

(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  
2023年10月5日(05.10.2023)

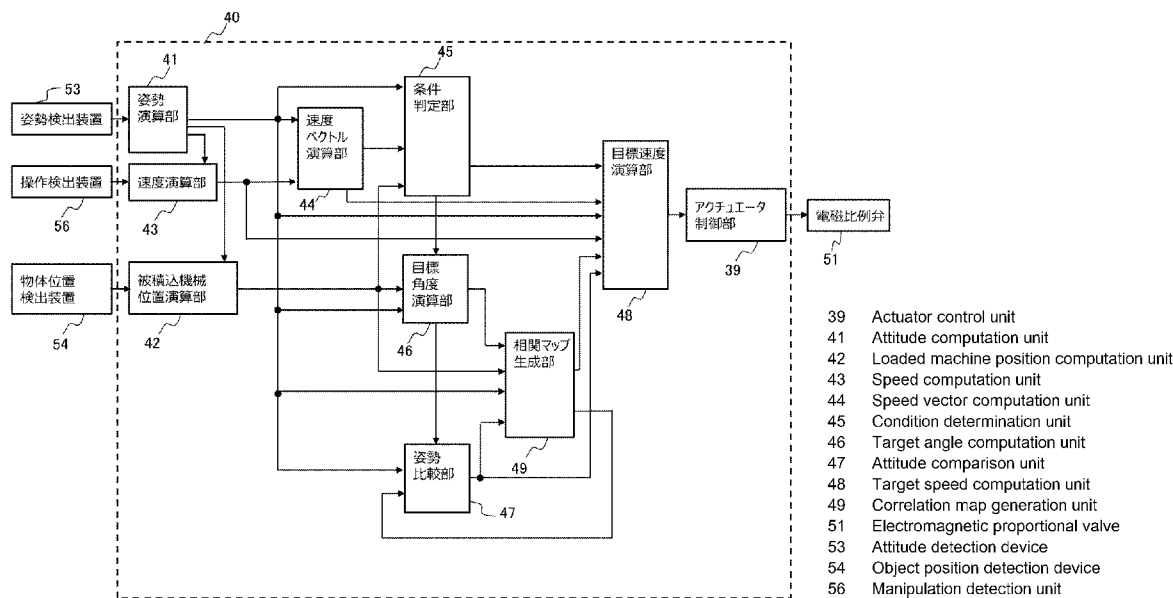


(10) 国際公開番号  
**WO 2023/190388 A1**

- (51) 国際特許分類:  
E02F 3/43 (2006.01) E02F 9/24 (2006.01)  
E02F 9/22 (2006.01) E02F 9/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012298
- (22) 国際出願日: 2023年3月27日(27.03.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2022-060395 2022年3月31日(31.03.2022) JP
- (71) 出願人: 日立建機株式会社 (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100015 東京都台東区東上野二丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 成川 理 優 (NARIKAWA Ryu); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 齋藤 哲平(SAITOH Teppei); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 小谷 匡士(KOTANI Tadashi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 伊東 英明(ITO Hideaki); 〒3000013 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 Ibaraki (JP). 佐藤 慧(SATO Kei); 〒3000013 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 Ibaraki (JP). 石本 英史(ISHIMOTO Hidefumi); 〒3000013 茨

(54) Title: WORK MACHINE

(54) 発明の名称: 作業機械



(57) Abstract: A control device for this work machine: identifies an operation start position for a distal end of an arm if a revolving operation has been performed, as well as an interference prevention position between the operation start position and a side part of a vessel; and, in a range from the operation start position to the interference prevention position, computes a lower limit value that is greater the closer to the interference prevention position and that reaches an interference prevention height at the interference prevention position. The control device controls the operation of a boom and a revolving body so that during operation of the revolving body, manipulation of the arm is disabled and also the height of the distal end of the arm will not fall below the lower limit value. The control device enables manipulation of the arm if

城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人開知 (KAICHI IP);  
〒1030022 東京都中央区日本橋室町四丁目3番16号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the distal end of the arm has reached beyond the interference prevention position. The control device controls operation of the boom and/or the arm so that the height of the distal end of the arm, operating in accordance with manipulation of the arm, does not fall below the interference prevention position.

(57) 要約: 作業機械の制御装置は、旋回操作が行われた場合、アームの先端部の動作開始位置、及びその位置とベッセルの側部との間の干渉防止位置を特定し、動作開始位置から干渉防止位置までの範囲において、干渉防止位置に近いほど大きくかつ干渉防止位置で干渉防止高さとなる下限値を演算する。制御装置は、旋回体の動作中は、アームの操作を無効にするとともにアームの先端部の高さが下限値を下回らないようにブーム及び旋回体の動作を制御する。制御装置は、アームの先端部が干渉防止位置を越えた場合、アームの操作を有効にする。制御装置は、アームの操作に応じて動作するアームの先端部の高さが干渉防止高さを下回らないように、ブーム及びアームの少なくとも一方の動作を制御する。

## 明 細 書

発明の名称：作業機械

### 技術分野

[0001] 本発明は、作業機械に関する。

### 背景技術

[0002] 走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、旋回体に取り付けられた多関節型の作業装置と、を備えた、例えば油圧ショベルなどの作業機械が知られている。この油圧ショベルなどに設けられた作業装置は、旋回体に回動可能に取り付けられるブームと、ブームに回動可能に取り付けられるアームと、アームに回動可能に取り付けられるバケットと、を有する。

[0003] 油圧ショベルは、作業装置により掘削した土砂等の掘削物をダンプトラック等の被積込機械の荷台（ベッセル）の上方まで運搬する運搬動作と、掘削物をダンプトラックの荷台に放出する放出動作と、を行って掘削物の積込作業を行う。

[0004] 積込作業を行う際、ダンプトラックに対してバケットの位置が低いと、運搬動作において、バケットがダンプトラックに干渉するおそれがある。一方で、ダンプトラックに対してバケットが過度に高い位置から放出動作を行うと、放出された掘削物によってダンプトラックがダメージを受けるおそれがある。そのため、積込作業を行う際、油圧ショベルのオペレータは、ダンプトラックの位置を確認しながら、旋回体の動作と作業装置の動作を連動させる必要があり、作業には習熟が必要である。また、放出動作後に、再度、掘削動作を行うために、掘削対象物に向けて作業装置を移動させる準備動作においても、バケットとダンプトラックとの干渉を避ける必要がある。

[0005] 特許文献1には、旋回体の旋回によってバケットがダンプトラックに接触することを防止する制御を実行可能な制御装置を備えた油圧ショベルが開示されている。特許文献1に記載の油圧ショベルの制御装置は、ダンプトラックの位置情報と方位情報に基づき放出位置を特定し、特定した放出位置に基

づき、干渉回避位置を特定する。特許文献1に記載の制御装置は、高さが放出位置（排土位置）と等しく、かつ旋回体の旋回中心からの距離が旋回中心から放出位置までの距離と等しく、かつバケットの下方にダンプトラックが存在しない位置である干渉回避位置を特定し、バケットが干渉回避位置に到達した後、旋回体のみを駆動させるように操作信号を生成する。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0006] 特許文献1：特開2019-65661号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] 油圧ショベルのオペレータは、バケットが荷台の近くに位置しているときに、作業装置の姿勢の調整をすることがある。例えば、積込作業において、バケットからダンプトラックに対して掘削物の放出を行うのに適した位置は、ダンプトラックに放出された掘削物の状況に応じて異なる。そのため、油圧ショベルのオペレータは、積込作業において、バケットがダンプトラックの上方に位置した後に、バケットが所望の放出位置に到達するよう作業装置の姿勢を調整することがある。

[0008] しかしながら、特許文献1に記載の油圧ショベルの制御装置は、干渉回避位置から放出位置へバケットを移動させる際に旋回体のみを動作させる。特許文献1に記載の技術では、バケットがダンプトラックの荷台に接近した後に、オペレータの意図を反映させて作業装置を動作させて放出位置を調整することができないため、オペレータに違和感を与えるおそれがある。

[0009] 本発明は、積込作業などにおいて、作業装置と被積込機械のベッセルとの干渉を防止可能な作業機械であって、ベッセルの側部に作業装置が接近した後にオペレータの意図を反映して作業装置の姿勢を調整可能な作業機械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

[0010] 本発明の一態様による作業機械は、走行体と、前記走行体に対して旋回可能に設けられる旋回体と、前記旋回体に取り付けられ、ブーム、アーム及びバケットを有する作業装置と、前記作業装置の姿勢を検出する姿勢検出装置と、前記作業装置により掘削された掘削物が積み込まれる被積込機械のベッセルの位置を取得するベッセル位置取得装置と、前記アームを操作するためのアーム操作装置と、前記旋回体を操作するための旋回操作装置と、前記作業装置及び前記旋回体の動作を制御する制御装置と、を備え、底部及び複数の側部を有し上面が開放された前記ベッセルに掘削した対象物を積み込む。前記制御装置は、前記ベッセル位置取得装置により取得される前記ベッセルの位置に基づいて、前記ベッセルと前記作業装置とが干渉しない前記アームの先端部の高さを干渉防止高さとして演算し、前記バケットが前記ベッセルの前記側部に近づく方向の旋回操作が行われたことを含む干渉防止制御実行条件が成立したか否かを判定し、前記干渉防止制御実行条件が成立したと判定された場合、前記姿勢検出装置により検出される前記作業装置の姿勢に基づいて、前記干渉防止制御実行条件が成立したときの前記アームの先端部の周方向の位置である動作開始位置を特定するとともに、前記動作開始位置と前記ベッセルの前記側部との間で前記ベッセルと前記作業装置とが干渉しない前記アームの先端部の旋回方向の角度位置である干渉防止位置を特定し、当該特定された前記動作開始位置から前記干渉防止位置までの前記旋回体の動作範囲において、前記干渉防止位置に近いほど大きくかつ前記干渉防止位置で前記干渉防止高さとなる、前記アームの先端部の旋回方向の角度位置に応じた前記作業装置の高さ方向の下限値を演算し、前記動作開始位置から前記干渉防止位置までの前記旋回体の動作中は、前記アーム操作装置による前記アームの操作を無効にするとともに、前記アームの先端部の高さが前記下限値を下回らないように前記ブーム及び前記旋回体の動作を制御し、前記アームの先端部が前記干渉防止高さを越える高さに達している状態で前記干渉防止位置を越える旋回方向の角度位置に達したことを含む前記アームの操作の有効化条件が成立したか否かを判定し、前記有効化条件が成立した場合、

前記アーム操作装置による前記アームの操作を有効にし、前記バケットが前記干渉防止位置を越えて旋回した後に平面視で前記ベッセルの前記側部を通過したか否かを判定し、前記バケットが前記ベッセルの前記側部を通過したと判定されていない場合、前記アーム操作装置による前記アームの操作に応じて動作する前記アームの先端部の高さが前記干渉防止高さを下回らないように、前記ブーム及び前記アームの少なくとも一方の動作を制御し、前記バケットが前記ベッセルの前記側部を通過したと判定された場合、前記干渉防止高さよりも低い位置への前記アームの先端部の動作を許容する。

### 発明の効果

[0011] 本発明によれば、積込作業などにおいて、作業装置と被積込機械のベッセルとの干渉を防止可能な作業機械であって、ベッセルの側部に作業装置が接近した後にオペレータの意図を反映して作業装置の姿勢を調整可能な作業機械を提供することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0012] [図1]図1は、第1実施形態に係る油圧シヨベルの側面図である。
- [図2]図2は、油圧シヨベルの油圧駆動システムの概略構成図である。
- [図3]図3は、第1実施形態に係る制御装置の機能ブロック図である。
- [図4]図4は、Y軸方向から見たシヨベル基準座標系を示す図である。
- [図5]図5は、Z軸方向から見たシヨベル基準座標系を示す図である。
- [図6]図6は、第1実施形態に係る制御装置が、積込動作の際に用いる相関マップM aを示す図である。
- [図7]図7は、油圧シヨベルと被積込機械の側面図であり、通過用下限高さZ a m t a 1を示す。
- [図8]図8は、油圧シヨベルと被積込機械の平面図であり、制御開始旋回角度 $\theta_{s w s a 1}$ 及び干渉防止角度 $\theta_{s w t a 1}$ を示す。
- [図9]図9は、油圧シヨベルと被積込機械の平面図であり、荷台内到達角度 $\theta_{s w t a 2}$ を示す。
- [図10]図10は、第1実施形態に係る制御装置により実行される積込動作支

援制御の処理の流れの一例について示すフローチャートであり、ステップS 1 0 1～S 1 2 2の処理について示す。

[図11]図 1 1 は、第 1 実施形態に係る制御装置により実行される積込動作支援制御の処理の流れの一例について示すフローチャートであり、ステップS 1 2 5～S 1 6 6の処理について示す。

[図12]図 1 2 は、油圧シヨベル 1 の主な動作について説明する図である。

[図13]図 1 3 は、第 2 実施形態に係る制御装置が、準備動作の際に用いる相関マップM b を示す図である。

[図14]図 1 4 は、第 2 実施形態に係る制御装置により実行される準備動作支援制御の処理の流れの一例について示すフローチャートであり、ステップS 2 0 1～S 2 2 2の処理について示す。

[図15]図 1 5 は、第 2 実施形態に係る制御装置により実行される準備動作支援制御の処理の流れの一例について示すフローチャートであり、ステップS 2 3 1～S 2 6 9の処理について示す。

[図16]図 1 6 は、油圧シヨベルと被積込機械の平面図であり、荷台内限界角度 $\theta_{swt a 3}$ を示す。

[図17]図 1 7 は、油圧シヨベルと被積込機械の側面図であり、ベッセル内下限高さZ a m t a 2を示す。

[図18]図 1 8 は、第 3 実施形態に係る制御装置が、積込動作の際に用いる相関マップM a ' を示す図である。

[図19A]図 1 9 A は、支援制御実行スイッチの配置の一例について示す図である。

[図19B]図 1 9 B は、支援制御実行スイッチの配置の別の例について示す図である。

[図20]図 2 0 は、変形例 1 - 1 に係る制御装置により実行される積込動作支援制御の処理の流れについて示すフローチャートである。

[図21]図 2 1 は、変形例 1 - 2 に係る制御装置の機能ブロック図である。

[図22]図 2 2 は、変形例 1 - 2 に係る制御装置により実行される積込動作支

援制御の処理の流れについて示すフローチャートである。

[図23]図 2 3 は、変形例 3 に係る制御装置により実行される積込動作支援制御の処理の流れの一例について示すフローチャートであり、ステップ S 1 2 5 ~ S 1 6 6 の処理について示す。

[図24]図 2 4 は、変形例 4 に係る油圧ショベルの側面図である。

### 発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。なお、以下では、作業機械が油圧ショベルである例について説明する。以下の説明では、同一の構成要素が複数存在する場合、符号の末尾にアルファベットの小文字を付すことがあるが、当該アルファベットの小文字を省略して当該複数の構成要素をまとめて表記することがある。例えば、同一の 2 つの走行油圧モータ 4 a, 4 b が存在するとき、これらをまとめて走行油圧モータ 4 と表記することがある。また、以下の説明では、オペレータの操作に応じた積込動作を支援するために、制御装置により実行される制御を「積込動作支援制御」と記す。また、オペレータの操作に応じた準備動作を支援するために、制御装置により実行される制御を「準備動作支援制御」と記す。

[0014] <第 1 実施形態>

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る油圧ショベル 1 の側面図である。図 1 に示すように、本実施形態に係る油圧ショベル 1 は、アーム 9 の先端部にバケット 1 0 を後向きに取り付けたバックハウショベルである。油圧ショベル 1 は、地面等の掘削対象面を掘削する掘削作業と、掘削した土砂等の掘削物を、ダンプトラックをはじめとする運搬車両等の被積込機械 2 0 0 の荷台 2 0 1 に積み込む積込作業とを行う。

[0015] 油圧ショベル 1 は、積込作業において、上部旋回体 7 を回転させてバケット 1 0 内の掘削物を被積込機械 2 0 0 の上方まで運搬する運搬動作と、バケット 1 0 をダンプ方向に動作させて掘削物を被積込機械 2 0 0 の荷台 2 0 1 に放出する放出動作とを行う。荷台 2 0 1 は、左右一対の側部 2 0 2 l, 2 0 2 r (図 8 参照) と、前側の側部 2 0 2 f と、これら複数の側部 2 0 2 l

、202r、202fが接続される底部203（図8参照）と、を有する上面が開放されたベッセル（トレイ）である。左側の側部202l及び右側の側部202rは、互いに対向して配置される。

[0016] 油圧ショベル1は、車体（機械本体）3と、車体3に取り付けられる多関節型の作業装置2とを備える。車体3は、下部走行体5と、下部走行体5に対して旋回可能に設けられる上部旋回体7と、を備える。下部走行体5は、右側のクローラを駆動する右クローラ駆動用の走行油圧モータ4a（図2参照）、及び左側のクローラを駆動する左クローラ駆動用の走行油圧モータ4b（図2参照）により走行する。上部旋回体7は、下部走行体5の上部に旋回装置を介して取り付けられ、旋回装置の旋回油圧モータ6により旋回する。なお、本実施形態では、右クローラ駆動用の走行油圧モータ4a及び左クローラ駆動用の走行油圧モータ4bを総称して、走行油圧モータ4とも記す。

[0017] 作業装置2は、回動可能に連結される複数の駆動対象部材（8、9、10）及び駆動対象部材を駆動する複数の油圧シリンダ（11、12、13）を有する。本実施形態では、複数の油圧シリンダ（11、12、13）によって駆動される3つの駆動対象部材としてのブーム8、アーム9及びバケット10が、直列的に連結される。

[0018] ブーム8は、その基端部が上部旋回体7の前部においてブームピン8a（図4参照）によって回動可能に連結される。アーム9は、その基端部がブーム8の先端部においてアームピン9aによって回動可能に連結される。バケット10は、アーム9の先端部においてバケットピン10aによって回動可能に連結される。ブームピン8a、アームピン9a、バケットピン10aは、互いに平行に配置され、各駆動対象部材（8、9、10）は同一面内で相対回転可能とされている。

[0019] ブーム8は、ブームシリンダ11の伸縮動作によって上下方向に回動する。アーム9は、アームシリンダ12の伸縮動作によって前後方向（ダンプ方向及びクラウド方向）に回動する。バケット10は、バケットシリンダ13

の伸縮動作によって前後方向（ダンプ方向及びクラウド方向）に回転する。ブームシリンダ11は、その一端側がブーム8に接続され他端側が上部旋回体7のフレームに接続されている。アームシリンダ12は、その一端側がアーム9に接続され他端側がブーム8に接続されている。バケットシリンダ13は、その一端側がバケットリンク16を介してバケット10に接続され他端側がアーム9に接続されている。

[0020] 図2は、油圧ショベル1の油圧駆動システム50の概略構成図である。図2に示すように、油圧駆動システム50は、上部旋回体7に搭載された原動機であるエンジン103と、エンジン103により駆動される油圧ポンプであるメインポンプ102及びパイロットポンプ104と、を備える。メインポンプ102及びパイロットポンプ104は、エンジン103により駆動され、作動油を吐出する。

[0021] 油圧駆動システム50は、メインポンプ102から吐出される作動油の流量及び流れ方向を制御する流量制御弁101と、流量制御弁101に操作信号としての操作圧を出力する複数の電磁比例弁51と、電磁比例弁51に制御信号を出力する制御装置40と、オペレータにより操作され操作量及び操作方向に応じた信号を制御装置40に出力する操作装置20、21と、を備える。操作装置20、21は、上部旋回体7に設けられた運転室71（図1参照）内に設置されている。

[0022] 作業用の操作装置20は、ブーム8及びバケット10を操作するための作業操作右レバー22aと、アーム9及び上部旋回体7を操作するための作業操作左レバー22bとを備える。つまり、操作装置20は、ブーム操作装置、バケット操作装置、アーム操作装置及び旋回操作装置としての機能を有する。走行用の操作装置21は、右クローラを操作するための走行操作右レバー23aと、左クローラを操作するための走行操作左レバー23bと、を備える。なお、本実施形態では、作業操作右レバー22a及び作業操作左レバー22bを総称して操作レバー22と記し、走行操作右レバー23a及び走行操作左レバー23bを総称して操作レバー23と記す。

- [0023] 本実施形態に係る操作システムは、操作装置 20 から制御装置 40 に操作量及び操作方向を表す電気信号が入力され、制御装置 40 から電磁比例弁 51 に制御信号が出力され、電磁比例弁 51 から流量制御弁 101 に操作圧が出力される電気レバー方式の操作システムである。
- [0024] 油圧ショベル 1 は、操作レバー 22, 23 の操作量及び操作方向を検出し、検出結果を表す信号を制御装置 40 に出力する操作検出装置 56 を有する。操作検出装置 56 は、作業操作左レバー 22b によるアームクラウド操作量及びアームダンプ操作量を検出する操作量センサ 52a と、作業操作左レバー 22b による右旋回操作量及び左旋回操作量を検出する操作量センサ 52b と、作業操作右レバー 22a によるブーム上げ操作量及びブーム下げ操作量を検出する操作量センサ 52c と、作業操作右レバー 22a によるバケットクラウド操作量及びバケットダンプ操作量を検出する操作量センサ 52d と、走行操作右レバー 23a による右クローラ前進操作量及び右クローラ後退操作量を検出する操作量センサ 52e と、走行操作左レバー 23b による左クローラ前進操作量及び左クローラ後退操作量を検出する操作量センサ 52f と、を有する。
- [0025] 複数の操作量センサ 52 は、例えば、操作レバー 22, 23 の操作量及び操作方向を検出可能なロータリエンコーダ、あるいはポテンショメータである。
- [0026] 本実施形態に係る制御装置 40 は、オペレータによる操作レバー 22, 23 の操作情報（操作量及び操作方向）に応じて、作業装置 2 の回動動作、下部走行体 5 の走行動作、及び、上部旋回体 7 の旋回動作を制御する。
- [0027] 具体的には、制御装置 40 は、オペレータによる操作レバー 22, 23 の操作量及び操作方向に応じた制御信号を電磁比例弁 51（51a～51l）に出力する。電磁比例弁 51 は、パイロットポンプ 104 から圧油が供給されるパイロットライン 100 に設けられている。電磁比例弁 51 は、制御装置 40 からの制御信号が入力されると作動し、パイロットライン 100 の一次圧を減圧して生成した二次圧を操作圧として流量制御弁 101 に出力する

。流量制御弁101は、複数の油圧アクチュエータ（旋回油圧モータ6、アームシリンダ12、ブームシリンダ11、バケットシリンダ13、走行油圧モータ4a及び走行油圧モータ4b）毎に設けられた複数のスプール弁を有している。電磁比例弁51により出力された操作圧は、スプール弁の受圧室に導かれ、スプールが動作する。これにより、メインポンプ102から吐出された作動油が、スプール弁を通じて対応する油圧アクチュエータに供給され、その油圧アクチュエータを動作させる。

[0028] 電磁比例弁51a, 51bは、旋回油圧モータ6に供給される圧油を制御するための操作圧を流量制御弁101の旋回油圧モータ6駆動用のスプール弁の受圧室に出力する。電磁比例弁51c, 51dは、アームシリンダ12に供給される圧油を制御するための操作圧を流量制御弁101のアームシリンダ12駆動用のスプール弁の受圧室に出力する。電磁比例弁51e, 51fは、ブームシリンダ11に供給される圧油を制御するための操作圧を流量制御弁101のブームシリンダ11駆動用のスプール弁の受圧室に出力する。電磁比例弁51g, 51hは、バケットシリンダ13に供給される圧油を制御するための操作圧を流量制御弁101のバケットシリンダ13駆動用のスプール弁の受圧室に出力する。電磁比例弁51i, 51jは、走行油圧モータ4aに供給される圧油を制御するための操作圧を流量制御弁101の走行油圧モータ4a駆動用のスプール弁の受圧室に出力する。電磁比例弁51k, 51lは、走行油圧モータ4bに供給される圧油を制御するための操作圧を流量制御弁101の走行油圧モータ4b駆動用のスプール弁の受圧室に出力する。

[0029] ブームシリンダ11、アームシリンダ12及びバケットシリンダ13は、それぞれ、供給された圧油によって伸縮し、ブーム8、アーム9及びバケット10を回動させる。これにより、バケット10の位置及び作業装置2の姿勢が変化する。旋回油圧モータ6は、供給された圧油によって回転し、上部旋回体7を旋回させる。走行油圧モータ4a及び走行油圧モータ4bは、供給された圧油によって回転し、下部走行体5を走行させる。なお、オペレー

タによる操作レバー 22, 23 の操作が無い場合であっても、制御装置 40 からの制御信号によって電磁比例弁 51a~51l を作動させ、流量制御弁 101 を作動させることによって、油圧アクチュエータ (4a, 4b, 6, 11, 12, 13) を駆動させることが可能である。

[0030] 油圧ショベル 1 は、作業装置 2 及び車体 3 の姿勢を検出する姿勢検出装置 53 を備えている。姿勢検出装置 53 は、複数の姿勢センサとしての、ブーム角度センサ 14、アーム角度センサ 15、バケット角度センサ 17、傾斜角度センサ 18 及び旋回角度センサ 19 を含んで構成される。ブーム角度センサ 14 は、ブームピン 8a に取り付けられ、上部旋回体 7 に対するブーム 8 の回動角度を検出し、検出結果を表す信号を制御装置 40 に出力する。アーム角度センサ 15 は、アームピン 9a に取り付けられ、ブーム 8 に対するアーム 9 の回動角度を検出し、検出結果を表す信号を制御装置 40 に出力する。バケット角度センサ 17 は、バケットリンク 16 に取り付けられ、アーム 9 に対するバケット 10 の回動角度を検出し、検出結果を表す信号を制御装置 40 に出力する。制御装置 40 は、各角度センサ 14, 15, 17 によって、ブーム 8、アーム 9 及びバケット 10 の各回動角度を取得する。

