

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年3月10日(10.03.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/035898 A1

- (51) 国際特許分類:
E02F 9/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/077210
- (22) 国際出願日: 2015年9月25日(25.09.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所(KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松山 徹(MATSUYAMA, Toru); 〒2548567
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製
作所 開発本部内 Kanagawa (JP). 市原 将志
(ICHIHARA, Masashi); 〒2548567 神奈川県平塚市
万田1200 株式会社小松製作所 開発本部
内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東
京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三
井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事
務所 Tokyo (JP).

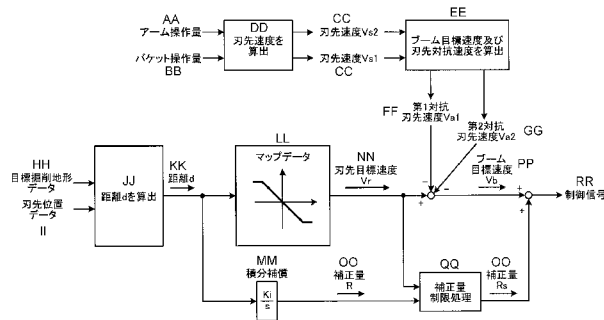
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: WORKING MACHINE CONTROL DEVICE, WORKING MACHINE, AND METHOD FOR CONTROLLING WORKING MACHINE

(54) 発明の名称: 作業機械の制御装置、作業機械、及び作業機械の制御方法

[図11]



AA... ARM OPERATION AMOUNT
BB... BUCKET OPERATION AMOUNT
CC... BLADE EDGE SPEED
DD... CALCULATE BLADE EDGE SPEED
EE... CALCULATE BOOM TARGET SPEED AND BLADE EDGE COUNTERSPEED
FF... FIRST BLADE EDGE COUNTERSPEED Va1
GG... SECOND BLADE EDGE COUNTERSPEED Va2
HH... TARGET EXCAVATION TOPOGRAPHY DATA
II... BLADE EDGE POSITION DATA
JJ... CALCULATE DISTANCE d
KK... DISTANCE d
LL... MAP DATA
MM... INTEGRATION COMPENSATION
NN... BLADE EDGE TARGET SPEED Vt
OO... CORRECTION AMOUNT
PP... BOOM TARGET SPEED Vb
QQ... CORRECTION AMOUNT LIMITING PROCESS
RR... CONTROL SIGNAL

(57) Abstract: A working machine control device is provided with a distance acquisition unit for acquiring distance data between a bucket and a target excavation topography, a blade edge target speed determination unit for determining the blade edge target speed of the bucket on the basis of the distance data, an operation amount acquisition unit for acquiring an operation amount for operating a work machine, a boom target speed arithmetic unit for calculating a boom target speed on the basis of the blade edge target speed and the arm operation amount and/or bucket operation amount acquired by the operation amount acquisition unit, a correction amount arithmetic unit for calculating a correction amount for the boom target speed on the basis of the time integration of a distance between the bucket and the target excavation topography, a correction amount limitation unit for limiting the correction amount on the basis of the distance between the bucket and the target excavation topography, and a work machine control unit for outputting a directive for driving a boom cylinder that drives the boom on the basis of the boom target speed corrected by the correction amount.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/035898 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

— 出願人の請求に基づく第 21 条(2)(a)による期間経過前の公開。

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。（規則 48.2(h)）

作業機械の制御装置は、バケットと目標掘削地形との距離データを取得する距離取得部と、距離データに基づいてバケットの刃先目標速度を決定する刃先目標速度決定部と、作業機を操作するための操作量を取得する操作量取得部と、刃先目標速度と操作量取得部で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいてブーム目標速度を算出するブーム目標速度演算部と、バケットと目標掘削地形との距離の時間積分に基づいてブーム目標速度の補正量を算出する補正量演算部と、バケットと目標掘削地形との距離に基づいて前記補正量を制限する補正量制限部と、補正量で補正されたブーム目標速度に基づいてブームを駆動するブームシリンダを駆動する指令を出力する作業機制御部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

作業機械の制御装置、作業機械、及び作業機械の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の制御装置、作業機械、及び作業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作業機械に係る技術分野において、特許文献１に開示されているような、掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形（設計面）に沿ってバケットの刃先が移動するように作業機を制御する作業機械が知られている。

[0003] 本明細書においては、目標掘削地形に沿ってバケットの刃先が移動するように作業機を制御することを、整地アシスト制御、と呼ぶこととする。整地アシスト制御においては、現在のバケットの刃先位置と目標掘削地形との距離からバケットの刃先目標速度が決定され、決定された刃先目標速度とオペレータによるアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方に応じたバケットの刃先速度に対抗する刃先速度とが加算され、その加算値からブーム目標速度が算出される。更に、過去のバケットの刃先位置と目標掘削地形との距離の時間積分による補正量を使ってブーム目標速度を補正（積分補償）し、積分補償されたブーム目標速度に基づいてブームシリンダが制御される。積分補償を使った整地アシスト制御においては、バケットの刃先が目標掘削地形を掘り込んだ場合、ブームが上げ動作するようにブームシリンダが制御される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：国際公開第２０１４／１６７７１８号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 油圧ショベルにおいては、油圧の応答遅れ又は油圧機器の駆動時のヒステリシス等に起因して、油圧シリンダを制御する制御信号に対する油圧シリンダの応答遅れが存在する。特に、油圧シリンダを加速状態から減速状態にする動作をする場合の油圧シリンダの応答遅れが顕著である。そのため、積分補償による補正量の割合が多い場合、過補償となり、バケットの刃先が目標掘削地形から離れ過ぎてしまう現象が発生する場合がある。
- [0006] 例えば、バケットの刃先が目標掘削地形を掘り込んでいる状態からバケットの刃先が目標掘削地形に戻るよう整地アシスト制御によりブームが上げ動作される場合、バケットの刃先が目標掘削地形を超えている時間が長いと、バケットの刃先が目標掘削地形に戻ったときに補正量が過大となり、ブームを加速状態から減速状態にした場合に、ブーム目標速度が減らずにブームが上げ過ぎとなってしまう、バケットの刃先が目標掘削地形から過度に浮き上がってしまう現象が発生する。その結果、作業機によって掘削されない部分が発生し、目標掘削地形とは異なる状態で整地されてしまうこととなる。
- [0007] 本発明の態様は、整地アシスト制御において、バケットの刃先が掘り込んだ状態から目標掘削地形に戻るときの刃先の浮き上がりを防止して、掘削精度の低下を抑制できる作業機械の制御装置、作業機械、及び作業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

- [0008] 本発明の第1の態様に従えば、ブームとアームとバケットとを有する作業機を備える作業機械の制御装置であって、前記バケットと目標掘削地形との距離データを取得する距離取得部と、前記距離データに基づいて前記バケットの刃先目標速度を決定する刃先目標速度決定部と、前記作業機を操作するための操作量を取得する操作量取得部と、前記刃先目標速度と前記操作量取得部で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいてブーム目標速度を算出するブーム目標速度演算部と、前記バケットと目標掘削地形との距離の時間積分に基づいて前記ブーム目標速度の補正量を

算出する補正量演算部と、前記バケットと目標掘削地形との距離に基づいて前記補正量を制限する補正量制限部と、前記補正量で補正された前記ブーム目標速度に基づいて前記ブームを駆動するブームシリンダを駆動する指令を出力する作業機制御部と、を備える作業機械の制御装置が提供される。

[0009] 本発明の第2の態様に従えば、ブームとアームとバケットとを有する作業機と、前記ブームを駆動するブームシリンダと、前記アームを駆動するアームシリンダと、前記バケットを駆動するバケットシリンダと、前記作業機を支持する上部旋回体と、前記上部旋回体を支持する下部走行体と、制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記バケットと目標掘削地形との距離データを取得する距離取得部と、前記距離データに基づいて前記バケットの刃先目標速度を決定する刃先目標速度決定部と、前記作業機を操作するための操作量を取得する操作量取得部と、前記刃先目標速度と前記操作量取得部で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいてブーム目標速度を算出するブーム目標速度演算部と、前記バケットと目標掘削地形との距離の時間積分に基づいて前記ブーム目標速度の補正量を算出する補正量演算部と、前記バケットと目標掘削地形との距離に基づいて前記補正量を制限する補正量制限部と、前記補正量で補正された前記ブーム目標速度に基づいて前記ブームを駆動するブームシリンダを駆動する指令を出力する作業機制御部と、を備える作業機械が提供される。

[0010] 本発明の第3の態様に従えば、ブームとアームとバケットとを有する作業機を備える作業機械の制御方法であって、前記バケットと目標掘削地形との距離データを取得することと、前記距離データに基づいて前記バケットの刃先目標速度を決定することと、前記刃先目標速度と取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方に基づいてブーム目標速度を算出することと、前記バケットと目標掘削地形との距離の時間積分に基づいて前記ブーム目標速度の補正量を算出することと、前記バケットと目標掘削地形との距離に基づいて前記補正量を制限することと、前記補正量で補正された前記ブーム目標速度に基づいて前記ブームを駆動するブームシリンダを駆動する指

令を出力することと、を含む作業機械の制御方法が提供される。

発明の効果

[0011] 本発明の態様によれば、整地アシスト制御において、バケットの刃先が掘り込んだ状態から目標掘削地形に戻るときの刃先の浮き上がりを防止して、掘削精度の低下を抑制できる作業機械の制御装置、作業機械、及び作業機械の制御方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本実施形態に係る油圧ショベルの一例を示す斜視図である。

[図2]図2は、本実施形態に係る油圧ショベルの一例を模式的に示す側面図である。

[図3]図3は、本実施形態に係る油圧ショベルの一例を模式的に示す背面図である。

[図4]図4は、本実施形態に係る整地アシスト制御を説明するための模式図である。

[図5]図5は、本実施形態に係る油圧システムの一部を示す模式図である。

[図6]図6は、本実施形態に係る油圧システムの一部を示す模式図である。

[図7]図7は、本実施形態に係る制御システムの一部を示す機能ブロック図である。

[図8]図8は、本実施形態に係る目標掘削地形データ生成部の処理を説明するための模式図である。

[図9]図9は、本実施形態に係る距離と刃先目標速度との関係を示す図である。

[図10]図10は、本実施形態に係る油圧ショベルの制御方法の一例を示すフローチャートである。

[図11]図11は、本実施形態に係る制御システムの一部を示す制御ブロック図である。

[図12]図12は、比較例に係る距離及び補正量の変化の様子を示す図である。

[図13]図13は、本実施形態に係る距離及び補正量の変化の様子を示す図である。

[図14]図14は、本実施形態に係るオフセット量と圧力センサの検出値との関係を示す図である。

[図15]図15は、本実施形態に係る操作装置の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 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構成要素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。

[0014] [作業機械]

図1は、本実施形態に係る作業機械100の一例を示す斜視図である。本実施形態においては、作業機械100が油圧ショベルである例について説明する。以下の説明においては、作業機械100を適宜、油圧ショベル100、と称する。

[0015] 図1に示すように、油圧ショベル100は、油圧により作動する作業機1と、作業機1を支持する車体2と、車体2を支持する走行装置3と、作業機1を操作するための操作装置40と、作業機1を制御する制御装置50とを備える。車体2は、走行装置3に支持された状態で旋回軸RXを中心に旋回可能である。車体2は、走行装置3の上に配置される。以下の説明においては、車体2を適宜、上部旋回体2、と称し、走行装置3を適宜、下部走行体3、と称する。

[0016] 上部旋回体2は、オペレータが搭乗する運転室4と、エンジン及び油圧ポンプ等が収容される機械室5と、手すり6とを有する。運転室4は、オペレータが着座する運転席4Sを有する。機械室5は、運転室4の後方に配置される。手すり6は、機械室5の前方に配置される。

[0017] 下部走行体3は、一対のクローラ7を有する。クローラ7の回転により、油圧ショベル100が走行する。なお、下部走行体3が車輪（タイヤ）でもよい。

- [0018] 作業機 1 は、上部旋回体 2 に支持される。作業機 1 は、刃先 10 を有するバケット 11 と、バケット 11 に連結されるアーム 12 と、アーム 12 に連結されるブーム 13 とを有する。バケット 11 の刃先 10 は、バケット 11 に設けられた凸形状の刃の先端部でもよい。バケット 11 の刃先 10 は、バケット 11 に設けられたストレート形状の刃の先端部でもよい。
- [0019] バケット 11 とアーム 12 とはバケットピンを介して連結される。バケット 11 は、回転軸 AX1 を中心に回転可能にアーム 12 に支持される。アーム 12 とブーム 13 とはアームピンを介して連結される。アーム 12 は、回転軸 AX2 を中心に回転可能にブーム 13 に支持される。ブーム 13 と上部旋回体 2 とはブームピンを介して連結される。ブーム 13 は、回転軸 AX3 を中心に回転可能に車体 2 に支持される。
- [0020] 回転軸 AX1 と、回転軸 AX2 と、回転軸 AX3 とは、平行である。回転軸 AX1, AX2, AX3 と、旋回軸 RX と平行な軸とは、直交する。以下の説明においては、回転軸 AX1, AX2, AX3 の軸方向を適宜、上部旋回体 2 の車幅方向、と称し、回転軸 AX1, AX2, AX3 及び旋回軸 RX の両方と直交する方向を適宜、上部旋回体 2 の前後方向、と称する。運転席 4S に着座したオペレータを基準として作業機 1 が存在する方向が前方向である。
- [0021] なお、バケット 11 は、チルトバケットでもよい。チルトバケットとは、バケットチルトシリンダの作動により、車幅方向にチルト傾斜可能なバケットである。傾斜地において油圧ショベル 100 が稼働する場合、バケット 11 が車幅方向にチルト傾斜することにより、斜面又は平地を自由に成形又は整地することができる。
- [0022] 操作装置 40 は、運転室 4 に配置される。操作装置 40 は、油圧ショベル 100 のオペレータに操作される操作部材を含む。操作部材は、操作レバー又はジョイスティックを含む。操作部材が操作されることにより、作業機 1 が操作される。
- [0023] 制御装置 50 は、コンピュータシステムを含む。制御装置 50 は、CPU

(central processing unit) のようなプロセッサと、ROM (read only memory) 又はRAM (random access memory) のような記憶装置と、入出力インターフェース装置とを有する。

[0024] 図2は、本実施形態に係る油圧ショベル100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100を模式的に示す背面図である。

[0025] 図1及び図2に示すように、油圧ショベル100は、作業機1を駆動する油圧シリンダ20を有する。油圧シリンダ20は、作動油によって駆動される。油圧シリンダ20は、バケット11を駆動するバケットシリンダ21と、アーム12を駆動するアームシリンダ22と、ブーム13を駆動するブームシリンダ23とを含む。

[0026] 図2に示すように、油圧ショベル100は、バケットシリンダ21に配置されたバケットシリンダストロークセンサ14と、アームシリンダ22に配置されたアームシリンダストロークセンサ15と、ブームシリンダ23に配置されたブームシリンダストロークセンサ16とを有する。バケットシリンダストロークセンサ14は、バケットシリンダ21のストローク長であるバケットシリンダ長を検出する。アームシリンダストロークセンサ15は、アームシリンダ22のストローク長であるアームシリンダ長を検出する。ブームシリンダストロークセンサ16は、ブームシリンダ23のストローク長であるブームシリンダ長を検出する。

[0027] 図2及び図3に示すように、油圧ショベル100は、上部旋回体2の位置を検出する位置検出装置30を備える。位置検出装置30は、グローバル座標系で規定される上部旋回体2の位置を検出する車体位置検出器31と、上部旋回体2の姿勢を検出する姿勢検出器32と、上部旋回体2の方位を検出する方位検出器33とを含む。

[0028] グローバル座標系 ($X_g Y_g Z_g$ 座標系) とは、GPS (Global Positioning System: 全地球測位システム) により規定される絶対位置を示す座標系である。ローカル座標系 ($X Y Z$ 座標系) とは、油圧ショベル100の上

