお、制御パラメータには、（１０）式に含まれる最大入力量Ｕｍａｘ及び減速開始閾値Ｅｍａｘが含まれるものとする。

[0045] 続いて、実施の形態２にかかるフィードバック制御部４２を用いたフィードバック制御処理について詳細に説明する。そこで、図８に実施の形態２にかかるフィードバック制御部４２の動作を説明するフローチャートを示す。なお、図８に示したフローチャートの説明では、図６で示した実施の形態１にかかる作業制御システム１のフローチャートと異なるステップＳ３１、Ｓ３２について説明する。

[0046] 図８に示すように、実施の形態２にかかるフィードバック制御部４２の動作では、実施の形態１にかかるフィードバック制御部３２の動作に対してステップＳ３１、Ｓ３２の動作が追加される。ステップＳ３１、Ｓ３２の処理は、ステップＳ２２とステップＳ２３の間で行われる。ステップＳ３１では、作業指示部４１が作業内容を更新したか否かを判断する。そして、ステップＳ３１において、作業内容が更新されたと判断した場合、誤差更新部４２２は、パラメータ更新部４２２ａを用いて現在の作業内容に応じた目標姿勢、入力最大量及び減速開始閾値を含む制御パラメータを更新する。そして、実施の形態２にかかる作業制御システム２では、ステップＳ３２において更新された目標姿勢、入力最大量及び減速開始閾値に基づき現在姿勢との誤差の算出（ステップＳ２４）及びフィードバック制御入力値の算出（ステップＳＳ２５）を行う。

[0047] 上記説明より、実施の形態２にかかる作業制御システム２によれば、作業指示部４１により作業内容を更新することを誤差更新部４２２に指示することで、建設機械１０に様々な作業を行わせながら、実施の形態１にかかる作業制御システム１と同様の高精度の制御を行うことができる。例えば、掘削作業では、バケット１６が土砂を持ち上げるためにバケット１６を閉じるた

めの力がバケット１６が空の状態よりも必要になる。そのため、掘削作業においては、バケット１６に与えるトルクが高くなるような制御パラメータを採用する。また、別の例としては、土砂をトラックに降ろす際には、トラックとバケット１６の衝突を回避するために高い位置精度で制御を行う必要がある。そのため、トラックへの土砂積載作業においては位置精度を高める制御パラメータを採用する。

[0048] なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。

[0049] 上述の実施の形態では、本発明をハードウェアの構成として説明したが、本発明は、これに限定されるものではない。本発明は、任意の処理（例えば、図４～６、８で説明した処理）を、ＣＰＵ（Central Processing Unit）にコンピュータプログラムを実行させることにより実現することも可能である。 また、上述したプログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（ｎｏｎ－ｔｒａｎｓｉｔｏｒｙ ｃｏｍｐｕｔｅｒ ｒｅａｄａｂｌｅ ｍｅｄｉｕｍ）を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（ｔａｎｇｉｂｌｅ ｓｔｏｒａｇｅ ｍｅｄｉｕｍ）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体（例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ）、光磁気記録媒体（例えば光磁気ディスク）、ＣＤ－ＲＯＭ（Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）、ＣＤ－Ｒ、ＣＤ－Ｒ／Ｗ、半導体メモリ（例えば、マスクＲＯＭ、ＰＲＯＭ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ ＲＯＭ）、ＥＰＲＯＭ（Ｅｒａｓａｂｌｅ ＰＲＯＭ）、フラッシュＲＯＭ、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ））を含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体（ｔｒａｎｓｉｔｏｒｙ ｃｏｍｐｕｔｅｒ ｒｅａｄａｂｌｅ ｍｅｄｉｕｍ）によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は

無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

[0050] この出願は、２０２０年８月２８日に出願された日本出願特願２０２０－１４４０４９を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

[0051] また、上記実施の形態は以下の観点を含む。

（付記１）

建設機械の可動部を可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成ステップと、

前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御ステップと、を有し、

前記初動入力モデル生成ステップが、

前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定ステップと、

前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定ステップと、

前記第１の初動計測値と、前記第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成ステップと、

を有する作業制御方法。

（付記２）

前記第１の初動入力値測定ステップでは、前記第１の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前記第１の初動計測値を測定し、

前記第２の初動入力値測定ステップでは、前記第２の状態となった前記可

動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前記第２の初動計測値を測定し、

前記モデル生成ステップでは、正方向の前記第１の初動計測値と、負方向の前記第１の初動計測値と、正方向の前記第２の初動計測値と、負方向の前記第２の初動計測値と、を用いて前記初動入力モデルを生成する制御入力算出ステップと、を有する付記１に記載の作業制御方法。

（付記３）

前記フィードバック制御ステップは、

前記建設機械の前記可動部の位置情報に基づき前記建設機械の現在姿勢を取得し、前記現在姿勢に対応する前記初動入力値を前記初動入力モデルを用いて算出された値で更新する初動入力更新ステップと、

前記現在姿勢と前記建設機械の目標姿勢との誤差を更新する誤差更新ステップと、

前記誤差と、前記初動入力値とを入力として、前記誤差を小さくする前記制御入力値を算出して前記建設機械に与える制御入力算出ステップと、を有する付記１又は２に記載の作業制御方法。

（付記４）

前記誤差更新ステップでは、前記建設機械に行わせる作業を指示する作業指示が更新された場合、前記建設機械の前記目標姿勢を含む制御パラメータを更新するパラメータ更新ステップを行う付記３に記載の作業制御方法。

（付記５）

前記初動入力モデル生成ステップは、前記建設機械が作業を行う稼動期間以外の期間に前記初動入力モデルを生成する付記１乃至４のいずれか１項に記載の作業制御方法。

（付記６）

前記建設機械は、自機の姿勢を操作する操作レバーと、前記操作レバーに取り付けられたアクチュエータとを有し、

前記制御入力値に基づき前記アクチュエータを操作することで前記操作レバーを介した前記建設機械の制御を行う建設機械制御ステップを有する付記１乃至５のいずれか１項に記載の作業制御方法。

（付記７）

建設機械の可動部が可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成手段と、

前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御手段と、を有し、

前記初動入力モデル生成手段が、

前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定処理と、

前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定処理と、

前記第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成処理と、

を行う作業制御システム。

（付記８）

前記第１の初動入力値測定処理では、前記第１の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて第１の初動計測値を測定し、

