

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7667909号
(P7667909)

(45)発行日 令和7年4月23日(2025.4.23)

(24)登録日 令和7年4月15日(2025.4.15)

(51)国際特許分類	F I
E 0 2 F 9/22 (2006.01)	E 0 2 F 9/22 L
F 1 5 B 11/028 (2006.01)	E 0 2 F 9/22 R
F 1 5 B 11/00 (2006.01)	F 1 5 B 11/028 G
	F 1 5 B 11/00 P

請求項の数 3 (全15頁)

(21)出願番号	特願2024-510009(P2024-510009)	(73)特許権者	000005522 日立建機株式会社 東京都台東区東上野二丁目16番1号
(86)(22)出願日	令和5年3月10日(2023.3.10)	(74)代理人	110001829 弁理士法人開知
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/009422	(72)発明者	伊藤 涼介 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内
(87)国際公開番号	WO2023/182010	(72)発明者	天野 裕昭 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内
(87)国際公開日	令和5年9月28日(2023.9.28)	(72)発明者	熊谷 賢人 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内
審査請求日	令和6年9月4日(2024.9.4)	(72)発明者	西川 真司
(31)優先権主張番号	特願2022-45731(P2022-45731)		
(32)優先日	令和4年3月22日(2022.3.22)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 作業機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

車体と、
前記車体に取り付けられた作業装置と、
前記作業装置を駆動するアクチュエータと、
油圧ポンプと、
前記油圧ポンプから前記アクチュエータに供給される圧油の流れを制御する方向制御弁と、
前記アクチュエータの動作を指示するための操作レバーと、
前記操作レバーの入力量に応じて前記方向制御弁を制御するコントローラとを備えた作業機械において、
前記作業装置の姿勢および動作状態を検出する慣性計測装置と、
前記アクチュエータのメータイン圧およびメータアウト圧を検出する圧力センサとを備え、
前記コントローラは、
前記操作レバーの入力量に応じて前記作業装置の目標速度を算出し、
前記目標速度を基に前記アクチュエータに供給する流量の目標値であるアクチュエータ目標流量を算出し、
前記アクチュエータ目標流量を基に前記油圧ポンプの吐出流量の目標値であるポンプ目標流量を算出し、

10

20

前記操作レバーの入力量と前記慣性計測装置の出力値と前記メータアウト圧とを基に、前記メータイン圧の目標値である目標メータイン圧を算出し、

前記慣性計測装置で得られる前記作業装置の速度と前記目標速度との差分を速度誤差として算出し、

前記メータイン圧と前記目標メータイン圧との差分を圧力誤差として算出し、

前記速度誤差と前記圧力誤差とに応じて前記ポンプ目標流量を補正する

ことを特徴とする作業機械。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の作業機械において、

前記コントローラは、

前記速度誤差に速度フィードバックゲインを掛けて速度補正流量を算出し、

前記圧力誤差に圧力フィードバックゲインを掛けて圧力補正流量を算出し、

前記速度補正流量と前記圧力補正流量とを前記ポンプ目標流量に加算することにより前記ポンプ目標流量を補正する

ことを特徴とする作業機械。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の作業機械において、

前記圧力フィードバックゲインは、前記速度誤差が大きくなるに従って増加するように設定されている

ことを特徴とする作業機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、油圧ショベル等の作業機械に関するものである。

【背景技術】

【0002】

油圧ショベル等の作業機械においては、ブーム、アーム、バケットからなるフロント作業装置を油圧シリンダなどの油圧アクチュエータにより回転駆動する。油圧アクチュエータの駆動速度は、操作レバーの入力量に応じて設定される目標速度と一致するように制御される。一般的に、目標速度に対して駆動速度が遅れなく追従することがフロント作業装置の操作性およびバケットの軌跡制御の観点からも望ましい。しかしながら、油圧アクチュエータに対する負荷など外乱の影響により駆動速度が変動し、目標速度とのズレを生じてしまうことがある。そのため、油圧アクチュエータの駆動速度が目標速度と一致するようポンプ流量を調整することで、油圧アクチュエータの負荷など外乱の影響による駆動速度の変動を低減する速度フィードバック制御が知られている（例えば特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第 2015/025818 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載の速度フィードバック制御では、油圧アクチュエータの駆動速度を姿勢センサから取得する際に、フィルタリング処理などによる遅れが生じる。また、作動油の圧縮性により、油圧アクチュエータにポンプの吐出油が流入して圧力が上昇するまで油圧アクチュエータは動き出さないが、この圧力応答遅れを速度フィードバック制御で解消することはできない。従って、特許文献 1 に記載の速度フィードバック制御のみでは、油圧アクチュエータの目標速度に対する駆動速度の追従性の向上に限界がある。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、油圧アクチュエータの目標速度に対する駆動速度の追従性を向上させることが可能な作業機械を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明は、車体と、前記車体に取り付けられた作業装置と、前記作業装置を駆動するアクチュエータと、油圧ポンプと、前記油圧ポンプから前記アクチュエータに供給される圧油の流れを制御する方向制御弁と、前記アクチュエータの動作を指示するための操作レバーと、前記操作レバーの入力量に応じて前記方向制御弁を制御するコントローラとを備えた作業機械において、前記作業装置の姿勢および動作状態を検出する慣性計測装置と、前記アクチュエータのメータイン圧およびメータアウト圧を検出する圧力センサとを備え、前記コントローラは、前記操作レバーの入力量に応じて前記作業装置の目標速度を算出し、前記目標速度を基に前記アクチュエータに供給する流量の目標値であるアクチュエータ目標流量を算出し、前記アクチュエータ目標流量を基に前記油圧ポンプの吐出流量の目標値であるポンプ目標流量を算出し、前記操作レバーの入力量と前記慣性計測装置の出力値と前記メータアウト圧とを基に、前記メータイン圧の目標値である目標メータイン圧を算出し、前記慣性計測装置で得られる前記作業装置の速度と前記目標速度との差分を速度誤差として算出し、前記メータイン圧と前記目標メータイン圧との差分を圧力誤差として算出し、前記速度誤差と前記圧力誤差とに応じて前記ポンプ目標流量を補正するものとする。

【0007】

以上のように構成した本発明によれば、作業装置の駆動速度と目標速度との差分（速度誤差）が小さくなるように、かつ、操作レバーの入力量に応じたアクチュエータのメータイン圧が得られるようにポンプ目標流量が補正されるため、作業装置の目標速度に対する駆動速度の追従性が向上する。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る作業機械によれば、油圧アクチュエータの目標速度に対する駆動速度の追従性を向上させること可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施形態に係る油圧ショベルの側面図

