

(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4月21日(21.04.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/060281 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/86 (2006.01) G01S 17/89 (2006.01)
G01C 21/26 (2006.01) G01S 17/93 (2006.01)
G01S 13/89 (2006.01) G01S 19/45 (2010.01)
G01S 13/93 (2006.01) G08G 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/080864
- (22) 国際出願日: 2015年10月30日(30.10.2015)
- (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: 株式会社小松製作所(KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 坂井 敦(SAKAI, Atsushi); 〒2548555 神奈
川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松
製作所 ICTソリューション本部内 Kanagawa
(JP). 龍満 光広(RYUMAN, Mitsuhiro); 〒2548555
神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社
小松製作所 ICTソリューション本部内
Kanagawa (JP). 遠嶋 雅徳(TOJIMA, Masanori); 〒
2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1
株式会社小松製作所 ICTソリューション本
部内 Kanagawa (JP). 西嶋 章治(NISHIJIMA, Aki-
haru); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-5

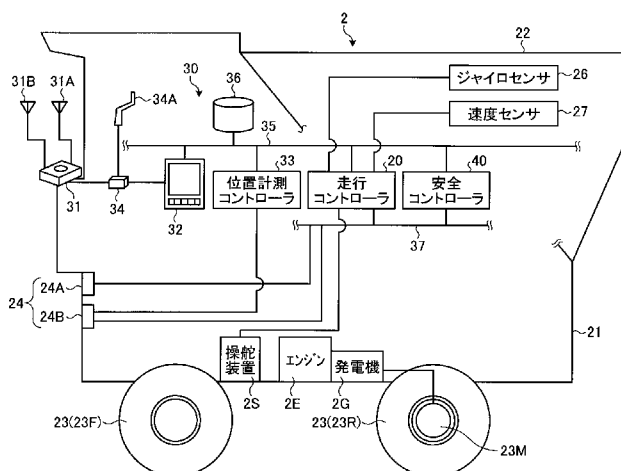
ー1 株式会社小松製作所 ICTソリュー
ション本部内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所
(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒
1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号
虎の門三井ビルディング 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), ユー
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),

[続葉有]

(54) Title: CONTROL SYSTEM FOR WORK MACHINE, WORK MACHINE, MANAGEMENT SYSTEM FOR WORK MACHINE, AND CONTROL METHOD AND PROGRAM FOR WORK MACHINE

(54) 発明の名称: 作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、作業機械の制御方法及びプログラム



2E Engine
2G Generator
25 Steering device
20 Travel controller
26 Gyro sensor
27 Velocity sensor
33 Position measurement controller
40 Safety controller

(57) Abstract: A control system 30 for a work machine is provided with: a GPS receiver 31 that uses GPS to detect the GPS position of a dump truck; a determination unit that determines whether the error in the detected GPS position exceeds a prescribed error; a laser sensor 24B that detects the positions of objects in the vicinity of the dump truck; and a database 36 for map storage, in which, if the determination unit determines that the error in the GPS position of the dump truck detected by the GPS receiver 31 does not exceed the prescribed error, a detection result regarding an upward protrusion that protrudes upward is extracted from the detection results of the laser sensor 24B, and the extracted detection result regarding the upward protrusion is stored as map information.

(57) 要約: 作業機械の制御システム30は、GPSを用いてダンプトラックのGPS位置を検出するGPS受信器31と、検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下であるかを判定する判定部と、ダンプトラックの周囲の物体の位置を検出するレーザーセンサ24Bと、GPS受信器31が検出したダンプトラックのGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定部が判定すると、レーザーセンサ24Bの検出結果から上方に突出した上方突出物に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物に関する検出結果を地図情報として記憶するマップ保存用データベース36と、を備える。

する検出結果を地図情報として記憶するマップ保存用データベース36と、を備える。

WO 2016/060281 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則 48.2(h))

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 出願人の請求に基づく第 21 条(2)(a)による期間経過前の公開。

明 細 書

発明の名称：

作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、作業機械の制御方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、作業機械の制御方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 鉱山の採掘現場においては、例えば特許文献１に開示されているような、ダンプトラックなどの作業機械としての鉱山機械が稼働する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開平１１－２４２５２０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 鉱山の走行経路を自律走行する作業機械は、電離層に異常が生じると、全地球航法衛星システムを用いて検出された位置の精度が低下し、稼働が停止されることがある。その結果、鉱山における生産性が低下する可能性がある。

[0005] 本発明は、鉱山における生産性の低下を抑制できる作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、作業機械の制御方法及びプログラムを提供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、走行経路を走行する作業機械の制御システムであって、作業機械の位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段が検出した位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定する判定手段と、前記作業機械の周

囲の物体の位置を検出する非接触センサと、前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差以下であると前記判定手段が判定すると、前記非接触センサの検出結果から上方に突出した上方突出物に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物に関する検出結果を地図情報として記憶する地図情報記憶手段と、を備える。

[0007] 前記地図情報記憶手段は、前記作業機械の停車を検出した場合に、前記地図情報の記憶を休止することが好ましい。

[0008] 前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差を超えていると前記判定手段が判定すると、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記地図情報とを照合することにより前記作業機械の位置を特定する位置計測手段を備えることが好ましい。

[0009] 前記位置計測手段は、前記作業機械の停車を検出した場合に、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記地図情報とを照合することにより前記作業機械の位置を特定することを休止することが好ましい。

[0010] 前記位置計測手段は、前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差以下であると前記判定手段が判定した場合に、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記地図情報とを照合することにより前記作業機械の位置を特定して、前記走行経路に従って前記位置計測手段が特定した前記作業機械の位置に基づいて前記作業機械を走行させることが適しているか否かを判定することが好ましい。

[0011] 前記位置計測手段は、前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差以下であると前記判定手段が判定した場合に、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記走行経路の地図情報とを照合することにより得られた前記作業機械の位置と、前記位置検出手段が検出した位置との距離を検出し、記憶することが好ましい。

[0012] 本発明は、前記作業機械の制御システムと、鉱山に設けられる走行経路を走行する車両本体と、を備える作業機械である。

[0013] 本発明は、前記作業機械と、鉱山に設置される管制施設に配置され、かつ前記作業機械の作業機械の制御システムに鉱山に設けられる走行経路に関する情報を送信する管理装置と、を備える作業機械の管理システムである。

[0014] 本発明は、走行経路を走行する作業機械を走行させる作業機械の制御方法であって、位置検出手段を用いて検出した作業機械の位置に基づいて前記作業機械を前記走行経路に従って走行させるとともに、前記検出した作業機械の位置の誤差が所定の誤差以下であると、前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサの検出結果から上方に突出した上方突出物に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物に関する検出結果を前記走行経路の地図情報として記憶する作業機械の制御方法である。

[0015] 本発明は、位置検出手段を用いて検出された位置に基づいて、鉱山に設けられる走行経路に従って走行する作業機械に設置されたコンピュータに、前記位置検出手段を用いて検出された前記作業機械の位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定するステップと、前記検出された位置の誤差が前記所定の誤差以下であると判定すると、前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサの検出結果から上方突出物に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物に関する検出結果を前記走行経路の地図情報として地図情報記憶手段に記憶するステップと、を実行させるプログラムである。

[0016] 本発明によると、鉱山における生産性の低下が抑制される。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、実施形態1に係る作業機械の管理システムの一例を示す図である。

[図2]図2は、実施形態1に係るダンプトラックの制御ブロック図である。

[図3]図3は、実施形態1に係るダンプトラックのハードウェア構成図である。

。

[図4]図4は、実施形態1に係るダンプトラックの障害物センサの正面図である。

[図5]図5は、図4に示された障害物センサのレーザーセンサの検出範囲を示す平面図である。

[図6]図6は、図4に示されたダンプトラックの障害物センサのレーザーセンサの検出範囲を示す側面図である。

[図7]図7は、実施形態1に係る作業機械の制御システムの走行コントローラが位置及び方位を特定する方法を説明する図である。

[図8]図8は、実施形態1に係る作業機械の制御システムの位置計測コントローラの照合航法演算部が位置及び方位を特定する方法を説明する図である。

[図9]図9は、実施形態1に係る作業機械の制御システムのマップ保存用データベースに記憶される地図情報の一部を示す図である。

[図10]図10は、図9中のXⅠV部を拡大して示す図である。

[図11]図11は、実施形態1に係る作業機械の制御システムのフローチャートの一例である。

[図12]図12は、図11のステップST4のフローチャートの一例である。

[図13]図13は、図12のステップST42のフローチャートの一例である。

[図14]図14は、図11のステップST6のフローチャートの一例である。

[図15]図15は、図14のステップST64のフローチャートの一例である。

[図16]図16は、実施形態1に係る作業機械の制御システムの照合航法演算部が検出した各位置及び方位の予想される検出結果の一例を示す図である。

[図17]図17は、実施形態1に係る作業機械の制御システムのレーザーセンサが現実検出した検出結果の一例を示す図である。

[図18]図18は、実施形態1に係る作業機械の制御システムの位置計測コントローラの照合航法演算部が最も近い検出結果を算出した状態の一例を示す図である。

[図19]図19は、実施形態2に係る作業機械の制御システムのフローチャートの一例である。

[図20]図20は、図19のステップST7のフローチャートの一例である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。

[0019] 実施形態1.

<作業機械の管理システムの概要>

図1は、実施形態1に係る作業機械の管理システムの一例を示す図である。

[0020] 作業機械の管理システム1（以下、管理システムと記す）は、管制施設7に配置された管理装置10を含み、作業機械の管理を行う。作業機械の管理は、作業機械の運行管理、作業機械の生産性の評価、作業機械のオペレータの操作技術の評価、作業機械の保全、及び作業機械の異常診断の少なくとも一つを含む。

[0021] 作業機械とは、鉱山における各種作業に用いる機械類の総称である。作業機械は、ボーリング機械、掘削機械、積込機械、運搬機械、破碎機及び作業者が運転する車両の少なくとも一つを含む。掘削機械は、鉱山を掘削可能である。積込機械は、運搬機械に積荷を積み込み可能である。積込機械は、油圧ショベル、電気ショベル、及びホイールローダの少なくとも一つを含む。運搬機械は、鉱山において移動可能な移動体を含み、積荷を運搬可能である。運搬機械は、ダンプトラックを含む。積荷は、採掘により発生した土砂及び鉱石の少なくとも一方を含む。破碎機は、運搬機械から投入された排土を破碎する。

[0022] 実施形態1においては、管理システム1により、鉱山を走行する作業機械である運搬機械が管理される。実施形態1においては、管理システム1により、作業機械であるダンプトラック2が管理される例について説明する。ダンプトラック2は、鉱山で用いられる鉱山機械でもあり、図1及び図2に示すように、鉱山における積込場LPAと、排土場DPAと、積込場LPA及び排土場DPAの少なくとも一方に通じる搬送路HLと搬送路HL同士が交

差する交差点 I S との少なくとも一部において稼働する。少なくとも一つの排土場 D P A は、排土を破砕する破砕機 C R が配置されることがある。鉱山は、積込場 L P A の外側、排土場 D P A の外側及び搬送路 H L の外側の少なくとも一以上に土が積み上げられて構成された土手 B K が設けられる。

[0023] ダンプトラック 2 は、鉱山において移動可能な移動体である。ダンプトラック 2 は、積込場 L P A、排土場 D P A、搬送路 H L、及び交差点 I S の少なくとも一部を走行可能である。ダンプトラック 2 は、搬送路 H L、及び交差点 I S の少なくとも一部を走行して、積込場 L P A と排土場 D P A との間を移動可能である。即ち、鉱山に設けられるダンプトラック 2 の走行経路 R P は、積込場 L P A、排土場 D P A、搬送路 H L、及び交差点 I S の少なくとも一部を含む。鉱山は、走行経路 R P の表面から上方に所定高さ以上突出した上方突出物 V P が設けられる。実施形態 1 において、上方突出物 V P は、土手 B K、積込場 L P A と排土場 D P A と搬送路 H L との内の少なくとも一つに設置される人工物 A F、及び、積込場 L P A と排土場 D P A と搬送路 H L との内の少なくとも一つに設置される壁 W L により構成されるが、標識や建物などの人工物や岩なども含まれる。これらに限定されない。所定高さは、ダンプトラック 2 が、自律走行する際に上方突出物 V P を乗り越えることが望ましくない高さである。

[0024] ダンプトラック 2 は、積込場 L P A において、積荷を積み込まれる。積込場 L P A は、鉱山において積荷の積込作業が行われる領域（場所）である。積込場 L P A において、ダンプトラック 2 以外の他の作業機械 3 である積込機械が、ダンプトラック 2 に積荷を積み込む。

[0025] ダンプトラック 2 は、排土場 D P A において、積荷を下ろす（排出する）。排土場 D P A は、鉱山において積荷の排出作業が行われる領域（場所）である。ダンプトラック 2 は、破砕機 C R が設けられた排土場 D P A において、破砕機 C R 内に積荷である排土を投入する。

[0026] 実施形態 1 において、ダンプトラック 2 は、管理装置 10 からの指令信号により走行経路 R P を自律走行する、所謂、無人ダンプトラックである。ダ

ンプトラック 2 は、作業者（運転者）の操作により走行しない。ダンプトラック 2 が、自律走行するとは、ダンプトラック 2 が作業者の操作により走行せずに管理装置 10 からの指令信号により走行することをいう。

[0027] 図 1 において、管理システム 1 は、管制施設 7 に配置され、ダンプトラック 2 の管理を行う管理装置 10 と、情報を伝達可能な通信システム 9 と、ダンプトラック 2 と、他の作業機械 3 と、を備えている。

[0028] 管理装置 10 は、鉱山の管制施設 7 に設置される。管制施設 7 を、管理施設 7 と称してもよいし、中央管制室 7 と称してもよい。管理装置 10 を、管制装置（中央管制装置）10 と称してもよいし、中央管制システム 10 と称してもよい。管理装置 10 は移動しない。なお、管理装置 10 が移動可能でもよい。

