

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6781068号
(P6781068)

(45) 発行日 令和2年11月4日 (2020. 11. 4)

(24) 登録日 令和2年10月19日 (2020. 10. 19)

(51) Int. Cl.

E O 2 F 3/43 (2006. 01)

F I

E O 2 F 3/43

C

請求項の数 8 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2017-30337 (P2017-30337)	(73) 特許権者	000001236
(22) 出願日	平成29年2月21日 (2017. 2. 21)		株式会社小松製作所
(62) 分割の表示	特願2016-544687 (P2016-544687)		東京都港区赤坂二丁目3番6号
原出願日	平成28年5月31日 (2016. 5. 31)	(74) 代理人	110002147
(65) 公開番号	特開2017-214817 (P2017-214817A)		特許業務法人酒井国際特許事務所
(43) 公開日	平成29年12月7日 (2017. 12. 7)	(72) 発明者	岩村 力
審査請求日	令和1年5月23日 (2019. 5. 23)		東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松製作所内
		(72) 発明者	山本 佑平
			東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松製作所内
		(72) 発明者	藤井 悠人
			東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業機械の制御システム、作業機械及び作業機械の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸線を中心に回転する作業具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、

前記軸線と直交する平面から生成され、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形状である制御目標形状と、前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求める目標形状演算部と、

前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する作業機制御部と、を含む、

作業機械の制御システム。

【請求項 2】

前記延長目標形状を、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とするか目標としないかを決定する決定部を有し、

前記作業機制御部は、

前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされた場合には、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御し、

前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされない場合には、前記作業具と前記制御目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する、

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 3】

前記決定部は、

前記作業具と制御目標形状との重なり、前記作業具と制御目標形状との距離、前記作業具の姿勢及び前記作業機の操作状態に基づいて、前記延長目標形状を、前記作業具を停止させる際の目標とするか目標としないかを決定する、

請求項 2 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 4】

前記決定部は、

前記作業具を停止させる際の目標を前記延長目標形状とする決定をする場合の前記重なり
の大きさを、目標としない決定をする場合の前記重なり
の大きさよりも大きくする、

請求項 3 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 5】

前記作業具に設定された規定点の位置データを求める規定点位置データ演算部と、

前記規定点を通り前記軸線と直交する動作平面を求める動作平面算出部と、を有し、

前記目標形状演算部は、

前記作業機械の施工対象の目標形状を示す目標施工形状と前記動作平面とが交差する部分
を前記制御目標形状とし、前記制御目標形状と平行に前記制御目標形状を延長した部分
を前記延長目標形状とする、

請求項 1 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 6】

上部旋回体と、

前記上部旋回体を支持する下部走行体と、

第 1 の軸を中心に回転するブームと第 2 の軸を中心に回転するアームと第 3 の軸を中心
に回転するバケットとを含み、前記上部旋回体に支持される作業機と、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の作業機械の制御システムと、を含み、

前記作業具は前記バケット、前記アーム、前記ブーム及び前記上部旋回体の少なくとも
1 つである、作業機械。

【請求項 7】

前記作業具は前記バケットであり、前記軸線は前記第 3 の軸と直交する、

請求項 6 に記載の作業機械。

【請求項 8】

軸線を中心に回転する作業具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
御方法であって、

前記軸線と直交する平面から生成され、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形
状である制御目標形状と、前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求めることと、

前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を
中心とする前記作業具の回転を制御することと、を含む、

作業機械の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作業機械の制御システム、作業機械及び作業機械の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に開示されているような、チルト式バケットを作業具として有する作業機を
備える作業機械が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献1】国際公開第2015/186179号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

作業機械の制御に係る技術分野において、作業機械のオペレータによる操作レバーの操作に介入して、施工対象の目標形状を示す目標施工形状にバケットが侵入しないようにバケットを停止させたり、目標施工形状にバケットが侵入した場合には目標施工形状に侵入しない位置までバケットを移動させたりする、作業機制御が知られている。作業機制御が実行されることにより、バケットが目標施工形状を超えてしまうことが抑制され、目標施工形状に沿った施工が実現される。

10

【0005】

例えば、法面の肩部等は2つの面が接続しているが、このような部分を施工する場合、バケットをチルト動作させることによって一方の面にバケットの刃先を位置決めしたいという要請がある。法面の肩部等は、2つの面が接続する部分で目標施工形状が不連続になる。このように、目標施工形状に不連続な部分があると、不連続である部分に対して、バケットを位置決めしたい面の反対側の面までバケットがチルト動作することがある。その結果、作業具であるバケットを位置決めしたい目標施工形状に位置決めできない可能性がある。

【0006】

本発明の態様は、作業機械の施工対象の目標施工形状に作業具を位置決めできるようにすることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様に従えば、軸線を中心に回転する作業具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、前記作業機械の施工対象の目標形状を示す目標施工形状を生成する目標施工形状生成部と、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形状である制御目標形状を前記目標施工形状から求め、かつ前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求める目標形状演算部と、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する作業機制御部と、を含む、作業機械の制御システムが提供される。

30

【0008】

本発明の第2の態様に従えば、第1の態様において、前記延長目標形状を、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とするか目標としないかを決定する決定部を有し、前記作業機制御部は、前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされた場合には、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御し、前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされない場合には、前記作業具と前記制御目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する作業機械の制御システムが提供される。

40

【0009】

本発明の第3の態様に従えば、第2の態様において、前記決定部は、前記作業具と目標施工形状との重なり、前記作業具と目標施工形状に対応する前記停止地形との距離、前記作業具の姿勢及び前記作業機の操作状態に基づいて、前記延長目標形状を、前記作業具を停止させる際の目標とするか目標としないかを決定する作業機械の制御装置が提供される。

【0010】

本発明の第4の態様に従えば、第3の態様において、前記決定部は、前記作業具を停止させる際の目標を前記延長目標形状とする決定をする場合の前記重なり大きさ、目標としない決定をする場合の前記重なり大きさよりも大きくする作業機械の制御システム

50

が提供される。

【 0 0 1 1 】

本発明の第 5 の態様に従えば、第 1 の態様から第 4 の態様のいずれか 1 つにおいて、前記作業具に設定された規定点の位置データを求める規定点位置データ演算部と、前記規定点を通り前記軸線と直交する動作平面を求める動作平面算出部と、を有し、前記停止地形算出部は、前記目標施工形状と前記動作平面とが交差する部分を前記制御目標形状とし、前記制御目標形状と平行に前記制御目標形状を延長した部分を前記延長目標形状とする作業機械の制御システムが提供される。

【 0 0 1 2 】

本発明の第 6 の態様に従えば、上部旋回体と、前記上部旋回体を支持する下部走行体と、第 1 の軸を中心に回転するブームと第 2 の軸を中心に回転するアームと第 3 の軸を中心に回転するバケットとを含み、前記上部旋回体に支持される作業機と、第 1 の態様から第 5 の態様のいずれか 1 つに係る作業機械の制御システムと、を含み、前記作業具は前記バケット、前記アーム、前記ブーム及び前記上部旋回体の少なくとも 1 つである作業機械が提供される。

10

【 0 0 1 3 】

本発明の第 7 の態様に従えば、第 6 の態様において、前記作業具は前記バケットであり、前記軸線は前記第 3 の軸と直交する作業機械が提供される。

【 0 0 1 4 】

本発明の第 8 の態様に従えば、軸線を中心に回転する作業具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方法であって、前記作業機械の施工対象の目標形状を示す目標施工形状を生成することと、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形状である制御目標形状を前記目標施工形状から求め、かつ前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求めることと、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御することと、を含む、作業機械の制御方法が提供される。

20

【 0 0 1 5 】

本発明の態様によれば、作業機械の施工対象の目標施工形状に作業具を位置決めできる。

【 図面の簡単な説明 】

30

【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 本実施形態に係る作業機械の一例を示す斜視図である。

【 図 2 】 本実施形態に係るバケットの一例を示す側断面図である。

【 図 3 】 本実施形態に係るバケットの一例を示す正面図である。

【 図 4 】 油圧ショベルを模式的に示す側面図である。

【 図 5 】 油圧ショベルを模式的に示す背面図である。

【 図 6 】 油圧ショベルを模式的に示す平面図である。

【 図 7 】 バケットを模式的に示す側面図である。

【 図 8 】 バケットを模式的に示す正面図である。

【 図 9 】 チルトシリンダを動作させる油圧システムの一例を模式的に示す図である。

40

【 図 1 0 】 本実施形態に係る作業機械の制御システムの一例を示す機能ブロック図である。

【 図 1 1 】 本実施形態に係るバケットに設定される規定点の一例を模式的に示す図である。

【 図 1 2 】 本実施形態に係る目標施工データの一例を示す模式図である。

【 図 1 3 】 本実施形態に係る目標施工形状の一例を示す模式図である。

【 図 1 4 】 本実施形態に係るチルト動作平面の一例を示す模式図である。

【 図 1 5 】 本実施形態に係るチルト動作平面の一例を示す模式図である。

【 図 1 6 】 本実施形態に係るチルト停止制御を説明するための模式図である。

【 図 1 7 】 チルトバケットのチルト回転を動作距離に基づき停止させるため、動作距離と

50

制限速度との関係の一例を示す図である。

【図 18】バケットを移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図 19】バケットを移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図 20】バケットを移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図 21】本実施形態に係る停止制御を説明するための図である。

【図 22】本実施形態に係る停止制御を説明するための図である。

【図 23】バケットを移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。 10

【図 24】バケットを移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図 25】バケットを移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図 26】バケットが空中で停止することを説明するための図である。

【図 27】バケットを目標施工形状に位置決めした状態を示す図である。

【図 28】バケットと目標施工形状との重なりによって、延長停止地形を、バケットを停止させる際の目標とするか否かを決定する例を説明するための図である。

【図 29】バケットと目標施工形状との重なりによって、延長停止地形を、バケットを停止させる際の目標とするか否かを決定する例を説明するための図である。 20

【図 30】車体座標系におけるバケットと目標施工形状とを示す図である。

【図 31】決定部の制御ブロック図である。

【図 32】本実施形態に係る作業機械の制御方法の一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】

以下の説明においては、グローバル座標系（ $X_g - Y_g - Z_g$ 座標系）及び車体座標系（ $X - Y - Z$ 座標系）を設定して各部の位置関係について説明する。グローバル座標系とは、全地球測位システム（Global Positioning System: GPS）のような全地球航法衛星システム（Global Navigation Satellite System: GNSS）により規定される絶対位置を示す座標系である。車体座標系とは、作業機械の基準位置に対する相対位置を示す座標系である。 30

【0019】

本実施形態において、停止制御は、作業機と作業機械の施工対象の目標施工形状との距離に基づいて、作業機の少なくとも一部の動作を停止させる制御をいう。例えば、作業機が有するバケットがチルト方式のバケットである場合、停止制御は、バケットと目標施工形状との距離に基づいて、バケットのチルト動作を停止させる制御が挙げられる。バケットのチルト動作を停止させる停止制御を適宜、チルト停止制御と称する。 40

【0020】

[作業機械]

図1は、本実施形態に係る作業機械の一例を示す斜視図である。本実施形態においては、作業機械が油圧ショベル100である例について説明する。作業機械は、油圧ショベル100に限定されない。

【0021】

図1に示されるように、油圧ショベル100は、油圧により動作する作業機1と、作業機1を支持する車体である上部旋回体2と、上部旋回体2を支持する走行装置である下部走行体3と、作業機1を操作するための操作装置30と、作業機1を制御する制御装置50とを備える。上部旋回体2は、下部走行体3に支持された状態で回転軸RXを中心に旋 50

回可能である。

【 0 0 2 2 】

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

【 0 0 2 3 】

下部走行体 3 は、一対の履帯 3 C を有する。履帯 3 C の回転により、油圧ショベル 1 0 0 が走行する。下部走行体 3 がタイヤを有してもよい。

【 0 0 2 4 】

作業機 1 は、上部旋回体 2 に支持される。作業機 1 は、ブームピンを介して上部旋回体 2 に連結されるブーム 6 と、アームピンを介してブーム 6 に連結されるアーム 7 と、バケットピン及びチルトピンを介してアーム 7 に連結されるバケット 8 とを有する。バケット 8 は、刃 8 C を有する。刃 8 C は、バケット 8 の先端、すなわちバケットピンで連結されている部分から離れた部分に設けられた、板状の部材である。刃 8 C の刃先 9 は、刃 8 C の先端部であり、本実施形態では直線状の部分である。バケット 8 に複数の凸形状の刃が設けられている場合、刃先 9 は、凸形状の刃の先端部となる。

【 0 0 2 5 】

ブーム 6 は、第 1 の軸であるブーム軸 A X 1 を中心に上部旋回体 2 に対して回転可能である。アーム 7 は、第 2 の軸であるアーム軸 A X 2 を中心にブーム 6 に対して回転可能である。バケット 8 は、第 3 の軸であるバケット軸 A X 3 及びバケット軸 A X 3 に平行な軸と直交する軸線であるチルト軸 A X 4 のそれぞれを中心にアーム 7 に対して回転可能である。バケット軸 A X 3 とチルト軸 A X 4 とは互いに交差しない。