【図2A】図1に示す油圧ショベルに搭載された油圧駆動装置の回路図（1/2）

【図2B】図1に示す油圧ショベルに搭載された油圧駆動装置の回路図（2/2）

【図3】図2Bに示すコントローラの機能ブロック図

【図4】図3に示すポンプ目標流量補正部の演算ブロック図

【図5】図4に示す圧力フィードバックゲインの特性を示す図

【図6】図2Bに示すコントローラのポンプ流量制御に係る処理を示すフロー図

【図7】図2Bに示すコントローラのブーム方向制御弁開口制御に係る処理を示すフロー図

【図8】図2Bに示すコントローラのブリードオフ弁開口制御に係る処理を示すフロー図

【図9】図2Aに示すブリードオフ弁の目標開口特性を示す図

【図10】ブーム操作レバーが操作されたときのブームシリンダの流量およびメータイン圧の時系列変化を示す図

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1は、本実施形態に係る油圧ショベルの側面図である。油圧ショベル901は、走行体201と、走行体201上に旋回可能に配置され、車体を構成する旋回体202と、旋回体202に上下方向に回動可能に取り付けられ、土砂の掘削作業等を行う作業装置203とを備えている。旋回体202は、アクチュエータである旋回モータ211によって駆動される。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

作業装置 2 0 3 は、旋回体 2 0 2 に上下方向に回動可能に取り付けられたブーム 2 0 4 と、ブーム 2 0 4 の先端に上下方向に回動可能に取り付けられたアーム 2 0 5 と、アーム 2 0 5 の先端に上下方向に回動可能に取り付けられたバケット 2 0 6 と、ブーム 2 0 4 を駆動するアクチュエータであるブームシリンダ 2 0 4 a と、アーム 2 0 5 を駆動するアクチュエータであるアームシリンダ 2 0 5 a と、バケット 2 0 6 を駆動するアクチュエータであるバケットシリンダ 2 0 6 a とを有する。作業装置 2 0 3 には、ブーム 2 0 4、アーム 2 0 5、およびバケット 2 0 6 の姿勢および動作状態を検出する慣性計測装置 2 1 2、2 1 3、2 1 4 が設置されている。旋回体 2 0 2 には、油圧シヨベル 9 0 1 の姿勢や旋回体 2 0 2 の回転速度を検出する慣性計測装置 2 1 5、2 1 6 が設置されている。慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 は、例えば I M U で構成される。

10

【 0 0 1 2 】

旋回体 2 0 2 上の前側位置には運転室 2 0 7 が設けられており、後側位置には車体の重量バランスを確保するためのカウンタウエイト 2 0 9 が取り付けられている。運転室 2 0 7 とカウンタウエイト 2 0 9 の間には、機械室 2 0 8 が設けられている。機械室 2 0 8 には、エンジン（図示せず）、油圧ポンプ 1（図 2 A に示す）、旋回モータ 2 1 1、コントロールバルブ 2 1 0 等が収容されている。コントロールバルブ 2 1 0 は、油圧ポンプ 1 からアクチュエータ 2 0 4 a、2 0 5 a、2 0 6 a、2 1 1 に供給される圧油の流れを制御する。

20

【 0 0 1 3 】

図 2 A および図 2 B は、油圧シヨベル 9 0 1 に搭載される油圧駆動装置の回路図である。なお、説明を簡略化するため、図 2 A および図 2 B では、ブームシリンダ 2 0 4 a の駆動に関わる構成のみを示し、その他のアクチュエータの駆動に関わる構成を省略している。

【 0 0 1 4 】

（構成）

油圧駆動装置 9 0 2 は、例えば可変容量形油圧ポンプからなる油圧ポンプ 1 と、パイロットポンプ 9 1 と、油圧ポンプ 1 およびパイロットポンプ 9 1 に油を供給する作動油タンク 5 とを備える。油圧ポンプ 1 およびパイロットポンプ 9 1 は、エンジン（図示せず）によって駆動される。油圧ポンプ 1 の傾転角は、油圧ポンプ 1 に付設したレギュレータによって制御される。油圧ポンプ 1 のレギュレータは、流量制御指令圧ポート 1 a を有し、流量制御指令圧ポート 1 a に作用する指令圧により駆動される。

30

【 0 0 1 5 】

油圧ポンプ 1 の吐出油が供給されるポンプ流路 6 1 には、ブーム方向制御弁 1 5 および図示しない他の複数の方向制御弁がメータイン流路 6 2、6 3 および図示しない複数のメータイン流路を介して平行に接続されている。ブーム方向制御弁 1 5 は、パイロットポート 1 5 a、1 5 b に作用する指令圧で駆動され、油圧ポンプ 1 からブームシリンダ 2 0 4 a に供給される圧油の流れを制御する。

【 0 0 1 6 】

メータイン流路 6 2、6 3 には、ブームシリンダ 2 0 4 a からポンプ流路 6 1 への逆流を防止するためのチェック弁 3 0 が配置されている。ポンプ流路 6 1 は、過剰な圧力上昇から回路を保護するために、メインリリーフ弁 4 0 を介して作動油タンク 5 に接続されている。ポンプ流路 6 1 は、油圧ポンプ 1 の余剰な吐出油を排出できるように、ブリードオフ弁 3 7 を介して作動油タンク 5 に接続されている。

40

【 0 0 1 7 】

ポンプ流路 6 1 には、油圧ポンプ 1 の吐出圧（ポンプ圧）を検出する圧力センサ 8 5 が設けられている。ブーム方向制御弁 1 5 とブームシリンダ 2 0 4 a のボトム側とを接続する流路 7 1 には、ブームボトム圧を検出する圧力センサ 8 8 が設けられている。ブーム方向制御弁 1 5 とブームシリンダ 2 0 4 a のロッド側とを接続する流路 7 2 には、ブームロッド圧を検出する圧力センサ 8 9 が設けられている。

【 0 0 1 8 】

50

パイロットポンプ 9 1 の吐出ポートは、パイロット一次圧生成用のパイロットリリーフ弁 9 2 を介して作動油タンク 5 に接続されると共に、流路 9 6 を介して、電磁弁ユニット 9 3 に内蔵される電磁弁 9 3 a ~ 9 3 d の一方の入力ポートに接続される。電磁弁 9 3 a ~ 9 3 d の他方の入力ポートは、流路 9 7 を介して作動油タンク 5 に接続される。電磁弁 9 3 a ~ 9 3 d は、それぞれ、コントローラ 9 4 からの指令信号に応じてパイロット一次圧を減圧し、指令圧として出力する。

