



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

ブーム、アーム及びバケットを有する作業機を備える作業機械を制御する作業機械の制御システムであって、前記作業機械の位置情報を検出する位置検出装置と、前記位置検出装置によって検出された位置情報に基づき前記作業機の位置を求め、かつ予め用意された設計面の情報から前記作業機の掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形情報を生成する生成部と、前記生成部から取得した前記作業機の位置及び前記目標掘削地形情報に基づいて、前記作業機が前記目標形状を超えて掘り込むことを抑制する掘削制御を実行する作業機制御部と、を含み、前記作業機制御部は、前記掘削制御を実行中に前記目標掘削地形情報を取得できない場合、取得できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を用いて前記掘削制御を継続する。

明 細 書

発明の名称：

作業機械の制御システム、作業機械、油圧ショベルの制御システム及び作業機械の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、作業機を備えた作業機械の制御システム、作業機械、油圧ショベルの制御システム及び作業機械の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、バケットを含むフロント装置を備える建設機械において、掘削対象の目標形状を示す境界面に沿ってバケットを移動させるための掘削制御が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開WO95／30059号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 掘削制御において、掘削対象の目標形状を示す境界面は、例えば、測位衛星等から受信した位置データに基づく作業機械の位置情報に基づいて生成される。このため、作業機械の位置情報が受信できない場合等は、掘削制御を継続できないため、掘削制御を停止することがある。この場合、再び掘削制御を実行するためには作業機械のオペレータの操作が必要になり、オペレータの負荷が増加する。

[0005] 本発明は、作業機を備えた作業機械が掘削制御を実行するにあたって、オペレータの負荷を軽減することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、ブーム、アーム及びバケットを有する作業機を備える作業機械

を制御する制御システムであって、前記作業機械の位置情報を検出する位置検出装置と、前記位置検出装置によって検出された位置情報に基づき前記作業機の位置を求め、かつ目標形状を示す目標施工面の情報から前記作業機の掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形情報を生成する生成部と、前記生成部から取得した前記目標掘削地形情報に基づいて、前記作業機が掘削対象に接近する方向の速度が制限速度以下になるように制御する掘削制御を実行する作業機制御部と、を含み、前記作業機制御部は、前記掘削制御を実行中に前記目標掘削地形情報を取得できない場合、取得できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を用いて前記掘削制御を継続する、作業機械の制御システムである。

[0007] 前記作業機制御部は、取得できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を、予め定められた一定の時間保持し、前記一定時間の経過、前記作業機械の走行又は前記作業機が取り付けられた旋回体の旋回により、前記目標掘削地形情報の保持を終了し、実行中の前記掘削制御を終了することが好ましい。

[0008] 前記旋回体の旋回角度を検出する旋回角度検出装置を有し、前記作業機制御部は、前記旋回角度検出装置によって検出された前記旋回角度が所定の大きさ以上の場合に、前記目標掘削地形情報の保持を終了し、実行中の前記掘削制御を終了することが好ましい。

[0009] 前記作業機制御部は、前記作業機械の傾斜角を求める装置が検出した傾斜角を用いて、保持している前記目標掘削地形情報を更新することが好ましい。

[0010] 前記作業機制御部は、予め定められた一定の時間が経過する前に、新たな前記目標掘削地形情報を取得したら、取得した前記目標掘削地形情報を用いて前記掘削制御を開始することが好ましい。

[0011] 前記作業機制御部は、実行中の前記掘削制御を終了した後に、新たな前記目標掘削地形情報を取得したら、取得した前記目標掘削地形情報を用いて前記掘削制御を開始することが好ましい。

[0012] 本発明は、作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する制御システムであって、前記作業機械の位置情報を検出する位置検出装置と、前記位置検出装置によって検出された位置情報に基づき前記作業機の位置を求め、かつ目標形状を示す目標施工面の情報から前記作業機の掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形情報を生成する生成部と、前記生成部から取得した前記目標掘削地形情報に基づいて、前記作業機が前記目標形状を超えて掘り込むことを抑制する掘削制御を実行する作業機制御部と、を含み、前記作業機制御部は、前記掘削制御を実行中に、前記位置検出装置が前記作業機械の位置情報を検出できない場合、検出できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を、予め定められた一定の時間保持して前記掘削制御を継続し、前記一定時間の経過、前記作業機械の走行又は前記作業機の旋回により、前記目標掘削地形情報の保持を終了し、実行中の前記掘削制御を終了する、油圧ショベルの制御システムである。

[0013] 本発明は、前述した作業機械の制御システムを備える、作業機械である。

[0014] 本発明は、作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する制御方法であって、前記作業機械の位置情報を検出し、検出された位置情報に基づき前記作業機の位置を求め、かつ目標形状を示す目標施工面の情報から前記作業機の掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形情報を生成し、前記目標掘削地形情報に基づいて、前記作業機が前記目標形状を超えて掘り込むことを抑制する掘削制御を実行し、前記掘削制御を実行中に前記目標掘削地形情報を取得できない場合、取得できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を、予め定められた一定の時間保持して前記掘削制御を継続する、作業機械の制御方法である。

[0015] 本発明は、作業機を備えた作業機械が掘削制御を実行するにあたって、オペレータの負荷を軽減することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、実施形態に係る作業機械の斜視図である。

[図2]図2は、油圧ショベルの駆動系と制御システムとの構成を示すブロック

図である。

[図3A]図3 Aは、油圧ショベルの側面図である。

[図3B]図3 Bは、油圧ショベルの背面図である。

[図4]図4は、目標施工情報の一例を示す模式図である。

[図5]図5は、作業機コントローラ及び表示コントローラを示すブロック図である。

[図6]図6は、表示部に表示される目標掘削地形の一例を示す図である。

[図7]図7は、目標速度と垂直速度成分と水平速度成分との関係を示す模式図である。

[図8]図8は、垂直速度成分と水平速度成分との算出方法を示す図である。

[図9]図9は、垂直速度成分と水平速度成分との算出方法を示す図である。

[図10]図10は、刃先と目標掘削地形との間の距離を示す模式図である。

[図11]図11は、制限速度情報の一例を示すグラフである。

[図12]図12は、ブームの制限速度の垂直速度成分の算出方法を示す模式図である。

[図13]図13は、ブームの制限速度の垂直速度成分とブームの制限速度との関係を示す模式図である。

[図14]図14は、刃先の移動によるブームの制限速度の変化の一例を示す図である。

[図15]図15は、油圧ショベル100が備える油圧システム300の詳細な構造を示す図である。

[図16A]図16 Aは、油圧ショベルが掘削制御を実行している状態を示す図である。

[図16B]図16 Bは、油圧ショベルが掘削制御を実行しているときに基準位置データを受信できなくなった状態を示す図である。

[図16C]図16 Cは、基準位置データを受信できなくなった場合、データ保持部に保持されている設計地形データに基づいて掘削制御を継続している状態を示す図である。

[図17]図 1 7 は、データ保持部が保持する設計地形データを説明するための図である。

[図18]図 1 8 は、データ保持部が保持する設計地形データを説明するための図である。

[図19]図 1 9 は、実施形態に係る作業機制御の制御例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。

[0018] <作業機械の全体構成>

図 1 は、実施形態に係る作業機械の斜視図である。図 2 は、油圧ショベル 1 0 0 の油圧システム 3 0 0 と制御システム 2 0 0 との構成を示すブロック図である。作業機械としての油圧ショベル 1 0 0 は、本体部としての車両本体 1 と作業機 2 とを有する。車両本体 1 は、旋回体としての上部旋回体 3 と走行体としての走行装置 5 とを有する。上部旋回体 3 は、機関室 3 E G の内部に、動力発生装置としてのエンジン及び油圧ポンプ等の装置を収容している。機関室 3 E G は、上部旋回体 3 の一端側に配置されている。

[0019] 実施形態において、油圧ショベル 1 0 0 は、動力発生装置としてのエンジンに、例えばディーゼルエンジン等の内燃機関が用いられるが、動力発生装置はこのようなものに限定されない。油圧ショベル 1 0 0 の動力発生装置は、例えば、内燃機関と発電電動機と蓄電装置とを組み合わせた、いわゆるハイブリッド方式の装置であってもよい。また、油圧ショベル 1 0 0 の動力発生装置は、内燃機関を有さず、蓄電装置と発電電動機とを組み合わせただけのものであってもよい。

[0020] 上部旋回体 3 は、運転室 4 を有する。運転室 4 は、上部旋回体 3 の他端側に設置されている。すなわち、運転室 4 は、機関室 3 E G が配置されている側とは反対側に設置されている。運転室 4 内には、図 2 に示す、表示部 2 9 及び操作装置 2 5 が配置される。これらについては後述する。上部旋回体 3

の上方には、手すり 9 が取り付けられている。

[0021] 走行装置 5 は、上部旋回体 3 を搭載する。走行装置 5 は、履帯 5 a、5 b を有している。走行装置 5 は、左右に設けられた走行モータ 5 c の一方又は両方が駆動し、履帯 5 a、5 b が回転することにより、油圧ショベル 100 を走行させる。作業機 2 は、上部旋回体 3 の運転室 4 の側方側に取り付けられている。

[0022] 油圧ショベル 100 は、履帯 5 a、5 b の代わりにタイヤを備え、エンジンの駆動力を、トランスミッションを介してタイヤへ伝達して走行が可能な走行装置を備えたものであってもよい。このような形態の油圧ショベル 100 としては、例えば、ホイール式油圧ショベルがある。また、油圧ショベル 100 は、このようなタイヤを有した走行装置を備え、さらに車両本体（本体部）に作業機が取り付けられ、図 1 に示すような上部旋回体 3 及びその旋回機構を備えていない構造を有する、例えばバックホウローダであってもよい。すなわち、バックホウローダは、車両本体に作業機が取り付けられ、車両本体の一部を構成する走行装置を備えたものである。

[0023] 上部旋回体 3 は、作業機 2 及び運転室 4 が配置されている側が前であり、機関室 3 E G が配置されている側が後である（x 方向）。前に向かって左側が上部旋回体 3 の左であり、前に向かって右側が上部旋回体 3 の右である。上部旋回体 3 の左右方向は、幅方向とも言う（y 方向）。油圧ショベル 100 又は車両本体 1 は、上部旋回体 3 を基準として走行装置 5 側が下であり、走行装置 5 を基準として上部旋回体 3 側が上である（z 方向）。油圧ショベル 100 が水平面に設置されている場合、下は鉛直方向、すなわち重力の作用方向側であり、上は鉛直方向とは反対側である。

[0024] 作業機 2 は、ブーム 6 とアーム 7 と作業具としてのバケット 8 とブームシリンダ 10 とアームシリンダ 11 とバケットシリンダ 12 とを有する。ブーム 6 の基端部は、ブームピン 13 を介して車両本体 1 の前部に回動可能に取り付けられている。アーム 7 の基端部は、アームピン 14 を介してブーム 6 の先端部に回動可能に取り付けられている。アーム 7 の先端部には、バケッ

トピン 15 を介してバケット 8 が取り付けられている。バケット 8 は、バケットピン 15 を中心として回転する。バケット 8 は、バケットピン 15 とは反対側に複数の刃 8 B が取り付けられている。刃先 8 T は、刃 8 B の先端である。

[0025] バケット 8 は、複数の刃 8 B を有していなくてもよい。つまり、図 1 に示すような刃 8 B を有しておらず、刃先が鋼板によってストレート形状に形成されたようなバケットであってもよい。作業機 2 は、例えば、単数の刃を有するチルトバケットを備えていてもよい。チルトバケットとは、バケットチルトシリンダを備え、バケットが左右にチルト傾斜することで油圧ショベルが傾斜地にあっても、斜面、平地を自由な形に成形、整地をすることができ、底板プレートによる転圧作業もできるバケットである。この他にも、作業機 2 は、バケット 8 の代わりに、法面バケット又は削岩用のチップを備えた削岩用のアタッチメント等を備えていてもよい。

[0026] 図 1 に示すブームシリンダ 10 とアームシリンダ 11 とバケットシリンダ 12 とは、それぞれ作動油の圧力（以下、適宜油圧という）によって駆動される油圧シリンダである。ブームシリンダ 10 はブーム 6 を駆動して、これを昇降させる。アームシリンダ 11 は、アーム 7 を駆動して、アームピン 14 の周りを回転させる。バケットシリンダ 12 は、バケット 8 を駆動して、バケットピン 15 の周りを回転させる。

[0027] ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 等の油圧シリンダと図 2 に示す油圧ポンプ 36、37 との間には、図 2 に示す方向制御弁 64 が設けられている。方向制御弁 64 は、油圧ポンプ 36、37 からブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 等へ供給される作動油の流量を制御するとともに、作動油が流れる方向を切り替える。方向制御弁 64 は、走行モータ 5c を駆動するための走行用方向制御弁と、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 並びに上部回転体 3 を回転させる回転モータを制御するための作業機用方向制御弁とを含む。

- [0028] 操作装置 25 から供給される、所定のパイロット圧力に調整された作動油が方向制御弁 64 のスプールを動作させると、方向制御弁 64 から流出する作動油の流量が調整されて、油圧ポンプ 36、37 からブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12、旋回モータ又は走行モータ 5c に供給される作動油の流量が制御される。その結果、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 等の動作が制御される。
- [0029] また、図 2 に示す作業機コントローラ 26 が、図 2 に示す制御弁 27 を制御することにより、操作装置 25 から方向制御弁 64 に供給される作動油のパイロット圧が制御されるので、方向制御弁 64 からブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12、旋回モータ又は走行モータ 5c に供給される作動油の流量が制御される。その結果、作業機コントローラ 26 は、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 等の動作を制御することができる。
- [0030] 上部旋回体 3 の上部には、アンテナ 21、22 が取り付けられている。アンテナ 21、22 は、油圧ショベル 100 の現在位置を検出するために用いられる。アンテナ 21、22 は、図 2 に示す、油圧ショベル 100 の現在位置を検出するための位置検出部としての位置検出装置 19 と電氣的に接続されている。位置検出装置 19 は、RTK-GNSS (Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite Systems、GNSS は全地球航法衛星システムを言う) を利用して油圧ショベル 100 の現在位置を検出する。以下の説明において、アンテナ 21、22 を、適宜 GNSS アンテナ 21、22 という。GNSS アンテナ 21、22 が受信した GNSS 電波に応じた信号は、位置検出装置 19 に入力される。位置検出装置 19 は、GNSS アンテナ 21、22 の設置位置を検出する。位置検出装置 19 は、例えば、3次元位置センサを含む。
- [0031] GNSS アンテナ 21、22 は、図 1 に示すように、上部旋回体 3 の上であって、油圧ショベル 100 の左右方向に離れた両端位置に設置されること

が好ましい。実施形態において、GNSSアンテナ21、22は、上部旋回体3の幅方向両側にそれぞれ取り付けられた手すり9に取り付けられる。GNSSアンテナ21、22が上部旋回体3に取り付けられる位置は手すり9に限定されるものではないが、GNSSアンテナ21、22は、可能な限り離れた位置に設置される方が、油圧ショベル100の現在位置の検出精度は向上するので好ましい。また、GNSSアンテナ21、22は、オペレータの視界を極力妨げない位置に設置されることが好ましい。

[0032] 図2に示すように、油圧ショベル100の油圧システム300は、動力発生源としてのエンジン35と油圧ポンプ36、37とを備える。油圧ポンプ36、37は、エンジン35によって駆動され、作動油を吐出する。油圧ポンプ36、37から吐出された作動油は、ブームシリンダ10とアームシリンダ11とバケットシリンダ12とに供給される。また、油圧ショベル100は、旋回モータ38を備える。旋回モータ38は、油圧モータであり、油圧ポンプ36、37から吐出された作動油によって駆動される。旋回モータ38は、上部旋回体3を旋回させる。なお、図2では、2つの油圧ポンプ36、37が図示されているが、1つの油圧ポンプのみが設けられてもよい。旋回モータ38は、油圧モータに限らず、電気モータであってもよい。

[0033] 作業機械の制御システムとしての制御システム200は、位置検出装置19と、グローバル座標演算部23と、角速度及び加速度を検出する検出装置としてのIMU（Inertial Measurement Unit：慣性計測装置）24と、操作装置25と、作業機制御部としての作業機コントローラ26と、センサコントローラ39と、生成部としての表示コントローラ28と、表示部29とを含む。操作装置25は、図1に示す作業機2を操作するための装置である。操作装置25は、作業機2を駆動するためのオペレータによる操作を受け付けて、操作量に応じたパイロット油圧を出力する。

[0034] 例えば、操作装置25は、オペレータの左側に設置される左操作レバー25Lと、オペレータの右側に配置される右操作レバー25Rと、を有する。左操作レバー25L及び右操作レバー25Rは、前後左右の動作が2軸の動

作に対応されている。例えば、右操作レバー 2 5 R の前後方向の操作は、ブーム 6 の操作に対応されている。右操作レバー 2 5 R が前方へ操作されるとブーム 6 が下がり、後方へ操作されるとブーム 6 が上がる。前後方向の操作に応じてブーム 6 の下げ上げの動作が実行される。右操作レバー 2 5 R の左右方向の操作は、バケット 8 の操作に対応されている。右操作レバー 2 5 R が左側に操作されるとバケット 8 が掘削し、右側に操作されるとバケット 8 がダンプする。左右方向の操作に応じてバケット 8 の掘削又は開放動作が実行される。左操作レバー 2 5 L の前後方向の操作は、アーム 7 の操作に対応されている。左操作レバー 2 5 L が前方に操作されるとアーム 7 がダンプし、後方に操作されるとアーム 7 が掘削する。左操作レバー 2 5 L の左右方向の操作は、上部旋回体 3 の旋回に対応されている。左操作レバー 2 5 L が左側に操作されると左旋回し、右側に操作されると右旋回する。

[0035] 本実施形態において、ブーム 6 の上げ動作は、ダンプ動作に相当する。ブーム 6 の下げ動作は、掘削動作に相当する。アーム 7 の掘削動作は、下げ動作に相当する。アーム 7 のダンプ動作は、上げ動作に相当する。バケット 8 の掘削動作は、下げ動作に相当する。バケット 8 のダンプ動作は、上げ動作に相当する。なお、アーム 7 の下げ動作を曲げ動作と称してもよい。アーム 7 の上げ動作を伸長動作と称してもよい。

[0036] 本実施形態において、操作装置 2 5 は、パイロット油圧方式が用いられる。操作装置 2 5 には、油圧ポンプ 3 6 から、図示しない減圧弁によって所定のパイロット圧力に減圧された作動油がブーム操作、バケット操作、アーム操作及び旋回操作に基づいて供給される。

[0037] 右操作レバー 2 5 R の前後方向の操作に応じて、パイロット油路 4 5 0 へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによるブーム 6 の操作が受け付けられる。右操作レバー 2 5 R の操作量に応じて右操作レバー 2 5 R が備える弁装置が開き、パイロット油路 4 5 0 へ作動油が供給される。また、圧力センサ 6 6 は、そのときのパイロット油路 4 5 0 内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力センサ 6 6 は、検出したパイロット

圧を、ブーム操作量MBとして作業機コントローラ26へ送信する。右操作レバー25Rの前後方向の操作量を、以下、適宜ブーム操作量MBと称する。操作装置25とブームシリンダ10との間のパイロット油路50には、圧力センサ68、制御弁（以下、適宜介入弁と称する）27C及びシャトル弁51が設けられる。介入弁27C及びシャトル弁51については後述する。

[0038] 右操作レバー25Rの左右方向の操作に応じて、パイロット油路450へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによるバケット8の操作が受け付けられる。右操作レバー25Rの操作量に応じて右操作レバー25Rが備える弁装置が開き、パイロット油路450に作動油が供給される。また、圧力センサ66は、そのときのパイロット油路450内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力センサ66は、検出したパイロット圧を、バケット操作量MTとして作業機コントローラ26へ送信する。右操作レバー25Rの左右方向の操作量を、以下、適宜バケット操作量MTと称する。

[0039] 左操作レバー25Lの前後方向の操作に応じて、パイロット油路450へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによるアーム7の操作が受け付けられる。左操作レバー25Lの操作量に応じて左操作レバー25Lが備える弁装置が開き、パイロット油路450へ作動油が供給される。また、圧力センサ66は、そのときのパイロット油路450内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力計66は、検出したパイロット圧を、アーム操作量MAとして作業機コントローラ26へ送信する。左操作レバー25Lの左右方向の操作量を、以下、適宜アーム操作量MAと称する。

[0040] 左操作レバー25Lの左右方向の操作に応じて、パイロット油路450へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによる上部旋回体3の旋回操作が受け付けられる。左操作レバー25Lの操作量に応じて左操作レバー25Lが備える弁装置が開き、パイロット油路450へ作動油が供給される。また、圧力センサ66は、そのときのパイロット油路450内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力センサ66は、検出したパ

イロット圧を、旋回操作量MRとして作業機コントローラ26へ送信する。
左操作レバー25Lの前後方向の操作量を、以下、適宜旋回操作量MRと称する。

[0041] 右操作レバー25Rが操作されることにより、操作装置25は、右操作レバー25Rの操作量に応じた大きさのパイロット油圧を方向制御弁64に供給する。左操作レバー25Lが操作されることにより、操作装置25は、左操作レバー25Lの操作量に応じた大きさのパイロット油圧を制御弁27に供給する。このパイロット油圧によって、方向制御弁64のスプールが動作する。