前記第１の初動入力値測定処理では、前記第２の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前

記第２の初動計測値を測定し、

前記モデル生成処理では、正方向の前記第１の初動計測値と、負方向の前記第１の初動計測値と、正方向の前記第２の初動計測値と、負方向の前記第２の初動計測値と、を用いて前記初動入力モデルを生成する付記７に記載の作業制御システム。

（付記９）

前記フィードバック制御手段は、

前記建設機械の前記可動部の位置情報に基づき前記建設機械の現在姿勢を取得し、前記現在姿勢に対応する前記初動入力値を前記初動入力モデルを用いて算出された値で更新する初動入力更新手段と、

前記現在姿勢と前記建設機械の目標姿勢との誤差を更新する誤差更新手段と、

前記誤差と、前記初動入力値とを入力として、前記誤差を小さくする制御入力値を算出して前記建設機械に与える制御入力算出手段と、を有する付記７又は８に記載の作業制御システム。

（付記１０）

前記誤差更新手段は、前記建設機械に行わせる作業を指示する作業指示が更新された場合、前記建設機械の前記目標姿勢を含む制御パラメータを更新するパラメータ更新手段を有する付記９に記載の作業制御システム。

（付記１１）

前記初動入力モデル生成手段は、前記建設機械が作業を行う稼動期間以外の期間に前記初動入力モデルを生成する付記７乃至１０のいずれか１項に記載の作業制御システム。

（付記１２）

前記建設機械は、自機の姿勢を操作する操作レバーと、前記操作レバーに取り付けられたアクチュエータとを有し、

前記制御入力値に基づき前記アクチュエータを操作することで前記操作レバーを介した前記建設機械の制御を行う建設機械制御手段を有する付記７乃

至１１のいずれか１項に記載の作業制御システム。

（付記１３）

建設機械の可動部が可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成手段と、

前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御手段と、を有し、

前記初動入力モデル生成手段が、

前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定処理と、

前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定処理と、

前記第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成処理と、

を行う作業制御装置。

（付記１４）

前記第１の初動入力値測定処理では、前記第１の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて第１の初動計測値を測定し、

前記第１の初動入力値測定処理では、前記第２の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前記第２の初動計測値を測定し、

前記モデル生成処理では、正方向の前記第１の初動計測値と、負方向の前

記第１の初動計測値と、正方向の前記第２の初動計測値と、負方向の前記第２の初動計測値と、を用いて前記初動入力モデルを生成する付記１３に記載の作業制御装置。

（付記１５）

前記フィードバック制御手段は、

前記建設機械の前記可動部の位置情報に基づき前記建設機械の現在姿勢を取得し、前記現在姿勢に対応する前記初動入力値を前記初動入力モデルを用いて算出された値で更新する初動入力更新手段と、

前記現在姿勢と前記建設機械の目標姿勢との誤差を更新する誤差更新手段と、

前記誤差と、前記初動入力値とを入力として、前記誤差を小さくする前記制御入力値を算出して前記建設機械に与える制御入力算出手段と、を有する付記１３又は１４に記載の作業制御装置。

（付記１６）

前記誤差更新手段は、前記建設機械に行わせる作業を指示する作業指示が更新された場合、前記建設機械の前記目標姿勢を含む制御パラメータを更新するパラメータ更新手段を有する付記１５に記載の作業制御装置。

（付記１７）

前記初動入力モデル生成手段は、前記建設機械が作業を行う稼動期間以外の期間に前記初動入力モデルを生成する付記１３乃至１６のいずれか１項に記載の作業制御装置。

（付記１８）

前記建設機械は、自機の姿勢を操作する操作レバーと、前記操作レバーに取り付けられたアクチュエータとを有し、

前記制御入力値に基づき前記アクチュエータを操作することで前記操作レバーを介した前記建設機械の制御を行う建設機械制御手段を有する付記１３乃至１７のいずれか１項に記載の作業制御装置。

符号の説明

[0052] １　作業制御システム

２　作業制御システム

１０　建設機械

１１　クローラー

１２　旋回台

１３　コックピット

１４　ブーム

１５　アーム

１６　バケット

１７　アクチュエータ

１８１　姿勢センサ

１８２　姿勢センサ

１８３　姿勢センサ

１８４　姿勢センサ

２０　姿勢制御装置

２１　建設機械制御部

２２　姿勢検出部

３０　作業制御装置

３１　初動入力モデル生成部

３１１　初動入力測定部

３１２　モデル生成部

３２　フィードバック制御部

３２１　初動入力更新部

３２２　誤差更新部

３２３　制御入力算出部

４１　作業指示部

４２　フィードバック制御部

４２２　誤差更新部

４２２ａ　パラメータ更新部

請求の範囲

[請求項1] 建設機械の可動部を可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成ステップと、

前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御ステップと、を有し、

前記初動入力モデル生成ステップが、

前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定ステップと、

前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定ステップと、

前記第１の初動計測値と、前記第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成ステップと、

を有する作業制御方法。

[請求項2] 前記第１の初動入力値測定ステップでは、前記第１の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前記第１の初動計測値を測定し、

前記第２の初動入力値測定ステップでは、前記第２の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前記第２の初動計測値を測定し、

前記モデル生成ステップでは、正方向の前記第１の初動計測値と、負方向の前記第１の初動計測値と、正方向の前記第２の初動計測値と、負方向の前記第２の初動計測値と、を用いて前記初動入力モデルを

生成する制御入力算出ステップと、を有する請求項１に記載の作業制御方法。

[請求項3] 前記フィードバック制御ステップは、

前記建設機械の前記可動部の位置情報に基づき前記建設機械の現在姿勢を取得し、前記現在姿勢に対応する前記初動入力値を前記初動入力モデルを用いて算出された値で更新する初動入力更新ステップと、

前記現在姿勢と前記建設機械の目標姿勢との誤差を更新する誤差更新ステップと、

前記誤差と、前記初動入力値とを入力として、前記誤差を小さくする前記制御入力値を算出して前記建設機械に与える制御入力算出ステップと、を有する請求項１又は２に記載の作業制御方法。

[請求項4] 前記誤差更新ステップでは、前記建設機械に行わせる作業を指示する作業指示が更新された場合、前記建設機械の前記目標姿勢を含む制御パラメータを更新するパラメータ更新ステップを行う請求項３に記載の作業制御方法。

[請求項5] 前記初動入力モデル生成ステップは、前記建設機械が作業を行う稼動期間以外の期間に前記初動入力モデルを生成する請求項１乃至４のいずれか１項に記載の作業制御方法。

