

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5893219号

(P5893219)

(45) 発行日 平成28年3月23日 (2016. 3. 23)

(24) 登録日 平成28年3月4日 (2016. 3. 4)

(51) Int. Cl.	F 1
E O 2 F 3/43 (2006. 01)	E O 2 F 3/43 C
E O 2 F 9/20 (2006. 01)	E O 2 F 9/20 N
F 1 5 B 11/08 (2006. 01)	F 1 5 B 11/08 A

請求項の数 7 (全 80 頁)

(21) 出願番号	特願2015-519110 (P2015-519110)	(73) 特許権者	000001236
(86) (22) 出願日	平成27年3月24日 (2015. 3. 24)		株式会社小松製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/058996		東京都港区赤坂二丁目3番6号
(87) 国際公開番号	W02015/129931	(74) 代理人	100089118
(87) 国際公開日	平成27年9月3日 (2015. 9. 3)		弁理士 酒井 宏明
審査請求日	平成27年8月6日 (2015. 8. 6)	(72) 発明者	池上 勝博
(31) 優先権主張番号	PCT/JP2014/064888		神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 開発本部内
(32) 優先日	平成26年6月4日 (2014. 6. 4)	(72) 発明者	馬場 昭典
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 ICTソリューション本部内
早期審査対象出願		(72) 発明者	上 義樹
			神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 開発本部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 建設機械の制御システム、建設機械、及び建設機械の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ブーム及びアームの少なくとも一つを含む作業機を備える建設機械の制御システムであって、

前記作業機を駆動する油圧シリンダと、

移動可能なスプールを有し、前記スプールの移動により前記油圧シリンダに作動油を供給して前記油圧シリンダを動作させる方向制御弁と、

前記スプールを移動するためのパイロット油が流れるパイロット油路と、

前記パイロット油路と接続され、操作量に応じて前記パイロット油の圧力を調整可能な圧力調整弁を含む操作装置と、

前記パイロット油路に配置され、前記パイロット油の圧力を調整可能な制御弁と、

前記パイロット油路において前記操作装置と前記制御弁との間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第1圧力センサと、

前記パイロット油路において前記制御弁と前記方向制御弁との間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第2圧力センサと、

前記制御弁に対して出力される操作指令値と前記方向制御弁に作用するパイロット油圧との関係を示す相関データを導出する導出部と、

前記相関データに基づいて、目標パイロット油圧が前記方向制御弁に作用するように操作指令値を決定して前記制御弁に出力する制御弁制御部と、

前記制御弁により前記パイロット油路が開いた状態で、前記第1圧力センサの検出値及

10

20

び前記第 2 圧力センサの検出値に関するデータを取得するデータ取得部と、

前記データ取得部で取得したデータに基づいて、前記第 1 圧力センサの検出値と前記第 2 圧力センサの検出値が一致するように、前記第 1 圧力センサ若しくは前記第 2 圧力センサの検出値を補正する補正部と、
を備える建設機械の制御システム。

【請求項 2】

前記パイロット油路は複数設けられ、

前記制御弁、前記第 1 圧力センサ、及び前記第 2 圧力センサは、複数の前記パイロット油路のそれぞれに配置され、

前記制御弁制御部は、複数の前記パイロット油路のうち、前記データ取得部に前記データが取得される前記第 1 圧力センサ及び前記第 2 圧力センサが配置されているパイロット油路の前記制御弁を制御して前記パイロット油路を開き、他のパイロット油路の前記制御弁を制御して前記他のパイロット油路を閉じる請求項 1 に記載の建設機械の制御システム。

10

【請求項 3】

前記操作装置は、前記制御弁により前記パイロット油路が開いた状態で、前記パイロット油路の圧力が最大値を示す第 1 状態及び最小値を示す第 2 状態の一方から他方に変化するように操作され、

前記データ取得部は、前記第 1 状態及び前記第 2 状態のそれぞれにおいて前記データを取得し、

20

前記補正部は、前記第 1 状態及び前記第 2 状態のそれぞれにおいて前記第 1 圧力センサの検出値が前記第 2 圧力センサの検出値に一致するように、前記第 1 圧力センサの検出値を補正する請求項 1 又は請求項 2 に記載の建設機械の制御システム。

【請求項 4】

前記油圧シリンダの動作により、作業機動作平面において前記作業機が第 1 方向に移動され、

前記データ取得部は、前記第 1 方向に関して前記作業機の可動範囲の端部に前記作業機が配置された状態で、前記データを取得する請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の建設機械の制御システム。

【請求項 5】

30

前記油圧シリンダは、前記ブームを駆動するブームシリンダを含み、

前記パイロット油路は、前記方向制御弁の一方の受圧室と接続され前記ブームを上げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム上げ用油路と、前記方向制御弁の他方の受圧室と接続され前記ブームを下げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム下げ用油路と、を含み、

前記データ取得部は、前記ブームの可動範囲の上端部に前記ブームが配置された状態で、前記ブーム上げ用油路の前記第 1 圧力センサの検出値及び前記第 2 圧力センサの検出値に関するデータを取得し、前記ブームの下げ動作が行われている状態で、前記ブーム下げ用油路の前記第 1 圧力センサの検出値及び前記第 2 圧力センサの検出値に関するデータを取得する請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の建設機械の制御システム。

40

【請求項 6】

下部走行体と、

前記下部走行体に支持される上部旋回体と、

ブームとアームとバケットとを含み、前記上部旋回体に支持される作業機と、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の制御システムと、
を備える建設機械。

【請求項 7】

ブームとアームとバケットとを含む作業機を備える建設機械の制御方法であって、

前記作業機は、

前記作業機を駆動する油圧シリンダと、

50

移動可能なスプールを有し、前記スプールの移動により前記油圧シリンダに作動油を供給して前記油圧シリンダを動作させる方向制御弁と、

前記スプールを移動するためのパイロット油が流れるパイロット油路と、

前記パイロット油路と接続され、操作量に応じて前記パイロット油の圧力を調整可能な圧力調整弁を含む操作装置と、

前記パイロット油路に配置され、前記パイロット油の圧力を調整可能な制御弁と、

前記パイロット油路において前記操作装置と前記制御弁との間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第1圧力センサと、

前記パイロット油路において前記制御弁と前記スプールとの間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第2圧力センサと、

前記制御弁に対して出力される操作指令値と前記方向制御弁に作用するパイロット油圧との関係を示す相関データを導出する導出部と、

前記相関データに基づいて、目標パイロット油圧が前記方向制御弁に作用するように操作指令値を決定して前記制御弁に出力する制御弁制御部と、

を有し、

前記制御弁により前記パイロット油路が開いた状態で、前記第1圧力センサの検出値及び前記第2圧力センサの検出値に関するデータを取得することと、

取得した前記データに基づいて、前記第1圧力センサの検出値と前記第2圧力センサの検出値が一致するように、前記第1圧力センサの検出値若しくは前記第2圧力センサを補正することと、

を含む建設機械の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、建設機械の制御システム、建設機械、及び建設機械の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

油圧ショベルのような建設機械は、ブームとアームとバケットとを含む作業機を備える。特許文献1に開示されているように、作業機は油圧アクチュエータ（油圧シリンダ）によって駆動される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平08-311918号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

パイロット油の圧力を検出する圧力センサが複数設けられている場合、それら圧力センサの検出値が異なると、その圧力センサの検出結果に基づいて行われる掘削作業の掘削精度が低下する可能性がある。

【0005】

本発明の態様は、圧力センサを較正して、掘削精度の低下を抑制できる建設機械の制御システム、建設機械、及び建設機械の制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第1の態様は、ブームとアームとバケットとを含む作業機を備える建設機械の制御システムであって、前記作業機を駆動する油圧シリンダと、移動可能なスプールを有し、前記スプールの移動により前記油圧シリンダに作動油を供給して前記油圧シリンダを動作させる方向制御弁と、前記スプールを移動するためのパイロット油が流れるパイロット油路と、前記パイロット油路と接続され、操作量に応じて前記パイロット油の圧力を調

10

20

30

40

50

整可能な圧力調整弁を含む操作装置と、前記パイロット油路に配置され、前記パイロット油の圧力を調整可能な制御弁と、前記パイロット油路において前記操作装置と前記制御弁との間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第1圧力センサと、前記パイロット油路において前記制御弁と前記方向制御弁との間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第2圧力センサと、前記制御弁を制御する制御弁制御部と、前記制御弁により前記パイロット油路が開いた状態で、前記第1圧力センサの検出値及び前記第2圧力センサの検出値に関するデータを取得するデータ取得部と、前記データ取得部で取得したデータに基づいて、前記第1圧力センサの検出値と前記第2圧力センサの検出値が一致するように、前記第1圧力センサの検出値若しくは前記第2圧力センサを補正する補正部と、を備える建設機械の制御システムを提供する。

10

【0007】

前記パイロット油路は複数設けられ、前記制御弁、前記第1圧力センサ、及び前記第2圧力センサは、複数の前記パイロット油路のそれぞれに配置され、前記制御弁制御部は、複数の前記パイロット油路のうち、前記データ取得部に前記データが取得される前記第1圧力センサ及び前記第2圧力センサが配置されているパイロット油路の前記制御弁を制御して前記パイロット油路を開き、他のパイロット油路の前記制御弁を制御して前記他のパイロット油路を閉じることが好ましい。

【0008】

前記操作装置は、前記制御弁により前記パイロット油路が開いた状態で、前記パイロット油路の圧力が最大値を示す第1状態及び最小値を示す第2状態の一方から他方に変化するように操作され、前記データ取得部は、前記第1状態及び前記第2状態のそれぞれにおいて前記データを取得し、前記補正部は、前記第1状態及び前記第2状態のそれぞれにおいて前記第1圧力センサの検出値が前記第2圧力センサの検出値に一致するように、前記第1圧力センサの検出値を補正することが好ましい。

20

【0009】

前記油圧シリンダの動作により、作業機動作平面において前記作業機が第1方向に移動され、前記データ取得部は、前記第1方向に関して前記作業機の可動範囲の端部に前記作業機が配置された状態で、前記データを取得することが好ましい。

【0010】

前記油圧シリンダは、前記ブームを駆動するブームシリンダを含み、前記パイロット油路は、前記方向制御弁の一方の受圧室と接続され前記ブームを上げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム上げ用油路と、前記方向制御弁の他方の受圧室と接続され前記ブームを下げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム下げ用油路と、を含み、前記データ取得部は、前記ブームの可動範囲の上端部に前記ブームが配置された状態で、前記ブーム上げ用油路の前記第1圧力センサの検出値及び前記第2圧力センサの検出値に関するデータを取得し、前記ブームの下げ動作が行われている状態で、前記ブーム下げ用油路の前記第1圧力センサの検出値及び前記第2圧力センサの検出値に関するデータを取得することが好ましい。

30

【0011】

本発明の第2の態様は、下部走行体と、前記下部走行体に支持される上部旋回体と、ブームとアームとバケットとを含み、前記上部旋回体に支持される作業機と、第1の態様の制御システムと、を備える建設機械を提供する。

40

【0012】

本発明の第3の態様は、ブームとアームとバケットとを含む作業機を備える建設機械の制御方法であって、前記作業機は、前記作業機を駆動する油圧シリンダと、移動可能なスプールを有し、前記スプールの移動により前記油圧シリンダに作動油を供給して前記油圧シリンダを動作させる方向制御弁と、前記スプールを移動するためのパイロット油が流れるパイロット油路と、前記パイロット油路と接続され、操作量に応じて前記パイロット油の圧力を調整可能な圧力調整弁を含む操作装置と、前記パイロット油路に配置され、前記パイロット油の圧力を調整可能な制御弁と、前記パイロット油路において前記操作装置と

50

前記制御弁との間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第１圧力センサと、前記パイロット油路において前記制御弁と前記スプールとの間に配置され、前記パイロット油の圧力を検出する第２圧力センサと、前記制御弁を制御する制御弁制御部と、を有し、前記制御弁により前記パイロット油路が開いた状態で、前記第１圧力センサの検出値及び前記第２圧力センサの検出値に関するデータを取得することと、取得した前記データに基づいて、前記第１圧力センサの検出値と前記第２圧力センサの検出値が一致するように、前記第１圧力センサの検出値若しくは前記第２圧力センサを補正することと、を含む建設機械の制御方法を提供する。

【発明の効果】

【００１３】

10

本発明の態様によれば、パイロット方式の操作レバーにおいて操作精度の低下を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】図１は、建設機械の一例を示す斜視図である。

【図２】図２は、建設機械の一例を模式的に示す側面図である。

【図３】図３は、建設機械の一例を模式的に示す背面図である。

【図４】図４は、制御システムの一例を示すブロック図である。

【図５】図５は、制御システムの一例を示すブロック図である。

【図６】図６は、目標施工情報の一例を示す模式図である。

20

【図７】図７は、制限掘削制御の一例を示すフローチャートである。

【図８】図８は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図９】図９は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図１０】図１０は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図１１】図１１は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図１２】図１２は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図１３】図１３は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図１４】図１４は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図１５】図１５は、制限掘削制御の一例を説明するための図である。

【図１６】図１６は、油圧シリンダの一例を示す図である。

30

【図１７】図１７は、ストロークセンサの一例を示す図である。

【図１８】図１８は、制御システムの一例を示す図である。

【図１９】図１９は、制御システムの一例を示す図である。

【図２０】図２０は、建設機械の動作の一例を説明するための図である。

【図２１】図２１は、建設機械の動作の一例を説明するための図である。

【図２２】図２２は、建設機械の動作の一例を説明するための図である。

【図２３】図２３は、建設機械の動作の一例を示す模式図である。

【図２４】図２４は、制御システムの一例を示す機能ブロック図である。

【図２５】図２５は、制御システムの一例を示す機能ブロック図である。

【図２６】図２６は、作業機コントローラの処理の一例を示すフローチャートである。

40

【図２７】図２７は、較正方法の一例を示すフローチャートである。

【図２８】図２８は、表示部の一例を示す図である。

【図２９】図２９は、表示部の一例を示す図である。

【図３０】図３０は、表示部の一例を示す図である。

【図３１】図３１は、表示部の一例を示す図である。

【図３２】図３２は、表示部の一例を示す図である。

【図３３】図３３は、表示部の一例を示す図である。

【図３４】図３４は、較正処理の一例を説明するためのタイミングチャートである。

【図３５】図３５は、表示部の一例を示す図である。

【図３６】図３６は、較正処理の一例を説明するためのフローチャートである。

50

【図 3 7】図 3 7 は、スプールストロークとシリンダ速度との関係を示す図である。

【図 3 8】図 3 8 は、図 3 7 の一部を拡大した図である。

【図 3 9】図 3 9 は、スプールストロークとシリンダ速度との関係を示す図である。

【図 4 0】図 4 0 は、図 3 7 の一部を拡大した図である。

【図 4 1】図 4 1 は、較正処理の一例を説明するためのタイミングチャートである。

【図 4 2】図 4 2 は、較正方法の一例を示すフローチャートである。

【図 4 3】図 4 3 は、表示部の一例を示す図である。

【図 4 4】図 4 4 は、表示部の一例を示す図である。

【図 4 5】図 4 5 は、表示部の一例を示す図である。

【図 4 6】図 4 6 は、表示部の一例を示す図である。

【図 4 7】図 4 7 は、表示部の一例を示す図である。

【図 4 8】図 4 8 は、表示部の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。以下で説明する各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。

【0016】

[油圧ショベルの全体構成]

図 1 は、本実施形態に係る建設機械 100 の一例を示す斜視図である。本実施形態においては、建設機械 100 が、油圧により作動する作業機 2 を備える油圧ショベル 100 である例について説明する。

【0017】

図 1 に示すように、油圧ショベル 100 は、車両本体 1 と、作業機 2 と、作業機 2 を駆動する油圧シリンダ（ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、及びバケットシリンダ 12）とを備える。後述するように、油圧ショベル 100 には掘削制御を実行する制御システム 200 が搭載されている。

【0018】

車両本体 1 は、旋回体 3 と、運転室 4 と、走行装置 5 とを有する。旋回体 3 は、走行装置 5 の上に配置される。走行装置 5 は、旋回体 3 を支持する。旋回体 3 を、上部旋回体 3 と称してもよい。走行装置 5 を、下部走行体 5 と称してもよい。旋回体 3 は、旋回軸 AX を中心に旋回可能である。運転室 4 に、オペレータが着座する運転席 4 S が設けられる。オペレータは、運転室 4 において油圧ショベル 100 を操作する。走行装置 5 は、一对の履帯 5 Cr を有する。履帯 5 Cr の回転により、油圧ショベル 100 が走行する。なお、走行装置 5 が車輪（タイヤ）を含んでもよい。

【0019】

本実施形態においては、運転席 4 S を基準として各部の位置関係について説明する。前後方向とは、運転席 4 S を基準とした前後方向をいう。左右方向とは、運転席 4 S を基準とした左右方向をいう。運転席 4 S が正面に正対する方向を前方向とし、前方向の反対の方向を後方向とする。運転席 4 S が正面に正対したときの側方向の一方向（右側）及び他方向（左側）をそれぞれ右方向及び左方向とする。

【0020】

旋回体 3 は、エンジンが収容されるエンジンルーム 9 と、旋回体 3 の後部に設けられるカウンタウェイトとを有する。旋回体 3 において、エンジンルーム 9 の前方に手すり 19 が設けられる。エンジンルーム 9 に、エンジン及び油圧ポンプなどが配置される。

【0021】

作業機 2 は、旋回体 3 に支持される。作業機 2 は、旋回体 3 に接続されるブーム 6 と、ブーム 6 に接続されるアーム 7 と、アーム 7 に接続されるバケット 8 とを含む。作業機 2 は、油圧シリンダによって駆動される。作業機 2 を駆動するための油圧シリンダは、ブーム 6 を駆動するブームシリンダ 10 と、アーム 7 を駆動するアームシリンダ 11 と、バケ

10

20

30

40

50

ット 8 を駆動するバケットシリンダ 1 2 とを含む。ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、及びバケットシリンダ 1 2 のそれぞれは、作動油によって駆動される。

【0022】

ブーム 6 の基端部は、ブームピン 1 3 を介して旋回体 3 に接続される。アーム 7 の基端部は、アームピン 1 4 を介してブーム 6 の先端部に接続される。バケット 8 は、バケットピン 1 5 を介してアーム 7 の先端部に接続される。ブーム 6 は、ブームピン 1 3 を中心に回転可能である。アーム 7 は、アームピン 1 4 を中心に回転可能である。バケット 8 は、バケットピン 1 5 を中心に回転可能である。アーム 7 及びバケット 8 のそれぞれは、ブーム 6 の先端側で移動可能な可動部材である。

【0023】

図 2 は、本実施形態に係る油圧ショベル 1 0 0 を模式的に示す側面図である。図 3 は、本実施形態に係る油圧ショベル 1 0 0 を模式的に示す背面図である。図 2 に示すように、ブーム 6 の長さ L_1 は、ブームピン 1 3 とアームピン 1 4 との距離である。アーム 7 の長さ L_2 は、アームピン 1 4 とバケットピン 1 5 との距離である。バケット 8 の長さ L_3 は、バケットピン 1 5 とバケット 8 の先端部 8 a との距離である。本実施形態において、バケット 8 は、複数の刃を有する。以下の説明において、バケット 8 の先端部 8 a を適宜、刃先 8 a、と称する。

【0024】

なお、バケット 8 は、刃を有していなくてもよい。バケット 8 の先端部は、ストレート形状の鋼板で形成されてもよい。

【0025】

図 2 に示すように、油圧ショベル 1 0 0 は、ブームシリンダ 1 0 に配置されたブームシリンダストロークセンサ 1 6 と、アームシリンダ 1 1 に配置されたアームシリンダストロークセンサ 1 7 と、バケットシリンダ 1 2 に配置されたバケットシリンダストロークセンサ 1 8 とを有する。ブームシリンダストロークセンサ 1 6 の検出結果に基づいて、ブームシリンダ 1 0 のストローク長が求められる。アームシリンダストロークセンサ 1 7 の検出結果に基づいて、アームシリンダ 1 1 のストローク長が求められる。バケットシリンダストロークセンサ 1 8 の検出結果に基づいて、バケットシリンダ 1 2 のストローク長が求められる。

【0026】

以下の説明においては、ブームシリンダ 1 0 のストローク長を適宜、ブームシリンダ長、と称し、アームシリンダ 1 1 のストローク長を適宜、アームシリンダ長、と称し、バケットシリンダ 1 2 のストローク長を適宜、バケットシリンダ長、と称する。また、以下の説明において、ブームシリンダ長、アームシリンダ長、及びバケットシリンダ長を適宜、シリンダ長データ L 、と総称する。

【0027】

油圧ショベル 1 0 0 は、油圧ショベル 1 0 0 の位置を検出可能な位置検出装置 2 0 を備えている。位置検出装置 2 0 は、アンテナ 2 1 と、グローバル座標演算部 2 3 と、IMU (Inertial Measurement Unit) 2 4 とを有する。

【0028】

アンテナ 2 1 は、GNSS (Global Navigation Satellite Systems: 全地球航法衛星システム) 用のアンテナである。アンテナ 2 1 は、RTK-GNSS (Real Time Kinematic-Global Navigation Satellite Systems) 用アンテナである。アンテナ 2 1 は、旋回体 3 に設けられる。本実施形態において、アンテナ 2 1 は、旋回体 3 の手すり 1 9 に設けられる。なお、アンテナ 2 1 は、エンジンルーム 9 の後方向に設けられてよい。例えば、旋回体 3 のカウンタウェイトにアンテナ 2 1 が設けられてもよい。アンテナ 2 1 は、受信した電波 (GNSS 電波) に応じた信号をグローバル座標演算部 2 3 に出力する。

【0029】

グローバル座標演算部 2 3 は、グローバル座標系におけるアンテナ 2 1 の設置位置 P_1 を検出する。グローバル座標系は、作業エリアに設置した基準位置 P_r を元にした 3 次元

10

20

30

40

50

座標系 (X_g , Y_g , Z_g) である。図 2 及び図 3 に示すように、本実施形態において、基準位置 P_r は、作業エリアに設定された基準杭の先端の位置である。またローカル座標系とは、油圧ショベル 100 を基準とした、(X , Y , Z) で示される 3 次元座標系である。ローカル座標系の基準位置は、旋回体 3 の旋回軸 (旋回中心) A_X に位置する基準位置 P_2 を示すデータである。

【0030】

本実施形態において、アンテナ 21 は、車幅方向に離れるように旋回体 3 に設けられた第 1 アンテナ 21 A 及び第 2 アンテナ 21 B を含む。グローバル座標演算部 23 は、第 1 アンテナ 21 A の設置位置 P_{1a} 及び第 2 アンテナ 21 B の設置位置 P_{1b} を検出する。

【0031】

グローバル座標演算部 23 は、グローバル座標で表される基準位置データ P を取得する。本実施形態において、基準位置データ P は、旋回体 3 の旋回軸 (旋回中心) A_X に位置する基準位置 P_2 を示すデータである。なお、基準位置データ P は、設置位置 P_1 を示すデータでもよい。本実施形態において、グローバル座標演算部 23 は、2 つの設置位置 P_{1a} 及び設置位置 P_{1b} に基づいて旋回体方位データ Q を生成する。旋回体方位データ Q は、設置位置 P_{1a} と設置位置 P_{1b} とで決定される直線がグローバル座標の基準方位 (例えば北) に対してなす角度に基づいて決定される。旋回体方位データ Q は、旋回体 3 (作業機 2) が向いている方位を示す。グローバル座標演算部 23 は、後述する表示コントローラ 28 に基準位置データ P 及び旋回体方位データ Q を出力する。

【0032】

IMU 24 は、旋回体 3 に設けられる。本実施形態において、IMU 24 は、運転室 4 の下部に配置される。旋回体 3 において、運転室 4 の下部に高剛性のフレームが配置される。IMU 24 は、そのフレーム上に配置される。なお、IMU 24 は、旋回体 3 の旋回軸 A_X (基準位置 P_2) の側方 (右側又は左側) に配置されてもよい。IMU 24 は、車両本体 1 の左右方向に対する傾斜角 θ_4 と、車両本体 1 の前後方向に対する傾斜角 θ_5 とを検出する。

【0033】

[制御システムの構成]

次に、本実施形態に係る制御システム 200 の概要について説明する。図 4 は、本実施形態に係る制御システム 200 の機能構成を示すブロック図である。

【0034】

制御システム 200 は、作業機 2 を用いる掘削処理を制御する。掘削処理の制御は、制限掘削制御を含む。図 4 に示すように、制御システム 200 は、ブームシリンダストロークセンサ 16 と、アームシリンダストロークセンサ 17 と、バケットシリンダストロークセンサ 18 と、アンテナ 21 と、グローバル座標演算部 23 と、IMU 24 と、操作装置 25 と、作業機コントローラ 26 と、圧力センサ 66 と、圧力センサ 67 と、圧力センサ 68 と、制御弁 27 と、方向制御弁 64 と、表示コントローラ 28 と、表示部 29 と、センサコントローラ 30 と、マンマシンインターフェース部 32 とを備えている。

【0035】

操作装置 25 は、運転室 4 に配置される。オペレータにより操作装置 25 が操作される。操作装置 25 は、作業機 2 を駆動するためのオペレータの操作指令の入力を受け付ける。本実施形態において、操作装置 25 は、パイロット油圧方式の操作装置である。

【0036】

以下の説明においては、油圧シリンダ (ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、及びバケットシリンダ 12) を作動するためにその油圧シリンダに供給される油を適宜、作動油、と称する。本実施形態においては、方向制御弁 64 により、油圧シリンダに対する作動油の供給量が調整される。方向制御弁 64 は、供給される油によって作動する。以下の説明においては、方向制御弁 64 を作動するためにその方向制御弁 64 に供給される油を適宜、パイロット油、と称する。また、パイロット油の圧力を適宜、パイロット油圧、と称する。

【0037】

作動油及びパイロット油は、同一の油圧ポンプから送出されてもよい。例えば、メイン油圧ポンプから送出された作動油の一部が減圧弁で減圧され、その減圧された作動油がパイロット油として使用されてもよい。また、作動油を送出する油圧ポンプ（メイン油圧ポンプ）と、パイロット油を送出する油圧ポンプ（パイロット油圧ポンプ）とが別の油圧ポンプでもよい。

【0038】

操作装置25は、パイロット油が流れるパイロット油路50およびパイロット油路450と接続され、操作量に応じてパイロット油圧を調整可能な圧力調整弁250を有する。操作装置25は、第1操作レバー25Rと、第2操作レバー25Lとを有する。本実施形態において、操作装置25の操作量は、操作レバー（25R、25L）を傾ける角度を含む。オペレータが操作レバー（25R、25L）を操作することによって、その操作量（角度）に応じてパイロット油圧が調整されパイロット油路50のパイロット油がパイロット油路450へ供給される。

10

【0039】

第1操作レバー25Rは、例えば運転席4Sの右側に配置される。第2操作レバー25Lは、例えば運転席4Sの左側に配置される。第1操作レバー25R及び第2操作レバー25Lでは、前後左右の動作が2軸の動作に対応している。

【0040】

第1操作レバー25Rにより、ブーム6及びバケット8が操作される。第1操作レバー25Rの前後方向の操作は、ブーム6の上下方向の動作に対応する。第1操作レバー25Rが前後方向に操作されることにより、ブーム6の下げ動作及び上げ動作が実行される。ブーム6を操作するために第1操作レバー25Rが操作され、パイロット油路450にパイロット油が供給されたときの圧力センサ66に発生する検出圧力を検出圧力MBとする。第1操作レバー25Rの左右方向の操作は、バケット8の上下方向の動作に対応する。第1操作レバー25Rが左右方向に操作されることにより、バケット8の下げ動作及び上げ動作が実行される。バケット8を操作するために第1操作レバー25Rが操作され、パイロット油路450にパイロット油が供給されたときの圧力センサ66に発生する検出圧力を検出圧力MTとする。

20

【0041】

第2操作レバー25Lにより、アーム7及び旋回体3が操作される。第2操作レバー25Lの前後方向の操作は、アーム7の上下方向の動作に対応する。第2操作レバー25Lが前後方向に操作されることにより、アーム7の下げ動作及び上げ動作が実行される。アーム7を操作するために第2操作レバー25Lが操作され、パイロット油路450にパイロット油が供給されたときの圧力センサ66に発生する検出圧力を検出圧力MAとする。第2操作レバー25Lの左右方向の操作は、旋回体3の旋回動作に対応する。第2操作レバー25Lが左右方向に操作されることにより、旋回体3の右旋回動作及び左旋回動作が実行される。

30

【0042】

本実施形態において、ブーム6の上げ動作は、ダンプ動作に相当する。ブーム6の下げ動作は、掘削動作に相当する。アーム7の上げ動作は、ダンプ動作に相当する。アーム7の下げ動作は、掘削動作に相当する。バケット8の上げ動作は、ダンプ動作に相当する。バケット8の下げ動作は、掘削動作に相当する。なお、アーム7の下げ動作を曲げ動作と称してもよい。アーム7の上げ動作を伸長動作と称してもよい。

40

【0043】

メイン油圧ポンプから送出され、減圧弁によってパイロット油圧に減圧されたパイロット油が操作装置25に供給される。操作装置25の操作量に基づいてパイロット油圧が調整され、そのパイロット油圧に応じて、油圧シリンダ（ブームシリンダ10、アームシリンダ11、及びバケットシリンダ12）に供給される作動油が流れる方向制御弁64が駆動される。

50

【0044】

第1操作レバー25Rは、ブーム6の駆動のために前後方向に操作される。前後方向に関する第1操作レバー25Rの操作量（ブーム操作量）に応じて、ブーム6を駆動するためのブームシリンダ10に供給される作動油が流れる方向制御弁64が駆動される。

【0045】

第1操作レバー25Rは、バケット8の駆動のために左右方向に操作される。左右方向に関する第1操作レバー25Rの操作量（バケット操作量）に応じて、バケット8を駆動するためのバケットシリンダ12に供給される作動油が流れる方向制御弁64が駆動される。

【0046】

第2操作レバー25Lは、アーム7の駆動のために前後方向に操作される。前後方向に関する第2操作レバー25Lの操作量（アーム操作量）に応じて、アーム7を駆動するためのアームシリンダ11に供給される作動油が流れる方向制御弁64が駆動される。

【0047】

第2操作レバー25Lは、旋回体3の駆動のために左右方向に操作される。左右方向に関する第2操作レバー25Lの操作量に応じて、旋回体3を駆動するための油圧アクチュエータに供給される作動油が流れる方向制御弁64が駆動される。

【0048】

第1操作レバー25Rは、中立状態（ニュートラル状態）、中立状態から前方向に傾くように操作される前方操作状態、中立状態から後方向に傾くように操作される後方操作状態、中立状態から右方向に傾くように操作される右方操作状態、及び中立状態から左方向に傾くように操作される左方操作状態の少なくとも一つの状態になるように、オペレータに操作される。第1操作レバー25Rが前方操作状態及び後方操作状態の少なくとも一方に操作されることによって、ブームシリンダ10の方向制御弁64が駆動される。第1操作レバー25Rが右方操作状態及び左方操作状態に操作されることによって、バケットシリンダ12の方向制御弁64が駆動される。第1操作レバー25Rが中立状態に維持されることによって、ブームシリンダ10の方向制御弁64及びバケットシリンダ12の方向制御弁64は、駆動されない。

【0049】

第2操作レバー25Lは、中立状態（ニュートラル状態）、中立状態から前方向に傾くように操作される前方操作状態、中立状態から後方向に傾くように操作される後方操作状態、中立状態から右方向に傾くように操作される右方操作状態、及び中立状態から左方向に傾くように操作される左方操作状態の少なくとも一つの状態になるように、オペレータに操作される。第2操作レバー25Lが前方操作状態及び後方操作状態の少なくとも一方に操作されることによって、アームシリンダ11の方向制御弁64が駆動される。第2操作レバー25Lが右方操作状態及び左方操作状態に操作されることによって、旋回体3を駆動するための油圧アクチュエータが駆動される。第2操作レバー25Lが中立状態に維持されることによって、アームシリンダ11の方向制御弁64及び旋回体3を駆動するための油圧アクチュエータは、駆動されない。

【0050】

第1操作レバー25Rが前後方向の可動範囲において最も前方向の端部又は最も後方向の端部に操作されることによって、ブームシリンダ10のシリンダ速度は、最大値を示す。第1操作レバー25Rが左右方向の可動範囲において最も右方向の端部又は最も左方向の端部に操作されることによって、バケットシリンダ12のシリンダ速度は、最大値を示す。第1操作レバー25Rが中立状態に維持されることによって、ブームシリンダ10のシリンダ速度及びバケットシリンダ12のシリンダ速度は、最小値（零）を示す。

【0051】

第2操作レバー25Lが前後方向の可動範囲において最も前方向の端部又は最も後方向の端部に操作されることによって、アームシリンダ11のシリンダ速度は、最大値を示す。第2操作レバー25Lが左右方向の可動範囲において最も右方向の端部又は最も左方向

10

20

30

40

50

の端部に操作されることによって、旋回体 3 を駆動するための油圧アクチュエータの駆動速度は、最大値を示す。第 2 操作レバー 2 5 L が中立状態に維持されることによって、アームシリンダ 1 1 のシリンダ速度及び旋回体 3 を駆動するための油圧アクチュエータの駆動速度は、最小値（零）を示す。

【0052】

以下の説明において、第 1 操作レバー 2 5 R 及び第 2 操作レバー 2 5 L が可動範囲の端部に配置される状態を適宜、フルレバー状態、と称する。フルレバー状態において、油圧シリンダ（ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、及びバケットシリンダ 1 2）のシリンダ速度は、最大値を示す。

【0053】

なお、第 1 操作レバー 2 5 R の左右方向の操作がブーム 6 の操作に対応し、前後方向の操作がバケット 8 の操作に対応してもよい。なお、第 2 操作レバー 2 5 L の左右方向がアーム 7 の操作に対応し、前後方向の操作が旋回体 3 の操作に対応してもよい。

【0054】

圧力センサ 6 6 及び圧力センサ 6 7 は、パイロット油路 4 5 0 に配置される。圧力センサ 6 6 及び圧力センサ 6 7 は、パイロット油圧を検出する。圧力センサ 6 6 及び圧力センサ 6 7 の検出結果は、作業機コントローラ 2 6 に出力される。

【0055】

制御弁 2 7 は、パイロット油路 4 5 0 に配置される。制御弁 2 7 は、パイロット油圧を調整可能である。制御弁 2 7 は、作業機コントローラ 2 6 からの制御信号に基づいて作動する。制御弁 2 7 が作動することにより、その制御弁 2 7 によって調整されたパイロット油圧が方向制御弁 6 4 に作用する。方向制御弁 6 4 は、パイロット油圧に基づいて作動して、油圧シリンダ（ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、及びバケットシリンダ 1 2）に対する作動油の供給量を調整する。

【0056】

すなわち、本実施形態において、パイロット油圧は、操作装置 2 5 のみならず、制御弁 2 7 によっても調整される。パイロット油圧が調整されることによって、方向制御弁 6 4 を介して油圧シリンダに対する作動油の供給量が調整される。

