

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6523050号
(P6523050)

(45) 発行日 令和1年5月29日 (2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日 (2019.5.10)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 S 7/40 (2006.01)
 GO 1 S 13/93 (2006.01)
 B 6 O R 21/00 (2006.01)
 GO 8 G 1/16 (2006.01)
 EO 2 F 9/24 (2006.01)

GO 1 S 7/40 1 2 6
 GO 1 S 13/93 2 2 0
 B 6 O R 21/00 9 9 1
 GO 8 G 1/16 C
 EO 2 F 9/24 B

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-111986 (P2015-111986)
 (22) 出願日 平成27年6月2日 (2015.6.2)
 (65) 公開番号 特開2016-223963 (P2016-223963A)
 (43) 公開日 平成28年12月28日 (2016.12.28)
 審査請求日 平成30年2月16日 (2018.2.16)

(73) 特許権者 000005522
 日立建機株式会社
 東京都台東区東上野二丁目16番1号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 日永田 佑介
 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 中 拓久哉
 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 魚津 信一
 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機
 株式会社 土浦工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉱山用作業機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

計測領域内の幾何学的形状を計測可能な第1計測装置と障害物の位置を検出可能な第2計測装置とを有し、車両の周囲に存在する障害物を検出する障害物検出装置に設けられ、前記第1計測装置及び前記第2計測装置の位置ずれを補正するキャリブレーション装置において、

前記第1計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内に存在する障害物の高さ、横幅、形状、画像の特徴又は種類のうち少なくともいずれか一つの情報を検出可能な障害物認識部と、

前記障害物認識部で検出した情報に基づき、前記障害物が前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを検出するのに適した障害物か否かを判定する位置ずれ判定許可部と、

前記位置ずれ判定許可部によって位置ずれを検出するのに適した障害物であると判定された障害物に対する前記第1計測装置による検出位置と、前記障害物に対する前記第2計測装置による検出位置とに基づいて、前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれ量を検出するセンサ間キャリブレーション部と、

前記第1計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内の障害物の位置を計測する第1障害物検出部と、

前記第2計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内の障害物の位置を計測する第2障害物検出部と、

10

20

前記位置ずれ判定許可部が障害物を前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置との位置ずれを判定するのに適した障害物であると判定した場合に、前記第 1 障害物検出部が検出した前記障害物の位置情報と前記第 2 障害物検出部が検出した前記障害物の位置情報とに基づいて、前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置の設置位置にずれが生じているかを判定する位置ずれ判定部と、

前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置との設置位置のずれの有無を報告する位置ずれ報告部と、

を備え、

前記位置ずれ判定部は、前記第 1 障害物検出部の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第 1 障害物検出情報蓄積部と前記第 2 障害物検出部の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第 2 障害物検出情報蓄積部とを有し、

10

前記位置ずれ判定部は、前記第 1 障害物検出部が検出した障害物位置と前記第 2 障害物検出部が検出した障害物位置とが同じ時刻に事前に設定した距離以内に接近した場合に、前記第 1 障害物検出部が検出した障害物と前記第 2 障害物検出部が検出した障害物とが同一の障害物であると判定し、前記第 1 計測装置が検出した前記障害物の位置情報と前記第 2 計測装置が検出した前記障害物の位置情報とに基づいて前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置との位置ずれ量を検出することを特徴とするキャリブレーション装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のキャリブレーション装置において、

前記位置ずれ判定許可部は、障害物の高さ及び横幅が事前に設定した閾値の範囲内にあった場合に、前記障害物が前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置との位置ずれを判定するのに適した障害物であると判定することを特徴とするキャリブレーション装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載のキャリブレーション装置において、

前記位置ずれ判定許可部における位置ずれ判定に適した障害物の情報として、障害物の高さ、横幅、形状、画像的特徴又は種類のいずれかの情報を保持する障害物データベース部を有し、

前記位置ずれ判定許可部は、前記第 1 計測装置が計測した障害物が前記障害物データベース部に保持された障害物の高さ、横幅、形状、画像的特徴又は種類のいずれかにおいて一致したと判定した場合に、前記障害物が前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置との位置ずれを判定するのに適した障害物であると判定することを特徴とするキャリブレーション装置。

30

【請求項 4】

請求項 1 に記載のキャリブレーション装置において、

センサ間キャリブレーション部は、前記位置ずれ報告部が前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置との設置位置にずれが生じていると報告した場合に、前記第 1 障害物検出部の検出した前記障害物の障害物情報と前記第 2 障害物検出部の検出した前記障害物の障害物情報とに基づいて前記第 1 計測装置と前記第 2 計測装置との位置ずれを補正することを特徴とするキャリブレーション装置。