部旋回体 2 の基準位置 P_s とした相対位置を示す座標系である。上部旋回体 2 の基準位置 P_s は、例えば、上部旋回体 2 の旋回軸 R_X に設定される。なお、上部旋回体 2 の基準位置 P_s は、回転軸 A_X3 に設定されてもよい。位置検出装置 30 によって、グローバル座標系で規定される上部旋回体 2 の 3 次元位置、水平面に対する上部旋回体 2 の傾斜角度、及び基準方位に対する上部旋回体 2 の方位が検出される。

[0029] 車体位置検出器 31 は、GPS 受信機を含む。車体位置検出器 31 は、グローバル座標系で規定される上部旋回体 2 の 3 次元位置を検出する。車体位置検出器 31 は、上部旋回体 2 の X_g 方向の位置、 Y_g 方向の位置、及び Z_g 方向の位置を検出する。

[0030] 上部旋回体 2 に複数の GPS アンテナ 31A が設けられる。GPS アンテナ 31A は、上部旋回体 2 の手すり 6 に設けられる。なお、GPS アンテナ 31A は、機械室 5 の後方に配置されたカウンタウェイトの上に配置されてもよい。GPS アンテナ 31A は、GPS 衛星から電波を受信して、受信した電波に基づく信号を車体位置検出器 31 に出力する。車体位置検出器 31 は、GPS アンテナ 31A から供給された信号に基づいて、グローバル座標系で規定される GPS アンテナ 31A の設置位置 P_1 を検出する。車体位置検出器 31 は、GPS アンテナ 31A の設置位置 P_1 に基づいて、上部旋回体 2 の絶対位置 P_g を検出する。

[0031] GPS アンテナ 31A は、車幅方向に 2 つ設けられる。車体位置検出器 31 は、一方の GPS アンテナ 31A の設置位置 P_{1a} 及び他方の GPS アンテナ 31A の設置位置 P_{1b} のそれぞれを検出する。車体位置検出器 31A は、設置位置 P_{1a} と設置位置 P_{1b} とに基づいて演算処理を実施して、上部旋回体 2 の絶対位置 P_g 及び方位を検出する。本実施形態において、上部旋回体 2 の絶対位置 P_g は、設置位置 P_{1a} である。なお、上部旋回体 2 の絶対位置 P_g は、設置位置 P_{1b} でもよい。

[0032] 姿勢検出器 32 は、IMU (Inertial Measurement Unit) を含む。姿勢検出器 32 は、上部旋回体 2 に設けられる。姿勢検出器 32 は、運転室 4 の

下部に配置される。姿勢検出器 32 は、水平面（ $X_g Y_g$ 平面）に対する上部旋回体 2 の傾斜角度を検出する。水平面に対する上部旋回体 2 の傾斜角度は、車幅方向における上部旋回体 2 の傾斜角度 θ_a と、前後方向における上部旋回体 2 の傾斜角度 θ_b と、を含む。

[0033] 方位検出器 33 は、一方の GPS アンテナ 31A の設置位置 P1a と他方の GPS アンテナ 31A の設置位置 P1b とに基づいて、グローバル座標系で規定される基準方位に対する上部旋回体 2 の方位を検出する機能を有する。基準方位は、例えば北である。方位検出器 33 は、設置位置 P1a と設置位置 P1b とに基づいて演算処理を実施して、基準方位に対する上部旋回体 2 の方位を検出する。方位検出器 33 は、設置位置 P1a と設置位置 P1b とを結ぶ直線を算出し、算出した直線と基準方位とがなす角度に基づいて、基準方位に対する上部旋回体 2 の方位を検出する。

[0034] なお、方位検出器 33 は、位置検出装置 30 とは別体でもよい。方位検出器 33 は、磁気センサを用いて上部旋回体 2 の方位を検出してもよい。

[0035] 油圧シヨベル 100 は、上部旋回体 2 の基準位置 P_s に対する刃先 10 の相対位置を検出する刃先位置検出器 34 を備える。

[0036] 本実施形態において、刃先位置検出器 34 は、バケットシリンダストロークセンサ 14 の検出結果と、アームシリンダストロークセンサ 15 の検出結果と、ブームシリンダストロークセンサ 16 の検出結果と、バケット 11 の長さ L₁₁ と、アーム 12 の長さ L₁₂ と、ブーム 13 の長さ L₁₃ とに基づいて、上部旋回体 2 の基準位置 P_s に対する刃先 10 の相対位置を算出する。

[0037] 刃先位置検出器 34 は、バケットシリンダストロークセンサ 14 で検出されたバケットシリンダ長に基づいて、アーム 12 に対するバケット 11 の刃先 10 の傾斜角 θ_{11} を算出する。刃先位置検出器 34 は、アームシリンダストロークセンサ 15 で検出されたアームシリンダ長に基づいて、ブーム 13 に対するアーム 12 の傾斜角 θ_{12} を算出する。刃先位置検出器 34 は、ブームシリンダストロークセンサ 16 で検出されたブームシリンダ長に基づ

いて、上部旋回体 2 の Z 軸に対するブーム 1 3 の傾斜角 $\theta 13$ を算出する。

[0038] バケット 1 1 の長さ $L 11$ は、バケット 1 1 の刃先 1 0 と回転軸 $A \times 1$ (バケットピン) との距離である。アーム 1 2 の長さ $L 12$ は、回転軸 $A \times 1$ (バケットピン) と回転軸 $A \times 2$ (アームピン) との距離である。ブーム 1 3 の長さ $L 13$ は、回転軸 $A \times 2$ (アームピン) と回転軸 $A \times 3$ (ブームピン) との距離である。

[0039] 刃先位置検出器 3 4 は、傾斜角 $\theta 11$ 、傾斜角 $\theta 12$ 、傾斜角 $\theta 13$ 、長さ $L 11$ 、長さ $L 12$ 、及び長さ $L 13$ に基づいて、上部旋回体 2 の基準位置 $P s$ に対する刃先 1 0 の相対位置を算出する。

[0040] また、刃先位置検出器 3 4 は、位置検出装置 3 0 で検出された上部旋回体 2 の絶対位置 $P g$ と、上部旋回体 2 の基準位置 $P s$ と刃先 1 0 との相対位置とに基づいて、刃先 1 0 の絶対位置 $P b$ を算出する。絶対位置 $P g$ と基準位置 $P s$ との相対位置は、油圧シヨベル 1 0 0 の諸元データから導出される既知データである。したがって、刃先位置検出器 3 4 は、上部旋回体 2 の絶対位置 $P g$ と、上部旋回体 2 の基準位置 $P s$ と刃先 1 0 との相対位置と、油圧シヨベル 1 0 0 の諸元データとに基づいて、刃先 1 0 の絶対位置 $P b$ を算出可能である。

[0041] なお、刃先位置検出器 3 4 は、ポテンショメータ傾斜計等の角度センサを含んでもよい。その角度センサが、バケット 1 1 の傾斜角 $\theta 11$ 、アーム 1 2 の傾斜角 $\theta 12$ 、及びブーム 1 3 の傾斜角 $\theta 13$ を検出してもよい。

[0042] [整地アシスト制御]

図 4 は、本実施形態に係る油圧シヨベル 1 0 0 の動作を示す模式図である。本実施形態において、制御装置 5 0 は、掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形(設計面)に沿ってバケット 1 1 の刃先 1 0 が移動するように作業機 1 を整地アシスト制御する。制御装置 5 0 は、例えば P I 制御 (proportional-integral control) によって、作業機 1 を整地アシスト制御する。

[0043] 操作装置 4 0 が操作されることにより、バケット 1 1 のダンプ動作、バケット 1 1 の掘削動作、アーム 1 2 のダンプ動作、アーム 1 2 の掘削動作、ブ

ーム１３の上げ動作、及びブーム１３の下げ動作が実行される。

[0044] 本実施形態において、操作装置４０は、運転席４Ｓに着座したオペレータの右側に配置される右操作レバーと、左側に配置される左操作レバーとを含む。右操作レバーが前後方向に動かされると、ブーム１３は下げ動作及び上げ動作を行う。右操作レバーが左右方向（車幅方向）に動かされると、バケット１１は掘削動作及びダンプ動作を行う。左操作レバーが前後方向に動かされると、アーム１２はダンプ動作及び掘削動作を行う。左操作レバーが左右方向に動かされると、上部旋回体２は左旋回及び右旋回する。なお、左操作レバーが前後方向に動かされた場合に上部旋回体２が右旋回及び左旋回し、左操作レバーが左右方向に動かされた場合にアーム１２がダンプ動作及び掘削動作を行ってもよい。

[0045] 整地アシスト制御においては、バケット１１及びアーム１２は、オペレータによる操作装置４０の操作に基づいて駆動される。ブーム１３は、オペレータによる操作装置４０の操作及び制御装置５０による制御の少なくとも一方に基づいて駆動される。

[0046] 図４に示すように、掘削対象を掘削する場合、バケット１１及びアーム１２は掘削動作される。制御装置５０は、操作装置４０の操作によりバケット１１及びアーム１２が掘削動作されている状態で、目標掘削地形に沿ってバケット１１の刃先１０が移動するように、ブーム１３の動きに介入する制御を行う。図４に示す例では、制御装置５０は、バケット１１及びアーム１２が掘削動作されている状態で、ブーム１３が上げ動作するように、ブームシリンダ２３を制御する。

[0047] [油圧システム]

次に、本実施形態に係る油圧システム３００の一例について説明する。バケットシリンダ２１、アームシリンダ２２、及びブームシリンダ２３を含む油圧シリンダ２０は、油圧システム３００により作動する。油圧シリンダ２０は、操作装置４０により操作される。

[0048] 本実施形態において、操作装置４０は、パイロット油圧方式の操作装置で

ある。以下の説明においては、油圧シリンダ 20（バケットシリンダ 21、アームシリンダ 22、及びブームシリンダ 23）を作動するためにその油圧シリンダ 20 に供給される油を適宜、作動油、と称する。方向制御弁 41 により、油圧シリンダ 20 に対する作動油の供給量が調整される。方向制御弁 41 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 41 を作動するためにその方向制御弁 41 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。

[0049] 図 5 は、アームシリンダ 22 を作動する油圧システム 300 の一例を示す模式図である。操作装置 40 の操作により、アーム 12 は、掘削動作及びダンプ動作の 2 種類の動作を実行する。アームシリンダ 22 が伸びることにより、アーム 12 が掘削動作し、アームシリンダ 22 が縮むことにより、アーム 12 がダンプ動作する。

[0050] 油圧システム 300 は、方向制御弁 41 を介してアームシリンダ 22 に作動油を供給する可変容量型のメイン油圧ポンプ 42 と、パイロット油を供給するパイロット油圧ポンプ 43 と、方向制御弁 41 に対するパイロット油圧を調整する操作装置 40 と、パイロット油が流れる油路 44 A、44 B と、油路 44 A、44 B に配置された圧力センサ 46 A、46 B と、制御装置 50 とを備える。メイン油圧ポンプ 42 は、図示しないエンジン等の原動機により駆動する。

[0051] 方向制御弁 41 は、作動油が流れる方向を制御する。メイン油圧ポンプ 42 から供給された作動油は、方向制御弁 41 を介して、アームシリンダ 22 に供給される。方向制御弁 41 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。スプールが軸方向に移動することにより、アームシリンダ 22 のキャップ側油室 20 A（油路 47 A）に対する作動油の供給と、ロッド側油室 20 B（油路 47 B）に対する作動油の供給とが切り替わる。なお、キャップ側油室 20 A とは、シリンダヘッドカバーとピストンとの間の空間である。ロッド側油室 20 B とは、ピストン

ロッドが配置される空間である。また、スプールが軸方向に移動することにより、アームシリンダ２２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。アームシリンダ２２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。

[0052] 方向制御弁４１は、操作装置４０によって操作される。パイロット油圧ポンプ４３から送出されたパイロット油が操作装置４０に供給される。なお、メイン油圧ポンプ４２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４０に供給されてもよい。操作装置４０は、パイロット油圧調整弁を含む。操作装置４０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４１が駆動される。操作装置４０によりパイロット油圧が調整されることによって、軸方向に関するスプールの移動量及び移動速度が調整される。

[0053] 方向制御弁４１は、第１受圧室及び第２受圧室を有する。油路４４Ａのパイロット油圧によってスプールが駆動し、第１受圧室がメイン油圧ポンプ４２と接続され、第１受圧室に作動油が供給される。油路４４Ｂのパイロット油圧によってスプールが駆動し、第２受圧室がメイン油圧ポンプ４２と接続され、第２受圧室に作動油が供給される。

[0054] 圧力センサ４６Ａは、油路４４Ａのパイロット油圧を検出する。圧力センサ４６Ｂは、油路４４Ｂのパイロット油圧を検出する。圧力センサ４６Ａ、４６Ｂの検出信号は、制御装置５０に出力される。

[0055] 操作装置４０の操作レバーが中立位置より一方側に動かされると、その操作レバーの操作量に応じたパイロット油圧が方向制御弁４１のスプールの第１受圧室に作用する。操作装置４０の操作レバーが中立位置より他方側に動かされると、その操作レバーの操作量に応じたパイロット油圧が方向制御弁４１のスプールの第２受圧室に作用する。

[0056] 方向制御弁４１のスプールは、操作装置４０によって調整されたパイロット油圧に応じた距離だけ動く。例えば、第１受圧室にパイロット油圧が作用することにより、アームシリンダ２２のキャップ側油室２０Ａにメイン油圧

ポンプ４２からの作動油が供給され、アームシリンダ２２が伸びる。アームシリンダ２２が伸びると、アーム１２は掘削動作する。第２受圧室にパイロット油圧が作用することにより、アームシリンダ２２のロッド側油室２０Ｂに、メイン油圧ポンプ４２からの作動油が供給され、アームシリンダ２２が縮む。アームシリンダ２２が縮むと、アーム１２はダンプ動作する。方向制御弁４１のスプールの移動量に基づいて、メイン油圧ポンプ４２から方向制御弁４１を介してアームシリンダ２２に供給される単位時間当たりの作動油の供給量が調整される。単位時間当たりの作動油の供給量が調整されることによって、シリンダ速度が調整される。

[0057] バケットシリンダ２１を作動する油圧システム３００は、アームシリンダ２２を作動する油圧システム３００と同様の構成である。操作装置４０の操作により、バケット１１は、掘削動作及びダンプ動作の２種類の動作を実行する。バケットシリンダ２１が伸びることにより、バケット１１が掘削動作し、バケットシリンダ２１が縮むことにより、バケット１１がダンプ動作する。バケットシリンダ２１を作動する油圧システム３００についての詳細な説明は省略する。

[0058] 図６は、ブームシリンダ２３を作動する油圧システム３００の一例を示す模式図である。操作装置４０の操作により、ブーム１３は、上げ動作及び下げ動作の２種類の動作を実行する。方向制御弁４１は、第１受圧室及び第２受圧室を有する。油路４４Ａのパイロット油圧によってスプールが駆動し、第１受圧室がメイン油圧ポンプ４２と接続され、第１受圧室に作動油が供給される。油路４４Ｂのパイロット油圧によってスプールが駆動し、第２受圧室がメイン油圧ポンプ４２と接続され、第２受圧室に作動油が供給される。メイン油圧ポンプ４２から供給された作動油は、方向制御弁４１を介して、ブームシリンダ２３に供給される。方向制御弁４１のスプールが軸方向に移動することにより、ブームシリンダ２３のキャップ側油室２０Ａ（油路４７Ｂ）に対する作動油の供給と、ロッド側油室２０Ｂ（油路４７Ａ）に対する作動油の供給とが切り替わる。第１受圧室に作動油が供給された場合、油路

４７Ａを介してロッド側油室２０Ｂに作動油が供給されてブームシリンダ１３が縮むことにより、ブーム１３が下げ動作する。第２受圧室に作動油が供給された場合、油路４７Ｂを介してキャップ側油室２０Ａに作動油が供給されてブームシリンダ１３が伸びることにより、ブーム１３が上げ動作する。