【 0 0 1 9 】

電磁弁 9 3 a の出力ポートは、油圧ポンプ 1 のレギュレータの流量制御指令圧ポート 1 a に接続される。電磁弁 9 3 b , 9 3 c の出力ポートは、ブーム方向制御弁 1 5 のパイロットポート 1 5 a , 1 5 b に接続される。電磁弁 9 3 d の出力ポートは、ブリードオフ弁 3 7 の指令圧ポート 3 7 a に接続される。

10

【 0 0 2 0 】

油圧駆動装置 9 0 2 は、コントローラ 9 4 と、ブーム方向制御弁 1 5 を切り換え操作可能な操作レバー 9 5 とを備える。コントローラ 9 4 は、操作レバー 9 5 の入力量、慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 の出力値、および圧力センサ 8 5 , 8 8 , 8 9 の出力値に応じた指令信号を電磁弁 9 3 a ~ 9 3 d へ出力する。

【 0 0 2 1 】

図 3 は、コントローラ 9 4 の機能ブロック図である。コントローラ 9 4 は、ブーム目標速度演算部 9 4 a と、ブーム目標流量演算部 9 4 b と、速度誤差演算部 9 4 c と、圧力誤差演算部 9 4 d と、ブリードオフ弁目標開口演算部 9 4 e と、推定ブリードオフ流量演算部 9 4 f と、ポンプ目標流量演算部 9 4 g と、ポンプ目標流量補正部 9 4 h と、ポンプ流量制御指令出力部 9 4 i と、ブーム方向制御弁目標メータイン開口演算部 9 4 j と、ブーム方向制御弁制御指令出力部 9 4 k と、要求トルク演算部 9 4 l と、重力モーメント演算部 9 4 m と、慣性モーメント演算部 9 4 n と、目標トルク演算部 9 4 o と、ブーム目標ボトム圧演算部 9 4 p と、ブリードオフ弁制御指令出力部 9 4 q とを有する。

20

【 0 0 2 2 】

ブーム目標速度演算部 9 4 a は、予め設定された、操作レバー入力量に対するブーム目標速度特性に従い、操作レバー入力量に応じたブーム目標速度 V_{TgtBm} を算出する。ブーム目標流量演算部 9 4 b は、ブーム目標速度演算部 9 4 a で算出されたブーム目標速度 V_{TgtBm} を基に、ブームシリンダ 2 0 4 a に供給する流量の目標値 (ブーム目標流量 Q_{TgtBm}) を算出する。ブーム方向制御弁目標メータイン開口演算部 9 4 j は、ブーム目標流量演算部 9 4 b で算出されたブーム目標流量 Q_{TgtBm} と圧力センサ 8 5 , 8 8 , 8 9 で得られるブーム方向制御弁 1 5 の前後差圧 P とを基に、ブーム方向制御弁 1 5 のメータイン開口の目標値 (ブーム方向制御弁目標メータイン開口 A_{TgtBm}) を算出する。ブーム方向制御弁制御指令出力部 9 4 k は、予め設定された、ブーム方向制御弁目標メータイン開口 A_{TgtBm} に対する電磁弁指令信号特性に従い、ブーム方向制御弁目標メータイン開口 A_{TgtBm} に応じた指令信号 (ブーム方向制御弁制御指令信号) を電磁弁 9 3 b , 9 3 c へ出力する。

30

【 0 0 2 3 】

速度誤差演算部 9 4 c は、ブーム目標速度演算部 9 4 a で算出されたブーム目標速度 V_{TgtBm} と慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 で得られるブーム 2 0 4 の駆動速度との差分を速度誤差として算出する。要求トルク演算部 9 4 l は、予め設定された、操作レバー入力量に対するブーム要求トルク特性に従い、操作レバー入力量に応じたブーム要求トルク T_{ReqBm} を算出する。重力モーメント演算部 9 4 m は、慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 の出力値と車体仕様値とを基に、ブームモーメントの重力成分を重力モーメント $T_{Gravity}$ として算出する。慣性モーメント演算部 9 4 n は、重力モーメント演算部 9 4 m で算出された重力モーメント $T_{Gravity}$ と慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 の出力値とを基に、ブームモーメントの慣性成分を慣性モーメント $T_{Inertia}$ として算出する。目標トルク演算部 9 4 o は、要求トルク演算部 9 4 l で算出された要求トルクと重力モーメント演算部 9 4 m で算出された重力モーメント $T_{Gravity}$ と慣性モーメント演算部 9 4 n で算出

40

50

された慣性モーメント $T_{Inertia}$ とを基に、ブーム 204 の目標トルク T_{TgtBm} を算出する。圧力誤差演算部 94d は、ブーム目標ボトム圧演算部 94p で算出されたブーム目標ボトム圧と圧力センサ 88 で得られるブームボトム圧との差分を圧力誤差 E_p として算出する。

【0024】

ブリードオフ弁目標開口演算部 94e は、予め設定された、操作レバー入力量に対するブリードオフ弁目標開口特性に従い、操作レバー入力量に応じたブリードオフ弁目標開口を算出する。推定ブリードオフ流量演算部 94f は、ブリードオフ弁目標開口演算部 94e で算出されたブリードオフ弁目標開口を基に推定ブリードオフ流量 Q_{EstBO} を算出する。ポンプ目標流量演算部 94g は、ブーム目標流量演算部 94b で算出されたブーム目標流量 Q_{TgtBm} と推定ブリードオフ流量演算部 94f で算出された推定ブリードオフ流量 Q_{EstBO} とを基にポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を演算する。ポンプ目標流量補正部 94h は、ポンプ目標流量演算部 94g で算出されたポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を、速度誤差演算部 94c で算出された速度誤差 E_s と圧力誤差演算部 94d で算出された圧力誤差 E_p とに応じて補正する。ポンプ流量制御指令出力部 94i は、予め設定された、ポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} に対する電磁弁指令信号特性に従い、ポンプ目標流量補正部 94h にて補正されたポンプ目標流量に応じた指令信号（ポンプ流量制御指令信号）を電磁弁 93a へ出力する。

10

【0025】

ブリードオフ弁制御指令出力部 94q は、予め設定された、ブリードオフ弁目標開口に対する電磁弁指令信号特性に従い、ブリードオフ弁目標開口演算部 94e で算出されたブリードオフ弁目標開口に応じた指令信号（ブリードオフ弁制御指令信号）を電磁弁 93d へ出力する。