[0029] 通信システム 9 は、管理装置 10 とダンプトラック 2 と他の作業機械 3 との間において無線通信により情報を伝達する。管理装置 10 とダンプトラック 2 とは、通信システム 9 を介して双方向に無線通信可能である。管理装置 10 と他の作業機械 3 とは、通信システム 9 を介して双方向に無線通信可能である。ダンプトラック 2 と他の作業機械 3 とは、通信システム 9 を介して双方向に無線通信可能である。実施形態 1 において、通信システム 9 は、管理装置 10 とダンプトラック 2 と他の作業機械 3 との間において信号（電波）を中継する中継器 6 を複数有する。

[0030] 実施形態 1 において、ダンプトラック 2 の位置及び他の作業機械 3 の位置が、RTK-GNSS (Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite System、GNSS は、全地球航法衛星システムをいう) を利用して検出される。全地球航法衛星システムの一例としては、GPS (Global Positioning System) が挙げられるが、これに限定されない。RTK-GNSS は、複数の測位衛星 5 を有する。RTK-GNSS は、緯度、経度、及び高度を規定する座標系（グローバル座標系）における位置を検出する。RTK-GNSS により検出される位置は、緯度、経度、及び高度の座標データを含む。RTK-GNSS により、鉱山におけるダンプトラック 2 の位置

及び他の作業機械 3 の位置が検出される。RTK-GNSSにより検出される位置は、グローバル座標系において規定される絶対位置である。以下の説明においては、RTK-GNSSによって検出される位置を適宜、GPS位置、と称する。GPS位置は、絶対位置であり、緯度、経度、及び高度の座標データ（座標値）である。また、RTK-GNSSでは、測位衛星 5 の配置、電離層、対流圏、又は測位衛星 5 からの情報を受信するアンテナ周辺の地形の影響により測位の状態が変化する。この測位の状態には、例えば、Fix解（精度±1cmから2cm程度）、Float解（精度±10cmから数m程度）、Single解（精度±数m程度）、非測位（測位計算不能）等がある。

[0031] また、管理システム 1 は、鉱山におけるダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 の位置を、図 1 に示す互いに直交する X 軸方向と Y 軸方向とで規定される座標（以下、X-Y 座標と記す）により管理する。また、管理システム 1 は、ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 の方位を、北を零度とし、東を 90 度とし、南を 180 度とし、西を 270 度として管理する。ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 の方位は、ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 が前方に走行する際に、移動する方向である。なお、実施形態 1 において、Y 軸方向が、北を示しているが、これに限定されない。

[0032] <管理装置>

次に、管制施設 7 に配置される管理装置 10 について説明する。管理装置 10 は、ダンプトラック 2 の作業機械の制御システム 30 に鉱山に設けられる走行経路 RP に関する情報を送信するものであり、図 1 に示すように、コンピュータ 11 と、表示装置 16 と、入力装置 17 と、無線通信装置 18 と、GPS 基地局 19 と、を備えている。

[0033] コンピュータ 11 は、処理装置 12 と、記憶装置 13 と、入出力部 15 とを備えている。表示装置 16、入力装置 17、無線通信装置 18、及び GPS 基地局 19 は、入出力部 15 を介して、コンピュータ 11 と接続される。入出力部 15 は、処理装置 12 と、表示装置 16、入力装置 17、無線通信

装置 1 8、及び G P S 基地局 1 9 の少なくとも一つとの情報の入出力（インターフェース）に用いられる。

[0034] 処理装置 1 2 は、ダンプトラック 2 の管理に関する各種の処理及び他の作業機械 3 の管理に関する各種の処理を実行する。処理装置 1 2 は、通信システム 9 を介して取得した、ダンプトラック 2 の位置に関する情報及び他の作業機械 3 の位置に関する情報を処理する。処理装置 1 2 は、ダンプトラック 2 の走行経路 R P に関する情報を生成する。

[0035] 記憶装置 1 3 は、処理装置 1 2 と接続される。記憶装置 1 3 は、ダンプトラック 2 の管理に関する各種の情報及び他の作業機械 3 の管理に関する各種の情報を記憶する。記憶装置 1 3 は、ダンプトラック 2 の位置、及び他の作業機械 3 の位置を記憶する。記憶装置 1 3 は、処理装置 1 2 に各種の処理を実行させるためのコンピュータプログラムを記憶する。

[0036] 表示装置 1 6 は、例えば、液晶ディスプレイのようなフラットパネルディスプレイを含む。表示装置 1 6 は、ダンプトラック 2 の位置に関する情報及び他の作業機械 3 の位置に関する情報を表示可能である。

[0037] 入力装置 1 7 は、キーボード、タッチパネル、及びマウスの少なくとも一つを含む。入力装置 1 7 は、処理装置 1 2 に操作信号を入力可能な操作部として機能する。管制施設 7 の管理者は、入力装置 1 7 を操作して、処理装置 1 2 に操作信号を入力可能である。

[0038] 無線通信装置 1 8 は、管制施設 7 に配置される。無線通信装置 1 8 は、通信システム 9 の一部である。無線通信装置 1 8 は、入出力部 1 5 を介して、処理装置 1 2 と接続される。無線通信装置 1 8 は、アンテナ 1 8 A を有する。無線通信装置 1 8 は、ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 の少なくとも一方から送信された情報を受信可能である。無線通信装置 1 8 で受信した情報は、処理装置 1 2 に出力され、記憶装置 1 3 に記憶（登録）される。無線通信装置 1 8 は、ダンプトラック 2 と他の作業機械 3 の少なくとも一つに情報を送信可能である。

[0039] G P S 基地局 1 9 は、管制施設 7 に配置される。G P S 基地局 1 9 は、複

数の測位衛星 5 からの情報を受信するアンテナ 19 A と、アンテナ 19 A に接続された送受信装置 19 B と、を少なくとも備える。送受信装置 19 B は、アンテナ 19 A を介して測位衛星 5 からの情報を受信する受信機と、アンテナ 19 C を介してダンプトラック 2 に情報を送信する送信機と、CPU (Central Processing Unit) のようなマイクロプロセッサを有する演算処理装置と、ROM (Read Only Memory) 又は RAM (Random Access Memory) のようなメモリを有する記憶装置と、を少なくとも備える。送受信装置 19 B は、アンテナ 19 A が受信した情報から GPS 基地局 19 の GPS 位置を検出するとともに、ダンプトラック 2 の GPS 位置を補正するための補正観測情報を生成する。GPS 基地局 19 は、送受信装置 19 B がアンテナ 19 C を通して、ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 に補正観測情報を送信する。

[0040] コンピュータ 11 は、通信用の入出力部 15 と、制御プログラムを実行する CPU (Central Processing Unit) と、制御プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory) と、CPU の作業領域として使用される RAM (Random Access Memory) と、CPU により情報が登録される不揮発性メモリとを少なくとも備える。

[0041] 処理装置 12 の機能は、CPU が ROM に記憶された制御プログラムを読み込んで RAM の作業領域で実行することにより実現される。記憶装置 13 の機能は、ROM が制御プログラムを記憶することと、CPU により情報が不揮発性メモリに登録されることにより実現される。不揮発性メモリは、フラッシュメモリ及びハードディスクドライブの少なくとも一つを含み、データベースを実現する。また、複数の処理回路が、連携して、処理装置 12、及び記憶装置 13 の機能を実現してもよい。

[0042] <他の作業機械>

次に、他の作業機械 3 について説明する。実施形態 1 において、他の作業機械 3 は、ダンプトラック 2 以外の作業機械であり、作業者の操作により駆動する。他の作業機械 3 は、CPU (Central Processing Unit) を含みか

つ作業内容に関する各種の処理を実行する処理装置と、GPS位置を検出するGPS受信器と、管制施設7の無線通信装置18と情報を送受信する無線通信装置と、を少なくとも備える。他の作業機械3は、所定時間毎にGPS位置を無線通信装置が管制施設7の無線通信装置18に送信する。

[0043] <ダンプトラック>

次に、ダンプトラック2について説明する。図2は、実施形態1に係るダンプトラックの制御ブロック図である。図3は、実施形態1に係るダンプトラックのハードウェア構成図である。図4は、実施形態1に係るダンプトラックの障害物センサの正面図である。図5は、図4に示された障害物センサのレーザーセンサの検出範囲を示す平面図である。図6は、図4に示されたダンプトラックの障害物センサのレーザーセンサの検出範囲を示す側面図である。

[0044] 図3に示すように、ダンプトラック2は、車両本体21と、ベッセル22と、車輪23と、障害物センサ24と、作業機械の制御システム30と、を備える。

[0045] 車両本体21は、走行経路RPを走行するものである。車両本体21には、ディーゼルエンジンのような内燃機関2Eと、内燃機関2Eにより作動する発電機2Gと、発電機2Gで発生した電力により作動する電動機23Mと、が配置される。電動機23Mにより、車輪23のうち後輪23Rが駆動される。なお、内燃機関2Eの動力が、トルクコンバータを含むトランスミッションを介して後輪23Rに伝達されてもよい。また、車両本体21は、車輪23のうち前輪23Fを操舵する操舵装置2Sを備える。ベッセル22は、積込機械により積荷が積み込まれ、排出作業において持ち上げられて積荷を排出する。

[0046] 障害物センサ24は、図4に示すように、車両本体21の前部の下部に配置される。障害物センサ24は、車両本体21の前方の障害物を非接触で検出する。実施形態1において、障害物センサ24は、図4に示すように、非接触センサである複数のレーダー24Aと、非接触センサであるレーザーセ

ンサ 24 B と、を備える。レーダー 24 A は、ダンプトラック 2 の周囲の物体の位置を検出するものであり、電波を発射して、その電波を障害物に照射し、障害物により反射された電波を受信する。これにより、レーダー 24 A は、レーダー 24 A に対する障害物の方向及び距離を検出可能である。実施形態 1 において、レーダー 24 A は、車両本体 21 の左右方向に間隔をあけて三つ設けられているが、これに限定されない。

[0047] レーザーセンサ 24 B は、ダンプトラック 2 の周囲の物体の位置を検出するものであり、レーザー光線を発射して、そのレーザー光線を物体である障害物に照射し、障害物により反射されたレーザー光線を受信する。これにより、レーザーセンサ 24 B は、レーザーセンサ 24 B に対する障害物の方向及び距離を検出可能である。レーザーセンサ 24 B は、レーザー光線を発射し、反射されたレーザー光線を受信するために、レーザーセンサ 24 B の分解能は、レーダー 24 A の分解能よりも高分解能である。実施形態 1 において、レーザーセンサ 24 B は、図 4 に示すように、車両本体 21 の左右方向に間隔をあけて二つ設けられているが、これに限定されない。

[0048] レーザーセンサ 24 B は、上下方向の方位が異なる四本のレーザー光線を発射しながらレーザー光線を左右に揺動させるとともに障害物により反射されたレーザー光線を受信する。実施形態 1 において、二つのレーザーセンサ 24 B は、図 5 に示すように、車両本体 21 の平面視において、左右方向の中央でレーザー光線の照射範囲 I A H が重なり、かつ各々左右にレーザー光線を揺動させるが、これに限定されない。また、実施形態 1 において、レーザーセンサ 24 B は、図 6 に示すように、車両本体 21 の側面視において、車両本体 21 から水平方向よりも下方側に傾斜した方向を中心とする照射範囲 I A V 内にレーザー光線を照射するが、これに限定されない。

[0049] また、レーダー 24 A 及びレーザーセンサ 24 B は、作業機械の制御システム 30 の第 2 通信線 37 に接続される。また、レーザーセンサ 24 B は、作業機械の制御システム 30 の位置計測コントローラ 33 に接続される。

[0050] <作業機械の制御システム>

次に、作業機械の制御システムを説明する。図7は、実施形態1に係る作業機械の制御システムの走行コントローラが位置及び方位を特定する方法を説明する図である。図8は、実施形態1に係る作業機械の制御システムの位置計測コントローラの照合航法演算部が位置及び方位を特定する方法を説明する図である。図9は、実施形態1に係る作業機械の制御システムのマップ保存用データベースに記憶される地図情報の一部を示す図である。図10は、図9中のXIV部を拡大して示す図である。

[0051] 作業機械の制御システム30は、ダンプトラック2に設置されて、ダンプトラック2を走行経路RPに従って自律走行させるシステムである。作業機械の制御システム30は、図3に示すように、ジャイロセンサ26と、速度センサ27と、GPS受信器31と、走行経路作成装置32と、位置計測コントローラ33と、走行コントローラ20と、レーザーセンサ24Bと、無線通信装置34と、マップ保存用データベース36を少なくとも備える。この他に、作業機械の制御システム30は、第1通信線35と、第2通信線37と、安全コントローラ40とを備える。

[0052] 図3に示されるように、走行コントローラ20、走行経路作成装置32、位置計測コントローラ33、マップ保存用データベース36及び安全コントローラ40は、第1通信線35に接続される。これらは、第1通信線35を介して互いに通信して情報を送受信する。走行コントローラ20及び安全コントローラ40は、第2通信線37にも接続される。これらは、第2通信線37を介して互いに通信して情報を送受信する。実施形態1において、第1通信線35及び第2通信線37を用いた通信の規格は、ISO11898及びISO11519として標準化されたCAN (Controller Area Network) であるが、これに限定されない。

[0053] ジャイロセンサ26は、ダンプトラック2の方位（方位変化量）を検出する。ジャイロセンサ26は、走行コントローラ20と接続される。ジャイロセンサ26は、検出結果である検出信号を走行コントローラ20に出力する。走行コントローラ20は、ジャイロセンサ26の検出信号に基づいて、ダ

ンプトラック 2 の方位（方位変化量）を求めることができる。

[0054] 速度センサ 27 は、ダンブトラック 2 の走行速度を検出する。実施形態 1 において、速度センサ 27 は、車輪 23 の回転速度を検出して、ダンブトラック 2 の速度（走行速度）を検出する。速度センサ 27 は、走行コントローラ 20 と接続される。速度センサ 27 は、検出結果である検出信号を走行コントローラ 20 に出力する。走行コントローラ 20 は、速度センサ 27 の検出信号と、走行コントローラ 20 に内蔵されているタイマーからの時間情報とに基づいて、ダンブトラック 2 の移動距離を求めることができる。

