

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6318267号
(P6318267)

(45) 発行日 平成30年4月25日(2018.4.25)

(24) 登録日 平成30年4月6日(2018.4.6)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 B	11/28	(2006.01)	GO 1 B	11/28	H
GO 1 B	11/245	(2006.01)	GO 1 B	11/245	H
GO 6 T	1/00	(2006.01)	GO 6 T	1/00	3 1 5

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-563367 (P2016-563367)	(73) 特許権者	000005108
(86) (22) 出願日	平成26年12月12日(2014.12.12)		株式会社日立製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/082911		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(87) 国際公開番号	W02016/092684	(74) 代理人	100098660
(87) 国際公開日	平成28年6月16日(2016.6.16)		弁理士 戸田 裕二
審査請求日	平成29年2月23日(2017.2.23)	(72) 発明者	松尾 茂
			日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	長谷島 範安
			日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	倉田 謙一郎
			日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 体積推定装置およびそれを用いた作業機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

容器内の物体の死角領域を推定する死角推定部と、
前記死角領域の物体の形状を推定する死角領域形状推定部と、
前記死角領域の物体の体積を推定する体積推定部と、を備え、
前記死角推定部は、複数のカメラが撮影した前記容器内の物体の撮影画像から求めたメッシュ視差データにより前記死角領域を推定し、
前記死角領域形状推定部は、前記メッシュ視差データにより前記死角領域の物体の形状を推定し、
前記体積推定部は、前記死角領域形状推定部で推定された前記死角領域の物体の形状と、前記容器の底の形状とに基づき前記死角領域の物体の体積を推定する体積推定装置。

10

【請求項2】

請求項1において、
前記容器内で2次元上に区分されたメッシュ群に死角領域判定メッシュが含まれ、
前記死角推定部は、前記メッシュ視差データを用いて、前記死角領域判定メッシュのメッシュ視差データと前記死角領域判定メッシュの1つ上のメッシュのメッシュ視差データとの差が死角領域判定値以上の場合の、前記死角領域判定メッシュと前記死角領域判定メッシュの1つ上のメッシュの間を前記死角領域と判定し、
前記死角領域判定値は、前記死角領域判定メッシュのメッシュ視差データによって決められる体積推定装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記死角推定部は、前記メッシュ視差データの差の大きさによって前記死角領域の広さを推定する体積推定装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかにおいて、

前記体積推定装置は、前記死角領域の広さによって前記物体の体積の信頼度を定める信頼度算出部を有し、

前記物体の体積の信頼度は、表示部に表示される体積推定装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかにおいて、

前記死角領域形状推定部は、前記複数のカメラで撮影した複数の撮影画像から、前記死角領域の広さが最も小さい場合の撮影画像に基づき、前記複数のカメラが撮影した前記死角領域の物体の形状を推定する体積推定装置。

【請求項 6】

請求項 2 において、

前記物体の突起物領域を判定する突起物判断部を有し、

前記メッシュ群に突起物判定メッシュが含まれ、

前記突起物判断部は、前記突起物判定メッシュのメッシュ視差データと前記突起物判定メッシュの前後のメッシュのメッシュ視差データとの差がそれぞれ突起物領域判定値以上の場合の、前記突起物判定メッシュを突起物領域と判定する体積推定装置。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記突起物領域判定値は、前記突起物判定メッシュのメッシュ視差データによって決められる体積推定装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれかの体積推定装置を備えた作業機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、体積推定装置およびそれを用いた作業機械に関する。

【背景技術】

【0002】

鉱山における掘削作業効率向上のため、ショベルは規定の掘削回数でダンプを満載にする必要がある。このため 1 回当たりの掘削量を把握できれば、オペレータは、次に掘削する量を調整できる。

【0003】

この点を鑑みた技術としては、バケット内の掘削物をステレオカメラで撮影して体積を計測するものがある。例えば、特許文献 1 には、ブーム左右側部またはアーム左右側部に複数台のカメラを備え、バケットのほぼ真上に位置するカメラで撮影しバケット内積み込み容量を算出する方法が記載されている。

【0004】

しかし、特許文献 1 では死角が生じない位置にバケットが移動した際に撮影して掘削時のバケット内積み込み容量を算出することから、死角領域を推定することは想定していない。

【0005】

一方、死角領域を推定する技術として特許文献 2 および特許文献 3 がある。特許文献 2 は、カメラで得た車両周囲画像に含まれる他車両の可視画像部分から推測された死角情報に基づき、死角部位を補完するための補完画像データを生成する。特許文献 3 は、測定物にスリット光を照射しているときのスリット画像をカメラで撮影し、1 スリット画像毎の

10

20

30

40

50

容積を演算し、これらを積分して容積全体を求める。そして、スリット画像に死角が生じた場合、得たデータの前後により補正し死角で得られなかったデータを生成することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-241300号公報

【特許文献2】特開2013-25528号公報

【特許文献3】特開平4-301707号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献2では、他車両の画像をより正確に表示するために他車両の画像の死角部位の形状を補完している。しかし、特許文献2では死角領域の体積は測定していない。特許文献3では、得たデータの前後により直線で補正することから、死角領域を含む測定対象物全体の体積を精度よく測定することは難しい。

【0008】

本発明は、容器内の物体の撮影画像に死角領域が存在する場合に、撮影画像を用いて容器内の物体の体積推定精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

上記課題を解決するための本発明の特徴は、例えば以下の通りである。

【0010】

バケット13内の物体の死角領域を推定する死角推定部310と、死角領域の物体の形状を推定する死角領域形状推定部320と、死角領域の物体の体積を推定する体積推定部330と、を備え、死角推定部310は、複数のカメラが撮影したバケット13内の物体の撮影画像から求めたメッシュ視差データにより死角領域を推定し、死角領域形状推定部320は、メッシュ視差データにより死角領域の物体の形状を推定し、体積推定部330は、死角領域形状推定部320で推定された死角領域の物体の形状と、バケット13の底の形状とに基づき死角領域の物体の体積を推定する。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、容器内の物体の撮影画像に死角領域が存在する場合に、撮影画像を用いて容器内の物体の体積推定精度を向上させることを目的とする。上記した以外の課題、構成及び効果は以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】油圧ショベルに搭載された体積推定装置の構成図