【0057】

マンマシンインターフェース部 3 2 は、入力部 3 1 及び表示部（モニタ） 3 2 2 を有する。本実施形態において、入力部 3 2 1 は、表示部 3 2 2 の周囲に配置される操作ボタンを含む。なお、入力部 3 2 1 がタッチパネルを含んでもよい。マンマシンインターフェース部 3 2 を、マルチモニタ 3 2、と称してもよい。入力部 3 2 1 は、オペレータによって操作される。入力部 3 2 1 の操作により生成された指令信号は、作業機コントローラ 2 6 に出力される。作業機コントローラ 2 6 は、表示部 3 2 2 を制御して、その表示部 3 2 2 に所定の情報を表示させる。

【0058】

ロックレバー（不図示）は、パイロット油路 5 0 の遮断を機械的に行うためにオペレータに操作される。ロックレバーは、運転室 4 に配置される。ロックレバーの操作により、パイロット油路 5 0 が閉じる。ロックレバーが操作され、パイロット油路 5 0 が遮断されると、パイロット油路 5 0 に設置される圧力センサ 6 8 の検出圧力が低下し、低下した圧力センサ 6 8 の検出値が作業機コントローラ 2 6 に出力され、遮断状態と判断される。例えば、オペレータが運転室 4 から離れるとき、パイロット油路 5 0 が閉じるように、ロックレバーが操作される。これにより、オペレータが運転室 4 に居ないにもかかわらず、パイロット油圧が方向制御弁 6 4 に作用したり、作業機 2 が動いたりすることが抑制される。作業機 2（油圧ショベル 1 0 0）を作動させるとき、ロックレバーによるパイロット油路 5 0 の遮断が解除され、パイロット油路 5 0 が開く。これにより、作業機 2 は駆動可能な状態となる。また、ロックレバーの操作を検出するスイッチ等の電気信号により遮断状態を判断してもよい。

【0059】

図5は、作業機コントローラ26、表示コントローラ28、及びセンサコントローラ30を示すブロック図である。センサコントローラ30は、ブームシリンダストロークセンサ16の検出結果に基づいて、ブームシリンダ長を算出する。ブームシリンダストロークセンサ16は、周回動作に伴う位相変位のパルスをセンサコントローラ30に出力する。センサコントローラ30は、ブームシリンダストロークセンサ16から出力された位相変位のパルスに基づいて、ブームシリンダ長を算出する。同様に、センサコントローラ30は、アームシリンダストロークセンサ17の検出結果に基づいて、アームシリンダ長を算出する。センサコントローラ30は、バケットシリンダストロークセンサ18の検出結果に基づいて、バケットシリンダ長を算出する。

【0060】

センサコントローラ30は、ブームシリンダストロークセンサ16の検出結果に基づいて取得されたブームシリンダ長から、旋回体3の垂直方向に対するブーム6の傾斜角 $\theta 1$ （図2参照）を算出する。センサコントローラ30は、アームシリンダストロークセンサ17の検出結果に基づいて取得されたアームシリンダ長から、ブーム6に対するアーム7の傾斜角 $\theta 2$ （図2参照）を算出する。センサコントローラ30は、バケットシリンダストロークセンサ18の検出結果に基づいて取得されたバケットシリンダ長を取得から、アーム7に対するバケット8の刃先8aの傾斜角 $\theta 3$ （図2参照）を算出する。

【0061】

なお、ブーム6の傾斜角 $\theta 1$ 、アーム7の傾斜角 $\theta 2$ 、及びバケット8の傾斜角 $\theta 3$ は、シリンダストロークセンサで検出されなくてもよい。ロータリーエンコーダのような角度検出器でブーム6の傾斜角 $\theta 1$ が検出されてもよい。角度検出器は、旋回体3に対するブーム6の屈曲角度を検出して、傾斜角 $\theta 1$ を検出する。同様に、アーム7の傾斜角 $\theta 2$ がアーム7に取り付けられた角度検出器で検出されてもよい。バケット8の傾斜角 $\theta 3$ がバケット8に取り付けられた角度検出器で検出されてもよい。

【0062】

センサコントローラ30は、各シリンダストロークセンサ16、17、18の検出結果からシリンダ長データLを取得する。センサコントローラ30は、IMU24から出力される傾斜角 $\theta 4$ のデータ及び傾斜角 $\theta 5$ のデータを出力する。センサコントローラ30は、シリンダ長データL、傾斜角 $\theta 4$ のデータ、及び傾斜角 $\theta 5$ のデータを、表示コントローラ28及び作業機コントローラ26のそれぞれに出力する。

【0063】

上述のように、本実施形態においては、シリンダストロークセンサ（16、17、18）の検出結果、及びIMU24の検出結果がセンサコントローラ30に出力され、センサコントローラ30が所定の演算処理を行う。本実施形態において、センサコントローラ30の機能が、作業機コントローラ26で代用されてもよい。例えば、シリンダストロークセンサ（16、17、18）の検出結果が作業機コントローラ26に出力され、作業機コントローラ26が、シリンダストロークセンサ（16、17、18）の検出結果に基づいて、シリンダ長（ブームシリンダ長、アームシリンダ長、及びバケットシリンダ長）を算出してもよい。IMU24の検出結果が、作業機コントローラ26に出力されてもよい。

【0064】

表示コントローラ28は、目標施工情報格納部28Aと、バケット位置データ生成部28Bと、目標掘削地形データ生成部28Cとを有する。表示コントローラ28は、グローバル座標演算部23から、基準位置データP及び旋回体方位データQを取得する。表示コントローラ28は、センサコントローラ30から傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ を示すシリンダ傾斜データを取得する。

【0065】

作業機コントローラ26は、表示コントローラ28から、基準位置データP、旋回体方位データQ、及びシリンダ長データLを取得する。作業機コントローラ26は、基準位置データP、旋回体方位データQ、及び傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ に基づいて、バケット8の3次元の位置P3を示すバケット位置データを生成する。本実施形態において、バケット

10

20

30

40

50

位置データは、刃先 8 a の 3 次元位置を示す刃先位置データ S である。

【0066】

バケット位置データ生成部 28 B は、基準位置データ P、旋回体方位データ Q、及び傾斜角 $\theta 1 \sim \theta 3$ に基づいて、バケット 8 の 3 次元位置を示すバケット位置データ（刃先位置データ S）を生成する。すなわち、本実施形態において、作業機コントローラ 26 及び表示コントローラ 28 のそれぞれが、刃先位置データ S を生成する。なお、表示コントローラ 28 は、作業機コントローラ 26 から刃先位置データ S を取得してもよい。

【0067】

バケット位置データ生成部 28 B は、刃先位置データ S と目標施工情報格納部 28 A に格納する後述する目標施工情報 T を用いて、掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形 U を生成する。また、表示コントローラ 28 は、表示部 29 に目標掘削地形 U 及び刃先位置データ S を表示させる。表示部 29 は、例えばモニタであり、油圧ショベル 100 の各種の情報を表示する。本実施形態において、表示部 29 は、情報化施工用のガイダンスモニタとしての HMI（Human Machine Interface）モニタを含む。

10

【0068】

目標施工情報格納部 28 A は、作業エリアの目標形状である立体設計地形を示す目標施工情報（立体設計地形データ）T を格納している。目標施工情報 T は、掘削対象の目標形状である設計地形を示す目標掘削地形（設計地形データ）U を生成するために必要とされる座標データ及び角度データを含む。目標施工情報 T は、例えば無線通信装置を介して表示コントローラ 28 に供給されてもよい。なお、刃先 8 a の位置情報は、メモリ等の接続式記録装置から転送されてもよい。

20

【0069】

目標掘削地形データ生成部 28 C は、目標施工情報 T と刃先位置データ S とに基づいて、図 6 に示すように、旋回体 3 の前後方向で規定する作業機 2 の作業機動作平面 MP と立体設計地形との交線 E を目標掘削地形 U の候補線として取得する。目標掘削地形データ生成部 28 C は、目標掘削地形 U の候補線において刃先 8 a の直下点を目標掘削地形 U の基準点 AP とする。表示コントローラ 28 は、目標掘削地形 U の基準点 AP の前後の単数又は複数の変曲点とその前後の線を掘削対象となる目標掘削地形 U として決定する。目標掘削地形データ生成部 28 C は、掘削対象の目標形状である設計地形を示す目標掘削地形 U を生成する。目標掘削地形データ生成部 28 C は、目標掘削地形 U に基づいて、表示部 29 に目標掘削地形 U を表示させる。目標掘削地形 U は、掘削作業に使用される作業用データである。表示部 29 の表示に使用される表示用の設計地形データに基づいて、表示部 29 に目標掘削地形 U が表示される。

30

【0070】

表示コントローラ 28 は、位置検出装置 20 による検出結果に基づいて、グローバル座標系で見たときのローカル座標の位置を算出可能である。ローカル座標系とは、油圧ショベル 100 を基準とする 3 次元座標系である。ローカル座標系の基準位置は、例えば、旋回体 3 の旋回中心 AX に位置する基準位置 P2 である。

【0071】

作業機コントローラ 26 は、目標速度決定部 52 と、距離取得部 53 と、制限速度決定部 54 と、作業機制御部 57 を有する。作業機コントローラ 26 は検出圧力 MB、MA、MT を取得し、センサコントローラ 30 より傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ を取得し、表示コントローラ 28 から目標掘削地形 U を取得し、制御弁 27 への制御信号 CBI を出力する。

40

【0072】

目標速度決定部 52 は、車両本体 1 の前後方向に対する傾斜角 $\theta 5$ と、圧力センサ 66 より取得される検出圧力 MB、MA、MT をブーム 6、アーム 7、バケット 8 の各作業機の駆動の為のレバー操作に対応した目標速度 Vc_bm 、 Vc_am 、 Vc_bk として算出する。

【0073】

50

距離取得部 53 は、表示コントローラ 28 よりも短い周期（例えば 10 msec. 毎）でバケット 8 の刃先 8a の距離のピッチ補正を行うとき、傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ に加えて、IMU 24 から出力される角度 $\theta 5$ も使用する。ローカル座標系の基準位置 P2 とアンテナ 21 の設置位置 P1 との位置関係は既知である。作業機コントローラ 26 は、位置検出装置 20 による検出結果とアンテナ 21 の位置情報とから、ローカル座標系における刃先 8a の位置 P3 を示す刃先位置データ S を算出する。

【0074】

距離算出部 53 は、表示コントローラ 28 より目標掘削地形 U を取得する。作業機コントローラ 26 は、取得したローカル座標系における刃先 8a の位置 P3 を示す刃先位置データ S 及び目標掘削地形 U に基づいて、目標掘削地形 U に垂直な方向におけるバケット 8 の刃先 8a と目標掘削地形 U との距離 d を算出する。

10

【0075】

制限速度決定部 54 は、距離 d に応じた目標掘削地形 U に対する垂直方向の制限速度を取得する。制限速度は、作業機コントローラ 26 の記憶部 26G（図 24 参照）に予め記憶（格納）されたテーブル情報又はグラフ情報を含む。また、制限速度決定部 54 は、目標速度決定部 52 から取得した刃先 8a の目標速度 V_{c_bm} 、 V_{c_am} 、 V_{c_bk} に基づいて、刃先 8a の目標掘削地形 U に対する垂直方向の相対速度を算出する。作業機コントローラ 26 は、距離 d に基づいて刃先 8a の制限速度 V_{c_lmt} を算出する。制限速度決定部 54 は、距離 d と目標速度 V_{c_bm} 、 V_{c_am} 、 V_{c_bk} と制限速度 V_{c_lmt} とに基づいて、ブーム 6 の移動を制限するブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ を算出する。

20

【0076】

作業機制御部 57 は、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ を取得し、刃先 8a の相対速度が制限速度以下になるように、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ に基づいて、ブームシリンダ 10 へ上げ指令を行うための制御弁 27C への制御信号 CBI を生成する。作業機コントローラ 26 は、ブーム 6 の速度を行うための制御信号をブームシリンダ 10 に接続された制御弁 27C に出力する。

【0077】

以下、図 7 のフローチャート、及び図 8 から図 15 の模式図を参照して、本実施形態に係る制限掘削制御の一例について説明する。図 7 は、本実施形態に係る制限掘削制御の一例を示すフローチャートである。

30

【0078】

上述のように、目標掘削地形 U が設定される（ステップ SA1）。目標掘削地形 U が設定された後、作業機コントローラ 26 は、作業機 2 の目標速度 V_c を決定する（ステップ SA2）。作業機 2 の目標速度 V_c は、ブーム目標速度 V_{c_bm} 、アーム目標速度 V_{c_am} 、及びバケット目標速度 V_{c_bkt} を含む。ブーム目標速度 V_{c_bm} は、ブームシリンダ 10 のみが駆動されるとき刃先 8a の速度である。アーム目標速度 V_{c_am} は、アームシリンダ 11 のみが駆動されるとき刃先 8a の速度である。バケット目標速度 V_{c_bkt} は、バケットシリンダ 12 のみが駆動されるとき刃先 8a の速度である。ブーム目標速度 V_{c_bm} は、ブーム操作量に基づいて算出される。アーム目標速度 V_{c_am} は、アーム操作量に基づいて算出される。バケット目標速度 V_{c_bkt} は、バケット操作量に基づいて算出される。

40

【0079】

作業機コントローラ 26 の記憶部 26G に、ブーム操作量とブーム目標速度 V_{c_bm} との関係の規定する目標速度情報が記憶されている。作業機コントローラ 26 は、目標速度情報に基づいて、ブーム操作量に対応するブーム目標速度 V_{c_bm} を決定する。目標速度情報は、例えば、ブーム操作量に対するブーム目標速度 V_{c_bm} の大きさが記述されたマップである。目標速度情報は、テーブル又は数式等の形態でもよい。目標速度情報は、アーム操作量とアーム目標速度 V_{c_am} との関係の規定する情報を含む。目標速度情報は、バケット操作量とバケット目標速度 V_{c_bkt} との関係の規定する情報を含む

50

。作業機コントローラ 26 は、目標速度情報に基づいて、アーム操作量に対応するアーム目標速度 V_{c_am} を決定する。作業機コントローラ 26 は、目標速度情報に基づいて、バケット操作量に対応するバケット目標速度 V_{c_bkt} を決定する。

【0080】

図 8 に示すように、作業機コントローラ 26 は、ブーム目標速度 V_{c_bm} を、目標掘削地形 U の表面に垂直な方向の速度成分（垂直速度成分） V_{cy_bm} と、目標掘削地形 U の表面に平行な方向の速度成分（水平速度成分） V_{cx_bm} とに変換する（ステップ SA3）。

【0081】

作業機コントローラ 26 は、基準位置データ P 及び目標掘削地形 U などから、グローバル座標系の垂直軸に対するローカル座標系の垂直軸（旋回体 3 の旋回軸 AX）の傾きと、グローバル座標系の垂直軸に対する目標掘削地形 U の表面の垂直方向における傾きとを求める。作業機コントローラ 26 は、これらの傾きからローカル座標系の垂直軸と目標掘削地形 U の表面の垂直方向との傾きを表す角度 $\beta 1$ を求める。

【0082】

図 9 に示すように、作業機コントローラ 26 は、ローカル座標系の垂直軸とブーム目標速度 V_{c_bm} の方向とのなす角度 $\beta 2$ とから、三角関数により、ブーム目標速度 V_{c_bm} を、ローカル座標系の垂直軸方向の速度成分 V_{L1_bm} と、水平軸方向の速度成分 V_{L2_bm} とに変換する。

【0083】

図 10 に示すように、作業機コントローラ 26 は、ローカル座標系の垂直軸と目標掘削地形 U の表面の垂直方向との傾き $\beta 1$ から、三角関数により、ローカル座標系の垂直軸方向における速度成分 V_{L1_bm} と、水平軸方向における速度成分 V_{L2_bm} とを、目標掘削地形 U に対する垂直速度成分 V_{cy_bm} 及び水平速度成分 V_{cx_bm} に変換する。同様に、作業機コントローラ 26 は、アーム目標速度 V_{c_am} を、ローカル座標系の垂直軸方向における垂直速度成分 V_{cy_am} 及び水平速度成分 V_{cx_am} に変換する。作業機コントローラ 26 は、バケット目標速度 V_{c_bkt} を、ローカル座標系の垂直軸方向における垂直速度成分 V_{cy_bkt} 及び水平速度成分 V_{cx_bkt} に変換する。

【0084】

図 11 に示すように、作業機コントローラ 26 は、バケット 8 の刃先 8a と目標掘削地形 U との間の距離 d を取得する（ステップ SA4）。作業機コントローラ 26 は、刃先 8a の位置情報及び目標掘削地形 U などから、バケット 8 の刃先 8a と目標掘削地形 U の表面との間の最短となる距離 d を算出する。本実施形態においては、バケット 8 の刃先 8a と目標掘削地形 U の表面との間の最短となる距離 d に基づいて、制限掘削制御が実行される。

【0085】

作業機コントローラ 26 は、バケット 8 の刃先 8a と目標掘削地形 U の表面との間の距離 d に基づいて、作業機 2 全体の制限速度 V_{cy_lmt} を算出する（ステップ SA5）。作業機 2 全体の制限速度 V_{cy_lmt} は、バケット 8 の刃先 8a が目標掘削地形 U に接近する方向において許容できる刃先 8a の移動速度である。作業機コントローラ 26 の記憶部 261 には、距離 d と制限速度 V_{cy_lmt} との関係を規定する制限速度情報が記憶されている。

【0086】

図 12 は、本実施形態に係る制限速度情報の一例を示す。本実施形態において、刃先 8a が目標掘削地形 U の表面の外方、すなわち油圧ショベル 100 の作業機 2 側に位置しているときの距離 d は正の値であり、刃先 8a が目標掘削地形 U の表面の内方、すなわち目標掘削地形 U よりも掘削対象の内部側に位置しているときの距離 d は負の値である。図 11 に示したように、刃先 8a が目標掘削地形 U の表面の上方に位置しているときの距離 d は正の値である。刃先 8a が目標掘削地形 U の表面の下方に位置しているときの距離 d は

10

20

30

40

50

負の値である。また、刃先 8 a が目標掘削地形 U に対して侵食しない位置にあるときの距離 d は正の値である。刃先 8 a が目標掘削地形 U に対して侵食する位置にあるときの距離 d は負の値である。刃先 8 a が目標掘削地形 U 上に位置しているとき、すなわち刃先 8 a が目標掘削地形 U と接しているときの距離 d は 0 である。

【0087】

本実施形態において、刃先 8 a が目標掘削地形 U の内方から外方に向かうときの速度を正の値とし、刃先 8 a が目標掘削地形 U の外方から内方に向かうときの速度を負の値とする。すなわち、刃先 8 a が目標掘削地形 U の上方に向かうときの速度を正の値とし、刃先 8 a が目標掘削地形 U の下方に向かうときの速度を負の値とする。

【0088】

制限速度情報において、距離 d が d_1 と d_2 との間であるときの制限速度 V_{cylmt} の傾きは、距離 d が d_1 以上又は d_2 以下のときの傾きより小さい。 d_1 は 0 より大きい。 d_2 は 0 より小さい。目標掘削地形 U の表面付近の操作においては制限速度をより詳細に設定するために、距離 d が d_1 と d_2 との間であるときの傾きを、距離 d が d_1 以上又は d_2 以下であるときの傾きよりも小さくする。距離 d が d_1 以上のとき、制限速度 V_{cylmt} は負の値であり、距離 d が大きくなるほど制限速度 V_{cylmt} は小さくなる。つまり、距離 d が d_1 以上のとき、目標掘削地形 U より上方において刃先 8 a が目標掘削地形 U の表面から遠いほど、目標掘削地形 U の下方へ向かう速度が大きくなり、制限速度 V_{cylmt} の絶対値は大きくなる。距離 d が 0 以下のとき、制限速度 V_{cylmt} は正の値であり、距離 d が小さくなるほど制限速度 V_{cylmt} は大きくなる。つまり、バケット 8 の刃先 8 a が目標掘削地形 U より遠ざかる距離 d が 0 以下のとき、目標掘削地形 U より下方において刃先 8 a が目標掘削地形 U から遠いほど、目標掘削地形 U の上方へ向かう速度が大きくなり、制限速度 V_{cylmt} の絶対値は大きくなる。

【0089】

距離 d が所定値 d_{th1} 以上では、制限速度 V_{cylmt} は、 V_{min} となる。所定値 d_{th1} は正の値であり、 d_1 より大きい。 V_{min} は、目標速度の最小値よりも小さい。つまり、距離 d が所定値 d_{th1} 以上では、作業機 2 の動作の制限が行われない。したがって、刃先 8 a が目標掘削地形 U の上方において目標掘削地形 U から大きく離れているときには、作業機 2 の動作の制限、すなわち制限掘削制御が行われない。距離 d が所定値 d_{th1} より小さいときに、作業機 2 の動作の制限が行われる。距離 d が所定値 d_{th1} より小さいときに、ブーム 6 の動作の制限が行われる。

【0090】

作業機コントローラ 26 は、作業機 2 全体の制限速度 V_{cylmt} とアーム目標速度 V_{cam} とバケット目標速度 V_{cbkt} とからブーム 6 の制限速度の垂直速度成分（制限垂直速度成分） V_{cylbm_lmt} を算出する（ステップ SA6）。

【0091】

図 13 に示すように、作業機コントローラ 26 は、作業機 2 全体の制限速度 V_{cylmt} から、アーム目標速度の垂直速度成分 V_{cam} と、バケット目標速度の垂直速度成分 V_{cbkt} とを減算することにより、ブーム 6 の制限垂直速度成分 V_{cylbm_lmt} を算出する。

【0092】

図 14 に示すように、作業機コントローラ 26 は、ブーム 6 の制限垂直速度成分 V_{cylbm_lmt} を、ブーム 6 の制限速度（ブーム制限速度） V_{cbm_lmt} に変換する（ステップ SA7）。作業機コントローラ 26 は、ブーム 6 の回転角度 θ_1 、アーム 7 の回転角度 θ_2 、バケット 8 の回転角度 θ_3 、車両本体位置データ P、及び目標掘削地形 U などから、目標掘削地形 U の表面に垂直な方向とブーム制限速度 V_{cbm_lmt} の方向との間の関係を求め、ブーム 6 の制限垂直速度成分 V_{cylbm_lmt} を、ブーム制限速度 V_{cbm_lmt} に変換する。この場合の演算は、前述したブーム目標速度 V_{cam} から目標掘削地形 U の表面に垂直な方向の垂直速度成分 V_{cam} を求めた演算と逆の手順により行われる。その後、ブーム介入量に対応するシリンダ速度が決定され

10

20

30

40

50

、シリンダ速度に対応した開放指令が制御弁 27C に出力される。

【0093】

レバー操作に基づくパイロット圧が油路 451B に充填され、ブーム介入に基づくパイロット圧が油路 502 に充填される。その圧力の大きい方をシャトル弁 51 が選択する（ステップ SA8）。

【0094】

例えば、ブーム 6 を下降させる場合、ブーム 6 の下方へのブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ の大きさが、下方へのブーム目標速度 V_{c_bm} の大きさよりも小さいときには、制限条件が満たされている。また、ブーム 6 を上昇させる場合、ブーム 6 の上方へのブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ の大きさが、上方へのブーム目標速度 V_{c_bm} の大きさよりも大きいときには、制限条件が満たされている。

10

【0095】

作業機コントローラ 26 は、作業機 2 を制御する。ブーム 6 を制御する場合、作業機コントローラ 26 は、ブーム指令信号を制御弁 27C に送信することによって、ブームシリンダ 10 を制御する。ブーム指令信号は、ブーム指令速度に応じた電流値を有する。必要に応じて、作業機コントローラ 26 は、アーム 7 及びバケット 8 を制御する。作業機コントローラ 26 は、アーム指令信号を制御弁 27 に送信することによって、アームシリンダ 11 を制御する。アーム指令信号は、アーム指令速度に応じた電流値を有する。作業機コントローラ 26 は、バケット指令信号を制御弁 27 に送信することによって、バケットシリンダ 12 を制御する。バケット指令信号は、バケット指令速度に応じた電流値を有する。

20

【0096】

制限条件が満たされていない場合、シャトル弁 51 では油路 451B からの作動油の供給が選択され、通常運転が行われる（ステップ SA9）。作業機コントローラ 26 は、ブーム操作量とアーム操作量とバケット操作量とに応じて、ブームシリンダ 10 とアームシリンダ 11 とバケットシリンダ 12 とを作動させる。ブームシリンダ 10 は、ブーム目標速度 V_{c_bm} で作動する。アームシリンダ 11 は、アーム目標速度 V_{c_am} で作動する。バケットシリンダ 12 はバケット目標速度 V_{c_bkt} で作動する。

【0097】

制限条件が満たされている場合、シャトル弁 51 では油路 502 からの作動油の供給が選択され、制限掘削制御が実行される（ステップ SA10）。

30

【0098】

作業機 2 全体の制限速度 $V_{c_y_lmt}$ から、アーム目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_am}$ とバケット目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_bkt}$ とを減算することにより、ブーム 6 の制限垂直速度成分 $V_{c_y_bm_lmt}$ が算出される。したがって、作業機 2 全体の制限速度 $V_{c_y_lmt}$ が、アーム目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_am}$ とバケット目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_bkt}$ との和よりも小さいときには、ブーム 6 の制限垂直速度成分 $V_{c_y_bm_lmt}$ は、ブームが上昇する負の値となる。

【0099】

したがって、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ は、負の値となる。この場合、作業機コントローラ 27 は、ブーム 6 を下降させるが、ブーム目標速度 V_{c_bm} よりも減速させる。このため、オペレータの違和感を小さく抑えながらバケット 8 が目標掘削地形 U を侵食すること防止することができる。

40

【0100】

作業機 2 全体の制限速度 $V_{c_y_lmt}$ が、アーム目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_am}$ とバケット目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_bkt}$ との和よりも大きいときには、ブーム 6 の制限垂直速度成分 $V_{c_y_bm_lmt}$ は、正の値となる。したがって、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ は、正の値となる。この場合、操作装置 25 がブーム 6 を下降させる方向に操作されていても、作業機コントローラ 26 は、ブーム 6 を上昇させる。このため、目標掘削地形 U の侵食の拡大を迅速に抑えることができる。

50

【0101】

刃先8aが目標掘削地形Uより上方に位置しているときには、刃先8aが目標掘削地形Uに近づくほど、ブーム6の制限垂直速度成分 $V_{cy_bm_lmt}$ の絶対値が小さくなるとともに、目標掘削地形Uの表面に平行な方向へのブーム6の制限速度の速度成分（制限水平速度成分） $V_{cx_bm_lmt}$ の絶対値も小さくなる。したがって、刃先8aが目標掘削地形Uより上方に位置しているときには、刃先8aが目標掘削地形Uに近づくほど、ブーム6の目標掘削地形Uの表面に垂直な方向への速度と、ブーム6の目標掘削地形Uの表面に平行な方向への速度とがともに減速される。油圧ショベル100のオペレータによって左操作レバー25L及び右操作レバー25Rが同時に操作されることにより、ブーム6とアーム7とバケット8とが同時に動作する。このとき、ブーム6とアーム7とバケット8との各目標速度 V_{c_bm} 、 V_{c_am} 、 V_{c_bkt} が入力されたとして、前述した制御を説明すると次の通りである。

10

【0102】

図15は、目標掘削地形Uとバケット8の刃先8aとの間の距離dが所定値 d_{th1} より小さく、バケット8の刃先8aが位置 P_{n1} から位置 P_{n2} に移動する場合のブーム6の制限速度の変化の一例を示している。位置 P_{n2} での刃先8aと目標掘削地形Uとの間の距離は、位置 P_{n1} での刃先8aと目標掘削地形Uとの間の距離よりも小さい。このため、位置 P_{n2} でのブーム6の制限垂直速度成分 $V_{cy_bm_lmt2}$ は、位置 P_{n1} でのブーム6の制限垂直速度成分 $V_{cy_bm_lmt1}$ よりも小さい。したがって、位置 P_{n2} でのブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt2}$ は、位置 P_{n1} でのブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt1}$ よりも小さくなる。また、位置 P_{n2} でのブーム6の制限水平速度成分 $V_{cx_bm_lmt2}$ は、位置 P_{n1} でのブーム6の制限水平速度成分 $V_{cx_bm_lmt1}$ よりも小さくなる。ただし、このとき、アーム目標速度 V_{c_am} 及びバケット目標速度 V_{c_bkt} に対しては、制限は行われない。このため、アーム目標速度の垂直速度成分 V_{cy_am} 及び水平速度成分 V_{cx_am} と、バケット目標速度の垂直速度成分 V_{cy_bkt} 及び水平速度成分 V_{cx_bkt} に対しては、制限は行われない。

20

【0103】

前述したように、アーム7に対して制限を行わないことにより、オペレータの掘削意思に対応するアーム操作量の変化は、バケット8の刃先8aの速度変化として反映される。このため、本実施形態は、目標掘削地形Uの侵食の拡大を抑制しながらオペレータの掘削時の操作における違和感を抑えることができる。

30

【0104】

このように、本実施形態においては、作業機コントローラ26は、掘削対象の目標形状である設計地形を示す目標掘削地形Uとバケット8の刃先8aの位置を示す刃先位置データSとに基づいて、目標掘削地形Uとバケット8の刃先8aとの距離dに応じてバケット8が目標掘削地形Uに近づく相対速度が小さくなるように、ブーム6の速度を制限する。作業機コントローラ26は、掘削対象の目標形状である設計地形を示す目標掘削地形Uとバケット8の刃先8aの位置を示す刃先位置データSとに基づいて、目標掘削地形Uとバケット8の刃先8aとの距離dに応じて制限速度を決定し、作業機2が目標掘削地形Uに接近する方向の速度が制限速度以下になるように、作業機2を制御する。これにより、刃先8aに対する掘削制限制御が実行され、目標掘削地形Uに対する刃先8aの位置が制御される。

40

【0105】

以下の説明において、目標掘削地形Uに対する刃先8aの侵入が抑制されるように、ブームシリンダ10に接続された制御弁27に制御信号を出力して、ブーム6の位置を制御することを適宜、介入制御、と称する。

【0106】

介入制御は、目標掘削地形Uに対する垂直方向の刃先8aの相対速度が制限速度よりも大きいときに実行される。介入制御は、刃先8aの相対速度が制限速度よりも小さいときに実行されない。刃先8aの相対速度が制限速度よりも小さいことは、バケット8と目標

50

掘削地形Uとが離れるように目標掘削地形Uに対してバケット8が移動することを含む。

【0107】

[シリンダストロークセンサ]

次に、図16及び図17を参照して、ブームシリンダストロークセンサ16について説明する。以下の説明においては、ブームシリンダ10に取り付けられたブームシリンダストロークセンサ16について説明する。アームシリンダ11に取付けられたアームシリンダストロークセンサ17なども同様である。

【0108】

ブームシリンダ10には、ブームシリンダストロークセンサ16が取り付けられている。ブームシリンダストロークセンサ16は、ピストンのストロークを計測する。図16に示すように、ブームシリンダ10は、シリンダチューブ10Xと、シリンダチューブ10X内においてシリンダチューブ10Xに対して相対的に移動可能なシリンダロッド10Yとを有する。シリンダチューブ10Xには、ピストン10Vが摺動自在に設けられている。ピストン10Vには、シリンダロッド10Yが取り付けられている。シリンダロッド10Yは、シリンダヘッド10Wに摺動自在に設けられている。シリンダヘッド10Wとピストン10Vとシリンダ内壁とによって画成された室は、ロッド側油室40Bである。ピストン10Vを介してロッド側油室40Bとは反対側の油室がキャップ側油室40Aである。なお、シリンダヘッド10Wには、シリンダロッド10Yとの隙間を密封し、塵埃等がロッド側油室40Bに入り込まないようにするシール部材が設けられている。

【0109】

シリンダロッド10Yは、ロッド側油室40Bに作動油が供給され、キャップ側油室40Aから作動油が排出されることによって縮退する。また、シリンダロッド10Yは、ロッド側油室40Bから作動油が排出され、キャップ側油室40Aに作動油が供給されることによって伸張する。すなわち、シリンダロッド10Yは、図中左右方向に直動する。

【0110】

ロッド側油室40Bの外部にあって、シリンダヘッド10Wに密接した場所には、ブームシリンダストロークセンサ16を覆い、ブームシリンダストロークセンサ16を内部に収容するケース164が設けられている。ケース164は、シリンダヘッド10Wにボルト等によって締結等されて、シリンダヘッド10Wに固定されている。

【0111】

ブームシリンダストロークセンサ16は、回転ローラ161と、回転中心軸162と、回転センサ部163とを有している。回転ローラ161は、その表面がシリンダロッド10Yの表面に接触し、シリンダロッド10Yの直動に応じて回転自在に設けられている。すなわち、回転ローラ161によってシリンダロッド10Yの直線運動が回転運動に変換される。回転中心軸162は、シリンダロッド10Yの直動方向に対して、直交するように配置されている。

【0112】

回転センサ部163は、回転ローラ161の回転量（回転角度）を電気信号として検出可能に構成されている。回転センサ部163で検出された回転ローラ161の回転量（回転角度）を示す電気信号は、電気信号線を介して、センサコントローラ30に出力される。センサコントローラ30は、その電気信号を、ブームシリンダ10のシリンダロッド10Yの位置（ストローク位置）に変換する。

【0113】

図17に示すように、回転センサ部163は、磁石163aと、ホールIC163bとを有している。検出媒体である磁石163aは、回転ローラ161と一体に回転するように回転ローラ161に取り付けられている。磁石163aは回転中心軸162を中心とした回転ローラ161の回転に応じて回転する。磁石163aは、回転ローラ161の回転角度に応じて、N極、S極が交互に入れ替わるように構成されている。磁石163aは、回転ローラ161の一回転を一周期として、ホールIC163bで検出される磁力（磁束密度）が周期的に変動するように構成されている。

【0114】

ホールIC163bは、磁石163aによって生成される磁力（磁束密度）を電気信号として検出する磁力センサである。ホールIC163bは、回転中心軸162の軸方向に沿って、磁石163aから所定距離、離間された位置に設けられている。

【0115】

ホールIC163bで検出された電気信号（位相変位のパルス）は、センサコントローラ30に出力される。センサコントローラ30は、ホールIC163bからの電気信号を、回転ローラ161の回転量、つまりブームシリンダ10のシリンダロッド10Yの変位量（ブームシリンダ長）に変換する。

【0116】

ここで、図17を参照して、回転ローラ161の回転角度と、ホールIC163bで検出される電気信号（電圧）との関係を説明する。回転ローラ161が回転し、その回転に応じて磁石163aが回転すると、回転角度に応じて、ホールIC163bを透過する磁力（磁束密度）が周期的に変化し、センサ出力である電気信号（電圧）が周期的に変化する。このホールIC163bから出力される電圧の大きさから回転ローラ161の回転角度を計測することができる。

【0117】

また、ホールIC163bから出力される電気信号（電圧）の1周期が繰り返される数をカウントすることで、回転ローラ161の回転数を計測することができる。そして、回転ローラ161の回転角度と、回転ローラ161の回転数とに基づいて、ブームシリンダ10のシリンダロッド10Yの変位量（ブームシリンダ長）が算出される。

【0118】

また、センサコントローラ30は、回転ローラ161の回転角度と、回転ローラ161の回転数とに基づいて、シリンダロッド10Yの移動速度（シリンダ速度）を算出することができる。