【請求項 5】

40

請求項 1 に記載のキャリブレーション装置において、

前記位置ずれ判定部は、前記第 1 障害物検出部が検出した障害物と前記第 2 障害物検出部が検出した障害物とが同一であるか否かの判定を、位置ずれ量を検出する時点から遡った時点で前記第 1 障害物検出情報蓄積部及び第 2 障害物検出情報蓄積部に蓄積された前記障害物の情報に基づいて行うことを特徴とするキャリブレーション装置。

【請求項 6】

鉱山内を走行する鉱山用作業機械において、

請求項 1 に記載のキャリブレーション装置を備えたことを特徴とする鉱山用作業機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、例えばオフロードダンプトラック等の鉱山用作業車両用に用いるのに好適な障害物検出装置に関するものである。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

一般に、鉱山においては、土砂の採掘作業および運搬作業として油圧ショベルやダンプトラックなどの鉱山用作業機械が用いられている。鉱山に用いられる鉱山用作業機械としては、安全性や低コスト化の観点から無人化が求められる。ダンプトラックにおいては、単位時間当たりの土砂の運搬量が採掘の進捗度に直結するため、効率の良い運用が求められる。したがって、土砂を効率良く採掘現場の外に大量に運搬するためには、連続運転可能な自律走行式のダンプトラックを用いた鉱山システムが必要とされている。

10

【 0 0 0 3 】

ところが、ダンプトラックを走行させる鉱山の走行路はオフロードであって悪路が多いため、ダンプトラックを自律走行させて無人運転させる際、土壁や他車両等の障害物との衝突が懸念される。仮に、走行路上に障害物が生じ、自律走行式の無人のダンプトラックが障害物と接触して停止した場合には、鉱山の運行を長時間に亘って停止させてしまう。よって、自律走行式のダンプトラックの信頼性を高めるためには、前方車両や走行路上の障害物を早期に検知して、前方車両に追従する追従走行や障害物の回避走行を行わせることが可能な信頼性の高い障害物検知システムが必要となる。

【 0 0 0 4 】

20

従来、この種の障害物検知システムとしては、ミリ波レーダ、レーザセンサ、カメラまたはステレオカメラ等の障害物検知装置が用いられている。ミリ波レーダは砂埃や雨などが生じた場合も動作可能な高い耐環境性を有し、測定距離性能も高い。一方で、ステレオカメラやレーザセンサは、三次元形状を計測できるため、路上の障害物を精度よく検出することができる。またこれらのセンサを組み合わせることで、障害物の検出性能を向上させる方法もある。

【 0 0 0 5 】

種類の異なる複数のセンサを用いるには各センサの相対位置を正確に把握する必要がある。特に鉱山ダンプに取り付ける場合は車体が大きいため、取り付け時のキャリブレーションの他、経年変化による位置ずれを考慮する必要がある。例えば特開 2 0 1 0 - 2 4 9 6 1 3 号公報（特許文献 1）には、経年変化により生じた車載カメラと車載レーダの軸ずれをそれぞれのセンサが検出した障害物の位置情報に基づき補正する障害物認識装置が公開されている。具体的には、特許文献 1 の障害物認識装置は、複数のセンサ情報を組み合わせて障害物の認識を行う障害物認識装置であって、障害物に関する第一パラメータ情報を取得する前方カメラと、障害物に関する第二パラメータ情報を取得するミリ波レーダと、第一パラメータ情報と第二パラメータ情報とに基づいて前方カメラ又はミリ波レーダの方位角の軸ずれ量を算出し、算出された軸ずれ量に基づいて前方カメラ又はミリ波レーダの軸ずれを補正する補正部と、軸ずれ量を記憶する記憶部とを備えている（要約参照）。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

40

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 2 4 9 6 1 3 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 の障害物検出装置は一般道を走行する車両を対象としたものである。ミリ波レーダはセンサの特性上横位置分解能が低く、鉱山ダンプのような大きな車両や、ショベルのような特殊な形状の車両の中心位置を検出する場合は横位置の誤差が大きくなりやすいという問題がある。誤差の大きい検出結果に基づき、上記の方法でカメラとミリ波レーダの軸ずれを補正した場合、補正前よりも障害物検出精度がかえって悪化する可能性があ

50

る。

【0008】

本発明は、以上の課題に鑑みてなされたものであり、種類の異なる複数のセンサを組み合わせ、障害物検出を行う場合において、複数のセンサの軸ずれ（位置ずれ）を検知、補正し、正確な障害物検出を可能にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明のキャリブレーション装置は、計測領域内の幾何学的形状を計測可能な第1計測装置と障害物の位置を検出可能な第2計測装置とを有し、車両の周囲に存在する障害物を検出する障害物検出装置に設けられ、前記第1計測装置及び前記第2計測装置の位置ずれを補正するキャリブレーション装置において、

前記第1計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内に存在する障害物の高さ、横幅、形状、画像的特徴又は種類のうち少なくともいずれか一つの情報を検出可能な障害物認識部と、