[請求項6] 前記建設機械は、自機の姿勢を操作する操作レバーと、前記操作レバーに取り付けられたアクチュエータとを有し、

前記制御入力値に基づき前記アクチュエータを操作することで前記操作レバーを介した前記建設機械の制御を行う建設機械制御ステップを有する請求項１乃至５のいずれか１項に記載の作業制御方法。

[請求項7] 建設機械の可動部が可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成手段と、

前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御手段と、を有し、

前記初動入力モデル生成手段が、

前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定処理と、

前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定処理と、

前記第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成処理と、

を行う作業制御システム。

[請求項8] 前記第１の初動入力値測定処理では、前記第１の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて第１の初動計測値を測定し、

前記第１の初動入力値測定処理では、前記第２の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前記第２の初動計測値を測定し、

前記モデル生成処理では、正方向の前記第１の初動計測値と、負方向の前記第１の初動計測値と、正方向の前記第２の初動計測値と、負方向の前記第２の初動計測値と、を用いて前記初動入力モデルを生成する請求項７に記載の作業制御システム。

[請求項9] 前記フィードバック制御手段は、

前記建設機械の前記可動部の位置情報に基づき前記建設機械の現在姿勢を取得し、前記現在姿勢に対応する前記初動入力値を前記初動入力モデルを用いて算出された値で更新する初動入力更新手段と、

前記現在姿勢と前記建設機械の目標姿勢との誤差を更新する誤差更

新手段と、

前記誤差と、前記初動入力値とを入力として、前記誤差を小さくする制御入力値を算出して前記建設機械に与える制御入力算出手段と、を有する請求項７又は８に記載の作業制御システム。

[請求項10] 前記誤差更新手段は、前記建設機械に行わせる作業を指示する作業指示が更新された場合、前記建設機械の前記目標姿勢を含む制御パラメータを更新するパラメータ更新手段を有する請求項９に記載の作業制御システム。

[請求項11] 前記初動入力モデル生成手段は、前記建設機械が作業を行う稼動期間以外の期間に前記初動入力モデルを生成する請求項７乃至１０のいずれか１項に記載の作業制御システム。

[請求項12] 前記建設機械は、自機の姿勢を操作する操作レバーと、前記操作レバーに取り付けられたアクチュエータとを有し、

前記制御入力値に基づき前記アクチュエータを操作することで前記操作レバーを介した前記建設機械の制御を行う建設機械制御手段を有する請求項７乃至１１のいずれか１項に記載の作業制御システム。

[請求項13] 建設機械の可動部が可動し始める初動入力値を算出する初動入力モデルを生成する初動入力モデル生成手段と、

前記初動入力モデルを用いて、前記建設機械の姿勢に対応する前記初動入力値を算出し、前記初動入力値以上の値を有する制御入力値を特定するフィードバック制御手段と、を有し、

前記初動入力モデル生成手段が、

前記可動部の可動範囲中の第１の位置に前記可動部を制御した第１の状態において、前記可動部が動き始める第１の初動計測値を計測する第１の初動入力値測定処理と、

前記可動部の可動範囲中の前記第１の位置とは異なる第２の位置に前記可動部を制御した第２の状態において、前記可動部が動き始める第２の初動計測値を計測する第２の初動入力値測定処理と、

前記第１の初動計測値と、第２の初動計測値の間を補完して前記建設機械の任意の姿勢に対する前記初動入力値を導き出す前記初動入力モデルを生成するモデル生成処理と、

を行う作業制御装置。

[請求項14] 前記第１の初動入力値測定処理では、前記第１の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて第１の初動計測値を測定し、

前記第１の初動入力値測定処理では、前記第２の状態となった前記可動部に対して前記可動部の正の方向と前記可動部の負の方向とにそれぞれ動くように前記建設機械に入力値を与えて正方向と負方向とのそれぞれについて前記第２の初動計測値を測定し、

前記モデル生成処理では、正方向の前記第１の初動計測値と、負方向の前記第１の初動計測値と、正方向の前記第２の初動計測値と、負方向の前記第２の初動計測値と、を用いて前記初動入力モデルを生成する請求項１３に記載の作業制御装置。

[請求項15] 前記フィードバック制御手段は、

前記建設機械の前記可動部の位置情報に基づき前記建設機械の現在姿勢を取得し、前記現在姿勢に対応する前記初動入力値を前記初動入力モデルを用いて算出された値で更新する初動入力更新手段と、

前記現在姿勢と前記建設機械の目標姿勢との誤差を更新する誤差更新手段と、

前記誤差と、前記初動入力値とを入力として、前記誤差を小さくする前記制御入力値を算出して前記建設機械に与える制御入力算出手段と、を有する請求項１３又は１４に記載の作業制御装置。

[請求項16] 前記誤差更新手段は、前記建設機械に行わせる作業を指示する作業指示が更新された場合、前記建設機械の前記目標姿勢を含む制御パラメータを更新するパラメータ更新手段を有する請求項１５に記載の作

業制御装置。

[請求項17] 前記初動入力モデル生成手段は、前記建設機械が作業を行う稼動期間以外の期間に前記初動入力モデルを生成する請求項１３乃至１６のいずれか１項に記載の作業制御装置。

[請求項18] 前記建設機械は、自機の姿勢を操作する操作レバーと、前記操作レバーに取り付けられたアクチュエータとを有し、

前記制御入力値に基づき前記アクチュエータを操作することで前記操作レバーを介した前記建設機械の制御を行う建設機械制御手段を有する請求項１３乃至１７のいずれか１項に記載の作業制御装置。

[図1]