【 0 0 2 6 】

ブーム軸 A X 1 とアーム軸 A X 2 とバケット軸 A X 3 とは平行である。ブーム軸 A X 1 、アーム軸 A X 2 及びバケット軸 A X 3 と旋回軸 R X と平行な軸とは直交する。ブーム軸 A X 1 、アーム軸 A X 2 及びバケット軸 A X 3 は、車体座標系の Y 軸と平行である。旋回軸 R X は、車体座標系の Z 軸と平行である。ブーム軸 A X 1 、アーム軸 A X 2 及びバケット軸 A X 3 と平行な方向は、上部旋回体 2 の車幅方向を示す。旋回軸 R X と平行な方向は、上部旋回体 2 の上下方向を示す。ブーム軸 A X 1 、アーム軸 A X 2 、バケット軸 A X 3 及び旋回軸 R X の両方と直交する方向は、上部旋回体 2 の前後方向を示す。運転席 4 S を基準として作業機 1 が存在する方向が前方である。

【 0 0 2 7 】

作業機 1 は、油圧シリンダ 1 0 が発生する力により動作する。油圧シリンダ 1 0 は、ブーム 6 を作動させるブームシリンダ 1 1 と、アーム 7 を動作させるアームシリンダ 1 2 と、バケット 8 を作動させるバケットシリンダ 1 3 及びチルトシリンダ 1 4 とを含む。

【 0 0 2 8 】

作業機 1 は、ブームストロークセンサ 1 6 と、アームストロークセンサ 1 7 と、バケットストロークセンサ 1 8 と、チルトストロークセンサ 1 9 とを有する。ブームストロークセンサ 1 6 は、ブームシリンダ 1 1 の動作量を示すブームストロークを検出する。アームストロークセンサ 1 7 は、アームシリンダ 1 2 の動作量を示すアームストロークを検出する。バケットストロークセンサ 1 8 は、バケットシリンダ 1 3 の動作量を示すバケットストロークを検出する。チルトストロークセンサ 1 9 は、チルトシリンダ 1 4 の動作量を示すチルトストロークを検出する。

【 0 0 2 9 】

操作装置 3 0 は、運転室 4 に配置される。操作装置 3 0 は、油圧ショベル 1 0 0 のオペレータに操作される操作部材を含む。オペレータは、操作装置 3 0 を操作して、作業機 1 を動作させる。本実施形態において、操作装置 3 0 は、左操作レバー 3 0 L 及び右操作レバー 3 0 R と、チルト操作レバー 3 0 T と、操作ペダル 3 0 F とを含む。

【 0 0 3 0 】

中立位置にある右操作レバー 3 0 R が前方に操作されると、ブーム 6 が下げ動作し、後

10

20

30

40

50

方に操作されると、ブーム 6 が上げ動作する。中立位置にある右操作レバー 30 R が右方に操作されると、バケット 8 がダンプ動作し、左方に操作されると、バケット 8 が掻き込み動作する。

【0031】

中立位置にある左操作レバー 30 L が前方に操作されると、アーム 7 が伸ばし動作し、後方に操作されると、アーム 7 が掻き込み動作する。中立位置にある左操作レバー 30 L が右方に操作されると、上部旋回体 2 が右旋回し、左方に操作されると、上部旋回体 2 が左旋回する。

【0032】

なお、右操作レバー 30 R 及び左操作レバー 30 L の操作方向と、作業機 1 の動作方向及び上部旋回体 2 の旋回方向との関係は、上述の関係でなくてもよい。

10

【0033】

制御装置 50 は、コンピュータシステムを含む。制御装置 50 は、CPU (Central Processing Unit) のようなプロセッサと、ROM (Read Only Memory) のような不揮発性メモリ及びRAM (Random Access Memory) のような揮発性メモリを含む記憶装置と、入出力インターフェース装置とを有する。

【0034】

[バケット]

図 2 は、本実施形態に係るバケット 8 の一例を示す側断面図である。図 3 は、本実施形態に係るバケット 8 の一例を示す正面図である。本実施形態において、バケット 8 は、チルト式バケットである。チルト式バケットは、軸線であるチルト軸 AX 4 を中心として動作、例えば回転するバケットである。本実施形態において、軸線を中心として回転する部材は、バケット 8 である。

20

【0035】

バケット 8 はチルト式バケットに限定されない。バケット 8 は、例えば、ローテートバケットであってもよい。ローテートバケットは、バケット軸 AX 3 と垂直に交わる軸線の周りを回転するバケットである。

【0036】

図 2 及び図 3 に示されるように、バケット 8 は、バケットピン 8 B を介してアーム 7 に回転可能に連結される。また、バケット 8 は、チルトピン 8 T を介してアーム 7 に回転可能に支持される。バケット 8 は、接続部材 90 を介して、アーム 7 の先端部に接続される。バケットピン 8 B は、アーム 7 と接続部材 90 とを連結する。チルトピン 8 T は、接続部材 90 とバケット 8 とを連結する。バケット 8 は、接続部材 90 を介して、アーム 7 に回転可能に接続される。

30

【0037】

バケット 8 は、底板 81 と、背板 82 と、上板 83 と、側板 84 と、側板 85 とを含む。バケット 8 は、上板 83 の上部に設けられたブラケット 87 を有する。ブラケット 87 は、上板 83 の前後位置に設置される。ブラケット 87 は、接続部材 90 及びチルトピン 8 T と連結される。

【0038】

接続部材 90 は、プレート部材 91 と、プレート部材 91 の上面に設けられたブラケット 92 と、プレート部材 91 の下面に設けられたブラケット 93 とを有する。ブラケット 92 は、アーム 7 及び第 2 リンクピン 95 P と連結される。ブラケット 93 はブラケット 87 の上部に設置され、チルトピン 8 T 及びブラケット 87 と連結される。

40

【0039】

バケットピン 8 B は、接続部材 90 のブラケット 92 とアーム 7 の先端部とを連結する。チルトピン 8 T は、接続部材 90 のブラケット 93 とバケット 8 のブラケット 87 とを連結する。接続部材 90 及びバケット 8 は、アーム 7 に対してバケット軸 AX 3 を中心に回転可能である。バケット 8 は、接続部材 90 に対してチルト軸 AX 4 を中心に回転可能である。

50

【 0 0 4 0 】

作業機 1 は、第 1 リンクピン 9 4 P を介してアーム 7 に回転可能に接続される第 1 リンク部材 9 4 と、第 2 リンクピン 9 5 P を介してブラケット 9 2 に回転可能に接続される第 2 リンク部材 9 5 とを有する。第 1 リンク部材 9 4 の基端部が第 1 リンクピン 9 4 P を介してアーム 7 に接続される。第 2 リンク部材 9 5 の基端部が第 2 リンクピン 9 5 P を介してブラケット 9 2 に接続される。第 1 リンク部材 9 4 の先端部と第 2 リンク部材 9 5 の先端部とが、バケットシリンダトップピン 9 6 を介して連結される。

【 0 0 4 1 】

バケットシリンダ 1 3 の先端部は、バケットシリンダトップピン 9 6 を介して、第 1 リンク部材 9 4 の先端部及び第 2 リンク部材 9 5 の先端部と回転可能に接続される。バケットシリンダ 1 3 が伸縮すると、接続部材 9 0 はバケット 8 と共にバケット軸 A X 3 を中心に回転する。

10

【 0 0 4 2 】

チルトシリンダ 1 4 は、接続部材 9 0 に設けられたブラケット 9 7 及びバケット 8 に設けられたブラケット 8 8 のそれぞれに接続される。チルトシリンダ 1 4 のロッドがピンを介してブラケット 9 7 に接続される。チルトシリンダ 1 4 の本体部がピンを介してブラケット 8 8 に接続される。チルトシリンダ 1 4 が伸縮すると、バケット 8 はチルト軸 A X 4 を中心に回転する。チルトシリンダ 1 4 の接続の構造は一例であって、本実施形態の構造には限定されない。

【 0 0 4 3 】

このように、バケット 8 は、バケットシリンダ 1 3 が動作することにより、バケット軸 A X 3 を中心に回転する。バケット 8 は、チルトシリンダ 1 4 が動作することにより、チルト軸 A X 4 を中心に回転する。バケット 8 がバケット軸 A X 3 を中心に回転すると、チルトピン 8 T はバケット 8 と共に回転する。

20

【 0 0 4 4 】

〔 検出システム 〕

次に、油圧ショベル 1 0 0 の検出システム 4 0 0 について説明する。図 4 は、油圧ショベル 1 0 0 を模式的に示す側面図である。図 5 は、油圧ショベル 1 0 0 を模式的に示す背面図である。図 6 は、油圧ショベル 1 0 0 を模式的に示す平面図である。図 7 は、バケット 8 を模式的に示す側面図である。図 8 は、バケット 8 を模式的に示す正面図である。

30

【 0 0 4 5 】

図 4、図 5 及び図 6 に示されるように、検出システム 4 0 0 は、上部旋回体 2 の位置を検出する位置検出装置 2 0 と、作業機 1 の角度を検出する作業機角度検出装置 2 4 とを有する。位置検出装置 2 0 は、上部旋回体 2 の位置を検出する車体位置演算器 2 1 と、上部旋回体 2 の姿勢を検出する姿勢演算器 2 2 と、上部旋回体 2 の方位を検出する方位演算器 2 3 とを含む。

【 0 0 4 6 】

車体位置演算器 2 1 は、GPS 受信機を含む。車体位置演算器 2 1 は、上部旋回体 2 に設けられる。車体位置演算器 2 1 は、グローバル座標系で規定される上部旋回体 2 の絶対位置 P_g 、すなわちグローバル座標系 ($X_g - Y_g - Z_g$) における位置を検出する。上部旋回体 2 の絶対位置 P_g は、 X_g 軸方向の座標データ、 Y_g 軸方向の座標データ及び Z_g 軸方向の座標データを含む。

40

【 0 0 4 7 】

上部旋回体 2 に複数の GPS アンテナ 2 1 A が設けられる。GPS アンテナ 2 1 A は、GPS 衛星から電波を受信して、受信した電波に基づいて生成した信号を車体位置演算器 2 1 に出力する。車体位置演算器 2 1 は、GPS アンテナ 2 1 A から与えられた信号に基づいて、グローバル座標系で規定される GPS アンテナ 2 1 A が設置されている位置 P_r を検出する。車体位置演算器 2 1 は、GPS アンテナ 2 1 A が設置されている位置 P_r に基づいて、上部旋回体 2 の絶対位置 P_g を検出する。

【 0 0 4 8 】

50

G P S アンテナ 2 1 A は、車幅方向に 2 個、設けられる。車体位置演算器 2 1 は、一方の G P S アンテナ 2 1 A が設置されている位置 P r a 及び他方の G P S アンテナ 2 1 A が設置されている位置 P r b のそれぞれを検出する。車体位置演算器 2 1 は、位置 P r a と位置 P r b との少なくとも一方に基づいて演算処理を実行して、上部旋回体 2 の絶対位置 P g を検出する。本実施形態において、上部旋回体 2 の絶対位置 P g は、位置 P r a である。なお、上部旋回体 2 の絶対位置 P g は、位置 P r b でもよいし、位置 P r a と位置 P r b との間の位置でもよい。

【 0 0 4 9 】

姿勢演算器 2 2 は、慣性計測装置 (Inertial Measurement Unit : I M U) を含む。姿勢演算器 2 2 は、上部旋回体 2 に設けられる。姿勢演算器 2 2 は、グローバル座標系で規定される水平面、すなわち X g - Y g 平面に対する上部旋回体 2 の傾斜角度を検出する。水平面に対する上部旋回体 2 の傾斜角度は、車幅方向における上部旋回体 2 の傾斜角度を示すロール角度 1 と、前後方向における上部旋回体 2 の傾斜角度を示すピッチ角度 2 とを含む。

【 0 0 5 0 】

方位演算器 2 3 は、一方の G P S アンテナ 2 1 A が設置されている位置 P r a と他方の G P S アンテナ 2 1 A が設置されている位置 P r b とに基づいて、グローバル座標系で規定される基準方位に対する上部旋回体 2 の方位を検出する。方位演算器 2 3 は、位置 P r a と位置 P r b とに基づいて演算処理を実行して、基準方位に対する上部旋回体 2 の方位を検出する。方位演算器 2 3 は、位置 P r a と位置 P r b とを結ぶ直線を求め、求めた直線と基準方位とがなす角度に基づいて、基準方位に対する上部旋回体 2 の方位を検出する。基準方位に対する上部旋回体 2 の方位は、基準方位と上部旋回体 2 の方位とがなす角度を示すヨー角度 3 を含む。