前記障害物認識部で検出した情報に基づき、前記障害物が前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを検出するのに適した障害物か否かを判定する位置ずれ判定許可部と、

前記位置ずれ判定許可部によって位置ずれを検出するのに適した障害物であると判定された障害物に対する前記第1計測装置による検出位置と、前記障害物に対する前記第2計測装置による検出位置とに基づいて、前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれ量を検出するセンサ間キャリブレーション部と、

前記第1計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内の障害物の位置を計測する第1障害物検出部と、

前記第2計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内の障害物の位置を計測する第2障害物検出部と、

前記位置ずれ判定許可部が障害物を前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを判定するのに適した障害物であると判定した場合に、前記第1障害物検出部が検出した前記障害物の位置情報と前記第2障害物検出部が検出した前記障害物の位置情報とに基づいて、前記第1計測装置と前記第2計測装置の設置位置にずれが生じているかを判定する位置ずれ判定部と、

前記第1計測装置と前記第2計測装置との設置位置のずれの有無を報告する位置ずれ報告部と、

を備え、

前記位置ずれ判定部は、前記第1障害物検出部の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第1障害物検出情報蓄積部と前記第2障害物検出部の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第2障害物検出情報蓄積部とを有し、

前記位置ずれ判定部は、前記第1障害物検出部が検出した障害物位置と前記第2障害物検出部が検出した障害物位置とが同じ時刻に事前に設定した距離以内に接近した場合に、前記第1障害物検出部が検出した障害物と前記第2障害物検出部が検出した障害物とが同一の障害物であると判定し、前記第1計測装置が検出した前記障害物の位置情報と前記第2計測装置が検出した前記障害物の位置情報とに基づいて前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれ量を検出する。

【発明の効果】

【0010】

本発明に係るキャリブレーション装置においては、経年変化等により生じるセンサ間の相対位置変化の補正を、キャリブレーションを行うのに適した障害物の選定から補正まで自動で行うことができる。これにより障害物検出装置の健全な状態を維持することができる。

【0011】

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。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る構成の概要を示したブロック図である。

【図 2】ターゲットの大小による障害物検出位置の分散について示した概念図である。

【図 3】本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る動作手順を示すフローチャート図である。

【図 4】センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。

【図 5】センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。

【図 6】第 1 計測装置と第 2 計測装置とが計測した障害物に対して同一か否かを判定する方法について解説した概念図である。 10

【図 7】第 1 計測装置と第 2 計測装置が計測した障害物に対して同一か否かを判定する方法について解説した概念図である。

【図 8】位置ずれ判定の指標について解説した概念図である。

【図 9】第 2 計測装置と第 2 計測装置との位置ずれを判定する動作手順を示すフローチャート図である。

【図 10】センサ間のキャリブレーションの実行の有無を判定する動作手順を示すフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

20

図 1 は、本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る構成の概要を示したブロック図である。

【 0 0 1 4 】

車両 1 は、障害物検出装置 2 0 0 を備える。障害物検出装置 2 0 0 は車両 1 の周囲に存在する障害物を検出する。障害物検出装置 2 0 0 は、複数のセンサとして、車体の前方（前側）に第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 とを備えている。第 1 計測装置は単眼カメラ、ステレオカメラ、L I D A R、T O F センサなどの障害物の形状を計測可能なセンサとする。すなわち、第 1 計測装置 1 1 は計測領域内の幾何学的形状を計測可能なセンサである。第 2 計測装置 1 2 はミリ波センサのような障害物の位置を計測可能なセンサとする。なお、本実施例では、第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 とを車両の前方に取り付けているが、第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 が計測する計測領域の一部、あるいは全部が重畳していれば、第 1 計測装置 1 1 及び第 2 計測装置 1 2 の設置位置に関わらず本発明を実施することができる。 30

【 0 0 1 5 】

本実施例では、車両 1 として、鉱山で使用される鉱山用ダンプトラックについて説明している。車両 1 は、鉱山で使用される、鉱山用ダンプトラック以外の車両であっても良い。鉱山用ダンプトラックと鉱山用ダンプトラック以外の車両とを含めて鉱山用作業機械という。また、本発明のキャリブレーション装置 1 3 0 は、鉱山用作業機械以外の車両にも適用可能である。

【 0 0 1 6 】

40

最初に、第 1 計測装置 1 1 を用いた位置ずれ判定の対象となる障害物の選定について説明する。

【 0 0 1 7 】

障害物の選定を行うために、キャリブレーション装置 1 3 0 には、判定許可部 1 3 1 が設けられている。判定許可部 1 3 1 は、第 1 障害物検出部 1 1 2 と、障害物認識部 1 1 3 と、位置ずれ判定許可部 1 1 4 とを有する。判定許可部 1 3 1 は、位置ずれ判定を行うための対象障害物を選定する障害物選定部を構成する。以下、位置ずれ判定を行うための障害物又は位置ずれ判定に向いている対象物を、対象障害物という。