[0055] GPS 受信器 31 は、GPS を用いてダンブトラック 2 の位置である GPS 位置を検出する位置検出手段である。GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からの情報を受信するアンテナ 31A と、GPS 基地局 19 からの補正観測情報を受信するアンテナ 31B と、が少なくとも接続される。アンテナ 31A は、測位衛星 5 から受信した情報に基づく信号を GPS 受信器 31 に出力し、アンテナ 31B は、受信した補正観測情報に基づく信号を GPS 受信器 31 に出力する。GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からの情報と、GPS 基地局 19 からの補正観測情報と、を用いて、アンテナ 31A の位置（GPS 位置）を検出する。具体的には、GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からの情報と、GPS 基地局 19 からの補正観測情報と、を比較して、任意の測位衛星 5 までの距離を求め、更に、測位衛星 5 からの電波の位相を調べて、アンテナ 31A の位置（GPS 位置）を検出する。実施形態 1 において、GPS 受信器 31 は、RTK (Real Time Kinematic) - GNSS を用いるが、これに限定されない。

[0056] GPS 受信器 31 は、アンテナ 31A の位置（GPS 位置）を検出することによって、ダンブトラック 2 の位置（GPS 位置）を検出する。また、GPS 受信器 31 は、アンテナ 31A の位置を検出する過程において、アンテナ 31A が情報を受信した測位衛星 5 の数などに基づいて、検出した GPS 位置の精度を示す Fix 解、Float 解、又は Single 解を検出する。GPS 受信器 31 は、GPS 位置を測位計算不能である場合に、非測位で

ある信号を出力する。実施形態 1 において、F i x 解の G P S 位置の精度は、ダンプトラック 2 が自律走行を行うことができる精度であり、F l o a t 解、S i n g l e 解の G P S 位置の精度は、ダンプトラック 2 が自律走行を行うことができない精度であるが、これらに限定されない。このように、G P S 受信器 3 1 は、検出した G P S 位置の精度を示す F i x 解、F l o a t 解、又は S i n g l e 解を検出し、測位計算不能である場合に非測位である信号を走行経路作成装置 3 2 を介して走行コントローラ 2 0 及び位置計測コントローラ 3 3 に出力する。

[0057] 走行経路作成装置 3 2 は、図 2 に示すように、管理装置 1 0 の処理装置 1 2 が生成した走行経路 R P に関する情報を記憶する経路位置記憶手段である経路位置記憶部 3 2 A を備える。走行経路作成装置 3 2 は、アンテナ 3 4 A が接続された無線通信装置 3 4 と接続している。無線通信装置 3 4 は、管理装置 1 0 及び自車両以外の作業機械 4 の少なくとも一つから送信された情報（指令信号を含む）を受信可能である。なお、自車両以外の作業機械 4 は、作業機械の制御システム 3 0 が設置されたダンプトラック 2 以外の作業機械 4 であり、ボーリング機械、掘削機械、積込機械、運搬機械、及び作業者が運転する車両を含む。即ち、自車両以外の作業機械 4 は、自車両以外のダンプトラック 2 を含む。

[0058] 無線通信装置 3 4 は、管制施設 7 の無線通信装置 1 8 が送信した走行経路 R P 及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を受信して、走行経路作成装置 3 2 及び位置計測コントローラ 3 3 に出力する。なお、走行経路 R P に関する情報及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報は、X - Y 座標で示されている。走行経路作成装置 3 2 は、無線通信装置 3 4 から走行経路 R P 及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を受信すると、経路位置記憶部 3 2 A に記憶する。走行経路作成装置 3 2 は、無線通信装置 3 4 から走行経路 R P 及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を受信すると、自車両であるダンプトラック 2 の位置及び方位を無線通信装置 3 4 を通して、管制施設 7 の無線通信装置 1 8 に送信する。また、走行経路作成

装置 3 2 は、第 1 通信線 3 5 に接続している。

[0059] 走行コントローラ 2 0 は、CPU (Central Processing Unit) と、制御プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory) と、CPU の作業領域として使用される RAM (Random Access Memory) と、不揮発性メモリと、を少なくとも備えるコンピュータである。走行コントローラ 2 0 は、GPS 受信器 3 1 が検出した GPS 位置及び位置計測コントローラ 3 3 が検出したダンプロック 2 の位置を受信する。走行コントローラ 2 0 は、GPS 受信器 3 1 が検出したダンプロック 2 の GPS 位置、又は位置計測コントローラ 3 3 の照合航法演算部 3 3 B が検出したダンプロック 2 の位置に基づいて、走行経路 RP に従ってダンプロック 2 を自律走行させる制御手段である。

[0060] 走行コントローラ 2 0 には、ダンプロック 2 の位置以外にジャイロセンサ 2 6 の検出結果であるダンプロック 2 の方位 (方位変化量) を示す検出信号及び速度センサ 2 7 の検出結果であるダンプロック 2 の走行速度を示す検出信号が入力する。実施形態 1 において、走行コントローラ 2 0 には、ダンプロック 2 の方位 (方位変化量) を示す検出信号及び速度センサ 2 7 の検出結果であるダンプロック 2 の走行速度を示す検出信号が、T 1 毎に入力する。また、走行コントローラ 2 0 は、無線通信装置 3 4、走行経路作成装置 3 2 及び第 1 通信線 3 5 を介して、GPS 受信器 3 1 と接続している。走行コントローラ 2 0 には、GPS 受信器 3 1 の検出結果である GPS 位置を示す検出信号が入力する。実施形態 1 において、GPS 位置を示す検出信号が、走行コントローラ 2 0 に T 1 よりも長い T 2 毎に入力する。

[0061] 走行コントローラ 2 0 は、GPS 受信器 3 1 の検出結果である GPS 位置、速度センサ 2 7 の検出結果であるダンプロック 2 の走行速度、及びジャイロセンサ 2 6 の検出結果であるダンプロック 2 の方位 (方位変化量) に基づいて、ダンプロック 2 の位置及び方位を特定する。実施形態 1 において、走行コントローラ 2 0 は、図 7 に示すように、GPS 受信器 3 1 の検出結果である GPS 位置、速度センサ 2 7 の検出結果であるダンプロック 2

の走行速度、及びジャイロセンサ26の検出結果であるダンブトラック2の方位（方位変化量）をカルマンフィルタKF（Kalman Filter）により統合して、ダンブトラック2の位置及び方位を特定する。具体的には、走行コントローラ20は、GPS受信器31からGPS位置が入力した時点のGPS位置及びジャイロセンサ26の検出結果である方位を基に、タイマーからの時間情報により速度センサ27の検出結果である走行速度を積分して、位置及び方位を特定する。走行コントローラ20は、位置及び方位の検出前、検出中、検出後のいずれかにおいてGPS位置をX-Y座標の位置に変換する。

[0062] 走行コントローラ20は、ダンブトラック2の位置が走行経路情報に含まれる走行経路RPの位置と重なる、即ち、ダンブトラック2が走行経路RPに従って走行するように、ダンブトラック2のアクセル、図示しない制動装置及び操舵装置2Sの少なくとも1つを制御する。このような制御により、走行コントローラ20は、ダンブトラック2を走行経路RPに沿って走行させる。走行コントローラ20の機能は、CPUがROMに記憶された制御プログラムを読み込んでRAMの作業領域で実行することにより実現される。また、複数の処理回路が、連携して、走行コントローラ20の機能を実現してもよい。

[0063] 位置計測コントローラ33は、図2に示すように、判定部33Aと、照合航法演算部33Bと、グリッドマップ作成部33Cと、を備える。位置計測コントローラ33は、ダンブトラック2が走行経路RPに従って走行する際に、GPS受信器31の検出結果であるダンブトラック2のGPS位置及びレーザーセンサ24Bの検出結果から上方突出物VP（実施形態1において、主に土手BK）の位置を検出し、検出した上方突出物VPの位置を走行経路RPの地図情報MIとしてマップ保存用データベース36に記憶させるものである。位置計測コントローラ33は、第1通信線35に接続している。位置計測コントローラ33には、第1通信線35及び走行コントローラ20を介してジャイロセンサ26の検出結果であるダンブトラック2の方位（方

位変化量)を示す検出信号及び速度センサ27の検出結果であるダンプトラック2の走行速度を示す検出信号が入力する。

[0064] また、位置計測コントローラ33は、無線通信装置34、走行経路作成装置32及び第1通信線35を介して、GPS受信器31と接続している。位置計測コントローラ33には、GPS受信器31の検出結果であるGPS位置を示す検出信号が入力する。

[0065] 判定部33Aは、GPS受信器31が検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定する判定手段である。実施形態1において、判定部33Aは、GPS位置の解がFix解であるか否かを判定し、GPS位置の解がFix解であると、検出したダンプトラック2のGPS位置の精度が高精度でありかつGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定する。判定部33Aは、GPS位置の解がFloat解である場合、Single解である場合、又はGPS位置が非測位である場合に、検出したダンプトラック2のGPS位置の精度が低精度でありかつGPS位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定する。なお、所定の誤差は、ダンプトラック2が、後述する推測航法により走行経路RPに従って自律走行することができるGPS位置の誤差(精度)である。実施形態1において、GPS受信器31がGPS位置及び解の検出を行うが、解の検出を他の機器(例えば、判定部33A)が行ってもよい。

[0066] グリッドマップ作成部33Cは、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定部33Aが判定すると、ジャイロセンサ26の検出結果、速度センサ27の検出結果、及びレーザーセンサ24Bの検出結果に基づいて、積込場LPA、排土場DPA、搬送路HLの少なくとも一以上に設けられた上方突出物VP(実施形態1において、主に、土手BK)の位置を検出し、上方突出物VPの位置に関する情報を走行経路RPの地図情報MIとしてマップ保存用データベース36に記憶する。具体的には、グリッドマップ作成部33Cは、走行コントローラ20が検出したダンプトラック2の位置及び方位と、レーザーセンサ24B

の検出結果とを統合し、統合した情報から上方突出物V P以外の検出結果を削除して、上方突出物V Pの位置を検出する。また、グリッドマップ作成部33 Cがマップ保存用データベース36に保存する地図情報M Iは、図9及び図10に示すように、平面視において、鉱山を所定サイズの四角形（矩形又は正方形）で区切ったグリッドG RのX-Y座標の位置と、各グリッドG Rに上方突出物V Pが存在するか否かを示すものである。地図情報M Iの各グリッドG Rは、上方突出物V Pが存在するか否か、即ち、0か1かの情報を含んでいる。実施形態1では、図9及び図10に示すように、地図情報M Iの各グリッドG Rは、上方突出物V Pがあると1として図中に黒四角で示し、上方突出物V Pがないと0として図中に白四角で示すが、これらに限定されない。

[0067] マップ保存用データベース36は、上方突出物V Pの位置に関する情報を走行経路R Pの地図情報M Iとして記憶する地図情報記憶手段であり、第1の走行制御用C A N 35に接続している。マップ保存用データベース36は、R A M (Random Access Memory)、R O M (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、及びハードディスクドライブの少なくとも一つにより構成される。マップ保存用データベース36は、G P S受信器31が検出したダンプトラック2のG P S位置の誤差が所定の誤差以下であると判定部33 Aが判定すると、レーザーセンサ24 Bの検出結果から走行経路R Pの表面から上方に突出した上方突出物V Pに関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物V Pに関する検出結果を走行経路R Pの地図情報M Iとして記憶するものである。マップ保存用データベース36は、グリッドマップ作成部33 Cが検出した検出結果を、グリッドマップ作成部33 Cが検出する度に地図情報M Iとして記憶する。実施形態1において、マップ保存用データベース36に記憶される地図情報M Iは、グリッドマップ作成部33 Cが検出する度に上書きされるが、これに限定されない。

[0068] 照合航法演算部33 Bは、G P S受信器31が検出したダンプトラック2のG P S位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定部33 Aが判定すると

、レーザセンサ 24 B の検出結果、及びマップ保存用データベース 36 に記憶された地図情報 M1 に基づいて、ダンプトラック 2 の位置及び方位を特定する。照合航法演算部 33 B は、図 8 に示すように、ジャイロセンサ 26 の検出結果、速度センサ 27 の検出結果、レーザセンサ 24 B の検出結果、及びマップ保存用データベース 36 に記憶された地図情報 M1 をパーティクルフィルタ PF (Particle Filter) により統合して、ダンプトラック 2 の位置及び方位を特定する。実施形態 1 において、照合航法演算部 33 B は、T1 よりも長くかつ T2 よりも短い T3 毎に位置及び方位を特定し、走行コントローラ 20 に出力する。実施形態 1 において、走行コントローラ 20 には、T3 毎に照合航法演算部 33 B が検出した位置及び方位が入力する。このように、位置計測コントローラ 33 は、GPS 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定部 33 A が判定すると、レーザセンサ 24 B の検出結果とマップ保存用データベース 36 に記憶された地図情報 M1 とを照合することにより、ダンプトラック 2 の位置を特定する位置計測手段である。

[0069] また、位置計測コントローラ 33 は、GPS 受信器 31 又は照合航法演算部 33 B が検出した自車両であるダンプトラック 2 の位置及び方位に関する情報を無線通信装置 34 を介して、管制施設 7 の無線通信装置 18 に送信する。

[0070] さらに、位置計測コントローラ 33 は、図 2 に示すように、観測点座標変換部 38 と、観測点利用可能判断部 39 とを備える。観測点座標変換部 38 は、レーザセンサ 24 B からの方向及び距離で規定された座標で示されたレーザセンサ 24 B の検出結果の位置を、X-Y 座標に変換する。観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果の位置は、X 軸方向と Y 軸方向とに加え、これらの直交する高さ方向 (Z 軸方向) により規定されている。観測点利用可能判断部 39 には、経路位置記憶部 32 A から自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報が入力される。観測点利用可能判断部 39 は、観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果から各種のノイ

ズ、地表から所定高さ以下の検出結果、及び自車両以外の作業機械 4 を検出したと予想される検出結果を除去する。観測点利用可能判断部 39 は、ノイズを除去したレーザーセンサ 24 B の検出結果を、グリッド G R の検出結果に合成する。観測点利用可能判断部 39 は、合成した検出結果をグリッドマップ作成部 33 C と、照合航法演算部 33 B との双方に出力する。