[0042] パイロット油路450には、制御弁27が設けられている。右操作レバー25R及び左操作レバー25Lの操作量は、パイロット油路450に設置される圧力センサ66によって検出される。圧力センサ66が検出したパイロット油圧は、作業機コントローラ26に入力される。作業機コントローラ26は、入力されたパイロット油圧に応じた、パイロット油路450の制御信号Nを制御弁27に出力して、パイロット油路450を開閉する。

[0043] 操作装置25は、走行用レバー25FL、25FRを有する。本実施形態において、操作装置25は、パイロット油圧方式が用いられるので、油圧ポンプ36から、減圧された作動油が方向制御弁64に供給され、パイロット油路450内の作動油の圧力に基づき方向制御弁のスプールが駆動される。すると、図示しない走行装置（油圧モータ）に油圧ポンプから供給され、走行可能となる。パイロット油路450内の作動油の圧力は、圧力計27PCによって検出される。

[0044] 走行操作検出部25PL、25PRは、走行用レバー25FL、25FRの操作量に応じて、オペレータによる走行装置5の操作を受け付ける。オペレータによる走行装置5、具体的には履帯5a、5bの操作を受け付ける。走行用レバー25FL、25FRの踏み込み量は圧力センサ27PCで検出されて、作業機コントローラ26へ操作量MDとして出力される。

[0045] 左操作レバー25L及び右操作レバー25Rの操作量が、例えば、ポテン

ショメータ及びホールIC等によって検出され、作業機コントローラ26は、これらの検出値に基づいて方向制御弁64及び制御弁27を制御することによって、作業機2を制御してもよい。このように、左操作レバー25L及び右操作レバー25Rは、電気方式であってもよい。旋回操作とアーム操作とは入れ替えられてもよい。この場合、左操作レバー25Lの左右方向における操作に応じてアーム7の伸長又は曲げ動作が実行され、左操作レバー25Lの前後方向における操作に応じて上部旋回体3の左右の旋回動作が実行される。

[0046] 制御システム200は、第1ストロークセンサ16と第2ストロークセンサ17と第3ストロークセンサ18とを有する。例えば、第1ストロークセンサ16はブームシリンダ10に、第2ストロークセンサ17はアームシリンダ11に、第3ストロークセンサ18バケットシリンダ12に、それぞれ設けられる。第1ストロークセンサ16は、ブームシリンダ10のストローク長さ（以下、適宜ブームシリンダ長 $LS1$ と称する）を検出する。第1ストロークセンサ16は、ブームシリンダ10の伸長に対応する変位量を検出して、センサコントローラ39に出力する。センサコントローラ39は、第1ストロークセンサ16の変位量に対応するブームシリンダ10のシリンダ長 $LS1$ を算出する。センサコントローラ39は、第1ストロークセンサ16が検出したブームシリンダ長 $LS1$ から、油圧ショベル100のローカル座標系、具体的には車両本体1のローカル座標系における水平面と直交する方向（ z 軸方向）に対するブーム6の傾斜角 $\theta1$ を算出して、作業機コントローラ26及び表示コントローラ28に出力する。

[0047] 第2ストロークセンサ17は、アームシリンダ11のストローク長さ（以下、適宜アームシリンダ長 $LS2$ と称する）を検出する。第2ストロークセンサ17は、アームシリンダ11の伸長に対応する変位量を検出して、センサコントローラ39に出力する。センサコントローラ39は、第2ストロークセンサ17の変位量に対応するアームシリンダ11のシリンダ長 $LS2$ を算出する。

- [0048] センサコントローラ39は、第2ストロークセンサ17が検出したアームシリンダ長 LS_2 から、ブーム6に対するアーム7の傾斜角 θ_2 を算出して、作業機コントローラ26及び表示コントローラ28に出力する。第3ストロークセンサ18は、バケットシリンダ12のストローク長さ（以下、適宜バケットシリンダ長 LS_3 と称する）を検出する。第3ストロークセンサ18は、バケットシリンダ12の伸長に対応する変位量を検出して、センサコントローラ39に出力する。センサコントローラ39は、第3ストロークセンサ18の変位量に対応するバケットシリンダ12のシリンダ長 LS_2 を算出する。
- [0049] センサコントローラ39は、第3ストロークセンサ18が検出したバケットシリンダ長 LS_3 から、アーム7に対するバケット8が有するバケット8の刃先8Tの傾斜角 θ_3 を算出して、作業機コントローラ26及び表示コントローラ28に出力する。ブーム6、アーム7及びバケット8の傾斜角 θ_1 、傾斜角 θ_2 及び傾斜角 θ_3 は、第1ストロークセンサ16等で計測する以外に、ブーム6に取り付けられてブーム6の傾斜角を計測するロータリーエンコーダと、アーム7に取り付けられてアーム7の傾斜角を計測するロータリーエンコーダと、バケット8に取り付けられてバケット8の傾斜角を計測するロータリーエンコーダとによって取得されてもよい。
- [0050] 作業機コントローラ26は、RAM (Random Access Memory) 及びROM (Read Only Memory) 等の記憶部26Mと、CPU (Central Processing Unit) 等の処理部26Pとを有する。作業機コントローラ26は、図2に示す圧力センサ66の検出値に基づいて、制御弁27及び介入弁27Cを制御する。
- [0051] 図2に示す方向制御弁64は、例えば比例制御弁であり、操作装置25から供給される作動油によって制御される。方向制御弁64は、ブームシリンダ10、アームシリンダ11、バケットシリンダ12及び旋回モータ38等の油圧アクチュエータと、油圧ポンプ36、37との間に配置される。方向制御弁64は、油圧ポンプ36、37からブームシリンダ10、アームシリ

ンダ 11、バケットシリンダ 12 及び旋回モータ 38 に供給される作動油の流量を制御する。

[0052] 制御システム 200 が備える位置検出装置 19 は、油圧ショベル 100 の位置を検出する。位置検出装置 19 は、前述した GNSS アンテナ 21、22 とを含む。GNSS アンテナ 21、22 で受信された GNSS 電波に応じた信号が、グローバル座標演算部 23 に入力される。GNSS アンテナ 21 は、自身の位置を示す基準位置データ P1 を測位衛星から受信する。GNSS アンテナ 22 は、自身の位置を示す基準位置データ P2 を測位衛星から受信する。GNSS アンテナ 21、22 は、例えば 10 Hz 周期で基準位置データ P1、P2 を受信する。基準位置データ P1、P2 は、GNSS アンテナが設置されている位置の情報である。GNSS アンテナ 21、22 は、基準位置データ P1、P2 を受信する毎に、グローバル座標演算部 23 に出力する。

[0053] グローバル座標演算部 23 は、グローバル座標系で表される 2 つの基準位置データ P1、P2（複数の基準位置データ）を取得する。グローバル座標演算部 23 は、2 つの基準位置データ P1、P2 に基づいて、上部旋回体 3 の配置を示す旋回体配置データを生成する。本実施形態において、旋回体配置データには、2 つの基準位置データ P1、P2 の一方の基準位置データ P と、2 つの基準位置データ P1、P2 に基づいて生成された旋回体方位データ Q とが含まれる。旋回体方位データ Q は、GNSS アンテナ 21、22 が取得した基準位置データ P から決定される方位が、グローバル座標の基準方位（例えば北）に対してなす角に基づいて決定される。旋回体方位データ Q は、上部旋回体 3、すなわち作業機 2 が向いている方位を示している。グローバル座標演算部 23 は、例えば 10 Hz の周波数で GNSS アンテナ 21、22 から 2 つの基準位置データ P1、P2 を取得する毎に、旋回体配置データ、すなわち基準位置データ P と旋回体方位データ Q とを更新して、作業機コントローラ 26 及び表示コントローラ 28 に出力する。

[0054] IMU 24 は、上部旋回体 3 に取り付けられている。IMU 24 は、上部

旋回体 3 の動作を示す動作データを検出する。IMU 24 が検出する動作データは、例えば、加速度及び角速度である。実施形態において、動作データは、図 1 に示す、上部旋回体 3 の旋回軸 z を中心として上部旋回体 3 が旋回する旋回角速度 ω である。旋回角速度 ω は、例えば、IMU 24 が検出した上部旋回体 3 の旋回角度を時間で微分することにより求められる。上部旋回体 3 の旋回角度は、GNSS アンテナ 21、22 の位置情報から取得されてもよい。

[0055] 図 3 A は、油圧ショベル 100 の側面図である。図 3 B は、油圧ショベル 100 の背面図である。IMU 24 は、図 3 A 及び図 3 B に示すように、車両本体 1 の左右方向に対する傾斜角 $\theta 4$ と、車両本体 1 の前後方向に対する傾斜角 $\theta 5$ と、加速度と、角速度とを検出する。IMU 24 は、例えば 100 Hz の周波数で旋回角速度 ω 、傾斜角 $\theta 4$ 及び傾斜角 $\theta 5$ を更新する。IMU 24 における更新周期は、グローバル座標演算部 23 における更新周期よりも短いことが好ましい。IMU 24 が検出した旋回角速度 ω 、傾斜角 $\theta 5$ は、センサコントローラ 39 に出力される。センサコントローラ 39 は、旋回角速度 ω 、傾斜角 $\theta 4$ 、傾斜角 $\theta 5$ に対してフィルタ処理等を施してから、作業機コントローラ 26 及び表示コントローラ 28 に出力する。

[0056] 表示コントローラ 28 は、グローバル座標演算部 23 から旋回体配置データ（基準位置データ P 及び旋回体方位データ Q）を取得する。本実施形態において、表示コントローラ 28 は、作業機位置データとして、バケット 8 の刃先 8 T の 3 次元位置を示すバケット刃先位置データ S を生成する。そして、表示コントローラ 28 は、バケット刃先位置データ S と、後述する目標施工情報 T とを用いて、掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形データ U を生成する。表示コントローラ 28 は、目標掘削地形データ U に基づく表示用の目標掘削地形データ U_a を導出し、表示用の目標掘削地形データ U_a に基づいて、表示部 29 に目標掘削地形 431 を表示させる。

[0057] 表示部 29 は、例えば、液晶表示装置等であるが、これに限定されるものではない。実施形態においては、表示部 29 に隣接して、スイッチ 29 S が

設置されている。スイッチ 29 S は、後述する掘削制御を実行させたり、実行中の掘削制御を停止させたりするための入力装置である。

[0058] 作業機コントローラ 26 は、図 1 に示す旋回軸 z を中心として上部旋回体 3 が旋回する旋回角速度 ω を示す旋回角速度 ω をセンサコントローラ 39 から取得する。また、作業機コントローラ 26 は、圧力センサ 66 からブーム操作信号 MB、バケット操作信号 MT、アーム操作信号 MA 及び旋回操作信号 MR を取得する。作業機コントローラ 26 は、センサコントローラ 39 からブーム 6 の傾斜角度 $\theta 1$ 、アーム 7 の傾斜角度 $\theta 2$ 、バケット 8 の傾斜角度 $\theta 3$ を取得する。

[0059] 作業機コントローラ 26 は、表示コントローラ 28 から、目標掘削地形データ U を取得する。作業機コントローラ 26 は、センサコントローラ 39 から取得した作業機 2 の角度からバケット 8 の刃先 8 T の位置（以下、適宜刃先位置と称する）を算出する。作業機コントローラ 26 は、目標掘削地形データ U に沿ってバケット 8 の刃先 8 T が移動するように、操作装置 25 から入力されたブーム操作量 MB、バケット操作量 MT 及びアーム操作量 MA を、目標掘削地形データ U とバケット 8 の刃先 8 T との距離と速度に基づき調整する。作業機コントローラ 26 は、目標掘削地形データ U に沿ってバケット 8 の刃先 8 T が移動するように作業機 2 を制御するための制御信号 N を生成して、図 2 に示す制御弁 27 に出力する。このような処理により、作業機 2 が目標掘削地形データ U に近づく速度は、目標掘削地形データ U に対する距離に応じて制限される。

[0060] 作業機コントローラ 26 からの制御信号 N に応じて、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 のそれぞれに対して 2 個ずつ設けられた制御弁 27 が開閉する。左操作レバー 25 L 又は右操作レバー 25 R の操作と制御弁 27 の開閉指令とに基づき、方向制御弁 64 のスプールが動作して、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 へ作動油が供給される。

[0061] グローバル座標演算部 23 は、グローバル座標系における GNSS アンテ

ナ21、22の基準位置データP1、P2を検出する。グローバル座標系は、油圧ショベル100の作業エリアGDに設置された基準となる、例えば基準杭60の基準位置PGを基準とした、(X、Y、Z)で示される3次元座標系である。図3Aに示すように、基準位置PGは、例えば、作業エリアGDに設置された基準杭60の先端60Tに位置する。本実施形態において、グローバル座標系とは、例えば、GNSSにおける座標系である。

[0062] 図2に示す表示コントローラ28は、位置検出装置19による検出結果に基づいて、グローバル座標系で見たときのローカル座標系の位置を算出する。ローカル座標系とは、油圧ショベル100を基準とした、(x、y、z)で示される3次元座標系である。本実施形態において、ローカル座標系の基準位置PLは、例えば、上部旋回体3が旋回するためのスイングサークル上に位置する。本実施形態において、例えば、作業機コントローラ26は、次のようにしてグローバル座標系で見たときのローカル座標系の位置を算出する。

[0063] センサコントローラ39は、第1ストロークセンサ16が検出したブームシリンダ長から、ローカル座標系における水平面と直交する方向(z軸方向)に対するブーム6の傾斜角 θ_1 を算出する。作業機コントローラ26は、第2ストロークセンサ17が検出したアームシリンダ長から、ブーム6に対するアーム7の傾斜角 θ_2 を算出する。作業機コントローラ26は、第3ストロークセンサ18が検出したバケットシリンダ長から、アーム7に対するバケット8の傾斜角 θ_3 を算出する。

[0064] 作業機コントローラ26の記憶部26Mは、作業機2のデータ(以下、適宜作業機データという)を記憶している。作業機データは、ブーム6の長さL1、アーム7の長さL2及びバケット8の長さL3を含む。図3Aに示すように、ブーム6の長さL1は、ブームピン13からアームピン14までの長さに相当する。アーム7の長さL2は、アームピン14からバケットピン15までの長さに相当する。バケット8の長さL3は、バケットピン15からバケット8の刃先8Tまでの長さに相当する。刃先8Tは、図1に示す刃

8 Bの先端である。また、作業機データは、ローカル座標系の基準位置PLに対するブームピン13までの位置情報を含む。

[0065] 図4は、目標施工面の一例を示す模式図である。図4に示すように、油圧ショベル100が備える作業機2の掘削対象の掘削後における仕上がりの目標となる目標施工情報Tは、三角形ポリゴンによってそれぞれ表現される複数の目標施工面41を含む。図4では複数の目標施工面41のうち1つのみに符号41が付されており、他の目標施工面41の符号は省略されている。作業機コントローラ26は、バケット8が目標掘削地形431を侵食することを抑制するために、作業機2が掘削対象に接近する方向の速度が制限速度以下になるように制御する。この制御を、適宜掘削制御という。次に、作業機コントローラ26によって実行される掘削制御について説明する。

[0066] <掘削制御について>

図5は、作業機コントローラ26及び表示コントローラ28を示すブロック図である。図6は、表示部に表示される目標掘削地形431の一例を示す図である。図7は、目標速度と垂直速度成分と水平速度成分との関係を示す模式図である。図8は、垂直速度成分と水平速度成分との算出方法を示す図である。図9は、垂直速度成分と水平速度成分との算出方法を示す図である。図10は、刃先と目標掘削地形431との間の距離を示す模式図である。図11は、制限速度情報の一例を示すグラフである。図12は、ブームの制限速度の垂直速度成分の算出方法を示す模式図である。図13は、ブームの制限速度の垂直速度成分とブームの制限速度との関係を示す模式図である。図14は、刃先の偏差量及び変位量を示す模式図である。

[0067] 図4及び図5に示すように、表示コントローラ28は、目標掘削地形データUを生成して作業機コントローラ26に出力する。掘削制御は、例えば、油圧ショベル100のオペレータが、図2に示すスイッチ29Sを用いて掘削制御を実行することを選択した場合に実行される。掘削制御が実行されるにあたって、作業機コントローラ26は、ブーム操作量MB、アーム操作量MA及びバケット操作量MT並びに表示コントローラ28から取得した目標

掘削地形データU及びセンサコントローラ39から取得した傾斜角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ を用いて、掘削制御に必要なブーム指令信号CBIを生成し、また必要に応じてアーム指令信号及びバケット指令信号を生成し、制御弁27及び介入弁27Cを駆動して作業機2を制御する。

[0068] まず、表示コントローラ28について説明する。表示コントローラ28は、目標施工情報格納部28Aと、バケット刃先位置データ生成部28Bと、目標掘削地形データ生成部28Cとエラー判定部28Dとを含む。目標施工情報格納部28Aは、作業エリアにおける目標形状を示す情報としての目標施工情報Tを格納している。目標施工情報Tは、掘削対象の目標形状を示す情報としての目標掘削地形データUを生成するために必要とされる座標データ及び角度データを含んでいる。目標施工情報Tは、複数の目標施工面41の位置情報を含む。掘削制御作業機コントローラ26が作業機2を制御したり、表示部29に目標掘削地形データUaを表示させたりするために必要な目標施工情報Tは、例えば、無線通信によって目標施工情報格納部28Aにダウンロードされる。また、必要な目標施工情報Tは、これを保存している端末装置を表示コントローラ28に接続して、目標施工情報格納部28Aにダウンロードされてもよいし、持ち出し可能な記憶装置をコントローラ28に接続して転送してもよい。

[0069] バケット刃先位置データ生成部28Bは、グローバル座標演算部23から取得する基準位置データP及び旋回体方位データQに基づいて、上部旋回体3の旋回軸zを通る油圧シヨベル100の旋回中心の位置を示す旋回中心位置データXRを生成する。旋回中心位置データXRは、ローカル座標系の基準PLとxy座標が一致する。

[0070] バケット刃先位置データ生成部28Bは、旋回中心位置データXRと作業機2の傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ とに基づいて、バケット8の刃先8Tの現在位置を示すバケット刃先位置データSを生成する。

[0071] バケット刃先位置データ生成部28Bは、前述したように、例えば10Hzの周波数で基準位置データPと旋回体方位データQとをグローバル座標演

算部 23 から取得する。したがって、バケット刃先位置データ生成部 28B は、例えば 10Hz の周波数でバケット刃先位置データ S を更新することができる。バケット刃先位置データ生成部 28B は、更新したバケット刃先位置データ S を目標掘削地形データ生成部 28C に出力する。

[0072] 目標掘削地形データ生成部 28C は、目標施工情報格納部 28A に格納された目標施工情報 T と、バケット刃先位置データ生成部 28B からのバケット刃先位置データ S と、を取得する。目標掘削地形データ生成部 28C は、ローカル座標系において刃先 8T の現時点における刃先位置 P4 を通る垂線と目標施工面 41 との交点を掘削対象位置 44 として設定する。掘削対象位置 44 は、バケット 8 の刃先位置 P4 の直下の点である。目標掘削地形データ生成部 28C は、目標施工情報 T とバケット刃先位置データ S とに基づいて、図 4 に示すように、上部旋回体 3 の前後方向で規定され、かつ掘削対象位置 44 を通る作業機 2 の平面 42 と、複数の目標施工面 41 で表される目標施工情報 T との交線 43 を、目標掘削地形 431 の候補線として取得する。掘削対象位置 44 は、候補線上の一点である。平面 42 は、作業機 2 が動作する平面（動作平面）である。

[0073] 作業機 2 の動作平面は、ブーム 6 及びアーム 7 が油圧シヨベル 100 のローカル座標系の z 軸と平行な軸周りを回動しない場合、油圧シヨベル 100 の xz 平面と平行な平面である。ブーム 6 及びアーム 7 の少なくとも一方が油圧シヨベル 100 のローカル座標系の z 軸と平行な軸周りを回動する場合、作業機 2 の動作平面は、アームが回動する軸、すなわち図 1 に示すアームピン 14 の軸線と直交する平面である。以下において、作業機 2 の動作平面をアーム動作平面と称する。

[0074] 目標掘削地形データ生成部 28C は、目標施工情報 T の掘削対象位置 44 の前後における単数又は複数の変曲点とその前後の線とを、掘削対象となる目標掘削地形 431 として決定する。図 4 に示す例では、2 個の変曲点 P_v1、P_v2 とその前後の線とが目標掘削地形 431 として決定される。そして、目標掘削地形データ生成部 28C は、掘削対象位置 44 の前後における

単数又は複数の変曲点の位置情報とその前後の線の角度情報とを、掘削対象の目標形状を示す情報である目標掘削地形データUとして生成する。本実施形態において、目標掘削地形431は線で規定しているが、例えばバケット8の幅等に基づき、面として規定されていてもよい。このようにして生成された目標掘削地形データUは、複数の目標施工面41の一部の情報を有している。目標掘削地形データ生成部28Cは、生成した目標掘削地形データUを作業機コントローラ26に出力する。本実施形態において、表示コントローラ28と作業機コントローラとは直接信号のやり取りをするが、例えば、CAN (Controller Area Network) のような車内信号線を介して信号をやり取りしてもよい。

[0075] 本実施形態において、目標掘削地形データUは、作業機2が動作する動作平面としての平面42と、予め用意された少なくとも1つの目標施工面（第1の目標施工面）41とが交差する部分における情報である。平面42は、図3A、図3Bに示すローカル座標系（ x 、 y 、 z ）における xz 平面である。平面42によって、複数の目標施工面41を切り出すことによって得られた目標掘削地形データUを、適宜前後方向目標掘削地形データUと称する。