[0059] 図６に示すように、ブームシリンダ２３を作動する油圧システム３００は、メイン油圧ポンプ４２と、パイロット油圧ポンプ４３と、方向制御弁４１と、方向制御弁４１に対するパイロット油圧を調整する操作装置４０と、パイロット油が流れる油路４４Ａ、４４Ｂ、４４Ｃと、油路４４Ａ、４４Ｂ、４４Ｃに配置された制御弁４５Ａ、４５Ｂ、４５Ｃと、油路４４Ａ、４４Ｂ、４４Ｃに配置された圧力センサ４６Ａ、４６Ｂと、制御弁４５Ａ、４５Ｂ、４５Ｃを制御する制御装置５０とを備える。

[0060] 制御弁４５Ａ、４５Ｂ、４５Ｃは、電磁比例制御弁である。制御弁４５Ａ、４５Ｂ、４５Ｃは、制御装置５０からの指令信号に基づいて、パイロット油圧を調整する。制御弁４５Ａは、油路４４Ａのパイロット油圧を調整する。制御弁４５Ｂは、油路４４Ｂのパイロット油圧を調整する。制御弁４５Ｃは、油路４４Ｃのパイロット油圧を調整する。

[0061] 図５を参照して説明したように、操作装置４０が操作されることにより、操作装置４０の操作量に応じたパイロット油圧が方向制御弁４１に作用する。方向制御弁４１のスプールは、パイロット油圧に応じて移動する。スプールの移動量に基づいて、メイン油圧ポンプ４２から方向制御弁４１を介してブームシリンダ２３に供給される単位時間当たりの作動油の供給量が調整される。

[0062] 制御装置５０は、制御弁４５Ａを制御して、第１受圧室に作用するパイロット油圧を減圧調整可能である。制御装置５０は、制御弁４５Ｂを制御して、第２受圧室に作用するパイロット油圧を減圧調整可能である。図６に示す例では、操作装置４０の操作によって調整されたパイロット油圧が制御弁４５Ａによって減圧されることによって、方向制御弁４１に供給されるパイロット油が制限される。方向制御弁４１に作用するパイロット油圧が制御弁４

５Ａによって減圧されることによって、ブーム１３の下げ動作が制限される。同様に、操作装置４０の操作によって調整されたパイロット油圧が制御弁４５Ｂによって減圧されることによって、方向制御弁４１に供給されるパイロット油が制限される。方向制御弁４１に作用するパイロット油圧が制御弁４５Ｂによって減圧されることによって、ブーム１３の上げ動作が制限される。制御装置５０は、圧力センサ４６Ａの検出信号に基づいて、制御弁４５Ａを制御する。制御装置５０は、圧力センサ４６Ｂの検出信号に基づいて、制御弁４５Ｂを制御する。

[0063] 本実施形態においては、整地アシスト制御のために、制御装置５０から出力された、整地アシスト制御に関する指令信号に基づいて作動する制御弁４５Ｃが油路４４Ｃに設けられる。油路４４Ｃに、パイロット油圧ポンプ４３から送出されたパイロット油が流れる。油路４４Ｃ及び油路４４Ｂは、シャトル弁４８と接続される。シャトル弁４８は、油路４４Ｂ及び油路４４Ｃのうち、パイロット油圧が高い方の油路のパイロット油を、方向制御弁４１に供給する。

[0064] 制御弁４５Ｃは、整地アシスト制御を実行するために制御装置５０から出力された指令信号に基づいて制御される。

[0065] 整地アシスト制御を実行しないとき、操作装置４０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４１が駆動されるように、制御装置５０は、制御弁４５Ｃに指令信号を出力しない。例えば、制御装置５０は、操作装置４０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４１が駆動されるように、制御弁４５Ｂを全開にするとともに、制御弁４５Ｃで油路４４Ｃを閉じる。

[0066] 整地アシスト制御を実行するとき、制御装置５０は、制御弁４５Ｃ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４１が駆動されるように、制御弁４５Ｂ、４５Ｃを制御する。例えば、ブーム１３の移動を制限する整地アシスト制御を実行する場合、制御装置５０は、ブーム目標速度に応じたパイロット油圧となるように、制御弁４５Ｃを制御する。例えば、制御装

置 5 0 は、制御弁 4 5 C によって調整されたパイロット油圧が、操作装置 4 0 によって調整されるパイロット油圧よりも高くなるように、制御弁 4 5 C を制御する。油路 4 4 C のパイロット油圧が油路 4 4 B のパイロット油圧より大きくなると、制御弁 4 5 C からのパイロット油がシャトル弁 4 8 を介して方向制御弁 4 1 に供給される。

[0067] 油路 4 4 B 及び油路 4 4 C の少なくとも一方を介して方向制御弁 4 1 にパイロット油が供給されることにより、作動油が油路 4 7 B を介してキャップ側油室 2 0 A に供給される。これにより、ブームシリンダ 2 3 が伸び、ブーム 1 3 が上げ動作する。

[0068] バケット 1 1 の刃先 1 0 が目標掘削地形を掘り込まないように操作装置 4 0 によるブーム 1 3 の上げ操作量が大きい場合、整地アシスト制御は実行されない。ブーム 1 3 がブーム目標速度よりも速い速度で上げ動作されるように操作装置 4 0 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 4 0 の操作によって調整されるパイロット油圧は、制御弁 4 5 C によって調整されるパイロット油圧よりも高くなる。これにより、制御装置 5 0 の制御弁 4 5 C の操作によって調整されたパイロット油圧のパイロット油がシャトル弁 4 8 で選択され、方向制御弁 4 1 に供給される。また、後述する制御装置 5 0 から制御弁 4 5 C への指令に基づくパイロット油圧が、ブーム操作量に基づくパイロット油圧より小さい場合、操作装置 4 0 の操作によって調整されたパイロット油がシャトル弁 4 8 で選択され、ブーム 1 3 が操作される。

[0069] [制御システム]

次に、本実施形態に係る油圧シヨベル 1 0 0 の制御システム 2 0 0 について説明する。図 7 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。

[0070] 図 7 に示すように、制御システム 2 0 0 は、作業機 1 を制御する制御装置 5 0 と、位置検出装置 3 0 と、刃先位置検出器 3 4 と、操作装置 4 0 と、制御弁 4 5 (4 5 A, 4 5 B, 4 5 C) と、圧力センサ 4 6 (4 6 A, 4 6 B

）と、目標施工データ生成装置 70 とを備える。

[0071] 上述したように、車体位置検出器 31、姿勢検出器 32、及び方位検出器 33 を含む位置検出装置 30 は、上部旋回体 2 の絶対位置 P_g を検出する。以下の説明においては、上部旋回体 2 の絶対位置 P_g を適宜、車体位置 P_g、と称する。

[0072] 制御弁 45（45A、45B、45C）は、油圧シリンダ 20 に対する作動油の供給量を調整する。制御弁 45 は、制御装置 50 からの指令信号に基づいて作動する。圧力センサ 46（46A、46B）は、油路 44（44A、44B）のパイロット油圧を検出する。圧力センサ 46 の検出信号は、制御装置 50 に出力される。

[0073] 目標施工データ生成装置 70 は、コンピュータシステムを含む。目標施工データ生成装置 70 は、施工エリアの目標形状である立体設計地形を示す目標施工データを生成する。目標施工データは、作業機 1 による施工後に得られる 3 次元の目標形状を示す。目標施工データは、目標掘削地形データの生成に必要な座標データ及び角度データを含む。

[0074] 目標施工データ生成装置 70 は、例えば、油圧ショベル 100 の遠隔地に設けられる。目標施工データ生成装置 70 は、例えば施工管理側の設備に設置される。目標施工データ生成装置 70 と制御装置 50 とは無線通信可能である。目標施工データ生成装置 70 で生成された目標施工データは、無線で制御装置 50 に送信される。

[0075] なお、目標施工データ生成装置 70 と制御装置 50 とが有線で接続され、目標施工データ生成装置 70 から制御装置 50 に目標施工データが送信されてもよい。なお、目標施工データ生成装置 70 が目標施工データを記憶した記憶媒体を含み、制御装置 50 が、その記憶媒体から目標施工データを読み込み可能な装置を有してもよい。

[0076] 制御装置 50 は、作業機 1 を支持する上部旋回体 2 の車体位置 P_g を示す車体位置データを取得する車体位置データ取得部 51 と、ローカル座標系における上部旋回体 2 の基準位置 P_s に対するバケット 11 の刃先 10 の相対

位置を示す刃先位置データを取得する刃先位置データ取得部 5 2 と、掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形データを生成する目標掘削地形データ生成部 5 3 と、バケット 1 1 の刃先位置と目標掘削地形との距離を示す距離データを取得する距離取得部 5 4 と、距離データに基づいてバケット 1 1 の刃先目標速度を決定する刃先目標速度決定部 5 5 と、作業機 1 を操作するための操作量を取得する操作量取得部 5 6 と、刃先目標速度と操作量取得部 5 6 で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいてブーム目標速度を算出するブーム目標速度演算部 5 7 と、刃先位置と目標掘削地形との距離の時間積分に基づいてブーム目標速度の補正量を算出する補正量演算部 5 8 と、刃先位置と目標掘削地形との距離に基づいて補正量を制限する補正量制限部 5 9 と、補正量で補正されたブーム目標速度に基づいてブーム 1 3 を駆動するブームシリンダ 2 3 を制御する作業機制御部 6 0 と、油圧ショベル 1 0 0 の諸元データを記憶する記憶部 6 1 と、入出力部 6 2 と、を有する。

[0077] 制御装置 5 0 のプロセッサは、車体位置データ取得部 5 1、刃先位置データ取得部 5 2、目標掘削地形データ生成部 5 3、距離取得部 5 4、刃先目標速度決定部 5 5、操作量取得部 5 6、ブーム目標速度演算部 5 7、補正量演算部 5 8、補正量制限部 5 9、及び作業機制御部 6 0 を含む。制御装置 5 0 の記憶装置は、記憶部 6 1 を含む。制御装置 5 0 の入出力インターフェース装置は、入出力部 6 2 を含む。

[0078] 車体位置データ取得部 5 1 は、位置検出装置 3 0 から、入出力部 6 2 を介して、車体位置 P_g を示す車体位置データを取得する。車体位置 P_g は、グローバル座標系で規定される現在の絶対位置である。車体位置検出器 3 1 は、GPS アンテナ 3 1 の設置位置 P_{1a} 及び設置位置 P_{1b} の少なくとも一方に基づいて、車体位置 P_g を検出する。車体位置データ取得部 5 1 は、車体位置検出器 3 1 から、車体位置 P_g を示す車体位置データを取得する。

[0079] 刃先位置データ取得部 5 2 は、刃先位置検出器 3 4 から、入出力部 5 6 を介して、刃先位置を示す刃先位置データを取得する。刃先位置は、ローカル

座標系で規定される現在の相対位置である。刃先位置データ取得部 52 は、刃先位置検出器 34 から、上部旋回体 2 の基準位置 P_s に対する刃先 10 の相対位置である刃先位置を示す刃先位置データを取得する。なお、刃先位置検出器 34 は、上部旋回体 2 の車体位置 P_g と、上部旋回体 2 の基準位置 P_s と刃先 10 との相対位置と、油圧シヨベル 100 の諸元データとに基づいて、現在の刃先 10 の絶対位置 P_b を算出可能である。刃先位置データ取得部 52 が刃先位置検出器 32 から取得する刃先位置データが、現在の刃先 10 の絶対位置 P_b を含んでもよい。

[0080] 目標掘削地形データ生成部 53 は、目標施工データ生成装置 70 から供給される目標施工データと刃先位置データとを用いて、刃先位置に対応する、掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形データを生成する。目標掘削地形データ生成部 53 は、ローカル座標系における目標掘削地形データを生成する。

[0081] 図 8 は、立体設計地形を示す目標施工データと目標掘削地形データとの関係を示す図である。図 8 に示すように、目標掘削地形データ生成部 53 は、目標施工データと刃先位置データとに基づいて、上部旋回体 2 の前後方向で規定される作業機 1 の作業機動作平面 MP と立体設計地形との交線 E を目標掘削地形の候補線として取得する。目標掘削地形データ生成部 53 は、目標掘削地形の候補線において刃先 10 の直下点を目標掘削地形の基準点 AP とする。制御装置 50 は、目標掘削地形の基準点 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として決定する。目標掘削地形データ生成部 53 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データを生成する。

[0082] 図 7 において、距離取得部 54 は、刃先位置データ取得部 52 で取得された刃先位置と、目標掘削地形データ生成部 53 で生成された目標掘削地形とに基づいて、刃先位置 P_b と目標掘削地形との距離 d を算出する。

[0083] なお、本実施形態においては、制御対象として刃先位置 P_b を用いているが、バケット 11 の外形寸法などを用いて、バケット 11 の外周を含むバケ

ット 11 の任意の点と目標掘削地形との距離をバケット 11 と目標掘削地形との距離 d としてもよい。

[0084] 刃先目標速度決定部 55 は、刃先位置 P_b と目標掘削地形との距離 d に基づいて、バケット 11 の刃先目標速度を決定する。

[0085] 図 9 は、距離 d と刃先目標速度との関係の一例を示す図である。図 9 に示すグラフにおいて、横軸は距離 d であり、縦軸は刃先目標速度である。図 9 において、刃先 10 が目標掘削地形の表面を侵食していないときの距離 d は、正の値である。刃先 10 が目標掘削地形の表面を侵食しているときの距離 d は、負の値である。刃先 10 が目標掘削地形の表面を侵食していない非侵食状態とは、刃先 10 が目標掘削地形の表面の外側（上側）に存在する状態、換言すれば、目標掘削地形を超えない位置に存在する状態をいう。刃先 10 が目標掘削地形の表面を侵食している侵食状態とは、刃先 10 が目標掘削地形の表面の内側（下側）に存在する状態、換言すれば、目標掘削地形を超える位置に存在する状態をいう。非侵食状態においては、刃先 10 は目標掘削地形から浮き上がっている状態であり、侵食状態においては、刃先 10 は目標掘削地形を掘り込んでいる状態である。刃先 10 が目標掘削地形の表面に一致するときの距離 d は、零である。

[0086] 本実施形態においては、刃先 10 が目標掘削地形の内側から外側に向かうときの速度を正の値とし、刃先 10 が目標掘削地形の外側から内側に向かうときの速度を負の値とする。すなわち、刃先 10 が目標掘削地形の上方に向かうときの速度を正の値とし、刃先 10 が目標掘削地形の下方に向かうときの速度を負の値とする。

[0087] 図 9 に示すように、刃先目標速度決定部 55 は、刃先 10 と目標掘削地形とが一致するように、刃先目標速度の正負を決定する。また、刃先目標速度決定部 55 は、距離 d が大きいほど刃先目標速度の絶対値が大きくなり、距離 d が小さいほど刃先目標速度の絶対値が小さくなるように、刃先目標速度を決定する。

[0088] 図 7 において、操作量取得部 56 は、操作装置 40 の操作量を取得する。

操作装置４０の操作量は、油路４４Ａ、４４Ｂのパイロット油圧と相関する。油路４４Ａ、４４Ｂのパイロット油圧は、圧力センサ４６Ａ、４６Ｂによって検出される。操作装置４０の操作量と油路４４Ａ、４４Ｂのパイロット油圧との相関を示す相関データは、予備実験又はシミュレーションにより事前に求められ、記憶部６１に記憶されている。操作量取得部５６は、圧力センサ４６Ａ、４６Ｂの検出信号と、記憶部６１に記憶されている相関データとに基づいて、圧力センサ４６Ａ、４６Ｂの検出信号（ＰＰＣ圧）から、操作装置４０の操作量を示す操作量データを取得する。操作量取得部５６は、バケット１１を操作するための操作装置４０のバケット操作量、アーム１２を操作するための操作装置４０のアーム操作量、及びブーム１３を操作するための操作装置４０のブーム操作量を取得する。