【図2】ステレオカメラ装置による視差データの作成方法

【図3】バケット内の掘削物が平坦な時のステレオカメラ装置の撮影画像

40

【図4】掘削物の体積を推定する方法の概要

【図5】掘削物の体積を推定するためのフローチャート

【図6】バケット内の掘削物に死角領域が発生した時の例

【図7】バケット内の掘削物に死角領域が発生した時のメッシュ視差データの例

【図8】死角領域を考慮しないで掘削物の体積を推定した時の推定範囲

【図9】死角領域を考慮した体積推定方法のフローチャート

【図10】死角領域推定処理の処理概要

【図11】死角領域判定処理と死角領域推定処理のフローチャート

【図12】体積の信頼度を表示するためのフローチャート

【図13】信頼度が最も高い体積推定結果を表示するフローチャート

50

【図14】油圧ショベルに搭載された突起物判定部を含む体積推定装置の構成図

【図15】死角領域と突起物領域を考慮した体積推定方法のフローチャート

【図16】バケット内の掘削物に突起物領域が発生するときの例

【図17】突起物領域判定処理のフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面等を用いて、本発明の実施形態について説明する。以下の説明は本発明の内容の具体例を示すものであり、本発明がこれらの説明に限定されるものではなく、本明細書に開示される技術的思想の範囲内において当業者による様々な変更および修正が可能である。また、本発明を説明するための全図において、同一の機能を有するものは、同一の符号を付け、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

10

【実施例1】

【0014】

図1は、体積推定装置30を搭載した油圧ショベル10の構成を示したものである。油圧ショベル10は、掘削するためのブーム11、アーム12、バケット13、上部旋回体15、を持つ。上部旋回体15には、運転室14がある。

【0015】

運転室14には、外界を認識するためにステレオカメラ装置210が設置されている。ステレオカメラ装置210は、右カメラ212と左カメラ211の2つのカメラを持ち、これらの視差を用いて、被写体との距離を測定することができる。ステレオカメラ装置210は2つ以上の複数のカメラを備えていれば良く、例えば、カメラの数が3つ、4つでもいい。

20

【0016】

体積推定装置30は、ステレオカメラ装置210が撮影したバケット13内の掘削物の体積を推定する装置である。体積推定装置30は、撮影された容器内の掘削物の死角領域を推定する死角推定部310、死角領域の掘削物の形状を推定する死角領域形状推定部320、死角領域の掘削物の体積を推定する体積推定部330、推定した掘削物の体積の正確さを求める信頼度算出部360で構成される。体積の推定結果と信頼度は、表示部40に表示する。死角推定部310は、ステレオカメラ装置210が撮影したバケット13内の掘削物の撮影画像から求めたメッシュ視差データにより、死角領域を推定する。最初に、ステレオカメラ装置210が撮影した撮影画像から求めた視差データを入力し、バケット領域設定部3100でその視差データからバケット13の領域を抽出する。バケット領域をメッシュ分割し、各メッシュに含まれる視差データから各メッシュのメッシュ視差データを求める。そのバケット領域のメッシュ視差データを用いて、視差データ分析部3110が死角領域の判定を行う。次に死角領域形状推定部320により、その死角領域の形状を推定する。以降、これらの動作について詳細に説明する。

30

【0017】

まず、図2において、ステレオカメラ装置210が視差データを生成する動作概要について説明する。バケット13を右撮影部212で撮影した右画像340と、左撮影部211で撮影した左画像341がある時、バケット13の一部344は、右画像340では地点342の位置に撮影され、左画像341では地点343の位置に撮影される。この結果、地点342と地点343には視差dが生じる。この視差dは、バケット13内の掘削物がステレオカメラ装置210に近いものは大きい値となり、遠いものは小さい値となる。このように求めた視差を、画像全体で求める。この視差dを用いて、三角測量の原理でバケット13内の掘削物からステレオカメラ装置210までの距離を測定することが出来る。視差dから距離 Z_1 は次の式で求められる。

40

【0018】

$$Z_1 = (f \times P) / d$$

但し、fは右及び左カメラの焦点距離、Pは右カメラ212と左カメラ211の距離である。また、視差データを3次元変換するために、上記 Z_1 を求めた地点の3次元上の X_1 、

50

Y_1 の位置を次の式で表す。

【0019】

$$X_1 = (Z \times x_r) / f、$$

$$Y_1 = (Z \times y_r) / f$$

但し、 x_r は、右画像340上での x 座標、 y_r は、右画像340上での y 座標である。以上のように、ステレオカメラ装置210で撮影した画像によって、被写体の3次元空間上の位置(X_1, Y_1, Z_1)をステレオカメラ装置210からの距離で求めることができる。

【0020】

図3は、視線220が斜めでも掘削物の死角は発生しない場合の一例として、バケット13内の掘削物表面が平坦な時のステレオカメラ装置210の撮影画像を示したものである。

10

【0021】

図3(a)はカメラ正面から見た図であり、図3(b)はアーム12の側面に平行な、バケット13の断面図である。ステレオカメラ装置210は運転室14に設置されているため、斜め上からバケット13を撮影することになる。この図3では、視線220が斜めでも掘削物の死角は発生しない。

【0022】

図4は、掘削物の体積を計算方法の概要を示したものである。図4(a)は、撮影画像から求めたバケット13内を2次元上のメッシュ群230に区分した状態の図である。この図は、ステレオカメラ装置210でバケット13をバケット13の斜め上から撮影した画像であり、バケット13をバケット13の真上から撮影した画像ではない。図4(b)はアーム12の側面に平行な、バケット13の断面図である。図4(a)に示すように、バケット開口面を xy 平面とし、カメラで撮った画像の右方向を x 軸正の方向、上方向を y 軸正の方向とする。そして、図4(b)の右方向を Y 軸正の方向、下方向を z 軸正の方向とする。バケット13の Y 軸方向の長さを Q とする。メッシュ群230の各メッシュのメッシュ視差データは、各メッシュに含まれる視差データから求まる。メッシュ視差データを求める方法は、例えば複数の視差データの平均値や中央値を求めたり、視差データの数を減らした後に平均値や中央値を求めるなど、1つの方法に限られない。さらに、メッシュを細かく設定することで、メッシュに含まれる視差データが1つになるメッシュができる。この場合は、メッシュ視差データは視差データと同値になる。