20

【0026】

図 4 は、ポンプ目標流量補正部 94h の演算ブロック図である。ポンプ目標流量補正部 94h は、ポンプ目標流量演算部 94g で算出されたポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} に、圧力誤差 E_p に圧力フィードバックゲイン G_p を掛けた値（圧力補正流量）と速度誤差 E_s に速度フィードバックゲイン G_s を掛けた値（速度補正流量）とを加算することによりポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を補正する。本実施形態における速度フィードバックゲイン G_s は一定値であるのに対し、圧力フィードバックゲイン G_p は速度誤差 E_s に応じて変化する。

30

【0027】

図 5 は、圧力フィードバックゲイン G_p の特性を示す図である。速度誤差 E_s が小さいときは速度フィードバック制御のみでポンプ流量の追従性を確保することができる一方、速度誤差 E_s が大きいときは速度フィードバック制御のみではポンプ流量の追従性を確保することができない。そこで本実施形態では、圧力フィードバックゲイン G_p を速度誤差 E_s に応じて増加するように設定している。これにより、速度誤差 E_s が大きくなるに従ってポンプ流量に対する圧力フィードバック制御の感度が高くなるため、速度誤差 E_s の大小に関わらずポンプ流量の追従性を確保することが可能となる。

【0028】

図 6 は、コントローラ 94 のポンプ流量制御に係る処理を示すフロー図である。

40

【0029】

コントローラ 94 は、まず、操作レバー入力がないか否かを判定する（ステップ S101）。ステップ S101 で操作レバー入力がない（YES）と判定した場合は、当該フローを終了する。

【0030】

ステップ S101 で操作レバー入力が有る（NO）と判定した場合は、ブーム目標速度演算部 94a は、予め設定された、操作レバー入力量に対するブーム目標速度特性に従い、ブーム操作レバー入力量に応じたブーム目標速度 V_{TgtBm} を算出する（ステップ S102）。

50

【0031】

ステップS102に続き、ブーム目標流量演算部94bは、ブーム目標速度演算部94aで算出されたブーム目標速度 V_{TgtBm} を基にブーム目標流量 Q_{TgtBm} を算出する(ステップS103)。また、ステップS103と並行して、速度誤差演算部94cは、ブーム目標速度演算部94aで算出されたブーム目標速度 V_{TgtBm} と慣性計測装置212~216により得られたブーム204の駆動速度との差分を速度誤差 E_s として算出する(ステップS104)。

【0032】

ステップS102と並行して、ブリードオフ弁目標開口演算部94eは、操作レバー入力量に応じたブリードオフ弁目標開口 A_{TgtBo} を算出する(ステップS105)。

10

【0033】

ステップS105に続き、推定ブリードオフ流量演算部94fは、ブリードオフ弁目標開口 A_{TgtBo} を基に推定ブリードオフ流量 Q_{EstBo} を算出する(ステップS106)。

【0034】

ステップS103, S106に続き、ポンプ目標流量演算部94gは、ブーム目標流量演算部94bで算出されたブーム目標流量 Q_{TgtBm} と推定ブリードオフ流量演算部94fで算出された推定ブリードオフ流量 Q_{EstBo} とを基にポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を算出する(ステップS107)。

【0035】

ステップS102と並行して、要求トルク演算部94lは、予め設定された、操作レバー入力量に対するブーム要求トルク特性に従い、操作レバー入力量に応じたブーム要求トルク T_{ReqBm} を算出する(ステップS108)。

20

【0036】

ステップS108に続き、重力モーメント演算部94mは、慣性計測装置212~216の出力値と車体仕様値(主に構造物の寸法など)とを基に、ブームモーメントの重力成分を重力モーメント $M_{Gravity}$ として算出する(ステップS109)。

【0037】

ステップS109に続き、慣性モーメント演算部94nは、重力モーメント演算部94mで算出された重力モーメント $M_{Gravity}$ と慣性計測装置212~216の出力値とを基に、ブームモーメントの慣性成分を慣性モーメント $M_{Inertia}$ として算出する(ステップS110)。

30

【0038】

ステップS110に続き、目標トルク演算部94oは、要求トルク演算部94lで算出されたブーム要求トルク T_{ReqBm} と重力モーメント演算部94mで算出された重力モーメント $M_{Gravity}$ と慣性モーメント演算部94nで算出された慣性モーメント $M_{Inertia}$ とを基に、数1式を用いてブーム目標トルク T_{TgtBm} を算出する(ステップS111)。ここで、ブーム要求トルク T_{ReqBm} と同一回転方向のトルクを正とする。

【0039】

【数1】

$$T_{TgtBm} = T_{ReqBm} - M_{Gravity} - M_{Inertia}$$

40

【0040】

ステップS111に続き、ブーム目標ボトム圧演算部94pで、目標トルク演算部94oで算出されたブーム目標トルク T_{TgtBm} と圧力センサ89により得られたブームロッド圧とを基に、ブーム目標ボトム圧を算出する(ステップS112)。

【0041】

ステップS112に続き、圧力誤差演算部94dは、ブーム目標ボトム圧演算部94pで算出されたブーム目標ボトム圧と圧力センサ88により得られたブームボトム圧との差

50

分を圧力誤差 E_p として算出する (ステップ S 1 1 3)。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 1 0 4 , S 1 0 7 , S 1 1 3 に続き、ポンプ目標流量補正部 9 4 h は、速度誤差演算部 9 4 c で算出された速度誤差 E_s と圧力誤差演算部 9 4 d で算出された圧力誤差 E_p とに応じてポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を補正する (ステップ S 1 1 4)。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 1 1 4 に続き、ポンプ流量制御指令出力部 9 4 i は、予め設定された、ポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} に対する電磁弁指令信号特性に従い、ポンプ目標流量補正部 9 4 h で算出されたポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} に応じた制御指令 (ポンプ流量制御指令) をポンプ流量制御用の電磁弁 9 3 a へ出力する (ステップ S 1 1 5)。

10

【 0 0 4 4 】

ステップ S 1 1 5 に続き、ポンプ流量制御用の電磁弁 9 3 a に指令圧を生成させ (ステップ S 1 1 6)、当該指令圧に応じて油圧ポンプ 1 の傾転を変化させ (ステップ S 1 1 7)、当該フローを終了する。

【 0 0 4 5 】

図 7 は、コントローラ 9 4 のブーム方向制御弁開口制御に係る処理を示すフロー図である。

【 0 0 4 6 】

コントローラ 9 4 は、まず、ブーム操作レバー入力がないか否かを判定する (ステップ S 2 0 1)。ステップ S 2 0 1 でブーム操作レバー入力がない (YES) と判定した場合は、当該フローを終了する。