【0119】

このように、本実施形態において、各シリンダストロークセンサ（16、17、18）は、油圧シリンダのシリンダ速度を検出するシリンダ速度センサとして機能する。ブームシリンダ10に取付けられたブームシリンダストロークセンサ16は、ブームシリンダ10のシリンダ速度を検出するブームシリンダ速度センサとして機能する。アームシリンダ11に取付けられたアームシリンダストロークセンサ17は、アームシリンダ11のシリンダ速度を検出するアームシリンダ速度センサとして機能する。バケットシリンダ12に取付けられたバケットシリンダストロークセンサ18は、バケットシリンダ12のシリンダ速度を検出するバケットシリンダ速度センサとして機能する。

【0120】

[油圧シリンダ]

次に、本実施形態に係る油圧シリンダについて説明する。ブームシリンダ10、アームシリンダ11、及びバケットシリンダ12のそれぞれは、油圧シリンダである。以下の説明においては、ブームシリンダ10、アームシリンダ11、及びバケットシリンダ12を適宜、油圧シリンダ60、と総称する。

【0121】

図18は、本実施形態に係る制御システム200の一例を示す模式図である。図19は、図18の一部を拡大した図である。

【0122】

図18及び図19に示すように、油圧システム300は、ブームシリンダ10、アームシリンダ11、及びバケットシリンダ12を含む油圧シリンダ60と、旋回体3を旋回させる旋回モータ63とを備える。油圧シリンダ60は、メイン油圧ポンプから供給された作動油によって作動する。旋回モータ63は、油圧モータであり、メイン油圧ポンプから供給された作動油によって作動する。

【0123】

制御弁 27 は、油圧シリンダ 60 の両側に配置される制御弁 27 A 及び制御弁 27 B を含む。以下の説明において、制御弁 27 A を適宜、減圧弁 27 A、と称し、制御弁 27 B を適宜、減圧弁 27 B、と称する。

【0124】

本実施形態においては、作動油が流れる方向を制御する方向制御弁 64 が設けられる。方向制御弁 64 は、複数の油圧シリンダ 60（ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、及びバケットシリンダ 12）のそれぞれに配置される。方向制御弁 64 は、ロッド状のスプールを動かして作動油が流れる方向を切り替えるスプール方式である。方向制御弁 64 は、移動可能なロッド状のスプールを有する。スプールは、供給されたパイロット油により移動する。方向制御弁 64 は、スピールの移動により油圧シリンダ 60 に作動油を供給して油圧シリンダ 60 を動作させる。メイン油圧ポンプから供給された作動油は、方向制御弁 64 を介して、油圧シリンダ 60 に供給される。スプールが軸方向に移動することにより、キャップ側油室 40 A（油路 48）に対する作動油の供給と、ロッド側油室 40 B（油路 47）に対する作動油の供給とが切り替わる。また、スプールが軸方向に移動することにより、油圧シリンダ 60 に対する作動油の供給量（単位時間当たりの供給量）が調整される。油圧シリンダ 60 に対する作動油の供給量が調整されることにより、油圧シリンダ 60 のシリンダ速度が調整される。

10

【0125】

図 20 は、方向制御弁 64 の一例を模式的に示す図である。方向制御弁 64 は、作動油が流れる方向を制御する。方向制御弁 64 は、ロッド状のスプール 80 を動かして作動油が流れる方向を切り替えるスプール方式である。図 21 及び図 22 に示すように、スプール 80 が軸方向に移動することにより、キャップ側油室 40 A（油路 48）に対する作動油の供給と、ロッド側油室 40 B（油路 47）に対する作動油の供給とが切り替わる。図 21 は、作動油が油路 48 を介してキャップ側油室 40 A に供給されるようにスプール 80 が移動した状態を示す。図 22 は、作動油が油路 47 を介してロッド側油室 40 B に供給されるようにスプール 80 が移動した状態を示す。

20

【0126】

また、スプール 80 が軸方向に移動することにより、油圧シリンダ 60 に対する作動油の供給量（単位時間当たりの供給量）が調整される。図 20 に示すように、スプール 80 が初期位置（原点）に存在するとき、油圧シリンダ 60 に作動油が供給されない。原点から軸方向に関してスプール 80 が移動することによって、その移動量に応じた供給量で作動油が油圧シリンダ 60 に供給される。油圧シリンダ 60 に対する作動油の供給量が調整されることにより、シリンダ速度が調整される。

30

【0127】

操作装置 25 又は減圧弁 27 A により圧力（パイロット油圧）が調整されたパイロット油が方向制御弁 64 に供給されることにより、スプール 80 は軸方向に関して一側に移動する。操作装置 25 又は減圧弁 27 B により圧力（パイロット油圧）が調整されたパイロット油が方向制御弁 64 に供給されることにより、スプール 80 は軸方向に関して他側に移動する。これにより、軸方向に関するスピールの位置が調整される。

【0128】

方向制御弁 64 の駆動は、操作装置 25 によって調整される。本実施形態において、操作装置 25 は、パイロット油圧方式の操作装置である。メイン油圧ポンプから送出され、減圧弁によって減圧されたパイロット油が操作装置 25 に供給される。なお、メイン油圧ポンプとは別のパイロット油圧ポンプから送出されたパイロット油が操作装置 25 に供給されてもよい。操作装置 25 は、パイロット油圧を調整可能な圧力調整弁 250 を含む。操作装置 25 の操作量に基づいて、パイロット油圧が調整される。そのパイロット油圧によって、方向制御弁 64 が駆動される。操作装置 25 によりパイロット油圧が調整されることによって、軸方向に関するスピールの移動量及び移動速度が調整される。

40

【0129】

方向制御弁 64 は、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12

50

及び旋回モータ６３のそれぞれに設けられる。以下の説明において、ブームシリンダ１０に接続される方向制御弁６４を適宜、方向制御弁６４０、と称する。アームシリンダ１１に接続される方向制御弁６４を適宜、方向制御弁６４１、と称する。バケットシリンダ１２に接続される方向制御弁６４を適宜、方向制御弁６４２、と称する。

【０１３０】

ブーム用の方向制御弁６４０とアーム用の方向制御弁６４１には、スプールの移動量（移動距離）を検出するスプールストロークセンサ６５が設けられている。スプールストロークセンサ６５の検出信号は、作業機コントローラ２６に出力される。

【０１３１】

操作装置２５と方向制御弁６４とは、パイロット油路４５０を介して接続される。方向制御弁６４のスプールを移動するためのパイロット油は、パイロット油路４５０を流れる。本実施形態において、パイロット油路４５０に、制御弁２７、圧力センサ６６、及び圧力センサ６７が配置されている。

10

【０１３２】

以下の説明において、パイロット油路４５０のうち、操作装置２５と制御弁２７との間のパイロット油路４５０を適宜、パイロット油路４５１、と称し、制御弁２７と方向制御弁６４との間のパイロット油路４５０を適宜、パイロット油路４５２、と称する。

【０１３３】

方向制御弁６４に、パイロット油路４５２が接続される。パイロット油路４５２を介して、パイロット油が方向制御弁６４に供給される。方向制御弁６４は、第１受圧室及び第２受圧室を有する。パイロット油路４５２は、第１受圧室に接続されるパイロット油路４５２Ａと、第２受圧室に接続されるパイロット油路４５２Ｂとを含む。

20

【０１３４】

パイロット油路４５２Ａを介して方向制御弁６４の第１受圧室にパイロット油が供給されると、そのパイロット油圧に応じてスプールが移動し、方向制御弁６４を介してロッド側油室４０Ｂに作動油が供給される。ロッド側油室４０Ｂに対する作動油の供給量は、操作装置２５の操作量（スプールの移動量）により調整される。

【０１３５】

パイロット油路４５２Ｂを介して方向制御弁６４の第２受圧室にパイロット油が供給されると、そのパイロット油圧に応じてスプールが移動し、方向制御弁６４を介してキャップ側油室４０Ａに作動油が供給される。キャップ側油室４０Ａに対する作動油の供給量は、操作装置２５の操作量（スプールの移動量）により調整される。

30

【０１３６】

すなわち、操作装置２５によりパイロット油圧が調整されたパイロット油が方向制御弁６４に供給されることにより、スプールは軸方向に関して一側に移動する。操作装置２５によりパイロット油圧が調整されたパイロット油が方向制御弁６４に供給されることにより、スプールは軸方向に関して他側に移動する。これにより、軸方向に関するスプールの位置が調整される。

【０１３７】

パイロット油路４５１は、パイロット油路４５２Ａと操作装置２５とを接続するパイロット油路４５１Ａと、パイロット油路４５２Ｂと操作装置２５とを接続するパイロット油路４５１Ｂとを含む。

40

【０１３８】

以下の説明において、ブームシリンダ１０に対する作動油の供給を行う方向制御弁６４０に接続されるパイロット油路４５２Ａを適宜、ブーム調整用油路４５２０Ａ、と称し、方向制御弁６４０に接続されるパイロット油路４５２Ｂを適宜、ブーム調整用油路４５２０Ｂ、と称する。

【０１３９】

以下の説明において、アームシリンダ１１に対する作動油の供給を行う方向制御弁６４１に接続されるパイロット油路４５２Ａを適宜、アーム調整用油路４５２１Ａ、と称し、

50

方向制御弁 6 4 1 に接続されるパイロット油路 4 5 2 B を適宜、アーム調整用油路 4 5 2 1 B、と称する。

【0 1 4 0】

以下の説明において、バケットシリンダ 1 2 に対する作動油の供給を行う方向制御弁 6 4 2 に接続されるパイロット油路 4 5 2 A を適宜、バケット調整用油路 4 5 2 2 A、と称し、方向制御弁 6 4 2 に接続されるパイロット油路 4 5 2 B を適宜、バケット調整用油路 4 5 2 2 B、と称する。

【0 1 4 1】

以下の説明において、ブーム調整用油路 4 5 2 0 A に接続されるパイロット油路 4 5 1 A を適宜、ブーム操作用油路 4 5 1 0 A、と称し、ブーム調整用油路 4 5 2 0 B に接続されるパイロット油路 4 5 1 B を適宜、ブーム操作用油路 4 5 1 0 B、と称する。

10

【0 1 4 2】

以下の説明において、アーム調整用油路 4 5 2 1 A に接続されるパイロット油路 4 5 1 A を適宜、アーム操作用油路 4 5 1 1 A、と称し、アーム調整用油路 4 5 2 1 B に接続されるパイロット油路 4 5 1 B を適宜、アーム操作用油路 4 5 1 1 B、と称する。

【0 1 4 3】

以下の説明において、バケット調整用油路 4 5 2 2 A に接続されるパイロット油路 4 5 1 A を適宜、バケット操作用油路 4 5 1 2 A、と称し、バケット調整用油路 4 5 2 2 B に接続されるパイロット油路 4 5 1 B を適宜、バケット操作用油路 4 5 1 2 B、と称する。

【0 1 4 4】

20

ブーム操作用油路（4 5 1 0 A、4 5 1 0 B）及びブーム調整用油路（4 5 2 0 A、4 5 2 0 B）は、パイロット油圧方式の操作装置 2 5 と接続される。ブーム操作用油路（4 5 1 0 A、4 5 1 0 B）に、操作装置 2 5 の操作量に応じて圧力が調整されたパイロット油が流れる。

【0 1 4 5】

アーム操作用油路（4 5 1 1 A、4 5 1 1 B）及びアーム調整用油路（4 5 2 1 A、4 5 2 1 B）は、パイロット油圧方式の操作装置 2 5 と接続される。アーム操作用油路（4 5 1 1 A、4 5 1 1 B）に、操作装置 2 5 の操作量に応じて圧力が調整されたパイロット油が流れる。

【0 1 4 6】

30

バケット操作用油路（4 5 1 2 A、4 5 1 2 B）及びバケット調整用油路（4 5 2 2 A、4 5 2 2 B）は、パイロット油圧方式の操作装置 2 5 と接続される。バケット操作用油路（4 5 1 2 A、4 5 1 2 B）に、操作装置 2 5 の操作量に応じて圧力が調整されたパイロット油が流れる。

【0 1 4 7】

ブーム操作用油路 4 5 1 0 A、ブーム操作用油路 4 5 1 0 B、ブーム調整用油路 4 5 2 0 A、及びブーム調整用油路 4 5 2 0 B は、ブーム 6 を動作させるためのパイロット油が流れるブーム用油路である。

【0 1 4 8】

アーム操作用油路 4 5 1 1 A、アーム操作用油路 4 5 1 1 B、アーム調整用油路 4 5 2 1 A、及びアーム調整用油路 4 5 2 1 B は、アーム 7 を動作させるためのパイロット油が流れるアーム用油路である。

40

【0 1 4 9】

バケット操作用油路 4 5 1 2 A、バケット操作用油路 4 5 1 2 B、バケット調整用油路 4 5 2 2 A、及びバケット調整用油路 4 5 2 2 B は、バケット 8 を動作させるためのパイロット油が流れるバケット用油路である。

【0 1 5 0】

上述のように、操作装置 2 5 の操作により、ブーム 6 は、下げ動作及び上げ動作の 2 種類の動作を実行する。ブーム 6 の下げ動作が実行されるように操作装置 2 5 が操作されることにより、ブームシリンダ 1 0 に接続された方向制御弁 6 4 0 に、ブーム操作用油路 4

50

510A及びブーム調整用油路4520Aを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁640はパイロット油圧に基づいて作動する。これにより、メイン油圧ポンプからの作動油がブームシリンダ10に供給され、ブーム6の下げ動作が実行される。

【0151】

ブーム6の上げ動作が実行されるように操作装置25が操作されることにより、ブームシリンダ10に接続された方向制御弁640に、ブーム操作用油路4510B及びブーム調整用油路4520Bを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁640はパイロット油圧に基づいて作動する。これにより、メイン油圧ポンプからの作動油がブームシリンダ10に供給され、ブーム6の上げ動作が実行される。

【0152】

すなわち、本実施形態において、ブーム操作用油路4510A及びブーム調整用油路4520Aは、方向制御弁640の第1受圧室と接続され、ブーム6を下げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム下げ用油路である。ブーム操作用油路4510B及びブーム調整用油路4520Bは、方向制御弁640の第2受圧室と接続され、ブーム6を上げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム上げ用油路である。

【0153】

また、操作装置25の操作により、アーム7は、下げ動作及び上げ動作の2種類の動作を実行する。アーム7の上げ動作が実行されるように操作装置25が操作されることにより、アームシリンダ11に接続された方向制御弁641に、アーム操作用油路4511A及びアーム調整用油路4521Aを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁641はパイロット油圧に基づいて作動する。これにより、メイン油圧ポンプからの作動油がアームシリンダ11に供給され、アーム7の上げ動作が実行される。

【0154】

アーム7の下げ動作が実行されるように操作装置25が操作されることにより、アームシリンダ11に接続された方向制御弁641に、アーム操作用油路4511B及びアーム調整用油路4521Bを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁641はパイロット油圧に基づいて作動する。これにより、メイン油圧ポンプからの作動油がアームシリンダ11に供給され、アーム7の下げ動作が実行される。

【0155】

すなわち、本実施形態において、アーム操作用油路4511A及びアーム調整用油路4521Aは、方向制御弁641の第1受圧室と接続され、アーム7を上げ動作させるためのパイロット油が流れるアーム上げ用油路である。アーム操作用油路4511B及びアーム調整用油路4521Bは、方向制御弁641の第2受圧室と接続され、アーム7を上げ動作させるためのパイロット油が流れるアーム上げ用油路である。

【0156】

また、操作装置25の操作により、バケット8は、下げ動作及び上げ動作の2種類の動作を実行する。バケット8の上げ動作が実行されるように操作装置25が操作されることにより、バケットシリンダ12に接続された方向制御弁642に、バケット操作用油路4512A及びバケット調整用油路4522Aを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁642はパイロット油圧に基づいて作動する。これにより、メイン油圧ポンプからの作動油がバケットシリンダ12に供給され、バケット8の上げ動作が実行される。

【0157】

バケット8の下げ動作が実行されるように操作装置25が操作されることにより、バケットシリンダ12に接続された方向制御弁642に、バケット操作用油路4512B及びバケット調整用油路4522Bを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁642はパイロット油圧に基づいて作動する。これにより、メイン油圧ポンプからの作動油がバケットシリンダ12に供給され、バケット8の下げ動作が実行される。

【0158】

すなわち、本実施形態において、バケット操作用油路4512A及びバケット調整用油路4522Aは、方向制御弁642の第1受圧室と接続され、バケット8を下げ動作させ

10

20

30

40

50

るためのパイロット油が流れるバケット下げ用油路である。バケット操作用油路４５１２Ｂ及びバケット調整用油路４５２２Ｂは、方向制御弁６４２の第２受圧室と接続され、バケット８を上げ動作させるためのパイロット油が流れるバケット上げ用油路である。

【０１５９】

また、操作装置２５の操作により、旋回体３は、右旋回動作及び左旋回動作の２種類の動作を実行する。旋回体３の右旋回動作が実行されるように操作装置２５が操作されることにより、作動油が旋回モータ６３に供給される。旋回体３の左旋回動作が実行されるように操作装置２５が操作されることにより、作動油が旋回モータ６３に供給される。

【０１６０】

〔較正概要〕

本実施形態においては、ブームシリンダ１０が伸長することにより、ブーム６が上げ動作し、ブームシリンダ１０が縮退することにより、ブーム６が下げ動作する。したがって、ブームシリンダ１０のキャップ側油室４０Ａに作動油が供給されることにより、ブームシリンダ１０が伸長し、ブーム６が上げ動作する。ブームシリンダ１０のロッド側油室４０Ｂに作動油が供給されることにより、ブームシリンダ１０が縮退し、ブーム６が下げ動作する。

【０１６１】

本実施形態においては、アームシリンダ１１が伸長することにより、アーム７が下げ動作（掘削動作）し、アームシリンダ１１が縮退することにより、アーム７が上げ動作（ダンプ動作）する。したがって、ブームシリンダ１１のキャップ側油室４０Ａに作動油が供給されることにより、アームシリンダ１１が伸長し、アーム７が下げ動作する。アームシリンダ１１のロッド側油室４０Ｂに作動油が供給されることにより、アームシリンダ１１が縮退し、アーム７が上げ動作する。

【０１６２】

本実施形態においては、バケットシリンダ１２が伸長することにより、バケット８が下げ動作（掘削動作）し、バケットシリンダ１２が縮退することにより、バケット８が上げ動作（ダンプ動作）する。したがって、バケットシリンダ１２のキャップ側油室４０Ａに作動油が供給されることにより、バケットシリンダ１２が伸長し、バケット８が下げ動作する。バケットシリンダ１２のロッド側油室４０Ｂに作動油が供給されることにより、バケットシリンダ１２が縮退し、バケット８が上げ動作する。

【０１６３】

制御弁２７は、作業機コントローラ２６からの制御信号（電流）に基づいて、パイロット油圧を調整する。制御弁２７は、電磁比例制御弁であり、作業機コントローラ２６からの制御信号に基づいて制御される。制御弁２７は、方向制御弁６４の第１受圧室に供給されるパイロット油のパイロット油圧を調整して、方向制御弁６４を介してキャップ側油室４０Ａに供給される作動油の供給量を調整可能な制御弁２７Ｂと、方向制御弁６４の第２受圧室に供給されるパイロット油のパイロット油圧を調整して、方向制御弁６４を介してロッド側油室４０Ｂに供給される作動油の供給量を調整可能な制御弁２７Ａとを含む。

【０１６４】

制御弁２７の両側に、パイロット油圧を検出する圧力センサ６６及び圧力センサ６７が設けられる。本実施形態において、圧力センサ６６は、パイロット油路４５１において操作装置２５と制御弁２７との間に配置される。圧力センサ６７は、パイロット油路４５２において制御弁２７と方向制御弁６４との間に配置される。圧力センサ６６は、制御弁２７によって調整される前のパイロット油圧を検出可能である。圧力センサ６７は、制御弁２７によって調整されたパイロット油圧を検出可能である。圧力センサ６６は、操作装置２５の操作によって調整されるパイロット油圧を検出可能である。圧力センサ６６及び圧力センサ６７の検出結果は、図示しないが作業機コントローラ２６に出力される。

【０１６５】

以下の説明において、ブームシリンダ１０に対する作動油の供給を行う方向制御弁６４０に対するパイロット油圧を調整可能な制御弁２７を適宜、ブーム用減圧弁２７０、と称

10

20

30

40

50

する。また、ブーム用減圧弁 270 のうち、一方のブーム用減圧弁（減圧弁 27A に相当）を適宜、ブーム用減圧弁 270A、と称し、他方のブーム用減圧弁（減圧弁 27B に相当）を適宜、ブーム用減圧弁 270B、と称する。ブーム用減圧弁 270（270A、270B）は、ブーム操作用油路に配置される。

【0166】

以下の説明において、アームシリンダ 11 に対する作動油の供給を行う方向制御弁 641 に対するパイロット油圧を調整可能な制御弁 27 を適宜、アーム用減圧弁 271、と称する。また、アーム用減圧弁 271 のうち、一方のアーム用減圧弁（減圧弁 27A に相当）を適宜、アーム用減圧弁 271A、と称し、他方のアーム用減圧弁（減圧弁 27B に相当）を適宜、アーム用減圧弁 271B、と称する。アーム用減圧弁 271（271A、271B）は、アーム操作用油路に配置される。

10

【0167】

以下の説明において、バケットシリンダ 12 に対する作動油の供給を行う方向制御弁 642 に対するパイロット油圧を調整可能な制御弁 27 を適宜、バケット用減圧弁 272、と称する。また、バケット用減圧弁 272 のうち、一方のバケット用減圧弁（減圧弁 27A に相当）を適宜、バケット用減圧弁 272A、と称し、他方のバケット用減圧弁（減圧弁 27B に相当）を適宜、バケット用減圧弁 272B、と称する。バケット用減圧弁 272（272A、272B）は、バケット操作用油路に配置される。

【0168】

[圧力センサ]

20

以下の説明において、ブームシリンダ 10 に対する作動油の供給を行う方向制御弁 640 に接続されるパイロット油路 451 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 66 を適宜、ブーム用圧力センサ 660、と称し、方向制御弁 640 に接続されるパイロット油路 452 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 67 を適宜、ブーム用圧力センサ 670、と称する。

【0169】

また、以下の説明において、ブーム操作用油路 4510A に配置されるブーム用圧力センサ 660 を適宜、ブーム用圧力センサ 660A、と称し、ブーム操作用油路 4510B に配置されるブーム用圧力センサ 660 を適宜、ブーム用圧力センサ 660B、と称する。また、ブーム調整用油路 4520A に配置されるブーム用圧力センサ 670 を適宜、ブーム用圧力センサ 670A、と称し、ブーム調整用油路 4520B に配置されるブーム用圧力センサ 670 を適宜、ブーム用圧力センサ 670B、と称する。

30

【0170】

以下の説明において、アームシリンダ 11 に対する作動油の供給を行う方向制御弁 641 に接続されるパイロット油路 451 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 66 を適宜、アーム用圧力センサ 661、と称し、方向制御弁 641 に接続されるパイロット油路 452 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 67 を適宜、アーム用圧力センサ 671、と称する。

【0171】

また、以下の説明において、アーム操作用油路 4511A に配置されるアーム用圧力センサ 661 を適宜、アーム用圧力センサ 661A、と称し、アーム操作用油路 4511B に配置されるアーム用圧力センサ 661 を適宜、アーム用圧力センサ 661B、と称する。また、アーム調整用油路 4521A に配置されるアーム用圧力センサ 671 を適宜、アーム用圧力センサ 671A、と称し、アーム調整用油路 4521B に配置されるアーム用圧力センサ 671 を適宜、アーム用圧力センサ 671B、と称する。

40

【0172】

以下の説明において、バケットシリンダ 12 に対する作動油の供給を行う方向制御弁 642 に接続されるパイロット油路 451 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 66 を適宜、バケット用圧力センサ 662、と称し、方向制御弁 642 に接続されるパイロット油路 452 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 67 を適宜、バケット用圧力センサ 67

50

2、と称する。

【0173】

また、以下の説明において、バケット操作用油路4512Aに配置されるバケット用圧力センサ662を適宜、バケット用圧力センサ662A、と称し、バケット操作用油路4512Bに配置されるバケット用圧力センサ662を適宜、バケット用圧力センサ662B、と称する。また、バケット調整用油路4522Aに配置されるバケット用圧力センサ672を適宜、バケット用圧力センサ672A、と称し、バケット調整用油路4522Bに配置されるバケット用圧力センサ672を適宜、バケット用圧力センサ672B、と称する。

【0174】

[制御弁]

制限掘削制御を実行しない場合、作業機コントローラ26は、制御弁27を制御して、パイロット油路450を開ける（全開にする）。パイロット油路450が開くことにより、パイロット油路451のパイロット油圧とパイロット油路452のパイロット油圧とは等しくなる。制御弁27によりパイロット油路450が開いた状態で、パイロット油圧は、操作装置25の操作量に基づいて調整される。

【0175】

制御弁27によりパイロット油路450が全開のとき、圧力センサ66に作用するパイロット油圧と圧力センサ67に作用するパイロット油圧とは等しい。制御弁27の開度が小さくなることによって、圧力センサ66に作用するパイロット油圧と圧力センサ67に作用するパイロット油圧とは異なる。

【0176】

制限掘削制御など、作業機2が作業機コントローラ26によって制御される場合、作業機コントローラ26は、制御弁27に制御信号を出力する。パイロット油路451は、例えばパイロットリリーフ弁の作用により所定の圧力（パイロット油圧）を有する。作業機コントローラ26から制御弁27に制御信号が出力されると、制御弁27は、その制御信号に基づいて作動する。パイロット油路451のパイロット油は、制御弁27を介して、パイロット油路452に供給される。パイロット油路452のパイロット油圧は、制御弁27により調整（減圧）される。パイロット油路452のパイロット油圧が、方向制御弁64に作用する。これにより、方向制御弁64は、制御弁27で制御されたパイロット油圧に基づいて作動する。本実施形態において、圧力センサ66は、制御弁27によって調整される前のパイロット油圧を検出する。圧力センサ67は、制御弁27によって調整された後のパイロット油圧を検出する。

【0177】

減圧弁27Aにより圧力が調整されたパイロット油が方向制御弁64に供給されることにより、スプールは軸方向に関して一側に移動する。減圧弁27Bにより圧力が調整されたパイロット油が方向制御弁64に供給されることにより、スプールは軸方向に関して他側に移動する。これにより、軸方向に関するスプールの位置が調整される。

【0178】

例えば、作業機コントローラ26は、ブーム用減圧弁270A及びブーム用減圧弁270Bの少なくとも一方に制御信号を出力して、ブームシリンダ10に接続された方向制御弁640に対するパイロット油圧を調整することができる。

【0179】

また、作業機コントローラ26は、アーム用減圧弁271A及びアーム用減圧弁271Bの少なくとも一方に制御信号を出力して、アームシリンダ11に接続された方向制御弁641に対するパイロット油圧を調整することができる。

【0180】

また、作業機コントローラ26は、バケット用減圧弁272A及びバケット用減圧弁272Bの少なくとも一方に制御信号を出力して、バケットシリンダ12に接続された方向制御弁642に対するパイロット油圧を調整することができる。

【0181】

作業機コントローラ26は、掘削対象の目標形状である設計地形を示す目標掘削地形Uとバケット8の位置を示すバケット位置データ（刃先位置データS）とに基づいて、目標掘削地形Uとバケット8との距離dに応じてバケット8が目標掘削地形Uに近づく速度が小さくなるように、ブーム6の速度を制限する。作業機コントローラ26は、ブーム6の速度を制限するための制御信号を出力するブーム制限部を有する。本実施形態においては、操作装置25の操作に基づいて作業機2が駆動する場合において、バケット8の刃先8aが目標掘削地形Uに侵入しないように、作業機コントローラ26のブーム制限部から出力される制御信号に基づいて、ブーム6の動きが制御（介入制御）される。バケット8による掘削において、刃先8aが目標掘削地形Uに侵入しないように、ブーム6は、作業機コントローラ26により、上げ動作を実行される。

10

【0182】

〔介入制御時の介入弁〕

本実施形態においては、介入制御のために、作業機コントローラ26から出力された、介入制御に関する制御信号に基づいて作動する制御弁27Cにパイロット油路502が接続される。介入制御において、パイロット油路502に、圧力（パイロット油圧）が調整されたパイロット油が流れる。制御弁27Cは、パイロット油路501に接続され、パイロット油路501からのパイロット油圧を調整可能である。

【0183】

以下の説明において、介入制御において圧力が調整されたパイロット油が流れるパイロット油路50を適宜、介入用油路501、502と称し、介入用油路501に接続される制御弁27Cを適宜、介入弁27C、と称する。

20

【0184】

介入用油路501に、ブームシリンダ10に接続された方向制御弁640に供給されるパイロット油が流れる。介入用油路502は、方向制御弁640と接続されたブーム操作用油路4510B及びブーム調整用油路4520Bにシャトル弁51を介して接続されている。

【0185】

シャトル弁51は、2つの入口と、1つの出口とを有する。一方の入口は、介入用油路502と接続される。他方の入口は、ブーム操作用油路4510Bと接続される。出口は、ブーム調整用油路4520Bと接続される。シャトル弁51は、介入用油路502及びブーム操作用油路4510Bのうち、パイロット油圧が高い方の油路と、ブーム調整用油路4520Bとを接続する。例えば、介入用油路502のパイロット油圧がブーム操作用油路4510Bのパイロット油圧よりも高い場合、シャトル弁51は、介入用油路501とブーム調整用油路4520Bとを接続し、ブーム操作用油路4510Bとブーム調整用油路4520Bとを接続しないように作動する。これにより、介入用油路502のパイロット油がシャトル弁51を介してブーム調整用油路4520Bに供給される。ブーム操作用油路4510Bのパイロット油圧が介入用油路502のパイロット油圧よりも高い場合、シャトル弁51は、ブーム操作用油路4510Bとブーム調整用油路4520Bとを接続し、介入用油路502とブーム調整用油路4520Bとを接続しないように作動する。これにより、ブーム操作用油路4510Bのパイロット油がシャトル弁51を介してブーム調整用油路4520Bに供給される。

30

40

【0186】

介入用油路501には介入用油路501のパイロット油のパイロット油圧を検出する圧力センサ68が設けられている。介入用油路501は、制御弁27Cを通過する前のパイロット油が流れる介入用油路501と、介入弁27Cを通過した後のパイロット油が流れる介入用油路502とを含む。介入弁27Cは、介入制御を実行するために作業機コントローラ26から出力された制御信号に基づいて制御される。

【0187】

介入制御を実行しないとき、操作装置25の操作によって調整されたパイロット油圧に

50

に基づいて方向制御弁 6 4 が駆動されるように、作業機コントローラ 2 6 は、制御弁 2 7 に対して制御信号を出力しない。例えば、作業機コントローラ 2 6 は、操作装置 2 5 の操作によって調整されたパイロット油圧に基づいて方向制御弁 6 4 0 が駆動されるように、ブーム用減圧弁 2 7 0 B によりブーム操作用油路 4 5 1 0 B を開ける（全開にする）とともに、介入弁 2 7 C により介入用油路 5 0 1 を閉じる。

【0188】

介入制御を実行するとき、作業機コントローラ 2 6 は、介入弁 2 7 C によって調整されたパイロット油圧に基づいて方向制御弁 6 4 が駆動されるように、各制御弁 2 7 を制御する。例えば、ブーム 6 の移動を制限する介入制御を実行する場合、作業機コントローラ 2 6 は、介入弁 2 7 C によって調整された介入用油路 5 0 1 のパイロット油圧が、操作装置 2 5 によって調整されるブーム操作用油路 4 5 1 0 B のパイロット油圧よりも高くなるように、介入弁 2 7 C を制御する。これにより、介入弁 2 7 C からのパイロット油が介入用油路 5 0 2 を経由しシャトル弁 5 1 を介して方向制御弁 6 4 0 に供給される。

10

【0189】

バケット 8 が目標掘削地形 U に侵入しないように操作装置 2 5 によりブーム 6 が高速で上げ動作される場合、介入制御は実行されない。ブーム 6 が高速で上げ動作されるように操作装置 2 5 が操作され、その操作量に基づいてパイロット油圧が調整されることにより、操作装置 2 5 の操作によって調整されるブーム操作用油路 4 5 1 0 B のパイロット油圧は、介入弁 2 7 C によって調整される介入用油路 5 0 2 のパイロット油圧よりも高くなる。これにより、操作装置 2 5 の操作によってパイロット油圧が調整されたブーム操作用油路 4 5 1 0 B のパイロット油がシャトル弁 5 1 を介して方向制御弁 6 4 0 に供給される。

20

【0190】

以下の説明においては、便宜上、制御弁 2 7 の作動によりパイロット油路 4 5 0 を開けることを単に、制御弁 2 7 を開ける（開放状態にする）、といい、制御弁 2 7 の作動によりパイロット油路 4 5 0 を閉じることを単に、制御弁 2 7 を閉じる（閉塞状態にする）、という。なお、制御弁 2 7 の開けた状態とは、全開状態のみならず、僅かに開いた状態も含む。すなわち、制御弁 2 7 を開けた状態とは、制御弁 2 7 を閉じた状態以外の状態を含む。制御弁 2 7 が開くことにより、パイロット油路 4 5 0 が減圧状態となる。

【0191】

例えば、介入弁 2 7 C の作動により介入用流路 5 0 1 を開けることを単に、介入弁 2 7 C を開ける、といい、介入弁 2 7 C の作動により介入用流路 5 0 1 を閉じることを単に、介入弁 2 7 C を閉じる、という。

30

【0192】

同様に、ブーム用減圧弁 2 7 0 A の作動によりブーム操作用油路 4 5 1 0 A を開けること（ブーム操作用油路 4 5 1 0 A とブーム調整用油路 4 5 2 0 A とを接続状態にすること）を単に、ブーム用減圧弁 2 7 0 A を開ける、といい、ブーム用減圧弁 2 7 0 A の作動によりブーム操作用油路 4 5 1 0 A を閉じること（ブーム操作用油路 4 5 1 0 A とブーム調整用油路 4 5 2 0 A とを非接続状態にすること）を単に、ブーム用減圧弁 2 7 0 A を閉じる、という。また、ブーム用減圧弁 2 7 0 B の作動によりブーム操作用油路 4 5 1 0 B を開けること（ブーム操作用油路 4 5 1 0 B とブーム調整用油路 4 5 2 0 B とを接続状態にすること）を単に、ブーム用減圧弁 2 7 0 B を開ける、といい、ブーム用減圧弁 2 7 0 B の作動によりブーム操作用油路 4 5 1 0 B を閉じること（ブーム操作用油路 4 5 1 0 B とブーム調整用油路 4 5 2 0 B とを非接続状態にすること）を単に、ブーム用減圧弁 2 7 0 B を閉じる、という。

40

【0193】

同様に、アーム用減圧弁 2 7 1 A の作動によりアーム操作用油路 4 5 1 1 A を開けること（アーム操作用油路 4 5 1 1 A とアーム調整用油路 4 5 2 1 A とを接続状態にすること）を単に、アーム用減圧弁 2 7 1 A を開ける、といい、アーム用減圧弁 2 7 1 A の作動によりアーム操作用油路 4 5 1 1 A を閉じること（アーム操作用油路 4 5 1 1 A とアーム調整用油路 4 5 2 1 A とを非接続状態にすること）を単に、アーム用減圧弁 2 7 1 A を閉じ