[0071] 位置計測コントローラ 33 は、通信用の入出力部と、制御プログラムを実行する CPU (Central Processing unit) と、制御プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory) と、CPU の作業領域として使用される RAM (Random Access Memory) と、CPU により情報が登録される不揮発性メモリとを少なくとも備えるコンピュータである。

[0072] 位置計測コントローラ 33 は、CPU、RAM 及び ROM により実現される。判定部 33 A、照合航法演算部 33 B、グリッドマップ作成部 33 C、観測点座標変換部 38、及び観測点利用可能判断部 39 の機能は、CPU が ROM に記憶された制御プログラムを読み込んで RAM の作業領域で実行することにより実現される。不揮発性メモリは、フラッシュメモリ及びハードディスクドライブの少なくとも一つを含む。また、複数の処理回路が、連携して、判定部 33 A、照合航法演算部 33 B、グリッドマップ作成部 33 C、観測点座標変換部 38、及び観測点利用可能判断部 39 の機能を実現してもよい。

[0073] 安全コントローラ 40 は、レーダー 24 A 及びレーザーセンサ 24 B の検出信号に基づいて、ダンプトラック 2 と障害物との相対位置を求める。安全コントローラ 40 は、障害物との相対位置を用いて、アクセル、図示しない制動装置及び操舵装置 2 S の少なくとも一つを制御するための指令を生成し、走行コントローラ 20 に出力する。走行コントローラ 20 は、安全コントローラ 40 から取得した指令に基づいてダンプトラック 2 を制御して、ダンプトラック 2 が障害物に衝突することを回避する。

[0074] また、走行コントローラ 20 は、GPS 位置の解が Float 解である場合、Single 解である場合、又は GPS 位置が非測位であることが所定

時間経過し、照合航法演算部 33B がマップ保存用データベース 36 に記憶された地図情報 M1 との推定精度及び信頼度が所定値及び所定の信頼度よりも低いレーザーセンサ 24B の検出結果しか得られない場合に、車両本体 21 を停車させる図示しない制動装置を制御するための指令を出力する。

[0075] <作業機械の制御方法>

次に、実施形態 1 に係る作業機械の制御方法、即ち作業機械の制御システム 30 の動作の一例について説明する。図 11 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムのフローチャートの一例である。図 12 は、図 11 のステップ ST4 のフローチャートの一例である。図 13 は、図 12 のステップ ST42 のフローチャートの一例である。図 14 は、図 11 のステップ ST6 のフローチャートの一例である。図 15 は、図 14 のステップ ST64 のフローチャートの一例である。図 16 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムの照合航法演算部が検出した各位置及び方位の予想される検出結果の一例を示す図である。図 17 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムのレーザーセンサが現実検出した検出結果の一例を示す図である。図 18 は、実施形態 1 に係る作業機械の制御システムの位置計測コントローラの照合航法演算部が最も近い検出結果を算出した状態の一例を示す図である。

[0076] 作業機械の制御方法は、作業機械の制御システム 30 が、ダンプトラック 2 を走行経路 RP に従って自律走行させる方法である。作業機械の制御方法において、処理装置 12 は、無線通信装置 18 を介して、ダンプトラック 2 の走行経路作成装置 32 及び位置計測コントローラ 33 に指令信号を送信する。指令信号は、ダンプトラック 2 の走行条件に関する情報及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を含む。走行条件に関する情報は、処理装置 12 で生成された走行経路 RP に関する情報、及びダンプトラック 2 の走行速度に関する情報を含む。

[0077] 走行経路作成装置 32 は、通信システム 9 を介して送信された処理装置 12 からの指令信号のうち走行経路 RP に関する情報及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を経路位置記憶部 32A に記憶する。位置計測コン

トローラ 33 は、走行経路作成装置 32 が走行経路 RP に関する情報を含む処理装置 12 からの指令信号を受信すると、無線通信装置 34 を介して、自車両であるダンプトラック 2 の位置及び方位に関する情報を処理装置 12 に送信する。走行コントローラ 20 は、処理装置 12 からの指令信号に基づいて、ダンプトラック 2 のアクセル、図示しない制動装置及び操舵装置 2S を制御して、ダンプトラック 2 の走行を制御する。

[0078] 作業機械の制御システム 30 の走行コントローラ 20 は、GPS 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置に基づいて、走行経路 RP に従ってダンプトラック 2 を推測航法により走行させるステップ ST1 を実行する。実施形態 1 において、走行コントローラ 20 は、管理装置 10 の処理装置 12 により生成された走行経路 RP に関する情報、及び処理装置 12 で設定された走行速度（目標走行速度）を含む走行条件に従って、ダンプトラック 2 を積込場 LPA、排土場 DPA、搬送路 HL、及び交差点 IS の少なくとも一部で走行させる。推測航法とは、既知の位置からの方位（方位変化量）と移動距離とに基づいて、対象物（ダンプトラック 2）の現在位置を推測する航法をいう。ダンプトラック 2 の方位（方位変化量）は、ダンプトラック 2 に配置されたジャイロセンサ 26 を用いて検出される。ダンプトラック 2 の移動距離は、ダンプトラック 2 に配置された速度センサ 27 を用いて検出される。ジャイロセンサ 26 の検出信号及び速度センサ 27 の検出信号は、ダンプトラック 2 の走行コントローラ 20 に出力される。

[0079] 走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 からの検出信号に基づいて、既知の起点からのダンプトラック 2 の方位（方位変化量）を求めることができる。走行コントローラ 20 は、速度センサ 27 からの検出信号に基づいて、既知の起点からのダンプトラック 2 の移動距離を求めることができる。走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 からの検出信号及び速度センサ 27 からの検出信号に基づいて、ダンプトラック 2 が生成された走行経路 RP に従って走行するように、ダンプトラック 2 の走行に関する制御量を生成する。制御量は、アクセル信号、制動信号、及び操舵信号を含む。走行コ

ントローラ 20 は、操舵信号、アクセル信号及び制動信号に基づいて、ダンプトラック 2 の走行（操作）を制御する。

[0080] 次に、推測航法により求められた推測位置が R T K - G N S S 又は照合航法演算部 33 B を使って補正されつつダンプトラック 2 が走行する例について説明する。ダンプトラック 2 の走行距離が長くなると、ジャイロセンサ 26 及び速度センサ 27 の一方又は両方の検出誤差の蓄積により、推測された位置（推測位置）と実際の位置との間に誤差が生じる可能性がある。その結果、ダンプトラック 2 は、処理装置 12 によって生成された走行経路 R P から外れて走行してしまう可能性がある。実施形態 1 において、走行コントローラ 20 は、推測航法により導出（推測）されたダンプトラック 2 の位置（推測位置）を、G P S 受信器 31 により検出された G P S 位置又は照合航法演算部 33 B が検出した位置を使って補正しつつ、ダンプトラック 2 を走行させる。走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 からの検出信号と、速度センサ 27 からの検出信号と、G P S 受信器 31 からの G P S 位置又は照合航法演算部 33 B が検出した位置とに基づいて、ダンプトラック 2 が走行経路 R P に従って走行するように、ダンプトラック 2 の位置を補正する補正量を含む、ダンプトラック 2 の走行に関する制御量を算出する。走行コントローラ 20 は、ダンプトラック 2 が走行経路 R P に従って走行するように、算出した補正量及び制御量に基づいて、ダンプトラック 2 の走行（操作）を制御する。

[0081] 次に、位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、G P S 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の G P S 位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定するステップ S T 2 を実行する。即ち、ステップ S T 2 において、位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、G P S 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の G P S 位置の精度が高精度であるか否かを判定する。具体的には、位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、G P S 受信器 31 が検出した G P S 位置の解が F i x 解であるか否かを判定する。位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、G P S 受信器 31 が検出した G P S 位置

の解がF i x解であると判定する、即ち、GPS受信器31が検出したダンブトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定する（ステップS T 2 : Y e s）と、速度センサ27の検出信号に基づいてダンブトラック2の走行速度が零であるか否か、即ち、ダンブトラック2が停車しているか否かを判定する（ステップS T 3）。

[0082] 位置計測コントローラ33の判定部33Aがダンブトラック2の走行速度が零ではないと判定、即ち、ダンブトラック2が停車していないと判定する（ステップS T 3 : Y e s）と、グリッドマップ作成部33Cが、地図情報M Iを作成する（ステップS T 4）。即ち、位置計測コントローラ33は、GPS受信器31が検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定すると、レーザーセンサ24Bの検出結果から上方突出物V Pに関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物V Pに関する検出結果を走行経路R Pの地図情報M Iとしてマップ保存データベース36に記憶するステップS T 4を実行する。具体的には、まず、観測点座標変換部38は、レーザーセンサ24Bから方向及び距離で規定された座標で示されたレーザーセンサ24Bの検出結果の位置を、X-Y座標で示された座標の位置に変換する（ステップS T 4 1）。

[0083] 観測点利用可能判断部39は、観測点座標変換部38により座標が変換された検出結果から上方突出物V Pに関する検出結果を抜き出す（ステップS T 4 2）。観測点利用可能判断部39は、上方突出物V Pに関する検出結果を抜き出す際には、まず、観測点座標変換部38により座標が変換された検出結果の各種のノイズを除去する（ステップS T 4 2 1）。具体的には、観測点利用可能判断部39は、ノイズとして、反射強度の低い検出結果、レーザー光線が透明物体を通過したと思われる検出結果、レーザー光線が埃を検出したと思われる検出結果、地面によりレーザー光線が反射されたと思われる検出結果、及びレーザー光線が地面上の土の塊を検出したと思われる検出結果を、観測点座標変換部38により座標が変換された検出結果から除去する。

[0084] 観測点利用可能判断部 39 は、観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果から距離が所定の最大距離以上の検出結果、及び距離が所定の最少距離以下の検出結果を除去する（ステップ S T 4 2 2）。実施形態 1 において、所定の最大距離は、太陽光によるノイズを除去するために必要な距離であり、所定の最少距離は、レーザーセンサ 24 B から近距離で起こる濃い埃のノイズを除去するための距離である。

[0085] 観測点利用可能判断部 39 は、観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果から地表から所定高さ以下の検出結果を除去する（ステップ S T 4 2 3）。実施形態 1 において、観測点利用可能判断部 39 は、前記所定高さ以下の検出結果を除去するが、これに限定されない。観測点利用可能判断部 39 は、経路位置記憶部 32 A に記憶された自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を参照して、観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果から自車両以外の作業機械 4 を検出したと予想される検出結果を除去する（ステップ S T 4 2 4）。このように、観測点利用可能判断部 39 は、検出結果から各種のノイズなどを除去することで、検出結果から上方突出物 V P に関する検出結果を抜き出すこととなる。ステップ S T 4 2 4 の処理により、処理前のレーザーセンサ 24 B の検出結果が 5 ～ 6 分の 1 程度に削減することができる。

[0086] 観測点利用可能判断部 39 は、各種のノイズなどが除去された検出結果を、X-Y 座標で位置が示されかつ所定サイズのグリッド G R で構成される検出結果に合成する。観測点利用可能判断部 39 は、合成した検出結果をグリッドマップ作成部 33 C と、照合航法演算部 33 B との双方に出力する。位置計測コントローラ 33 のグリッドマップ作成部 33 C は、観測点利用可能判断部 39 が合成した検出結果である上方突出物 V P の位置を走行経路 R P の地図情報 M I としてマップ保存用データベース 36 に記憶する（ステップ S T 4 3）。このように、位置計測コントローラ 33 の R O M は、コンピュータである位置計測コントローラ 33 にステップ S T 2 とステップ S T 4 とを実行させるプログラムを記憶している。また、作業機械の制御方法は、ス

テップS T 1～ステップS T 4を実行することで、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると、レーザーセンサ24Bの検出結果から上方突出物VPに関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物VPに関する検出結果を走行経路RPの地図情報MIとして記憶する。

[0087] 位置計測コントローラ33の判定部33Aがダンプトラック2の走行速度が零であると判定、即ち、ダンプトラック2が停車していると判定する（ステップS T 3：No）と、ステップS T 1に戻る。判定部33Aがダンプトラック2の走行速度が零であると（ステップS T 3：No）と、ステップS T 1に戻ることにより、マップ保存用データベース36は、速度センサ27が、ダンプトラック2の停車をした場合に、走行経路RPの地図情報MIの記憶を休止する。走行速度が零であるダンプトラック2の停車中の場合、自車両以外の作業機械4の稼働などにより発生する埃などにより、地図情報MIにノイズが混入して、地図情報MIの精度が低下するかもしれないためである。

[0088] また、位置計測コントローラ33の判定部33Aは、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解ではないと判定する、即ち、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定する（ステップS T 2：No）と、速度センサ27の検出信号に基づいてダンプトラック2の走行速度が零であるか否か、即ち、ダンプトラック2が停車しているか否かを判定する（ステップS T 5）。

[0089] 位置計測コントローラ33の判定部33Aがダンプトラック2の走行速度が零ではないと判定、即ち、ダンプトラック2が停車していないと判定する（ステップS T 5：Yes）と、照合航法演算部33Bが、レーザーセンサ24Bの検出結果及びマップ保存用データベース36に記憶された地図情報MIに基づいて、ダンプトラック2の位置及び方位を特定して、走行コントローラ20が走行経路RPに従ってダンプトラック2を走行させる（ステップS T 6）。即ち、位置計測コントローラ33は、GPS受信器31が検出

したGPS位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定部33Aが判定すると、レーザーセンサ24Bの検出結果とマップ保存用データベース36が記憶した地図情報M1とを照合することにより、ダンプトラック2の位置及び方位を特定する。そして、走行コントローラ20は、位置計測コントローラ33の照合航法演算部33Bが検出した位置に基づいて、走行経路RPに従ってダンプトラック2を走行させる。

[0090] 具体的には、観測点座標変換部38は、レーザーセンサ24Bから方向及び距離で規定された座標で示されたレーザーセンサ24Bの検出結果の位置を、X-Y座標の位置に変換する（ステップST61）。観測点利用可能判断部39は、観測点座標変換部38により座標が変換された検出結果から上方突出物VPに関する検出結果を抜き出す（ステップST62）。なお、ステップST61は、ステップST41と同じ処理であり、ステップST62は、ステップST42と同じ処理であるので、詳細な説明を省略する。

