

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7166326号

(P7166326)

(45)発行日 令和4年11月7日(2022.11.7)

(24)登録日 令和4年10月27日(2022.10.27)

(51)国際特許分類

F I

E 0 2 F 9/20 (2006.01)

E 0 2 F 9/20

N

G 0 1 B 21/20 (2006.01)

G 0 1 B 21/20

C

H 0 4 N 7/18 (2006.01)

H 0 4 N 7/18

J

請求項の数 8 (全40頁)

(21)出願番号	特願2020-219003(P2020-219003)	(73)特許権者	000001236
(22)出願日	令和2年12月28日(2020.12.28)		株式会社小松製作所
(62)分割の表示	特願2015-198081(P2015-198081)		東京都港区赤坂二丁目3番6号
	)の分割	(74)代理人	110002147弁理士法人酒井国際特許事
原出願日	平成27年10月5日(2015.10.5)		務所
(65)公開番号	特開2021-59970(P2021-59970A)	(72)発明者	四家 千佳史
(43)公開日	令和3年4月15日(2021.4.15)		東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小
審査請求日	令和2年12月28日(2020.12.28)		松製作所内
前置審査		(72)発明者	中野 一郎
			東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小
			松製作所内
		(72)発明者	小野寺 昭則
			神奈川県横浜市神奈川区神奈川2-16
			-15 コマツレンタル株式会社内
		(72)発明者	山口 博義
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 施工管理システム

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

施工現場を移動する作業機械に取り付けられ、施工現場にある施工対象を検出して、前記施工対象の情報を出力する対象検出部と、

前記対象検出部によって検出された前記施工対象の情報をを用いて、前記施工対象の三次元形状を表す形状情報を出力する形状検出部と、を含み、

前記施工対象は、前記作業機械の施工範囲及び前記対象検出部を有さない他の作業機械の施工範囲を含み、

前記作業機械の前記対象検出部により検出された時刻を示す時刻情報が付与された形状情報と前記他の作業機械により得られた形状情報とを前記時刻情報に基づいて結合して、前記施工現場の全体の形状情報を生成する、

施工管理システム。

## 【請求項2】

前記形状情報をを用いて前記施工対象を施工するときに目標とする形状の情報である目標施工情報を生成する施工情報生成装置と、

前記目標施工情報を前記作業機械以外の施工現場で作業する他の作業機械に送信する通信部と、を含む、請求項1に記載の施工管理システム。

## 【請求項3】

前記形状情報をを用いて前記施工対象を施工するときに目標とする形状の情報である目標施工情報を生成する施工情報生成装置と、

10

20

前記目標施工情報を前記作業機械と通信する管理装置に送信する通信部と、を含む、請求項 1 に記載の施工管理システム。

【請求項 4】

前記施工対象は、前記作業機械の施工予定箇所の施工範囲とは異なる施工予定箇所の施工範囲、及び前記作業機械の施工後の箇所の施工範囲とは異なる施工後の箇所の施工範囲を少なくとも含む、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の施工管理システム。

【請求項 5】

異なる時刻に得られた前記形状情報に基づいて、除去された土の量又は盛土の量を求める、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の施工管理システム。

【請求項 6】

前記形状検出部は、少なくとも 2 個の撮像装置を含む、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の施工管理システム。

【請求項 7】

前記施工対象は、前記他の作業機械による施工予定箇所の施工範囲と、施工後の箇所の施工範囲との少なくとも一方を含む、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の施工管理システム。

【請求項 8】

異なる時刻に得られた前記形状情報に基づいて、前記他の作業機械により除去された土の量又は盛土の量を求める、請求項 7 に記載の施工管理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象の位置を検出する検出装置を有する作業機械に関する。

【背景技術】

【0002】

撮像装置を有する作業機械がある。特許文献 1 には、記憶部に記憶された施工計画データと、ステレオカメラの位置情報に基づき施工計画画像データを作成し、施工計画画像データとステレオカメラで撮像された現況画像データとを重畳させ、重畳させた合成画像を三次元表示装置に三次元表示させる技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2013-036243 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

施工現場で作業する作業機械はすべて検出装置を有していることが好ましいが、配車の都合等によって実現できない場合がある。特許文献 1 には、検出装置を有する作業機械と検出装置を有さない作業機械とが混在する場合については記載も示唆もなく、改善の余地がある。

【0005】

本発明は、検出装置を有する作業機械と検出装置を有さない作業機械とが混在する施工現場の施工状況を管理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、作業機械に取り付けられ、対象を検出して、前記対象の情報を出力する対象検出部と、前記対象検出部によって検出された前記対象の情報をを用いて、前記対象の三次元形状を表す形状情報を出力する形状検出部と、前記形状情報及び前記形状情報から得られた情報の少なくとも一方を含む、施工に関する情報を送信する通信部と、を含む、施工管理システムである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 7 】

前記通信部は、前記施工に関する情報を、前記作業機械以外の作業機械に送信することが好ましい。

## 【 0 0 0 8 】

前記通信部は、前記施工に関する情報を、前記作業機械と通信する管理装置に送信することが好ましい。

## 【 0 0 0 9 】

前記対象は、前記作業機械の施工予定箇所とは異なる施工予定箇所、及び前記作業機械の施工後の箇所とは異なる施工後の箇所を少なくとも含むことが好ましい。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、作業機械に取り付けられ、対象を検出して、前記対象の情報を出力する対象検出部と、前記対象検出部によって検出された前記対象の情報をを用いて、前記対象の三次元形状を表す形状情報を出力する形状検出部と、を含み、前記対象は、前記作業機械の施工予定箇所とは異なる施工予定箇所と、前記作業機械の施工後の箇所とは異なる施工後の箇所との少なくとも一方を含む、施工管理システムである。

## 【 0 0 1 1 】

異なる時刻に得られた前記形状情報に基づいて、除去された土の量又は盛土の量を求めることが好ましい。

## 【 0 0 1 2 】

前記形状検出部は、少なくとも2個の撮像装置を含むことが好ましい。

## 【 0 0 1 3 】

本発明は、作業機械に取り付けられ、対象を検出して、前記対象の情報を出力する対象検出部と、前記対象検出部によって検出された前記対象の情報をを用いて、前記対象の三次元形状を表す形状情報を出力する形状検出部と、を含み、前記対象は、前記作業機械以外の手段による施工予定箇所と、施工後の箇所との少なくとも一方を含む、施工管理システムである。

## 【 0 0 1 4 】

異なる時刻に得られた前記形状情報に基づいて、他の作業機械により除去された土の量又は盛土の量を求めることが好ましい。

## 【 0 0 1 5 】

前記作業機械による施工結果と、他の作業機械による施工結果と、前記作業機械及び前記他の作業機械によらない施工結果との少なくとも一つを用いて、施工現場全体の形状情報を生成することが好ましい。

## 【 0 0 1 6 】

本発明は、作業機械の所定の位置から対象を検出し、検出された前記対象の三次元形状を表す形状情報を出力し、前記形状情報及び前記形状情報から得られた情報の少なくとも一方を含む、施行に関する情報を送信する、施工管理方法である。

## 【 0 0 1 7 】

作業機械の所定の位置から前記対象を検出し、前記対象は、前記作業機械の施工予定箇所とは異なる施工予定箇所と、前記作業機械の施工後の箇所とは異なる施工後の箇所との少なくとも一方を含むことが好ましい。

## 【 0 0 1 8 】

本発明は、作業機械の所定の位置から対象を検出し、検出された前記形状情報を出力し、前記対象は、前記作業機械の施工予定箇所とは異なる施工予定箇所と、前記作業機械の施工後の箇所とは異なる施工後の箇所との少なくとも一方を含む、施工管理方法である。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 9 】

本発明は、検出装置を有する作業機械と検出装置を有さない作業機械とが混在する施工現場の施工状況を管理することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 0 】

【図 1】図 1 は、実施形態 1 に係る撮像装置の制御システムを備えた油圧ショベル 1 を示す斜視図である。

【図 2】図 2 は、実施形態 1 に係る油圧ショベルの運転席付近を斜視図である。

【図 3】図 3 は、実施形態に係る作業機械の制御システム及び施工管理システムを示す図である。

【図 4】図 4 は、油圧ショベルが有する各種の機器類及び管理装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図 5】図 5 は、実施形態 1 に係る油圧ショベルが施工する施工現場の一例を示す図である。

10

【図 6】図 6 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムが求める形状情報について説明するための図である。

【図 7】図 7 は、油圧ショベルが重力の作用方向に対して傾斜している状態を示す図である。

【図 8】図 8 は、油圧ショベルが重力の作用方向に対して傾斜している状態で撮像された画像の例を示す図である。

【図 9】図 9 は、実施形態 1 に係る制御システムが形状情報を求めるための処理例を説明するための図である。

【図 10】図 10 は、実施形態 1 に係る制御システムが求めた形状情報のデータファイルの一例を示す図である。

20

【図 11】図 11 は、施工管理装置によって送信される、データファイルを含む情報の一例を示す図である。

【図 12】図 12 は、データファイルが管理装置の記憶部に記憶される一例を示す図である。

【図 13】図 13 は、施工現場全体の施工対象とデータファイル E M D に対応した範囲との関係を示す図である。

【図 14】図 14 は、施工現場全体の施工対象の変化を時系列に並べた図である。

【図 15】図 15 は、異なる時刻に得られた形状情報の差分から、除去された土の量又は盛土の量を求める例を示す図である。

【図 16】図 16 は、異なる時刻に得られた形状情報の差分から、除去された土の量又は盛土の量を求める例を示す図である。

30

【図 17】図 17 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムが生成する目標施工情報を説明するための図である。

【図 18】図 18 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムが生成する目標施工情報を説明するための図である。

【図 19】図 19 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムが生成する目標施工情報を説明するための図である。

【図 20】図 20 は、実施形態 1 に係る形状計測方法及び形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。

【図 21】図 21 は、実施形態 2 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。

40

【図 22】図 22 は、施工対象の形状情報と目標施工情報との関係を示す図である。

【図 23】図 23 は、施工対象を施工した後における形状情報を示す図である。

【図 24】図 24 は、実施形態 3 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。

【図 25】図 25 は、実施形態 3 の第 1 変形例に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。

【図 26】図 26 は、実施形態 4 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。

【図 27】図 27 は、実施形態 4 の第 1 変形例に係る形状計測方法及び施工管理方法の処

50

理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】

【0021】

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。

【0022】

実施形態１．

<油圧ショベルの全体構成>

図１は、実施形態１に係る撮像装置の制御システムを備えた油圧ショベル１を示す斜視図である。図２は、実施形態１に係る油圧ショベル１の運転席付近を斜視図である。作業機械である油圧ショベル１は、車体１Ｂ及び作業機２を有する。車体１Ｂは、旋回体３、

10

【0023】

旋回体３は、作業機２が取り付けられて旋回する。旋回体３の上部には手すり９が取り付けられている。手すり９には、アンテナ２１，２２が取り付けられる。アンテナ２１，２２は、ＲＴＫ－ＧＮＳＳ（Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite Systems、ＧＮＳＳは全地球航法衛星システムをいう）用のアンテナである。アンテナ２１，２２は、車体座標系（ $X_m$ ， $Y_m$ ， $Z_m$ ）の $Y_m$ 軸の方向に沿って、一定距離だけ離れて配置されている。アンテナ２１，２２は、ＧＮＳＳ電波を受信し、受信したＧＮＳ

20

【0024】

運転室４は旋回体３の前部に載置されている。運転室４の屋根には、通信用のアンテナ２５Ａが取り付けられている。走行体５は、履帯５ａ，５ｂを有している。履帯５ａ，５ｂが回転することにより油圧ショベル１が走行する。

【0025】

作業機２は、車体１Ｂの前部に取り付けられており、ブーム６、アーム７、作業具としてのバケット８、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を有する。実施形態において、車体１Ｂの前方は、図２に示される運転席４Ｓの背もたれ４

30

【0026】

ブーム６の基端部は、ブームピン１３を介して車体１Ｂの前部に回動可能に取り付けられている。すなわち、ブームピン１３は、ブーム６の旋回体３に対する回動中心に相当する。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。すなわち、アームピン１４は、アーム７のブーム６に対する回動中心に相当する。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が回動可能に取り付けられている。すなわち、バケットピン１５は、バケット８のアーム７に対する回動中心に相当する。

40

【0027】

図１に示されるブームシリンダ１０、アームシリンダ１１及びバケットシリンダ１２は、それぞれ油圧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の基端部は、ブームシリンダフットピン１０ａを介して旋回体３に回動可能に取り付けられている。ブームシリンダ１０の先端部は、ブームシリンダトップピン１０ｂを介してブーム６に回動可能に取り付けられている。ブームシリンダ１０は、油圧によって伸縮することによって、ブーム６を駆動する。

50

## 【 0 0 2 8 】

アームシリンダ 1 1 の基端部は、アームシリンダフートピン 1 1 a を介してブーム 6 に回転可能に取り付けられている。アームシリンダ 1 1 の先端部は、アームシリンダトップピン 1 1 b を介してアーム 7 に回転可能に取り付けられている。アームシリンダ 1 1 は、油圧によって伸縮することによって、アーム 7 を駆動する。

## 【 0 0 2 9 】

バケットシリンダ 1 2 の基端部は、バケットシリンダフートピン 1 2 a を介してアーム 7 に回転可能に取り付けられている。バケットシリンダ 1 2 の先端部は、バケットシリンダトップピン 1 2 b を介して第 1 リンク部材 4 7 の一端及び第 2 リンク部材 4 8 の一端に回転可能に取り付けられている。第 1 リンク部材 4 7 の他端は、第 1 リンクピン 4 7 a を介してアーム 7 の先端部に回転可能に取り付けられている。第 2 リンク部材 4 8 の他端は、第 2 リンクピン 4 8 a を介してバケット 8 に回転可能に取り付けられている。バケットシリンダ 1 2 は、油圧によって伸縮することによって、バケット 8 を駆動する。

## 【 0 0 3 0 】

バケット 8 は、複数の刃 8 B を有する。複数の刃 8 B は、バケット 8 の幅方向に沿って一列に並んでいる。刃 8 B の先端は、刃先 8 B T である。バケット 8 は、作業具の一例である。作業具は、バケット 8 に限定されない。作業具は、例えば、単数の刃を有するチルトバケットであってもよいし、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であってもよいし、これら以外であってもよい。

## 【 0 0 3 1 】

旋回体 3 は、位置検出装置 2 3 と、姿勢検出装置の一例である IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) 2 4 とを有する。位置検出装置 2 3 は、アンテナ 2 1 , 2 2 からの信号が入力される。位置検出装置 2 3 は、アンテナ 2 1 , 2 2 から取得した信号を用いて、グローバル座標系 (X g , Y g , Z g ) におけるアンテナ 2 1 , 2 2 の現在位置及び旋回体 3 の方位を検出して、出力する。旋回体 3 の方位は、グローバル座標系における旋回体 3 の向きを表す。旋回体 3 の向きは、例えば、グローバル座標系の Z g 軸周りにおける旋回体 3 の前後方向の向きで表すことができる。方位角は、旋回体 3 の前後方向における基準軸の、グローバル座標系の Z g 軸周りにおける回転角である。方位角によって旋回体 3 の方位が表される。本実施形態において、位置検出装置 2 3 は、2 個のアンテナ 2 1 , 2 2 の相対位置から方位角を算出する。

## 【 0 0 3 2 】

## &lt; 撮像装置 &gt;

図 2 に示されるように、油圧ショベル 1 は、運転室 4 内に複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d を有する。複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d は、対象の形状を検出する検出装置の一例である。以下において、複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d を区別しない場合は適宜、撮像装置 3 0 と称する。複数の撮像装置 3 0 のうち撮像装置 3 0 a 及び撮像装置 3 0 c は、作業機 2 側に配置される。撮像装置 3 0 の種類は限定されないが、実施形態では、例えば、CCD (Coupled Charged Device) イメージセンサ又は CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサを備えた撮像装置が用いられる。

## 【 0 0 3 3 】

図 2 に示されるように、撮像装置 3 0 a と撮像装置 3 0 b とは所定の間隔をおいて同じ方向又は異なる方向を向いて運転室 4 内に配置される。撮像装置 3 0 c と撮像装置 3 0 d とは所定の間隔をおいて同じ方向又は異なる方向を向いて運転室 4 内に配置される。複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d は、2 個が組み合わせられてステレオカメラを構成する。実施形態では、撮像装置 3 0 a , 3 0 b の組合せのステレオカメラ、及び撮像装置 3 0 c , 3 0 d の組合せのステレオカメラが構成される。実施形態において、撮像装置 3 0 a 及び撮像装置 3 0 b は上方を向いており、撮像装置 3 0 c 及び撮像装置 3 0 d は下方を向いている。少なくとも撮像装置 3 0 a 及び撮像装置 3 0 c は、油圧ショベル 1 、実施形態では旋回体 3 の正面を向いている。撮像装置 3 0 b 及び撮像装置 3 0 d は、作業