50

る、という。また、アーム用減圧弁 2 7 1 B の作動によりアーム操作用油路 4 5 1 1 B を開けること（アーム操作用油路 4 5 1 1 B とアーム調整用油路 4 5 2 1 B とを接続状態にすること）を単に、アーム用減圧弁 2 7 1 B を開ける、といい、アーム用減圧弁 2 7 1 B の作動によりアーム操作用油路 4 5 1 1 B を閉じること（アーム操作用油路 4 5 1 1 B とアーム調整用油路 4 5 2 1 B とを非接続状態にすること）を単に、アーム用減圧弁 2 7 1 B を閉じる、という。

【0194】

同様に、バケット用減圧弁 2 7 2 A の作動によりバケット操作用油路 4 5 1 2 A を開けること（バケット操作用油路 4 5 1 2 A とバケット調整用油路 4 5 2 2 A とを接続状態にすること）を単に、バケット用減圧弁 2 7 2 A を開ける、といい、バケット用減圧弁 2 7 2 A の作動によりバケット操作用油路 4 5 1 2 A を閉じること（バケット操作用油路 4 5 1 2 A とバケット調整用油路 4 5 2 2 A とを非接続状態にすること）を単に、バケット用減圧弁 2 7 2 A を閉じる、という。また、バケット用減圧弁 2 7 2 B の作動によりバケット操作用油路 4 5 1 2 B を開けること（バケット操作用油路 4 5 1 2 B とバケット調整用油路 4 5 2 2 B とを接続状態にすること）を単に、バケット用減圧弁 2 7 2 B を開ける、といい、バケット用減圧弁 2 7 2 B の作動によりバケット操作用油路 4 5 1 2 B を閉じること（バケット操作用油路 4 5 1 2 B とバケット調整用油路 4 5 2 2 B とを非接続状態にすること）を単に、バケット用減圧弁 2 7 2 B を閉じる、という。

【0195】

減圧弁 2 7 A 及び減圧弁 2 8 B は、例えば、作業機 2 を停止させる停止制御のときに使用される。例えば、ブーム 6 の下げ動作を停止するとき、ブーム用減圧弁 2 7 0 A が閉じられる。これにより、操作装置 2 5 が操作されても、ブーム 6 は下げ動作しない。同様に、アーム 7 の下げ動作を停止するとき、アーム用減圧弁 2 7 1 B が閉じられる。バケット 8 の下げ動作を停止するとき、バケット用減圧弁 2 7 2 B が閉じられる。ブーム 6 の上げ動作を停止するとき、ブーム用減圧弁 2 7 0 B が閉じられる。アーム 7 の上げ動作を停止するとき、アーム用減圧弁 2 7 1 A が閉じられる。バケット 8 の上げ動作を停止するとき、バケット用減圧弁 2 7 2 A が閉じられる。

【0196】

本実施形態において、ブームシリンダ 1 0 は、第 1 動作方向（例えば縮退方向）への動作により、ブーム 6 について下げ動作を実行させ、第 1 動作方向とは反対の第 2 動作方向（例えば伸長方向）への動作により、ブーム 6 について上げ動作を実行させる。

【0197】

本実施形態において、アームシリンダ 1 1 は、第 1 動作方向（例えば縮退方向）への動作により、アーム 7 について上げ動作を実行させ、第 1 動作方向とは反対の第 2 動作方向（例えば伸長方向）への動作により、アーム 7 について下げ動作を実行させる。

【0198】

本実施形態において、バケットシリンダ 1 2 は、第 1 動作方向（例えば縮退方向）への動作により、バケットについてダンプ動作を実行させ、第 1 動作方向とは反対の第 2 動作方向（例えば伸長方向）への動作により、バケットについて掘削動作を実行させる。

【0199】

ブーム操作用油路 4 5 1 0 A、ブーム操作用油路 4 5 1 0 B、ブーム調整用油路 4 5 2 0 A、及びブーム調整用油路 4 5 2 0 B は、方向制御弁 6 4 0 に接続するように配置される。ブームシリンダ 1 0 の第 1 動作方向への動作のために方向制御弁 6 4 0 のスプール 8 0 を移動させるためのパイロット油は、ブーム操作用油路 4 5 1 0 A 及びブーム調整用油路 4 5 2 0 A を流れる。ブームシリンダ 1 0 の第 2 動作方向への動作のために方向制御弁 6 4 0 のスプール 8 0 を移動させるためのパイロット油は、ブーム操作用油路 4 5 1 0 B 及びブーム調整用油路 4 5 2 0 B を流れる。

【0200】

アーム操作用油路 4 5 1 1 A、アーム操作用油路 4 5 1 1 B、アーム調整用油路 4 5 2 1 A、及びアーム調整用油路 4 5 2 1 B は、方向制御弁 6 4 1 に接続するように配置され

10

20

30

40

50

る。アームシリンダ 11 の第 1 動作方向への動作のために方向制御弁 641 のスプール 80 を移動させるためのパイロット油は、アーム操作用油路 4511A 及びアーム調整用油路 4521A を流れる。アームシリンダ 11 の第 2 動作方向への動作のために方向制御弁 641 のスプール 80 を移動させるためのパイロット油は、アーム操作用油路 4511B 及びアーム調整用油路 4521B を流れる。

【0201】

バケット操作用油路 4512A、バケット操作用油路 4512B、バケット調整用油路 4522A、及びバケット調整用油路 4522B は、方向制御弁 642 に接続するように配置される。バケットシリンダ 12 の第 1 動作方向への動作のために方向制御弁 642 のスプール 80 を移動させるためのパイロット油は、バケット操作用油路 4512A 及びバケット調整用油路 4522A を流れる。バケットシリンダ 12 の第 2 動作方向への動作のために方向制御弁 642 のスプール 80 を移動させるためのパイロット油は、バケット操作用油路 4512B 及びバケット調整用油路 4522B を流れる。

10

【0202】

ブーム減圧弁 270A は、ブームシリンダ 10 を第 1 動作方向に動作させるため（ブーム 6 を下げ動作させるため）のパイロット油が流れるパイロット油路（4510A、4520A）に配置されている。ブーム減圧弁 270A は、減圧弁を調整することで減圧し、動作を制限する。

【0203】

ブーム減圧弁 270B は、ブームシリンダ 10 を第 2 動作方向に動作させるため（ブーム 6 を上げ動作させるため）のパイロット油が流れるパイロット油路（4510B、4520B）に配置されている。ブーム減圧弁 270B は、パイロット油路を遮断する機能を有する。

20

【0204】

アーム減圧弁 271A は、アームシリンダ 11 を第 1 動作方向に動作させるため（アーム 7 を上げ動作させるため）のパイロット油が流れるパイロット油路（4511A、4521A）に配置されている。アーム減圧弁 271A は、アーム 7 を動作制限させるためのパイロット油圧を調整可能である。

【0205】

アーム減圧弁 271B は、アームシリンダ 11 を第 2 動作方向に動作させるため（アーム 7 を下げ動作させるため）のパイロット油が流れるパイロット油路（4511B、4521B）に配置されている。アーム減圧弁 271B は、アーム 7 を下げ動作（掘削動作）させるためのパイロット油圧を調整可能である。

30

【0206】

バケット減圧弁 272A は、バケットシリンダ 12 を第 1 動作方向に動作させるため（バケット 8 を上げ動作させるため）のパイロット油が流れるパイロット油路（4512A、4522A）に配置されている。バケット減圧弁 272A は、バケット 8 を上げ動作（ダンプ動作）させるためのパイロット油圧を調整可能である。

【0207】

バケット減圧弁 272B は、バケットシリンダ 12 を第 2 動作方向に動作させるため（バケット 8 を下げ動作させるため）のパイロット油が流れるパイロット油路（4512B、4522B）に配置されている。バケット減圧弁 272B は、バケット 8 を下げ動作（掘削動作）させるためのパイロット油圧を調整可能である。

40

【0208】

[制御システム]

図 23 は、制限掘削制御が行われているときの作業機 2 の動作の一例を模式的に示す図である。上述のように、油圧システム 300 は、ブーム 6 を駆動するためのブームシリンダ 10 と、アーム 7 を駆動するためのアームシリンダ 11 と、バケット 8 を駆動するためのバケットシリンダ 12 とを有する。

【0209】

50

図 2 3 に示すように、アーム 7 の操作による掘削において、ブーム 6 が上がり、アーム 7 が下がるように、油圧システム 3 0 0 が作動する。制限掘削制御において、バケット 8 が目標掘削地形 U に侵入しないように、ブーム 6 の上げ動作を含む介入制御が実行される。

【0 2 1 0】

例えば、掘削対象物（地面、山など）の掘削作業のために、アーム 7 及びバケット 8 の少なくとも一方が下げ動作されるように、オペレータにより操作装置 2 5 が操作される。そのオペレータの操作により、バケット 8 の刃先 8 a が目標掘削地形 U に侵入しようとする場合、作業機コントローラ 2 6 は、バケット 8 の刃先 8 a が目標掘削地形 U に侵入しないように、介入弁 2 7 C を制御して、介入用油路 5 0 2 のパイロット油圧を増大させることによって、ブーム 6 の上げ動作を実行する。

10

【0 2 1 1】

図 2 4 及び図 2 5 は、本実施形態に係る制御システム 2 0 0 の一例を示す機能ブロック図である。図 2 4 及び図 2 5 に示すように、制御システム 2 0 0 は、作業機コントローラ 2 6 と、センサコントローラ 3 0 と、スプールストロークセンサ 6 5 と、圧力センサ 6 6 と、圧力センサ 6 7 と、圧力センサ 6 8 と、入力部 3 2 1 及び表示部 3 2 2 を含むマンマシンインターフェース部 3 2 と、減圧弁 2 7 A と、減圧弁 2 7 B と、介入弁 2 7 C とを有する。

【0 2 1 2】

作業機コントローラ 2 6 は、データ取得部 2 6 A と、導出部 2 6 B と、制御弁制御部 2 6 C と、作業機制御部 5 7 と、補正部 2 6 E と、更新部 2 6 F と、記憶部 2 6 G と、シーケンス制御部 2 6 H とを有する。導出部 2 6 B は、判定部 2 6 B a と、演算部 2 6 B b とを含む。

20

【0 2 1 3】

〔校正方法〕

図 2 6 は、本実施形態に係る作業機コントローラ 2 6 の処理の一例を示すフローチャートである。本実施形態において、作業機コントローラ 2 6 は、制御システム 2 0 0 の少なくとも一部を校正（キャリブレーション）する。

【0 2 1 4】

図 2 6 に示すように、本実施形態において、作業機コントローラ 2 6 は、校正モードの選択（ステップ S B 0）と、油圧シリンダ 6 0 の校正（ステップ S B 1）と、圧力センサ 6 6 及び圧力センサ 6 7 の校正（ステップ S B 2）と、作業機 2 の制御（ステップ S B 3）と、を実行する。マンマシンインターフェース部からの操作指令に基づいて、校正モードが油圧シリンダの校正か圧力センサの校正から判断される（ステップ S B 0）。ステップ S B 0 において、校正モードが油圧シリンダの校正であると判断された場合（ステップ S B 0 で Y e s の場合）、ステップ S B 1 に進む。ステップ S B 0 において、校正モードが油圧シリンダの校正でないとは判断された場合（ステップ S B 0 で N o の場合）、ステップ S B 2 に進む。

30

【0 2 1 5】

図 2 5 を基に説明を行う。油圧シリンダ 6 0 の校正は、油圧シリンダ 6 0 を動作させる操作指令を出力し、その操作指令に基づく駆動力を油圧シリンダ 6 0 に与えたときの油圧シリンダ 6 0 の動作特性を取得することを含む。本実施形態において、作業機コントローラ 2 6 のデータ取得部 2 6 A は、油圧シリンダ 6 0 を動作させる操作指令が出力された状態で、その操作指令値及び油圧シリンダ 6 0 のシリンダ速度に関するデータを取得する。作業機コントローラ 2 6 の導出部 2 6 B は、データ取得部 2 6 A で取得したデータに基づいて、出力された操作指令値に対する油圧シリンダ 6 0 の動作特性を導出する。

40

【0 2 1 6】

操作装置 2 5 の操作に基づいて、パイロット油路 4 5 0 へパイロット油が供給される。パイロット油の供給により圧力センサ 6 6 では圧力が検出される。圧力センサ 6 6 の検出された圧力は作業機コントローラ 2 6 に送信され、作業機コントローラ 2 6 でパイロット

50

油圧が求められる。スプールストローク Sst は、スプールストロークセンサ 65 によりストロークの変化が検出され作業機コントローラ 26 へ送信される。シリンダストロークセンサ 16～18 の検出値はセンサコントローラ 30 にて求められるシリンダストローク $L1 \sim L3$ として作業機コントローラ 26 へ出力され、作業機コントローラ 26 にてシリンダ速度が求められる。これにより、操作装置 25 の操作に対するシリンダ速度が算出される。

【0217】

油圧シリンダ 60 の動作特性の導出は、油圧シリンダ 60 のシリンダ速度と方向制御弁 64 のスプール 80 の移動量との関係を示す第 1 相関データ、スプール 80 の移動量と制御弁 27 によって制御されるパイロット油圧との関係を示す第 2 相関データ、及びパイロット油圧と制御弁 27 に出力される制御信号との関係を示す第 3 相関データを導出することを含む。

10

【0218】

また、油圧シリンダ 60 の動作特性の導出は、複数の油圧シリンダ 60（ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、及びバケットシリンダ 12）のうち、ブームシリンダ 10 のシリンダ速度と介入弁 27C に出力される制御信号との関係を導出することを含む。本実施形態において、介入弁 27C を含む制御弁 27 は、作業機コントローラ 26 からの指令値となる指令電流によって作動する。制御弁 27 に電流が供給されることによって、制御弁 27 が作動する。本実施形態において、ブームシリンダ 10 の動作特性の導出は、ブームシリンダ 10 のシリンダ速度と、介入弁 27C に供給される電流値との関係を導出することを含む。

20

【0219】

圧力センサ 66 及び圧力センサ 67 の較正は、圧力センサ 66 の検出値が圧力センサ 67 の検出値に一致するように、圧力センサ 66 の検出値を補正することを含む。本実施形態において、作業機コントローラ 26 のデータ取得部 26A は、制御弁 27 によりパイロット油路 450 が開いた状態で、圧力センサ 66 の検出値及び圧力センサ 67 の検出値に関するデータを取得する。作業機コントローラ 26 の補正部 26E は、データ取得部 26A で取得したデータに基づいて、圧力センサ 66 の検出値が圧力センサ 67 の検出値に一致するように、圧力センサ 66 の検出値を補正する。

【0220】

30

オペレータの操作に基づきマンマシンインターフェース部 32 の入力部 321 では作業機コントローラ 26 への各較正指令を出力する。作業機コントローラの制御弁制御部 26C は較正指令に基づき制御弁 27（27C）に各作業機を駆動する指令を出力する。制御弁制御部 26C の指令に基づき各作業機が駆動され、その時のストロークセンサ 65 からの検出値とセンサコントローラ 30 からのシリンダストローク $L1 \sim L3$ の出力をデータ取得部 26A は取得する。データ取得部 26A で取得したデータに基づき導出部 26B では検出値の判定を 26Ba で行い、シリンダストロークからシリンダ速度への演算を演算部 26Bb で行う。又、データ取得部 26A で取得した圧力センサ 66 より取得したパイロット圧 $Pppc$ と、スプールストロークセンサ 65 より取得したスプールストローク Sst と、演算部 26Bb で算出したシリンダストロークシリンダ速度より導出部 26B は第 1～第 3 相関図を作成する。

40

【0221】

導出部 26B で作成された第 1～第 3 の相関データは更新部 26F により記憶部 26G に記憶・更新する。

【0222】

[油圧シリンダの較正方法]

油圧シリンダ 60 の較正方法について説明する。まず、ブームシリンダ 10 の較正方法（動作特性の導出）について説明する。

【0223】

図 27 は、本実施形態に係るブームシリンダ 10 の較正方法の一例を示すフローチャー

50

トである。本実施形態において、ブームシリンダ10の較正は、ブームシリンダ10の上げ動作についての動作特性を導出することを含む。ブームシリンダ10の上げ動作についての動作特性の導出は、介入弁27Cに供給される電流値とブームシリンダ10のシリンダ速度との関係性を導出することを含む。以下の説明においては、較正対象が介入弁27Cである例について説明する。

【0224】

図27に示すように、本実施形態に係るブームシリンダ10の較正方法は、作業機2の姿勢を含む油圧ショベル100の較正条件を判定すること（ステップSC1）と、複数の制御弁27を閉じること（ステップSC2）と、判定後、ブームシリンダ10を上げ動作させる操作指令を出力すること（ステップSC3）と、ブームシリンダ10を上げ動作させる操作指令が出力された状態で、操作指令値及び上げ動作におけるブームシリンダ10のシリンダ速度に関するデータを取得すること（ステップSC4）と、ステップSC4で取得したデータ（操作指令値及びブームシリンダ10のシリンダ速度）に基づいて、停止状態のブームシリンダ10が上げ動作を開始するときの動作開始操作指令値を導出すること（ステップSC5）と、動作開始操作指令値の導出後、ステップSC3よりも高い操作指令値の操作指令を出力すること（ステップSC6）と、ブームシリンダ10を上げ動作させる操作指令が出力された状態で、操作指令値及び上げ動作におけるブームシリンダ10のシリンダ速度に関するデータを取得すること（ステップSC7）と、ステップSC7で取得したデータ（操作指令値及びブームシリンダ10のシリンダ速度）に基づいて、操作指令値と微速度領域におけるシリンダ速度との関係性を示す微速度動作特性を導出すること（ステップSC8）と、微速度動作特性の導出後、再び、作業機2の姿勢を判定すること（ステップSC9）と、複数の制御弁27を閉じること（ステップSC10）と、作業機2の姿勢の判定後、ステップSC6よりも高い操作指令値の操作指令を出力すること（ステップSC11）と、ブームシリンダ10を上げ動作させる操作指令が出力された状態で、操作指令値及び上げ動作におけるブームシリンダ10のシリンダ速度に関するデータを取得すること（ステップSC12）と、ステップSC12で取得したデータ（操作指令値及びブームシリンダ10のシリンダ速度）に基づいて、操作指令値と微速度領域よりも高い通常速度領域におけるシリンダ速度との関係性を示す通常速度動作特性を導出すること（ステップSC13）と、導出された動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性を記憶部26Gに記憶すること（ステップSC14）と、を含む。

【0225】

本実施形態において、動作開始操作指令値を導出するためのデータの取得（ステップSC4）、動作開始操作指令値の導出（ステップSC5）、微速度動作特性を導出するためのデータの取得（ステップSC7）、微速度動作特性の導出（ステップSC8）、通常速度動作特性を導出するためのデータの取得（ステップSC12）、及び通常速度動作特性の導出（ステップSC13）を含むステップSC1からステップSC14の処理は、シーケンス制御部26Hの制御に基づいて、シーケンス的に連続して実行される。

【0226】

本実施形態において、較正処理は、動作開始操作指令値及び微速度動作特性の導出を行う第1導出シーケンスと、通常速度動作特性の導出を行う第2導出シーケンスとを含む。第1導出シーケンスは、ステップSC1からステップSC8の処理を含む。第2導出シーケンスは、ステップSC9からステップSC13の処理を含む。第2導出シーケンスは、異なる条件（操作指令値）のそれぞれにおいて、複数回実行される。すなわち、ステップSC9からステップSC13の処理が複数回実行される。本実施形態においては、第2導出シーケンスは、異なる条件で3回実行されることとする。以下の説明においては、第1導出シーケンスを適宜、第1シーケンス、と称する。3回実行される第2導出シーケンスのうち、第1回目の第2導出シーケンスを適宜、第2シーケンス、と称し、第2回目の第2導出シーケンスを適宜、第3シーケンス、と称し、第3回目の第2導出シーケンスを適宜、第4シーケンス、と称する。

【0227】

較正に際し、マンマシンインターフェース部 3 2 の表示部 3 2 2 にメニューが表示される。図 2 8 及び図 2 9 は、表示部 3 2 2 の画面の一例を示す図である。図 2 8 に示すように、較正のメニューとして、「PPC 圧力センサ較正」と「制御マップ較正」とが用意されている。図 2 6 を参照して説明したように、本実施形態において、作業機コントローラ 2 6 は、マンマシンインターフェース部 3 2 から較正シートのデータより油圧シリンダ 6 0 の較正（ステップ S B 1）又は圧力センサ 6 6 及び圧力センサ 6 7 の較正（ステップ S B 2）を実行する。圧力センサ 6 6 及び圧力センサ 6 7 の較正を行う場合、「PPC 圧力センサ較正」を選択する。油圧シリンダ 6 0 の較正を行う場合、「制御マップ較正」が選択される。ここでは、油圧シリンダ 6 0 のうち、ブームシリンダの較正（動作特性の導出）を実行するため、「制御マップ較正」を選択する。

10

【0 2 2 8】

「制御マップ較正」が選択されると、図 2 9 に示す画面が表示部 3 2 2 に表示される。ここでは、「介入弁 2 7 C に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係」を導出するとオペレータは、「ブーム上げ介入制御マップ」を選択する。

【0 2 2 9】

本実施形態においては、「介入弁 2 7 C に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係」のみならず、「ブーム用減圧弁 2 7 0 A に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係」、「ブーム用減圧弁 2 7 0 B に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係」、「アーム用減圧弁 2 7 1 A に供給される電流値とアームシリンダ 1 1 のシリンダ速度との関係」、「アーム用減圧弁 2 7 1 B に供給される電流値とアームシリンダ 1 1 のシリンダ速度との関係」、「バケット用減圧弁 2 7 2 A に供給される電流値とバケットシリンダ 1 2 のシリンダ速度との関係」、及び「バケット用減圧弁 2 7 2 B に供給される電流値とバケットシリンダ 1 2 のシリンダ速度との関係」も導出可能である。

20

【0 2 3 0】

「ブーム用減圧弁 2 7 0 A に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係」を導出する場合、「ブーム下げ減圧制御マップ」が選択される。「ブーム用減圧弁 2 7 0 B に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係」を導出する場合、「ブーム上げ減圧制御マップ」が選択される。「アーム用減圧弁 2 7 1 A に供給される電流値とアームシリンダ 1 1 のシリンダ速度との関係」を導出する場合、「アームダンブ減圧制御マップ」が選択される。「アーム用減圧弁 2 7 1 B に供給される電流値とアームシリンダ 1 1 のシリンダ速度との関係」を導出する場合、「アーム掘削減圧制御マップ」が選択される。「バケット用減圧弁 2 7 2 A に供給される電流値とバケットシリンダ 1 2 のシリンダ速度との関係」を導出する場合、「バケットダンブ減圧制御マップ」が選択される。「バケット用減圧弁 2 7 2 B に供給される電流値とバケットシリンダ 1 2 のシリンダ速度との関係」を導出する場合、「バケット掘削減圧制御マップ」が選択される。

30

【0 2 3 1】

介入弁 2 7 C に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係の導出のために、マンマシンインターフェース部 3 2 が操作された後、シーケンス制御部 2 6 H は較正条件を判定する（ステップ S C 1）。較正条件は、例えば、メイン油圧ポンプの出力圧、作動油の温度条件、制御弁 2 7 の故障条件、及び作業機 2 の姿勢条件を含む。本実施形態においては、較正に際し、パイロット油路 5 0 2 に作動油を供給するように、ロックレバーが操作される。また、メイン油圧ポンプの出力が所定値（一定値）になるように調整される。本実施形態においては、メイン油圧ポンプの出力が最大（フルスロットル、油圧ポンプのポンプ斜板は最大傾倒角度の状態）になるように調整される。介入用油路 5 0 1 におけるパイロット油圧の許容範囲においてそのパイロット油圧が最大値を示すように、メイン油圧ポンプの出力が調整される。また、作動油の温度が所定値（一定値）になるように調整される。

40

【0 2 3 2】

50

較正条件の判定は、作業機 2 の姿勢の調整を含む。本実施形態においては、マンマシンインターフェース部 3 2 の表示部 3 2 2 に、作業機 2 の姿勢の調整を要求する姿勢調整要求情報が表示される。この情報が表示されている場合、制御弁制御部 2 6 C は全制御弁 2 7 0 A、2 7 0 B、2 7 1 A、2 7 1 B、2 7 2 A、2 7 2 B に指令電流を出力し、操作装置 2 5 による作業機操作が可能な状態とする。オペレータは、その表示部 3 2 2 の表示に従って操作装置 2 5 を操作して、作業機 2 の姿勢を姿勢調整要求情報が表示された姿勢（初期姿勢）に調整する。作業機 2 を初期姿勢にした後、較正処理を行うことにより、常に同一条件で較正処理を行うことができる。例えば、作業機 2 の姿勢によって、ブーム 6 に作用するモーメントが変化する。ブーム 6 に作用するモーメントが変化すると、較正結果が変動する可能性がある。本実施形態においては、作業機 2 を初期姿勢にした後、較正処理を行うため、例えばブーム 6 に作用するモーメントの変化をもたらすことなく、常に同一条件で較正処理を行うことができる。

10

【0 2 3 3】

図 3 0 は、本実施形態に係る表示部 3 2 2 に表示される姿勢調整要求情報の一例を示す図である。図 3 0 に示すように、作業機 2 を初期姿勢に調整するためのガイダンス（ライン）2 G が表示部 3 2 2 に表示される。オペレータは、表示部 3 2 2 を見ながら、作業機 2（アーム 7）がガイダンス 2 G に沿って配置されるように、操作装置 2 5 を操作して、作業機 2 の姿勢を調整する。判定部 2 6 B a は、例えば、シリンダストロークセンサ 1 6、1 7、1 8 からの入力に基づいて、作業機 2 の姿勢を把握（検出）することができる。これにより、オペレータは、表示部 3 2 2 を見ながら、アーム 7 がガイダンス 2 G に沿って配置されるように、操作装置 2 5 を操作して、作業機 2 の姿勢を調整する。判定部 2 6 B a は実姿勢が姿勢要求情報通りになっているかを判定することができる。

20

【0 2 3 4】

ここで、較正作業を行うのはメンテナンスを行うサービスマンとオペレータが可能である。ただしオペレータはブーム上げ介入の立ち上り較正（第 1 シーケンス）の較正作業を行う事が可能である。これにより、バケットが交換された時に正確な指令特性に較正することが可能となる。

【0 2 3 5】

また、作業機 2 の姿勢の調整において、制御弁制御部 2 6 C の指令に基づき複数の制御弁 2 7 のそれぞれが開放状態となる。そのため、オペレータは、操作装置 2 5 を操作することによって、作業機 2 を駆動することができる。操作装置 2 5 の操作により、作業機 2 が初期姿勢になるように駆動される。

30

【0 2 3 6】

図 3 0 に示すように、本実施形態において、ガイダンス 2 G は、油圧ショベル 1 0 0 が配置される地面に対して垂直である。作業機 2 の初期姿勢は、油圧ショベル 1 0 0 が配置される地面に対してアーム 7 が垂直に配置される姿勢である。

【0 2 3 7】

掘削作業において、作業機 2 を水平にして所定姿勢を作ることは作業機 2 の標準的な姿勢（各シリンダの中心位置）を較正の初期姿勢として設定する。その掘削作業において、バケット 8 の刃先 8 a が目標掘削地形 U に侵入しないように介入制御が実行される場合、作業機 2 が図 3 0 に示すような姿勢の状態、介入弁 2 7 C が作動する。そのため、作業機 2 を図 3 0 に示すような姿勢（初期姿勢）にした後、介入弁 2 7 C に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係の導出のための較正処理が行われることにより、頻度が最も高い作業機 2 の姿勢において、介入弁 2 7 C に供給される電流値とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係を導出することができる。

40

【0 2 3 8】

作業機 2 の姿勢が初期姿勢に調整された後、較正処理の開始のために、マンマシンインターフェース部 3 2 の入力部 3 2 1 がオペレータによって操作される。本実施形態において、入力部 3 2 1 は、操作ボタン又はタッチパネルを含み、図 3 0 に示す「NEXT」スイッチに対応する入力スイッチを含む。「NEXT」スイッチは、入力部 3 2 1 として機

50

能する。

【0239】

図30に示す「NEXT」スイッチが操作されることによって、表示部322に、図31に示すような画面が表示される。図31において、表示部322には、入力部321として機能する「START」スイッチが表示される。その「START」スイッチが操作されることによって、較正処理が開始される。入力部321の操作により生成された指令信号は、作業機コントローラ26に出力される。

【0240】

本実施形態においては、較正処理の進捗率に応じて、表示部322の表示内容が変化する。図31は、較正処理の進捗率が0%であるときの表示部322の画面の一例を示す。

10

【0241】

図32は、較正処理の進捗率が1%以上99%以下であるときの表示部322の画面の一例を示す。較正処理が開始され、その較正処理の進捗率が1%以上99%以下のとき、表示部322に、図32に示すような表示内容が表示される。図32において、表示部322には、入力部321として機能する「CLEAR」スイッチが表示される。オペレータが較正を中断する必要がある場合、その「CLEAR」スイッチが操作されることによって、較正処理が中断され、データ取得部26Aによって取得されたデータが前回較正した値に戻るとともに、進捗率が0%に戻る（リセットされる）。

【0242】

図33は、較正処理の進捗率が100%のときの表示部322の画面の一例を示す。図33において、表示部322には、入力部321として機能する「CLEAR」スイッチが表示される。その「CLEAR」スイッチが操作されることによって、較正処理が中断され、データ取得部26Aによって取得されたデータが前回較正した値に戻されるとともに、進捗率が0%に戻る（リセットされる）。また、図33に示す表示部322においては、「NEXT」スイッチが表示される。

20

【0243】

作業機コントローラ26の制御弁制御部26Cは、複数の制御弁27のそれぞれを制御する。制御弁制御部26Cは、較正処理の開始のための指令信号を入力部321から取得した後、複数の制御弁27の全部を閉じる（ステップSC2）。

【0244】

上述した、較正処理の開始のための入力部321の操作は、ブームシリンダ10を動作させる操作指令を作業機コントローラ26から出力させるための指令信号の生成を含む。制御弁制御部26Cは、較正処理の開始のための指令信号を入力部321から取得し、操作指令を介入弁27Cに出力する（ステップSC3）。

30

【0245】

すなわち、本実施形態においては、オペレータによる入力部321の操作により、複数の油圧シリンダ60（ブームシリンダ10、アームシリンダ11、及びバケットシリンダ12）のうち、ブームシリンダ10を伸長方向に動作させる（ブーム6を上げ動作させる）操作指令を制御弁制御部26から出力させるための指令信号が生成される。制御弁制御部26Cは、入力部321の操作により生成された指令信号を取得して、複数の油圧シリンダ60（ブームシリンダ10、アームシリンダ11、及びバケットシリンダ12）のうち、ブームシリンダ10を伸長方向に動作させる（ブーム6を上げ動作させる）操作指令を介入弁27Cに出力する。

40

【0246】

制御弁制御部26Cは、較正対象の介入弁27Cが開くように、その介入弁27Cに操作指令を出力する。すなわち、制御弁制御部26Cは、ブームシリンダ10を伸長方向に動作させる（ブーム6を上げ動作させる）ためのパイロット油が流れる介入用油路501が開くように、介入弁27Cを制御する。また、制御弁制御部26Cは、ブーム操作用油路4510Bが閉じるように、ブーム用減圧弁270Bを制御する。また、制御弁制御部26Cは、ブームシリンダ10を伸長方向に動作させる（ブーム6を下げ動作させる）た

50

めのパイロット油が流れるブーム操作用油路4510Aが閉じるように、ブーム用減圧弁270Aを制御する。また、制御弁制御部26Cは、アームシリンダ11についてのパイロット油路(4511A、4511B、4521A、4521B)が閉じるように、アーム用制御弁271(271A、271B)を制御する。また、制御弁制御部26Cは、バケットシリンダ12についてのパイロット油路(4512A、4512B、4522A、4522B)が閉じるように、バケット用制御弁272(272A、272B)を制御する。

【0247】

すなわち、制御弁制御部26Cは、較正対象の介入弁27Cが開き、非較正対象の制御弁27の全部(ブーム用減圧弁270A、ブーム用減圧弁270B、アーム用減圧弁271A、アーム用減圧弁271B、バケット用減圧弁272A、及びバケット用減圧弁272B)が閉じるように、操作指令(EPC電流)の指令電流を出力する。

10

【0248】

本実施形態において、介入弁27Cに対する操作指令は、電流を含む。制御弁制御部26Cは、介入弁27Cに供給される電流値(操作指令値)を決定し、その決定された電流値を介入弁27Cに供給(出力)する。

【0249】

介入弁27Cに操作指令(EPC電流)が出力された状態で、データ取得部26Aは、その操作指令値(電流値)及び上げ動作を行うブームシリンダ10のシリンダ速度に関するデータを取得する(ステップSC4)。

20

【0250】

作業機コントローラ26の導出部26Bは、データ取得部26Aで取得したデータに基づいて、操作指令値に対するブームシリンダ10の伸長方向についての動作特性を導出する。本実施形態において、導出部26Bは、ブームシリンダ10の動作特性として、データ取得部26Aで取得したデータに基づいて、停止状態のブームシリンダ10が動作を開始するときの動作開始操作指令値(動作開始操作電流値)、及び操作指令値と微速度領域におけるブームシリンダ10のシリンダ速度との関係を示す微速度動作特性を導出する。

【0251】

図34は、本実施形態に係る較正処理の一例を説明するためのタイミングチャートである。図34において、下のグラフの横軸は、時間であり、縦軸は、マンマシンインターフェース部の入力部321の操作により、マンマシンインターフェース部の入力部321から制御弁制御部26Cに出力された指令信号を示す。図34において、上のグラフの横軸は、時間であり、縦軸は、作業機コントローラ26からの介入弁27Cに出力(供給)される操作指令値(電流値)を示す。

30

【0252】

図34に示すように、時点t0aにおいて、較正処理の開始のために入力部321が操作され、入力部321から制御弁制御部26Cに指令信号が出力される。制御弁制御部26Cは、時点t0aにおいて、複数の制御弁27の全てを閉じた後、介入弁27Cに操作指令(EPC電流)を出力(供給)する。介入弁27C以外の制御弁27に対して操作指令(EPC電流)は出力されない。また、時点t0aにおいて、ブームシリンダ10は動作を開始していない。アームシリンダ11及びバケットシリンダ12も動いていない。

40

【0253】

まず、制御弁制御部26Cは、介入弁27Cに、操作指令値I0の操作指令を出力する。操作指令値I0は、動き出しより低い点を予め設定しておく。制御弁制御部26Cは、時点t0aから時点t2aまでの所定時間の間、その操作指令値I0を介入弁27Cに出力し続ける。

【0254】

操作指令値I0が出力されている状態で、ブームシリンダ10のシリンダ速度がブームシリンダストロークセンサ16によって検出される。より詳細には、シリンダストロークセンサは、シリンダの変位を検出し、センサコントローラへ出力する。センサコントロー

50

ラでシリンダストロークを導出し、作業機コントローラへ出力する。作業機コントローラは、シリンダストロークと経過時間からシリンダ速度を導出する。ブームシリンダストロークセンサ16の検出結果は、作業機コントローラ26に出力される。作業機コントローラ26のデータ取得部26Aは、操作指令値I0及び操作指令値I0が出力されているときのブームシリンダ10のシリンダ速度に関するデータを取得する。

【0255】

導出部26Bは、介入弁27Cに操作指令値I0が出力されている状態で、停止状態のブームシリンダ10が動作を開始したか否か（動き出したか否か）を判定する。導出部26Bは、ブームシリンダ10のシリンダストロークに関するデータに基づいて、停止状態のブームシリンダ10が動作を開始したか否かを判断する判定部26Baを有する。