20

【 0 0 4 7 】

ステップ S 2 0 1 でブーム操作レバー入力がある (NO) と判定した場合は、ブーム目標速度演算部 9 4 a は、予め設定された、ブーム操作レバー入力量に対するブーム目標速度特性に従い、ブーム操作レバー入力量に応じたブーム目標速度 V_{TgtBm} を算出する (ステップ S 2 0 2)。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 2 0 2 に続き、ブーム目標流量演算部 9 4 b は、ブーム目標速度演算部 9 4 a で算出されたブーム目標速度 V_{TgtBm} を基にブーム目標流量 Q_{TgtBm} を算出する (ステップ S 2 0 3)。

30

【 0 0 4 9 】

ステップ S 2 0 3 に続き、ブーム方向制御弁目標メータイン開口演算部 9 4 j は、ブーム目標流量演算部 9 4 b で算出されたブーム目標流量 Q_{TgtBm} と圧力センサ 8 5 , 8 8 , 8 9 の出力値から得られるブーム方向制御弁 1 5 の前後差圧 P とを基に、数 2 式を用いてブーム方向制御弁 1 5 の目標メータイン開口 A_{TgtBm} を算出する (ステップ S 2 0 4)。

【 0 0 5 0 】

【数 2】

$$A_{TgtBm} = Q_{TgtBm} / (C_d \times \sqrt{(2 \times \Delta P / \rho)})$$

40

【 0 0 5 1 】

ここで、 C_d は流量係数、 ρ は作動油密度である。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 2 0 4 に続き、ブーム方向制御弁制御指令出力部 9 4 k は、予め設定された、ブーム方向制御弁 1 5 の目標メータイン開口に対する電磁弁指令信号特性に従い、ブーム方向制御弁目標メータイン開口演算部 9 4 j で算出された目標メータイン開口 A_{TgtBm} に応じた指令信号 (ブーム方向制御弁制御指令信号) をブーム方向制御弁 1 5 用の電磁弁 9 3 b , 9 3 c へ出力する (ステップ S 2 0 5)。

【 0 0 5 3 】

50

ステップS 2 0 5に続き、ブーム方向制御弁15用の電磁弁93b, 93cに指令圧を生成させ(ステップS 2 0 6)、当該指令圧に応じてブーム方向制御弁15を開口させ(ステップS 2 0 7)、当該フローを終了する。

【0054】

図8は、コントローラ94のブリードオフ弁開口制御に係る処理を示すフロー図である。

【0055】

コントローラ94は、まず、操作レバー入力がないかを判定する(ステップS 3 0 1)。ここでいう操作レバー入力は、油圧ポンプ1のポンプ流路61に接続された複数のアクチュエータ(ブームシリンダ204aおよび図示しないその他のアクチュエータ)のいずれかに対応する操作レバー入力である。ステップS 3 0 1で操作レバー入力がない(YES)と判定した場合は、当該フローを終了する。

10

【0056】

ステップS 3 0 1で操作レバー入力が有る(NO)と判定した場合は、ブリードオフ弁目標開口演算部94eは、図9に示すブリードオフ弁目標開口特性に従い、操作レバー入力量に応じたブリードオフ弁37の目標開口 A_{TgtBO} を算出する(ステップS 3 0 2)。図9において、ブリードオフ弁目標開口は、操作レバー入力量がゼロ付近で最大開口となり、操作レバー入力量がある値を超えると急峻にゼロまで減少する。なお、ここでいう操作レバー入力量は、ブリードオフ弁37が接続されているポンプ流路61に接続された複数のアクチュエータ(ブームシリンダ204aおよび図示しないその他のアクチュエータ)に対応する操作レバー入力量の最大値である。

20

【0057】

図8に戻り、ステップS 3 0 2に続き、ブリードオフ弁制御指令出力部94qは、予め設定された、ブリードオフ弁37の目標開口に対する電磁弁指令信号特性に従い、ブリードオフ弁37の目標開口 A_{TgtBO} に応じた指令信号(ブリードオフ弁制御指令信号)をブリードオフ弁37用の電磁弁93dへ出力する(ステップS 3 0 3)。

【0058】

ステップS 3 0 3に続き、電磁弁93dにブリードオフ弁37の指令圧を生成させ(ステップS 3 0 4)、当該指令圧に応じてブリードオフ弁37を開口させ(ステップS 3 0 5)、当該フローを終了する。

【0059】

30

(動作)

油圧駆動装置902の動作の一例として、ブーム操作レバー95が操作されたときの油圧ポンプ1、ブーム方向制御弁15、およびブリードオフ弁37の動作を説明する。

【0060】

「油圧ポンプ」

コントローラ94は、ブーム操作レバー95の入力量に応じたブーム目標速度 V_{TgtBm} を算出し、ブーム目標速度 V_{TgtBm} と推定ブリードオフ流量 Q_{EstBO} とを基にポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を算出し、速度誤差 E_s と圧力誤差 E_p とに応じてポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を補正し、補正後のポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} に応じた指令信号(ポンプ流量制御指令信号)を電磁弁93aへ出力する。電磁弁93aは、ポンプ流量制御指令信号に応じた指令圧を生成し、油圧ポンプ1の吐出流量を制御する。

40

【0061】

「ブーム方向制御弁」

コントローラ94は、ブーム操作レバー95の入力量に応じたブーム目標速度 V_{TgtBm} を算出し、ブーム目標速度 V_{TgtBm} を基にブーム目標流量 Q_{TgtBm} を算出し、ブーム目標流量 Q_{TgtBm} とブーム方向制御弁15の前後差圧 P とを基に目標メータイン開口 A_{TgtBm} を算出し、目標メータイン開口 A_{TgtBm} に応じた指令信号(ブーム方向制御弁制御指令信号)を電磁弁93b, 93cへ出力する。電磁弁93b, 93cは、ブーム方向制御弁制御指令信号に応じた指令圧を生成し、ブーム方向制御弁15のメータイン開口を制御する。

50

【 0 0 6 2 】

「ブリードオフ弁」

コントローラ 9 4 は、ブーム操作レバー 9 5 の入力量を基にブリードオフ弁 3 7 の目標開口 A_{TgtBO} を算出し、目標開口 A_{TgtBO} に応じた指令信号（ブリードオフ弁制御指令信号）を電磁弁 9 3 d へ出力する。電磁弁 9 3 d は、ブリードオフ弁制御指令信号に応じた指令圧を生成し、ブリードオフ弁 3 7 の開口を制御する。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 は、ブーム操作レバー 9 5 が操作されたときのブームシリンダ 2 0 4 a のメータイン流量およびメータイン圧の時系列変化を示す図である。