【 0 0 5 1 】

図 4、図 7 及び図 8 に示されるように、作業機角度検出装置 2 4 は、ブームストロークセンサ 1 6 で検出されたブームストロークに基づいて、車体座標系の Z 軸に対するブーム 6 の傾斜角度を示すブーム角度 を求める。作業機角度検出装置 2 4 は、アームストロークセンサ 1 7 で検出されたアームストロークに基づいて、ブーム 6 に対するアーム 7 の傾斜角度を示すアーム角度 を求める。作業機角度検出装置 2 4 は、バケットストロークセンサ 1 8 で検出されたバケットストロークに基づいて、アーム 7 に対するバケット 8 の刃先 9 の傾斜角度を示すバケット角度 を求める。作業機角度検出装置 2 4 は、チルトストロークセンサ 1 9 で検出されたチルトストロークに基づいて、X Y 平面に対するバケット 8 の傾斜角度を示すチルト角度 を求める。作業機角度検出装置 2 4 は、ブームストロークセンサ 1 6 で検出されたブームストローク、アームストロークセンサ 1 7 で検出されたアームストローク、バケットストロークセンサ 1 8 で検出されたバケットストローク、及びチルトストロークセンサ 1 9 で検出されたチルトストロークに基づいて、X Y 平面に対するチルト軸 A X 4 の傾斜角度を示すチルト軸角度 を求める。作業機 1 の傾斜角度は、ストロークセンサ以外の角度センサによる検出であってもよいし、ステレオカメラ及びレーザスキャナ等の光学的な計測手段による検出であってもよい。

【 0 0 5 2 】

[油圧システム]

図 9 は、チルトシリンダ 1 4 を動作させる油圧システム 3 0 0 の一例を模式的に示す図である。油圧システム 3 0 0 は、作動油を供給する可変容量型のメイン油圧ポンプ 3 1 と、パイロット油を供給するパイロット圧ポンプ 3 2 と、チルトシリンダ 1 4 に対する作動油の供給量を調整する流量制御弁 2 5 と、流量制御弁 2 5 に作用するパイロット圧を調整する制御弁 3 7 A , 3 7 B , 3 9 と、操作装置 3 0 のチルト操作レバー 3 0 T 及び操作ペダル 3 0 F と、制御装置 5 0 とを備える。チルト操作レバー 3 0 T は、左操作レバー 3 0 L 又は右操作レバー 3 0 R の少なくとも一方に設けられるボタン等である。本実施形態において、操作装置 3 0 の操作ペダル 3 0 F は、パイロット圧方式の操作装置である。操作装置 3 0 のチルト操作レバー 3 0 T は、電子レバー方式の操作装置である。

【 0 0 5 3 】

操作装置 3 0 の操作ペダル 3 0 F は、パイロット圧ポンプ 3 2 に接続される。操作ペダル 3 0 F とパイロット圧ポンプ 3 2 との間には、制御弁 3 9 が設けられる。また、操作ペダル 3 0 F は、制御弁 3 7 A から送出されるパイロット油が流れる油路 3 8 A にシャトル弁 3 6 A を介して接続される。また、操作ペダル 3 0 F は、制御弁 3 7 B から送出されるパイロット油が流れる油路 3 8 B にシャトル弁 3 6 B を介して接続される。操作ペダル 3 0 F が操作されることにより、操作ペダル 3 0 F とシャトル弁 3 6 A との間の油路 3 3 A の圧力、及び操作ペダル 3 0 F とシャトル弁 3 6 B との間の油路 3 3 B の圧力が調整される。

【 0 0 5 4 】

10

チルト操作レバー 3 0 T が操作されることにより、チルト操作レバー 3 0 T の操作により生成された操作信号が制御装置 5 0 に出力される。制御装置 5 0 は、チルト操作レバー 3 0 T から出力された操作信号に基づいて制御信号を生成し、制御弁 3 7 A , 3 7 B を制御する。制御弁 3 7 A , 3 7 B は、電磁比例制御弁である。制御弁 3 7 A は、制御信号に基づいて、油路 3 8 A を開閉する。制御弁 3 7 B は、制御信号に基づいて、油路 3 8 B を開閉する。

【 0 0 5 5 】

チルト停止制御を実行しないとき、操作装置 3 0 の操作量に基づいて、パイロット圧が調整される。チルト停止制御を実行するとき、制御装置 5 0 は、制御弁 3 7 A , 3 7 B 又は制御弁 3 9 に制御信号を出力して、パイロット圧を調整する。

20

【 0 0 5 6 】

〔 制御システム 〕

図 1 0 は、本実施形態に係る作業機械の制御システム 2 0 0 の一例を示す機能ブロック図である。以下において、作業機械の制御システム 2 0 0 を適宜、制御システム 2 0 0 と称する。図 1 0 に示されるように、制御システム 2 0 0 は、作業機 1 を制御する制御装置 5 0 と、位置検出装置 2 0 と、作業機角度検出装置 2 4 と、制御弁 3 7 (3 7 A , 3 7 B) , 3 9 と、目標施工データ生成装置 7 0 とを備える。

【 0 0 5 7 】

位置検出装置 2 0 は、上部旋回体 2 の絶対位置 P g、ロール角度 1 及びピッチ角度 2 を含む上部旋回体 2 の姿勢と、ヨー角度 3 を含む上部旋回体 2 の方位とを検出する。作業機角度検出装置 2 4 は、ブーム角度、アーム角度、バケット角度、チルト角度、及びチルト軸角度を含む作業機 1 の角度を検出する。制御弁 3 7 (3 7 A , 3 7 B) は、チルトシリンダ 1 4 に対する作動油の供給量を調整する。

30

【 0 0 5 8 】

制御弁 3 7 は、制御装置 5 0 からの制御信号に基づいて作動する。目標施工データ生成装置 7 0 は、コンピュータシステムを含む。目標施工データ生成装置 7 0 は、施工エリアの目標形状である目標地形を示す目標施工データを生成する。目標施工データは、作業機 1 による施工後に得られる 3 次元の目標形状を示す。

【 0 0 5 9 】

目標施工データ生成装置 7 0 は、油圧ショベル 1 0 0 の遠隔地に設けられる。目標施工データ生成装置 7 0 は、例えば施工管理施設に設置される。目標施工データ生成装置 7 0 と制御装置 5 0 とは無線通信可能である。目標施工データ生成装置 7 0 で生成された目標施工データは、無線で制御装置 5 0 に送信される。

40

【 0 0 6 0 】

目標施工データ生成装置 7 0 と制御装置 5 0 とが有線で接続され、目標施工データ生成装置 7 0 から制御装置 5 0 に目標施工データが送信されてもよい。目標施工データ生成装置 7 0 が目標施工データを記憶した記録媒体を含み、制御装置 5 0 が、記録媒体から目標施工データを読み込み可能な装置を有してもよい。

【 0 0 6 1 】

目標施工データ生成装置 7 0 は、油圧ショベル 1 0 0 に設けられてもよい。施工を管理

50

する外部の管理装置から目標施工データが有線又は無線で油圧ショベル 100 の目標施工データ生成装置 70 に供給され、目標施工データ生成装置 70 が供給された目標施工データを記憶してもよい。

【0062】

制御装置 50 は、処理部 51 と、記憶部 52 と、入出力部 53 とを含む。処理部 51 は、車体位置データ取得部 51A と、作業機角度データ取得部 51B と、候補規定点位置データ演算部 51Ca と、目標施工形状生成部 51D と、規定点位置データ演算部 51Cb と、動作平面演算部 51E と、停止地形演算部 51F と、作業機制御部 51G と、制限速度決定部 51H と、決定部 51J と、を有する。記憶部 52 は、作業機データを含む油圧ショベル 100 の諸元データを記憶する。

10

【0063】

処理部 51 が有する車体位置データ取得部 51A、作業機角度データ取得部 51B、候補規定点位置データ演算部 51Ca、目標施工形状生成部 51D、規定点位置データ演算部 51Cb、動作平面演算部 51E、停止地形演算部 51F、作業機制御部 51G、制限速度決定部 51H 及び決定部 51J のそれぞれの機能は、制御装置 50 のプロセッサによって実現される。記憶部 52 の機能は、制御装置 50 の記憶装置によって実現される。入出力部 53 の機能は、制御装置 50 の入出力インターフェース装置によって実現される。

【0064】

車体位置データ取得部 51A は、位置検出装置 20 から入出力部 53 を介して車体位置データを取得する。車体位置データは、グローバル座標系で規定される上部旋回体 2 の絶対位置 Pg、ロール角度 1 及びピッチ角度 2 を含む上部旋回体 2 の姿勢及びヨー角度 3 を含む上部旋回体 2 の方位を含む。

20

【0065】

作業機角度データ取得部 51B は、作業機角度検出装置 24 から入出力部 53 を介して作業機角度データを取得する。作業機角度データは、ブーム角度、アーム角度、バケット角度、チルト角度 及びチルト軸角度 を含む作業機 1 の角度である。

【0066】

候補規定点位置データ演算部 51Ca は、バケット 8 に設定された規定点 RP の位置データを求める。候補規定点位置データ演算部 51Ca は、車体位置データ取得部 51A で取得された車体位置データと、作業機角度データ取得部 51B で取得された作業機角度データと、記憶部 52 に記憶されている作業機データとに基づいて、バケット 8 に設定される規定点 RP の位置データを求める。規定点 RP については後述する。

30

【0067】

図 4 に示すように、作業機データは、ブーム長さ L1、アーム長さ L2、バケット長さ L3、チルト長さ L4、及びバケット幅 L5 を含む。ブーム長さ L1 は、ブーム軸 AX1 とアーム軸 AX2 との距離である。アーム長さ L2 は、アーム軸 AX2 とバケット軸 AX3 との距離である。バケット長さ L3 は、バケット軸 AX3 とバケット 8 の刃先 9 との距離である。チルト長さ L4 は、バケット軸 AX3 とチルト軸 AX4 との距離である。バケット幅 L5 は、側板 84 と側板 85 との距離である。

【0068】

40

図 11 は、本実施形態に係るバケット 8 に設定される規定点 RP の一例を模式的に示す図である。図 11 に示すように、バケット 8 には、チルトバケット制御に使用される規定点 RP の候補となる候補規定点 RPc が複数設定される。候補規定点 RPc は、バケット 8 の刃先 9 及びバケット 8 の外面に設定される。候補規定点 RPc は、刃先 9 においてバケット幅方向に複数設定される。また、候補規定点 RPc は、バケット 8 の外面において複数設定される。前述した規定点 RP は、候補規定点 RPc のうちの 1 つである。

【0069】

作業機データは、バケット 8 の形状及び寸法を示すバケット外形データを含む。バケット外形データは、バケット幅 L5 を含む。バケット外形データは、バケット 8 の外面の輪郭データ、及びバケット 8 の刃先 9 を基準としたバケット 8 の複数の候補規定点 RPc の

50

座標データを含む。

【0070】

候補規定点位置データ演算部51Caは、上部旋回体2の基準位置P0に対する複数の候補規定点R Pcそれぞれの相対位置を算出する。また、候補規定点位置データ演算部51Caは、複数の候補規定点R Pcそれぞれの絶対位置を算出する。

【0071】

候補規定点位置データ演算部51Caは、ブーム長さL1、アーム長さL2、バケット長さL3、チルト長さL4、及びバケット外形データを含む作業機データと、ブーム角度、アーム角度、バケット角度、チルト角度、及びチルト軸角度を含む作業機角度データに基づいて、上部旋回体2の基準位置P0に対するバケット8の複数の候補規定点R Pcそれぞれの相対位置を算出することができる。図4に示すように、上部旋回体2の基準位置P0は、上部旋回体2の回転軸RXに設定される。なお、上部旋回体2の基準位置P0は、ブーム軸AX1に設定されてもよい。

10

【0072】

また、候補規定点位置データ演算部51Caは、位置検出装置20によって検出された上部旋回体2の絶対位置Pgと、上部旋回体2の基準位置P0とバケット8との相対位置とに基づいて、バケット8の絶対位置Paを算出可能である。絶対位置Pgと基準位置P0との相対位置は、油圧シヨベル100の諸元データから導出される既知データである。候補規定点位置データ演算部51Caは、上部旋回体2の絶対位置Pgを含む車体位置データと、上部旋回体2の基準位置P0とバケット8との相対位置と、作業機データと、作業機角度データとに基づいて、バケット8の複数の候補規定点R Pcそれぞれの絶対位置を算出することができる。候補規定点R Pcはバケット8の幅方向の情報とバケット8の外面の情報とを含めば、点に限定されなくてもよい。

20

【0073】

目標施工形状生成部51Dは、目標施工データ生成装置70から与えられる目標施工データに基づいて、施工対象の目標形状を示す目標施工形状CSを生成する。目標施工データ生成装置70は、目標施工データとして、3次元目標地形データを目標施工形状生成部51Dに与えてもよいし、目標形状の一部を示す複数のラインデータ又は複数のポイントデータを目標施工形状生成部51Dに与えてもよい。本実施形態において、目標施工データ生成装置70は、目標施工データとして、目標形状の一部を示すラインデータを目標施工形状生成部51Dに与えることとする。