10

【0256】

本実施形態において、判定部26Baは、時点t1aにおけるブームシリンダ10のシリンダストロークと、時点t2aにおけるブームシリンダ10のシリンダストロークとを比較する。時点t1aは、例えば時点t0aから第1の所定時間経過した時点である。時点t2aは、例えば時点t0aから第3の所定時間経過した時点（時点t1aから第2の所定時間経過した時点）である。但し、第2の所定時間は、第1の所定時間よりも長い時間とする。第3の所定時間は、第1の所定時間と第2の所定時間とを足し合わせた時間とする。

【0257】

判定部26Baは、時点t1aにおけるシリンダストロークの検出値と、時点t2aにおけるシリンダストロークの検出値との差を導出する。判定部26Baは、導出した差の値が、予め定められた閾値よりも小さいと判断したとき、ブームシリンダ10は動作を開始していないと判断する。判定部26Baは、導出した差の値が、予め定められた閾値以上であると判断したとき、ブームシリンダ10は動作を開始したと判断する。

20

【0258】

操作指令値I0が出力されているときに、判定部26Baによりブームシリンダ10が動作を開始したと判断された場合、操作指令値I0が、停止状態のブームシリンダ10が動作を開始するときの動作開始操作指令値（動作開始操作電流値）となる。

【0259】

操作指令値I0においてブームシリンダ10が動作を開始していない判断された場合、制御弁制御部26Cは、介入弁27Cに出力する操作指令値を増大する。制御弁制御部26Cは、操作指令値I0を低減することなく、時点t2aにおいて、操作指令値I0から操作指令値I1に増大し、その操作指令値I1を介入弁27Cに出力する。制御弁制御部26Cは、時点t2aから時点t2bまで、その操作指令値I1を介入弁27Cに出力し続ける。時点t2aから時点t2bまでの時間は、例えば第3の所定時間である。

30

【0260】

操作指令値I1が出力されている状態で、ブームシリンダ10のシリンダストロークがシリンダストロークセンサ16によって検出される。シリンダストロークセンサ16の検出結果は、作業機コントローラ26に出力される。作業機コントローラ26のデータ取得部26Aは、操作指令値I1及び操作指令値I1が出力されているときのブームシリンダ10のシリンダストロークに関するデータを取得する。

40

【0261】

導出部26Bの判定部26Baは、介入弁27Cに操作指令値I1が出力されている状態で、停止状態のブームシリンダ10が動作を開始したか否か（動き出したか否か）を判定する。

【0262】

判定部26Baは、時点t1bにおけるブームシリンダ10のシリンダストロークと、時点t2bにおけるブームシリンダ10のシリンダストロークとを比較する。時点t1bは、例えば時点t2aから第1の所定時間経過した時点である。時点t2bは、例えば時点t2aから第3の所定時間経過した時点（時点t1bから第2の所定時間経過した時点

50

）である。

【0263】

判定部26Baは、時点t1bにおけるシリンダストロークの検出値と、時点t2bにおけるシリンダストロークの検出値との差を導出する。判定部26Baは、導出した差の値が、予め定められた閾値よりも小さいと判断したとき、ブームシリンダ10は動作を開始していないと判断する。判定部26Baは、導出した差の値が、予め定められた閾値以上であると判断したとき、ブームシリンダ10は動作を開始したと判断する。

【0264】

操作指令値I1が出力されているときに、判定部26Baによりブームシリンダ10が動作を開始したと判断された場合、操作指令値I1が、停止状態のブームシリンダ10が動作を開始するときの動作開始操作指令値（動作開始操作電流値）となる。

10

【0265】

以下、同様の処理が行われ、動作開始操作指令値が導出される。すなわち、操作指令値I1から操作指令値I2に増大された後、判定部26Baは、時点t1cにおけるブームシリンダ10のシリンダストロークと、時点t2cにおけるブームシリンダ10のシリンダストロークとを比較する。時点t1cは、例えば時点t2bから第1の所定時間経過した時点である。時点t2cは、例えば時点t2bから第3の所定時間経過した時点（時点t1cから第2の所定時間経過した時点）である。本実施形態では操作指令値I0から操作指令値I1までの電流の増加分と、操作指令値I1から操作指令値I2までの電流の増加分は同じとする。

20

【0266】

判定部26Baは、時点t1cにおけるシリンダストロークの検出値と、時点t2cにおけるシリンダストロークの検出値との差を導出する。判定部26Baは、導出した差の値が、予め定められた閾値よりも小さいと判断したとき、ブームシリンダ10は動作を開始していないと判断する。判定部26Baは、導出した差の値が、予め定められた閾値以上であると判断したとき、ブームシリンダ10は動作を開始したと判断する。

【0267】

本実施形態においては、動作開始操作指令値は、操作指令値I2であることとする。以上により、動作開始操作指令値が導出される（ステップSC5）。

【0268】

動作開始操作指令値が導出された後、制御弁制御部26Cは、介入弁27Cに出力する操作指令値を更に増大する。制御弁制御部26Cは、操作指令値I2を低減することなく、時点t2cにおいて、操作指令値I2から操作指令値I3に増大し、その操作指令値I3を介入弁27Cに出力する（ステップSC6）。操作指令値I3は、動作開始操作指令値I2よりも大きい。制御弁制御部26Cは、時点t2cから時点t0dまで、その操作指令値I3を介入弁27Cに出力し続ける。時点t2cから時点t0dまでの時間は、例えば第3の所定時間である。

30

【0269】

操作指令値I3が出力されている状態で、ブームシリンダ10のシリンダストロークがシリンダストロークセンサ16によって検出される。シリンダストロークの検出結果は、センサコントローラ30を介して作業機コントローラ26に入力される。作業機コントローラ26のデータ取得部26AはシリンダストロークL1を取得する。演算部26Bbは操作指令値I3及び操作指令値I3が出力されているときのブームシリンダ10のシリンダ速度に関するデータを取得する（ステップSC7）。

40

【0270】

操作指令値I3は、動作開始操作指令値I2よりも大きい。操作指令値I3が出力されている状態において、ブームシリンダ10は、動作し続ける（伸長し続ける）。

【0271】

導出部26Bは、介入弁27Cに操作指令値I3が出力されている状態で、操作指令値I3とブームシリンダ10のシリンダ速度との関係を示す動作特性を導出する演算部26

50

B bを有する。演算部26 B bは、介入弁27 Cに操作指令値I 3が出力されている状態で、操作指令値I 3とブームシリンダ10のシリンダストロークとの関係を導出する。

【0272】

演算部26 B bは、時点t 1 dから時点t 0 dまでのシリンダストロークの平均値を算出する。時点t 1 dは、時点t 2 cから第1の所定時間経過した時点である。時点t 1 dから時点t 0 dまでの時間は、第2の所定時間である。本実施形態においては、操作指令値I 3が出力されているときのシリンダストロークを、時点t 1 dから時点t 0 dまでのシリンダストロークの平均値とする。

【0273】

操作指令値I 3から入力したときのシリンダストロークが導出された後、制御弁制御部26 Cは、介入弁27 Cに出力する操作指令値を更に増大する。制御弁制御部26 Cは、操作指令値I 3を低減することなく、時点t 0 dにおいて、操作指令値I 3から操作指令値I 4に増大し、その操作指令値I 4を介入弁27 Cに出力する（ステップSC 6）。操作指令値I 4は、操作指令値I 3よりも大きい。制御弁制御部26 Cは、時点t 0 dから時点t 2 dまで、その操作指令値I 4を介入弁27 Cに出力し続ける。時点t 0 dから時点t 2 dまでの時間は、例えば第3の所定時間である。

【0274】

操作指令値I 4が出力されている状態で、ブームシリンダ10のシリンダストロークがシリンダストロークセンサ16によって検出される。シリンダストロークセンサ16の検出結果は、センサコントローラ30を介して作業機コントローラ26に出力される。作業機コントローラ26のデータ取得部26 Aは、操作指令値I 4及び操作指令値I 4が出力されているときのブームシリンダ10のシリンダストロークに関するデータを取得する（ステップSC 7）。

【0275】

操作指令値I 4が出力されている状態において、ブームシリンダ10は、動作し続ける（伸長し続ける）。

【0276】

演算部26 B bは、介入弁27 Cに操作指令値I 4が出力されている状態で、操作指令値I 4とブームシリンダ10のシリンダストロークとの関係を導出する。本実施形態においては、操作指令値I 4が出力されているときのシリンダストロークを、時点t 1 eから時点t 2 dまでのシリンダストロークの平均値とする。時点t 1 eは、時点t 0 dから第1の所定時間経過した時点である。時点t 1 eから時点t 2 dまでの時間は、第2の所定時間である。

【0277】

以下、操作指令値I 4よりも大きい操作指令値I 5、操作指令値I 5よりも大きい操作指令値I 6、及び操作指令値I 6よりも大きい操作指令値I 7について、同様の処理が行われる。

【0278】

操作指令値I 5は、時点t 2 dから時点t 2 eまで出力される。操作指令値I 5が出力されているときのシリンダストロークは、時点t 1 fから時点t 2 eまでのシリンダストロークの平均値である。時点t 1 fは、時点t 2 dから第1の所定時間経過した時点である。時点t 2 eは、時点t 2 dから第3の所定時間経過した時点（時点t 1 fから第2の所定時間経過した時点）である。演算部26 B bは、操作指令値I 5とブームシリンダ10のシリンダストロークとの関係を導出する。

【0279】

操作指令値I 6は、時点t 2 eから時点t 2 fまで出力される。操作指令値I 6が出力されているときのシリンダ速度は、時点t 1 gから時点t 2 fまでのシリンダストロークの平均値である。時点t 1 gは、時点t 2 eから第1の所定時間経過した時点である。時点t 2 fは、時点t 2 eから第3の所定時間経過した時点（時点t 1 gから第2の所定時間経過した時点）である。演算部26 B bは、操作指令値I 6とブームシリンダ10のシ

10

20

30

40

50

リンダ速度との関係を導出する。

【0280】

操作指令値 I 7 は、時点 t 2 f から時点 t 2 g まで出力される。操作指令値 I 7 が出力されているときのシリンダストロークは、時点 t 1 h から時点 t 2 g までにシリンダストロークセンサ 1 6 から出力された検出値の平均値である。時点 t 1 h は、時点 t 2 f から第 1 の所定時間経過した時点である。時点 t 2 g は、時点 t 2 f から第 3 の所定時間経過した時点（時点 t 1 h から第 2 の所定時間経過した時点）である。演算部 2 6 B b は、操作指令値 I 7 とブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度との関係を導出する。

【0281】

操作指令値（I 3、I 4、I 5、I 6、I 7）が出力されている状態において、ブームシリンダ 1 0 は、微速度で動作する。すなわち、操作指令値（I 3、I 4、I 5、I 6、I 7）が出力されている状態において、ブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度は、微速度（低速度）である。

【0282】

導出部 2 6 B は、ステップ S C 7 において取得した、複数の操作指令値（I 3、I 4、I 5、I 6、I 7）と、それら操作指令値（I 3、I 4、I 5、I 6、I 7）が出力されたときのブームシリンダ 1 0 の複数のシリンダストロークとに基づいて、操作指令値（I 3、I 4、I 5、I 6、I 7）と微速度領域におけるシリンダ速度との関係を示す微速度動作特性を導出する（ステップ S C 8）。

【0283】

上述のように、本実施形態においては、ステップ S C 1 からステップ S C 8 が、較正処理の第 1 シーケンスとなる。第 1 シーケンスにおいて、動作開始操作指令値及び微速度動作特性が導出される。

【0284】

第 1 シーケンスにおいて、進捗率が 0 % のときは、図 3 1 に示した表示内容が表示部 3 2 2 に表示される。第 1 シーケンスにおいて、進捗率が 1 % 以上 9 9 % 以下のときは、図 3 2 に示した表示内容が表示部 3 2 2 に表示される。第 1 シーケンスにおいて、進捗率が 1 0 0 % のときは、図 3 3 に示した表示内容が表示部 3 2 2 に表示される。

【0285】

第 1 シーケンスの進捗率が 1 0 0 % に到達し、微速度動作特性が導出された後、オペレータは、通常速度動作特性を導出するための処理を開始するために、図 3 3 に示した「NEXT」スイッチを操作する。上述のように、本実施形態においては、通常速度動作特性を導出するための処理は、較正処理の第 2 シーケンス、第 3 シーケンス、及び第 4 シーケンスを含む。第 1 シーケンスが終了した後、第 2 シーケンスが開始される。

【0286】

第 2 シーケンスから第 4 シーケンスの開始において、作業機 2 の姿勢の含む油圧ショベル 1 0 0 の較正条件が判定される（ステップ S C 9）。制御弁制御部 2 6 C は、操作装置 2 5 の操作により作業機 2 が駆動可能な状態となるように、複数の制御弁 2 7 を開ける。

【0287】

このように、本実施形態においては、制御弁制御部 2 6 C は、複数の制御弁 2 7 を制御して、微速度動作特性（第 1 動作特性）を導出するためのデータの取得（ステップ S C 7）及び微速度動作特性の導出（ステップ S C 8）が終了してから、通常速度動作特性（第 2 動作特性）を導出するためのデータの取得（ステップ S C 1 1）が開始されるまでの間の較正条件の判定時（ステップ S C 9）に、複数のパイロット油路 4 5 0 を開ける。

【0288】

図 3 0 を参照して説明したように、マンマシンインターフェース部 3 2 の表示部 3 2 2 に、作業機 2 の姿勢の調整を要求する姿勢調整要求情報が表示される。本実施形態においては、図 3 3 の「NEXT」スイッチの操作により、図 3 0 に示した表示内容が表示される。オペレータは、その表示部 3 2 2 の表示に従って操作装置 2 5 を操作して、作業機 2 の姿勢を姿勢調整要求情報が表示された姿勢（初期姿勢）に調整する。オペレータは、表

10

20

30

40

50

示部 3 2 2 を見ながら、アーム 7 がガイダンス 2 G に沿って配置されるように、操作装置 2 5 を操作して、作業機 2 の姿勢を調整する。

【0 2 8 9】

作業機 2 の姿勢の調整において、複数の制御弁 2 7 の全ての減圧弁が開放状態となる。そのため、オペレータは、操作装置 2 5 を操作することによって、作業機 2 を駆動することができる。操作装置 2 5 の操作により、作業機 2 が初期姿勢になるように駆動される。

【0 2 9 0】

作業機 2 の姿勢が初期姿勢に調整された後、通常速度動作特性を導出するための処理が開始される。オペレータにより、図 3 0 の「NEXT」スイッチが操作されることにより、表示部 3 2 2 に、図 3 1 に示した表示内容が表示される。オペレータは、図 3 1 に示した「START」スイッチを操作する。これにより、通常速度動作特性を導出するための処理を開始するための指令信号から生成される。制御弁制御部 2 6 C は、その指令信号を入力部 3 2 1 から取得した後、複数の制御弁 2 7 の全部を閉じる（ステップ S C 1 0）。ここで、図 3 1 に表示されている「レバーフル」は、操作装置 2 5 を最大傾倒角に倒した状態を意味する。また「エンジン回転 H i」は、エンジンのスロットル設定を最大回転数に設定した状態を意味する。

【0 2 9 1】

制御弁制御部 2 6 C は、非較正対象の制御弁 2 7（介入弁 2 7 C 以外の制御弁 2 7）を閉じた状態で、介入弁 2 7 C に操作指令を出力する（ステップ S C 1 1）。

【0 2 9 2】

制御弁制御部 2 6 C は、操作指令値 I 7 よりも十分に大きい操作指令値 I a を出力する。これにより、介入弁 2 7 C が十分に開き、初期姿勢のブーム 6 が大きく上げ動作する。

【0 2 9 3】

データ取得部 2 6 A は、シリンダストローク L 1 を取得する。演算部 2 6 B b は操作指令値 I a、及びその操作指令値 I a が出力されたときのブームシリンダ 1 0 のシリンダ速度に関するデータを取得する（ステップ S C 1 2）。

【0 2 9 4】

本実施形態においては、作業機 2 が初期姿勢に調整された後、操作指令値 I a を出力して、操作指令値 I a 及びその操作指令値 I a が出力されたときのシリンダストロークに関するデータを取得するまでの処理が、較正処理の第 2 シーケンスとなる。

【0 2 9 5】

第 2 シーケンスにおいて、進捗率が 0 % のときは、図 3 1 にブーム 6 の上げる旨の内容の表示を加えた画像が表示部 3 2 2 に表示される。第 2 シーケンスにおいて、進捗率が 1 % 以上 9 9 % 以下のときは、図 3 2 に示した表示内容が表示部 3 2 2 に表示される。第 2 シーケンスにおいて、進捗率が 1 0 0 % のときは、図 3 3 に示した表示内容が表示部 3 2 2 に表示される。

【0 2 9 6】

第 2 シーケンスの進捗率が 1 0 0 % に到達し、操作指令値 I a 及びシリンダストロークに関するデータが取得された後、通常速度動作特性を導出するための処理のうち、較正処理の第 3 シーケンスが開始される。オペレータは、第 3 シーケンスを開始するために、図 3 3 に示した「NEXT」スイッチを操作する。

【0 2 9 7】

図 3 3 の「NEXT」スイッチの操作により、図 3 0 を参照して説明したように、マンマシンインターフェース部 3 2 の表示部 3 2 2 に、作業機 2 の姿勢の調整を要求する姿勢調整要求情報が表示される。制御弁制御部 2 6 C は、操作装置 2 5 の操作により作業機 2 が駆動可能な状態となるように、複数の制御弁 2 7 のうち全ての減圧弁を開ける。オペレータは、その表示部 3 2 2 の表示に従って操作装置 2 5 を操作して、作業機 2 の姿勢を初期姿勢に調整する。これにより、作業機 2 の姿勢が初期姿勢に調整される（ステップ S 9）。

【0 2 9 8】

作業機 2 の姿勢が初期姿勢に調整された後、通常速度動作特性を導出するための処理が開始される。オペレータにより、図 30 に示した「NEXT」スイッチが操作されることにより、表示部 322 に、図 31 に示した表示内容が表示される。オペレータは、図 31 に示した「START」スイッチを操作する。これにより、通常速度動作特性を導出するための処理を開始するための指令信号から生成される。制御弁制御部 26C は、その指令信号をマンマシンインターフェース部 32 の入力部 321 から取得した後、複数の制御弁 27 の全部を閉じる（ステップ SC10）。

【0299】

制御弁制御部 26C は、非較正対象の制御弁 27（介入弁 27C 以外の制御弁 27）を閉じた状態で、介入弁 27C に操作指令を出力する（ステップ SC11）。 10

【0300】

制御弁制御部 26C は、操作指令値 I a よりも大きい操作指令値 I b を出力する。これにより、介入弁 27C が十分に開き、初期姿勢のブーム 6 が大きく上げ動作する。

【0301】

データ取得部 26A は、シリンダストローク L1 を取得する。演算部 26Bb は操作指令値 I b、及びその操作指令値 I b が出力されたときのブームシリンダ 10 のシリンダ速度に関するデータを取得する（ステップ SC12）。

【0302】

本実施形態においては、作業機 2 が初期姿勢に調整された後、操作指令値 I b を出力して、操作指令値 I b 及びその操作指令値 I b が出力されたときのシリンダストロークに関するデータを取得するまでの処理が、較正処理の第 3 シーケンスとなる。 20

【0303】

第 3 シーケンスにおいて、進捗率が 0 % のときは、図 31 にブーム 6 の上げる旨の内容の表示を加えた画像が表示部 322 に表示される。第 3 シーケンスにおいて、進捗率が 1 % 以上 99 % 以下のときは、図 32 に示した表示内容が表示部 322 に表示される。第 3 シーケンスにおいて、進捗率が 100 % のときは、図 33 に示した表示内容が表示部 322 に表示される。

【0304】

第 3 シーケンスの進捗率が 100 % に到達し、操作指令値 I b 及びシリンダストロークに関するデータが取得された後、通常速度動作特性を導出するための処理のうち、較正処理の第 4 シーケンスが開始される。オペレータは、第 4 シーケンスを開始するために、図 33 に示した「NEXT」スイッチを操作する。 30

【0305】

図 33 の「NEXT」スイッチの操作により、図 30 を参照して説明したように、マンマシンインターフェース部 32 の表示部 322 に、作業機 2 の姿勢の調整を要求する姿勢調整要求情報が表示される。制御弁制御部 26C は、操作装置 25 の操作により作業機 2 が駆動可能な状態となるように、全ての制御弁 27 を開ける。オペレータは、その表示部 322 の表示に従って操作装置 25 を操作して、作業機 2 の姿勢を初期状態（初期姿勢）に調整する。これにより、作業機 2 の姿勢が初期姿勢に調整される（ステップ SC9）。 40

【0306】

作業機 2 の姿勢が初期姿勢に調整された後、通常速度動作特性を導出するための処理が開始される。オペレータにより、図 30 に示した「NEXT」スイッチが操作されることにより、表示部 322 に、図 31 に示した表示内容が表示される。オペレータは、通常速度動作特性を導出するための処理を開始するために、図 31 に示した「START」スイッチを操作する。これにより、通常速度動作特性を導出するための処理を開始するための指令信号から生成される。制御弁制御部 26C は、その指令信号を入力部 321 から取得した後、全ての制御弁 27 を閉じる（ステップ SC10）。 50

【0307】

制御弁制御部 26C は、非較正対象の制御弁 27（介入弁 27C 以外の制御弁 27）を閉じた状態で、介入弁 27C に操作指令を出力する（ステップ SC11）。

【0308】

制御弁制御部26Cは、操作指令値Ibよりも大きい操作指令値Icを出力する。これにより、介入弁27Cが十分に開き、初期姿勢のブーム6が大きく上げ動作する。

【0309】

データ取得部26Aは、シリンダストロークL1を取得する。演算部26Bbは操作指令値Ic、及びその操作指令値Icが出力されたときのブームシリンダ10のシリンダ速度に関するデータを取得する（ステップSC12）。

【0310】

本実施形態においては、作業機2が初期姿勢に調整された後、操作指令値Icを出力して、操作指令値Ic及びその操作指令値Icが出力されたときのシリンダ速度に関するデータを取得するまでの処理が、較正処理の第4シーケンスとなる。

10

【0311】

第4シーケンスにおいて、進捗率が0%のときは、図31にブーム6の上げる旨の内容の表示を加えた画像が表示部322に表示される。第4シーケンスにおいて、進捗率が1%以上99%以下のときは、図32に示した表示内容が表示部322に表示される。第4シーケンスにおいて、進捗率が100%のときは、図33に示した表示内容が表示部322に表示される。図33では図示されていないが、実際はシーケンス1～4の計測結果に基づきPPC圧力、スプールストロークの各指令値Icでの数値が記載される。

【0312】

導出部26Bは、較正処理の第2シーケンスで取得した、操作指令値Iaとシリンダ速度との関係、較正処理の第3シーケンスで取得した、操作指令値Ibとシリンダ速度との関係、及び較正処理の第4シーケンスで取得した、操作指令値Icとシリンダ速度との関係に基づいて、操作指令値（Ia、Ib、Ic）と通常速度領域におけるシリンダストロークとの関係を示す通常速度動作特性を導出する（ステップSC13）。

20

【0313】

通常速度領域は、微速度領域よりも高い速度領域である。微速度領域を、低速度領域、と称してもよいし、通常速度領域を、高速度領域、と称してもよい。微速度領域は、シリンダ速度が例えば所定速度よりも低い速度領域である。通常速度領域は、シリンダ速度が例えば前記所定速度以上の速度領域である。

【0314】

図35は、導出部26Bにおいて動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が導出された後の表示部322の一例を示す。動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が導出された後、図35に示すスイッチ321Pが表示される。スイッチ321Pの操作により、導出部26Bにおいて導出された動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が確定される。以下の説明において、スイッチ321Pを適宜、最終確定スイッチ321P、と称する。

30

【0315】

導出部26Bで導出された動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が、記憶部26Gに記憶される（ステップSC14）。本実施形態においては、図35に示したスイッチ321Pが操作されることにより、動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が記憶部26Gに記憶される。

40

【0316】

特性が既に記憶されている場合、更新部26Fにより新たに導出された動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が、記憶部26Gより読み出され導出部26Bの各相関データが更新される。

【0317】

本実施形態においては、操作指令値及びシリンダ速度に関するデータの取得（ステップSC4、SC7、SC12）において、データ取得部26Aは、制御弁制御部26Cから出力される操作指令値（電流値）に関するデータ、及びシリンダ速度センサから入力されるシリンダ速度に関するデータのみならず、方向制御弁640のスプールストローク

50

センサ 65 から入力したスプールストロークに関するデータ、及びブーム用圧力センサ 670B から入力したパイロット油圧に関するデータも取得する。

【0318】

シリンダ速度と、スプールストロークと、パイロット油圧と、操作指令値とは相関する。操作指令値が変化することによって、パイロット油圧、スプールストローク、及びシリンダ速度のそれぞれが変化する。

【0319】

導出部 26B は、それらデータ取得部 26A が取得したデータに基づいて、ブームシリンダ 10 のシリンダ速度と方向制御弁 640 のスプールストロークとの関係を示す第 1 相関データ、方向制御弁 640 のスプールストロークと介入弁 27C によって調整されるパイロット油圧との関係を示す第 2 相関データ、及び介入弁 27C によって調整されるパイロット油圧と介入弁 27C に出力される操作指令値（電流値）との関係を示す第 3 相関データを導出して、記憶部 26G に記憶させる。

【0320】

なお、本実施形態においては、操作指令値が、制御弁 27 に出力される電流値であることとするが、操作指令値は、制御弁 27 によって調整されるパイロット油圧値（パイロット油の圧力値）、及びスプールストローク値（スプール 80 の移動量値）を含む概念である。例えば、パイロット油圧値及びシリンダ速度に関するデータがデータ取得部 26A に取得され、その取得されたデータに基づいて、導出部 26B が、停止状態の油圧シリンダ 60 が動作を開始するときの動作開始パイロット油圧値、及びパイロット油圧値とシリンダ速度との関係を示す動作特性（微速度動作特性及び通常速度動作特性を含む）を導出してもよい。例えば、スプールストローク値及びシリンダ速度に関するデータがデータ取得部 26A に取得され、その取得されたデータに基づいて、導出部 26B が、停止状態の油圧シリンダ 60 が動作を開始するときの動作開始スプールストローク値、及びスプールストローク値とシリンダ速度との関係を示す動作特性（微速度動作特性及び通常速度動作特性を含む）を導出してもよい。以下の実施形態においても同様である。

【0321】

図 36 は、動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性を導出するための作業機コントローラ 26 の処理をより具体的に示したフローチャートである。本実施形態において、マンマシンインターフェース部 32 は、作業機コントローラ 26 に対して、表示部 322 の表示内容（画面）に応じた識別信号（ID）を出力する。第 1 シーケンスを実行するための表示内容が表示部 322 に表示される場合、作業機コントローラ 26 はマンマシンインターフェース 32 から ID として「1」が出力される。第 2 シーケンスを実行するための表示内容が表示部 322 に表示される場合、ID として「2」が出力される。第 3 シーケンスを実行するための表示内容が表示部 322 に表示される場合、ID として「3」が出力される。第 4 シーケンスを実行するための表示内容が表示部 322 に表示される場合、ID として「4」が出力される。

【0322】

作業機コントローラ 26 は、マンマシンインターフェース部 32 から入力した ID を取得し、その ID の種類を判別する（ステップ S D 0 1）。

【0323】

ステップ S D 0 1 において、取得した ID が「0」であると判断した場合（ステップ S D 0 1 において Y e s の場合）、作業機コントローラ 26 は、較正モードでないと判断し、シリンダ速度センサ等から取得したデータをクリア（初期化）し、進捗率を 0 % にリセットする（ステップ S D 0 2）。また、作業機コントローラ 26 は、進捗率をマンマシンインターフェース部 32 に出力する（ステップ S D 0 3）。

【0324】

ステップ S D 0 1 において、取得した ID が「0」でないいずれかの較正モードであると判断した場合（ステップ S D 0 1 において N o の場合）、作業機コントローラ 26 は、取得した ID が「1」であるか否かを判断する（ステップ S D 1 1）。

【0325】

ステップSD11において、取得したIDが「1」とであると判断した場合（ステップSD11においてYesの場合）、作業機コントローラ26は、図31に示した「START」スイッチが操作されたか否かを判断する（ステップSD12）。すなわち、作業機コントローラ26は、第1シーケンスを開始するための入力部321（「START」スイッチ）が操作され、その「START」スイッチにより第1シーケンスを開始するための指令信号が入力したか否かを判断する。

【0326】

ステップSD12において、「START」スイッチが操作されていないと判断した場合（ステップSD12においてNoの場合）、ステップSD02及びステップSD03の処理が行われる。

10

【0327】

ステップSD12において、「START」スイッチが操作されたと判断した場合（ステップSD12においてYesの場合）、作業機コントローラ26（制御弁制御部26C）は、介入弁27C以外の制御弁27を閉じた後、介入弁26Cに操作指令を出力する（ステップSD13）。ステップSD13の処理は、図27のステップSC3の処理に相当する。

【0328】

作業機コントローラ26（データ取得部26A）は、シリンダストロークセンサ16の検出値、方向制御弁640のスプールストロークセンサ65の検出値、ブーム用圧力センサ670Bの検出値、及び介入弁26Cに出力される電流値を含むデータを取得する（ステップSD14）。ステップSD14の処理は、図27のステップSC4に相当する。

20

【0329】

また、作業機コントローラ26は、第1シーケンスの進捗率を算出する（ステップSD15）。進捗率は、「取得したデータ数／目標取得データ数」により算出される。

【0330】

また、作業機コントローラ26は、図32に示した「CLEAR」スイッチが操作されたか否かを判断する（ステップSD16）。すなわち、作業機コントローラ26は、第1シーケンスを中断（終了）するための入力部321（「CLEAR」スイッチ）が操作され、その「CLEAR」スイッチにより第1シーケンスを中断するための指令信号が出力されたか否かを判断する。

30

【0331】

ステップSD16において、「CLEAR」スイッチが操作されていないと判断した場合（ステップSD16においてNoの場合）、ステップSD02及びステップSD03の処理が行われる。

【0332】

ステップSD16において、「CLEAR」スイッチが操作されたと判断した場合（ステップSD16においてYesの場合）、作業機コントローラ26は、シリンダ速度センサ等から取得したデータをクリア（初期化）し、進捗率を0％にリセットする（ステップSD17）。また、作業機コントローラ26は、進捗率をマンマシンインターフェース部32に出力する（ステップSD03）。

40

【0333】

ステップSD11において、取得したIDが「1」でないと判断した場合（ステップSD11においてNoの場合）、作業機コントローラ26は、取得したIDが「2」とであるか否かを判断する（ステップSD21）。

【0334】

ステップSD21において、取得したIDが「2」とであると判断した場合（ステップSD21においてYesの場合）、作業機コントローラ26は、図31に示した「START」スイッチが操作されたか否かを判断する（ステップSD22）。すなわち、作業機コントローラ26は、第2シーケンスを開始するための入力部321（「START」スイ

50

ッチ)が操作され、その「START」スイッチにより第2シーケンスを開始するための指令信号が出力されたか否かを判断する。

【0335】

ステップSD22において、「START」スイッチが操作されていないと判断した場合(ステップSD22においてNoの場合)、ステップSD02及びステップSD03の処理が行われる。

【0336】

ステップSD22において、「START」スイッチが操作されたと判断した場合(ステップSD22においてYesの場合)、作業機コントローラ26(制御弁制御部26C)は、介入弁27C以外の制御弁27を閉じた後、介入弁26Cに操作指令を出力する(ステップSD23)。ステップSD23の処理は、図27のステップSC11の処理に相当する。

10

【0337】

作業機コントローラ26(データ取得部26A)は、シリンダストロークセンサ16の検出値、方向制御弁640のスプールストロークセンサ65の検出値、ブーム用圧力センサ670Bの検出値、及び介入弁26Cに出力される電流値を含むデータを取得する(ステップSD24)。ステップSD24の処理は、図27のステップSC12に相当する。

【0338】

また、演算部26Bbは、第2シーケンスの進捗率を算出する(ステップSD25)。進捗率は、「取得したデータ数/目標取得データ数」により算出される。

20

【0339】

また、シーケンス制御部26Hは、図32に示した「CLEAR」スイッチが操作されたか否かを判断する(ステップSD26)。すなわち、シーケンス制御部26Hは、第2シーケンスを中断(終了)するための入力部321(「CLEAR」スイッチ)が操作され、その「CLEAR」スイッチにより第2シーケンスを中断するための指令信号が出力されたか否かを判断する。

【0340】

ステップSD26において、シーケンス制御部26H「CLEAR」スイッチが操作されていないと判断した場合(ステップSD26においてNoの場合)、ステップSD02及びステップSD03の処理が行われる。

30

【0341】

ステップSD26において、「CLEAR」スイッチが操作されたと判断した場合(ステップSD26においてYesの場合)、シーケンス制御部26Hは、シリンダ速度センサ等から取得したデータをクリア(初期化)し、進捗率を0%にリセットする(ステップSD27)。また、シーケンス制御部26Hは、進捗率をマンマシンインターフェース部32に出力する(ステップSD03)。

【0342】

ステップSD21において、取得したIDが「2」でないと判断した場合(ステップSD21においてNoの場合)、シーケンス制御部26Hは、取得したIDが「3」であるか否かを判断する(ステップSD31)。

40

【0343】

ステップSD31において、取得したIDが「3」であると判断した場合(ステップSD31においてYesの場合)、シーケンス制御部26Hは、図31に示した「START」スイッチが操作されたか否かを判断する(ステップSD32)。すなわち、シーケンス制御部26Hは、第3シーケンスを開始するための入力部321(「START」スイッチ)が操作され、その「START」スイッチにより第3シーケンスを開始するための指令信号が出力されたか否かを判断する。

【0344】

ステップSD32において、「START」スイッチが操作されていないと判断した場合(ステップSD32においてNoの場合)、シーケンス制御部26HはステップSD0

50

2 及びステップ S D 0 3 の処理が行われる。

【0 3 4 5】

ステップ S D 3 2 において、シーケンス制御部 2 6 H は「S T A R T」スイッチが操作されたと判断した場合（ステップ S D 3 2 において Y e s の場合）、作業機コントローラ 2 6（制御弁制御部 2 6 C）は、介入弁 2 7 C 以外の制御弁 2 7 を閉じた後、介入弁 2 6 C に操作指令を出力する（ステップ S D 3 3）。ステップ S D 3 3 の処理は、図 2 7 のステップ S C 1 1 の処理に相当する。

【0 3 4 6】

作業機コントローラ 2 6（データ取得部 2 6 A）は、シリンダ速度センサ 1 6 の検出値、方向制御弁 6 4 0 のスプールストロークセンサ 6 5 の検出値、ブーム用圧力センサ 6 7 0 B の検出値、及び介入弁 2 6 C に出力される電流値を含むデータを取得する（ステップ S D 3 4）。ステップ S D 3 4 の処理は、図 2 7 のステップ S C 1 2 に相当する。

10

【0 3 4 7】

また、シーケンス制御部 2 6 H は、第 3 シーケンスの進捗率を算出する（ステップ S D 3 5）。進捗率は、「取得したデータ数／目標取得データ数」により算出される。