[0031] なお、ブーム 8、アーム 9 及びバケット 10 の各回動角度を取得する方法は、これに限定されない。制御装置 40 は、水平面等の基準面に対するブーム 8、アーム 9 及びバケット 10 の各角度を慣性計測装置 (IMU: Inertial Measurement Unit) により検出し、ブーム 8、アーム 9 及びバケット 10 の各回動角度に換算することによって、各回動角度を取得してもよい。また、制御装置 40 は、ブームシリンダ 11、アームシリンダ 12 及びバケットシリンダ 13 の各ストロークをストロークセンサにより検出し、ブーム 8、アーム 9 及びバケット 10 の各回動角度に換算することによって、各回動角度を取得してもよい。

[0032] 傾斜角度センサ 18 は、上部旋回体 7 に取り付けられ、水平面等の基準面に対する上部旋回体 7 (車体 3) の傾斜角を検出し、検出結果を表す信号を制御装置 40 に出力する。旋回角度センサ 19 は、下部走行体 5 と上部旋回

体7との間の旋回装置に取り付けられ、下部走行体5に対する上部旋回体7の旋回角度を検出し、検出結果を表す信号を制御装置40に出力する。

[0033] ここで、ブーム8、アーム9及びバケット10の各回動角度は、作業装置2の姿勢を表すパラメータである。つまり、ブーム角度センサ14、アーム角度センサ15、及び、バケット角度センサ17は、作業装置2の姿勢を検出する姿勢センサとして機能している。また、上部旋回体7の傾斜角度及び下部走行体5に対する上部旋回体7の旋回角度は、上部旋回体7（車体3）の姿勢を表すパラメータである。つまり、傾斜角度センサ18及び旋回角度センサ19は、上部旋回体7（車体3）の姿勢を検出する姿勢センサとして機能している。

[0034] 油圧ショベル1は、油圧ショベル1の周囲に存在する物体の種別及びその位置を検出する物体位置検出装置54を備えている。物体位置検出装置54は、例えば、L i D A R (Light Detection And Ranging) やステレオカメラであり、運転室71の上部などに取り付けられる。物体位置検出装置54は、作業装置2により掘削された掘削物が積み込まれる被積込機械200の荷台（ベッセル）201を検出するとともに、上部旋回体7に設けられた物体位置検出装置54に対する被積込機械200の荷台201の相対位置を検出する。なお、物体位置検出装置54は、油圧ショベル1に複数取り付けられていてもよい。

[0035] 制御装置40は、C P U (Central Processing Unit)、M P U (Micro Processing Unit)、D S P (Digital Signal Processor) などの処理装置、R A M (Random Access Memory)、R O M (Read Only Memory) などの内部記憶装置、及び外部I / F (Interface) などがバスにより互いに接続されたコンピュータである。制御装置40の外部I / Fには、操作検出装置56、姿勢検出装置53、物体位置検出装置54及びハードディスクドライブや大容量フラッシュメモリなどの外部記憶装置（不図示）が接続されている。

[0036] R O Mには、各種演算が実行可能なプログラムが格納されている。すなわち、R O Mは、本実施形態の機能を実現するプログラムを読み取り可能な記

憶媒体である。処理装置は、ROMに記憶されたプログラムをRAMに展開して演算実行する演算装置であって、プログラムに従って外部I/F、及び記憶装置（内部記憶装置及び外部記憶装置）から取り入れた信号に対して所定の演算処理を行う。

[0037] 外部I/Fの入力部は、各種装置（操作検出装置56、姿勢検出装置53、物体位置検出装置54等）から入力された信号を処理装置で演算可能なように変換する。また、外部I/Fの出力部は、処理装置での演算結果に応じた出力用の信号を生成し、その信号を各種装置（電磁比例弁51等）に出力する。

[0038] 姿勢検出装置53は、上述した作業装置2の姿勢を検出する姿勢センサ（14、15、17）と、上部旋回体7（車体3）の姿勢を検出する姿勢センサ（18、19）と、を含んで構成される。

[0039] 図3は、制御装置40の機能ブロック図である。図3に示すように、制御装置40は、ROMに記憶されているプログラムを実行することにより、姿勢演算部41、被積込機械位置演算部42、速度演算部43、速度ベクトル演算部44、条件判定部45、目標角度演算部46、姿勢比較部47、目標速度演算部48、相関マップ生成部49、及び、アクチュエータ制御部39として機能する。

[0040] 制御装置40のROMには、油圧ショベル1の構成要素の位置及び姿勢の特定に用いられるショベル基準座標系が予め記憶されている。本実施形態のショベル基準座標系は、図4及び図5に示すように、旋回中心軸と地面Gとが交差する点を原点Oとする右手座標系として定義されている。ショベル基準座標系は、下部走行体5の前進方向をX軸の正方向として定義されている。本実施形態のショベル基準座標系は、原点Oから旋回中心軸と平行に上方に延びる方向をZ軸の正方向として定義されている。本実施形態のショベル基準座標系は、X軸及びZ軸のそれぞれに直交し、下部走行体5の左方をY軸の正方向として定義されている。このように本実施形態のショベル基準座標系は、下部走行体5を基準に設定される座標系であり、XY平面は下部走

行体5が接する地面（走行面）Gに固定されている。

[0041] 本実施形態のショベル基準座標系において上部旋回体7の旋回角度 $\theta_{sw}$ は、油圧ショベル1が基準姿勢のとき、すなわち作業装置2がX軸と平行となる状態のときに、0度となる。上部旋回体7の旋回角度 $\theta_{sw}$ が0度の状態において、作業装置2の動作平面はXZ平面に平行であり、ブーム8の上げ動作方向はZ軸の正方向であり、アーム9及びバケット10のダンプ方向はX軸の正方向である。

[0042] 姿勢演算部41は、姿勢検出装置53の検出信号から、ショベル基準座標系における油圧ショベル1の構成要素の姿勢を演算する。具体的には、姿勢演算部41は、ブーム角度センサ14から出力されたブーム8の回動角度の検出信号から、X軸に対するブーム8の回動角度（以下、ブーム角度とも記す） $\theta_{bm}$ を演算する。姿勢演算部41は、アーム角度センサ15から出力されたアーム9の回動角度の検出信号から、ブーム8に対するアーム9の回動角度（以下、アーム角度とも記す） $\theta_{am}$ を演算する。姿勢演算部41は、バケット角度センサ17から出力されたバケット10の回動角度の検出信号から、アーム9に対するバケット10の回動角度（以下、バケット角度とも記す） $\theta_{bk}$ を演算する。姿勢演算部41は、旋回角度センサ19から出力された上部旋回体7の旋回角度の検出信号から、X軸（下部走行体5）に対する上部旋回体7の旋回角度 $\theta_{sw}$ を演算する。

[0043] 姿勢演算部41は、演算された作業装置2の各回動角度 $\theta_{bm}$ 、 $\theta_{am}$ 、 $\theta_{bk}$ 及び上部旋回体7の旋回角度 $\theta_{sw}$ と、ブーム長さ $L_{bm}$ 、アーム長さ $L_{am}$ 及びバケット長さ $L_{bk}$ とに基づいて、ブーム8、アーム9及びバケット10のそれぞれのショベル基準座標系における位置、すなわちX座標及びY座標により特定される平面位置並びにZ座標により特定される地面Gからの高さを演算する。なお、ブーム長さ $L_{bm}$ は、ブームピン8aからアームピン9aまでの長さである。アーム長さ $L_{am}$ は、アームピン9aからバケットピン10aまでの長さである。バケット長さ $L_{bk}$ は、バケットピン10aからバケット10の先端部（爪先）までの長さである。なお、ブー

ムピン8 aは、旋回角度を0度としたとき、旋回中心軸（Z軸）からX軸方向にL o xだけオフセットした位置に設けられている。

[0044] また、図示しないが、姿勢演算部4 1は、傾斜角度センサ1 8から出力された車体3の傾斜角度の検出信号から、基準面に対する車体3（下部走行体5）の傾斜角（ピッチ角及びロール角）を演算する。基準面は、例えば、重力方向に直交する水平面である。姿勢演算部4 1は、作業装置2の各回動角度 $\theta b m$ 、 $\theta a m$ 、 $\theta b k$ から、地面Gに対するバケット1 0の角度である対地角 $\gamma$ を演算する。バケット1 0の対地角 $\gamma$ は、バケット1 0の先端部とバケットピン1 0 aとを通る直線が地面Gに対して成す角度である。

[0045] 図3に示す被積込機械位置演算部4 2は、物体位置検出装置5 4により検出された物体位置検出装置5 4に対する被積込機械2 0 0の荷台2 0 1の相対的な位置の情報と、姿勢演算部4 1により演算された上部旋回体7の旋回角度 $\theta s w$ と、ショベル基準座標系での物体位置検出装置5 4の取付位置とに基づき、当該被積込機械2 0 0の荷台2 0 1のショベル基準座標系における位置（X座標及びY座標により特定される平面位置、及び、Z座標により特定される地面Gからの高さ）を演算する。このように、本実施形態に係る制御装置4 0は、物体位置検出装置5 4を用いて、油圧ショベル1に対する荷台2 0 1の相対位置（ショベル基準座標系でのX、Y、Z座標）を取得する。制御装置4 0が取得する荷台2 0 1の位置情報は、例えば、荷台2 0 1の上面の四隅の位置座標、すなわち、荷台2 0 1の左側の側部2 0 2 lの上縁の前端及び後端、並びに右側の側部2 0 2 rの上縁の前端及び後端の位置座標などである。

[0046] 速度演算部4 3は、操作検出装置5 6からの検出信号に基づき、各油圧アクチュエータ6, 1 1, 1 2, 1 3の操作指令速度を演算する。具体的には、制御装置4 0のROMには、操作レバー2 2, 2 3の操作量と、油圧アクチュエータ6, 1 1, 1 2, 1 3の操作指令速度との対応関係を示す速度テーブルが予め記憶されている。速度演算部4 3は、この速度テーブルを参照し、操作検出装置5 6から出力された操作レバー2 2, 2 3の操作情報に含

まれる操作量から、各油圧アクチュエータ 6, 11, 12, 13 の操作指令速度を演算する。

[0047] 速度演算部 43 は、旋回油圧モータ 6 の操作指令速度を、上部旋回体 7 の旋回速度  $\omega_{sw}$  に換算する。速度演算部 43 は、ブームシリンダ 11 の操作指令速度を、ブーム 8 の回動速度に換算する。速度演算部 43 は、アームシリンダ 12 の操作指令速度を、アーム 9 の回動速度に換算する。速度演算部 43 は、バケットシリンダ 13 の操作指令速度を、バケット 10 の回動速度に換算する。

[0048] なお、速度演算部 43 は、姿勢演算部 41 により演算された作業装置 2 の回動角度  $\theta_{bm}$ ,  $\theta_{am}$ ,  $\theta_{bk}$  の時間変化から作業装置 2 の実際の回動速度を演算する。速度演算部 43 は、姿勢演算部 41 により演算された上部旋回体 7 の旋回角度  $\theta_{sw}$  の時間変化から、上部旋回体 7 の実際の旋回速度  $\omega_{swr}$  を演算する。

[0049] 速度ベクトル演算部 44 は、姿勢演算部 41 の演算結果及び速度演算部 43 の演算結果に基づいて、作業装置 2 に生じる速度ベクトルを演算する。具体的には、速度ベクトル演算部 44 は、姿勢演算部 41 により演算された作業装置 2 の各回動角度  $\theta_{bm}$ ,  $\theta_{am}$ ,  $\theta_{bk}$  及び上部旋回体 7 の旋回角度  $\theta_{sw}$  と、速度演算部 43 により演算された作業装置 2 の各回動速度及び上部旋回体 7 の旋回速度とに基づいて、アーム 9 の先端部の速度ベクトルを演算する。

[0050] 条件判定部 45 は、後述する干渉防止制御としての積込動作支援制御を実行させる条件である積込動作支援制御実行条件（第 1 の干渉防止制御実行条件）が成立したか否かを判定する。積込動作支援制御実行条件は、以下の（条件 1）及び（条件 2）を含む。積込動作支援制御実行条件は、（条件 1）及び（条件 2）のいずれも満たされると成立し、（条件 1）及び（条件 2）のいずれかが満たされていない場合には成立しない。

（条件 1）平面視でバケット 10 が荷台 201 の外側から荷台 201 の側部 202 に近づく方向の旋回操作が行われたこと。

(条件2) 作業装置2の姿勢が運搬姿勢であること。

(条件1) 及び(条件2)のいずれかが満たされた場合、オペレータに掘削物を運搬する運搬動作を行うための操作の意思が有ると判断することができる。

[0051] 条件判定部45は、油圧シヨベル1に対する荷台201の相対位置及び作業装置2の移動方向に基づいて、オペレータによって、平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたか否かを判定する。例えば、条件判定部45は、被積込機械位置演算部42により演算される被積込機械200の荷台201の位置(平面位置及び高さ)と、速度ベクトル演算部44により演算されるアーム9の先端部の速度ベクトル(バケット10の移動方向を示すパラメータ)とに基づき、オペレータによって、平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部に近づく方向の旋回操作が行われたか否かを判定する。

[0052] なお、平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部に近づく方向の旋回操作が行われたか否かの判定方法はこれに限定されない。例えば、条件判定部45は、被積込機械位置演算部42により演算される荷台201の位置と、姿勢演算部41により演算されるアーム9の先端部の位置と、操作検出装置56により検出される旋回操作の操作方向(左旋回方向または右旋回方向)とに基づき、平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたか否かを判定してもよい。

[0053] また、条件判定部45は、被積込機械200の荷台201の位置と油圧シヨベル1の位置との間の距離が所定値未満であって、かつ旋回操作が行われた場合に、(条件1)が成立したと判定し、被積込機械200の荷台201の位置と油圧シヨベル1の位置との間の距離が所定値以上である場合、あるいは、旋回操作が行われていない場合には、(条件1)は成立していないと判定してもよい。

[0054] 条件判定部45は、姿勢演算部41の演算結果に基づいて、作業装置2の

姿勢が運搬姿勢であるか否かを判定する。例えば、条件判定部45は、姿勢演算部41により演算されるバケット10の対地角 $\gamma$ の絶対値と、対地角閾値 $\gamma_t$ とを比較する。対地角閾値 $\gamma_t$ は、作業装置2の姿勢が運搬姿勢であるか否かを判定するための閾値であり、予め制御装置40のROMに記憶されている。対地角閾値 $\gamma_t$ は、例えば、10度から20度程度の値が採用される。

[0055] 条件判定部45は、姿勢演算部41により演算されたバケット10の対地角 $\gamma$ の絶対値が、対地角閾値 $\gamma_t$ 以下である場合には、作業装置2の姿勢が運搬姿勢であると判定する。条件判定部45は、姿勢演算部41により演算されたバケット10の対地角 $\gamma$ の絶対値が、対地角閾値 $\gamma_t$ よりも大きい場合には、作業装置2の姿勢が運搬姿勢でないと判定する。

[0056] 条件判定部45により、積込動作支援制御実行条件（第1の干渉防止制御実行条件）が成立したと判定されると、積込動作時の干渉防止制御である積込動作支援制御が実行される。干渉防止制御とは、バケット10が荷台201に干渉することを防止するための制御である。本実施形態では、油圧ショベル1が積込動作を行う際に、バケット10が荷台201に干渉することを防止するための干渉防止制御である積込動作支援制御が実行される。

[0057] 積込動作支援制御において、制御装置40は、オペレータによってバケット10を荷台201の上方の放出位置（放土位置）まで移動させるための旋回操作が行われた場合に、バケット10が被積込機械200の荷台201に干渉することなく放出位置まで移動するように、オペレータの操作を支援するための相関マップMa（図6参照）を生成し、記憶装置に記憶する。

[0058] 図6は、制御装置40が積込動作の際に用いる相関マップMaを示す図である。図6に示すように、相関マップMaは、旋回角度に応じたアーム先端高さの下限値を規定するマップである。なお、アーム先端高さとは、地面Gからアーム9の先端部（例えば、バケットピン10aの中心）までの高さ（Z軸方向の距離）である。縦軸は、アーム先端高さの下限値を示している。Zamt a1は、図7に示すように、作業装置2が、荷台201の側部20

2の上方に位置したときに、側部202とバケット10とが干渉しないアーム9の先端部の高さ（干渉防止高さ）であり、以下、通過用下限高さとも記す。通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ は、バケット10を荷台201の側部202の上方を通過させるためにアーム9の先端部が到達すべきショベル基準座標系での高さである。したがって、アーム先端高さが通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ よりも大きければ、上部旋回体7の旋回動作により、バケット10を荷台201に干渉させることなく荷台201の外側から内側に移動させることができる。

[0059] 図6に示すように、相関マップMaの横軸は旋回角度を示し、油圧ショベル1が基準姿勢のときの旋回角度を0度として、左旋回すると旋回角度が増加する。 $\theta_{sws a 1}$ は、図8に示すように、積込作業における運搬動作が開始される位置（動作開始位置）、すなわち積込動作支援制御が開始される位置（制御開始位置）での旋回角度であり、以下、制御開始旋回角度とも記す。 $\theta_{swt a}$ は、平面視でアーム9の先端部の予測移動軌跡Lと、被積込機械200の荷台201の側部202rの外側表面とが交差する位置、すなわちバケット10が平面視で荷台201の側部202rと重なる位置（ラップ位置）での旋回角度であり、以下、ラップ旋回角度とも記す。なお、予測移動軌跡Lは、アーム先端高さが通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ であるときのアーム9の先端部の移動軌跡である。

[0060]  $\theta_{swt a 1}$ は、作業装置2が干渉防止位置に位置したときの旋回角度であり、以下、干渉防止角度とも記す。干渉防止位置は、アーム先端高さが干渉防止高さよりも低い場合であっても、バケット10が荷台201に干渉しない荷台201近傍の位置である。干渉防止角度 $\theta_{swt a 1}$ は、干渉防止位置を特定するための旋回角度ともいえる。 $\theta_{swt a 2}$ は、図9に示すように、バケット10が荷台201の外側から側部202rを越えて、バケット10の全体が荷台201の内側に位置したときの旋回角度であり、以下では、荷台内到達角度とも記す。

[0061] 制御装置40は、図6に示す相関マップMaを参照し、アーム先端高さが

、相関マップM aで規定される下限値を下回らないように作業装置2及び上部旋回体7の動作を制御する。以下、相関マップM aの生成方法及び作業装置2の制御方法の詳細について説明する。

[0062] 積込動作支援制御実行条件が成立すると、図3に示す姿勢演算部41が、条件成立時に姿勢検出装置53により検出された作業装置2の姿勢に基づいて、アーム9の先端部の旋回動作前の周方向の位置である動作開始位置を特定する。具体的には、姿勢演算部41は、積込動作支援制御開始時（積込動作支援制御実行条件成立時）の上部旋回体7の旋回角度 $\theta_{sw}$ を制御開始旋回角度 $\theta_{swsa1}$ として演算する。なお、姿勢演算部41は、積込動作支援制御開始時のアーム9の先端部の高さを制御開始高さ $Z_{amsa1}$ として演算する。

[0063] また、目標角度演算部46は、図7に示すように、被積込機械位置演算部42により演算される荷台201のショベル基準座標系でのZ軸方向の位置である高さ $Z_v$ と、予め定められた設定値 $Z_a$ とを加算することにより、通過用下限高さ $Z_{amta1}$ を演算する。荷台201の高さ $Z_v$ は、具体的には、ショベル基準座標系における地面Gから荷台201の側部202の上縁までの高さである。設定値 $Z_a$ は、バケット長さ $L_{bk}$ と、マージンとを加算することにより設定される。

[0064] さらに、姿勢演算部41は、積込動作支援制御開始時のアーム角度 $\theta_{am}$ を制御開始アーム角度 $\theta_{amsa1}$ として演算する。積込動作支援制御実行条件が成立すると、目標角度演算部46は、制御開始アーム角度 $\theta_{amsa1}$ 及び通過用下限高さ $Z_{amta1}$ に基づき、アーム先端高さが通過用下限高さ $Z_{amta1}$ となるブーム角度である通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmta1}$ を演算する。

[0065] また、図8に示すように、積込動作支援制御実行条件が成立すると、目標角度演算部46は、通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmta1}$ に基づいて、荷台201の外側において特定された動作開始位置と、荷台201の複数の側部202のうち上部旋回体7の動作後に最初に作業装置2が到達し得る側部20

2（図8に示す例では右側の側部202r）との間で荷台201と作業装置2とが干渉しないアーム9の先端部の旋回方向の角度位置である干渉防止位置を特定する干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ を演算する。

[0066] 通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmta1}$ 及び干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ の具体的な算出方法について説明する。以下の式（1）～（4）では、作業装置2の幅方向の寸法は無視できるものとして説明する。ショベル基準座標系におけるアーム9の先端部の地面Gからの高さであるアーム先端高さ $Z_{am}$ は、以下の式（1）により求められる。

[0067] [数1]

$$Z_{am} = L_{oz} - L_{bm} \sin \theta_{bm} - L_{am} \sin(\theta_{bm} + \theta_{am}) \quad \dots(1)$$

$L_{oz}$ は、ショベル基準座標系におけるブームピン8aの地面Gからの高さである。 $L_{bm}$ はブーム長さ、 $L_{am}$ はアーム長さ、 $\theta_{bm}$ はブーム角度、 $\theta_{am}$ はアーム角度である。なお、後述するように、アーム角度 $\theta_{am}$ は、積込動作支援制御が開始されてからアーム9の操作の有効化条件が成立するまでの間、制御開始アーム角度 $\theta_{amsa1}$ に保持される。

[0068] アーム9の先端部が通過用下限高さ $Z_{amta1}$ にあるときのブーム角度である通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmta1}$ は、以下の式（2）により求められる。

[0069] [数2]

$$\theta_{bmta1} = \sin^{-1} \left( \frac{-Z_{amta1}}{\sqrt{a_{ta1}^2 + b_{ta1}^2}} \right) - \alpha_{ta1} \quad \dots(2)$$

式（2）において、 $a_{ta1}$ 、 $b_{ta1}$ 、 $\alpha_{ta1}$ は三角関数の合成に関する係数である。

[0070] 通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmta1}$ が定まると、平面視した際の旋回中心軸（Z軸）からアーム9の先端部までの距離（以下、アーム先端距離とも記す） $R_{ta1}$ は、以下の式（3）により求められる。

[0071] [数3]

$$R_{ta1} = L_{ox} + L_{bm} \cos \theta_{bmta1} + L_{am} \cos(\theta_{bmta1} + \theta_{am}) \quad \dots (3)$$

$L_{ox}$ は、旋回中心軸（Z軸）からブームピン8aまでの距離（オフセット）である。

[0072] アーム先端距離  $R_{ta1}$  で旋回動作した際のアーム9の先端部の予測移動軌跡Lと、被積込機械200の荷台201の側部202の外側表面を示す線分との交点Pのショベル基準座標系での位置を  $X_{ta1}$ ,  $Y_{ta1}$ （図8参照）とすると、ラップ旋回角度  $\theta_{swta}$  は以下の式（4）により求められる。

[0073] [数4]

$$\theta_{swta} = \tan^{-1} \left( \frac{Y_{ta1}}{X_{ta1}} \right) \quad \dots (4)$$

ラップ旋回角度  $\theta_{swta}$  は、側部202の直上にバケット10が位置し、平面視で側部202とバケット10とが重なっている状態での旋回角度である。

[0074] 目標角度演算部46は、ラップ旋回角度  $\theta_{swta}$  に所定のマージン  $\theta_{swtam}$  を加算し干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  を演算する（ $\theta_{swta1} = \theta_{swta} + \theta_{swtam}$ ）。なお、ここで所定のマージン  $\theta_{swtam}$  は、作業装置2が荷台201の外側に向かって側部202から遠ざかる位置に配置されるように加算されるマージンである。例えば、基準姿勢から左旋回方向のラップ旋回角度  $\theta_{swta}$  が正の値で表される場合、マージン  $\theta_{swtam}$  は負の値となる。マージンの絶対値は、少なくともバケット10の幅の半分よりも大きい値である。

[0075] 目標角度演算部46は、ラップ旋回角度  $\theta_{swta}$  に所定のマージン  $\theta_{swtam2}$  を加算し荷台内到達角度  $\theta_{swta2}$  を演算する（ $\theta_{swta2} = \theta_{swta} + \theta_{swtam2}$ ）。なお、ここで所定のマージン  $\theta_{swta}$

$m_2$ は、作業装置2が荷台201の内側に向かって側部202から遠ざかる位置に配置されるように加算されるマージンである。例えば、基準姿勢から左旋回方向のラップ旋回角度 $\theta_{swt a}$ が正の値で表される場合、マージン $\theta_{swt a m_2}$ は正の値となる。マージンの絶対値は、少なくともバケット10の幅の半分よりも大きい値である。