[0089] ブーム目標速度演算部５７は、刃先目標速度決定部５５で決定された刃先目標速度と、操作量取得部５６で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいて、ブーム目標速度を算出する。整地アシスト制御においては、バケット１１の動き及びアーム１２の動きは、オペレータによる操作装置４０の操作に基づく。整地アシスト制御においては、操作装置４０を介してバケット１１及びアーム１２が操作されている状態で、目標掘削地形に沿ってバケット１１の刃先１０が移動するように、制御装置５０によってブーム１０の動きが制御される。ブーム目標速度演算部５５は、操作装置４０によるバケット１１を操作するためのバケット操作量から、バケット１１が動かされたときの刃先速度を算出し、バケット１１が動かされたときの目標掘削地形と刃先１０との偏差が相殺されるように、バケット１１の動きに基づく刃先速度に対抗するブーム目標速度を算出する。同様に、ブーム目標速度演算部５５は、操作装置４０によるアーム１２を操作するためのアーム操作量から、アーム１２が動かされたときの刃先速度を算出し、アーム１２が動かされたときの目標掘削地形と刃先１０との偏差が相殺されるように、アーム１２の動きに基づく刃先速度に対抗するブーム目標速度を算出する。刃先目標速度と操作装置４０のアーム操作量及びバケット操作量

の少なくとも一方とに基づいてブーム目標速度が算出され、そのブーム目標速度になるようにブーム 13 の動きが制御されることにより、刃先 10 と目標掘削地形とを近付けることができる。

[0090] 補正量演算部 58 は、刃先位置 P_b と目標掘削地形との距離 d の時間積分に基づいて、ブーム目標速度の補正量を算出する。補正量演算部 58 は、過去の所定時点から現時点までの距離 d の時間積分に基づいて補正量を算出し、ブーム目標速度を積分補償する。

[0091] 補正量は、刃先 10 が目標掘削地形から離れているときの距離 d の時間積分に基づいて算出される。目標掘削地形が刃先 10 に掘り込まれているときの距離 d に基づいてブーム目標速度が積分補償されることにより、目標設計地形が掘り込まれている状態から距離 d が零になる状態に変化するように、ブーム 13 を駆動することができる。

[0092] 補正量制限部 59 は、刃先位置 P_b と目標掘削地形との距離 d に基づいて、過補償にならないように、補正量演算部 58 で算出された補正量を制限する。補正量制限部 59 は、距離 d に基づいて、補正量の上限值を算出する。本実施形態において、補正量制限部 59 は、距離 d から決定される刃先目標速度に基づいて、補正量の上限值を算出する。

[0093] 作業機制御部 60 は、補正量で補正されたブーム目標速度に基づいてブーム 13 が駆動するように、ブームシリンダ 23 を制御する。作業機制御部 60 は、補正量演算部 58 で算出された補正量と補正量制限部 59 で算出された上限値とを比較し、補正量演算部 58 で算出された補正量が補正量制限部 59 で算出された上限値を超えるとときに上限値に基づいて制御弁 45C に出力する指令信号を決定する。作業機制御部 60 は、制御弁 45C に指令信号を出力してブームシリンダ 23 を制御し、補正量が上限値以下であるときに補正量に基づいてブームシリンダ 23 を制御する。

[0094] [油圧ショベルの制御方法]

次に、本実施形態に係る油圧ショベル 100 の制御方法について、図 10 及び図 11 を参照して説明する。図 10 は、本実施形態に係る油圧ショベル

100の制御方法を示すフローチャートである。図11は、本実施形態に係る油圧ショベル100の制御ブロック図である。

[0095] 目標施工データ生成装置70から制御装置50に目標施工データが供給される。目標掘削地形データ生成部53は、目標施工データ生成装置70から供給される目標施工データを用いて、目標掘削地形データを生成する（ステップSP1）。

[0096] 刃先位置検出器34から制御装置50に刃先位置データが供給される。刃先位置データ取得部52は、刃先位置検出器34から刃先位置データを取得する（ステップSP2）。

[0097] 距離取得部54は、目標掘削地形データ生成部53で生成された目標掘削地形と、刃先位置データ取得部52で取得された刃先位置データとに基づいて、刃先位置と目標掘削地形との距離 d を算出する（ステップSP3）。これにより、バケット11の刃先位置と目標掘削地形との距離データが取得される。

[0098] 刃先目標速度決定部55は、距離データに基づいて、バケット11の刃先目標速度 V_r を決定する（ステップSP4）。図9を参照して説明したような、距離 d と刃先目標速度 V_r との関係を示すマップデータが記憶部61に記憶されている。刃先目標速度決定部55は、距離取得部54で取得された距離データと、記憶部61に記憶されているマップデータとに基づいて、距離 d に応じた刃先目標速度 V_r を決定する。

[0099] ブーム目標速度演算部57は、刃先目標速度決定部55で決定された刃先目標速度 V_r と、操作量取得部56で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいて、整地アシスト制御するためのブーム目標速度 V_b を算出する（ステップSP5）。

[0100] 図11に示すように、決定された刃先目標速度 V_r と、操作装置40のアーム操作量及びバケット操作量に応じた刃先速度 V_s に対抗する対抗刃先速度 V_a とが加算される。具体的には、刃先目標速度 V_r と、操作装置40によるバケット操作量に応じた刃先速度 V_{s1} に対抗する第1対抗刃先速度 V

a 1 と、操作装置 4 0 によるアーム操作量に応じた刃先速度 V_{s2} に対抗する第 2 対抗刃先速度 V_{a2} とが加算される。第 1 対抗刃先速度 V_{a1} 及び第 2 対抗刃先速度 V_{a2} は、負の値である。刃先目標速度 V_r と第 1 対抗刃先速度 V_{a1} と第 2 対抗刃先速度 V_{a2} との加算値から、ブーム目標速度 V_b が算出される。

[0101] ブーム目標速度演算部 5 7 は、操作装置 4 0 によるバケット 1 1 を操作するためのバケット操作量から、そのバケット操作量でバケット 1 1 が動かされたときの刃先速度 V_{s1} を算出する。上述のように、メイン油圧ポンプ 4 2 から方向制御弁 4 1 を介してバケットシリンダ 2 1 に供給される単位時間当たりの作動油の供給量が調整されることによって、バケットシリンダ速度が調整される。バケットシリンダ速度と、方向制御弁 4 1 のスプールの移動量とは相関する。方向制御弁 4 1 のスプールの移動量は、油路 4 4 A, 4 4 B のパイロット油圧と相関する。油路 4 4 A, 4 4 B のパイロット油圧は、操作装置 4 0 によるバケット操作量と相関する。また、油路 4 4 A, 4 4 B のパイロット油圧は、圧力センサ 4 6 A, 4 6 B によって検出される。これらの相関を示す相関データは、予備実験又はシミュレーションにより事前に求められ、記憶部 6 1 に記憶されている。したがって、ブーム目標速度演算部 5 7 は、バケットシリンダ 2 1 についての圧力センサ 4 6 A, 4 6 B の検出信号と、記憶部 6 1 に記憶されている相関データとに基づいて、圧力センサ 4 6 A, 4 6 B の検出信号 (P P C 圧) から、バケットシリンダ速度を算出することができ、そのバケットシリンダ速度に基づいて、そのバケットシリンダ速度でバケットシリンダ 2 1 が駆動されたときのバケット 1 1 の刃先速度 V_{s1} を算出することができる。同様に、ブーム目標速度演算部 5 7 は、アームシリンダ 2 2 についての圧力センサ 4 6 A, 4 6 B の検出信号と、記憶部 6 1 に記憶されている相関データとに基づいて、アームシリンダ速度を算出し、そのアームシリンダ速度に基づいて、そのアームシリンダ速度でアームシリンダ 2 2 が駆動されたときのバケット 1 1 の刃先速度 V_{s2} を算出することができる。

- [0102] ブーム目標速度演算部 57 は、所定のバケットシリンダ速度でバケットシリンダ 21 が駆動されたときのバケット 11 の刃先速度 V_{s1} に対抗する第 1 対抗刃先速度 V_{a1} と、所定のアームシリンダ速度でアームシリンダ 22 が駆動されたときのバケット 11 の刃先速度 V_{s2} に対抗する第 2 対抗刃先速度 V_{a2} とを算出する。第 1 対抗刃先速度 V_{a1} は、バケットシリンダ 21 が駆動されたことによるバケット 11 の刃先速度 V_{s1} をブームシリンダ 23 が駆動されたことによるバケット 11 の刃先速度 V_{s3} によって相殺するための値である。第 2 対抗刃先速度 V_{a2} は、アームシリンダ 22 が駆動されたことによるバケット 11 の刃先速度 V_{s2} をブームシリンダ 23 が駆動されたことによるバケット 11 の刃先速度 V_{s3} によって相殺するための値である。ブーム目標速度演算部 55 は、刃先目標速度 V_r と第 1 対抗刃先速度 V_{a1} と第 2 刃先対抗速度 V_{a2} とに基づいて、整地アシスト制御するためのブーム目標速度 V_b を算出する。
- [0103] 補正量演算部 58 は、距離 d の時間積分に基づいて、ブーム目標速度 V_b の補正量 R を算出する（ステップ S P 6）。
- [0104] 補正量演算部 58 は、整地アシスト制御が開始された時点（過去の時点）から現時点までの距離 d の時間積分に基づいて補正量 R を算出し、ブーム目標速度 V_b を積分補償する。
- [0105] 整地アシスト制御が開始された時点とは、オペレータが掘削作業を開始するために制御モードに移行する指令をモード移行指令手段（不図示）を介して制御装置 50 に送信し、制御装置 50 から制御弁 45 C に制御信号の出力が開始された時点である。整地アシスト制御においては、刃先 10 が目標掘削地形を掘り込んでいる状態から目標掘削地形と同じ位置に配置される状態に変化するように、ブーム 13 が上げ動作される。補正量演算部 58 は、整地アシスト制御が開始された過去の時点から、刃先 10 が目標掘削地形に配置される現時点までの期間における距離 d の時間積分に基づいて補正量 R を算出する。
- [0106] 補正量制限部 59 は、現時点における距離 d に基づいて、補正量 R の上限

値Aを算出する（ステップSP7）。本実施形態においては、補正量制限部59は、現時点における距離dから決定される刃先目標速度 V_r に基づいて、補正量Rの上限値Aを算出する。

[0107] 本実施形態においては、上限値Aは、以下の（1）式に基づいて決定される。

$$[0108] \quad A = a \times V_r + S \quad \dots (1)$$

[0109] （1）式において、Aは補正量Rの上限値であり、 V_r は刃先目標速度であり、aは係数であり、Sはオフセット量である。オフセット量Sは任意に決定される。（1）式に示すように、上限値Aと刃先目標速度 V_r とは比例関係である。刃先目標速度 V_r が小さいほど上限値Aは小さくなる。また、オフセット量Sが変更されることにより、補正量Rの上限値Aが変更される。オフセット量Sが小さいほど上限値Aは小さくなり、補正量Rに対する制限は厳しくなる。オフセット量Sが大きいほど上限値Aは大きくなり、補正量Rに対する制限は緩やかになる。

[0110] 補正量制限部59は、算出した上限値Aを使って、補正量演算部58で算出された補正量Rを制限する補正制限処理を実施する（ステップSP8）。

[0111] 補正量制限部59は、補正量演算部58で算出された補正量Rと補正量制限部59で算出された上限値Aとを比較し、補正量演算部58で算出された補正量Rが補正量制限部59で算出された上限値Aを超えるとときに、ブーム目標速度 V_b を補正する補正量 R_s として、補正量制限部59で算出された上限値Aを作業機制御部60に出力し、補正量演算部58で算出された補正量Rが補正量制限部59で算出された上限値A以下であるときに、ブーム目標速度 V_b を補正する補正量 R_s として、補正量演算部58で算出された補正量Rを作業機制御部60に出力する。

[0112] 作業機制御部60は、ステップSP8の補正量制限処理で処理された補正量 R_s を使って、ステップSP5で算出されたブーム目標速度 V_r を補正（積分補償）する補正処理を実施する（ステップSP9）。

[0113] 作業機制御部60は、補正処理されたブーム目標速度 V_b に基づいて、ブ

ームシリンダ23を整地アシスト制御するための指令信号を制御弁45Cに出力する（ステップSP10）。作業機制御部60は、補正量演算部58で算出された補正量Rが補正量制限部59で算出された上限値Aを超えるとときに、補正量制限部59で算出された上限値Aに基づいてブームシリンダ23を制御するための指令信号を出力する。作業機制御部60は、補正量演算部58で算出された補正量Rが補正量制限部59で算出された上限値A以下であるときに、補正量演算部58で算出された補正量Rに基づいてブームシリンダ23を制御するための指令信号を出力する。

[0114] [比較例]

比較例について説明する。比較例に係る制御装置においては、補正量制限処理が実施されない。比較例においては、補正量Rがそのまま出力され、ブーム目標速度 V_b と加算される。

[0115] 図12は、比較例に係る制御方法で油圧ショベル100を制御したときの動作を示すグラフである。図12（A）は、整地アシスト制御が開始された時点からの経過時間 t と距離 d との関係を示す。図12（A）において、横軸は経過時間 t であり、縦軸は距離 d である。図12（B）は、整地アシスト制御が開始された時点からの経過時間 t と、刃先目標速度 V_r 及び補正量 R との関係を示す。図12（B）において、横軸は経過時間 t であり、縦軸は速度である。

[0116] 図12（A）において、距離 d が「0」のとき、刃先位置 P_b と目標掘削地形とが一致する。距離 d が正の値のとき、刃先10は目標掘削地形から浮き上がっている。距離 d が負の値のとき、刃先10は目標掘削地形を掘り込んでいる。整地アシスト制御においては、バケット11の刃先10が目標掘削地形を掘り込んでいる状態からバケット11の刃先10が目標掘削地形に戻るよう、ブームシリンダ23が制御され、ブーム13が上げ動作される。

[0117] 比較例に係る制御システムにおいては、現在のバケット11の刃先位置と目標掘削地形との距離 d からバケット11の刃先目標速度 V_r が決定され、

決定された刃先目標速度 V_r とオペレータによるアーム操作量及びバケット操作量に応じたバケット 11 の刃先速度に対抗する対抗刃先速度 V_a （第 1 対抗刃先速度 V_{a1} 及び第 2 対抗刃先速度 V_{a2} ）とが減算され、ブーム目標速度 V_r が算出される。補正量 R は、整地アシスト制御が開始され刃先 10 が目標掘削地形に掘り込まれた時点から目標掘削地形に戻る時点までの距離 d の時間積分（図 12（A）の斜線 M 部分に相当）に基づいて算出される。算出された補正量 R を使ってブーム目標速度 V_r が補正（積分補償）され、積分補償されたブーム目標速度 V_r に基づいてブームシリンダ 23 を制御するための制御信号が出力される。

[0118] 図 12（A）に示すように、比較例に係る積分補償を使った整地アシスト制御においても、バケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形を掘り込んだ場合、ブーム 13 が上げ動作するようにブームシリンダ 23 が制御される。

[0119] 油圧ショベル 100 においては、作業機 1 の重量の増加、油圧の応答遅れ、又は油圧機器の駆動時のヒステリシス等に起因して、ブームシリンダ 23 を制御する指令信号に対するブームシリンダ 23 の応答の時間遅れが存在する。そのため、バケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形を掘り込んでいる状態から目標掘削地形に戻るように整地アシスト制御によりブーム 13 が上げ動作される場合、バケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形を掘り込んでいる時間 T （図 12（A）参照）が長いと、図 12（B）に示すように、バケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形に戻ったときに補正量 R が過大となり（過補償となり）、刃先 10 が浮き上がり状態になっても、ブーム 13 の上げ動作が継続されてしまう。その結果、図 12（A）に示すように、バケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形から過度に離れてしまう（浮き上がってしまう）現象が発生する。その結果、作業機 1 によって掘削されない部分が発生し、目標掘削地形とは異なる状態で整地されてしまうこととなる。

[0120] [作用及び効果]