【0 3 4 8】

また、シーケンス制御部 2 6 H は、図 3 2 に示した「C L E A R」スイッチが操作されたか否かを判断する（ステップ S D 3 6）。すなわち、作業機コントローラ 2 6 は、第 3 シーケンスを中断（終了）するための入力部 3 2 1（「C L E A R」スイッチ）が操作され、その「C L E A R」スイッチにより第 3 シーケンスを中断するための指令信号が入力されたか否かを判断する。

20

【0 3 4 9】

ステップ S D 3 6 において、「C L E A R」スイッチが操作されていないと判断した場合（ステップ S D 3 6 において N o の場合）、シーケンス制御部 2 6 H ステップ S D 0 2 及びステップ S D 0 3 の処理が行われる。

【0 3 5 0】

ステップ S D 3 6 において、「C L E A R」スイッチが操作されたと判断した場合（ステップ S D 3 6 において Y e s の場合）、シーケンス制御部 2 6 H は、シリンダ速度センサ等から取得したデータをクリア（初期化）し、進捗率を 0 % にリセットする（ステップ S D 3 7）。また、シーケンス制御部 2 6 H は、進捗率をマンマシンインターフェース部 3 2 に出力する（ステップ S D 0 3）。

30

【0 3 5 1】

ステップ S D 3 1 において、取得した I D が「3」でないと判断した場合（ステップ S D 3 1 において N o の場合）、シーケンス制御部 2 6 H は、取得した I D が「4」であるか否かを判断する（ステップ S D 4 1）。

【0 3 5 2】

ステップ S D 4 1 において、取得した I D が「4」であると判断した場合（ステップ S D 4 1 において Y e s の場合）、シーケンス制御部 2 6 H は、図 3 1 に示した「S T A R T」スイッチが操作されたか否かを判断する（ステップ S D 4 2）。すなわち、作業機コントローラ 2 6 は、第 4 シーケンスを開始するための入力部 3 2 1（「S T A R T」スイッチ）が操作され、その「S T A R T」スイッチにより第 4 シーケンスを開始するための指令信号が入力されたか否かを判断する。

40

【0 3 5 3】

ステップ S D 4 2 において、「S T A R T」スイッチが操作されていないとシーケンス制御部 2 6 H が判断した場合（ステップ S D 4 2 において N o の場合）、ステップ S D 0 2 及びステップ S D 0 3 の処理が行われる。

【0 3 5 4】

ステップ S D 4 2 において、「S T A R T」スイッチが操作されたとシーケンス制御部 2 6 H は判断した場合（ステップ S D 4 2 において Y e s の場合）、作業機コントローラ 2 6（制御弁制御部 2 6 C）は、介入弁 2 7 C 以外の制御弁 2 7 を閉じた後、介入弁 2 6

50

Cに操作指令を出力する（ステップSD43）。ステップSD43の処理は、図27のステップSC11の処理に相当する。

【0355】

作業機コントローラ26（データ取得部26A）は、シリンダ速度センサ16の検出値、方向制御弁640のスプールストロークセンサ65の検出値、ブーム用圧力センサ670Bの検出値、及び介入弁26Cに出力される電流値を含むデータを取得する（ステップSD44）。ステップSD44の処理は、図27のステップSC12に相当する。

【0356】

また、シーケンス制御部26Hは、第4シーケンスの進捗率を算出する（ステップSD45）。進捗率は、「取得したデータ数／目標取得データ数」により算出される。

10

【0357】

また、シーケンス制御部26Hは、図32に示した「CLEAR」スイッチが操作されたか否かを判断する（ステップSD46）。すなわち、シーケンス制御部26Hは、第4シーケンスを中断（終了）するための入力部321（「CLEAR」スイッチ）が操作され、その「CLEAR」スイッチにより第4シーケンスを中断するための指令信号が入力されたか否かを判断する。

【0358】

ステップSD46において、「CLEAR」スイッチが操作されていないと判断した場合（ステップSD46においてNoの場合）、シーケンス制御部26HはステップSD02及びステップSD03の処理が行われる。

20

【0359】

ステップSD46において、「CLEAR」スイッチが操作されたと判断した場合（ステップSD46においてYesの場合）、シーケンス制御部26Hは、シリンダ速度センサ等から取得したデータをクリア（初期化）し、進捗率を0％にリセットする（ステップSD47）。また、作業機コントローラ26は、進捗率をマンマシンインターフェース部32に出力する（ステップSD03）。

【0360】

ステップSD41において、取得したIDが「4」でないと判断した場合（ステップSD41においてNoの場合）、シーケンス制御部26Hは、他の処理を実行する。

【0361】

30

第1シーケンス、第2シーケンス、第3シーケンス、及び第4シーケンスが終了し、動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常動作特性が導出された後、シーケンス制御部26Hは、図35に示した最終確定スイッチ321Pが操作されたか否かを判断する（ステップSD04）。

【0362】

ステップSD04において、最終確定スイッチ321Pが所定時間操作されていないとシーケンス制御部26Hが判断した場合（ステップSD04においてNoの場合）、ステップSD03の処理が行われる。

【0363】

ステップSD04において、最終確定スイッチ321Pが操作されたとシーケンス制御部26Hが判断した場合（ステップSD04においてYesの場合）、作業機コントローラ26（更新部26F）は、導出された動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常動作特性を記憶部26Gに記憶する。

40

【0364】

図37は、ブーム介入により決定されたスプールの移動量（スプールストローク）とシリンダ速度との関係を示す第1相関データの一例を示す図である。図38は、図37のA部分を拡大した図である。図37及び図38において、横軸は、操作指令値としてのスプールストローク値であり、縦軸は、シリンダ速度である。スプールストローク値が零（原点）である状態は、スプールが初期位置に存在する状態である。

【0365】

50

図 37 において、A 部分は、ブームシリンダ 10 のシリンダ速度が微速度である微速度領域を示す。B 部分は、ブームシリンダ 10 のシリンダ速度が微速度よりも高い通常速度である通常速度領域を示す。B 部分で示す通常速度領域は、A 部分で示す微速度領域よりも高い速度領域である。

【0366】

図 37 に示すように、A 部分におけるグラフの傾きは、B 部分におけるグラフの傾きよりも小さい。すなわち、スプールストローク値（操作指令値）に対するシリンダ速度の変化量は、通常速度領域のほうが、微速度領域よりも大きい。

【0367】

図 38 において、スプールストローク値 T2 は、介入弁 27C に動作開始指令値である操作指令 I2（図 34 等参照）が出力されたときのスプールストローク値である。スプールストローク値 T3 は、介入弁 27C に操作指令 I3 が出力されたときのスプールストローク値である。スプールストローク値 T4 は、介入弁 27C に操作指令 I4 が出力されたときのスプールストローク値である。スプールストローク値 T5 は、介入弁 27C に操作指令 I5 が出力されたときのスプールストローク値である。スプールストローク値 T6 は、介入弁 27C に操作指令 I6 が出力されたときのスプールストローク値である。スプールストローク値 T7 は、介入弁 27C に操作指令 I7 が出力されたときのスプールストローク値である。

10

【0368】

図 37 において、スプールストローク値 Ta は、介入弁 27C に操作指令 Ia が出力されたときのスプールストローク値である。スプールストローク値 Tb は、介入弁 27C に電流値 Ib が出力されたときのスプールストローク値である。スプールストローク値 Tc は、介入弁 27C に操作指令 Ic が出力されたときのスプールストローク値である。

20

【0369】

このように、作業機コントローラ 26 は、上述のステップ SC1 からステップ SC14 を参照して説明した較正処理によって、A 部分のライン L2 で示す、微速度動作特性と、B 部分のライン L2 で示す、通常速度特性とを導出することができる。

【0370】

シリンダ速度は、バケット 8 の重量に応じて変化する。例えば、油圧シリンダ 60 に対する作動油の供給量が同じでも、バケット 8 の重量が変化すると、シリンダ速度は変化する。

30

【0371】

図 39 は、ブーム 6 におけるスプールの移動量（スプールストローク）とシリンダ速度との関係を示す第 1 相関データの一例を示す図である。図 40 は、図 39 の A 部分を拡大した図である。図 39 及び図 40 において、横軸は、スプールストロークであり、縦軸は、シリンダ速度である。スプールストロークが零（原点）である状態は、スプールが初期位置に存在する状態である。ライン L1 は、バケット 8 が大重量である場合の第 1 相関データを示す。ライン L2 は、バケット 8 が中重量である場合の第 1 相関データを示す。ライン L3 は、バケット 8 が小重量である場合の第 1 相関データを示す。

【0372】

40

図 39 及び図 40 に示すように、バケット 8 の重量が異なると、第 1 相関データは、バケット 8 の重量に応じて変化する。

【0373】

油圧シリンダ 60 は、作業機 2 の上げ動作及び下げ動作が実行されるように作動する。図 39 において、スプールストロークがプラスになるようにスプールが移動することにより、作業機 2 は上げ動作する。スプールストロークがマイナスになるようにスプールが移動することにより、作業機 2 は下げ動作する。図 39 及び図 40 に示すように、第 1 相関データは、上げ動作及び下げ動作のそれぞれにおけるシリンダ速度とスプールストロークとの関係を含む。

【0374】

50

図39示すように、作業機2の上げ動作と下げ動作とで、シリンダ速度の変化量が異なる。すなわち、上げ動作が実行されるようにスプールストロークが原点から所定量 S_{tr} だけ変化したときのシリンダ速度の変化量 V_u と、下げ動作が実行されるようにスプールストロークが原点から所定量 S_{tr} だけ変化したときのシリンダ速度の変化量 V_d とは、異なる。図39に示す例では、所定値 S_{tr} とした場合、変化量 V_u は、バケット8が大、中、小のそれぞれにおいて、同一の値となるのに対し、変化量 V_d （絶対値）は、バケット8が大、中、小のそれぞれにおいて、異なる値となる。

【0375】

油圧シリンダ60は、作業機2の下げ動作において、作業機2の重力作用（自重）により、その作業機2を高速で移動可能である。一方、油圧シリンダ60は、作業機2の上げ動作において、作業機2の自重に打ち勝って作動する必要がある。そのため、上げ動作と下げ動作とにおいて、スプールストロークが同じである場合、下げ動作におけるシリンダ速度のほうが、上げ動作におけるシリンダ速度よりも速い。

【0376】

図39に示すように、作業機2の下げ動作において、バケット8の重力が大きくなるほど、シリンダ速度は高くなる。また、下げ動作においてスプールが原点から所定量 S_{tg} を移動したときの中重量のバケット8に関するシリンダ速度と小重量のバケット8に関するシリンダ速度との差 ΔV_d は、上げ動作においてスプールが原点から所定量 S_{tg} を移動したときの中重量のバケット8に関するシリンダ速度と小重量のバケット8に関するシリンダ速度との差 ΔV_u よりも大きい。図39に示す例においては、 ΔV_u は、ほぼ零である。同様に、下げ動作においてスプールが原点から所定量 S_{tg} を移動したときの大重量のバケット8に関するシリンダ速度と中重量のバケット8に関するシリンダ速度との差は、上げ動作においてスプールが原点から所定量 S_{tg} を移動したときの大重量のバケット8に関するシリンダ速度と中重量のバケット8に関するシリンダ速度とのよりも大きい。

【0377】

油圧シリンダ60に作用する負荷は、作業機2の上げ動作と下げ動作とで異なる。作業機2の下げ動作におけるシリンダ速度は、特にブーム6においてバケット8の重量に応じて大きく変化する。バケット8の重量が大きくなるほど、下げ動作におけるシリンダ速度は高くなる。したがって、ブーム6（作業機2）での下げ動作において、シリンダ速度の速度プロファイルは、バケット8の重量に応じて大きく変化する。

【0378】

図40に示すように、油圧シリンダ60のシリンダ速度が零の初期状態から作業機2の上げ動作が実行されるように作動する場合において、大重量のバケット8に関する初期状態からのシリンダ速度の変化量 V_1 と、中重量のバケット8に関する初期状態からのシリンダ速度の変化量 V_2 とは、異なる。すなわち、シリンダ速度が零の初期状態から、作業機2の上げ動作が実行されるように油圧シリンダ60が作動される場合において、スプールストロークが原点から所定量 S_{tp} だけ変化したときの大重量のバケット8に関するシリンダ速度の変化量（速度零からの変化量） V_1 と、スプールストロークが原点から所定量 S_{tp} だけ変化したときの中重量のバケット8に関するシリンダ速度の変化量（速度零からの変化量） V_2 とは、異なる。同様に、油圧シリンダ60のシリンダ速度が零の初期状態から作業機2の上げ動作が実行されるように作動する場合において、中重量のバケット8に関する初期状態からのシリンダ速度の変化量 V_2 と、小重量のバケット8に関する初期状態からのシリンダ速度の変化量 V_3 とは、異なる。

【0379】

介入制御が実行される場合、上述のように、ブームシリンダ10は、ブーム6の上げ動作を実行する。したがって、図40に示すような第1相関データに基づいてブームシリンダ10が制御されることにより、バケット8の重量が変化しても、そのバケット8を設計地形 U_a に基づいて精度良く移動させることができる。すなわち、油圧シリンダ60の動き出し時に、バケット8の重量が変更された場合でも油圧シリンダ60がきめ細やかに制

御されることによって、高精度な制限掘削制御が実行される。

【0380】

上述したように、本実施形態においては、介入弁27Cについて、動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が導出される。一方、減圧弁27A（270A、271A、272A）、及び減圧弁27B（270B、271AB、272B）については、動作開始操作指令値は導出されるものの、微速度動作特性は導出されない。なお、減圧弁27A及び減圧弁27Bについて、通常速度動作特性は導出される。

【0381】

[減圧弁較正]

図41は、減圧弁27A及び減圧弁27Bについての動作開始操作指令値を導出する手順を説明するためのタイミングチャートである。図41において、下のグラフの横軸は、時間であり、縦軸は、入力部321の操作により、入力部321から制御弁制御部26Cに出力された指令信号を示す。図41において、上のグラフの横軸は、時間であり、縦軸は、減圧弁27A及び減圧弁27Bに出力（供給）される操作指令値（電流値）を示す。

【0382】

以下、一例として、減圧弁27A及び減圧弁27Bのうち、アームシリンダ11を縮退方向に動作させる（アーム7を上げ動作させる）ようにパイロット油が流れるアーム操作用油路4511Aに配置されるアーム用減圧弁271Aに操作指令（電流）を出力（供給）する。アーム用減圧弁271A以外の制御弁27に対して操作指令（電流）は出力されない。また、時点t0aにおいて、アームシリンダ11は動作を開始していない。ブームシリンダ10及びバケットシリンダ12も動いていない。

【0383】

図41に示すように、時点t0aにおいて、入力部321が操作され、入力部321から制御弁制御部26Cに指令信号が出力される。制御弁制御部26Cは、時点t0aにおいて、複数の制御弁27の全てを閉じた後、アーム用減圧弁271Aに操作指令（電流）を出力（供給）する。アーム用減圧弁271A以外の制御弁27に対して操作指令（電流）は出力されない。また、時点t0aにおいて、アームシリンダ11は動作を開始していない。ブームシリンダ10及びバケットシリンダ12も動いていない。

【0384】

本実施形態においては、電流が供給されたアーム用減圧弁271Aが開くことによってアーム操作用油路4511Aのパイロット油圧が増大するように、パイロット油圧方式の操作装置25の第2操作レバー25Lは、フルレバー状態に操作されている。例えば、第2操作レバー25Lが後方向に傾くように操作されることによってアーム7が上げ動作する場合（アーム操作用油路4511Aのパイロット油圧が増大する場合）、第2操作レバー25Lは、後方向に関してフルレバー状態になるように操作されている。

【0385】

まず、制御弁制御部26Cは、アーム用減圧弁271Aに、操作指令値I0の操作指令を出力する。制御弁制御部26Cは、時点t0aから時点t2aまで、その操作指令値I0をアーム用減圧弁271Aに出力し続ける。時点t0aから時点t2aまでの時間は、例えば第3の所定時間である。

【0386】

操作指令値I0が出力されている状態で、アームシリンダ11のシリンダストロークがシリンダストロークセンサ17の検出値に基づきセンサコントローラ30より作業機コントローラ26に出力される。作業機コントローラ26のデータ取得部26Aは、操作指令値I0及び操作指令値I0が出力されているときのアームシリンダ11のシリンダに関するシリンダストロークL2を取得する。

【0387】

導出部26Bは、アーム用減圧弁271Aに操作指令値I0が出力されている状態で、停止状態のアームシリンダ11が動作を開始したか否か（動き出したか否か）を判定する。導出部26Bの判定部26Baは、アームシリンダ11のシリンダ速度に関するデータ

に基づいて、停止状態のアームシリンダ 11 が動作を開始したか否かを判断する。

【0388】

判定部 26 Ba は、時点 t_{1a} におけるアームシリンダ 11 のシリンダ速度と、時点 t_{2a} におけるアームシリンダ 11 のシリンダ速度とを比較する。時点 t_{1a} は、例えば時点 t_{0a} から第 1 の所定時間経過した時点である。時点 t_{2a} は、例えば時点 t_{0a} から第 3 の所定時間経過した時点（時点 t_{1a} から第 2 の所定時間経過した時点）である。

【0389】

判定部 26 Ba は、時点 t_{1a} におけるシリンダストロークセンサ 17 の検出値と、時点 t_{2a} におけるシリンダストロークセンサ 17 の検出値とに基づくシリンダストロークの差を導出する。判定部 26 Ba は、導出した差の値が、予め定められた閾値よりも小さいと判断したとき、アームシリンダ 11 は動作を開始していないと判断する。判定部 26 Ba は、導出した差の値が、予め定められた閾値以上であると判断したとき、アームシリンダ 11 は動作を開始したと判断する。

【0390】

操作指令値 I_0 が出力されているときに、判定部 26 Ba によりアームシリンダ 11 が動作を開始したと判断された場合、操作指令値 I_0 が、停止状態のアームシリンダ 11 が下げ動作を開始するときの動作開始操作指令値（動作開始操作電流値）となる。

【0391】

操作指令値 I_0 においてアームシリンダ 11 が動作を開始していない判断された場合、制御弁制御部 26 C は、アーム用減圧弁 271 A に出力する操作指令値を増大する。制御弁制御部 26 C は、操作指令値 I_0 を低減することなく、時点 t_{2a} において、操作指令値 I_0 から操作指令値 I_1 に増大し、その操作指令値 I_1 をアーム用減圧弁 271 A に出力する。制御弁制御部 26 C は、時点 t_{2a} から時点 t_{2b} まで、その操作指令値 I_1 をアーム用減圧弁 271 A に出力し続ける。時点 t_{2a} から時点 t_{2b} までの時間は、例えば第 3 の所定時間である。

【0392】

操作指令値 I_1 が出力されている状態で、アームシリンダ 11 のシリンダストロークがシリンダストロークセンサ 17 の検出値に基づきセンサコントローラ 30 より作業機コントローラ 26 に出力される。作業機コントローラ 26 のデータ取得部 26 A は、操作指令値 I_1 及び操作指令値 I_1 が出力されているときのアームシリンダ 11 のシリンダ速度に関するシリンダストローク L_2 を取得する。

【0393】

導出部 26 B の判定部 26 Ba は、アーム用減圧弁 271 A に操作指令値 I_1 が出力されている状態で、停止状態のアームシリンダ 11 が動作を開始したか否か（動き出したか否か）を判定する。

【0394】

判定部 26 Ba は、時点 t_{1b} におけるアームシリンダ 11 のシリンダ速度と、時点 t_{2b} におけるアームシリンダ 11 のシリンダ速度とを比較する。時点 t_{1b} は、例えば時点 t_{2a} から第 1 の所定時間経過した時点である。時点 t_{2b} は、例えば時点 t_{2a} から第 3 の所定時間経過した時点（時点 t_{1b} から第 2 の所定時間経過した時点）である。

【0395】

判定部 26 Ba は、時点 t_{1b} におけるシリンダストロークセンサ 17 の検出値と、時点 t_{2a} におけるシリンダストロークセンサ 17 の検出値とに基づくシリンダストロークの差を導出する。判定部 26 Ba は、導出した差の値が、予め定められた閾値よりも小さいと判断したとき、アームシリンダ 11 は動作を開始していないと判断する。判定部 26 Ba は、導出した差の値が、予め定められた閾値以上であると判断したとき、アームシリンダ 11 は動作を開始したと判断する。

【0396】

操作指令値 I_1 が出力されているときに、判定部 26 Ba によりアームシリンダ 11 が動作を開始したと判断された場合、操作指令値 I_1 が、停止状態のアームシリンダ 11 が

動作を開始するときの動作開始操作指令値（動作開始操作電流値）となる。

【0397】

以下、同様の処理が行われ、動作開始操作指令値が導出される。すなわち、操作指令値 I 1 から操作指令値 I 2 に増大された後、判定部 26 Ba は、時点 t 1 c におけるアームシリンダ 11 のシリンダ速度と、時点 t 2 c におけるアームシリンダ 11 のシリンダ速度とを比較する。時点 t 1 c は、例えば時点 t 2 b から第 1 の所定時間経過した時点である。時点 t 2 c は、例えば時点 t 2 b から第 3 の所定時間経過した時点（時点 t 1 c から第 2 の所定時間経過した時点）である。

【0398】

判定部 26 Ba は、時点 t 1 c におけるシリンダストロークセンサ 17 の検出値と、時点 t 2 c におけるシリンダ速度センサ 17 の検出値との差を導出する。判定部 26 Ba は、導出した差の値が、予め定められた閾値よりも小さいと判断したとき、アームシリンダ 11 は動作を開始していないと判断する。判定部 26 Ba は、導出した差の値が、予め定められた閾値以上であると判断したとき、アームシリンダ 11 は動作を開始したと判断する。

【0399】

本実施形態においては、動作開始操作指令値は、操作指令値 I 2 であることとする。操作指令値 I 2 は、例えば 320 [mA] である。以上により、動作開始操作指令値が導出される。ここで、本実施形態における較正条件は、他の較正条件と同じ様に例えば、メイン油圧ポンプの出力圧、作動油の温度条件、制御弁 27 の故障条件が無いこと、及び作業機 2 の姿勢条件を含む。本実施形態においては、較正に際し、パイロット油路 50 に作動油を供給するように、ロックレバーが操作される。また較正作業開始時の作業機の姿勢は図 31 に示す作業姿勢と同様の姿勢とすればよい。

【0400】

以上、減圧弁 27 A 及び減圧弁 28 B のうち、アーム用減圧弁 27 1 A についての動作開始操作指令値を導出する手順について説明した。他の減圧弁についての動作開始操作指令値を導出する手順は同様であるため、説明を省略する。

【0401】

〔圧力センサの較正方法〕

次に、圧力センサ 66 及び圧力センサ 67 の較正方法について、図 42 を参照して説明する。図 42 は、本実施形態に係る較正方法の一例を示すフローチャートである。

【0402】

図 25 において、圧力センサ 66 は、操作装置 25 によって調整されたパイロット油圧を検出する。すなわち、圧力センサ 66 は、操作装置 25 の操作量に応じたパイロット油圧を検出する。制御弁 27 が閉じられたとき、圧力センサ 67 は、制御弁 27 によって調整されたパイロット油圧を検出する。制御弁 27 が開けられたとき（全開のとき）、圧力センサ 66 に作用するパイロット油圧と圧力センサ 67 に作用するパイロット油圧とは等しい。そのため、制御弁 27 が全開のとき、圧力センサ 66 の検出値と圧力センサ 67 との検出値は同じ値になるはずである。しかし、圧力センサ毎の検出値にはバラつきがあるので、制御弁 27 が全開のときでも、圧力センサ 66 の検出値と圧力センサ 67 との検出値とが異なる値になる可能性がある。

【0403】

制御弁 27 が全開のときにおいて、圧力センサ 66 の検出値と圧力センサ 67 との検出値とが異なる値を放置しておく、掘削制御の精度が低下する可能性がある。具体的には、圧力センサ 67 は、制御弁 27 に操作指令値が出力されたときの方向制御弁 64 に作用するパイロット油圧を検出する。作業機コントローラ 26 は、圧力センサ 67 の検出値に基づいて、制御弁 27 に対して出力される操作指令値と、方向制御弁 64 に作用するパイロット油圧との関係を導出することができる。作業機コントローラ 26 は、制御弁 27 を使って方向制御弁 64 に作用するパイロット油圧を調整する場合、導出した関係（相関データ）に基づいて、目標のパイロット油圧が方向制御弁 64 に作用するように、操作指令

値を決定して、制御弁 27 に出力する。圧力センサ 66 は、操作装置 25 の操作量に応じたパイロット油圧を検出する。例えば、アーム 7 を駆動するために操作装置 25 が操作された場合、その操作量に応じたパイロット油圧は、圧力センサ 66 (661A) に検出される。その圧力センサ 66 の検出結果に基づいて、掘削制御 (介入制御、停止制御など) のために作業機コントローラ 26 が操作指令を出力する場合、圧力センサ 66 の検出値と圧力センサ 67 の検出値とが異なると、操作装置 25 の操作量と上述の相関データに含まれるパラメータ (パイロット油圧) との間に差異が生じることとなる。その結果、作業機コントローラ 26 は、適切な操作指令値を出力することができず、掘削精度が低下する可能性がある。

【0404】

10

本実施形態においては、制御弁 27 の減圧弁が全開の時、圧力センサ 66 の検出値が圧力センサ 67 の検出値に一致するように、圧力センサ 66 の検出値を補正する。すなわち、圧力センサ 67 の検出値に基づいて導出された相関データに含まれるパラメータ (パイロット油圧) に、圧力センサ 66 の検出値 (パイロット油圧) が一致するように、圧力センサ 66 の検出値を補正する。

【0405】

本実施形態においては、一例として、ブーム 6 を上げ動作するためのパイロット油が流れるブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整用油路 4520B にされるブーム用圧力センサ 660B 及びブーム用圧力センサ 670B を較正する例について説明する。

【0406】

20

図 28 に示したように、較正のメニューとして、「PPC 圧力センサ較正」と「制御マップ較正」とが用意されている。ブーム用圧力センサ 660B 及びブーム用圧力センサ 670B の較正を行う場合、「PPC 圧力センサ較正」を選択する。

【0407】

「PPC 圧力センサ較正」を選択すると、図 43 に示す画面が表示部 322 に表示される。ここでは、ブーム 6 を上げ動作するためのパイロット油のパイロット油圧を検出するブーム用圧力センサ 660B 及びブーム用圧力センサ 670B が較正対象であるため、「ブーム上げ PPC 圧力センサ」を選択する。

【0408】

本実施形態においては、ブーム 6 を上げ動作するためのパイロット油圧を検出する「ブーム用圧力センサ 660B とブーム用圧力センサ 670B との較正」のみならず、ブーム 6 を下げ動作するためのパイロット油圧を検出する「ブーム用圧力センサ 660A とブーム用圧力センサ 670A との較正」、アーム 7 を上げ動作 (掘削動作) するためのパイロット油圧を検出する「アーム用圧力センサ 661A とアーム用圧力センサ 671A との較正」、アーム 7 を下げ動作 (ダンプ動作) するためのパイロット油圧を検出する「アーム用圧力センサ 661B とアーム用圧力センサ 671B との較正」、バケット 8 を上げ動作 (ダンプ動作) するためのパイロット油圧を検出する「バケット用圧力センサ 662A とバケット用圧力センサ 672A との較正」、及びバケット 8 を下げ動作 (掘削動作) するためのパイロット油圧を検出する「バケット用圧力センサ 662B とバケット用圧力センサ 672B との較正」も実行可能である。

30

40

【0409】

「ブーム用圧力センサ 660A とブーム用圧力センサ 670A との較正」を実行する場合、「ブーム下げ PPC 圧力センサ」を選択する。「アーム用圧力センサ 661B とアーム用圧力センサ 671B との較正」を実行する場合、「アーム掘削 PPC 圧力センサ」が選択される。「アーム用圧力センサ 661A とアーム用圧力センサ 671A との較正」を実行する場合、「アームダンプ PPC 圧力センサ」を選択する。「バケット用圧力センサ 662B とアーム用圧力センサ 672B との較正」を実行する場合、「バケット掘削 PPC 圧力センサ」を選択する。「バケット用圧力センサ 662A とバケット用圧力センサ 672A との較正」を実行する場合、「バケットダンプ PPC 圧力センサ」を選択する。

【0410】

50

ブーム用圧力センサ 660 B 及びブーム用圧力センサ 670 B との較正のために、マンマシンインターフェース部 32 が操作された後、シーケンス制御部 26 H で較正条件が判定される（ステップ S E 1）。較正条件は、例えば、メイン油圧ポンプの圧力、作動油の温度条件、制御弁 27 の故障条件、及び作業機 2 の姿勢条件等を含む。本実施形態においては、較正に際し、パイロット油路 450 が開くように、ロックレバーが操作される。また、メイン油圧ポンプの出力が所定値（一定値）になるように調整される。本実施形態においては、メイン油圧ポンプの出力が最大（フルスロットル、ポンプ斜板最大傾倒角状態）になるように調整される。また、ブーム操作用油路 4510 B 及びブーム調整用油路 4520 B におけるパイロット油圧の許容範囲においてブームシリンダ 10 への作動油の吐出量が最大値を示すように、図示しないエンジンを駆動するエンジンコントローラと油圧ポンプを駆動するポンプコントローラに指令を出力し、エンジンコントローラとポンプコントローラの指令に基づきメイン油圧ポンプの出力が調整される。

10

【0411】

較正条件の調整は、作業機 2 の姿勢の調整を含む。本実施形態においては、マンマシンインターフェース部 32 の表示部 322 に、作業機 2 の姿勢の調整を要求する姿勢調整要求情報が表示される。オペレータは、その表示部 322 の表示に従って操作装置 25 を操作して、作業機 2 の姿勢を所定状態（所定姿勢）に調整する。

【0412】

図 44 は、本実施形態に係る表示部 322 に表示される姿勢調整要求情報の一例を示す図である。図 44 に示すように、作業機 2 を所定姿勢に調整するためのガイダンスが表示部 322 に表示される。

20

【0413】

本実施形態においては、ブーム 6 を上げ動作するためのパイロット油圧を検出するブーム用圧力センサ 660 B ブーム用圧力センサ 670 B を較正する場合、上げ方向に関してブーム 6 の可動範囲の端部（上端部）にブーム 6 が配置されるように、オペレータの操作により作業機 2 の姿勢が調整される。ここで図 44 中に記載する「ストエン」とは、シリンダのストロークエンドを意味する。

【0414】

ブームシリンダ 10 の動作により、ブーム 6 は、作業機動作平面 M P において上下方向に移動する。上述のように、ブームシリンダ 10 の第 1 動作方向（例えば伸長方向）への動作により、ブーム 6 は上げ動作され、第 1 動作方向とは反対の第 2 動作方向（例えば縮退方向）への動作により、ブーム 6 は下げ動作される。本実施形態においては、ブーム 6 を上げ動作するため（ブームシリンダ 10 を第 1 動作方向に動作させるため）のパイロット油圧を検出するブーム用圧力センサ 660 B 及びブーム用圧力センサ 670 B を較正する場合、上方向に関してブーム 6 の可動範囲の端部（上端部）にブーム 6 が配置された状態で、ブーム用圧力センサ 660 B 及びブーム用圧力センサ 670 B の較正が行われる。

30

【0415】

オペレータは、表示部 322 を見て、ブーム 6 の可動範囲の上端部にブーム 6 が配置されるように、操作装置 25 を操作する。作業機 2 の姿勢の調整において、制御弁制御部 26 C からの操作指令に基づき複数の制御弁 27 の全ての減圧弁それぞれが開放状態となる。そのため、オペレータは、操作装置 25 を操作することによって、作業機 2 を駆動することができる。操作装置 25 の操作により、作業機 2（ブーム 6）が所定姿勢になるように駆動される。

40

【0416】

作業機 2 の姿勢が所定姿勢に調整された後、較正処理の開始のために、マンマシンインターフェース部 32 の入力部 321 がオペレータによって操作される。例えば、図 44 に示す「NEXT」スイッチが操作されることによって、較正処理が開始される。「NEXT」スイッチは、入力部 321 として機能する。

【0417】

入力部 321 が操作されることによって、較正処理が開始される。入力部 321 の操作

50

により生成された指令信号は、作業機コントローラ 26 に入力される。

【0418】

作業機コントローラ 26 の制御弁制御部 26C は、複数の制御弁 27 のそれぞれを制御する。制御弁制御部 26C は、較正処理の開始のための指令信号を入力部 321 から取得した後、較正対象のブーム用圧力センサ 660B 及びブーム用圧力センサ 670B が配置されているパイロット油路（ブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整用油路 4520B）のブーム用減圧弁 270B を制御してそのパイロット油路を開き、他のパイロット油路（ブーム操作用油路 4510A、ブーム調整用油路 4520A、アーム操作用油路 4511A、アーム操作用油路 4511B、アーム調整用油路 4521A、アーム調整用油路 4521B、バケット操作用油路 4512A、バケット操作用油路 4512B、バケット調整用油路 4522A、バケット調整用油路 4522B、及び介入用油路 501）の制御弁 27 を制御して、それら他のパイロット油路を閉じる。すなわち、制御弁制御部 26C は、較正対象のブーム用圧力センサ 660B とブーム用圧力センサ 670B との間のブーム用減圧弁 270B のみ開き、他の制御弁 27 を閉じる（ステップ SE2）。

10

【0419】

次に、ブーム用減圧弁 270B によりブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整量油路 4520B が開いた状態（全開状態）で、そのブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整量油路 4520B のパイロット油圧が最大値を示すように、オペレータにより操作装置 25 の第 1 操作レバー 25R を最大に傾倒した状態であるフルレバー状態（第 1 状態）に操作される（ステップ SE3）。

20

【0420】

例えば、第 1 操作レバー 25R が後方向に傾くように操作されることによってブーム 6 が上げ動作する場合（ブーム操作用油路 4510B のパイロット油圧が増大する場合）、第 1 操作レバー 25R は、後方向に関してフルレバー状態になるように操作される。

【0421】

作業機コントローラ 26 のデータ取得部 26A は、ブーム用減圧弁 270B によりブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整量油路 4520B が開いた状態（全開状態）で、ブーム用圧力センサ 660B の検出値及びブーム用圧力センサ 670B の検出値に関するデータを取得する（ステップ SE4）。

【0422】

ステップ SE4 において、データ取得部 26A は、第 1 操作レバー 25R がフルレバー状態であり、上下方向に関してブーム 6 の可動範囲の上端部にブーム 6 が配置された状態で、データを取得する。ブーム 6 は可動範囲の上端部に配置されているため、第 1 操作レバー 25R がフルレバー状態でブーム用減圧弁 270B が開いても、ブーム 6 が上方向に移動することが抑制される。

30

【0423】

次に、ブーム用減圧弁 270B によりブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整量油路 4520B が開いた状態（全開状態）で、そのブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整量油路 4520B のパイロット油圧が最小値を示すように、操作装置 25 の第 1 操作レバー 25R がニュートラル状態（第 2 状態）に維持される（ステップ SE5）。

40

【0424】

作業機コントローラ 26 のデータ取得部 26A は、ブーム用減圧弁 270B によりブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整量油路 4520B が開いた状態（全開状態）で、ブーム用圧力センサ 660B の検出値及びブーム用圧力センサ 670B の検出値に関するデータを取得する（ステップ SE6）。ステップ SE6 において、データ取得部 26A は、第 1 操作レバー 25R がニュートラル状態であり、上下方向に関してブーム 6 の可動範囲の上端部にブーム 6 が配置された状態で、データを取得する。

