

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年10月27日(27.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/170665 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/245 (2006.01) E02F 9/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/062463
- (22) 国際出願日: 2015年4月24日(24.04.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松尾 茂 (MATSUO Shigeru); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 堀田 都 (HOTTA Miyako); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

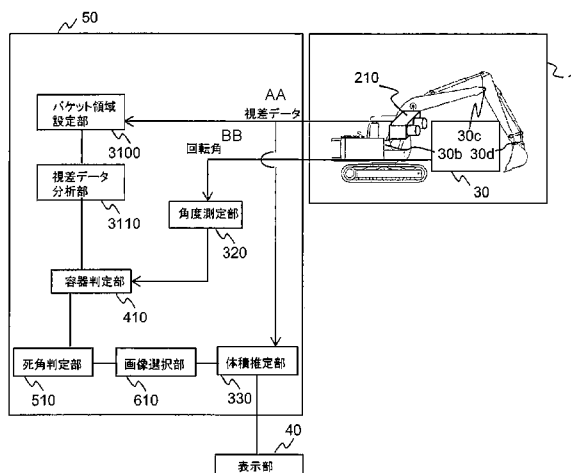
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: VOLUME ESTIMATION DEVICE, WORK MACHINE PROVIDED WITH SAME, AND VOLUME ESTIMATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 体積推定装置、それを備えた作業機械、および体積推定システム

【図2】



- | | | | |
|-----|-------------------------------|------|------------------------------|
| 40 | Display unit | 610 | Image selection unit |
| 320 | Angle measurement unit | 3100 | Bucket area setting unit |
| 330 | Volume estimation unit | 3110 | Disparity data analysis unit |
| 410 | Container determination unit | AA | Disparity data |
| 510 | Blind spot determination unit | BB | Rotation angle |

(57) Abstract: The present invention estimates the volume of material in a container without reducing excavation efficiency when attempting to view the entirety of the inside of the container with a camera. A volume estimation device is provided with a container determination unit 410 for determining, when a hydraulic excavator 1 provided with a bucket 15 and a stereo camera device 210 is working, whether the bottom of the inside of the bucket 15 is within the photography range of the stereo camera device 210 and a volume estimation unit 330 for estimating the volume of the excavated material inside the bucket 15 if the bottom of the inside of the bucket 15 is within the photography range of the stereo camera device 210.

(57) 要約: 本発明は、容器の内側全体をカメラで見ようとする場合に、掘削効率を落とさずに、容器内の物体の体積を推定する。バケット15とステレオカメラ装置210を備えた油圧ショベル1の作業中に、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定する容器判定部410と、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内の場合に、バケット15内の掘削物の体積を推定する体積推定部330と、を備える。

WO 2016/170665 A1

明 細 書

発明の名称：

体積推定装置、それを備えた作業機械、および体積推定システム

技術分野

[0001] 本発明は、体積推定装置、それを備えた作業機械、および体積推定システムに関する。

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。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-241300号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献1では体積計測のためにバケットの内側全体がカメラの撮影画像中に入り込むように、バケットを特定の位置に移動する必要があり、掘削の作業効率が低下する。

[0006] 本発明は、容器の内側全体をカメラで見ようとする場合に、掘削効率を落とさずに、容器内の物体の体積を推定することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 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。

[0008] バケット15とステレオカメラ装置210を備えた油圧ショベル1の作業中に、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定する容器判定部410と、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内の場合に、バケット15内の掘削物の体積を推定する体積推定部330と、を備える。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、容器の内側全体をカメラで見ようとする場合に、掘削効率を落とさずに、容器内の物体の体積を推定できる。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

[0010] [図1]油圧ショベルの外観図

[図2]本発明の一実施形態における油圧ショベルに搭載された体積推定装置の構成図

[図3]本発明の一実施形態におけるフローチャート

[図4]ステレオカメラ装置による視差データの作成方法

[図5]掘削物の体積を推定する方法の概要

[図6]バケットの側面によって死角領域が発生した場合の例

[図7]バケットの内側の底がステレオカメラ装置の撮影範囲内の場合の撮影画像

[図8]4種類の形状のバケットを用いて、バケットの内側の底を定義する図

[図9]バケット内の掘削物に死角領域が発生した場合のメッシュ視差データの例

[図10]本発明の一実施形態における油圧ショベルに搭載された体積推定装置の構成図

[図11]回転角の代わりに視差データを用いた角度測定方法

[図12]本発明の一実施形態におけるフローチャート

[図13]本発明の一実施形態における油圧ショベルに搭載された体積推定装置

の構成図

[図14]本発明の一実施形態におけるフローチャート

発明を実施するための形態

[0011] 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、同様の機能を有するものは、同様の符号を付け、同様の説明は繰り返さない場合がある。

[0012] 本発明の制御方法及びコンピュータプログラムには複数の手順を順番に記載してあるが、その記載の順番は複数の手順を実行する順番を限定するものではない。このため、本発明の制御方法及びコンピュータプログラムを実施するときには、その複数の手順の順番は内容的に支障しない範囲で変更できる。

[0013] さらに、本発明の制御方法及びコンピュータプログラムの複数の手順は個々に相違するタイミングで実行されることに限定されない。このため、或る手順の実行中に他の手順が発生すること、或る手順の実行タイミングと他の手順の実行タイミングとの一部乃至全部が重複していること、等を許容する。

実施例 1

[0014] 図1は作業機械の一例である油圧ショベル1の外観図である。油圧ショベル1は、下部走行体10と、上部旋回体11と、上部旋回体11に一端を取り付けたフロント機構12と、を有する。

[0015] 下部走行体10は、左走行モータ17と、右走行モータ18と、を有する。下部走行体10は、左走行モータ17と右走行モータ18との駆動力によって、油圧ショベル1を走行させることができる。

[0016] 上部旋回体11は、体積推定装置50と、旋回モータ16と、運転室22と、を有する。上部旋回体11は、下部走行体10の上方に、旋回モータ1

6によって旋回可能に設けられている。操作者が乗り込み油圧ショベル1を操作する運転室22内には、図示しない制御レバーと、オペレータインターフェースと、ステレオカメラ装置210と、を配している。

[0017] ステレオカメラ装置210は、右カメラ212と左カメラ211との2つのカメラを備え、2つのカメラの視差を用いて、ステレオカメラ装置210から被写体までの距離を測定できる。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。ステレオカメラ装置210の代わりに、ステレオカメラ装置210と同等の効果を発揮するセンサを1つ以上備えてもよい。

[0018] ステレオカメラ装置210の配置場所は、ステレオカメラ装置210によってバケット15内の掘削物を撮影可能であれば、特に制限されない。本実施例では、ステレオカメラ装置210を運転室22内のバケット15に対して正面に配置している。これにより、ステレオカメラ装置210への振動や汚れを抑えることができる。

[0019] フロント機構12は、一端が上部旋回体11に設けられたブーム13と、ブーム13の他端側に対して一端側に設けられたアーム14と、アーム14の他端側に対して設けられたバケット15と、シリンダ19乃至21を有する。

[0020] ブーム13は、上部旋回体11に対して回動可能である。アーム14は、ブーム13の他端側に対して回動可能である。バケット15は、アーム14の他端側に対して回動可能である。シリンダ19乃至21は、ブーム13、アーム14、バケット15をそれぞれ回動させるためのものである。

[0021] ブーム13、アーム14、バケット15は、それぞれの回転角を検出する角度センサ30b、30c、30dを備えている。以下、角度センサ30b、30c、30dをまとめて、角度センサ30として説明する。角度 θ は、バケット15の開口面とステレオカメラ装置210とが成す角度である。以下、バケット15の開口面とステレオカメラ装置210とが成す角度を、バケット角度と定義して説明する。

- [0022] 図2は、油圧ショベル1に搭載された体積推定装置50の構成図である。体積推定装置50は、ステレオカメラ装置210が撮影したバケット15内の掘削物の体積を推定する装置である。体積推定装置50は、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用いてバケット15と地面を分離することでバケット領域を設定するバケット領域設定部3100、設定されたバケット領域の視差データを3次元変換する視差データ分析部3110、バケット角度を求める角度測定部320、バケット15とステレオカメラ装置210を備えた油圧ショベル1の作業中に、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定する容器判定部410、バケット領域内の掘削物に死角領域が有るか否かを判定する死角判定部510、死角領域の有無などを元に体積推定に用いる撮影画像を選択する画像選択部610、掘削物の体積を推定する体積推定部330、で構成される。表示部40には、掘削物の体積の推定結果が表示される。
- [0023] 本実施例では、油圧ショベル1の掘削動作、旋回動作、放土動作といった各動作を行っている間や、各動作間の動作を行っている間を、作業中としている。
- [0024] 体積測定装置50は、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、その他周辺回路などを備えており、例えばバケット領域設定部3100や画像選択部610などといった体積測定装置50の各部をROMに保存しておき、RAMを用いてCPUで実行することが考えられる。
- [0025] 表示部40は、例えば運転室22内に設置したディスプレイとすることで、掘削物の体積の推定結果を操作者に表示できる。他には、表示部40を、例えば複数の油圧ショベル1を遠隔操作するための集中操作装置など油圧ショベル1以外の装置に搭載されたディスプレイとすることで、遠隔操作を行う操作者に掘削物の体積の推定結果を表示できる。なお、体積推定部330で推定した掘削物の体積の推定結果は、表示部40に表示しなくてもよい。
- [0026] 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がバ

ケット領域設定部3100に入力され、その視差データに基づいてケット領域を設定する。そして、視差データ分析部3110で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に基づき、各メッシュの視差データの代表値であるメッシュ視差データを求める。

[0027] 容器判定部410は、角度測定部320が求めたケット角度を用いて、油圧ショベル1の作業中にケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定する。容器判定部410は、ケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内に入るときの、所定の角度範囲を予め保有している。そして、容器判定部410は、ケット角度と、ケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲に入る場合の所定の角度範囲に基づき、ケット角度が所定の角度範囲に含まれている場合に、撮影範囲内であると判定する。なお、本実施例の角度測定部320は、油圧ショベル1に備わっている角度センサ30が測定した回転角を基にケット角度を求める。