【 0 0 6 4 】

従来技術では、ブームシリンダ 2 0 4 a の操作が開始されると、図中実線で示すように、メータイン流量の目標値（目標流量）は操作レバー入力量に応じて増加し、メータイン圧力の目標値（目標圧力）は操作レバー入力量の増加率に応じた値となる。従来技術では、油圧アクチュエータに供給する流量を制御上の目標流量としているため、図中破線で示すように、慣性の影響により油圧アクチュエータの動き出しのメータイン圧の上昇が遅い場合は、油圧アクチュエータに供給される流量（実流量）が目標流量に追従できない。

【 0 0 6 5 】

これに対し本実施形態では、速度フィードバック制御に加え、ブームシリンダ 2 0 4 a のメータイン圧（ブームボトム圧）を目標メータイン圧（ブーム目標ボトム圧）に追従させる圧力フィードバック制御が実行される。そのため、ブームシリンダ 2 0 4 a のメータイン圧と目標メータイン圧との差が大きくなるブーム 2 0 4 の動き出し時に、図中一点鎖線で示すように、目標流量が増加側に大きく補正され、ブームシリンダ 2 0 4 a のメータイン圧（実圧力）の上昇が速まる。その結果、ブームシリンダ 2 0 4 a に供給される流量（実流量）が目標流量に正確に追従し、ブーム 2 0 4 の目標速度と駆動速度との差が小さくなる。なお、ここではブームシリンダ 2 0 4 a が駆動される場合を例に説明したが、他の油圧アクチュエータが駆動される場合も同様である。

【 0 0 6 6 】

（まとめ）

本実施形態では、車体 2 0 2 と、車体 2 0 2 に取り付けられた作業装置 2 0 3 と、作業装置 2 0 3（ブーム 2 0 4）を駆動するアクチュエータ 2 0 4 a と、油圧ポンプ 1 と、油圧ポンプ 1 からアクチュエータ 2 0 4 a に供給される圧油の流れを制御する方向制御弁 1 5 と、アクチュエータ 2 0 4 a の動作を指示するための操作レバー 9 5 と、操作レバー 9 5 の入力量に応じて方向制御弁 1 5 を制御するコントローラ 9 4 とを備えた作業機械 9 0 1 において、作業装置 2 0 3（ブーム 2 0 4）の姿勢および動作状態を検出する慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 と、アクチュエータ 2 0 4 a のメータイン圧およびメータアウト圧を検出する圧力センサ 8 8 , 8 9 とを備え、コントローラ 9 4 は、操作レバー 9 5 の入力量に応じて作業装置 2 0 3（ブーム 2 0 4）の目標速度 V_{TgtBm} を算出し、目標速度 V_{TgtBm} を基にアクチュエータ 2 0 4 a に供給する流量の目標値であるアクチュエータ目標流量 Q_{TgtBm} を算出し、アクチュエータ目標流量 Q_{TgtBm} を基に油圧ポンプ 1 の吐出流量の目標値であるポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を算出し、操作レバー 9 5 の入力量と慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 の出力値と前記メータアウト圧（ブームロード圧）とを基に、前記メータイン圧（ブームボトム圧）の目標値である目標メータイン圧（ブーム目標ボトム圧）を算出し、慣性計測装置 2 1 2 ~ 2 1 6 で得られる作業装置 2 0 3（ブーム 2 0 4）の駆動速度と目標速度 V_{TgtBm} との差分を速度誤差 E_s として算出し、圧力センサ 8 8 で得られるアクチュエータ 2 0 4 a のメータイン圧（ブームボトム圧）と前記目標メータイン圧（ブーム目標ボトム圧）との差分を圧力誤差 E_p として算出し、速度誤差 E_s と圧力誤差 E_p とに応じてポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を補正する。

【 0 0 6 7 】

以上のように構成された本実施形態によれば、作業装置 2 0 3（ブーム 2 0 4）の駆動速度と目標速度 V_{TgtBm} との差分（速度誤差）が小さくなるように、かつ、操作レバー

10

20

30

40

50

95の入力量に応じたアクチュエータ204aのメータイン圧が得られるようにポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} が補正されるため、作業装置203（ブーム204）の目標速度 V_{TgtBm} に対する駆動速度の追従性が向上する。これにより、作業機械901の施工精度が向上する。

【0068】

また、本実施形態におけるコントローラ94は、速度誤差 E_S に速度フィードバックゲイン G_S を掛けて速度補正流量を算出し、圧力誤差 E_P に圧力フィードバックゲイン G_P を掛けて圧力補正流量を算出し、前記速度補正流量と前記圧力補正流量とをポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} に加算することによりポンプ目標流量 Q_{TgtPmp} を補正する。これにより、ポンプ流量に対する速度フィードバック制御および圧力フィードバック制御の感度を速度フィードバックゲイン G_S および圧力フィードバックゲイン G_P で調整することが可能となる。

10

【0069】

また、本実施形態における圧力フィードバックゲイン G_P は、速度誤差 E_S が大きくなるに従って増加するように設定されている。これにより、速度誤差 E_S が大きくなるに従ってポンプ流量に対する圧力フィードバック制御の感度が高くなるため、速度誤差 E_S の大小に関わらずポンプ流量の追従性を確保することが可能となる。

【0070】

以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施形態は、本発明を分かり易く説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