20

30

【0023】

バケット13に掘削物が入っている状態ではバケット13の底は撮影できないため、バケット13の形状は予め学習しておく必要がある。バケット13の形状を学習するための方法としては、バケット13が空の状態をステレオカメラ装置210で撮影し、撮影画像をメッシュで区分した後、それぞれのメッシュにおいてバケット13の底からバケット開口面までの長さを計算しておく。又は、CADデータでバケットの形状を入力しても良い。掘削物が入った状態で各メッシュのバケット13のバケット開口面から掘削物表面までの長さを求め、バケット13が空の時のバケット13の底からバケット開口面までの長さを求め、対応するメッシュ毎に2つの長さを足せば、メッシュ毎にバケット13の底から掘削物の表面までの長さを求めることができる。それぞれのメッシュにおいて、バケット13の底から掘削物の表面までの高さを求めてメッシュ毎の体積を計算し、全てのメッシュの体積を合計すればバケット13内の掘削物の体積を求めることができる。よって、死角領域形状推定部320は、メッシュ視差データにより死角領域の掘削物の形状を推定し、体積推定部330は、死角領域形状推定部320で推定された死角領域の掘削物の形状と、バケット13の底の形状とに基づき、死角領域の掘削物の体積を推定する。あるメッシュの1つ上のメッシュとは、あるメッシュの y 軸正の方向に隣り合うメッシュとする。そして、最下部のメッシュとは、撮影画像のメッシュの一番下のメッシュとする。

40

【0024】

図5は、図4で説明した死角領域が無い場合の掘削物の体積を推定するためのフローチ

50

ャートを示したものである。

【 0 0 2 5 】

< S 1 1 0 >

まず、ステレオカメラ装置 2 1 0 によりバケット 1 3 を撮影し、撮影画像から視差データを作成する。視差データの作成方法は図 2 に示したように、被写体の左画像 3 4 1 と右画像 3 4 0 の座標のずれを求めることで作成される。このずれを全てのメッシュにおいて求めることにより、ステレオカメラ装置 2 1 0 で撮影された画像の視差データが得られる。

【 0 0 2 6 】

< S 1 2 0 >

次に、バケット領域設定部 3 1 0 0 によりバケット領域を抽出する。掘削時にステレオカメラ装置 2 1 0 で撮影されるものとしてはバケットや地面、土砂が考えられる。これらの被写体の中からバケット領域を抽出する方法として、バケット領域が地面や土砂よりも極端にステレオカメラ装置 2 1 0 に近い場所に位置することを利用する。つまり、バケット領域だけ極端に視差データが大きくなるため、視差データを用いてバケット領域を抽出することができる。

【 0 0 2 7 】

< S 1 3 0 >

次に、視差データ分析部 3 1 1 0 により、抽出されたバケット領域の視差データを実際のサイズに合わせるために 3 次元変換する。

【 0 0 2 8 】

< S 1 4 0 >

次に、視差データ分析部 3 1 1 0 により、3 次元変換したバケット領域を 2 次元上のメッシュに分割する。メッシュのサイズは小さい程、体積推定の精度が良くなる。

【 0 0 2 9 】

< S 1 6 0 >

次に、2 次元上のメッシュ毎にバケット 1 3 の底から掘削物の表面までの長さを求め、体積を算出する。

【 0 0 3 0 】

< S 1 7 0 >

次に、全メッシュの体積を合計してバケット 1 3 内の掘削物の体積を算出する。

【 0 0 3 1 】

< S 1 8 0 >

このようにして算出された体積を、表示部 4 0 に表示する。

【 0 0 3 2 】

図 6 は、バケット 1 3 内の掘削物に死角領域があるときの例を示したものである。図 6 (a) はバケット 1 3 をカメラ正面から見た図であり、図 6 (b) はアーム 1 2 の側面に平行な、バケット 1 3 の断面図である。掘削物が山なりになっている場合は、ステレオカメラ装置 2 1 0 から見て山なりの裏側が死角領域 2 2 1 になる。

【 0 0 3 3 】

図 7 は、図 6 の死角領域があるときのメッシュ視差データの例を示したものである。メッシュ群 2 3 0 の 1 つの列 2 3 1 に注目すると、メッシュ 2 4 3 からメッシュ 2 4 1 まではメッシュ視差データは 1 または 2 程度の差分で変化する。しかし、メッシュ 2 4 1 からメッシュ 2 4 0 のメッシュ視差データは 9 小さくなる。これは、図 6 の距離 2 2 0 b が距離 2 2 0 a よりも急に大きくなることに起因する。このように、メッシュ視差データが急に小さくなるメッシュの間に、死角領域があると判定する。

【 0 0 3 4 】

図 8 は、死角領域を考慮しないで掘削物の体積を推定した時の推定範囲を示したものである。図 7 のメッシュ 2 4 1 からメッシュ 2 4 0 の間が死角領域 2 2 1 となり、実際よりも小さい体積が推定されることになる。そのため、死角領域を考慮した体積推定方法が必

10

20

30

40

50

要になる。図6の状態では、ステレオカメラ装置210から見える領域で山なりの最も上の領域の距離220aとその手前側の距離220cは変化が少なく、山なりの最も上の領域の距離220aと死角領域の先の領域の距離220bは大きく異なる。つまり、両者でメッシュ視差データの変化の度合いが大きく異なる。

【0035】

図9は、死角領域を考慮した体積推定方法のフローチャートを示したものである。図5のフローチャートにメッシュ分割S190、死角領域判定処理S1000、死角領域推定処理S1100、体積の信頼度の表示S1200、信頼度算出処理S1400が追加されたものである。

【0036】

メッシュ分割S190は、S120で抽出されたバケット領域をメッシュに区分する。メッシュ分割S140は3次元変換されたバケット領域をメッシュに区分することから、メッシュ分割S190で区分したメッシュとメッシュ分割S140で区分したメッシュの大きさは、異なってもよい。

【0037】

死角領域判定処理S1000は、視差データ分析部3110によって図7で示した処理を行うもので、メッシュ視差データを用いて死角領域を判定する。図7の例では、y軸方向の隣り合うメッシュのメッシュ視差データが大きく異なるメッシュ241とメッシュ240の間に、死角領域が存在する。死角領域推定処理S1100は、死角領域形状推定部320によって処理を行うものである。信頼度算出処理S1400は、信頼度算出部36