[0028] 画像選択部610は、死角領域の有無や大きさに基づいて、掘削物の体積推定に用いる撮影画像を選択する。例えば、ある撮影画像に死角領域がある場合、死角領域が無い撮影画像を取得するまでステレオカメラ装置210が撮影を行い、死角領域が無い撮影画像を選択する。他には、例えばケット角度が所定の角度範囲内の場合に撮影した撮影画像で、死角領域がある撮影画像を画像選択部610に保存しておき、死角領域が無い撮影画像を撮影できなかった場合は、その保存された撮影画像の中から死角領域が小さい撮影画像を選択する方法も考えられる。このときの撮影画像の保存場所は、本実施例では画像選択部610とする。ただし、保存場所は画像選択部610に限られない。なお、画像選択部610の説明では、掘削物の体積推定に用いる撮影画像を、選択し保存すると記載した。しかし、画像選択部610で選択し保存する画像は撮影画像に限られない。例えば、撮影画像に基づいて求めた、後述する視差画像でも良い。

[0029] 体積推定部330は、画像選択部610が選択した撮影画像を用いて求め

たメッシュ視差データを用いて、掘削物の体積を推定する。つまり、体積推定部330は、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内の場合に、バケット15内の掘削物の体積を推定する。

[0030] 図3は、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定し、掘削物の体積を推定するフローチャートを示したものである。

[0031] <S110>

まず、ステレオカメラ装置210によりバケット15を撮影し、撮影画像を用いて視差データを作成する。視差データの作成方法は図4に後述するように、被写体の左画像341と右画像340の座標のずれを求めることで作成される。この座標のずれを撮影画像全体において求めることにより、ステレオカメラ装置210で撮影された撮影画像の視差データである視差画像を得る。

[0032] <S120>

次に、バケット領域設定部3100によりバケット領域を設定する。掘削時にステレオカメラ装置210で撮影されるものとしてはバケット15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設定する方法として、バケット領域が地面や土砂よりもステレオカメラ装置210に近い場所に位置することを利用する。つまり、バケット領域は周囲の地面や土砂の領域に比べて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設定できる。

[0033] <S130>

次に、視差データ分析部3110により、設定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。

[0034] <S140>

次に、視差データ分析部3110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、掘削物の体積推定の精度が良くなる。

[0035] <S 1 6 0>

次に、角度測定部 3 2 0 により、角度センサ 3 0 を用いて、ブーム 1 3、アーム 1 4、バケット 1 5 のそれぞれの回転角を取得する。

[0036] <S 1 7 0>

次に、角度測定部 3 2 0 により、回転角に基づいて、バケット角度を測定する。

[0037] <S 1 1 0 0>

次に、容器判定部 4 1 0 により、バケット角度が所定の角度範囲内であるかを作業中に判定する。バケット角度が所定の角度範囲内の場合は、S 9 0 0 に移る。バケット角度が所定の角度範囲内でない場合は、S 9 5 0 に移る。

[0038] <S 9 0 0>

S 1 1 0 0 でバケット角度が所定の角度範囲内と判定された場合は、死角判定部 5 1 0 により、バケット領域内に死角領域が有るか否かを判定する。バケット領域内に死角領域が有る場合は、S 9 1 0 に移る。バケット領域内に死角領域が無い場合は、S 2 1 0 に移る。

[0039] <S 9 1 0>

S 9 0 0 でバケット領域内に死角領域があると判定された場合は、画像選択部 6 1 0 に撮影画像を保存する。つまり、バケット領域内に死角領域がないと判定されるまで、画像選択部 6 1 0 に撮影画像が保存される。本実施例には、撮影画像を上書き保存ではなく複数枚を保存する場合の例を記載している。

[0040] <S 9 5 0>

S 1 1 0 0 でバケット角度が所定の角度範囲内ではないと判定された場合は、画像選択部 6 1 0 に撮影画像が保存されているかを判定する。画像選択部 6 1 0 に撮影画像が保存されている場合は、S 9 6 0 に移る。画像選択部 6 1 0 に撮影画像が保存されていない場合は、S 1 1 0 に戻る。

[0041] <S 9 6 0>

S 9 5 0で撮影画像が保存されていると判定された場合は、画像選択部610に保存されている撮影画像の枚数が所定の数であるN枚以上か否かを判定する。画像選択部610に保存されている撮影画像の枚数が所定の数N以上の場合は、S 9 2 0に移る。画像選択部610に保存されている撮影画像の枚数が所定の数N未満の場合は、S 1 1 0に戻る。

[0042] <S 9 2 0>

S 9 6 0で画像選択部610に保存されている撮影画像の枚数が所定の数N以上と判定された場合は、保存されている撮影画像の中から、例えば死角領域が小さい場合の撮影画像を、画像選択部610で選択する。死角領域の大きさの判断は、例えばメッシュ視差データの大きさによって判断できる。

[0043] <S 2 1 0>

S 9 0 0でバケット領域内に死角領域が無いと判定された場合は、体積推定部330はその死角領域が無い撮影画像を用いて、2次元上のメッシュ毎にバケット15の底から掘削物の表面までの長さを求め、メッシュ毎の掘削物の体積を推定する。S 9 2 0の次の場合は、体積推定部330はS 9 2 0で選択された撮影画像を用いて、メッシュ毎の掘削物の体積を推定する。

[0044] <S 2 2 0>

次に、体積推定部330は全メッシュの掘削物の体積を合計して、バケット15内の掘削物の体積を推定する。

[0045] <S 2 3 0>

次に、表示部40に、推定された掘削物の体積を表示する。

[0046] なお、例えばS 9 1 0では画像選択部610に撮影画像を保存したり、S 9 6 0では画像選択部610に保存されている撮影画像の枚数が所定の数であるN枚以上か否かを判定したりなど、図3の各フローでは撮影画像を用いて処理を行った。しかし、図3の各フローで用いる画像は撮影画像に限られなく、例えば撮影画像に基づいて求めた、後述する視差画像を用いて、図3の各フローを処理してもよい。

[0047] 図4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15を右カメラ212で撮影した右画像340と、左カメラ211で撮影した左画像341がある場合、バケット15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15内の掘削物がステレオカメラ装置210に近い場合は大きい値となり、遠い場合は小さい値となる。このように求めた視差dを、撮影画像全体で求める。視差データは、視差dに基づいて求められる。この、撮影画像全体で求めた視差データを、視差画像とする。この視差dを用いて、三角測量の原理でバケット15内の掘削物からステレオカメラ装置210までの距離を測定できる。視差dを用いると、距離 Q_1 は次の式で求められる。

$$[0048] \quad Q_1 = (f \times P) / d$$

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の間の距離である。また、視差データを3次元変換するために、上記 Q_1 を求めた地点の3次元上の X_1 、 Y_1 の位置を次の式で表す。

$$[0049] \quad X_1 = (Q_1 \times x_r) / f$$
$$Y_1 = (Q_1 \times y_r) / f$$

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で撮影した撮影画像によって、被写体の3次元空間上の位置(X_1 , Y_1 , Q_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。

[0050] 図5は、掘削物の体積の推定方法の概要を示したものであり、バケット15の開口面が真上を向いている状態を例にして説明する。図5(a)は、バケット15をステレオカメラ装置210の正面から見た画像であり、ステレオカメラ装置210でバケット15をバケット15の斜め上から撮影している。図5(b)はアーム14の側面に平行な、バケット15の断面図である。図5(a)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5(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。そ

して、バケット15のY軸方向の長さを L_0 とする。

- [0051] 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を用いて求める。メッシュ視差データを求める方法は、例えばメッシュ内の複数の視差データの平均値や中央値に基づいて求める方法や、視差データの数を減らした後に平均値や中央値に基づいて求める方法など、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生成される。この場合は、メッシュ視差データと視差データは同値になる。
- [0052] バケット15に掘削物が入っている状態ではバケット15の底は撮影できないため、バケット15の形状は予め学習しておくが好ましい。バケット15の形状を学習するための方法としては、バケット15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15の底からバケット開口面までの長さを計算しておく方法が考えられる。又は、CADデータでバケットの形状を学習しても良い。
- [0053] 掘削物が入った状態で各メッシュのバケット15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15が空の場合のバケット15の底からバケット開口面までの長さを求め、メッシュ毎に前述した2つの長さを足せば、メッシュ毎にバケット15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。そして、メッシュ毎にバケット15の底から掘削物の表面までの高さを用いてメッシュ毎の掘削物の体積を計算し、全てのメッシュの掘削物の体積を合計することでバケット15内の掘削物の体積を推定できる。
- [0054] 図6は、バケット15の側面によってバケット領域内に死角領域221が発生した場合の例を示したものである。バケット角度が所定の角度範囲外の場合、バケット15の側面によってバケット領域内に死角領域221が発生する場合がある。すると、図6に示すようにバケット15の側面によって生じる死角領域221に掘削物が含まれる恐れがある。
- [0055] 図7は、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲

内の場合の、ステレオカメラ装置 210 の撮影画像を示したものである。図 7 (a) はステレオカメラ装置 210 の正面から見た図であり、図 7 (b) はアーム 14 の側面に平行な、バケット 15 の断面図である。ステレオカメラ装置 210 は運転室 22 内に設置されているため、斜め上からバケット 15 を撮影することになる。図 7 より、バケット 15 の内側の底がステレオカメラ装置 210 の撮影範囲内の場合、図 6 で述べたバケット 15 の側面によって生じる死角領域 221 の発生を防ぐことができる。これにより、精度良く掘削物の体積を推定できる。

[0056] 図 8 は、4 種類の形状のバケット 15 の図である。以下、バケット 15 の開口面が図 8 の真上を向いている 4 種類の形状のバケット 15 を用いて、バケット 15 の内側の底を定義する。