[0076] 図3に示す相関マップ生成部49は、目標角度演算部46の演算結果に基づいて、図6に示すような積込動作支援時の相関マップMaを生成する。相関マップMaは、制御開始旋回角度 $\theta_{sws a_1}$ から干渉防止角度 $\theta_{swt a_1}$ までは、旋回角度の増加に伴って、アーム先端高さの下限値が制御開始高さ $Z_{ams a_1}$ から単調に増加し、干渉防止角度 $\theta_{swt a_1}$ までにアーム先端高さの下限値が通過用下限高さ $Z_{amt a_1}$ となるよう生成される。また、相関マップMaは、旋回角度が干渉防止角度 $\theta_{swt a_1}$ から荷台内到達角度 $\theta_{swt a_2}$ までは、アーム先端高さの下限値が通過用下限高さ $Z_{amt a_1}$ となるように生成される。

[0077] このように、制御装置40は、制御開始旋回角度 $\theta_{sws a_1}$ により特定された動作開始位置から干渉防止角度 $\theta_{swt a_1}$ により特定された干渉防止位置までの上部旋回体7の動作範囲において、干渉防止位置に近いほど大きくかつ干渉防止位置で通過用下限高さ（干渉防止高さ） $Z_{amt a_1}$ となる、アーム9の先端部の旋回方向の角度位置に応じた作業装置2の高さ方向の下限値を演算する。

[0078] なお、後述するように、旋回角度が干渉防止角度 $\theta_{swt a_1}$ 以上になると、アーム9の操作が有効になる。このため、旋回角度が干渉防止角度 $\theta_{swt a_1}$ 以上では、オペレータの操作によってアーム角度 $\theta_{am}$ が変化する場合がある。アーム角度 $\theta_{am}$ が変化すると、平面視した際の作業装置2のリーチ（アーム先端距離）が変化するため、バケット全体が荷台201内に収まる位置での旋回角度である荷台内到達角度 $\theta_{swt a_2}$ は動的に変化する。つまり、目標角度演算部46は、アーム角度 $\theta_{am}$ が変化すると、荷台内到達角度 $\theta_{swt a_2}$ を再演算する。相関マップ生成部49は、再演算さ

れた荷台内到達角度  $\theta_{swta2}$  に基づき、相関マップ  $M_a$  を更新する。

[0079] 図3に示す姿勢比較部47は、姿勢演算部41により演算された旋回角度  $\theta_{sw}$  と、目標角度演算部46により演算された干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  とを比較し、その比較結果に基づき、アーム9の操作の有効化条件が成立したか否かを判定する。アーム9の操作の有効化条件は、アーム9の先端部が干渉防止高さを超える高さに達している状態で干渉防止位置を越える旋回方向の角度位置に達したことを含む。姿勢比較部47は、旋回角度  $\theta_{sw}$  が干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  未満であるときには、アーム9の先端部が干渉防止位置を越えていないと判定する。つまり、姿勢比較部47は、有効化条件が成立していないと判定する。姿勢比較部47は、旋回角度  $\theta_{sw}$  が干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  以上であるときには、アーム9の先端部が干渉防止位置を越えていると判定する。なお、干渉防止位置での作業装置2の高さ方向の下限値は、通過用下限高さ（干渉防止高さ） $Z_{amta1}$  である。したがって、姿勢比較部47は、旋回角度  $\theta_{sw}$  が干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  以上であるときには、有効化条件が成立していると判定する。

[0080] また、姿勢比較部47は、姿勢演算部41により演算されたアーム先端高さ  $Z_{am}$  と、目標角度演算部46により演算された通過用下限高さ  $Z_{amta1}$  とを比較する。

[0081] 姿勢比較部47は、アーム先端高さ  $Z_{am}$  と通過用下限高さ  $Z_{amta1}$  との比較結果に基づき、ブーム上げ動作を自動で行う制御の実行条件（以下、自動ブーム上げ制御実行条件とも記す）が成立したか否かを判定する。

[0082] 自動ブーム上げ制御実行条件は、少なくとも以下の（条件3）を含む。自動ブーム上げ制御実行条件は、干渉防止制御が実行されているときにおいて、以下の（条件3）が満たされた場合に成立し、（条件3）が満たされていない場合には成立しない。

（条件3）アーム先端高さ  $Z_{am}$  が通過用下限高さ  $Z_{amta1}$  以下であること。

[0083] また、姿勢比較部47は、姿勢演算部41により演算された旋回角度  $\theta_s$

wと、目標角度演算部46により演算された荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ とを比較し、バケット10が干渉防止位置を越えて旋回した後に平面視で荷台201の側部202（側部202r及び202lのうち、最初に到達し得る側部202rのみ）を通過したか否か、すなわち平面視でバケット10の全体が側部202rを越えかつ側部202lの手前の旋回方向の位置である荷台201の内側に到達したか否かを判定する。姿勢比較部47は、旋回角度 $\theta_{sw}$ が荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ 未満のときには、バケット10の全体が荷台201の内側に到達していないと判定する。姿勢比較部47は、旋回角度 $\theta_{sw}$ が荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ 以上になると、バケット10の全体が荷台201の内側に到達したと判定する。

- [0084] 目標速度演算部48は、速度演算部43により演算された操作指令速度に基づき、ブーム8、アーム9、バケット10及び上部旋回体7等を駆動する油圧アクチュエータの目標速度を演算する。アクチュエータ制御部39は、目標速度演算部48により演算された目標速度で各油圧アクチュエータ（ブームシリンダ11、アームシリンダ12、バケットシリンダ13及び旋回油圧モータ6等）が動作するように、電磁比例弁51に制御信号を出力する。
- [0085] また、目標速度演算部48は、積込動作支援制御実行条件が成立すると、姿勢演算部41により演算される油圧ショベル1の姿勢及び相関マップMaに基づき、各油圧アクチュエータの目標速度を演算する。
- [0086] 積込動作支援制御における目標速度演算部48による各油圧アクチュエータの目標速度の演算方法の詳細は、以下のとおりである。
- [0087] 積込動作支援制御実行条件が成立すると、目標速度演算部48は、姿勢演算部41により演算される旋回角度 $\theta_{sw}$ が干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ に至るまでの間、すなわち姿勢比較部47によりアーム9の操作の有効化条件が成立していないと判定されている間、オペレータによるアーム操作を無効化する無効化処理を実行する。無効化処理において、目標速度演算部48は、速度演算部43により演算されたアームシリンダ12の操作指令速度が0（ゼロ）でない場合であっても、アームシリンダ12の目標速度を0（ゼロ）

に設定する。このように、本実施形態に係る制御装置40は、積込動作支援制御において、上部旋回体7の動作中であって有効化条件が成立するまでは、操作装置20によるアーム9の操作を無効にする。換言すれば、制御装置40は、動作開始位置から干渉防止位置までの上部旋回体7の動作中は、アーム操作装置（操作装置20）によるアーム9の操作を無効にする。

[0088] 目標速度演算部48は、姿勢比較部47によりアーム9の操作の有効化条件が成立したと判定されると、無効化処理を実行しない。つまり、目標速度演算部48は、速度演算部43により演算されたアームシリンダ12の操作指令速度をアームシリンダ12の目標速度として設定する。このように、本実施形態に係る制御装置40は、積込動作支援制御において、有効化条件が成立した場合には、操作装置20によるアーム9の操作を有効にする。

[0089] 目標速度演算部48は、姿勢比較部47により自動ブーム上げ制御実行条件が成立していると判定されているときには、オペレータによるブーム操作に関わらず、ブームシリンダ11の目標速度に予め定められたブーム自動上げ速度を設定する。ブーム自動上げ速度は、予め制御装置40のROMに記憶されている。なお、目標速度演算部48は、姿勢比較部47により自動ブーム上げ制御実行条件が成立していないと判定されているときには、ブームシリンダ11の目標速度に上記ブーム自動上げ速度を設定する処理は行わない。

[0090] 目標速度演算部48は、姿勢演算部41により演算されたアーム先端高さ $Z_{am}$ と、相関マップ生成部49により生成された相関マップ $M_a$ とを比較し、旋回動作によってアーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップ $M_a$ により規定される下限値を下回らないように、目標旋回速度を設定する。

[0091] 具体的には、目標速度演算部48は、速度演算部43により演算されるブーム8の回動速度（角速度） $\omega_{bm}$ から、相関マップ $M_a$ の傾き $\alpha$ を満たす制限旋回速度 $\omega_{swt}$ を演算する。

[0092] 目標速度演算部48は、オペレータの旋回操作に応じて速度演算部43により演算される旋回速度 $\omega_{sw}$ と、制限旋回速度 $\omega_{swt}$ とを比較し、その

比較結果に基づき、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値を下回るか否かを判定する。

[0093] 目標速度演算部 48 は、旋回速度  $\omega_{sw}$  が制限旋回速度  $\omega_{swt}$  以下である場合には、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値を下回らないと判定する。目標速度演算部 48 は、旋回速度  $\omega_{sw}$  が制限旋回速度  $\omega_{swt}$  よりも大きい場合には、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さ  $Z_{am}$  は相関マップ  $M_a$  により規定される下限値を下回ると判定する。

[0094] 目標速度演算部 48 は、オペレータの旋回操作によってアーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値を下回ると判定されていない場合には、速度演算部 43 により演算された旋回油圧モータ 6 の操作指令速度を旋回油圧モータ 6 の目標速度に設定する。これにより、上部旋回体 7 は、オペレータの旋回操作に応じた旋回速度  $\omega_{sw}$  で動作する。目標速度演算部 48 は、オペレータの旋回操作によってアーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値を下回ると判定された場合には、旋回油圧モータ 6 の目標速度を制限旋回速度  $\omega_{swt}$  に対応する速度に設定する。これにより、上部旋回体 7 は、オペレータの旋回操作に応じた旋回速度よりも低い制限旋回速度  $\omega_{swt}$  で動作する。すなわち、上部旋回体 7 の旋回動作が減速される。

[0095] このように、本実施形態に係る制御装置 40 は、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値を下回らないように、ブーム 8 の自動上げ動作の制御及び上部旋回体 7 の動作制限の制御を行う。

[0096] また、目標速度演算部 48 は、旋回角度  $\theta_{sw}$  が干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  以上荷台内到達角度  $\theta_{swta2}$  未満のときには、オペレータのアーム操作によってアーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値（通過用下限高さ  $Z_{amta1}$ ）を下回るか否かを判定する。目標速度演算部 48 は、速度ベクトル演算部 44 により演算されたアーム先端部の速度ベクトルに下方向の成分が含まれていない場合には、オペレータのアーム操作

によってアーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値（通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$ ）を下回らないと判定する。目標速度演算部 48 は、速度ベクトル演算部 44 により演算されたアーム先端部の速度ベクトルに下方向の成分が含まれている場合には、オペレータのアーム操作によってアーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値（通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$ ）を下回ると判定する。

[0097] 目標速度演算部 48 は、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値（通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$ ）を下回らないと判定された場合には、ブームシリンダ 11 の目標速度を 0（ゼロ）に設定する。また、目標速度演算部 48 は、速度演算部 43 により演算されたアームシリンダ 12 の操作指令速度をアームシリンダ 12 の目標速度として設定する。

[0098] 目標速度演算部 48 は、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値（通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$ ）を下回ると判定された場合には、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M_a$  により規定される下限値を下回らないように、ブームシリンダ 11 の伸長方向（ブーム 8 の上げ方向）の目標速度を演算する。なお、目標速度演算部 48 は、ブームシリンダ 11 の伸長方向の目標速度を演算することに代えて、あるいは、ブームシリンダ 11 の伸長方向の目標速度を演算するとともに、アームシリンダ 12 の目標速度を 0（ゼロ）に設定してもよい。

[0099] このように、本実施形態に係る制御装置 40 は、バケット 10 が平面視で荷台 201 の側部 202 を通過したと判定されていない場合、操作装置 20 によるアーム 9 の操作に応じて動作するアーム 9 の先端部の高さが通過用下限高さ（干渉防止高さ） $Z_{amt a 1}$  を下回らないように、ブーム 8 及びアーム 9 の少なくとも一方の動作を制御する。

[0100] 本実施形態に係る制御装置 40 は、旋回角度  $\theta_{sw}$  が荷台内到達角度  $\theta_{sw t a 2}$  以上になると、積込動作支援制御を終了する。つまり、目標速度演算部 48 は、旋回角度  $\theta_{sw}$  が荷台内到達角度  $\theta_{sw t a 2}$  以上になると、

速度演算部43により演算されたアームシリンダ12の操作指令速度をアームシリンダ12の目標速度として設定する。

- [0101] つまり、本実施形態に係る制御装置40は、バケット10が平面視で荷台201の側部202を通過したと判定された場合、通過用下限高さ（干渉防止高さ）Zamt a1よりも低い位置へのアーム9の先端部の動作を許容する。
- [0102] 図10及び図11を参照して制御装置40により実行される積込動作支援制御の処理の流れの一例について説明する。図10及び図11のフローチャートに示す処理は、イグニッションスイッチ（不図示）がオンされることにより開始され、所定の制御周期で繰り返し実行される。
- [0103] 図10に示すように、ステップS101において、被積込機械位置演算部42は、物体位置検出装置54の検出結果に基づいて、油圧ショベル1に対する被積込機械200の荷台201の相対的な位置を演算する。
- [0104] 次のステップS104において、条件判定部45は、ステップS101で演算された荷台201の位置と、速度ベクトル演算部44によって算出されるアーム先端部の速度ベクトルとに基づき、オペレータによって、平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたか否かを判定する。
- [0105] ステップS104において、オペレータによって、平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたと判定されると、処理がステップS107へ進む。ステップS104において、オペレータによって、平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われていないと判定されると、図10及び図11のフローチャートに示す処理が終了する。
- [0106] ステップS107において、条件判定部45は、姿勢演算部41により演算されたバケット10の対地角 $\gamma$ に基づき、作業装置2の姿勢が運搬姿勢であるか否かを判定する。ステップS107において、作業装置2の姿勢が運搬姿勢であると判定されると、処理がステップS110へ進む。ステップS

107において、作業装置2の姿勢が運搬姿勢でないと判定されると、図10及び図11のフローチャートに示す処理が終了する。

[0107] ステップS104及びステップS107の判定処理のそれぞれにおいて肯定判定されると、積込動作支援制御実行条件が成立するため、積込動作支援制御が開始される。積込動作支援制御では、まず、ステップS110において、姿勢演算部41が、制御開始旋回角度 $\theta_{swsa1}$ 、制御開始アーム角度 $\theta_{amsa1}$ 及び制御開始高さ $Z_{amsa1}$ を演算する。

[0108] 次のステップS113において、目標角度演算部46は、通過用下限高さ $Z_{amta1}$ を演算する。次のステップS116において、目標角度演算部46は、通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmta1}$ 及びラップ旋回角度 $\theta_{swta}$ を演算する。次のステップS119において、目標角度演算部46は、干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ 及び荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ を演算する。

[0109] 次のステップS122において、相関マップ生成部49は、ステップS110、S113、S119での演算結果に基づき、相関マップMa（図6参照）を生成する。

[0110] 次のステップS125において、姿勢比較部47は、姿勢演算部41により演算される現在の旋回角度 $\theta_{sw}$ が、ステップS119で演算された干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ 未満であるか否かを判定する。ステップS125において、現在の旋回角度 $\theta_{sw}$ が干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ 未満であると判定されると、処理がステップS128へ進む。ステップS125において、現在の旋回角度 $\theta_{sw}$ が干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ 以上であると判定されると、アーム9の操作の有効化条件が成立し、処理がステップS145へ進む。

[0111] ステップS128において、姿勢比較部47は、姿勢演算部41により演算される現在のアーム先端高さ $Z_{am}$ が、ステップS113で演算された通過用下限高さ $Z_{amta1}$ 以下であるか否かを判定する。ステップS128において、現在のアーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amta1}$ 以下であると判定されると、処理がステップS131へ進む。ステップS128において、現在のアーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amta1}$ より

も大きいと判定されると、処理がステップS 1 3 4へ進む。

[0112] ステップS 1 2 8の判定処理において肯定判定されると、自動ブーム上げ制御実行条件が成立する。これにより、ステップS 1 3 1において、目標速度演算部4 8は、ブームシリンダ1 1の目標速度を予め定められたブーム自動上げ速度に設定する。ステップS 1 3 1の処理が終了すると、処理がステップS 1 3 4へ進む。

[0113] ステップS 1 3 4において、目標速度演算部4 8は、オペレータの旋回操作に応じた旋回速度 $\omega_{sw}$ と、制限旋回速度 $\omega_{swt}$ とに基づき、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップ $M_a$ により規定される下限値を下回るか否かを判定する。ステップS 1 3 4において、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップ $M_a$ により規定される下限値を下回ると判定されると、処理がステップS 1 3 7へ進む。ステップS 1 3 4において、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップ $M_a$ により規定される下限値を下回らないと判定されると、処理がステップS 1 4 0へ進む。

[0114] ステップS 1 3 7において、目標速度演算部4 8は、旋回油圧モータ6の目標速度を制限旋回速度 $\omega_{swt}$ に対応する速度に設定する。ステップS 1 3 1, S 1 3 7の処理が行われることにより、アーム先端高さが相関マップ $M_a$ により規定される下限値を下回らないように旋回動作とブーム上げ動作とが複合して行われることになる。なお、図示しないが、ステップS 1 3 4において否定判定された場合には、オペレータによる旋回操作量に応じた操作指令速度が旋回油圧モータ6の目標速度として設定される。ステップS 1 3 7の処理が終了すると、処理がステップS 1 4 0へ進む。

[0115] ステップS 1 4 0において、目標速度演算部4 8は、速度演算部4 3により演算されたアームシリンダ1 2の操作指令速度に基づき、オペレータによるアーム操作があるか否かを判定する。目標速度演算部4 8は、アームシリンダ1 2の操作指令速度が0（ゼロ）でない場合には、オペレータによるアーム操作があると判定し、アームシリンダ1 2の操作指令速度が0（ゼロ）

である場合には、オペレータによるアーム操作がないと判定する。ステップ S 1 4 0 において、オペレータによるアーム操作があると判定されると、処理がステップ S 1 4 3 へ進む。ステップ S 1 4 0 において、オペレータによるアーム操作がないと判定されると、処理がステップ S 1 6 0 へ進む。

[0116] ステップ S 1 4 3 において、目標速度演算部 4 8 は、目標アーム速度を 0 (ゼロ) に設定する。つまり、ステップ S 1 4 3 の処理は、オペレータによるアーム操作を無効にするための無効化処理といえる。ステップ S 1 4 3 の処理が終了すると、処理がステップ S 1 6 0 へ進む。

[0117] ステップ S 1 4 5 において、目標角度演算部 4 6 は、ステップ S 1 4 0 と同様の処理を行う。ステップ S 1 4 5 において、オペレータによるアーム操作があると判定されると、処理がステップ S 1 4 7 へ進む。ステップ S 1 4 5 において、オペレータによるアーム操作がないと判定されると、処理がステップ S 1 5 0 へ進む。

[0118] ステップ S 1 4 7 において、目標角度演算部 4 6 は、荷台内到達角度  $\theta_{swt a 2}$  を再演算し、相関マップ生成部 4 9 は、相関マップ  $M a$  を更新する。ステップ S 1 4 7 の処理が終了すると、処理がステップ S 1 5 0 へ進む。

[0119] ステップ S 1 5 0 において、姿勢比較部 4 7 は、姿勢演算部 4 1 により演算された現在の旋回角度  $\theta_{sw}$  と、荷台内到達角度  $\theta_{swt a 2}$  とに基づき、平面視でバケット 1 0 の全体が荷台 2 0 1 の内側に到達したか否かを判定する。ステップ S 1 5 0 において、平面視でバケット 1 0 の全体が荷台 2 0 1 の内側に到達していないと判定されると、処理がステップ S 1 5 3 へ進む。ステップ S 1 5 0 において、平面視でバケット 1 0 の全体が荷台 2 0 1 の内側に到達したと判定されると、図 1 0 及び図 1 1 のフローチャートに示す処理が終了する。

[0120] ステップ S 1 5 3 において、目標速度演算部 4 8 は、速度ベクトル演算部 4 4 により演算されたアーム先端部の速度ベクトルに基づき、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が相関マップ  $M a$  により規定される下限値 (通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$ ) を下回るか否かを判定する。ス

ステップS153において、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さZ<sub>a m</sub>が相関マップM<sub>a</sub>により規定される下限値を下回ると判定されると、処理がステップS156へ進む。ステップS153において、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さZ<sub>a m</sub>が相関マップM<sub>a</sub>により規定される下限値を下回らないと判定されると、処理がステップS160へ進む。

[0121] ステップS156において、目標速度演算部48は、アーム先端高さZ<sub>a m</sub>が相関マップM<sub>a</sub>により規定される下限値を下回らないように、ブーム8を上げ動作させるためのブームシリンダ11の目標速度を演算する。これにより、アーム先端高さが通過用下限高さZ<sub>a m t a 1</sub>を下回らないように、アーム動作とブーム上げ動作とが複合して行われることになる。ステップS156の処理が終了すると、処理がステップS160へ進む。

[0122] ステップS160において、アクチュエータ制御部39は、目標速度演算部48により演算された目標速度に応じた制御信号を電磁比例弁51に出力する。次のステップS163において、条件判定部45は、速度ベクトル演算部44の演算結果、あるいは速度演算部43の演算結果に基づき、オペレータによる旋回操作が継続されているか否かを判定する。

[0123] 例えば、条件判定部45は、速度ベクトル演算部44により演算されたアーム9の先端部の速度ベクトルに旋回方向の成分が含まれている場合には、オペレータによる旋回操作が継続されていると判定し、アーム9の先端部の速度ベクトルに旋回方向の成分が含まれていない場合には、オペレータによる旋回操作が継続されていないと判定する。

[0124] なお、条件判定部45は、速度演算部43により演算された旋回油圧モータ6の操作指令速度が0（ゼロ）でない場合には、オペレータによる旋回操作が継続されていると判定し、速度演算部43により演算された旋回油圧モータ6の操作指令速度が0（ゼロ）である場合には、オペレータによる旋回操作が継続されていないと判定してもよい。

[0125] ステップS163において、オペレータによる旋回操作が継続されている

と判定されると、処理がステップS 1 2 5に戻る。ステップS 1 6 3において、オペレータによる旋回操作が継続されていないと判定されると、処理がステップS 1 6 6へ進む。

[0126] ステップS 1 6 6において、条件判定部4 5は、速度演算部4 3により演算された実際の旋回速度 $\omega_{swr}$ が速度閾値 $\omega_{swr0}$ 以上であるか否かを判定する。ステップS 1 6 6の処理は、慣性により、上部旋回体7が動作しているか否かを判定する処理に相当する。ステップS 1 6 6において、実際の旋回速度 $\omega_{swr}$ が速度閾値 $\omega_{swr0}$ 以上であると判定されると、処理がステップS 1 2 5に戻る。ステップS 1 6 6において、実際の旋回速度 $\omega_{swr}$ が速度閾値 $\omega_{swr0}$ 未満であると判定されると、図1 0及び図1 1のフローチャートに示す処理が終了する。

[0127] 図1 2を参照して、本実施形態に係る油圧ショベル1の主な動作について説明する。図1 2に示すように、掘削物を被積込機械2 0 0に運搬するために、オペレータが左旋回操作を開始すると、上部旋回体7が左旋回動作を開始する。アーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ 未満である場合、上部旋回体7の左旋回動作とブーム8の上げ動作とが複合して行われる。なお、オペレータの左旋回操作に応じた旋回速度では、アーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップM aにより規定される下限値を下回ってしまうような場合には、自動で、旋回速度が減速する。

[0128] 少なくとも干渉防止位置に作業装置2が到達したときには、アーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ よりも高い位置に配置される。これにより、荷台2 0 1の側部2 0 2に干渉することなく、バケット1 0が側部2 0 2の上方を通過する。バケット1 0の全体が荷台2 0 1の内側に収まっている状態では、アーム9の操作が有効となっている。これにより、図1 2の二点鎖線で示すように、アーム9をダンプ動作させてアーム9の先端部を運転室7 1から離れる方向に移動させることにより、掘削物の放出位置を調整することができる。その結果、油圧ショベル1による積込作業の効率の向上を図ることができる。

- [0129] 第1実施形態によれば、次の作用効果を奏する。
- [0130] (1) 制御装置40は、物体位置検出装置（ベッセル位置取得装置）54により取得される荷台（ベッセル）201の位置に基づいて、荷台201と作業装置2とが干渉しないアーム9の先端部の高さを通過用下限高さ（干渉防止高さ） $Z_{amt a 1}$ として演算する。制御装置40は、バケット10が荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたことを含む積込動作支援制御実行条件（干渉防止制御実行条件）が成立したか否かを判定する。制御装置40は、積込動作支援制御実行条件（干渉防止制御実行条件）が成立したと判定された場合、姿勢検出装置53により検出される作業装置2の姿勢に基づいて、積込動作支援制御実行条件（干渉防止制御実行条件）が成立したときのアーム9の先端部の周方向の位置である動作開始位置を特定するとともに、動作開始位置と荷台201の側部202との間で荷台201と作業装置2とが干渉しないアーム9の先端部の旋回方向の角度位置である干渉防止位置を特定する。
- [0131] 制御装置40は、特定された動作開始位置から干渉防止位置までの上部旋回体7の動作範囲（制御開始旋回角度 $\theta_{sws a 1}$ から干渉防止角度 $\theta_{swt a 1}$ までの動作範囲）において、干渉防止位置に近いほど大きくかつ干渉防止位置で通過用下限高さ（干渉防止高さ） $Z_{amt a 1}$ となる、アーム9の先端部の旋回方向の角度位置に応じた作業装置2の高さ方向の下限値を演算する。制御装置40は、動作開始位置から干渉防止位置までの上部旋回体7の動作中は、操作装置（アーム操作装置）20によるアーム9の操作を無効にするとともに、アーム9の先端部の高さが下限値を下回らないようにブーム8及び上部旋回体7の動作を制御する。
- [0132] 制御装置40は、アーム9の先端部が干渉防止位置を越える高さに達している状態で干渉防止位置を越える旋回方向の角度位置に達したことを含むアーム9の操作の有効化条件が成立したか否かを判定する。制御装置40は、有効化条件が成立した場合、操作装置（アーム操作装置）20によるアーム9の操作を有効にする。