【0038】

図10は、死角領域推定処理S1100の処理概要を示したもので、アーム12の側面に平行なバケット13の断面図である。メッシュ棒1243のメッシュ視差データはメッシュ2243の値、メッシュ棒1242のメッシュ視差データはメッシュ2242の値、メッシュ棒1241のメッシュ視差データはメッシュ2241の値、メッシュ棒1240のメッシュ視差データはメッシュ2240の値、メッシュ棒1260のメッシュ視差データはメッシュ2260の値、メッシュ棒1261のメッシュ視差データはメッシュ2261の値である。メッシュ棒1260とメッシュ棒1261は死角領域になっているため、対応するメッシュのメッシュ視差データを推定できず、このままでは体積を推定できない。しかし、土砂などをバケットで山なりにすくう場合、この山なりの形状はほとんどのケースにおいて、ステレオカメラ装置210から見える側の形状とその裏側の形状は山なりの頂点を含むメッシュ棒を軸とした線対象の形状になることが多い。従って、図10のメッシュ棒1260はメッシュ棒1242とバケット開口面から同じ高さ、メッシュ棒1261はメッシュ棒1243とバケット開口面から同じ高さとして推定して体積を推定する。

【0039】

以上のように、死角領域形状推定部320は、複数のカメラが撮影した掘削物の形状に合わせて掘削物の形状を線対称とみなし、死角領域の掘削物の形状を推定する。掘削物の形状は山なりになる場合が多いことから、掘削物の形状を線対称と見なして推定する方法は直線や曲線などで推定する方法と比べて、より正確に掘削物の体積を推定することができる。

【0040】

図11は、死角領域判定処理S1000と死角領域推定処理S1100のフローチャートを示したものである。メッシュ群230中のy軸に平行な1つの列の、最下部のメッシュのメッシュ視差データをL、メッシュ視差データがLのメッシュのy軸正の方向に1つ上のメッシュのメッシュ視差データをMとする。メッシュ視差データがLのメッシュを、死角領域判定メッシュとする。

【0041】

そして、メッシュ視差データLからメッシュ視差データMを引いた結果をNとする。死角推定部310は、メッシュ視差データの差であるNの大きさによって、死角領域の広さ

10

20

30

40

50

を推定する。図10の例では、死角領域の広さはメッシュ棒1241とメッシュ棒1240の間の広さである。これにより、適切な死角領域の広さを推定することができ、より正確に掘削物の体積を推定することができる。

【0042】

<S1010>

まず、メッシュ群230中のy軸に平行な1つの列の最下部のメッシュのメッシュ視差データをLとして入力し、死角領域判定メッシュとする。図7の例ではメッシュ243のメッシュ視差データをLとして入力する。

【0043】

<S1012>

次に、メッシュ視差データがLである死角領域判定メッシュの1つ上のメッシュのメッシュ視差データをMとして入力する。図7の例では、メッシュ242のメッシュ視差データをMとして入力する。

【0044】

<S1014>

次に、メッシュ視差データLとメッシュ視差データMとの差を求め、差の値をNとする。

【0045】

<S1018>

次に、死角領域の有無を判定するための死角領域判定値 G_1 を算出する。ここでは一例として、死角領域判定値 G_1 を死角領域判定メッシュのメッシュ視差データLの10%とする。

【0046】

<S1020>

次に、死角領域の有無を判定するために、Nが死角領域判定値 G_1 以上か否かを判定する。

【0047】

<S1022>

Nが死角領域判定値 G_1 以上の場合は、メッシュ視差データがLである死角判定メッシュと、死角領域判定メッシュの1つ上であるメッシュ視差データがMのメッシュの間を死角領域と判定し、図10のように推定する。

【0048】

<S1024>

次に、後で死角領域の大きさを判定するために、当該列のNを記憶しておく。

【0049】

<S1026>

1つの列が終了していれば次の列に移る。

【0050】

<S1028>

1つの列が終了していなければ、現在のメッシュ視差データがMのメッシュをメッシュ視差データがLである死角領域判定メッシュとして保持する。そして、S1012に戻り同様の処理を行い、S1024で当該列の新たなNを記憶しておく。このように、死角領域判定値 G_1 以上のNは全て記憶する。

【0051】

<S1030>

全列が終了していれば処理を終了し、残りの列があれば、隣の列の処理を行う。

【0052】

以上のように、死角推定部310は、メッシュ視差データを用いて、メッシュ群230に含まれているメッシュである死角領域判定メッシュのメッシュ視差データと死角領域判定メッシュの1つ上のメッシュのメッシュ視差データとの差が死角領域判定値 G_1 以上の

10

20

30

40

50

場合の、死角領域判定メッシュと死角領域判定メッシュの1つ上のメッシュの間を死角領域と判定する。そして、死角領域判定値 G_1 は、死角領域判定メッシュのメッシュ視差データによって決まる。

【0053】

死角領域の有無を判定する死角領域判定値 G_1 をメッシュ毎に算出して設定することにより、全てのメッシュにおいて死角領域判定値 G_1 が一定の場合に比べて、掘削物の形状に適切な死角領域判定値 G_1 を用いることができ、より正しく死角領域を判定できる。また、死角領域判定値 G_1 をメッシュ視差データの差の大きさによって決定し死角領域を判定することで、微小な土砂の凹凸やノイズの影響を排除することができる。

【0054】

図12は、掘削物の体積の信頼度を表示部40に表示するためのフローチャートである。

【0055】

<S1202>

図11で算出した1つの縦の列の中から、最も値が大きいNを選択する。そして、各列の中から、最も値が大きいNを選択する。

【0056】

<S1204>

次に、Nを実際の距離データに変換し、それをDとする。

【0057】

<S1206>

次に、バケット13のY軸方向の長さQに対するDの割合を求め、それをEとする。Eは、バケット13の大きさに対する、推定した死角領域が占める割合である。

【0058】

<S1208>

次に、Eが閾値1以下かどうかを判定する。

【0059】

<S1210>

もし、Eが閾値1以下であれば、死角領域が小さいため、死角推定領域が小さいことと同義となり、信頼度は高いと判定することができる。そのため、Eが閾値1%以下なら掘削物の体積の信頼度が高いことを意味するAと表示部40に表示する。このように、信頼度算出部360は死角領域の広さによって掘削物の体積の信頼度を決める。

