

(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10月8日(08.10.2020)



(10) 国際公開番号

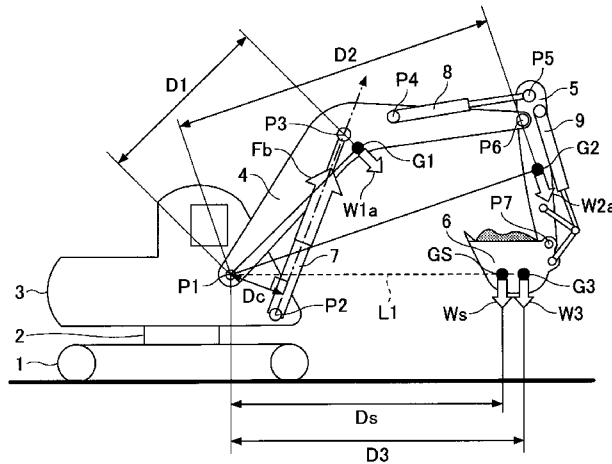
WO 2020/203851 A1

- (51) 国際特許分類:
E02F 9/20 (2006.01) G01G 19/08 (2006.01)
E02F 9/26 (2006.01) G01G 19/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/014224
- (22) 国際出願日: 2020年3月27日(27.03.2020)
- (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 2019-069240 2019年3月29日(29.03.2019) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社
(SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/
JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目
1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐野 裕介(SANO, Yusuke); 〒2378555
神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重機械
工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).
呉 春男(WU, Chunnan); 〒2378555 神奈川県横
須賀市夏島町19番地 住友重機械工業株式会
社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 平沼 一則
(HIRANUMA, Kazunori); 〒2378555 神奈川県
横須賀市夏島町19番地 住友重機械工業株式
会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITOH, Tadashige et al.);
〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1
番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安
田生命ビル) 16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,

(54) Title: SHOVEL

(54) 発明の名称: ショベル

[図6A]



(57) Abstract: Provided is a shovel that calculates the weight of a loaded object while limiting the number of sensors. This shovel is provided with an attachment attached to an upper rotating body, and a control device. The control device has a center of gravity estimating unit that estimates the center of gravity of a loaded object loaded onto the attachment, and a weight calculating unit that calculates the weight of the loaded object on the basis of the estimated center of gravity of the loaded object.



WO 2020/203851 A1

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 :

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

(57) 要約 : センサ数を抑えて積載物の重量を算出するショベルを提供する。上部旋回体に取り付けられるアタッチメントと、制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記アタッチメントに積載された積載物の重心を推定する重心推定部と、推定された前記積載物の重心に基づいて、前記積載物の重量を算出する重量算出部と、を有する、ショベル。

明 細 書

発明の名称： ショベル

技術分野

[0001] 本開示は、ショベルに関する。

背景技術

[0002] 例えば、ブームと上部車体の角度を検出するブーム角度計、ブームとアームの角度を検出するアーム角度計、バケットシリンダのストロークを検出するストローク計を備え、バケット内の土砂重量を検出するショベルが開示されている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平6-10378号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、バケット内の土砂重量を検出するために必要となるセンサの個数が増えるほど、ショベルのコストも上昇する。

[0005] そこで、上記課題に鑑み、センサ数を抑えて積載物の重量を算出するショベル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] 上記目的を達成するため、本発明の一実施形態では、上部旋回体に取り付けられるアタッチメントと、制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記アタッチメントに積載された積載物の重心を推定する重心推定部と、推定された前記積載物の重心に基づいて、前記積載物の重量を算出する重量算出部と、を有する、ショベルが提供される。

発明の効果

[0007] 上述の実施形態によれば、センサ数を抑えて積載物の重量を算出するショ

ベルを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本実施形態に係る掘削機としてのショベルの側面図である。
- [図2]本実施形態に係るショベルの構成の一例を概略的に示す図である。
- [図3]本実施形態に係るショベルの油圧システムの構成の一例を概略的に示す図である。
- [図4A]本実施形態に係るショベルの油圧システムのうちの操作系に関する構成部分の一例を概略的に示す図である。
- [図4B]本実施形態に係るショベルの油圧システムのうちの操作系に関する構成部分の一例を概略的に示す図である。
- [図4C]本実施形態に係るショベルの油圧システムのうちの操作系に関する構成部分の一例を概略的に示す図である。
- [図5]本実施形態に係るショベルのうちの土砂荷重検出機能に関する構成部分の一例を概略的に示す図である。
- [図6A]ショベルアタッチメントにおける土砂重量の算出及び土砂重心の推定に関するパラメータを説明する模式図である。
- [図6B]ショベルアタッチメントにおける土砂重量の算出及び土砂重心の推定に関するパラメータを説明する模式図である。
- [図7]アタッチメントの制御フロー図である。
- [図8]ショベルの「掘削・積込み動作」の作業流れを説明する説明図である。
- [図9]自律制御機能の構成例を示すブロック図である。
- [図10]各種指令値を算出する機能要素の構成例を示すブロック図である。
- [図11]表示装置に表示されるメイン画面の構成例
- [図12]積込支援システムの構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。

[0010] [ショベルの概要]

最初に、図1を参照して、本実施形態に係るショベル100の概要につい

て説明する。

[0011] 図1は、本実施形態に係る掘削機としてのショベル100の側面図である。

[0012] 尚、図1では、ショベル100は、施工対象の上り傾斜面ESに面する水平面に位置すると共に、後述する目標施工面の一例である上り法面BS（つまり、上り傾斜面ESに対する施工後の法面形状）が併せて記載されている。なお、施工対象の上り傾斜面ESには、目標施工面である上り法面BSの法線方向を示す円筒体（図示せず）が設けられている。

[0013] 本実施形態に係るショベル100は、下部走行体1と、旋回機構2を介して旋回自在に下部走行体1に搭載される上部旋回体3と、アタッチメント（作業機）を構成するブーム4、アーム5、及び、バケット6と、キャビン10を備える。

[0014] 下部走行体1は、左右一対のクローラが走行油圧モータ1L, 1R（後述する図2参照）でそれぞれ油圧駆動されることにより、ショベル100を走行させる。つまり、一対の走行油圧モータ1L, 1R（走行モータの一例）は、被駆動部としての下部走行体1（クローラ）を駆動する。

[0015] 上部旋回体3は、旋回油圧モータ2A（後述する図2参照）で駆動されることにより、下部走行体1に対して旋回する。つまり、旋回油圧モータ2Aは、被駆動部としての上部旋回体3を駆動する旋回駆動部であり、上部旋回体3の向きを変化させることができる。

[0016] 尚、上部旋回体3は、旋回油圧モータ2Aの代わりに、電動機（以下、「旋回用電動機」）により電気駆動されてもよい。つまり、旋回用電動機は、旋回油圧モータ2Aと同様、非駆動部としての上部旋回体3を駆動する旋回駆動部であり、上部旋回体3の向きを変化させることができる。

[0017] ブーム4は、上部旋回体3の前部中央に俯仰可能に枢着され、ブーム4の先端には、アーム5が上下回動可能に枢着され、アーム5の先端には、エンドアタッチメントとしてのバケット6が上下回動可能に枢着される。ブーム4、アーム5、及びバケット6は、それぞれ、油圧アクチュエータとしての

ブームシリンダ7、アームシリンダ8、及びバケットシリンダ9によりそれぞれ油圧駆動される。

[0018] 尚、バケット6は、エンドアタッチメントの一例であり、アーム5の先端には、作業内容等に応じて、バケット6の代わりに、他のエンドアタッチメント、例えば、法面用バケット、浚渫用バケット、ブレーカ等が取り付けられてもよい。

[0019] キャビン10は、オペレータが搭乗する運転室であり、上部旋回体3の前面左側に搭載される。

[0020] [ショベルの構成]

次に、図1に加えて、図2を参照して、本実施形態に係るショベル100の具体的な構成について説明する。

[0021] 図2は、本実施形態に係るショベル100の構成の一例を概略的に示す図である。

[0022] 尚、図2において、機械的動力系、作動油ライン、パイロットライン、及び電気制御系は、それぞれ、二重線、実線、破線、及び点線で示されている。

[0023] 本実施形態に係るショベル100の駆動系は、エンジン11と、レギュレータ13と、メインポンプ14と、コントロールバルブ17を含む。また、本実施形態に係るショベル100の油圧駆動系は、上述の如く、下部走行体1、上部旋回体3、ブーム4、アーム5、及びバケット6のそれぞれを油圧駆動する走行油圧モータ1L、1R、旋回油圧モータ2A、ブームシリンダ7、アームシリンダ8、及びバケットシリンダ9等の油圧アクチュエータを含む。

[0024] エンジン11は、油圧駆動系におけるメイン動力源であり、例えば、上部旋回体3の後部に搭載される。具体的には、エンジン11は、後述するコントローラ30による直接或いは間接的な制御下で、予め設定される目標回転数で一定回転し、メインポンプ14及びパイロットポンプ15を駆動する。エンジン11は、例えば、軽油を燃料とするディーゼルエンジンである。

- [0025] レギュレータ13は、メインポンプ14の吐出量を制御する。例えば、レギュレータ13は、コントローラ30からの制御指令に応じて、メインポンプ14の斜板の角度（傾転角）を調節する。レギュレータ13は、例えば、後述の如く、レギュレータ13L、13Rを含む。
- [0026] メインポンプ14は、例えば、エンジン11と同様、上部旋回体3の後部に搭載され、高圧油圧ラインを通じてコントロールバルブ17に作動油を供給する。メインポンプ14は、上述の如く、エンジン11により駆動される。メインポンプ14は、例えば、可変容量式油圧ポンプであり、上述の如く、コントローラ30による制御下で、レギュレータ13により斜板の傾転角が調節されることでピストンのストローク長が調整され、吐出流量（吐出圧）が制御される。メインポンプ14は、例えば、後述の如く、メインポンプ14L、14Rを含む。
- [0027] コントロールバルブ17は、例えば、上部旋回体3の中央部に搭載され、オペレータによる操作装置26に対する操作に応じて、油圧駆動系の制御を行う油圧制御装置である。コントロールバルブ17は、上述の如く、高圧油圧ラインを介してメインポンプ14と接続され、メインポンプ14から供給される作動油を、操作装置26の操作状態に応じて、油圧アクチュエータ（走行油圧モータ1L、1R、旋回油圧モータ2A、ブームシリンダ7、アームシリンダ8、及びバケットシリンダ9）に選択的に供給する。具体的には、コントロールバルブ17は、メインポンプ14から油圧アクチュエータのそれぞれに供給される作動油の流量と流れる方向を制御する制御弁171～176を含む。より具体的には、制御弁171は、走行油圧モータ1Lに対応し、制御弁172は、走行油圧モータ1Rに対応し、制御弁173は、旋回油圧モータ2Aに対応する。また、制御弁174は、バケットシリンダ9に対応し、制御弁175は、ブームシリンダ7に対応し、制御弁176は、アームシリンダ8に対応する。また、制御弁175は、例えば、後述の如く、制御弁175L、175Rを含み、制御弁176は、例えば、後述の如く、制御弁176L、176Rを含む。制御弁171～176の詳細は、後述

する。

- [0028] 本実施形態に係るショベル100の操作系は、パイロットポンプ15と、操作装置26を含む。また、ショベル100の操作系は、後述するコントローラ30によるマシンコントロール機能に関する構成として、シャトル弁32を含む。
- [0029] パイロットポンプ15は、例えば、上部旋回体3の後部に搭載され、パイロットラインを介して操作装置26にパイロット圧を供給する。パイロットポンプ15は、例えば、固定容量式油圧ポンプであり、上述の如く、エンジン11により駆動される。
- [0030] 操作装置26は、キャビン10の操縦席付近に設けられ、オペレータが各種動作要素（下部走行体1、上部旋回体3、ブーム4、アーム5、バケット6等）の操作を行うための操作入力手段である。換言すれば、操作装置26は、オペレータがそれぞれの動作要素を駆動する油圧アクチュエータ（即ち、走行油圧モータ1L、1R、旋回油圧モータ2A、ブームシリンダ7、アームシリンダ8、バケットシリンダ9等）の操作を行うための操作入力手段である。操作装置26は、その二次側のパイロットラインを通じて直接的に、或いは、二次側のパイロットラインに設けられる後述のシャトル弁32を介して間接的に、コントロールバルブ17にそれぞれ接続される。これにより、コントロールバルブ17には、操作装置26における下部走行体1、上部旋回体3、ブーム4、アーム5、及びバケット6等の操作状態に応じたパイロット圧が入力されうる。そのため、コントロールバルブ17は、操作装置26における操作状態に応じて、それぞれの油圧アクチュエータを駆動することができる。操作装置26は、例えば、アーム5（アームシリンダ8）を操作するレバー装置を含む。また、操作装置26は、例えば、ブーム4（ブームシリンダ7）、バケット6（バケットシリンダ9）、上部旋回体3（旋回油圧モータ2A）のそれぞれを操作するレバー装置26A～26Cを含む（図4A～4C参照）。また、操作装置26は、例えば、下部走行体1の左右一対のクローラ（走行油圧モータ1L、1R）のそれぞれを操作するレ

バー装置やペダル装置を含む。

[0031] シャトル弁32は、2つの入口ポートと1つの出口ポートを有し、2つの入口ポートに入力されたパイロット圧のうちの高い方のパイロット圧を有する作動油を出口ポートに出力させる。シャトル弁32は、2つの入口ポートのうち的一方が操作装置26に接続され、他方が比例弁31に接続される。シャトル弁32の出口ポートは、パイロットラインを通じて、コントロールバルブ17内の対応する制御弁のパイロットポートに接続されている（詳細は、図4A～4C参照）。そのため、シャトル弁32は、操作装置26が生成するパイロット圧と比例弁31が生成するパイロット圧のうちの高い方を、対応する制御弁のパイロットポートに作用させることができる。つまり、後述するコントローラ30は、操作装置26から出力される二次側のパイロット圧よりも高いパイロット圧を比例弁31から出力させることにより、オペレータによる操作装置26の操作に依らず、対応する制御弁を制御し、各種動作要素の動作を制御することができる。シャトル弁32は、例えば、後述の如く、シャトル弁32AL、32AR、32BL、32BR、32CL、32CRを含む。

[0032] 尚、操作装置26（左操作レバー、右操作レバー、左走行レバー、及び右走行レバー）は、パイロット圧を出力する油圧パイロット式ではなく、電気信号を出力する電気式であってもよい。この場合、操作装置26からの電気信号は、コントローラ30に入力され、コントローラ30は、入力される電気信号に応じて、コントロールバルブ17内の各制御弁171～176を制御することにより、操作装置26に対する操作内容に応じた、各種油圧アクチュエータの動作を実現する。例えば、コントロールバルブ17内の制御弁171～176は、コントローラ30からの指令により駆動する電磁ソレノイド式スプール弁であってもよい。また、例えば、パイロットポンプ15と各制御弁171～176のパイロットポートとの間には、コントローラ30からの電気信号に応じて動作する電磁弁が配置されてもよい。この場合、電気式の操作装置26を用いた手動操作が行われると、コントローラ30は、そ

の操作量（例えば、レバー操作量）に対応する電気信号によって、当該電磁弁を制御しパイロット圧を増減させることで、操作装置 26 に対する操作内容に合わせて、各制御弁 171～176 を動作させることができる。

[0033] 各制御弁 171～176 のそれぞれには、スプールの変位量を検出するためのスプール変位センサ 181～186 が取り付けられている。例えば、スプール変位センサ 184 は、制御弁 174 のスプールの変位量を検出する。スプール変位センサ 181～186 によるスプールの変位量に対応する検出信号は、コントローラ 30 に取り込まれる。

[0034] 本実施形態に係るショベル 100 の制御系は、コントローラ 30 と、吐出圧センサ 28 と、操作圧センサ 29 と、比例弁 31 と、表示装置 40 と、入力装置 42 と、音声出力装置 43 と、記憶装置 47 と、ブーム角度センサ S1 と、アーム角度センサ S2 と、機体傾斜センサ S4 と、旋回状態センサ S5 と、撮像装置 S6 と、測位装置 P0 と、通信装置 T1 を含む。

[0035] コントローラ 30（制御装置の一例）は、例えば、キャビン 10 内に設けられ、ショベル 100 の駆動制御を行う。コントローラ 30 は、その機能が任意のハードウェア、ソフトウェア、或いは、その組み合わせにより実現されてよい。例えば、コントローラ 30 は、CPU（Central Processing Unit）と、ROM（Read Only Memory）と、RAM（Random Access Memory）と、不揮発性の補助記憶装置と、各種入出力インターフェース等を含むマイクロコンピュータを中心に構成される。コントローラ 30 は、例えば、ROM や不揮発性の補助記憶装置に格納される各種プログラムを CPU 上で実行することにより各種機能を実現する。

[0036] 例えば、コントローラ 30 は、オペレータ等の所定操作により予め設定される作業モード等に基づき、目標回転数を設定し、エンジン 11 を一定回転させる駆動制御を行う。

[0037] また、例えば、コントローラ 30 は、必要に応じてレギュレータ 13 に対して制御指令を出力し、メインポンプ 14 の吐出量を変化させる。

[0038] また、例えば、コントローラ 30 は、例えば、オペレータによる操作装置

26を通じたショベル100の手動操作をガイド（案内）するマシンガイダンス機能に関する制御を行う。また、コントローラ30は、例えば、オペレータによる操作装置26を通じたショベル100の手動操作を自動的に支援するマシンコントロール機能に関する制御を行う。つまり、コントローラ30は、マシンガイダンス機能及びマシンコントロール機能に関する機能部として、マシンガイダンス部50を含む。また、コントローラ30は、後述する土砂荷重処理部60を含む。

[0039] 尚、コントローラ30の機能の一部は、他のコントローラ（制御装置）により実現されてもよい。即ち、コントローラ30の機能は、複数のコントローラにより分散される態様で実現されてもよい。例えば、マシンガイダンス機能及びマシンコントロール機能は、専用のコントローラ（制御装置）により実現されてもよい。

[0040] 吐出圧センサ28は、メインポンプ14の吐出圧を検出する。吐出圧センサ28により検出された吐出圧に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。吐出圧センサ28は、例えば、後述の如く、吐出圧センサ28L、28Rを含む。

[0041] 操作圧センサ29は、上述の如く、操作装置26の二次側のパイロット圧、即ち、操作装置26におけるそれぞれの動作要素（即ち、油圧アクチュエータ）に関する操作状態（例えば、操作方向や操作量等の操作内容）に対応するパイロット圧を検出する。操作圧センサ29による操作装置26における下部走行体1、上部旋回体3、ブーム4、アーム5、及びバケット6等の操作状態に対応するパイロット圧の検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。操作圧センサ29は、例えば、後述の如く、操作圧センサ29A～29Cを含む。

[0042] 尚、操作圧センサ29の代わりに、操作装置26におけるそれぞれの動作要素に関する操作状態を検出可能な他のセンサ、例えば、レバー装置26A～26C等の操作量（傾倒量）や傾倒方向を検出可能なエンコーダやポテンシオメータ等が設けられてもよい。

- [0043] 比例弁31は、パイロットポンプ15とシャトル弁32とを接続するパイロットラインに設けられ、その流路面積（作動油が通流可能な断面積）を変更できるように構成される。比例弁31は、コントローラ30から入力される制御指令に応じて動作する。これにより、コントローラ30は、オペレータにより操作装置26（具体的には、レバー装置26A～26C）が操作されていない場合であっても、パイロットポンプ15から吐出される作動油を、比例弁31及びシャトル弁32を介し、コントロールバルブ17内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。比例弁31は、例えば、後述の如く、比例弁31AL, 31AR, 31BL, 31BR, 31CL, 31CRを含む。
- [0044] 表示装置40は、キャビン10内の着座したオペレータから視認し易い場所に設けられ、コントローラ30による制御下で、各種情報画像を表示する。表示装置40は、CAN（Controller Area Network）等の車載通信ネットワークを介してコントローラ30に接続されていてもよいし、一対一の専用線を介してコントローラ30に接続されていてもよい。
- [0045] 入力装置42は、キャビン10内の着座したオペレータから手が届く範囲に設けられ、オペレータによる各種操作入力を受け付け、操作入力に応じた信号をコントローラ30に出力する。入力装置42は、各種情報画像を表示する表示装置のディスプレイに実装されるタッチパネル、レバー装置26A～26Cのレバー部の先端に設けられるノブスイッチ、表示装置40の周囲に設置されるボタンスイッチ、レバー、トグル、回転ダイヤル等を含む。入力装置42に対する操作内容に対応する信号は、コントローラ30に取り込まれる。
- [0046] 音声出力装置43は、例えば、キャビン10内に設けられ、コントローラ30と接続され、コントローラ30による制御下で、音声出力する。音声出力装置43は、例えば、スピーカやブザー等である。音声出力装置43は、コントローラ30からの音声出力指令に応じて各種情報を音声出力する。
- [0047] 記憶装置47は、例えば、キャビン10内に設けられ、コントローラ30

による制御下で、各種情報を記憶する。記憶装置47は、例えば、半導体メモリ等の不揮発性記憶媒体である。記憶装置47は、ショベル100の動作中に各種機器が出力する情報を記憶してもよく、ショベル100の動作が開始される前に各種機器を介して取得する情報を記憶してもよい。記憶装置47は、例えば、通信装置T1等を介して取得される、或いは、入力装置42等を通じて設定される目標施工面に関するデータを記憶していてもよい。当該目標施工面は、ショベル100のオペレータにより設定（保存）されてもよいし、施工管理者等により設定されてもよい。

[0048] ブーム角度センサS1は、ブーム4に取り付けられ、ブーム4の上部旋回体3に対する俯仰角度（以下、「ブーム角度」）、例えば、側面視において、上部旋回体3の旋回平面に対してブーム4の両端の支点を結ぶ直線が成す角度を検出する。ブーム角度センサS1は、例えば、ロータリエンコーダ、加速度センサ、6軸センサ、IMU（Inertial Measurement Unit：慣性計測装置）等を含んでよい。また、ブーム角度センサS1は、可変抵抗器を利用したポテンショメータ、ブーム角度に対応する油圧シリンダ（ブームシリンダ7）のストローク量を検出するシリンダセンサ等を含んでもよい。以下、アーム角度センサS2についても同様である。ブーム角度センサS1によるブーム角度に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。

[0049] アーム角度センサS2は、アーム5に取り付けられ、アーム5のブーム4に対する回動角度（以下、「アーム角度」）、例えば、側面視において、ブーム4の両端の支点を結ぶ直線に対してアーム5の両端の支点を結ぶ直線が成す角度を検出する。アーム角度センサS2によるアーム角度に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。