【0425】

なお、本実施形態において、データ取得部 26A は、所定時間（例えば第 2 の所定時間）、圧力センサ 66 の検出値を取得し、その所定時間の検出値の平均値を、圧力センサ 6

50

6の検出値とする。同様に、データ取得部26Aは、所定時間（例えば第2の所定時間）、圧力センサ67の検出値を取得し、その所定時間の検出値の平均値を、圧力センサ67の検出値とする。

【0426】

次に、作業機コントローラ26の補正部26Eは、データ取得部26Aで取得したデータに基づいて、ブーム用圧力センサ660Bの検出値がブーム用圧力センサ670Bの検出値に一致するように、ブーム用圧力センサ660Bの検出値を補正（較正、調整）する（ステップSE7）。すなわち、補正部26Eは、ブーム用圧力センサ670Bの検出値を調整せず、そのブーム用圧力センサ670Bの検出値に一致するように、ブーム用圧力センサ660Bの検出値を調整する。

10

【0427】

本実施形態においては、第1操作レバー25Rがフルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、ブーム用圧力センサ660Bの検出値がブーム用圧力センサ670Bの検出値に一致するように、ブーム用圧力センサ660Bの検出値が補正される。

【0428】

本実施形態においては、補正部26Eは、ブーム用圧力センサ660Bの検出値とブーム用圧力センサ670Bの検出値との差を求める。補正部26Eは、その差を補正值として導出する。補正部26Eは、ブーム用圧力センサ660Bの検出値を補正值で補正することによって、ブーム用圧力センサ660Bの検出値（補正後の検出値）と、ブーム用圧力センサ670Bの検出値とを一致させる。取得された補正後のデータは更新部26Fにより記憶部26Gに記憶・更新される（ステップSE8）。

20

【0429】

以上により、ブーム用圧力センサ660B及びブーム用圧力センサ670Bが終了する。

【0430】

本実施形態においては、較正対象の圧力センサ66と圧力センサ67との間のパイロット油路（減圧弁）が開いた状態で、それら圧力センサ66及び圧力センサ67の較正が行われる。上述の例では、ブーム6を上げ動作するためのパイロット油圧を検出するブーム用圧力センサ660B及びブーム用圧力センサ670Bの較正が行われる。そのため、ブーム用圧力センサ660Bとブーム用圧力センサ670Bとの間のブーム用減圧弁270Bが開けられる。

30

【0431】

ブーム用減圧弁270Bが開いているため、較正処理において、予期せずにブーム6が動いてしまう可能性がある。例えば、オペレータが意図せずに操作装置25を触ってしまい、その結果、予期せずにブーム6が上方向に動いてしまう可能性がある。本実施形態においては、例えば、ブーム6を上げ動作するためのパイロット油圧を検出するブーム用圧力センサ660B及びブーム用圧力センサ670Bを較正する場合、上げ方向に関してブーム6の可動範囲の端部（上端部）にブーム6が配置されるため、ブーム6が予期せずに上方向に動いてしまうことが抑制される。

【0432】

40

「ブーム用圧力センサ660Aとブーム用圧力センサ670Aとの較正」、「アーム用圧力センサ661Aとアーム用圧力センサ671Aとの較正」、「アーム用圧力センサ661Bとアーム用圧力センサ671Bとの較正」、「バケット用圧力センサ662Aとアーム用圧力センサ672Aとの較正」、及び「バケット用圧力センサ662Bとバケット用圧力センサ672Bとの較正」は、上述の「ブーム用圧力センサ660Bとブーム用圧力センサ670Bとの較正」と同様の手順で実行可能である。

【0433】

例えば、アーム7を下げ動作（掘削動作）するためのパイロット油圧を検出する「アーム用圧力センサ661Bとアーム用圧力センサ671Bとの較正」を実行する場合、図43に示した表示部322の表示内容において、「アーム掘削PPC圧力センサ」が選択さ

50

れる。その選択により、図 4 5 に示すような、姿勢調整要求情報が表示部 3 2 2 に表示される。

【0 4 3 4】

アーム 7 を下げ動作するためのパイロット油圧を検出するアーム用圧力センサ 6 6 1 B 及びアーム用圧力センサ 6 7 1 B を較正する場合、下げ方向に関してアーム 7 の可動範囲の端部（下端部）にアーム 7 が配置されるように、作業機 2 の姿勢が調整される。これにより、アーム 7 が予期せずの下方向に動いてしまうことが抑制される。

【0 4 3 5】

作業機 2 の姿勢が所定姿勢に調整された後、制御弁制御部 2 6 C は、較正対象のアーム用圧力センサ 6 6 1 B とアーム用圧力センサ 6 7 1 B との間のアーム用減圧弁 2 7 1 B のみを開き、他の制御弁 2 7 を閉じる。アーム 7 は可動範囲の下端部に配置されているため、第 2 操作レバー 2 5 L がフルレバー状態でアーム用減圧弁 2 7 1 B が開いても、アーム 7 が下方向に移動することが抑制される。

10

【0 4 3 6】

アーム用減圧弁 2 7 1 B が開いた状態で、アーム 7 を操作可能な第 2 操作レバー 2 5 L が、パイロット油路の圧力が最大値を示すフルレバー状態及び最小値を示すニュートラル状態のそれぞれに変化するように操作される。データ取得部 2 6 A は、第 2 操作レバー 2 5 L がフルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、アーム用圧力センサ 6 6 1 B の検出値とアーム用圧力センサ 6 7 1 B の検出値に関するデータを取得する。補正部 2 6 E は、フルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、アーム用圧力センサ 6 6 1 B の検出値がアーム用圧力センサ 6 7 1 B 検出値に一致するように、アーム用圧力センサ 6 6 1 B の検出値を補正する。

20

【0 4 3 7】

アーム 7 を上げ動作（ダンプ動作）するためのパイロット油圧を検出する「アーム用圧力センサ 6 6 1 A とアーム用圧力センサ 6 7 1 A との較正」を実行する場合、図 4 3 に示した表示部 3 2 2 の表示内容において、「アームダンプ P P C 圧力センサ」が選択される。その選択により、図 4 6 に示すような、姿勢調整要求情報が表示部 3 2 2 に表示される。

【0 4 3 8】

アーム 7 を上げ動作するためのパイロット油圧を検出するアーム用圧力センサ 6 6 1 A 及びアーム用圧力センサ 6 7 1 A を較正する場合、上げ方向に関してアーム 7 の可動範囲の端部（上端部）にアーム 7 が配置されるように、作業機 2 の姿勢が調整される。これにより、アーム 7 が予期せずの上方向に動いてしまうことが抑制される。

30

【0 4 3 9】

作業機 2 の姿勢が所定姿勢に調整された後、制御弁制御部 2 6 C は、較正対象のアーム用圧力センサ 6 6 1 A とアーム用圧力センサ 6 7 1 A との間のアーム用減圧弁 2 7 1 A のみを開き、他の制御弁 2 7 を閉じる。アーム 7 は可動範囲の上端部に配置されているため、第 2 操作レバー 2 5 L がフルレバー状態でアーム用減圧弁 2 7 1 A が開いても、アーム 7 が上方向に移動することが抑制される。

【0 4 4 0】

40

アーム用減圧弁 2 7 1 A が開いた状態で、アーム 7 を操作可能な第 2 操作レバー 2 5 L が、パイロット油路の圧力が最大値を示すフルレバー状態及び最小値を示すニュートラル状態のそれぞれに変化するように操作される。データ取得部 2 6 A は、第 2 操作レバー 2 5 L がフルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、アーム用圧力センサ 6 6 1 A の検出値とアーム用圧力センサ 6 7 1 A の検出値に関するデータを取得する。補正部 2 6 E は、フルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、アーム用圧力センサ 6 6 1 A の検出値がアーム用圧力センサ 6 7 1 A 検出値に一致するように、アーム用圧力センサ 6 6 1 A の検出値を補正する。

【0 4 4 1】

バケット 8 を下げ動作（掘削動作）するためのパイロット油圧を検出する「バケット用

50

圧力センサ 6 6 2 B とバケット用圧力センサ 6 7 2 B との較正」を実行する場合、図 4 3 に示した表示部 3 2 2 の表示内容において、「バケット掘削 P P C 圧力センサ」が選択される。その選択により、図 4 7 に示すような、姿勢調整要求情報が表示部 3 2 2 に表示される。

【0 4 4 2】

バケット 8 を下げ動作するためのパイロット油圧を検出するバケット用圧力センサ 6 6 2 B 及びバケット用圧力センサ 6 7 2 B を較正する場合、下げ方向に関してバケット 8 の可動範囲の端部（下端部）にバケット 8 が配置されるように、作業機 2 の姿勢が調整される。これにより、バケット 8 が予期せずに下方向に動いてしまうことが抑制される。

【0 4 4 3】

作業機 2 の姿勢が所定姿勢に調整された後、制御弁制御部 2 6 C は、較正対象のバケット用圧力センサ 6 6 2 B とバケット用圧力センサ 6 7 2 B との間のバケット用減圧弁 2 7 2 B のみを開き、他の制御弁 2 7 を閉じる。バケット 8 は可動範囲の下端部に配置されているため、第 1 操作レバー 2 5 R がフルレバー状態でバケット用減圧弁 2 7 2 B が開いても、バケット 8 が下方向に移動することが抑制される。

【0 4 4 4】

バケット用減圧弁 2 7 2 B が開いた状態で、バケット 8 を操作可能な第 1 操作レバー 2 5 R が、パイロット油路の圧力が最大値を示すフルレバー状態及び最小値を示すニュートラル状態のそれぞれに変化するように操作される。データ取得部 2 6 A は、第 1 操作レバー 2 5 R がフルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、バケット用圧力センサ 6 6 2 B の検出値とバケット用圧力センサ 6 7 2 B の検出値に関するデータを取得する。補正部 2 6 E は、フルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、バケット用圧力センサ 6 6 2 B の検出値がバケット用圧力センサ 6 7 2 B 検出値に一致するように、バケット用圧力センサ 6 6 2 B の検出値を補正する。

【0 4 4 5】

バケット 8 を上げ動作（ダンプ動作）するためのパイロット油圧を検出する「バケット用圧力センサ 6 6 2 A とバケット用圧力センサ 6 7 2 A との較正」を実行する場合、図 4 3 に示した表示部 3 2 2 の表示内容において、「バケットダンプ P P C 圧力センサ」が選択される。その選択により、図 4 8 に示すような、姿勢調整要求情報が表示部 3 2 2 に表示される。

【0 4 4 6】

バケット 8 を上げ動作するためのパイロット油圧を検出するバケット用圧力センサ 6 6 2 A 及びバケット用圧力センサ 6 7 2 A を較正する場合、上げ方向に関してバケット 8 の可動範囲の端部（上端部）にバケット 8 が配置されるように、作業機 2 の姿勢が調整される。これにより、バケット 8 が予期せずに上方向に動いてしまうことが抑制される。

【0 4 4 7】

作業機 2 の姿勢が所定姿勢に調整された後、制御弁制御部 2 6 C は、較正対象のバケット用圧力センサ 6 6 2 A とバケット用圧力センサ 6 7 2 A との間のバケット用減圧弁 2 7 2 A のみを開き、他の制御弁 2 7 を閉じる。バケット 8 は可動範囲の上端部に配置されているため、第 1 操作レバー 2 5 R がフルレバー状態でバケット用減圧弁 2 7 2 A が開いても、バケット 8 が上方向に移動することが抑制される。

【0 4 4 8】

バケット用減圧弁 2 7 2 A が開いた状態で、バケット 8 を操作可能な第 1 操作レバー 2 5 R が、パイロット油路の圧力が最大値を示すフルレバー状態及び最小値を示すニュートラル状態のそれぞれに変化するように操作される。データ取得部 2 6 A は、第 1 操作レバー 2 5 R がフルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、バケット用圧力センサ 6 6 2 A の検出値とバケット用圧力センサ 6 7 2 A の検出値に関するデータを取得する。補正部 2 6 E は、フルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、バケット用圧力センサ 6 6 2 A の検出値がバケット用圧力センサ 6 7 2 A の検出値に一致するように、バケット用圧力センサ 6 6 2 A の検出値を補正する。

【0449】

ブーム6を下げ動作（掘削動作）するためのパイロット油圧を検出する「ブーム用圧力センサ660Aとブーム用圧力センサ670Aとの較正」を実行する場合、図43に示した表示部322の表示内容において、「ブーム下げPPC圧力センサ」が選択される。

【0450】

ブーム6を下げ動作するためのパイロット油圧を検出するブーム用圧力センサ660A及びブーム用圧力センサ670Aを較正する場合、ブーム6は、ブーム6の可動範囲の下端部よりも上方に配置される。すなわち、作業機2が地面に接触しないように、較正処理を開始するときの上下方向に関するブーム6の位置が定められる。ブーム用圧力センサ660A及びブーム用圧力センサ670Aの較正処理の開始において、ブーム6は、ブーム6の可動範囲の上端部に配置されてもよいし、上端部と下端部との間の中間部に配置されてもよい。

10

【0451】

作業機2と地面との接触により、ブーム6を可動範囲の下端部に配置することが困難である可能性がある。そのため、本実施形態においては、ブーム用圧力センサ660A及びブーム用圧力センサ670Aの較正処理の開始において、ブーム6は可動範囲の下端部に配置されず、上端部又は中間部に配置される。

【0452】

作業機2の姿勢が調整された後、制御弁制御部26Cは、較正対象のブーム用圧力センサ660Aとブーム用圧力センサ670Aとの間のブーム用減圧弁270Aのみを開き、他の制御弁27を閉じる。ブーム6は可動範囲の上端部又は中間部に配置されているため、第1操作レバー25Rがフルレバー状態でブーム用減圧弁270Aが開くと、ブーム6は下方向に移動する（下げ動作する）。

20

【0453】

ブーム用減圧弁270Aが開いた状態で、ブーム6を操作可能な第1操作レバー25Rが、パイロット油路の圧力が最大値を示すフルレバー状態及び最小値を示すニュートラル状態のそれぞれに変化するように操作される。データ取得部26Aは、第1操作レバー25Rがフルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、ブーム用圧力センサ660Aの検出値とブーム用圧力センサ670Aの検出値に関するデータを取得する。補正部26Eは、フルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、ブーム用圧力センサ660Aの検出値がブーム用圧力センサ670A検出値に一致するように、ブーム用圧力センサ660Aの検出値を補正する。

30

【0454】

すなわち、本実施形態において、データ取得部26Aは、ブーム6の可動範囲の上端部にブーム6が配置された状態で、ブーム上げ用油路のブーム用圧力センサ660Bの検出値及びブーム用圧力センサ670Bの検出値に関するデータを取得し、ブーム6の下げ動作が行われている状態で、ブーム下げ用油路のブーム用圧力センサ660Aの検出値及びブーム用圧力センサ670Aの検出値に関するデータを取得する。

【0455】

[制御方法]

次に、本実施形態に係る油圧ショベル100の動作の一例について説明する。上述のように、動作開始操作指令値、微速度動作特性、及び通常速度動作特性が記憶部26Gに記憶される。また、第1相関データ、第2相関データ、及び第3相関データが、記憶部26Gに記憶される。作業機コントローラ26の作業機制御部57は、記憶部26Gの記憶情報に基づいて、作業機2を制御する。

40

【0456】

掘削作業のため、オペレータにより操作装置25が操作される。作業機制御部57は、例えば介入制御において、油圧シリンダ60が目標シリンダ速度で移動するように、記憶部26Gに記憶されている記憶情報（動作開始操作指令値、微速度動作特性、通常速度動作特性、第1相関データ、第2相関データ、及び第3相関データ）に基づいて、操作指令

50

(制御信号)を生成し、制御弁27に出力する。これにより、スプールの移動量を含む作業機2の制御が行われる。

【0457】

例えば図25を基に説明を行うと、作業機制御部57は、第3相関データに基づいて、制御弁27に出力される操作指令に基づいてパイロット油圧を決定する。作業機制御部57は、第2相関データに基づいて、決定されたパイロット油圧によって駆動されるスプール80のスプールストローク量を決定する。制御装置は、第1相関データに基づいて、決定されたスプール80のスプールストローク量となる時のシリンダ速度を決定する。これにより、操作指令値に対応したシリンダ速度で油圧シリンダ60が作動する特性を把握できるようになる。本実施形態では操作指令からシリンダ速度を求める説明を行ったが、シリンダ速度から操作指令を導出する場合は逆の手順により行われればよい。

10

【0458】

油圧シリンダ60の駆動において、シリンダストロークセンサ(16など)の検出値が作業機コントローラ26に出力される。シリンダストロークセンサ(16など)は、シリンダ速度を検出する。また、スプールストロークセンサ65の検出値が作業機コントローラ26に入力される。スプールストロークセンサ65は、スプールストロークを検出する。

【0459】

作業機制御部57は、シリンダストロークセンサの検出値(シリンダ速度)と、第1相関データとに基づいて、目標シリンダ速度が得られるようにスプールストロークを決定する。制御弁制御部26Cは、スプールストロークセンサ65の検出値(スプールストローク)と、第2相関データとに基づいて、目標スプールストロークが得られるようにパイロット油圧を決定する。制御弁制御部26Cは、第3相関データに基づいて、目標パイロット油圧が得られるように、操作指令値(電流値)を決定し、制御弁27に出力する。

20

【0460】

なお、バケット8がアーム7に対して交換される可能性がある。例えば、掘削作業内容に応じて、適切なバケット8が選択され、その選択されたバケット8がアーム7に接続される。重量が異なるバケット8がアーム7に接続されると、作業機2を駆動する油圧シリンダ60に作用する負荷が変わる可能性がある。油圧シリンダ60に作用する負荷が変わると、油圧シリンダ60が想定された動作を実行できず、介入制御が精度良く行われない可能性がある。その結果、バケット8が設計地形データUに基づいて移動できず、掘削精度が低下する可能性がある。

30

【0461】

本実施形態においては、バケット8の重量に応じた、油圧シリンダ60のシリンダ速度と方向制御弁64のスプール80の移動量との関係を示す複数の第1相関データが予め求められる。作業機コントローラ26は、その第1相関データに基づいて、方向制御弁64のスプール80の移動量を制御する。

【0462】

[効果]

以上説明したように、本実施形態によれば、圧力センサ66の検出値が圧力センサ67の検出値に一致するように、圧力センサ66の検出値を補正するようにしたので、操作装置25の操作量に応じた圧力センサ66の検出値と、圧力センサ67の検出値に基づいて導出される相関データのパイロット油圧との間に差異が生じることを抑制できる。したがって、その相関データに基づいて、掘削制御を精度良く行うことができる。

40

【0463】

また、本実施形態においては、油圧シリンダ60の動作特性を導出する較正処理において、較正対象の制御弁27のみを開けて、非較正対象である他の制御弁27を閉じるようにしたので、予期しない作業機2の動作を抑制でき、較正処理を円滑に行うことができる。

【0464】

50

また、本実施形態においては、圧力センサ 66 及び圧力センサ 67 の較正処理において、較正対象の圧力センサ 66 及び圧力センサ 67 が配置されているパイロット油路 450 の制御弁 27 を開き、他のパイロット油路 450 の制御弁 27 を閉じるようにしたので、予期しない作業機 2 の動作を抑制でき、較正処理を円滑に行うことができる。

【0465】

また、本実施形態においては、作業機 2 の可動範囲の端部に作業機 2 が配置された状態で、圧力センサ 66 及び圧力センサ 67 の較正処理が行われる。したがって、例えば、フルレバー状態で圧力センサ 66 及び圧力センサ 67 の較正処理を行うときにおいても、作業機 2 が動いてしまうことが抑制される。

【0466】

また、本実施形態においては、ブーム 6 の可動範囲の上端部にブーム 6 が配置された状態で、ブーム上げ用油路の圧力センサ 66 の検出値及び圧力センサ 67 の検出値に関するデータを取得し、確実に較正ができる。ブーム 7 の下げ動作が行われている状態で、ブーム下げ用油路の圧力センサ 66 の検出値及び圧力センサ 67 の検出値に関するデータを取得する。これにより、ブーム 7 が地面に接触することを抑制しつつ、較正処理を円滑に行うことができる。

【0467】

また、本実施形態によれば、フルレバー状態及びニュートラル状態それぞれにおいて、圧力センサ 66 の検出値が圧力センサ 67 の検出値に一致するように、圧力センサ 66 の検出値が補正される。これにより、操作装置 25 のフルレバー状態及びニュートラル状態のそれぞれにおいて、圧力センサ 66 の検出値と圧力センサ 67 の検出値とを一致させることができる。

【0468】

また、本実施形態によれば、動作開始操作指令値及び微速度動作特性を導出し、その導出した結果に基づいて作業機 2 を制御するようにしたので、掘削精度の低下が抑制される。例えば、機種に応じて、油圧シリンダ 60（作業機 2）の動作特性が異なる可能性がある。特に、油圧シリンダ 60 の動作開始（動き出し）及び微速度領域における動作特性は、機種間での差異が大きい可能性がある。また、バケット 8 の種類（重量）が変更されたときにおいても、油圧シリンダ 60 の動作開始（動き出し）及び微速度領域における動作特性が大きく変化する可能性がある。動作開始操作指令値及び微速度動作特性を導出し、その導出した結果を記憶部 26G に記憶し、その記憶部 26G の記憶情報を使って油圧シリンダ 60 を制御するため、異なる機種においても、あるいはバケット 8 の重量が変更されても、掘削精度の低下が抑制される。

【0469】

特に、介入制御を精度良く行うためには、油圧シリンダ 60 の動き出しの特性及び微速度領域における動作特性が重要である。すなわち、介入制御は、例えば、目標掘削地形 U に沿って作業機 2 を低速で移動する場面において実行される可能性が高い。また、介入制御は、作業機 2 の停止と駆動とを繰り返しながら、目標掘削地形 U に沿って作業機 2 を移動する場面において実行される可能性が高い。そのため、油圧シリンダ 60 の動き出しの特性及び微速度領域における動作特性を予め把握しておくことによって、介入制御を精度良く行うことができる。

【0470】

また、本実施形態によれば、操作指令値として、制御弁 27 に供給される電流値についての動作特性が求められる。操作指令値は、パイロット油圧の圧力値でもよいし、スプールストローク値（スプール 80 の移動量値）でもよい。これにより、電流値、パイロット油圧値、スプールストローク値、及びシリンダ速度値の少なくとも 2 つの値の相関データを取得して、掘削制御を精度良く行うことができる。

【0471】

また、本実施形態においては、動作開始操作指令値及び微速度動作特性のみならず、通常速度動作特性も導出される。したがって、油圧シリンダ 60 の動き出し、微速度領域で

10

20

30

40

50

の油圧シリンダ 60 の特性、及び通常速度領域での油圧シリンダ 60 の特性のそれぞれを把握して、掘削制御を精度良く行うことができる。

【0472】

また、本実施形態においては、介入弁 27C について、動作開始操作指令値及び前記微速度動作特性が導出される。減圧弁 27A 及び減圧弁 27B については、動作開始操作指令値及び通常速度動作特性が導出され、微速度動作特性は導出されない。上述のように、介入制御においては、動き出しの特性及び微速度領域における動作特性が重要であるため、介入弁 27C について、動作開始操作指令値及び前記微速度動作特性を導出することによって、介入制御を精度良く行うことができる。一方、上述したように、減圧弁 27A 及び減圧弁 27B は、専ら、停止制御で使用される場面が多い。そのため、減圧弁 27A 及び減圧弁 27B については、動作開始操作指令値及び通常速度動作特性を導出し、微速度動作特性は導出しないようにすることで、較正処理に要する時間を短縮することができる。

10

【0473】

また、本実施形態において、介入制御は、ブーム 6 の上げ動作を制御することを含む。本実施形態において、アーム 7 及びバケット 8 は、介入制御されず、オペレータ（操作装置 25）の操作に委ねられる。そのため、ブーム用油路に配置される介入弁 27C については、動作開始操作指令値及び前記微速度動作特性を導出し、アーム用油路及びバケット用油路のそれぞれに配置される減圧弁 27A 及び減圧弁 27B については、動作開始操作指令値を導出し、微速度動作特性を導出しないようにすることで、較正処理に要する時間を短縮することができる。

20

【0474】

また、本実施形態においては、マンマシンインターフェース部 32 を介して、較正処理の実施が油圧ショベル 100 のユーザ（オペレータ）に開放されている。そのため、ユーザは、必要なタイミングで較正処理を実施することができる。例えば、バケット（アタッチメント）8 を交換したタイミングで、較正処理を実施することができる。また、較正処理においては、表示部 322 に作業機 2 の姿勢調整要求情報が表示されるため、オペレータは、較正作業を円滑に行うことができる。

【0475】

また、本実施形態においては、制御弁制御部 27C は、例えば、第 1 シーケンスが終了してから第 2 シーケンスが開始されるまでの間、第 2 シーケンスが終了してから第 3 シーケンスが開始されるまでの間、及び第 3 シーケンスが終了してから第 4 シーケンスが開始されるまでの間のそれぞれにおいて、複数の制御弁 27 を開ける。これにより、オペレータは、操作装置 25 を使って、作業機 2 を初期姿勢（所定姿勢）に調整することができる。

30

【0476】

また、本実施形態によれば、ブーム 6 の介入制御（掘削制限制御）において、バケット 8 の複数の重量のそれぞれに対応した第 1 相関データを複数求め、バケット 8 が交換されたとき、使用する第 1 相関データを選択し、その選択された第 1 相関データに基づいて、スプール 80 の移動量を制御するようにしたので、掘削精度の低下が抑制される。すなわち、バケット 8 の交換などによる作業機 2 の重量の変化が考慮されないと、当初想定していた操作装置 25 の操作量に基づいて出力された電流値に対応するように油圧シリンダ 60 が作動せず、油圧シリンダ 60 が想定された動作を実行できない可能性がある。特に、油圧シリンダ 60 の動き出しの微操作局面では、油圧シリンダ 60 の動き出しが遅くなり、ひどい場合にはハンチングを起こす可能性がある。

40

【0477】

本実施形態によれば、作業機 2 の重量の変化を考慮して、目標シリンダ速度で油圧シリンダ 60 が作動するように、第 1 相関データが活用される。また、その第 1 相関データは、上げ動作を実行するための油圧シリンダ 60 の動き出しの速度プロファイルを、バケット 8 の重量に応じて設定している。これにより、掘削精度が低下を抑制することができる。

50

。

【0478】

また、本実施形態によれば、油圧シリンダ60は、作業機2の上げ動作及び下げ動作が実行されるように作動する。作業機2の上げ動作と下げ動作とで、油圧シリンダ60に作用する負荷が変わり、シリンダ速度の変化量が異なる。本実施形態によれば、第1相関データは、上げ動作及び下げ動作のそれぞれにおけるシリンダ速度とスプールストロークとの関係を含むため、上げ動作及び下げ動作のそれぞれにおいて、スプール80の移動量が適切に制御され、掘削精度の低下が抑制される。

【0479】

また、本実施形態によれば、作業機2の下げ動作においてスプール80が原点から所定量を移動したときの第1重量のバケット8に関するシリンダ速度と第2重量のバケット8に関するシリンダ速度との差は、作業機2の上げ動作においてスプール80が原点から所定量を移動したときの第1重量のバケット8に関するシリンダ速度と第2重量のバケット8に関するシリンダ速度との差よりも大きい。下げ動作における差、及び上げ動作における差を考慮して、スプール80の移動量を適切に制御することにより、掘削精度の低下が抑制される。

【0480】

また、本実施形態によれば、油圧シリンダ60は、シリンダ速度が零の初期状態から作業機2の上げ動作が実行されるように作動し、第1重量のバケット8に関する初期状態からのシリンダ速度の変化量と、第2重量のバケット8に関する前記初期状態からのシリンダ速度の変化量とは、異なる。バケット8の重量の違いによる初期状態から上げ動作が実行されるときシリンダ速度の変化量を考慮して、スプール80の移動量を適切に制御することにより、掘削精度の低下が抑制される。

【0481】

また、本実施形態によれば、作業機制御部57は、制御弁27に制御信号を出力する。すなわち、制限掘削制御において、制御信号は、電磁比例制御弁である制御弁27に出力される。これにより、パイロット油圧を調整して、油圧シリンダ60に対する作動油の供給量の調整を高速で精確に行うことができる。

【0482】

また、本実施形態においては、シリンダ速度とスプール80の移動量との関係を示す第1相関データのみならず、スプール80の移動量とパイロット油圧との関係を示す第2相関データと、パイロット油圧と制御部262から制御弁27に出力される制御信号との関係を示す第3相関データとが予め求められ、記憶部261に記憶される。したがって、制御部262は、第1相関データ、第2相関データ、及び第3相関データに基づいて、制御弁27に制御信号を出力することによって、油圧シリンダ60を目標シリンダ速度でより正確に移動することができる。

【0483】

なお、本実施形態においては、シリンダ速度とスプールストロークとの関係を示す第1相関データ、スプールストロークとパイロット油圧との関係を示す第2相関データ、及びパイロット油圧と電流値との関係を示す第3相関データを使う例について説明した。記憶部26Gに、シリンダ速度とパイロット油圧との関係を示す相関データが記憶され、その相関データを使って作業機2が制御されてもよい。すなわち、第1相関データと第2相関データとを合わせた相関データが実験又はシミュレーションによって予め求められ、その相関データに基づいて、パイロット油圧が制御されてもよい。

【0484】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。作業機コントローラ26で行った各較正はセンサコントローラ30や表示コントローラ28によって行われてもよい。

【0485】

上記の実施形態では、建設機械の一例として油圧ショベルを挙げているが油圧ショベルに限らず、他の種類の建設機械に本発明が適用されてもよい。

【0486】

グローバル座標系における油圧ショベルCMの位置の取得は、GNSSに限らず、他の測位手段によって行われてもよい。従って、刃先8aと設計地形との距離dの取得は、GNSSに限らず、他の測位手段によって行われてもよい。

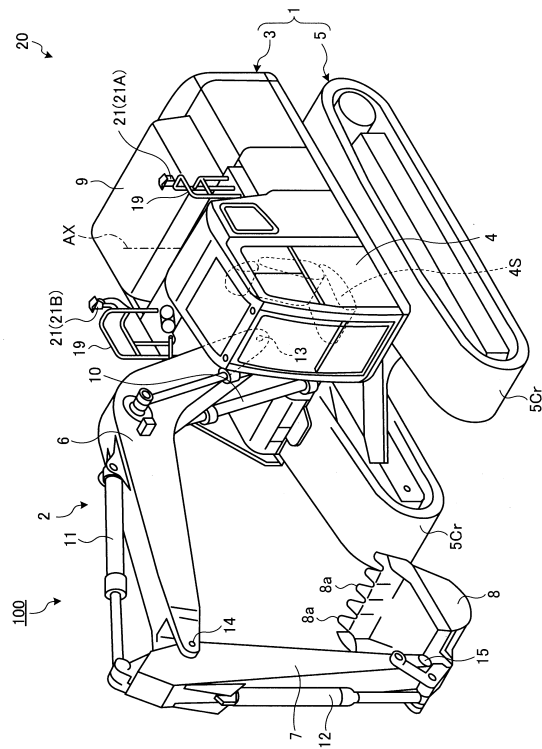
【符号の説明】

【0487】

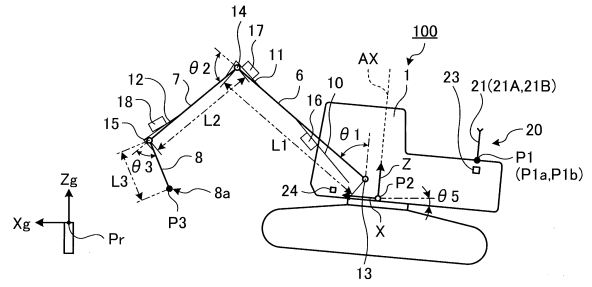
1	車両本体	
2	作業機	10
3	旋回体	
4	運転室	
5	走行装置	
5C r	履帯	
6	ブーム	
7	アーム	
8	バケット	
8a	先端部（刃先）	
9	エンジンルーム	
10	ブームシリンダ	20
11	アームシリンダ	
12	バケットシリンダ	
13	ブームピン	
14	アームピン	
15	バケットピン	
16	第1ストロークセンサ	
17	第2ストロークセンサ	
18	第8ストロークセンサ	
19	手すり	
20	位置検出装置	30
21	アンテナ	
23	グローバル座標演算部	
24	IMU	
25	操作装置	
25L	第2操作レバー	
25R	第1操作レバー	
26	作業機コントローラ	
27	制御弁	
27A	減圧弁	
27B	減圧弁	40
27C	介入弁	
28	表示コントローラ	
29	表示部	
30	センサコントローラ	
32	マンマシンインターフェース部	
34	ロックレバー	
40A	キャップ側油室	
40B	ロッド側油室	
47	油路	
48	油路	50

5 0	介入用油路	
5 1	シャトル弁	
6 0	油圧シリンダ	
6 3	旋回モータ	
6 4	方向制御弁	
6 5	スプールストロークセンサ	
6 6	圧力センサ	
6 7	圧力センサ	
1 0 0	建設機械（油圧ショベル）	
1 6 1	回転ローラ	10
1 6 2	回転中心軸	
1 6 3	回転センサ部	
1 6 4	ケース	
2 0 0	制御システム	
2 5 0	圧力制御弁	
2 7 0	（2 7 0 A、2 7 0 B）	ブーム用減圧弁
2 7 1	（2 7 1 A、2 7 1 B）	アーム用減圧弁
2 7 2	（2 7 2 A、2 7 2 B）	バケット用減圧弁
3 0 0	油圧システム	
3 2 1	入力部	20
3 2 2	表示部	
4 5 0	パイロット油路	
4 5 1	パイロット油路	
4 5 2	パイロット油路	
4 5 1 0 A、4 5 1 0 B	ブーム操作用油路	
4 5 1 1 A、4 5 1 1 B	アーム操作用油路	
4 5 1 2 A、4 5 1 2 B	バケット操作用油路	
4 5 2 0 A、4 5 2 0 B	ブーム調整用油路	
4 5 2 1 A、4 5 2 1 B	アーム調整用油路	
4 5 2 2 A、4 5 2 2 B	バケット調整用油路	30
6 6 0	（6 6 0 A、6 6 0 B）	ブーム用圧力センサ
6 7 0	（6 7 0 A、6 7 0 B）	ブーム用圧力センサ
6 6 1	（6 6 1 A、6 6 1 B）	アーム用圧力センサ
6 7 1	（6 7 1 A、6 7 1 B）	アーム用圧力センサ
6 6 2	（6 6 2 A、6 6 2 B）	バケット用圧力センサ
6 7 2	（6 7 2 A、6 7 2 B）	バケット用圧力センサ
A X	旋回軸	
Q	旋回体方位データ	
S	刃先位置データ	
T	立体設計位置データ	40
U	設計地形データ	