【0060】

<S1212>

もしS1208がNoならば、Eが閾値2以下かどうかを判定する。

【0061】

<S1214>

もしS1212がYesならば、中間的な信頼度としてBと表示部40に表示する。

【0062】

<S1216>

もしS1212がNoならば、正確に体積を推定できなかったと判定し、信頼度としてCと表示部40に表示する。

【0063】

ここでは例として閾値1を20%、閾値2を50%とした。しかし、これらの閾値はこれに限定されるものではなく、適用状況によって変更することが可能である。また閾値の段階も増やしたり減らしたりすることが可能である。そして、信頼度はAやBといった記号を用いた表示に限定されるものではなく、数字などで表示することが可能である。

【0064】

以上の方法によれば、バケット13内の掘削物をステレオカメラ装置210で撮影した時に、死角領域が発生してもその死角領域の推定が可能であるため、体積を高精度に推定

10

20

30

40

50

可能である。カメラで撮った際に生じる死角領域の体積を推定する対象として、バケット中の掘削物に限られない。バケット中の掘削物以外でも何らかの容器に物体が入っていればいい。

【 0 0 6 5 】

なお、本実施例ではショベルのバケット内の掘削物体積を対象としたが、ダンプ等の積載物体積を対象としてもよい。

【実施例 2】

【 0 0 6 6 】

第 2 の実施例として、複数の撮影画像の中から信頼度が最も高い、すなわち死角領域の広さが最も小さい場合の撮影画像を選択する例を示す。図 1 3 に、信頼度が最も高い体積推定結果を表示するフローチャートを示す。複数の撮影画像は、ステレオカメラ装置 2 1 0 を用いて複数回撮影することで得られる。または、ステレオカメラ装置 2 1 0 を用いて動画形式で掘削物を撮影し、複数のコマを抽出することでも得られる。そして、複数の撮影画像の中から信頼度が最も高い撮影画像を選択する。なお、E は死角領域形状推定部 3 2 0 や体積推定部 3 3 0、信頼度算出部 3 6 0 などで求めてもよい。

10

【 0 0 6 7 】

< S 2 0 0 >

まず、動画シーンの 1 コマとしてバケット 1 3 の画像を抽出する。

【 0 0 6 8 】

< S 2 1 0 >

次に、図 1 2 の方法で体積と E を推定する。

20

【 0 0 6 9 】

< S 2 2 0 >

次に、この E は、撮影済みのシーンの中で最小値かどうかを判定する。

【 0 0 7 0 】

< S 2 3 0 >

もし最小値であれば、当該 1 コマの体積推定値を推定値 F として保存する。

【 0 0 7 1 】

< S 2 4 0 >

次に、撮影が終了したかどうかを判定し、もし終了していなければ最初から処理を繰り返す。撮影が終了しかたどうかの判定方法としては、上部回転体 1 5 が回転を開始したこと示す信号をショベル 1 0 の制御装置から入力する方法や、操縦者がスイッチ操作で入力する方法などがある。

30

【 0 0 7 2 】

< S 2 5 0 >

撮影が終了したら、保存されている最も信頼度が高い推定値と信頼度を表示部 4 0 に表示する。

【 0 0 7 3 】

以上の方法によれば、複数のカメラで撮影した複数の撮影画像から、死角領域の広さが最も小さい場合の撮影画像を選択して、選択した撮影画像に基づき複数のカメラが撮影したバケット内の掘削物の体積を推定できるため、精度良く掘削物体積を推定でき、最も信頼度が高い推定結果を表示部 4 0 に表示することができる。

40

【実施例 3】

【 0 0 7 4 】

第 3 の実施例として、バケット 1 3 中の掘削物の形状が特異なケースの死角領域の体積を推定する例を示す。

【 0 0 7 5 】

図 1 4 は、バケット 1 3 内の掘削物の突起物領域を判定する突起物判定部 3 5 0 を搭載した油圧ショベルの構成を示したものである。突起物判定部 3 5 0 以外の構成は、図 1 と同様である。

50

【 0 0 7 6 】

図 1 5 は、突起物領域と死角領域を考慮した体積推定方法のフローチャートを示したものである。図 9 のフローチャートに、突起物領域判定処理 S 1 5 0 0、突起物領域推定処理 S 1 3 0 0 が追加されたものである。

【 0 0 7 7 】

図 1 6 (a) は、バケット 1 3 の中の掘削物をカメラの正面から見た図である。掘削物の中に石などの突起物 5 0 がある。図 1 6 (b) はアーム 1 2 の側面に平行なバケット 1 3 の断面図であり、突起物 5 0 がある。このような状況で、図 1 0 の方法を用いて死角領域の推定を行うと、死角領域にも突起物 5 0 が存在することを前提とした推定となってしまう。このような突起物 5 0 は稀な存在とすると、死角領域には突起物 5 0 は存在しない
10
と考えることができる。ステレオカメラ装置 2 1 0 から見える側に突起物 5 0 があると、ステレオカメラ装置 2 1 0 から突起物 5 0 が存在する掘削物の表面までの距離は、突起物 5 0 の長さだけ短くなるので、視差データは大きくなる。よって、突起物 5 0 が存在するメッシュのメッシュ視差データは、突起物 5 0 が存在するメッシュの y 軸方向の前後の 2 つのメッシュのメッシュ視差データよりも大きくなる。突起物 5 0 が存在するメッシュの y 軸方向の前後の 2 つのメッシュとは、突起物 5 0 が存在するメッシュの y 軸正の方向に隣り合うメッシュと突起物 5 0 が存在するメッシュの y 軸負の方向に隣り合うメッシュを指す。その現象を利用して突起物 5 0 の存在を把握できる。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 (c) は、突起物 5 0 がある場合の突起物領域推定処理 S 1 3 0 0 を示したものである。突起物領域推定処理 S 1 3 0 0 は、死角領域形状推定部 3 2 0 によって処理を行うものである。メッシュ棒 2 7 1 とメッシュ棒 2 7 2 が死角領域とする。メッシュ棒 2 7 1 はメッシュ棒 2 7 3 とバケット開口面から同じ高さにする。メッシュ棒 2 7 2 は図 1 0
20
の方法ではメッシュ棒 2 7 4 とバケット開口面から同じ高さにする。しかし、メッシュ棒 2 7 4 は突起物 5 0 により高さが増しているため、図 1 0 の方法では、実際の体積よりも大きな体積を推定してしまう。そこで、メッシュ棒 2 7 2 はメッシュ棒 2 7 1 とバケット開口面から同じ高さにする。これにより、突起物 5 0 による体積の推定誤差を防止することができる。以上の方法によれば、ステレオカメラ装置 2 1 0 から見えている領域の掘削物の形状に合わせて死角領域の形状の推定方法を変更することにより、精度よく体積を推定
30
できる。