[0076] 表示コントローラ28は、必要に応じて、目標掘削地形データUに基づいて表示部29に目標掘削地形431を表示させる。表示用の情報としては、表示用の目標掘削地形データUaが用いられる。表示用の目標掘削地形データUaに基づき、例えば、図5に示すような、バケット8の掘削対象として設定された目標掘削地形431と刃先8Tとの位置関係を示す画像が、表示部29に表示される。表示コントローラ28は、表示用の目標掘削地形データUaに基づいて表示部29に目標掘削地形（表示用の目標掘削地形）431を表示する。作業機コントローラ26に出力された目標掘削地形データUは掘削制御に用いられる。掘削制御に用いられる目標掘削地形データUを、適宜作業用目標掘削地形データと称する。

[0077] 目標掘削地形データ生成部28Cは、前述したように、例えば10Hzの

周波数でバケット刃先位置データSをバケット刃先位置データ生成部28Bから取得する。したがって、目標掘削地形データ生成部28Cは、例えば10Hzの周波数で目標掘削地形データUを更新し、作業機コントローラ26に出力することができる。作業機コントローラ26は、目標掘削地形データ生成部28Cが目標掘削地形データUを生成する周期で、目標掘削地形データUを取得することができる。

[0078] エラー判定部28Dは、例えば、図1及び図2に示すGNSSアンテナ21、22が測位衛星から基準位置データP1、P2を受信できなくなった結果、基準位置データPをグローバル座標演算部23から取得できない場合に、エラー信号Jを作業機コントローラ26に出力する。エラー判定部28Dは、例えば、バケット刃先位置データ生成部28Bがバケット刃先位置データSを生成できなくなった結果、目標掘削地形データ生成部28Cが目標掘削地形データUを生成できなくなった場合等に、エラー信号Jを出力してもよい。また、エラー判定部28Dは、目標掘削地形データ生成部28Cが目標施工情報格納部28Aから目標施工情報Tを取得できない結果、目標掘削地形データUを生成できなくなった場合等に、エラー信号Jを出力してもよい。すなわち、エラー判定部28Dは、目標掘削地形データ生成部28Cが目標掘削地形データUを生成できなくなった場合等に、エラー信号Jを出力することができる。これは、例えば、掘削制御中に、作業機2、より具体的にはバケット8が目標施工面41から外れた場合が該当する。

[0079] 掘削制御は、目標掘削地形431を導出する目標施工面41に対して行われるが、掘削制御中に、作業機2、より具体的にはバケット8が目標施工面41から外れた場合の処理について説明する。目標施工面41は現場単位で設定されるが、この設定は必ずしも簡易なものではないため、施工が必要となる一部の目標施工情報Tしか作成されないことがある。バケット8の刃先8Tが目標施工面41のない場所に移動した場合、表示コントローラ28は目標掘削地形431を無効値として取得し、出力する。作業機コントローラ26は、この場合には無効値となっている目標掘削地形431とバケット8

の刃先 8 T の下に存在する掘削対象位置 4 4 との距離を無限大として算出する。

[0080] 掘削制御が実行されている目標掘削地形 4 3 I とバケット 8 の刃先 8 T とが近く、かつ（ブーム制限距離以内）ブーム 6 が介入する制御（以下、適宜ブーム介入制御と称する）の上昇動作が行われている場合、目標掘削地形 4 3 I とバケット 8 の刃先 8 T との距離が大きくなるため、ブーム 6 の上昇動作が解除される。このとき、作業機コントローラ 2 6 は、ブーム 6 の上昇動作からブーム 6 の上昇動作の解除に徐々に移行するように、電磁弁 2 7 E を徐々に閉じる。この処理をモジュレーション処理という。

[0081] 目標掘削地形 4 3 I とバケット 8 の刃先 8 T との距離が急激に増加すると、ブーム 6 が急激に下降するため、油圧ショベルのオペレータが予期しないショックが発生する可能性がある。モジュレーション処理は、このショックを解消することができる。モジュレーション処理が実行される条件の例外として、目標掘削地形 4 3 I とバケット 8 の刃先 8 T との距離が、ブーム制限距離（後述する第 1 所定値 d_{th1} であり、例えば 800 mm）よりも大きい所定距離（例えば 3000 mm）以内である場合が挙げられる。この条件が成立すると、作業機コントローラ 2 6 は、モジュレーション処理を実行しない。例えば、オペレータが、段差の大きい地形で下方の地形に向かって作業機 2 を移動させ、掘削対象位置 4 4 が目標施工面 4 1 上に存在しない場合と同様に、ブーム介入制御が行われない状態になる。この場合、オペレータの意思に基づいて掘削制御から離脱する状態になる。この場合は、オペレータの意図なのでショックの発生は許容される。

[0082] G N S S アンテナ 2 1、2 2 が測位衛星から基準位置データ P 1、P 2 を受信できなくなった等の結果、目標掘削地形データ生成部 2 8 C が目標掘削地形データ U を生成できなくなった場合、表示コントローラ 2 8 は、初期化（イニシャライズ）作業を実行する。次に、作業機コントローラ 2 6 について説明する。

[0083] 作業機コントローラ 2 6 は、目標速度決定部 5 2 と、距離取得部 5 3 と、

制限速度決定部 54 と、作業機制御部 57 と、データ保持部 58 と、切替部 59 とを有する。作業機コントローラ 26 は、前述した前後方向目標掘削地形データ U に基づく目標掘削地形 43 I を用いて掘削制御を実行する。このように、本実施形態では、表示に用いられる目標掘削地形 43 I と、掘削制御に用いられる目標掘削地形 43 I とがある。前者を表示用目標掘削地形と称し、後者を掘削制御用目標掘削地形と称する。

[0084] 本実施形態において、目標速度決定部 52、距離取得部 53、制限速度決定部 54、作業機制御部 57、データ保持部 58 及び切替部 59 の機能は、図 2 に示す処理部 26 P が実現する。次に、作業機コントローラ 26 による掘削制御について説明する。この掘削制御は、作業機 2 の前後方向における掘削制御の例であるが、作業機 2 の幅方向においても掘削制御は可能である。

[0085] 目標速度決定部 52 は、ブーム目標速度 V_{c_bm} と、アーム目標速度 V_{c_am} と、バケット目標速度 V_{c_bkt} とを決定する。ブーム目標速度 V_{c_bm} は、ブームシリンダ 10 のみが駆動されるとき刃先 8 T の速度である。アーム目標速度 V_{c_am} は、アームシリンダ 11 のみが駆動されるとき刃先 8 T の速度である。バケット目標速度 V_{c_bkt} は、バケットシリンダ 12 のみが駆動されるとき刃先 8 T の速度である。ブーム目標速度 V_{c_bm} は、ブーム操作量 MB に応じて算出される。アーム目標速度 V_{c_am} は、アーム操作量 MA に応じて算出される。バケット目標速度 V_{c_bkt} は、バケット操作量 MT に応じて算出される。

[0086] 記憶部 26 M は、ブーム操作量 MB とブーム目標速度 V_{c_bm} との関係を規定する目標速度情報を記憶している。目標速度決定部 52 は、目標速度情報を参照することにより、ブーム操作量 MB に対応するブーム目標速度 V_{c_bm} を決定する。目標速度情報は、例えば、ブーム操作量 MB に対するブーム目標速度 V_{c_bm} の大きさが記述されたグラフである。目標速度情報は、テーブル又は数式等の形態でもよい。目標速度情報は、アーム操作量 MA とアーム目標速度 V_{c_am} との関係を規定する情報を含む。目標速度

情報は、バケット操作量 M_T とバケット目標速度 V_{c_bkt} との関係を規定する情報を含む。目標速度決定部 52 は、目標速度情報を参照することにより、アーム操作量 M_A に対応するアーム目標速度 V_{c_am} を決定する。目標速度決定部 52 は、目標速度情報を参照することにより、バケット操作量 M_T に対応するバケット目標速度 V_{c_bkt} を決定する。目標速度決定部 52 は、図 7 に示すように、ブーム目標速度 V_{c_bm} を、目標掘削地形 431（目標掘削地形データ U ）に垂直な方向の速度成分（以下、適宜垂直速度成分と称する） V_{cy_bm} 及び目標掘削地形 431（目標掘削地形データ U ）に平行な方向の速度成分（以下、適宜水平速度成分と称する） V_{cx_bm} に変換する。

[0087] 例えば、まず、目標速度決定部 52 は、傾斜角 θ_5 をセンサコントローラ 39 から取得し、グローバル座標系の垂直軸に対して目標掘削地形 431 と直交する方向における傾きとを求める。そして、目標速度決定部 52 は、これらの傾きからローカル座標系の垂直軸と目標掘削地形 431 に直交する方向との傾きを表す角度 β_2 （図 8 参照）を求める。

[0088] 次に、目標速度決定部 52 は、図 8 に示すように、ローカル座標系の垂直軸とブーム目標速度 V_{c_bm} の方向とのなす角度 β_2 とから、三角関数によりブーム目標速度 V_{c_bm} をローカル座標系の垂直軸方向の速度成分 V_{L1_bm} と水平軸方向の速度成分 V_{L2_bm} とに変換する。そして、図 9 に示すように、目標速度決定部 52 は、前述したローカル座標系の垂直軸と目標掘削地形 431 に直交する方向との傾き β_1 から、三角関数により、ローカル座標系の垂直軸方向における速度成分 V_{L1_bm} と水平軸方向における速度成分 V_{L2_bm} とを、前述した目標掘削地形 431 に対する垂直速度成分 V_{cy_bm} 及び水平速度成分 V_{cx_bm} とに変換する。同様に、目標速度決定部 52 は、アーム目標速度 V_{c_am} を、ローカル座標系の垂直軸方向における垂直速度成分 V_{cy_am} 及び水平速度成分 V_{cx_am} に変換する。目標速度決定部 52 は、バケット目標速度 V_{c_bkt} を、ローカル座標系の垂直軸方向における垂直速度成分 V_{cy_bkt} 及び水

平速度成分 V_{cx_bkt} に変換する。

[0089] 距離取得部 53 は、図 10 に示すように、バケット 8 の刃先 8T と目標掘削地形 431 との間の距離 d を取得する。詳細には、距離取得部 53 は、前述したように取得した刃先 8T の位置情報及び目標掘削地形 431 の位置を示す目標掘削地形データ U 等から、バケット 8 の刃先 8T と目標掘削地形 431 との間の最短となる距離 d を算出する。本実施形態では、バケット 8 の刃先 8T と目標掘削地形 431 との間の最短となる距離 d に基づいて、掘削制御が実行される。

[0090] 制限速度決定部 54 は、バケット 8 の刃先 8T と目標掘削地形 431 との間の距離 d に基づいて、図 1 に示す作業機 2 全体の制限速度 V_{cy_lmt} を算出する。作業機 2 全体の制限速度 V_{cy_lmt} は、バケット 8 の刃先 8T が目標掘削地形 431 に接近する方向において許容できる刃先 8T の移動速度である。図 2 に示す記憶部 26M は、距離 d と制限速度 V_{cy_lmt} との関係を規定する制限速度情報を記憶している。

[0091] 図 11 は、制限速度情報の一例を示している。図 11 中の横軸は距離 d 、縦軸は制限速度 V_{cy} である。本実施形態において、刃先 8T が目標掘削地形 431 の外方、すなわち油圧ショベル 100 の作業機 2 側に位置しているときの距離 d は正の値であり、刃先 8T が目標掘削地形 431 の内方、すなわち目標掘削地形 431 よりも掘削対象の内部側に位置しているときの距離 d は負の値である。これは、例えば、図 10 に図示されるように、刃先 8T が目標掘削地形 431 の上方に位置しているときの距離 d は正の値であり、刃先 8T が目標掘削地形 431 の下方に位置しているときの距離 d は負の値であるとも言える。また、刃先 8T が目標掘削地形 431 に対して侵食しない位置にあるときの距離 d は正の値であり、刃先 8T が目標掘削地形 431 に対して侵食する位置にあるときの距離 d は負の値であるとも言える。刃先 8T が目標掘削地形 431 上に位置しているとき、すなわち刃先 8T が目標掘削地形 431 と接しているときの距離 d は 0 である。

[0092] 本実施形態において、刃先 8T が目標掘削地形 431 の内方から外方に向

かうときの速度を正の値とし、刃先 8 T が目標掘削地形 4 3 1 の外方から内方に向かうときの速度を負の値とする。すなわち、刃先 8 T が目標掘削地形 4 3 1 の上方に向かうときの速度を正の値とし、刃先 8 T が下方に向かうときの速度を負の値とする。

[0093] 制限速度情報において、距離 d が d_1 と d_2 との間であるときの制限速度 $V_{c y_l m t}$ の傾きは、距離 d が d_1 以上又は d_2 以下のときの傾きより小さい。 d_1 は 0 より大きい。 d_2 は 0 より小さい。目標掘削地形 4 3 1 付近の操作においては制限速度をより詳細に設定するために、距離 d が d_1 と d_2 との間であるときの傾きを、距離 d が d_1 以上又は d_2 以下であるときの傾きよりも小さくする。距離 d が d_1 以上のとき、制限速度 $V_{c y_l m t}$ は負の値であり、距離 d が大きくなるほど制限速度 $V_{c y_l m t}$ は小さくなる。つまり、距離 d が d_1 以上のとき、目標掘削地形 4 3 1 より上方において刃先 8 T が目標掘削地形 4 3 1 から遠いほど、目標掘削地形 4 3 1 の下方へ向かう速度が大きくなり、制限速度 $V_{c y_l m t}$ の絶対値は大きくなる。距離 d が 0 以下のとき、制限速度 $V_{c y_l m t}$ は正の値であり、距離 d が小さくなるほど制限速度 $V_{c y_l m t}$ は大きくなる。つまり、バケット 8 の刃先 8 T が目標掘削地形 4 3 1 から遠ざかる距離 d が 0 以下のとき、目標掘削地形 4 3 1 より下方において刃先 8 T が目標掘削地形 4 3 1 から遠いほど、目標掘削地形 4 3 1 の上方へ向かう速度が大きくなり、制限速度 $V_{c y_l m t}$ の絶対値は大きくなる。

[0094] 距離 d が第 1 所定値 $d_{t h 1}$ 以上では、制限速度 $V_{c y_l m t}$ は、 $V_{m i n}$ となる。第 1 所定値 $d_{t h 1}$ は正の値であり、 d_1 より大きい。 $V_{m i n}$ は、目標速度の最小値よりも小さい。つまり、距離 d が第 1 所定値 $d_{t h 1}$ 以上では、作業機 2 の動作の制限が行われない。したがって、刃先 8 T が目標掘削地形 4 3 1 の上方において目標掘削地形 4 3 1 から大きく離れているときには、作業機 2 の動作の制限、すなわち掘削制御が行われない。距離 d が第 1 所定値 $d_{t h 1}$ より小さいときに、作業機 2 の動作の制限が行われる。詳細には、後述するように、距離 d が第 1 所定値 $d_{t h 1}$ より小さいと

きに、ブーム6の動作の制限が行われる。

[0095] 制限速度決定部54は、作業機2全体の制限速度 V_{cy_lmt} とアーム目標速度 V_{c_am} とバケット目標速度 V_{c_bkt} とからブーム6の制限速度の垂直速度成分（以下、適宜ブーム6の制限垂直速度成分と称する） $V_{cy_bm_lmt}$ を算出する。制限速度決定部54は、図12に示すように、作業機2全体の制限速度 V_{cy_lmt} から、アーム目標速度の垂直速度成分 V_{cy_am} と、バケット目標速度の垂直速度成分 V_{cy_bkt} とを減算することにより、ブーム6の制限垂直速度成分 $V_{cy_bm_lmt}$ を算出する。

[0096] 制限速度決定部54は、図13に示すように、ブーム6の制限垂直速度成分 $V_{cy_bm_lmt}$ を、ブーム6の制限速度（ブーム制限速度） $V_{c_bm_lmt}$ に変換する。制限速度決定部54は、前述したブーム6の傾斜角 θ_1 、アーム7の傾斜角 θ_2 、バケット8の傾斜角 θ_3 、GNSSアンテナ21、22の基準位置データ及び目標掘削地形データU等から、目標掘削地形431に垂直な方向とブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ の方向との間の関係を求め、ブーム6の制限垂直速度成分 $V_{cy_bm_lmt}$ を、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ に変換する。この場合の演算は、前述したブーム目標速度 V_{c_bm} から目標掘削地形431に垂直な方向の垂直速度成分 V_{cy_bm} を求めた演算と逆の手順により行われる。

[0097] 図2に示すシャトル弁51は、ブーム6の操作に基づいて生成されたパイロット圧力と、ブーム介入指令CB1に基づいて介入弁27Cが生成したパイロット圧力とのうち大きい方を選択して方向制御弁64に供給する。ブーム介入指令CB1に基づくパイロット圧力がブーム6の操作に基づいて生成されたパイロット圧力よりも大きい場合、ブーム介入指令CB1に基づくパイロット圧力によってブームシリンダ10に対応する方向制御弁64が動作する。その結果、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ に基づくブーム6の駆動が実現される。

[0098] 作業機制御部57は、作業機2を制御する。作業機制御部57は、アーム

指令信号とブーム指令信号とブーム介入指令C B Iとバケット指令信号とを
図2に示す制御弁27及び介入弁27Cに出力することによって、ブームシ
リンダ10とアームシリンダ11とバケットシリンダ12とを制御する。ア
ーム指令信号とブーム指令信号とブーム介入指令C B Iとバケット指令信号
とは、それぞれブーム指令速度とアーム指令速度とバケット指令速度とに応
じた電流値を有する。

[0099] ブーム6の上げ操作に基づいて生成されたパイロット圧力がブーム介入指
令C B Iに基づくパイロット圧力よりも大きい場合、シャトル弁51がレバ
ー操作に基づくパイロット圧を選択する。ブーム6の操作に基づきシャトル
弁51によって選択されたパイロット圧力によってブームシリンダ10に対
応する方向制御弁64が動作する。すなわち、ブーム6は、ブーム目標速度
 V_{c_bm} に基づいて駆動されるので、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$
に基づいては駆動されない。

[0100] ブーム6の操作に基づいて生成されたパイロット圧力がブーム介入指令C
B Iに基づくパイロット圧力よりも大きい場合、作業機制御部57は、ブー
ム目標速度 V_{c_bm} 、アーム目標速度 V_{c_am} 及びバケット目標速度 V_{c_bkt}
のそれぞれを、ブーム指令速度、アーム指令速度及びバケット指
令速度として選択する。作業機制御部57は、ブーム目標速度 V_{c_bm} 、
アーム目標速度 V_{c_am} 及びバケット目標速度 V_{c_bkt} に応じてブー
ムシリンダ10、アームシリンダ11及びバケットシリンダ12の速度（シ
リンダ速度）を決定する。そして、作業機制御部57は、決定したシリンダ
速度に基づいて制御弁27を制御することにより、ブームシリンダ10、ア
ームシリンダ11及びバケットシリンダ12を動作させる。

[0101] このように、通常運転時において、作業機制御部57は、ブーム操作量M
Bとアーム操作量MAとバケット操作量MTとに応じて、ブームシリンダ1
0とアームシリンダ11とバケットシリンダ12とを動作させる。したがっ
て、ブームシリンダ10はブーム目標速度 V_{c_bm} で動作し、アームシリ
ンダ11はアーム目標速度 V_{c_am} で動作し、バケットシリンダ12はバ

ケット目標速度 V_{c_bkt} で動作する。

[0102] ブーム介入指令 $CB1$ に基づくパイロット圧力がブーム 6 の操作に基づいて生成されたパイロット圧力よりも大きい場合、介入の指令に基づく介入弁 $27C$ から出力されたパイロット圧をシャトル弁 51 が選択する。その結果、ブーム 6 は、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ で動作するとともに、アーム 7 は、アーム目標速度 V_{c_am} で動作する。また、バケット 8 は、バケット目標速度 V_{c_bkt} で動作する。

[0103] 前述したように、作業機 2 全体の制限速度 $V_{c_y_lmt}$ から、アーム目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_am}$ とバケット目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_bkt}$ とを減算することにより、ブーム 6 の制限垂直速度成分 $V_{c_y_bm_lmt}$ が算出される。したがって、作業機 2 全体の制限速度 $V_{c_y_lmt}$ が、アーム目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_am}$ とバケット目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_bkt}$ との和よりも小さいときには、ブーム 6 の制限垂直速度成分 $V_{c_y_bm_lmt}$ は、ブームが上昇する負の値となる。

[0104] したがって、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ は、負の値となる。この場合、作業機制御部 57 は、ブーム 6 を下降させるが、ブーム目標速度 V_{c_bm} よりも減速させる。このため、オペレータの違和感を小さく抑えながらバケット 8 が目標掘削地形 $43I$ を侵食すること抑制することができる。

[0105] 作業機 2 全体の制限速度 $V_{c_y_lmt}$ が、アーム目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_am}$ とバケット目標速度の垂直速度成分 $V_{c_y_bkt}$ との和よりも大きいときには、ブーム 6 の制限垂直速度成分 $V_{c_y_bm_lmt}$ は、正の値となる。したがって、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ は、正の値となる。この場合、操作装置 25 がブーム 6 を下降させる方向に操作されていても、図 2 に示す介入弁 $27C$ からの指令信号に基づき、ブーム 6 が上昇する。このため、目標掘削地形 $43I$ の侵食の拡大を迅速に抑えることができる。