【 0 0 1 8 】

なお、キャリブレーション装置 1 3 0 は、第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 との位 50

置ずれを補正する装置であり、図 1 では、キャリブレーション装置 130 と第 1 計測装置 11 及び第 2 計測装置 12 とを別々の構成にしている。しかし、第 1 計測装置 11 及び第 2 計測装置 12 をキャリブレーション装置 130 に含めても良い。

【0019】

第 1 計測装置 11 が計測領域内の計測を行い、その情報に基づき第 1 障害物検出部 112 が障害物の位置を検出する。さらに障害物認識部 113 は第 1 計測装置 11 及び第 1 障害物検出部 112 の情報に基づき第 1 障害物検出部 112 で計測した障害物の情報を認識する。このとき認識する障害物の情報は障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ以上である。

【0020】

図 2 は、ターゲットの大小による障害物検出位置の分散について示した概念図である。図 2 は、車両 1 が大型のターゲット 21 と小型のターゲット 22 を計測している様子を示したものである。

【0021】

計測領域 31 内にターゲット(大型) 21 が存在している。このとき第 2 計測手段が計測する位置は計測領域内に存在するターゲット(大型) 21 のどこか一部と推定される。このため、大型のターゲット 21 の場合には、ターゲットが一般乗用車のようなターゲット(小型) 22 の場合に比べ、その分散も大きくなる傾向にある。本実施例では、第 1 計測装置 11 と第 2 計測装置 22 の設置位置のずれを第 1 障害物検出部 112 と第 2 障害物検出部 122 の検出した同一障害物の位置情報に基づいて判定することを想定している。そのため、障害物の検出位置の分散が大きいターゲット(大型) 21 に比べ、障害物の検出位置の分散が小さいターゲット(小型) 22 のほうがセンサ間のずれを判定するのに適しているといえる。

【0022】

位置ずれ判定許可部 114 は障害物認識部 113 が検出した障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類に基づき障害物が第 1 計測装置 11 と第 2 計測装置 12 の位置ずれを判定するのに適しているか否かを判定する。例えば事前に障害物の高さや横幅の範囲を設定し、その範囲内に収まっていればその障害物は位置ずれを判定する障害物に向いていると判定する。

【0023】

もしくは障害物データベース部 118 の情報を利用して、位置ずれを判定する障害物に向いているか否かを判定しても良い。障害物データベース部 118 は事前にセンサ間の位置ずれ判定に適している障害物の情報を登録する記憶装置によって構成される。障害物データベース部 118 は、対象障害物を判定するための上記障害物の高さや横幅の範囲を記憶しても良い。

【0024】

検出した障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ、あるいは複数の項目が一致したとき(条件を満たしたとき)、位置ずれ判定許可部 114 はその障害物をセンサ間の位置ずれ判定に適していると判断する。すなわち、位置ずれ判定許可部 114 はその障害物を対象障害物に選定する。

【0025】

以下、図 3 のアルゴリズムフローを用いて説明する。図 3 は、本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る動作手順を示すフローチャート図である。

【0026】

第 1 計測装置 11 及び計算機 13 に電源が入り、障害物の計測を開始する(ステップ S1)。第 1 計測装置 11 が計測領域内の形状情報を第 1 障害物検出部 112 に送る(ステップ S2)。第 1 障害物検出部 112 は、第 1 計測装置 11 からの形状情報に基づいて障害物の位置を判定する(ステップ S3)。次に第 1 計測装置 11 の計測した計測領域内の形状情報と第 1 障害物検出部 112 が検出した障害物の位置情報に基づき、障害物認識部 113 が障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ以上を検出する(ステ

10

20

30

40

50

ップS4)。位置ずれ判定許可部114は、障害物認識部113が検出した障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ、あるいは複数が事前に設定した条件を満たした場合、第1計測装置11と第2計測装置12の位置ずれを検出するのに適した障害物(対象障害物)があったと判断し、位置ずれ判定を許可する(ステップS5)。ステップS5で位置ずれ判定を許可されていた場合、ステップ7に移行する(ステップS6)。ステップS5で位置ずれ判定を許可されていなかった場合、ステップS1に戻る(ステップS6)。ステップS7では、対象障害物の有無及び位置情報をシステムに提示する(ステップS7)。このときの提示方法としては、ディスプレイ125(図1参照)にこれらの情報を提示する方法、別の処理部に位置ずれを検出するのに適した障害物の有無と位置情報を渡す方法がある。

10

【0027】

次に、図4～図9を用いて、第1計測装置11と第2計測装置12との間の位置ずれ検出方法について説明する。

【0028】

図1に示すように、第1計測装置11と第2計測装置12との間の位置ずれを検出するために、キャリブレーション装置130には、判定部132が設けられている。判定部132は、第2障害物検出部122と、位置ずれ判定部115とを有する。キャリブレーション装置130は、第2計測装置12と第2障害物検出部122と位置ずれ判定部115とを用い、第1計測装置11と第2計測装置12との間の位置ずれを検出する。検出した位置ずれ情報は、位置ずれ報告部116により報告される。