[0050] なお、本実施形態に係るショベル100は、バケット6に取り付けられ、バケット6のアーム5に対する回動角度（以下、「バケット角度」）、例えば、側面視において、アーム5の両端の支点を結ぶ直線に対してバケット6の支点と先端（刃先）とを結ぶ直線が成す角度を検出するバケット角度センサを不要とする。

- [0051] 機体傾斜センサS4は、水平面に対する機体（上部旋回体3 或いは下部走行体1）の傾斜状態を検出する。機体傾斜センサS4は、例えば、上部旋回体3に取り付けられ、ショベル100（即ち、上部旋回体3）の前後方向及び左右方向の2軸回りの傾斜角度（以下、「前後傾斜角」及び「左右傾斜角」）を検出する。機体傾斜センサS4は、例えば、ロータリエンコーダ、加速度センサ、6軸センサ、IMU等を含んでよい。機体傾斜センサS4による傾斜角度（前後傾斜角及び左右傾斜角）に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。
- [0052] 旋回状態センサS5は、上部旋回体3の旋回状態に関する検出情報を出力する。旋回状態センサS5は、例えば、上部旋回体3の旋回角速度及び旋回角度を検出する。旋回状態センサS5は、例えば、ジャイロセンサ、レゾルバ、ロータリエンコーダ等を含んでよい。旋回状態センサS5による上部旋回体3の旋回角度や旋回角速度に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。
- [0053] 空間認識装置としての撮像装置S6は、ショベル100の周辺を撮像する。撮像装置S6は、ショベル100の前方を撮像するカメラS6F、ショベル100の左方を撮像するカメラS6L、ショベル100の右方を撮像するカメラS6R、及び、ショベル100の後方を撮像するカメラS6Bを含む。
- [0054] カメラS6Fは、例えば、キャビン10の天井、即ち、キャビン10の内部に取り付けられている。また、カメラS6Fは、キャビン10の屋根、ブーム4の側面等、キャビン10の外部に取り付けられていてもよい。カメラS6Lは、上部旋回体3の上面左端に取り付けられ、カメラS6Rは、上部旋回体3の上面右端に取り付けられ、カメラS6Bは、上部旋回体3の上面後端に取り付けられている。
- [0055] 撮像装置S6（カメラS6F、S6B、S6L、S6R）は、それぞれ、例えば、非常に広い画角を有する単眼の広角カメラである。また、撮像装置S6は、ステレオカメラや距離画像カメラ等であってもよい。撮像装置S6

による撮像画像は、表示装置40を介してコントローラ30に取り込まれる。

[0056] 空間認識装置としての撮像装置S6は、物体検知装置として機能してもよい。この場合、撮像装置S6は、ショベル100の周囲に存在する物体を検知してよい。検知対象の物体には、例えば、人、動物、車両、建設機械、建造物、穴等が含まれうる。また、撮像装置S6は、撮像装置S6又はショベル100から認識された物体までの距離を算出してもよい。物体検知装置としての撮像装置S6には、例えば、ステレオカメラ、距離画像センサ等が含まれうる。そして、空間認識装置は、例えば、CCDやCMOS等の撮像素子を有する単眼カメラであり、撮像した画像を表示装置40に出力する。また、空間認識装置は、空間認識装置又はショベル100から認識された物体までの距離を算出するように構成されていてもよい。また、撮像装置S6に加えて、空間認識装置として、例えば、超音波センサ、ミリ波レーダ、LIDAR、赤外線センサ等の他の物体検知装置が設けられてもよい。空間認識装置としてミリ波レーダ、超音波センサ、又はレーザレーダ等を利用する場合には、多数の信号（レーザ光等）を物体に発信し、その反射信号を受信することで、反射信号から物体の距離及び方向を検出してもよい。

[0057] 尚、撮像装置S6は、直接、コントローラ30と通信可能に接続されてもよい。

[0058] ブームシリンダ7にはブームロッド圧センサS7R及びブームボトム圧センサS7Bが取り付けられている。アームシリンダ8にはアームロッド圧センサS8R及びアームボトム圧センサS8Bが取り付けられている。バケットシリンダ9にはバケットロッド圧センサS9R及びバケットボトム圧センサS9Bが取り付けられている。ブームロッド圧センサS7R、ブームボトム圧センサS7B、アームロッド圧センサS8R、アームボトム圧センサS8B、バケットロッド圧センサS9R及びバケットボトム圧センサS9Bは、集合的に「シリンダ圧センサ」とも称される。

[0059] ブームロッド圧センサS7Rはブームシリンダ7のロッド側油室の圧力（

以下、「ブームロッド圧」とする。)を検出し、ブームボトム圧センサS7Bはブームシリンダ7のボトム側油室の圧力(以下、「ブームボトム圧」とする。)を検出する。アームロッド圧センサS8Rはアームシリンダ8のロッド側油室の圧力(以下、「アームロッド圧」とする。)を検出し、アームボトム圧センサS8Bはアームシリンダ8のボトム側油室の圧力(以下、「アームボトム圧」とする。)を検出する。バケットロッド圧センサS9Rはバケットシリンダ9のロッド側油室の圧力(以下、「バケットロッド圧」とする。)を検出し、バケットボトム圧センサS9Bはバケットシリンダ9のボトム側油室の圧力(以下、「バケットボトム圧」とする。)を検出する。

[0060] 測位装置P0は、上部旋回体3の位置及び向きを測定する。測位装置P0は、例えば、GNSS(Global Navigation Satellite System)コンパスであり、上部旋回体3の位置及び向きを検出し、上部旋回体3の位置及び向きに対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。また、測位装置P0の機能のうち上部旋回体3の向きを検出する機能は、上部旋回体3に取り付けられた方位センサにより代替されてもよい。

[0061] 通信装置T1は、基地局を末端とする移動体通信網、衛星通信網、インターネット網等を含む所定のネットワークを通じて外部機器と通信を行う。通信装置T1は、例えば、LTE(Long Term Evolution)、4G(4th Generation)、5G(5th Generation)等の移動体通信規格に対応する移動体通信モジュールや、衛星通信網に接続するための衛星通信モジュール等である。

[0062] マシンガイダンス部50は、例えば、マシンガイダンス機能に関するシヨベル100の制御を実行する。マシンガイダンス部50は、例えば、目標施工面とアタッチメントの先端部、具体的には、エンドアタッチメントの作業部位との距離等の作業情報を、表示装置40や音声出力装置43等を通じて、オペレータに伝える。目標施工面に関するデータは、例えば、上述の如く、記憶装置47に予め記憶されている。目標施工面に関するデータは、例えば、基準座標系で表現されている。基準座標系は、例えば、世界測地系である。世界測地系は、地球の重心に原点をおき、X軸をグリニッジ子午線と赤

道との交点の方向に、Y軸を東経90度の方向に、そして、Z軸を北極の方向にとる三次元直交XYZ座標系である。オペレータは、施工現場の任意の点を基準点と定め、入力装置42を通じて、基準点との相対的な位置関係により目標施工面を設定してよい。バケット6の作業部位は、例えば、バケット6の爪先、バケット6の背面等である。また、エンドアタッチメントとして、バケット6の代わりに、例えば、ブレーカが採用される場合、ブレーカの先端部が作業部位に相当する。マシンガイダンス部50は、表示装置40、音声出力装置43等を通じて、作業情報をオペレータに通知し、オペレータによる操作装置26を通じたショベル100の操作をガイドする。

[0063] また、マシンガイダンス部50は、例えば、マシンコントロール機能に関するショベル100の制御を実行する。マシンガイダンス部50は、例えば、オペレータが手動で掘削操作を行っているときに、目標施工面とバケット6の先端位置とが一致するように、ブーム4、アーム5、及び、バケット6の少なくとも一つを自動的に動作させてもよい。

[0064] マシンガイダンス部50は、ブーム角度センサS1、アーム角度センサS2、機体傾斜センサS4、旋回状態センサS5、撮像装置S6、測位装置P0、通信装置T1及び入力装置42等から情報を取得する。そして、マシンガイダンス部50は、例えば、取得した情報に基づき、バケット6と目標施工面との間の距離を算出し、音声出力装置43からの音声及び表示装置40に表示される画像により、バケット6と目標施工面との間の距離の程度をオペレータに通知したり、アタッチメントの先端部（具体的には、バケット6の爪先や背面等の作業部位）が目標施工面に一致するように、アタッチメントの動作を自動的に制御したりする。マシンガイダンス部50は、当該マシンガイダンス機能及びマシンコントロール機能に関する詳細な機能構成として、位置算出部51と、距離算出部52と、情報伝達部53と、自動制御部54と、旋回角度算出部55と、相対角度算出部56と、を含む。

[0065] 位置算出部51は、所定の測位対象の位置を算出する。例えば、位置算出部51は、アタッチメントの先端部、具体的には、バケット6の爪先や背面

等の作業部位の基準座標系における座標点を算出する。具体的には、位置算出部51は、ブーム4、アーム5、及びバケット6のそれぞれの俯仰角度（ブーム角度、アーム角度、及びバケット角度）からバケット6の作業部位の座標点を算出する。

[0066] 距離算出部52は、2つの測位対象間の距離を算出する。例えば、距離算出部52は、アタッチメントの先端部、具体的には、バケット6爪先や背面等の作業部位と目標施工面との間の距離を算出する。また、距離算出部52は、バケット6の作業部位としての背面と目標施工面との間の角度（相対角度）を算出してもよい。

[0067] 情報伝達部53は、表示装置40や音声出力装置43等の所定の通知手段を通じて、各種情報をショベル100のオペレータに伝達（通知）する。情報伝達部53は、距離算出部52により算出された各種距離等の大きさ（程度）をショベル100のオペレータに通知する。例えば、表示装置40による視覚情報及び音声出力装置43による聴覚情報の少なくとも一方を用いて、バケット6の先端部と目標施工面との間の距離（の大きさ）をオペレータに伝える。また、情報伝達部53は、表示装置40による視覚情報及び音声出力装置43による聴覚情報の少なくとも一方を用いて、バケット6の作業部位としての背面と目標施工面との間の相対角度（の大きさ）をオペレータに伝えてもよい。

[0068] 具体的には、情報伝達部53は、音声出力装置43による断続音を用いて、バケット6の作業部位と目標施工面との間の距離（例えば、鉛直距離）の大きさをオペレータに伝える。この場合、情報伝達部53は、鉛直距離が小さくなるほど、断続音の間隔を短くし、鉛直距離が大きくなるほど、断続音の感覚を長くしてよい。また、情報伝達部53は、連続音を用いてもよく、音の高低、強弱等を変化させながら、鉛直距離の大きさの違いを表すようにしてもよい。また、情報伝達部53は、バケット6の先端部が目標施工面よりも低い位置になった、つまり、目標施工面を超えてしまった場合、音声出力装置43を通じて警報を発してもよい。当該警報は、例えば、断続音より

顕著に大きい連続音である。

- [0069] また、情報伝達部53は、アタッチメントの先端部、具体的には、バケット6の作業部位と目標施工面との間の距離の大きさやバケット6の背面と目標施工面との間の相対角度の大きさ等を作業情報として表示装置40に表示させてもよい。表示装置40は、コントローラ30による制御下で、例えば、撮像装置S6から受信した画像データと共に、情報伝達部53から受信した作業情報を表示する。情報伝達部53は、例えば、アナログメータの画像やバーグラフインジケータの画像等を用いて、鉛直距離の大きさをオペレータに伝えるようにしてもよい。
- [0070] 自動制御部54は、アクチュエータを自動的に動作させることでオペレータによる操作装置26を通じたショベル100の手動操作を自動的に支援する。具体的には、自動制御部54は、後述の如く、複数の油圧アクチュエータ（具体的には、旋回油圧モータ2A、ブームシリンダ7、及びバケットシリンダ9）に対応する制御弁（具体的には、制御弁173、制御弁175L、175R、及び制御弁174）に作用するパイロット圧を個別に且つ自動的に調整することができる。これにより、自動制御部54は、それぞれの油圧アクチュエータを自動的に動作させることができる。自動制御部54によるマシンコントロール機能に関する制御は、例えば、入力装置42に含まれる所定のスイッチが押下された場合に実行されてよい。当該所定のスイッチは、例えば、マシンコントロールスイッチ（以下、「MC（Machine Control）スイッチ」）であり、ノブスイッチとして操作装置26（例えば、アーム5の操作に対応するレバー装置）のオペレータによる把持部の先端に配置されていてもよい。以下、MCスイッチが押下されている場合に、マシンコントロール機能が有効である前提で説明を進める。
- [0071] 例えば、自動制御部54は、MCスイッチ等が押下されている場合、掘削作業や整形作業を支援するために、アームシリンダ8の動作に合わせて、ブームシリンダ7及びバケットシリンダ9の少なくとも一方を自動的に伸縮させる。具体的には、自動制御部54は、オペレータが手動でアーム5の閉じ

操作（以下、「アーム閉じ操作」）を行っている場合に、目標施工面とバケット6の爪先や背面等の作業部位の位置とが一致するようにブームシリンダ7及びバケットシリンダ9の少なくとも一方を自動的に伸縮させる。この場合、オペレータは、例えば、アーム5の操作に対応するレバー装置をアーム閉じ操作するだけで、バケット6の爪先等を目標施工面に一致させながら、アーム5を閉じることができる。

[0072] また、自動制御部54は、MCスイッチ等が押下されている場合、上部旋回体3を目標施工面に正対させるために旋回油圧モータ2A（アクチュエータの一例）を自動的に回転させてもよい。以下、コントローラ30（自動制御部54）による上部旋回体3を目標施工面に正対させる制御を「正対制御」と称する。これにより、オペレータ等は、所定のスイッチを押下するだけで、或いは、当該スイッチが押下された状態で、旋回操作に対応する後述のレバー装置26Cを操作するだけで、上部旋回体3を目標施工面に正対させることができる。また、オペレータは、MCスイッチを押下するだけで、上部旋回体3を目標施工面に正対させ且つ上述の目標施工面の掘削作業等に関するマシンコントロール機能を開始させることができる。

[0073] 例えば、ショベル100の上部旋回体3が目標施工面に正対している状態は、アタッチメントの動作に従い、アタッチメントの先端部（例えば、バケット6の作業部位としての爪先や背面等）を目標施工面（上り法面BS）の傾斜方向に沿って移動させることが可能な状態である。具体的には、ショベル100の上部旋回体3が目標施工面に正対している状態は、ショベル100の旋回平面に鉛直なアタッチメントの稼働面（アタッチメント稼働面）が、円筒体に対応する目標施工面の法線を含む状態（換言すれば、当該法線に沿う状態）である。

[0074] ショベル100のアタッチメント稼働面が円筒体に対応する目標施工面の法線を含む状態にない場合、アタッチメントの先端部は、目標施工面を傾斜方向に移動させることができない。そのため、結果として、ショベル100は、目標施工面を適切に施工できない。これに対して、自動制御部54は、

自動的に旋回油圧モータ 2 A を回転させることで、上部旋回体 3 を正対させることができる。これにより、ショベル 100 は、目標施工面を適切に施工することができる。

[0075] 自動制御部 54 は、正対制御において、例えば、バケット 6 の爪先の左端の座標点と目標施工面との間の左端鉛直距離（以下、単に「左端鉛直距離」と）と、バケット 6 の爪先の右端の座標点と目標施工面との間の右端鉛直距離（以下、単に「右端鉛直距離」と）が等しくなった場合に、ショベルが目標施工面に正対していると判断する。また、自動制御部 54 は、左端鉛直距離と右端鉛直距離とが等しくなった場合（即ち、左端鉛直距離と右端鉛直距離との差がゼロになった場合）ではなく、その差が所定値以下になった場合に、ショベル 100 が目標施工面に正対していると判断してもよい。

[0076] また、自動制御部 54 は、正対制御において、例えば、左端鉛直距離と右端鉛直距離との差に基づき、旋回油圧モータ 2 A を動作させてもよい。具体的には、MC スイッチ等の所定のスイッチが押下された状態で旋回操作に対応するレバー装置 26 C が操作されると、上部旋回体 3 を目標施工面に正対させる方向にレバー装置 26 C が操作されたか否かを判断する。例えば、バケット 6 の爪先と目標施工面（上り法面 B S）との間の鉛直距離が大きくなる方向にレバー装置 26 C が操作された場合、自動制御部 54 は、正対制御を実行しない。一方で、バケット 6 の爪先と目標施工面（上り法面 B S）との間の鉛直距離が小さくなる方向に旋回操作レバーが操作された場合、自動制御部 54 は、正対制御を実行する。その結果、自動制御部 54 は、左端鉛直距離と右端鉛直距離との差が小さくなるように旋回油圧モータ 2 A を動作させることができる。その後、自動制御部 54 は、その差が所定値以下或いはゼロになると、旋回油圧モータ 2 A を停止させる。また、自動制御部 54 は、その差が所定値以下或いはゼロとなる旋回角度を目標角度として設定し、その目標角度と現在の旋回角度（具体的には、旋回状態センサ S 5 の検出信号に基づく検出値）との角度差がゼロになるように、旋回油圧モータ 2 A の動作制御を行ってもよい。この場合、旋回角度は、例えば、基準方向に対

する上部旋回体3の前後軸の角度である。

- [0077] 尚、上述の如く、旋回油圧モータ2Aの代わりに、旋回用電動機がショベル100に搭載される場合、自動制御部54は、旋回用電動機（アクチュエータの一例）を制御対象として、正対制御を行う。
- [0078] 旋回角度算出部55は、上部旋回体3の旋回角度を算出する。これにより、コントローラ30は、上部旋回体3の現在の向きを特定することができる。旋回角度算出部55は、例えば、測位装置P0に含まれるGNSSコンパスの出力信号に基づき、基準方向に対する上部旋回体3の前後軸の角度を旋回角度として算出する。また、旋回角度算出部55は、旋回状態センサS5の検出信号に基づき、旋回角度を算出してもよい。また、施工現場に基準点が設定されている場合、旋回角度算出部55は、旋回軸から基準点を見た方向を基準方向としてもよい。
- [0079] 旋回角度は、基準方向に対するアタッチメント稼働面が延びる方向を示す。アタッチメント稼働面は、例えば、アタッチメントを縦断する仮想平面であり、旋回平面に垂直となるように配置される。旋回平面は、例えば、旋回軸に垂直な旋回フレームの底面を含む仮想平面である。コントローラ30（マシンガイダンス部50）は、例えば、アタッチメント稼働面が目標施工面の法線を含んでいると判断した場合に、上部旋回体3が目標施工面に正対していると判断する。
- [0080] 相対角度算出部56は、上部旋回体3を目標施工面に正対させるために必要な旋回角度（相対角度）を算出する。相対角度は、例えば、上部旋回体3を目標施工面に正対させたときの上部旋回体3の前後軸の方向と、上部旋回体3の前後軸の現在の方向との間に形成される相対的な角度である。相対角度算出部56は、例えば、記憶装置47に記憶されている目標施工面に関するデータと、旋回角度算出部55により算出された旋回角度とに基づき、相対角度を算出する。
- [0081] 自動制御部54は、MCスイッチ等の所定のスイッチが押下された状態で旋回操作に対応するレバー装置26Cが操作されると、上部旋回体3を目標

施工面に正対させる方向に旋回操作されたか否かを判断する。自動制御部54は、上部旋回体3を目標施工面に正対させる方向に旋回操作されたと判断した場合、相対角度算出部56により算出された相対角度を目標角度として設定する。そして、自動制御部54は、レバー装置26Cが操作された後の旋回角度の変化が目標角度に達した場合、上部旋回体3が目標施工面に正対したと判断し、旋回油圧モータ2Aの動きを停止させてよい。これにより、自動制御部54は、図2に示す構成を前提として、上部旋回体3を目標施工面に正対させることができる。上記正対制御の実施例では目標施工面に対する正対制御の事例を示したが、これに限られることはない。例えば、仮置き土砂をダンプトラックDT（図12参照）に積み込む際の掬い取り動作においても、目標体積に相当する目標掘削軌道を生成し、目標掘削軌道に対してアタッチメントが向かい合うように旋回動作の正対制御をおこなってもよい。この場合、掬い取り動作の都度、目標掘削軌道は変更される。このため、ダンプトラックDTへの排土後は、新たに変更された目標掘削軌道に対して正対制御される。

[0082] また、旋回油圧モータ2Aは、第1ポート2A1及び第2ポート2A2を有している。油圧センサ21は、旋回油圧モータ2Aの第1ポート2A1の作動油の圧力を検出する。油圧センサ22は、旋回油圧モータ2Aの第2ポート2A2の作動油の圧力を検出する。油圧センサ21、22により検出された吐出圧に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。

[0083] また、第1ポート2A1は、リリーフ弁23を介して作動油タンクと接続される。リリーフ弁23は、第1ポート2A1側の圧力が所定のリリーフ圧に達した場合に開き、第1ポート2A1側の作動油を作動油タンクに排出する。同様に、第2ポート2A2は、リリーフ弁24を介して作動油タンクと接続される。リリーフ弁24は、第2ポート2A2側の圧力が所定のリリーフ圧に達した場合に開き、第2ポート2A2側の作動油を作動油タンクに排出する。

[0084] [ショベルの油圧システム]

次に、図3を参照して、本実施形態に係るショベル100の油圧システムについて説明する。

[0085] 図3は、本実施形態に係るショベル100の油圧システムの構成の一例を概略的に示す図である。

[0086] 尚、図3において、機械的動力系、作動油ライン、パイロットライン、及び電気制御系は、図2等の場合と同様、それぞれ、二重線、実線、破線、及び点線で示されている。

[0087] 当該油圧回路により実現される油圧システムは、エンジン11により駆動されるメインポンプ14L、14Rのそれぞれから、センタバイパス油路C1L、C1R、パラレル油路C2L、C2Rを経て作動油タンクまで作動油を循環させる。

[0088] センタバイパス油路C1Lは、メインポンプ14Lを起点として、コントロールバルブ17内に配置される制御弁171、173、175L、176Lを順に通過し、作動油タンクに至る。

[0089] センタバイパス油路C1Rは、メインポンプ14Rを起点として、コントロールバルブ17内に配置される制御弁172、174、175R、176Rを順に通過し、作動油タンクに至る。

[0090] 制御弁171は、メインポンプ14Lから吐出される作動油を走行油圧モータ1Lへ供給し、且つ、走行油圧モータ1Lが吐出する作動油を作動油タンクに排出させるスプール弁である。

[0091] 制御弁172は、メインポンプ14Rから吐出される作動油を走行油圧モータ1Rへ供給し、且つ、走行油圧モータ1Rが吐出する作動油を作動油タンクへ排出させるスプール弁である。