[0106] 刃先 $8T$ が目標掘削地形 $43I$ より上方に位置しているときには、刃先 $8T$ が目標掘削地形 $43I$ に近づくほど、ブーム 6 の制限垂直速度成分 V_{c_y}

$_bm_lmt$ の絶対値が小さくなるとともに、目標掘削地形 431 に平行な方向へのブーム 6 の制限速度の速度成分（以下、適宜制限水平速度成分と称する） $Vc_x_bm_lmt$ の絶対値も小さくなる。したがって、刃先 8T が目標掘削地形 431 より上方に位置しているときには、刃先 8T が目標掘削地形 431 に近づくほど、ブーム 6 の目標掘削地形 431 に垂直な方向への速度と、ブーム 6 の目標掘削地形 431 に平行な方向への速度とがともに減速される。油圧ショベルのオペレータによって左操作レバー 25L 及び右操作レバー 25R が同時に操作されることにより、ブーム 6 とアーム 7 とバケット 8 とが同時に動作する。このとき、ブーム 6 とアーム 7 とバケット 8 との各目標速度 Vc_bm 、 Vc_am 、 Vc_bkt が入力されたとして前述した制御を説明すると次の通りである。

[0107] 図 14 は、目標掘削地形 431 とバケット 8 の刃先 8T との間の距離 d が第 1 所定値 d_{th1} より小さく、バケット 8 の刃先が位置 P_{n1} から位置 P_{n2} に移動する場合のブーム 6 の制限速度の変化の一例を示している。位置 P_{n2} での刃先 8T と目標掘削地形 431 との間の距離は、位置 P_{n1} での刃先 8T と目標掘削地形 431 との間の距離よりも小さい。このため、位置 P_{n2} でのブーム 6 の制限垂直速度成分 $Vc_y_bm_lmt2$ は、位置 P_{n1} でのブーム 6 の制限垂直速度成分 $Vc_y_bm_lmt1$ よりも小さい。したがって、位置 P_{n2} でのブーム制限速度 Vc_bm_lmt2 は、位置 P_{n1} でのブーム制限速度 Vc_bm_lmt1 よりも小さくなる。また、位置 P_{n2} でのブーム 6 の制限水平速度成分 $Vc_x_bm_lmt2$ は、位置 P_{n1} でのブーム 6 の制限水平速度成分 $Vc_x_bm_lmt1$ よりも小さくなる。ただし、このとき、アーム目標速度 Vc_am 及びバケット目標速度 Vc_bkt に対しては、制限は行われない。このため、アーム目標速度の垂直速度成分 Vc_y_am 及び水平速度成分 Vc_x_am と、バケット目標速度の垂直速度成分 Vc_y_bkt 及び水平速度成分 Vc_x_bkt に対しては、制限は行われない。

[0108] 前述したように、アーム 7 に対して制限を行わないことにより、オペレー

タの掘削意思に対応するアーム操作量の変化は、バケット 8 の刃先 8 T の速度変化として反映される。このため、本実施形態は、目標掘削地形 4 3 1 の侵食の拡大を抑制しながらオペレータの掘削時の操作における違和感を抑えることができる。

[0109] 図 5 に示すデータ保持部 5 8 は、表示コントローラ 2 8 の設計地形データ生成部 2 8 C が出力した設計地形データ U を、例えば 1 0 0 m s e c 周期で取得し、1 周期前の設計データ U を保持する。データ保持部 5 8 は、例えば、1 周期前の設計地形データ U 及び現在の設計地形データ U を保持し、次の新たな設計地形データ U を取得した時点で最も古い設計地形データ U を順次消去することにより、一定の時間が経過した設計地形データ U の保持を終了する。また、データ保持部 5 8 は、油圧シヨベル 1 0 0 の走行又は作業機 2 の旋回があった場合には、保持していた設計地形データ U を消去して設計地形データ U の保持を終了する。データ保持部 5 8 は、例えば、図 2 に示す左操作レバー 2 5 L の旋回操作量 M R 又は走行用レバー 2 5 F L、2 5 F R の操作量 M D に基づいて、油圧シヨベル 1 0 0 の走行又は作業機 2 の旋回を判定する。

[0110] 切替部 5 9 は、表示コントローラ 2 8 のエラー判定部 2 8 D から出力されるエラー信号 J に応じて、設計地形データ生成部 2 8 C の設計地形データ U 又はデータ保持部 5 8 に保持されている設計地形データ U のいずれか一方を距離取得部 5 3 に出力する。実施形態において、切替部 5 9 は、エラー判定部 2 8 D からエラー信号 J を取得した場合、データ保持部 5 8 に保持されている設計地形データ U を距離取得部 5 3 に出力し、エラー判定部 2 8 D からエラー信号 J を取得しない場合、設計地形データ生成部 2 8 C から出力された設計地形データ U を距離取得部 5 3 に出力する。

[0111] 前述した作業機制御部 5 7 は、油圧シヨベル 1 0 0 の走行又は作業機 2 の旋回があった場合には、領域制限掘削制御を終了する。この場合、作業機制御部 5 7 は、例えば、図 2 に示す左操作レバー 2 5 L の旋回操作量 M R 又は走行用レバー 2 5 F L、2 5 F R の操作量 M D に基づいて、油圧シヨベル 1

〇〇の走行又は作業機２の旋回を判定する。

[0112] 刃先８Ｔの刃先位置Ｐ４は、ＧＮＳＳに限らず、他の測位手段によって測位されもよい。したがって、刃先８Ｔと目標掘削地形４３１との距離ｄは、ＧＮＳＳに限らず、他の測位手段によって測位されてもよい。バケット制限速度の絶対値は、バケット目標速度の絶対値よりも小さい。バケット制限速度は、例えば前述したアーム制限速度と同様の手法で算出されてもよい。なお、アーム７の制限とともにバケット８の制限が行われてもよい。次に、図２に示す油圧システム３００の詳細及び掘削制御時における油圧システム３００の動作を説明する。

[0113] 図１５は、油圧ショベル１００が備える油圧システム３００の詳細な構造を示す図である。図１５に示すように、油圧システム３００は、ブームシリンダ１０、アームシリンダ１１及びバケットシリンダ１２を含む油圧シリンダ６０を備える。油圧シリンダ６０は、図２に示す油圧ポンプ３６、３７から供給された作動油によって作動する。

[0114] 本実施形態においては、作動油が流れる方向を制御する方向制御弁６４が設けられる。方向制御弁６４は、ブームシリンダ１０、アームシリンダ１１及びバケットシリンダ１２のそれぞれに配置される。以下において、ブームシリンダ１０、アームシリンダ１１及びバケットシリンダ１２を区別しないときには、油圧シリンダ６０と称する。方向制御弁６４は、ロッド状のスプール６４Ｓ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６４Ｓは、図２に示す操作装置２５から供給された作動油パイロット油により移動する。方向制御弁６４は、スピールの移動により油圧シリンダ６０に作動油（以下、適宜パイロット油と称する）を供給して油圧シリンダ６０を動作させる。

[0115] 図２に示す油圧ポンプ３６、３７から供給された作動油は、方向制御弁６４を介して、油圧シリンダ６０に供給される。スプール６４Ｓが軸方向に移動することにより、油圧シリンダ６０のキャップ側油室４８Ｒに対する作動油の供給と、ロッド側油室４７Ｒに対する作動油の供給とが切り替わる。ま

た、スプール64Sが軸方向に移動することにより、油圧シリンダ60に対する作動油の供給量（単位時間当たりの供給量）が調整される。油圧シリンダ60に対する作動油の供給量が調整されることにより、油圧シリンダ60のシリンダ速度が調整される。後述するブームシリンダ10に作動油を供給する方向制御弁640及びアームシリンダ11に作動油を供給する方向制御弁641には、スプール64Sの移動量（移動距離）を検出するスプールのストロークセンサ65が設けられている。

[0116] 方向制御弁64の動作は、操作装置25によって調整される。油圧ポンプ36から送出され、減圧弁によって減圧された作動油がパイロット油として操作装置25に供給される。油圧ポンプ36とは異なるパイロット油圧ポンプから送出されたパイロット油が操作装置25に供給されてもよい。操作装置25は、各操作レバーの操作に基づいて、パイロット油圧が調整される。そのパイロット油圧によって、方向制御弁64が駆動される。操作装置25によりパイロット油圧が調整されることによって、軸方向に関するスプール64Sの移動量が調整される。

[0117] 方向制御弁64は、ブームシリンダ10、アームシリンダ11及びバケットシリンダ12のそれぞれに設けられる。以下の説明において、ブームシリンダ10に接続される方向制御弁64を適宜、方向制御弁640、と称する。アームシリンダ11に接続される方向制御弁64を適宜、方向制御弁641、と称する。バケットシリンダ12に接続される方向制御弁64を適宜、方向制御弁642、と称する。

[0118] 操作装置25と方向制御弁64とは、パイロット油路450を介して接続される。方向制御弁64のスプール64Sを移動するためのパイロット油は、パイロット油路450を流れる。本実施形態において、パイロット油路450に、制御弁27、圧力センサ66及び圧力センサ67が配置されている。

[0119] 方向制御弁64に、パイロット油路450が接続される。パイロット油路450を介して、パイロット油が方向制御弁64に供給される。方向制御弁

64は、第1受圧室及び第2受圧室を有する。パイロット油路450は、第1受圧室と第2受圧室とに接続される。後述するパイロット油路4520B、4521B、4522Bを介して方向制御弁64の第1受圧室にパイロット油が供給されると、そのパイロット油圧に応じてスプール64Sが移動し、方向制御弁64を介して油圧シリンダ60のキャップ側油室48Rに作動油が供給される。キャップ側油圧室48Rに対する作動油の供給量は、操作装置25の操作量（スプール64Sの移動量）により調整される。

[0120] 後述するパイロット油路4520A、4521A、4522Aを介して方向制御弁64の第2受圧室にパイロット油が供給されると、そのパイロット油圧に応じてスプールが移動し、方向制御弁64を介して油圧シリンダ60のロッド側油室47Rに作動油が供給される。ロッド側油圧室47Rに対する作動油の供給量は、操作装置25の操作量（スプール64Sの移動量）により調整される。

[0121] すなわち、操作装置25によりパイロット油圧が調整されたパイロット油が方向制御弁64に供給されることにより、スプール64Sは軸方向に関して一方側に移動する。操作装置25によりパイロット油圧が調整されたパイロット油が方向制御弁64に供給されることにより、スプール64Sは軸方向に関して他方側に移動する。その結果、軸方向に関するスプール64Sの位置が調整される。

[0122] 以下の説明において、ブームシリンダ10に対して作動油を供給する方向制御弁640に接続されるパイロット油路450を適宜、ブーム調整用油路4520A、4520B、と称する。アームシリンダ11に対する作動油の供給を行う方向制御弁641に接続されるパイロット油路450を適宜、アーム調整用油路4521A、4521B、と称する。バケットシリンダ12に対する作動油の供給を行う方向制御弁642に接続されるパイロット油路450を適宜、バケット調整用油路4522A、4522B、と称する。

[0123] 以下の説明において、ブーム調整用油路4520Aに接続されるパイロット油路450を適宜、ブーム操作用油路4510A、と称し、ブーム調整用

油路４５２０Ｂに接続されるパイロット油路４５０を適宜、ブーム操作用油路４５１０Ｂ、と称する。アーム調整用油路４５２１Ａに接続されるパイロット油路４５０を適宜、アーム操作用油路４５１１Ａ、と称し、アーム調整用油路４５２１Ｂに接続されるパイロット油路４５０を適宜、アーム操作用油路４５１１Ｂ、と称する。バケット調整用油路４５２２Ａに接続されるパイロット油路４５０を適宜、バケット操作用油路４５１２Ａ、と称し、バケット調整用油路４５２２Ｂに接続されるパイロット油路４５０を適宜、バケット操作用油路４５１２Ｂ、と称する。

[0124] ブーム操作用油路（４５１０Ａ、４５１０Ｂ）及びブーム調整用油路（４５２０Ａ、４５２０Ｂ）は、パイロット油圧方式の操作装置２５と接続される。ブーム操作用油路（４５１０Ａ、４５１０Ｂ）に、操作装置２５の操作量に応じて圧力が調整されたパイロット油が流れる。アーム操作用油路（４５１１Ａ、４５１１Ｂ）及びアーム調整用油路（４５２１Ａ、４５２１Ｂ）は、パイロット油圧方式の操作装置２５と接続される。アーム操作用油路（４５１１Ａ、４５１１Ｂ）に、操作装置２５の操作量に応じて圧力が調整されたパイロット油が流れる。バケット操作用油路（４５１２Ａ、４５１２Ｂ）及びバケット調整用油路（４５２２Ａ、４５２２Ｂ）は、パイロット油圧方式の操作装置２５と接続される。バケット操作用油路（４５１２Ａ、４５１２Ｂ）に、操作装置２５の操作量に応じて圧力が調整されたパイロット油が流れる。

[0125] ブーム操作用油路４５１０Ａ、ブーム操作用油路４５１０Ｂ、ブーム調整用油路４５２０Ａ及びブーム調整用油路４５２０Ｂは、ブーム６を動作させるためのパイロット油が流れるブーム用油路である。アーム操作用油路４５１１Ａ、アーム操作用油路４５１１Ｂ、アーム調整用油路４５２１Ａ及びアーム調整用油路４５２１Ｂは、アーム７を動作させるためのパイロット油が流れるアーム用油路である。バケット操作用油路４５１２Ａ、バケット操作用油路４５１２Ｂ、バケット調整用油路４５２２Ａ及びバケット調整用油路４５２２Ｂは、バケット８を動作させるためのパイロット油が流れるバケッ

ト用油路である。

[0126] 前述したように、操作装置 25 の操作により、ブーム 6 は、下げ動作及び上げ動作の 2 種類の動作を実行する。ブーム 6 の下げ動作が実行されるように操作装置 25 が操作されることにより、ブームシリンダ 10 に接続された方向制御弁 640 に、ブーム操作用油路 4510A 及びブーム調整用油路 4520A を介して、パイロット油が供給される。方向制御弁 640 はパイロット油圧に基づいて作動する。その結果、油圧ポンプ 36、37 からの作動油がブームシリンダ 10 に供給され、ブーム 6 の下げ動作が実行される。

[0127] ブーム 6 の上げ動作が実行されるように操作装置 25 が操作されることにより、ブームシリンダ 10 に接続された方向制御弁 640 に、ブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整用油路 4520B を介して、パイロット油が供給される。方向制御弁 640 はパイロット油圧に基づいて作動する。その結果、油圧ポンプ 36、37 からの作動油がブームシリンダ 10 に供給され、ブーム 6 の上げ動作が実行される。

[0128] すなわち、本実施形態において、ブーム操作用油路 4510A 及びブーム調整用油路 4520A は、方向制御弁 640 の第 2 受圧室と接続され、ブーム 6 を下げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム下げ用油路である。ブーム操作用油路 4510B 及びブーム調整用油路 4520B は、方向制御弁 640 の第 1 受圧室と接続され、ブーム 6 を上げ動作させるためのパイロット油が流れるブーム上げ用油路である。

[0129] また、操作装置 25 の操作により、アーム 7 は、下げ動作及び上げ動作の 2 種類の動作を実行する。アーム 7 の上げ動作が実行されるように操作装置 25 が操作されることにより、アームシリンダ 11 に接続された方向制御弁 641 に、アーム操作用油路 4511A 及びアーム調整用油路 4521A を介して、パイロット油が供給される。方向制御弁 641 はパイロット油圧に基づいて作動する。その結果、油圧ポンプ 36、37 からの作動油がアームシリンダ 11 に供給され、アーム 7 の上げ動作が実行される。

[0130] アーム 7 の下げ動作が実行されるように操作装置 25 が操作されることに

より、アームシリンダ１１に接続された方向制御弁６４１に、アーム操作用油路４５１１Ｂ及びアーム調整用油路４５２１Ｂを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁６４１はパイロット油圧に基づいて作動する。その結果、油圧ポンプ３６、３７からの作動油がアームシリンダ１１に供給され、アーム７の下げ動作が実行される。

[0131] すなわち、本実施形態において、アーム操作用油路４５１１Ａ及びアーム調整用油路４５２１Ａは、方向制御弁６４１の第２受圧室と接続され、アーム７を上げ動作させるためのパイロット油が流れるアーム上げ用油路である。アーム操作用油路４５１１Ｂ及びアーム調整用油路４５２１Ｂは、方向制御弁６４１の第１受圧室と接続され、アーム７を下げ動作させるためのパイロット油が流れるアーム下げ用油路である。

[0132] 操作装置２５の操作により、バケット８は、下げ動作及び上げ動作の２種類の動作を実行する。バケット８の上げ動作が実行されるように操作装置２５が操作されることにより、バケットシリンダ１２に接続された方向制御弁６４２に、バケット操作用油路４５１２Ａ及びバケット調整用油路４５２２Ａを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁６４２はパイロット油圧に基づいて作動する。その結果、油圧ポンプ３６、３７からの作動油がバケットシリンダ１２に供給され、バケット８の上げ動作が実行される。

[0133] バケット８の下げ動作が実行されるように操作装置２５が操作されることにより、バケットシリンダ１２に接続された方向制御弁６４２に、バケット操作用油路４５１２Ｂ及びバケット調整用油路４５２２Ｂを介して、パイロット油が供給される。方向制御弁６４２はパイロット油圧に基づいて作動する。その結果、油圧ポンプ３６、３７からの作動油がバケットシリンダ１２に供給され、バケット８の下げ動作が実行される。

[0134] すなわち、本実施形態において、バケット操作用油路４５１２Ａ及びバケット調整用油路４５２２Ａは、方向制御弁６４２の第２受圧室と接続され、バケット８を上げ動作させるためのパイロット油が流れるバケット上げ用油路である。バケット操作用油路４５１２Ｂ及びバケット調整用油路４５２２

Bは、方向制御弁642の第1受圧室と接続され、バケット8を下げ動作させるためのパイロット油が流れるバケット下げ用油路である。

[0135] 制御弁27は、作業機コントローラ26からの制御信号（電流）に基づいて、パイロット油圧を調整する。制御弁27は、例えば、電磁比例制御弁であり、作業機コントローラ26からの制御信号に基づいて制御される。制御弁27は、制御弁27Aと、制御弁27Bとを含む。制御弁27Bは、方向制御弁64の第1受圧室に供給されるパイロット油のパイロット油圧を調整して、方向制御弁64を介して油圧シリンダ60のキャップ側油室48Rに供給される作動油の量を調整する。制御弁27Aは、方向制御弁64の第2受圧室に供給されるパイロット油のパイロット油圧を調整して、方向制御弁64を介して油圧シリンダ60のロッド側油室47Rに供給される作動油の量を調整する。

[0136] 制御弁27の両側に、パイロット油圧を検出する圧力センサ66及び圧力センサ67が設けられる。本実施形態において、圧力センサ66は、パイロット油路451において操作装置25と制御弁27との間に配置される。圧力センサ67は、パイロット油路452において制御弁27と方向制御弁64との間に配置される。圧力センサ66は、制御弁27によって調整される前のパイロット油圧を検出可能である。圧力センサ67は、制御弁27によって調整されたパイロット油圧を検出可能である。圧力センサ66は、操作装置25の操作によって調整されるパイロット油圧を検出可能である。圧力センサ66及び圧力センサ67の検出結果は、作業機コントローラ26に出力される。

[0137] 以下の説明において、ブームシリンダ10に対する作動油の供給を行う方向制御弁640に対するパイロット油圧を調整可能な制御弁27を適宜、ブーム用減圧弁270A、270B、と称する。ブーム用減圧弁270A、270Bは、ブーム操作用油路に配置される。以下の説明において、アームシリンダ11に対する作動油の供給を行う方向制御弁641に対するパイロット油圧を調整可能な制御弁27を適宜、アーム用減圧弁271A、271B

、と称する。アーム用減圧弁 271A、271Bは、アーム操作用油路に配置される。以下の説明において、バケットシリンダ12に対する作動油の供給を行う方向制御弁642に対するパイロット油圧を調整可能な制御弁27を適宜、バケット用減圧弁272、と称する。バケット用減圧弁272A、272Bは、バケット操作用油路に配置される。

[0138] 以下の説明において、ブームシリンダ10に対する作動油の供給を行う方向制御弁640に接続されるパイロット油路451のパイロット油圧を検出する圧力センサ66を適宜、ブーム用圧力センサ660B、と称し、方向制御弁640に接続されるパイロット油路452のパイロット油圧を検出する圧力センサ67を適宜、ブーム用圧力センサ670A、と称する。

[0139] また、以下の説明において、ブーム操作用油路4510Aに配置されるブーム用圧力センサ660を適宜、ブーム用圧力センサ660A、と称し、ブーム操作用油路4510Bに配置されるブーム用圧力センサ660を適宜、ブーム用圧力センサ660B、と称する。また、ブーム調整用油路4520Aに配置されるブーム用圧力センサ670を適宜、ブーム用圧力センサ670A、と称し、ブーム調整用油路4520Bに配置されるブーム用圧力センサ670を適宜、ブーム用圧力センサ670B、と称する。

[0140] 以下の説明において、アームシリンダ11に対する作動油の供給を行う方向制御弁641に接続されるパイロット油路451のパイロット油圧を検出する圧力センサ66を適宜、アーム用圧力センサ661、と称し、方向制御弁641に接続されるパイロット油路452のパイロット油圧を検出する圧力センサ67を適宜、アーム用圧力センサ671、と称する。