20

【0029】

なお、判定許可部131と判定部132と後述するセンサ間キャリブレーション部117とは、キャリブレーション装置130を構成する。

【0030】

図4に第1計測装置11と第2計測装置12とが初期設定位置より位置ずれを起こしていない場合の計測結果を示す。図4は、センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。第1計測装置11が検出した障害物位置と第2計測装置12が検出した障害物位置とが重なっていることがわかる。

【0031】

次に、図5に第1計測装置11と第2計測装置12の設置位置が初期設定位置よりずれてしまった場合を示す。図5は、センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。この例では第2計測装置12が第1計測装置11に対し、ヨー方向に θ の角度だけずれてしまっている。このため、第2計測装置12のセンサ座標系は第1計測装置11のセンサ座標系に対しヨー方向に θ だけずれている。その結果、同一のターゲットを計測しているはずが、センサ間の位置がずれてしまったことにより、図5のように障害物の検出位置が重なっていない。この場合、ひとつの障害物を複数個あるように誤認識する恐れがあるため、このセンサ間のずれの状態を検出する必要がある。

30

【0032】

図1に示すように、障害物の位置を検出可能な第2計測装置12が計測した計測領域内の情報に基づいて、第2障害物検出部122が障害物を検出する。第1計測装置11が計測した情報に基づいて位置ずれ判定許可部114が障害物の位置ずれ判定に適した障害物が存在すると判定した場合、その判定に適した障害物と同一の障害物を第2障害物検出部122で検出された障害物の中から探索する。同一障害物の探索方法については、センサ間のずれが生じた場合も、近方ではずれ量が大きくならないことを利用する。

40

【0033】

同一障害物の探索方法について図6及び図7を用いて説明する。図6及び図7は、第1計測装置と第2計測装置とが計測した障害物に対して同一か否かを判定する方法について解説した概念図である。

【0034】

図6に示すように、時刻 t のとき、事前に設定した障害物の対応を判定する領域内に障

50

害物が存在し、第1計測装置11の検出した障害物位置と第2計測装置12の検出した障害物位置とが重なっている。このとき、この二つの障害物は同一障害物であると判定する。さらに、それ以降の時刻 $t+1$ 、 $t+2$ 、 \dots 、 $t+n$ でも、第1計測装置11と第2計測装置12とがそれぞれ障害物を追従できる限り、この障害物は同一障害物であるとみなし、それらの位置情報を位置ずれ判定部115に記憶する。

【0035】

このために、位置ずれ判定部115は、第1障害物検出部112の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第1障害物検出情報蓄積部115aと第2障害物検出部122の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第2障害物検出情報蓄積部115bとを有する。

【0036】

一方でその同一障害物と判定する前の時刻 $t-1$ 、 $t-2$ 、 \dots 、 $t-n$ においても同様に、第1計測装置11の検出した障害物位置と第2計測装置12の検出した障害物位置とを同一障害物の障害物情報として位置ずれ判定部115に記憶する(図7)。位置ずれ判定部115に記憶された第1計測装置11と第2計測装置12とが検出した同一の障害物の情報から位置ずれが生じていると判断した場合、位置ずれ判定部は位置ずれ報告部116に第1計測装置11の設置位置と第2計測装置12の設置位置とがどの程度ずれているか報告する。

【0037】

図8を用いて、位置ずれを判定する方法について説明する。図8は、位置ずれ判定の指標について解説した概念図である。

【0038】

位置ずれを判定する方法としては、例えば図8のように第1障害物検出部112と第2障害物検出部122が検出した障害物のうち、同一でかつ同時刻に検出した障害物の位置情報のペアを計測1、計測2、計測3とする。このときの各ペアの障害物位置の距離を計測する。この距離の最大値が設定した閾値を超えた場合、もしくは累積値が設定した閾値を超えた場合、第1計測装置11と第2計測装置12は位置ずれを起こしていると判定する。

【0039】

図9を用いて、位置ずれを判定するアルゴリズムフローについて説明する。図9は、第2計測装置と第2計測装置との位置ずれを判定する動作手順を示すフローチャート図である。