図 13 は、本実施形態に係る制御方法で油圧ショベル 100 を制御したときの動作を示すグラフである。図 13（A）は、整地アシスト制御が開始さ

れた時点からの経過時間 t と距離 d との関係を示す。図 13 (A) において、横軸は経過時間 t であり、縦軸は距離 d である。図 13 (B) は、整地アシスト制御が開始された時点からの経過時間 t と、刃先目標速度 V_r 及び補正量 R_s との関係を示す。図 13 (B) において、横軸は経過時間 t であり、縦軸は速度である。

[0121] 整地アシスト制御において、作業機制御部 60 は、バケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形を掘り込んでいる状態からバケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形に戻るように、ブームシリンダ 23 を制御して、ブーム 13 を上げ動作させる。

[0122] 補正量演算部 58 は、整地アシスト制御が開始され刃先 10 が目標掘削地形に掘り込まれた時点から、ブーム 13 の上げ動作により刃先 10 が目標掘削地形に戻る時点までの期間における距離 d の時間積分（図 13 (A) の斜線 M 部分に相当）に基づいて、補正量 R を算出する。補正量制限部 59 は、ブーム 13 の上げ動作において、補正量 R を制限する。

[0123] ブーム 13 の上げ動作において補正量 R が制限されることにより、バケット 11 の刃先 10 が目標地形を掘り込んでいる状態から目標掘削地形と同じ位置に配置される状態に変化しても、図 13 (B) に示すように、補正量 R の増大が抑制され、過補償となることが防止される。過補償が防止された補正量 R_s でブーム目標速度 V_b が補正されることにより、図 13 (A) に示すように、バケット 11 の刃先 10 が目標掘削地形から過度に浮き上がってしまうことが抑制され、浮き上がり量を小さくすることができる。

[0124] このように、本実施形態によれば、補正量 R を制限するようにしたので、整地アシスト制御において、バケット 11 の刃先 10 が掘り込んだ状態から目標掘削地形に戻るときの刃先 10 の浮き上がりが防止され、掘削精度の低下が抑制される。

[0125] また、本実施形態においては、(1) 式で示したように、補正量 R の上限値 A が算出され、その上限値 A を超えないように、補正量 R の補正量制限処理が実施され、補正量 R_s が算出される。したがって、上限値 A を変更する

だけで、補正量 R の制限を厳しくしたり緩めたりすることを円滑に実施することができる。

[0126] また、(1) 式で示したように、上限値 A と刃先目標速度 V_r とは比例関係である。また、図 9 を参照して説明したように、刃先目標速度 V_r と距離 d とは比例関係である。したがって、上限値 A と距離 d とも比例関係である。本実施形態においては、補正量制限部 59 は、現時点における距離 d (刃先目標速度 V_r) が小さいほど補正量 R の上限値 A を小さくする。これにより、過補償が抑制され、現時点における距離 d (刃先目標速度 V_r) がゼロになったときには補正量 R もゼロにすることができる。

[0127] また、(1) 式で示したように、上限値 A についてのオフセット量 S を変更するだけで、補正量 R の制限を厳しくしたり緩めたりすることを円滑に実施することができる。

[0128] [その他の実施形態]

補正量制限部 59 は、アーム操作量又はアーム速度 (アームシリンダ速度) に基づいて、補正量 R の上限値 A を変更することができる。補正量制限部 59 は、例えば、アーム操作量又はアーム速度が低速であるほど上限値 A を大きくし (制限を緩やかにし)、アーム操作量又はアーム速度が高速であるほど上限値 A を小さくする (制限を厳しくする)。アーム 12 が低速で動いている場合には、補正量 R を制限しなくても、整地アシスト制御において刃先 10 の浮き上がりは抑制される。アーム 12 が高速で動いている場合には、補正量 R を制限することにより、整地アシスト制御において刃先 10 の浮き上がりを抑制することができる。

[0129] 補正量制限部 59 は、アーム操作量又はアーム速度 (アームシリンダ速度) に基づいて、(1) 式で示したオフセット量 S を変更することによって、上限値 A を変更することができる。

[0130] 上述したように、アームシリンダ速度と、油路 44A, 44B のパイロット油圧とは相関する。油路 44A, 44B のパイロット油圧は、圧力センサ 46A, 46B によって検出される。相関データは、記憶部 61 に記憶され

ている。圧力センサ 46 A、46 B の検出信号は、制御装置 50 に出力される。補正量制限部 59 は、圧力センサ 46 A、46 B の検出信号に基づいて、アーム操作量又はアーム速度（アームシリンダ速度）を取得することができる。補正量制限部 59 は、圧力センサ 46 A、46 B の検出値に基づいて、オフセット量 S を変更することができる。

[0131] 図 14 は、圧力センサ 46 A、46 B の検出値とオフセット量 S との関係を示す図である。図 14 に示すように、圧力センサ 46 A、46 B の検出値が小さいほど（アームシリンダ速度が低速であるほど）、大きいオフセット量 S が設定され制限が緩和される。圧力センサ 46 A、46 B の検出値が大きいほど（アームシリンダ速度が高速であるほど）、小さいオフセット量 S が設定され制限が厳格になる。図 14 に示すマップデータは、記憶部 61 に記憶される。補正量制限部 59 は、圧力センサ 46 A、46 B の検出値と、記憶部 61 のマップデータとに基づいて、アームシリンダ速度に応じたオフセット量 S を決定する。

[0132] なお、アーム 12 に連結されるバケット 11 が交換可能である場合、補正量制限部 59 は、バケット 11 の重量に基づいて、補正量 R の上限値 A を変更してもよい。補正量制限部 59 は、例えば、バケット 11 の重量が小さいほど上限値 A を大きくし（制限を緩やかにし）、バケット 11 の重量が大きいほど上限値 A を小さくする（制限を厳しくする）。バケット 11 の重量が小さい場合には、補正量 R を制限しなくても、整地アシスト制御において刃先 10 の浮き上がりは抑制される。バケット 11 の重量が大きい場合には、補正量 R を制限することにより、整地アシスト制御において刃先 10 の浮き上がりを抑制することができる。

[0133] なお、上述の実施形態においては、操作装置 40 がパイロット油圧方式の操作装置であることとした。操作装置 40 は、電気方式でもよい。図 15 は、電気方式の操作装置 40 B の一例を示す図である。図 15 に示すように、操作装置 40 B は、電気レバーのような操作部材 400 と、操作部材 400 の作動量を電氣的に検出する作動量センサ 49 とを有する。作動量センサ 4

９は、ポテンショメータ傾斜計を含み、傾動された操作部材４００の傾斜角度を検出する。作動量センサ４９の検出信号は、制御装置５０に出力される。制御装置５０の作動量取得部５６は、作動量として、作動量センサ４９の検出信号を取得する。制御装置５０は、作動量センサ４９の検出信号に基づいて、方向制御弁４１を駆動するための指令信号（電気信号）を出力する。方向制御弁４１は、ソレノイドのような電力で作動するアクチュエータによって作動する。制御装置５０から方向制御弁４１のアクチュエータに指令信号が出力される。方向制御弁４１のアクチュエータは、制御装置５０から出力された指令信号に基づいて、方向制御弁４１のスプールを動かす。

[0134] なお、上述の実施形態で説明した操作装置４０と同様、操作装置４０Ｂも、右操作レバーと左操作レバーとを含む。右操作レバーが前後方向に動かされると、ブーム１３は下げ動作及び上げ動作を行う。右操作レバーが左右方向（車幅方向）に動かされると、バケット１１は掘削動作及びダンプ動作を行う。左操作レバーが前後方向に動かされると、アーム１２はダンプ動作及び掘削動作を行う。左操作レバーが左右方向に動かされると、上部旋回体２は左旋回及び右旋回する。なお、左操作レバーが前後方向に動かされた場合に上部旋回体２が右旋回及び左旋回し、左操作レバーが左右方向に動かされた場合にアーム１２がダンプ動作及び掘削動作を行ってもよい。

[0135] なお、図１５は、アームシリンダ２２が操作装置４０Ｂに操作される例を示す。アームシリンダ２２のキャップ側油室２０Ａに油路４７Ａを介して作動油が供給され、ロッド側油室２０Ｂに油路４７Ｂを介して作動油が供給される。バケットシリンダ２１はアームシリンダ２２と同様の構成である。ブームシリンダ２３においては、ブームシリンダ２３のキャップ側油室２０Ａに油路４７Ｂを介して作動油が供給され、ロッド側油室２０Ｂに油路４７Ｂを介して作動油が供給されることとなる。

[0136] なお、上述の実施形態においては、ローカル座標系に基づいて整地アシスト制御が実施されることとした。グローバル座標系に基づいて整地アシスト制御が実施されてもよい。

[0137] なお、上述の実施形態においては、操作装置４０が油圧ショベル１００に設けられることとした。操作装置４０が油圧ショベル１００から離れた遠隔地に設けられ、油圧ショベル１００が遠隔操作されてもよい。作業機１が遠隔操作される場合、遠隔地に設けられた操作装置４０から作業機１の操作量を示す指令信号が油圧ショベル１００に無線送信される。制御装置５０の操作量取得部５６は、無線送信された操作量を示す指令信号を取得する。

[0138] なお、上述の実施形態においては、油圧ショベル１００がオペレータによる操作装置４０の操作に基づいて作動することとした。油圧ショベル１００の制御装置５０は、オペレータの操作によらずに、目標掘削地形データに基づいて、作業機１を自律制御してもよい。作業機１が自律制御される場合、例えば、遠隔地に設けられたコンピュータシステムから作業機１を自律制御するための操作量データが無線送信される。制御装置５０の操作量取得部５６は、無線送信された操作量データを取得する。

[0139] なお、上述の実施形態においては、作業機械１００が油圧ショベル１００であることとした。上述の実施形態で説明した制御装置５０及び制御方法は、油圧ショベル１００以外にも、作業機を有する作業機械全般に適用可能である。

符号の説明

- [0140] １ 作業機
２ 車体（上部旋回体）
３ 走行装置（下部走行体）
４ 運転室
４Ｓ 運転席
５ 機械室
６ 手すり
７ クローラ
１０ 刃先
１１ バケット

- 1 2 アーム
- 1 3 ブーム
- 1 4 バケットシリンダストロークセンサ
- 1 5 アームシリンダストロークセンサ
- 1 6 ブームシリンダストロークセンサ
- 2 0 油圧シリンダ
- 2 0 A キャップ側油室
- 2 0 B ロッド側油室
- 2 1 バケットシリンダ
- 2 2 アームシリンダ
- 2 3 ブームシリンダ
- 3 0 位置検出装置
- 3 1 車体位置検出器
- 3 1 A G P S アンテナ
- 3 2 姿勢検出器
- 3 3 方位検出器
- 3 4 刃先位置検出器
- 4 0 操作装置
- 4 1 方向制御弁
- 4 2 メイン油圧ポンプ
- 4 3 パイロット油圧ポンプ
- 4 4 A, 4 4 B, 4 4 C 油路
- 4 5 A, 4 5 B, 4 5 C 制御弁
- 4 6 A, 4 6 B 圧力センサ
- 4 7 A, 4 7 B 油路
- 4 8 シャトル弁
- 4 9 作動量センサ
- 5 0 制御装置

- 5 1 車体位置データ取得部
- 5 2 刃先位置データ取得部
- 5 3 目標掘削地形データ生成部
- 5 4 距離取得部
- 5 5 刃先目標速度決定部
- 5 6 操作量取得部
- 5 7 ブーム目標速度演算部
- 5 8 補正量演算部
- 5 9 補正量制限部
- 6 0 作業機制御部
- 6 1 記憶部
- 6 2 入出力部
- 7 0 目標施工データ生成装置
- 1 0 0 油圧ショベル
- 2 0 0 制御システム
- 3 0 0 油圧システム
- A X 1 回転軸
- A X 2 回転軸
- A X 3 回転軸
- L 1 1 長さ
- L 1 2 長さ
- L 1 3 長さ
- P b 刃先の絶対位置
- P g 車体の絶対位置
- R X 旋回軸
- θ 1 1 傾斜角
- θ 1 2 傾斜角
- θ 1 3 傾斜角

請求の範囲

- [請求項1] ブームとアームとバケットとを有する作業機を備える作業機械の制御装置であって、
- 前記バケットと目標掘削地形との距離データを取得する距離取得部と、
- 前記距離データに基づいて前記バケットの刃先目標速度を決定する刃先目標速度決定部と、
- 前記作業機を操作するための操作量を取得する操作量取得部と、
- 前記刃先目標速度と前記操作量取得部で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいてブーム目標速度を算出するブーム目標速度演算部と、
- 前記バケットと目標掘削地形との距離の時間積分に基づいて前記ブーム目標速度の補正量を算出する補正量演算部と、
- 前記バケットと目標掘削地形との距離に基づいて前記補正量を制限する補正量制限部と、
- 前記補正量で補正された前記ブーム目標速度に基づいて前記ブームを駆動するブームシリンダを駆動する指令を出力する作業機制御部と、
- を備える作業機械の制御装置。
- [請求項2] 前記作業機制御部は、前記バケットの刃先が前記目標掘削地形を掘り込んでいる状態から前記バケットの刃先が目標掘削地形に戻るよう前記ブームシリンダを駆動する指令を出力して前記ブームを上げ動作させ、
- 前記補正量制限部は、前記ブームの上げ動作において前記補正量を制限する、
- 請求項1に記載の作業機械の制御装置。
- [請求項3] 前記補正量制限部は、前記距離に基づいて前記補正量の上限値を算出し、

前記作業機制御部は、前記補正量演算部で算出された前記補正量が前記補正量制限部で算出された前記上限値を超えるとときに前記上限値に基づいて前記ブームシリンダを駆動する指令を出力し、前記補正量が前記上限値以下であるときに前記補正量に基づいて前記ブームシリンダを駆動する指令を出力する、
請求項 1 又は請求項 2 に記載の作業機械の制御装置。

[請求項4] 前記補正量制限部は、前記距離が小さいほど前記補正量の上限値を小さくする、
請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の作業機械の制御装置。

[請求項5] 前記補正量制限部は、アーム操作量又はアーム速度に基づいて前記補正量の上限値を変更する、
請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の作業機械の制御装置。

[請求項6] 前記補正量制限部は、前記バケットの重量に基づいて前記補正量の上限値を変更する、
請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の作業機械の制御装置。

[請求項7] 前記補正量制限部は、前記刃先目標速度に基づいて前記補正量の上限値を算出し、
前記刃先目標速度が小さいほど前記上限値を小さくする、
請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の作業機械の制御装置。

[請求項8] ブームとアームとバケットとを有する作業機と、
前記ブームを駆動するブームシリンダと、
前記アームを駆動するアームシリンダと、
前記バケットを駆動するバケットシリンダと、
前記作業機を支持する上部旋回体と、
前記上部旋回体を支持する下部走行体と、
制御装置と、
を備え、
前記制御装置は、

前記バケットと目標掘削地形との距離データを取得する距離取得部と、

前記距離データに基づいて前記バケットの刃先目標速度を決定する刃先目標速度決定部と、

前記作業機を操作するための操作量を取得する操作量取得部と、

前記刃先目標速度と前記操作量取得部で取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方とに基づいてブーム目標速度を算出するブーム目標速度演算部と、