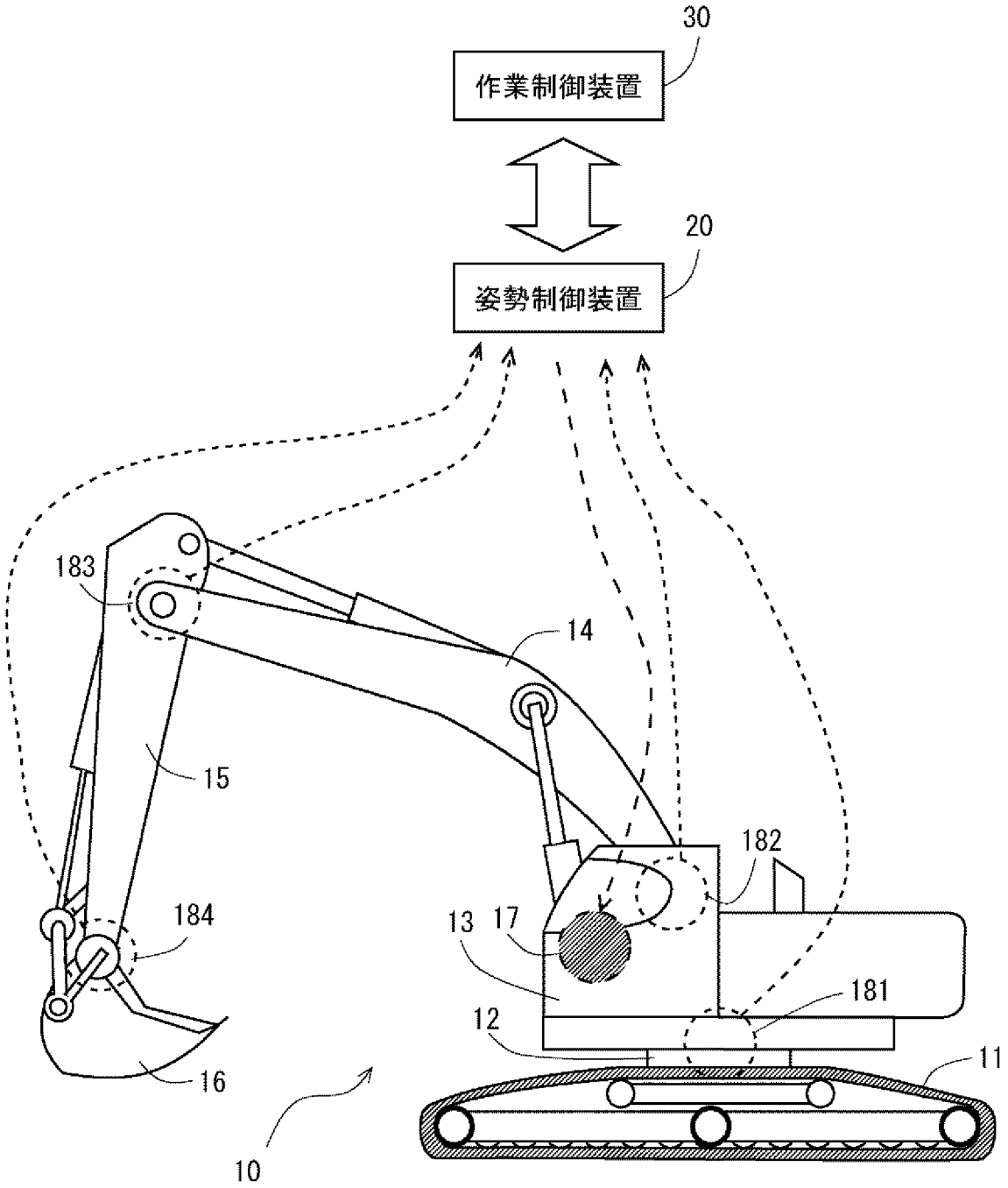


Fig. 1

[図2]

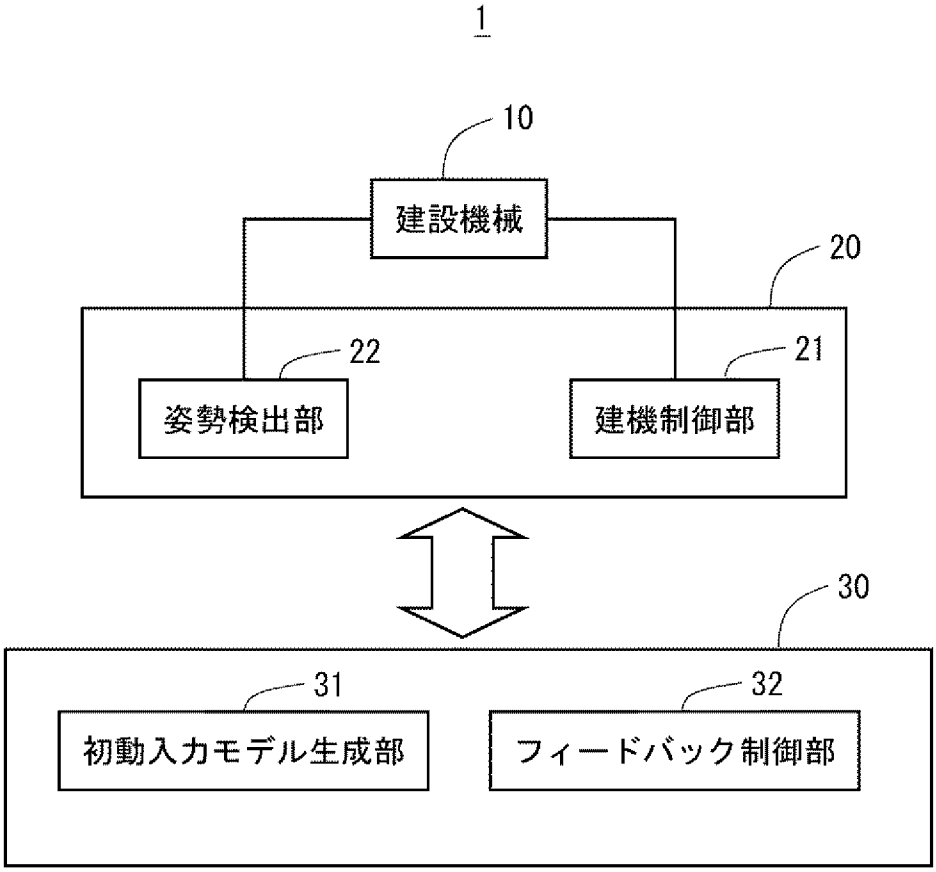


Fig. 2

[図3]