[0133] 制御装置40は、バケット10が干渉防止位置を越えて旋回した後に平面視で荷台201の側部202を通過したか否かを判定する。制御装置40は、バケット10が平面視で荷台201の側部202を通過したと判定されていない場合、操作装置（アーム操作装置）20によるアーム9の操作に応じて動作するアーム9の先端部の高さが通過用下限高さ（干渉防止高さ）Z a m t a 1を下回らないように、ブーム8及びアーム9の少なくとも一方の動作を制御する。制御装置40は、バケット10が平面視で荷台201の側部202を通過したと判定された場合、通過用下限高さ（干渉防止高さ）Z a m t a 1よりも低い位置へのアーム9の先端部の動作を許容する。

[0134] この構成によれば、積込作業において、作業装置2と被積込機械200の荷台201などのベッセルとの干渉を防止可能な油圧ショベル1であって、荷台201の側部202に作業装置2が接近した後にオペレータの意図を反映して作業装置2の姿勢を調整可能な油圧ショベル1を提供することができる。

[0135] （2）積込動作支援制御実行条件（干渉防止制御実行条件）には、作業装置2の姿勢が運搬姿勢であることが含まれる。制御装置40は、姿勢検出装置53の検出結果に基づいて、作業装置2の姿勢が運搬姿勢であるか否かを判定する。

[0136] 作業装置2の姿勢が運搬姿勢であることを積込動作支援制御実行条件に含めない場合、バケット10の爪先が下方を向いているときなど、掘削作業中に、オペレータの意図に反して積込動作支援制御が実行される可能性がある。したがって、本実施形態によれば、よりオペレータの意図を反映させて積込動作支援制御を実行することができる。

[0137] <第2実施形態>

図3及び図13～図15を参照して、本発明の第2実施形態に係る油圧ショベル1について説明する。なお、第1実施形態で説明した構成と同一もしくは相当する構成には同一の参照番号を付し、相違点を主に説明する。第1実施形態では、積込動作を行う場合の干渉防止制御としての積込動作支援制

御について説明したが、本発明はこれに限定されない。被積込機械 200 への積込動作の後に、再度、掘削対象物（地山等）が存在する掘削地に向けて作業装置 2 を移動させる準備動作を行う場合に、干渉防止制御が実行されることとしてもよい。第 2 実施形態では、干渉防止制御実行条件が成立すると、油圧ショベル 1 が準備動作を行う際に、バケット 10 が荷台 201 に干渉することを防止するための干渉防止制御である準備動作支援制御が実行される。

[0138] 準備動作は、平面視でバケット 10 の全体が被積込機械 200 の荷台 201 の内側に収まっている状態で、バケット 10 のダンプ動作が行われた状況から開始される。第 2 実施形態では、図 3 に示す条件判定部 45 は、準備動作支援制御を実行させる条件である準備動作支援制御実行条件（第 2 の干渉防止制御実行条件）が成立したか否かを判定する。準備動作支援制御実行条件は、少なくとも以下の（条件 1 B）を含む。

（条件 1 B）平面視でバケット 10 が荷台 201 の内側から荷台 201 の側部 202 に近づく方向の旋回操作が行われたこと。

[0139] 条件判定部 45 は、被積込機械位置演算部 42 により演算される被積込機械 200 の荷台 201 の位置と、速度ベクトル演算部 44 により演算されるアーム 9 の先端部の速度ベクトル（バケット 10 の移動方向を示すパラメータ）とに基づき、オペレータによって、平面視でバケット 10 が荷台 201 の内側から被積込機械 200 の荷台 201 の側部 202 に近づく方向の旋回操作が行われたか否かを判定する。

[0140] したがって、掘削物が荷台 201 に放出された後、オペレータにより、掘削地に向かう旋回操作が行われると、条件判定部 45 は、準備動作支援制御実行条件が成立したと判定する。

[0141] なお、平面視でバケット 10 が荷台 201 の内側から荷台 201 の側部 202 に近づく方向の旋回操作が行われたか否かの判定方法はこれに限定されない。例えば、条件判定部 45 は、被積込機械位置演算部 42 により演算される被積込機械 200 の荷台 201 の位置と、姿勢演算部 41 により演算さ

れるアーム9の先端部の位置と、操作検出装置56により検出される旋回操作の操作方向とに基づき、オペレータによって、平面視でバケット10が荷台201の内側から被積込機械200の荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたか否かを判定してもよい。

[0142] また、制御装置40は、オペレータの操作に応じて掘削地の位置を設定し、バケット10と掘削地との間の側部202に向かって、バケット10が移動することが検出された場合に、準備動作支援制御実行条件が成立したと判定してもよい。なお、オペレータは、複数のスイッチを有する入力装置（不図示）を操作することにより、掘削地の位置を制御装置40に入力することができる。

[0143] なお、掘削地は、オペレータにより手動で設定される場合に限定されない。例えば、制御装置40は、作業装置2の姿勢の変化、及び、作業装置2の姿勢が変化した際の油圧アクチュエータの圧力に基づき、掘削地の位置を特定し、記憶してもよい。なお、油圧アクチュエータの圧力は、圧力センサ（不図示）によって検出され、制御装置40に入力される。

[0144] 準備動作支援制御実行条件が成立すると、図3に示す姿勢演算部41が、準備動作支援制御開始時（準備動作支援制御実行条件成立時）の上部旋回体7の旋回角度 $\theta_{sw}$ を、動作開始位置を特定する制御開始旋回角度 $\theta_{swsb1}$ として演算する。また、姿勢演算部41は、準備動作支援制御開始時のアーム9の先端部の高さを制御開始高さ $Z_{amsb1}$ として演算する。

[0145] 準備動作支援制御実行条件が成立すると、目標角度演算部46が、被積込機械位置演算部42により演算される被積込機械200の荷台201のショベル基準座標系での位置（X，Y，Z座標）に基づき、通過用下限高さ $Z_{amt b1}$ を演算する。通過用下限高さ $Z_{amt b1}$ は、荷台201のショベル基準座標系での高さ $Z_v$ と、予め定められた設定値 $Z_a$ とを加算することにより演算される。積込作業において、油圧ショベル1及び被積込機械200の位置に変更がなければ、通過用下限高さ $Z_{amt b1}$ は、第1実施形態で説明した通過用下限高さ $Z_{mata1}$ として設定してもよい。

- [0146] さらに、姿勢演算部41は、準備動作支援制御開始時のアーム角度 $\theta_{am}$ を制御開始アーム角度 $\theta_{amsb1}$ として演算する。準備動作支援制御実行条件が成立すると、目標角度演算部46は、制御開始アーム角度 $\theta_{amsb1}$ 及び通過用下限高さ $Z_{amt b1}$ に基づき、アーム先端高さが通過用下限高さ $Z_{amt b1}$ となるブーム角度である通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmt b1}$ を演算する。
- [0147] 目標角度演算部46は、第1実施形態と同様、通過用下限ブーム角度 $\theta_{bmt b1}$ に基づいて、ラップ旋回角度 $\theta_{swt b}$ を演算し、ラップ旋回角度 $\theta_{swt b}$ に所定のマージンを加味して、荷台201の内側において特定された動作開始位置と荷台201の側部202との間の干渉防止位置を特定する干渉防止角度 $\theta_{swt b1}$ を演算する。なお、ラップ旋回角度 $\theta_{swt b}$ は、平面視でアーム9の先端部の予測移動軌跡 $L$ と、被積込機械200の荷台201の側部202の内側表面とが交差する位置、すなわちバケット10が平面視で荷台201の側部202と重なる位置（ラップ位置）での旋回角度である。
- [0148] また、目標角度演算部46は、ラップ旋回角度 $\theta_{swt b}$ に所定のマージンを加味して、バケット10が荷台201の内側から側部202を越えて、バケット10の全体が荷台201の外側に位置したときの旋回角度である荷台外到達角度 $\theta_{swt b2}$ を演算する。
- [0149] 相関マップ生成部49は、目標角度演算部46の演算結果に基づいて、図13に示すような準備動作支援時の相関マップ $M_b$ を生成し、記憶装置に記憶する。なお、図13に示す相関マップ $M_b$ の横軸は旋回角度を示している。相関マップ $M_b$ は、基準姿勢のときの旋回角度を0度として、左旋回すると旋回角度が増加するマップ、すなわち、左旋回した後に基準姿勢に戻るときには旋回角度が減少するマップである。
- [0150] 相関マップ $M_b$ は、制御開始旋回角度 $\theta_{swsb1}$ から干渉防止角度 $\theta_{swt b1}$ までは、旋回角度の減少に伴って、アーム先端高さの下限値が制御開始高さ $Z_{amsb1}$ から単調に増加し、干渉防止角度 $\theta_{swt b1}$ までに

アーム先端高さの下限値が通過用下限高さ  $Z_{amt b 1}$  となるよう生成される。また、相関マップ  $M_b$  は、旋回角度が干渉防止角度  $\theta_{swt b 1}$  から荷台外到達角度  $\theta_{swt b 2}$  までは、アーム先端高さの下限値が通過用下限高さ  $Z_{amt b 1}$  となるように生成される。

[0151] 図3に示す姿勢比較部47は、姿勢演算部41により演算されたアーム先端高さ  $Z_{am}$  と、目標角度演算部46により演算された通過用下限高さ  $Z_{amt b 1}$  とを比較し、その比較結果に基づき、アーム9の操作の有効化条件が成立したか否かを判定する。第2実施形態では、アーム9の操作の有効化条件は、アーム9の先端部が通過用下限高さ（干渉防止高さ）  $Z_{amt b 1}$  を越えた場合に成立する。

[0152] 姿勢比較部47は、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が通過用下限高さ（干渉防止高さ）  $Z_{amt b 1}$  以下であるときには、アーム9の先端部が通過用下限高さ（干渉防止高さ）を越えていないと判定する。つまり、姿勢比較部47は、有効化条件が成立していないと判定する。

[0153] 姿勢比較部47は、アーム先端高さ  $Z_{am}$  が通過用下限高さ（干渉防止高さ）  $Z_{amt b 1}$  よりも大きいときには、アーム9の先端部が通過用下限高さ（干渉防止高さ）  $Z_{amt b 1}$  を越えていると判定する。つまり、姿勢比較部47は、有効化条件が成立していると判定する。

[0154] 図14及び図15を参照して制御装置40により実行される準備動作支援制御の処理の流れの一例について説明する。図14及び図15は、図10及び図11と同様の図であり、制御装置40により実行される準備動作支援制御の処理の流れの一例について示すフローチャートである。図14及び図15のフローチャートに示す処理において、図10及び図11のフローチャートに示す処理と同様の処理については、適宜、説明を省略する。図14及び図15のフローチャートに示す処理は、イグニッションスイッチ（不図示）がオンされることにより開始され、所定の制御周期で繰り返し実行される。

[0155] 図14に示すように、ステップS201において、被積込機械位置演算部42は、物体位置検出装置54の検出結果に基づいて、油圧シヨベル1に対

する被積込機械 200 の荷台 201 の相対的な位置を演算する。

- [0156] 次のステップ S 204 において、条件判定部 45 は、ステップ S 201 で演算された荷台 201 の位置と、速度ベクトル演算部 44 によって算出されるアーム先端部の速度ベクトルとに基づき、オペレータによって、平面視でバケット 10 が荷台 201 の内側から荷台 201 の側部 202 に近づく方向の旋回操作が行われたか否かを判定する。
- [0157] ステップ S 204 において、オペレータによって、平面視でバケット 10 が荷台 201 の内側から荷台 201 の側部 202 に近づく方向の旋回操作が行われたと判定されると、処理がステップ S 210 へ進む。ステップ S 204 において、オペレータによって、平面視でバケット 10 が荷台 201 の内側から荷台 201 の側部 202 に近づく方向の旋回操作が行われていないと判定されると、図 14 及び図 15 のフローチャートに示す処理が終了する。
- [0158] ステップ S 204 の判定処理において肯定判定されると、準備動作支援制御実行条件が成立するため、準備動作支援制御が開始される。準備動作支援制御では、まず、ステップ S 210 において、姿勢演算部 41 が、制御開始旋回角度  $\theta_{swsb1}$ 、制御開始アーム角度  $\theta_{amsb1}$  及び制御開始高さ  $Z_{amsb1}$  を演算する。
- [0159] 次のステップ S 213 において、目標角度演算部 46 は、通過用下限高さ  $Z_{amt b1}$  を演算する。次のステップ S 215 において、姿勢比較部 47 は、姿勢演算部 41 により演算される現在のアーム先端高さ  $Z_{am}$  が、ステップ S 213 で演算された通過用下限高さ  $Z_{amt b1}$  以下であるか否かを判定する。ステップ S 215 において、現在のアーム先端高さ  $Z_{am}$  が通過用下限高さ  $Z_{amt b1}$  以下であると判定されると、処理がステップ S 216 へ進む。ステップ S 215 において、現在のアーム先端高さ  $Z_{am}$  が通過用下限高さ  $Z_{amt b1}$  よりも大きいと判定されると、アーム 9 の操作の有効化条件が成立し、処理がステップ S 245 へ進む。
- [0160] ステップ S 216 において、目標角度演算部 46 は、通過用下限ブーム角度  $\theta_{bmt b1}$  及びラップ旋回角度  $\theta_{swt b}$  を演算する。次のステップ S

219において、目標角度演算部46は、干渉防止角度 $\theta_{swtb1}$ 及び荷台外到達角度 $\theta_{swtb2}$ を演算する。

[0161] 次のステップS222において、相関マップ生成部49は、ステップS210, S213, S219での演算結果に基づき、相関マップMb（図13参照）を生成する。

[0162] ステップS215の判定処理において肯定判定されると、自動ブーム上げ制御実行条件が成立する。これにより、図15に示すように、ステップS231において、目標速度演算部48は、ブームシリンダ11の目標速度を予め定められたブーム自動上げ速度に設定する。ステップS231の処理が終了すると、処理がステップS234へ進む。

[0163] ステップS234において、目標速度演算部48は、オペレータの旋回操作に応じた旋回速度 $\omega_{sw}$ と、制限旋回速度 $\omega_{swt}$ とに基づき、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さZamが相関マップMbにより規定される下限値を下回るか否かを判定する。ステップS234において、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さZamが相関マップMbにより規定される下限値を下回ると判定されると、処理がステップS237へ進む。ステップS234において、オペレータの旋回操作によって、アーム先端高さZamが相関マップMbにより規定される下限値を下回らないと判定されると、処理がステップS240へ進む。

[0164] ステップS237において、目標速度演算部48は、旋回油圧モータ6の目標速度を制限旋回速度 $\omega_{swt}$ に対応する速度に設定する。ステップS231, S237の処理が行われることにより、アーム先端高さが相関マップMbにより規定される下限値を下回らないように旋回動作とブーム上げ動作とが複合して行われることになる。なお、図示しないが、ステップS234において、否定判定された場合には、オペレータによる旋回操作量に応じた操作指令速度が旋回油圧モータ6の目標速度として設定される。ステップS237の処理が終了すると、処理がステップS240へ進む。

[0165] ステップS240, S243の処理は、それぞれ図11に示すステップS

140, S143と同様の処理であるため、説明を省略する。

[0166] 図15に示すように、ステップS245において、目標角度演算部46は、ステップS240と同様の処理を行う。ステップS245において、オペレータによるアーム操作があると判定されると、処理がステップS247へ進む。ステップS245において、オペレータによるアーム操作がないと判定されると、処理がステップS250へ進む。

[0167] ステップS247において、目標角度演算部46は、荷台外到達角度 $\theta_{swtb2}$ を再演算し、相関マップ生成部49は、相関マップMbを更新する。ステップS247の処理が終了すると、処理がステップS250へ進む。

[0168] ステップS250において、姿勢比較部47は、姿勢演算部41により演算された現在の旋回角度 $\theta_{sw}$ と、荷台外到達角度 $\theta_{swtb2}$ とに基づき、平面視でバケット10の全体が荷台201の外側に到達したか否かを判定する。ステップS250において、平面視でバケット10の全体が荷台201の外側に到達していないと判定されると、処理がステップS253へ進む。ステップS250において、平面視でバケット10の全体が荷台201の外側に到達したと判定されると、図14及び図15のフローチャートに示す処理が終了する。

[0169] ステップS253において、目標速度演算部48は、速度ベクトル演算部44により演算されたアーム先端部の速度ベクトルに基づき、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップMbにより規定される下限値（通過用下限高さ $Z_{amt b1}$ ）を下回るか否かを判定する。ステップS253において、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップMbにより規定される下限値を下回ると判定されると、処理がステップS256へ進む。ステップS253において、オペレータのアーム操作によって、アーム先端高さ $Z_{am}$ が相関マップMbにより規定される下限値を下回らないと判定されると、処理がステップS260へ進む。

[0170] ステップS256において、目標速度演算部48は、アーム先端高さ $Z_a$

mが相関マップMbにより規定される下限値を下回らないように、ブーム8を上げ動作させるためのブームシリンダ11の目標速度を演算する。これにより、アーム先端高さが通過用下限高さ $Z_{amt b 1}$ を下回らないように、アーム動作とブーム上げ動作とが複合して行われることになる。ステップS256の処理が終了すると、処理がステップS260へ進む。

[0171] ステップS260, S263, S266の処理は、図11のステップS160, S163, S166と同様の処理である。なお、図15に示すように、ステップS263において肯定判定されると、処理がステップS269へ進む。また、ステップS266において肯定判定されると、処理がステップS269へ進む。

[0172] ステップS269において、姿勢比較部47は、ステップS215と同様の処理を行う。ステップS269において、現在のアーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt b 1}$ 以下であると判定されると、処理がステップS231へ戻る。ステップS269において、現在のアーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt b 1}$ よりも大きいと判定されると、アーム9の操作の有効化条件が成立し、処理がステップS245へ進む。

[0173] このように、第2実施形態では、制御装置40が準備動作を支援することで、対象物の荷台201への放出動作が完了した後、バケット10が荷台201の側部202の上縁よりも低い位置にある状況から準備動作を行う場合に、バケット10と荷台201の側部202との干渉を防ぐことができる。なお、準備動作支援制御開始時に、バケット10が荷台201の側部202の上縁よりも高い位置にある場合には、干渉する可能性のあるオペレータの操作に対してのみ、制御装置40による支援を行うことができる。また、バケット10が荷台201の側部202を超えて荷台201の外側に位置すると、干渉防止高さ $Z_{amt b 1}$ よりも低い位置へのアーム9の先端部の動作が許容されるため、バケット10を速やかに掘削対象物に近づけ、掘削作業に移行することができる。

[0174] 準備動作では、アーム先端高さは、動作開始時に干渉防止高さを越えてい

たり、動作開始後直ちに干渉防止高さを越えたりすることが多い。本第2実施形態では、有効化条件が、アーム9の先端部が干渉防止高さを越えることを含む条件としたことにより、準備動作の開始後、直ちにアーム9の操作を有効な状態にすることができる。これにより、掘削作業の準備動作をよりオペレータの意図を反映して行うことができる。

[0175] <第3実施形態>

図3及び図16～図18を参照して、本発明の第3実施形態に係る油圧シヨベル1について説明する。なお、第1実施形態で説明した構成と同一もしくは相当する構成には同一の参照番号を付し、相違点を主に説明する。第1実施形態では、平面視でバケット10の全体が荷台201の内側に到達した場合には、積込動作支援制御が終了し、オペレータが自由にアーム9を操作できる状態になる例について説明した。これに対して、第3実施形態では、平面視でバケット10の全体が荷台201の内側に到達した後も積込動作支援制御が継続される。以下、第3実施形態に係る油圧シヨベル1の制御装置40による制御内容について、詳しく説明する。

[0176] 第3実施形態に係る制御装置40は、被積込機械200の荷台201内にバケット10が存在する場合に、荷台201の底部203とバケット10とが接触しないアーム9の先端部の高さ位置であるベッセル内下限高さ（ベッセル内下限値） $Z_{amt a 2}$ （図17参照）を設定する。

[0177] 図3に示す目標角度演算部46は、姿勢演算部41での演算結果に基づいて、アーム先端距離 $R_{t a 1}$ を演算する。目標角度演算部46は、図16に示すように、アーム先端距離 $R_{t a 1}$ で旋回動作した際のアーム9の先端部の予測移動軌跡 $L^{\wedge}$ と、荷台201の側部2021の内側表面を示す線分との交点 $P^{\wedge}$ のシヨベル基準座標系での位置を演算する。目標角度演算部46は、点 $P^{\wedge}$ の位置に基づき、ラップ旋回角度 $\theta_{s w t a}^{\wedge}$ を演算する。

[0178] 図8に示すように、ラップ旋回角度 $\theta_{s w t a}$ は、左右一对の側部202のうち的一方（例えば、右側の側部202r）とアーム9の先端部の予測移動軌跡 $L$ とが重なる位置（点P）に作業装置2が位置したときの旋回角度で

あった。これに対し、図16に示すように、ラップ旋回角度 $\theta_{swt a'}$ は、左右一对の側部202のうちの他方（例えば、左側の側部2021）とアーム9の先端部の予測移動軌跡 $L'$ とが重なる位置（点 $P'$ ）に作業装置2が位置したときの旋回角度である。

[0179] 目標角度演算部46は、ラップ旋回角度 $\theta_{swt a'}$ に所定のマージン $\theta_{swt a m'}$ を加算し荷台内限界角度 $\theta_{swt a 3}$ を演算する（ $\theta_{swt a 3} = \theta_{swt a'} + \theta_{swt a m'}$ ）。なお、ここで所定のマージン $\theta_{swt a m'}$ は、作業装置2が荷台201の内側に向かって側部2021から遠ざかる位置であって、平面視で荷台201の内側にバケット10の全体が収まるように加算されるマージンである。例えば、基準姿勢から左旋回方向のラップ旋回角度 $\theta_{swt a'}$ が正の値で表される場合、マージン $\theta_{swt a m'}$ は負の値となる。マージンの絶対値は、少なくともバケット10の幅の半分よりも大きい値である。

[0180] 荷台内到達角度 $\theta_{swt a 2}$ 及び荷台内限界角度 $\theta_{swt a 3}$ は、平面視でバケット10の全体を荷台201内に配置可能な範囲を表す旋回角度である。

[0181] 図17に示すように、目標角度演算部46は、被積込機械位置演算部42により演算される荷台201のショベル基準座標系での高さ $Z_v$ から高さ $h_b$ を差し引いて底板高さ $Z_{vb}$ を演算する。高さ $h_b$ は、底部203から荷台201の上縁までの高さである。目標角度演算部46は、底板高さ $Z_{vb}$ に、予め定められた設定値 $Z_b$ を加算することにより、ベッセル内下限高さ $Z_{amt a 2}$ を演算する。なお、底部203が水平に対して傾斜している場合、高さ $h_b$ は、底部203から荷台201の上縁までの高さの最小値 $h_{b min}$ に設定される。また、高さ $h_b$ は、一定値とする場合に限定されない。この場合、目標角度演算部46は、バケット10と荷台201の位置関係に基づき、高さ $h_b$ を演算する。設定値 $Z_b$ は、バケット長さ $L_{bk}$ と、マージンとを加算することにより設定される。

[0182] 相関マップ生成部49は、目標角度演算部46の演算結果に基づいて、図

18に示すような積込動作支援時の相関マップMa'を生成し、記憶装置に記憶する。図18に示すように、相関マップMa'は、制御開始旋回角度 $\theta_{swsa1}$ から荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ までは、第1実施形態で説明した相関マップMa(図6参照)と同じである。相関マップMa'は、荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ から荷台内限界角度 $\theta_{swta3}$ までの範囲で、アーム先端高さの下限値が設定される点が、第1実施形態で説明した相関マップMa(図6参照)と異なっている。相関マップMa'は、荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ から荷台内限界角度 $\theta_{swta3}$ までは、アーム先端高さの下限値がベッセル内下限高さZamta2となるように生成される。

[0183] 目標速度演算部48は、旋回角度 $\theta_{sw}$ が荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ から荷台内限界角度 $\theta_{swta3}$ までの範囲内にある場合、すなわちバケット10が右側の側部(第1側部)202rを通過して荷台201内の右側の側部(第1側部)202rと左側の側部(第2側部)202lとの間を移動している場合、オペレータによるアーム9の操作で、アーム先端高さZamがベッセル内下限高さZamta2を下回らないように、ブームシリンダ11の伸長方向(ブーム8の上げ方向)の目標速度を演算する。なお、目標速度演算部48は、ブームシリンダ11の伸長方向の目標速度を演算することに代えて、あるいは、ブームシリンダ11の伸長方向の目標速度を演算するとともに、アームシリンダ12の目標速度を0(ゼロ)に設定してもよい。これにより、被積込機械200の荷台201内にバケット10が到達した後も、バケット10と被積込機械200の荷台201との干渉を防ぐことができる。

[0184] このように、第3実施形態に係る油圧ショベル1の制御装置40は、積込動作において、バケット10が右側の側部(第1側部)202rと重なってからさらに旋回を継続し、両者が重ならない位置まで移動した(側部202rをバケット10の全体が通過した)と判定された場合、干渉防止高さZamta1よりも低い位置へのアーム9の先端部の動作を許容する。また、制御装置40は、右側の側部(第1側部)202rと左側の側部(第2側部)