【0040】

ステップ1からステップ7までは図3で説明した内容と同様である。第2計測装置12が計測領域内を計測する(ステップS8)。その情報に基づき第2障害物検出部122で障害物の有無、位置を検出する(ステップS9)。ステップS7で位置ずれ判定許可報告をシステムが受けた場合、位置ずれ判定を実施する(ステップS10)。まず位置ずれ判定部115において、ステップS3で第1障害物検出部112が検出し、ステップS5において位置ずれ判定に適していると判定された障害物を、第2障害物検出部122が検出した障害物の中から探索する。対応する障害物があった場合、位置ずれ判定を実施する(ステップS10)。位置ずれがあると判定した場合、ステップS11からステップS12に移行する。位置ずれがなかった場合は、ステップS1に移行する。また、ステップS10にて、第2障害物検出部122が検出した障害物の中に、ステップS5において位置ずれ判定に適していると判定された障害物と同一の障害物がなかった場合も、ステップS1に移行する。位置ずれ判定部115が位置ずれ有りと判定した場合、位置ずれ報告部116(図1参照)は第1計測装置11と第2計測装置12の設置位置が初期設定位置よりずれていることを報告する。このときの提示方法としては、ディスプレイ125にこれらの情報を提示する方法、別の処理部に位置ずれ情報を渡す方法がある。

【0041】

なお、図1では、位置ずれ報告部116をキャリブレーション装置(キャリブレーション部)130とは別に設ける構成になっている。しかし、位置ずれ報告部116はキャリ

10

20

30

40

50

ブレーション装置 130 の内部に設けられても良い。

【0042】

次に、センサ間のキャリブレーションについて説明する。図10は、センサ間のキャリブレーションの実行の有無を判定する動作手順を示すフローチャート図である。

【0043】

位置ずれ報告部 116 が第1計測装置 11 と第2計測装置 12 の設置位置が初期位置よりずれていると報告した場合、センサ間キャリブレーション部 117 はそのずれがプログラム上のパラメータ補正で対応可能か否かを判定する。対応可能であると判定した場合、第1計測装置 11 と第2計測装置 12 との間のキャリブレーションを実施し、どの程度パラメータ補正すればよいか演算する。対応不可であると判定した場合、第1計測装置 11 及び第2計測装置 12 の機能を停止し、大きなセンサ間の位置ずれが生じたことをユーザ側に報告する。

10

【0044】

パラメータ補正で対応可能か否かを判定する方法としては、例えば図8のように第1障害物検出部 112 と第2障害物検出部 122 が検出した障害物のうち、同一でかつ同時刻に検出した障害物の位置情報のペアを計測1、計測2、計測3とする。このときの各ペアにおける障害物間の距離を計測する。この距離の最大値が設定した閾値を超えた場合、もしくは累積値が設定した閾値を超えた場合、第1計測装置 11 と第2計測装置 12 は位置ずれを起こしていると判定する。

20

【0045】

またキャリブレーションにおいては、例えば各ペアにおける障害物間の距離の二乗和を最小化するような相対位置パラメータを探索する。探索した中でもっとも障害物間の距離の二乗和が小さかったものを新しいセンサ間位置と設定する方法がある。パラメータの探索方法としては最急勾配法、最小二乗法、ニュートン法、レーベンバーグマルカート法などがある。

【0046】

図10のアルゴリズムフローに基づき具体的に説明する。ステップS12以前には、図9で説明した内容のステップが実行される。

【0047】

ステップS12にて第1計測装置 11 と第2計測装置 12 の位置ずれの報告があった場合、その位置ずれが補正可能か判定する(ステップS13)。この判定は、図9のステップS10で算出した評価値を基に行う。事前に設定した条件を満たしていれば位置ずれのパラメータ補正が可能であるとして、ステップS16に移行する。条件を満たせない場合はステップS14に移行する。

30

【0048】

ステップS14に移行した場合、第1計測装置 11 と第2計測装置 12 の位置ずれが修正不可能であることをユーザ側に提示する(ステップS14)。提示方法としては、ブザー音による提示やディスプレイ 125 への提示が考えられる。その後、誤作動を防止するために、外界センサ(第1計測装置 11、第2計測装置 12)の機能を自動的に停止する(ステップS15)。

40

【0049】

ステップS16では自動キャリブレーションを実施し、現在の第1計測装置 11 と第2計測装置 12 の相対位置を求める。求めた相対位置に基づいて、第1計測装置 11 と第2計測装置 12 に生じた位置ずれを補正する。

【0050】

この補正は、図7の場合、以下のように実施される。図7では、第1計測装置 11 で検出された障害物と第2計測装置 12 で検出された障害物とが同一の障害物であることは、時刻 t に判明する。この時刻 t では、第1計測装置 11 で検出された障害物と第2計測装置 12 で検出された障害物との相対位置から、第1計測装置 11 と第2計測装置 12 に生じた位置ずれを正確に検出することは難しい。

50

【0051】

そこで、時刻を遡って第1計測装置11と第2計測装置12に生じた位置ずれを検出する。例えば、同一の障害物と判定された障害物について、時刻 $t-1$ 又は時刻 $t-2$ まで時刻を遡り、第1計測装置11で検出された障害物と第2計測装置12で検出された障害物との相対位置関係を演算により求める。