30

【0074】

図12は、本実施形態に係る目標施工データCDの一例を示す模式図である。図12に示されるように、目標施工データCDは、施工エリアの目標地形を示す。目標地形は、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形状CSを含む。複数の目標施工形状CSのそれぞれは、作業機1による施工対象の目標形状を示す。目標施工データCDにおいて、目標施工形状CSのうちバケット8との垂直距離が最も近い点APが規定される。また、目標施工データCDにおいて、点AP及びバケット8を通りバケット軸AX3と直交する作業機動作平面WPが規定される。作業機動作平面WP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の少なくとも一つの動作によりバケット8の刃先9が移動する動作平面であり、車体座標系(X-Y-Z)におけるXZ平面と平行である。

40

【0075】

目標施工形状生成部51Dは、作業機動作平面WPと目標施工形状CSとの交線であるラインLXを取得する。また、目標施工形状生成部51Dは、点APを通り目標施工形状CSにおいてラインLXと交差するラインLYを取得する。ラインLYは、横動作平面と目標施工地形CSとの交線を示す。横動作平面とは、作業機動作平面WPと直交し、点APを通過する平面である。ラインLYは、目標施工地形CSにおいてバケット8の側方向に延在する。

【0076】

50

図13は、本実施形態に係る目標施工形状CSの一例を示す模式図である。目標施工形状生成部51Dは、ラインLX及びラインLYを取得して、ラインLX及びLYに基づいて、施工対象の目標形状を示す目標施工形状CSを生成する。目標施工形状CSをバケット8で掘削する場合、制御装置50は、バケット8を通る作業機動作平面WPと目標施工形状CSとの交線であるラインLXに沿ってバケット8を移動させる。

【0077】

本実施形態において、制御装置50は、ラインLYに基づくチルト制御により、バケット8がチルト動作した場合でも規定点RPとラインLY上とで垂直距離が取得され、バケット8の制御を行うことができる。また、制御装置50は、ラインLYだけではなく、規定点RPに対する目標施工形状CSとの最短距離に基づき、ラインLYに平行なラインに基づいてチルト制御を行ってもよい。

10

【0078】

動作平面演算部51Eは、部材に設定された規定点を通り、軸線と直交する動作平面を求める。本実施形態において、軸線はチルト軸AX4であり、部材はバケット8なので、動作平面演算部51Eは、部材であるバケット8の規定点RPを通り、軸線であるチルト軸AX4と直交するチルト動作平面TPを求める。チルト動作平面TPは、前述した動作平面に相当する。

【0079】

図14及び図15は、本実施形態に係るチルト動作平面TPの一例を示す模式図である。図14は、チルト軸AX4が目標施工形状CSと平行であるときのチルト動作平面TPを示す。図15は、チルト軸AX4が目標施工形状CSと非平行であるときのチルト動作平面TPを示す。

20

【0080】

図14及び図15に示されるように、チルト動作平面TPとは、バケット8に規定されている複数の候補規定点RPcから選択された規定点RPを通りチルト軸AX4と直交する動作平面をいう。規定点RPは、複数の候補規定点RPcのうち、チルトバケット制御において最も有利であると判定された規定点RPである。チルトバケット制御において最も有利である規定点RPは、目標施工形状CSとの距離が最も近い規定点RPである。なお、チルトバケット制御において最も有利である規定点RPは、その規定点RPに基づいてチルトバケット制御を実行したとき、油圧シリンダ10のシリンダ速度が最も速くなる規定点RPでもよい。規定点位置データ演算部51Cbは、バケット8の幅と、外面情報である候補規定点RPcと、目標施工形状CSとに基づき、規定点RP、詳細にはチルトバケット制御において最も有利である規定点RPを求める。

30

【0081】

図14及び図15は、一例として、刃先9に設定された規定点RPを通るチルト動作平面TPを示す。チルト動作平面TPは、チルトシリンダ14の作動によりバケット8の規定点RP(刃先9)が移動する動作平面である。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の少なくとも一つが作動し、チルト軸AX4の向きを示すチルト軸角度が変化すると、チルト動作平面TPの傾きも変化する。

【0082】

40

前述したように、作業機角度検出装置24は、XY平面に対するチルト軸AX4の傾斜角度を示すチルト軸角度を求める。チルト軸角度は、作業機角度データ取得部51Bに取得される。また、規定点RPの位置データは、候補規定点位置データ演算部51Caによって求められる。動作平面演算部51Eは、作業機角度データ取得部51Bで取得されたチルト軸AX4のチルト軸角度と、候補規定点位置データ演算部51Caによって求められた規定点RPの位置とに基づいて、チルト動作平面TPを求める。

【0083】

目標形状演算部51Fは、制御目標形状であるチルト停止地形STを、目標施工形状CSから求める。本実施形態において、制御目標形状は、目標施工形状CSと動作平面とが交差する部分である。本実施形態において、動作平面はチルト動作平面TPなので、目標

50

形状演算部 51F は、目標施工形状 CS とチルト動作平面 TP とが交差する部分によって規定される制御目標形状を求める。この制御目標形状を、以下においては適宜、チルト停止地形 ST と称する。停止地形演算部 51F は、複数の候補規定点 R P c から選択された規定点 R P の位置データと目標施工地形 CS とチルトデータとに基づいて、目標施工地形 CS においてバケット 8 の側方方向に延在するチルト目標地形 ST を算出する。図 14 及び図 15 に示されるように、チルト停止地形 ST は、目標施工形状 CS とチルト動作平面 TP との交線によって表される。チルト軸 AX 4 の向きであるチルト軸角度 θ が変化すると、チルト停止地形 ST の位置が変化する。

【0084】

目標形状演算部 51F は、チルト停止地形 ST を延長した延長目標形状を求める。本実施形態において、延長目標形状は、チルト停止地形 ST と平行にチルト停止地形 ST が延長された部分である。延長目標形状については後述する。

【0085】

作業機制御部 51G は、油圧シリンダ 10 を制御するための制御信号を出力する。チルト停止制御を実行する場合、作業機制御部 51G は、バケット 8 の規定点 R P とチルト停止地形 ST との距離を示す動作距離 D a に基づいて、チルト軸 AX 4 を中心とするバケット 8 のチルト動作を停止させるチルト停止制御を実行する。すなわち、本実施形態においては、チルト停止地形 ST を基準にチルト停止制御が実行される。チルト停止制御においては、作業機制御部 51G は、チルト動作するバケット 8 がチルト停止地形 ST を超えないように、チルト停止地形 ST でバケット 8 を停止させる。

【0086】

作業機制御部 51G は、バケット 8 に設定された複数の候補規定点 R P c のうち動作距離 D a が最も短い規定点 R P に基づいて、チルト停止制御を実行する。すなわち、作業機制御部 51G は、バケット 8 に設定された複数の候補規定点 R P c 規定点 R P のうちチルト停止地形 ST に最も近い規定点 R P がチルト停止地形 ST を超えないように、チルト停止地形 ST に最も近い規定点 R P とチルト停止地形 ST との動作距離 D a に基づいて、チルト停止制御を実行する。

【0087】

制限速度決定部 51H は、動作距離 D a に基づいて、バケット 8 のチルト動作速度についての制限速度 U を決定する。制限速度決定部 51H は、動作距離 D a が閾値であるライン距離 H 以下のときに、チルト動作速度を制限する。

【0088】

決定部 51J は、目標施工形状 CS を超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST を、作業機制御部 51G がバケット 8 を停止させる際の目標とするか目標としないかを決定する。目標施工形状 CS を超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST を目標とする場合、作業機制御部 51G は、目標施工形状 CS が存在する範囲及びこれを超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST をバケット 8 が超えないように、バケット 8 のチルト動作を制御する。目標施工形状 CS を超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST を目標としない場合、作業機制御部 51G は、目標施工形状 CS が存在する範囲に存在するチルト停止地形 ST をバケット 8 が超えないように、バケット 8 のチルト動作を制御する。

【0089】

図 16 は、本実施形態に係るチルト停止制御を説明するための模式図である。図 16 に示されるように、目標施工形状 CS が規定されるとともに、速度制限介入ライン IL が規定される。速度制限介入ライン IL は、チルト軸 AX 4 と平行であり、チルト停止地形 ST からライン距離 H だけ離れた位置に規定される。ライン距離 H は、オペレータの操作感が損なわれないように設定されることが望ましい。作業機制御部 51G は、チルト動作するバケット 8 の少なくとも一部が速度制限介入ライン IL を超え、動作距離 D a がライン距離 H 以下になったとき、バケット 8 のチルト動作速度を制限する。制限速度決定部 51H は、速度制限介入ライン IL を超えたバケット 8 のチルト動作速度についての制限速度 U を決定する。図 16 に示される例では、バケット 8 の一部が速度制限介入ライン IL を

超え、動作距離 D_a がライン距離 H よりも小さいため、チルト動作速度が制限される。

【0090】

制限速度決定部 51H は、チルト動作平面 TP と平行な方向における規定点 RP とチルト停止地形 ST との動作距離 D_a を取得する。また、制限速度決定部 51H は、動作距離 D_a に応じた制限速度 U を取得する。作業機制御部 51G は、動作距離 D_a がライン距離 H 以下であると判定された場合、チルト動作速度を制限する。

【0091】

図 17 は、チルトバケットのチルト回転を動作距離 D_a に基づき停止させるため、動作距離 D_a と制限速度 U との関係の一例を示す図である。図 17 に示されるように、制限速度 U は、動作距離 D_a に応じて決められている速度である。制限速度 U は、動作距離 D_a がライン距離 H よりも大きいときには設定されず、動作距離 D_a がライン距離 H 以下のときに設定される。動作距離 D_a が小さくなるほど、制限速度 U は小さくなり、動作距離 D_a が零になると、制限速度 U も零になる。なお、図 17 では、目標施工形状 CS に近づく方向を負の方向として表している。

【0092】

制限速度決定部 51H は、操作装置 30 のチルト操作レバー 30T の操作量に基づいて、規定点 RP が目標施工データ CD によって特定される目標施工形状 CS (チルト停止地形 ST) に向かって移動するときの移動速度 V_r を求める。移動速度 V_r は、チルト動作平面 TP と平行な面内における規定点 RP の移動速度である。移動速度 V_r は、複数の規定点 RP のそれぞれについて求められる。

【0093】

本実施形態においては、チルト操作レバー 30T が操作された場合、チルト操作レバー 30T から出力された電流値に基づいて、移動速度 V_r が求められる。チルト操作レバー 30T が操作されると、チルト操作レバー 30T の操作量に応じた電流がチルト操作レバー 30T から出力される。記憶部 52 には、チルト操作レバー 30T から出力される電流値とパイロット圧との関係を示す第 1 相関データが記憶されている。また、記憶部 52 には、パイロット圧とスプールの移動量を示すスプールストロークとの関係を示す第 2 相関データが記憶されている。また、記憶部 52 には、スプールストロークとチルトシリンダ 14 のシリンダ速度との関係を示す第 3 相関データが記憶されている。

【0094】

第 1 相関データ、第 2 相関データ、及び第 3 相関データは、実験又はシミュレーション等により事前に求められる既知データである。制限速度決定部 51H は、チルト操作レバー 30T から出力された電流値と、記憶部 52 に記憶されている第 1 相関データ、第 2 相関データ及び第 3 相関データとに基づいて、チルト操作レバー 30T の操作量に応じたチルトシリンダ 14 のシリンダ速度を求める。シリンダ速度は、実際のストロークセンサの検出値が用いられてもよい。チルトシリンダ 14 のシリンダ速度が求められた後、制限速度決定部 51H は、ヤコビアン行列式を使って、チルトシリンダ 14 のシリンダ速度をバケット 8 の複数の規定点 RP それぞれの移動速度 V_r に変換する。

【0095】

作業機制御部 51G は、動作距離 D_a がライン距離 H 以下であると判定された場合、目標施工形状 CS に対する規定点 RP の移動速度 V_r を制限速度 U に制限する速度制限を実行する。作業機制御部 51G は、バケット 8 の規定点 RP の移動速度 V_r を抑えるために、制御弁 37 に制御信号を出力する。作業機制御部 51G は、バケット 8 の規定点 RP の移動速度 V_r が動作距離 D_a に応じた制限速度 U になるように、制御弁 37 に制御信号を出力する。この処理により、チルト動作するバケット 8 の規定点 RP の移動速度は、規定点 RP が目標施工形状 CS (チルト停止地形 ST) に近づくほど遅くなり、規定点 RP (刃先 9) が目標施工形状 CS に到達したときに零になる。

【0096】

本実施形態においては、チルト動作平面 TP が規定され、チルト動作平面 TP と目標施工形状 CS との交線であるチルト停止地形 ST が導出される。作業機制御部 51G は、複

10

20

30

40

50

数の候補規定点 $R P c$ のうちチルト停止地形 $S T$ に最も近い規定点 $R P$ と目標施工形状 $C S$ との動作距離 $D a$ に基づいて、その規定点 $R P$ が目標施工形状 $C S$ を超えないように、チルト停止制御を実行する。本実施形態においては、バケット 8 がチルト動作するだけでは、チルト停止地形 $S T$ の位置は変化しない。したがって、チルト動作可能なバケット 8 を使った掘削作業は円滑に実行される。