2021との間において、底部203とバケット10とが接触しないアーム9の先端部の高さ位置であるベッセル内下限高さ（ベッセル内下限値）Zamt a2を設定する。そして、制御装置40は、バケット10が右側の側部（第1側部）202rを通過して荷台201内の右側の側部（第1側部）202rと左側の側部（第2側部）202lとの間を移動している場合、アーム9の先端部の高さ（アーム先端高さ）Zamがベッセル内下限高さZamt a2を下回らないように、ブーム8及びアーム9の少なくとも一方の動作を制御する。

[0185] この構成によれば、積込動作において、バケット10の全体が荷台201の内側に配置された後において、バケット10と荷台201の底部203との干渉を適切に防止することができる。

[0186] 次のような変形例も本発明の範囲内であり、変形例に示す構成と上述の実施形態で説明した構成を組み合わせたり、上述の異なる実施形態で説明した構成同士を組み合わせたり、以下の異なる変形例で説明する構成同士を組み合わせることも可能である。

[0187] <変形例1>

第1実施形態では、積込動作支援制御実行条件が、（条件1）平面視でバケット10が荷台201の外側から荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたこと、及び、（条件2）作業装置2の姿勢が運搬姿勢であることを含む例について説明したが、本発明はこれに限定されない。積込動作支援制御実行条件には、少なくとも「バケット10が荷台201の側部202に近づく方向の旋回操作が行われたこと」が含まれていればよい。また、積込動作支援制御実行条件に、さらに条件を追加してもよい。

[0188] <変形例1-1>

図19A、図19B、及び図20を参照して、第1実施形態で説明した積込動作支援制御実行条件に以下の（条件A）を追加した変形例1-1について説明する。

[0189] 本変形例1-1において、積込動作支援制御実行条件は、（条件1）、（

条件 2) 及び (条件 A) のいずれかが満たされると成立し、(条件 1)、(条件 2) 及び (条件 A) のいずれかが満たされていない場合には成立しない。

(条件 A) 支援制御実行スイッチ 90 がオン操作されていること。

[0190] 図 19A は、支援制御実行スイッチ 90 の配置の一例について示す図であり、図 19B は、支援制御実行スイッチ 90 の配置の別の例について示す図である。図 19A 及び図 19B に示すように、支援制御実行スイッチ 90 は、例えば、操作レバー 22 に設けられる。

[0191] 図 19A に示す例では、支援制御実行スイッチ 90 は、操作レバー 22 の前側に設けられている。この構成によれば、オペレータは、操作レバー 22 を把持して操作しながら、人差し指などで支援制御実行スイッチ 90 を容易に操作することができる。

[0192] また、図 19B に示す例では、支援制御実行スイッチ 90 は、操作レバー 22 の後側に設けられている。この構成によれば、オペレータは、操作レバー 22 を把持して操作しながら、親指などで支援制御実行スイッチ 90 を容易に操作することができる。

[0193] 支援制御実行スイッチ 90 は、オフ位置から押し込まれることによりオン位置に切り替えられる。なお、支援制御実行スイッチ 90 の動作方式は、モーメンタリ動作方式であってもよしオルタネイト動作方式であってもよい。支援制御実行スイッチ 90 は、オフ位置ではオフ信号を制御装置 40 に出力し、オン位置ではオン信号を制御装置 40 に出力する。

[0194] 本変形例 1-1 では、図 20 及び図 11 に示す積込動作支援制御が実行される。図 20 は、図 10 のフローチャートにおけるステップ S101 とステップ S104 の間に、ステップ S103A の処理が追加されたフローチャートである。

[0195] 本変形例 1-1 では、ステップ S101 の処理が終了すると、処理がステップ S103A に進む。ステップ S103A において、条件判定部 45 は、支援制御実行スイッチ 90 がオン操作されているか否かを判定する。ステッ

プS 1 0 3 Aにおいて、支援制御実行スイッチ90がオン操作（押し込み操作）されていると判定されると、ステップS 1 0 4へ進む。ステップS 1 0 3 Aにおいて、支援制御実行スイッチ90がオン操作されていないと判定されると、図20及び図11のフローチャートに示す処理が終了する。

[0196] 本変形例1-1によれば、積込動作支援制御実行条件に（条件A）が含まれているため、オペレータは、任意のタイミングで、積込動作支援制御を実行させたり、解除させたりすることができる。オペレータの意図をより反映させて積込動作支援制御が実行されるため、積込作業の効率をさらに向上することができる。

[0197] なお、本変形例1-1では、積込動作支援制御実行条件に（条件A）が含まれる例について説明したが、第2実施形態で説明した準備動作支援制御実行条件に（条件A）が含まれるようにしてもよい。第3実施形態で説明した積込動作支援制御実行条件に（条件A）が含まれるようにしてもよい。

[0198] <変形例1-2>

次に、図21及び図22を参照して、第1実施形態で説明した積込動作支援制御実行条件に以下の（条件B）を追加した変形例1-2について説明する。

[0199] 本変形例1-2において、積込動作支援制御実行条件は、（条件1）、（条件2）及び（条件B）のいずれかが満たされると成立し、（条件1）、（条件2）及び（条件B）のいずれかが満たされていない場合には成立しない。

（条件B）バケット10内に運搬対象物（掘削物）が存在していること。

[0200] 図21に示すように、本変形例1-2に係る油圧ショベル1は、バケット10内の運搬対象物の情報を取得する対象物情報取得装置55を備えている。対象物情報取得装置55は、例えば、バケット10内の対象物（積荷）の荷重を取得する装置である。対象物情報取得装置55は、例えば、boomシリンダ11の圧力を検出する圧力センサと、圧力センサの検出結果に基づいてバケット10内の対象物の重量を演算するコントローラと、によって構成

される重量検出装置である。

- [0201] 条件判定部45は、対象物情報取得装置55により取得されたバケット10内の対象物の重量 $W$ と重量閾値 $W_0$ とを比較する。重量閾値 $W_0$ は、予め実験等により定められ、制御装置40の記憶装置に記憶されている。重量閾値 $W_0$ は、運搬動作が行われる程度に十分な量の運搬対象物の重量に相当する。
- [0202] 本変形例1-2では、図22及び図11に示す積込動作支援制御が実行される。図22は、図10のフローチャートにおけるステップS107とステップS110の間に、ステップS109Bの処理が追加されたフローチャートである。
- [0203] 本変形例1-2では、ステップS107において肯定判定されると、ステップS109Bへ進む。ステップS109Bにおいて、条件判定部45は、対象物情報取得装置55により取得された重量 $W$ に基づき、バケット10内に運搬対象物が存在しているか否かを判定する。ステップS109Bにおいて、条件判定部45は、対象物情報取得装置55により取得された重量 $W$ が重量閾値 $W_0$ よりも大きい場合には、バケット10内に運搬対象物が存在していると判定し、ステップS110へ進む。ステップS109Bにおいて、条件判定部45は、対象物情報取得装置55により取得された重量 $W$ が重量閾値 $W_0$ 以下である場合には、バケット10内に運搬対象物が存在していないと判定し、図22及び図11のフローチャートに示す処理を終了する。
- [0204] このように本変形例1-2では、干渉防止制御実行条件に、「バケット10内に運搬対象物が存在していること」が含まれる。制御装置40は、対象物情報取得装置55により取得された情報（重量）に基づいて、バケット10内に運搬対象物が存在しているか否かを判定する。本変形例1-2によれば、オペレータに運搬動作を行う意図があるか否かをより正確に判断することができる。オペレータの意図をより正確に把握することができるため、オペレータに違和感を与えずに、積込作業を支援することができる。その結果、積込作業の効率をより向上することができる。

[0205] なお、対象物情報取得装置 55 は、バケット 10 内の対象物の重量を検出する重量検出装置とすることに限定されない。対象物情報取得装置 55 は、バケット 10 を撮影するカメラなどの撮影装置と、撮影装置により撮影された画像から対象物を認識する画像認識コントローラと、によって構成されていてもよい。制御装置 40 は、対象物情報取得装置により取得されたバケット 10 内の運搬対象物の情報（画像）に基づいて、バケット 10 内に運搬対象物が存在しているか否かを判定する。

[0206] <変形例 2>

第 1 実施形態では、平面視で、作業装置 2 が荷台 201 の側部 202 に重なるラップ旋回角度  $\theta_{swta}$  を演算し、ラップ旋回角度  $\theta_{swta}$  にバケット 10 の幅を考慮したマージン  $\theta_{swtam}$  を加算し、干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  を演算する例について説明した。しかし、干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  の演算方法は、この方法に限定されない。例えば、理論上、荷台 201 とバケット 10 との干渉を防止可能な基準防止角度  $\theta_{swta0}$  を以下の式 (5) により演算し、式 (5) により演算された基準防止角度  $\theta_{swta0}$  に所定のマージンを加算することにより、干渉防止角度  $\theta_{swta1}$  を演算してもよい。

[0207] [数5]

$$\theta_{swta0} = \tan^{-1} \left( \frac{Y_{ta1}}{X_{ta1}} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{W_{bk}/2}{R_{ta1}} \right) \quad \dots (5)$$

$W_{bk}$  は、バケット 10 の幅であり、 $R_{ta1}$  は式 (3) により求められるアーム先端距離である。 $X_{ta1}$ 、 $Y_{ta1}$  は、アーム先端距離  $R_{ta1}$  で旋回動作した際のアーム 9 の先端部の予測移動軌跡と荷台 201 の側部 202 を示す線分との交点の位置座標である。

[0208] なお、上記実施形態で説明したアーム先端距離  $R_{ta1}$  に代えて、平面視した際の旋回中心軸（Z 軸）からバケット 10 の先端部までの距離（以下、バケット先端距離とも記す） $R_{ta1a}$  を用いて、各種の演算を行ってもよい。バケット先端距離  $R_{ta1a}$  は、以下の式 (6) により求められる。

[0209] [数6]

$$R_{ta1a} = L_{ox} + L_{bm} \cos \theta_{bmta1} + L_{am} \cos(\theta_{bmta1} + \theta_{am}) + L_{bk} \cos(\theta_{bmta1} + \theta_{am} + \theta_{bk}) \quad \dots(6)$$

$\theta_{bk}$ は、姿勢演算部41により演算されるバケット角度であり、 $\theta_{am}$ は、姿勢演算部41により演算されるアーム角度である。 $\theta_{bmta1}$ は式(2)により求められる通過用下限ブーム角度である。 $L_{ox}$ は、回転中心軸(Z軸)からブームピン8aまでの距離(オフセット)であり、 $L_{bm}$ はブーム長さ、 $L_{am}$ はアーム長さ、 $L_{bk}$ はバケット長さである。

[0210] 基準防止角度 $\theta_{swta0}$ は、バケット先端距離 $R_{ta1a}$ を用いて、以下の式(7)により求められる。

[0211] [数7]

$$\theta_{swta0} = \tan^{-1} \left( \frac{Y_{ta1a}}{X_{ta1a}} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{W_{bk}/2}{R_{ta1a}} \right) \quad \dots(7)$$

$X_{ta1a}$ 、 $Y_{ta1a}$ は、バケット先端距離 $R_{ta1a}$ で旋回動作した際のバケット10の先端部の予測移動軌跡と荷台201の側部202を示す線分との交点の位置座標である。

[0212] 本変形例2の演算方法を採用することにより、上記実施形態よりも精度よく、干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ 、 $\theta_{swtb1}$ 、荷台内到達角度 $\theta_{swta2}$ 、荷台外到達角度 $\theta_{swtb2}$ 及び荷台内限界角度 $\theta_{swta3}$ を演算することができる。

[0213] &lt;変形例3&gt;

第1実施形態では、アーム9の操作の有効化条件が、旋回方向においてアーム9の先端部が干渉防止位置を越えた場合、すなわち旋回角度 $\theta_{sw}$ が干渉防止角度 $\theta_{swta1}$ 以上になった場合にのみ成立する例について説明したが、本発明はこれに限定されない。第1実施形態において、アーム9の操作の有効化条件は、旋回方向においてアーム9の先端部が干渉防止位置を越

えた場合だけでなく、アーム9の先端部が干渉防止高さ（通過用下限高さ）を越えた場合に成立するようにしてもよい。

[0214] 以下、図23を参照して、本変形例3に係る制御装置40により実行される積込動作支援制御の処理の流れの一例について説明する。本変形例3は、第1実施形態の変形例であり、第1実施形態との相違点について説明する。図23は、図11と同様、本変形例3に係る制御装置40により実行される積込動作支援制御の処理の流れの一例について示すフローチャートであり、ステップS125～S166の処理について示す。図11のフローチャートと図23のフローチャートとでは、ステップS128で否定判定された場合に実行される処理が異なっている。図11のフローチャートでは、ステップS128において否定判定されると、処理がステップS134へ進む。これに対して、図23のフローチャートでは、ステップS128において、現在のアーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ よりも大きいと判定されると、処理がステップS145へ進む。

[0215] この構成によれば、オペレータによる旋回操作量が小さく、旋回角度 $\theta_{sw}$ が干渉防止角度 $\theta_{sw t a 1}$ に達する前に自動ブーム上げによってアーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ よりも大きくなった場合には、アーム9の操作が有効になる。このような変形例によれば、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。また、ゆっくり上部旋回体7を動作させる場合において、旋回角度 $\theta_{sw}$ が干渉防止角度 $\theta_{sw t a 1}$ に達する前であっても、アーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ を越えれば、アーム9の操作が許容されるため、よりオペレータの意図を反映して積込動作を行うことができる。

[0216] なお、制御装置40は、ステップS128において、現在のアーム先端高さ $Z_{am}$ が通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ よりも大きいと判定された場合には、干渉防止角度 $\theta_{sw t a 1}$ 未満においてもアーム先端高さの下限値を通過用下限高さ $Z_{amt a 1}$ とする相関マップ $M_a$ を生成してもよい。この構成では、旋回角度 $\theta_{sw}$ が干渉防止角度 $\theta_{sw t a 1}$ に達する前にアーム先端

高さ  $Z_{am}$  が通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$  を超えた場合には、それ以降、旋回角度  $\theta_{sw}$  が干渉防止角度  $\theta_{sw t a 1}$  に達する前でもアーム先端高さが通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$  を下回らないようにブーム上げ動作が行われる。これにより、旋回角度  $\theta_{sw}$  が干渉防止角度  $\theta_{sw t a 1}$  に達する前にアーム操作が有効になった場合でも、アーム先端高さが通過用下限高さ  $Z_{amt a 1}$  を下回ることが防止され。したがって、積込動作において、より適切に荷台 201 とバケット 10 との干渉を防止することができる。

[0217] <変形例 4>

上記実施形態では、アーム 9 の先端部にバケット 10 を後向きに取り付けたバックホウショベルを作業機械の一例として説明したが、本発明はこれに限定されない。図 24 に示すように、作業機械は、アーム 9 の先端部にバケット 10 を前向きに取り付けたローディングショベルであってもよい。

[0218] <変形例 5>

上記実施形態では、油圧ショベル 1 に対する被積込機械 200 の荷台（ベッセル）201 の相対位置を取得するベッセル位置取得装置が、物体位置検出装置 54 である例について説明したが、本発明はこれに限定されない。

[0219] ベッセル位置取得装置は、作業現場において管理事務所等のサーバで取得されている被積込機械 200 の荷台 201 の位置情報を通信装置を介して取得する構成であってもよい。制御装置 40 は、グローバル座標系における被積込機械 200 の荷台 201 の位置座標 ( $X_g, Y_g, Z_g$ ) を通信装置を介して取得する。制御装置 40 は、油圧ショベル 1 に取り付けられた GNSS (Global Navigation Satellite System) アンテナを含む測位装置から、グローバル座標系における油圧ショベル 1 の位置座標 ( $X_g, Y_g, Z_g$ ) 及び方位を取得する。制御装置 40 は、グローバル座標系における荷台 201 及び油圧ショベル 1 の位置座標を油圧ショベル 1 のショベル基準座標系における位置座標 ( $X, Y, Z$ ) に変換してもよい。なお、本変形例において、物体位置取得装置が、グローバル座標系に基づく位置座標を取得する例について説明したが、現場基準の座標系（ローカル座標系）に基づく位置座標

を取得してもよい。

[0220] <変形例6>

上記実施形態では、操作システムが、電気レバー方式の操作システムである例について説明したが、本発明はこれに限定されない。図示しないが、操作システムは、操作装置20、21が操作レバー22、23の操作量及び操作方向に応じた操作圧を生成する減圧弁を有する油圧パイロット方式の操作システムとしてもよい。

[0221] <変形例7>

上述の異なる実施形態で説明した構成同士を組み合わせの一例として、第1実施形態あるいは第3実施形態で説明した積込動作支援制御と第2実施形態で説明した準備動作支援制御とを実行可能な油圧シヨベル1が考えられる。

[0222] 本変形例に係る油圧シヨベル1の制御装置40は、物体位置検出装置（ベッセル位置取得装置）54により取得された油圧シヨベル1に対する荷台2001の相対位置に基づいて、平面視でバケット10が荷台2001の外側から右側の側部（第1側部）202rに近づく方向の旋回操作が行われたことを含む第1の干渉防止制御実行条件が成立したか否かを判定する。制御装置40は、有効化条件が成立した場合には、操作装置（アーム操作装置）20によるアーム9の操作を有効にする。制御装置40は、バケット10が干渉防止位置を越えて旋回した後に平面視で右側の側部（第1側部）202rを通過したか否かを判定する。制御装置40は、バケット10が右側の側部（第1側部）202rを通過したと判定されていない場合、操作装置（アーム操作装置）20によるアーム9の操作に応じて動作するアーム9の先端部の高さが干渉防止高さ $Z_{amt a 1}$ を下回らないように、ブーム8及びアーム9の少なくとも一方の動作を制御する。制御装置40は、バケット10が右側の側部（第1側部）202rを通過したと判定された場合、干渉防止高さ $Z_{amt a 1}$ よりも低い位置へのアーム9の先端部の動作を許容する。

[0223] また、本変形例に係る油圧シヨベル1の制御装置40は、物体位置検出装

置（ベッセル位置取得装置）54により取得された油圧ショベル1に対する荷台201の相対位置に基づいて、平面視でバケット10が荷台201の内側から右側の側部（第1側部）202rに近づく方向の旋回操作が行われたことを含む第2の干渉防止制御実行条件が成立したか否かを判定する。制御装置40は、有効化条件が成立した場合には、操作装置（アーム操作装置）20によるアーム9の操作を有効にする。制御装置40は、バケット10が平面視で右側の側部（第1側部）202rを通過したか否かを判定する。制御装置40は、バケット10が右側の側部（第1側部）202rを通過したと判定されていない場合、操作装置（アーム操作装置）20によるアーム9の操作に応じて動作するアーム9の先端部の高さが干渉防止高さ $Z_{amt b 1}$ を下回らないように、ブーム8及びアーム9の少なくとも一方の動作を制御する。制御装置40は、バケット10が右側の側部（第1側部）202rを通過したと判定された場合、干渉防止高さ $Z_{amt b 1}$ よりも低い位置へのアーム9の先端部の動作を許容する。

[0224] この構成によれば、掘削動作、積込動作、準備動作の一連の動作を繰り返す際、荷台201とバケット10との干渉を防止しつつ、オペレータの意図に沿った動作となるように、油圧ショベル1の動作が支援される。その結果、油圧ショベル1による作業の効率の向上を図ることができる。

[0225] <変形例8>

上記実施形態では、作業装置2により掘削された掘削物が積み込まれるベッセルが、ダンプトラックの荷台201である例について説明したが、本発明はこれに限定されない。本発明は、クローラ式の走行体を備える不整地運搬車の荷台（ベッセル）に掘削物を積み込む場合に適用してもよい。また、本発明は、ベルトコンベア上に載置されるベッセルに掘削物を積み込む場合に適用してもよい。

[0226] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的な構成に限定する趣旨ではない。なお、図中に示した制御線や情報線は説明上

必要と考えられるものを示しており、製品上で必要な全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際にはほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

## 符号の説明

[0227] 1…油圧シヨベル、2…作業装置、3…車体、4…走行油圧モータ（油圧アクチュエータ）、5…下部走行体（走行体）、6…旋回油圧モータ（油圧アクチュエータ）、7…上部旋回体（旋回体）、8…ブーム、8 a…ブームピン、9…アーム、9 a…アームピン、10…バケット、10 a…バケットピン、11…ブームシリンダ、12…アームシリンダ、13…バケットシリンダ、14…ブーム角度センサ（姿勢センサ）、15…アーム角度センサ（姿勢センサ）、17…バケット角度センサ（姿勢センサ）、18…傾斜角度センサ（姿勢センサ）、19…旋回角度センサ（姿勢センサ）、20…操作装置（アーム操作装置、旋回操作装置）、39…アクチュエータ制御部、40…制御装置、41…姿勢演算部、42…被積込機械位置演算部、43…速度演算部、44…速度ベクトル演算部、45…条件判定部、46…目標角度演算部、47…姿勢比較部、48…目標速度演算部、49…相関マップ生成部、50…油圧駆動システム、51…電磁比例弁、52…操作量センサ、53…姿勢検出装置、54…物体位置検出装置（ベッセル位置取得装置）、55…対象物情報取得装置、56…操作検出装置、90…支援制御実行スイッチ、100…パイロットライン、101…流量制御弁、102…メインポンプ（油圧ポンプ）、103…エンジン、104…パイロットポンプ（油圧ポンプ）、200…被積込機械、201…荷台（ベッセル）、202…側部（第1側部、第2側部）、203…底部、 $R t a 1$ …アーム先端距離、 $R t a 1 a$ …バケット先端距離、 $W$ …重量、 $W 0$ …重量閾値、 $Z a m a t a 1$ 、 $Z a m t b 1$ …通過用下限高さ（干渉防止高さ）、 $Z a m t a 2$ …ベッセル内下限高さ（ベッセル内下限値）、 $\gamma$ …対地角、 $\gamma t$ …対地角閾値、 $\theta a m$ …アーム角度、 $\theta a m s a 1$ 、 $\theta a m s b 1$ …制御開始アーム角度、 $\theta b k$ …バケット角度、 $\theta b m$ …ブーム角度、 $\theta b m t a 1$ 、 $\theta b m t b 1$ …通過用

下限ブーム角度、 $\theta_{sw}$ …旋回角度、 $\theta_{swsa1}$ ,  $\theta_{swsb1}$ …制御開始旋回角度、 $\theta_{swta}$ …ラップ旋回角度、 $\theta_{swta0}$ …基準防止角度、 $\theta_{swta1}$ …干渉防止角度、 $\theta_{swta2}$ …荷台内到達角度、 $\theta_{swta3}$ …荷台内限界角度、 $\theta_{swtb}$ …ラップ旋回角度、 $\theta_{swtb1}$ …干渉防止角度、 $\theta_{swtb2}$ …荷台外到達角度

## 請求の範囲

[請求項1]

走行体と、  
前記走行体に対して旋回可能に設けられる旋回体と、  
前記旋回体に取り付けられ、ブーム、アーム及びバケットを有する作業装置と、  
前記作業装置の姿勢を検出する姿勢検出装置と、  
前記作業装置により掘削された掘削物が積み込まれる被積込機械のベッセルの位置を取得するベッセル位置取得装置と、  
前記アームを操作するためのアーム操作装置と、  
前記旋回体を操作するための旋回操作装置と、  
前記作業装置及び前記旋回体の動作を制御する制御装置と、を備え、  
、  
底部及び複数の側部を有し上面が開放された前記ベッセルに掘削した対象物を積み込む作業機械において、  
前記制御装置は、  
前記ベッセル位置取得装置により取得される前記ベッセルの位置に基づいて、前記ベッセルと前記作業装置とが干渉しない前記アームの先端部の高さを干渉防止高さとして演算し、  
前記バケットが前記ベッセルの前記側部に近づく方向の旋回操作が行われたことを含む干渉防止制御実行条件が成立したか否かを判定し、  
前記干渉防止制御実行条件が成立したと判定された場合、前記姿勢検出装置により検出される前記作業装置の姿勢に基づいて、前記干渉防止制御実行条件が成立したときの前記アームの先端部の周方向の位置である動作開始位置を特定するとともに、前記動作開始位置と前記ベッセルの前記側部との間で前記ベッセルと前記作業装置とが干渉しない前記アームの先端部の旋回方向の角度位置である干渉防止位置を特定し、

当該特定された前記動作開始位置から前記干渉防止位置までの前記旋回体の動作範囲において、前記干渉防止位置に近いほど大きくかつ前記干渉防止位置で前記干渉防止高さとなる、前記アームの先端部の旋回方向の角度位置に応じた前記作業装置の高さ方向の下限値を演算し、

前記動作開始位置から前記干渉防止位置までの前記旋回体の動作中は、前記アーム操作装置による前記アームの操作を無効にするとともに、前記アームの先端部の高さが前記下限値を下回らないように前記ブーム及び前記旋回体の動作を制御し、

前記アームの先端部が前記干渉防止高さを越える高さに達している状態で前記干渉防止位置を越える旋回方向の角度位置に達したことを含む前記アームの操作の有効化条件が成立したか否かを判定し、

前記有効化条件が成立した場合、前記アーム操作装置による前記アームの操作を有効にし、

前記バケットが前記干渉防止位置を越えて旋回した後に平面視で前記ベッセルの前記側部を通過したか否かを判定し、

前記バケットが前記ベッセルの前記側部を通過したと判定されていない場合、前記アーム操作装置による前記アームの操作に応じて動作する前記アームの先端部の高さが前記干渉防止高さを下回らないように、前記ブーム及び前記アームの少なくとも一方の動作を制御し、