10

20

30

40

50

機 2 の方に若干向けられて、すなわち、撮像装置 3 0 a 及び撮像装置 3 0 c 側の方に若干向けられて配置されることもある。

【 0 0 3 4 】

実施形態において、油圧ショベル 1 は、4 個の撮像装置 3 0 を有するが、油圧ショベル 1 が有する撮像装置 3 0 の数は少なくとも 2 個であればよく、4 個に限定されない。油圧ショベル 1 は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 でステレオカメラを構成して、対象をステレオ撮影するからである。

【 0 0 3 5 】

複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d は、運転室 4 内の前方かつ上方に配置される。上方とは、油圧ショベル 1 が有する履帯 5 a , 5 b の接地面と直交し、かつ接地面から離れる方向側である。履帯 5 a , 5 b の接地面は、履帯 5 a , 5 b のうち少なくとも一方が接地する部分の、同一直線上には存在しない少なくとも 3 点で規定される平面である。下方は、上方とは反対方向側、すなわち履帯 5 a , 5 b の接地面と直交し、かつ接地面に向かう方向側である。

【 0 0 3 6 】

複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d は、油圧ショベル 1 の車体 1 B の前方に存在する対象をステレオ撮影する。対象は、例えば、油圧ショベル 1、油圧ショベル 1 の作業機械及び施工現場で作業する作業者の少なくとも 1 つの施工対象である。複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d は、油圧ショベル 1 の所定の位置、本実施形態では運転室 4 内の前方かつ上方から対象を検出する。本実施形態においては、少なくとも一対の撮像装置 3 0 によるステレオ撮影の結果を用いて、対象が三次元計測される。複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d が配置される場所は、運転室 4 内の前方かつ上方に限定されるものではない。

【 0 0 3 7 】

複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d のうち、例えば、撮像装置 3 0 c をこれらの基準とする。4 個の複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d は、それぞれ座標系を有する。これらの座標系を適宜、撮像装置座標系と称する。図 2 では、基準となる撮像装置 3 0 c の座標系 (  $x_s$  ,  $y_s$  ,  $z_s$  ) のみを示している。撮像装置座標系の原点は、各撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d の中心である。

【 0 0 3 8 】

本実施形態において、各撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d の撮像範囲は、油圧ショベル 1 の作業機 2 が施工できる範囲よりも大きい。このようにすることで、各撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d は、作業機 2 が掘削できる範囲の対象を確実にステレオ撮影することができる。

【 0 0 3 9 】

前述した車体座標系 (  $X_m$  ,  $Y_m$  ,  $Z_m$  ) は、車体 1 B、本実施形態では旋回体 3 に固定された原点を基準とする座標系である。実施形態において、車体座標系 (  $X_m$  ,  $Y_m$  ,  $Z_m$  ) の原点は、例えば、旋回体 3 のスイングサークルの中心である。スイングサークルの中心は、旋回体 3 の旋回中心軸  $Z_r$  上に存在する。車体座標系 (  $X_m$  ,  $Y_m$  ,  $Z_m$  ) の  $Z_m$  軸は旋回体 3 の旋回中心軸  $Z_r$  となる軸であり、 $X_m$  軸は旋回体 3 の前後方向に延び、かつ  $Z_m$  軸と直交する軸である。 $X_m$  軸は、旋回体 3 の前後方向における基準軸である。 $Y_m$  軸は、 $Z_m$  軸及び  $X_m$  軸と直交する、旋回体 3 の幅方向に延びる軸である。前述したグローバル座標系 (  $X_g$  ,  $Y_g$  ,  $Z_g$  ) は、GNSS によって計測される座標系であり、地球に固定された原点を基準とした座標系である。

【 0 0 4 0 】

車体座標系は、本実施形態の例には限定されない。車体座標系は、例えば、ブームピン 1 3 の中心を車体座標系の原点としてもよい。ブームピン 1 3 の中心とは、ブームピン 1 3 が延びる方向と直交する平面でブームピン 1 3 を切った時の断面の中心、かつブームピン 1 3 が延びる方向における中心である。

【 0 0 4 1 】

10

20

30

40

50

< 作業機械の制御システム及び施工管理システム >

図 3 は、実施形態に係る作業機械の制御システム 5 0 及び施工管理システム 1 0 0 を示す図である。図 3 に示される制御システム 5 0 及び管理システム 1 0 0 の装置構成は一例であり、本実施形態の装置構成例には限定されない。例えば、制御システム 5 0 に含まれる各種の装置はそれぞれ独立していてもよい。すなわち、複数の装置の機能が 1 つの装置によって実現されてもよい。

【 0 0 4 2 】

作業機械の制御システム 5 0 ( 以下、適宜、制御システム 5 0 と称する ) は、複数の撮像装置 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d と、油圧ショベル 1 を制御するための各種の制御装置とを含む。これらは、図 1 に示される油圧ショベル 1 の車体 1 B、本実施形態では旋回体 3 に備えられている。本実施形態において、制御システム 5 0 は、形状計測システムに相当する。

10

【 0 0 4 3 】

制御システム 5 0 が有する各種の制御装置は、図 3 に示される検出処理装置 5 1、施工情報生成装置 5 2、センサ制御装置 5 3、機関制御装置 5 4、ポンプ制御装置 5 5 及び作業機制御装置 5 6 を含む。この他に、制御システム 5 0 は、油圧ショベル 1 の状態及び油圧ショベル 1 による施工の状況を管理する施工管理装置 5 7 を有する。また、制御システム 5 0 は、油圧ショベル 1 の情報を表示したり施工のガイダンス画像を画面 5 8 D に表示したりする表示装置 5 8 と、油圧ショベル 1 の外部に存在する管理施設 6 0 の管理装置 6 1、他の作業機械 7 0、携帯端末装置 6 4 及び管理施設 6 0 の管理装置 6 1 以外の装置のうち少なくとも 1 つと通信する通信装置 2 5 を有する。さらに、制御システム 5 0 は、油圧ショベル 1 の制御に必要な情報を取得するための位置検出装置 2 3 及び姿勢検出装置の一例である I M U 2 4 を有する。本実施形態において、制御システム 5 0 は、少なくとも検出処理装置 5 1 及び施工情報生成装置 5 2 を有していればよい。

20

【 0 0 4 4 】

実施形態において、検出処理装置 5 1、施工情報生成装置 5 2、センサ制御装置 5 3、機関制御装置 5 4、ポンプ制御装置 5 5、作業機制御装置 5 6、施工管理装置 5 7、表示装置 5 8、位置検出装置 2 3 及び通信装置 2 5 は、信号線 5 9 に接続されて、相互に通信する。実施形態 1 において、信号線 5 9 を用いた通信の規格は C A N ( Controller Area Network ) であるが、これに限定されない。以下において、油圧ショベル 1 というときには、油圧ショベル 1 が有する検出処理装置 5 1 及び施工情報生成装置 5 2 等の各種の電子装置を指すこともある。

30

【 0 0 4 5 】

図 4 は、油圧ショベル 1 が有する各種の機器類及び管理装置 6 1 のハードウェア構成例を示す図である。実施形態において、油圧ショベル 1 が有する検出処理装置 5 1、施工情報生成装置 5 2、センサ制御装置 5 3、機関制御装置 5 4、ポンプ制御装置 5 5、作業機制御装置 5 6、施工管理装置 5 7、表示装置 5 8、位置検出装置 2 3 及び通信装置 2 5、並びに管理装置 6 1 は、図 4 に示されるように、処理部 P R、記憶部 M R 及び入出力部 I O を有する。処理部 P R は、例えば、C P U ( Central Processing Unit ) のようなプロセッサ及びメモリによって実現される。

40

【 0 0 4 6 】

記憶部 M R は、R A M ( Random Access Memory )、R O M ( Random Access Memory )、フラッシュメモリ、E P R O M ( Erasable Programmable Random Access Memory )、E E P R O M ( Electrically Erasable Programmable Random Access Memory ) 等の不揮発性又は揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク及び光磁気ディスクのうち少なくとも 1 つが用いられる。

【 0 0 4 7 】

入出力部 I O は、油圧ショベル 1 又は管理装置 6 1 が、他の機器及び内部の装置とデータ及び信号等を送受信するためのインターフェース回路である。内部の装置には、油圧ショベル 1 内の信号線 5 9 も含まれる。

50



## 【 0 0 4 8 】

油圧ショベル 1 と管理装置 6 1 とは、それぞれの機能を処理部 P R に実現させるためのコンピュータプログラムを記憶部 M R に記憶している。油圧ショベル 1 の処理部 P R と管理装置 6 1 の処理部 P R とは、記憶部 M R から前述したコンピュータプログラムを読み出して実行することにより、それぞれの装置の機能を実現する。油圧ショベル 1 が有する各種の電子装置、機器及び管理装置 6 1 は、専用のハードウェアで実現されてもよいし、複数の処理回路が連携してそれぞれの機能を実現するものであってもよい。次に、油圧ショベル 1 が有する各種の電子装置及び機器について説明する。

## 【 0 0 4 9 】

検出処理装置 5 1 は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって撮像された対象の一対の画像に、ステレオ方式における画像処理を施すことにより、対象の位置、具体的には三次元座標系における対象の座標を求める。このように、検出処理装置 5 1 は、同一の対象を少なくとも一対の撮像装置 3 0 で撮像することによって得られた一対の画像を用いて、対象を三次元計測することができる。すなわち、少なくとも一対の撮像装置 3 0 及び検出処理装置 5 1 は、ステレオ方式により対象を三次元計測するものである。ステレオ方式における画像処理とは、同一の対象を 2 つの異なる撮像装置 3 0 から観測して得られる 2 つの画像から、その対象までの距離を得る手法である。対象までの距離は、例えば、対象までの距離情報を濃淡により可視化した距離画像として表現される。

## 【 0 0 5 0 】

検出処理装置 5 1 は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって検出された対象の情報を取得し、取得した対象の情報から対象の三次元形状を示す形状情報を求める。本実施形態では、少なくとも一対の撮像装置 3 0 が対象を撮像することにより対象の情報を生成して出力する。対象の情報は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって撮像された施工対象の画像である。検出処理装置 5 1 は、対象の画像にステレオ方式による画像処理を施すことにより、形状情報を求め、出力する。本実施形態において、少なくとも一対の撮像装置 3 0 を有する油圧ショベル 1 の施工対象が少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって撮像されるが、他の作業機械の施工対象が、少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって撮像されてもよい。

## 【 0 0 5 1 】

本実施形態において、撮像装置 3 0 が検出する対象は、施工の対象（以下、適宜、施工対象と称する）及び施工後の対象である。本実施形態において、施工対象及び施工後の対象は、撮像装置 3 0 を有する油圧ショベル 1、他の油圧ショベル 1 o t、油圧ショベル以外の作業機械及び作業者のうち少なくとも 1 つの施工対象及び施工後の対象であればよい。

## 【 0 0 5 2 】

検出処理装置 5 1 は、演算部 5 1 A 及び情報付与部 5 1 B を有する。演算部 5 1 A は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって撮像された一対の画像に、ステレオ方式における画像処理を施して形状情報を求める。情報付与部 5 1 B は、形状情報に各種の情報を付けて出力する。形状情報に付される各種の情報は、時刻情報がある。時刻情報は、対象が演算部 5 1 A 及び少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって検出された時刻から、形状情報が出力される時刻までの間に存在する少なくとも 1 つの時刻の情報を含む。時刻情報は、例えば、検出処理装置 5 1 内のタイマから取得される。各種の情報は、時刻情報の他に、少なくとも一対の撮像装置 3 0 が対象を撮像した位置を示す情報及び対象を撮像した撮像装置 3 0 を有する油圧ショベル 1 を識別するための情報のうち少なくとも一方をさらに含んでもよい。演算部 5 1 A 及び情報付与部 5 1 B の機能は、図 4 に示される処理部 P R が実現する。

## 【 0 0 5 3 】

本実施形態において、少なくとも一対の撮像装置 3 0 は、油圧ショベル 1 に取り付けられて、対象を検出して対象の情報を出力する対象検出部に相当する。検出処理装置 5 1 は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって検出された対象の情報をを用いて、対象の三次元形状を表す形状情報を出力する形状検出部に相当する。少なくとも一対の撮像装置 3 0 の

10

20

30

40

50

代わりにレーザスキャナのような３Ｄスキャナが用いられてもよい。３Ｄスキャナは、対象を検出して対象の三次元形状を示す形状情報を出力するので、前述した対象検出部及び形状検出部の機能を有している。

【００５４】

検出処理装置５１には、ハブ３１及び撮像スイッチ３２が接続される。ハブ３１は、複数の撮像装置３０ａ、３０ｂ、３０ｃ、３０ｄが接続されている。ハブ３１を用いずに、撮像装置３０ａ、３０ｂ、３０ｃ、３０ｄと検出処理装置５１とが接続されてもよい。撮像装置３０ａ、３０ｂ、３０ｃ、３０ｄの撮像した結果は、ハブ３１を介して検出処理装置５１に入力される。検出処理装置５１は、ハブ３１を介して、撮像装置３０ａ、３０ｂ、３０ｃ、３０ｄが撮像した結果、本実施形態では対象の画像を取得する。本実施形態において、撮像スイッチ３２が操作されると、少なくとも一対の撮像装置３０は対象を撮像する。撮像スイッチ３２は、図２に示される運転室４内に設置される。例えば、撮像スイッチ３２は、操作装置３５の近傍に設置されるが、撮像スイッチ３２の設置場所はこれに限定されない。

10

【００５５】

制御システム５０は、少なくとも一対の撮像装置３０によって対象の画像を取得する場合、旋回体３を旋回開始と同時に撮像を開始し旋回停止によって撮像を終了し、その旋回中に取得した画像をもとにステレオ方式における画像処理を施して形状情報を求めるようにしてもよい。この場合、制御システム５０は、例えば、操作装置３５のうち旋回体３を旋回させるための操作装置の操作にともなって出力される、パイロット圧の変化を示す信号又は電気信号を検出処理装置５１が受信し、旋回体３の旋回開始と旋回停止のタイミングとを判断し撮像する。

20

【００５６】

施工情報生成装置５２は、油圧ショベル１が施工対象を施工するときに目標とする形状の情報である目標施工情報を求めて、出力する。本実施形態において、施工情報生成装置５２は、検出処理装置５１が求めた施工対象の形状情報を用いて目標施工情報を求める。本実施形態において、目標施工情報は、施工対象が施工されるときに目標とされる形状を、グローバル座標系における三次元座標で表した位置情報である。目標施工情報は、グローバル座標系以外の座標系における三次元座標の情報であってもよい。本実施形態において、施工情報生成装置５２は、施工情報生成部に相当する。

30

【００５７】

少なくとも一対の撮像装置３０が取得した施工対象の情報が通信装置２５を介して油圧ショベル１の外部に送信され、例えば、管理装置６１が三次元座標系における対象の座標を求めてもよい。この場合、管理装置６１は、検出処理装置５１の機能を実現する。また、管理装置６１は、施工情報生成装置５２の機能を実現してもよい。通信装置２５を介して、油圧ショベル１に搭載された検出処理装置５１が求めた施工対象の形状情報が油圧ショベル１の外部に送信され、例えば管理装置６１が目標施工情報を求めてもよい。この場合、管理装置６１は、施工情報生成装置５２の機能を実現する。

【００５８】

センサ制御装置５３は、油圧ショベル１の状態の情報及び油圧ショベル１の周囲の状態の情報を検出するためのセンサ類が接続される。センサ制御装置５３は、センサ類から取得した情報を、他の電子装置及び機器が取り扱うことのできるフォーマットに変換して出力する。油圧ショベル１の状態の情報は、例えば、油圧ショベル１の姿勢の情報及び作業機２の姿勢の情報等である。図３に示される例では、油圧ショベル１の状態の情報を検出するセンサとして、ＩＭＵ２４、第１角度検出部１８Ａ、第２角度検出部１８Ｂ及び第３角度検出部１８Ｃがセンサ制御装置５３に接続されているが、センサ類はこれらに限定されない。

40

【００５９】

ＩＭＵ２４は、自身に作用する加速度及び角速度、すなわち油圧ショベル１に作用する加速度及び角速度を検出して出力する。油圧ショベル１に作用する加速度及び角速度から

50

、油圧ショベル１の姿勢が分かる。油圧ショベル１の姿勢を検出できれば、ＩＭＵ２４以外の装置であってもよい。本実施形態において、第１角度検出部１８Ａ、第２角度検出部１８Ｂ及び第３角度検出部１８Ｃは、例えばストロークセンサである。これらは、それぞれが、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のストローク長さを検出することにより、車体１Ｂに対するブーム６の回動角と、ブーム６に対するアーム７の回動角と、アーム７に対するバケット８の回動角とを間接的に検出する。第１角度検出部１８Ａ、第２角度検出部１８Ｂ及び第３角度検出部１８Ｃによって検出された車体１Ｂに対するブーム６の回動角、ブーム６に対するアーム７の回動角及びアーム７に対するバケット８の回動角と、作業機２の寸法とから、車体座標系における作業機２の部分の位置が分かる。例えば、作業機２の部分の位置としては、例えば、バケット８の刃先８ＢＴの位置である。第１角度検出部１８Ａ、第２角度検出部１８Ｂ及び第３角度検出部１８Ｃは、ストロークセンサに代えてポテンショメータ又は傾斜計であってもよい。