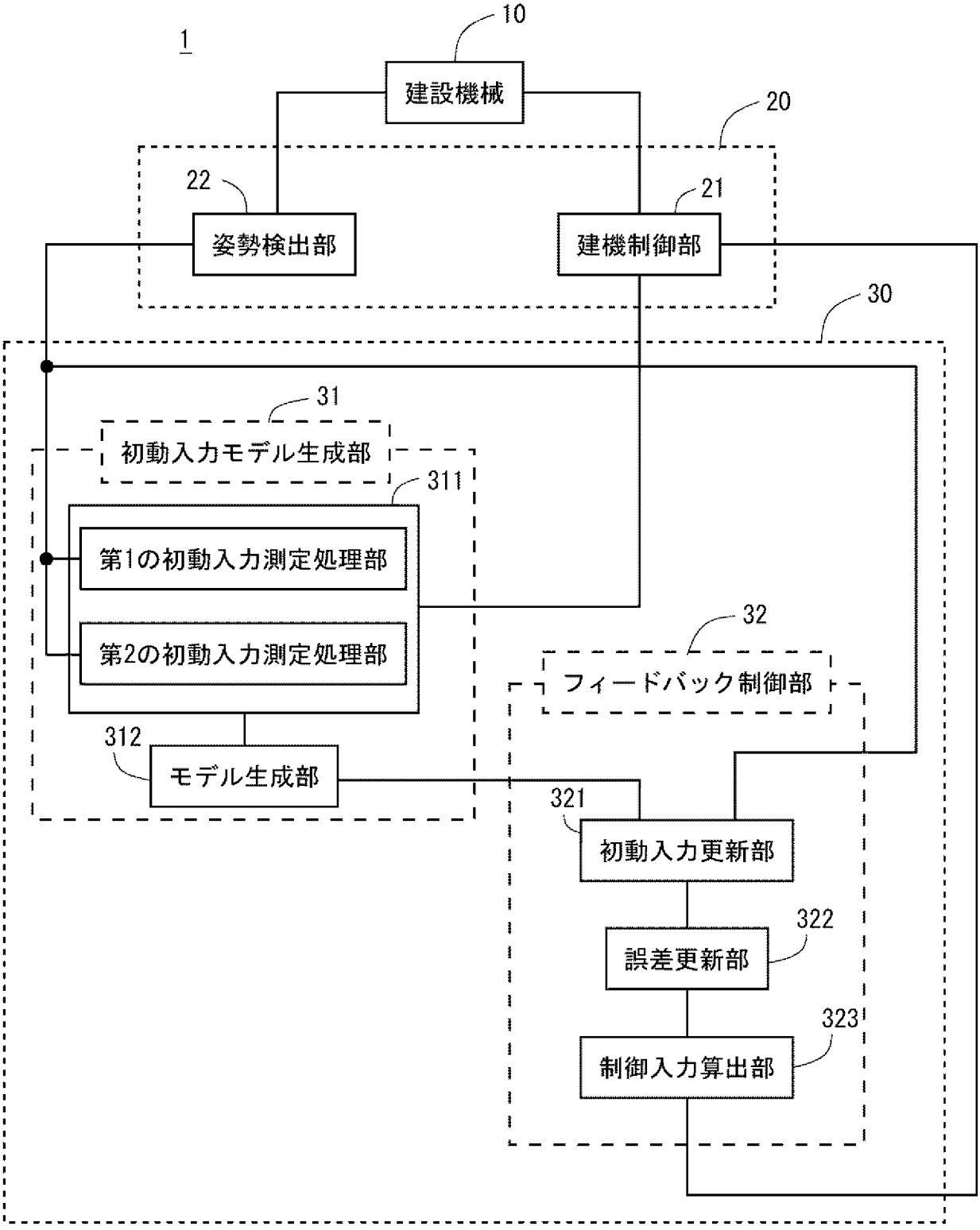

1
10
建設機械
20
22
姿勢検出部
21
建機制御部
30
31
初動入力モデル生成部
311
第1の初動入力測定処理部
第2の初動入力測定処理部
32
フィードバック制御部
312
モデル生成部
321
初動入力更新部
322
誤差更新部
323
制御入力算出部

Fig. 3

[図4]

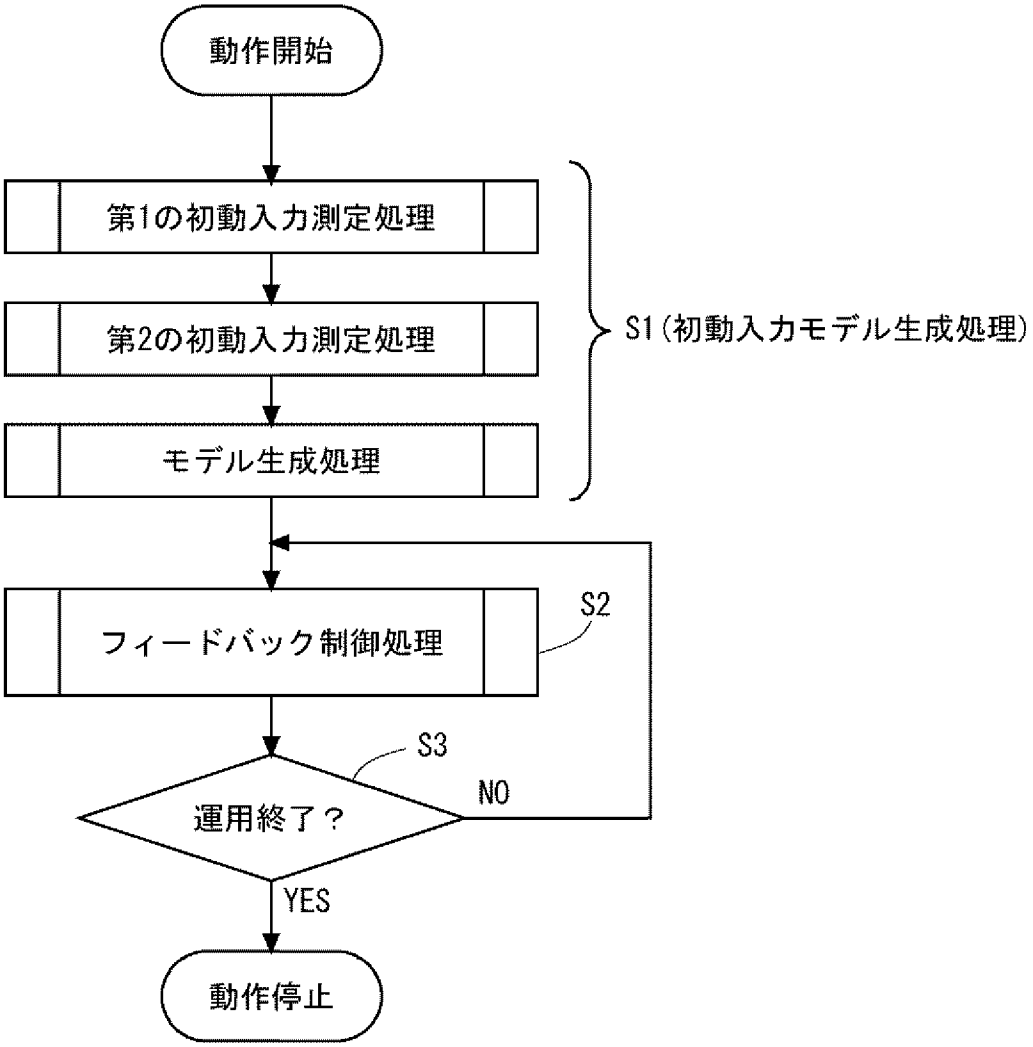

動作開始
第1の初動入力測定処理
第2の初動入力測定処理
モデル生成処理
S1（初動入力モデル生成処理）
フィードバック制御処理
S2
S3
運用終了？
NO
YES
動作停止