【 0 0 7 9 】

図 1 7 は、突起物領域判定処理 S 1 5 0 0 のフローチャートを示したものである。突起物領域判定処理 S 1 5 0 0 は、突起物判定部 3 5 0 によって処理を行うものである。メッシュ群 2 3 0 中の y 軸に平行な 1 つの列の、最下部のメッシュのメッシュ視差データを I、メッシュ視差データが I のメッシュの 1 つ上のメッシュのメッシュ視差データを J、メッシュ視差データが J のメッシュの 1 つ上のメッシュのメッシュ視差データを K とする。メッシュ視差データが J であるメッシュを、突起物判定メッシュとする。そして、メッシュ視差データ J からメッシュ視差データ I を引いた結果を H 1、メッシュ視差データ J からメッシュ視差データ K を引いた結果を H 2 とする。
40

【 0 0 8 0 】

< S 3 0 0 >

まず、メッシュ群 2 3 0 中の y 軸に平行な 1 つの列の、最下部のメッシュのメッシュ視差データを I として入力する。

【 0 0 8 1 】

< S 3 1 0 >

次に、メッシュ視差データが I のメッシュの 1 つ上のメッシュのメッシュ視差データを J として入力する。このメッシュ視差データが J であるメッシュを、突起物判定メッシュとする。

【 0 0 8 2 】

< S 3 2 0 >

10

20

30

40

50

次に、メッシュ視差データが J である突起物判定メッシュの 1 つ上のメッシュのメッシュ視差データを K として入力する。

【 0 0 8 3 】

< S 3 3 0 >

次に、メッシュ視差データ J からメッシュ視差データ I を引いた結果を H 1、メッシュ視差データ J からメッシュ視差データ K を引いた結果を H 2 とする。

【 0 0 8 4 】

< S 3 4 0 >

次に、突起物領域の有無を判定するための突起物領域判定値 G_2 の算出を行う。ここでは一例として、突起物領域判定値 G_2 は突起物判定メッシュのメッシュ視差データ J の 3 % とする。このように、突起物領域判定値 G_2 は、突起物判定メッシュのメッシュ視差データによって決まる。

10

【 0 0 8 5 】

< S 3 5 0 >

もし、H 1 が突起物領域判定値 G_2 以上の場合には、突起物領域が存在する可能性があるものとし、H 1 が突起物領域判定値 G_2 未満の場合には、突起物領域は存在しないと判定する。

【 0 0 8 6 】

< S 3 6 0 >

さらに、H 2 が突起物領域判定値 G_2 以上の場合には、突起物領域が存在するとし、H 2 が突起物領域判定値 G_2 未満の場合には、突起物領域は存在しないと判定する。

20

【 0 0 8 7 】

< S 3 7 0 >

そして、メッシュ視差データが J である突起物判定メッシュを突起物領域と判定する。

【 0 0 8 8 】

< S 3 8 0 >

1 つの列が終了していれば、次の列に移る。

【 0 0 8 9 】

< S 3 9 0 >

1 つの列が終了していなければ、現在のメッシュ視差データが J である突起物判定メッシュをメッシュ視差データが I であるメッシュとして保持する。

30

【 0 0 9 0 】

< S 4 0 0 >

全列が終了していれば処理を終了し、残りの列があれば、残りの列の処理を行う。

【 0 0 9 1 】

以上のように、突起物判定部 3 5 0 は、メッシュ視差データを用いて、メッシュ群 2 3 0 に含まれているメッシュである突起物判定メッシュのメッシュ視差データと突起物判定メッシュの前後のメッシュのメッシュ視差データとの差がそれぞれ突起物領域判定値以上の場合の、突起物判定メッシュを突起物領域と判定する。

【 0 0 9 2 】

40

突起物領域の有無を判定する突起物判定値 G_2 をメッシュ毎に算出して設定することにより、全てのメッシュにおいて突起物判定値 G_2 が一定の場合に比べて、突起物 5 0 の形状に適切な突起物判定値 G_2 を用いることができ、より正しく突起物領域を判定できる。

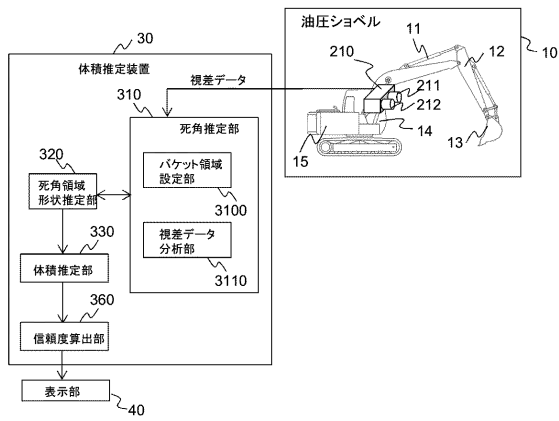
【 符号の説明 】

【 0 0 9 3 】

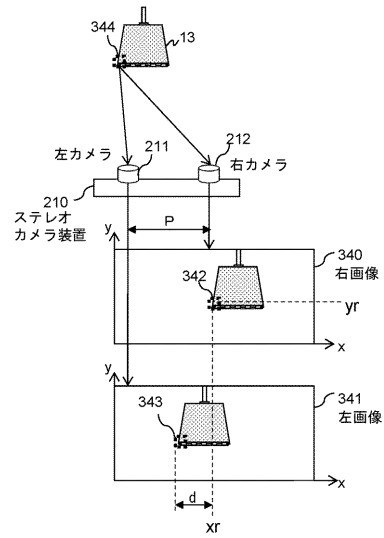
1 0 油圧ショベル、1 1 ブーム、1 2 アーム、1 3 バケット、1 4 運転室、1 5 上部旋回体、3 0 体積推定装置、4 0 表示部、5 0 バケット内の掘削物の突起物、2 1 0 ステレオカメラ装置、2 2 1 死角領域、2 3 0 メッシュ群、3 1 0 死角推定部、3 2 0 死角領域形状推定部、3 3 0 体積推定部、3 5 0 突起物判定部、3 6 0 信頼度算出部、3 1 0 0 バケット領域設定部、3 1 1 0 視差データ分析部