[0091] 照合航法演算部33Bは、観測点利用可能判断部39によりノイズが除去された検出結果をアイソレーションフィルタ（Isolation Filter）に通して、検出結果を間引きする（ステップST63）。具体的には、照合航法演算部33Bは、観測点利用可能判断部39によりノイズが除去された検出結果のうち互いに所定距離以上離れた検出結果のみ残し、他の検出結果を除去する。ステップST63の処理により、処理前のレーザーセンサ24Bの検出結果を5～6分の1程度に削減することができる。

[0092] 照合航法演算部33Bは、ジャイロセンサ26の検出結果、速度センサ27の検出結果、レーザーセンサ24Bの検出結果、及びマップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1をパーティクルフィルタPFにより統合して、ダンプトラック2の位置及び方位を特定する（ステップST64）。具体的には、照合航法演算部33Bは、ジャイロセンサ26の検出結果である方位及び速度センサ27の検出結果である走行速度を基に、ある時点でダンプトラック2が存在すると予想される範囲内の複数の位置及び方位を算出する（ステップST641）。

[0093] 照合航法演算部 33B は、図 16 に示すように、マップ保存用データベース 36 に保存された地図情報 M1 に基づいて、予想される各位置及び方位にダンプトラック 2 が位置する場合にレーザーセンサ 24B が検出すると予想される検出結果を推定する。照合航法演算部 33B は、図 16 に一例を示す各位置及び方位においてレーザーセンサ 24B が検出すると予想される検出結果 DR1 と、図 17 に示すレーザーセンサ 24B が現実に出した検出結果 DR2 とを照合して、各位置及び方位においてレーザーセンサ 24B が検出すると予想される検出結果 DR1 のレーザーセンサ 24B が現実に出した検出結果 DR2 に対する尤度を算出する。照合航法演算部 33B は、各位置及び方位の尤度を正規化する（ステップ ST642）。

[0094] 照合航法演算部 33B は、各位置及び方位においてレーザーセンサ 24B が検出すると予想される検出結果 DR1 の尤度と各位置とから最終推定値を算出し、図 18 に示すようにレーザーセンサ 24B が検出すると予想される検出結果 DR1 がレーザーセンサ 24B が現実に出した検出結果 DR2 に最も似る位置及び方位を算出する。照合航法演算部 33B は、最も似る位置及び方位をダンプトラック 2 の位置及び方位として検出する。照合航法演算部 33B は、最も似る位置及び方位を算出した際に、最も似る位置及び方位の推定精度、信頼度も算出する（ステップ ST643）。図 16 及び図 18 は、上方突出物 VP が存在するグリッド GR を密な平行斜線で示し、図 17 は、上方突出物 VP の検出結果を粗な平行斜線で示している。なお、図 18 は、レーザーセンサ 24B が現実に出した検出結果 DR2 が、予想される検出結果 DR1 の一部分である例を示しているが、これに限定されない。

[0095] 照合航法演算部 33B は、検出したダンプトラック 2 の位置及び方位に各種の診断を施す（ステップ ST644）。具体的には、照合航法演算部 33B は、検出したダンプトラック 2 の位置及び方位が、レーザーセンサ 24B が故障中に検出された検出結果から検出されたもの、ジャイロセンサ 26 が故障中に検出された検出結果から検出されたもの、所定数よりも少ないレーザーセンサ 24B の検出結果から検出されたもの、信頼度が所定の信頼度よ

りも低い、尤度が所定値よりも低い、推定精度が所定値よりも低い、推測航法により位置及び方位とのズレが所定値よりも大きい、又は問題がある地図情報M Iを用いて検出されたものに該当すると、検出したダンプトラック2の位置及び方位を破棄し、再度、ある時点でダンプトラック2が存在すると予想される範囲内の複数の位置及び方位を算出する（ステップS T 6 4 5）。算出した複数の位置及び方位は、ステップS T 6を次に実行される際に、ステップS T 6 4 1において算出される複数の位置及び方位として用いられる。

[0096] また、照合航法演算部3 3 Bは、検出したダンプトラック2の位置及び方位が、レーザーセンサ2 4 Bが故障中に検出された検出結果から検出されたもの、ジャイロセンサ2 6が故障中に検出された検出結果から検出されたもの、所定数よりも少ないレーザーセンサ2 4 Bの検出結果から検出されたもの、信頼度が所定の信頼度よりも低い、尤度が所定値よりも低い、推定精度が所定値よりも低い、推測航法による位置及び方位とのズレが所定値よりも大きい、及び、問題がある地図情報M Iを用いて検出されたものの全てに該当しないと、検出した位置及び方位を用いて推測航法（ステップS T 1）を実行し、位置計測コントローラ3 3がダンプトラック2が走行経路R Pに従って走行するように、ダンプトラック2の走行（操作）を制御する。

[0097] 位置計測コントローラ3 3の判定部3 3 Aがダンプトラック2の走行速度が零であると判定、即ち、ダンプトラック2が停車していると判定する（ステップS T 5 : N o）と、ステップS T 1に戻る。判定部3 3 Aがダンプトラック2の走行速度が零であると（ステップS T 5 : N o）と、ステップS T 1に戻ることにより、位置計測コントローラ3 3は、速度センサ2 7が、ダンプトラック2の停車を検出した場合に、レーザーセンサ2 4 Bの検出結果とマップ保存用データベース3 6が記憶した走行経路R Pの地図情報M Iとを照合することによりダンプトラック2の位置及び方位を特定することを休止する。走行速度が零であるダンプトラック2の停車中の場合、自車両以外の作業機械4の稼働などにより発生する埃などによりレーザーセンサ2 4

Bの検出結果にノイズが混入してしまい、照合航法演算部33Bの位置計測の精度が低下するかもしれないためである。また、走行速度が零であるダンプトラック2の停車中の場合、ダンプトラック2の位置が変化しないからでもある。

[0098] 実施形態1において、作業機械の制御システム30、作業機械の制御方法及び位置計測コントローラ33に記憶されたプログラムは、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解である時に、GPS位置等を用いて走行経路RPに従ってダンプトラック2を走行させながら、レーザーセンサ24Bの検出結果に基づいて、上方突出物VPの位置で構成される地図情報M1を作成し、マップ保存用データベース36に記憶する。その結果、地図情報M1の精度が向上し、作業機械の制御システム30は、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、精度が向上した地図情報M1及びレーザーセンサ24Bの検出結果に基づいて自車両の位置及び方位を特定することにより走行経路RPに従って走行でき、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0099] また、作業機械の制御システム30は、ダンプトラック2の停車している間において地図情報M1の記憶を休止するので、マップ保存用データベース36が記憶する地図情報M1にノイズが含まれることを抑制することができる。その結果、作業機械の制御システム30は、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、ノイズの少ない地図情報M1に基づいて自車両の位置及び方位を特定できるので、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0100] 実施形態1に係る作業機械の制御システム30は、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解ではない時に、レーザーセンサ24Bの検出結果と、マップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1とを照合して、ダンプトラック2の位置及び方位を特定する。その結果、作業機械の制御システム30は、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、レーダー24Aよりも高分解能なレーザーセンサ24B

の検出結果と、地図情報M1を用いて自車両の位置及び方位を特定できるので、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0101] また、作業機械の制御システム30は、ダンプトラック2の停車している間においてレーザーセンサ24Bの検出結果とマップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1とを照合して、ダンプトラック2の位置及び方位を特定することを休止する。その結果、作業機械の制御システム30は、停車中に不必要にダンプトラック4の位置及び方位が更新されてしまうことを抑制できる。

[0102] また、実施形態1において、ダンプトラック2及び管理システム1は、前述した作業機械の制御システム30を備えるので、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解である時に、上方突出物VPの位置で構成される地図情報M1をマップ保存用データベース36に記憶するので、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、地図情報M1を用いて自車両の位置及び方位を特定できるので、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0103] また、作業機械の制御システム30は、地図情報M1の各グリッドGRが上方突出物VPが存在するか否か即ち0か1かを示す情報により構成されているので、地図情報M1全体の情報量を抑制することができる。その結果、作業機械の制御システム30は、ダンプトラック2に設置される位置計測コントローラ33の限られた処理能力によってもリアルタイムでダンプトラック2の位置を特定することができ、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0104] 作業機械の制御システム30は、観測点利用可能判断部39がレーザーセンサ24Bの検出結果から反射強度の低い検出結果、レーザー光線が透明物体を通過したと思われる検出結果、レーザー光線が埃を検出したと思われる検出結果、地面によりレーザー光線が反射されたと思われる検出結果及びレ

レーザー光線が地面上の土の塊を検出したと思われる検出結果をノイズとして除去する。作業機械の制御システム30は、観測点利用可能判断部39がレーザーセンサ24Bの検出結果から、最大距離以上の検出結果、最少距離以下の検出結果、所定高さ以下の検出結果、及び自車両以外の作業機械4を検出したと予想される検出結果を除去する。その結果、作業機械の制御システム30は、マップ保存用データベース36に記憶する地図情報M1内の上方突出物VP以外の情報を抑制でき、ダンプトラック2に設置されるマップ保存用データベース36に記憶する情報量を抑制できるとともに、照合航法演算部33Bが、ノイズの少ない地図情報M1に基づいて自車両の位置及び方位を特定できるので、正確にダンプトラック2の位置を特定することができる。

[0105] また、作業機械の制御システム30は、照合航法演算部33Bが各種のノイズを除去されたレーザーセンサ24Bの検出結果をアイソレーションフィルタに通して更に検出結果を削減する。その結果、作業機械の制御システム30は、ダンプトラック2に設置される位置計測コントローラ33の限られた処理能力によってもリアルタイムでダンプトラック2の位置を特定することができ、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0106] 作業機械の制御システム30は、照合航法演算部33BがパーティクルフィルタPFにより検出されたダンプトラック2の位置及び方位に各種の診断を行うので、ダンプトラック2の位置及び方位を誤検出することを抑制することができる。その結果、作業機械の制御システム30は、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0107] また、作業機械の制御システム30は、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解である時に、レーザーセンサ24Bの検出結果に基づいて、構成される地図情報M1を作成し、記憶する。作業機械の制御システム

ム30は、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解ではない時に、レーザーセンサ24Bの検出結果と、マップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1とを照合して、ダンプトラック2の位置及び方位を特定する。このように、作業機械の制御システム30は、各ダンプトラック2が地図情報M1を作成し、GPS位置の誤差が所定の誤差を超えている時に、各ダンプトラック2が自ら作成した地図情報M1を用いて走行する。その結果、作業機械の制御システム30は、地図情報M1の各グリッドGRを上方突出物VPが存在するか否か即ち0か1かを示す情報により構成しても、各ダンプトラック2の固体差によりダンプトラック2間でレーザーセンサ24Bの検出結果に違いが生じてても、自ら作成した地図情報M1を用いて、自車両の位置を精度よく検出できるので、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0108] 実施形態2.

＜作業機械の制御方法＞

次に、実施形態2に係る作業機械の制御方法、即ち作業機械の制御システム30の動作の一例について説明する。図19は、実施形態2に係る作業機械の制御システムのフローチャートの一例である。図20は、図19のステップST7のフローチャートの一例である。なお、図19及び図20において、実施形態1と同一部分には、同一符号を付して説明を省略する。実施形態2の作業機械の制御システム30は、実施形態1の作業機械の制御システム30と構成が等しい。

[0109] 実施形態2に係る作業機械の制御方法は、位置計測コントローラ33の判定部33Aがダンプトラック2の走行速度が零ではないと判定、即ち、ダンプトラック2が停車していないと判定する（ステップST3：Yes）と、グリッドマップ作成部33Cが、地図情報M1を作成する（ステップST4）とともに、照合航法演算部33Bが、レーザーセンサ24Bの検出結果及びマップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1に基づいてダン

プトラック 2 の位置及び方位を特定し、検出した位置及び方位の精度を確認する（ステップ S T 7）。

[0110] 具体的には、実施形態 1 と同様に、観測点座標変換部 3 8 がレーザーセンサ 2 4 B の検出結果の位置を、X-Y 座標の位置に変換する。観測点利用可能判断部 3 9 が、座標が変換された検出結果から上方突出物 V P に関する検出結果を抜き出すとともに、X-Y 座標で位置が示されかつ複数のグリッド G R で構成される検出結果に合成する。グリッドマップ作成部 3 3 C が合成した検出結果を地図情報 M I としてマップ保存用データベース 3 6 に記憶する。照合航法演算部 3 3 B が、レーザーセンサ 2 4 B の検出結果及びマップ保存用データベース 3 6 に記憶された地図情報 M I に基づいて、ダンプトラック 2 の位置及び方位を特定する（ステップ S T 7 1）。

[0111] 位置計測コントローラ 3 3 は、照合航法演算部 3 3 B が検出したダンプトラック 2 の位置が高精度であるか否かを判定する（ステップ S T 7 2）。具体的には、判定部 3 3 A が、GPS 受信器 3 1 が検出した GPS 位置を X-Y 座標の位置に変換し、位置計測コントローラ 3 3 は、判定部 3 3 A が GPS 位置を X-Y 座標の位置に変換した位置と、照合航法演算部 3 3 B が検出したダンプトラック 2 の位置との距離（差分距離）を検出する。位置計測コントローラ 3 3 は、判定部 3 3 A が X-Y 座標の位置に変換した位置と、照合航法演算部 3 3 B が検出した位置との距離が所定距離以下であると、照合航法演算部 3 3 B が検出したダンプトラック 2 の位置が高精度であると判定する。位置計測コントローラ 3 3 は、判定部 3 3 A が X-Y 座標の位置に変換した位置と、照合航法演算部 3 3 B が検出した位置との距離が所定距離を超えると、照合航法演算部 3 3 B が検出したダンプトラック 2 の位置が高精度ではないと判定する。なお、所定距離は、GPS 受信器 3 1 が検出した GPS 位置の解が F i x 解ではない場合に、ダンプトラック 2 の自律走行を可能とする距離である。