Fig. 4

[図5]

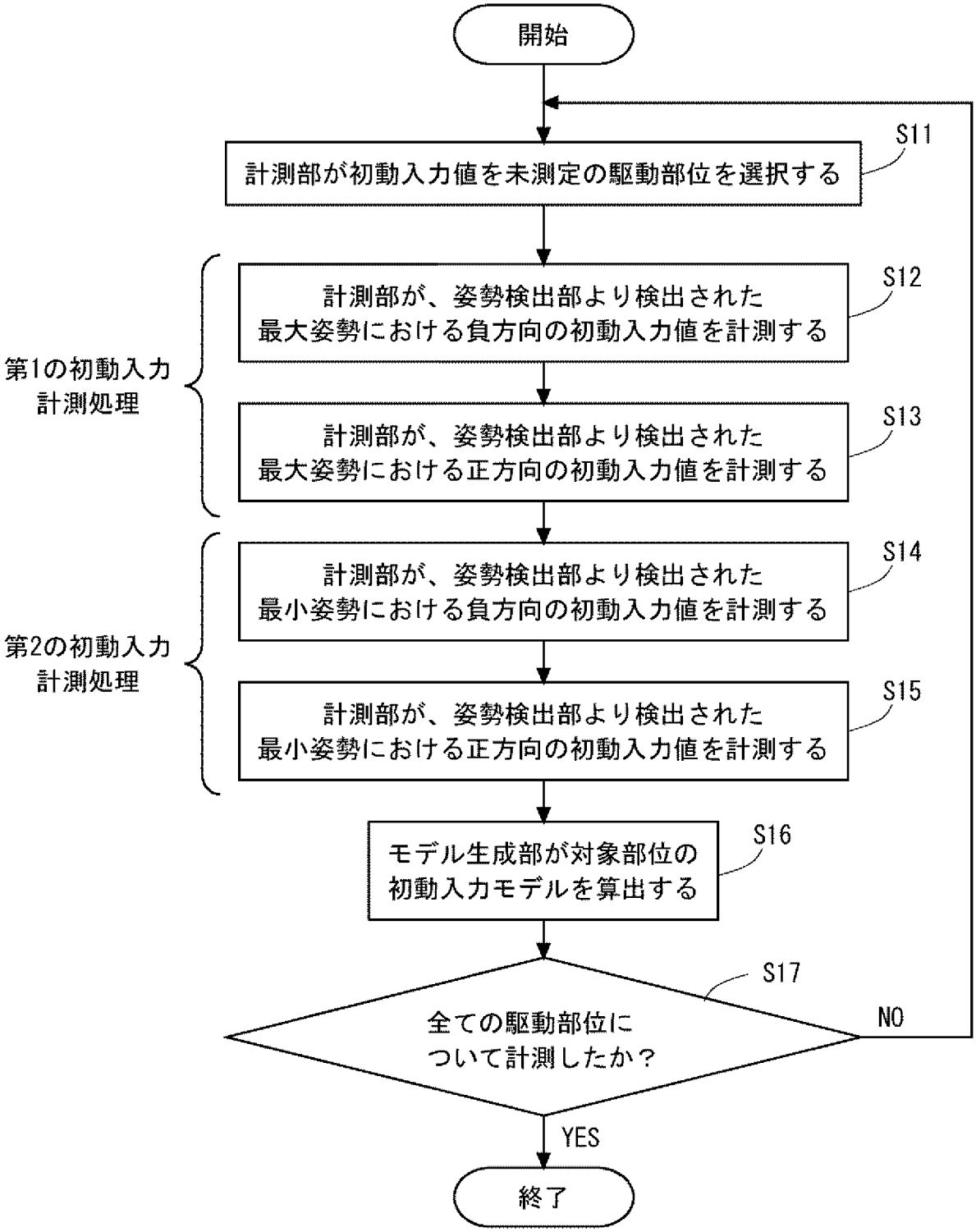

開始
S11
計測部が初動入力値を未測定の駆動部位を選択する
第1の初動入力計測処理
S12
計測部が、姿勢検出部より検出された最大姿勢における負方向の初動入力値を計測する
S13
計測部が、姿勢検出部より検出された最大姿勢における正方向の初動入力値を計測する
第2の初動入力計測処理
S14
計測部が、姿勢検出部より検出された最小姿勢における負方向の初動入力値を計測する
S15
計測部が、姿勢検出部より検出された最小姿勢における正方向の初動入力値を計測する
S16
モデル生成部が対象部位の初動入力モデルを算出する
S17
全ての駆動部位について計測したか？
NO
YES
終了

Fig. 5

[図6]