[0057] 図 8 (a) は、バケット内側の形状が曲線によって構成されているバケット 15 の、アーム 14 の側面に平行な断面図である。図 8 (b) は、バケット内側の形状が直線によって構成されているバケット 15 の、アーム 14 の側面に平行な断面図である。図 8 (c) は、バケット内側の形状が直線と曲線によって構成されているバケット 15 の、アーム 14 の側面に平行な断面図であり、点 S1、点 S2 は、曲線部分と直線部分の繋ぎ目である。図 8 (d) は、バケット内側の底の形状が平らなバケット 15 の、アーム 14 の側面に平行な断面図である。図 8 において、バケット 15 とアーム 14 の接続点を点 A とする。バケット 15 のアーム 14 の側面に平行な断面図の、Z 軸正の方向の最下部の点を、点 R とする。図 8 (d) の場合、Z 軸正の方向の最下部の点は多数存在する。よって、Z 軸正の方向の最下部の任意の点を、点 R とする。

[0058] まず、図 8 (a) を用いて、バケット 15 の内側の底の一例を示す。点 R から開口面までの長さを h とした場合の h_1 の長さを、 h の 10% 以下とする。その場合の、バケット 15 の内側の面と、バケット 15 の開口面に平行で点 R から h_1 だけ離れている直線とが成す領域 H 内の、バケット 15 の内側の面の部分を、バケット 15 の内側の底とする。この方法は図 8 (b)、図 8

(c)、図8(d)にも適用できる。なお、バケット15の断面を半円と近似した場合、例えば h の10%の長さを h_1 とすると、バケット15の内側の底の断面積は、バケット15全体の断面積の約4%となる。

[0059] 他には、点Rを構成する線をバケット15の内側の底とする方法も考えられる。例えば図8(c)では、点Rを構成する線は曲線であるから、点S1と、点S2との間の曲線の部分をバケット15の内側の底とする。この方法は、図8(d)に適用できる。

[0060] 他には、点Rをバケット15の内側の底と定義する方法も考えられる。この方法は図8(a)、図8(b)、図8(c)、図8(d)に適用できる。

[0061] なお、図6に記載されたように、バケット15の側面によって生じた死角領域221内に掘削物が含まれるのを防ぐ場合、バケット15の内側全体がステレオカメラ装置210の撮影範囲内に入ることは必要条件ではない。つまり、バケット15の内側の面の中でも、ステレオカメラ装置210に近いバケット15の内側の面が、撮影範囲内であれば良い。よって、例えば図8(c)の場合、バケット15の内側の底の領域は、点S2周辺を除き、点S1周辺としても良い。

[0062] 図9は、バケット領域内に死角領域221が発生した場合のメッシュ視差データの例を示したものである。図9(a)はアーム14の側面に平行な、バケット15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210から見て山なりの裏側が死角領域221になる。図9(b)は、撮影画像から求めたバケット15を2次元上のメッシュ群230に区分した状態の図である。ステレオカメラ装置210から掘削物までの距離220aに対応するメッシュをメッシュ243、ステレオカメラ装置210から掘削物までの距離220bに対応するメッシュをメッシュ242、ステレオカメラ装置210から掘削物までの距離220cに対応するメッシュをメッシュ241、ステレオカメラ装置210から掘削物までの距離220dに対応するメッシュをメッシュ240とする。

[0063] メッシュ群230の1つの列231に注目すると、メッシュ243からメ

ッシュ241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241からメッシュ240のメッシュ視差データは9小さくなる。これは、ステレオカメラ装置210から掘削物までの距離220dが距離220cよりも急に大きくなることに起因する。このように、死角判定部510は、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221があると判定する。

[0064] バケット領域内に死角領域221があるか否かを判定することで、バケット領域内に死角領域221が無い撮影画像を、掘削物の体積推定に用いることができる。これにより、より正確に掘削物の体積を推定できる。

[0065] 以上の方法によれば、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内の場合、つまりバケット角度が所定の角度範囲内の場合は、撮影画像上の、バケット15の側面によって生じるバケット領域内の死角領域を減らすことができる。よって、バケット15内の掘削物の体積を精度良く推定できる。そして、バケット15が撮影範囲内か否かの判定に所定の角度範囲を用いることで、撮影のためにバケット15を特定の位置に移動することなく掘削物の体積を推定できる。

[0066] また、作業中にバケット15が撮影範囲内か否かの判定を行うことで、バケット15の動作を停止することなく掘削物の体積を推定できる。つまり、掘削物の体積を推定するために特定の動作を行う必要はなく、通常の作業中に掘削物の体積を推定できる。これにより、効率良く掘削物の体積を推定できる。

[0067] なお、掘削物の体積の推定や表示をするタイミングは、図3のS900で死角領域は無いと判定された直後や、図3のS920の直後でなくても良い。例えば、油圧ショベル1が旋回動作を行っている間や、油圧ショベル1が放土動作を行う前など、作業中の各動作前や各動作を行っている間でも良い。他には、例えば掘削動作から旋回動作に切替るタイミングで図3のフローチャートのループを抜け、図3のS210移り、掘削物の体積の推定や表示を行っても良い。

- [0068] さらに、撮影した全ての撮影画像や視差画像に死角領域が有る場合でも、図3のS920で最も死角領域が小さい撮影画像や視差画像を選択することで、精度良く掘削物の体積を推定できる。
- [0069] さらに、図3のS220で掘削物の体積を推定したのち、図3のS230ではなく図3のS110に移動することで、掘削物の体積を複数回推定してもよい。これにより、例えば複数の掘削物の体積の推定結果に基づき、推定した掘削物の体積の値の平均値や中央値などを求めて、掘削物の体積を表示できる。これにより、より正確に掘削物の体積を推定できる。
- [0070] さらに、図3のS960の判定によって、例えばバケット角度 θ が所定の角度範囲内と角度範囲外を行き来する作業を油圧ショベル1が行っていた場合に、少ない枚数の撮影画像から掘削物の体積推定に用いる撮影画像を選択することを抑えることができる。つまり、撮影画像がある程度の枚数が保存されたときに、掘削物の体積推定を行うことができる。これにより、より正確な掘削物の体積を推定できる撮影画像を選ぶことができる。

実施例 2

- [0071] 第2の実施例として、バケット角度を、角度センサ30から求めた回転角の代わりに、ステレオカメラ装置210から得られる視差データに基づいて求める例を示す。
- [0072] 図10に、第2の実施例における油圧ショベル1に搭載された体積推定装置50の構成図を示す。実施例1の構成図である図2と比べて、角度測定部320は、角度センサ30が測定した回転角に基づいてバケット角度を求めるのではなく、ステレオカメラ装置210が撮影した撮影画像に基づいて、バケット角度を求めている点が異なる。
- [0073] 図11に、実施例2におけるバケット角度 θ を、視差データから求める例を示す。図11(a)は、アーム14の側面に平行な、バケット15の断面図である。図11(b)は、バケット15をステレオカメラ装置210正面から見た図である。この図は、ステレオカメラ装置210でバケット15を、バケット15の斜め上から撮影した画像である。

- [0074] 図11(b)においてステレオカメラ装置210の正面から見たバケット15のy軸方向の長さを L_1 とする。バケット角度 θ は、 $\theta = \sin^{-1}(L_1/L_0)$ で求まる。以上のように、ステレオカメラ装置210の撮影画像に基づいて、バケット角度を求めることができる。
- [0075] 図11(c)は、図11(b)の四隅の点に、P1からP4の番号を振った図である。 L_1 の長さはy軸に平行な長さに限られなく、例えば、P1からP2までの長さを L_1 としてもよい。他には、P3からP4までの長さを L_1 としてもよく、P1からP2までの長さとの平均値を用いて L_1 を求めても良い。他には、例えばP1からP4がバケット15内の掘削物により生じる死角領域に含まれている場合は、 L_1 を求める点としてはバケット15の四隅の点以外を用いても良い。
- [0076] 図12は、実施例2においてバケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定するフローチャートを示したものである。実施例1では、回転角を用いてバケット角度を測定していた。実施例2では、撮影画像や視差データを用いてバケット角度を測定することから、S160が無い点が図3と異なる。そして、S170において角度測定部320は、ステレオカメラ装置210が撮影した撮影画像に基づいてバケット角度を求める点が図3と異なる。
- [0077] 以上の方法によれば、ステレオカメラ装置210から得られる撮影画像により、バケット角度を推定できる。この方法は、角度センサ30を用いてバケット角度を推定する場合と比べて、例えばステレオカメラ装置210の撮影画像と角度センサ30の測定した角度を関連付ける処理を行う場合に、時間遅れが発生しにくい。
- [0078] なお、実施例2では、ステレオカメラ装置210から得られる視差データに基づいてバケット角度を求めた。しかし、バケット角度の代わりに値に基づいて、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定してもよい。例えば、視差データから求めた、ステレオカメラ装置210の正面から見たバケット15のy軸方向の長さ L_1 に基づいて、バ

ケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定してもよい。

実施例 3

[0079] 第3の実施例として、角度範囲に加えて、ケット15の位置範囲も考慮して、ケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定する例を示す。

[0080] 図13は、第3の実施例において油圧ショベル1に搭載された体積推定装置50の構成図を示す。実施例2の構成図である図10と比べて、ステレオカメラ装置210に対するケット15の現在位置を測定する位置測定部310がある点が異なる。位置測定部310は、ステレオカメラ装置210から得られたケット領域の視差データを用いて、ステレオカメラ装置210に対するケット15の現在位置を測定する。そして、容器判定部410は、ステレオカメラ装置210が精度良く撮影できる所定の角度範囲と所定の位置範囲を予め保有している。

[0081] 図14は、実施例3においてケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定するフローチャートを示したものである。実施例3ではケット15の現在位置を求め、その位置が所定の位置範囲内か否かを判定することから、ケット15の現在位置を求めるS150と、ケット位置が所定の位置範囲内か否かを判定するS1000がある点が図12と異なる。