10

#### 【００６０】

機関制御装置５４は、油圧ショベル１の動力発生装置である内燃機関２７を制御する。内燃機関２７は、例えばディーゼルエンジンであるが、これに限定されない。また、油圧ショベル１の動力発生装置は、内燃機関２７と発電電動機とを組み合わせたハイブリッド方式の装置であってもよい。内燃機関２７は、油圧ポンプ２８を駆動する。

#### 【００６１】

ポンプ制御装置５５は、油圧ポンプ２８から吐出される作動油の流量を制御する。本実施形態において、ポンプ制御装置５５は、油圧ポンプ２８から吐出される作動油の流量を調整するための制御指令の信号を生成する。ポンプ制御装置５５は、生成した制御信号を用いて油圧ポンプ２８の斜板角を変更することにより、油圧ポンプ２８から吐出される作動油の流量を変更する。油圧ポンプ２８から吐出された作動油は、コントロールバルブ２９に供給される。コントロールバルブ２９は、油圧ポンプ２８から供給された作動油を、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及び油圧モータ５Ｍ等の油圧機器に供給して、これらを駆動する。

20

#### 【００６２】

作業機制御装置５６は、例えば、バケット８の刃先８ＢＴを目標とする施工面に沿って移動させる制御を実行する。作業機制御装置５６は、作業機制御部に相当する。この制御を、以下においては適宜、作業機制御と称する。作業機制御装置５６は、作業機制御を実行するにあたって、例えば、施工情報生成装置５２が生成した目標施工情報を取得し、目標施工情報に含まれる目標施工面にバケット８の刃先８ＢＴが沿うようにコントロールバルブ２９を制御して作業機２を制御する。油圧ショベル１は、作業機制御装置５６を備えずに、後述する方法で得られた目標施工情報と自身の作業機２との位置関係を、表示装置５８の画面５８Ｄに施工のガイダンス画像として表示可能であってもよい。

30

#### 【００６３】

施工管理装置５７は、例えば、検出処理装置５１が求めた形状情報、施工情報生成装置５２によって生成された目標施工情報、油圧ショベル１が施工対象を施工した施工結果の形状情報、及び油圧ショベル１がこれから施工しようとする施工対象の現況地形を示す形状情報の少なくとも１つを収集し、記憶部５７Ｍに記憶させる。施工管理装置５７は、記憶部５７Ｍに記憶させた施工結果を、通信装置２５を介して管理装置６１又は携帯端末装置６４に送信する。施工管理装置５７は、記憶部５７Ｍに記憶させた施工結果を、通信装置２５を介して管理装置６１又は携帯端末装置６４に送信する。施工管理装置５７は、検出処理装置５１が求めた形状情報及び目標施工情報の少なくとも一方を収集し、記憶部５７Ｍに記憶せずに管理装置６１又は携帯端末装置６４に送信してもよい。記憶部５７Ｍは、図４に示される記憶部ＭＲに相当する。

40

#### 【００６４】

施工管理装置５７は、油圧ショベル１の外部に設けられた、例えば管理装置６１に設けられてもよい。この場合、施工管理装置５７は、油圧ショベル１から通信装置２５を介して形状情報又は施工結果を取得する。

50

## 【 0 0 6 5 】

施工結果は、例えば、少なくとも一对の撮像装置 3 0 が施工後の施工対象を撮像し、検出処理装置 5 1 が撮像結果にステレオ方式による画像処理を施すことによって求められた形状情報である。以下、施工しようとする施工対象の現況地形を示す形状情報を、適宜、現況地形情報と称する。また、形状情報は、施工結果を示す形状情報である場合と、現況地形を示す形状情報である場合とがある。現況地形情報とは、例えば、油圧ショベル 1、他の作業機械 7 0 又は作業等が施工しようとする施工対象が少なくとも一对の撮像装置 3 0 によって撮像され、検出処理装置 5 1 によって求められた形状情報である。

## 【 0 0 6 6 】

施工管理装置 5 7 は、例えば、一日の作業が終了した後に施工結果を収集して管理装置 6 1 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも一方に送信したり、一日の作業のうち複数回施工結果を収集して管理装置 6 1 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも一方に送信したりする。施工管理装置 5 7 は、例えば朝の作業前に、施工前の形状情報を管理装置 6 1 又は携帯端末装置 6 4 に送信してもよい。

10

## 【 0 0 6 7 】

本実施形態では、施工管理装置 5 7 は、例えば一日の作業のうち、正午と作業終了時との 2 回の施工結果を収集し、管理装置 6 1 又は携帯端末装置 6 4 に送信する。施工結果は、施工現場全体のうち、施工が行われた範囲が撮像されることによって得られた施工結果であってもよいし、施工現場全体が撮像されることによって得られた施工結果であってもよい。管理装置 6 1 又は携帯端末装置 6 4 に送信される施工結果を施工が行われた範囲のものとするにより、撮像時間、画像処理時間及び施工結果の送信時間の増加を抑制できるので好ましい。

20

## 【 0 0 6 8 】

表示装置 5 8 は、液晶表示パネルのようなディスプレイの画面 5 8 D に、油圧ショベル 1 の情報を表示したり施工のガイダンス画像を画面 5 8 D に表示したりする他、本実施形態においては、前述した作業機制御が実行される場合に作業機 2 の位置を求める。表示装置 5 8 が求める刃先 8 B T の位置は、本実施形態はバケット 8 の刃先 8 B T の位置である。表示装置 5 8 は、位置検出装置 2 3 が検出したアンテナ 2 1、2 2 の現在位置と、第 1 角度検出部 1 8 A、第 2 角度検出部 1 8 B 及び第 3 角度検出部 1 8 C によって検出された回動角と、記憶部 M R に記憶された作業機 2 の寸法と、I M U 2 4 の出力データとを取得し、これらを用いてバケット 8 の刃先 8 B T の位置を求める。本実施形態では、表示装置 5 8 がバケット 8 の刃先 8 B T の位置を求めているが、バケット 8 の刃先 8 B T の位置は表示装置 5 8 以外の装置が求めてもよい。

30

## 【 0 0 6 9 】

通信装置 2 5 は、本実施形態における通信部である。通信装置 2 5 は、管理施設 6 0 の管理装置 6 1、他の作業機械 7 0 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも 1 つと通信回線 N T W を介して通信して、互いに情報をやり取りする。通信装置 2 5 がやり取りする情報のうち、制御システム 5 0 から管理装置 6 1、他の作業機械 7 0 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも 1 つに送信する情報は、施工に関する情報がある。施工に関する情報は、前述した形状情報及び形状情報から得られた情報の少なくとも一方を含む。形状情報から得られた情報は、例えば、前述した目標施工情報及び形状情報を加工して得られた情報を含むが、これらに限定されるものではない。施工に関する情報は、検出処理装置 5 1 の記憶部、施工情報生成装置 5 2 の記憶部及び施工管理装置 5 7 の記憶部 5 7 M に記憶されてから通信装置 2 5 によって送信されてもよいし、記憶されずに送信されてもよい。

40

## 【 0 0 7 0 】

本実施形態において、通信装置 2 5 は無線通信によって通信する。このため、通信装置 2 5 は、無線通信用のアンテナ 2 5 A を有する。携帯端末装置 6 4 は、例えば、油圧ショベル 1 の作業を管理する管理者が所持しているものであるが、これに限定されない。他の作業機械 7 0 は、制御システム 5 0 を有する油圧ショベル 1 及び管理装置 6 1 の少なくとも一方と通信する機能を有している。他の作業機械 7 0 は、制御システム 5 0 を有する油

50

圧ショベル１であってもよいし、制御システム５０を有さない油圧ショベルであってもよいし、油圧ショベル以外の作業機械であってもよい。通信装置２５は、管理施設６０の管理装置６１、他の作業機械７０及び携帯端末装置６４の少なくとも１つと有線通信を介して通信して、互いに情報をやり取りするようにしてもよい。

#### 【００７１】

施工管理システム１００は、管理施設６０の管理装置６１と、制御システム５０と、制御システム５０を有する油圧ショベル１とを含む。施工管理システム１００は、さらに携帯端末装置６４を含んでいてもよい。施工管理システム１００に含まれる、制御システム５０を有する油圧ショベル１は単数でもよいし、複数でもよい。管理施設６０は、管理装置６１と、通信装置６２とを有する。管理装置６１は、通信装置６２及び通信回線ＮＴＷを介して、少なくとも油圧ショベル１と通信する。管理装置６１は、携帯端末装置６４と通信したり、他の作業機械７０と通信したりしてもよい。油圧ショベル１と、他の油圧ショベル１および作業機械の少なくとも一方とは、直接、車車間で無線通信できるように無線通信機器を搭載してもよい。そして、油圧ショベル１、他の油圧ショベル１および作業機械の少なくとも１つは、管理施設６０の管理装置６１等で実行される処理を実行できるような機器又は電子装置を搭載してもよい。

#### 【００７２】

管理装置６１は、油圧ショベル１から施工結果及び現況地形情報の少なくとも一方を受け取り、施工の進捗状況を管理する。管理装置６１は、油圧ショベル１から形状情報を受け取り、これを用いて目標施工情報を生成して油圧ショベル１に送信してもよい。管理装置６１は、施工対象の設計情報から目標施工情報を生成し、油圧ショベル１に送信してもよい。管理装置６１は、油圧ショベル１から受け取った施工結果を加工して、施工の進捗情報を動画にして表示装置６７に表示したり、動画の情報を油圧ショベル１又は携帯端末装置６４に送信して油圧ショベル１の表示装置５８に表示させたり携帯端末装置６４の画面に表示させたりしてもよい。前述したように、管理装置６１で実行される目標施工情報の生成は、油圧ショベル１及び他の作業機械７０の少なくとも１つで実行してもよい。

#### 【００７３】

##### < 施工対象の施工 >

実施形態１において、制御システム５０は、図２に示される複数の撮像装置３０のうち少なくとも２つによって施工対象を撮像することによって、施工対象の形状を示す情報である形状情報を得る。そして、制御システム５０は、得られた形状情報を用いて目標施工情報を求める。油圧ショベル１が施工対象を施工する場合、制御システム５０は、求めた目標施工情報に沿うように、作業機２を制御する。

#### 【００７４】

図５は、実施形態１に係る油圧ショベル１が施工する施工現場の一例を示す図である。実施形態１において、油圧ショベル１の施工対象ＯＢＰは、地面である。本実施形態において、施工対象ＯＢＰは、施工現場の少なくとも一部の領域である。本実施形態において油圧ショベル１が施工対象ＯＢＰに施す施工は、図５に示されるように、施工対象ＯＢＰの表面ＯＢＳから予め定められた深さＤＰだけ、表土を削り取る作業である。施工対象ＯＢＰのうち、施工が実行された部分は、施工実行部分ＯＢＦとなる。施工実行部分ＯＢＦは、施工計画によっては、施工が必要でない部分を示す場合もある。施工実行部分ＯＢＦは、施工対象ＯＢＰの少なくとも一部である。次に、制御システム５０が求める形状情報を説明する。

#### 【００７５】

##### < 対象の撮像及び形状情報の生成 >

図６は、実施形態１に係る作業機械の制御システムが求める形状情報について説明するための図である。この場合、形状情報は、油圧ショベル１がこれから施工しようとする部分である施工対象ＯＢＰは油圧ショベル１の前方にある。形状情報は、施工対象ＯＢＰから求められる。制御システム５０は、施工対象ＯＢＰから形状情報を生成する場合、少なくとも一対の撮像装置３０に施工対象ＯＢＰを撮像させる。本実施形態では、油圧ショベ

ル 1 のオペレータが、図 3 に示される撮像スイッチ 3 2 を操作して撮像指令を検出処理装置 5 1 に入力すると、検出処理装置 5 1 は少なくとも一対の撮像装置 3 0 に施工対象 O B P を撮像させる。

【 0 0 7 6 】

制御システム 5 0 の検出処理装置 5 1 は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 が撮像した施工対象 O B P の画像にステレオ方式による画像処理を施して、施工対象 O B P の位置情報、本実施形態では三次元位置情報を求める。検出処理装置 5 1 が求めた施工対象 O B P の位置情報は、撮像装置 3 0 の座標系における情報なので、グローバル座標系における位置情報に変換される。グローバル座標系における施工対象の位置情報が形状情報である。本実施形態において、形状情報は、グローバル座標系における施工対象 O B P の表面 O B S の位置  $P_r(X_g, Y_g, Z_g)$  を少なくとも 1 つ含む情報である。位置  $P_r(X_g, Y_g, Z_g)$  は、グローバル座標系における座標であり、三次元位置情報である。

【 0 0 7 7 】

図 7 は、油圧ショベル 1 が重力の作用方向 G に対して傾斜している状態を示す図である。図 8 は、油圧ショベル 1 が重力の作用方向 G に対して傾斜している状態で、少なくとも一対の撮像装置 3 0 で対象 O j が撮像された画像の例を示す図である。傾斜面 G D に油圧ショベル 1 が設置された状態で少なくとも一対の撮像装置 3 0 が対象 O j を撮像すると、撮像装置座標系  $(x_s, y_s, z_s)$  は、重力の作用方向 G に対して傾く。この状態で得られた画像は、図 8 に示されるように対象 O j が傾斜するので、この画像にステレオ方式による画像処理が施されて形状情報が求められると、形状情報は傾きの影響を受ける可能性がある。制御システム 5 0 は、油圧ショベル 1 の姿勢を IMU 2 4 によって検出し、検出した油圧ショベル 1 の姿勢に関する情報を用いて形状情報を求める。

【 0 0 7 8 】

図 9 は、実施形態 1 に係る制御システム 5 0 が形状情報を求めるための処理例を説明するための図である。図 10 は、実施形態 1 に係る制御システム 5 0 が求めた形状情報のデータファイルの一例を示す図である。少なくとも一対の撮像装置 3 0 によって撮像された画像から得られた施工対象 O B P の位置  $P_s(x_s, y_s, z_s)$  は、撮像装置座標系  $(x_s, y_s, z_s)$  の座標である。形状情報は、グローバル座標系  $(X_g, Y_g, Z_g)$  における座標なので、検出処理装置 5 1 は、位置  $P_s(x_s, y_s, z_s)$  をグローバル座標系  $(X_g, Y_g, Z_g)$  の位置  $P_g(x_s, y_s, z_s)$  に変換する。位置  $P_g(x_s, y_s, z_s)$  が、施工対象 O B P の表面 O B S の位置  $P_r(X_g, Y_g, Z_g)$ 、すなわち形状情報である。

【 0 0 7 9 】

位置  $P_s(x_s, y_s, z_s)$  は、式 ( 1 ) によって撮像装置座標系  $(x_s, y_s, z_s)$  から車体座標系  $(X_m, Y_m, Z_m)$  の位置  $P_m(x_m, y_m, z_m)$  に変換される。車体座標系  $(X_m, Y_m, Z_m)$  の位置  $P_m(x_m, y_m, z_m)$  は、式 ( 2 ) によってグローバル座標系  $(X_g, Y_g, Z_g)$  の位置  $P_g(x_s, y_s, z_s)$  に変換される。

$$P_m = R \cdot P_s + T \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$P_g = R_{imu} \cdot (P_m + T_{off}) + T_g \cdot \cdot \cdot (2)$$

【 0 0 8 0 】

【数 1】

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \cdots (3)$$

【 0 0 8 1 】

【数 2】

10

20

30

40

50

$$T = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

【 0 0 8 2 】

【 数 3 】

$$Rimu = \begin{pmatrix} \cos \theta_d & -\sin \theta_d & 0 \\ \sin \theta_d & \cos \theta_d & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta_p & 0 & \sin \theta_p \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_p & 0 & \cos \theta_p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_r & -\sin \theta_r \\ 0 & \sin \theta_r & \cos \theta_r \end{pmatrix} \quad 10$$

... (5)

【 0 0 8 3 】

【 数 4 】

$$Toff = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \quad \dots (6) \quad 20$$

【 0 0 8 4 】

【 数 5 】

$$Tg = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} \quad \dots (7) \quad 30$$

【 0 0 8 5 】

式 ( 1 ) 中の R は式 ( 3 ) で表される回転行列、T は式 ( 4 ) の行列で表される並進ベクトルである。式 ( 2 ) の R i m u は式 ( 5 ) で表される回転行列、T o f f は式 ( 6 ) の行列で表される並進ベクトルである。T o f f は、車体座標系の原点からアンテナ 2 1 , 2 2 のいずれか一方までの距離のオフセット値を表す。T g は式 ( 7 ) の行列で表される、アンテナ 2 1 , 2 2 のいずれか一方の並進ベクトルである。回転行列 R 中の角度、角度及び角度は、車体座標系に対する撮像装置座標系の傾きを表す。角度、角度及び角度は、例えば、複数の撮像装置 3 0 が油圧ショベル 1 に取り付けられた後に予め求められて、検出処理装置 5 1 の記憶部に記憶される。行列 T の  $x_0$  ,  $y_0$  ,  $z_0$  は撮像装置座標系の原点と車体座標系の原点との距離を表す。 $x_0$  ,  $y_0$  ,  $z_0$  は、例えば、複数の撮像装置 3 0 が油圧ショベル 1 に取り付けられた後に計測されたり、油圧ショベル 1 の設計情報から予め求められたりして、検出処理装置 5 1 の記憶部に記憶される。