50

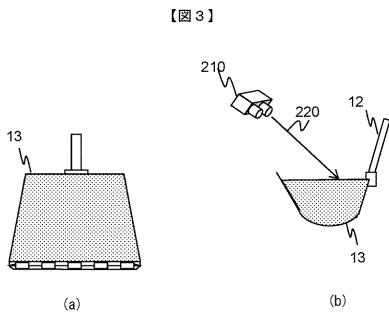
【図1】



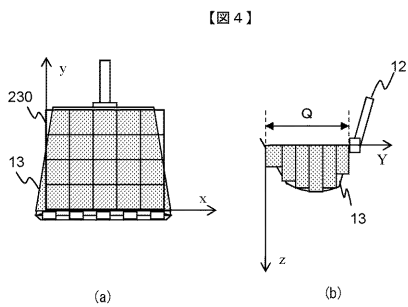
【図2】



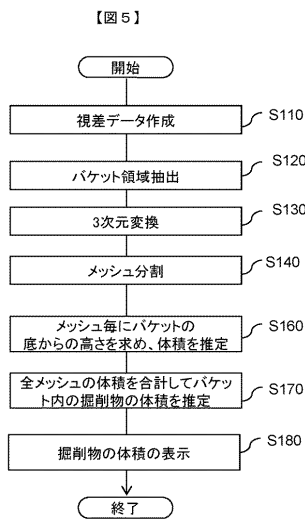
【図3】



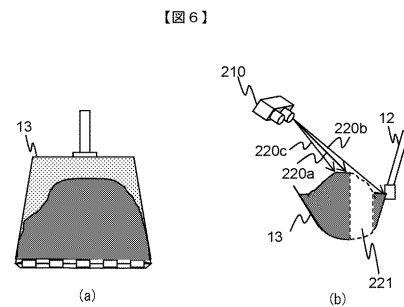
【図4】



【図5】

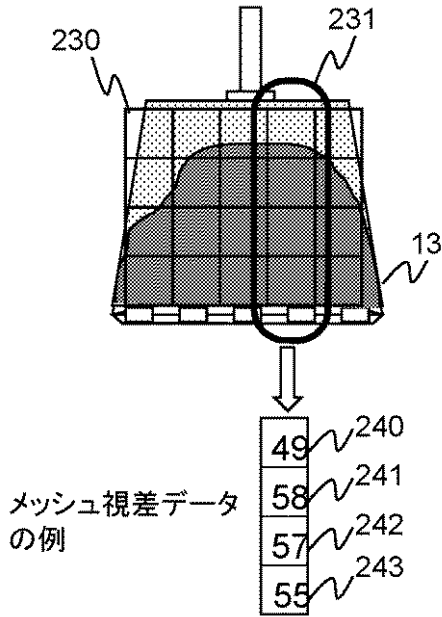


【図6】



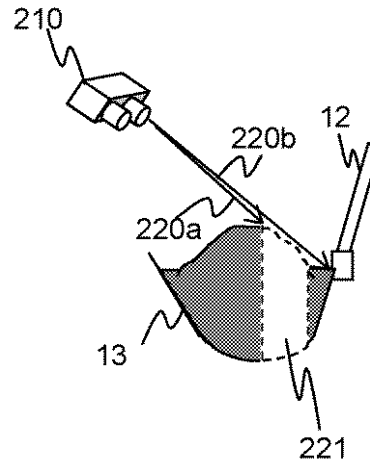
【図7】

【図7】



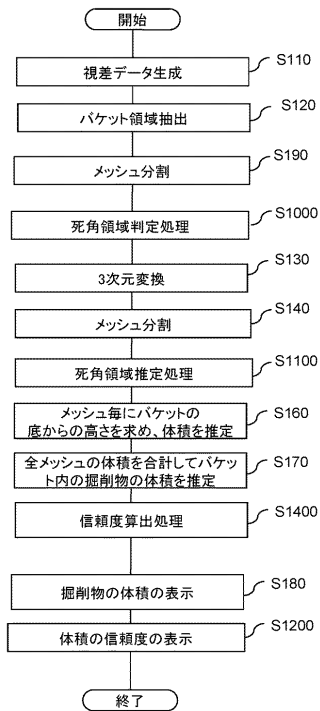
【図8】

【図8】



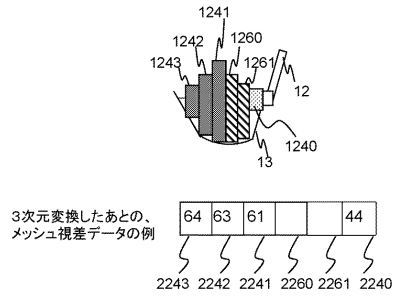
【図9】

【図9】

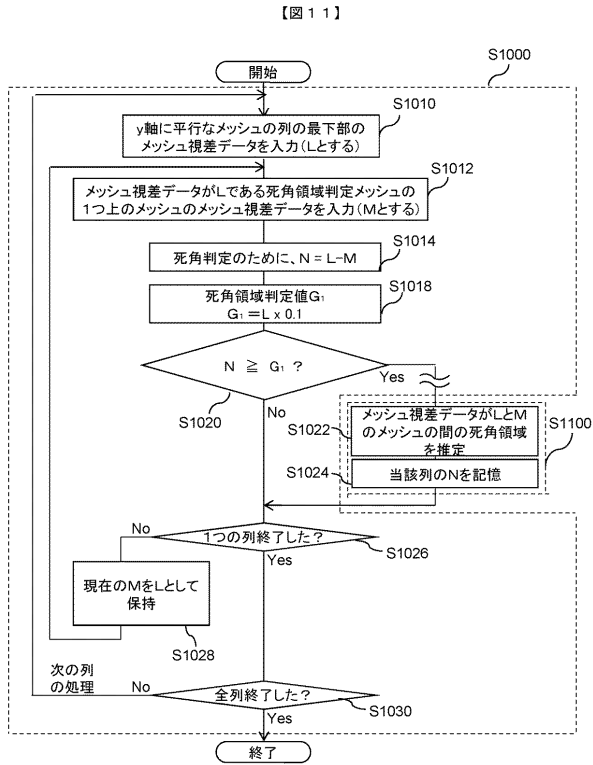


【図10】

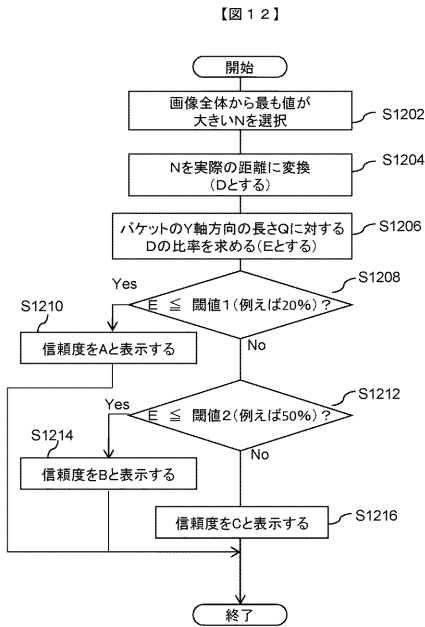