[0082] 例えば、図11に記載のように3次元座標系におけるケット15の点Aの位置をA(X1、Y1、Q₂)とする。Q₂は、ステレオカメラ装置210から点Aまでの距離である。図4で示した、以下に記載の式から、視差dと距離Q₂は反比例の関係であることが分かる。つまり、ステレオカメラ装置210から測定対象までの距離が長いほど、ステレオカメラ装置210の撮影精度が低下することが分かる。

[0083] $Q_2 = (f \times P) / d$

そこで、容器判定部410は、所定の角度範囲と、ステレオカメラ装置2

10に対するバケット15の所定の位置範囲とに基づき、バケット角度が所定の角度範囲内か否かを判定し、かつ、位置測定部310で求められたステレオカメラ装置210に対するバケット15の現在位置が所定の位置範囲内か否かを判定する。

[0084] 例えば、ステレオカメラ装置210で精度良く撮影できる所定の位置範囲をSとすると、点Aの位置が所定の位置範囲Sに含まれる場合を撮影範囲内であると判定することで、ステレオカメラ装置210の撮影精度が低下していない撮影画像を得ることができる。これにより、精度良い視差データを得ることができる。ひいては精度良く掘削物の体積を推定できる。

[0085] また、所定の位置範囲よりも所定の角度範囲を先に用いて、バケット15の内側の底がステレオカメラ装置210の撮影範囲内か否かを判定することも考えられる。

[0086] バケット角度が所定の角度範囲内の場合、バケット15の現在位置が所定の位置範囲内か否かに関わらず、バケット15の内側の底も撮影範囲内である。しかし、バケット15の現在位置が所定の位置範囲内の場合、バケット角度によっては、バケット15の内側の底は撮影範囲内に入らない。よって、撮影範囲内に入るためには位置範囲よりも角度範囲が重要であることから、位置範囲よりも角度範囲を先に用いて撮影範囲内か否かを判定することで、掘削物の体積推定の計算量を減らすことができる。

[0087] なお、一般に油圧ショベルに代表されるバケットが設けられた作業機械は、土砂を掘削する掘削作業、運搬機械へ掘削物を放土するために旋回する旋回作業、土砂を運搬機械へ放土する積込作業、掘削位置にバケットを旋回させる旋回作業と、これらの作業を交互に繰返して運搬機械を土砂で満杯にする掘削・積込作業を行う。このとき、積込作業から掘削作業を開始するまでの間は、バケットの中の掘削物はほぼ無いと考えられる。よって、掘削物の体積推定を目的として体積推定を行う場合は、積込作業から掘削作業を開始するまでの間は掘削物の体積推定を行わない方が望ましい。一方、積込作業後にバケットに残った掘削物の体積推定を目的として体積推定を行う場合は

、積込作業から掘削作業を開始するまでの間に掘削物の体積推定を行う。よって、目的によって掘削物の体積推定を行わない作業を定めてもよく、他にはバケットの中に掘削物があるか否かに関わらず掘削物の体積推定を行い、体積の推定結果を例えばROMに保存しておき、運搬機械に放土した掘削物の体積を求めるのに活用してもよい。

[0088] 実施例1から3では、体積推定装置50は油圧ショベル1に備わっていると記載した。しかし、例えば複数の油圧ショベル1を遠隔操作するための集中操作装置など油圧ショベル1以外の装置に備わっていても良い。他には、体積測定装置50の一部は油圧ショベル1以外の装置に備わっていても良い。

[0089] 実施例1から3では、体積推定装置50はCPU、RAM、ROM、その他周辺回路などを備えると記載した。しかし、例えば体積推定装置50はCPU、RAM、ROM、その他周辺回路などを備えなくても良い。この場合、体積推定装置50の各部の処理を外部メモリなどに保存しておくことで、体積推定装置50を体積推定システムとして扱うことができる。そして、体積推定システム以外の装置が備えているCPU、RAM、ROM、その他周辺回路などを用いて、体積推定システムの各部の処理を行わせても良い。

[0090] また、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、何らかの容器内の物体の体積を推定することも考えられる。

[0091] なお、本実施例では油圧ショベルのバケット内の掘削物を、体積推定の対象としたが、ダンプ等の積載物の体積を対象としてもよい。

符号の説明

[0092] 1 油圧ショベル、10 下部走行体、11 上部旋回体、13 ブーム、14 アーム、15 バケット、22 運転室、30b~30d 角度センサ、40 表示部、50 体積推定装置、210 ステレオカメラ装置、221 死角領域、230 メッシュ群、310 位置推定部、320 角度測定部、330 体積推定部、410 容器判定部、3100 バケット領

域設定部、 3 1 1 0 視差データ分析部、 5 1 0 死角判定部、 6 1 0 画
像選択部

請求の範囲

- [請求項1] 容器と複数のカメラを備えた移動体の作業中に、前記容器の内側の底が前記複数のカメラの撮影範囲内か否かを判定する容器判定部と、前記容器の内側の底が前記複数のカメラの撮影範囲内の場合に、前記容器内の物体の体積を推定する体積推定部と、を備える体積推定装置。
- [請求項2] 請求項1において、前記容器の開口面と前記複数のカメラとが成す角度を求める角度測定部を備え、前記容器判定部は、前記容器の開口面と前記複数のカメラとが成す前記角度と、前記容器の内側の底が前記複数のカメラの撮影範囲に入る場合の所定の角度範囲とに基づき、前記容器の内側の底が前記複数のカメラの撮影範囲内か否かを判定する体積推定装置。
- [請求項3] 請求項1において、前記角度測定部は、前記複数のカメラが撮影した撮影画像に基づき、前記容器の開口面と前記複数のカメラとが成す前記角度を求める体積推定装置。
- [請求項4] 請求項1において、前記容器内の物体に死角領域が有るか否かを判定する死角判定部を備える体積推定装置。
- [請求項5] 請求項2において、前記複数のカメラに対する前記容器の位置を求める位置測定部を備え、前記容器判定部は、前記複数のカメラに対する前記容器の位置と、前記複数のカメラに対する前記容器の所定の位置範囲と、に基づき、前記複数のカメラに対する前記容器の位置が前記所定の位置範囲内か

否かを判定する

体積推定装置。

[請求項6]

請求項5において、

前記容器判定部は、前記所定の位置範囲よりも前記所定の角度範囲を先に用いて、前記容器の内側の底が前記複数のカメラの撮影範囲内か否かを判定する

体積推定装置。

[請求項7]

請求項1の体積推定装置を備える作業機械。

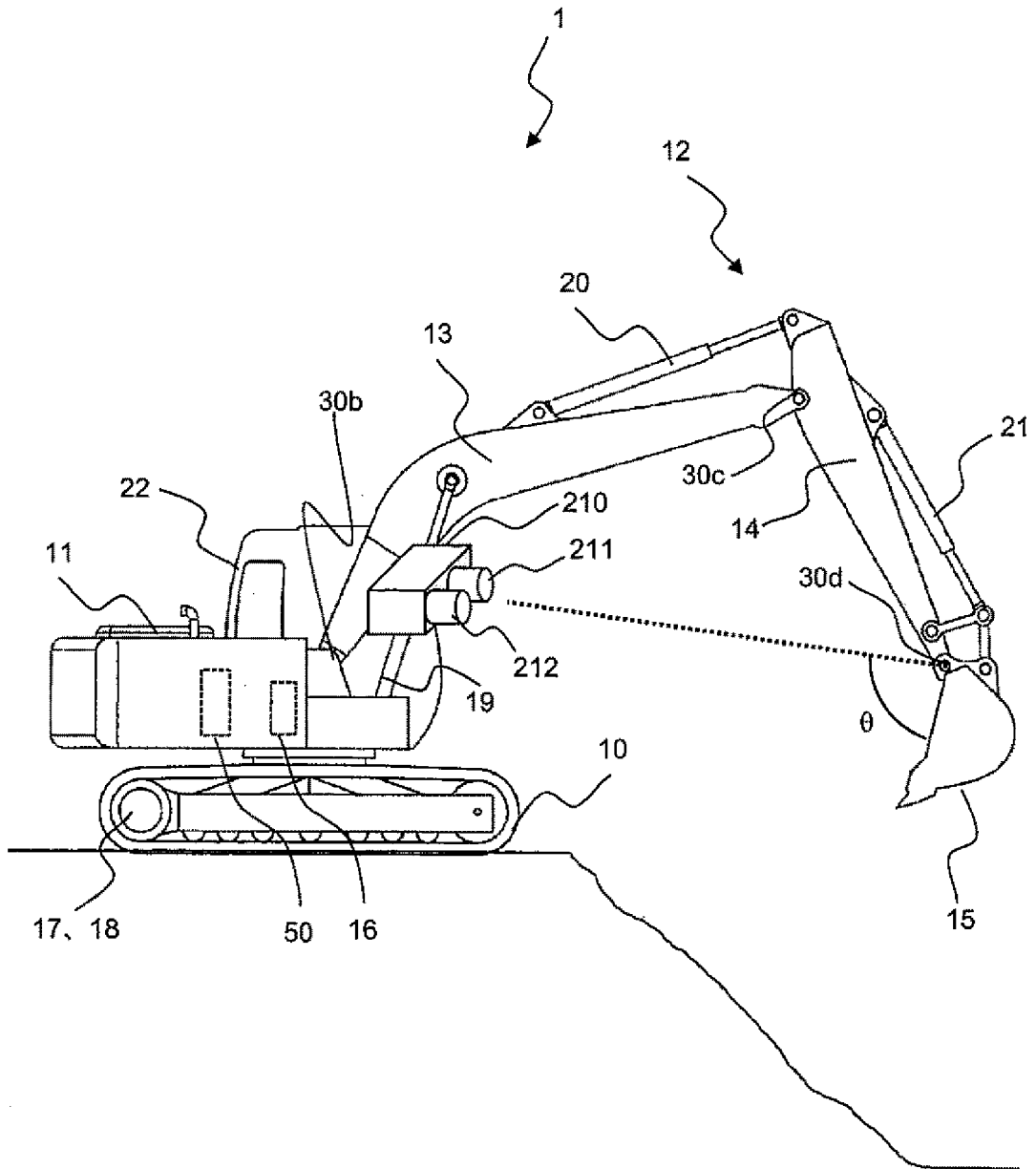
[請求項8]