20

【符号の説明】

【0071】

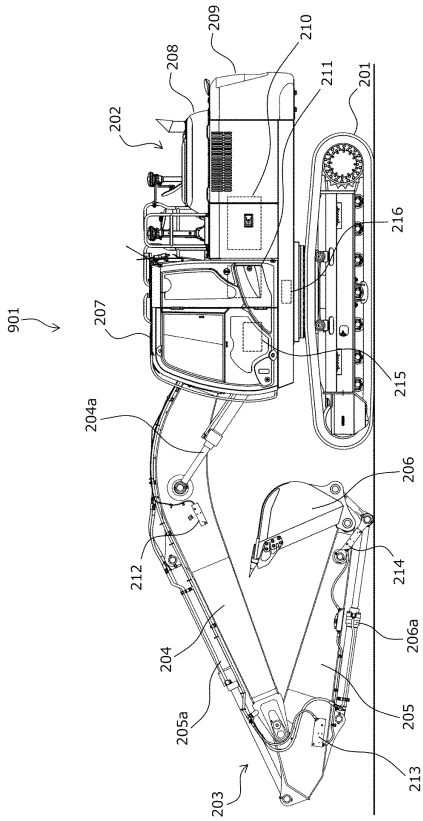
1...油圧ポンプ、1a...流量制御指令圧ポート、5...作動油タンク、15...ブーム方向制御弁、15a, 15b...パイロットポート、30...チェック弁、37...ブリードオフ弁、37a...指令圧ポート、40...メインリリーフ弁、61...ポンプ流路、62, 63...メータイン流路、71, 72...流路、85, 88, 89...圧力センサ、91...パイロットポンプ、92...パイロットリリーフ弁、93...電磁弁ユニット、93a~93d...電磁弁、94...コントローラ、94a...ブーム目標速度演算部、94b...ブーム目標流量演算部、94c...速度誤差演算部、94d...圧力誤差演算部、94e...ブリードオフ弁目標開口演算部、94f...推定ブリードオフ流量演算部、94g...ポンプ目標流量演算部、94h...ポンプ目標流量補正部、94i...ポンプ流量制御指令出力部、94j...ブーム方向制御弁目標メータイン開口演算部、94k...ブーム方向制御弁制御指令出力部、94l...要求トルク演算部、94m...重力モーメント演算部、94n...慣性モーメント演算部、94o...目標トルク演算部、94p...ブーム目標ボトム圧演算部、94q...ブリードオフ弁制御指令出力部、95...ブーム操作レバー、96, 97...流路、201...走行体、202...旋回体（車体）、203...作業装置、204...ブーム、204a...ブームシリンダ（アクチュエータ）、205...アーム、205a...アームシリンダ（アクチュエータ）、206...バケット、206a...バケットシリンダ（アクチュエータ）、207...運転室、208...機械室、209...カウンタウエイト、210...コントロールバルブ、211...旋回モータ（アクチュエータ）、212~216...慣性計測装置、901...油圧ショベル（作業機械）、902...油圧駆動装置。