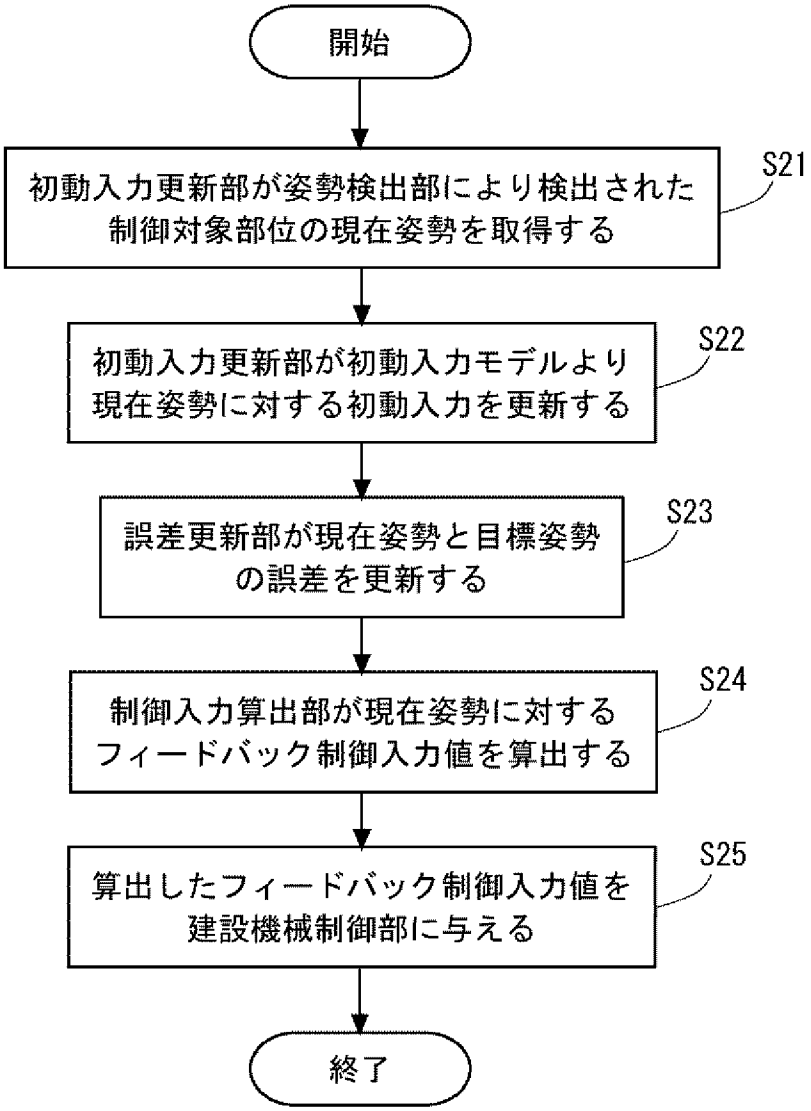

開始
初動入力更新部が姿勢検出部により検出された制御対象部位の現在姿勢を取得する
S21
初動入力更新部が初動入力モデルより現在姿勢に対する初動入力を更新する
S22
誤差更新部が現在姿勢と目標姿勢の誤差を更新する
S23
制御入力算出部が現在姿勢に対するフィードバック制御入力値を算出する
S24
算出したフィードバック制御入力値を建設機械制御部に与える
S25
終了

Fig. 6

[図7]

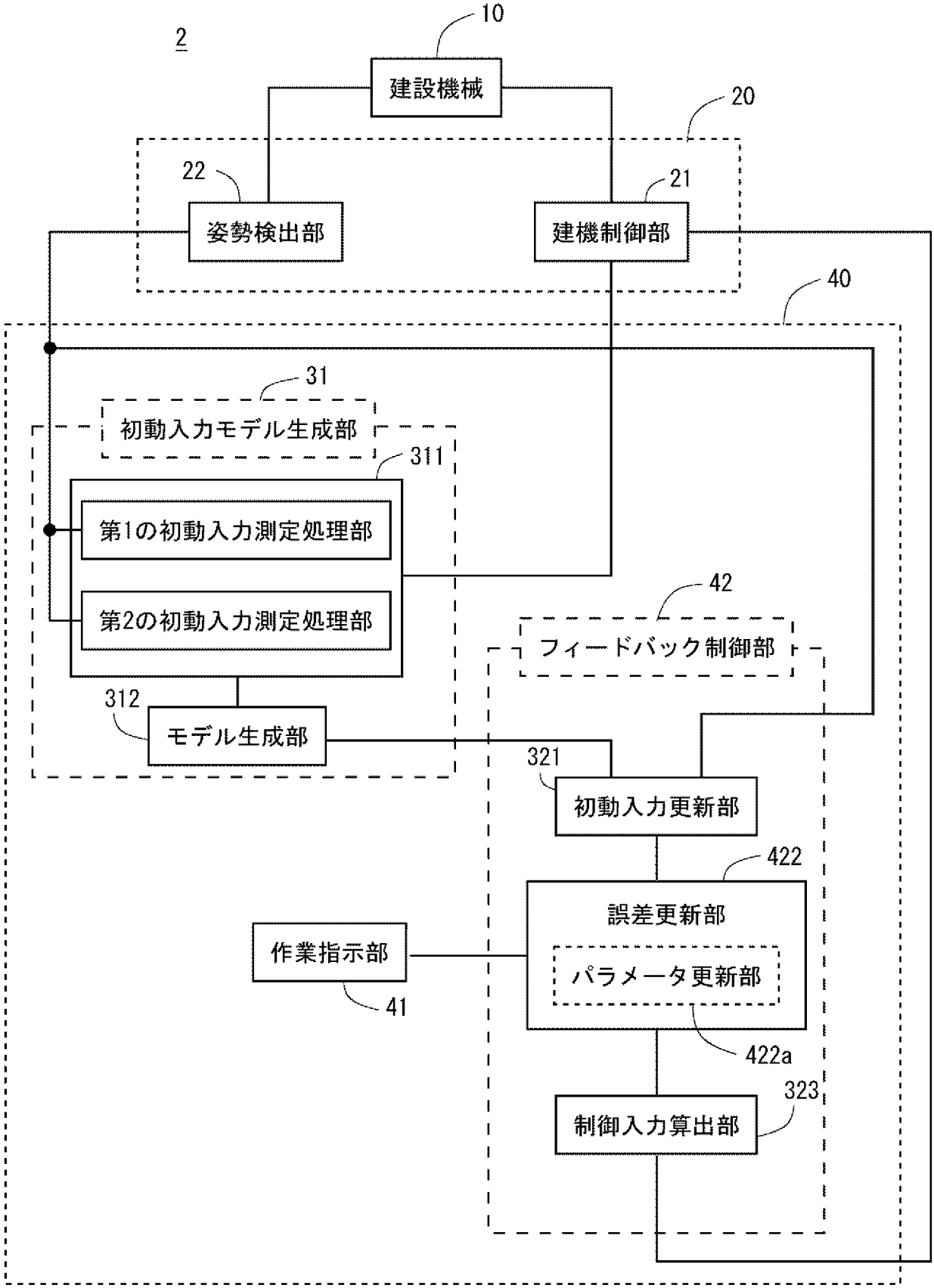

2
10
建設機械
20
22
姿勢検出部
21
建機制御部
40
31
初動入力モデル生成部
311
第1の初動入力測定処理部
第2の初動入力測定処理部
42
フィードバック制御部
312
モデル生成部
321
初動入力更新部
422
誤差更新部
作業指示部
パラメータ更新部
41
422a
323
制御入力算出部

Fig. 7

[図8]