容器と複数のカメラを備えた移動体の作業中に、前記容器の内側の底が前記複数のカメラの撮影範囲内か否かを判定する容器判定部と、

前記容器の内側の底が前記複数のカメラの撮影範囲内の場合に、前記容器内の物体の体積を推定する体積推定部と、を備える体積推定システム。

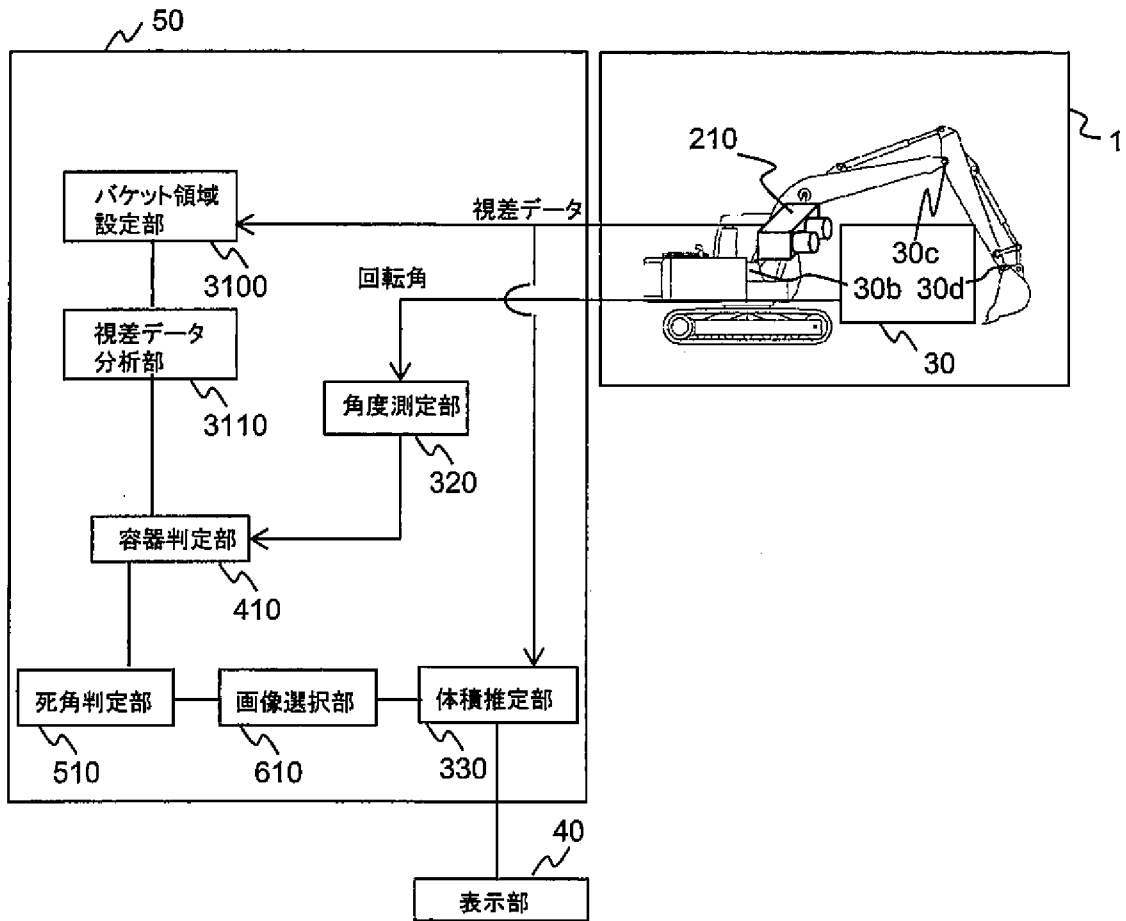
[図1]

【図1】



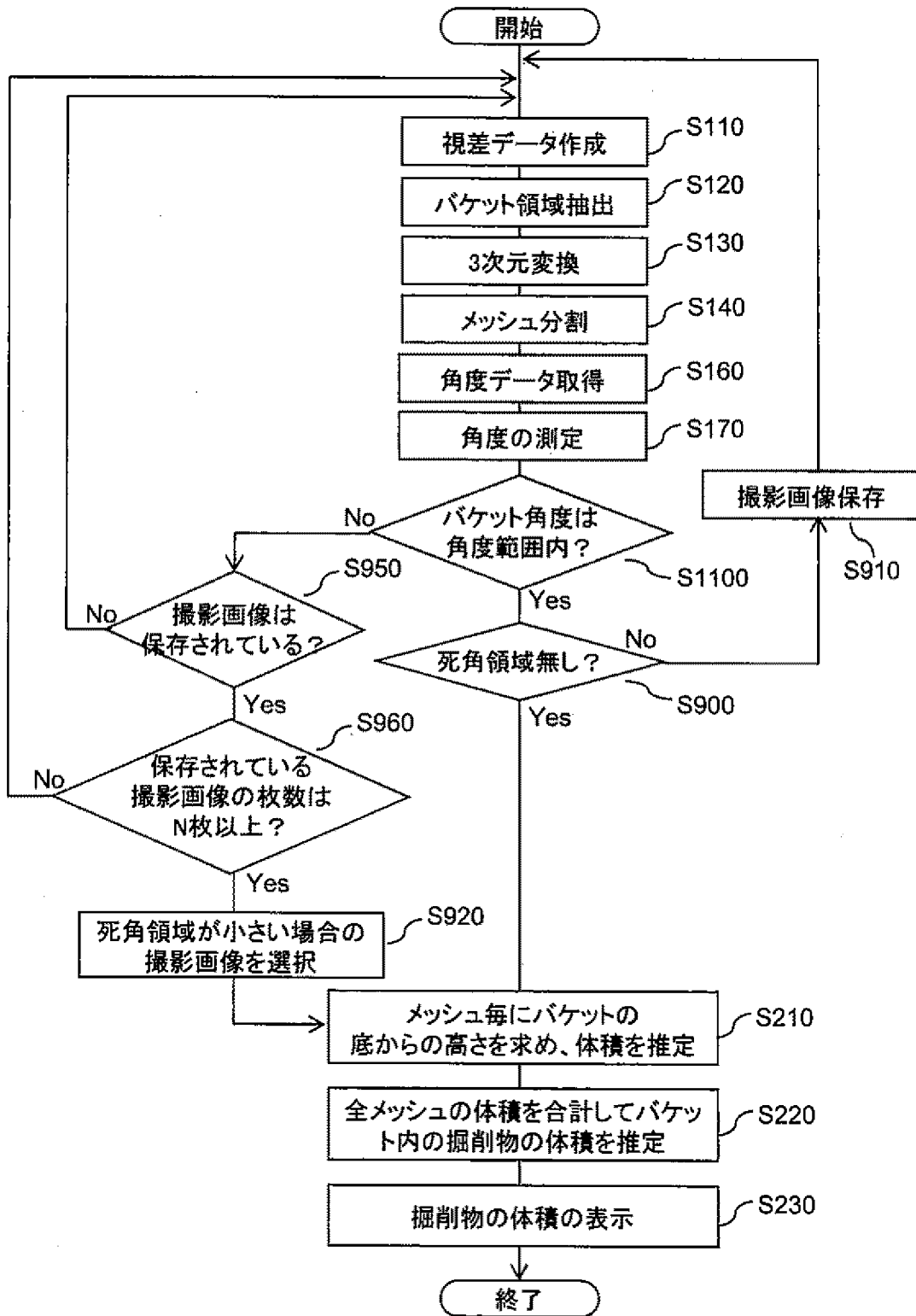
[図2]

【図2】



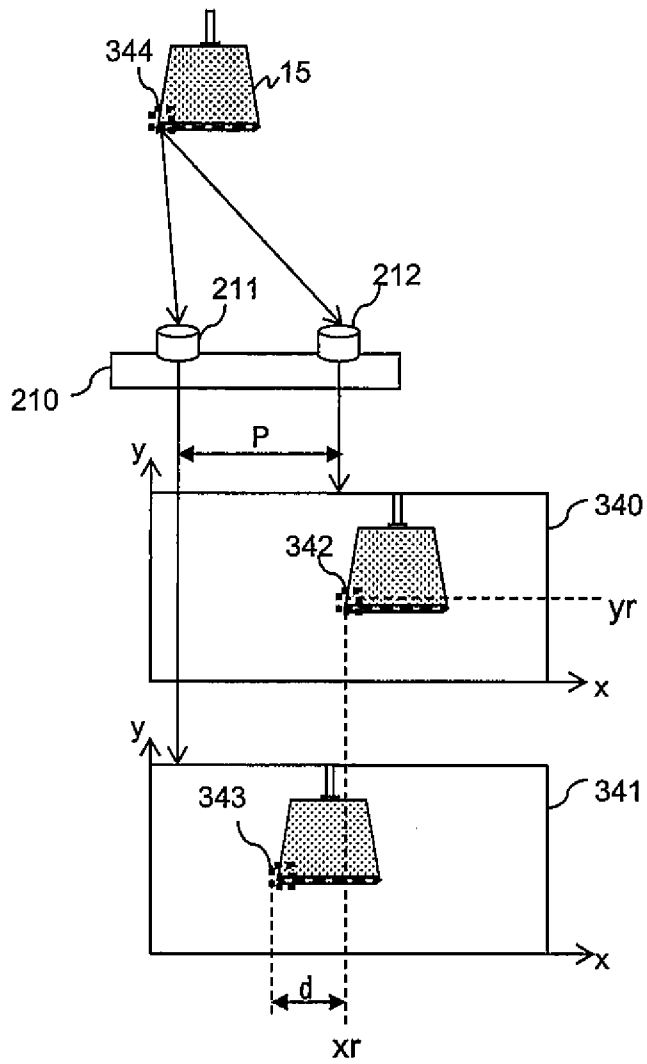
[図3]