【 0 0 8 6 】

回転行列 R i m u 中の角度  $r$ 、角度  $p$  及び角度  $d$  は、油圧ショベル 1 のロール角、ピッチ角及び方位角である。ロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及び方位角  $d$  は、油圧ショ

40

50

ベル 1 の姿勢を表す。ロール角  $r$  及びピッチ角  $p$  は、図 3 に示される IMU 24 が求めるか、IMU 24 の検出値から検出処理装置 51 が求めるものである。方位角  $d$  は、図 3 に示されるアンテナ 21, 22 及び位置検出装置 23 によって構成された GPS コンパスによって求められる。より詳細には、方位角  $d$  は、位置検出装置 23 によって 2 個のアンテナ 21, 22 相対位置に基づいて求められる。ロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及び方位角  $d$  は、油圧ショベル 1 の姿勢が変化することによって変化する。本実施形態においては、IMU 24 によって求められたヨー角  $y$  が、GPS コンパスによって得られた方位角（方位データ）に代えて用いられてもよい。本実施形態において、ロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及び方位角  $d$  は、少なくとも一対の撮像装置 30 が対象、例えば施工現場の施工対象及び施工後の施工現場等を検出したときにおいて、IMU 24 及び位置検出装置 23 によって検出された値である。ロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及びヨー各  $y$  又は方位角  $d$  は、IMU 24 以外又は位置検出装置 23 以外の装置、例えばジャイロ等によって求められてもよい。

10

#### 【0087】

行列  $T_{off}$  の  $x_1, y_1, z_1$  は、車体座標系の原点と、図 1 及び図 3 に示されるアンテナ 21, 22 の設置位置までの距離を表す。 $x_1, y_1, z_1$  は、例えば、アンテナ 21, 22 が油圧ショベル 1 に取り付けられた後に計測されたり、油圧ショベル 1 の設計情報から予め求められたりして、検出処理装置 51 の記憶部に記憶される。

#### 【0088】

行列  $T_g$  の  $x_2, y_2, z_2$  は、図 1 及び図 3 に示されるアンテナ 21, 22 及び位置検出装置 23 が検出したグローバル座標系におけるアンテナ 21, 22 の位置を表す。 $x_1, y_1, z_1$  は、油圧ショベル 1 の位置、より具体的にはアンテナ 21, 22 の位置が変化することによって変化する。

20

#### 【0089】

検出処理装置 51 は、少なくとも一対の撮像装置 30 によって撮像された画像から得られた施工対象 OBP の位置  $P_s(x_s, y_s, z_s)$  を、式 (1) から式 (7) を用いてグローバル座標系における位置  $P_g(x_g, y_g, z_g)$  に変換する。このとき、検出処理装置 51 は、IMU 24 からロール角  $r$  及びピッチ角  $p$  を取得し、位置検出装置 23 からアンテナ 21, 22 のグローバル座標系における位置及び方位角  $d$  を取得して、前述した変換に用いる。前述したように、検出処理装置 51 は、方位角  $d$  の代わりに、IMU 24 が検出したヨー角  $y$  を用いてもよい。検出処理装置 51 は、変換後の位置  $P_g(x_g, y_g, z_g)$  を、施工対象 OBP の表面 OBS の位置  $P_r(X_g, Y_g, Z_g)$ 、すなわち形状情報とする。本実施形態においては、形状情報の一例として施工対象 OBP の表面 OBS の位置  $P_r$  を示しているが、形状情報はこれに限定されない。例えば、形状情報は、施工後における施工対象 OBP の表面の位置及び施工途中における施工対象 OBP の表面の位置であってもよい。

30

#### 【0090】

検出処理装置 51 は、少なくとも一対の撮像装置 30 によって撮像された施工対象 OBP の領域全体にわたって、施工対象 OBP の表面 OBS の位置  $P_r(X_g, Y_g, Z_g)$  を求め、出力する。本実施形態において、検出処理装置 51 は、所定の単位毎に、図 10 に示されるように、求めた位置  $P_r(X_g, Y_g, Z_g)$  のデータファイル EMD を生成する。図 10 に示されるデータファイル EMD は、 $n$  個 ( $n$  は 1 以上の整数) の位置  $P_r(X_g, Y_g, Z_g)$  の集合である。データファイル EMD も、本実施形態における形状情報に該当する。

40

#### 【0091】

所定の単位は、例えば、一回の撮像によって得られた施工対象 OBP の範囲、及び予め定めた施工対象 OBP の範囲が挙げられる。予め定めた施工対象 OBP の範囲は、一回の撮像によって得られた範囲の一部であってもよいし、一回の撮像によって得られた範囲を超える範囲であってもよい。後者の場合には複数回の撮像によって得られた範囲が対象となる。

50



## 【 0 0 9 2 】

本実施形態において、検出処理装置 5 1 はデータファイル E M D を生成したら、自身の記憶部に記憶させる。そして、検出処理装置 5 1 は、データファイル E M D の位置 P r を用いて、目標施工情報を生成する。この他にも、施工管理装置 5 7 は、検出処理装置 5 1 が生成したデータファイル E M D を、通信装置 2 5 から図 3 に示される管理装置 6 1、携帯端末装置 6 4 及び他の作業機械 7 0 の少なくとも一つに送信してもよい。

## 【 0 0 9 3 】

図 1 1 は、施工管理装置 5 7 によって送信される、データファイル E M D を含む情報の一例を示す図である。本実施形態において、図 3 に示される検出処理装置 5 1 の情報付与部 5 1 B は、形状情報に、形状情報を特定するための時刻情報 T M を付けて出力する。時刻情報 T M は、時刻に基づいて、形状情報を特定する情報である。本実施形態では、情報付与部 5 1 B は、図 1 1 に示されるように、時刻情報 T M 及び形状情報であるデータファイル E M D を含む作業情報 L G を生成して、出力する。時刻情報 T M は、例えば、少なくとも一対の撮像装置 3 0 が施工対象 O B P を撮像した時刻であってもよいし、演算部 5 1 A が形状情報を生成した時刻であってもよいし、情報付与部 5 1 B が作業情報 L G を出力する時刻であってもよいし、管理装置 6 1 及び携帯端末装置 6 4 のような油圧ショベル 1 の外部の装置が形状情報を取得した時刻であってもよい。すなわち、時刻情報 T M は、施工前、施工途中又は施工後における施工対象 O B P が、少なくとも一対の撮像装置 3 0 及び検出処理装置 5 1 によって検出された時刻から油圧ショベル 1 の外部の装置が形状情報を取得した時刻までの間に存在する少なくとも 1 つの時刻の情報である。時刻情報 T M が、油圧ショベル 1 の外部の装置が形状情報を取得した時刻の情報である場合、情報付与部 5 1 B が油圧ショベル 1 の外部の装置に設けられ、情報付与部 5 1 B は、外部の装置が形状情報を取得した時刻を示す時刻情報 T M を形状情報に付与する。

## 【 0 0 9 4 】

本実施形態において、作業情報 L G は、時刻情報 T M 及びデータファイル E M D に加えて、目標施工情報 T I、撮像位置 P L 及び油圧ショベル 1 の姿勢情報 S I を含む。目標施工情報 T I は、作業情報 L G に含まれる形状情報、すなわちデータファイル E M D の情報から生成されたものである。撮像位置 P L は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 が、施工前、施工途中又は施工後における施工対象 O B P を撮像した場所を示す情報である。撮像位置 P L は、図 3 に示される位置検出装置 2 3 が検出したアンテナ 2 1、2 2 のグローバル座標における位置に基づいて求められる。姿勢情報 S I は、油圧ショベル 1 の姿勢を示す情報であり、本実施形態ではロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及びヨー角  $y$  である。ロール角  $r$ 、ヨー角  $y$  及びヨー角  $y$  は、I M U 2 4 の検出値であるが、ヨー角  $y$  の代わりに位置検出装置 2 3 が検出した方位角  $d$  が用いられてもよい。これらの他にも、作業情報 L G は識別番号を含んでいてもよい。識別番号は、少なくとも一対の撮像装置 3 0 の位置を示す情報及び対象を撮像した撮像装置 3 0 を有する油圧ショベル 1 を識別するための情報である。識別番号としては、例えば、通信装置 2 5 の I P アドレスであってもよい。また、識別番号としては、少なくとも一対の撮像装置の製造番号及び油圧ショベル 1 の車体番号が用いられるが、これらに限定されない。

## 【 0 0 9 5 】

作業情報 L G に含まれる情報は、前述した情報に限定されない。例えば、作業情報 L G は、油圧ショベル 1 のオペレータを識別するためのオペレータ I D を含んでいてもよい。作業情報 L G は、検出処理装置 5 1 の情報付与部 5 1 B がすべての情報を生成しなくてもよい。本実施形態では、情報付与部 5 1 B は、少なくとも時刻情報 T M 及びデータファイル E M D を含む作業情報 L G を生成して出力すればよい。時刻情報 T M 及びデータファイル E M D 以外の情報は、例えば、施工管理装置 5 7 によって付与される。この場合、施工管理装置 5 7 は、施工情報生成装置 5 2 によって生成された目標施工情報 T I を取得し、情報付与部 5 1 B から取得した作業情報 L G に追加する。また、施工管理装置 5 7 は、信号線 5 9 を介して識別番号及び撮像位置 P L を取得して、作業情報 L G に追加する。施工管理装置 5 7 は、作業情報 L G を所定のタイミング、本実施形態では 1 日に 2 回、管理装

置 6 1 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも一方に送信する。

【 0 0 9 6 】

本実施形態において、すくなくとも一对の撮像装置 3 0 が対象を撮像したら、検出処理装置 5 1 は、少なくとも時刻情報 T M 及びデータファイル E M D を含む作業情報 L G を生成して出力し、通信装置 2 5 を介して油圧ショベル 1 の外部に送信する。油圧ショベル 1 の外部に送信された作業情報 L G は、管理装置 6 1 が取得したり、携帯端末装置 6 4 が取得したりする。

【 0 0 9 7 】

本実施形態において、図 3 に示される撮像スイッチ 3 2 が操作されると、少なくとも一对の撮像装置 3 0 が対象を撮像する。検出処理装置 5 1 の演算部 5 1 A は撮像装置 3 0 によって撮像された画像にステレオ方式による画像処理を施して形状情報を生成する。検出処理装置 5 1 の情報付与部 5 1 B は、形状情報に時刻情報を付けた作業情報 L G を出力する。作業情報 L G は、施工管理装置 5 7 及び通信装置 2 5 を介して、又は通信装置 2 5 を介して管理装置 6 1 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも一方に送信する。

【 0 0 9 8 】

検出処理装置 5 1 は、油圧ショベル 1 の周辺を監視するため、所定の時間毎、例えば 1 0 分毎に少なくとも一对の撮像装置 3 0 に対象を撮像させる。少なくとも一对の撮像装置 3 0 によって撮像された二次元画像は、検出処理装置 5 1 の記憶部に記憶されて、ある程度の情報が蓄積されたら通信装置 2 5 を介して管理装置 6 1 に送信される。前述した二次元画像は、作業情報 L G が管理装置 6 1 に送信されるタイミングで送信されてもよいし、撮像されたら速やかに管理装置 6 1 へ送信されてもよい。

【 0 0 9 9 】

本実施形態において、検出処理装置 5 1 が、例えば複数の撮像装置 3 0 が起動していることを認識していること、信号線 5 9 が断線していないこと、I M U 2 4 の出力が安定していること、及び G N S S による測位が F I X ( 正常 ) であることを条件 ( 許可条件 ) に、検出処理装置 5 1 は、撮像装置 3 0 を用いた三次元計測を許可する。許可条件が 1 つでも成立していない場合、撮像スイッチ 3 2 が操作されても、検出処理装置 5 1 は撮像装置 3 0 を用いた三次元計測を許可しない。I M U 2 4 の出力が安定しているとは、油圧ショベル 1 が静止している状態であることを意味する。撮像装置 3 0 による三次元計測に、前述した条件を設けることで、対象の計測精度の低下が抑制される。許可条件は、制御システム 5 0 が三次元計測を許可するための例示である。制御システム 5 0 は、許可条件のいずれか一つを用いてもよいし、許可条件を用いなくてもよい。

【 0 1 0 0 】

図 1 2 は、データファイル E M D が管理装置 6 1 の記憶部に記憶される一例を示す図である。油圧ショベル 1 から送信された作業情報 L G は、管理装置 6 1 の記憶部に記憶される。作業情報 L G が携帯端末装置 6 4 に送信される場合、作業情報 L G は携帯端末装置 6 4 の記憶部に記憶されてもよい。

【 0 1 0 1 】

管理装置 6 1 の記憶部内には、例えば、図 1 2 のデータテーブル T B に示されるように、時刻情報 T M とデータファイル E M D とが対応付けられて記憶される。データテーブル T B は、管理装置 6 1 が新しい時刻情報 T M 及びデータファイル E M D を取得する毎に更新される。データファイル E M D に付される番号が同一の情報は、作業現場の同じ場所の形状情報を示す。管理装置 6 1 は、データテーブル T B に含まれるデータファイル E M D を用いて、施工現場の現状を示す情報 ( 以下、適宜、現況情報と称する ) を生成できる。この場合、データファイル E M D に付される番号が同一である場合、最新のデータファイル E M D を用いて現況情報が生成される。最新のデータファイル E M D であるか否かは、データファイル E M D に対応付けられた時刻情報 T M によって判定される。例えば、2 つのデータファイル E M D 1 が存在した場合、管理装置 6 1 は、それぞれのデータファイル E M D 1 に対応した時刻情報 T M を比較し、新しい方のデータファイル E M D 1 を用いて現況情報を生成する。このようにすることで、管理装置 6 1 は、最新の現況情報を生成で

10

20

30

40

50

きる。

【 0 1 0 2 】

管理装置 6 1 は、時刻情報 T M が付された形状情報、すなわちデータファイル E M D を用いて、油圧ショベル 1 の施工現場全体の現状の地形の情報、すなわち現況情報を出力する。例えば、管理装置 6 1 は、最新の時刻情報 T M が付された各データファイル E M D を施工現場全体にわたって収集して結合することにより、油圧ショベル 1 の施工現場全体の現況情報を生成して出力する。施工現場全体の現況情報は、例えば、管理施設 6 0 の表示装置 6 7 に表示されたり、携帯端末装置 6 4 に表示されたりする。

【 0 1 0 3 】

施工現場全体の現況情報は、油圧ショベル 1 による施工結果を用いて生成されてもよいし、他の作業機械 7 0 による施工結果を用いて生成されてもよい。また、施工現場全体の現況情報は、油圧ショベル 1 及び他の作業機械 7 0 によらない施工結果、例えば、作業者がスコップ等によって施工した結果を用いて生成されてもよい。本実施形態において、施工現場全体の現況情報は、油圧ショベル 1 による施工結果と、他の作業機械 7 0 による施工結果と、油圧ショベル 1 及び他の作業機械 7 0 によらない施工結果との少なくとも一つを用いて生成されればよい。施工現場全体の現況情報は、油圧ショベルの施工管理装置 5 7 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも一方が生成して出力してもよい。

【 0 1 0 4 】

図 1 3 は、施工現場全体の施工対象 O B P t とデータファイル E M D に対応した範囲との関係を示す図である。図 1 3 は、最新のデータファイル E M D 1 , E M D 2 , . . . E M D m に対応した範囲が施工現場全体の施工対象 O B P t 内に表示された例を示している。データファイル E M D 1 , E M D 2 , E M D m に対応した範囲は、データファイル E M D 1 , E M D 2 , . . . E M D m に含まれる三次元位置情報で特定される範囲である。

【 0 1 0 5 】

管理装置 6 1 は、例えば、施工現場全体の施工対象 O B P t に、データファイル E M D 1 , E M D 2 , E M D m に対応した範囲を重ねた情報を生成する。そして、管理装置 6 1 は、例えば、管理施設 6 0 内の表示装置 6 7 に、生成した情報を表示させる。このようにすると、最新のデータファイル E M D 1 , E M D 2 , . . . E M D m が施工対象 O B P t 内に表示されるので、施工現場の現状が示される。管理装置 6 1 は、時刻情報 T M が同一又は同一とみなせるデータファイル E M D 同士を組み合わせることで、施工現場の現状の状況を得ることができる。時刻情報 T M が同一とみなせるとは、予め定められた時間の範囲内の時刻情報 T M に対応するデータファイル E M D は、同一の時刻に得られたものとして取り扱われることをいう。例えば、朝 9 時から夕方 1 7 : 0 0 までを予め定められた時間の範囲とした場合、ある曜日におけるこの時間の範囲内の時刻情報 T M を持つデータファイル E M D は、同一の時刻に得られたものとして取り扱われ、曜日が変われば異なる時刻に得られたものとして取り扱われる。

【 0 1 0 6 】

図 1 4 は、施工現場全体の施工対象 O B P t の変化を時系列に並べたものである。時刻  $t = t_s$  は、施工現場の施工が開始される前の状態を示している。時刻  $t = t_1$  において、施工対象 O B P t は領域 O B P f 1 が施工されている。領域 O B P f 1 は、時刻  $t = t_1$  における形状情報、すなわちデータファイル E M D に含まれる三次元情報によって特定されるので、施工前における施工対象 O B P t に領域 O B P f 1 を重ねることで、時刻  $t = t_1$  における施工現場全体の状態が分かる。