[0141] また、以下の説明において、アーム操作用油路4511Aに配置されるアーム用圧力センサ661を適宜、アーム用圧力センサ661A、と称し、アーム操作用油路4511Bに配置されるアーム用圧力センサ661を適宜、アーム用圧力センサ661B、と称する。また、アーム調整用油路4521Aに配置されるアーム用圧力センサ671を適宜、アーム用圧力センサ671A、と称し、アーム調整用油路4521Bに配置されるアーム用圧力セン

サ 6 7 1 を適宜、アーム用圧力センサ 6 7 1 B、と称する。

[0142] 以下の説明において、バケットシリンダ 1 2 に対する作動油の供給を行う方向制御弁 6 4 2 に接続されるパイロット油路 4 5 1 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 6 6 を適宜、バケット用圧力センサ 6 6 2、と称し、方向制御弁 6 4 2 に接続されるパイロット油路 4 5 2 のパイロット油圧を検出する圧力センサ 6 7 を適宜、バケット用圧力センサ 6 7 2、と称する。

[0143] また、以下の説明において、バケット操作用油路 4 5 1 2 A に配置されるバケット用圧力センサ 6 6 1 を適宜、バケット用圧力センサ 6 6 1 A、と称し、バケット操作用油路 4 5 1 2 B に配置されるバケット用圧力センサ 6 6 1 を適宜、バケット用圧力センサ 6 6 1 B、と称する。また、バケット調整用油路 4 5 2 2 A に配置されるバケット用圧力センサ 6 7 2 を適宜、バケット用圧力センサ 6 7 2 A、と称し、バケット調整用油路 4 5 2 2 B に配置されるバケット用圧力センサ 6 7 2 を適宜、バケット用圧力センサ 6 7 2 B、と称する。

[0144] 掘削制御を実行しない場合、作業機コントローラ 2 6 は、制御弁 2 7 を制御して、パイロット油路 4 5 0 を開ける（全開にする）。パイロット油路 4 5 0 が開くことにより、パイロット油路 4 5 1 のパイロット油圧とパイロット油路 4 5 2 のパイロット油圧とは等しくなる。制御弁 2 7 によりパイロット油路 4 5 0 が開いた状態で、パイロット油圧は、操作装置 2 5 の操作量に基づいて調整される。

[0145] 制御弁 2 7 によりパイロット油路 4 5 0 が全開したとき、圧力センサ 6 6 に作用するパイロット油圧と圧力センサ 6 7 に作用するパイロット油圧とは等しい。制御弁 2 7 の開度が小さくなることによって、圧力センサ 6 6 に作用するパイロット油圧と圧力センサ 6 7 に作用するパイロット油圧とは異なる。

[0146] 掘削制御等のように、作業機 2 が作業機コントローラ 2 6 によって制御される場合、作業機コントローラ 2 6 は、制御弁 2 7 に制御信号を出力する。パイロット油路 4 5 1 は、例えばパイロットリリーフ弁の作用により所定の

圧力（パイロット油圧）を有する。作業機コントローラ 26 から制御弁 27 に制御信号が出力されると、制御弁 27 は、その制御信号に基づいて作動する。パイロット油路 451 のパイロット油は、制御弁 27 を介して、パイロット油路 452 に供給される。パイロット油路 452 のパイロット油圧は、制御弁 27 により調整（減圧）される。パイロット油路 452 のパイロット油圧が、方向制御弁 64 に作用する。これにより、方向制御弁 64 は、制御弁 27 で制御されたパイロット油圧に基づいて作動する。本実施形態において、圧力センサ 66 は、制御弁 27 によって調整される前のパイロット油圧を検出する。圧力センサ 67 は、制御弁 27 によって調整された後のパイロット油圧を検出する。

[0147] 減圧弁 27A により圧力が調整されたパイロット油が方向制御弁 64 に供給されることにより、スプール 64S は軸方向に関して一側に移動する。減圧弁 27B により圧力が調整されたパイロット油が方向制御弁 64 に供給されることにより、スプール 64S は軸方向に関して他側に移動する。その結果、軸方向に関するスプール 64S の位置が調整される。

[0148] 例えば、作業機コントローラ 26 は、ブーム用減圧弁 270A 及びブーム用減圧弁 270B の少なくとも一方に制御信号を出力して、ブームシリンダ 10 に接続された方向制御弁 640 に対するパイロット油圧を調整することができる。

[0149] また、作業機コントローラ 26 は、アーム用減圧弁 271A 及びアーム用減圧弁 271B の少なくとも一方に制御信号を出力して、アームシリンダ 11 に接続された方向制御弁 641 に対するパイロット油圧を調整することができる。

[0150] また、作業機コントローラ 26 は、バケット用減圧弁 272A 及びバケット用減圧弁 272B の少なくとも一方に制御信号を出力して、バケットシリンダ 12 に接続された方向制御弁 642 に対するパイロット油圧を調整することができる。

[0151] 作業機コントローラ 26 は、掘削制御において、前述したように、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431（目標掘削地形データU）とバケット8の位置を示すバケット刃先位置データSとに基づき、目標掘削地形431とバケット8との距離dに応じてバケット8が目標掘削地形431に近づく速度が小さくなるように、ブーム6の速度を制限する。

[0152] 本実施形態において、作業機コントローラ26は、ブーム6の速度を制限するための制御信号を出力するブーム制限部を有する。本実施形態においては、操作装置25の操作に基づいて作業機2が駆動する場合において、バケット8の刃先8Tが目標掘削地形431に侵入しないように、作業機コントローラ26のブーム制限部から出力される制御信号に基づいて、ブーム6の動きが制御（ブーム介入制御）される。具体的には、掘削制御において、刃先8Tが目標掘削地形431に侵入しないように、ブーム6は、作業機コントローラ26により、上げ動作が実行される。

[0153] 本実施形態においては、ブーム介入制御を実現するために、作業機コントローラ26から出力された、ブーム介入制御に関する制御信号に基づいて作動する介入弁27Cがパイロット油路50に設けられる。ブーム介入制御において、パイロット油路50に、圧力がパイロット油圧に調整されたパイロット油が流れる。介入弁27Cは、パイロット油路50に配置され、パイロット油路50のパイロット油圧を調整可能である。

[0154] 以下の説明において、ブーム介入制御において圧力が調整されたパイロット油が流れるパイロット油路50を適宜、介入用油路501、502と称する。

[0155] 介入用油路501に、ブームシリンダ10に接続された方向制御弁640に供給されるパイロット油が流れる。介入用油路油路501は、方向制御弁640と接続されたブーム操作用油路4510B及びブーム調整用油路4520Bにシャトル弁51を介して接続されている。

[0156] シャトル弁51は、2つの入口と、1つの出口とを有する。一方の入口は、介入用油路501と接続される。他方の入口は、ブーム操作用油路4510Bと接続される。出口は、ブーム調整用油路4520Bと接続される。シ

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

[0157] 介入用油路501に、介入弁27Cと、介入用油路501のパイロット油のパイロット油圧を検出する圧力センサ68とが設けられている。介入用油路501は、介入弁27Cを通過する前のパイロット油が流れる介入用油路501と、介入弁27Cを通過した後のパイロット油が流れる介入用油路502とを含む。介入弁27Cは、ブーム介入制御を実行するために作業機コントローラ26から出力された制御信号に基づいて制御される。

[0158] ブーム介入制御が実行されないとき、操作装置25の操作によって調整されたパイロット油圧に基づいて方向制御弁64が駆動されるようにする。例えば、作業機コントローラ26は、操作装置25の操作によって調整されたパイロット油圧に基づいて方向制御弁640が駆動されるように、ブーム用減圧弁270Bによりブーム操作用油路4510Bを開ける（全開にする）とともに、介入弁27Cにより介入用油路501を閉じる。

[0159] ブーム介入制御が実行されるとき、作業機コントローラ26は、介入弁27C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640が駆動されるように、各制御弁27を制御する。例えば、掘削制御においてブーム

6の移動を制限するブーム介入制御を実行する場合、作業機コントローラ26は、介入弁27Cによって調整された介入用油路50のパイロット油圧が、操作装置25によって調整されるブーム操作用油路4510Bのパイロット油圧よりも高くなるように、介入弁27Cを制御する。このようにすることで、介入弁27Cからのパイロット油がシャトル弁51を介して方向制御弁640に供給される。

[0160] バケット8が目標掘削地形431に侵入しないように操作装置25によりブーム6が高速で上げ動作される場合、ブーム介入制御は実行されない。この場合、ブーム6が高速で上げ動作されるように操作装置25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25の操作によって調整されるブーム操作用油路4510Bのパイロット油圧は、介入弁27Cによって調整される介入用油路501のパイロット油圧よりも高くなる。その結果、操作装置25の操作によってパイロット油圧が調整されたブーム操作用油路4510Bのパイロット油がシャトル弁51を介して方向制御弁640に供給される。

[0161] ブーム介入制御において、作業機コントローラ26は、制限条件が満たされているか否かを判定する。制限条件は、距離 d が前述した第1所定値 d_{th1} より小さいこと及びブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ がブーム目標速度 V_{c_bm} よりも大きいことを含む。例えば、ブーム6を下降させる場合、ブーム6の下方へのブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ の大きさが、下方へのブーム目標速度 V_{c_bm} の大きさよりも小さいときには、作業機コントローラ26は、制限条件が満たされていると判定する。また、ブーム6を上昇させる場合、ブーム6の上方へのブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ の大きさが、上方へのブーム目標速度 V_{c_bm} の大きさよりも大きいときには、作業機コントローラ26は、制限条件が満たされていると判定する。

[0162] 制限条件が満たされている場合、作業機コントローラ26は、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ でブームが上昇するようにブーム介入指令CBIを生成し、ブームシリンダ10の制御弁27を制御する。このようにすること

で、ブームシリンダ 10 の方向制御弁 640 は、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ でブームが上昇するように作動油をブームシリンダ 10 に供給するので、ブームシリンダ 10 は、ブーム制限速度 $V_{c_bm_lmt}$ でブーム 6 を上昇させる。

[0163] 実施形態 1 において、アーム制限速度 $V_{c_am_lmt}$ の絶対値が、アーム目標速度 V_{c_am} の絶対値よりも小さいことが、制限条件に含まれてもよい。制限条件は、他の条件をさらに含んでもよい。例えば、制限条件は、アーム操作量が 0 であることをさらに含んでもよい。制限条件は、距離 d が第 1 所定値 d_{th1} より小さいことを含まなくてもよい。例えば、制限条件は、ブーム 6 の制限速度がブーム目標速度よりも大きいことのみであってもよい。

[0164] 第 2 所定値 d_{th2} は、第 1 所定値 d_{th1} より小さければ、0 より大きくてもよい。この場合には、ブーム 6 の刃先 8T が目標掘削地形 431 に到達する前に、ブーム 6 の制限とアーム 7 の制限との両方が行われる。このため、ブーム 6 の刃先 8T が目標掘削地形 431 に到達する前であっても、ブーム 6 の刃先 8T が目標掘削地形 431 を超えそうなときに、ブーム 6 の制限とアーム 7 の制限との両方を行うことができる。

[0165] (操作レバーが電気方式である場合)

左操作レバー 25L 及び右操作レバー 25R が電気方式である場合、操作レバー 25L 及び右操作レバー 25R に対応するポテンショメータ等の電気信号を作業機コントローラ 26 が取得する。この電気信号を、操作指令電流値と称する。作業機コントローラ 26 は、操作指令電流値に基づく開閉指令を制御弁 27 へ出力する。制御弁 27 からは、開閉指令に応じた圧力の作動油が方向制御弁のスプールに供給されてスプールを移動させるので、方向制御弁を介してブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 又はバケットシリンダ 12 に作動油が供給されてこれらが伸縮する。

[0166] 掘削制御において、作業機コントローラ 26 は、掘削制御の指令値及び操作指令電流値に基づく開閉指令を制御弁 27 に出力する。掘削制御の指令値

は、例えば、前述したブーム介入指令C B Iであり、掘削制御においてブーム介入制御を実行するための指令値である。開閉指令が入力された制御弁27は、開閉指令に応じた圧力の作動油が方向制御弁のスプールに供給されてスプールを移動させる。ブームシリンダ10の方向制御弁のスプールには、掘削制御の指令値に応じた圧力の作動油が供給されるので、ブームシリンダ10が伸びてブーム6を上昇させる。

[0167] 次に、油圧ショベル100が掘削制御を実行しているときに、例えば基準位置データP1、P2を受信できなくなった結果、作業機コントローラ26が目標掘削地形データUを取得できなくなった場合の制御（実施形態に係る作業機械の制御方法）について、より詳細に説明する。

[0168] <作業機コントローラ26が目標掘削地形データUを取得できなくなった場合の制御>

図16Aは、油圧ショベル100が掘削制御を実行している状態を示す図である。図16Bは、油圧ショベル100が掘削制御を実行しているときに基準位置データP1、P2を受信できなくなった状態を示す図である。図16Cは、基準位置データP1、P2を受信できなくなった場合、データ保持部58に保持されている目標掘削地形データUに基づいて掘削制御を継続している状態を示す図である。

[0169] 図16Aに示すように、油圧ショベル100が目標掘削地形431の目標掘削地形データUを用いて掘削制御を実行しているときに、例えば、図1及び図2に示すGNSSアンテナ21、22が測位衛星から基準位置データP1、P2を受信できなくなったとする。この場合、図5に示す表示コントローラ28のエラー判定部28Dは、エラー信号Jを作業機コントローラ26に出力する。基準位置データP1、P2を受信できない場合とは、例えば、油圧ショベル100の作業機2を上昇させた場合及び作業機2を旋回させた場合に、測位衛星とGNSSアンテナ21、22との間に作業機2が介在し、GNSSアンテナが受信する際の遮蔽物となるような場合がある。通常は、複数の測位衛星から基準位置データP1、P2を受信するため、これを受

信できないことは少ないが、電波状況が特に弱い場合等に前述した動作が行われると、基準位置データ P 1、P 2 が受信できない状態が発生することがある。これは、特に作業中に G N S S アンテナ 2 1、2 2 よりも高い位置に作業機 2 が位置することがある油圧ショベル 1 0 0 において現れる現象である。

[0170] 基準位置データ P 1、P 2 が受信されない場合、バケット刃先位置データ生成部 2 8 B はバケット刃先位置データ S を生成できなくなるので、目標掘削地形データ生成部 2 8 C は目標掘削地形データ U を生成できなくなる。作業機コントローラ 2 6 が掘削制御を実行しているときに目標掘削地形データ U を取得できなくなると、作業機コントローラ 2 6 は掘削制御を実行できなくなる。この場合、図 1 6 B に示すように、作業機コントローラ 2 6 の作業機制御部 5 7 は、作業機コントローラ 2 6 による制御弁 2 7 及び介入弁 2 7 C の駆動を行わない。掘削制御が実行されず、図 2 に示す操作装置 2 5 への入力に基づいて作業機 2 が動作するモードを、本実施形態においてはマニュアル掘削モードと言う。

[0171] 前述したように、G N S S アンテナ 2 1、2 2 が測位衛星から基準位置データ P 1、P 2 を受信できなくなると、前述したように、表示コントローラ 2 8 は、初期化（イニシャライズ）作業を実行する。この場合、作業機コントローラ 2 6 は目標掘削地形データ U を取得できないため、掘削制御を継続することができない。したがって、作業機コントローラ 2 6 は、掘削制御を解除してマニュアル掘削モードに移行し、表示コントローラ 2 8 はマニュアル掘削モードに移行したことを表示部 2 9 に表示する。この場合、表示コントローラ 2 8 は、必要に応じてエラーを発報してもよい。

[0172] 実施形態において、切替部 5 9 がエラー信号 J を取得すると、データ保持部 5 8 に保持されている目標掘削地形データ U が距離取得部 5 3 に出力される。このため、作業機コントローラ 2 6 は、目標掘削地形データ生成部 2 8 C から目標掘削地形データ U を取得できなくても、データ保持部 5 8 が目標掘削地形データ U を保持している時間が経過するまでは、図 1 6 C に示すよ

うに、データ保持部５８が保持している目標掘削地形データＵを用いて掘削制御を継続することができる。

[0173] 基準位置データＰ１、Ｐ２が受信できない結果、目標掘削地形データ生成部２８Ｃが新たな目標掘削地形データＵを生成できない場合でも、基準位置データＰ１、Ｐ２が受信できなくなる前と同一の掘削対象が、油圧ショベル１００の作業機２と相対的な位置関係を一定に保った状態で掘削される限り、データ保持部５８が保持している目標掘削地形データＵに基づいて掘削制御が継続されても問題はない。作業機２と掘削対象との相対的な位置関係が一定に保たれている場合は、例えば、作業機２が旋回しない状態若しくは旋回したとしても所定の旋回角度以内である状態又は油圧ショベル１００が走行していない状態若しくは走行していても走行距離が所定の大きさ以下である場合等である。

[0174] 実施形態では、基準位置データＰ１、Ｐ２が受信できない場合、作業機２と掘削対象との相対的な位置関係が一定に保たれていることを条件として、作業機コントローラ２６はデータ保持部５８に保持されている目標掘削地形データＵを用いて掘削制御を継続する。ＧＮＳＳアンテナ２１、２２が測位衛星から基準位置データＰ１、Ｐ２を受信できなくなる現象は、比較的短時間（例えば、数秒程度）で回復することが多い。このため、データ保持部５８が保持している目標掘削地形データＵに基づいて掘削制御が継続されている間に、基準位置データＰ１、Ｐ２が受信できるようになることも多い。データ保持部５８が保持している目標掘削地形データＵに基づく掘削制御の実行中に基準位置データＰ１、Ｐ２が受信できるようになったら、作業機コントローラ２６は、その後に目標掘削地形データ生成部２８Ｃによって生成された目標掘削地形データＵを用いて掘削制御を実行する。

[0175] 前述したように、掘削制御は、図２に示すスイッチ２９Ｓをオペレータが操作することにより実行又は停止される。ＧＮＳＳアンテナ２１、２２が測位衛星から基準位置データＰ１、Ｐ２を受信できなくなると掘削制御が一旦停止された後、掘削制御を再開させるためにオペレータにスイッチ２９Ｓを操

作させると、掘削作業以外の操作をオペレータに要求することになる。実施形態は、GNSSアンテナ21、22が測位衛星から基準位置データP1、P2を受信できなくなった場合でも、作業機コントローラ26は掘削制御を継続できる。このため、停止している掘削制御を再開させる操作が不要になるので、オペレータの負担が軽減される。

[0176] 基準位置データP1、P2が受信できず、かつ作業機2と掘削対象との相対的な位置関係が一定に保たれていない場合又は基準位置データP1、P2が一定時間以上受信できない状態が続いた場合、作業機コントローラ26は掘削制御を一時停止状態としてマニュアル掘削モードに移行する。このとき、データ保持部58は、目標掘削地形データUの保持を終了する。データ保持部58による目標掘削地形データUの保持が終了した後であっても、作業機コントローラ26は、基準位置データP1、P2が受信できるようになったら、その後に目標掘削地形データ生成部28Cによって生成された目標掘削地形データUを用いて掘削制御を実行する。すなわち、オペレータが図2に示すスイッチ29Sを操作しなくても、作業機コントローラ26は掘削制御を実行する。このように、実施形態において、作業機コントローラ26は、データ保持部58による目標掘削地形データUの保持が終了した後も、基準位置データP1、P2の受信が再開したことを条件に、掘削制御を実行できる状態で待機する。このような処理により、停止している掘削制御を再開させる操作が不要になるので、オペレータの負担が軽減される。

[0177] <データ保持部58が保持する目標掘削地形データUについて>

図17及び図18は、データ保持部58が保持する目標掘削地形データUを説明するための図である。図17及び図18の横軸は時間t、M4は旋回信号、M5は走行信号、INIは表示コントローラ28の初期化、Uは設計地形データの入出力である。図17に示す目標掘削地形データUは、表示コントローラ28が出力するものであり、図18に示す目標掘削地形データUは、作業機コントローラ26が取得するものである。本実施形態において、旋回信号M4は、図2に示す、旋回角度検出装置としてのIMU24が検出

した角度情報であり、IMU24が検出した角度情報が所定の大きさ以上の場合には、上部旋回体3が旋回していると判定される。

[0178] 角度情報は、例えば、旋回角度が含まれる。角度の積算は、図18に示す時間 t_m から開始される。また、旋回角度は、角速度の積分で求められる。旋回信号M4は、上部旋回体3の旋回角度を検出するエンコーダ（旋回角度検出装置）等の出力であってもよい。上部旋回体3が旋回していることを判定する場合、オペレータの旋回指令をより確実に識別できるため、上部旋回体3の旋回角度を検出することが好ましい。走行信号M5は、図2に示す走行用ペダル25FL、25FRの少なくとも一方が操作された場合の操作量MDに基づき決定される。操作量MDが所定操作量以上の場合、図2に示す操作装置25は、車両本体1は走行状態であるとして、走行信号M5を1として出力する。操作量MDが所定操作量未満の場合、図2に示す操作装置25は、車両本体1は停止状態であるとして、走行信号M5を0として出力する。