[0092] 制御弁173は、メインポンプ14Lから吐出される作動油を旋回油圧モータ2Aへ供給し、且つ、旋回油圧モータ2Aが吐出する作動油を作動油タンクへ排出させるスプール弁である。

[0093] 制御弁174は、メインポンプ14Rから吐出される作動油をバケットシリンドラ9へ供給し、且つ、バケットシリンドラ9内の作動油を作動油タンクへ

排出させるスプール弁である。

- [0094] 制御弁175L, 175Rは、それぞれ、メインポンプ14L, 14Rが吐出する作動油をブームシリンダ7へ供給し、且つ、ブームシリンダ7内の作動油を作動油タンクへ排出させるスプール弁である。
- [0095] 制御弁176L, 176Rは、メインポンプ14L, 14Rが吐出する作動油をアームシリンダ8へ供給し、且つ、アームシリンダ8内の作動油を作動油タンクへ排出させる。
- [0096] 制御弁171, 172, 173, 174, 175L, 175R, 176L, 176Rは、それぞれ、パイロットポートに作用するパイロット圧に応じて、油圧アクチュエータに給排される作動油の流量を調整したり、流れる方向を切り換えたりする。
- [0097] パラレル油路C2Lは、センタバイパス油路C1Lと並列的に、制御弁171, 173, 175L, 176Lにメインポンプ14Lの作動油を供給する。具体的には、パラレル油路C2Lは、制御弁171の上流側でセンタバイパス油路C1Lから分岐し、制御弁171, 173, 175L, 176Rのそれぞれに並列してメインポンプ14Lの作動油を供給可能に構成される。これにより、パラレル油路C2Lは、制御弁171, 173, 175Lの何れかによってセンタバイパス油路C1Lを通る作動油の流れが制限或いは遮断された場合に、より下流の制御弁に作動油を供給できる。
- [0098] パラレル油路C2Rは、センタバイパス油路C1Rと並列的に、制御弁172, 174, 175R, 176Rにメインポンプ14Rの作動油を供給する。具体的には、パラレル油路C2Rは、制御弁172の上流側でセンタバイパス油路C1Rから分岐し、制御弁172, 174, 175R, 176Rのそれぞれに並列してメインポンプ14Rの作動油を供給可能に構成される。パラレル油路C2Rは、制御弁172, 174, 175Rの何れかによってセンタバイパス油路C1Rを通る作動油の流れが制限或いは遮断された場合に、より下流の制御弁に作動油を供給できる。
- [0099] レギュレータ13L, 13Rは、それぞれ、コントローラ30による制御

下で、メインポンプ14L、14Rの斜板の傾転角を調節することによって、メインポンプ14L、14Rの吐出量を調節する。

[0100] 吐出圧センサ28Lは、メインポンプ14Lの吐出圧を検出し、検出された吐出圧に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。吐出圧センサ28Rについても同様である。これにより、コントローラ30は、メインポンプ14L、14Rの吐出圧に応じて、レギュレータ13L、13Rを制御することができる。

[0101] センタバイパス油路C1L、C1Rには、最も下流にある制御弁176L、176Rのそれぞれと作動油タンクとの間には、ネガティブコントロール絞り（以下、「ネガコン絞り」）18L、18Rが設けられる。これにより、メインポンプ14L、14Rにより吐出された作動油の流れは、ネガコン絞り18L、18Rで制限される。そして、ネガコン絞り18L、18Rは、レギュレータ13L、13Rを制御するための制御圧（以下、「ネガコン圧」）を発生させる。

[0102] ネガコン圧センサ19L、19Rは、ネガコン圧を検出し、検出されたネガコン圧に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。

[0103] コントローラ30は、吐出圧センサ28L、28Rにより検出されるメインポンプ14L、14Rの吐出圧に応じて、レギュレータ13L、13Rを制御し、メインポンプ14L、14Rの吐出量を調節してよい。例えば、コントローラ30は、メインポンプ14Lの吐出圧の増大に応じて、レギュレータ13Lを制御し、メインポンプ14Lの斜板傾転角を調節することにより、吐出量を減少させてよい。レギュレータ13Rについても同様である。これにより、コントローラ30は、吐出圧と吐出量との積で表されるメインポンプ14L、14Rの吸収馬力がエンジン11の出力馬力を超えないように、メインポンプ14L、14Rの全馬力制御を行うことができる。

[0104] また、コントローラ30は、ネガコン圧センサ19L、19Rにより検出されるネガコン圧に応じて、レギュレータ13L、13Rを制御することにより、メインポンプ14L、14Rの吐出量を調節してよい。例えば、コン

トローラ30は、ネガコン圧が大きいほどメインポンプ14L, 14Rの吐出量を減少させ、ネガコン圧が小さいほどメインポンプ14L, 14Rの吐出量を増大させる。

[0105] 具体的には、ショベル100における油圧アクチュエータが何れも操作されていない待機状態（図3に示す状態）の場合、メインポンプ14L, 14Rから吐出される作動油は、センタバイパス油路C1L, C1Rを通過してネガコン絞り18L, 18Rに至る。そして、メインポンプ14L, 14Rから吐出される作動油の流れは、ネガコン絞り18L, 18Rの上流で発生するネガコン圧を増大させる。その結果、コントローラ30は、メインポンプ14L, 14Rの吐出量を許容最小吐出量まで減少させ、吐出した作動油がセンタバイパス油路C1L, C1Rを通過する際の圧力損失（ポンピングロス）を抑制する。

[0106] 一方、何れかの油圧アクチュエータが操作装置26を通じて操作された場合、メインポンプ14L, 14Rから吐出される作動油は、操作対象の油圧アクチュエータに対応する制御弁を介して、操作対象の油圧アクチュエータに流れ込む。そして、メインポンプ14L, 14Rから吐出される作動油の流れは、ネガコン絞り18L, 18Rに至る量を減少或いは消失させ、ネガコン絞り18L, 18Rの上流で発生するネガコン圧を低下させる。その結果、コントローラ30は、メインポンプ14L, 14Rの吐出量を増大させ、操作対象の油圧アクチュエータに十分な作動油を循環させ、操作対象の油圧アクチュエータを確実に駆動させることができる。

[0107] [ショベルのマシンコントロール機能に関する構成の詳細]

次に、図4A~4Cを参照して、ショベル100のマシンコントロール機能に関する構成の詳細について説明する。

[0108] 図4A~4Cは、本実施形態に係るショベル100の油圧システムのうちの操作系に関する構成部分の一例を概略的に示す図である。具体的には、図4Aは、ブームシリンダ7を油圧制御する制御弁175L, 175Rにパイロット圧を作用させるパイロット回路の一例を示す図である。また、図4B

は、バケットシリンダ9を油圧制御する制御弁174にパイロット圧を作用させるパイロット回路の一例を示す図である。また、図4Cは、旋回油圧モータ2Aを油圧制御する制御弁173にパイロット圧を作用させるパイロット回路の一例を示す図である。

[0109] また、例えば、図4Aに示すように、レバー装置26Aは、オペレータ等がブーム4に対応するブームシリンダ7を操作するために用いられる。レバー装置26Aは、パイロットポンプ15から吐出される作動油を利用して、その操作内容に応じたパイロット圧を二次側に出力する。

[0110] シャトル弁32ALは、二つの入口ポートが、それぞれ、ブーム4の上げ方向の操作（以下、「ブーム上げ操作」）に対応するレバー装置26Aの二次側のパイロットラインと、比例弁31ALの二次側のパイロットラインとに接続され、出口ポートが、制御弁175Lの右側のパイロットポート及び制御弁175Rの左側のパイロットポートに接続される。

[0111] シャトル弁32ARは、二つの入口ポートが、それぞれ、ブーム4の下げ方向の操作（以下、「ブーム下げ操作」）に対応するレバー装置26Aの二次側のパイロットラインと、比例弁31ARの二次側のパイロットラインとに接続され、出口ポートが、制御弁175Rの右側のパイロットポートに接続される。

[0112] つまり、レバー装置26Aは、シャトル弁32AL、32ARを介して、操作内容（例えば、操作方向及び操作量）に応じたパイロット圧を制御弁175L、175Rのパイロットポートに作用させる。具体的には、レバー装置26Aは、ブーム上げ操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧をシャトル弁32ALの一方の入口ポートに出力し、シャトル弁32ALを介して、制御弁175Lの右側のパイロットポートと制御弁175Rの左側のパイロットポートに作用させる。また、レバー装置26Aは、ブーム下げ操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧をシャトル弁32ARの一方の入口ポートに出力し、シャトル弁32ARを介して、制御弁175Rの右側のパイロットポートに作用させる。

- [0113] 比例弁31ALは、コントローラ30から入力される制御電流に応じて動作する。具体的には、比例弁31ALは、パイロットポンプ15から吐出される作動油を利用して、コントローラ30から入力される制御電流に応じたパイロット圧をシャトル弁32ALの他方の入口ポートに出力する。これにより、比例弁31ALは、シャトル弁32ALを介して、制御弁175Lの右側のパイロットポート及び制御弁175Rの左側のパイロットポートに作用するパイロット圧を調整することができる。
- [0114] 比例弁31ARは、コントローラ30から入力される制御電流に応じて動作する。具体的には、比例弁31ARは、パイロットポンプ15から吐出される作動油を利用して、コントローラ30から入力される制御電流に応じたパイロット圧をシャトル弁32ARの他方の入口ポートに出力する。これにより、比例弁31ARは、シャトル弁32ARを介して、制御弁175Rの右側のパイロットポートに作用するパイロット圧を調整することができる。
- [0115] つまり、比例弁31AL、31ARは、レバー装置26Aの操作状態に依らず、制御弁175L、175Rを任意の弁位置で停止できるように、二次側に出力するパイロット圧を調整することができる。
- [0116] 比例弁33ALは、比例弁31ALと同様に、マシンコントロール用制御弁として機能する。比例弁33ALは、操作装置26とシャトル弁32ALとを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁33ALは、コントローラ30が出力する制御指令に応じて動作する。そのため、コントローラ30は、操作者による操作装置26の操作とは無関係に、操作装置26が吐出する作動油の圧力を減圧した上で、シャトル弁32ALを介し、コントロールバルブ17内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。
- [0117] 同様に、比例弁33ARは、マシンコントロール用制御弁として機能する。比例弁33ARは、操作装置26とシャトル弁32ARとを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁33ARは、コントローラ30が出力する制御指令に応

じて動作する。そのため、コントローラ30は、操作者による操作装置26の操作とは無関係に、操作装置26が吐出する作動油の圧力を減圧した上で、シャトル弁32ARを介し、コントロールバルブ17内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。

[0118] 操作圧センサ29Aは、オペレータによるレバー装置26Aに対する操作内容を圧力（操作圧）の形で検出し、検出された圧力に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。これにより、コントローラ30は、レバー装置26Aに対する操作内容を把握できる。

[0119] コントローラ30は、オペレータによるレバー装置26Aに対するブーム上げ操作とは無関係に、パイロットポンプ15から吐出される作動油を、比例弁31AL及びシャトル弁32ALを介して、制御弁175Lの右側のパイロットポート及び制御弁175Rの左側のパイロットポートに供給させることができる。また、コントローラ30は、オペレータによるレバー装置26Aに対するブーム下げ操作とは無関係に、パイロットポンプ15から吐出される作動油を、比例弁31AR及びシャトル弁32ARを介して、制御弁175Rの右側のパイロットポートに供給できる。即ち、コントローラ30は、ブーム4の上げ下げの動作を自動制御することができる。また、コントローラ30は、特定の操作装置26に対する操作が行われている場合であっても、その特定の操作装置26に対応する油圧アクチュエータの動作を強制的に停止させることができる。

[0120] 比例弁33ALは、コントローラ30が出力する制御指令（電流指令）に応じて動作する。そして、パイロットポンプ15からレバー装置26A、比例弁33AL、及びシャトル弁32ALを介して制御弁175Lの右側パイロットポート及び制御弁175Rの左側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を減圧する。比例弁33ARは、コントローラ30が出力する制御指令（電流指令）に応じて動作する。そして、パイロットポンプ15からレバー装置26A、比例弁33AR、及びシャトル弁32ARを介して制御弁175Rの右側パイロットポートに導入される作動油によるパ

イロット圧を減圧する。比例弁 33AL、33AR は、制御弁 175L、175R を任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。

[0121] この構成により、コントローラ 30 は、操作者によるブーム上げ操作が行われている場合であっても、必要に応じて、制御弁 175 の上げ側のパイロットポート（制御弁 175L の左側パイロットポート及び制御弁 175R の右側パイロットポート）に作用するパイロット圧を減圧し、ブーム 4 の閉じ動作を強制的に停止させることができる。操作者によるブーム下げ操作が行われているときにブーム 4 の下げ動作を強制的に停止させる場合についても同様である。

[0122] 或いは、コントローラ 30 は、操作者によるブーム上げ操作が行われている場合であっても、必要に応じて、比例弁 31AR を制御し、制御弁 175 の上げ側のパイロットポートの反対側にある、制御弁 175 の下げ側のパイロットポート（制御弁 175R の右側パイロットポート）に作用するパイロット圧を増大させ、制御弁 175 を強制的に中立位置に戻すことで、ブーム 4 の上げ動作を強制的に停止させてもよい。この場合、比例弁 33AL は省略されてもよい。操作者によるブーム下げ操作が行われている場合にブーム 4 の下げ動作を強制的に停止させる場合についても同様である。

[0123] 図 4B に示すように、レバー装置 26B は、オペレータ等がバケット 6 に対応するバケットシリンダ 9 を操作するために用いられる。レバー装置 26B は、パイロットポンプ 15 から吐出される作動油を利用して、その操作内容に応じたパイロット圧を二次側に出力する。

[0124] シャトル弁 32BL は、二つの入口ポートが、それぞれ、バケット 6 の閉じ方向の操作（以下、「バケット閉じ操作」）に対応するレバー装置 26B の二次側のパイロットラインと、比例弁 31BL の二次側のパイロットラインとに接続され、出口ポートが、制御弁 174 の左側のパイロットポートに接続される。

[0125] シャトル弁 32BR は、二つの入口ポートが、それぞれ、バケット 6 の開き方向の操作（以下、「バケット開き操作」）に対応するレバー装置 26B

の二次側のパイロットラインと、比例弁 3 1 B R の二次側のパイロットラインとに接続され、出口ポートが、制御弁 1 7 4 の右側のパイロットポートに接続される。

[0126] つまり、レバー装置 2 6 B は、シャトル弁 3 2 B L, 3 2 B R を介して、操作内容に応じたパイロット圧を制御弁 1 7 4 のパイロットポートに作用させる。具体的には、レバー装置 2 6 B は、バケット閉じ操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧をシャトル弁 3 2 B L の一方の入口ポートに出力し、シャトル弁 3 2 B L を介して、制御弁 1 7 4 の左側のパイロットポートに作用させる。また、レバー装置 2 6 B は、バケット開き操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧をシャトル弁 3 2 B R の一方の入口ポートに出力し、シャトル弁 3 2 B R を介して、制御弁 1 7 4 の右側のパイロットポートに作用させる。

[0127] 比例弁 3 1 B L は、コントローラ 3 0 から入力される制御電流に応じて動作する。具体的には、比例弁 3 1 B L は、パイロットポンプ 1 5 から吐出される作動油を利用して、コントローラ 3 0 から入力される制御電流に応じたパイロット圧をシャトル弁 3 2 B L の他方のパイロットポートに出力する。これにより、比例弁 3 1 B L は、シャトル弁 3 2 B L を介して、制御弁 1 7 4 の左側のパイロットポートに作用するパイロット圧を調整することができる。

[0128] 比例弁 3 1 B R は、コントローラ 3 0 が出力する制御電流に応じて動作する。具体的には、比例弁 3 1 B R は、パイロットポンプ 1 5 から吐出される作動油を利用して、コントローラ 3 0 から入力される制御電流に応じたパイロット圧をシャトル弁 3 2 B R の他方のパイロットポートに出力する。これにより、比例弁 3 1 B R は、シャトル弁 3 2 B R を介して、制御弁 1 7 4 の右側のパイロットポートに作用するパイロット圧を調整することができる。

[0129] つまり、比例弁 3 1 B L, 3 1 B R は、レバー装置 2 6 B の操作状態に依らず、制御弁 1 7 4 を任意の弁位置で停止できるように、二次側に出力するパイロット圧を調整することができる。

- [0130] 比例弁33BLは、比例弁31BLと同様に、マシンコントロール用制御弁として機能する。比例弁33BLは、操作装置26とシャトル弁32BLとを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁33BLは、コントローラ30が出力する制御指令に応じて動作する。そのため、コントローラ30は、操作者による操作装置26の操作とは無関係に、操作装置26が吐出する作動油の圧力を減圧した上で、シャトル弁32BLを介し、コントロールバルブ17内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。
- [0131] 同様に、比例弁33BRは、マシンコントロール用制御弁として機能する。比例弁33BRは、操作装置26とシャトル弁32BRとを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁33BRは、コントローラ30が出力する制御指令に応じて動作する。そのため、コントローラ30は、操作者による操作装置26の操作とは無関係に、操作装置26が吐出する作動油の圧力を減圧した上で、シャトル弁32BRを介し、コントロールバルブ17内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。
- [0132] 操作圧センサ29Bは、オペレータによるレバー装置26Bに対する操作内容を圧力（操作圧）の形で検出し、検出された圧力に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。これにより、コントローラ30は、レバー装置26Bの操作内容を把握できる。
- [0133] コントローラ30は、オペレータによるレバー装置26Bに対するバケット閉じ操作とは無関係に、パイロットポンプ15から吐出される作動油を、比例弁31BL及びシャトル弁32BLを介して、制御弁174の左側のパイロットポートに供給させることができる。また、コントローラ30は、オペレータによるレバー装置26Bに対するバケット開き操作とは無関係に、パイロットポンプ15から吐出される作動油を、比例弁31BR及びシャトル弁32BRを介して、制御弁174の右側のパイロットポートに供給させることができる。即ち、コントローラ30は、バケット6の開閉動作を自動

制御することができる。また、コントローラ30は、特定の操作装置26に対する操作が行われている場合であっても、その特定の操作装置26に対応する油圧アクチュエータの動作を強制的に停止させることができる。

[0134] なお、操作者によるバケット閉じ操作又はバケット開き操作が行われている場合にバケット6の動作を強制的に停止させる比例弁33BL, 33BRの操作は、操作者によるブーム上げ操作又はブーム下げ操作が行われている場合にブーム4の動作を強制的に停止させる比例弁33AL, 33ARの操作と同様であり、重複する説明を省略する。

[0135] また、例えば、図4Cに示すように、レバー装置26Cは、オペレータ等が上部旋回体3（旋回機構2）に対応する旋回油圧モータ2Aを操作するために用いられる。レバー装置26Cは、パイロットポンプ15から吐出される作動油を利用して、その操作内容に応じたパイロット圧を二次側に出力する。

[0136] シャトル弁32CLは、二つの入口ポートが、それぞれ、上部旋回体3の左方向の旋回操作（以下、「左旋回操作」）に対応するレバー装置26Cの二次側のパイロットラインと、比例弁31CLの二次側のパイロットラインとに接続され、出口ポートが、制御弁173の左側のパイロットポートに接続される。

[0137] シャトル弁32CRは、二つの入口ポートが、それぞれ、上部旋回体3の右方向の旋回操作（以下、「右旋回操作」）に対応するレバー装置26Cの二次側のパイロットラインと、比例弁31CRの二次側のパイロットラインとに接続され、出口ポートが、制御弁173の右側のパイロットポートに接続される。

[0138] つまり、レバー装置26Cは、シャトル弁32CL, 32CRを介して、左右方向への操作内容に応じたパイロット圧を制御弁173のパイロットポートに作用させる。具体的には、レバー装置26Cは、左旋回操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧をシャトル弁32CLの一方の入口ポートに出力し、シャトル弁32CLを介して、制御弁173の左側のパイロ

トポートに作用させる。また、レバー装置 26C は、右旋回操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧をシャトル弁 32CR の一方の入口ポートに出力し、シャトル弁 32CR を介して、制御弁 173 の右側のパイロットポートに作用させる。

[0139] 比例弁 31CL は、コントローラ 30 から入力される制御電流に応じて動作する。具体的には、比例弁 31CL は、パイロットポンプ 15 から吐出される作動油を利用して、コントローラ 30 から入力される制御電流に応じたパイロット圧をシャトル弁 32CL の他方のパイロットポートに出力する。これにより、比例弁 31CL は、シャトル弁 32CL を介して、制御弁 173 の左側のパイロットポートに作用するパイロット圧を調整することができる。

[0140] 比例弁 31CR は、コントローラ 30 が出力する制御電流に応じて動作する。具体的には、比例弁 31CR は、パイロットポンプ 15 から吐出される作動油を利用して、コントローラ 30 から入力される制御電流に応じたパイロット圧をシャトル弁 32CR の他方のパイロットポートに出力する。これにより、比例弁 31CR は、シャトル弁 32CR を介して、制御弁 173 の右側のパイロットポートに作用するパイロット圧を調整することができる。

[0141] つまり、比例弁 31CL, 31CR は、レバー装置 26C の操作状態に依らず、制御弁 173 を任意の弁位置で停止できるように、二次側に出力するパイロット圧を調整することができる。

[0142] 比例弁 33CL は、比例弁 31CL と同様に、マシンコントロール用制御弁として機能する。比例弁 33CL は、操作装置 26 とシャトル弁 32CL とを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁 33CL は、コントローラ 30 が出力する制御指令に応じて動作する。そのため、コントローラ 30 は、操作者による操作装置 26 の操作とは無関係に、操作装置 26 が吐出する作動油の圧力を減圧した上で、シャトル弁 32CL を介し、コントロールバルブ 17 内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。

- [0143] 同様に、比例弁33CRは、マシンコントロール用制御弁として機能する。比例弁33CRは、操作装置26とシャトル弁32CRとを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁33CRは、コントローラ30が出力する制御指令に応じて動作する。そのため、コントローラ30は、操作者による操作装置26の操作とは無関係に、操作装置26が吐出する作動油の圧力を減圧した上で、シャトル弁32CRを介し、コントロールバルブ17内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。
- [0144] 操作圧センサ29Cは、オペレータによるレバー装置26Cに対する操作状態を圧力として検出し、検出された圧力に対応する検出信号は、コントローラ30に取り込まれる。これにより、コントローラ30は、レバー装置26Cに対する左右方向への操作内容を把握できる。
- [0145] コントローラ30は、オペレータによるレバー装置26Cに対する左旋回操作とは無関係に、パイロットポンプ15から吐出される作動油を、比例弁31CL及びシャトル弁32CLを介して、制御弁173の左側のパイロットポートに供給させることができる。また、コントローラ30は、オペレータによるレバー装置26Cに対する右旋回操作とは無関係に、パイロットポンプ15から吐出される作動油を、比例弁31CR及びシャトル弁32CRを介して、制御弁173の右側のパイロットポートに供給させることができる。即ち、コントローラ30は、上部旋回体3の左右方向への旋回動作を自動制御することができる。また、コントローラ30は、特定の操作装置26に対する操作が行われている場合であっても、その特定の操作装置26に対応する油圧アクチュエータの動作を強制的に停止させることができる。
- [0146] なお、操作者による旋回操作が行われている場合に上部旋回体3の動作を強制的に停止させる比例弁33CL、33CRの操作は、操作者によるブーム上げ操作又はブーム下げ操作が行われている場合にブーム4の動作を強制的に停止させる比例弁33AL、33ARの操作と同様であり、重複する説明を省略する。