【図10】



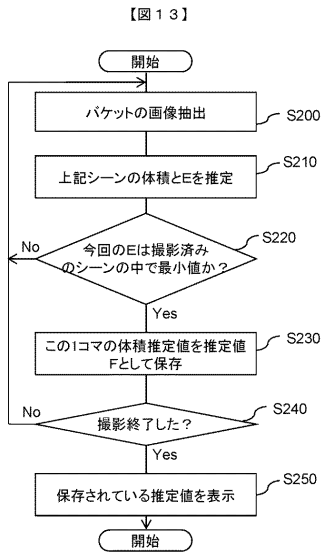
【図11】



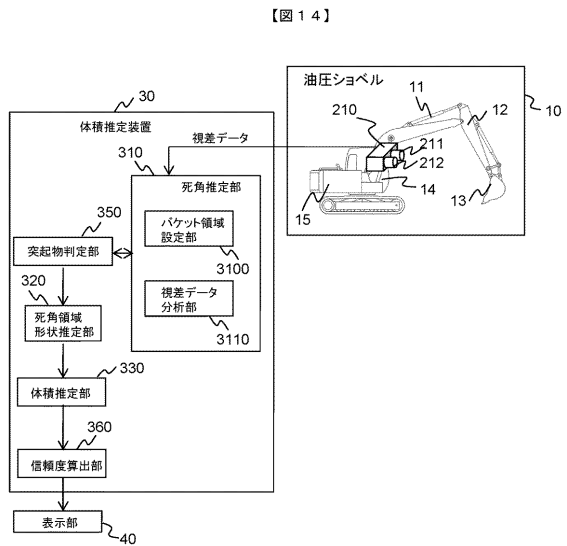
【図12】



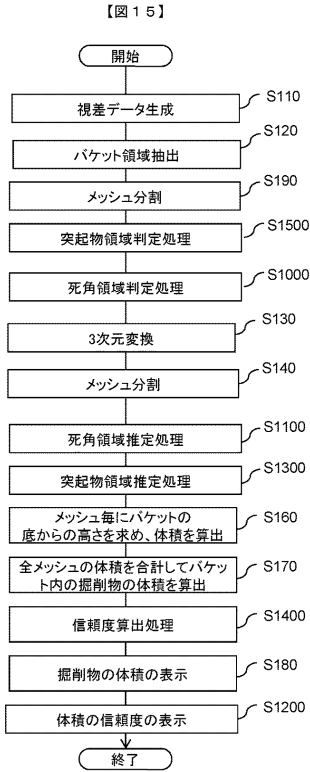
【図13】



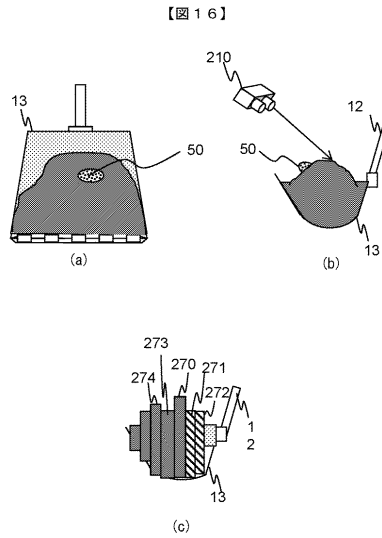
【図14】



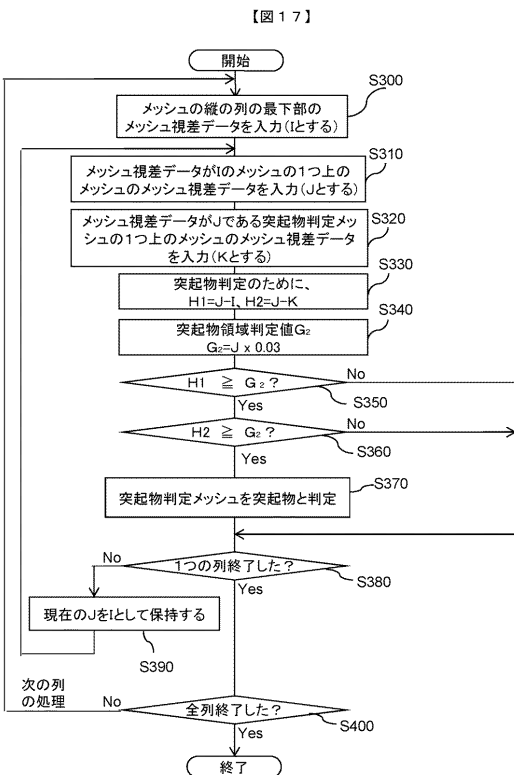
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

審査官 三好 貴大

- (56)参考文献 特開2008-241300(JP,A)
特開平02-195202(JP,A)
特開2014-089104(JP,A)
特開平04-301708(JP,A)
特開2013-015394(JP,A)
特開2003-247805(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30
G01F 17/00
E02F 9/26