【0052】

時刻 $t-1$ 又は時刻 $t-2$ においては、第1計測装置11で検出された障害物の位置と第2計測装置12で検出された障害物の位置との間に大きな差が生じている。遡る時刻については、時刻 $t-2$ よりも前の時刻であっても良い。第1計測装置11で検出された障害物の位置と第2計測装置12で検出された障害物の位置との差は、通常、時間を遡るほど大きくなる。そして、求めた2つの障害物の相対位置関係に基づいて、第1計測装置11と第2計測装置12に生じた位置ずれを精度よく検出することができる。

10

【0053】

あるいは、図6の場合には、現時点(時刻 t)で同一の障害物を第1計測装置11と第2計測装置12とで検出していることが分かっている。そこで、将来の時刻 $t+1$ 、 $t+2$ 、 \dots 、 $t+n$ において、第1計測装置11で検出される障害物の位置と第2計測装置12で検出される障害物の位置との間に差が生じた場合に、この差に基づいて、第1計測装置11と第2計測装置12に生じた位置ずれを検出するようにしてもよい。

【0054】

本実施例によれば、経年変化等により生じるセンサ間の相対位置変化の補正を、キャリブレーションを行うのに適した障害物の選定から補正まで自動で行うことができる。これにより障害物検出装置の健全な状態を維持することができる。特に、鉱山用のダンプトラックでは、オフロードを走行するため、いつセンサ間の位置ずれが生じるかわからない。従って、障害物の選定から補正まで自動でキャリブレーションを行えることは、車両の稼働率の向上に繋がる。

20

【0055】

また、鉱山用のダンプトラックでは、現地(鉱山)で組立てを行う場合が多い。本実施例を適用することにより、現地で組み立てたダンプトラックにおいて、障害物検出装置のキャリブレーションを簡単かつ正確に実施することができる。

【0056】

なお、本発明は上記した各実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

30

【0057】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD(Solid State Drive)等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

40

【0058】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

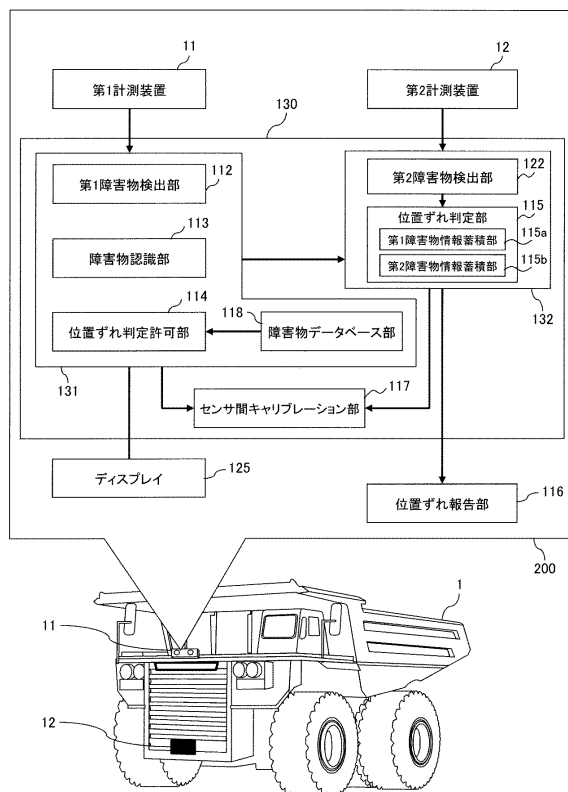
【0059】

50

１…車両（鉱山用作業機械）、１１…第１計測装置、１２…第２計測装置、１１２…第１障害物検出部、１１３…障害物認識部、１１４…位置ずれ判定許可部、１１５…位置ずれ判定部、１１６…位置ずれ報告部、１１７…センサ間キャリブレーション部、１１８…障害物データベース部、１２２…第２障害物検出部、１３０…キャリブレーション装置、１３１…判定許可部、１３２…判定部、２００…障害物検出装置。