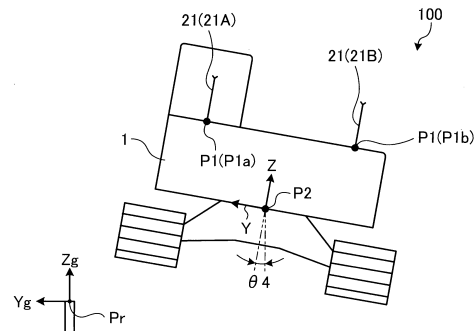
【図 1】



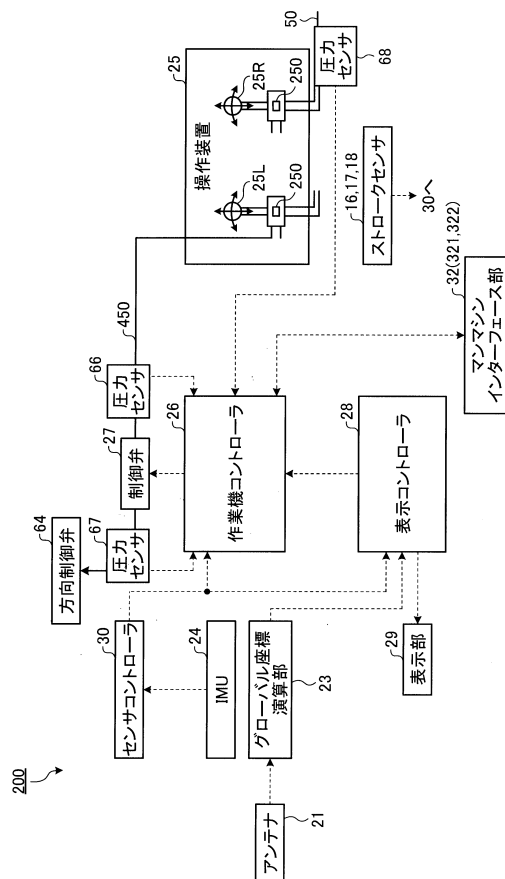
【図 2】



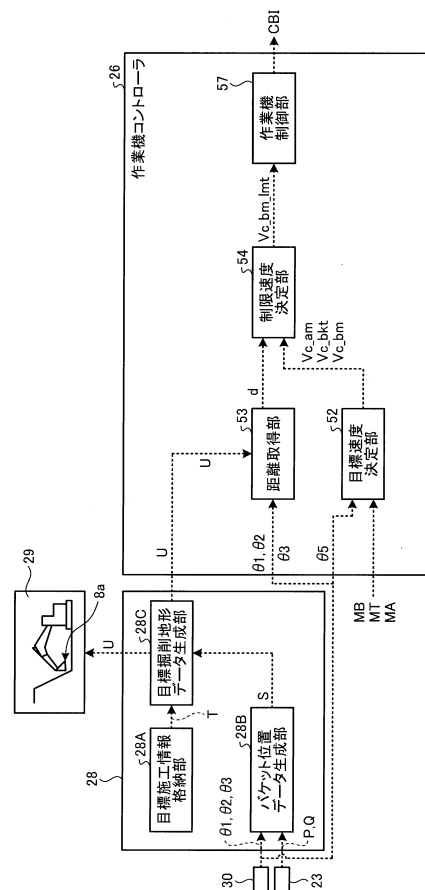
【図 3】



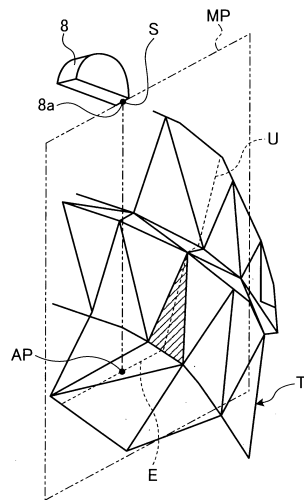
【図 4】



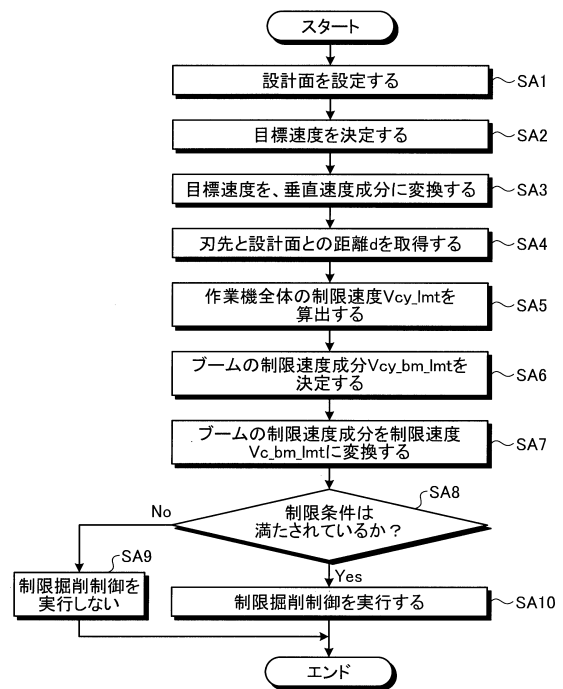
【図 5】



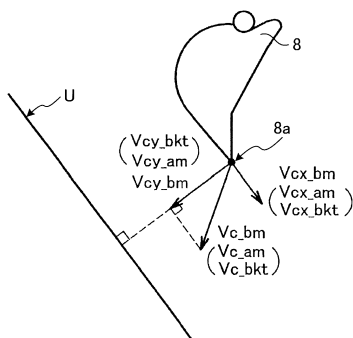
【図 6】



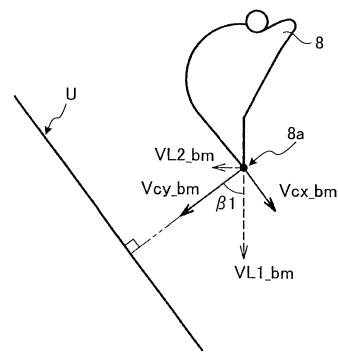
【図 7】



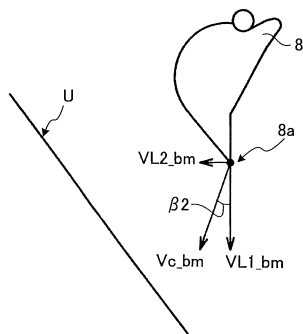
【図 8】



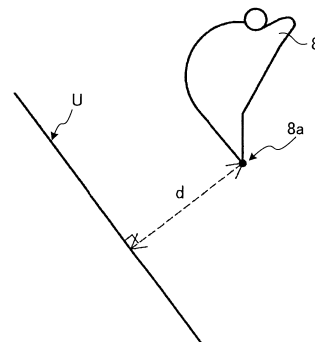
【図 10】



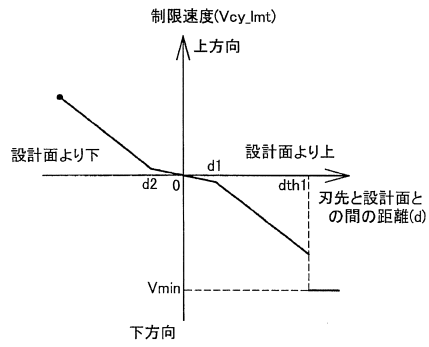
【図 9】



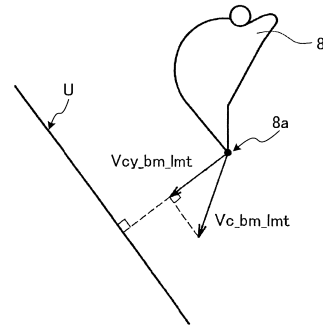
【図 11】



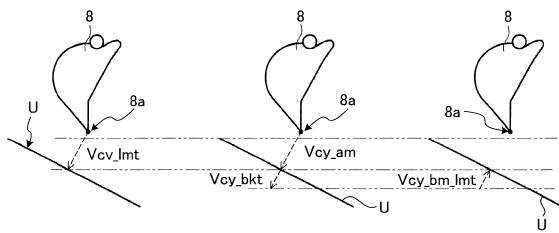
【図 1 2】



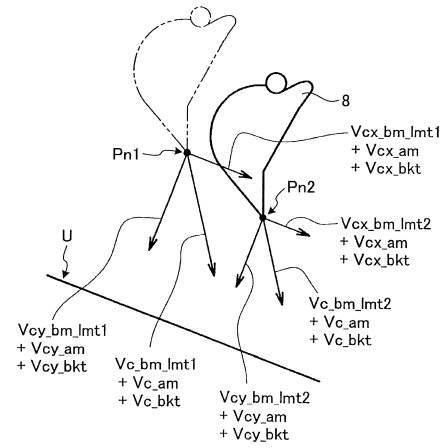
【図 1 4】



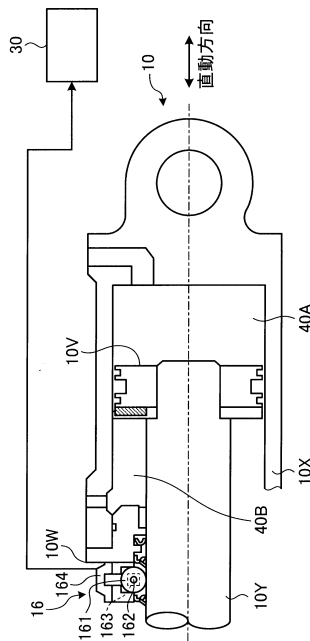
【図 1 3】



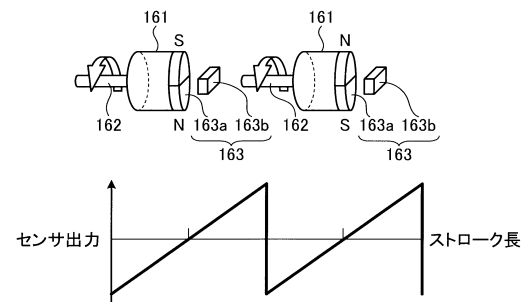
【図 1 5】



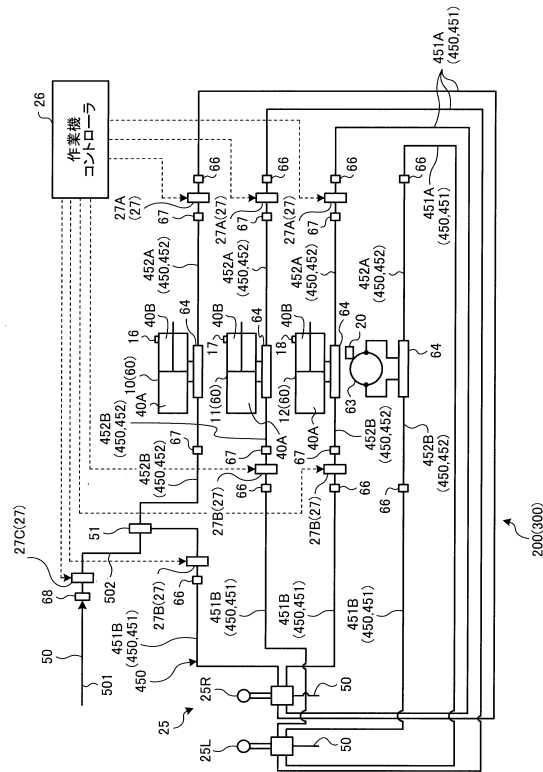
【図 1 6】



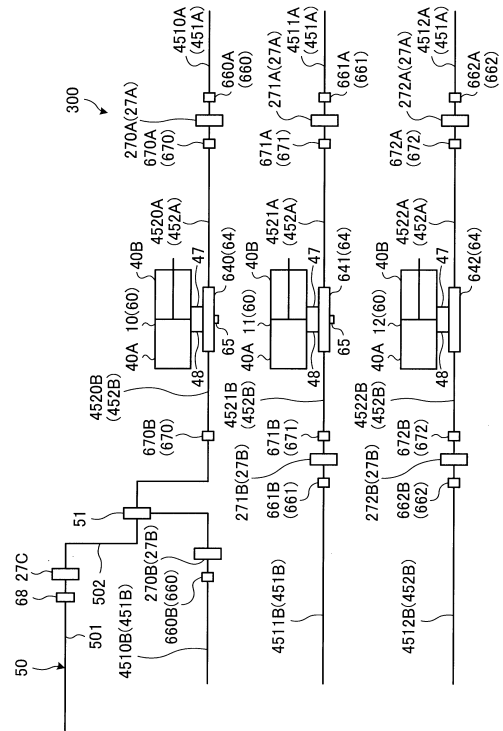
【図 1 7】



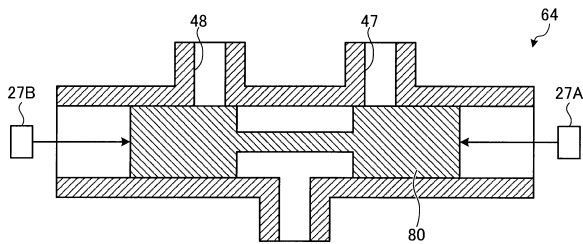
【図 18】



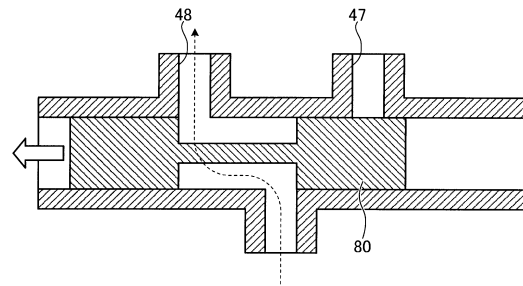
【図 19】



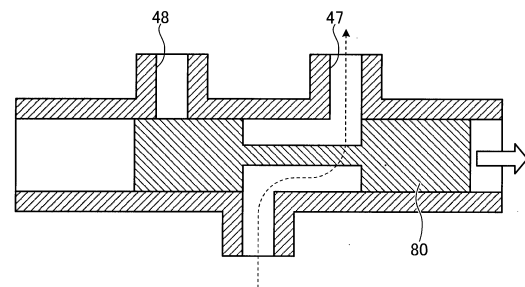
【図 20】



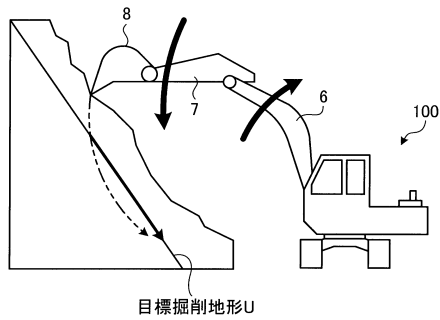
【図 21】



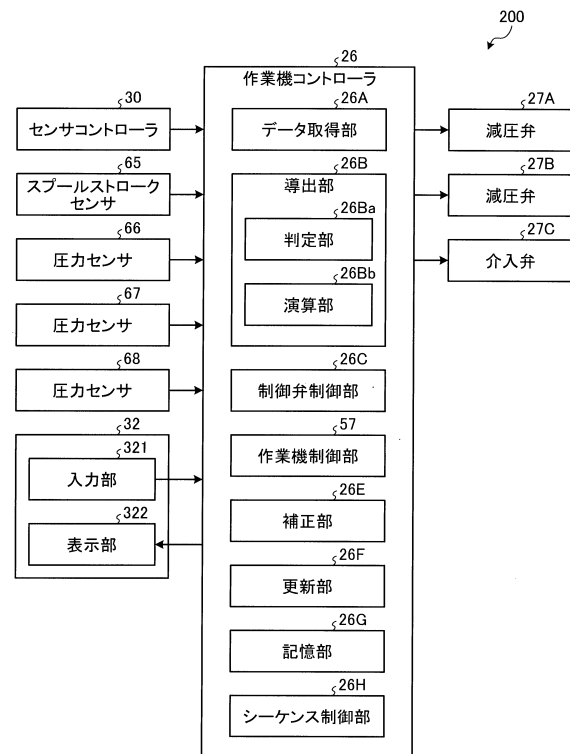
【図 22】



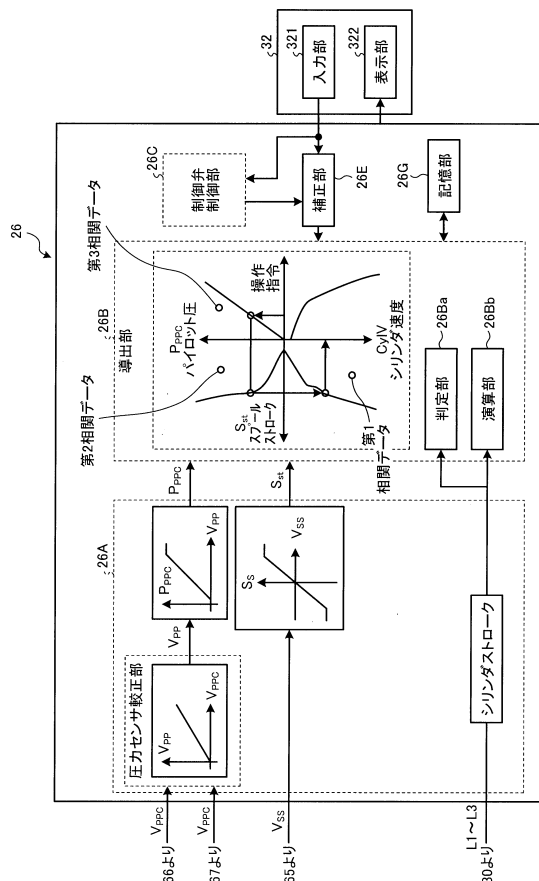
【図 2 3】



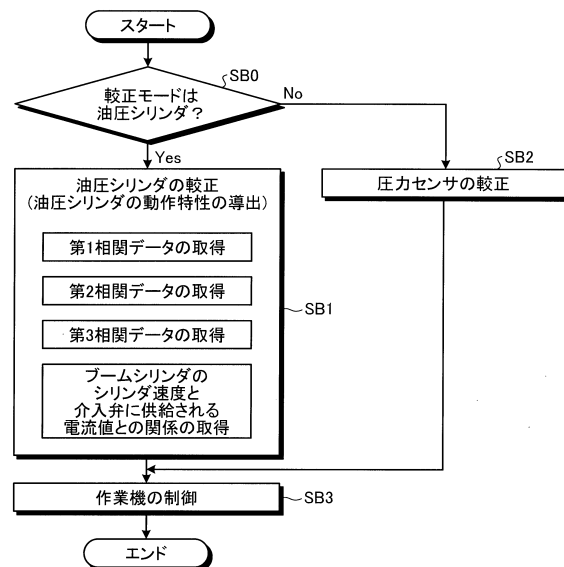
【図 2 4】



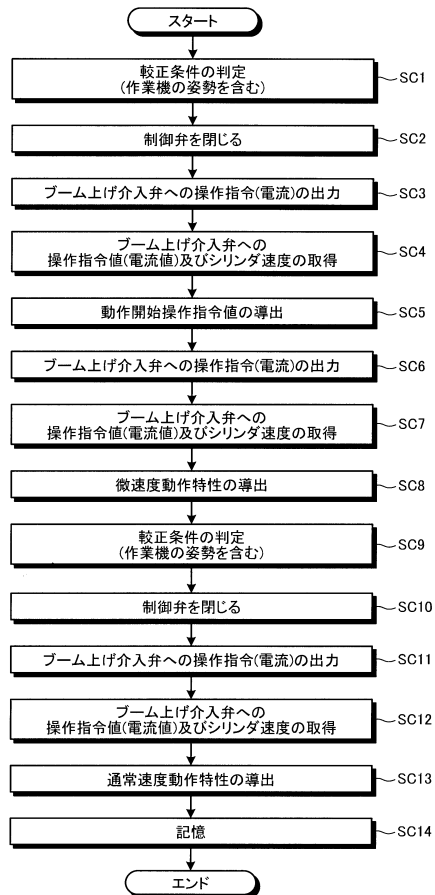
【図 2 5】



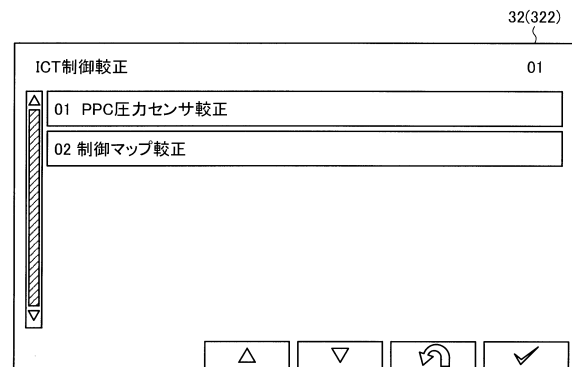
【図 2 6】



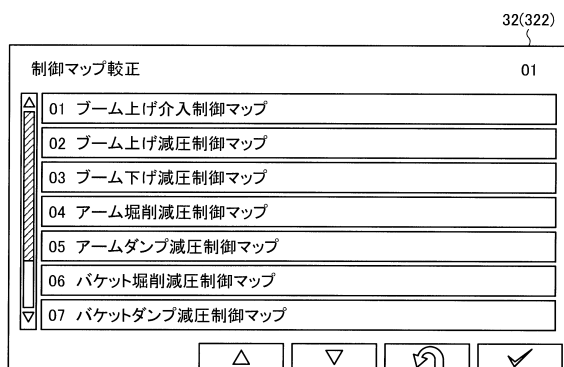
【図 27】



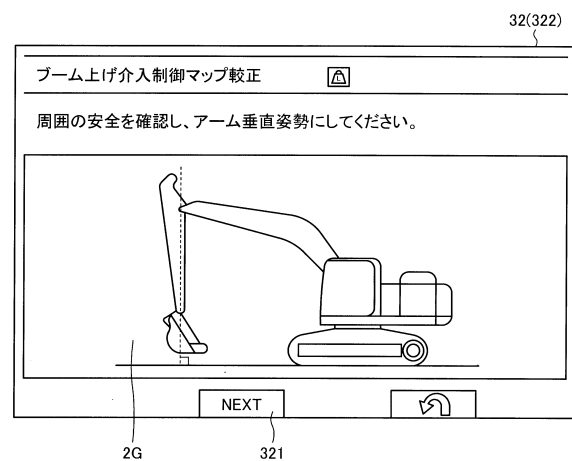
【図 28】



【図 29】



【図 30】



【図 3 1】

32(322)

ブーム上げ減圧制御マップ校正 	
作動油温	0.0°C
エンジン回転数	0rpm
ブーム上げ圧力センサ2	0.00MPa
ブームが上昇するので注意して下さい ショップマニュアル記載のアーム垂直姿勢、 ブーム上げレバール、エンジン回転Hiにして下さい	
START 	

321

【図 3 2】

32(322)

ブーム上げ減圧制御マップ校正 	
作動油温	
エンジン回転数	
ブーム上げ圧力センサ2	
ブーム上げ減圧EPC電流値	
ブーム上げPPC圧力	
ブームスプールストローク	
校正中	
CLEAR 	

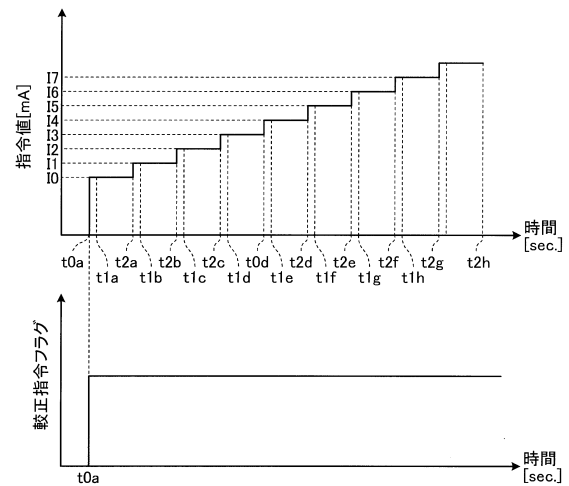
321

【図 3 3】

32(322)

ブーム上げ減圧制御マップ校正 		
EPC電流	PPC圧	スプールストローク
Ia	PPCa	Ta
Ib	-	-
Ic	-	-
Id	-	-
CLEAR  NEXT 		

【図 3 4】



【図 35】

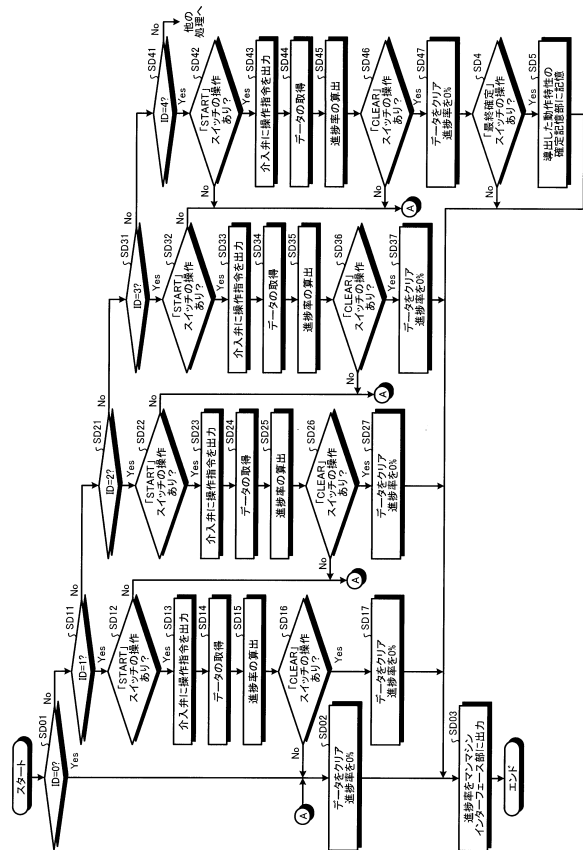
32(322)

ブーム上げ減圧制御マップ校正		
EPC電流	PPC圧	スプールストローク
Ia	PPCa	Ta
Ib	PPCb	Tb
Ic	PPCc	Tc
Id	PPCd	Td

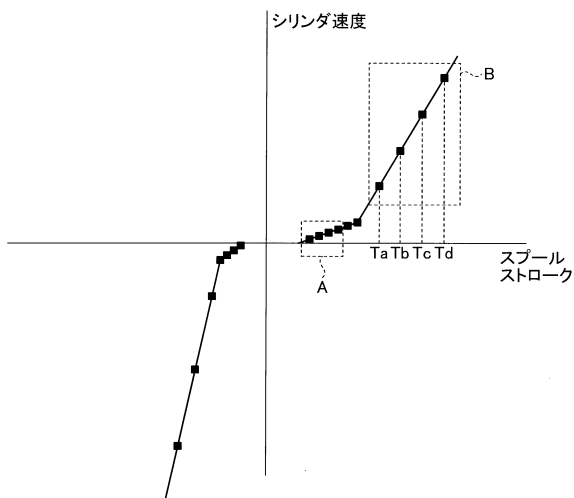
321P

CLEAR ✓

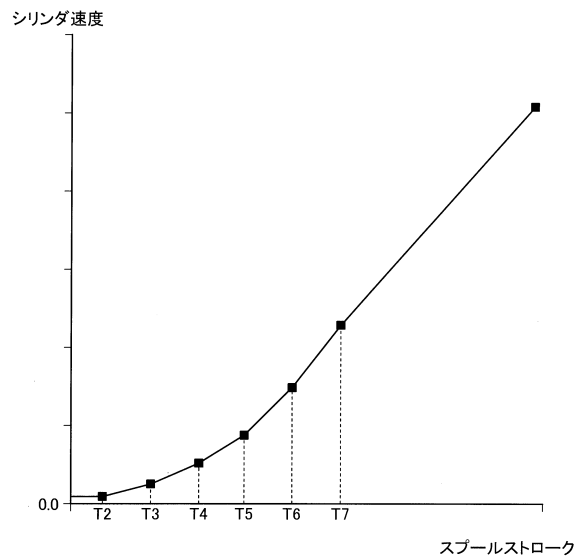
【図 36】



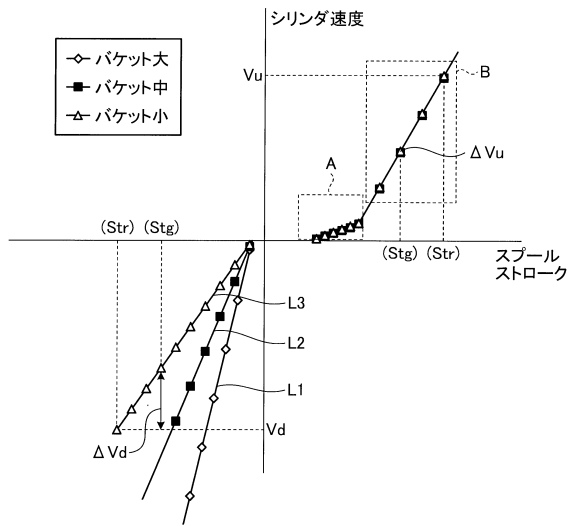
【図 37】



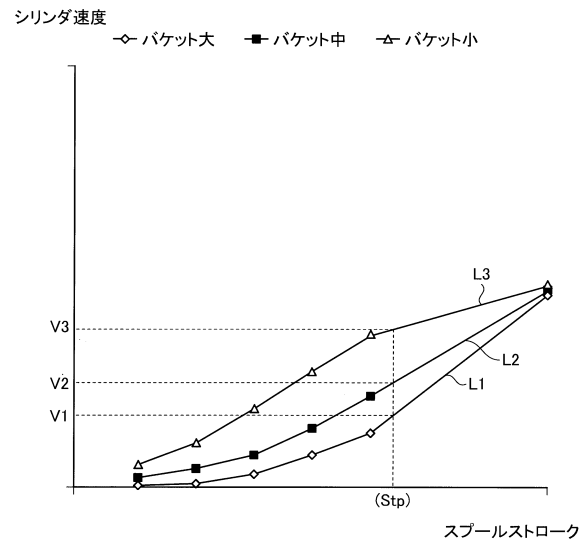
【図 38】



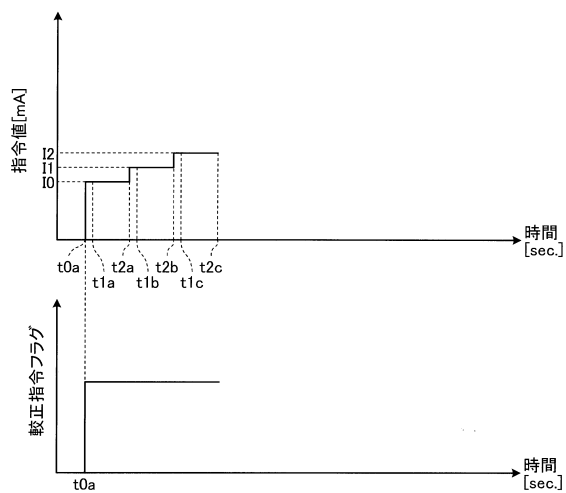
【図 39】



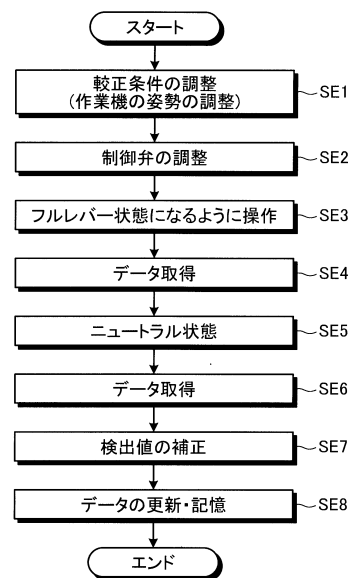
【図 40】



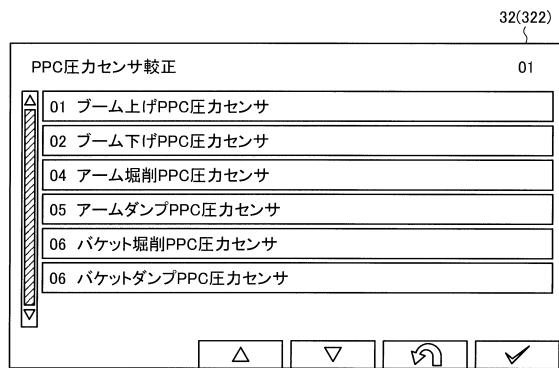
【図 41】



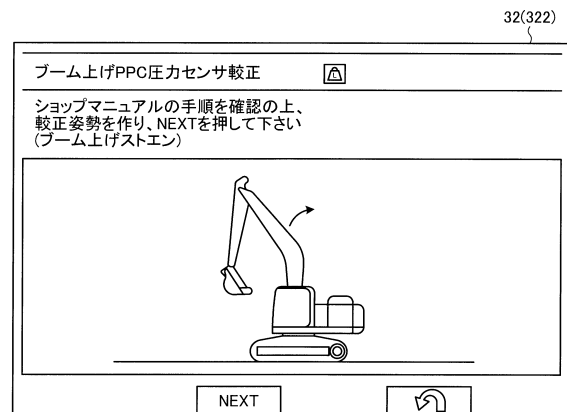
【図 42】



【図 4 3】



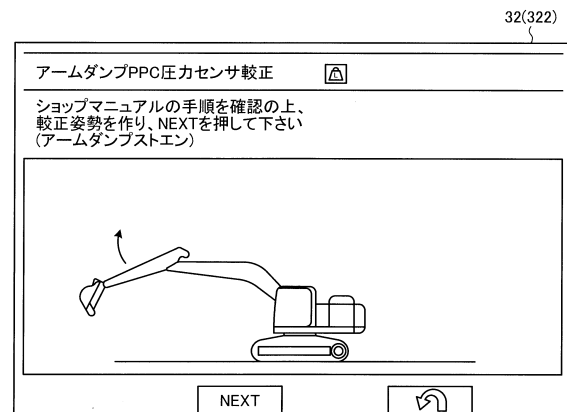
【図 4 4】



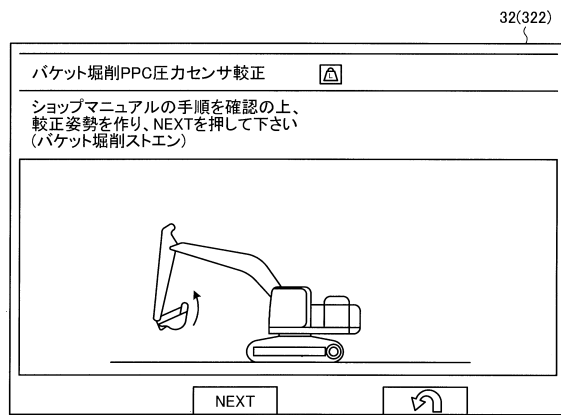
【図 4 5】



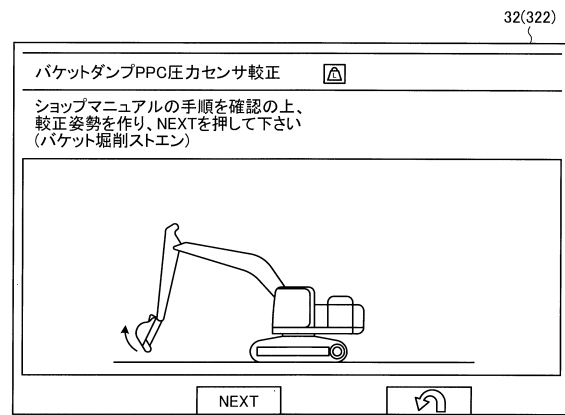
【図 4 6】



【図 4 7】



【図 4 8】



フロントページの続き

審査官 石川 信也

- (56)参考文献 特開2012-225084 (JP, A)
特開2008-224038 (JP, A)
特開平07-063202 (JP, A)
特開2011-241952 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E02F	3/43
E02F	9/20
E02F	9/22
F15B	11/00-11/22
F15B	21/14