前記バケットと目標掘削地形との距離の時間積分に基づいて前記ブーム目標速度の補正量を算出する補正量演算部と、

前記バケットと目標掘削地形との距離に基づいて前記補正量を制限する補正量制限部と、

前記補正量で補正された前記ブーム目標速度に基づいて前記ブームシリンダを駆動する指令を出力する作業機制御部と、
を備える作業機械。

[請求項9] ブームとアームとバケットとを有する作業機を備える作業機械の制御方法であって、

前記バケットと目標掘削地形との距離データを取得することと、

前記距離データに基づいて前記バケットの刃先目標速度を決定することと、

前記刃先目標速度と取得されたアーム操作量及びバケット操作量の少なくとも一方に基づいてブーム目標速度を算出することと、

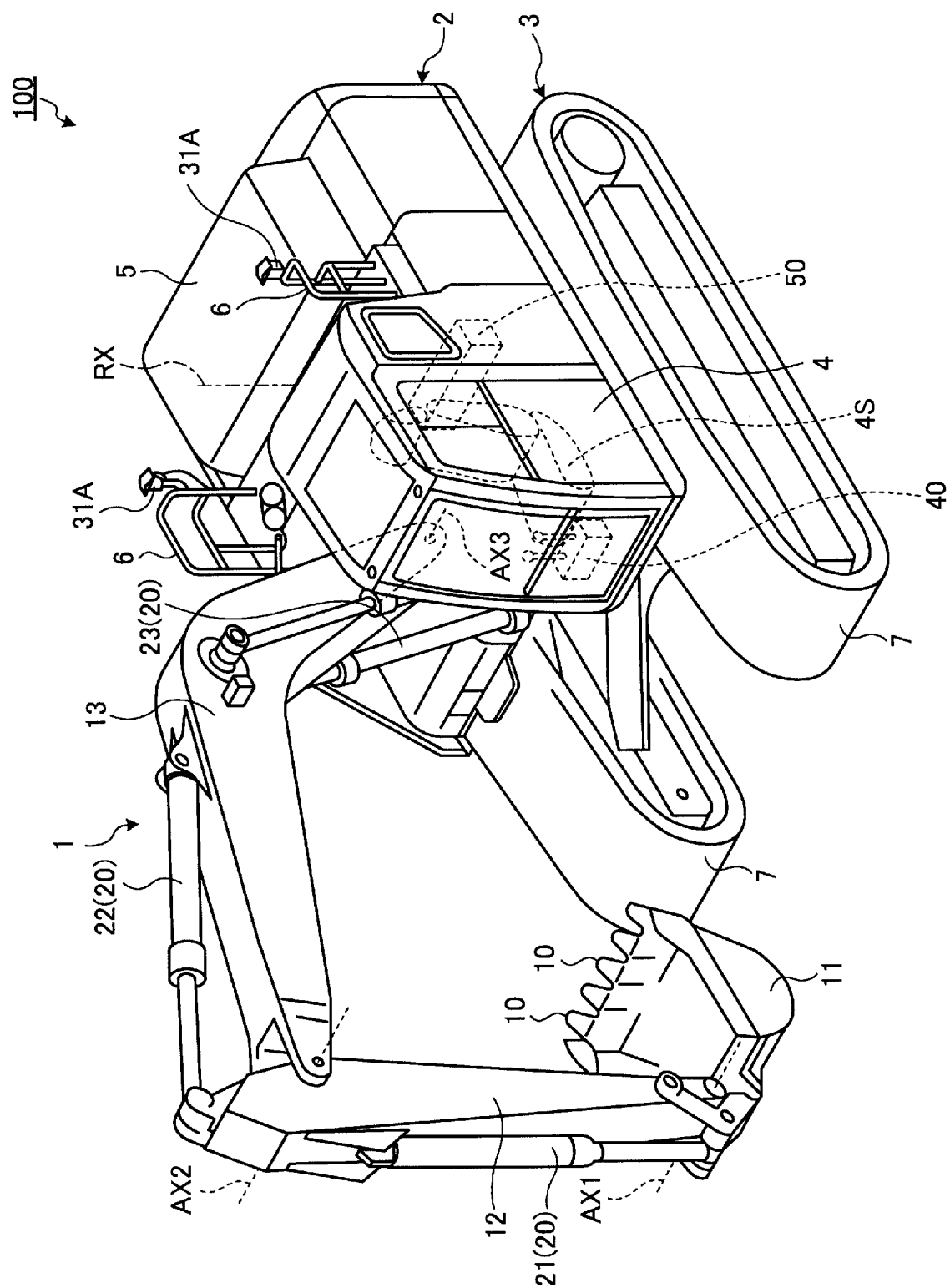
前記バケットと目標掘削地形との距離の時間積分に基づいて前記ブーム目標速度の補正量を算出することと、

前記バケットと目標掘削地形との距離に基づいて前記補正量を制限することと、

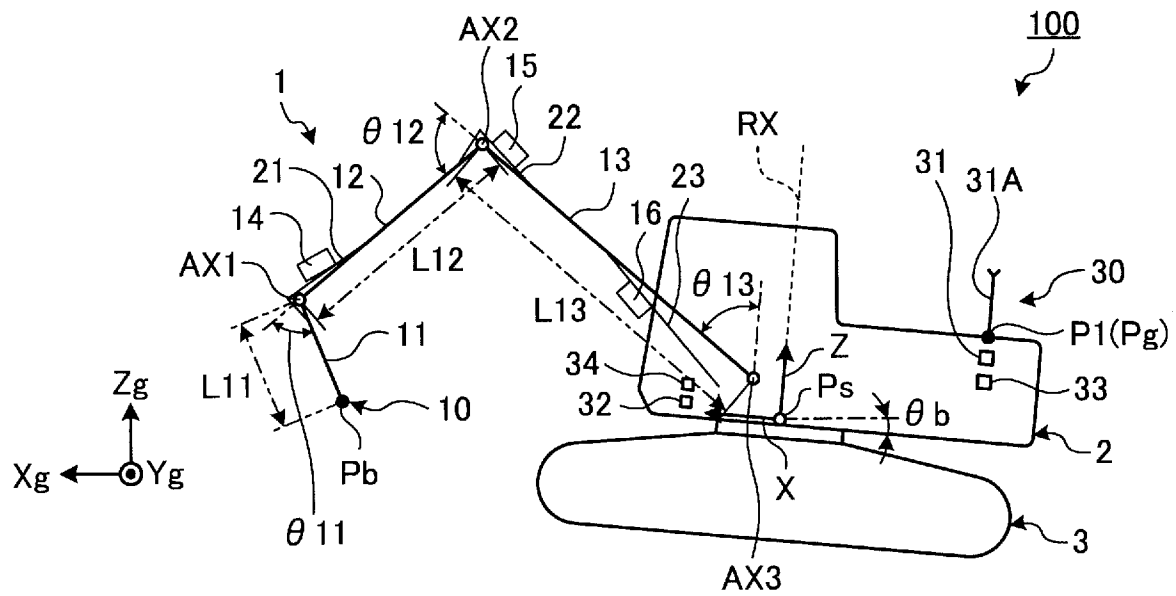
前記補正量で補正された前記ブーム目標速度に基づいて前記ブームを駆動するブームシリンダを駆動する指令を出力することと、

を含む作業機械の制御方法。

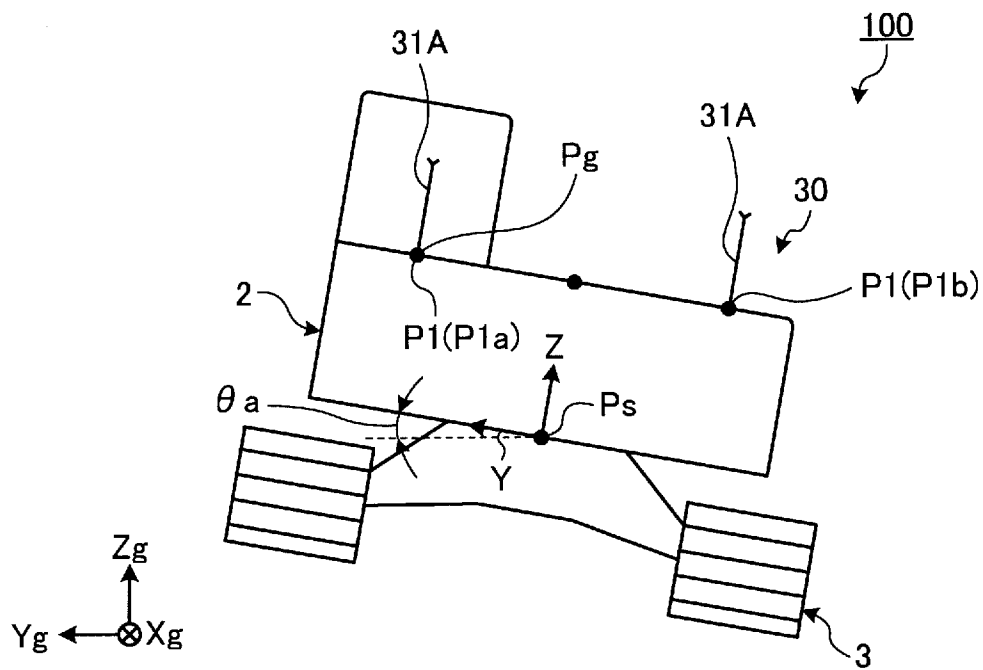
[図1]



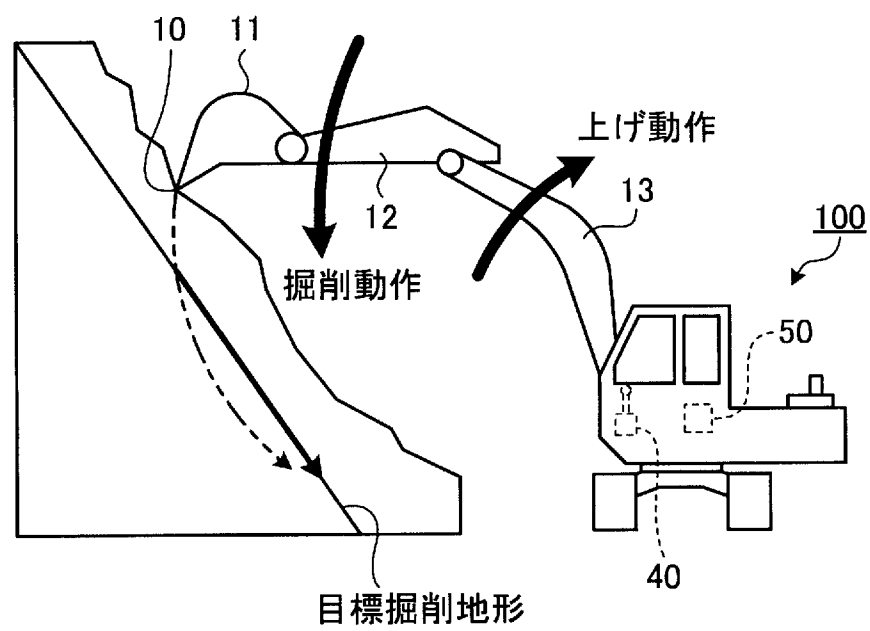
[図2]



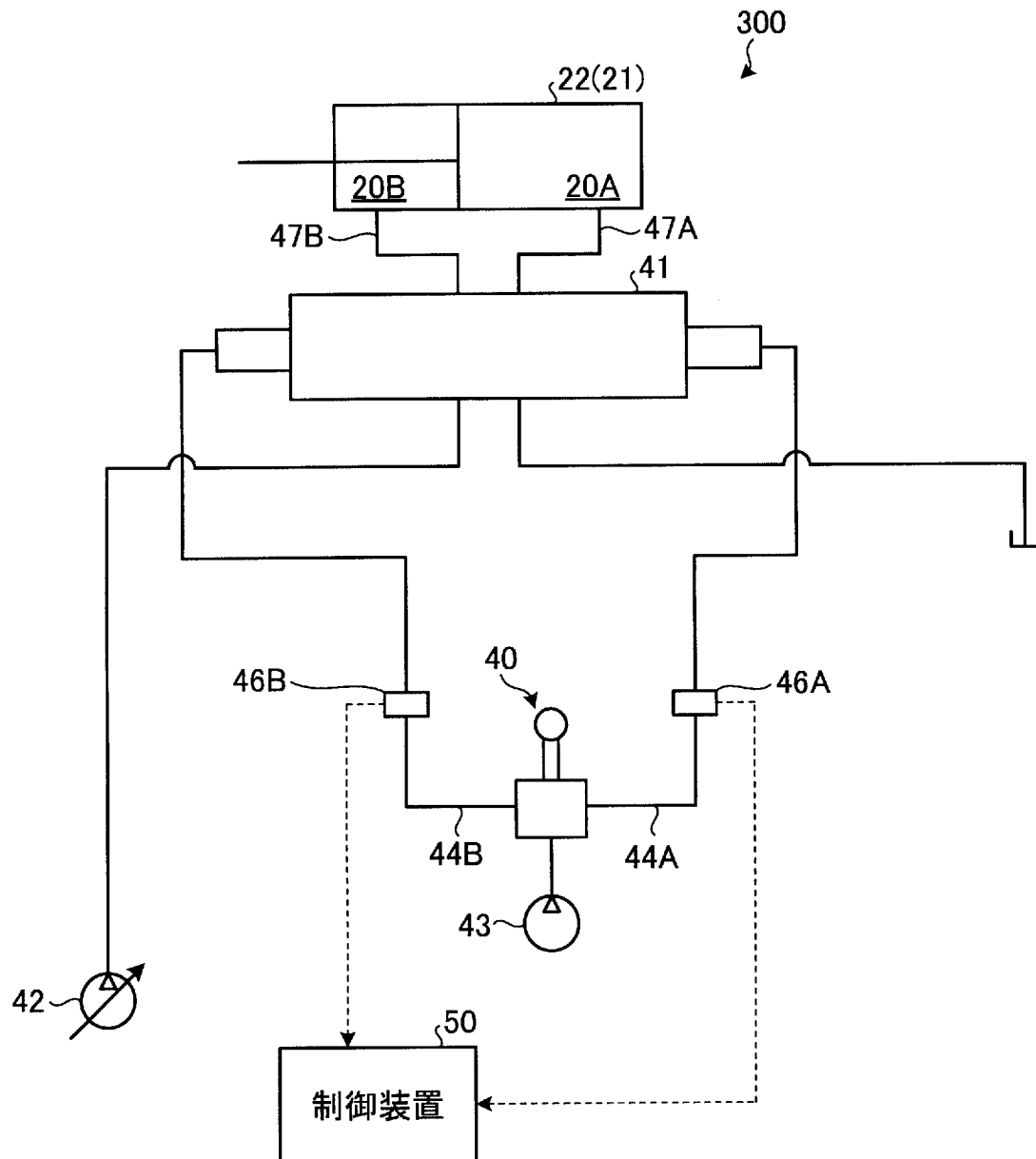
[図3]



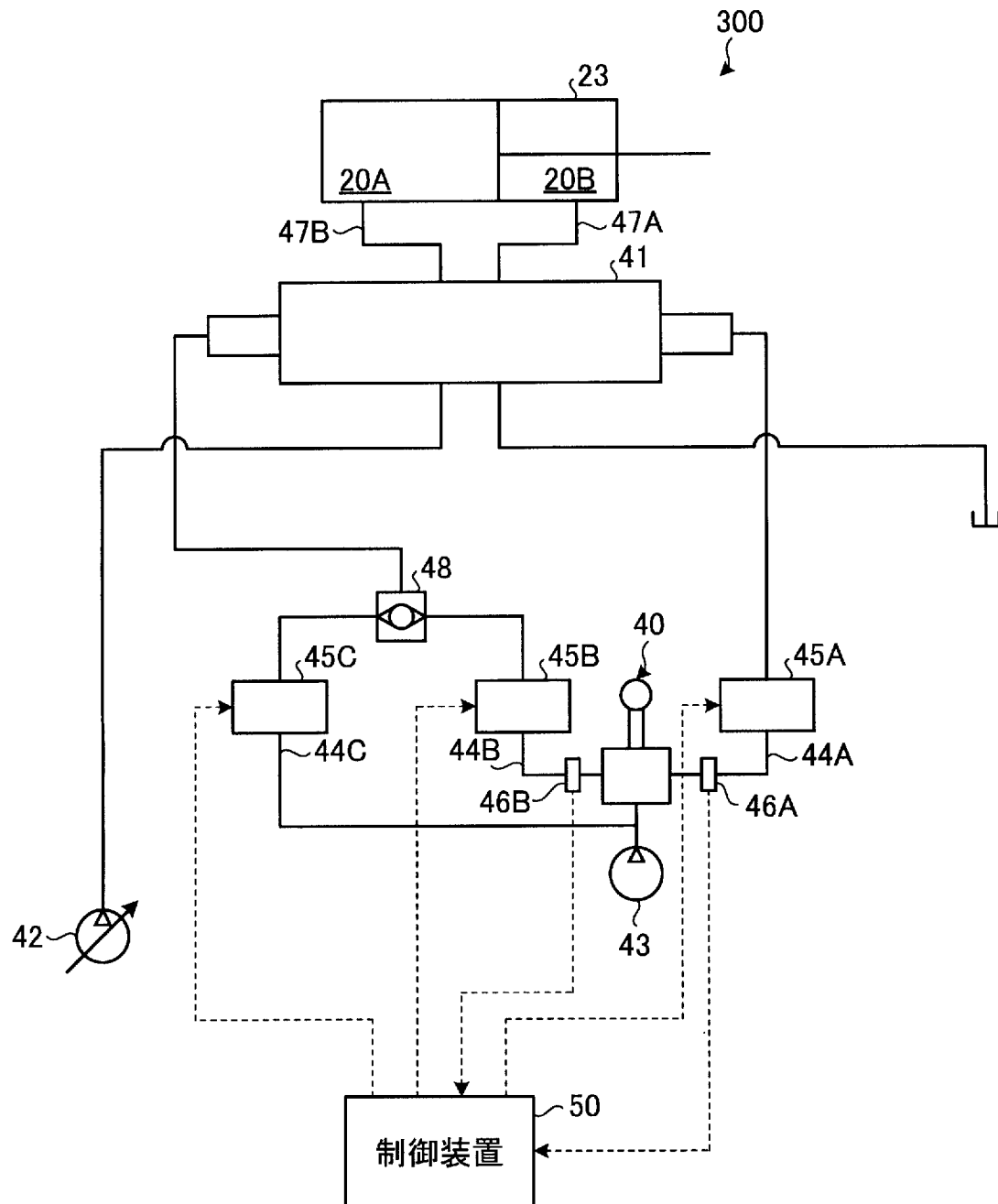
[図4]