[0112] 位置計測コントローラ 3 3 は、照合航法演算部 3 3 B が検出したダンプトラック 2 の位置が高精度であると判定する（ステップ S T 7 2 : Y e s）と

、レーザーセンサ24Bが検出した検出結果の数が充分であるか否かを判定する（ステップST73）。具体的には、位置計測コントローラ33は、レーザーセンサ24Bが検出した検出結果の数が所定数以上であると、充分であると判定し、所定数未満であると、不充分であると判定する。なお、所定数は、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解ではない場合に、ダンプトラック2の自律走行を可能とする数である。

[0113] 位置計測コントローラ33は、レーザーセンサ24Bが検出した検出結果の数が充分であると判定する（ステップST73：Yes）と、観測点利用可能判断部39が検出したレーザーセンサ24Bの検出結果と、マップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1とが一致しているか否かを判定する（ステップST74）。具体的には、位置計測コントローラ33は、レーザーセンサ24Bが検出した検出結果と、マップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1とを正規化相関を用いてパターンマッチングを行い、相関値が所定値以上であると一致していると判定し、相関値が所定値未満であると一致していないと判定する。なお、所定値は、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解ではない場合に、ダンプトラック2の自律走行を可能とする値である。

[0114] 位置計測コントローラ33は、観測点利用可能判断部39が検出したレーザーセンサ24Bの検出結果と、マップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1とが一致していると判定する（ステップST74：Yes）と、判定部33AがGPS位置をX-Y座標の位置に変換した位置と、照合航法演算部33Bが検出したダンプトラック2の位置との距離を不揮発性メモリ335に記憶する（ステップST75）。ステップST75において、位置計測コントローラ33は、判定部33AがGPS位置をX-Y座標の位置に変換した位置と、照合航法演算部33Bが検出したダンプトラック2の位置との距離の平均距離を常に検出し、この平均距離を不揮発性メモリ335に記憶する。位置計測コントローラ33は、ステップST6において、照合航法演算部33Bが、レーザーセンサ24Bの検出結果及びマップ保存用

データベース 36 に記憶された地図情報 M1 に基づいて、ダンプトラック 2 の位置及び方位を特定して、走行経路 RP に従ってダンプトラック 2 を走行させる際に、検出したダンプトラック 2 の位置及び方位を平均距離により補正する。

[0115] 位置計測コントローラ 33 は、照合航法演算部 33B が検出したダンプトラック 2 の位置が高精度ではないと判定した場合（ステップ ST72：No）、レーザセンサ 24B が検出した検出結果の数が充分ではないと判定した場合（ステップ ST73：No）、又は観測点利用可能判断部 39 が検出したレーザセンサ 24B の検出結果とマップ保存用データベース 36 に記憶された地図情報 M1 とが一致していないと判定した場合（ステップ ST74：No）に、照合航法演算部 33B が検出したダンプトラック 2 の位置及び方位が自律走行に適していないと判定し、その旨を無線通信装置 34 を介して管制施設 7 の無線通信装置 18 に送信する。管制施設 7 は、ダンプトラック 2 の位置及び方位が自律走行に適していない旨を受信すると、記憶装置 13 に記憶する（ステップ ST76）。

[0116] 実施形態 2 の位置計測コントローラ 33 は、GPS 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置の誤差が所定の誤差以下であると判定する（ステップ ST2：Yes）と、グリッドマップ作成部 33C が、地図情報 M1 を作成する（ステップ ST4）とともに、照合航法演算部 33B が、ダンプトラック 2 の位置及び方位を特定し、検出した位置及び方位の精度を確認する（ステップ ST7）。こうすることにより、位置計測コントローラ 33 は、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置の誤差が所定の誤差以下であると判定部 33A が判定した場合に、レーザセンサの検出結果とマップ保存用データベース 36 が記憶した地図情報 M1 とを照合することによりダンプトラック 2 の位置及び方位を特定して、走行経路 RP に従って位置計測コントローラ 33 が特定したダンプトラック 2 の位置に基づいてダンプトラック 2 を走行させることが適しているか否かを判定する。

[0117] また、実施形態 2 の位置計測コントローラ 33 は、ステップ ST75 にお

いて、差分距離を記憶することにより、GPS受信器31が検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定部33Aが判定した場合に、レーザーセンサ24Bの検出結果とマップ保存用データベース36が記憶した走行経路RPの地図情報MIとを照合することにより得られたダンプトラック2の位置及び方位と、判定部33Aが検出した位置及び方位との差（差分距離）を検出し、記憶する。

[0118] 実施形態2において、作業機械の制御システム30は、GPS受信器31が検出したGPS位置等に基づいて判定部33Aが検出したダンプトラック2の位置と、照合航法演算部33Bが検出したダンプトラック2の位置との距離（差分距離）を検出して、照合航法演算部33Bが検出したダンプトラック2の位置及び方位が自律走行を可能とするか否かを判定する。このため、作業機械の制御システム30は、GPS受信器31が検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下で自律走行している間に、照合航法演算部33Bが検出する位置の精度を確認することができる。その結果、作業機械の制御システム30は、実施形態1の効果に加え、照合航法演算部33Bが検出する位置及び方位が自律走行を可能としない場所に、レーザーセンサ24Bが検出可能なランドマークを設置すること、及び、自律走行を可能としない場所を位置検出を行いながら複数回走行させること等の対処を作業者に促すことができ、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0119] 作業機械の制御システム30は、GPS受信器31が検出したGPS位置等に基づいて判定部33Aが検出したダンプトラック2の位置と、照合航法演算部33Bが検出したダンプトラック2の位置との距離（差分距離）の平均距離を検出して記憶する。作業機械の制御システム30は、レーザーセンサ24Bの検出結果及びマップ保存用データベース36に記憶された地図情報MIに基づいて、ダンプトラック2の位置及び方位を特定して、走行経路RPに従ってダンプトラック2を走行させる際に、検出したダンプトラック

2の位置及び方位を平均距離により補正する。その結果、作業機械の制御システム30は、レーザーセンサ24Bの取付誤差などにより判定部33Aが検出したダンプトラック2の位置と、照合航法演算部33Bが検出したダンプトラック2の位置とがずれても、GPSにより位置及び方位を特定することができない状況であっても、ダンプトラック2の走行、即ち、鉱山の操業を継続して行うことができる。

[0120] また、実施形態2において、作業機械の制御システム30は、GPS受信器31が検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定する（ステップST2：Yes）と、グリッドマップ作成部33Cが、地図情報M1を作成している間の少なくとも一部において、照合航法演算部33Bが、ステップST7のように、ダンプトラック2の位置、方位及び差分距離を検出し、検出した位置及び方位の精度を確認し、差分距離を記憶してもよい。

[0121] 実施形態1及び実施形態2において、ナビゲーションシステム30は、レーザーセンサ24Bの検出結果をもちいて地図情報M1の作成、ダンプトラック2の位置及び方位を特定した。本発明において、ナビゲーションシステム30は、非接触センサであるレーダー24Aの検出結果をもちいて地図情報M1の作成、ダンプトラック2の位置及び方位を特定してもよい。また、本発明において、ナビゲーションシステム30は、非接触センサであるダンプトラック2に複数設けられたCCD（Charge-Coupled Device）カメラの検出結果をもちいて地図情報M1の作成、ダンプトラック2の位置及び方位を特定してもよい。

[0122] 上述した各実施形態の構成要件は、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を含む。また、上述した各実施形態の構成要件は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。

[0123] なお、上述の実施形態では鉱山にて用いられる鉱山機械を例に説明したが、それに限られず、地下鉱山で用いられる作業機械や、地上の作業現場で用いられる作業機械に適用してもよい。作業機械は、鉱山機械を含むものであ

る。

[0124] また、上述の実施形態ではGPS受信器31を用いて鉱山機械の位置を検出していたが、それに限らず、周知の「位置検出手段」に基づいて鉱山機械の位置を検出できるようにしてもよい。特に、地下鉱山ではGPSを検出できないため、例えば、既存の位置検出装置であるIMES (Indoor Messaging System)、疑似衛星(スードライト)、RFID (Radio Frequency Identifier)、ビーコン、測量器、無線LAN、UWB (Ultra Wide Band)、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)、ランドマーク(走行経路の傍らに設けた目印)を使用した作業機械の自己位置推定等を用いてもよい。これらの位置検出装置を、地上の鉱山における鉱山機械または地上の作業現場で用いられる作業機械に用いてもよい。

[0125] また、「作業機械の制御システム」として、上述の実施形態では地上の鉱山におけるダンプトラックの制御システムを例に説明したが、それに限らず、地上の鉱山における他の鉱山機械、地下鉱山に用いられる作業機械又は地上の作業現場で用いられる作業機械(油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダ等)であって、「位置検出装置」、「非接触センサ」および「位置演算部」を備える作業機械の制御システムも含んでいる。

符号の説明

- [0126] 1 管理システム
2 ダンプトラック(作業機械)
7 管制施設
10 管理装置
20 走行コントローラ(制御手段)
21 車両本体
24A レーダー(非接触センサ)
24B レーザーセンサ(非接触センサ)
27 速度センサ
30 作業機械の制御システム

- 3 1 G P S 受信器（位置検出手段）
- 3 2 A 経路位置記憶部（経路位置記憶手段）
- 3 3 位置計測コントローラ（位置計測手段）
- 3 3 A 判定部（判定手段）
- R P 走行経路
- V P 上方突出物
- B K 土手
- M I 地図情報

請求の範囲

- [請求項1] 走行経路を走行する作業機械の制御システムであって、
作業機械の位置を検出する位置検出手段と、
前記位置検出手段が検出した位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定する判定手段と、
前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサと、
前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差以下であると前記判定手段が判定すると、前記非接触センサの検出結果から上方に突出した上方突出物に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物に関する検出結果を地図情報として記憶する地図情報記憶手段と、を備える作業機械の制御システム。
- [請求項2] 前記地図情報記憶手段は、前記作業機械の停車を検出した場合に、前記地図情報の記憶を休止する請求項1記載の作業機械の制御システム。
- [請求項3] 前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差を超えていると前記判定手段が判定すると、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記地図情報とを照合することにより前記作業機械の位置を特定する位置計測手段を備える請求項1又は請求項2に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項4] 前記位置計測手段は、前記作業機械の停車を検出した場合に、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記地図情報とを照合することにより前記作業機械の位置を特定することを休止する請求項3に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項5] 前記位置計測手段は、前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差以下であると前記判定手段が判定した場合に、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記地図情報とを照合することにより前記作業機械の位置を特定して、前記走行経路に従って前記位置計測手段が特定した前記作業機械の位置に基づい

て前記作業機械を走行させることが適しているか否かを判定する請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一項に記載の作業機械の制御システム。

[請求項6] 前記位置計測手段は、前記位置検出手段が検出した位置の誤差が前記所定の誤差以下であると前記判定手段が判定した場合に、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報記憶手段が記憶した前記走行経路の地図情報とを照合することにより得られた前記作業機械の位置と、前記位置検出手段が検出した位置との距離を検出し、記憶する請求項 5 に記載の作業機械の制御システム。

[請求項7] 請求項 1 から請求項 6 のうちいずれか一項に記載の作業機械の制御システムと、

鉱山に設けられる走行経路を走行する車両本体と、を備える作業機械。

[請求項8] 請求項 7 に記載の作業機械と、

鉱山に設置される管制施設に配置され、かつ前記作業機械の作業機械の制御システムに鉱山に設けられる走行経路に関する情報を送信する管理装置と、を備える作業機械の管理システム。

[請求項9] 走行経路を走行する作業機械を走行させる作業機械の制御方法であって、

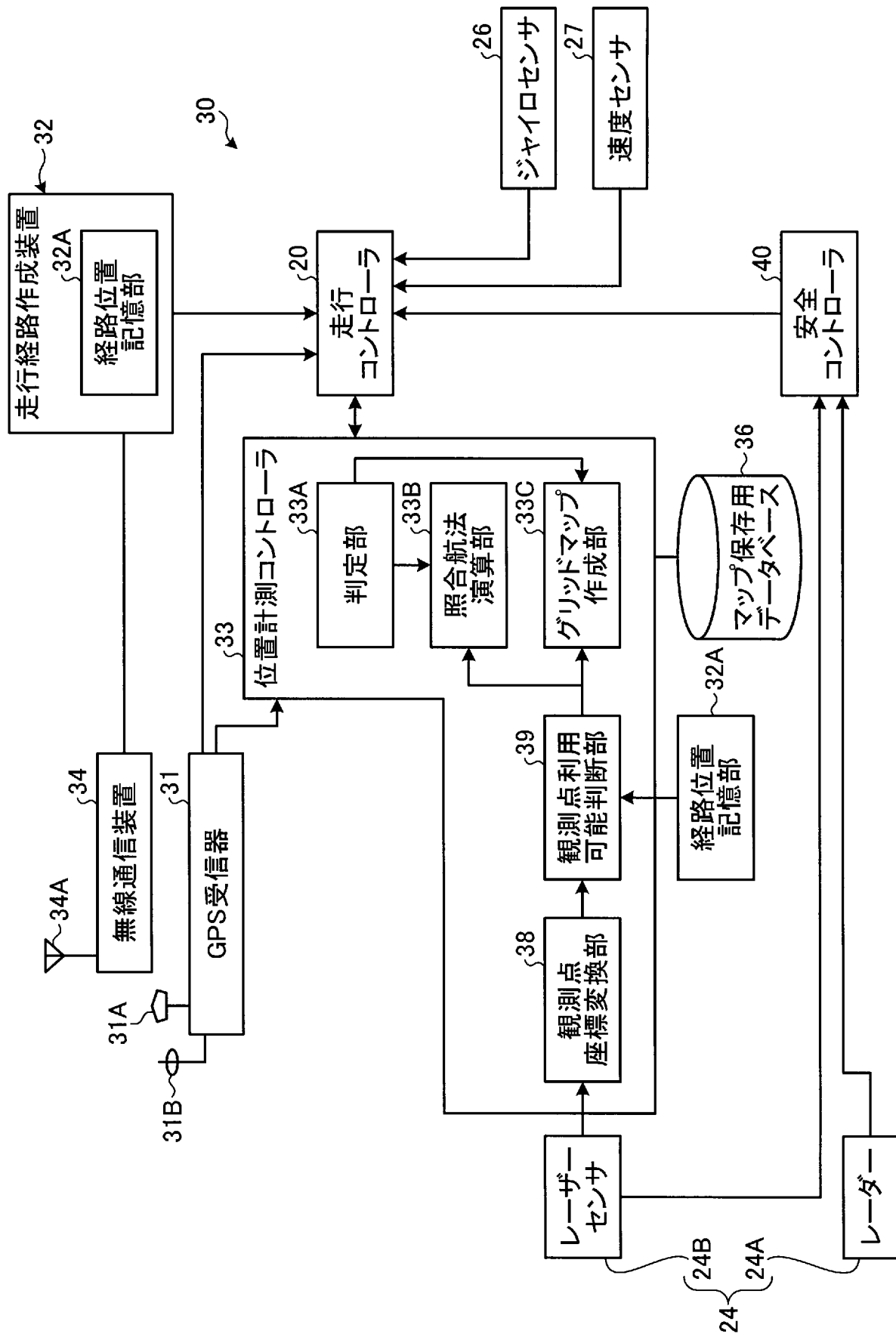
位置検出手段を用いて検出した作業機械の位置に基づいて前記作業機械を前記走行経路に従って走行させるとともに、前記検出した作業機械の位置の誤差が所定の誤差以下であると、前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサの検出結果から上方に突出した上方突出物に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物に関する検出結果を前記走行経路の地図情報として記憶する作業機械の制御方法。