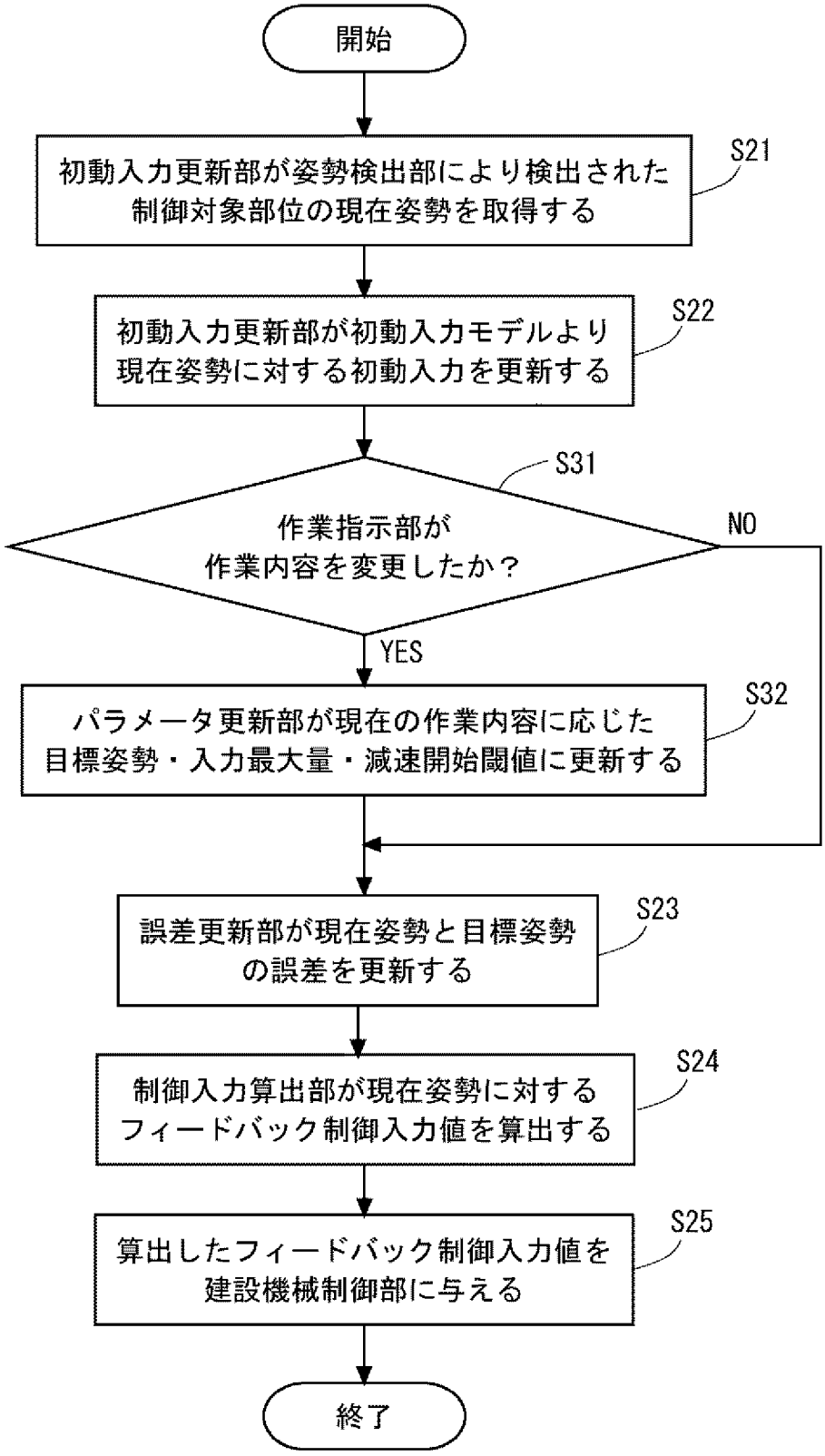

開始
初動入力更新部が姿勢検出部により検出された制御対象部位の現在姿勢を取得する
S21
初動入力更新部が初動入力モデルより現在姿勢に対する初動入力を更新する
S22
S31
作業指示部が作業内容を変更したか？
NO
YES
パラメータ更新部が現在の作業内容に応じた目標姿勢・入力最大量・減速開始閾値に更新する
S32
誤差更新部が現在姿勢と目標姿勢の誤差を更新する
S23
制御入力算出部が現在姿勢に対するフィードバック制御入力値を算出する
S24
算出したフィードバック制御入力値を建設機械制御部に与える
S25
終了

Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/026600

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. E02F9/22(2006.01)i
FI: E02F9/22 F

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)
Int. Cl. E02F9/22

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 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 9-328785 A (KOMATSU LTD.) 22 December 1997 (1997-12-22), abstract	1-18
A	JP 2002-234700 A (KOMATSU LTD.) 23 August 2002 (2002-08-23), abstract	1-18
A	JP 6-10906 A (CATERPILLAR INC.) 21 January 1994 (1994-01-21), paragraph [0017]	1-18
A	JP 2017-57644 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 23 March 2017 (2017-03-23), fig. 4, paragraph [0024]	1-18

☐ 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	Date of mailing of the international search report
04.08.2021	17.08.2021
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/JP2021/026600

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 9-328785 A	22.12.1997	(Family: none)	
JP 2002-234700 A	23.08.2002	(Family: none)	
JP 6-10906 A	21.01.1994	US 5261234 A column 4, lines 37-49	
JP 2017-57644 A	23.03.2017	CN 106545039 A fig. 4, paragraph [0045]	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/026600

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

E02F 9/22(2006.01)i
FI: E02F9/22 F

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））

E02F9/22

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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 9-328785 A（株式会社小松製作所）22.12.1997（1997-12-22） 要約欄	1-18
A	JP 2002-234700 A（株式会社小松製作所）23.08.2002（2002-08-23） 要約欄	1-18
A	JP 6-10906 A（キャタピラー インコーポレイテッド）21.01.1994（1994-01-21） 段落0017	1-18
A	JP 2017-57644 A（住友重機械工業株式会社）23.03.2017（2017-03-23） 図４、段落0024	1-18

☐ 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
“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
04.08.2021	17.08.2021

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）

彦田　克文 2B 9182

電話番号 03-3581-1101 内線 3237

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/JP2021/026600

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 9-328785 A	22.12.1997	（ファミリーなし）	
JP 2002-234700 A	23.08.2002	（ファミリーなし）	
JP 6-10906 A	21.01.1994	US 5261234 A Column 4, Lines 37-49	
JP 2017-57644 A	23.03.2017	CN 106545039 A 図４、段落0045	