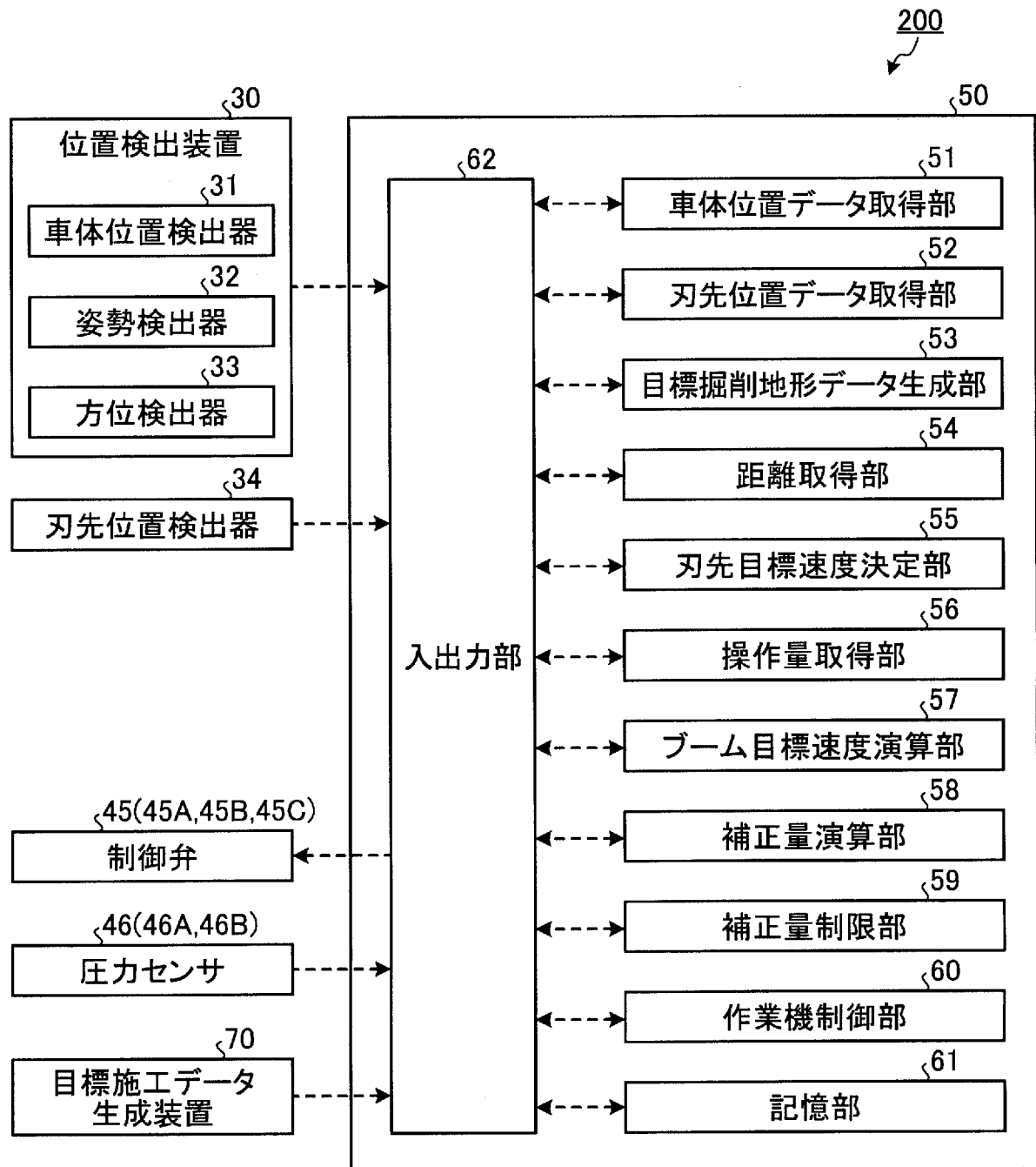
[図5]



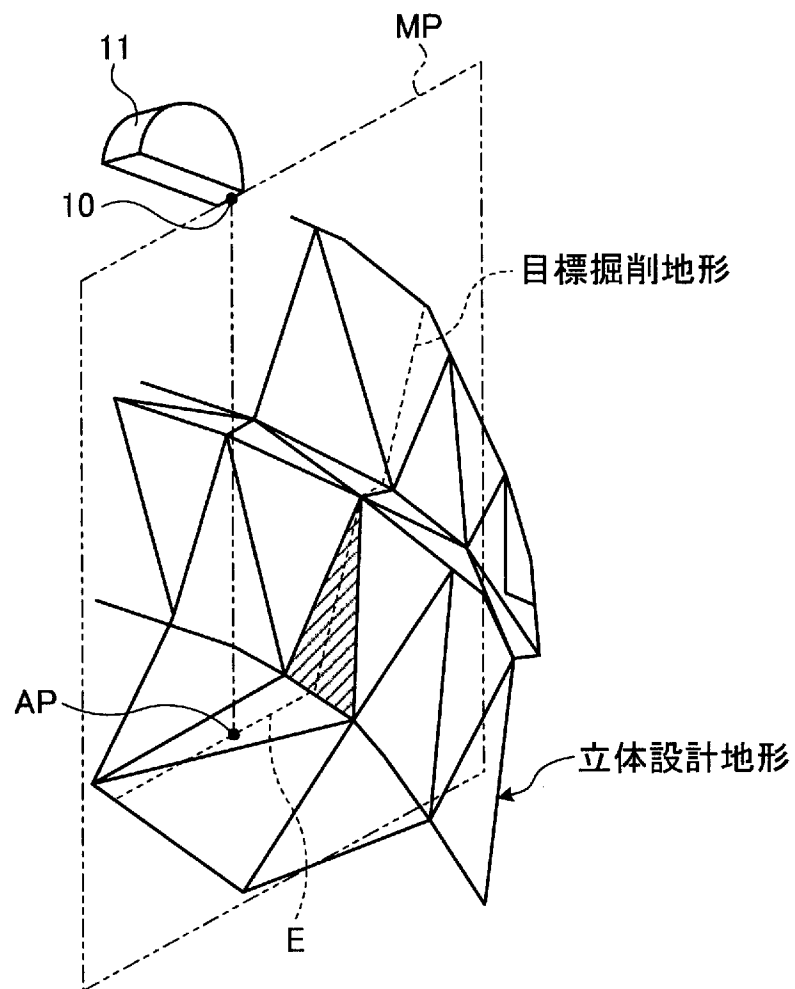
[図6]



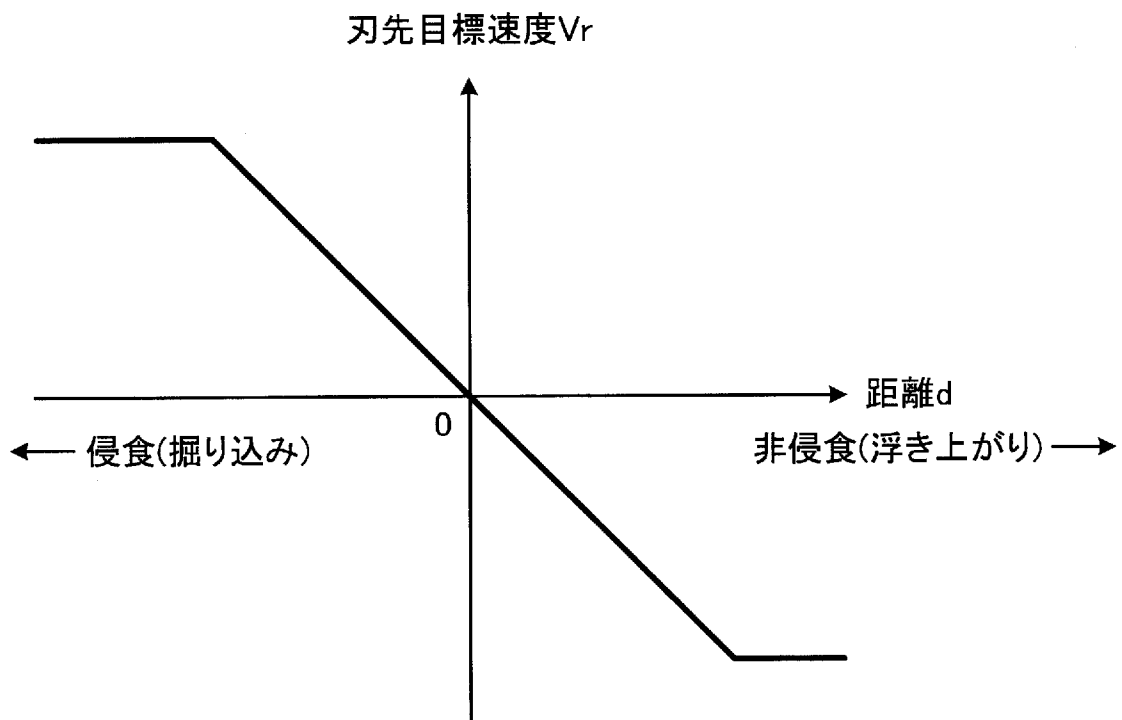
[図7]



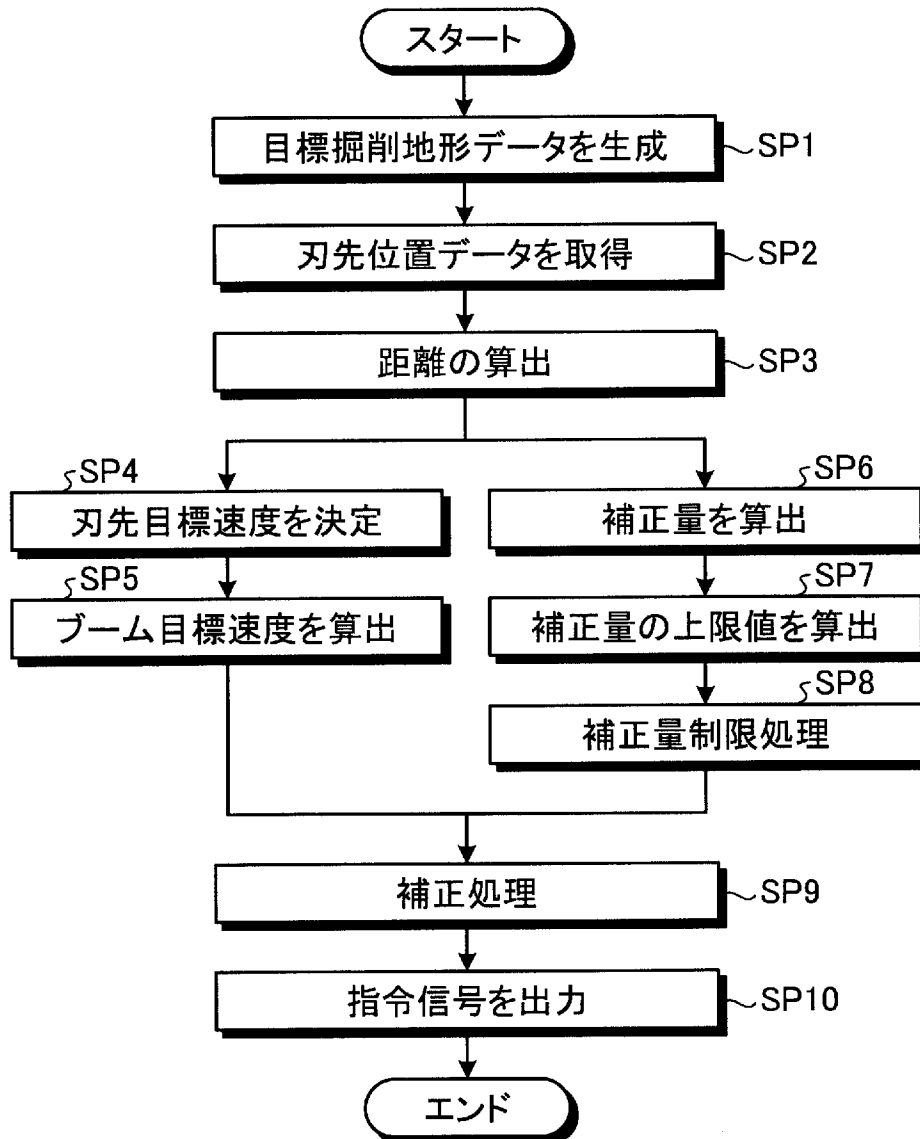
[図8]