[請求項10] 位置検出手段を用いて検出された位置に基づいて、鉱山に設けられる走行経路に従って走行する作業機械に設置されたコンピュータに、

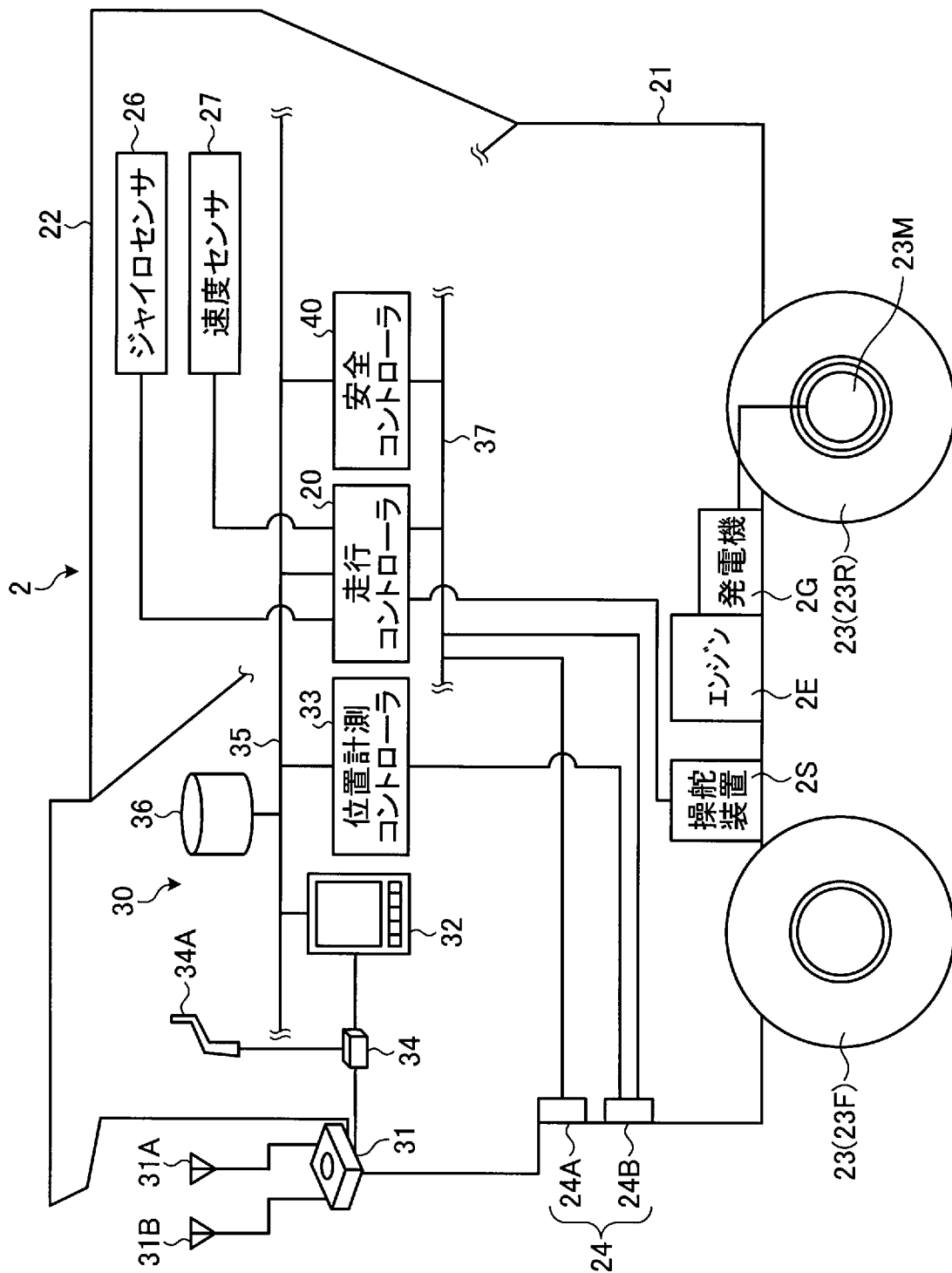
前記位置検出手段を用いて検出された前記作業機械の位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定するステップと、

前記検出された位置の誤差が前記所定の誤差以下であると判定すると、前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサの検出結果から上方突出物に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物に関する検出結果を前記走行経路の地図情報として地図情報記憶手段に記憶するステップと、を実行させるプログラム。

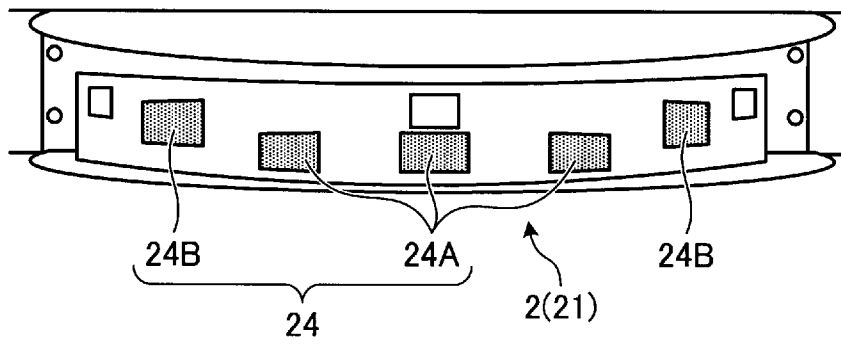
[図2]



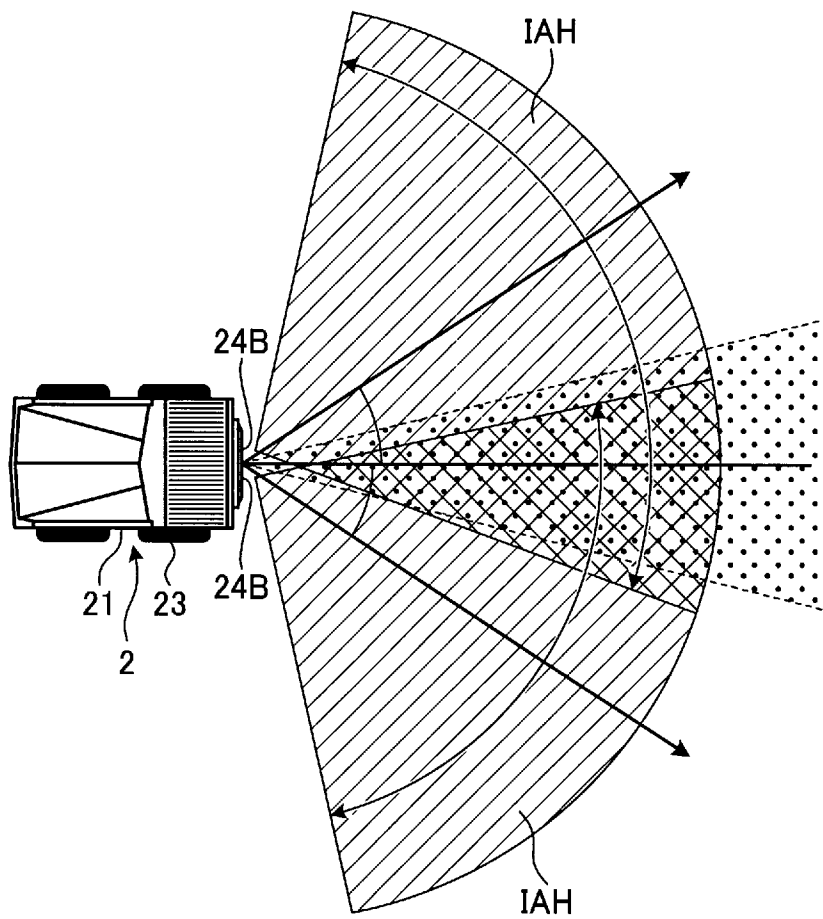
[図3]



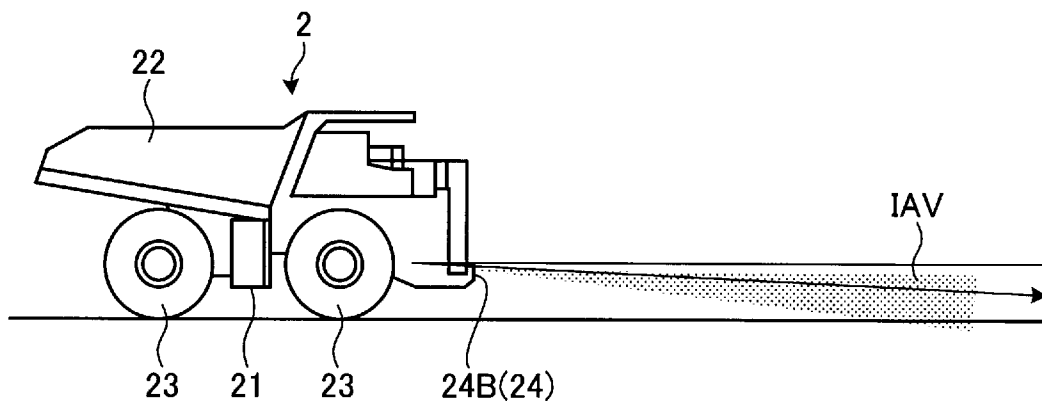
[図4]



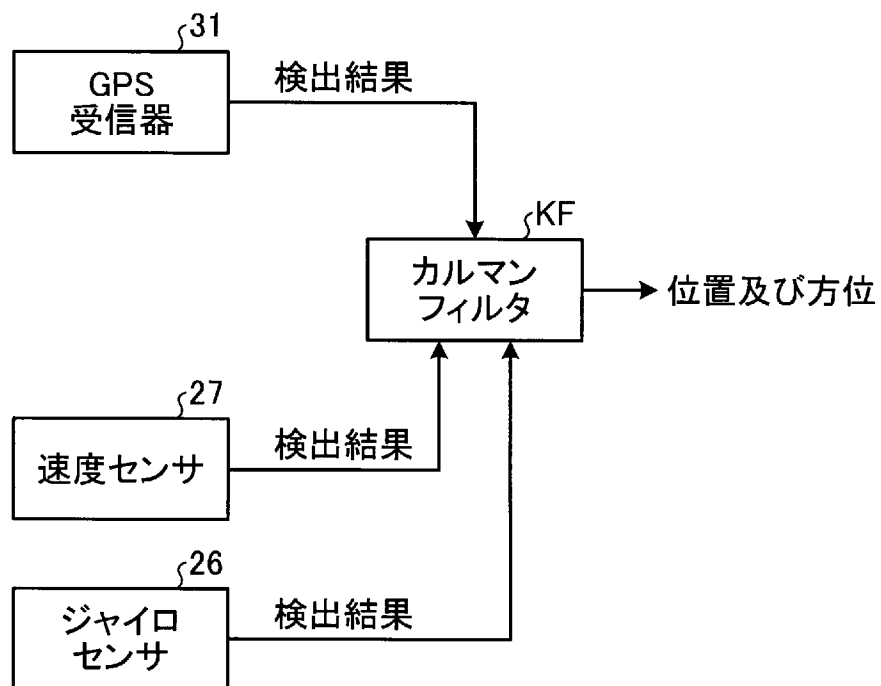
[図5]



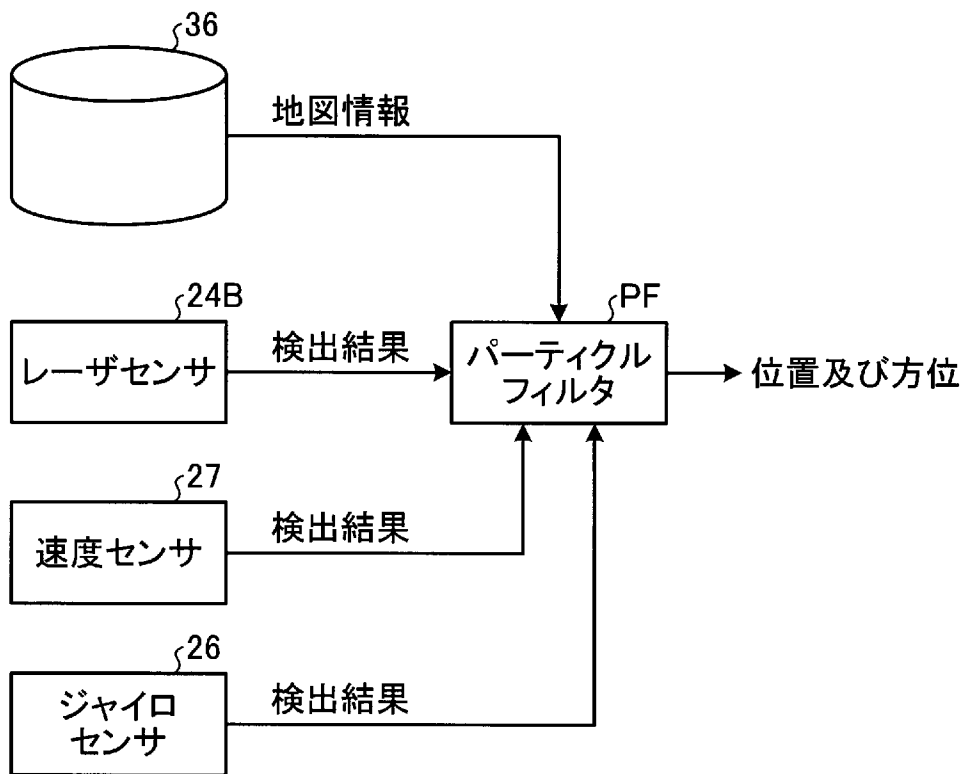
[図6]