[0179] INIがSTARTになると表示コントローラ28の初期化が開始し、ENDになると初期化が終了する。初期化が開始するタイミングは、GNSSアンテナ21、22が測位衛星80から基準位置データP1、P2を受信できなくなった後である。図17に示す、目標掘削地形データ生成部28Cが出力する目標掘削地形データUは、ONのときに目標掘削地形データ生成部28Cから作業機コントローラ26に出力される。OFFのときには、何らかの目標掘削地形データUは出力されるが、その信頼性は保証されないか又はその出力は無効であることの情報が出力される。実施形態において、目標掘削地形データUは10Hzで目標掘削地形データ生成部28Cから出力されるので、周期 Δt_1 は100msecである。図18に示す、作業機コントローラ26が取得する目標掘削地形データUは、ONのときに作業機コントローラ26が取得し、OFFのときには取得しない。実施形態において、作業機コントローラ26は、目標掘削地形データUは100Hzで取得するので、図18に示す周期 Δt_2 は10msecである。

[0180] 実施形態では、作業機コントローラ 26 は、掘削制御を実行中において、GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P1、P2 を受信できない結果、目標掘削地形情報としての目標掘削地形データ U を取得できない場合、取得できなくなった時点よりも前の目標掘削地形データ U を用いて掘削制御を実行する。図 17 に示す例では、初期化が時間 t_1 で開始されているため、少なくとも時間 t_1 よりも前に目標掘削地形データ生成部 28C から出力されてデータ保持部 58 に保持された目標掘削地形データ U が用いられる。表示コントローラ 28 の初期化と、目標掘削地形データ生成部 28C が目標掘削地形データ U を出力するタイミングとの同期が取れている保証はない。このため、表示コントローラ 28 の初期化が開始される直前、すなわち GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P1、P2 を受信できなくなる直前の目標掘削地形データ U（時間 $t = t_0$ のもの）は、信頼性が低い可能性がある。作業機コントローラ 26 のデータ保持部 58 は、表示コントローラ 28 の初期化が開始されるよりも 1 サイクルより前のタイミングで目標掘削地形データ生成部 28C が出力した目標掘削地形データ U（時間 $t = t_b$ のもの）を保持することが好ましい。

[0181] 図 18 に示す例において、表示コントローラ 28 が初期化を開始するタイミングは、時間 $t = t_m$ である。作業機コントローラ 26 は、表示コントローラ 28 の初期化が開始、すなわち GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P1、P2 を受信できなくなった後に、これを認識する（時間 $t = t_r$ ）。作業機コントローラ 26 は、表示コントローラ 28 の初期化が開始されるよりも 1 サイクルより前のタイミングで目標掘削地形データ生成部 28C が出力した目標掘削地形データ U（時間 $t = t_{o1}$ のもの）を判別できない。

[0182] 作業機コントローラ 26 のデータ保持部 58 は、GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P1、P2 を受信できなくなったことを認識したタイミングを基準として、その前に表示コントローラ 28 の目標掘削地形データ生成部 28C から取得した目標掘削地形データ U を保持す

る。実施形態において、データ保持部 58 は、表示コントローラ 28 の目標掘削地形データ生成部 28C が目標掘削地形データ U を出力する周期に換算して、GNSS アンテナ 21、22 が基準位置データ P1、P2 を受信できなくなったことを認識したタイミングよりも、少なくとも 1 周期以上前に取得した目標掘削地形データ U を保持することが好ましい。図 18 に示す例において、データ保持部 58 は、時間 $t = t_{o1}$ における目標掘削地形データ U を保持することが好ましい。

[0183] 目標掘削地形データ生成部 28C が目標掘削地形データ U を出力する周期は 100 msec. であり、作業機コントローラ 26 が目標掘削地形データ U を取得する周期は 10 msec. である。作業機コントローラ 26 が目標掘削地形データ U を取得するサイクルに換算すると、データ保持部 58 は、作業機コントローラ 26 が目標掘削地形データ U を取得する周期に換算して、少なくとも 10 サイクル以上前（実施形態では 15 サイクル）に取得した目標掘削地形データ U を保持することが好ましい。

[0184] このようにすれば、データ保持部 58 は、GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P1、P2 を受信できなくなった場合、少なくとも 10 サイクル以上前に取得した目標掘削地形データ U を距離取得部 53 に出力することができる。その結果として、データ保持部 58 が異常な目標掘削地形データ U を保持する可能性及び異常な目標掘削地形データ U によって掘削制御が継続される可能性を低減できる。

[0185] 作業機コントローラ 26 には、表示コントローラ 28 から目標掘削地形データ U（目標掘削地形 731）が、例えば 100 msec. の周期で入力される。作業機コントローラ 26 及び第 2 表示装置 39 は、センサコントローラ 39 から、例えば 10 msec. 毎に IMU 29 が検出した傾斜角 $\theta 5$ が入力される。作業機コントローラ 26 及び表示コントローラ 28 は、センサコントローラ 39 から入力されたピッチ角の前回値と今回値との増減分に基づき、目標掘削地形データ U（目標掘削地形 431）の傾斜角 $\theta 5$ を更新し続ける。作業機コントローラ 26 は、この傾斜角 $\theta 5$ を用いて刃先位置 P4

を算出して掘削制御を実行し、表示コントローラ 28 はこの傾斜角 $\theta 5$ を用いて刃先位置 P 4 を算出してガイダンス画像の刃先位置とする。100 msec. が経過した後、作業機コントローラ 26 には、表示コントローラ 28 から新たな目標掘削地形データ U (目標掘削地形 431) が入力されて更新される。

[0186] (実施形態に係る作業機械制御の制御例)

図 19 は、実施形態に係る作業機械制御の制御例を示すフローチャートである。ステップ S 101 において、掘削制御が実行されている場合 (ステップ S 101、Yes)、図 5 に示す作業機コントローラ 26 は、処理をステップ S 102 に進める。ステップ S 101 において、掘削制御が実行されていない場合 (ステップ S 101、No)、作業機コントローラ 26 は、実施形態に係る作業機械制御を終了する。

[0187] ステップ S 102 において、油圧ショベル 100 の走行が停止し、かつ作業機 2 の旋回が停止している場合 (ステップ S 102、Yes)、作業機コントローラ 26 は、処理をステップ S 103 に進める。ステップ S 102 において、油圧ショベル 100 が走行しているか又は作業機 2 が旋回している場合 (ステップ S 102、No)、作業機コントローラ 26 は、実施形態に係る作業機械制御を終了する。作業機コントローラ 26 は、油圧ショベル 100 の走行レバーから得られた信号が停止状態を示すものである場合には油圧ショベル 100 が停止していると判定し、作業機 2 の旋回角度が所定の閾値以下である場合に作業機 2 の旋回が停止していると判定する。所定の閾値は、作業機 2 と掘削対象との相対的な位置関係が変化しないと見なすことができる大きさである。

[0188] ステップ S 103 において、基準位置データ P 1、P 2 が失効、すなわち、GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P 1、P 2 を受信できなくなった場合 (ステップ S 103、Yes)、作業機コントローラ 26 は、ステップ S 104 において、表示コントローラ 28 のエラー判定部 28D はエラー信号 J を作業機コントローラ 26 の切替部 59 に出力

する。エラー信号 J を取得した切替部 59 は、距離取得部 53 に出力される目標掘削地形データ U を、表示コントローラ 28 の目標掘削地形データ生成部 28C が生成したものからデータ保持部 58 が保持しているものに切り替える。作業機コントローラ 26 は、データ保持部 58 が保持している目標掘削地形データ U を用いて掘削制御を継続する。ステップ S104 の掘削制御で使用される目標掘削地形データ U は、前述したように、データ保持部 58 が保持している目標掘削地形データ U のうち、少なくとも 10 サイクル以上に作業機コントローラ 26 が取得した目標掘削地形データ U である。ステップ S103 において、基準位置データ P1、P2 が失効していない場合（ステップ S103、No）、作業機コントローラ 26 は、実施形態に係る作業機械制御を終了する。

[0189] ステップ S104 が終了したら、ステップ S105 において、作業機コントローラ 26 は、予め定められた一定の時間 t_c が経過する前であるか否かを判定する。一定の時間 t_c が経過する前である場合（ステップ S105、Yes）、処理はステップ S106 に進む。ステップ S106 において、油圧ショベル 100 の走行が停止し、かつ作業機 2 の旋回が停止している場合（ステップ S106、Yes）、作業機コントローラ 26 は、処理をステップ S107 に進める。

[0190] ステップ S107 において、GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P1、P2 を受信できるようになると（ステップ S107、Yes）、処理はステップ S108 に進む。GNSS アンテナ 21、22 が測位衛星 80 から基準位置データ P1、P2 を受信できるようになると、バケット刃先位置データ生成部 28B はバケット刃先位置データ S を生成して目標掘削地形データ生成部 28C に出力する。目標掘削地形データ生成部 28C は、目標掘削地形データ U を生成して作業機コントローラ 26 に出力する。ステップ S108 において、作業機コントローラ 26 は、受信後の基準位置データ P1、P2 に基づき目標掘削地形データ生成部 28C によって新たに生成された目標掘削地形データ U を用いて、掘削制御を実行する。

G N S S アンテナ 2 1、2 2 が測位衛星 8 0 から基準位置データ P 1、P 2 を受信できない場合（ステップ S 1 0 7、N o）、作業機コントローラ 2 6 は、一定の時間 t c が経過するまでステップ S 1 0 5 からステップ S 1 0 7 を繰り返す。

[0191] ステップ S 1 0 5 に戻り、一定の期間 t c が経過した後である場合（ステップ S 1 0 5、N o）、ステップ S 1 0 9 において、作業機コントローラ 2 6 のデータ保持部 5 8 は、保持していた目標掘削地形データ U の保持を終了し、作業機コントローラ 2 6 は掘削制御を終了する。この場合、マニュアル操作モードとなる。マニュアル操作モードは操作装置 2 5 の入力に応じて作業機 2 が動作するモードである。

[0192] 次に、ステップ S 1 1 0 において、G N S S アンテナ 2 1、2 2 が測位衛星 8 0 から基準位置データ P 1、P 2 を受信できるようになると（ステップ S 1 1 0、Y e s）、処理はステップ S 1 1 1 に進む。ステップ S 1 1 1 において、作業機コントローラ 2 6 は、受信後の基準位置データ P 1、P 2 に基づき目標掘削地形データ生成部 2 8 C によって新たに生成された目標掘削地形データ U を用いて、掘削制御を再開する。この場合、油圧ショベル 1 0 0 のオペレータは、掘削制御を再開させるために図 2 に示したスイッチ 2 9 S を改めて操作する必要はない。

[0193] G N S S アンテナ 2 1、2 2 が測位衛星 8 0 から基準位置データ P 1、P 2 を受信できない場合（ステップ S 1 1 0、N o）、処理はステップ S 1 1 2 に進む。ステップ S 1 1 2 において、掘削制御の終了指令があった場合（ステップ S 1 1 2、Y e s）、ステップ S 1 1 3 において、作業機コントローラ 2 6 は、掘削制御を終了する。掘削制御の終了指令は、油圧ショベル 1 0 0 のオペレータが、図 2 に示すスイッチ 2 9 S を操作することにより生成される。掘削制御の終了指令がない場合（ステップ S 1 1 2、N o）、作業機コントローラ 2 6 は、ステップ S 1 1 0 に戻って以後の処理を実行する。前述したステップ S 1 0 6 において、油圧ショベル 1 0 0 が走行しているか又は作業機 2 が旋回している場合（ステップ S 1 0 6、N o）、作業機コン

トローラ 26 は、ステップ S 109 に進み、以後の処理を実行する。このようにして、図 2 に示す制御システム 300 は、実施形態に係る作業機械制御を実行する。

- [0194] 以上、実施形態を説明したが、前述した内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換及び変更のうち少なくとも 1 つを行うことができる。例えば、作業機 2 は、ブーム 6、アーム 7、バケット 8 を有しているが、作業機 2 に装着されるアタッチメントはこれに限られず、バケット 8 には限定されない。センサコントローラ 39 が実行する各処理は、作業機コントローラ 26 が実行してもよい。作業機械は油圧ショベル 100 に限定されず、他の建設機械であってもよい。

符号の説明

- [0195] 1 車両本体
2 作業機
3 上部旋回体
6 ブーム
7 アーム
8 バケット
8B 刃
8T 刃先
10 ブームシリンダ
11 アームシリンダ
12 バケットシリンダ
19 位置検出装置
23 グローバル座標演算部
25 操作装置

- 2 6 作業機コントローラ
- 2 6 M 記憶部
- 2 6 P 処理部
- 2 7 制御弁
- 2 8 表示コントローラ
- 2 8 A 目標施工情報格納部
- 2 8 B バケット刃先位置データ生成部
- 2 8 C 目標掘削地形データ生成部
- 2 8 D エラー判定部
- 2 9 表示部
- 2 9 S スイッチ
- 4 1 目標掘削面
- 4 2 平面
- 4 3 I 目標掘削地形
- 4 4 掘削対象位置
- 5 2 目標速度決定部
- 5 3 距離取得部
- 5 4 制限速度決定部
- 5 5 第 1 制限判定部
- 5 7 作業機制御部
- 5 8 データ保持部
- 5 9 切替部
- 6 0 基準杭
- 1 0 0 油圧シヨベル
- 2 0 0 作業機械の制御システム（制御システム）
- 3 0 0 油圧システム

請求の範囲

- [請求項1] 作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する制御システムであって、
- 前記作業機械の位置情報を検出する位置検出装置と、
- 前記位置検出装置によって検出された位置情報に基づき前記作業機の位置を求め、かつ目標形状を示す目標施工面の情報から前記作業機の掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形情報を生成する生成部と、
- 前記生成部から取得した前記目標掘削地形情報に基づいて、前記作業機が掘削対象に接近する方向の速度が制限速度以下になるように制御する掘削制御を実行する作業機制御部と、を含み、
- 前記作業機制御部は、前記掘削制御を実行中に前記目標掘削地形情報を取得できない場合、取得できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を用いて前記掘削制御を継続する、作業機械の制御システム。
- [請求項2] 前記作業機制御部は、
- 取得できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を、予め定められた一定の時間保持し、
- 前記一定時間の経過、前記作業機械の走行又は前記作業機が取り付けられた旋回体の旋回により、前記目標掘削地形情報の保持を終了し、実行中の前記掘削制御を終了する、請求項1に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項3] 前記旋回体の旋回角度を検出する旋回角度検出装置を有し、
- 前記作業機制御部は、前記旋回角度検出装置によって検出された前記旋回角度が所定の大きさ以上の場合に、前記目標掘削地形情報の保持を終了し、実行中の前記掘削制御を終了する、請求項2に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項4] 前記作業機制御部は、前記作業機械の傾斜角を求める装置が検出した傾斜角を用いて、保持している前記目標掘削地形情報を更新する、

請求項 2 又は請求項 3 に記載の作業機械の制御システム。

[請求項 5]

前記作業機制御部は、

予め定められた一定の時間が経過する前に、新たな前記目標掘削地
形情報を取得したら、取得した前記目標掘削地形情報を用いて前記掘
削制御を開始する、請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

[請求項 6]

前記作業機制御部は、

実行中の前記掘削制御を終了した後に、新たな前記目標掘削地形情
報を取得したら、取得した前記目標掘削地形情報を用いて前記掘削制
御を開始する、請求項 2 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の作業機
械の制御システム。

[請求項 7]

作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する制御システムで
あって、

前記作業機械の位置情報を検出する位置検出装置と、

前記位置検出装置によって検出された位置情報に基づき前記作業機
の位置を求め、かつ目標形状を示す設計面の情報から前記作業機の掘
削対象の目標形状を示す目標掘削地形情報を生成する生成部と、

前記生成部から取得した前記目標掘削地形情報に基づいて、前記作
業機が前記目標形状を超えて掘り込むことを抑制する掘削制御を実行
する作業機制御部と、を含み、

前記作業機制御部は、前記掘削制御を実行中に、前記位置検出装置
が前記作業機械の位置情報を検出できない場合、検出できなくなった
時点よりも前の前記目標掘削地形情報を、予め定められた一定の時間
保持して前記掘削制御を継続し、

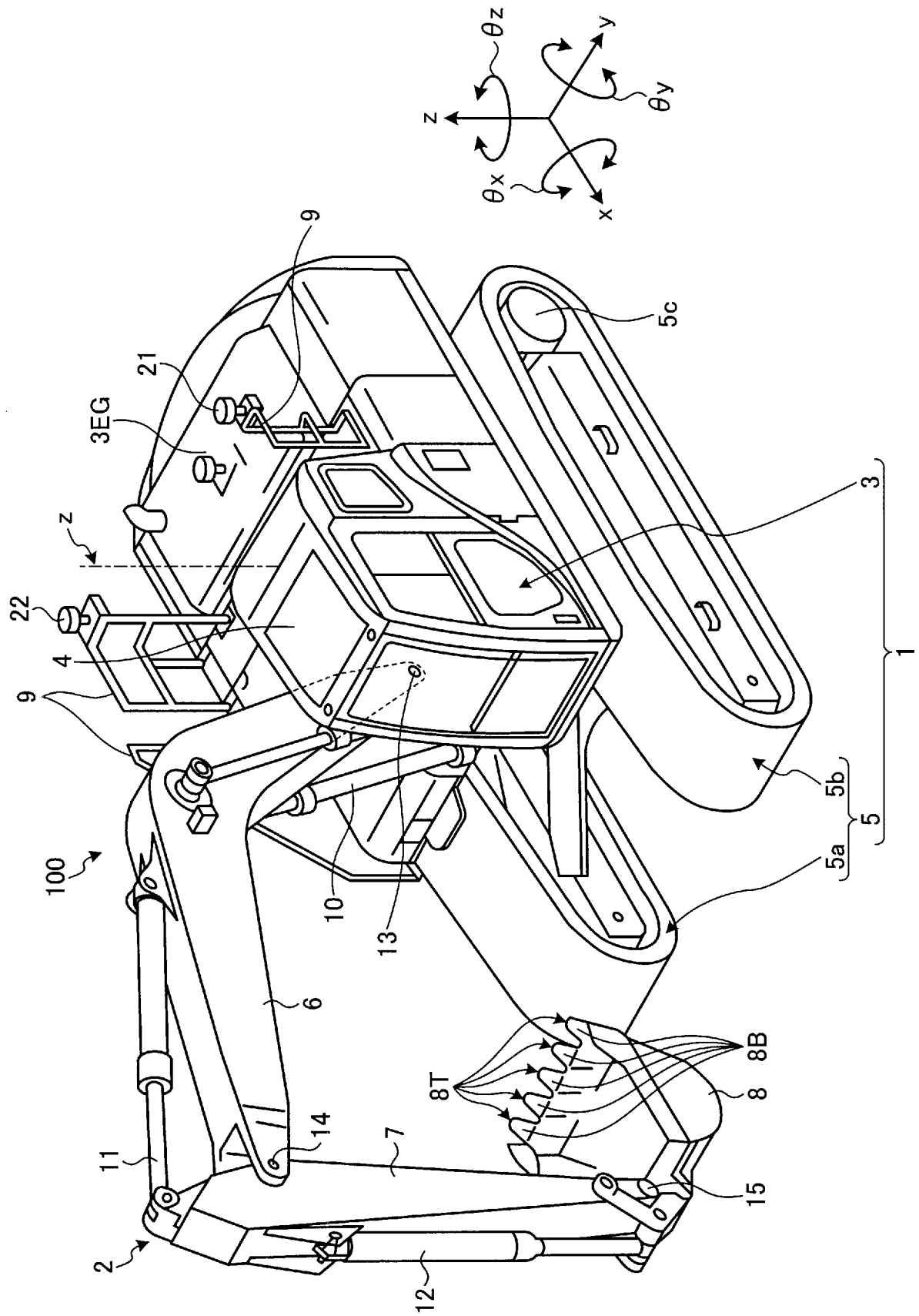
前記一定時間の経過、前記作業機械の走行又は前記作業機の旋回に
より、前記目標掘削地形情報の保持を終了し、実行中の前記掘削制御
を終了する、油圧ショベルの制御システム。

[請求項 8]

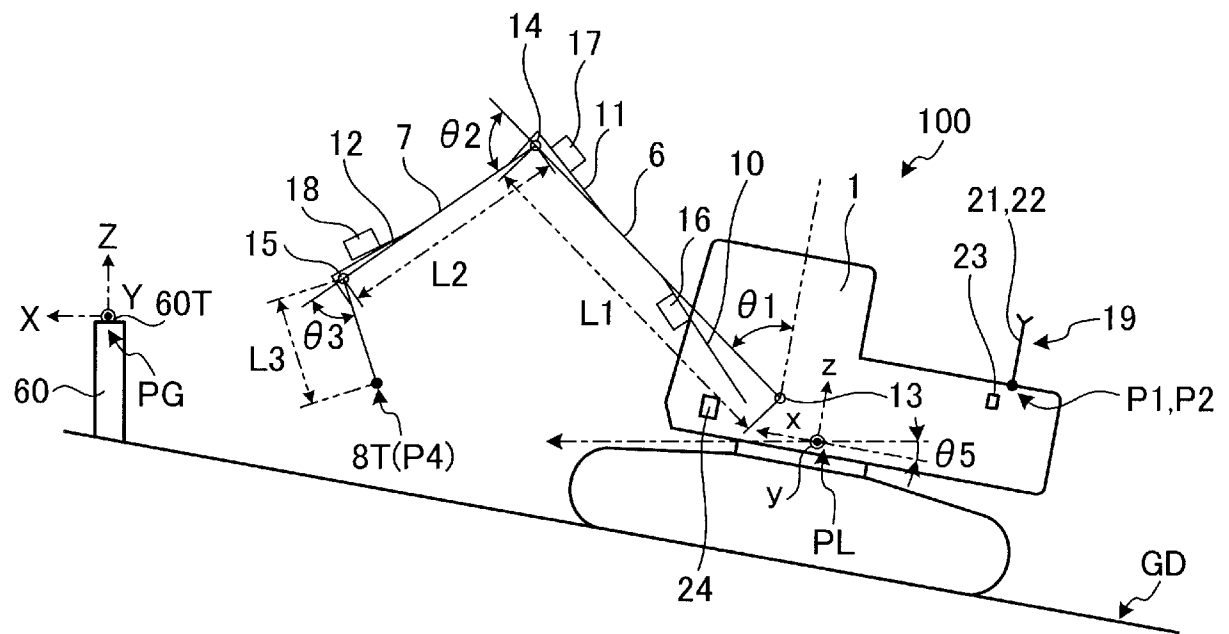
請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の作業機械の制御シス
テムを備える、作業機械。