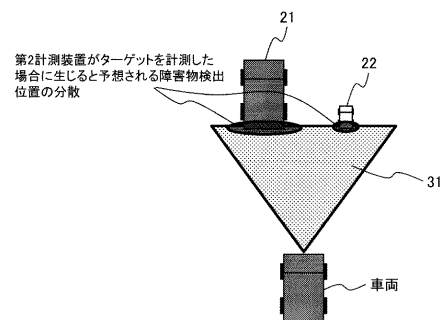
【 図 1 】

图 1

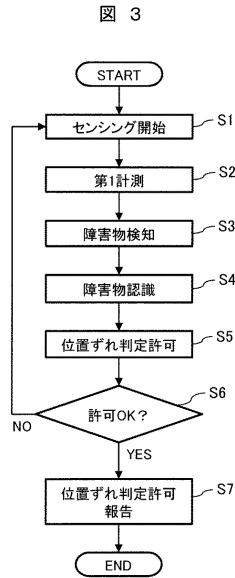


【圖 2】

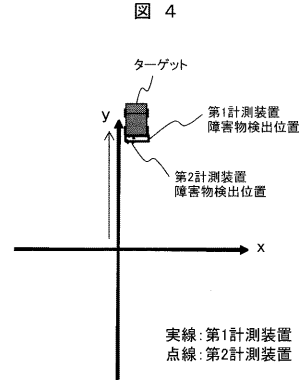
图 2



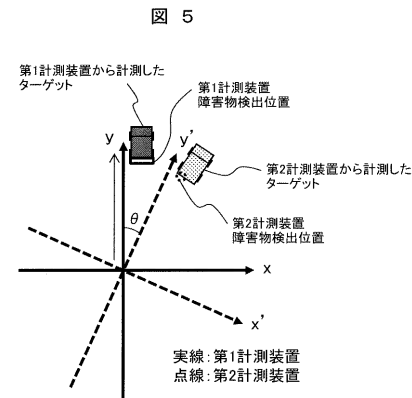
【図 3】



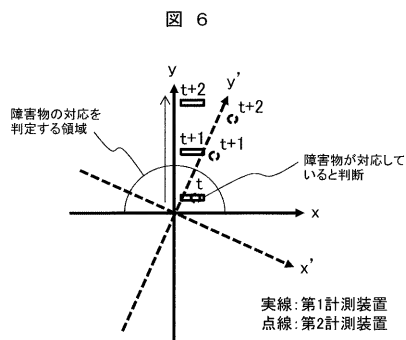
【図 4】



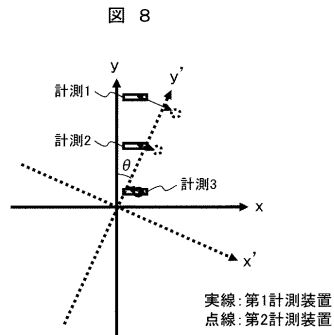
【図 5】



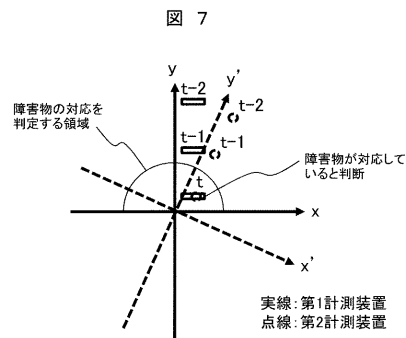
【図 6】



【図 8】

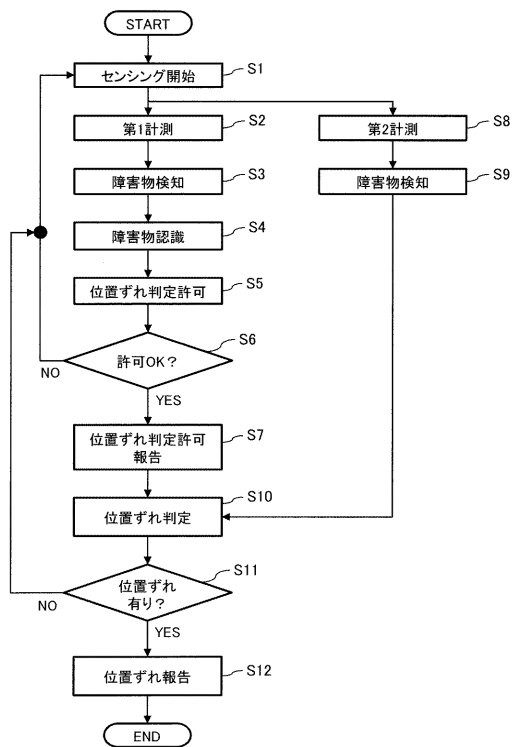


【図 7】



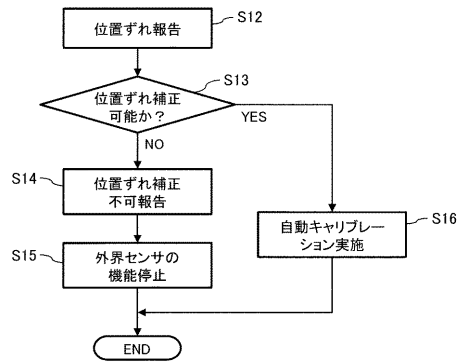
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10



フロントページの続き

審査官 安井 英己

- (56)参考文献 特開2011-220732(JP, A)
国際公開第2015/005001(WO, A1)
特開2010-249613(JP, A)
米国特許出願公開第2007/0055446(US, A1)
米国特許出願公開第2007/0182623(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S 7/00 - 7/42,
G01S 13/00 - 13/95,
G08G 1/16,
B60R 21/00,
E02F 9/24