【 0 1 0 7 】

時刻  $t = t_2$  において、施工対象 O B P t は領域 O B P f 1 に加え、領域 O B P f 2 及び領域 O B P f 3 がさらに施工されている。領域 O B P f 2 及び領域 O B P f 3 は、時刻  $t = t_2$  における形状情報、すなわちデータファイル E M D に含まれる三次元情報によって特定されるので、施工前における施工対象 O B P t に領域 O B P f 2 及び領域 O B P f 3 を重ねることで、時刻  $t = t_2$  における施工現場全体の状態が分かる。時刻  $t = t_2$  において、領域 O B P f 1 はすでに施工されているので、時刻  $t = t_2$  においては領域 O B P

10

20

30

40

50

f 1 に対応する形状情報、すなわち領域 O B P f 1 に対応するデータファイル E M D が得られていなくてもよい。領域 O B P f 1 に対応するデータファイル E M D が得られていない場合、領域 O B P f 1 については時刻  $t = t_1$  における情報が最新となる。

#### 【 0 1 0 8 】

時刻  $t = t_2$  においては、領域 O B P f 2 及び領域 O B P f 3 とともに、時刻  $t = t_1$  における領域 O B P f 1 が施工前における施工対象 O B P t に重ねられる。時刻  $t = t_2$  において、領域 O B P f 1 に対応する形状情報、すなわち領域 O B P f 1 に対応するデータファイル E M D が得られている場合、最新のデータファイル E M D に基づく領域 O B P f 1 が、領域 O B P f 2 及び領域 O B P f 3 とともに、施工前における施工対象 O B P t に重ねられる。

10

#### 【 0 1 0 9 】

管理装置 6 1 は、時刻  $t = t_s, t_1, t_2$  の順に、施工対象 O B P t 全体の現況情報を生成して、例えば管理施設 6 0 内の表示装置 6 7 に、生成した現況情報を三次元画像で表示させる。この場合、管理装置 6 1 は、現況情報を時刻毎にコマ送りで表示させることができる。このようにすることで、管理者は、日々の施工の進捗状況を容易に理解できる。携帯端末装置 6 4 は、通信回線 N T W を介して管理装置 6 1 にアクセスして現況情報を取得し、現況情報を画面に表示してもよい。このようにすれば、管理施設 6 0 にいない施工現場の作業員も、日々の施工の進捗状況を容易に理解できる。

#### 【 0 1 1 0 】

図 1 5 及び図 1 6 は、異なる時刻に得られた形状情報の差分から、除去された土の量又は盛土の量を求める例を示す図である。本実施形態においては、異なる時刻に得られた形状情報に基づいて、除去された土の量又は盛土の量が求められる。施工前における時刻  $t = t_s$  の施工対象 O B P が施工されて、施工後の対象 O B P f になったとする。グローバル座標系 ( $X_g, Y_g, Z_g$ ) において、施工後における時刻  $t = t_f$  で得られた形状情報の  $Z_g$  座標と、施工前における時刻  $t = t_s$  で得られた形状情報の  $Z_g$  座標との差分は  $D$  である。差分  $D$  が負の場合は土を除去した場合であり、差分  $D$  が正の場合は盛土の場合である。差分  $D$  に、施工された範囲の  $X_g$  方向における寸法及び  $Y_g$  軸方向における寸法を乗ずることにより、施工対象 O B P の除去された土の量又は盛土の量（本実施形態において、土の量は体積）が得られる。本実施形態においては、異なる時刻に得られた形状情報に基づいて、油圧ショベル 1 のみならず、他の作業機械 7 0 によって除去された土の量又は盛土の量が求められてもよい。

20

30

#### 【 0 1 1 1 】

このように、形状情報であるデータファイル E M D と時刻情報 T M とを対応付けることにより、施工現場の施工に関する様々な情報が得られる。データファイル E M D 及び時刻情報 T M を用いて現況情報を生成したり、盛土量又は除去された土の量を求めたりする処理は、管理装置 6 1、携帯端末装置 6 4 及び油圧ショベル 1 の施工管理装置 5 7 のいずれが実行してもよい。また、管理装置 6 1、携帯端末装置 6 4 又は油圧ショベル 1 の施工管理装置 5 7 のいずれかが前述した処理を実行し、通信回線 N T W を介して他の機器に結果を送信してもよい。前述した処理の結果は、通信だけでなく、ストレージデバイスに記憶されて、他の機器に受け渡されてもよい。次に、目標施工情報について説明する。

40

#### 【 0 1 1 2 】

< 目標施工情報 >

図 1 7、図 1 8 及び図 1 9 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システム 5 0 が生成する目標施工情報を説明するための図である。本実施形態において、図 3 に示される施工情報生成装置 5 2 は、検出処理装置 5 1 によって生成された形状情報を用いて、目標施工情報、すなわち施工対象 O B P が施工させる際に目標となる形状の位置情報を求める。本実施形態において、施工情報生成装置 5 2 は、図 1 1 及び図 1 2 に示されるように、形状情報に含まれる施工対象 O B P の表面 O B S の位置を示す情報を加工することによって、表面 O B S の位置を変更して、目標施工情報を得る。

#### 【 0 1 1 3 】

50

図 17 に示される例は、施工対象 O B P の表面 O B S から距離  $D P t$  の範囲を除去する施工例を示している。この場合、施工情報生成装置 52 は、施工対象 O B P の表面 O B S の位置  $P r a (X g a, Y g a, Z g a)$  を、距離  $D P t$  だけ低くした位置  $P t a (X t a, Y t a, Z t a)$  を求める。本実施形態において、施工情報生成装置 52 は、位置  $P r a (X g a, Y g a, Z g a)$  の  $Z g a$  を  $D P t$  だけ減じることにより、位置  $P r a (X g a, Y g a, Z g a)$  を、距離  $D P t$  だけ低い位置に移動させる。したがって、位置  $P t a (X t a, Y t a, Z t a)$  は、位置  $P t a (X g a, Y g a, Z g a - D P t)$  となる。このようにして得られた位置  $P t a (X t a, Y t a, Z t a)$  が、目標施工情報となる。施工情報生成装置 52 は、図 3 に示される検出処理装置 51 から形状情報、本実施形態ではデータファイル E M D を取得し、データファイル E M D に含まれるすべての位置  $P r (X g, Y g, Z g)$  に対して  $Z g$  の値から  $D P t$  だけ減算することにより、目標施工情報を生成する。

10

#### 【0114】

図 18 に示される例は、施工対象 O B P の表面 O B S から距離  $A D t$  の範囲に、例えば土、砂又は岩石のような物体を盛る施工例を示している。この場合、施工情報生成装置 52 は、施工対象 O B P の表面 O B S の位置  $P r b (X g b, Y g b, Z g b)$  を、距離  $A D t$  だけ高くした位置  $P t b (X t b, Y t b, Z t b)$  を求める。本実施形態において、施工情報生成装置 52 は、位置  $P r b (X g b, Y g b, Z g b)$  の  $Z g$  に  $A D t$  を加算することにより、位置  $P r b (X g b, Y g b, Z g b)$  を、距離  $A D t$  だけ高い位置に移動させる。したがって、位置  $P t b (X t b, Y t b, Z t b)$  は、位置  $P t b (X g b, Y g b, Z g b + A D t)$  となる。このようにして得られた位置  $P t b (X t b, Y t b, Z t b)$  が、目標施工情報となる。施工情報生成装置 52 は、図 3 に示される検出処理装置 51 から形状情報、本実施形態ではデータファイル E M D を取得し、データファイル E M D に含まれるすべての位置  $P r (X g, Y g, Z g)$  に対して  $Z g$  の値に  $A D t$  を加算することにより、目標施工情報を生成する。

20

#### 【0115】

このように、図 17 及び図 18 に示される施工は、施工対象 O B P の表面 O B S を一定の深さ ( $D p t$ ) 又は一定の高さ ( $A D t$ ) に変更 (オフセット) する施工である。この他にも、例えば、施工対象 O B P の表面 O B S に所定の傾斜を有する勾配を設けるような施工に、制御システム 50 が適用されてもよい。このような施工は、例えば、施工後の地形が、水はけがよい地形になるように施工する場合に行われる。少なくとも一対の撮像装置 30 によって撮像された画像に基づき検出処理装置 51 が形状情報を生成した後、施工情報生成装置 52 は、形状情報が示す表面 O B S の位置の  $Z g$  座標について所定の距離を減算又は加算して、表面 O B S に対し所定の勾配が設けられた目標施工情報を生成する。この場合も、施工情報生成装置 52 は、形状情報に含まれる施工対象 O B P の表面 O B S の位置を示す情報を加工することによって、表面 O B S の位置を変更して、目標施工情報を得ることになる。

30

#### 【0116】

施工現場は広い場合、図 19 に示されるように、少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像する施工対象 O B P a, O B P b は、施工現場全体の施工対象 O B P t の一部となることがある。施工対象 O B P a, O B P b の表面にある位置  $P r a, P r b$  から得られた位置  $P t a, P t b$  を目標施工情報とする範囲 O B P t a, O B P t b も、施工現場全体の一部の情報となる。施工管理装置 57 は、形状情報と、この形状情報から得られた目標施工情報との差分を用いて、施工対象 O B P から除去する土の量又は施工対象 O B P に盛る土の量を求めることができる。

40

#### 【0117】

施工管理装置 57 が、油圧ショベル 1 の外部に設けられた、例えば管理装置 61 に設けられている場合、施工管理装置 57 は、油圧ショベル 1 から通信装置 25 を介して形状情報を取得する。施工管理装置 57 は、取得した形状情報と、この形状情報から得られた目標施工情報との差分を用いて、施工対象 O B P から除去する土の量又は施工対象 O B P に

50

盛る土の量を求める。この場合、施工管理装置 57 は、油圧ショベル 1 から形状情報を取得して目標施工情報を生成する。施工管理装置 57 は、形状情報及び目標施工情報を油圧ショベル 1 から取得して、施工対象 O B P から除去する土の量又は施工対象 O B P に盛る土の量を求めてもよい。

#### 【0118】

施工情報生成装置 52 は、目標施工情報を生成したら、自身の記憶部に記憶させる。施工情報生成装置 52 の記憶部に記憶された目標施工情報は、作業機制御装置 56 が作業機制御を実行する際の目標値として使用される。本実施形態において、作業機制御装置 56 は、作業機 2、より具体的にはバケット 8 の刃先 8 B T が、目標施工情報に沿うように、油圧ショベル 1 の作業機 2 を制御する。すなわち、作業機制御装置 56 は、バケット 8 の刃先 8 B T を、目標施工情報によって表された、施工対象が施工されるときに目標とされる形状に沿って移動させる。施工管理装置 57 は、施工情報生成装置 52 が生成した目標施工情報を、通信装置 25 から図 3 に示される管理装置 61、携帯端末装置 64 及び他の作業機械 70 の少なくとも一つに送信してもよい。次に、本実施形態に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を説明する。

#### 【0119】

<実施形態 1 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例>

図 20 は、実施形態 1 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。制御システム 50 を有する油圧ショベル 1 は、本実施形態に係る形状計測方法を実行する。より詳細には、制御システム 50 は、施工対象 O B P の形状情報を求め、得られた形状情報から目標施工情報を生成する。そして、制御システム 50 は、得られた目標施工情報に沿うように作業機 2 を制御する。施工管理システム 100、本実施形態では管理装置 61 が、本実施形態に係る施工管理方法を実行する。

#### 【0120】

図 3 に示される撮像スイッチ 32 がオペレータによって操作されると、撮像スイッチ 32 から制御システム 50 に、施工対象 O B P を撮像装置 30 に撮像させるための撮像指令が検出処理装置 51 に入力される。検出処理装置 51 は、撮像指令が入力されると、ステップ S 101 において、少なくとも一対の撮像装置 30 に施工対象 O B P を撮像させる。ステップ S 102 において、検出処理装置 51 は、少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像した画像にステレオ方式による画像処理を施して施工対象 O B P の位置（三次元位置）を求め、得られた施工対象 O B P の位置を用いて施工対象 O B P の形状情報を生成する。検出処理装置 51 は、生成した目標施工情報を自身の記憶部及び施工管理装置 57 の記憶部 57 M の少なくとも一方に記憶させる。形状情報を生成する手法は、前述した通りである。

#### 【0121】

ステップ S 103 において、施工情報生成装置 52 は、検出処理装置 51 から形状情報を取得し、目標施工情報を生成する。施工情報生成装置 52 は、生成した目標施工情報を自身の記憶部及び施工管理装置 57 の記憶部 57 M の少なくとも一方に記憶させる。目標施工情報を生成する手法は、前述した通りである。本実施形態において、図 3 に示される施工管理装置 57 は、ステップ S 102 で得られた形状情報及びステップ S 102 で得られた目標施工情報を含む作業情報 L G を、管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一方に送信してもよい。

#### 【0122】

ステップ S 104 において、油圧ショベル 1 は、施工対象 O B P を施工する。このとき、作業機制御装置 56 は、作業機制御を実行する。すなわち、作業機制御装置 56 は、目標施工情報によって表された、施工対象 O B P の施工時において目標とされる形状に沿って、バケット 8 の刃先 8 B T を移動させる。

#### 【0123】

本実施形態では、油圧ショベル 1 が目標施工情報に基づき作業機制御を実行して施工する。施工現場では、作業者がスコップ等の作業具を使って手作業で掘削等を行うこともある。このような場合、作業者は、油圧ショベル 1 から送信され、携帯端末装置 64 に取得

された目標施工情報を確認して掘削等の施工を行ってもよい。

【0124】

施工が終了したら、ステップS105において、検出処理装置51は施工後の施工対象OBPを少なくとも一対の撮像装置30に撮像させ、得られた画像を用いて形状情報を生成する。次に、ステップS106において、施工管理装置57は、検出処理装置51が生成した施工後の形状情報を、図3に示される通信装置25を介して管理装置61に送信する。施工管理装置57は、施工後の形状情報を、通信装置25を介して図3に示される携帯端末装置64に送信してもよい。施工後の形状情報を取得した管理装置61は、図3に示される携帯端末装置64に、通信装置62を介して施工後の形状情報を送信してもよい。図20に示される施工方法の処理例を示すフローチャートにおいて、ステップS106及びステップS107は実行されなくてもよい。

10

【0125】

本実施形態においては、時刻情報TMが形状情報に付されているので、管理装置61及び携帯端末装置64の少なくとも一方は、制御システム50から送信された、所定の施行現場について施工前後の形状情報を表示装置67及び携帯端末装置64が有する表示装置の少なくとも一方の画面に表示させることにより、施工の進捗状況を表示させることができる。また、管理装置61及び携帯端末装置64の少なくとも一方は、施工現場の形状情報を時系列に並べて表示装置67及び携帯端末装置64が有する表示装置の少なくとも一方の画面に表示させたり、コマ送りで表示させたり、位置Prの座標の数値を表示させたりすることにより、日々の施工の進捗状況が分かりやすく表示される。油圧ショベル1の施工管理装置57も、時系列の施工現場の形状情報が管理装置61から得られていれば、表示装置58の画面58Dに施工現場の形状情報を時系列に並べて表示させることができる。すなわち、管理装置61、携帯端末装置64、施工管理装置及び施工管理装置57の少なくとも1つは、時刻情報が付された前記形状情報を複数用いて、前記作業機械の施工現場全体の地形の情報を時系列に表示する表示装置を有する。

20

【0126】

本実施形態において、施工管理装置57は、施工後の形状情報に加え、目標施工情報を、通信装置25を介して管理装置61及び携帯端末装置64の少なくとも一方に送信してもよい。施工後の形状情報及び目標施工情報が、油圧ショベル1から管理装置61のみに送信される場合、管理装置61は、施工後の形状情報及び目標施工情報を、通信装置62を介して携帯端末装置64に送信してもよい。このようにすることで、管理装置61及び携帯端末装置64の少なくとも一方は、施工後の形状情報と目標施工情報とを表示装置67の画面に並べて表示したり、重ねて表示したりすることができるので、管理者等は、施工の進捗状況を迅速かつ容易に確認できる。

30

【0127】

<対象を検出する方法の変形例>

油圧ショベル1が有する少なくとも一対の撮像装置30が対象を検出する方法の変形例を説明する。少なくとも一対の撮像装置30は、油圧ショベル1の旋回体3に取り付けられる。旋回体3を旋回させながら少なくとも一対の撮像装置30が対象を撮像することにより、検出処理装置51は、油圧ショベル1の周囲全体の形状情報を得ることができる。

40

【0128】

旋回体3をさせながら少なくとも一対の撮像装置30が対象を撮像する場合、検出処理装置51は、撮像のタイミングで旋回体3の旋回を停止させてもよい。この場合、旋回体3は断続的に旋回する。旋回体3を連続して旋回させながら少なくとも一対の撮像装置30が対象を撮像する場合、次のようにする。

【0129】

旋回体3を連続して旋回させながら少なくとも一対の撮像装置30が対象を撮像する場合、少なくとも一対の撮像装置30は、旋回体3が旋回を開始すると同時に撮像を開始し、旋回を停止することによって撮像を終了する。そして、検出処理装置51は、旋回体3の旋回中に取得した画像をもとにステレオ方式における画像処理を施して形状情報を求め