【 0 0 9 7 】

[チルト停止制御を利用したバケット 8 の位置決め]

制御装置 5 0 は、目標施工形状 $C S$ に向かってバケット 8 を移動させながらチルト停止制御を実行すると、目標施工形状 $C S$ でバケット 8 を停止させることができる。すなわち、制御装置 5 0 は、バケット 8 を目標施工形状 $C S$ に位置決めすることができる。この場合、バケット停止制御も併用される。バケット停止制御は、バケット 8 と目標施工形状 $C S$ との距離に基づいて、作業機、すなわちブーム 6、アーム 7 及びバケット 8 の少なくとも 1 つを制御することにより、バケット 8 を目標施工形状 $C S$ でバケット 8 を停止させる制御である。例えば、バケット停止制御において、制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 $C S$ との距離に基づいてブーム 6 の動作を制御することにより、バケット 8 が目標施工形状 $C S$ に接近する速度を制限する。このような処理により、バケット 8 は目標施工形状 $C S$ で停止するので、目標施工形状 $C S$ の侵食が抑制される。

【 0 0 9 8 】

図 1 8、図 1 9 及び図 2 0 は、バケット 8 を移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。図 1 8 及び図 1 9 に示される例において、油圧ショベル 1 0 0 の施工対象は、断面が凸形状となっている。目標施工形状 $C S$ は、目標施工形状 $C S a$ と目標施工形状 $C S b$ とが変曲位置 $S L$ で接続されたものとなっている。目標施工形状 $C S a$ にバケット 8 が位置決めされる場合、制御装置 5 0 は、目標施工形状 $C S$ とチルト動作平面 $T P$ とが交差する部分であるチルト停止地形 $S T$ を、バケット 8 を停止させる目標として、チルト停止制御を実行する。

【 0 0 9 9 】

油圧ショベル 1 0 0 のオペレータは、目標施工形状 $C S a$ にバケット 8 を位置決めする場合、図 9 に示される操作装置 3 0 のチルト操作レバー 3 0 T を操作してバケット 8 をチルト動作させながらブーム 6 を下降させる。バケット 8 は、チルト動作によって、チルト軸 $A X 4$ を中心として、図 1 8 及び図 1 9 に示される矢印 R の方向に回転する。また、ブーム 6 の下降によって、図 1 8、図 1 9 及び図 2 0 に示される矢印 D で示される方向に移動する。

【 0 1 0 0 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 $C S a$ に対応するチルト停止地形 $S T$ との動作距離 $D a$ に基づいてチルト動作速度を制限し、かつバケット 8 と目標施工形状 $C S a$ との垂直距離 $D b$ に基づいて及びバケット 8 の下降速度 $V b$ を制限する。垂直距離 $D b$ は、バケット 8 の規定点 $R P$ と目標施工形状 $C S a$ との距離である。バケット 8 の規定点 $R P$ から目標施工形状 $C S a$ に向かって延ばした垂線に沿って得られる、規定点 $R P$ と目標施工形状 $C S a$ との距離が、垂直距離 $D b$ である。

【 0 1 0 1 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 の刃先 9 に設定された規定点 $R P$ のうち 1 つの垂直距離 $D b$ が零になると、ブーム 6 の下降を停止させる。この場合、目標施工形状 $C S a$ の直上に存在する規定点 $R P$ は、バケット 8 がチルト動作するときの移動速度 $V r$ が正であるため、制御装置 5 0 はバケット 8 のチルト動作を継続する。図 1 8 に示される例では、バケット 8 は矢印 R 方向へ回転し続ける。バケット 8 が回転することにより、バケット 8 が目標施工形状 $C S a$ を離れると、制御装置 5 0 は、その分だけブーム 6 を下降させる。本実施形態において、正の移動速度 $V r$ とは、バケット 8 が目標施工形状 $C S a$ から離れる場合の移動速度 $V r$ をいう。

【 0 1 0 2 】

図 1 9 に示されるように、バケット 8 の刃先 9 が目標施工形状 $C S a$ に接すると、動作

10

20

30

40

50

距離 D_a は零になるが、目標施工形状 CS_a 上の規定点 RP の移動速度 V_r は正である。このとき、バケット 8 は一部が目標施工形状 CS_a に接するが、残りの部分は目標施工形状 CS_a に接していない。目標施工形状 CS_a 上に存在しない部分の規定点 RP は、負の移動速度 V_r を有する。本実施形態において、負の移動速度 V_r とは、バケット 8 が目標施工形状 CS_b を掘り込む場合の移動速度 V_r である。目標施工形状 CS_a 上に存在しない部分の規定点 RP は、目標施工形状 CS_b に向かって移動速度 V_r で移動する。このため、バケット 8 は、図 20 に示されるように、同じ方向にチルト動作を継続する。バケット 8 がさらにチルト動作を継続し、負の動作速度 V_r を有する規定点 RP 、図 20 に示される例では目標施工形状 CS_a の直上に存在する規定点 RP が目標施工形状 CS に接して動作距離 D_a が零になると、バケット 8 は停止する。

10

【0103】

オペレータは、目標施工形状 CS_a にバケット 8 を位置決めしたいが、実際には目標施工形状 CS_b にバケット 8 が位置決めされるので、オペレータが意図した動作が実現されない。また、バケット 8 が目標施工形状 CS_b に向かってチルト動作する過程で、変曲位置 SL 近傍の目標施工形状 CS_a 、 CS_b がバケット 8 によって削られることもある。

【0104】

図 21 及び図 22 は、本実施形態に係る停止制御を説明するための図である。オペレータがバケット 8 を位置決めしたい目標施工形状 CS_a にバケット 8 を位置決めするため、本実施形態においては、目標施工形状 CS_a のチルト停止地形 ST を、変曲位置 SL を超えた範囲まで延長する。チルト停止地形 ST は、図 22 に示されるように、チルト動作平面 TP と目標施工形状 CS とが交差する部分である。図 21 に示される例において、チルト停止地形 ST が延長された部分は、一点鎖線及び符号 STe で示される部分である。以下において、この延長された部分を適宜、延長停止地形 STe と称する。延長停止地形 STe は、延長目標形状である。

20

【0105】

延長停止地形 STe は、前述したように、チルト停止地形 ST と平行にチルト停止地形 ST を延長した部分である。本実施形態において、チルト停止地形 ST は直線の線分であり、延長停止地形 STe はチルト停止地形 ST と連続し、かつチルト停止地形 ST と平行な直線である。チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe は直線の線分及び直線には限定されず、例えば、平面であってもよい。

30

【0106】

図 23、図 24 及び図 25 は、バケット 8 を移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。目標施工形状 CS_a にバケット 8 が位置決めされる場合、制御装置 50 は、図 22 に示されるように、目標施工形状 CS_a とチルト動作平面 TP とが交差する部分であるチルト停止地形 ST 及びチルト停止地形 ST を延長した延長停止地形 STe を、バケット 8 のチルト動作を停止させる目標として、チルト停止制御を実行する。

【0107】

延長停止地形 STe は、図 21 から図 25 に示される例からも理解できるように、バケット 8 を位置決めする対象の目標施工形状 CS_a を超えた範囲に存在する。延長停止地形 STe は、バケット 8 を位置決めする対象の目標施工形状 CS_a と変曲位置 SL で接続される目標施工形状 CS_b の上方に存在する。上方とは、車体座標系 ($X-Y-Z$) において Z 軸の正の方向である。 Z 軸の正の方向は、図 1 に示される油圧ショベル 100 の下部走行体 3 から上部旋回体 2 に向かう方向である。図 9 に示される目標形状演算部 51F は、生成したチルト停止地形 ST を、少なくとも変曲位置 SL の方向に延長して、延長停止地形 STe を求める。求められた延長停止地形 STe は、図 9 に示される記憶部 52 に一時的に記憶される。

40

【0108】

油圧ショベル 100 のオペレータは、目標施工形状 CS_a にバケット 8 を位置決めする場合、図 9 に示される操作装置 30 のチルト操作レバー 30T を操作してバケット 8 を矢

50

印 R 方向にチルト動作させながらブーム 6 を下降させる。バケット 8 は、チルト動作によって、チルト軸 A X 4 を中心として、図 2 3 及び図 2 4 に示される矢印 R の方向に回転する。また、ブーム 6 の下降によって、図 2 3 及び図 2 4 に示される矢印 D で示される方向に移動する。

【 0 1 0 9 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a に基づいてチルト動作速度を制限し、バケット 8 と目標施工形状 C S a との垂直距離 D b に基づいてバケット 8 の下降速度を制限する。図 2 3 に示されるように、制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 C S a との垂直距離 D b が零になると、ブーム 6 の下降を停止させる。前述したように、ブーム 6 の下降が停止しても、目標施工形状 C S a の直上の規定点 R P は正の移動速度 V r なので、バケット 8 は、矢印 R で示される方向のチルト動作を継続する。

10

【 0 1 1 0 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 がチルト動作した分だけブーム 6 を下降させながら、バケット 8 の姿勢を、刃先 9 が目標施工形状 C S a に平行となるように変更する。本実施形態において、制御装置 5 0 は、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e を目標としてバケット 8 のチルト停止制御を実行する。すなわち、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e に対して負の移動速度 V r を有する規定点 R P と、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e との動作距離 D a が 0 になると、制御装置 5 0 はバケット 8 のチルト動作、この例では矢印 R 方向への回転を停止させる。この処理によって、図 2 5 に示されるように、バケット 8 は、刃先 9 が目標施工形状 C S a に位置した状態で停止するので、目標施工形状 C S a に位置決めされる。

20

【 0 1 1 1 】

このように、制御装置 5 0 は、バケット 8 を目標施工形状 C S a で停止させるチルト停止制御を実行する場合、バケット 8 を停止させるために目標とする地形を、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e とする。そして、制御装置 5 0 は、バケット 8 とチルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e との動作距離 D a に基づいて、バケット 8 の回転、すなわちチルト動作を停止させる。その結果、バケット 8 は、刃先 9 が目標施工形状 C S a に位置した状態で停止するので、オペレータは、意図した通りにバケット 8 を操作することができる。

30

【 0 1 1 2 】

図 2 6 は、バケット 8 が空中で停止することを説明するための図である。図 2 7 は、バケット 8 を目標施工形状 C S b に位置決めした状態を示す図である。チルト停止制御において、制御装置 5 0 がバケット 8 とチルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e との動作距離 D a に基づいてバケット 8 のチルト動作を停止させると、制御装置 5 0 は、延長停止地形 S T e とバケット 8 との動作距離 D a が 0 になった時点でバケット 8 のチルト動作を停止させる。すると、図 2 6 に示されるように、バケット 8 が空中で停止してしまう。その結果、図 2 7 に示されるように、オペレータがバケット 8 を目標施工形状 C S b に位置決めするようにバケット 8 の姿勢を変更したい場合、バケット 8 の動作が阻止されてしまう。

40

【 0 1 1 3 】

この現象を回避するため、制御装置 5 0 の決定部 5 1 J は、バケット 8 と目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との距離である動作距離 D a に基づいて、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かを決定する。詳細には、決定部 5 1 J は、バケット 8 に設定されている規定点 R P と、規定点 R P の直下に存在する目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a が閾値以下である場合に、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とする。そして、決定部 5 1 J は、バケット 8 に設定されている規定点 R P と、規定点 R P の直下に存在する目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a が閾値よりも大きい場合には、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標としない。規定点 R P の

50

直下とは、油圧ショベル 100 の車体座標系 (X - Y - Z) における Z 軸の負の方向である。Z 軸の負の方向は、図 1 に示される油圧ショベル 100 の上部旋回体 2 から下部走行体 3 に向かう方向である。

【0114】

図 26 に示される例では、バケット 8 の規定点 R P のうち、負の移動速度 V_r を有する 1 つの規定点 R P と延長停止地形 S T e との動作距離 D_a が零である。しかし、バケット 8 の他の規定点 R P と、この規定点 R P の直下に存在する目標施工形状 C S a に対応したチルト停止地形 S T との動作距離 D_a は閾値よりも大きい。このため、決定部は、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標としない。その結果、バケット 8 は空中で停止せずに、目標施工形状 C S a で位置決めされる。

10

【0115】

図 28 及び図 29 は、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なりによって、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かを決定する例を説明するための図である。図 28 に示される例のように、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なりが多い状態で、オペレータが図 23 から図 25 に示されるような動作をバケット 8 に行わせるための操作をしている場合、オペレータは目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めしたいと考えられる。図 29 に示される例のように、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なりが少ない場合にバケット 8 がチルト動作している場合、オペレータはチルト軸 A X 4 を中心として目標施工形状 C S b に向けてバケット 8 を回転させて、目標施工形状 C S b にバケット 8 を位置決めしたいと考えられる。