- [請求項9] 作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する制御方法であって、
- 前記作業機械の位置情報を検出し、
- 検出された位置情報に基づき前記作業機の位置を求め、かつ目標形状を示す設計面の情報から前記作業機の掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形情報を生成し、
- 前記目標掘削地形情報に基づいて、前記作業機が前記目標形状を超えて掘り込むことを抑制する掘削制御を実行し、前記掘削制御を実行中に前記目標掘削地形情報を取得できない場合、取得できなくなった時点よりも前の前記目標掘削地形情報を、予め定められた一定の時間保持して前記掘削制御を継続する、
- 作業機械の制御方法。

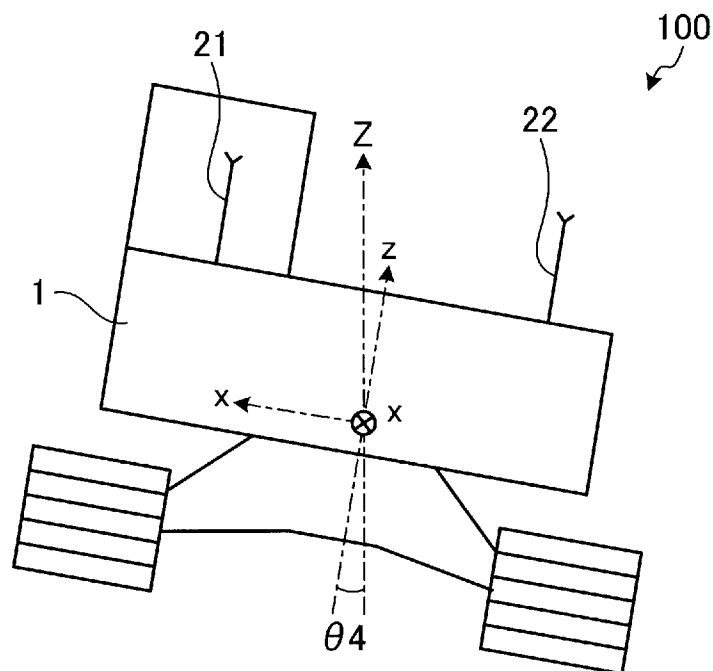
[図1]



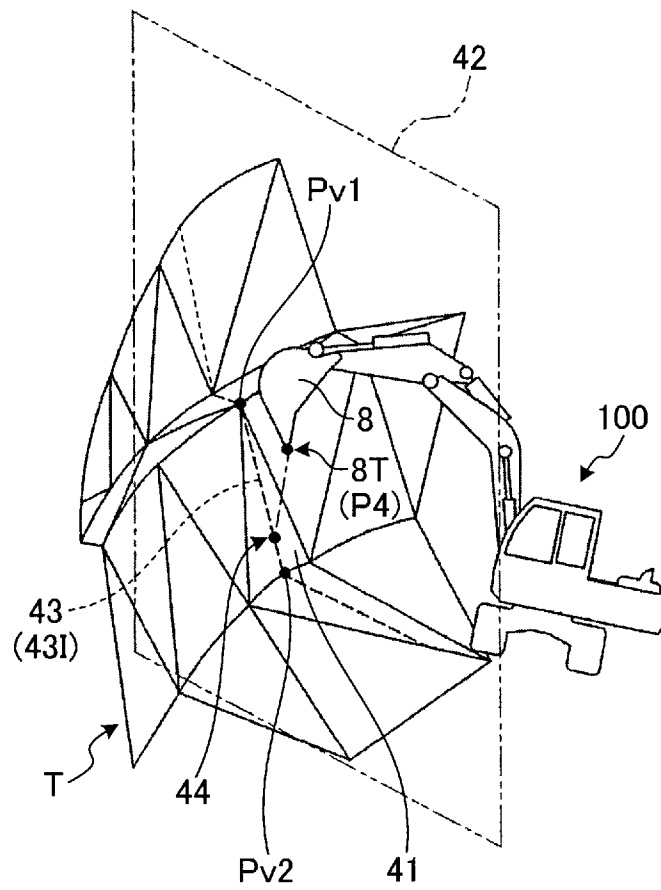
[図3A]



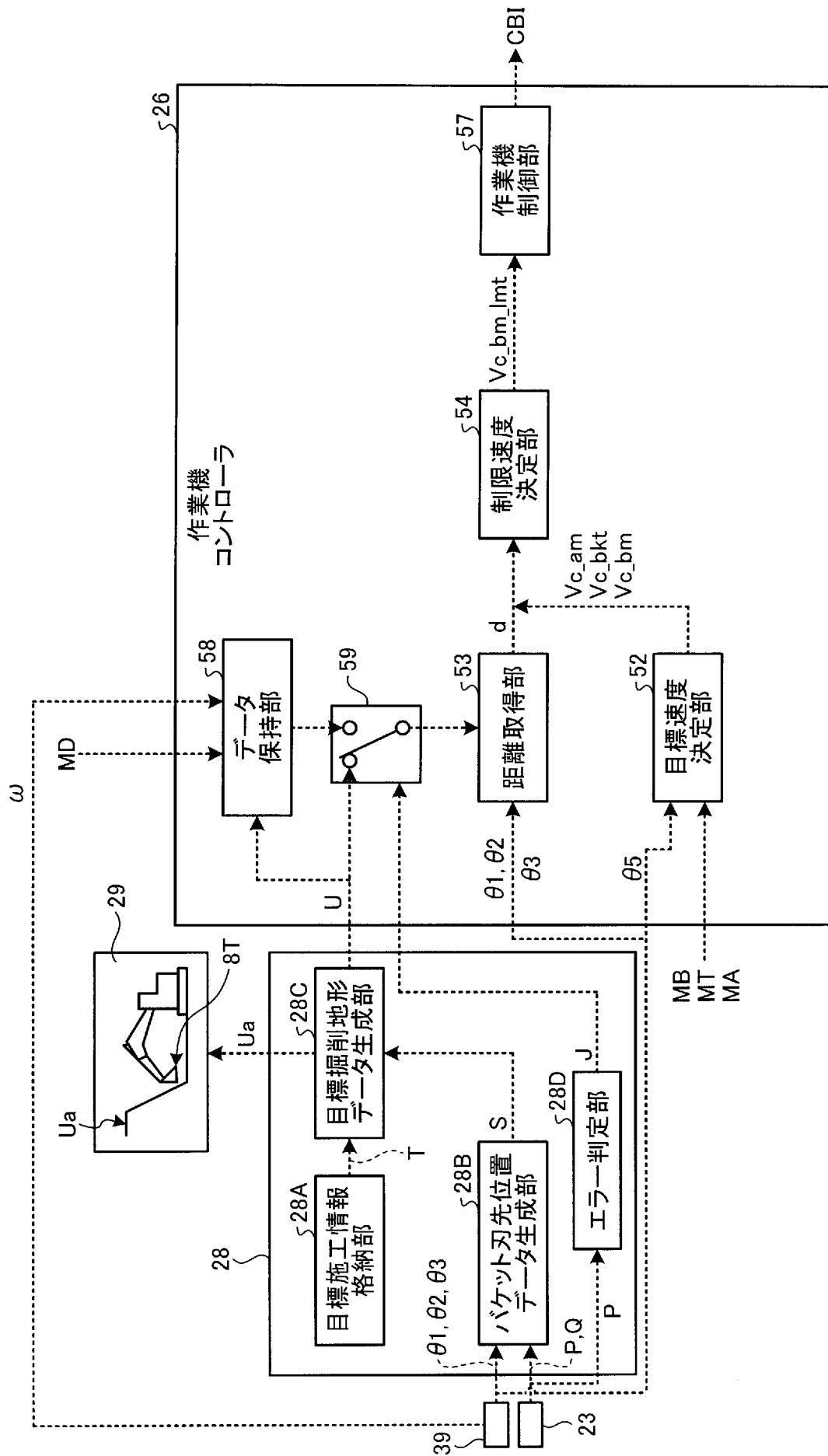
[図3B]



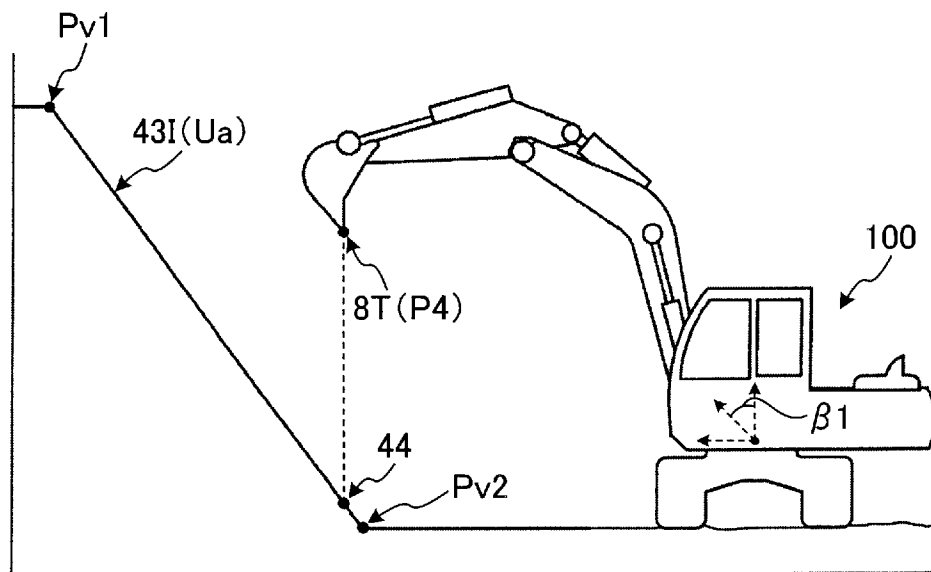
[図4]



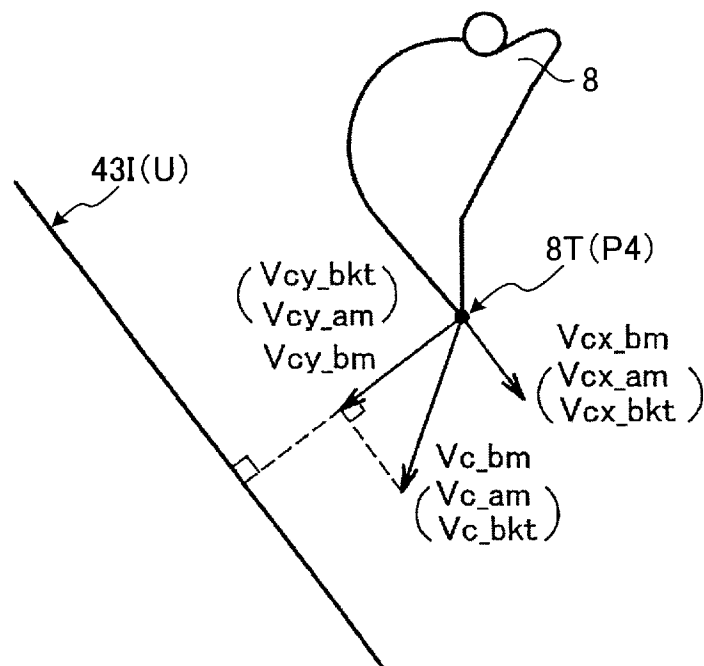
[図5]



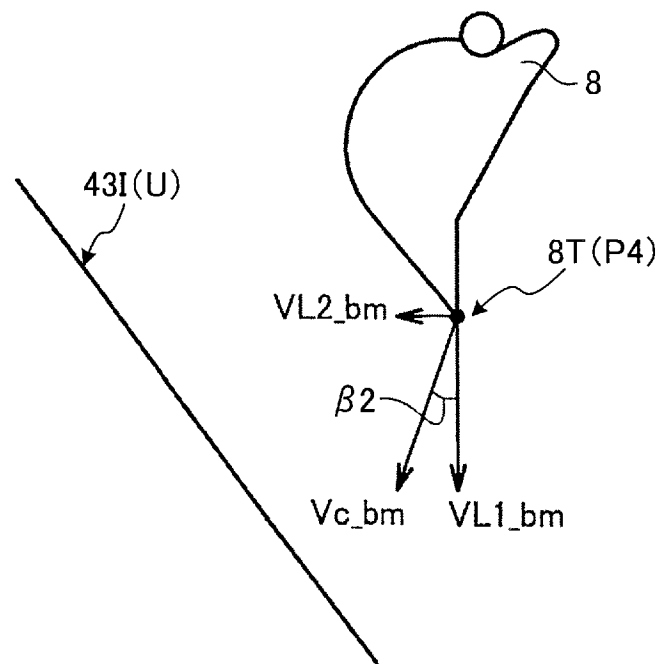
[図6]



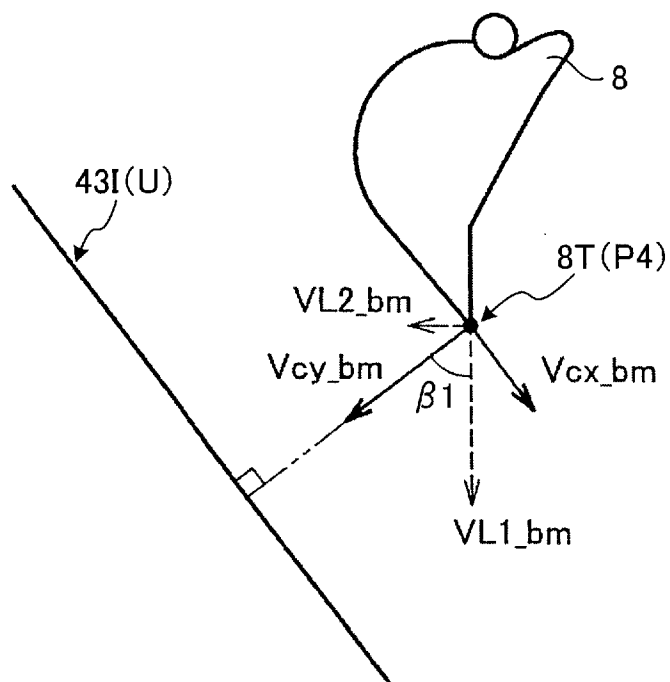
[図7]



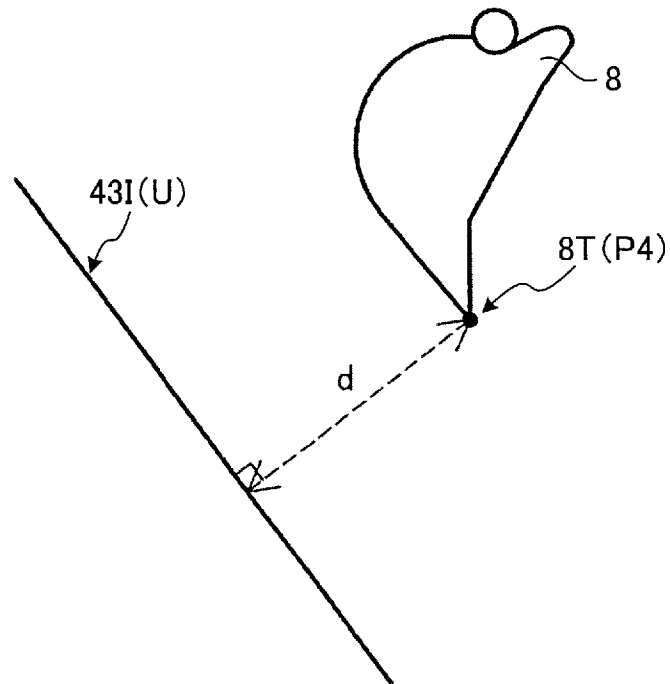
[図8]



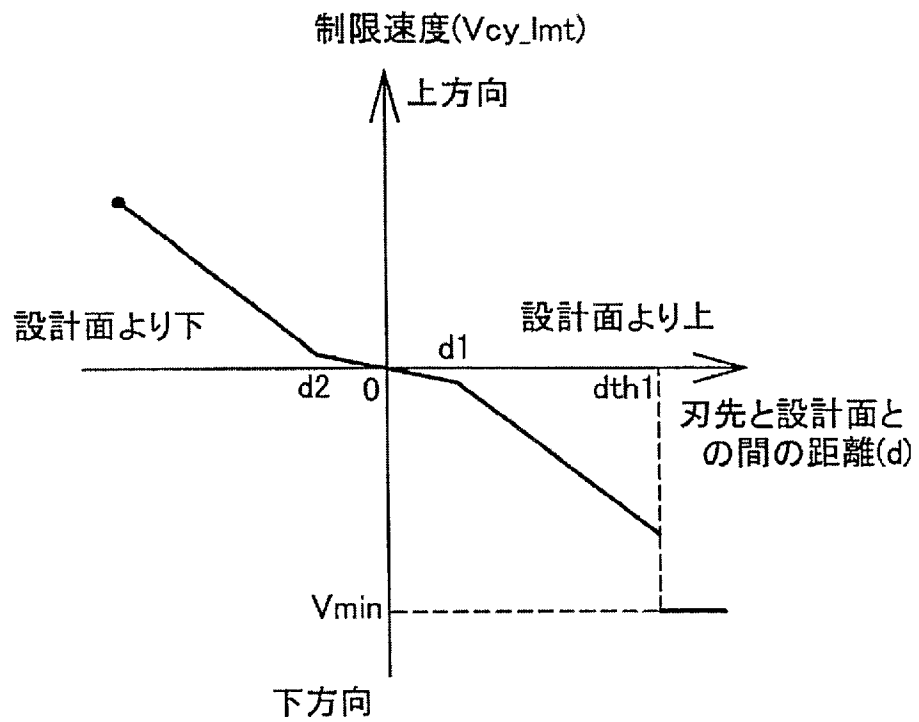
[図9]



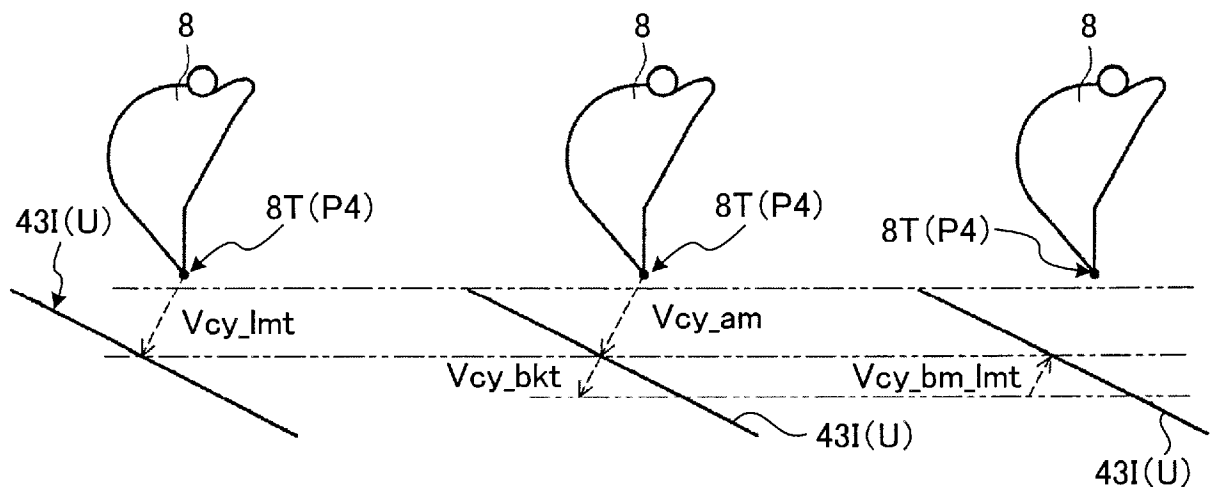
[図10]



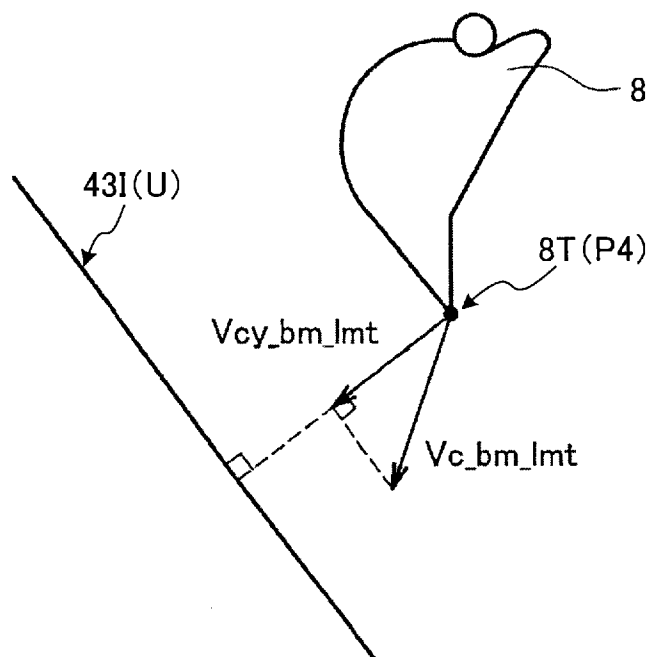
[図11]