[0147] 尚、ショベル100は、更に、アーム5を自動的に開閉させる構成、及び、下部走行体1を自動的に前進・後進させる構成を備えていてもよい。この場合、油圧システムのうち、アームシリンダ8の操作系に関する構成部分、走行油圧モータ1Lの操作系に関する構成部分、及び、走行油圧モータ1Rの操作に関する構成部分は、ブームシリンダ7の操作系に関する構成部分等（図4A～4C）と同様に構成されてよい。

[0148] [ショベルの土砂荷重検出機能に関する構成の詳細]

次に、図5を参照して、本実施形態に係るショベル100の土砂荷重検出機能に関する構成の詳細について説明する。図5は、本実施形態に係るショベル100のうちの土砂荷重検出機能に関する構成部分の一例を概略的に示す図である。

[0149] 図3で前述したように、コントローラ30は、バケット6で掘削した土砂の荷重を検出する機能に関する機能部として、土砂荷重処理部60を含む。

[0150] 土砂荷重処理部60は、積載物重量算出部61と、最大積載量検出部62と、加算積載量算出部63と、残積載量算出部64と、積載物重心推定部65と、を有する。

[0151] ここで、本実施形態に係るショベル100によるダンプトラックDTへの土砂（積載物）の積み込み作業の動作の一例について説明する。

[0152] まず、ショベル100は、掘削位置において、アタッチメントを制御してバケット6により土砂を掘削する（掘削動作）。次に、ショベル100は、上部旋回体3を旋回させ、バケット6を掘削位置から放土位置へと移動する（旋回動作）。放土位置の下方には、ダンプトラックDTの荷台が配置されている。次に、ショベル100は、放土位置において、アタッチメントを制御してバケット6内の土砂を放土することにより、バケット6内の土砂をダンプトラックDTの荷台へと積み込む（放土動作）。次に、ショベル100は、上部旋回体3を旋回させ、バケット6を放土位置から掘削位置へと移動する（旋回動作）。これらの動作を繰り返すことにより、ショベル100は、掘削した土砂をダンプトラックDTの荷台へと積み込む。

[0153] 積載物重量算出部61は、ショベル100が規定動作を行うと、バケット6内の土砂（積載物）の重量を算出する。ここで、規定動作とは、土砂重量の算出を開始するための開始要件であり、例えば、ブーム4を所定の角度まで上げる、上部旋回体3を回転させ所定時間経過する等である。

[0154] 土砂重量は、例えば、ブーム4の根元回りのトルクの釣り合いで算出される。具体的には、バケット6内の土砂によってブームシリンダ7の推力が増加し、ブームシリンダ7の推力から算出されるブーム4の根元回りのトルクも増加する。トルクの増加分と、土砂重量及び土砂重心から計算されるトルクとが、一致する。このように、積載物重量算出部61は、ブームシリンダ7の推力（ブームロッド圧センサS7R、ブームボトム圧センサS7Bの測定値）及び土砂重心に基づいて、土砂重量を算出することができる。なお、土砂重心は、後述する積載物重心推定部65によって推定される。なお、ブームシリンダ7の推力に基づいて土砂重量を算出する例を説明したが、土砂重量の算出方法はこれに限られるものではない。アームシリンダ8の推力（アームロッド圧センサS8R、アームボトム圧センサS8Bの測定値）に基づいて土砂重量を算出してもよく、バケットシリンダ9（バケットロッド圧センサS9R、バケットボトム圧センサS9Bの測定値）の推力に基づいて土砂重量を算出してもよい。また、上部旋回体3を回転させる際の旋回油圧モータ2Aの旋回トルク（油圧センサ21, 22の測定値）に基づいて土砂重量を算出してもよい。

[0155] 最大積載量検出部62は、土砂を積載する対象のダンプトラックDTの最大積載量を検出する。例えば、最大積載量検出部62は、撮像装置S6で撮像された画像に基づいて、土砂を積載する対象のダンプトラックDTを特定する。次に、最大積載量検出部62は、特定されたダンプトラックDTの画像に基づいて、ダンプトラックDTの最大積載量を検出する。例えば、最大積載量検出部62は、特定されたダンプトラックDTの画像に基づいて、ダンプトラックDTの車種（サイズ等）を判定する。最大積載量検出部62は、車種と最大積載量とを対応付けしたテーブルを有しており、画像から判定

した車種及びテーブルに基づいて、ダンプトラックD Tの最大積載量を求める。なお、入力装置4 2によってダンプトラックD Tの最大積載量、車種等が入力され、最大積載量検出部6 2は、入力装置4 2の入力情報に基づいて、ダンプトラックD Tの最大積載量を求めてもよい。

[0156] 加算積載量算出部6 3は、ダンプトラックD Tに積載された土砂重量を算出する。即ち、バケット6内の土砂がダンプトラックD Tの荷台に放土されるごとに、加算積載量算出部6 3は、積載物重量算出部6 1で算出されたバケット6内の土砂重量を加算して、ダンプトラックD Tの荷台に積載された土砂重量の合計である加算積載量（合計重量）を算出する。なお、土砂を積載する対象のダンプトラックD Tが新しいダンプトラックD Tとなった場合には、加算積載量はリセットされる。

[0157] 残積載量算出部6 4は、最大積載量検出部6 2で検出したダンプトラックD Tの最大積載量と、加算積載量算出部6 3で算出した現在の加算積載量との差を残積載量として算出する。残積載量とは、ダンプトラックD Tに積載可能な土砂の残りの重量である。

[0158] 積載物重心推定部6 5は、バケット6内の土砂（積載物）の重心を推定する。積載物重心推定部6 5は、例えば、第1から第2の重心推定方法のいずれかを用いて土砂の重心の位置を推定する。

[0159] （第1の重心推定方法）

積載物重心推定部6 5による第1の重心推定方法について説明する。前述のように、本実施形態に係るバケット角度を検出するセンサを有していない。このため、バケット6の姿勢をセンサで直接検知することはできない構成となっている。

[0160] ところで、土砂重量を測定する場面（規定動作時）では、オペレータは、掘削した土砂がバケット6からこぼれないようにするために、バケット6が水平となるように操作装置2 6を操作する。このため、積載物重心推定部6 5は、土砂重量を測定する場面（規定動作時）において、バケット6の姿勢をセンサで直接検知せずとも、バケット6が水平であるものとみなして、土

砂重心を推定する。そして、積載物重量算出部61は、推定された土砂重心に基づいて、土砂重量を算出する。ここで、バケット6角度の推定角度は、必ずしも水平でなくともよい。予め定められた所定の角度（例えば、水平より5度開いた角度等）を推定角度と設定し、所定の角度であるものとみなして土砂重心とバケット重心を推定してもよい。また、コントローラ30は、バケット6に積載された土砂形状は、ほぼ同一形状とみなして土砂重心を算出する。

[0161] 図6A及び図6Bを用いて更に説明する。図6A及び図6Bは、ショベル100のアタッチメントにおける土砂重量の算出及び土砂重心の推定に関するパラメータを説明する模式図である。図6Aはショベル100を示し、図6Bはバケット6付近を示す。なお、以下の説明において、後述するピンP1とバケット重心G3及び土砂重心G_sが水平線L1上に配置されているものとして説明する。

[0162] ここで、上部旋回体3とブーム4を連結するピンをP1とする。上部旋回体3とブームシリンダ7を連結するピンをP2とする。ブーム4とブームシリンダ7を連結するピンをP3とする。ブーム4とアームシリンダ8を連結するピンをP4とする。アーム5とアームシリンダ8を連結するピンをP5とする。ブーム4とアーム5を連結するピンをP6とする。アーム5とバケット6を連結するピンをP7とする。また、ブーム4の重心をG1とする。アーム5の重心をG2とする。バケット6の重心をG3とする。バケット6に積載された土砂（積載物）の重心をG_sとする。基準線L2は、ピンP7を通りバケット6の開口面と平行な線とする。また、ピンP1とブーム4の重心G4との距離をD1とする。ピンP1とアーム5の重心G5との距離をD2とする。ピンP1とバケット6の重心G6との距離をD3とする。ピンP1と土砂の重心G_sとの距離をD_sとする。ピンP2とピンP3を結ぶ直線と、ピンP1との距離をD_cとする。また、ブームシリンダ7のシリンダ圧の検出値をF_bとする。また、ブーム重量のうち、ピンP1とブーム重心G1を結ぶ直線に対して垂直方向の垂直成分をW1_aとする。アーム重量の

うち、ピンP 1とアーム重心G 2を結ぶ直線に対して垂直方向の垂直成分をW 2 aとする。バケット6の重量をW 6とし、バケット6に積載された土砂（積載物）の重量をW sとする。

[0163] 図6 Aに示すように、ピンP 7の位置は、ブーム角度及びアーム角度により算出される。即ち、ピンP 7の位置は、ブーム角度センサS 1及びアーム角度センサS 2の検出値に基づいて算出することができる。

[0164] また、図6 Bに示すように、ピンP 7とバケット重心G 3との位置関係（バケット6の基準線L 2と、ピンP 7とバケット重心G 3を結ぶ直線との角度 $\theta 4$ 。ピンP 7とバケット重心G 3との距離D 4。）は、規定値である。また、ピンP 7と土砂重心G sとの位置関係（バケット6の基準線L 2と、ピンP 7と土砂重心G sを結ぶ直線との角度 $\theta 5$ 。ピンP 7と土砂重心G sとの距離D 5。）は、例えば、実験的に予め求めてコントローラ30に記憶させておく。

[0165] ここで、土砂重量を算出する規定動作時において、バケット6の姿勢を水平（即ち、基準線L 2が水平）とみなすことで、バケット6の姿勢は一意に定まり、土砂重心G sとバケット重心G 3を推定することができる。ここで、バケット6角度の推定角度は、必ずしも水平でなくともよい。予め定められた所定の角度（例えば、水平より5度開いた角度等）を推定角度と設定し、所定の角度であるものとみなして土砂重心とバケット重心を推定してもよい。また、コントローラ30は、バケット6に積載された土砂形状は、ほぼ同一形状とみなして土砂重心を算出する。

[0166] 即ち、積載物重心推定部65は、ブーム角度センサS 1及びアーム角度センサS 2の検出値に基づいて、土砂重心G sを推定することができる。

[0167] 次に、ピンP 1回りの各モーメントとブームシリンダ7との釣り合いの式は、以下の式（1）で表すことができる。

$$W_s D_s + W_{1a} D_{1a} + W_{2a} D_{2a} + W_{3D} D_{3D} = F_b D_c \quad \cdot$$

・・・（1）

[0169] 式（1）を土砂重量W sについて展開すると、以下の式（2）で表すこと

ができる。

$$[0170] \quad W_s = (F_b D_c - (W_{1a} D_1 + W_{2a} D_2 + W_3 D_3)) / D_s \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0171] ここで、ブームシリンダ7のシリンダ圧の検出値 F_b は、ブームロッド圧センサ S_{7R} 、ブームボトム圧センサ S_{7B} により算出される。距離 D_c 、垂直成分の重量 W_{1a} は、ブーム角度センサ S_1 により算出される。垂直成分の重量 W_{2a} 、距離 D_2 は、ブーム角度センサ S_1 及びアーム角度センサ S_2 により算出される。距離 D_1 、重量 W_3 は既知の値である。また、土砂重心 G_s とバケット重心 G_3 を推定したことにより、距離 D_s 、距離 D_3 も推定される。

[0172] よって、土砂重量 W_s は、ブームシリンダ7のシリンダ圧の検出値（ブームロッド圧センサ S_{7R} 、ブームボトム圧センサ S_{7B} の検出値）、ブーム角度（ブーム角度センサ S_1 の検出値）及びアーム角度（アーム角度センサ S_2 の検出値）に基づいて算出することができる。これにより、積載物重量算出部61は、積載物重心推定部65で推定した土砂重心 G_s に基づいて土砂重量 W_s を算出することができる。

[0173] なお、ショベル100が規定動作時であるか否かは、バケットシリンダ9のパイロットの検出値に基づいて、アタッチメントの姿勢を推定し、判定することができる。

[0174] なお、規定動作時におけるバケット6の姿勢は水平であるものとみなして、土砂重心を推定し、土砂重量を算出するものとして説明したが、これに限られるものではない。例えば、前方を撮像するカメラ S_{6F} でバケット6を撮像し、その画像に基づいて、バケット6の姿勢を推定してもよい。また、カメラ S_{6F} でバケット6を撮像し、その画像に基づいて、バケット6の姿勢が水平であると判定した場合に土砂重心の推定、土砂荷重の算出を行ってもよい。

[0175] （第2の重心推定方法）

次に、積載物重心推定部65により土砂重心を推定する他の方法について

説明する。

[0176] 図2に示すように、バケットシリンダ9に対応する制御弁174のスプールの変位を検出するスプール変位センサ184を備えている。積載物重心推定部65は、スプール変位センサ184の検出値に基づいて、制御弁174を通過する作動油の流量（通過流量）の推定値Q1を導き出す。例えば、式（3）～式（7）を用いて推定値Q1を導き出す。

[0177] [数1]

$$Q_1 = c \times A \times \sqrt{\frac{2 \times \Delta P}{\rho}} \quad \dots (3)$$

$$F_s = -2 \times C_d \times A \times \Delta P \times \cos \phi = k \times (x - x_N) \quad \dots (4)$$

$$A = f(x) \quad \dots (5)$$

$$\Delta P = \frac{k \times (x_N - x)}{2 \times C_d \times A \times \cos \phi} = \frac{k \times (x_N - x)}{2 \times C_d \times f(x) \times \cos \phi} \quad \dots (6)$$

$$Q_1 = c \times A \times \sqrt{\frac{2 \times \Delta P}{\rho}} = \sqrt{\frac{C_d \times A \times k \times (x_N - x)}{\rho \times \cos \phi}} = \sqrt{\frac{C_d \times f(x) \times k \times (x_N - x)}{\rho \times \cos \phi}} \quad \dots (7)$$

[0178] 式（3）は制御弁を通過する作動油の流量に関する。式（3）において、cは流量係数を表し、Aは制御弁の開口面積を表し、ρは作動油の密度を表し、ΔPは制御弁174の前後の圧力差を表す。本実施例では、c及びρは予め記憶されている値である。

[0179] 式（4）は、制御弁を通過する作動油が制御弁に及ぼす流体力に関する。式（4）において、Fsは制御弁を通過する作動油の流体力を表し、Cdは流量係数を表す。φは制御弁の移動方向と作動油の流れ方向との間の角度である流入角度を表し、kは制御弁を中立弁位置に戻すためのリターンスプリングのばね定数を表す。本実施例では、Cd、φ及びkは予め記憶されている値である。xは通油時（作動油が実際に制御弁を通過するとき）における

制御弁のスプール変位量を表し、 x_N は無通油時（作動油が制御弁を通過しないとき、すなわち、真空中で制御弁が動作するとき）における制御弁のスプール変位量を表す。本実施例では、スプール変位量 x は、スプール制御指令に応じた実際のスプール変位量であり、スプール変位センサ184の検出値である。無通油時スプール変位量 x_N は、スプール制御指令に応じて決まる理論的なスプール変位量であり、スプール制御指令の値に対応付けて予め記憶されている。このように、式(4)は、流体力 F_s がスプール変位量 x から一意に決まることを表す。

[0180] 式(5)は制御弁の開口面積 A が通油時における制御弁のスプール変位量 x の関数であることを表す。すなわち、開口面積 A がスプール変位量 x から一意に決まることを表す。また、式(6)は、式(4)と式(5)から導き出され、圧力差 ΔP がスプール変位量 x から一意に決まることを表す。そして、式(7)は式(3)～式(6)から導き出され、推定値 Q_1 がスプール変位量 x から一意に決まることを表す。

[0181] このように、積載物重心推定部65は、スプール変位センサ184の検出値であるスプール変位量 x と式(7)とに基づいて推定値 Q_1 を導き出すことができる。また、必ずしもスプール変位センサ184は必要ではない。例えば、パイロット圧（レバー操作量）に対するスプールの開口特性に基づいてスプールの開口面積 A を推定することで、推定値 Q_1 を導き出すこともできる。

[0182] また、積載物重心推定部65は、バケットシリンダ9を流れる作動油の流量（推定値 Q_1 ）の積分値から、バケットシリンダ9のストロークを推定する。更に、積載物重心推定部65は、推定したストロークに基づいてバケット角度を推定する。更に、積載物重心推定部65は、推定したバケット角度に基づいて、土砂重心を推定する。図6A及び図6Bに示すように、ピンP7の位置は、ブーム角度センサS1及びアーム角度センサS2の検出値に基づいて算出することができる。また、ピンP7に対する土砂重心 G_s の位置は、推定したバケット角度に基づいて推定することができる。

- [0183] 即ち、積載物重心推定部65は、スプール変位センサ184の検出値に基づいて、土砂重心 G_s を推定することができる。これにより、積載物重量算出部61は、積載物重心推定部65で推定した土砂重心 G_s に基づいて土砂重量 W_s を算出することができる。
- [0184] 図7は、アタッチメントの制御フロー図である。コントローラ30は、所定周期で繰り返しこの処理を実行する。
- [0185] 図7の例では、アタッチメント自動制御処理は、パイロット式スプール弁を備えたショベルで実行される。しかしながら、アタッチメント自動制御処理は、例えば、電磁式のスプール型の制御弁（電磁スプール弁）を備えたショベルで実行されてもよい。
- [0186] オペレータがレバー装置26Bを操作することにより、操作量に応じたパイロット圧が制御弁174のパイロットポートに作用する。また、比例弁31BLを利用して、コントローラ30から入力される制御電流に応じたパイロット圧が制御弁174のパイロットポートに作用する。これにより、制御弁174のスプールが変位する（ステップST1）。
- [0187] スプールが変位すると、制御弁174を通過する作動油の流れ、すなわち、バケットシリンダ9に流入する作動油の流れが生成される（ステップST2）。ここでは、パイロット圧に応じて変位したスプールによって形成される開口を通過してバケットシリンダ9に流入する作動油の流れが生成される。
- [0188] バケットシリンダ9に作動油が流入すると、バケットシリンダ9は伸縮する（ステップST3）。ここでバケットシリンダ9は、作動油の流入量（推定値 Q_1 ）に応じた速度 v で伸縮する。
- [0189] その後、積載物重心推定部65は、バケットシリンダ9の変位を算出する（ステップST4）。ここで、速度 v の積分値からバケットシリンダ9のストロークを推定する。換言すれば、作動油の流量（推定値 Q_1 ）の積分値から、バケットシリンダ9のストロークを推定する。
- [0190] 以上、本実施形態に係るショベル100によれば、掘削された土砂重量を検出することができる。また、本実施形態に係るショベル100によれば、

積載物重心推定部65により土砂重心を推定し、推定した土砂重心に基づいて土砂重量を算出することができる。また、コントローラ30は、バケット6に積載された土砂形状は、ほぼ同一形状とみなして土砂重心を算出する。

[0191] ところで、例えば、ショベル100が水底の土砂を掘削する場合、アーム下方及びバケットが水没する。この際、従来（例えば特許文献1）のショベルでは、バケットシリンダのストロークを検出するセンサも水没する。このため、バケットシリンダのセンサは、ブーム角度計、アーム角度計と比較して、耐水性、耐塵性、防錆性、耐衝撃性等が求められる。このため、バケットシリンダのセンサは、耐水性等の要求を満たす高価なセンサが用いられている。

[0192] これに対し、本実施形態に係るショベル100によれば、バケットシリンダのストロークを計測するセンサを不要とすることができる。これにより、本実施形態に係るショベル100は、バケット6に積載された土砂荷重を検知する機能を有しつつ、高価なセンサを不要として、ショベル100のコストを下げることができる。また、部品点数を削減することにより、ショベル100の信頼性が向上する。

[0193] また、ダンプトラックDTに積載された土砂重量を算出することができる。これにより、ダンプトラックDTの過積載を防止することができる。例えば、作業現場から公道へ出る前にトラックスケール等によりダンプトラックDTの積載量がチェックされる。積載量が最大積載量を超えている場合、ダンプトラックDTはショベル100の位置まで戻り、積載している土砂を減らす作業が必要である。このため、ダンプトラックDTの運用効率が低下する。また、ダンプトラックDTの積載不足は、土砂を運搬するダンプトラックDTの延べ台数を増加させ、ダンプトラックDTの運用効率が低下する。これに対し、本実施形態に係るショベル100によれば、過積載を防止しつつ、土砂をダンプトラックDTに積載することができるので、ダンプトラックDTの運用効率を向上させることができる。

[0194] 表示装置40には、積載物重量算出部61で算出されたバケット6内の土

砂重量、最大積載量検出部 6 2 で検出されたダンプトラック D T の最大積載量、加算積載量算出部 6 3 で算出されたダンプトラック D T の加算積載量（荷台に積載された土砂重量の合計）、残積載量算出部 6 4 で算出されたダンプトラック D T の残積載量（積載可能な土砂の残りの重量）が表示されてもよい。これにより、ショベル 1 0 0 に搭乗するオペレータは、これらの表示を参照しながら作業を行うことにより、ダンプトラック D T に土砂を積載することができる。

[0195] なお、加算積載量が最大積載量を超えた場合、表示装置 4 0 に警告が出るように構成されていてもよい。また、算出されたバケット 6 内の土砂重量が残積載量を超える場合、表示装置 4 0 に警告が出るように構成されていてもよい。なお、警告は、表示装置 4 0 に表示される場合に限られず、音声出力装置 4 3 による音声出力であってもよい。これにより、ダンプトラック D T の最大積載量を超えて土砂が積載されることを防止することができる。

[0196] [ショベルの掘削・積込動作]

ショベル 1 0 0 の「掘削・積込み動作」の作業の流れについて図 8 を用いて説明する。図 8 は、ショベル 1 0 0 の「掘削・積込み動作」の作業流れを説明する説明図である。