20

【0116】

決定部 51 J は、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なりに基づいて、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かを決定する。詳細には、決定部 51 J は、バケット 8 に設定された複数の規定点 R P のうち、第 1 閾値以上の数の規定点 R P がバケット 8 の直下に存在する目標施工形状 C S a と重なっている場合、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とする。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e の両方を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

【0117】

決定部 51 J は、バケット 8 に設定された複数の規定点 R P のうち、第 1 閾値よりも小さい第 2 閾値以下の数の規定点 R P がバケット 8 の直下に存在する目標施工形状 C S a と重なっている場合、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とはしない。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 S T を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

30

【0118】

このように、決定部 51 J は、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なりに基づいて、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かを決定するので、オペレータが目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めしたいか否かを確実に判定することができる。その結果、制御装置 50 は、オペレータが意図した目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めすることができる。

40

【0119】

バケット 8 の直下に存在する目標施工形状 C S a とは、車体座標系 (X - Y - Z) において、バケット 8 から見て Z 軸方向の負の方向に存在する目標施工形状 C S a である。バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なりは、車体座標系 (X - Y - Z) の Z 軸の正方向からバケット 8 及び目標施工形状 C S a を見た場合において、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なり の 程度、すなわち重なり の 量又は重なり の 割合等で表される。

【0120】

図 30 は、車体座標系 (X - Y - Z) におけるバケット 8 と目標施工形状 C S a とを示す図である。目標施工形状 C S a は、ライン L X 及びライン L Y に基づいて目標施工形状生成部 51 D によって生成される。ライン L X とライン L Y との交点は、作業機動作平面

50

W P 及び車体座標系 (X - Y - Z) の Z 軸と平行、かつバケット 8 の一部 (この例では規定点 R P) を通る直線 L C と交差する。目標施工形状生成部 5 1 D は、ライン L X 及びライン L Y に基づいて、破線で示される目標施工形状 C S a 1 と一点鎖線で示される目標施工形状 C S a 2 とを生成できる。本実施形態において、決定部 5 1 J は、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なりを求めるにあたり、目標施工形状 C S a 1 又は目標施工形状 C S a 2 のいずれを用いてもよい。

【 0 1 2 1 】

決定部 5 1 J は、バケット 8 の姿勢、本実施形態においては、バケット 8 の刃先 9 と目標施工形状 C S a とのなす角度 θ に基づいて、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かを決定する。決定部 5 1 J は、バケット 8 の刃先 9 に設定された複数の規定点 R P から刃先 9 を表す直線を求める。そして、決定部 5 1 J は、求めた直線と目標施工形状 C S a に存在するチルト停止地形 S T とのなす角度 θ を求める。

10

【 0 1 2 2 】

決定部 5 1 J は、角度 θ が第 1 角度閾値以下である場合、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とする。この場合、制御装置 5 0 は、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e の両方を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。決定部 5 1 J は、角度 θ が第 1 角度閾値よりも大きい第 2 角度閾値よりも大きい場合、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とはしない。この場合、制御装置 5 0 は、チルト停止地形 S T を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

20

【 0 1 2 3 】

図 2 1 に示される角度 θ は、バケット 8、本実施形態ではバケット 8 の刃先 9 が目標施工形状 C S a に沿っていることを示す指標である。角度 θ が小さい場合、オペレータは目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めしたいと考えられる。角度 θ が大きい場合、オペレータは目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めする意思はないと考えられる。決定部 5 1 J は、角度 θ を用いることで、オペレータが目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めしたいか否かを精度よく判定できる。

【 0 1 2 4 】

図 3 1 は、決定部 5 1 J の制御ブロック図である。決定部 5 1 J は、操作状態決定部 5 1 1 と、動作距離決定部 5 1 2 と、重なり決定部 5 1 3 と、姿勢決定部 5 1 4 と、第 1 論理積演算部 5 1 5 と、距離決定部 5 1 6 と、第 2 論理積演算部 5 1 7 とを含む。操作状態決定部 5 1 1 は、ブーム 6 を操作する右操作レバー 3 0 R の操作状態 C T に基づいて、操作フラグ F c を生成する。右操作レバー 3 0 R の操作状態 C T がブーム下げ D である場合、操作状態決定部 5 1 1 は、操作フラグ F c を T R U E (本実施形態では 1) とする。右操作レバー 3 0 R の操作状態 C T がブーム上げ U P である場合、操作状態決定部 5 1 1 は、操作フラグ F c を F A L S E (本実施形態では 0) とする。

30

【 0 1 2 5 】

動作距離決定部 5 1 2 は、動作距離 D a に基づいて、動作距離フラグ F d を生成する。動作距離 D a が第 1 距離閾値 D a 1 以下になった場合、動作距離決定部 5 1 2 は、動作距離フラグ F d を T R U E (本実施形態では 1) とする。動作距離 D a が第 2 距離閾値 D a 2 以上になった場合、動作距離決定部 5 1 2 は、動作距離フラグ F d を F A L S E (本実施形態では 0) とする。

40

【 0 1 2 6 】

重なり決定部 5 1 3 は、重なり率 K R に基づいて、重なり判定フラグ F k を生成する。重なり率 K R は、バケット 8 に設定されたすべての規定点 R P のうち、バケット 8 の直下に存在する目標施工形状 C S a と重なっている規定点 R P の割合である。重なり率 K R が第 1 閾値 A 以上になった場合、重なり決定部 5 1 3 は、重なり判定フラグ F k を T R U E (本実施形態では 1) とする。重なり率 K R が第 1 閾値 A よりも小さい第 2 閾値 B 以下になった場合、重なり決定部 5 1 3 は、重なり判定フラグ F k を F A L S E (本実施形態では 0) とする。

50

【 0 1 2 7 】

このように、決定部 5 1 J は、バケット 8 を停止させる際の目標を延長停止地形 S T e とする決定をする場合の重なりが大きさを、目標としない決定をする場合の重なりが大きさをより大きくする。このようにすることで、制御装置 5 0 がバケット 8 のチルト動作を調整している最中に、延長停止地形 S T e が消えることを抑制できる。

【 0 1 2 8 】

姿勢決定部 5 1 4 は、目標施工形状 C S a に対するバケット 8 の姿勢、本実施形態では角度 θ に基づいて、姿勢判定フラグ F を生成する。角度 θ が第 1 角度閾値 c_1 以下になった場合、姿勢決定部 5 1 4 は、姿勢判定フラグ F を TRUE (本実施形態では 1) とする。角度 θ が第 2 閾値 c_2 以上になった場合、姿勢決定部 5 1 4 は、姿勢判定フラグ F を FALSE (本実施形態では 0) とする。

10

【 0 1 2 9 】

第 1 論理積演算部 5 1 5 は、操作フラグ F c と動作距離フラグ F d との論理積、すなわち AND を演算し、第 1 演算結果 F a を距離決定部 5 1 6 に出力する。第 1 演算結果 F a は、操作フラグ F c 及び動作距離フラグ F d の両方が TRUE (1) の場合に 1 (TRUE) となり、この組合せ以外は 0 (FALSE) となる。

【 0 1 3 0 】

距離決定部 5 1 6 は、第 1 演算結果 F a と動作距離フラグ F d とに基づいて、第 2 演算結果 F x を第 2 論理積演算部 5 1 7 に出力する。第 2 演算結果 F x は、第 1 演算結果 F a 及び動作距離フラグ F d の両方が TRUE の場合 (B T . . . B o t h T R U E) に TRUE (1) となり、動作距離フラグ F d が FALSE である場合 (D F . . . D i s t a n c e F A L S E) は FALSE (0) となる。

20

【 0 1 3 1 】

第 2 論理積演算部 5 1 7 は、第 2 演算結果 F x と、重なり判定フラグ F k と、姿勢判定フラグ F との論理積を演算し、演算結果を決定部 5 1 J の判定結果 O T として出力する。判定結果 O T は、第 2 演算結果 F x、重なり判定フラグ F k 及び姿勢判定フラグ F がいずれも TRUE (1) の場合に TRUE (1) となり、この組合せ以外は FALSE (0) となる。

【 0 1 3 2 】

判定結果 O T が TRUE である場合、延長停止地形 S T e は、バケット 8 を停止させる際の目標となる。この場合、制御装置 5 0 は、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e の両方を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。判定結果 O T が FALSE である場合、延長停止地形 S T e は、バケット 8 を停止させる際の目標とはならない。この場合、制御装置 5 0 は、チルト停止地形 S T を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

30

【 0 1 3 3 】

決定部 5 1 J は、操作フラグ F c が FALSE (0)、すなわち右操作レバー 3 0 R の操作状態 C T がブーム上げ U P である場合、動作距離フラグ F d、重なり判定フラグ F k 及び姿勢判定フラグ F をすべて FALSE (0) とする。ブーム 6 が上昇する場合、目標施工形状 C S a からバケット 8 が遠ざかるため、オペレータはバケット 8 を目標施工形状 C S a に位置決めする意思はないと判定できるからである。

40

【 0 1 3 4 】

〔 制御方法 〕

図 3 2 は、本実施形態に係る作業機械の制御方法の一例を示すフローチャートである。ステップ S 1 0 1 において、制御装置 5 0 の決定部 5 1 J は、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かの判定に用いる判定値を得る。詳細には、決定部 5 1 J は、右操作レバー 3 0 R から操作状態 C T を、制限速度決定部 5 1 H から動作距離 D a を取得するとともに、角度 θ 及び重なり率 K R を求める。これらが、前述した判定値である。

【 0 1 3 5 】

50

決定部 51J は、ステップ S101 で得られた判定値を用いて判定結果 OT を求めて出力する。ステップ S102 において、判定結果 OT が TRUE である場合（ステップ S102, Yes）、ステップ S103 において、延長停止地形 STe が有効、すなわち延長停止地形 STe は、バケット 8 を停止させる際の目標となる。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe の両方を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

【0136】

ステップ S102 において、判定結果 OT が TRUE でない場合、すなわち FALSE である場合（ステップ S102, No）、ステップ S104 において、延長停止地形 STe が無効、すなわち延長停止地形 STe は、バケット 8 を停止させる際の目標とはならない。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

10

【0137】

ステップ S105 において、制御装置 50 は、ステップ ST103 又はステップ S104 において決定された、バケット 8 を停止させる際の目標とバケット 8 との動作距離 Da に基づいて、バケット 8 がチルト動作するときの速度を減速させる。この場合、作業機制御部 51G は、チルト操作レバー 30T の操作量から求められるバケット 8 の規定点 RP の移動速度 Vr と、制限速度決定部 51H により決定された制限速度 U とに基づいて、制御弁 37 に対する制御信号を求める。

【0138】

20

オペレータが図 23 から図 25 に示されるような動作をバケット 8 に行わせるための操作をすると、作業機制御部 51G は、移動速度 Vr を制限速度 U にするための制御信号を算出し、制御弁 37 に出力する。制御弁 37 は、作業機制御部 51G から出力された制御信号に基づいて、パイロット圧を制御する。この処理により、バケット 8 の規定点 RP の移動速度 Vr が制限される。チルト動作するバケット 8 が目標施工形状 CSa に近付き、すべての規定点 RP における動作距離 Da が零になると、バケット 8 のチルト動作は停止する。その結果、バケット 8 は、目標施工形状 CSa に位置決めされる。

【0139】

以上、本実施形態は、作業具であるバケット 8 と、チルト停止地形 ST 及びチルト停止地形 ST を延長した延長停止地形 STe との距離に基づいて、バケット 8 の回転を制御する。このため、目標施工形状 CS に不連続な部分がある場合であっても、チルト停止地形 ST を延長した延長停止地形 STe によってバケット 8 のチルト動作を停止させることができるので、バケット 8 を位置決めしたい目標施工形状 CSa にバケット 8 を位置決めできる。また、目標施工形状 CS に不連続な部分があっても、バケット 8 のチルト動作が停止されるので、目標施工形状 CS の変曲位置 SL に相当する目標施工形状 CS の不連続な部分がバケット 8 に削られる可能性を低減できる。

30

【0140】

本実施形態において、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST を延長した延長停止地形 STe を予め生成しておき、バケット 8 と、チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe との距離に基づいて、バケット 8 の回転を制御する場合に、延長停止地形 STe を有効とする。このような制御には限定されず、制御装置 50 は、バケット 8 と、チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe との距離に基づいて、バケット 8 の回転を制御する場合に、延長停止地形 STe を生成してもよい。

40

【0141】

本実施形態において、制御装置 50 は、バケット 8 と目標施工形状 CSa との重なり、バケット 8 と目標施工形状 CSa に対応するチルト停止地形 ST との動作距離 Da、バケット 8 の姿勢及び作業機 1 の操作状態 CT に基づいて、延長停止地形 STe を、バケット 8 の回転を制御する際の目標とするか目標としないかを決定する。このような処理によって、制御装置 50 は、油圧シヨベル 100 のオペレータが目標施工形状 CSa にバケット 8 を位置合わせする意思を判定できる。このため、オペレータが目標施工形状 CSa にバ