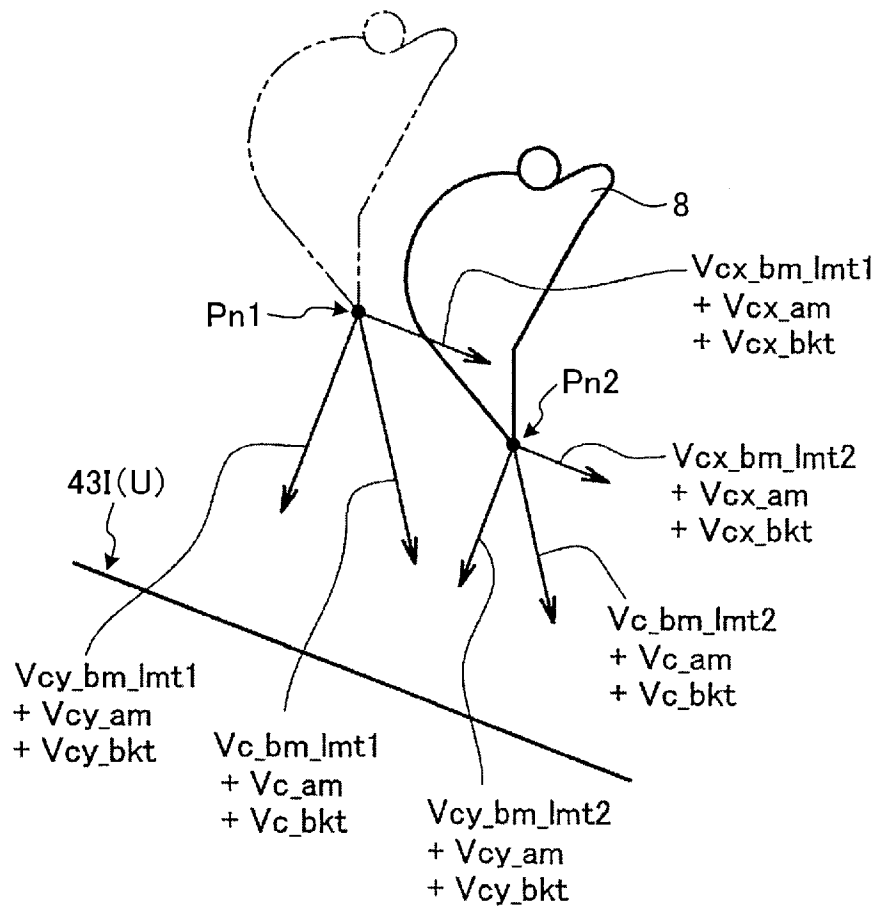
[図12]



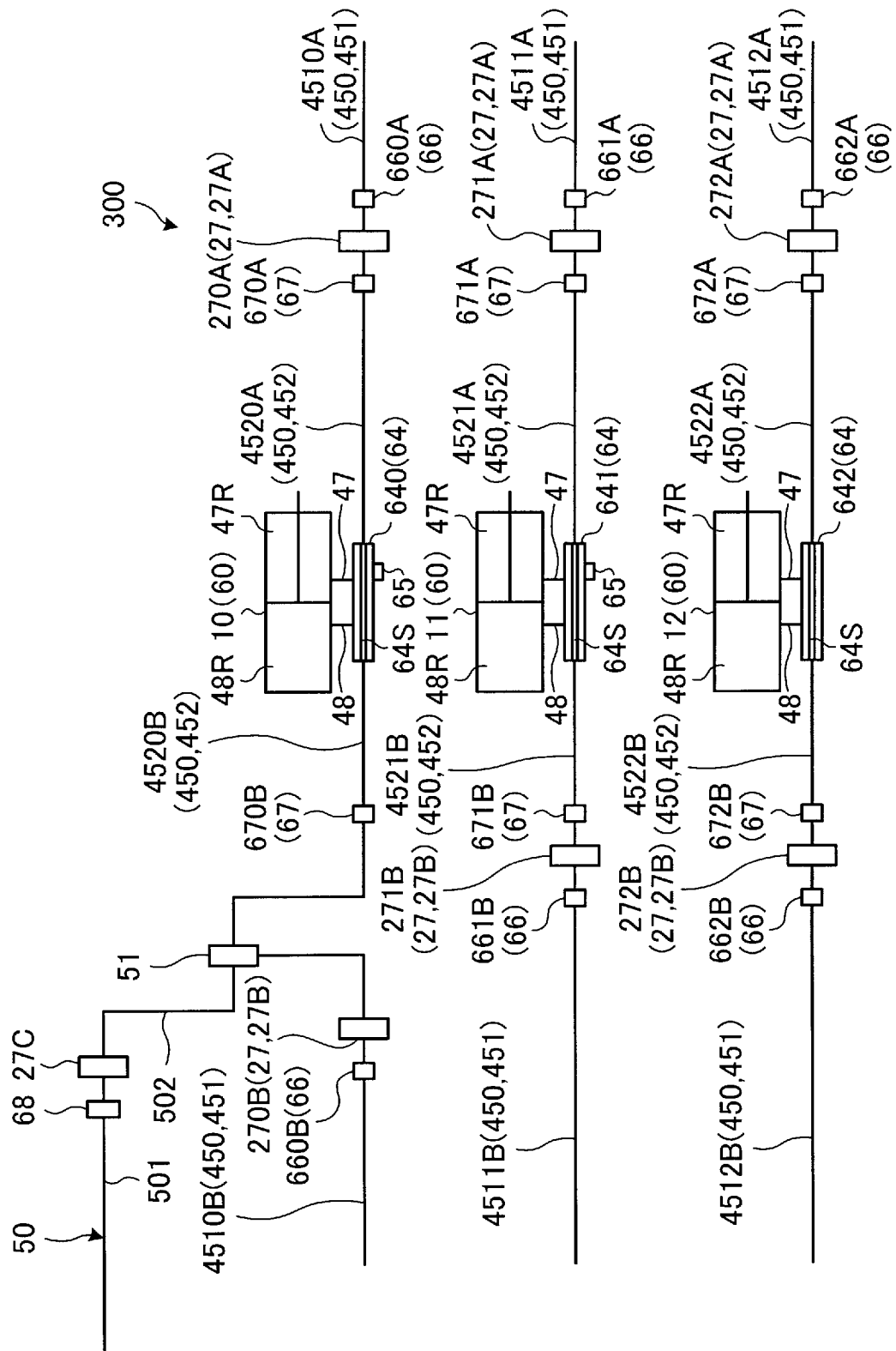
[図13]



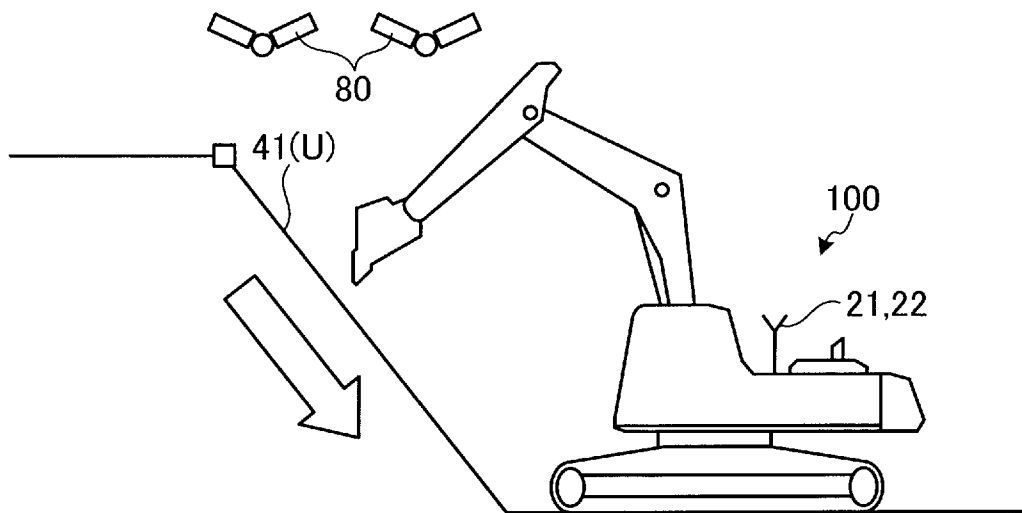
[図14]



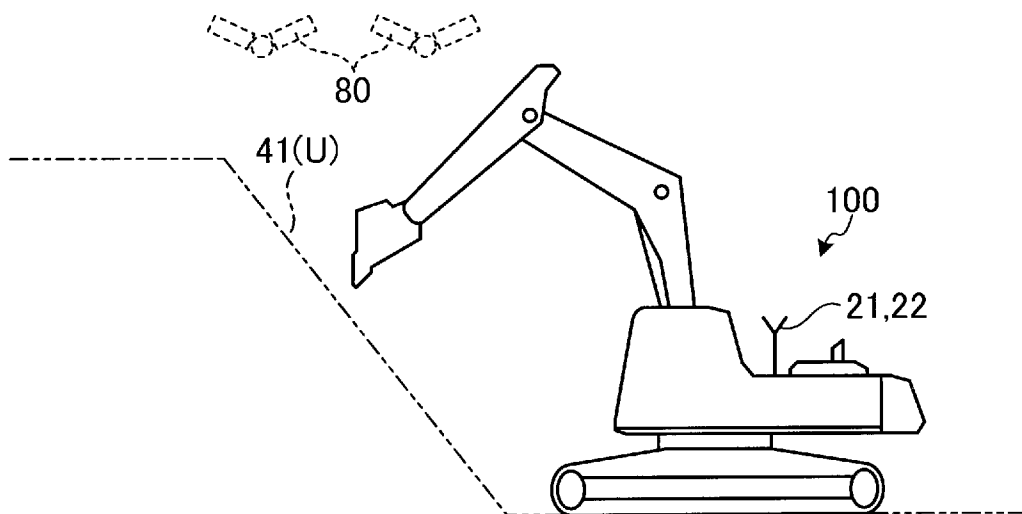
[図15]



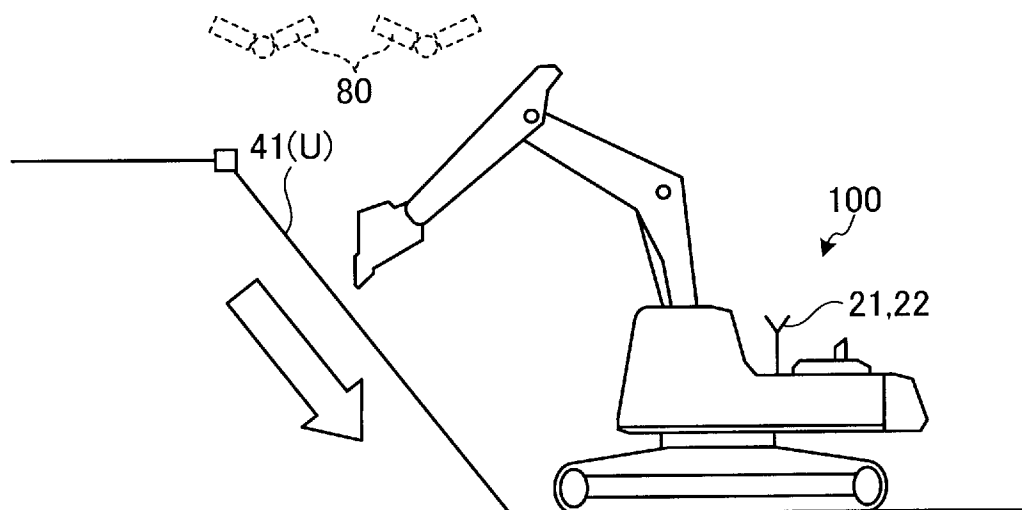
[図16A]



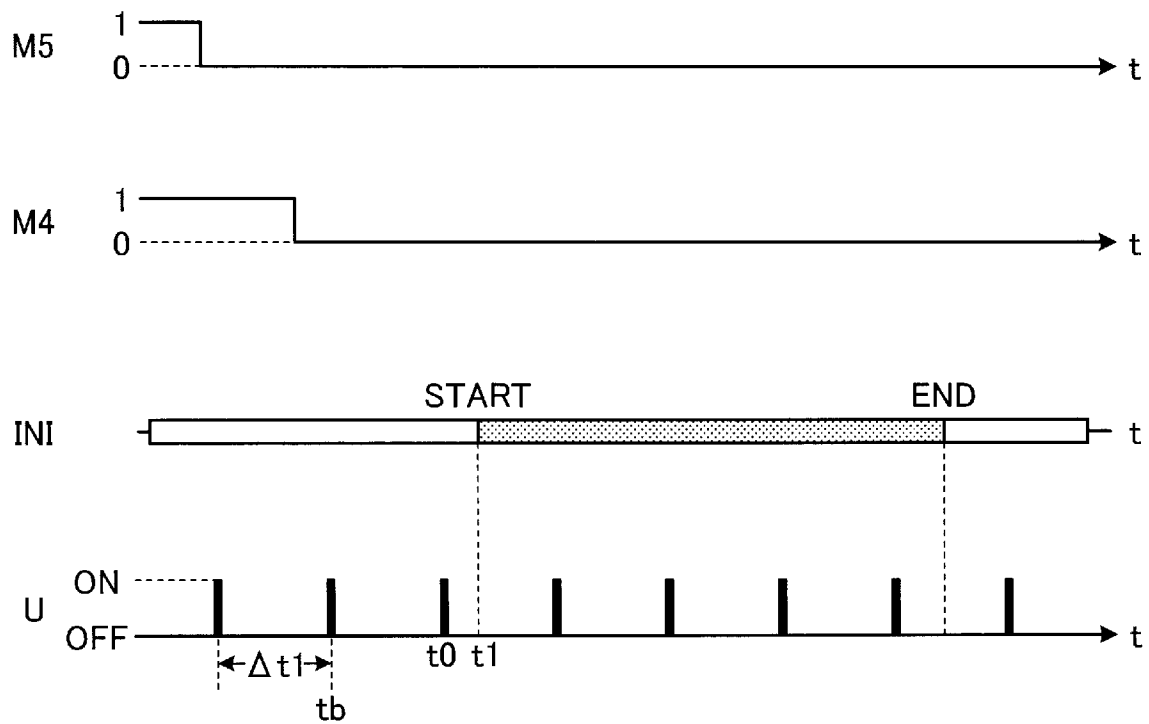
[図16B]



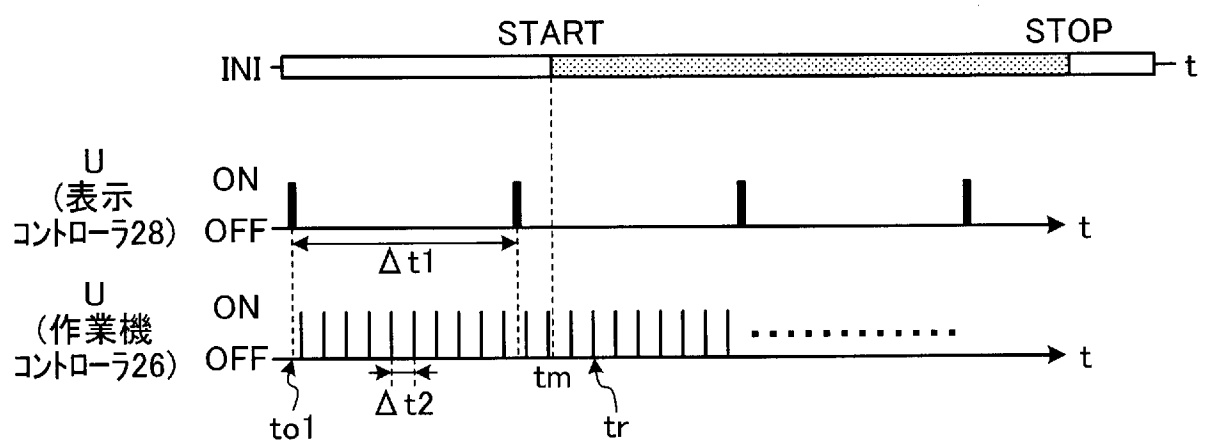
[図16C]



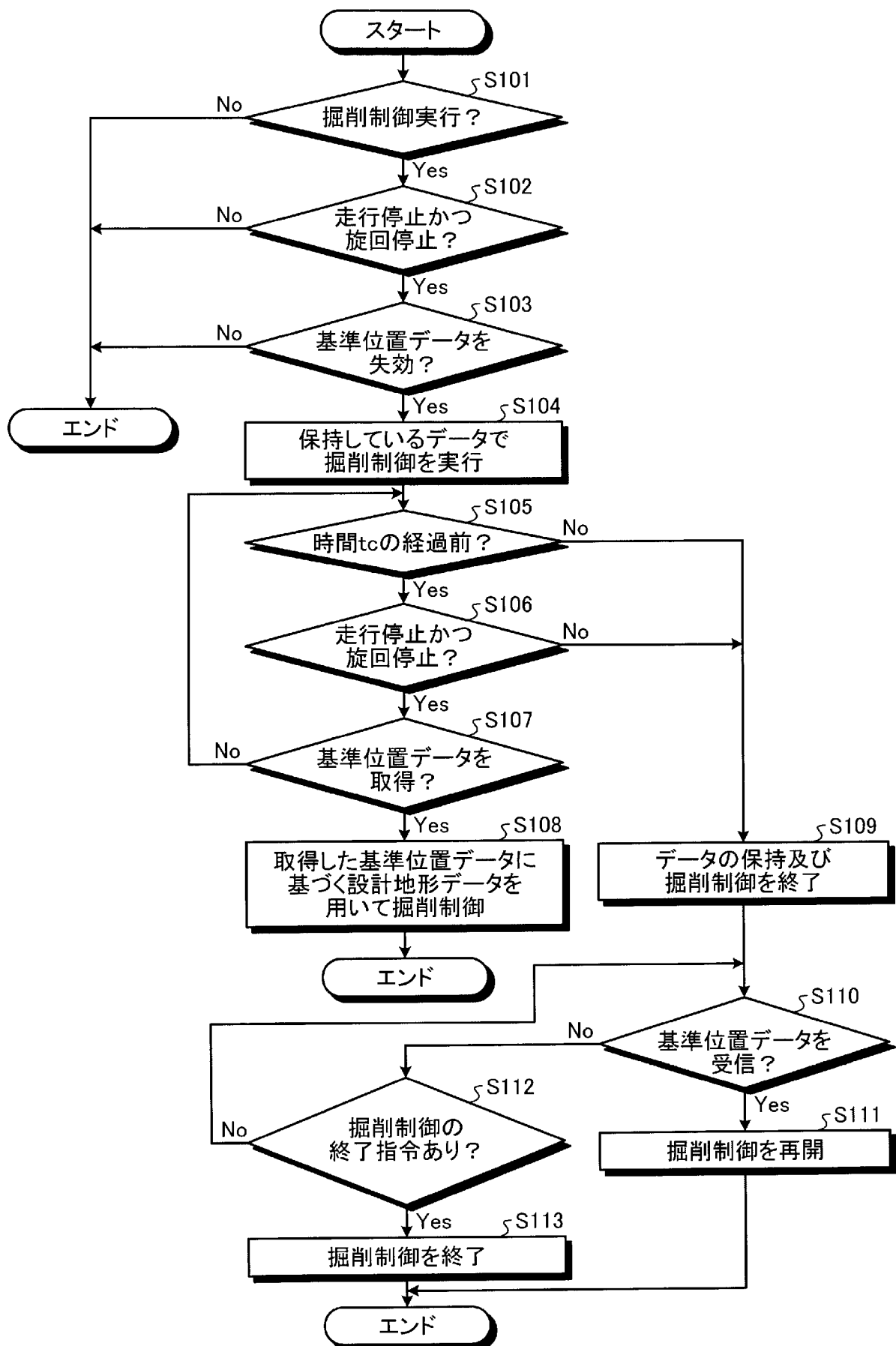
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/064544

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E02F9/20(2006.01) i, E02F9/26(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)

E02F9/20, E02F9/26

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 1996-2014

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

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

CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-217138 A (Komatsu Ltd.), 24 October 2013 (24.10.2013), entire text; all drawings & WO 2013/153906 A1 & DE 112013000144 T	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
19 September, 2014 (19.09.14)

Date of mailing of the international search report
07 October, 2014 (07.10.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. E02F9/20(2006.01)i, E02F9/26(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. E02F9/20, 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 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 4 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 4 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 4 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） CiNii			
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 2013-217138 A（株式会社小松製作所）2013.10.24, 全文, 全図 & WO 2013/153906 A1 & DE 112013000144 T		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 1 9 . 0 9 . 2 0 1 4		国際調査報告の発送日 0 7 . 1 0 . 2 0 1 4	
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1 0 0 - 8 9 1 5 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） 須永 聡 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 4 1	2 D 3 2 0 1