前記バケットが前記ベッセルの前記側部を通過したと判定された場合、前記干渉防止高さよりも低い位置への前記アームの先端部の動作を許容する

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、

前記干渉防止制御実行条件には、前記作業装置の姿勢が運搬姿勢であることが含まれ、

前記制御装置は、前記姿勢検出装置の検出結果に基づいて、前記作

業装置の姿勢が運搬姿勢であるか否かを判定する

ことを特徴とする作業機械。

[請求項3]

請求項1に記載の作業機械において、

前記バケット内の運搬対象物の情報を取得する対象物情報取得装置を備え、

前記干渉防止制御実行条件には、前記バケット内に運搬対象物が存在していることが含まれ、

前記制御装置は、前記対象物情報取得装置により取得された前記バケット内の運搬対象物の情報に基づいて、前記バケット内に運搬対象物が存在しているか否かを判定する

ことを特徴とする作業機械。

[請求項4]

請求項1に記載の作業機械において、

前記ベッセルは、互いに対向して配置される一対の前記側部としての第1側部及び第2側部を有し、

前記ベッセル位置取得装置は、前記作業機械に対する前記ベッセルの相対位置を取得し、

前記制御装置は、

前記ベッセル位置取得装置により取得された前記作業機械に対する前記ベッセルの相対位置に基づいて、平面視で前記バケットが前記ベッセルの外側から前記第1側部に近づく方向の旋回操作が行われたことを含む前記干渉防止制御実行条件が成立したか否かを判定し、

前記有効化条件が成立した場合には、前記アーム操作装置による前記アームの操作を有効にし、

前記バケットが前記干渉防止位置を越えて旋回した後に平面視で前記第1側部を通過したか否かを判定し、

前記バケットが前記第1側部を通過したと判定されていない場合、前記アーム操作装置による前記アームの操作に応じて動作する前記アームの先端部の高さが前記干渉防止高さを下回らないように、前記

ブーム及び前記アームの少なくとも一方の動作を制御し、

前記バケットが前記第1側部を通過したと判定された場合、前記干渉防止高さよりも低い位置への前記アームの先端部の動作を許容し、

前記第1側部と前記第2側部との間において、前記底部と前記バケットとが接触しない前記アームの先端部の高さ位置であるベッセル内下限値を設定し、

前記バケットが前記第1側部を通過して前記ベッセル内の前記第1側部と前記第2側部との間を移動している場合、前記アームの先端部の高さが前記ベッセル内下限値を下回らないように、前記ブーム及び前記アームの少なくとも一方の動作を制御する

ことを特徴とする作業機械。

[請求項5]

請求項4に記載の作業機械において、

前記ベッセル位置取得装置により取得された前記作業機械に対する前記ベッセルの相対位置に基づいて、平面視で前記バケットが前記ベッセルの内側から前記第1側部に近づく方向の旋回操作が行われたことを含む前記干渉防止制御実行条件が成立したか否かを判定し、

前記有効化条件が成立した場合には、前記アーム操作装置による前記アームの操作を有効にし、

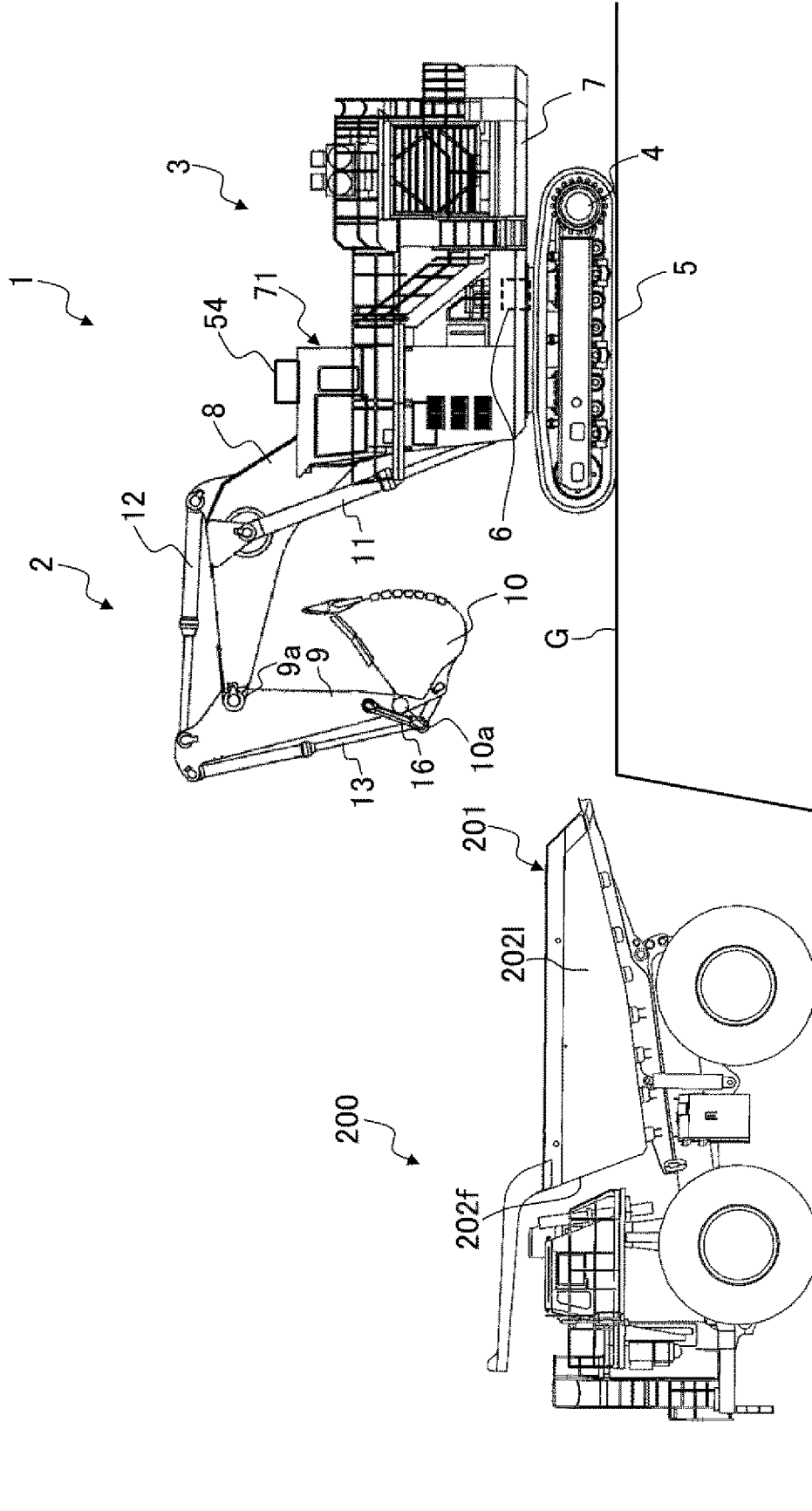
前記バケットが平面視で前記第1側部を通過したか否かを判定し、

前記バケットが前記第1側部を通過したと判定されていない場合、前記アーム操作装置による前記アームの操作に応じて動作する前記アームの先端部の高さが前記干渉防止高さを下回らないように、前記ブーム及び前記アームの少なくとも一方の動作を制御し、

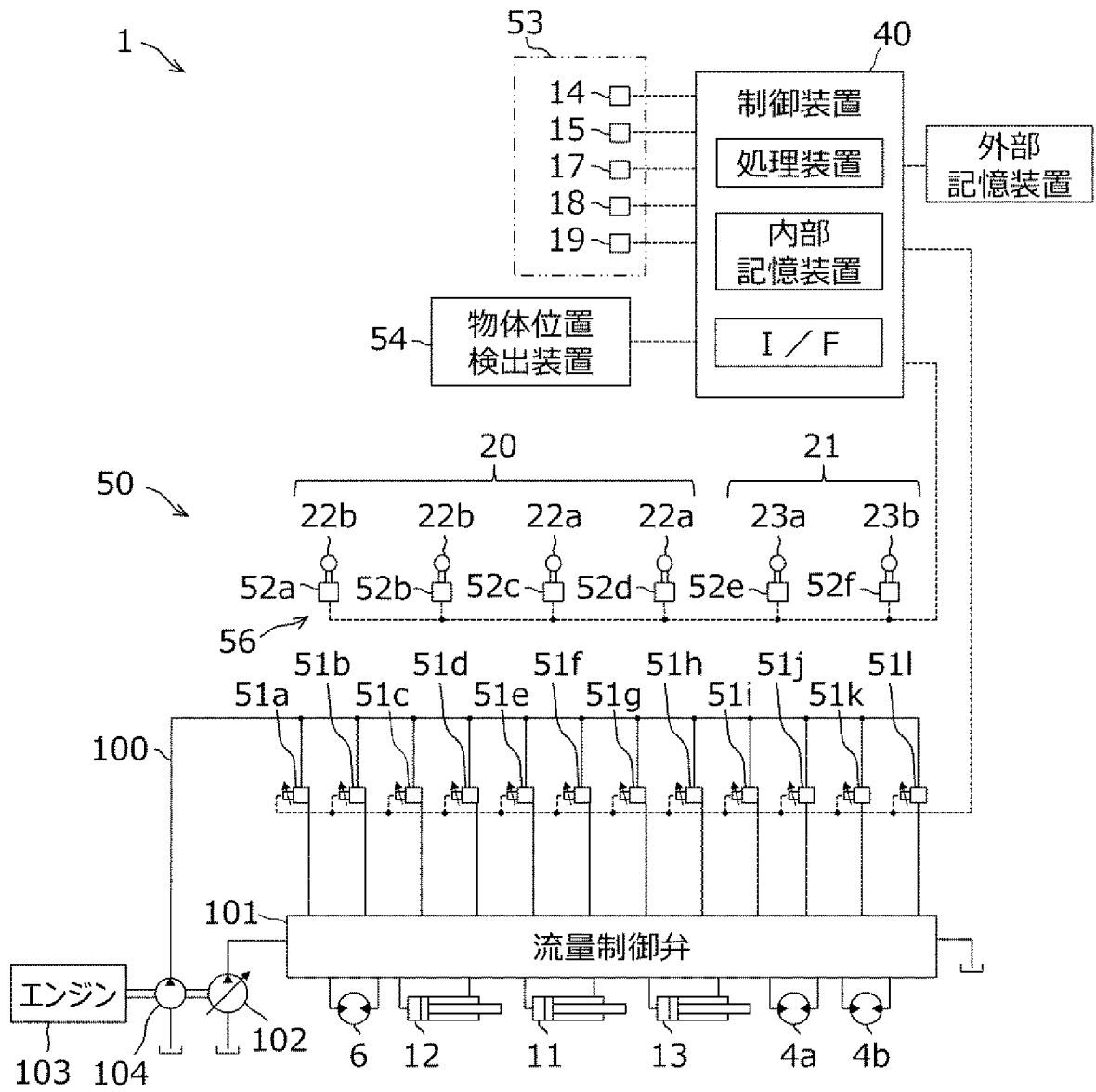
前記バケットが前記第1側部を通過したと判定された場合、前記干渉防止高さよりも低い位置への前記アームの先端部の動作を許容する

ことを特徴とする作業機械。

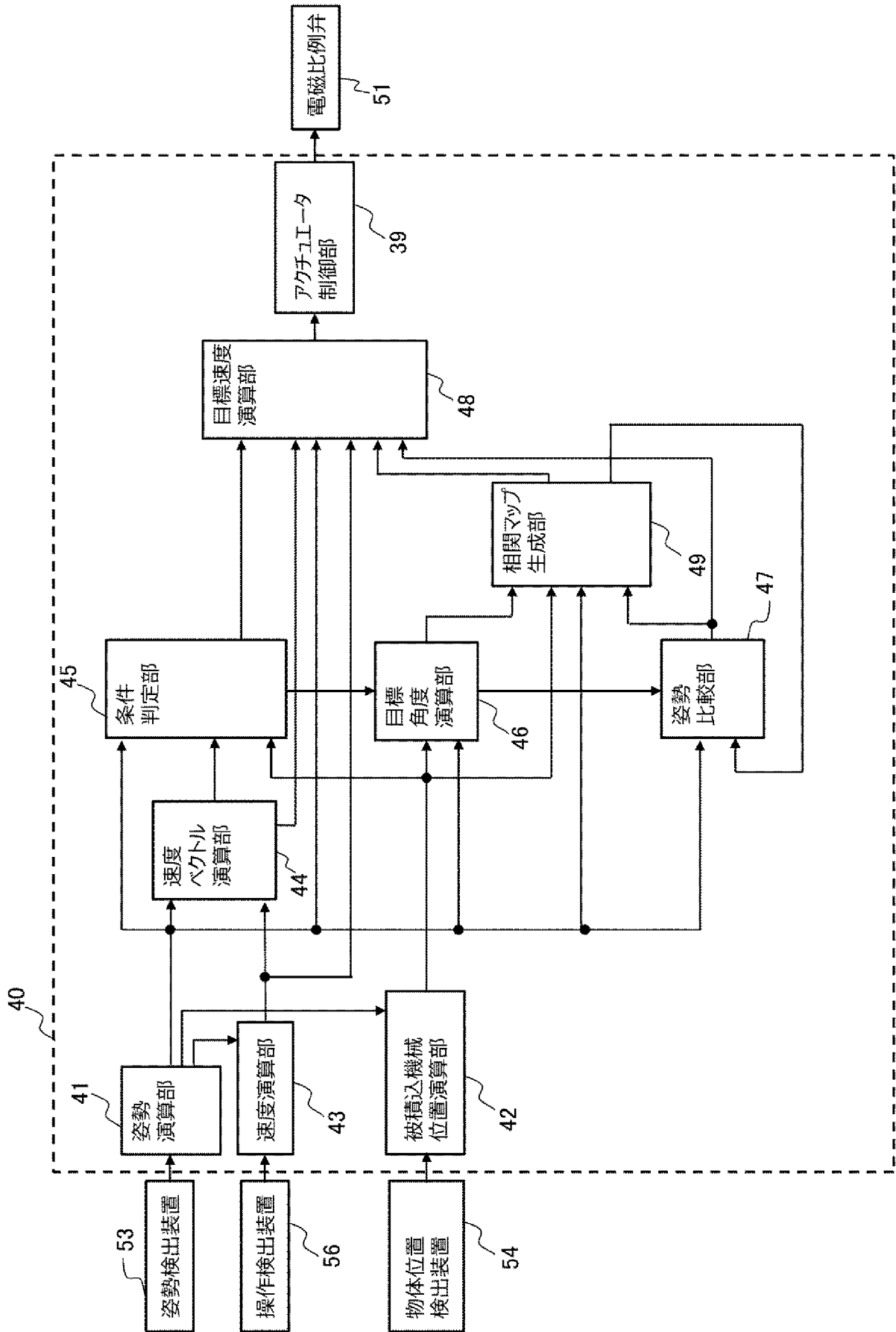
[図1]



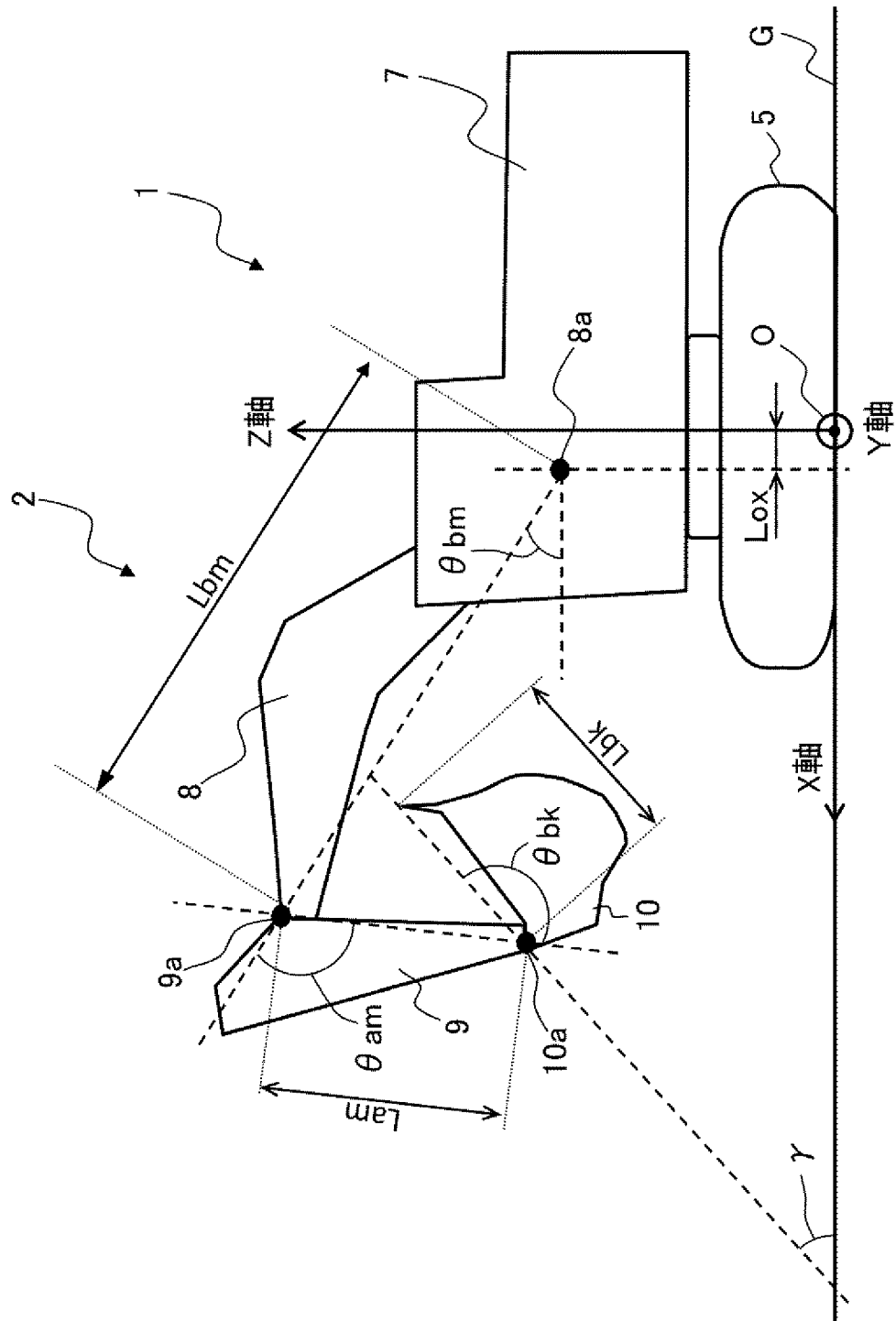
[図2]



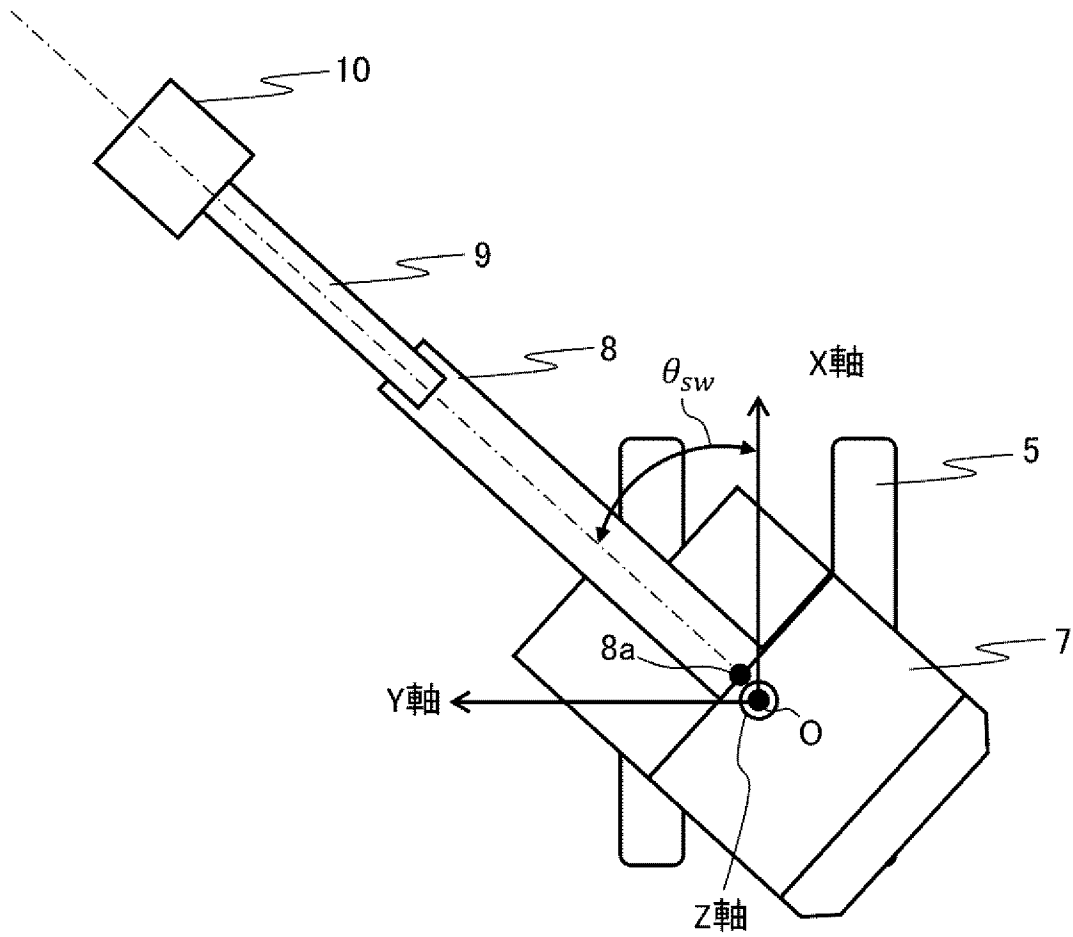
[図3]



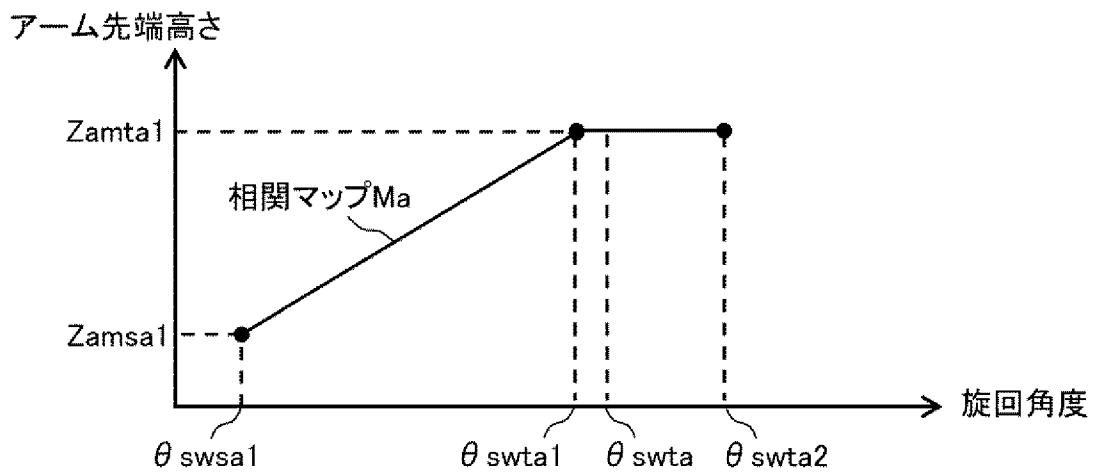
[図4]



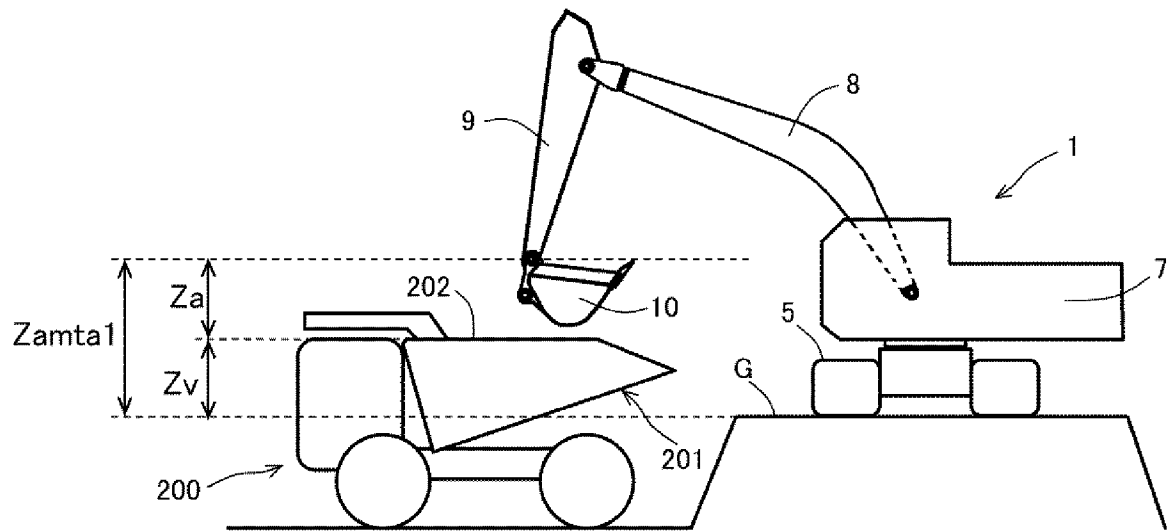
[図5]