[0197] 図 8 (A) ~ 図 8 (D) は、掘削動作が行われている状態（掘削動作区間）を示す。また、掘削動作は、図 8 (A) 及び図 8 (B) の掘削動作前半と、図 8 (C) 及び図 8 (D) の掘削動作後半と、に分けられる。

[0198] 図 8 (A) に示すように、オペレータはバケット 6 の先端が掘削対象に関して所望の高さ位置に来るように位置決めし、図 8 (B) に示すようにアーム 5 を開いた状態からアーム 5 が地面に対して略垂直になる角度（約 9 0 度）まで閉じる。この動作により、ある程度の深さの土が掘削され、アーム 5 が地表面に略垂直になるまでに、掘削対象がかき寄せられる。以上の動作を掘削動作前半と称し、この動作区間を掘削動作前半区間と称する。

[0199] 図 8 (C) に示すように、オペレータはアーム 5 を更に閉じて、掘削対象をバケット 6 により更にかき寄せる。そして、バケット 6 を上縁が略水平と

なるまで（約90度）閉じて、かき集めた掘削土をバケット6内に収納し、ブーム4を上げてバケット6を図8（D）に示す位置まで上げる。以上の動作を掘削動作後半と称し、この動作区間を掘削動作後半区間と称する。図8（C）の動作は、アーム5とバケット6との複合動作であってよい。なお、ブーム6を上げるタイミングで、積載物重量算出部61はバケット6内の積載物の重量を算出してもよい。

[0200] 次に、オペレータは、バケット6の上縁を略水平にした状態で、図8（E）に示すようにバケット6の底部が地面から所望の高さとなるまでブーム4を上げる。所望の高さは例えばダンプの高さ以上の高さである。オペレータは、これに続いて、あるいは同時に、上部旋回体3を矢印で示すように旋回させ、排土する位置までバケット6を移動させる。なお、上部旋回体3を旋回させるタイミングで、積載物重量算出部61はバケット6内の積載物の重量を算出してもよい。

[0201] オペレータは、ブーム上げ旋回動作を完了させると、次に、図8（F）に示すようにアーム5及びバケット6を開いて、バケット6内の土をダンプトラックDTに排出する。このダンプ動作では、バケット6のみを開いて排土してもよい。

[0202] オペレータは、ダンプ動作を完了させると、次に、図8（G）に示すように、上部旋回体3を矢印示すように旋回させ、バケット6を掘削位置の真上に移動させる。このとき、旋回と同時にブーム4を下げてバケット6を掘削対象から所望の高さのところまで下降させる。その後、オペレータは、図8（A）に示すようにバケット6を所望の高さまで下降させ、再び掘削動作を行う。

[0203] オペレータは、「掘削動作前半」、「掘削動作後半」「ブーム上げ旋回動作」、「ダンプ動作」、及び「ブーム下げ旋回動作」で構成されるサイクルを繰り返しながら、「掘削・積込み動作」を進めていく。

[0204] [ショベルの自立制御機能]

また、ショベル100は、以下に示すような自律制御機能を実行して掘削

動作等の複合操作を自律的に実行してもよい。図9は、自律制御機能の構成例を示すブロック図である。図9の例では、コントローラ30は、自律制御の実行に関する機能要素FA～FL及びF1～F8を有する。機能要素は、ソフトウェアで構成されていてもよく、ハードウェアで構成されていてもよく、ソフトウェアとハードウェアの組み合わせで構成されていてもよい。

[0205] 機能要素FAは、地形を計測するように構成されている。図9の例では、機能要素FAは、周囲監視装置としての撮像装置S6が撮像した画像に基づき、ショベル100の周囲にある地形の最新の状態を計測する。

[0206] 周囲監視装置は、ショベル100の周囲に存在する物体を検知するように構成されている。物体は、例えば、人、動物、車両、建設機械、建造物、壁、柵、穴、ヘルメット、安全ベスト、作業服、又は、ヘルメットにおける所定のマーク等である。周囲監視装置は、ミリ波レーダ、超音波センサ、又はレーザレーダ等であってもよい。

[0207] 周囲監視装置は、ショベル100の周囲に設定された所定領域内の所定物体を検知するように構成されていてもよい。すなわち、周囲監視装置は、物体の種類、位置、及び形状等の少なくとも1つを識別できるように構成されていてもよい。例えば、周囲監視装置は、人と人以外の物体とを区別できるように構成されていてもよい。また、周囲監視装置は、周囲監視装置又はショベル100から認識された物体までの距離を算出するように構成されてもよい。

[0208] 機能要素FBは、掘削体積を算出するように構成されている。図9の例では、機能要素FBは、撮像装置S6が撮像した画像に基づき、1回の掘削動作で実際に掘削された被掘削物の体積を掘削体積として算出する。

[0209] 機能要素FCは、各種の異常の有無を判定するように構成されている。図9の例では、機能要素FCは、撮像装置S6が撮像した画像に基づいて撮像装置S6の異常の有無を判定するように構成されている。そして、機能要素FCは、撮像装置S6の状態が異常であると判定した場合、後述の機能要素F4に対して指令を出力し、ショベル100の動きを減速させ或いは停止さ

せる。

- [0210] 機能要素F Dは、ダンプトラックD Tを検知するように構成されている。図9の例では、機能要素F Dは、撮像装置S 6が撮像した画像に基づいてダンプトラックD Tを検知する。
- [0211] 機能要素F Eは、機能要素F Dが検知したダンプトラックD Tの最大積載量を導き出すように構成されている。図9の例では、機能要素F Eは、撮像装置S 6が撮像した画像に基づいてダンプトラックD Tの最大積載量を導き出す。機能要素F Eは、例えば、ダンプトラックD Tが10トントラックであるか否かを識別することで、ダンプトラックD Tの最大積載量を導き出す。
- [0212] 機能要素F Fは、ブーム4の状態を判定するように構成されている。図9の例では、機能要素F Fは、被掘削物を取り込んだバケット6が地面から離れる高さまでブーム4が上昇したか否かを判定する。掘削動作が終了したことを検知するためである。
- [0213] 具体的には、機能要素F Fは、後述の機能要素F 2によって算出されるバケット6の現在の爪先位置に基づき、被掘削物を取り込んだバケット6が地面から離れる高さまでブーム4が上昇したか否かを判定する。機能要素F Fは、撮像装置S 6が撮像した画像に基づき、被掘削物を取り込んだバケット6が地面から離れる高さまでブーム4が上昇したか否かを判定してもよい。
- [0214] 機能要素F Gは、バケット6に取り込まれた被掘削物の重量を算出するように構成されている。図9の例では、機能要素F Gは、被掘削物を取り込んだバケット6が地面から離れる高さまでブーム4が上昇したと機能要素F Fが判定した場合、シリンダ圧センサの出力に基づき、バケット6に取り込まれた被掘削物の重量を算出する。機能要素F Gは、後述の機能要素F 2によって算出される掘削アタッチメントの姿勢と、後述のバケット角度推定部F 7によって推定されるバケット角度と、シリンダ圧センサの出力とに基づき、バケット6に取り込まれた被掘削物の重量を算出してもよい。
- [0215] 機能要素F Hは、ダンプトラックD Tに積み込まれた被掘削物の総重量を

算出するように構成されている。図9の例では、機能要素F Hは、機能要素F Gによって算出された、各回の掘削動作によって掘削された被掘削物の重量を積算することで、ダンプトラックD Tの荷台に既に積み込まれている被掘削物の総重量を算出する。

[0216] 機能要素F Iは、積み込み残重量を算出するように構成されている。図9の例では、機能要素F Iは、機能要素F Eが導き出した最大積載量から、機能要素F Hが算出した被掘削物の総重量を差し引くことで、積み込み残重量を算出する。例えば、最大積載量が10トンで、ダンプトラックD Tの荷台に既に積み込まれている被掘削物の総重量が6トンである場合、機能要素F Hは、積み込み残重量として4トンを算出する。

[0217] 機能要素F Jは、次の掘削動作でバケット6に取り込むべき被掘削物の重量である目標掘削重量を取得し、必要に応じてその取得した値を制限するように構成されている。図9の例では、機能要素F Jは、1回の掘削動作で掘削可能な被掘削物の最大値である最大掘削重量を、記憶装置47から読み出して取得する。そして、機能要素F Jは、機能要素F Iが算出した積み込み残重量が最大掘削重量より大きい場合、目標掘削重量を最大掘削重量で制限する。機能要素F Jは、例えば、積み込み残重量が4トンであっても、最大掘削重量が3トンである場合には、目標掘削重量として3トンを出力する。なお、最大掘削重量は、動的に入力され或いは算出される値であってもよい。

[0218] 機能要素F Kは、目標掘削体積を算出するように構成されている。図9の例では、機能要素F Kは、機能要素F Jが出力する目標掘削重量と、入力装置42を介して入力された土質情報とに基づき、目標掘削体積を算出する。機能要素F Kは、例えば、目標掘削重量と被掘削物の密度とに基づいて目標掘削体積を算出する。機能要素F Kは、例えば、目標掘削重量である3トンに対応する目標掘削体積を算出する。基本的には、目標掘削重量が3トンであっても、被掘削物の密度が小さいほど、目標掘削体積は大きくなる。

[0219] 機能要素F Lは、目標掘削体積を制限するように構成されている。図9の

例では、機能要素F Lは、機能要素F Kが算出した目標掘削体積が最大掘削体積より大きい場合、目標掘削体積を最大掘削体積で制限する。機能要素F Lは、例えば、目標掘削体積が3立方メートルであっても、最大掘削体積が2立方メートルである場合には、目標掘削体積として2立方メートルを出力する。このように、コントローラ30は、バケット6内に取り込まれた被掘削物がその後の旋回動作等の際にこぼれ落ちてしまうのを防止するために、必要に応じて目標掘削体積を制限する。なお、最大掘削体積は、動的に入力され或いは算出される値であってもよい。

[0220] 機能要素F 1は、目標軌道を生成するように構成されている。図9の例では、機能要素F 1は、入力装置42を介して入力された掘削に関する情報と、機能要素F Aが計測した現在の地形と、機能要素F Bが算出した過去の掘削動作による実際の掘削体積と、機能要素F Lが出力する目標掘削体積とに基づいてバケット6の爪先が辿るべき軌道を目標軌道として生成する。掘削に関する情報は、例えば、予め設定されている掘削条件に関する情報である。掘削条件は、例えば、深め又は浅め等である。

[0221] 機能要素F 1は、典型的には、各回の掘削動作が開始される前に、目標軌道を算出するように構成されている。すなわち、目標軌道は、典型的には、各回の掘削動作が開始される前に更新される。具体的には、目標軌道の始点である掘削開始位置の座標、及び、目標軌道の終点である掘削終了位置の座標は、各回の掘削動作が開始される前に更新される。

[0222] 機能要素F 2は、現在の爪先位置を算出するように構成されている。図9の例では、機能要素F 2は、ブーム角度センサS 1が検出したブーム角度 $\beta 1$ と、アーム角度センサS 2が検出したアーム角度 $\beta 2$ と、後述するバケット角度推定部F 7が推定したバケット角度 $\beta 3$ と、旋回角速度センサS 5が検出した旋回角度 $\alpha 1$ と、バケット形状F 8と、に基づき、バケット6の爪先の座標点を現在の爪先位置として算出する。機能要素F 2は、現在の爪先位置を算出する際に、機体傾斜センサS 4の出力を利用してもよい。

[0223] 機能要素F 3は、次の爪先位置を算出するように構成されている。図9の

例では、機能要素F 3は、操作圧センサ29が出力する操作データと、機能要素F 1が生成した目標軌道と、機能要素F 2が算出した現在の爪先位置とに基づき、所定時間後の爪先位置を目標爪先位置として算出する。

[0224] 機能要素F 3は、現在の爪先位置と目標軌道との間の乖離が許容範囲内に収まっているか否かを判定してもよい。図9の例では、機能要素F 3は、現在の爪先位置と目標軌道との間の距離が所定値以下であるか否かを判定する。そして、機能要素F 3は、その距離が所定値以下である場合、乖離が許容範囲内に収まっていると判定し、目標爪先位置を算出する。一方で、機能要素F 3は、その距離が所定値を上回っている場合、乖離が許容範囲内に収まっていないと判定し、レバー操作量とは無関係に、アクチュエータの動きを減速させ或いは停止させる。

[0225] 機能要素F 4は、爪先の速度に関する指令値を生成するように構成されている。図9の例では、機能要素F 4は、機能要素F 2が算出した現在の爪先位置と、機能要素F 3が算出した次の爪先位置とに基づき、所定時間で現在の爪先位置を次の爪先位置に移動させるために必要な爪先の速度を爪先の速度に関する指令値として算出する。

[0226] 機能要素F 5は、爪先の速度に関する指令値を制限するように構成されている。図9の例では、機能要素F 5は、機能要素F 2が算出した現在の爪先位置と、周囲監視装置としての撮像装置S 6が撮像した画像とに基づき、爪先とダンプトラックDT等の所定物体との間の距離が所定値未満であると判定した場合、爪先の速度に関する指令値を所定の上限値で制限する。このようにして、コントローラ30は、爪先が所定物体に接近したときに爪先の速度を減速させる。機能要素F 5は、バケット6内に取り込まれた被掘削物の重量に基づいて上限値を変更するように構成されていてもよい。或いは、機能要素F 5は、掘削アタッチメントの旋回半径に基づいて上限値を変更するように構成されていてもよい。掘削アタッチメントの旋回半径は、機能要素F 2で算出されてもよく、機能要素F 2の出力に基づいて機能要素F 5で算出されてもよい。

- [0227] 機能要素F 6は、アクチュエータを動作させるための指令値を算出するように構成されている。図9の例では、機能要素F 6は、現在の爪先位置を目標爪先位置に移動させるために、機能要素F 3が算出した目標爪先位置に基づき、ブーム角度 $\beta 1$ に関する指令値 $\beta 1 r$ 、アーム角度 $\beta 2$ に関する指令値 $\beta 2 r$ 、バケット角度 $\beta 3$ に関する指令値 $\beta 3 r$ 、及び旋回角度 $\alpha 1$ に関する指令値 $\alpha 1 r$ を算出する。機能要素F 6は、ブーム4が操作されていないときであっても、必要に応じて指令値 $\beta 1 r$ を算出する。これは、ブーム4を自動的に動作させるためである。アーム5、バケット6、及び旋回機構2についても同様である。
- [0228] バケット角度推定部F 7は、撮像装置S 6が撮像したバケット6の画像に基づいて、バケット角度 $\beta 3$ を推定する。
- [0229] バケット形状F 8は、予め入力されていてもよい。
- [0230] 次に、図10を参照し、機能要素F 6の詳細について説明する。図10は、各種指令値を算出する機能要素F 6の構成例を示すブロック図である。
- [0231] コントローラ30は、図10に示すように、指令値の生成に関する機能要素F 11~F 13、F 21~F 23、F 31~F 32、及びF 50を更に有する。機能要素は、ソフトウェアで構成されていてもよく、ハードウェアで構成されていてもよく、ソフトウェアとハードウェアの組み合わせで構成されていてもよい。
- [0232] 機能要素F 11~F 13は、指令値 $\beta 1 r$ に関する機能要素であり、機能要素F 21~F 23は、指令値 $\beta 2 r$ に関する機能要素であり、機能要素F 31~F 32は、指令値 $\beta 3 r$ に関する機能要素であり、機能要素F 41~F 43は、指令値 $\alpha 1 r$ に関する機能要素である。
- [0233] 機能要素F 11、F 21、F 31、及びF 41は、アクチュエータ制御機構に対して出力される電流指令を生成するように構成されている。本実施形態では、機能要素F 11は、ブーム制御機構31Cに対してブーム電流指令を出力し、機能要素F 21は、アーム制御機構31Aに対してアーム電流指令を出力し、機能要素F 31は、バケット制御機構31Dに対してバケット

電流指令を出力し、機能要素 F 4 1 は、旋回制御機構 3 1 B に対して旋回電流指令を出力する。

[0234] ブーム制御機構 3 1 C は、ブームシリンダパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧をブーム制御弁としての制御弁 1 7 5 に対して作用させることができるように構成されている。

[0235] アーム制御機構 3 1 A は、アームシリンダパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧をアーム制御弁としての制御弁 1 7 6 に対して作用させることができるように構成されている。

[0236] バケット制御機構 3 1 D は、バケットシリンダパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧をバケット制御弁としての制御弁 1 7 4 に対して作用させることができるように構成されている。

[0237] 旋回制御機構 3 1 B は、旋回用油圧モータパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧を旋回制御弁としての制御弁 1 7 3 に対して作用させることができるように構成されている。

[0238] 機能要素 F 1 2、F 2 2、F 3 2、及び F 4 2 は、スプール弁を構成するスプールの変位量を算出するように構成されている。本実施形態では、機能要素 F 1 2 は、ブームスプール変位センサ S 7 の出力に基づき、ブームシリンダ 7 に関する制御弁 1 7 5 を構成するブームスプールの変位量を算出する。機能要素 F 2 2 は、アームスプール変位センサ S 8 の出力に基づき、アームシリンダ 8 に関する制御弁 1 7 6 を構成するアームスプールの変位量を算出する。機能要素 F 3 2 は、バケットスプール変位センサ S 9 の出力に基づき、バケットシリンダ 9 に関する制御弁 1 7 4 を構成するバケットスプールの変位量を算出する。機能要素 F 4 2 は、旋回スプール変位センサ S 2 A の出力に基づき、旋回用油圧モータ 2 A に関する制御弁 1 7 3 を構成する旋回スプールの変位量を算出する。なお、ブームスプール変位センサ S 7 は、制御弁 1 7 5 を構成するスプールの変位量を検出するセンサである。アームスプール変位センサ S 8 は、制御弁 1 7 6 を構成するスプールの変位量を検出するセンサである。バケットスプール変位センサ S 9 は、制御弁 1 7 4 を構

成するスプールの変位量を検出するセンサである。そして、旋回スプール変位センサS 2 Aは、制御弁1 7 3を構成するスプールの変位量を検出するセンサである。

[0239] 機能要素F 1 3、F 2 3、及びF 4 3は、作業体の回動角度を算出するように構成されている。本実施形態では、機能要素F 1 3は、ブーム角度センサS 1の出力に基づき、ブーム角度 $\beta 1$ を算出する。機能要素F 2 3は、アーム角度センサS 2の出力に基づき、アーム角度 $\beta 2$ を算出する。機能要素F 4 3は、旋回角速度センサS 5の出力に基づき、旋回角度 $\alpha 1$ を算出する。

[0240] 具体的には、機能要素F 1 1は、基本的に、機能要素F 6が生成した指令値 $\beta 1 r$ と機能要素F 1 3が算出したブーム角度 $\beta 1$ との差がゼロになるように、ブーム制御機構3 1 Cに対するブーム電流指令を生成する。その際に、機能要素F 1 1は、ブーム電流指令から導き出される目標ブームスプール変位量と機能要素F 1 2が算出したブームスプール変位量との差がゼロになるように、ブーム電流指令を調節する。そして、機能要素F 1 1は、その調節後のブーム電流指令をブーム制御機構3 1 Cに対して出力する。

[0241] ブーム制御機構3 1 Cは、ブーム電流指令に応じて開口面積を変化させ、その開口面積の大きさに対応するパイロット圧を制御弁1 7 5のパイロットポートに作用させる。制御弁1 7 5は、パイロット圧に応じてブームスプールの移動させ、ブームシリンダ7に作動油を流入させる。ブームスプール変位センサS 7は、ブームスプールの変位を検出し、その検出結果をコントローラ3 0の機能要素F 1 2にフィードバックする。ブームシリンダ7は、作動油の流入に応じて伸縮し、ブーム4を上下動させる。ブーム角度センサS 1は、上下動するブーム4の回動角度を検出し、その検出結果をコントローラ3 0の機能要素F 1 3にフィードバックする。機能要素F 1 3は、算出したブーム角度 $\beta 1$ を機能要素F 2にフィードバックする。

[0242] 機能要素F 2 1は、基本的に、機能要素F 6が生成した指令値 $\beta 2 r$ と機能要素F 2 3が算出したアーム角度 $\beta 2$ との差がゼロになるように、アーム

制御機構 3 1 A に対するアーム電流指令を生成する。その際に、機能要素 F 2 1 は、アーム電流指令から導き出される目標アームスプール変位量と機能要素 F 2 2 が算出したアームスプール変位量との差がゼロになるように、アーム電流指令を調節する。そして、機能要素 F 2 1 は、その調節後のアーム電流指令をアーム制御機構 3 1 A に対して出力する。

[0243] アーム制御機構 3 1 A は、アーム電流指令に応じて開口面積を変化させ、その開口面積の大きさに対応するパイロット圧を制御弁 1 7 6 のパイロットポートに作用させる。制御弁 1 7 6 は、パイロット圧に応じてアームスプーを移動させ、アームシリンダ 8 に作動油を流入させる。アームスプール変位センサ S 8 は、アームスプーの変位を検出し、その検出結果をコントローラ 3 0 の機能要素 F 2 2 にフィードバックする。アームシリンダ 8 は、作動油の流入に応じて伸縮し、アーム 5 を開閉させる。アーム角度センサ S 2 は、開閉するアーム 5 の回動角度を検出し、その検出結果をコントローラ 3 0 の機能要素 F 2 3 にフィードバックする。機能要素 F 2 3 は、算出したアーム角度 $\beta 2$ を機能要素 F 2 にフィードバックする。

[0244] 機能要素 F 3 1 は、基本的に、機能要素 F 6 が生成した指令値 $\beta 3 r$ とバケット角度推定部 F 7 が推定したバケット角度 $\beta 3$ との差がゼロになるように、バケット制御機構 3 1 D に対するバケット電流指令を生成する。その際に、機能要素 F 3 1 は、バケット電流指令から導き出される目標バケットスプール変位量と機能要素 F 3 2 が算出したバケットスプール変位量との差がゼロになるように、バケット電流指令を調節する。そして、機能要素 F 3 1 は、その調節後のバケット電流指令をバケット制御機構 3 1 D に対して出力する。

[0245] バケット制御機構 3 1 D は、バケット電流指令に応じて開口面積を変化させ、その開口面積の大きさに対応するパイロット圧を制御弁 1 7 4 のパイロットポートに作用させる。制御弁 1 7 4 は、パイロット圧に応じてバケットスプーを移動させ、バケットシリンダ 9 に作動油を流入させる。バケットスプール変位センサ S 9 は、バケットスプーの変位を検出し、その検出結

果をコントローラ30の機能要素F32にフィードバックする。バケットシリンドラ9は、作動油の流入に応じて伸縮し、バケット6を開閉させる。バケット角度推定部F7は、推定したバケット角度 β_3 を機能要素F2にフィードバックする。