【図3】

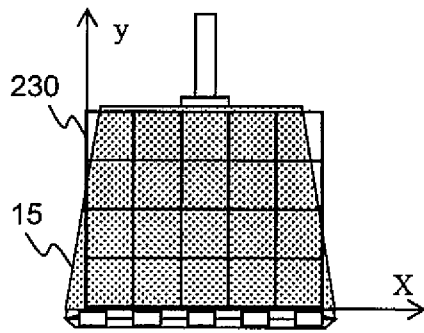


[図4]

【図4】

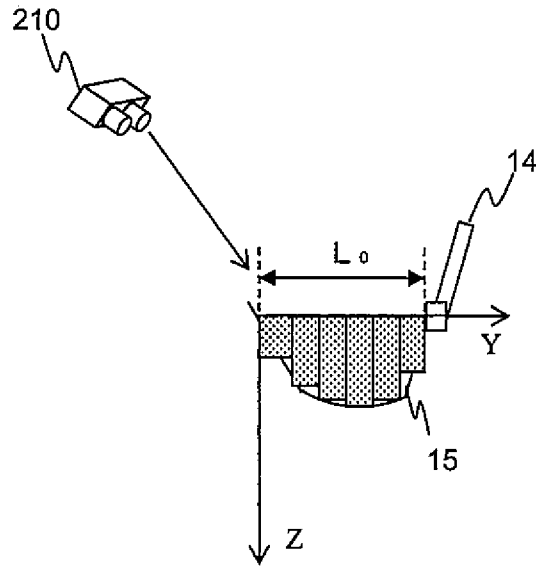


[図5]



(a)

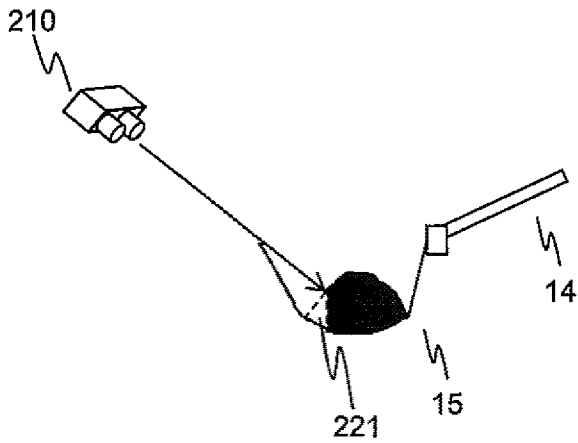
【図5】



(b)

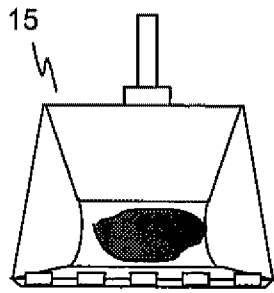
[図6]

【図6】

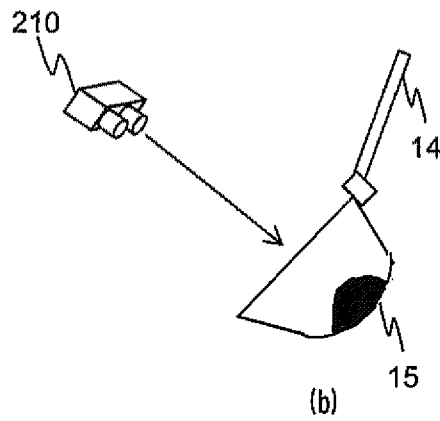


【図7】

【図7】



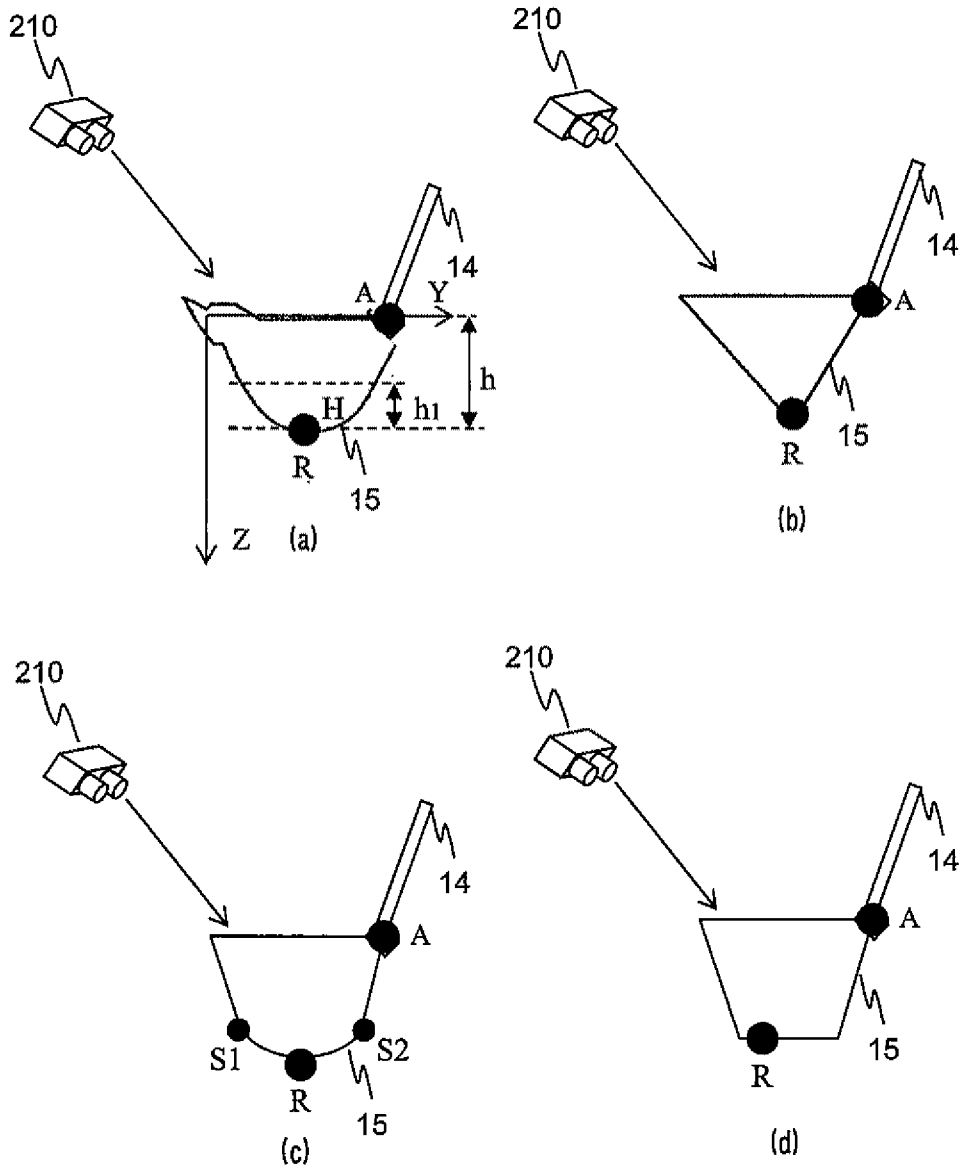
(a)



(b)

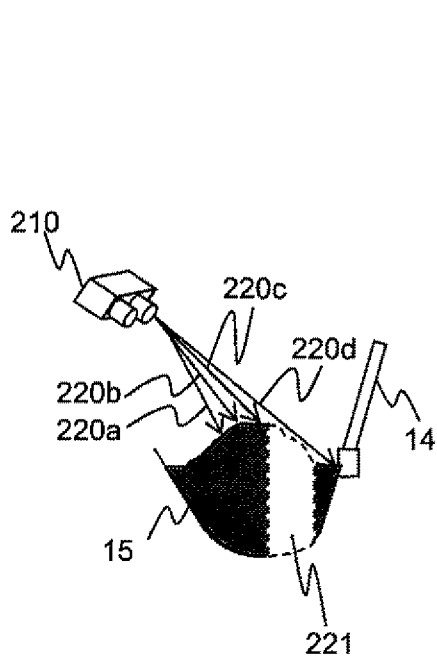
[図8]