50

ケット8を位置合わせする意思を有していない場合、延長停止地形STeに対するケット8のチルト停止制御は実行されず、ケット8のチルト動作は許容される。この場合、チルト停止地形STに対するケット8のチルト停止制御は実行される。また、オペレータが目標施工形状CSaにケット8を位置合わせする意思を有している場合、ケット8は、停止制御によって目標施工形状CSaに位置決めされる。その結果、制御装置50は、オペレータの意図に沿ったケット8の動作を実現できる。

【0142】

本実施形態において、制御装置50は、ケット8の回転を制御する際に延長停止地形STeを目標とする場合と目標としない場合とで、ケット8と目標施工形状CSaとの重なり、ケット8と目標施工形状CSaに対応するチルト停止地形STとの動作距離Da、及びケット8の刃先9と目標施工形状CSaとのなす角度bの判定条件にヒステリシスを設けている。このようにすることで、制御装置50がケット8のチルト動作を微調整している最中に、延長停止地形STeが消えることを抑制できる。しかし、前述した判定条件にヒステリシスを設けることに限定はされず、ヒステリシスを設けなくてもよい。

10

【0143】

本実施形態において、作業機制御部51Gがケット8の回転を制御する例として、ケット8のチルト動作を停止させるチルト停止制御を説明したが、作業機制御部51Gがケット8の回転を制御する例はチルト停止制御に限定されない。例えば、作業機制御部51Gは、ケット8がチルト動作することにより目標施工形状CSを侵食した場合に、ケット8を目標施工形状CSから遠ざける方向に移動させる介入制御を実行してもよい。そして、作業機制御部51Gは、作業具であるケット8と、チルト停止地形ST及びチルト停止地形STを延長した延長停止地形STeとの距離に基づいて介入制御を実行してもよい。

20

【0144】

本実施形態において、ケット8はチルト式ケットであるとしたが、ケット8は、例えば、ローテートケットであってもよい。ローテートケットは、ケット軸AX3と垂直に交わる軸線の周りを回転するケットである。作業機制御部51Gは、ローテートケットに対して、ケット8と、ローテート停止地形及びローテート停止地形を延長したローテート延長停止地形との距離に基づいて停止制御及び介入制御の少なくとも一方を実行してもよい。ローテート停止地形は、チルト停止地形STと同様の方法で求められる。作業機制御部51Gは、ケット8がケット軸AX3を中心として回転する際に、ケット8と、ローテート停止地形及びローテート停止地形を延長したローテート延長停止地形との距離に基づいて停止制御及び介入制御の少なくとも一方を実行してもよい。

30

【0145】

本実施形態においては、作業機械が油圧ショベルであるとしたが、実施形態で説明した構成要素は、油圧ショベルとは別の、作業機を有する作業機械に適用されてもよい。

【0146】

以上、本実施形態を説明したが、前述した内容により本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、本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、置換又は変更を行うことができる。

40

【符号の説明】

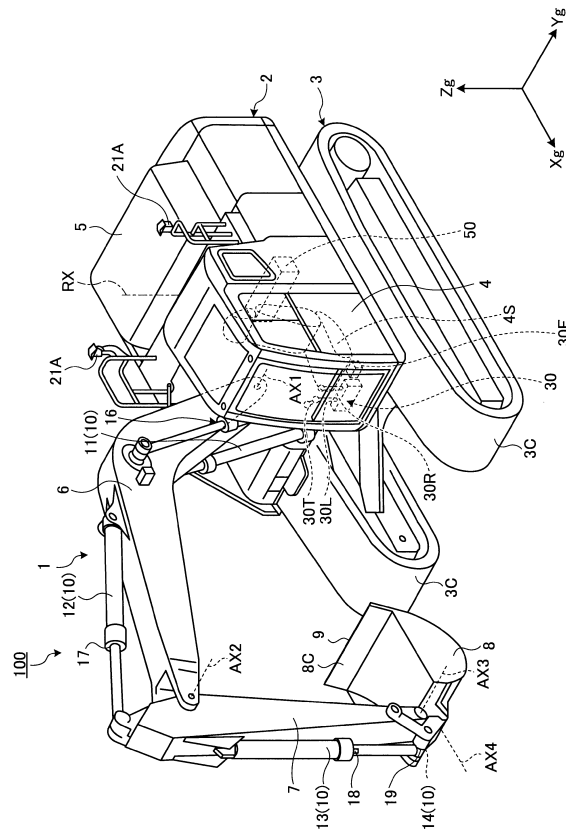
【0147】

- 1 作業機
- 2 上部旋回体
- 3 下部走行体
- 6 ブーム
- 7 アーム

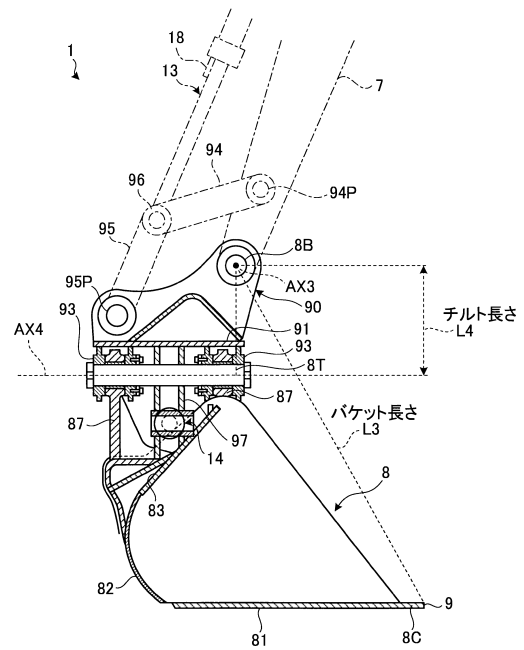
50

8	バケット	
8 C	刃	
9	刃先	
1 1	ブームシリンダ	
1 2	アームシリンダ	
1 3	バケットシリンダ	
1 4	チルトシリンダ	
2 0	位置検出装置	
3 0	操作装置	
3 0 T	チルト操作レバー	10
3 0 R	右操作レバー	
5 0	制御装置	
5 1	処理部	
5 1 A	車体位置データ取得部	
5 1 B	作業機角度データ取得部	
5 1 C a	候補規定点位置データ演算部	
5 1 D	目標施工形状生成部	
5 1 C b	規定点位置データ演算部	
5 1 E	動作平面演算部	
5 1 F	目標形状演算部	20
5 1 G	作業機制御部	
5 1 H	制限速度決定部	
5 1 J	決定部	
5 2	記憶部	
5 3	入出力部	
1 0 0	油圧シヨベル	
2 0 0	制御システム	
3 0 0	油圧システム	
4 0 0	検出システム	
5 1 1	操作状態決定部	30
5 1 2	動作距離決定部	
5 1 3	重なり決定部	
5 1 4	姿勢決定部	
5 1 5	第 1 論理積演算部	
5 1 6	距離決定部	
5 1 7	第 2 論理積演算部	
A X 1	ブーム軸	
A X 2	アーム軸	
A X 3	バケット軸	
A X 4	チルト軸	40
C S , C S a , C S b	目標施工形状	
C T	操作状態	
D a	動作距離	
S T	チルト停止地形	
S T e	延長停止地形	
T P	チルト動作平面	