[0246] 機能要素F41は、基本的に、機能要素F6が生成した指令値 α_{1r} と機能要素F43が算出した旋回角度 α_1 との差がゼロになるように、旋回制御機構31Bに対する旋回電流指令を生成する。その際に、機能要素F41は、旋回電流指令から導き出される目標旋回スプール変位量と機能要素F42が算出した旋回スプール変位量との差がゼロになるように、旋回電流指令を調節する。そして、機能要素F41は、その調節後の旋回電流指令を旋回制御機構31Bに対して出力する。なお、機能要素F6が生成した指令値 α_{1r} と機能要素F43が算出した旋回角度 α_1 との差は、機能要素F41に入力される前に、制限部F50によって制限される場合がある。

[0247] 制限部F50は、機能要素F13が算出したブーム角度 β_1 に基づき、ブーム4が所定の高さ（角度）まで上昇しているか否かを判定するように構成されている。そして、制限部F50は、ブーム4が所定の高さ（角度）まで上昇していないと判定した場合、機能要素F41に対して出力される差である指令値 α_{1r} と旋回角度 α_1 との差を所定値以下に制限するように構成されている。ブーム4が十分に上昇していない段階で上部旋回体3が急旋回されてしまうのを防止するためである。

[0248] 旋回制御機構31Bは、旋回電流指令に応じて開口面積を変化させ、その開口面積の大きさに対応するパイロット圧を制御弁173のパイロットポートに作用させる。制御弁173は、パイロット圧に応じて旋回スプールを移動させ、旋回用油圧モータ2Aに作動油を流入させる。旋回スプール変位センサS2Aは、旋回スプールの変位を検出し、その検出結果をコントローラ30の機能要素F42にフィードバックする。旋回用油圧モータ2Aは、作動油の流入に応じて回転し、上部旋回体3を旋回させる。旋回角速度センサS5は、上部旋回体3の旋回角度を検出し、その検出結果をコントローラ3

0の機能要素F 2 3にフィードバックする。機能要素F 4 3は、算出した旋回角度 $\alpha 1$ を機能要素F 2にフィードバックする。

[0249] 上述のように、コントローラ30は、作業体毎に、3段のフィードバックループを構成している。すなわち、コントローラ30は、スプール変位量に関するフィードバックループ、作業体の回動角度に関するフィードバックループ、及び、爪先位置に関するフィードバックループを構成している。そのため、コントローラ30は、自律制御の際に、バケット6の爪先の動きを高精度に制御できる。

[0250] [メイン画面の構成例]

次に、図11を参照し、表示装置40に表示されるメイン画面41Vの構成例について説明する。図11のメイン画面41Vは、画像表示部41に表示される。

[0251] メイン画面41Vは、日時表示領域41a、走行モード表示領域41b、アタッチメント表示領域41c、燃費表示領域41d、エンジン制御状態表示領域41e、エンジン稼働時間表示領域41f、冷却水温表示領域41g、燃料残量表示領域41h、回転数モード表示領域41i、尿素水残量表示領域41j、作動油温表示領域41k、カメラ画像表示領域41m、現重量表示領域41p、累積重量表示領域41q、リセットボタン41r、残重量表示領域41s及び目標重量表示領域41tを含む。

[0252] 走行モード表示領域41b、アタッチメント表示領域41c、エンジン制御状態表示領域41e及び回転数モード表示領域41iは、ショベル100の設定状態に関する情報である設定状態情報を表示する領域である。燃費表示領域41d、エンジン稼働時間表示領域41f、冷却水温表示領域41g、燃料残量表示領域41h、尿素水残量表示領域41j、作動油温表示領域41k、現重量表示領域41p及び累積重量表示領域41qは、ショベル100の稼働状態に関する情報である稼働状態情報を表示する領域である。

[0253] 具体的には、日時表示領域41aは、現在の日時を表示する領域である。走行モード表示領域41bは、現在の走行モードを表示する領域である。ア

タッチメント表示領域41cは、現在装着されているエンドアタッチメントを表す画像を表示する領域である。図11は、バケット6を表す画像が表示された状態を示している。

[0254] 燃費表示領域41dは、コントローラ30によって算出された燃費情報を表示する領域である。燃費表示領域41dは、生涯平均燃費又は区間平均燃費を表示する平均燃費表示領域41d1、瞬間燃費を表示する瞬間燃費表示領域41d2を含む。

[0255] エンジン制御状態表示領域41eは、エンジン11の制御状態を表示する領域である。エンジン稼働時間表示領域41fは、エンジン11の累積稼働時間を表示する領域である。冷却水温表示領域41gは、現在のエンジン冷却水の温度状態を表示する領域である。燃料残量表示領域41hは、燃料タンクに貯蔵されている燃料の残量状態を表示する領域である。回転数モード表示領域41iは、エンジン回転数調節ダイヤル75によって設定された現在の回転数モードを表示する領域である。尿素水残量表示領域41jは、尿素水タンクに貯蔵されている尿素水の残量状態を表示する領域である。作動油温表示領域41kは、作動油タンク内の作動油の温度状態を表示する領域である。

[0256] カメラ画像表示領域41mは、撮像装置S6が撮像した画像を表示する領域である。図11の例では、カメラ画像表示領域41mは、バックカメラ80Bが撮像したバックカメラ画像を表示している。バックカメラ画像は、シヨベル100の後方の空間を映し出す後方画像であり、カウンタウエイの画像3aを含む。

[0257] 現重量表示領域41pは、バケット6が現に持ち上げている物体の重量（現重量）を表示する領域である。図11は、現重量が550kgであることを示している。

[0258] コントローラ30は、例えば、作業アタッチメントの姿勢とブームボトム圧と予め登録されている作業アタッチメントの仕様（重量及び重心位置等）とに基づいて現重量を算出する。具体的には、コントローラ30は、ブーム

角度センサS 1、アーム角度センサS 2及びブームボトム圧センサS 6 b等の情報取得装置の出力に基づいて現重量を算出する。

[0259] 累積重量表示領域4 1 qは、所定の期間においてバケット6が持ち上げた物体の重量の積算値（以下、「累積重量」とする。）を表示する領域である。図1 1は、累積重量が9 5 0 0 k gであることを示している。

[0260] 所定の期間は、例えば、リセットボタン4 1 rが押されたときに始まる期間である。操作者は、例えば、ダンプトラックD Tの荷台に土砂を積み込む作業を行う場合、積み込み対象のダンプトラックD Tが入れ替わる度にリセットボタン4 1 rを押して累積重量をリセットする。各ダンプトラックD Tに積み込んだ土砂の総重量を容易に把握できるようにするためである。

[0261] この構成により、ショベル1 0 0は、ダンプトラックD Tの最大積載重量を超えて、ダンプトラックD Tの荷台に土砂が積み込まれてしまうのを防止できる。最大積載重量を超えて土砂が積み込まれていることが台貫での重量測定によって検知されると、ダンプトラックD Tの運転者は、積み込みヤードに戻り、荷台に積み込まれた土砂の一部を下ろす作業を行う必要がある。ショベル1 0 0は、このような積載重量の調整作業の発生を防止できる。

[0262] 所定の期間は、例えば、1日の作業を開始する時刻から1日の作業を終了する時刻までの期間であってもよい。1日の作業によって運搬された土砂の総重量を操作者又は管理者が容易に認識できるようにするためである。

[0263] リセットボタン4 1 rは、累積重量をリセットするためのソフトウェアボタンである。リセットボタン4 1 rは、入力装置4 2、左操作レバー2 6 L又は右操作レバー2 6 R等に配置されるハードウェアボタンであってもよい。

[0264] コントローラ3 0は、ダンプトラックD Tの入れ替わりを自動的に認識して累積重量を自動的にリセットするように構成されていてもよい。この場合、コントローラ3 0は、撮像装置S 6が撮像した画像を利用してダンプトラックD Tの入れ替わりを認識してもよく、通信装置を利用してダンプトラックD Tの入れ替わりを認識してもよい。

- [0265] また、コントローラ30は、撮像装置S6が撮像した画像に基づき、バケット6で持ち上げた土砂がダンプトラックDTの荷台に積み込まれたことを認識した上で、現重量を積算するように構成されていてもよい。ダンプトラックDTの荷台以外の場所に移された土砂がダンプトラックDTに積み込まれた土砂として積算されてしまうのを防止するためである。
- [0266] コントローラ30は、作業アタッチメントの姿勢に基づき、バケット6で持ち上げた土砂がダンプトラックDTの荷台に積み込まれたか否かを判定してもよい。具体的には、コントローラ30は、例えば、バケット6の高さが所定値（例えば、ダンプトラックDTの荷台の高さ）を超え且つ釈放ボタン65Cが押された場合に、土砂がダンプトラックDTの荷台に積み込まれたと判定してもよい。
- [0267] コントローラ30は、現重量が所定値を超えていると判定した場合に警報を出力するように構成されていてもよい。所定値は、例えば、定格持ち上げ重量に基づく値である。警報は、視覚的警報、聴覚的警報又は触覚的警報であってもよい。この構成により、コントローラ30は、現重量が所定値を超えていること或いはそのおそれがあることを操作者に伝えることができる。
- [0268] 残重量表示領域41sは、残重量を表示する領域である。図11は、累積重量が9500kgで、且つ、残重量が500kgであることを示している。すなわち、最大積載量が10000kgであることを示している。但し、表示装置40は、残重量を表示させずに最大積載量を表示させてもよいし、残重量とは別に最大積載量を表示させてもよい。
- [0269] 目標重量表示領域41tは、バケット6で吸着する物体の目標重量を表示する領域である。なお、目標重量は、残重量を超えない値で設定される。
- [0270] 図11に示す例では、残重量が500kgであることから、目標重量は500kgと設定されている。これに対し、現重量は、550kgである。このため、コントローラ30は、現重量が500kg（目標重量）となるまでバケット6の電流を減少させる制御を行う。これにより、ダンプトラックDTの過積載を防止することができる。

[0271] 以上、本実施形態に係るショベル100によれば、バケット6によって持ち上げられた物体の重量（現重量）を目標重量とすることができる。

[0272] なお、目標重量と目標電流指令とを対応付けしたテーブルを有し、目標重量に基づいて、バケット6に供給する電流の目標電流指令を生成することにより、バケット6によって持ち上げられた物体の重量を目標重量に近づけるという構成が考えられる。しかしながら、バケット6で吸着する物体は、例えば、土砂や鉄骨等の粗密のバラツキがある物体である場合、目標重量に対応した電流値を印加しても、実際にバケット6に吸着された物体の重量が目標重量とずれることが想定される。これに対し、本実施形態に係るショベル100によれば、リフティングマグネットに吸着される物体の重量を目標重量とすることができる。

[0273] また、メッセージ表示領域41m1には、メッセージが表示される。例えば、現重量が目標重量を超過している際には、その旨のメッセージが表示される。これにより、重量調整が完了する前に積み込み動作を行うことを防止することができる。また、累積重量が最大積載量を超過した場合にもメッセージを表示してもよい。これにより、オペレータに積み降ろし作業を促すことができ、ダンプトラックDTの過積載を防止することができる。

[0274] [積込支援システム]

次に、積込支援システムSYSについて、図12を用いて説明する。図12は、積込支援システムSYSの構成例を示す図である。積込支援システムSYSは、ショベル100と、ダンプトラックDTに設けられた支援装置210を有する移動体200と、管理装置300と、支援装置400と、を備え、通信網900を介して通信可能に構成されていてもよい。

[0275] 支援装置210は、携帯端末装置であり、例えば、ダンプトラックDTに備え付けられるノートPC、タブレットPC、スマートフォン等のコンピュータである。

[0276] 管理装置300は、固定端末装置であり、例えば、作業現場外の管理センタ等に設置されるコンピュータである。なお、管理装置300は、可搬性の

コンピュータ（例えば、ノートPC、タブレットPC、スマートフォン等の携帯端末装置）であってもよい。

[0277] 支援装置400は、携帯端末装置であり、例えば、作業現場にいる作業者等が携帯するノートPC、タブレットPC、スマートフォン等のコンピュータである。

[0278] ショベル100のコントローラ30は、算出した土砂重量等を通信装置T1及び通信網900を介して管理装置300に送信してもよい。また、ショベル100のコントローラ30は、通信装置T1及び通信網900を介してダンプトラックDTに設けられた支援装置210に送信してもよい。

[0279] 以上、ショベル100の実施形態等について説明したが、本発明は上記実施形態等に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形、改良が可能である。

[0280] 本願は、2019年3月29日に出願した日本国特許出願2019-069240号に基づく優先権を主張するものであり、この日本国特許出願の全内容を本願に参照により援用する。

符号の説明

[0281]	100	ショベル
	1	下部走行体
	2	旋回機構
	2A	旋回油圧モータ
	2A1	第1ポート
	2A2	第2ポート
	3	上部旋回体
	4	ブーム（アタッチメント）
	5	アーム（アタッチメント）
	6	バケット（アタッチメント）
	7	ブームシリンダ
	8	アームシリンダ

9	バケットシリンダ
21, 22	油圧センサ
30	コントローラ (制御装置)
40	表示装置
42	入力装置
43	音声出力装置
47	記憶装置
60	土砂荷重処理部
61	積載物重量算出部 (重量算出部)
62	最大積載量検出部
63	加算積載量算出部
64	残積載量算出部
65	積載物重心推定部 (重心算出部)
S1	ブーム角度センサ
S2	アーム角度センサ
S4	機体傾斜センサ
S5	旋回状態センサ
S6	撮像装置
S7R	ブームロッド圧センサ
S7B	ブームボトム圧センサ
S8R	アームロッド圧センサ
S8B	アームボトム圧センサ
S9R	バケットロッド圧センサ
S9B	バケットボトム圧センサ
171~176	制御弁
181~186	スプール変位センサ

請求の範囲

- [請求項1] 上部旋回体に取り付けられるアタッチメントと、
制御装置と、を備え、
前記制御装置は、
前記アタッチメントに積載された積載物の重心を推定する重心推定部と、
推定された前記積載物の重心に基づいて、前記積載物の重量を算出する重量算出部と、を有する、
ショベル。
- [請求項2] 前記アタッチメントは、ブームと、アームと、バケットと、を有し、
前記重心推定部は、
前記バケットが所定の角度とみなされた状態において、前記バケットに積載された前記積載物の重心を推定する、
請求項1に記載のショベル。
- [請求項3] 前記バケットが所定の角度とみなされた状態は、前記ブームが所定位置よりも高い場合である、
請求項2に記載のショベル。
- [請求項4] 前記バケットを撮像する空間認識装置を備え、
前記空間認識装置の撮像結果に基づいて、前記バケットが所定の角度とみなされた状態か否かを判定する、
請求項2または請求項3に記載のショベル。
- [請求項5] 前記アタッチメントは、ブームと、アームと、バケットと、を有し、
前記ブームを駆動するブームシリンダと、
前記アームを駆動するアームシリンダと、
前記バケットを駆動するバケットシリンダと、を備え、
前記重心推定部は、

前記バケットシリンダへの作動油の流量に基づいて、前記積載物の重心を推定する、

請求項 1 に記載のシヨベル。

[請求項6]

前記バケットシリンダに供給される作動油の流れ及び方向を制御するスプール弁と、

前記スプール弁の変位を検出するスプール変位センサと、を備え、

前記重心推定部は、

前記スプール変位センサの変位に基づいて、前記積載物の重心を推定する、

請求項 5 に記載のシヨベル。

補正された請求の範囲
[2020年7月31日(31.07.2020) 国際事務局受理]

- [請求項1] 上部旋回体に取り付けられるアタッチメントと、
制御装置と、を備え、
前記制御装置は、
前記アタッチメントに積載された積載物の重心を推定する重心推定部と、
推定された前記積載物の重心に基づいて、前記積載物の重量を算出する重量算出部と、を有する、
ショベル。
- [請求項2] 前記アタッチメントは、ブームと、アームと、バケットと、を有し、
前記重心推定部は、
前記バケットが所定の角度とみなされた状態において、前記バケットに積載された前記積載物の重心を推定する、
請求項1に記載のショベル。
- [請求項3] 前記バケットが所定の角度とみなされた状態は、前記ブームが所定位置よりも高い場合である、
請求項2に記載のショベル。
- [請求項4] 前記バケットを撮像する空間認識装置を備え、
前記空間認識装置の撮像結果に基づいて、前記バケットが所定の角度とみなされた状態か否かを判定する、
請求項2または請求項3に記載のショベル。
- [請求項5] 前記アタッチメントは、ブームと、アームと、バケットと、を有し、
前記ブームを駆動するブームシリンダと、
前記アームを駆動するアームシリンダと、
前記バケットを駆動するバケットシリンダと、を備え、
前記重心推定部は、

前記バケットシリンダへの作動油の流量に基づいて、前記積載物の重心を推定する、

請求項 1 に記載のショベル。

[請求項6] 前記バケットシリンダに供給される作動油の流れ及び方向を制御するスプール弁と、
前記スプール弁の変位を検出するスプール変位センサと、を備え、
前記重心推定部は、
前記スプール変位センサの変位に基づいて、前記積載物の重心を推定する、
請求項 5 に記載のショベル。

[請求項7] (追加) 前記制御装置は、
前記積載物の重量と積み込み残重量とに基づいて目標掘削重量を算出する、
請求項 1 に記載のショベル。

[請求項8] (追加) 前記制御装置は、
掘削重量に基づいて前記アタッチメントにおける所定部位が辿る軌道である目標軌道を設定する設定部を有する、
請求項 7 に記載のショベル。

[請求項9] (追加) 前記制御装置は、
前記目標軌道を設定する際、掘削が開始される前の地形に関する情報を用いる、
請求項 8 に記載のショベル。

[請求項10] (追加) 前記制御装置には、予め目標施工面に関するデータが記憶される、
請求項 7 に記載のショベル。

[請求項11] (追加) 上部旋回体に取り付けられるアタッチメントとを備えるショベルに用いられるショベルの制御装置であって、
前記アタッチメントに積載された積載物の重心を推定し、推定され

た前記積載物の重心に基づいて、前記積載物の重量を算出する、
ショベルの制御装置。

[請求項12] (追加) 前記積載物の重量と積み込み残重量とに基づいて目標掘削重量を算出する、

請求項11に記載のショベルの制御装置。

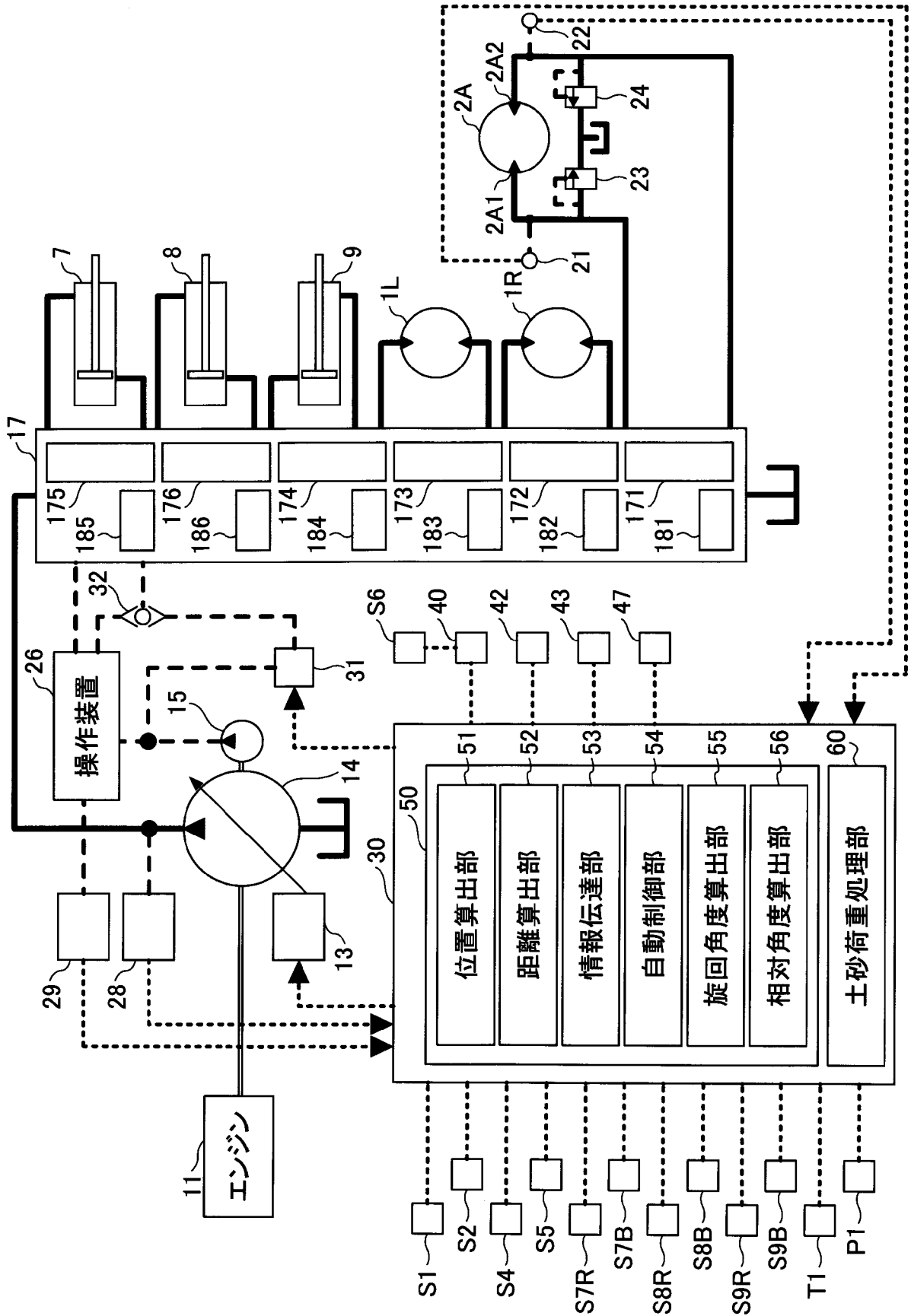
[請求項13] (追加) 掘削重量に基づいて前記アタッチメントにおける所定部位が
辿る軌道である目標軌道を設定する設定部を有する、