50

てもよい。この場合、例えば、操作装置 35 のうち旋回体 3 を旋回させるための操作装置の操作にともなって出力される、パイロット圧の変化を示す信号又は電気信号を検出処理装置 51 が受信し、旋回体 3 の旋回開始のタイミング及び旋回停止のタイミングを判断し、少なくとも一対の撮像装置 30 に撮像を行わせる。

#### 【0130】

旋回体 3 の旋回中に撮像装置 30 が対象を撮像することによる三次元計測が実行される場合、検出処理装置 51 は、撮像装置 30 のシャッターが切られる毎に時刻情報 TM を生成して、撮像された画像と対応付ける。また、検出処理装置 51 は、旋回体 3 の旋回が開始された時刻又は旋回が停止した時刻を時刻情報 TM としてもよい。

#### 【0131】

制御システム 50 は、少なくとも一対の撮像装置 30 によって撮像された対象の形状情報と、形状情報が得られた時刻情報とを対応付けるので、時刻情報に基づいて形状情報を組み合わせることで、作業現場の現状の状況を得ることができる。

#### 【0132】

油圧ショベル 1 のような作業機械は、複雑な地形の上で施工することも多く、撮像装置 30 が撮像する対象に対して大きく傾いている場合も多い。異なるタイミングで同じ場所で対象が撮像される場合、その場所は施工等が行われて地面の傾斜が変化してしまっていることも想定される。一対の撮像装置 30 は、油圧ショベル 1 が稼働している間に互いの相対的な位置関係がずれないように、油圧ショベル 1 に確実に取り付けられるので、油圧ショベル 1 の姿勢に応じて一対の撮像装置 30 の姿勢を変化させることは難しい。

#### 【0133】

本実施形態において、制御システム 50 は、油圧ショベルの姿勢を用いて形状情報を求める。このとき、制御システム 50 は、IMU 24 の検出値と、位置検出装置 23 によって検出された油圧ショベル 1 の位置から得られた油圧ショベルの方位とを用いて、撮像装置 30 によって得られた三次元位置情報を、グローバル座標系における三次元位置情報に変換する。変換後の三次元位置情報が形状情報となる。このような処理により、制御システム 50 が求めた形状情報は、油圧ショベル 1 の傾斜の影響を抑制して、施工前後の地形の比較等を適切に行うことができる。

#### 【0134】

制御システム 50 は、作業現場を撮像装置 30 によって撮像することで、作業現場の形状情報、すなわち作業現場の三次元位置情報を得ることができる。制御システム 50 は油圧ショベル 1 に設けられているので、作業現場の様々な場所に移動して形状情報を求めることができる。このようにして求めた複数の形状情報を、時刻情報に基づいて結合させることで、作業現場の状況及び作業現場の状況の変化を把握できるようになる。その結果、管理装置 61 は、対象の位置を検出する検出装置である少なくとも一対の撮像装置 30 及び検出処理装置 51 を有する作業機械である油圧ショベル 1 が得た検出結果を用いて施工状況を管理することができる。

#### 【0135】

例えば、管理装置 61 は、同時刻とみなせる範囲内で得られた複数の異なる形状情報を抽出して結合させることにより、同時刻とみなせる範囲内における施工現場の施工状態を得ることができる。例えば、同時刻とみなせる範囲内における施工現場の施工状態を複数得ることにより、施工の進捗状況が把握される。このように、管理装置 61 は、撮像装置 30 及び検出処理装置 51 を有する作業機械と撮像装置 30 及び検出処理装置 51 を有さない作業機械とが混在する施工現場の施工状況を管理できる。このように、制御システム 50 を有する油圧ショベル 1 が作業現場に 1 台あれば、油圧ショベル 1 が自身の施工対象だけでなく、他の作業機械の施工対象についても形状情報を生成できるので、施工現場全体における施工の進捗管理及び出来高管理が可能になる。

#### 【0136】

制御システム 50 は、油圧ショベル 1 に設けられた少なくとも一対の撮像装置 30 を用いて施工対象を検出し、検出結果である少なくとも一対の画像から施工対象の形状情報を

10

20

30

40

50



求め、得られた形状情報から対象を施工するとき目標とする形状の情報である形状情報を求める。したがって、制御システム50は、作業者が施工現場において、測量器等を使用して施工対象を測量して対象の形状を求めていた作業を不要にさせ、また、求められた施工対象に基づく目標とする形状の生成作業、つまり目標とする形状の情報を設計する作業を不要にさせる。その結果、制御システム50は、施工対象の現況地形を測量する手間及び施工対象の施工時に目標となる形状を求める際の手間を低減することができる。制御システム50は、作業者による、測量器等を使用した測量が困難である場所も、撮像装置30が撮像できる場所であれば目標施工情報を生成できるので、より効率的に作業機械による施工及び作業者の手による掘削等の施工が実現できる。また、制御システム50によって施工対象の測量ができるため、施工現場で測量を行う作業者の負担が軽減される。

10

#### 【0137】

例えば、CAD (Computer Aided Design) 等の設計ツールで作成された、施工対象の目標施工情報が存在する場合、作業機械によって施工を行うために、その目標施工情報が示す場所、すなわちこれから施工しようとする場所に作業機械を移動させることが必要になる場合がある。制御システム50を有する油圧ショベル1は、少なくとも一対の撮像装置30を有し、これから施工する施工対象を少なくとも一対の撮像装置30によって撮像し、撮像結果に基づいて目標施工情報を生成する。このように、油圧ショベル1は、測量器として機能するとともに設計ツールとして機能する。つまり、施工する場所で、施工対象の目標施工情報を生成できるので、これから施工しようとする場所に移動しなくてもよい。その結果、移動時間及び設計期間が短縮できるので、作業効率が向上する。

20

#### 【0138】

本実施形態では、油圧ショベル1が有する制御システムが形状情報を生成したが、形状情報は管理装置61が生成してもよい。この場合、一対の撮像装置30によって撮像された画像にステレオ方式による画像処理が施された結果、油圧ショベル1の姿勢を示す情報及び油圧ショベル1のグローバル座標系における位置その他の形状情報を求めるために必要な情報が、通信装置25を介して管理装置61に送信される。

#### 【0139】

油圧ショベル1等の作業機械は施工現場で移動するため、少なくとも一対の撮像装置30が撮像する現場の傾斜は様々であるし、撮像する場所の傾斜も施工によって時間の経過とともに変化することがある。このような施工現場においても、制御システム50は、油圧ショベル1の姿勢を表す情報、本実施形態ではロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及び方位角  $d$  を用いて形状情報を生成するので、適切な施工管理を実現できる。

30

#### 【0140】

本実施形態において、制御システム50は、油圧ショベル1の姿勢を表すロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及び方位角  $d$  を用いて形状情報を生成したが、油圧ショベル1の姿勢変化に対して一対の撮像装置30の相対的な位置関係を保持したまま、両者の姿勢が一定となる機構によって一対の撮像装置30が支持されるようにしてもよい。この場合、例えば、一対の撮像装置30の基線が常に水平を保つような機構で一対の撮像装置30が支持される。

#### 【0141】

40

本実施形態において、制御システム50は、制御システム50を有する油圧ショベル1及び制御システム50を有さない作業機械が施工する範囲及び施工された後の範囲を対象として形状情報を生成するが、制御システム50が形状情報を生成する対象はこれらに限定されない。例えば、制御システム50は、施工現場でスコップ等によって掘削等の作業する作業者が施工した範囲、又はこれから施工使用とする範囲の形状情報を生成することもできる。このようにすることで、制御システム50及び制御システム50を有する施工管理システム100は、施工現場全体の施工状況を管理することができる。前述のように、制御システム50は、施工前後の形状情報の差分から、作業者がスコップ等によって掘削や盛土を行った土量も求めることができる。

#### 【0142】

50

本実施形態においては、制御システム 50 が作業機械である油圧ショベル 1 に備えられているが、形状情報を生成したり目標施工情報を生成したりするシステムは測量用の車両に備えられていてもよい。例えば、形状情報を生成する場合は、少なくとも一対の撮像装置 30 及び検出処理装置 51 が測量用の車両に備えられる。形状情報に加え、目標施工情報も生成する場合は、少なくとも一対の撮像装置 30 及び検出処理装置 51 に加え、施工情報生成装置 52 が測量用の車両に備えられる。いずれの場合でも、測量用の車両は、施工現場で作業する作業機械、管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一つと通信できる通信装置 25 を有することが好ましい。

#### 【0143】

本実施形態において、ステレオ方式における画像処理は、油圧ショベル 1 の外部、例えば管理施設 60 の管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一つが行ってもよい。この場合、例えば、少なくとも一対の撮像装置 30 によって撮像された対象の一対の画像が、通信装置 25 を介して管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一つに送信され、管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一つは、対象の画像にステレオ方式による画像処理を施す。

10

#### 【0144】

本実施形態において、油圧ショベル 1 の外部、例えば管理施設 60 の管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一つが、形状情報を生成してもよい。特に、油圧ショベル 1 の姿勢を表すロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及び方位角  $d$  を用いた変換を、油圧ショベル 1 の外部、例えば管理施設 60 の管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一つが行ってもよい。この場合、少なくとも一対の撮像装置 30 によって撮像された対象の一対の画像にステレオ方式による画像処理が施された情報が、ロール角  $r$ 、ピッチ角  $p$  及び方位角  $d$  とともに、通信装置 25 を介して油圧ショベル 1 の外部、例えば管理施設 60 の管理装置 61 及び携帯端末装置 64 の少なくとも一つに送信される。

20

#### 【0145】

本実施形態において、まず少なくとも一対の撮像装置 30 によって撮像された画像から得られた施工対象 O B P の位置  $P_s$  が求められ、その後、グローバル座標系の位置  $P_g$  に変換されるとともに、油圧ショベルの姿勢による傾きが補正されてもよい。本実施形態において、制御システム 50 は、例えば I M U 24 が油圧ショベル 1 の旋回体 3 の旋回及び油圧ショベル 1 の移動の少なくとも一方を検出したら、撮像装置 30 による撮像を禁止したり、検出処理装置 51 が形状情報を生成しないようにしたりする制御を実行してもよい。本実施形態において、油圧ショベル 1 が他の作業機械 70 に形状情報を送信し、他の作業機械 70 が目標施工情報を生成してもよい。

30

#### 【0146】

本実施形態で開示された構成は、以下の実施形態においても適宜適用することができる。

#### 【0147】

実施形態 2 .

実施形態 2 は、複数の作業機械が作業する施工現場において、制御システム 50 を有する作業機械である油圧ショベル 1 が施工対象 O B P の情報を取得して形状情報及び目標施工情報の少なくとも一方を生成する。そして、油圧ショベル 1 は、生成した目標施工情報を他の作業機械、すなわち油圧ショベル 1 以外の作業機械に送信する。油圧ショベル 1 及び他の作業機械は、油圧ショベル 1 によって生成された目標施工情報を用いて施工対象 O B P を施工する。他の作業機械は、図 3 に示される他の作業機械 70 の他、例えば、ブルドーザー、ホイールローダー及びグレーダーであってもよい。他の作業機械は、制御システム 50 を備えていてもよい。また、他の作業機械は、撮像装置 30 を備えていてもよいし、備えていなくてもよい。他の作業機械は、少なくとも通信装置を備えている。

40

#### 【0148】

図 21 は、実施形態 2 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。図 22 は、施工対象 O B P の形状情報  $S I a$  ,  $S I b$  と目標施工情報  $T I a$  ,  $T I b$  との関係を示す図である。図 23 は、施工対象 O B P を施工した後における形状

50

情報 S I a s , S I b s を示す図である。本実施形態に係る施工管理方法は、制御システム 50 によって実現される。本実施形態において、制御システム 50 は、施工管理システムとしても機能する。

【 0 1 4 9 】

本実施形態及び以下の実施形態において、図 3 に示される制御システム 50 を有する油圧ショベル 1 が第 1 の作業機械に相当し、他の作業機械 70 が第 2 の作業機械に相当する。他の作業機械 70 は、制御システム 50 を有していないものとする。形状情報及び形状情報から生成される目標施工情報は、制御システム 50 の機器類が有する記憶部及び管理装置 61 の記憶部の少なくとも一方に記憶される。

【 0 1 5 0 】

図 3 に示される撮像スイッチ 32 がオペレータによって操作されて撮像指令が検出処理装置 51 に入力されると、ステップ S 201 において、検出処理装置 51 は、少なくとも一対の撮像装置 30 に施工対象 O B P を撮像させる。少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像する範囲は、油圧ショベル 1 が施工する範囲だけでなく、施工現場で作業する他の作業機械 70 が施工する範囲も撮像する。さらに、施工現場で作業する作業者が施工する範囲が撮像されてもよい。すなわち、制御システム 50 が有する少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像する対象は、少なくとも一対の撮像装置 30 が取り付けられた油圧ショベル 1 の施工予定箇所とは異なる施工予定箇所と、油圧ショベル 1 の施工後の箇所とは異なる施工後の箇所とを少なくとも含む。油圧ショベル 1 以外の手段、例えば、作業者によるスコップ等の手段による施工予定箇所と、施工後の箇所との少なくとも一方が、少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像する対象に含まれていてもよい。すなわち、制御システム 50 が有する少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像する対象は、油圧ショベル 1 以外の手段による施工予定箇所と、油圧ショベル 1 以外の手段による施工後の箇所との少なくとも一方を含んでいてもよい。油圧ショベル 1 は、他の作業機械 70 が施工する範囲を撮像するために施工現場を移動したり、旋回体 3 を旋回させたりしてもよい。

【 0 1 5 1 】

ステップ S 202 において、検出処理装置 51 は、少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像した画像にステレオ方式による画像処理を施して施工対象 O B P の位置（三次元位置）を求め、得られた施工対象 O B P の位置を用いて施工対象 O B P の形状情報を生成する。図 22 に示されるように、油圧ショベル 1 の施工対象 O B P からは形状情報 S I a が生成され、他の作業機械 70 の施工対象 O B P からは形状情報 S I b が生成される。検出処理装置 51 は、生成された形状情報 S I a , S I b を、自身の記憶部及び施工管理装置 57 の記憶部 57 M の少なくとも一方に記憶させる。形状情報を生成する手法は、実施形態 1 で説明した通りである。

【 0 1 5 2 】

ステップ S 203 において、施工情報生成装置 52 は、検出処理装置 51 から形状情報 S I a , S I b を取得し、目標施工情報 T I a , T I b を生成する。形状情報 S I a からは目標施工情報 T I a が生成され、形状情報 S I b からは目標施工情報 T I b が生成される。目標施工情報を生成する手法は、実施形態 1 で説明した通りである。施工情報生成装置 52 は、生成した目標施工情報を自身の記憶部及び施工管理装置 57 の記憶部 57 M の少なくとも一方に記憶させる。この場合、生成されたすべての目標施工情報、すなわち油圧ショベル 1 の施工対象 O B P の目標施工情報及び他の作業機械 70 の施工対象 O B P の目標施工情報が、施工情報生成装置 52 の記憶部に記憶される。ステップ S 203 において、制御システム 50 は、生成された目標施工情報を記憶部に記憶せず、次のステップ S 204 を実行するため、目標施工情報が生成されたら直ちに他の作業機械に送信するようにしてもよい。

【 0 1 5 3 】

ステップ S 204 において、施工情報生成装置 52 又は施工管理装置 57 は、図 3 に示される通信装置 25 を介して他の作業機械 70 に目標施工情報を送信する。ステップ S 205 A において、油圧ショベル 1 は、生成した目標施工情報を用いて施工対象 O B P を施

10

20

30

40

50

工する。ステップ S 2 0 5 B において、他の作業機械 7 0 は、油圧ショベル 1 から取得した目標施工情報を用いて施工対象 O B P を施工する。ステップ S 2 0 5 A 及びステップ S 2 0 5 B において、油圧ショベル 1 及び他の作業機械 7 0 は、作業機制御装置 5 6 を備えており、目標施工情報に沿って作業機制御を実行可能である。油圧ショベル 1 及び他の作業機械 7 0 は、目標施工情報によって表された、施工対象 O B P の施工時において目標とされる形状に沿って、バケット 8 の刃先 8 B T 及び作業機を移動させる。

【 0 1 5 4 】

この場合、他の作業機械 7 0 が制御システム 5 0 を備えているのであれば、取得した目標施工情報に沿って作業機の動きが制御されてもよい。他の作業機械 7 0 が制御システム 5 0 を備えていないのであれば、他の作業機械 7 0 に備えられた表示装置に目標施工情報が表示され、オペレータが表示装置に表示された目標施工情報を見ながら作業機を操作してもよい。

10

【 0 1 5 5 】

施工が終了したら、ステップ S 2 0 6 において、検出処理装置 5 1 は施工後の施工対象 O B P を少なくとも一対の撮像装置 3 0 に撮像させ、得られた画像を用いて図 2 3 に示される形状情報 S I a s を生成する。このとき、検出処理装置 5 1 は、他の作業機械が施工した施工対象 O B P も撮像して図 2 3 に示される形状情報 S I b s を生成する。検出処理装置 5 1 は、生成した形状情報を、自身の記憶部及び施工管理装置 5 7 の記憶部 5 7 M の少なくとも一方に記憶させる。