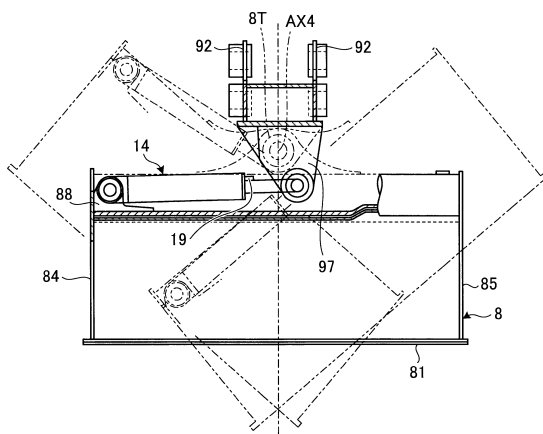
【図 1】



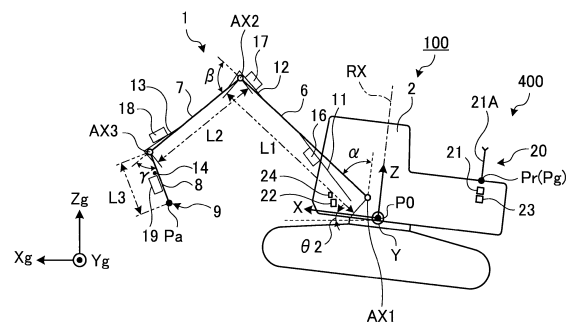
【図 2】



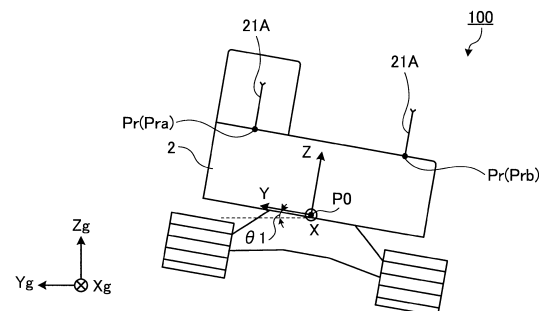
【図 3】



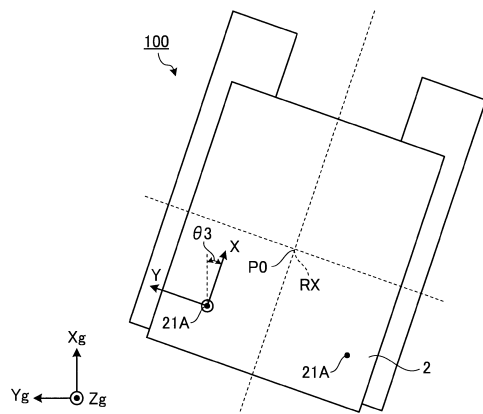
【図 4】



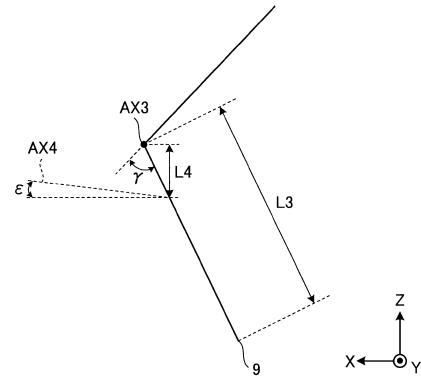
【図 5】



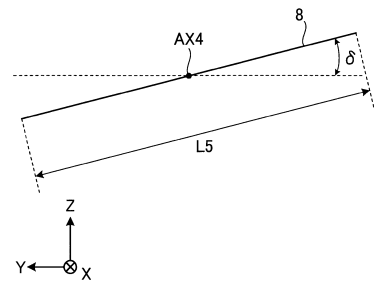
【図 6】



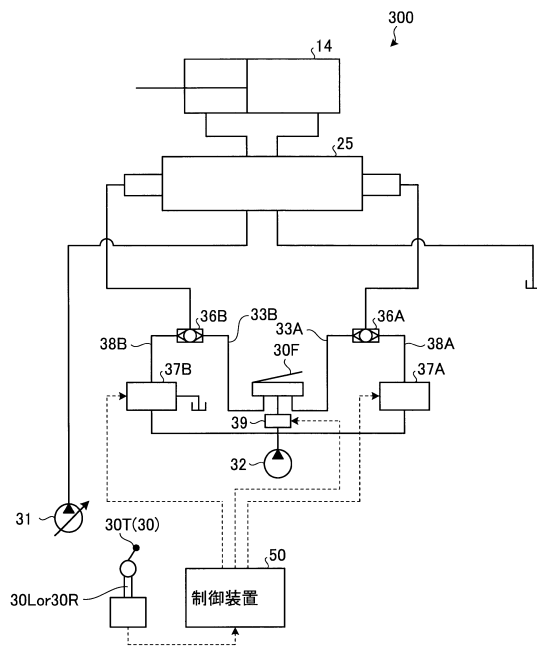
【図 7】



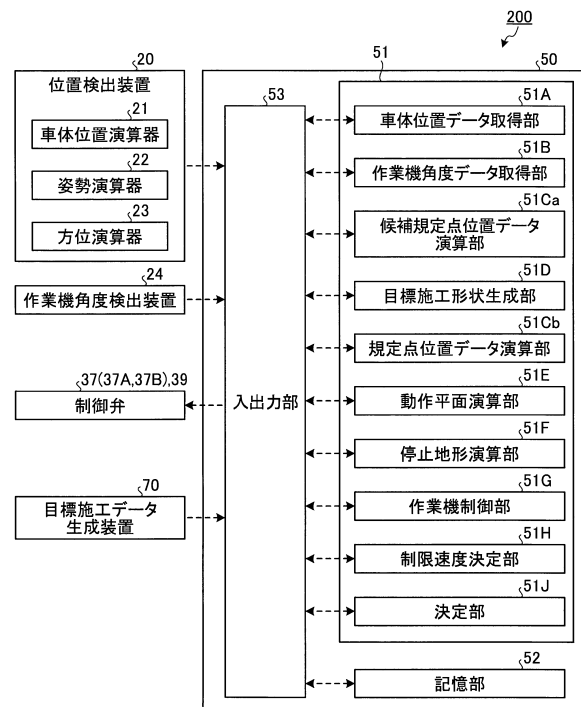
【図 8】



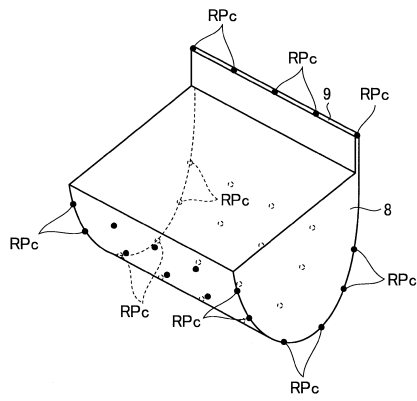
【図 9】



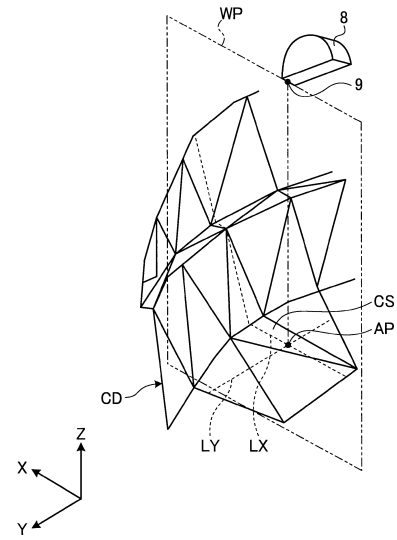
【図 10】



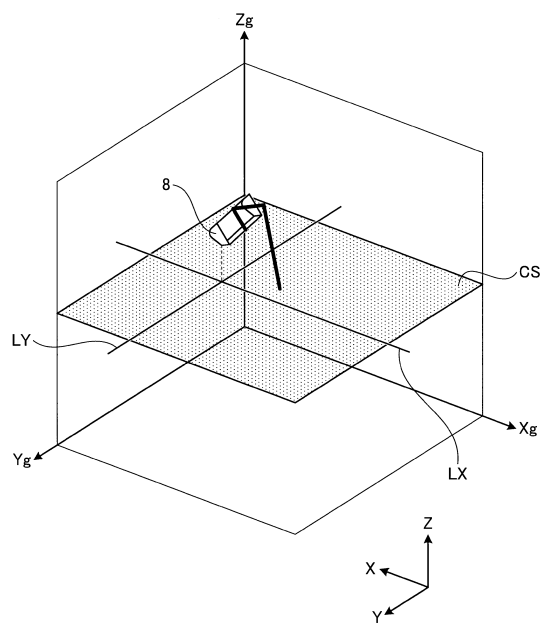
【図 11】



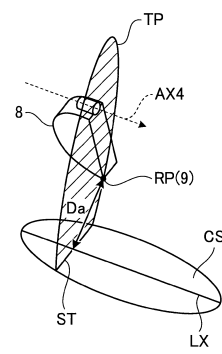
【図 12】



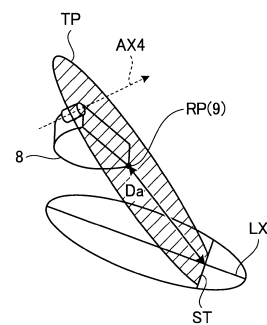
【図 13】



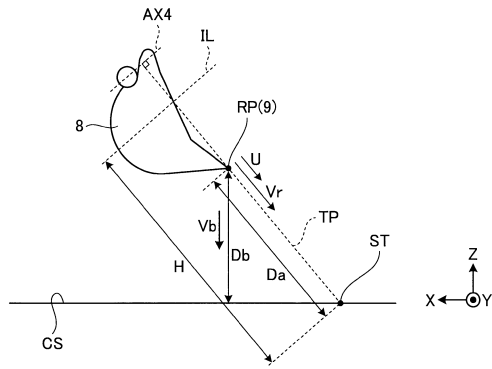
【図 14】



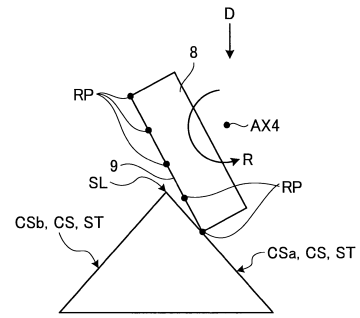
【図 15】



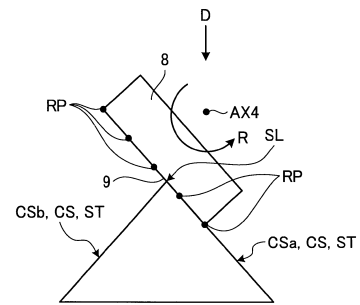
【図 16】



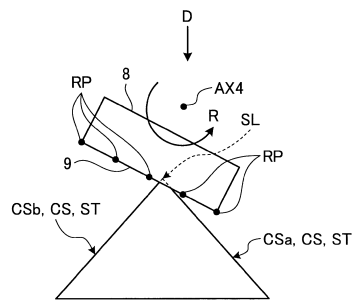
【図 18】



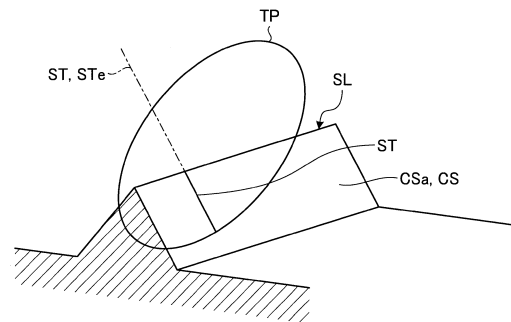
【図 19】



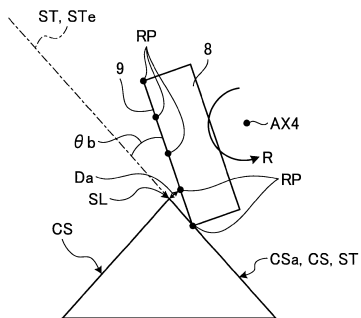
【図 20】



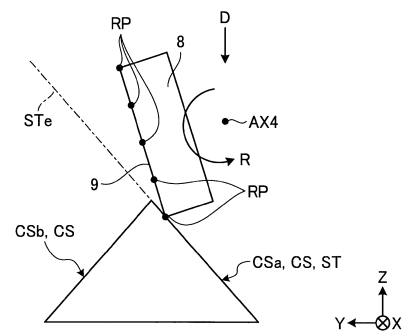
【図 22】



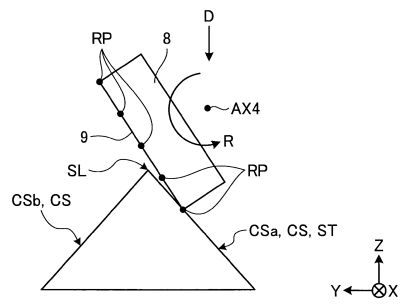
【図 21】



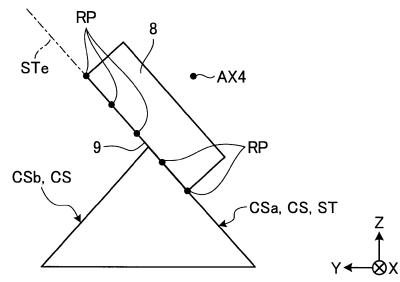
【図 23】



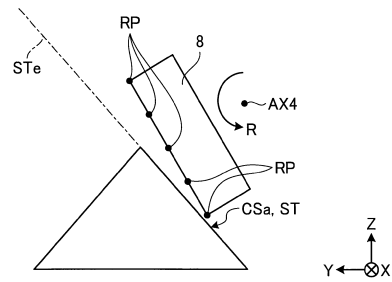
【図 24】



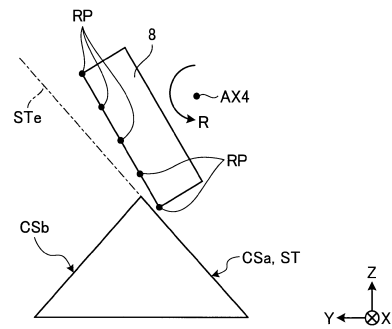
【図 25】



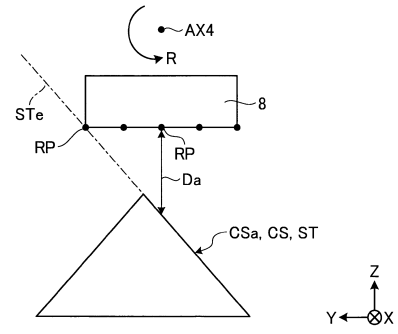
【図 28】



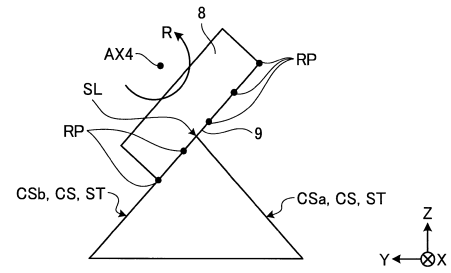
【図 29】



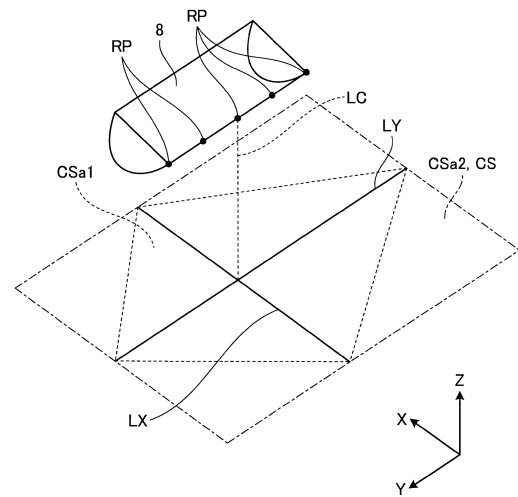
【図 26】



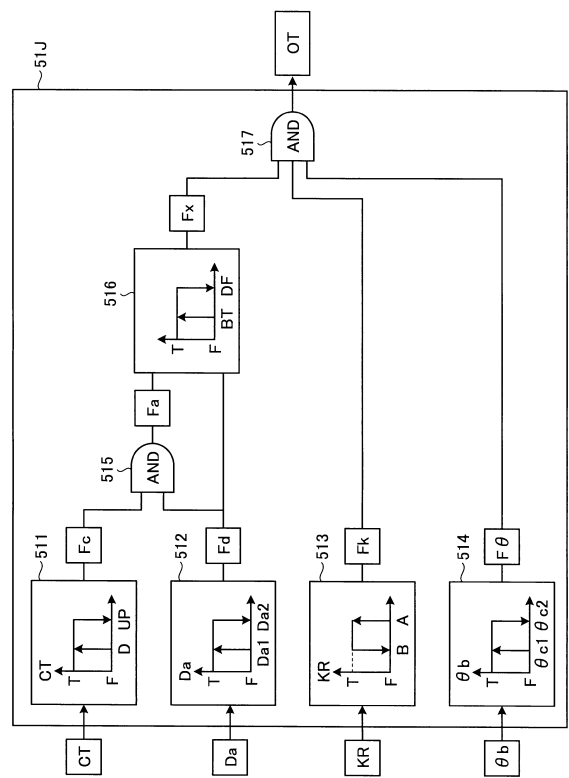
【図 27】



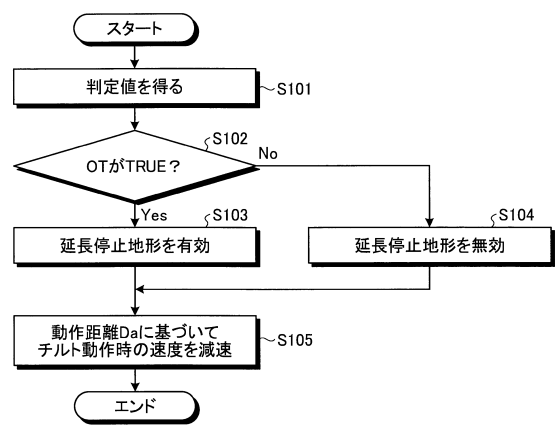
【図 30】



【図 3 1】



【図 3 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 横尾 貴史
東京都港区赤坂 2 - 3 - 6 株式会社小松製作所内
- (72)発明者 岩崎 吉朗
東京都港区赤坂 2 - 3 - 6 株式会社小松製作所内

審査官 石川 信也

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 1 5 / 1 8 6 1 7 9 (W O , A 1)
特開平 0 6 - 1 9 3 0 9 0 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|---------|
| E 0 2 F | 3 / 4 3 |
| E 0 2 F | 9 / 2 0 |
| E 0 2 F | 9 / 2 6 |