請求項11に記載のショベルの制御装置。

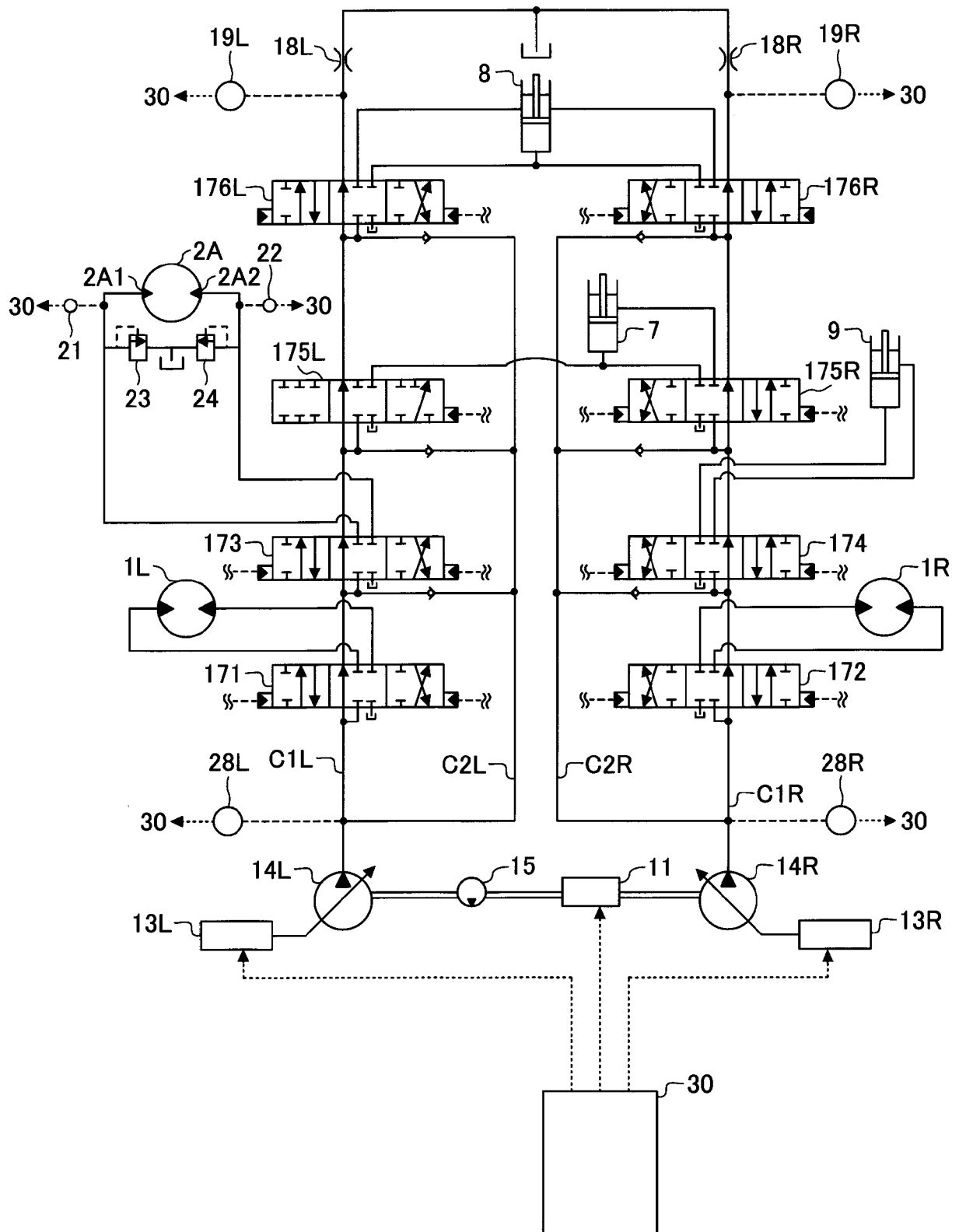
[請求項14] (追加) 前記目標軌道を設定する際、掘削が開始される前の地形に関する
情報を用いる、

請求項13に記載のショベルの制御装置。

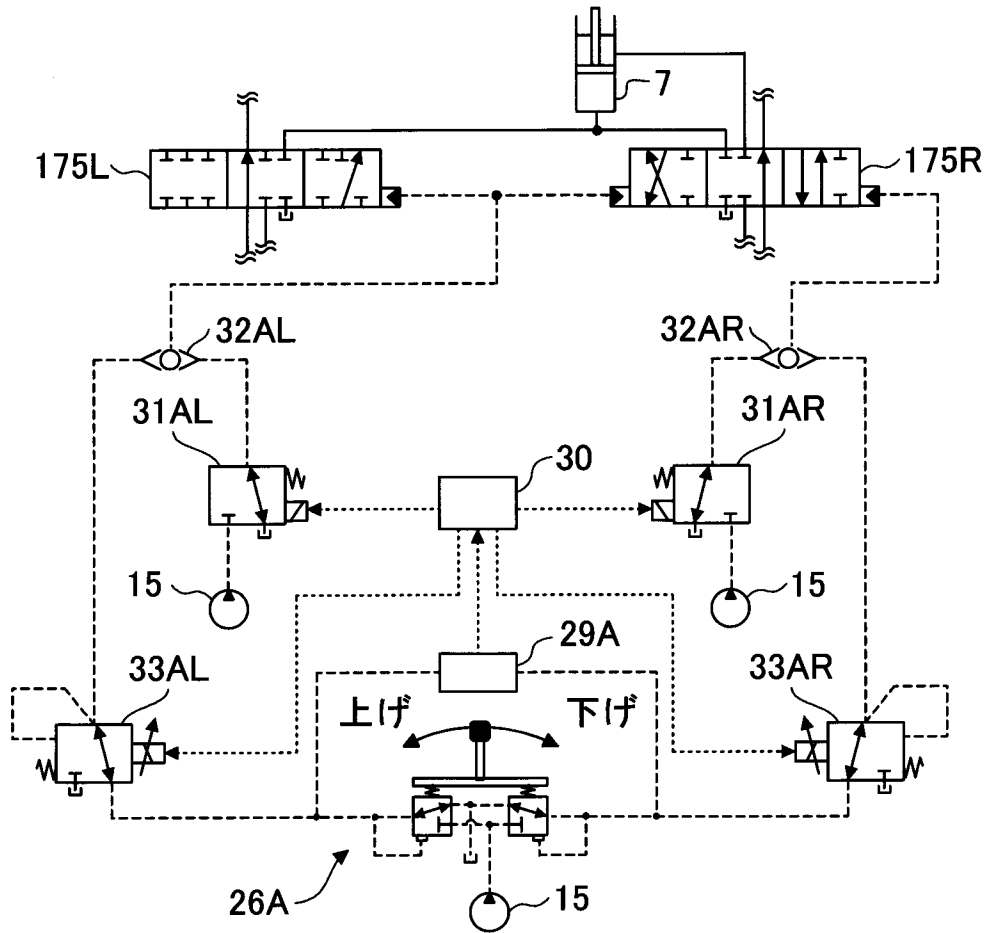
[図2]



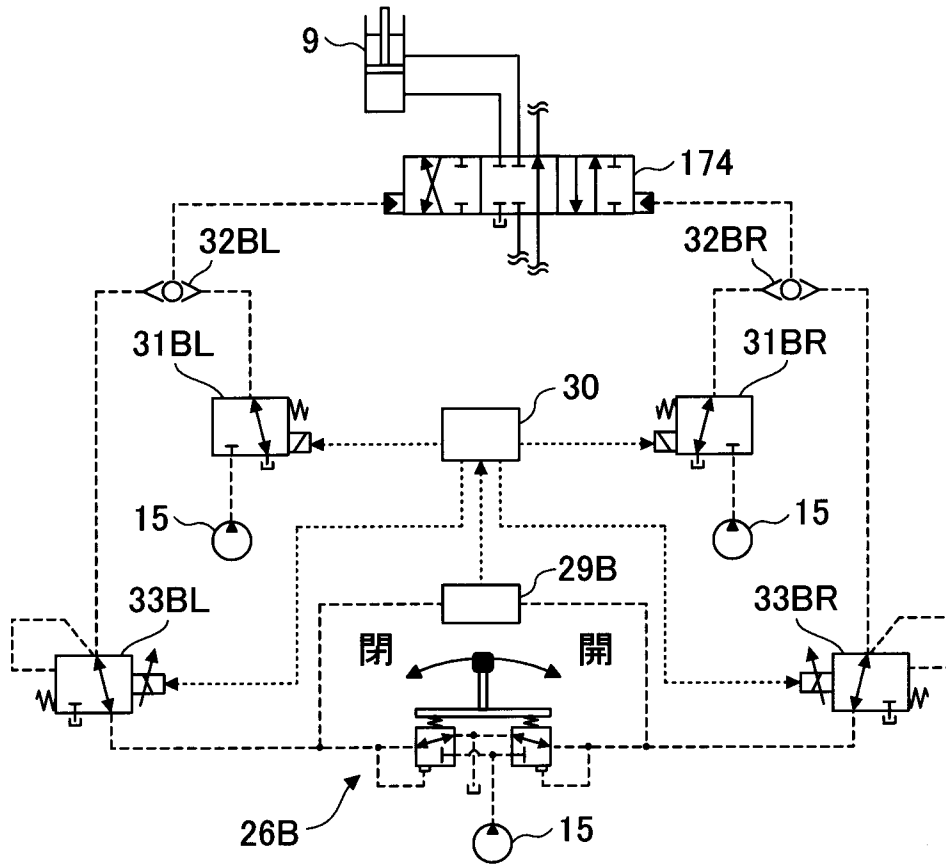
[図3]



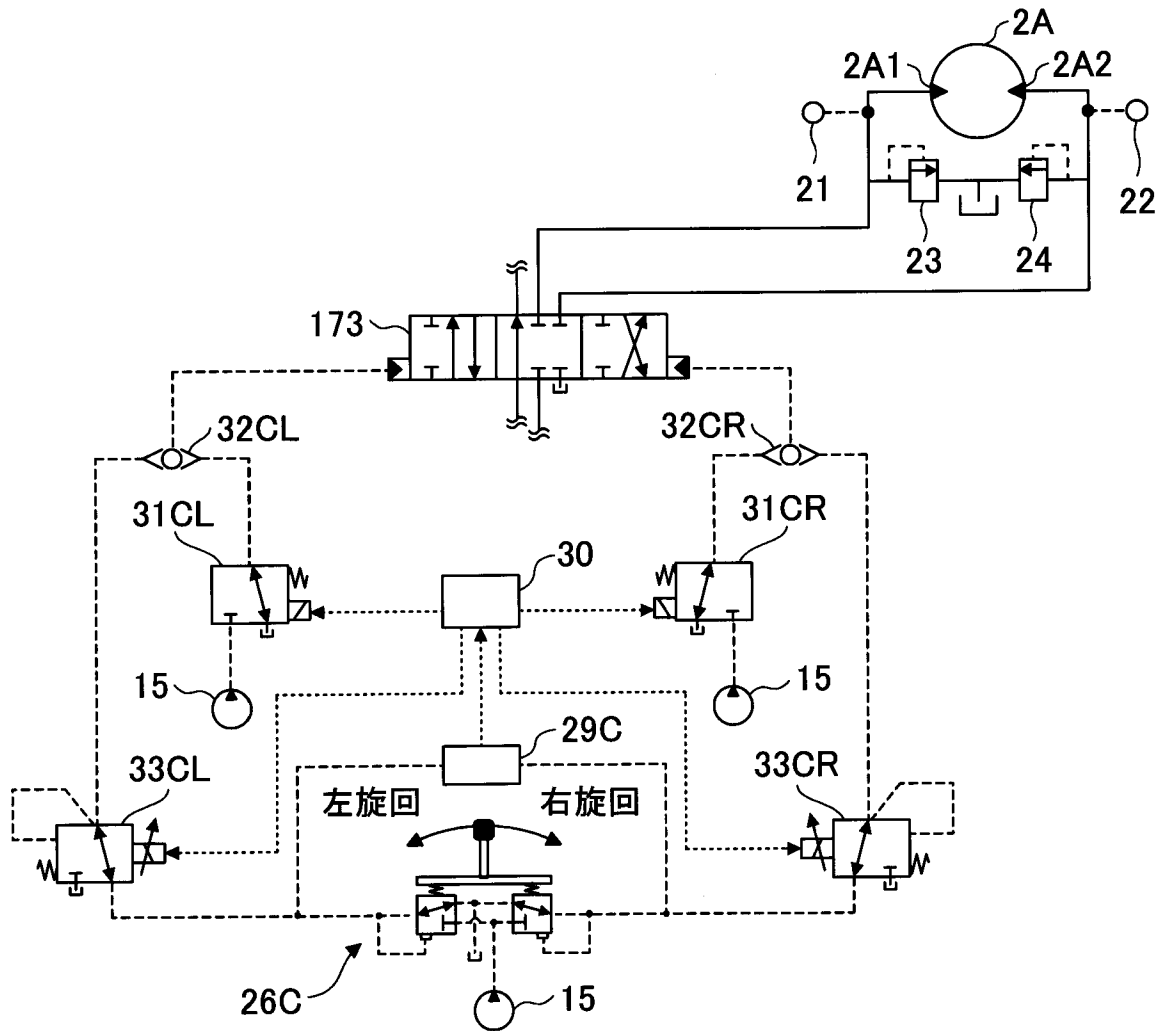
[図4A]



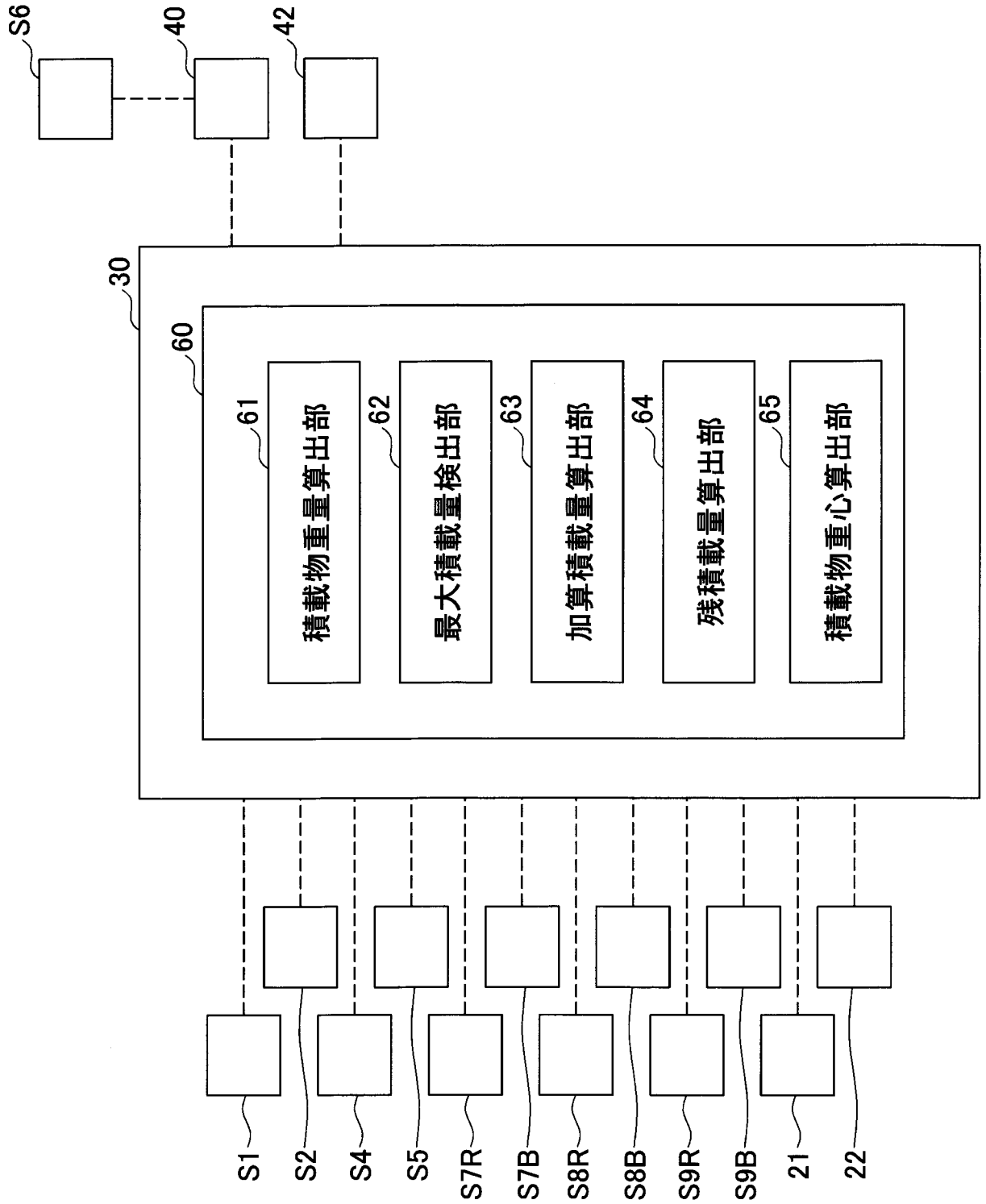
[図4B]



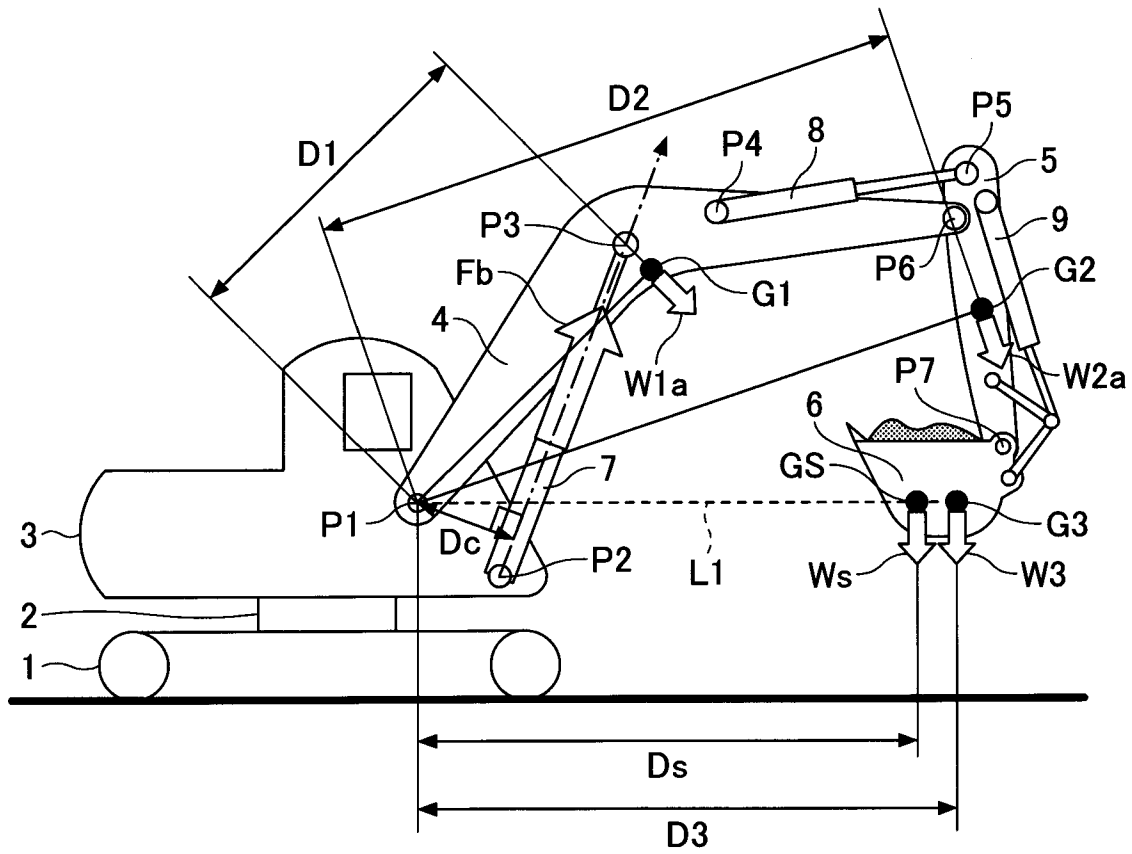
[図4C]



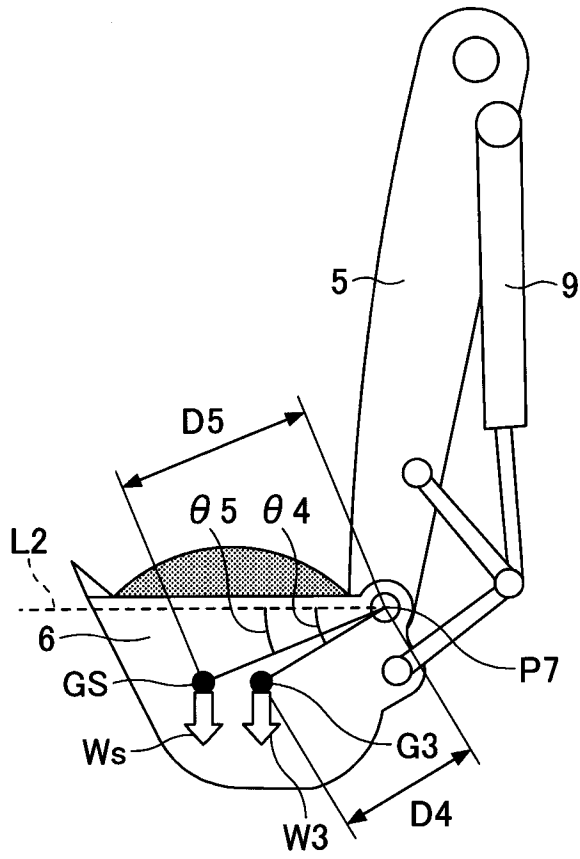
[図5]



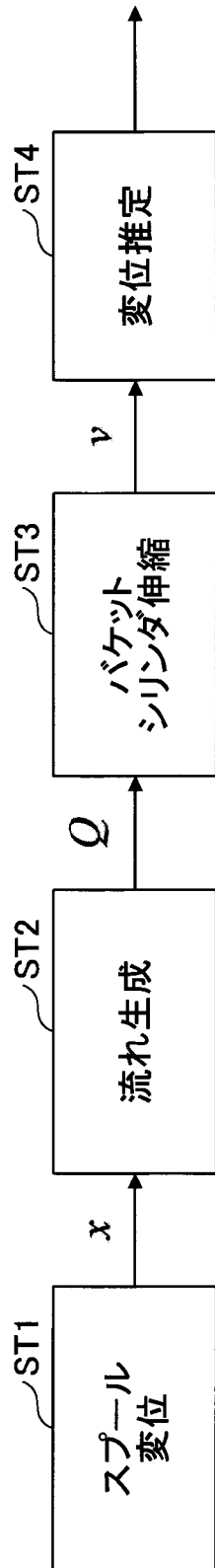
[図6A]