30

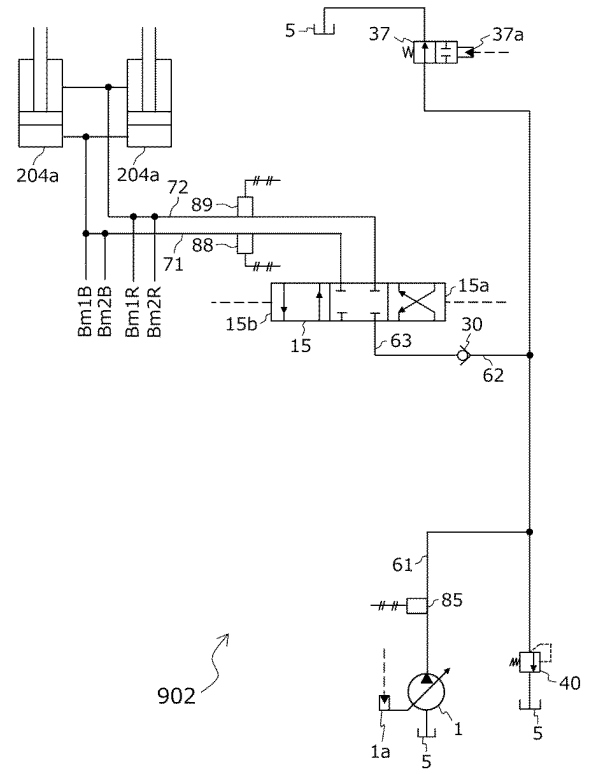
40

【図面】

【図 1】



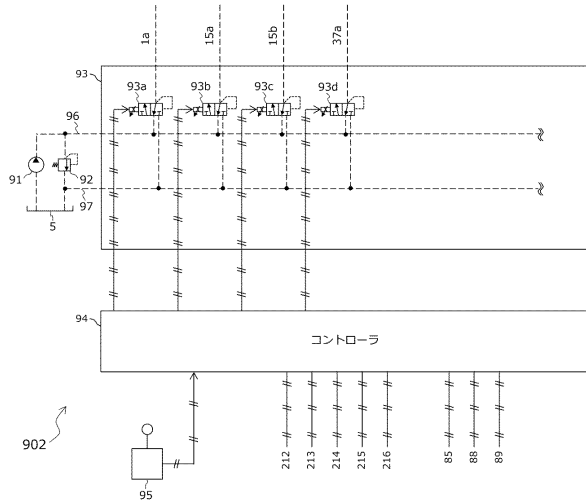
【図 2 A】



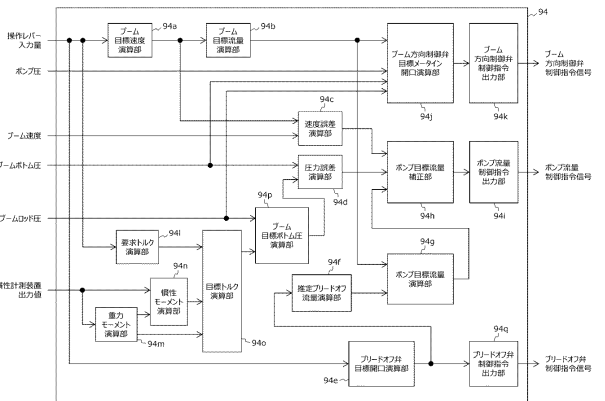
10

20

【図 2 B】



【図 3】

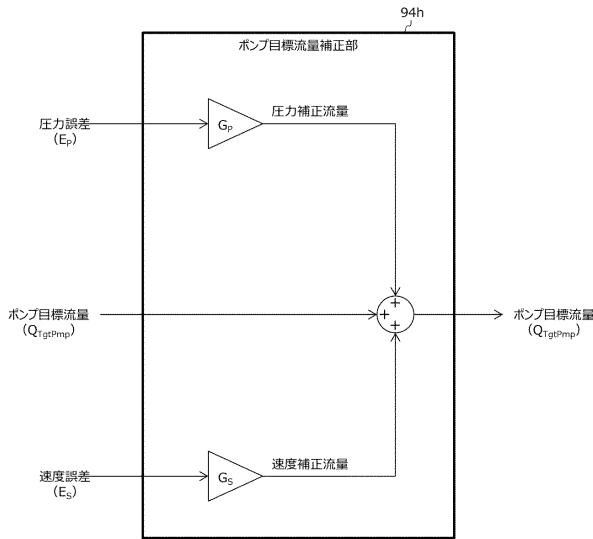


30

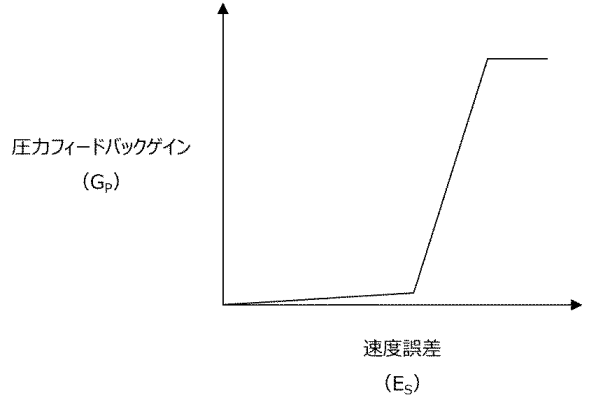
40

50

【図4】

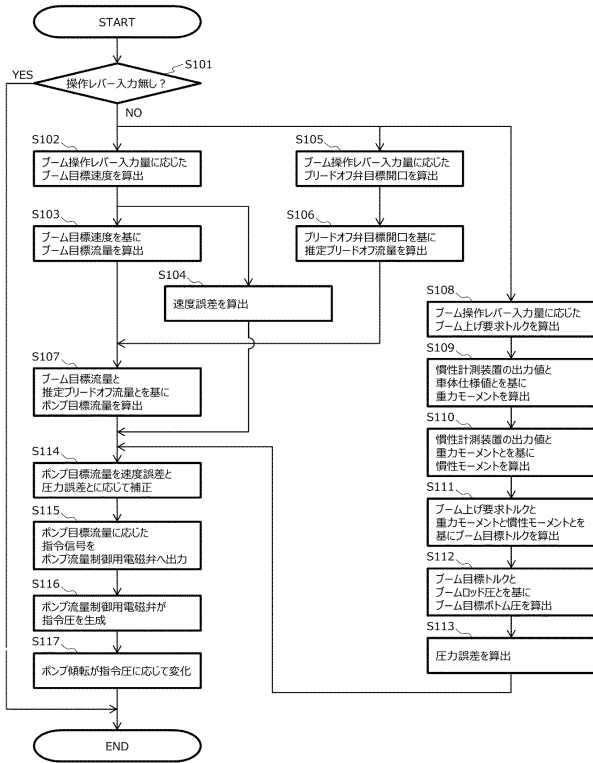


【図5】

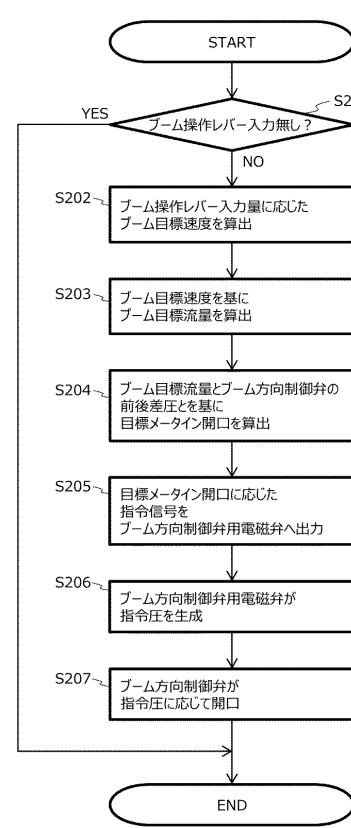


10

【図6】



【図7】



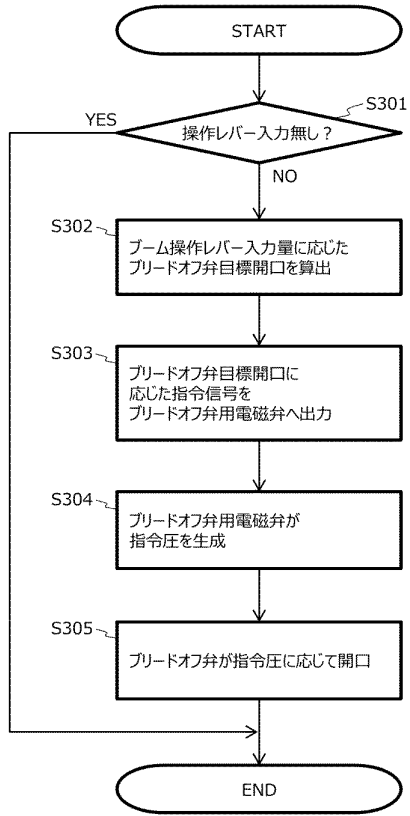
20

30

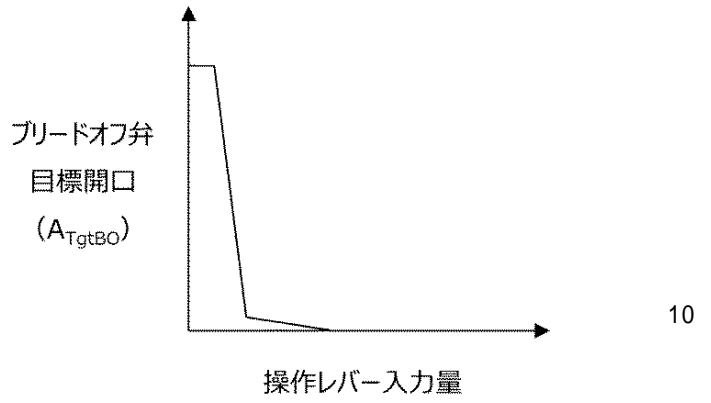
40

50

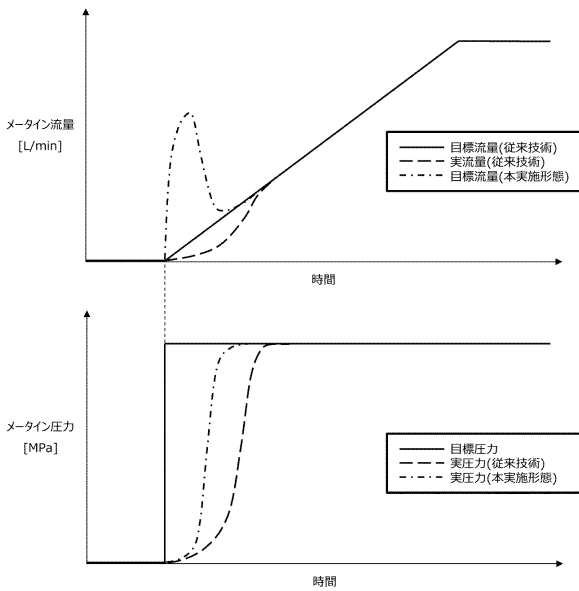
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

茨城県土浦市神立町 6 5 0 番地 日立建機株式会社 土浦工場内
(72)発明者 榎 崎 昭広
茨城県土浦市神立町 6 5 0 番地 日立建機株式会社 土浦工場内
審査官 石川 信也
(56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 0 2 0 2 3 3 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 1 3 3 7 0 5 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 4 1 6 0 3 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
E 0 2 F 9 / 2 2
F 1 5 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 2 2
F 1 5 B 2 1 / 1 4