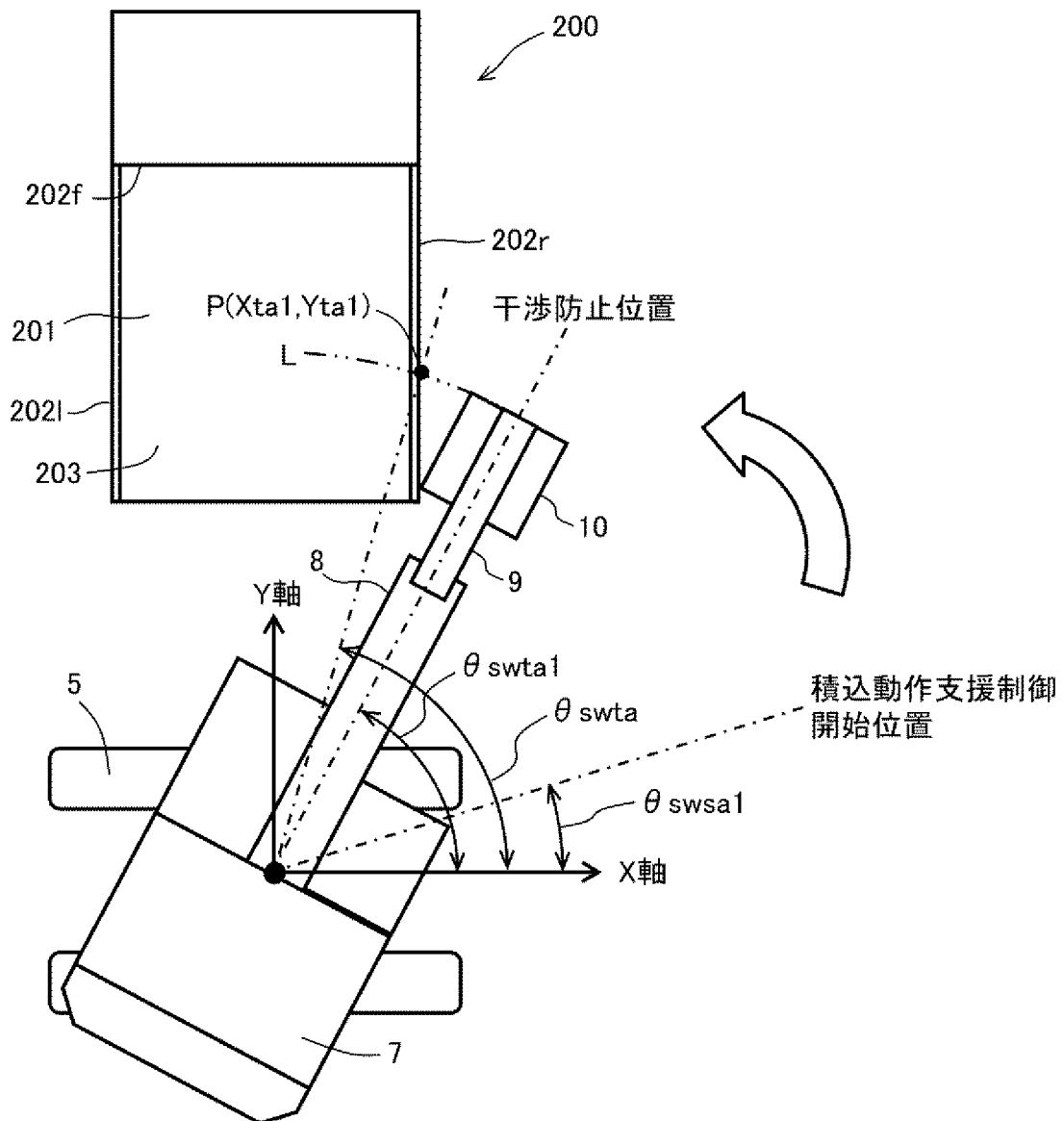
[図6]



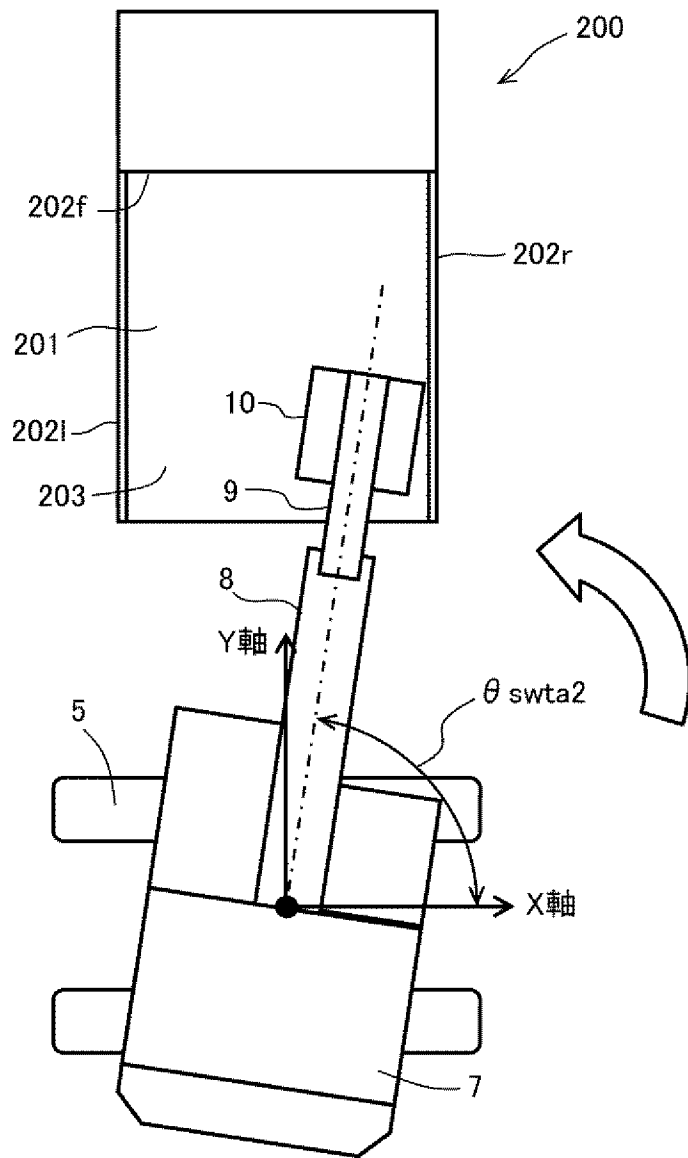
[図7]



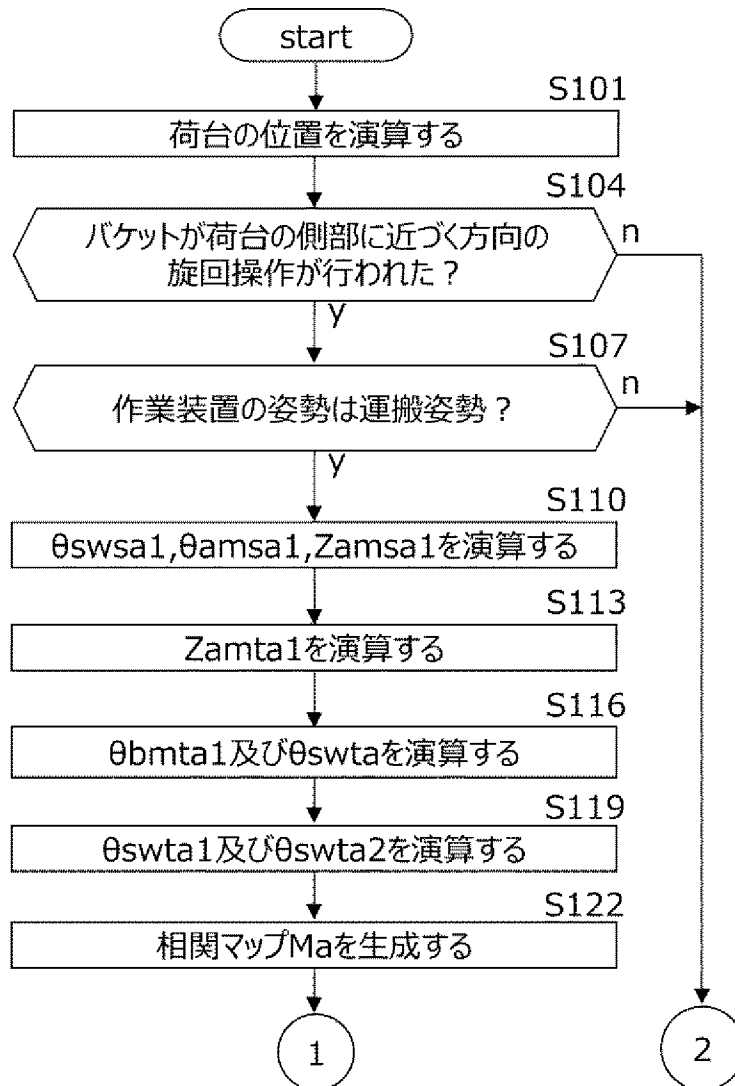
[図8]



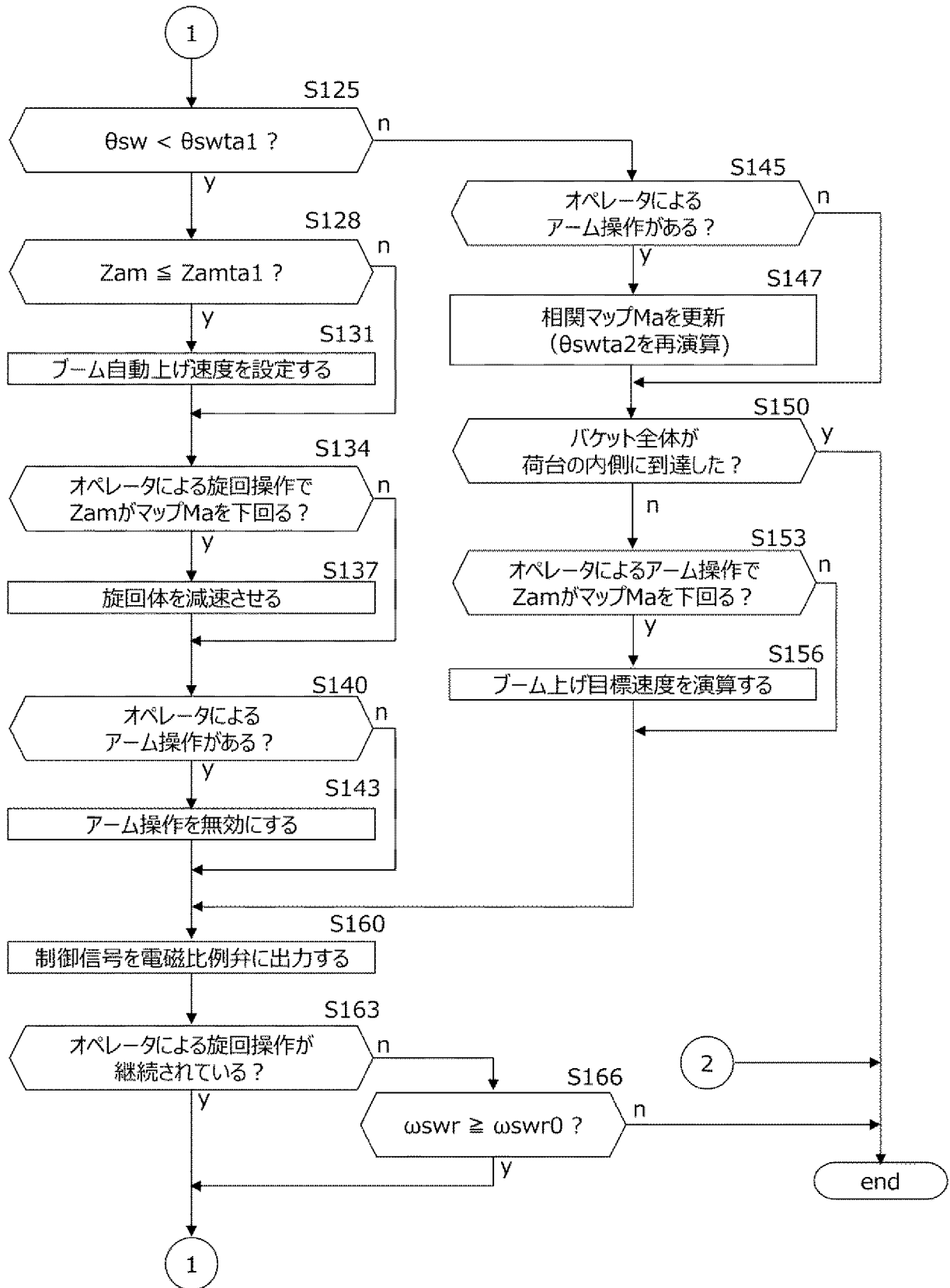
[図9]



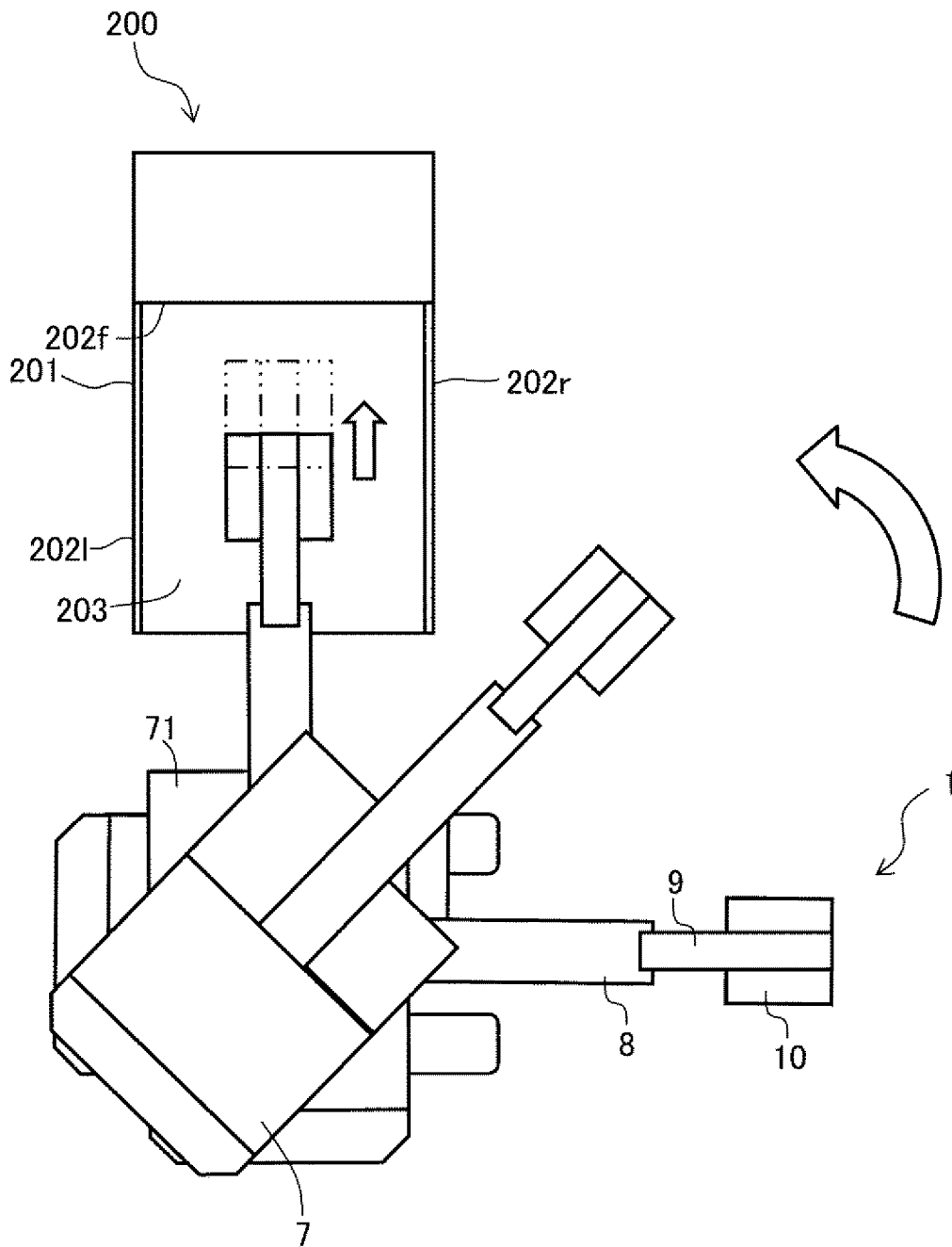
[図10]



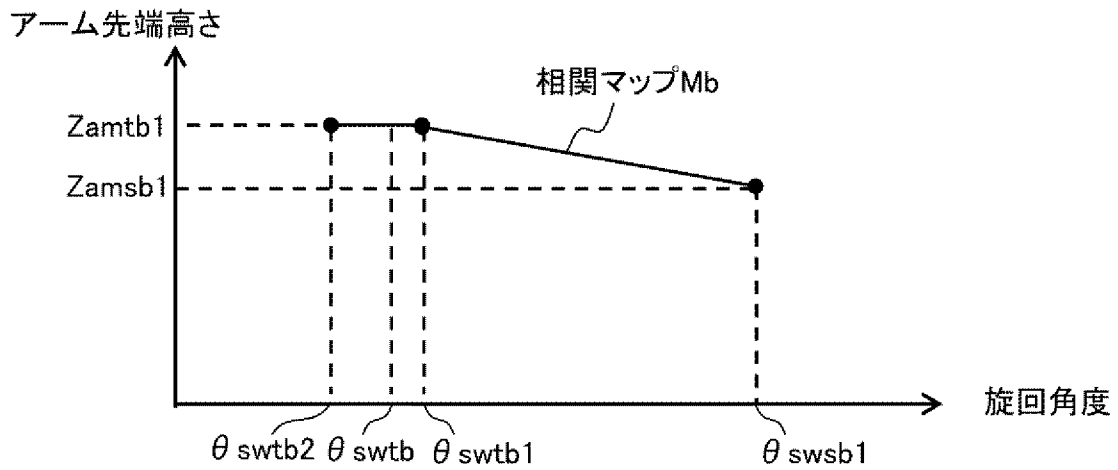
[図11]



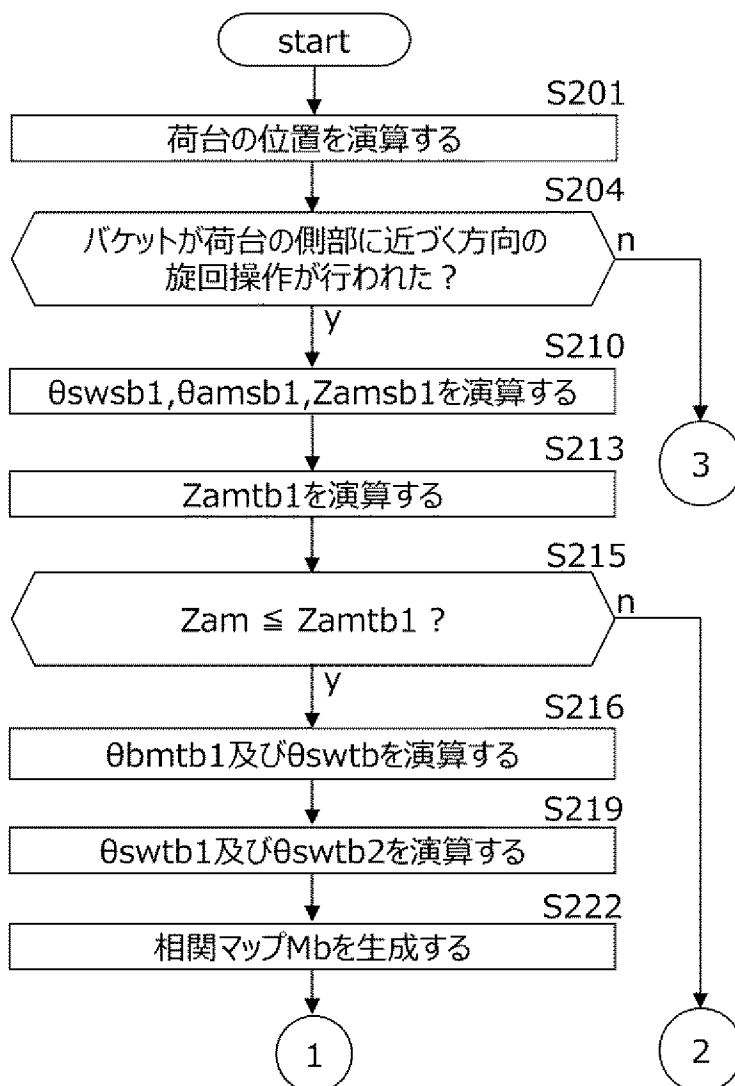
[図12]



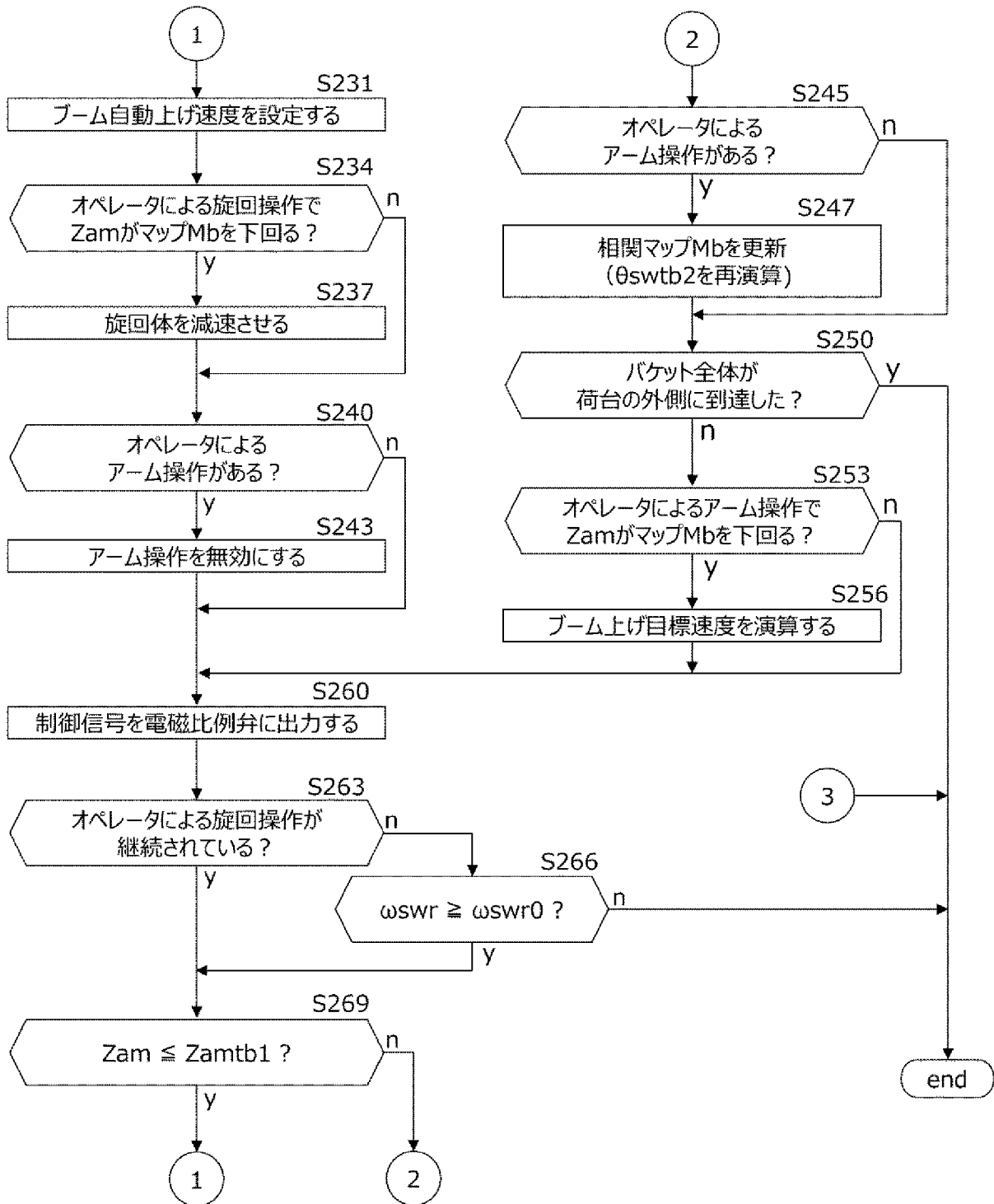
[図13]