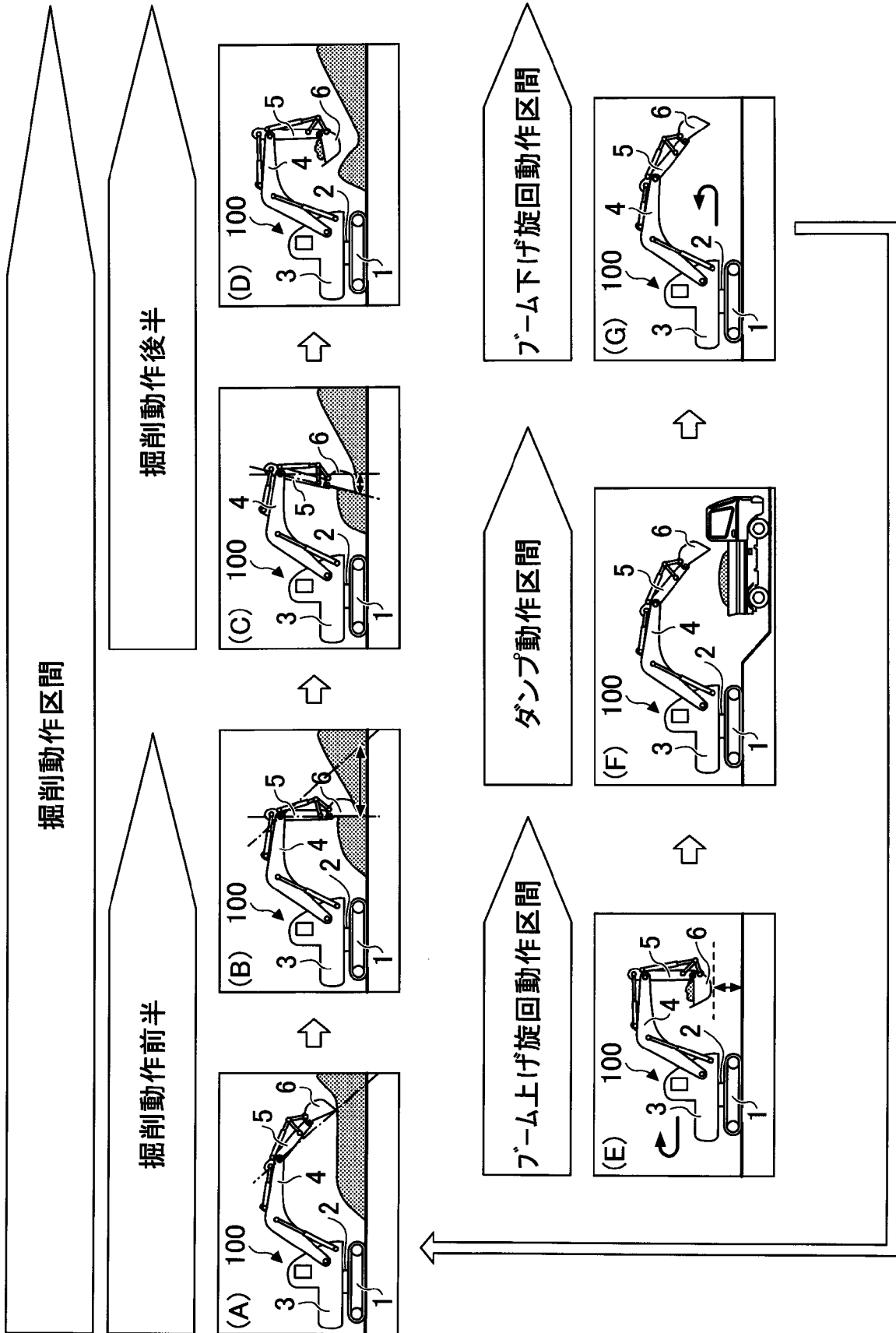
[図6B]



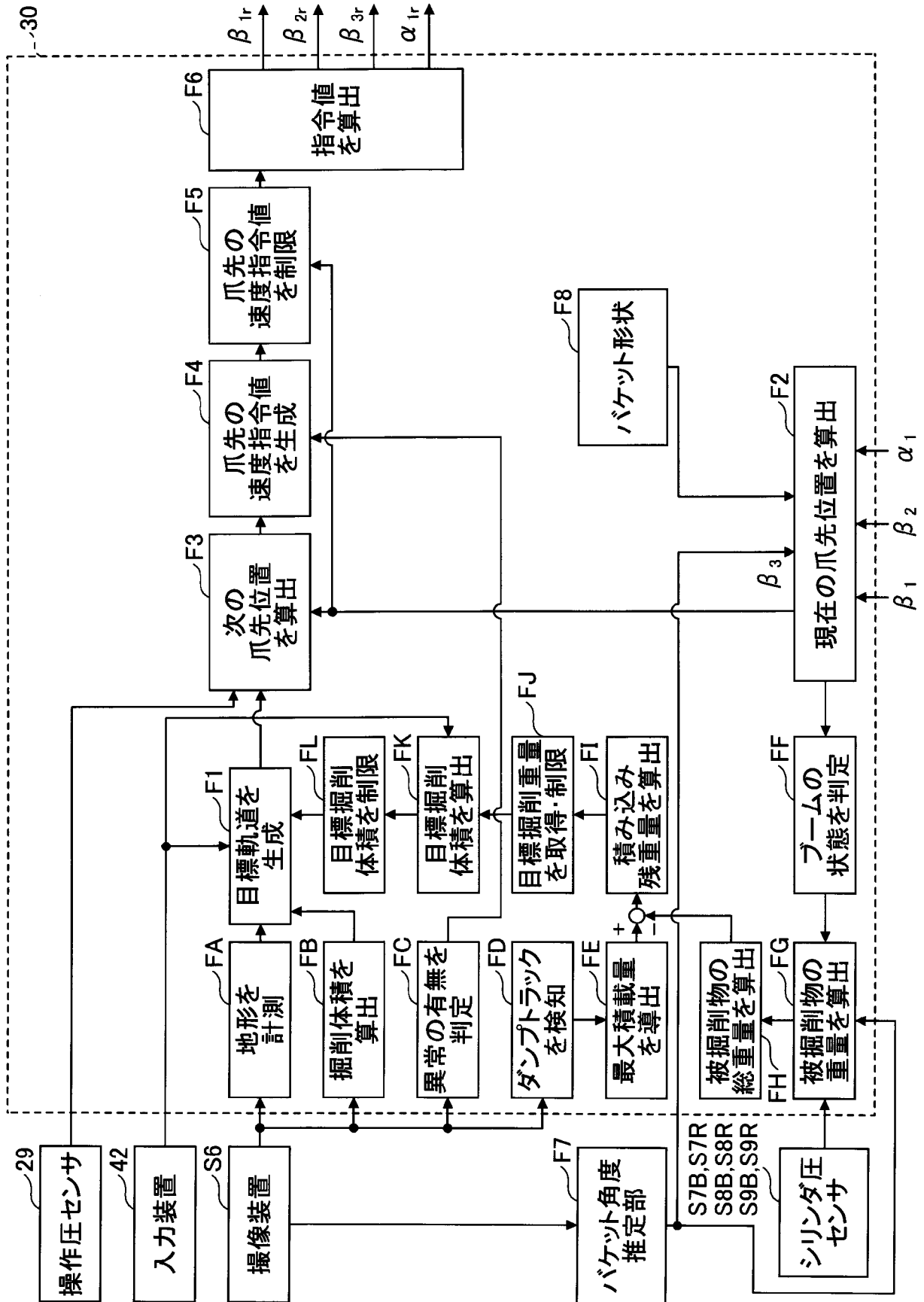
[図7]



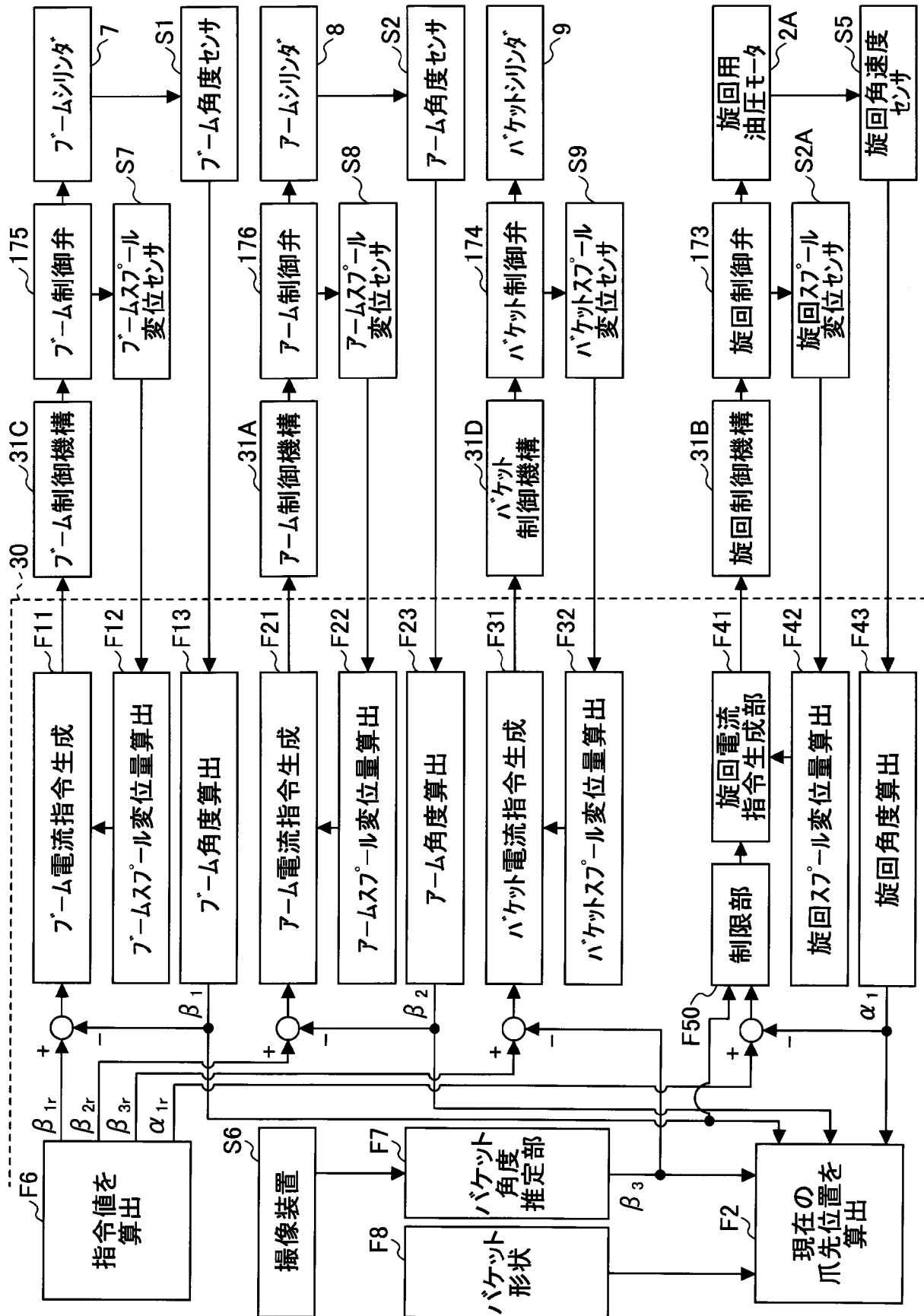
[図8]



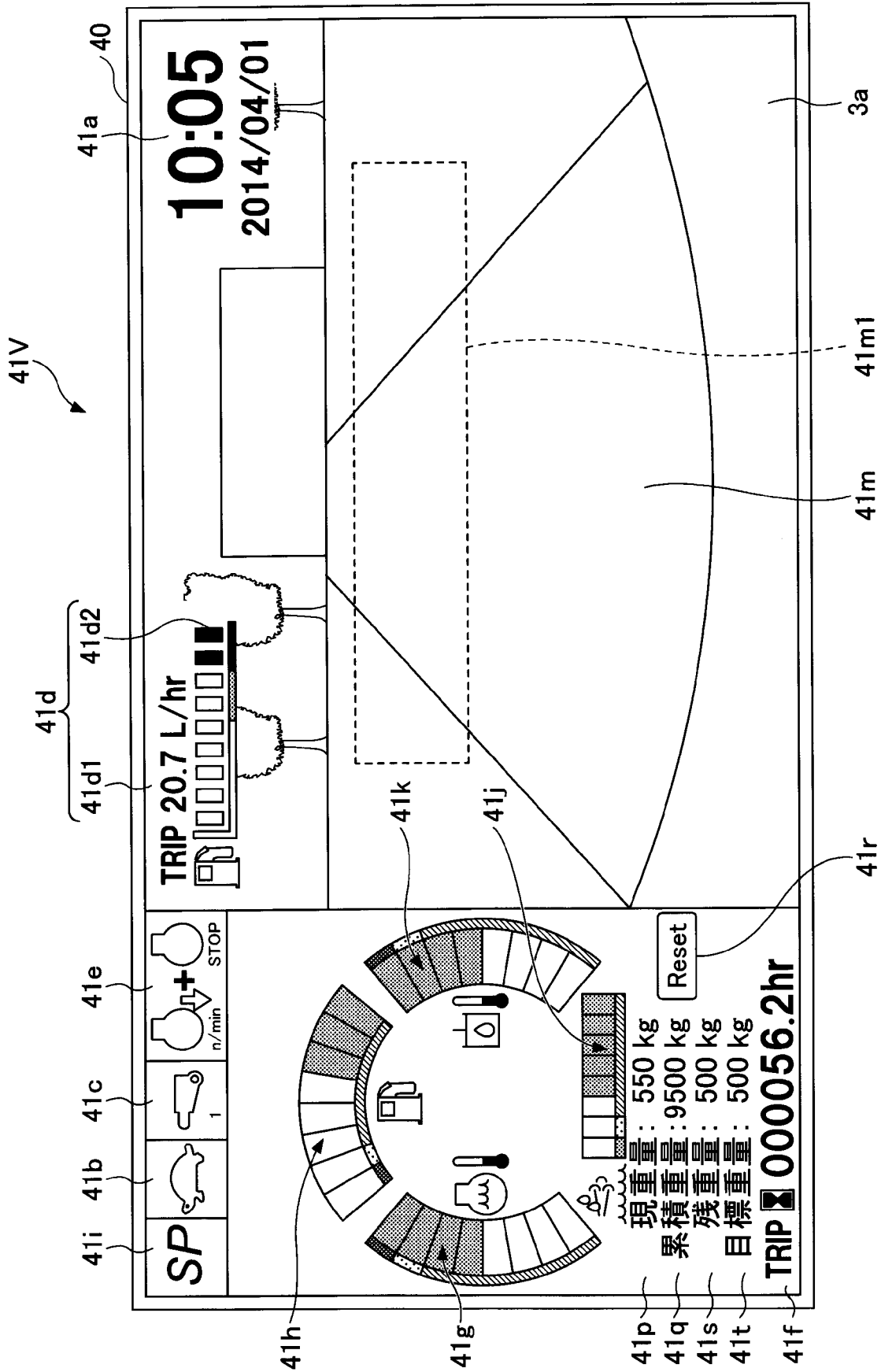
[図9]



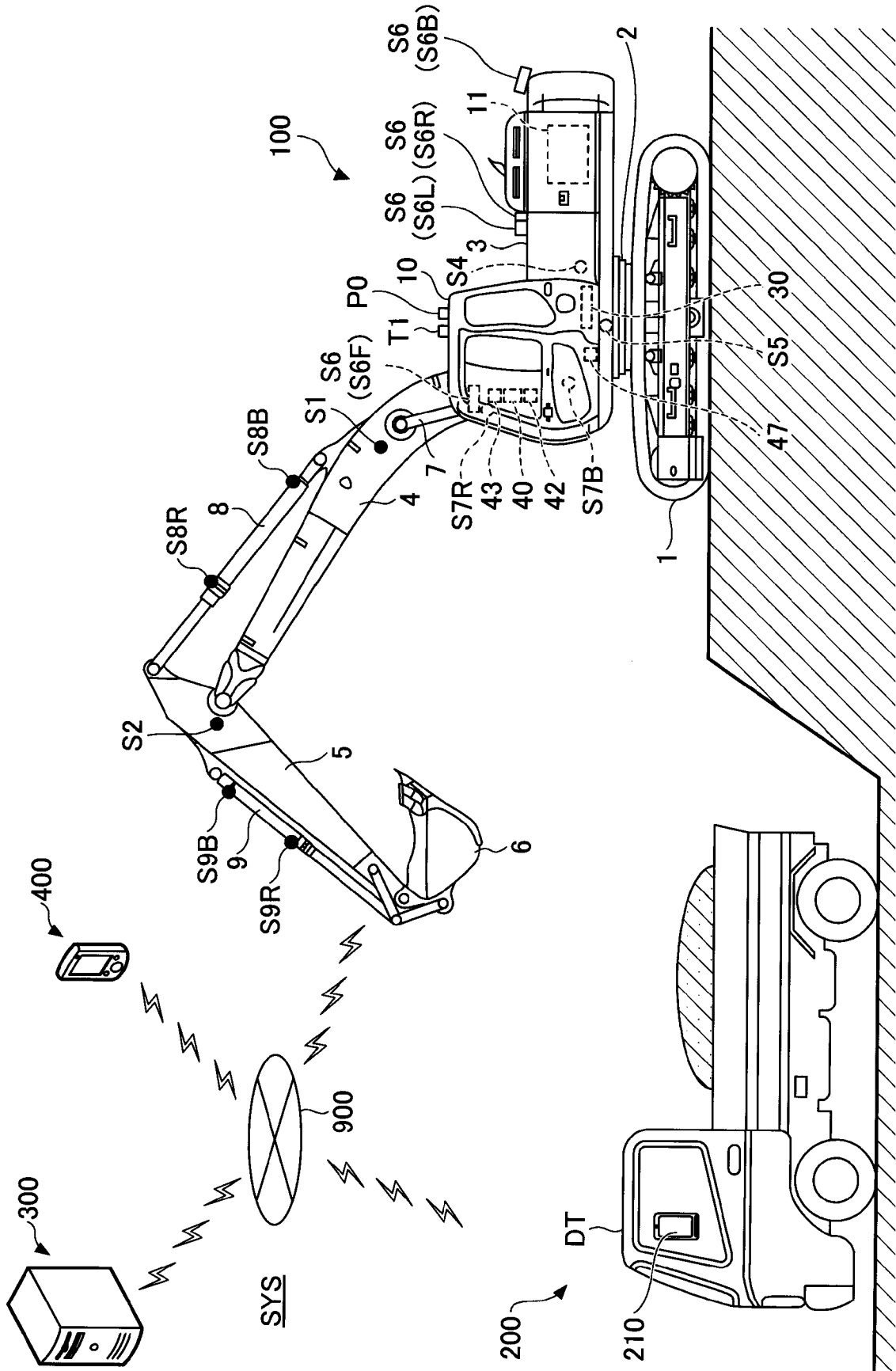
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/014224

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. E02F9/20 (2006.01) i, E02F9/26 (2006.01) i, G01G19/08 (2006.01) i, G01G19/16 (2006.01) i FI: E02F9/20 M, E02F9/26 B, G01G19/08 Z, G01G19/16 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
<p>B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl. E02F9/20, E02F9/26, G01G19/08, G01G19/16</p>		
<p>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</p>		
<p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-230820 A (SUMITOMO CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) 27 August 1999, paragraphs [0024]-[0026], [0035]-[0040], fig. 1, 7, 8, paragraphs [0024]-[0026], [0035]-[0040], fig. 1, 7, 8	1
Y		2-6
Y	JP 7-83740 A (SHIN CATERPILLAR MITSUBISHI LTD.) 31 March 1995, paragraphs [0010]-[0021], fig. 1-6	2-6
Y	JP 4-176918 A (TOKYU KENSETSU KK) 24 June 1992, page 3, upper right column, line 18 to lower left column, line 1, fig. 1	4
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</p>		
<p>* 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</p>		
<p>"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</p>		
<p>Date of the actual completion of the international search 21.05.2020</p>		<p>Date of mailing of the international search report 02.06.2020</p>
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer Telephone No.</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/014224

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 11-230820 A	27.08.1999	(Family: none)	
JP 7-83740 A	31.03.1995	US 5824965 A column 3, line 17 to column 5, line 26, fig. 1-6 EP 643174 A1 CA 2132035 A	
JP 4-176918 A	24.06.1992	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） E02F 9/20(2006.01)i; E02F 9/26(2006.01)i; G01G 19/08(2006.01)i; G01G 19/16(2006.01)i FI: E02F9/20 M; E02F9/26 B; G01G19/08 Z; G01G19/16</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）） E02F9/20; E02F9/26; G01G19/08; G01G19/16</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>X</td> <td>JP 11-230820 A (住友建機株式会社) 27.08.1999 (1999-08-27) 段落0024-0026, 0035-0040, 図1, 7-8</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>段落0024-0026, 0035-0040, 図1, 7-8</td> <td>2-6</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 7-83740 A (新キャタピラー三菱株式会社) 31.03.1995 (1995-03-31) 段落0010-0021, 図1-6</td> <td>2-6</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 4-176918 A (東急建設株式会社) 24.06.1992 (1992-06-24) 第3頁 右上欄第18行目-左下欄第1行目, 図1</td> <td>4</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	X	JP 11-230820 A (住友建機株式会社) 27.08.1999 (1999-08-27) 段落0024-0026, 0035-0040, 図1, 7-8	1	Y	段落0024-0026, 0035-0040, 図1, 7-8	2-6	Y	JP 7-83740 A (新キャタピラー三菱株式会社) 31.03.1995 (1995-03-31) 段落0010-0021, 図1-6	2-6	Y	JP 4-176918 A (東急建設株式会社) 24.06.1992 (1992-06-24) 第3頁 右上欄第18行目-左下欄第1行目, 図1	4
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															
X	JP 11-230820 A (住友建機株式会社) 27.08.1999 (1999-08-27) 段落0024-0026, 0035-0040, 図1, 7-8	1															
Y	段落0024-0026, 0035-0040, 図1, 7-8	2-6															
Y	JP 7-83740 A (新キャタピラー三菱株式会社) 31.03.1995 (1995-03-31) 段落0010-0021, 図1-6	2-6															
Y	JP 4-176918 A (東急建設株式会社) 24.06.1992 (1992-06-24) 第3頁 右上欄第18行目-左下欄第1行目, 図1	4															
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																	
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>																	
<p>国際調査を完了した日</p> <p>21.05.2020</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>02.06.2020</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>高橋 雅明 2B 4080</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3237</p>																

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/JP2020/014224

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	11-230820	A	27.08.1999	(ファミリーなし)			
JP	7-83740	A	31.03.1995	US	5824965	A	
				第3欄第17行目-第5欄 第26行目、図1-6			
				EP	643174	A1	
				CA	2132035	A	
JP	4-176918	A	24.06.1992	(ファミリーなし)			