【図8】

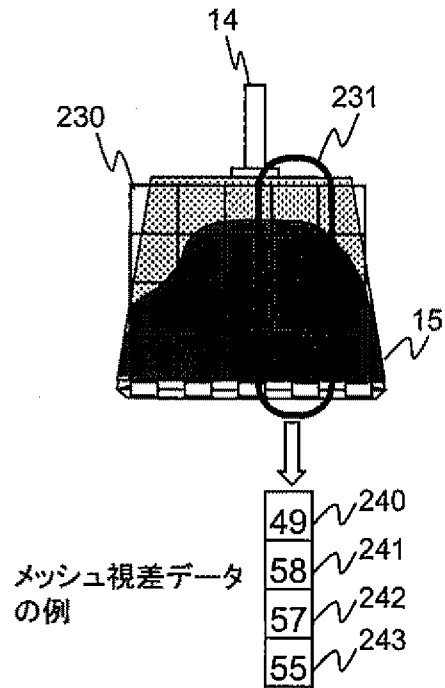


【図9】

【図9】



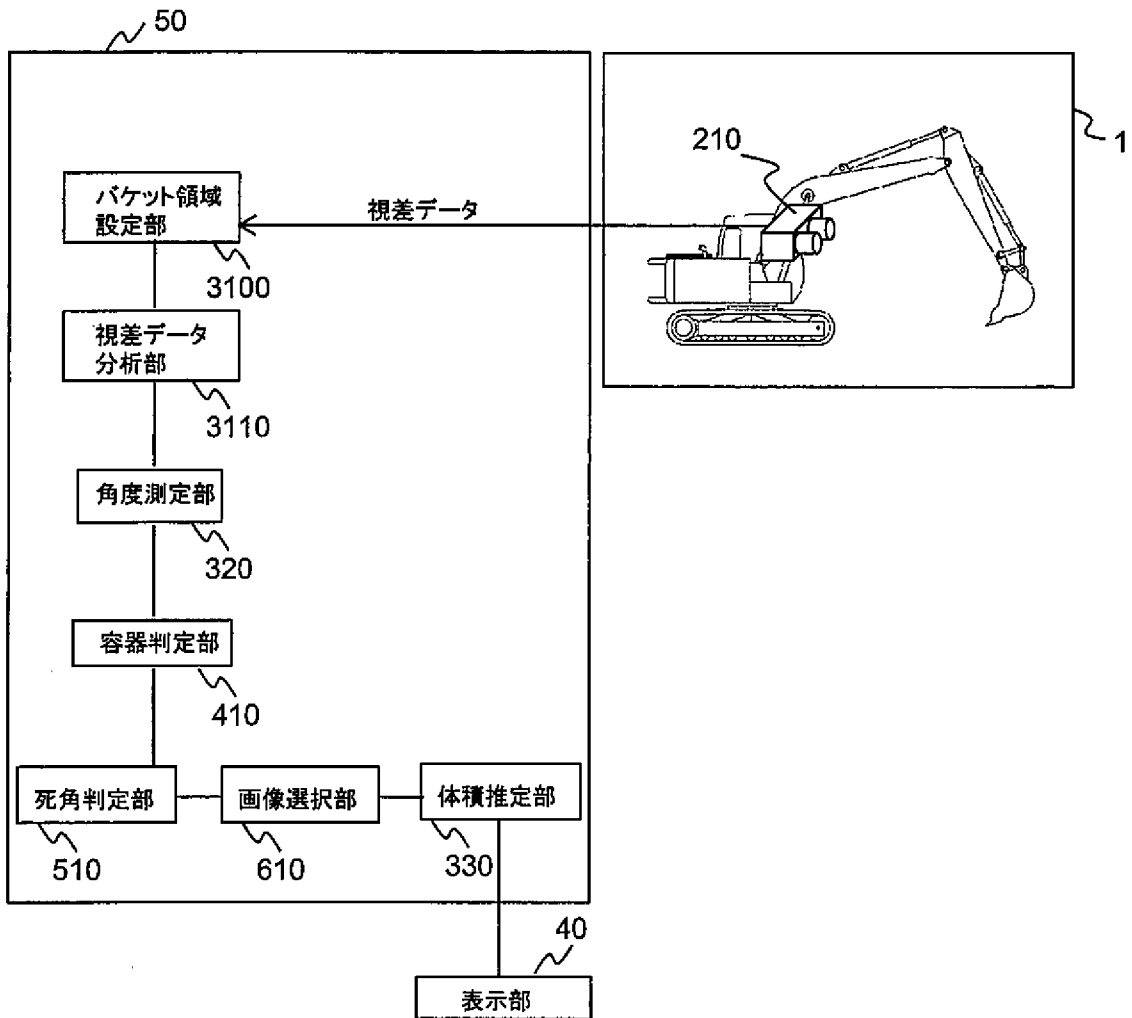
(a)



(b)

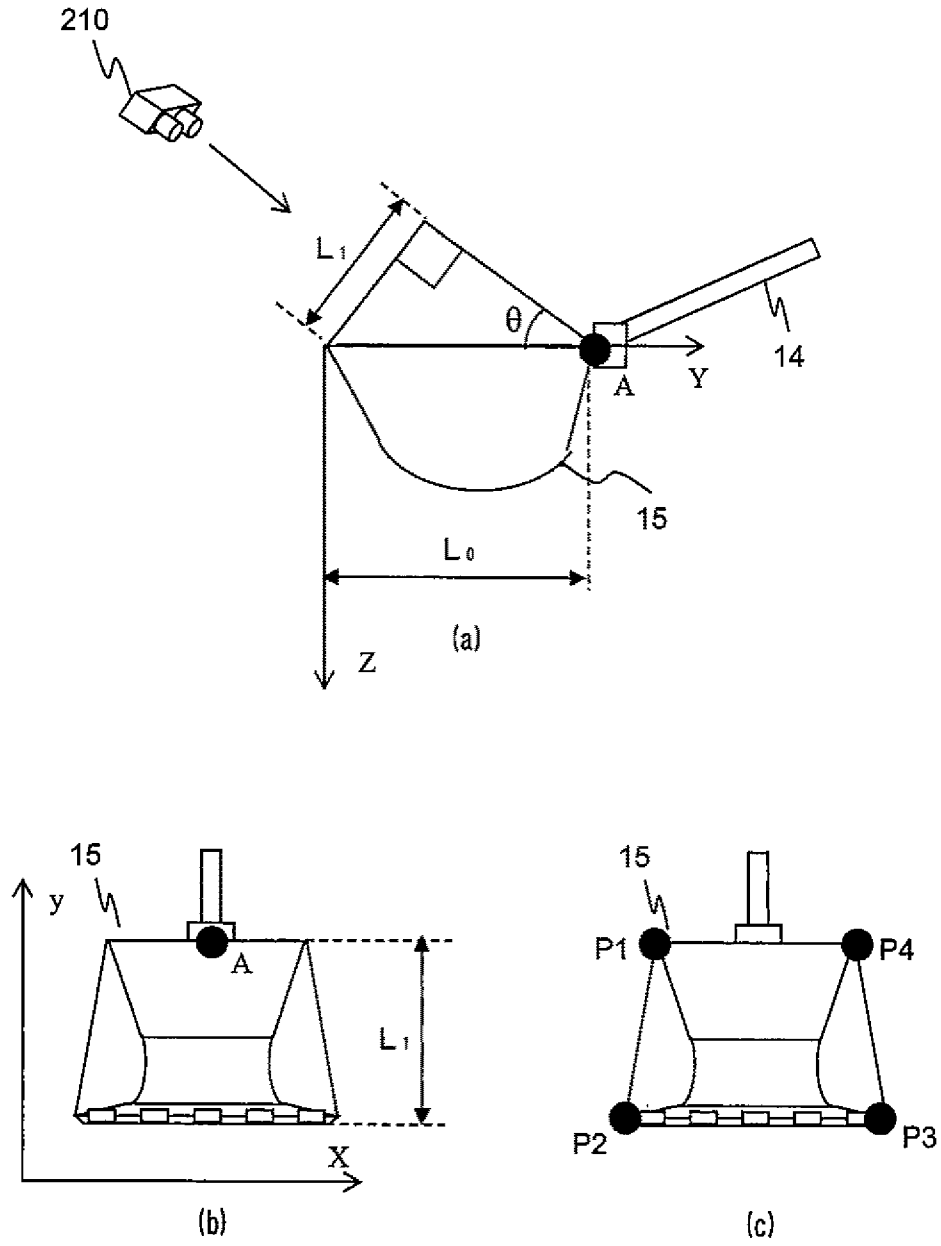
[図10]

【図10】



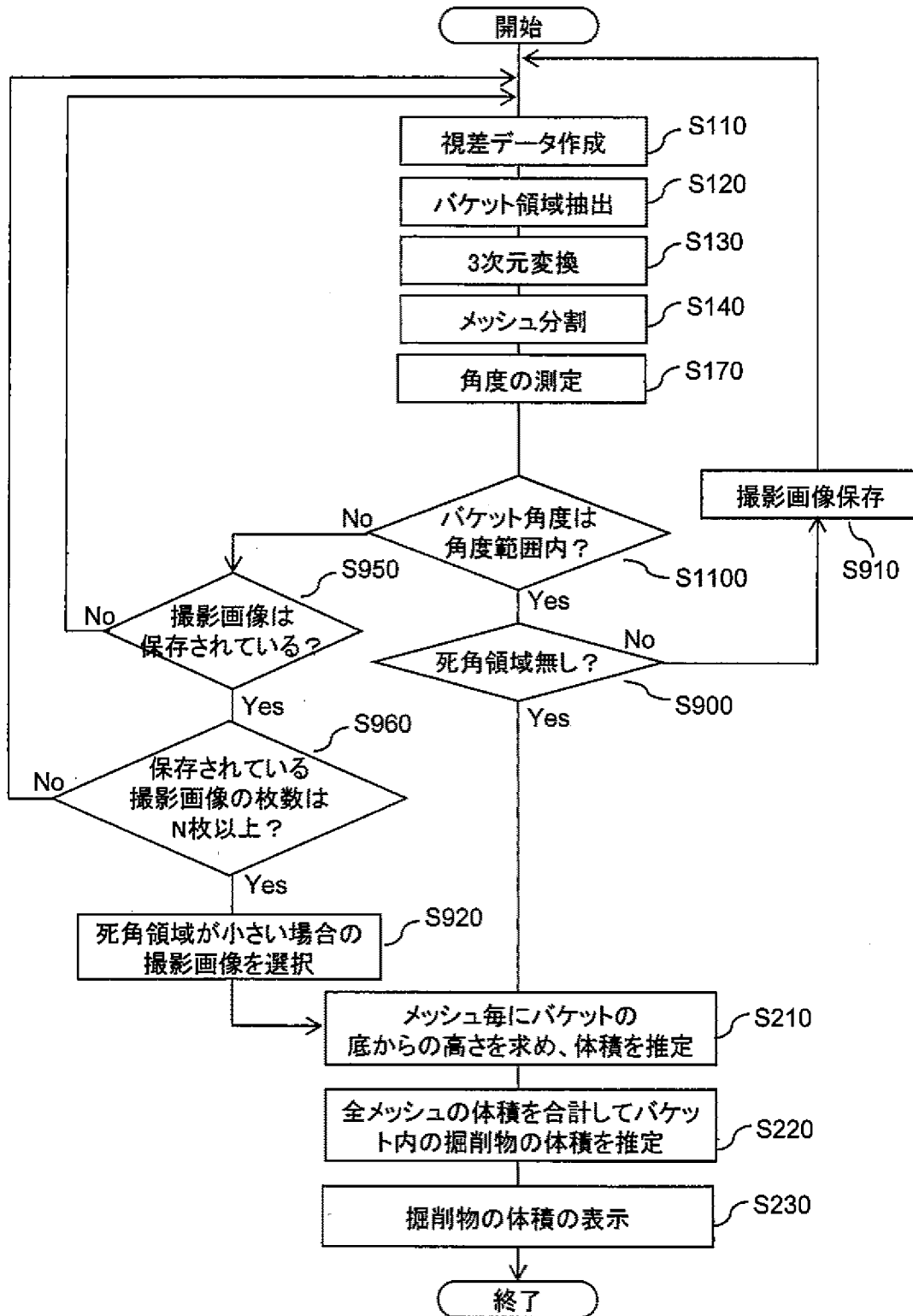
[圖11]