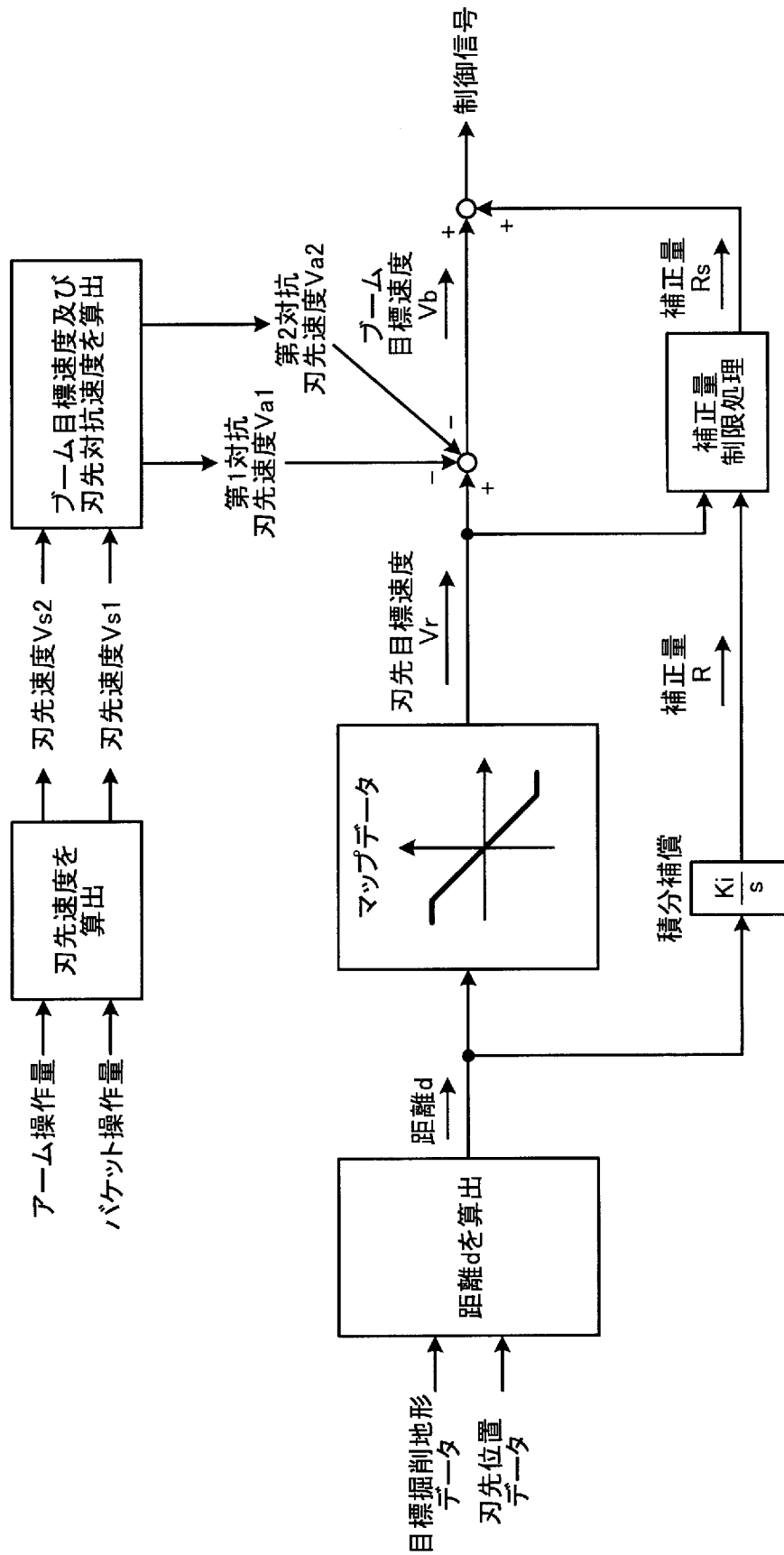
[図9]



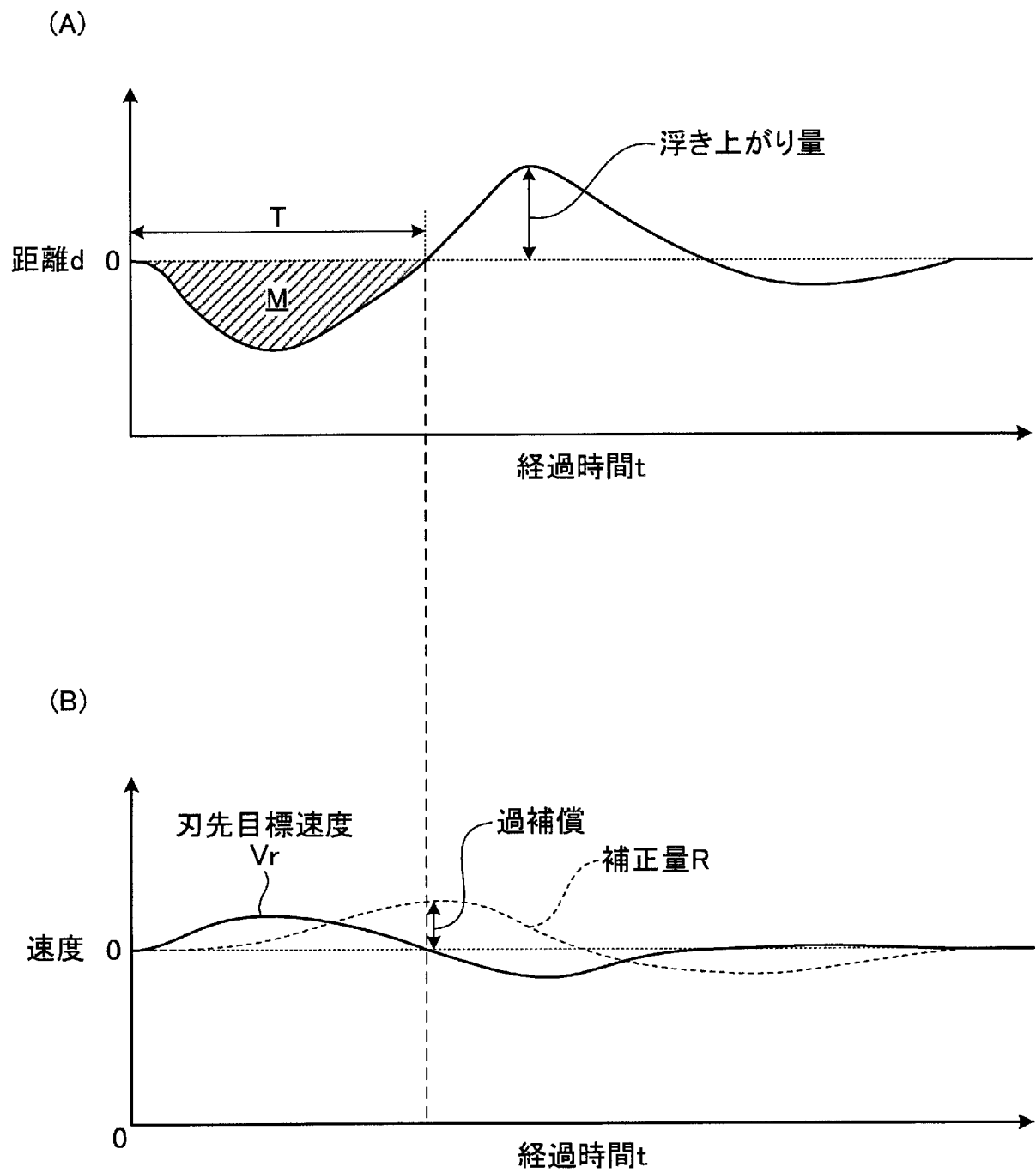
[図10]



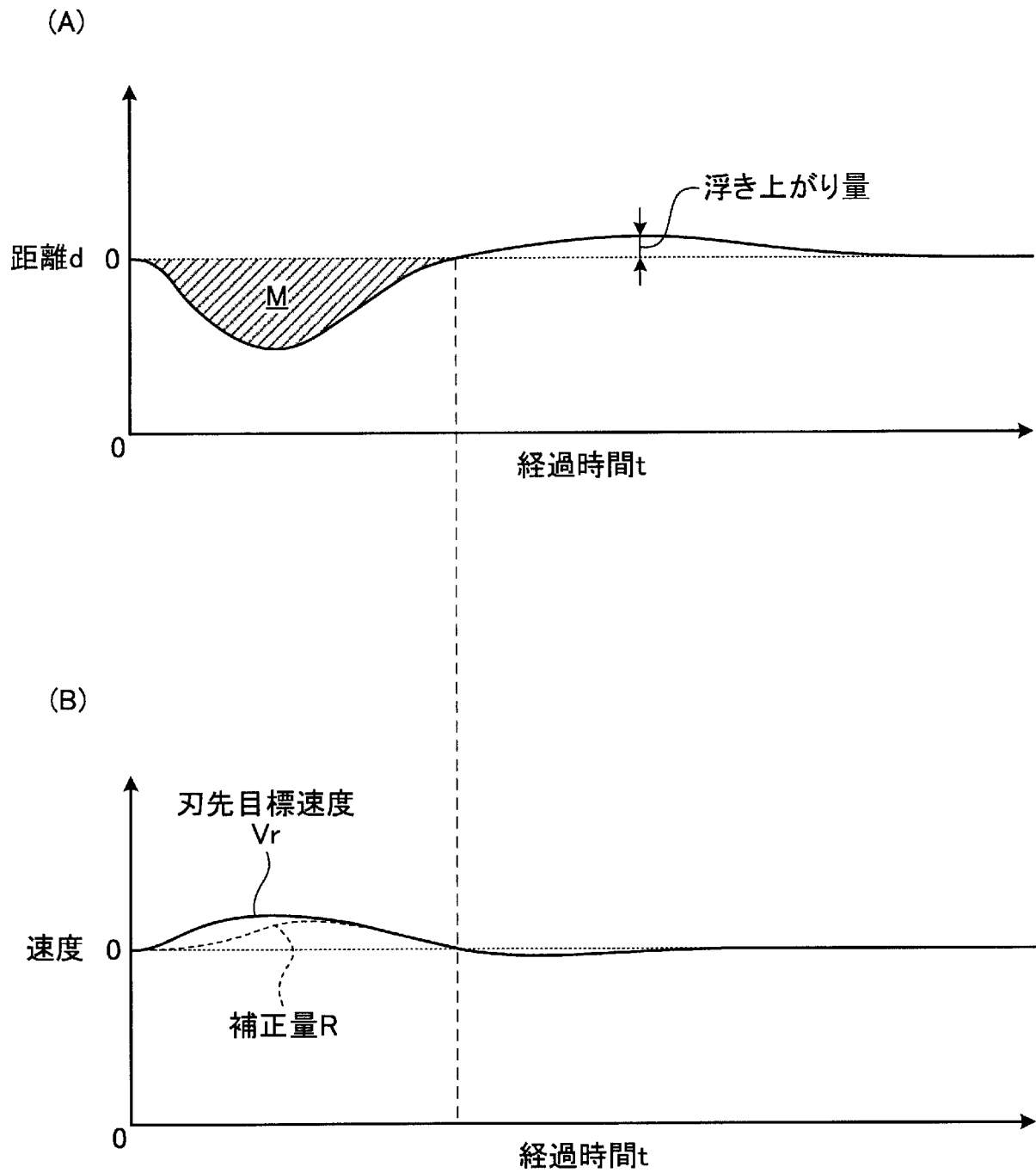
[図11]



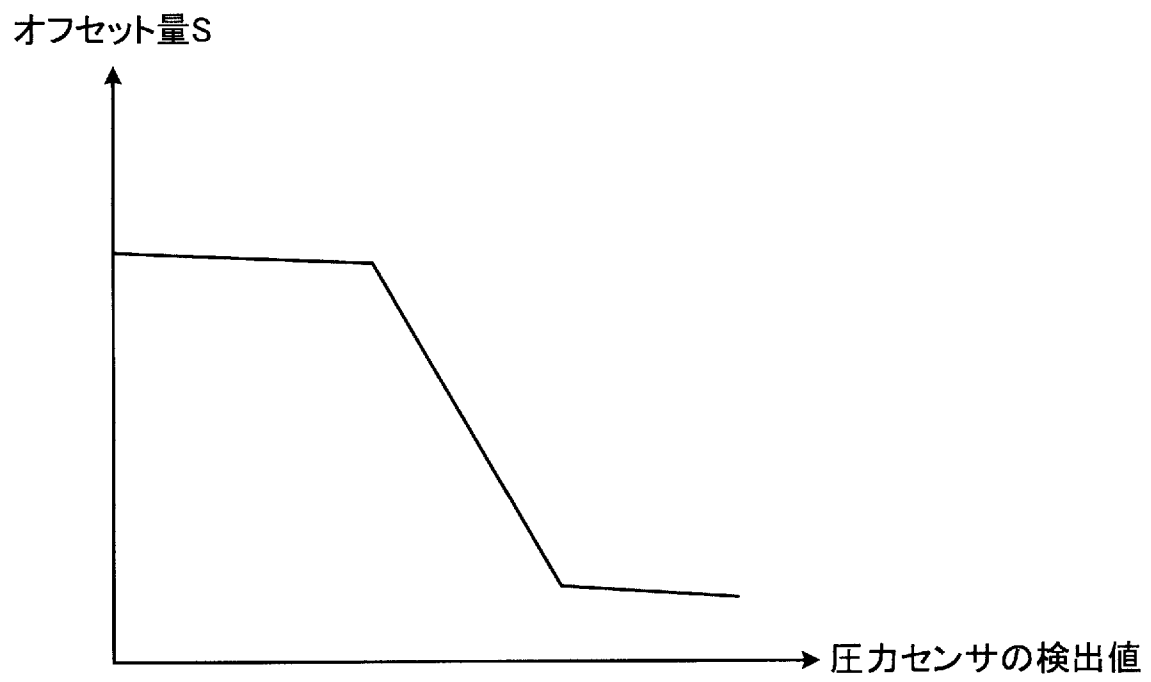
[図12]



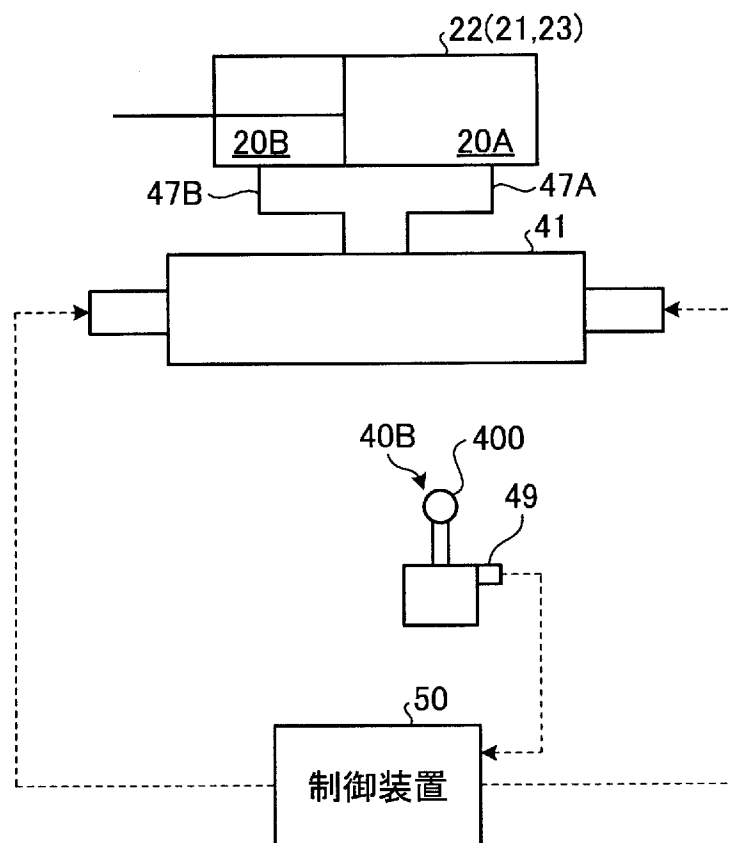
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/077210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E02F9/22(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E02F9/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/167718 A1 (Komatsu Ltd.), 16 October 2014 (16.10.2014), entire text; all drawings & CN 103890273 A & KR 10-2015-0092268 A	1-9
A	JP 2005-256595 A (Komatsu Ltd.), 22 September 2005 (22.09.2005), paragraphs [0079] to [0084]; fig. 4 & US 2005/0177292 A1 paragraphs [0134] to [0148]; fig. 4 & GB 2411250 A & GB 502673 D0 & KR 10-2006-0041785 A & CN 1655076 A	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 December 2015 (07.12.15)

Date of mailing of the international search report
15 December 2015 (15.12.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/077210

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010/101233 A1 (Komatsu Ltd.), 10 September 2010 (10.09.2010), paragraphs [0031] to [0067]; fig. 1 to 9 & US 2011/0318157 A1 paragraphs [0077] to [0145]; fig. 1 to 9 & JP 5226121 B & CN 102341549 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E02F9/22(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E02F9/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2014/167718 A1（株式会社小松製作所） 2014.10.16, 全文, 全図 & CN 103890273 A & KR 10-2015-0092268 A	1-9
A	JP 2005-256595 A（株式会社小松製作所） 2005.09.22, 段落[0079]－[0084], [図4] & US 2005/0177292 A1, 段落[0134]－[0148], [図4] & GB 2411250 A & GB 502673 D0 & KR 10-2006-0041785 A & CN 1655076 A	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 7 . 1 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 5 . 1 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

富山 博喜

2 D

5 0 6 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 4 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2010/101233 A1 (株式会社小松製作所) 2010.09.10, 段落[0031]－[0067], [図1]－[図9] & US 2011/0318157 A1, 段落[0077]－[0145], [図1]－[図9] & JP 5226121 B & CN 102341549 A	1-9