【 0 1 5 6 】

20

油圧ショベル 1 は、他の作業機械 7 0 が施工した範囲を撮像するために施工現場を移動したり、旋回体 3 を旋回させたりしてもよい。次に、ステップ S 2 0 7 において、施工管理装置 5 7 は、検出処理装置 5 1 が生成した施工後の形状情報を、通信装置 2 5 を介して管理装置 6 1 に送信する。施工管理装置 5 7 が施工後の形状情報を図 3 に示される携帯端末装置 6 4 に送信してもよいこと、施工後の形状情報に加え、目標施工情報を、通信装置 2 5 を介して管理装置 6 1 及び携帯端末装置 6 4 の少なくとも一方に送信してもよいこと等は、実施形態 1 と同様である。本実施形態において、図 2 1 に示された施工方法の処理例を示すフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 6 及びステップ S 2 0 7 は実行されなくてもよい。

【 0 1 5 7 】

30

本実施形態においては、制御システム 5 0 を有する少なくとも一台の作業機械、本実施形態では油圧ショベル 1 が、自身及び施工現場に存在する他の作業機械 7 0 の施工対象の形状情報を求める。このため、管理装置 6 1 は、制御システムを有する油圧ショベルによって得られた形状情報を用いて施工現場の施工状況を管理することができる。制御システム 5 0 は、作業機械の施工対象だけでなく、施工現場で作業する作業者の施工対象の形状情報も生成できるので、作業者による施工対象に対する測量が不要になる。その結果、施工現場全体の施工状況の管理が容易になる。

【 0 1 5 8 】

制御システム 5 0 は、生成した形状情報に時刻情報を付けるので、施工管理システム 1 0 0 では、形状情報と時刻情報とが対応付けられて取り扱われる。このため、管理装置 6 1 は、時刻情報に基づいて施工状況の管理に用いる複数の形状情報を抽出することができる。例えば、管理装置 6 1 は、同時刻とみなせる範囲内で得られた複数の異なる形状情報を抽出して結合させることにより、同時刻とみなせる範囲内における施工現場の施工状態を得ることができる。例えば、同時刻とみなせる範囲内における施工現場の施工状態を複数得ることにより、施工の進捗状況が把握される。このように、施工管理システム 1 0 0 は、撮像装置 3 0 及び検出処理装置 5 1 を有する作業機械と撮像装置 3 0 及び検出処理装置 5 1 を有さない作業機械とが混在する施工現場の施工状況を管理できる。

40

【 0 1 5 9 】

本実施形態においては、制御システム 5 0 を有している作業機械、本実施形態では油圧ショベル 1 が、施工現場に存在する他の作業機械 7 0 の施工対象の目標施工情報を生成す

50

る。このため、制御システム 50 を有している作業機械が施工現場に少なくとも 1 台存在すれば、この作業機械が施工現場の形状情報及び目標施工情報を生成し、他の作業機械は作成された目標施工情報を利用して施工することができる。このため、例えば、目標施工情報が存在しない施工現場を複数の作業機械で施工するときの効率が向上する。

【0160】

本実施形態で開示された構成は、以下の実施形態においても適宜適用することができる。

【0161】

実施形態 3 .

実施形態 3 は、油圧ショベル 1 が作業する施工現場において、制御システム 50 を有する油圧ショベル 1 が施工対象 O B P の情報を取得して形状情報及び目標施工情報を生成し、生成した形状情報を、図 3 に示される管理施設 60 の管理装置 61 及び他の作業機械 70 に送信する。

10

【0162】

図 24 は、実施形態 3 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。本実施形態に係る施工管理方法は、少なくとも制御システム 50 及び管理装置 61 によって実現される。本実施形態において、制御システム 50 及び管理装置 61 は、施工管理システムとしても機能する。

【0163】

図 3 に示される撮像スイッチ 32 がオペレータによって操作されて撮像指令が検出処理装置 51 に入力されると、ステップ S 301 において、検出処理装置 51 は、少なくとも一対の撮像装置 30 に施工対象 O B P を撮像させる。少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像する範囲は、油圧ショベル 1 が施工する範囲だけでなく、施工現場で作業する他の作業機械 70 が施工する範囲も撮像する。油圧ショベル 1 は、他の作業機械 70 が施工する範囲を撮像するために施工現場を移動してもよい。

20

【0164】

ステップ S 302 において、検出処理装置 51 は、少なくとも一対の撮像装置 30 が撮像した画像にステレオ方式による画像処理を施して施工対象 O B P の位置（三次元位置）を求め、得られた施工対象 O B P の位置を用いて施工対象 O B P の形状情報を生成する。検出処理装置 51 は、生成された形状情報を、自身の記憶部及び施工管理装置 57 の記憶部 57M の少なくとも一方に記憶させる。形状情報を生成する手法は、実施形態 1 で説明した通りである。

30

【0165】

ステップ S 303 において、施工情報生成装置 52 は、検出処理装置 51 から形状情報を取得し、目標施工情報を生成する。目標施工情報を生成する手法は、実施形態 1 で説明した通りである。施工情報生成装置 52 は、生成された目標施工情報を自身の記憶部及び施工管理装置 57 の記憶部 57M の少なくとも一方に記憶させる。この場合、生成されたすべての目標施工情報、すなわち油圧ショベル 1 の施工対象 O B P の目標施工情報及び他の作業機械 70 の施工対象 O B P の目標施工情報が、施工情報生成装置 52 の記憶部に記憶される。

【0166】

ステップ S 304 において、検出処理装置 51 又は施工管理装置 57 は、図 3 に示される通信装置 25 を介して管理施設 60 の管理装置 61 に形状情報を送信する。施工情報生成装置 52 又は施工管理装置 57 は、他の作業機械 70 には目標施工情報を送信する。施工情報生成装置 52 又は施工管理装置 57 は、管理装置 61 に目標施工情報を送信してもよい。ステップ S 305 において、管理装置 61 は、油圧ショベル 1 から取得した形状情報を記憶部 57M に記憶させる。油圧ショベル 1 から目標施工情報も取得している場合、管理装置 61 は、取得した目標施工情報を記憶部 57M に記憶させる。

40

【0167】

ステップ S 306A において、油圧ショベル 1 は、制御システム 50 の施工情報生成装置 52 が生成した目標施工情報を用いて施工対象 O B P を施工する。ステップ S 306B

50

において、他の作業機械 70 は、油圧ショベル 1 から取得した目標施工情報を用いて施工対象 O B P を施工する。ステップ S 306 A 及びステップ S 306 B において、油圧ショベル 1 及び他の作業機械 70 は、目標施工情報によって表された、施工対象 O B P の施工時において目標とされる形状に沿って、バケット 8 の刃先 8 B T 及び作業機を移動させる。  
【0168】

油圧ショベル 1 及び他の作業機械の少なくとも一方は、作業機制御装置 56 を備えずに、目標施工情報と自身の作業機 2 との位置関係が表示装置 58 の画面 58 D に施工のガイダンス画像として表示可能なものであってもよい。実施形態 2 で説明したように、オペレータは、画面 58 D を見ながら目標施工情報が示す形状に沿って作業機 2 を操作する。

【0169】

施工が終了したら、ステップ S 307 において、油圧ショベル 1 の検出処理装置 51 は、施工後の施工対象 O B P を少なくとも一対の撮像装置 30 に撮像させ、得られた画像を用いて形状情報を生成する。このとき、検出処理装置 51 は、他の作業機械が施工した施工対象 O B P も撮像して形状情報を生成する。検出処理装置 51 は、生成された形状情報を自身の記憶部及び施工管理装置 57 の記憶部 57 M の少なくとも一方に記憶させる。次に、ステップ S 308 において、検出処理装置 51 又は施工管理装置 57 は、検出処理装置 51 によって生成された施工後の形状情報を管理装置 61 に送信する。このとき、検出処理装置 51 又は施工管理装置 57 は、図 3 に示される携帯端末装置 64 に施工後の形状情報を送信してもよい。施工後の形状情報を取得した管理装置 61 は、ステップ S 309 において記憶部に施工後の形状情報を記憶させる。管理装置 61 は、図 3 に示される携帯端末装置 64 に施工後の形状情報を送信してもよい。

【0170】

第 1 変形例。

図 25 は、実施形態 3 の第 1 変形例に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。第 1 変形例は、制御システム 50 の施工情報生成装置 52 によって生成された目標施工情報が、管理装置 61 によって他の作業機械 70 に送信される点が実施形態 3 とは異なる。

【0171】

本変形例のステップ S 401 からステップ S 405 は、実施形態 3 のステップ S 301 からステップ S 305 と同一である。ステップ S 406 において、管理装置 61 は、油圧ショベル 1 から取得した目標施工情報を、通信装置 62 を介して他の作業機械 70 に送信する。ステップ S 407 A、ステップ S 407 B からステップ S 410 は、実施形態 3 のステップ S 406 A、ステップ S 406 B からステップ S 409 と同一である。本変形例は、管理装置 61 と施工現場の作業機械との通信は可能であるが、油圧ショベル 1 と他の作業機械 70 との間の通信が実現できない場合に有効である。

【0172】

本実施形態及びその変形例は、実施形態 2 と同様の作用効果を奏する。本実施形態で開示された構成は、以下の実施形態においても適宜適用することができる。

【0173】

実施形態 4。

図 26 は、実施形態 4 に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。実施形態 4 は、制御システム 50 を有する油圧ショベルから送信された形状情報を用いて、管理装置 61 が目標施工情報を生成する。本実施形態に係る施工管理方法は、少なくとも制御システム 50 及び管理装置 61 によって実現される。本実施形態において、制御システム 50 及び管理装置 61 は、施工管理システムとしても機能する。

【0174】

実施形態 4 のステップ S 501 及びステップ S 502 は、実施形態 3 のステップ S 301 及びステップ S 302 と同一である。ステップ S 503 において、油圧ショベル 1 は、生成された形状情報を、通信装置 25 を介して管理装置 61 に送信する。ステップ S 504 において、管理装置 61 は、油圧ショベル 1 から取得した形状情報を記憶部に記憶させ

10

20

30

40

50

る。ステップ S 5 0 5 において、管理装置 6 1 は、ステップ S 5 0 4 出取得した形状情報を用いて目標施工情報を生成し、記憶部に記憶させる。ステップ S 5 0 6 において、管理装置 6 1 は、生成した目標施工情報を、通信装置 6 2 を介して油圧ショベル 1 に送信する。

【 0 1 7 5 】

ステップ S 5 0 7 において、油圧ショベル 1 の施工管理装置 5 7 は、通信装置 2 5 を介して取得した目標施工情報を記憶部 5 7 M に記憶するとともに、通信装置 2 5 を介して他の作業機械 7 0 に送信する。ステップ S 5 0 8 A 及びステップ S 5 0 8 B において、油圧ショベル 1 及び他の作業機械 7 0 は、目標施工情報によって表された、施工対象 O B P の施工時において目標とされる形状に沿って、パケット 8 の刃先 8 B T 及び作業機を移動させる。ステップ S 5 0 9 からステップ S 5 1 1 は、実施形態 3 のステップ S 3 0 7 からステップ S 3 0 9 と同一である。

10

【 0 1 7 6 】

第 1 変形例 .

図 2 7 は、実施形態 4 の第 1 変形例に係る形状計測方法及び施工管理方法の処理例を示すフローチャートである。第 1 変形例は、管理装置 6 1 によって生成された目標施工情報が、管理装置 6 1 によって油圧ショベル 1 及び他の作業機械 7 0 に送信される点が実施形態 4 とは異なる。

【 0 1 7 7 】

本変形例のステップ S 6 0 1 からステップ S 6 0 5 は、実施形態 4 のステップ S 5 0 1 からステップ S 5 0 5 と同一である。ステップ S 6 0 6 において、管理装置 6 1 は、生成した目標施工情報を、通信装置 6 2 を介して油圧ショベル 1 及び他の作業機械 7 0 に送信する。ステップ S 6 0 6 A、ステップ S 6 0 6 B からステップ S 6 1 0 は、実施形態 4 のステップ S 5 0 7 A、ステップ S 5 0 7 B からステップ S 5 1 1 と同一である。本変形例は、管理装置 6 1 と施工現場の作業機械との通信は可能であるが、油圧ショベル 1 と他の作業機械 7 0 との間の通信が実現できない場合に有効である。

20

【 0 1 7 8 】

本実施形態及びその変形例は、実施形態 2 と同様の作用効果を奏する。さらに、本実施形態及びその変形例は、管理装置 6 1 が目標施工情報を生成することにより、油圧ショベル 1 の制御システム 5 0、より詳細には施工情報生成装置 5 2 の負荷を低減することができる。

30

【 0 1 7 9 】

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。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。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。作業機械は、施工対象を施工、例えば掘削及び運搬等を行うことができれば油圧ショベルに限定されず、例えば、ホイールローダー及びブルドーザーのような作業機械であってもよい。

【 符号の説明 】

【 0 1 8 0 】

40

1 油圧ショベル

2 作業機

3 旋回体

4 運転室

5 走行体

2 1 , 2 2 アンテナ

2 3 位置検出装置

2 5 通信装置

3 0 , 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d 撮像装置

3 2 撮像スイッチ

50

5 0	作業機械の制御システム	
5 1	検出処理装置	
5 1 A	演算部	
5 1 B	情報付与部	
5 2	施工情報生成装置	
5 3	センサ制御装置	
5 4	機関制御装置	
5 5	ポンプ制御装置	
5 6	作業機制御装置	
5 7	施工管理装置	10
5 7 M	記憶部	
5 8	表示装置	
5 9	信号線	
6 0	管理施設	
6 1	管理装置	
6 2	通信装置	
6 4	携帯端末装置	
6 7	表示装置	
7 0	他の作業機械	
1 0 0	施工管理システム	20
E M D	データファイル	
I D	姿勢情報	
L G	作業情報	
N T W	通信回線	
O B P	施工対象	
P R	処理部	
M R	記憶部	
I O	入出力部	
T M	時刻情報	