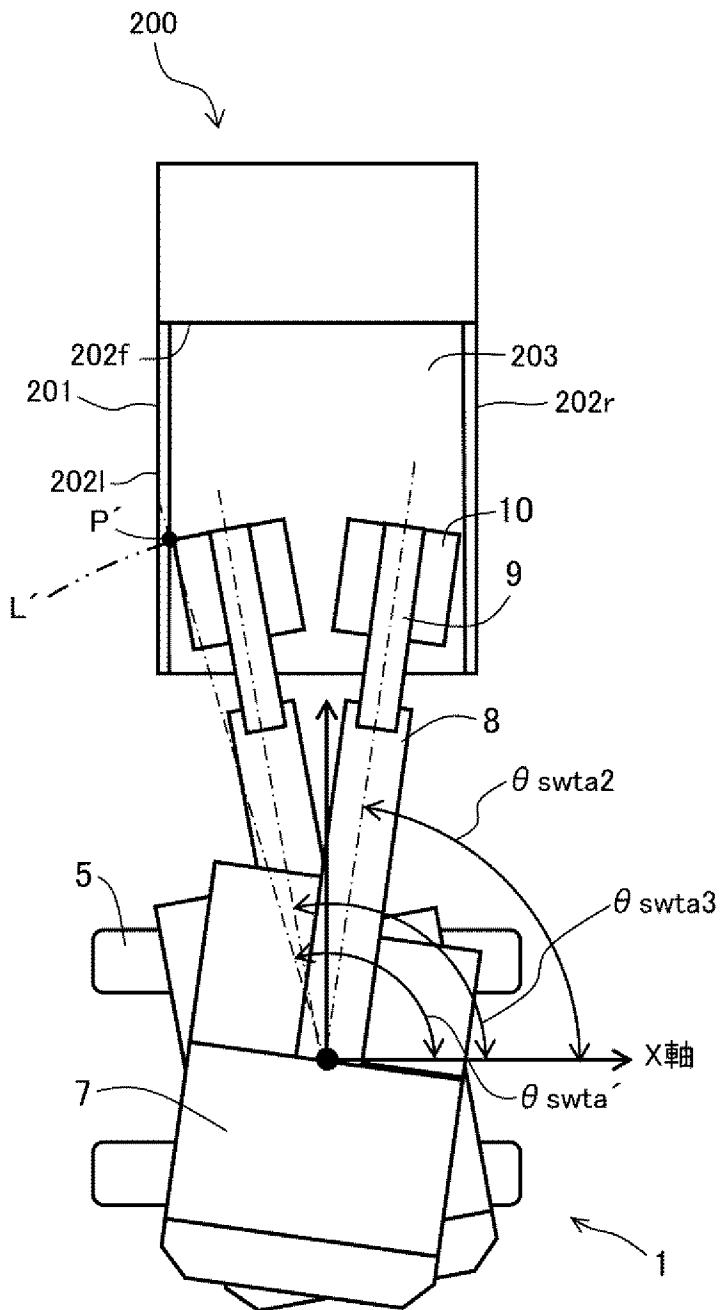
[図14]



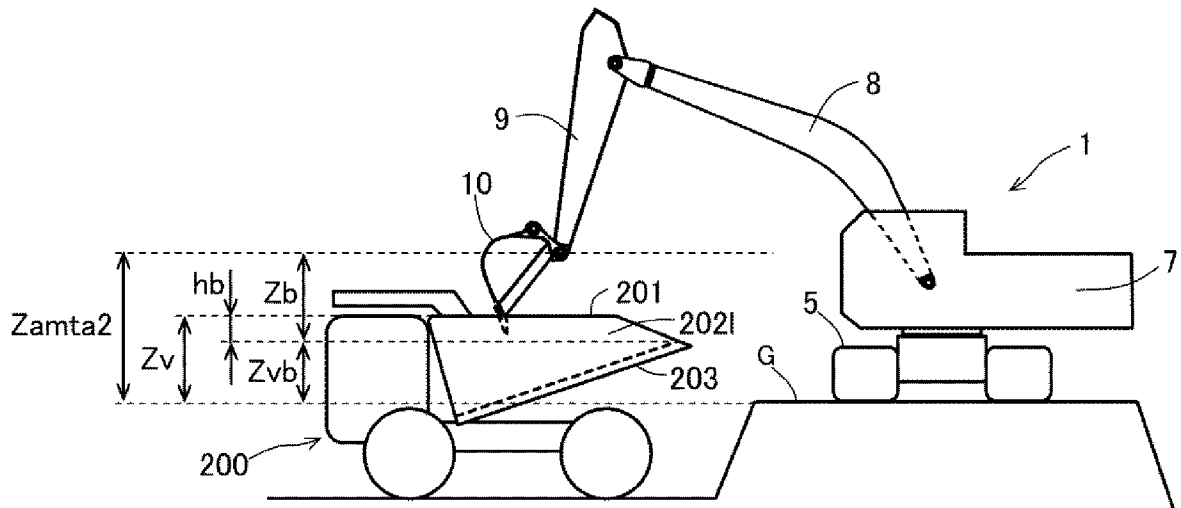
[図15]



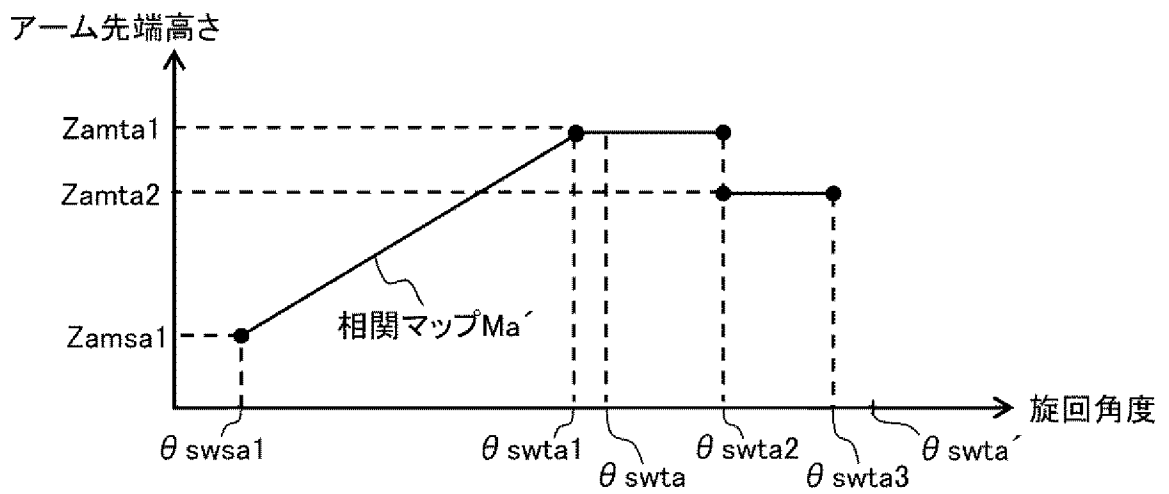
[図16]



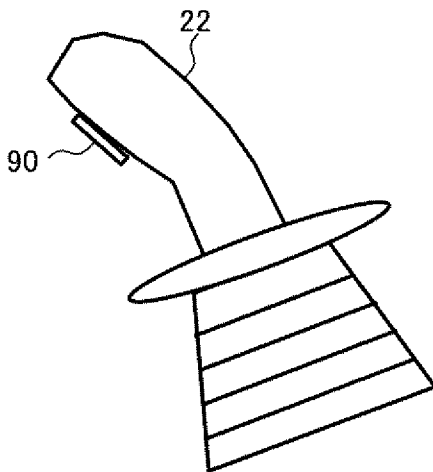
[図17]



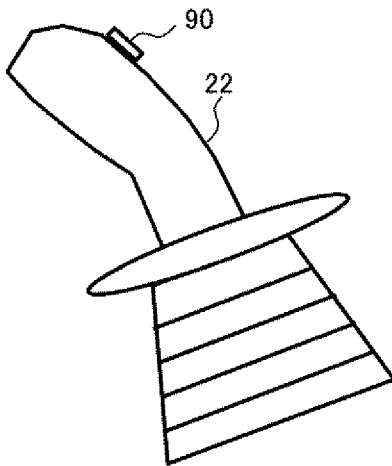
[図18]



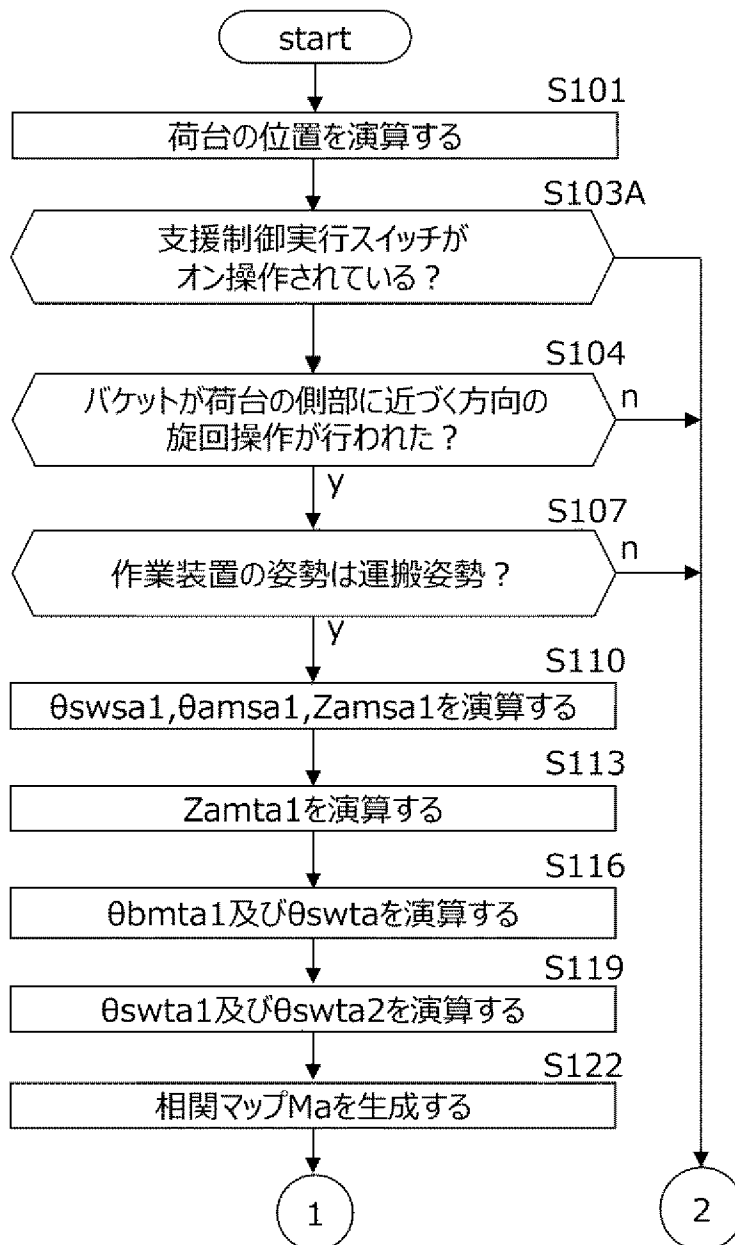
[図19A]



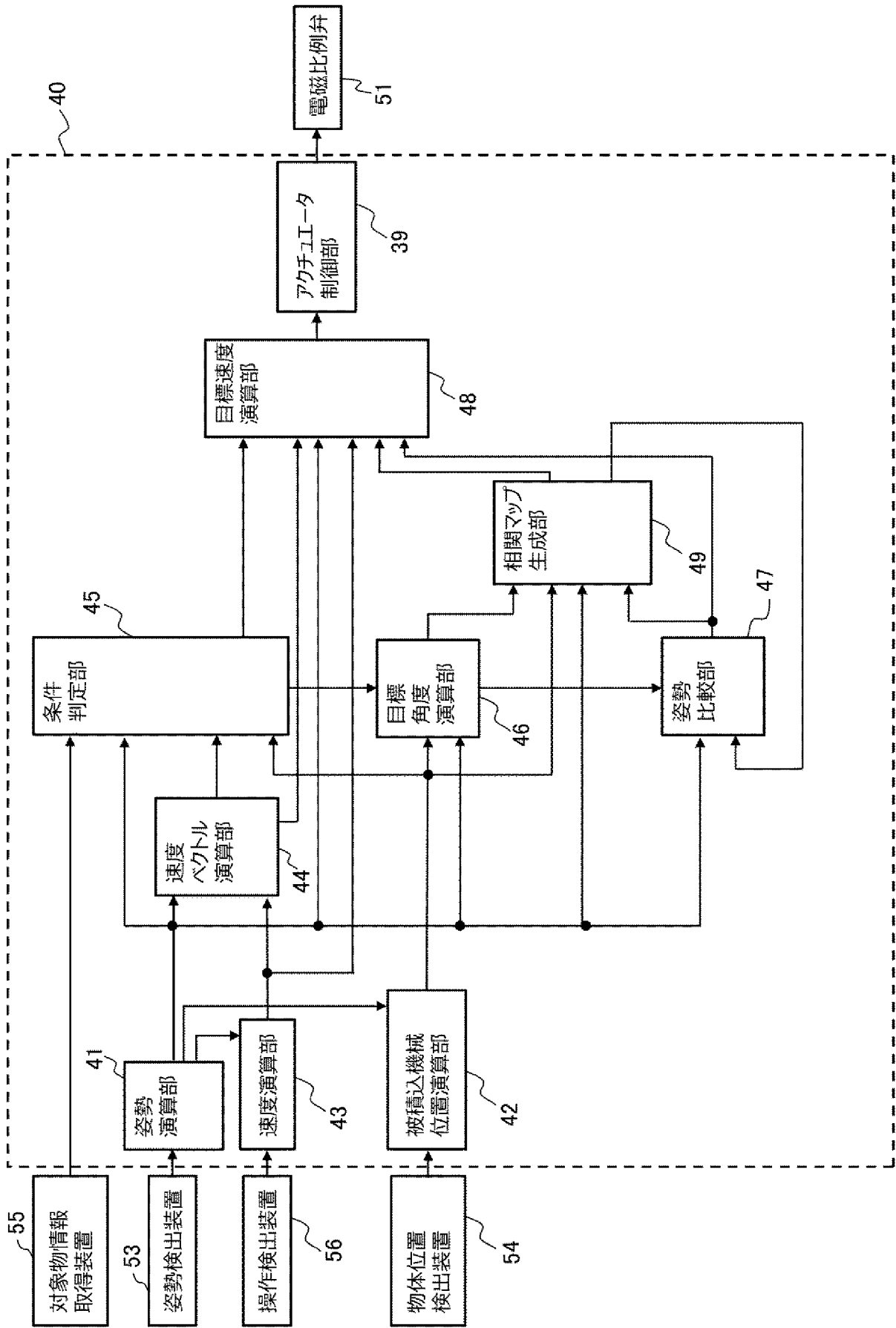
[図19B]



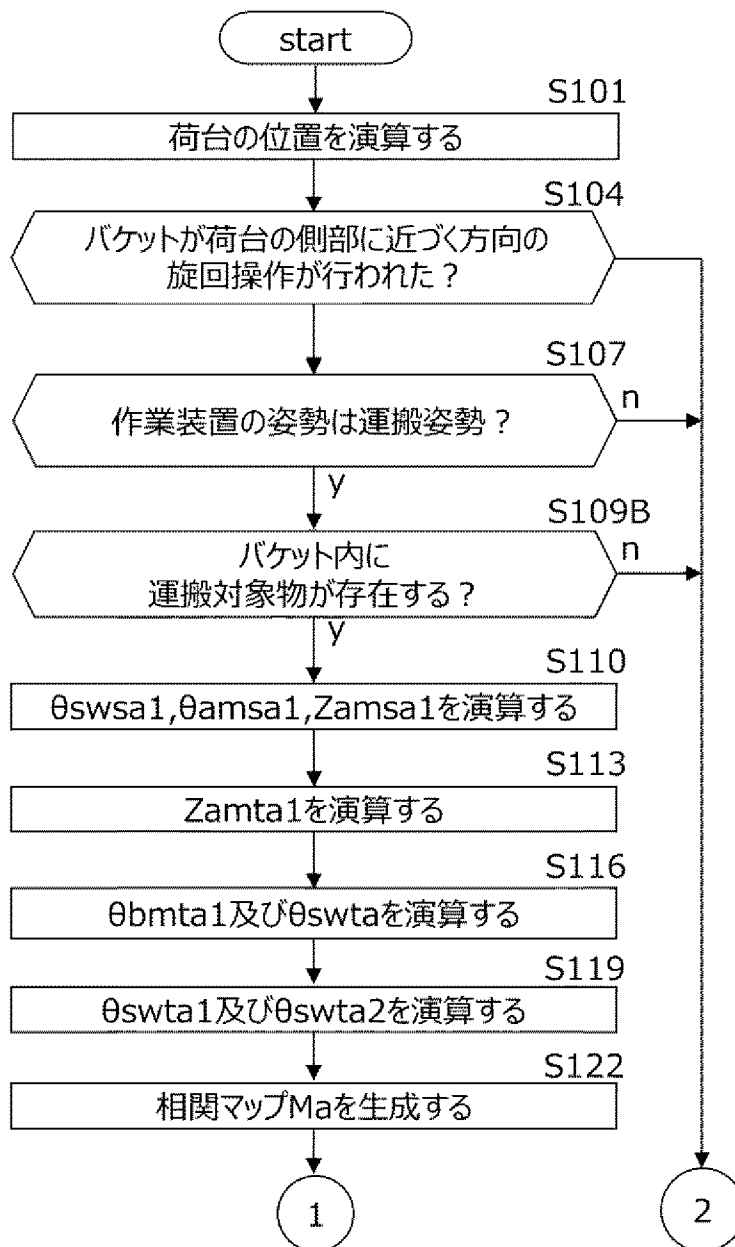
[図20]



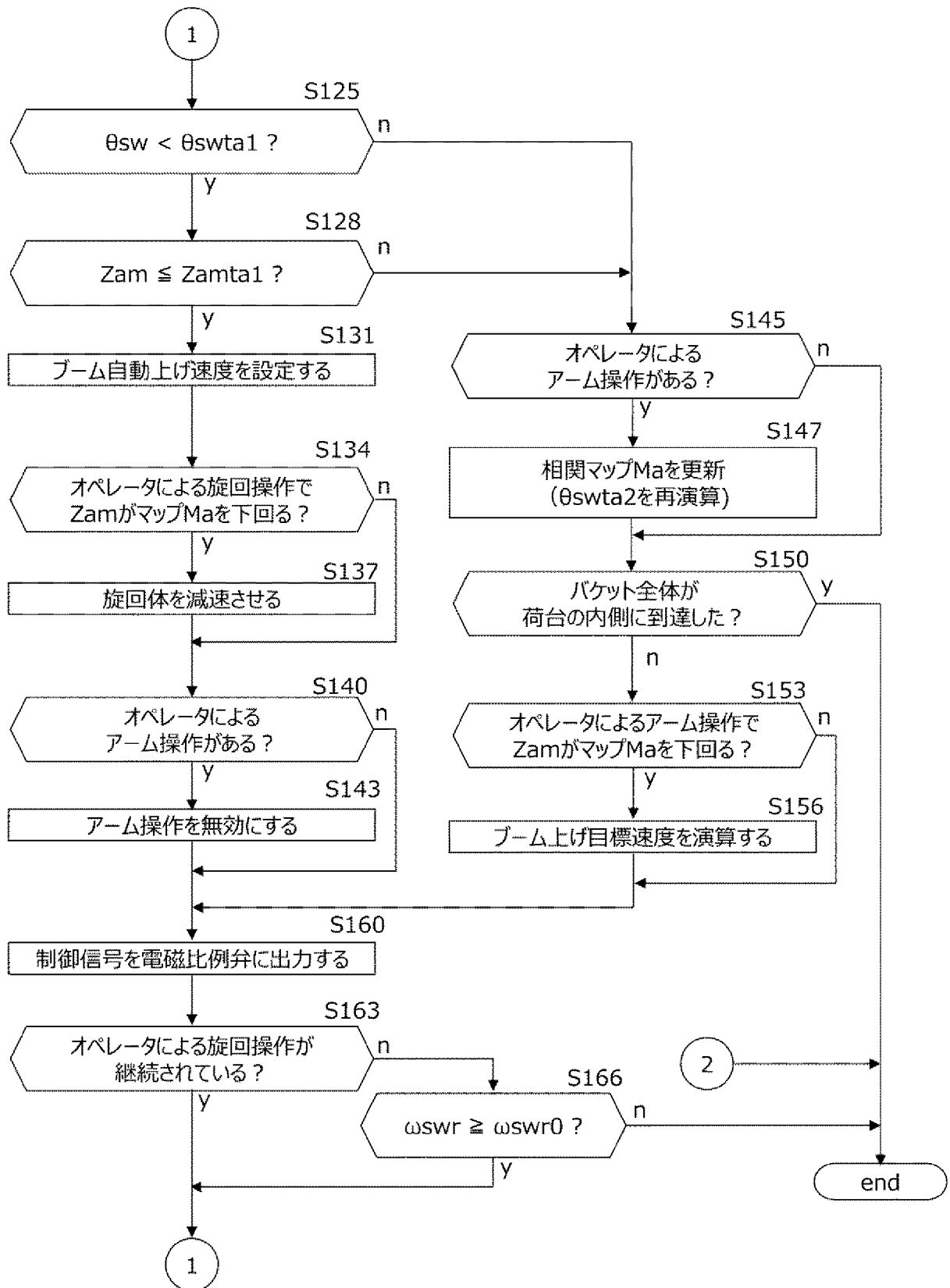
[図21]



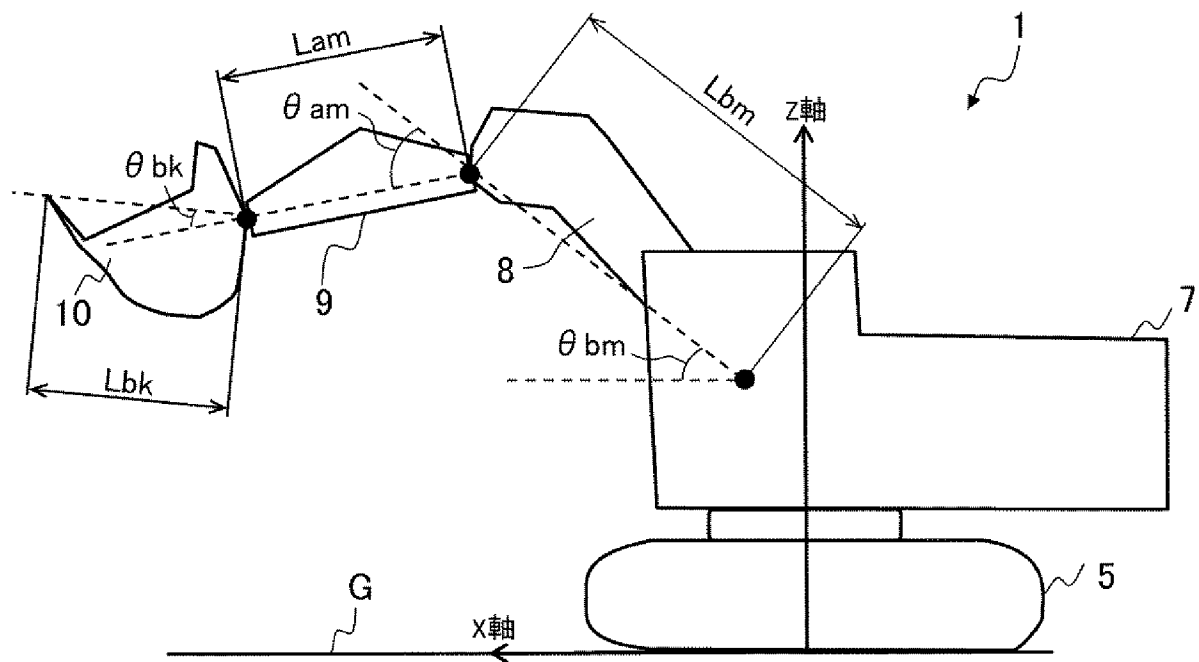
[図22]



[図23]



[図24]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012298

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>E02F 3/43</i> (2006.01)i; <i>E02F 9/22</i> (2006.01)i; <i>E02F 9/24</i> (2006.01)i; <i>E02F 9/26</i> (2006.01)i FI: E02F9/24 H; E02F9/26 B; E02F3/43 M; E02F9/22 K		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) E02F3/43; E02F9/22; E02F9/24; E02F9/26		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-033825 A (KOMATSU LTD.) 05 March 2020 (2020-03-05)	1-5
A	JP 2016-089389 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) 23 May 2016 (2016-05-23)	1-5
A	JP 2021-050474 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) 01 April 2021 (2021-04-01)	1-5
A	JP 11-034719 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) 09 February 1999 (1999-02-09)	1-5
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>25 April 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>16 May 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2023/012298</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-033825	A	05 March 2020	US 2021/0246625 A1 WO 2020/044842 A1 CN 112424430 A	
JP	2016-089389	A	23 May 2016	(Family: none)	
JP	2021-050474	A	01 April 2021	(Family: none)	
JP	11-034719	A	09 February 1999	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） E02F 3/43(2006.01)i; E02F 9/22(2006.01)i; E02F 9/24(2006.01)i; E02F 9/26(2006.01)i FI: E02F9/24 H; E02F9/26 B; E02F3/43 M; E02F9/22 K		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） E02F3/43; E02F9/22; E02F9/24; E02F9/26 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2020-033825 A (株式会社小松製作所) 05.03.2020 (2020-03-05)	1-5
A	JP 2016-089389 A (日立建機株式会社) 23.05.2016 (2016-05-23)	1-5
A	JP 2021-050474 A (日立建機株式会社) 01.04.2021 (2021-04-01)	1-5
A	JP 11-034719 A (日立建機株式会社) 09.02.1999 (1999-02-09)	1-5
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	25.04.2023	国際調査報告の発送日 16.05.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  湯本 照基 2B 9404  電話番号 03-3581-1101 内線 3237	

国際調査報告  
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/012298

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 2020-033825 A	05.03.2020	US 2021/0246625 A1 WO 2020/044842 A1 CN 112424430 A	
JP 2016-089389 A	23.05.2016	(ファミリーなし)	
JP 2021-050474 A	01.04.2021	(ファミリーなし)	
JP 11-034719 A	09.02.1999	(ファミリーなし)	