【圖 1 1】



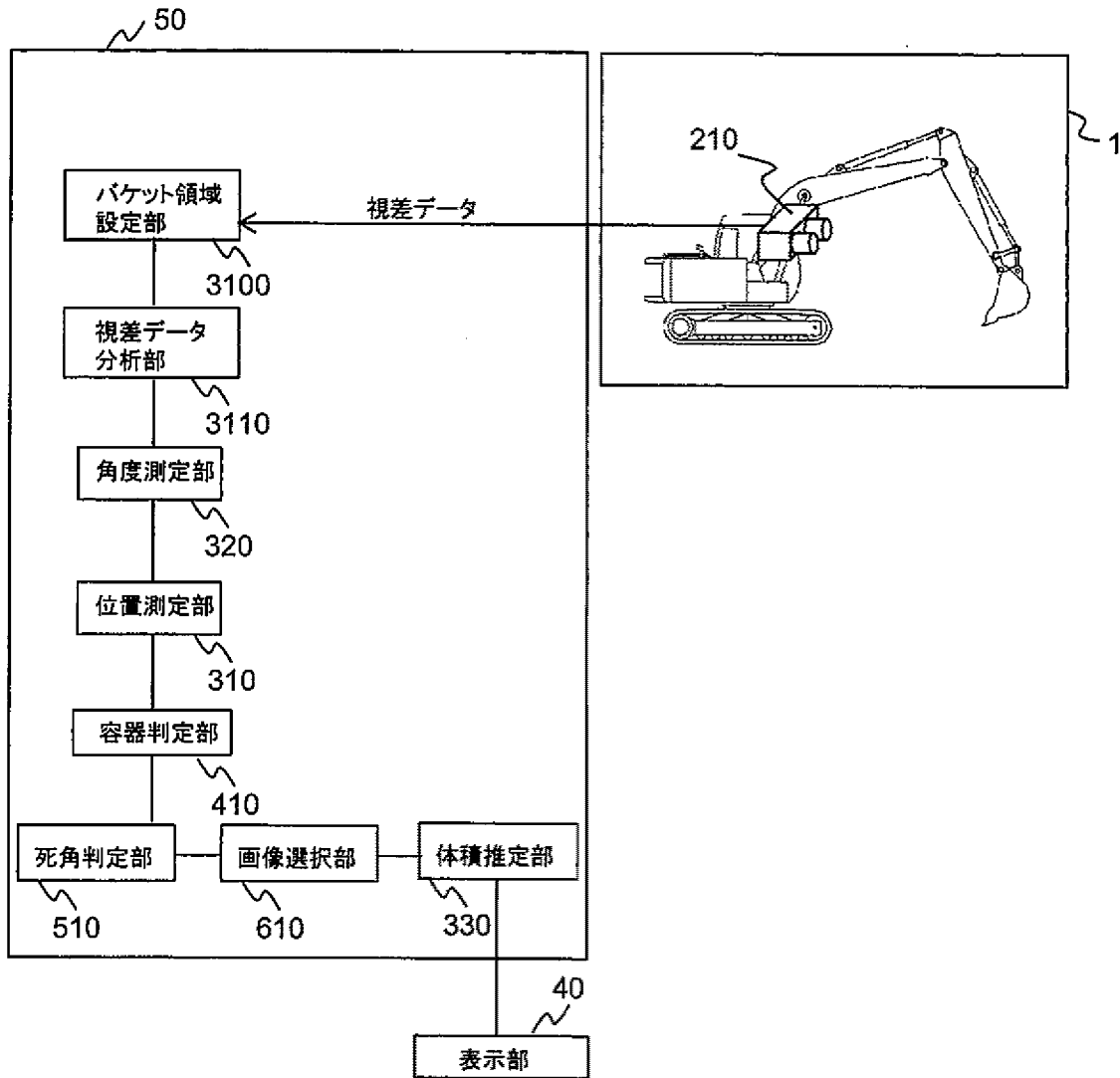
[図12]

【図12】



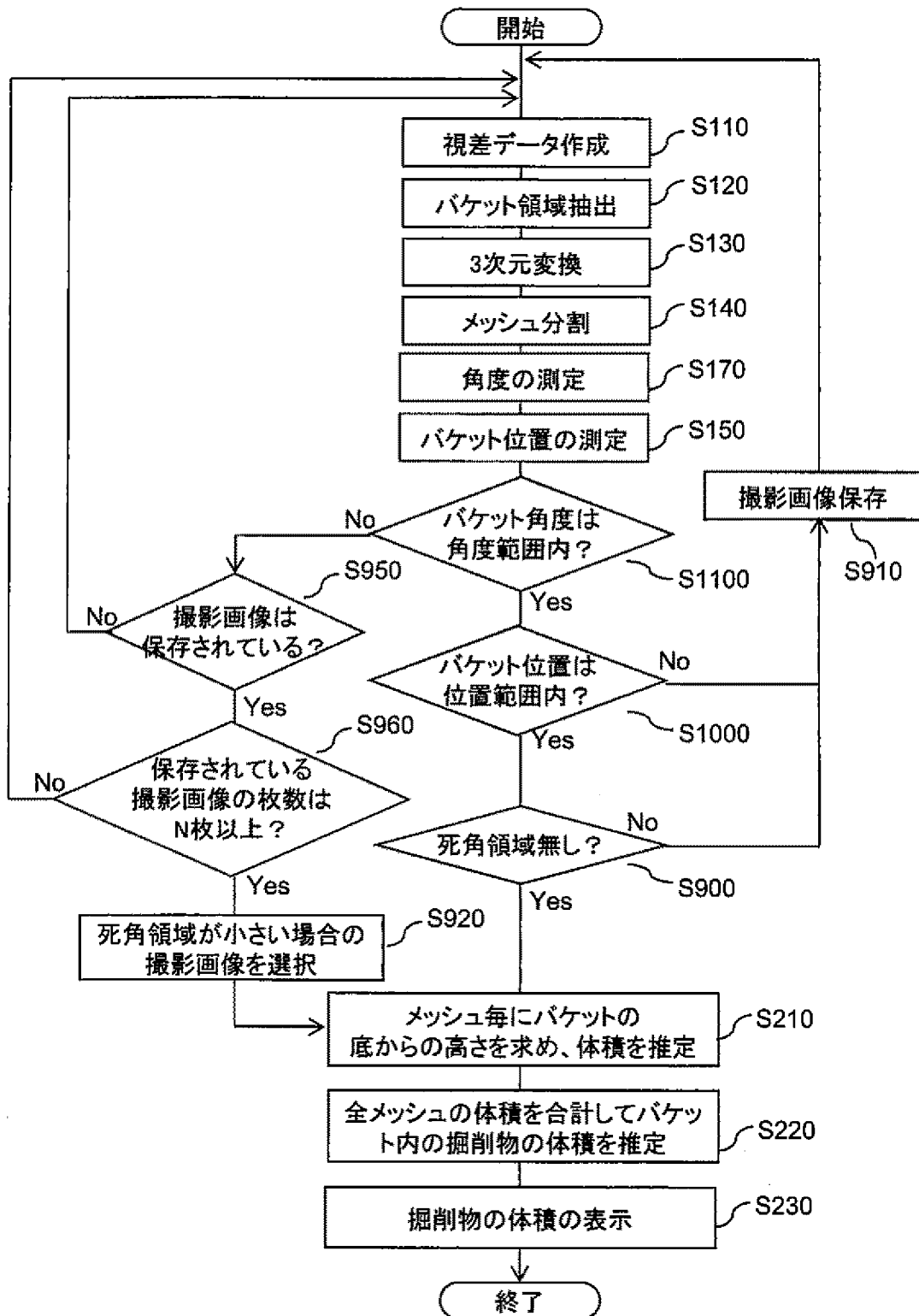
[図13]

【図13】



[図14]

【図14】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/062463

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01B11/245(2006.01) i, E02F9/26(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B11/245, E02F9/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-241300 A (Komatsu Ltd.), 09 October 2008 (09.10.2008), paragraphs [0013] to [0030]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-8
A	JP 2012-255286 A (Topcon Corp.), 27 December 2012 (27.12.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2010-66117 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 25 March 2010 (25.03.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 21 July 2015 (21.07.15)	Date of mailing of the international search report 04 August 2015 (04.08.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/062463

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-287298 A (Meidensha Corp.), 10 December 2009 (10.12.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2002-4336 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 09 January 2002 (09.01.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2009-541778 A (Inha-Industry Partnership Institute), 26 November 2009 (26.11.2009), entire text; all drawings & US 2010/0245542 A1 & WO 2009/017295 A1 & KR 10-2009-0013471 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01B11/245(2006.01)i, E02F9/26(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01B11/245, E02F9/26		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2008-241300 A (株式会社小松製作所) 2008. 10. 09, 【0013】 - 【0030】, 第 1-7 図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2012-255286 A (株式会社トプコン) 2012. 12. 27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2010-66117 A (日立建機株式会社) 2010. 03. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 21. 07. 2015	国際調査報告の発送日 04. 08. 2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 岸 智史 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S 3603

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-287298 A (株式会社明電舎) 2009. 12. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2002-4336 A (日立建機株式会社) 2002. 01. 09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2009-541778 A (インハ インダストリー パートナーシップ イ ンスティテュート) 2009. 11. 26, 全文, 全図 & US 2010/0245542 A1 & WO 2009/017295 A1 & KR 10-2009-0013471 A	1-8