30

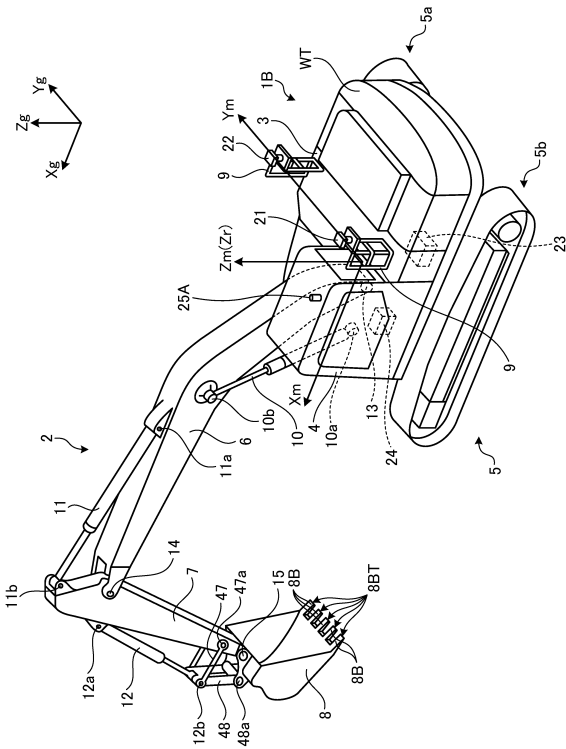
40

50

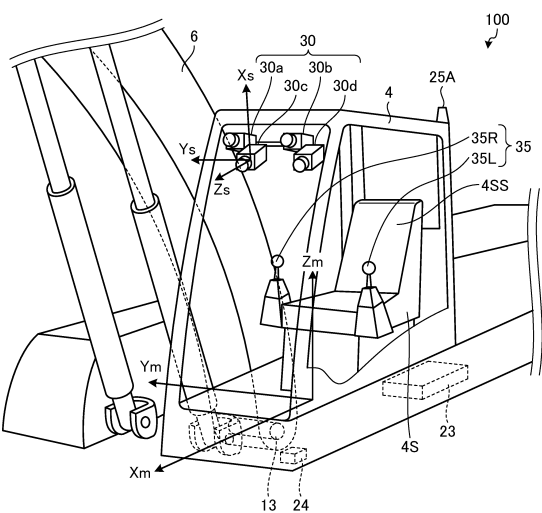


【図面】

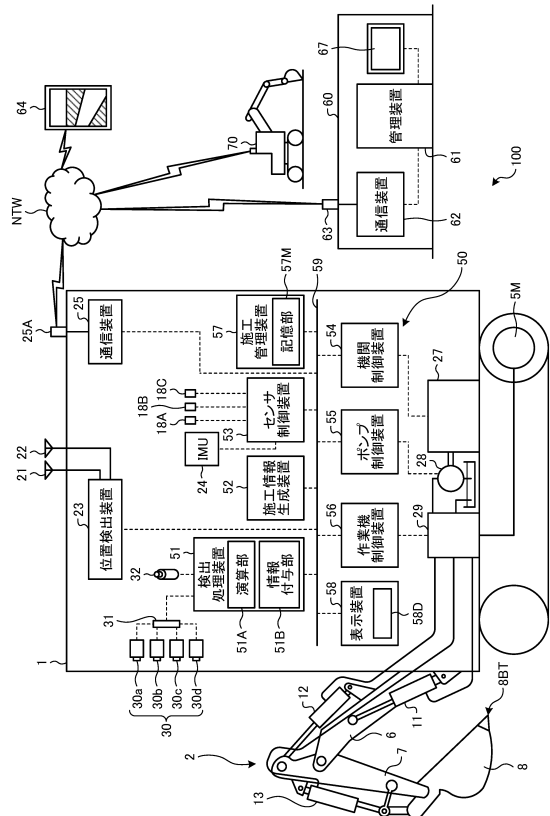
【図 1】



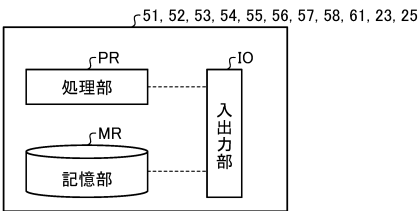
【図 2】



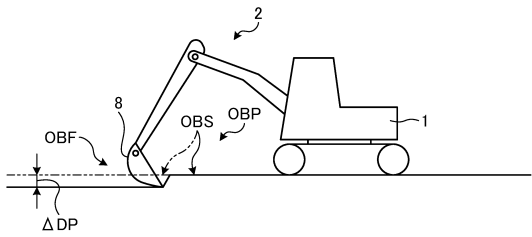
【図 3】



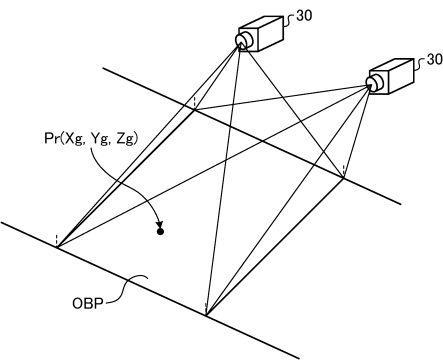
【図 4】



【図 5】



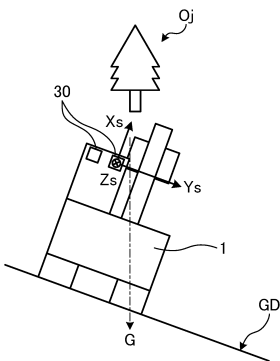
【図 6】



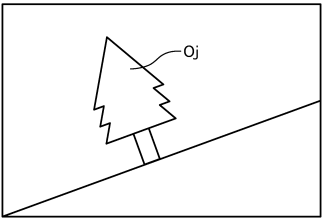
10

20

【図 7】



【図 8】

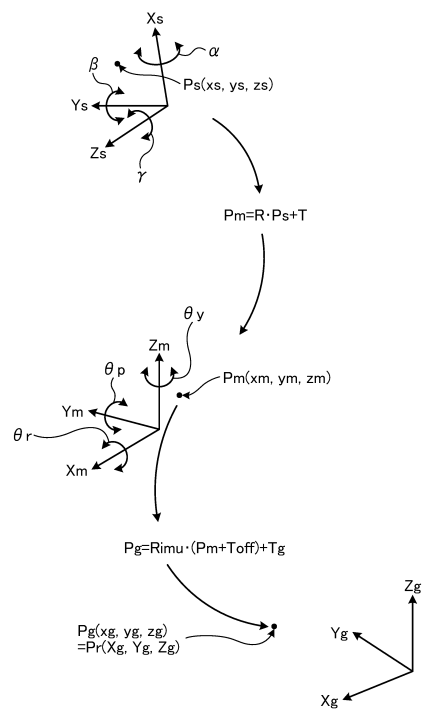


30

40

50

【 図 9 】



【 図 1 0 】

EMD

No.	$X_g$	$Y_g$	$Z_g$
1	$X_{g1}$	$Y_{g1}$	$Z_{g1}$
2	$X_{g2}$	$Y_{g2}$	$Z_{g2}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
n	$X_{gn}$	$Y_{gn}$	$Z_{gn}$

10

20

【 図 1 1 】

LG

TM	EMD	TI	PL	SI	...
----	-----	----	----	----	-----

【 図 1 2 】

TB

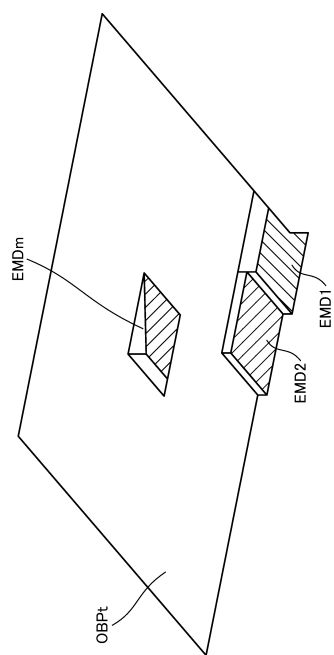
TM	EMD
TM1	EMD1
TM2	EMD2
TM3	EMD1
$\vdots$	$\vdots$
TMk	EMDm

30

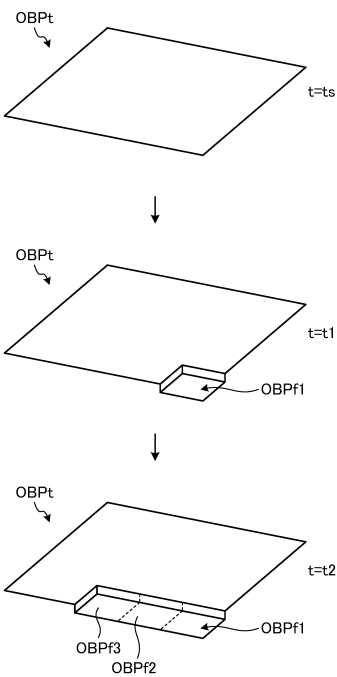
40

50

【図 1 3】



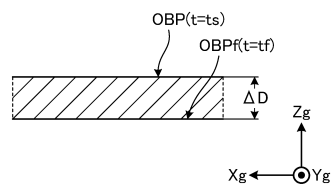
【図 1 4】



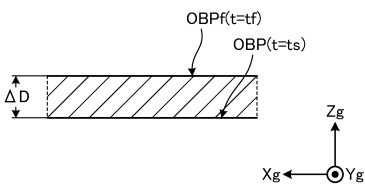
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

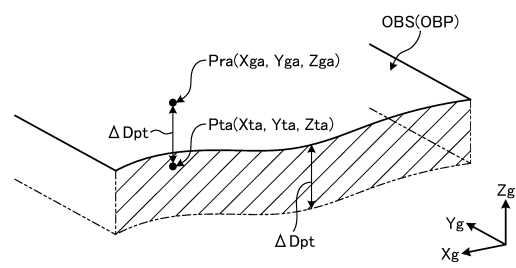


30

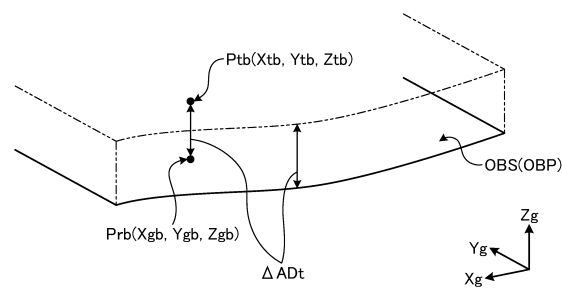
40

50

【図 17】

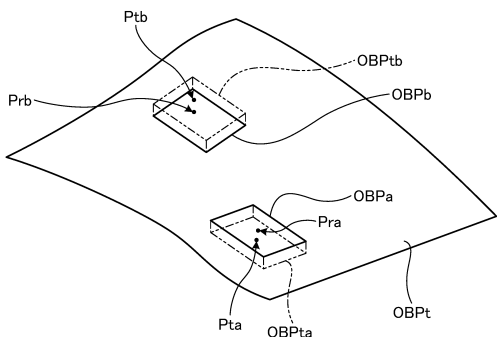


【図 18】

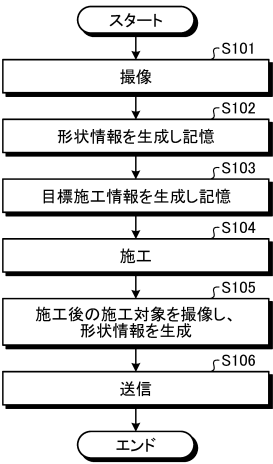


10

【図 19】



【図 20】



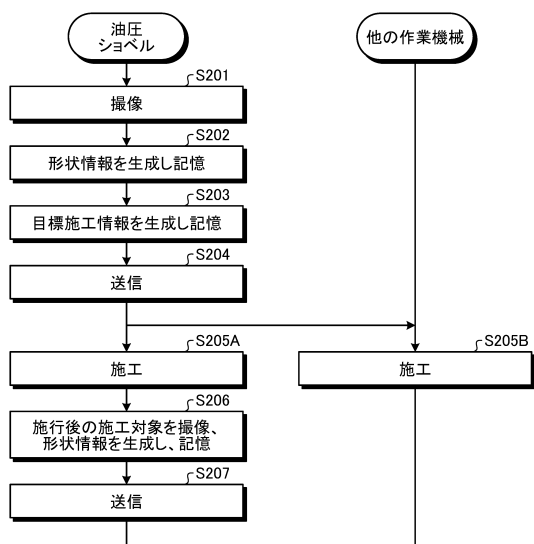
20

30

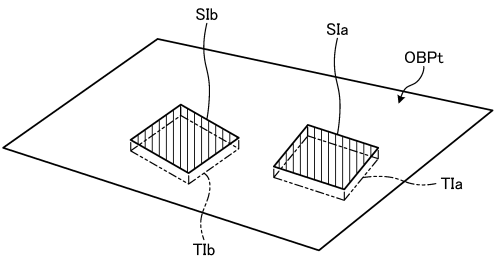
40

50

【図 2 1】



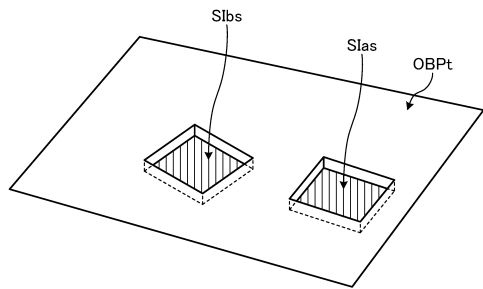
【図 2 2】



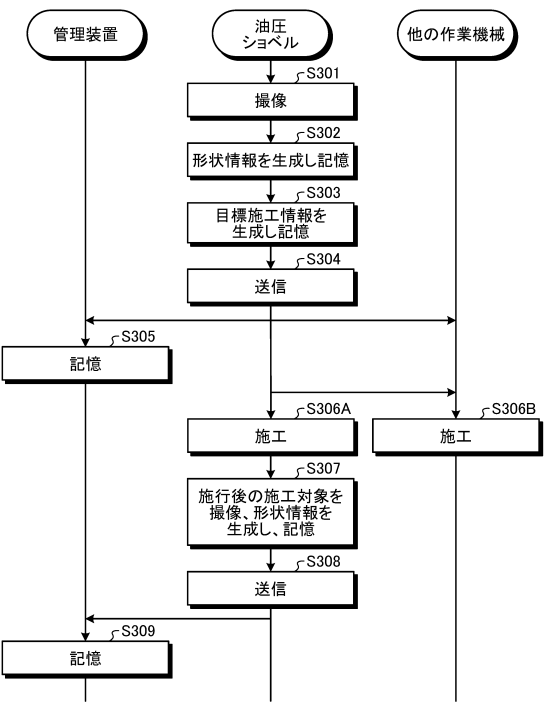
10

20

【図 2 3】



【図 2 4】

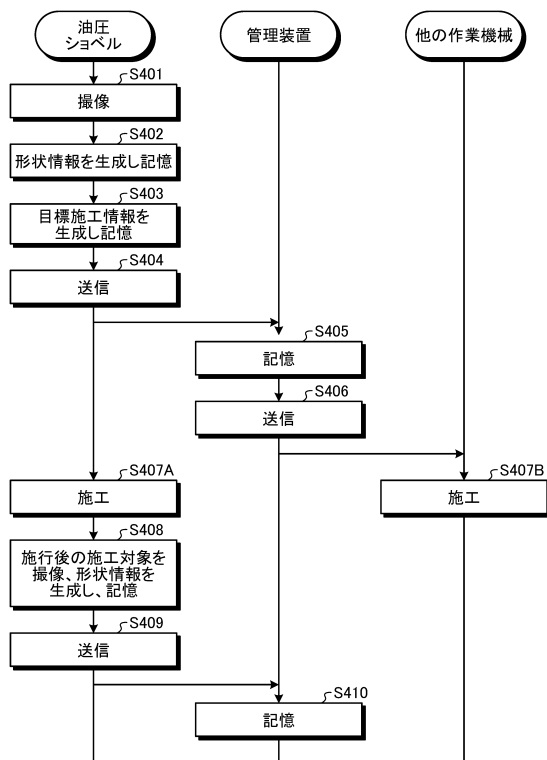


30

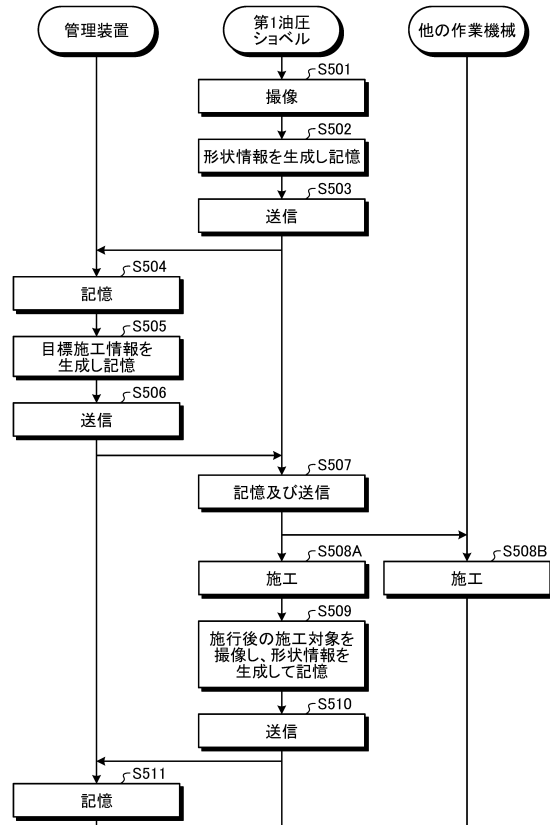
40

50

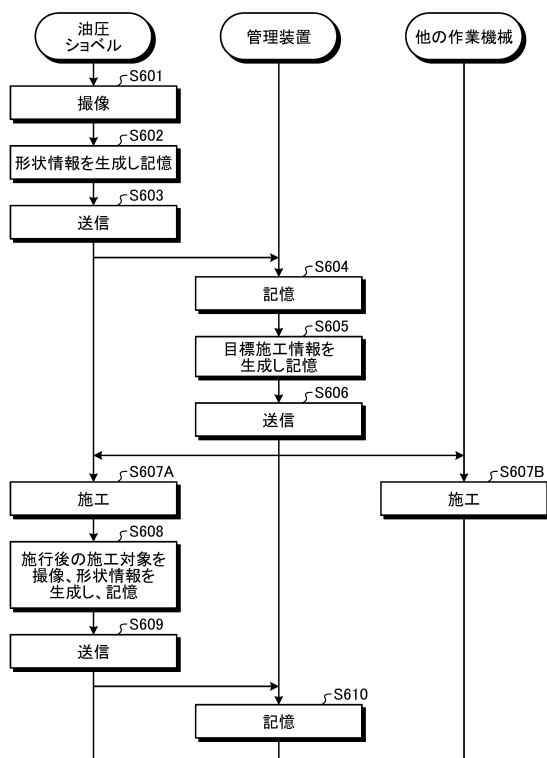
【図 25】



【図 26】



【図 27】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

東京都港区赤坂 2 - 3 - 6 株式会社小松製作所内  
(72)発明者 菅原 大樹  
東京都港区赤坂 2 - 3 - 6 株式会社小松製作所内  
審査官 亀谷 英樹  
(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 3 5 2 2 2 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 4 - 2 0 5 9 5 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 3 2 8 0 2 2 ( J P , A )  
米国特許第 0 8 7 6 8 5 8 7 ( U S , B 2 )  
特開 2 0 1 5 - 1 0 2 4 6 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 4 - 1 5 3 3 5 1 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 1 1 4 7 3 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 2 4 7 8 0 5 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 2 5 8 0 7 7 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 0 0 9 1 9 7 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 0 8 8 6 2 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 2 4 1 3 0 0 ( J P , A )  
特開 2 0 1 2 - 0 8 9 9 8 5 ( J P , A )  
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
E 0 2 F 9 / 2 0 - 9 / 2 2  
E 0 2 F 3 / 4 2 - 3 / 4 3  
E 0 2 F 3 / 8 4 - 3 / 8 5  
E 0 2 F 9 / 2 6  
G 0 1 B 1 1 / 2 4 5  
G 0 1 B 2 1 / 2 0  
G 0 1 C 3 / 0 6  
G 0 1 C 1 1 / 0 6  
H 0 4 N 7 / 1 8