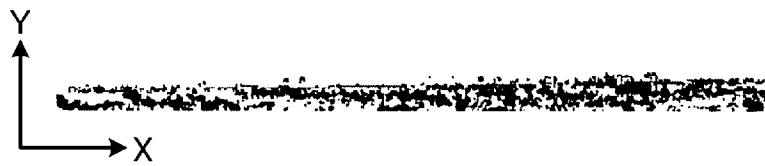
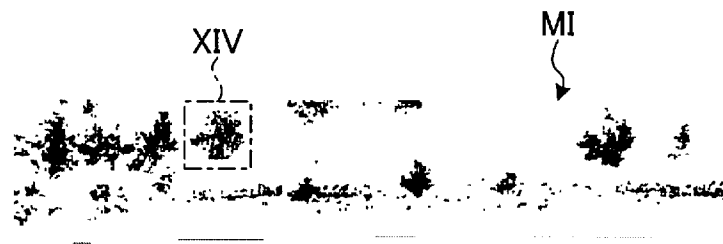
[図7]



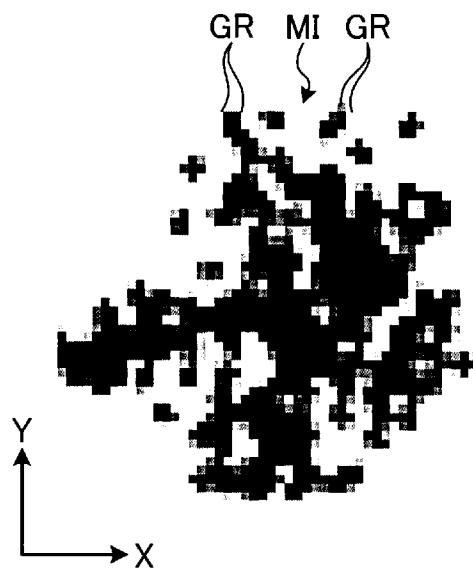
[図8]



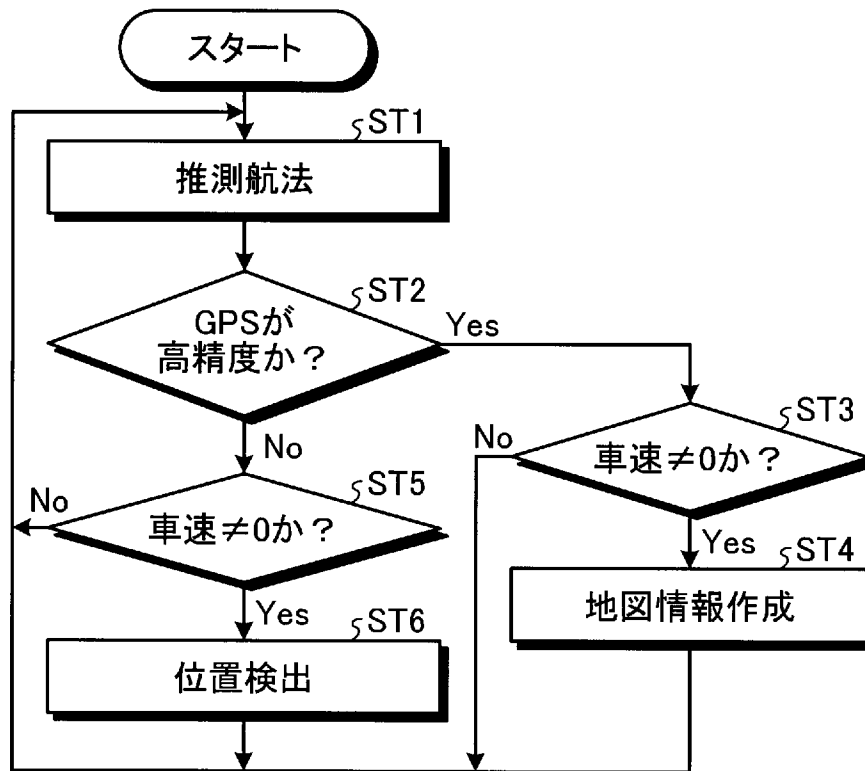
[図9]



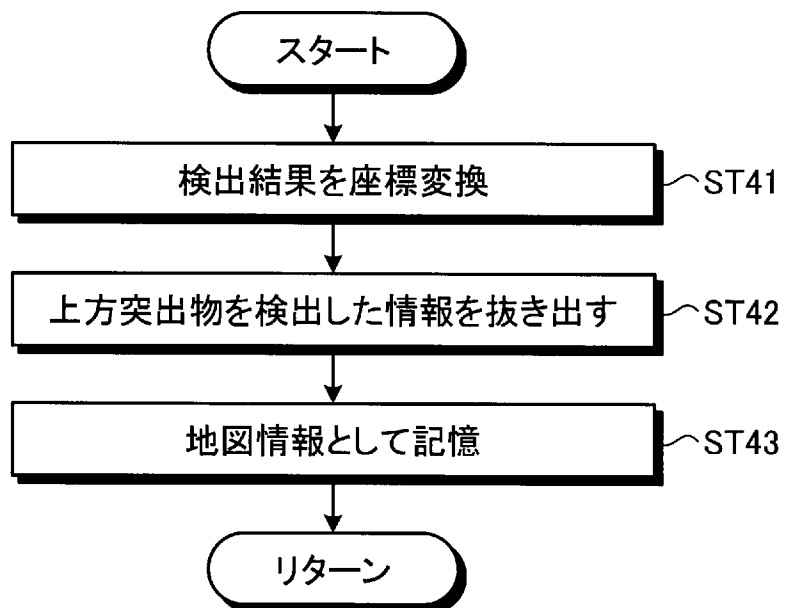
[図10]



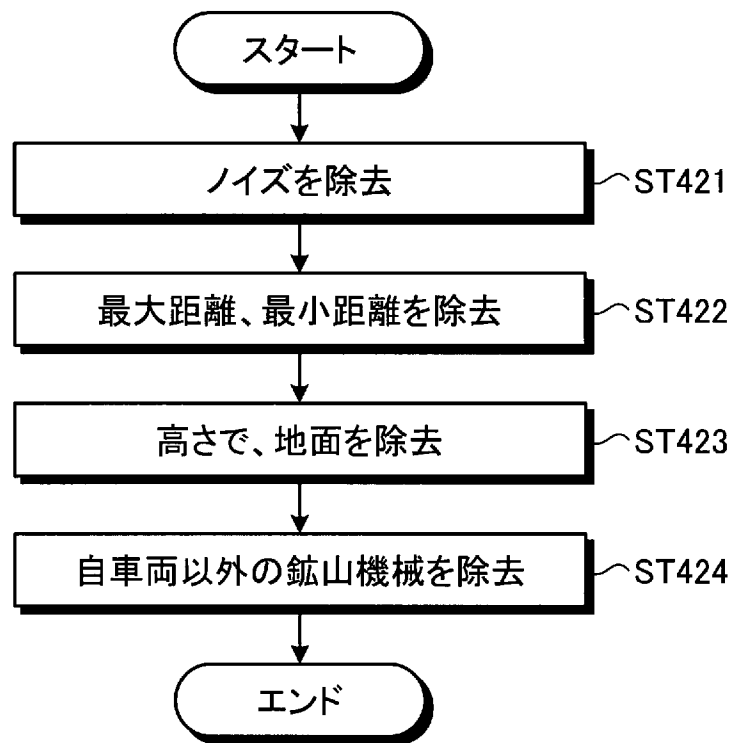
[図11]



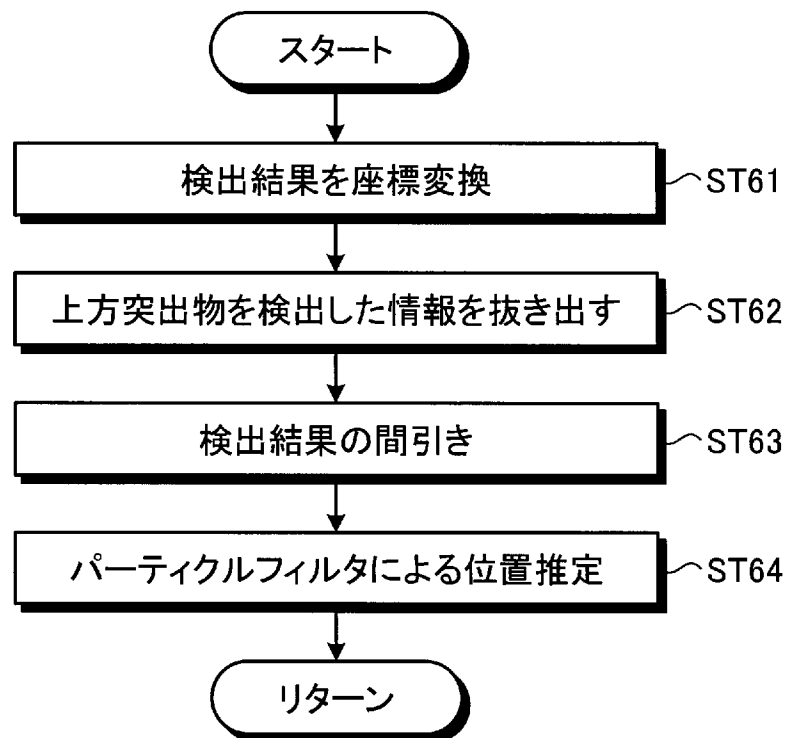
[図12]



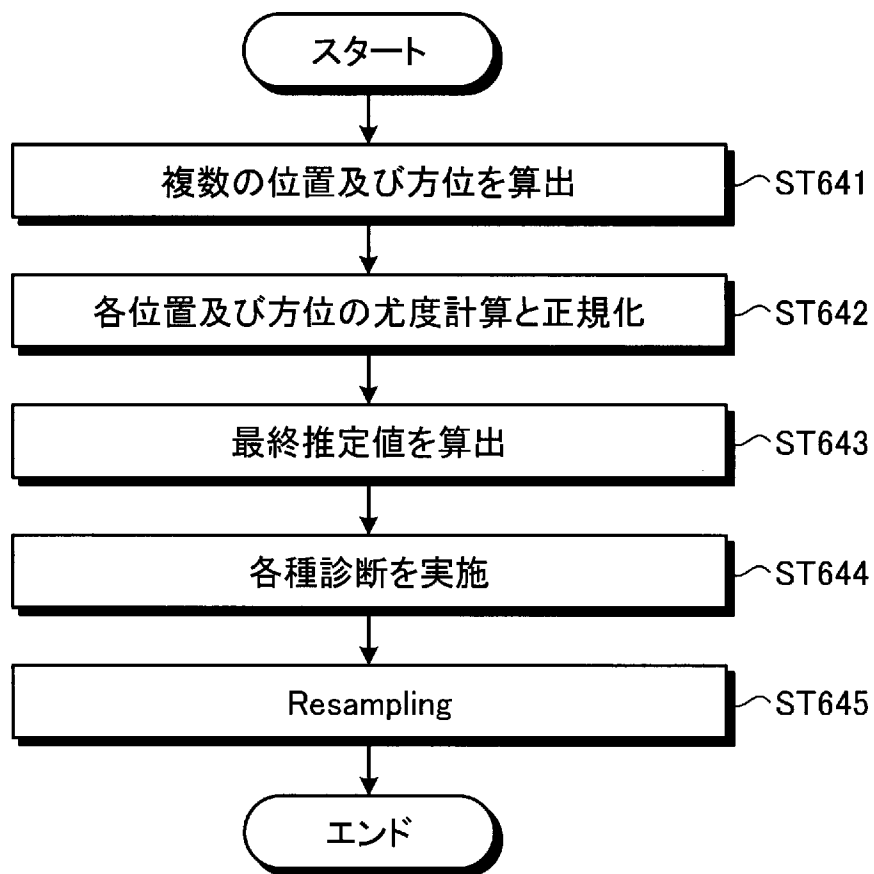
[図13]



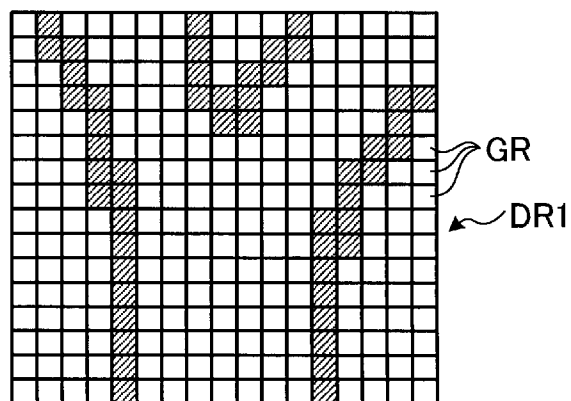
[図14]



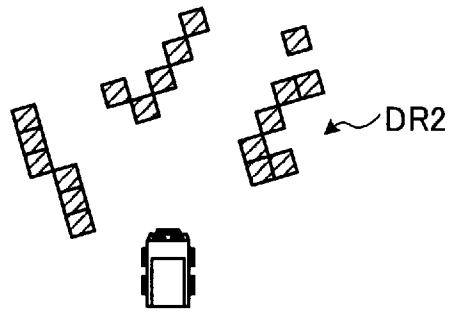
[図15]



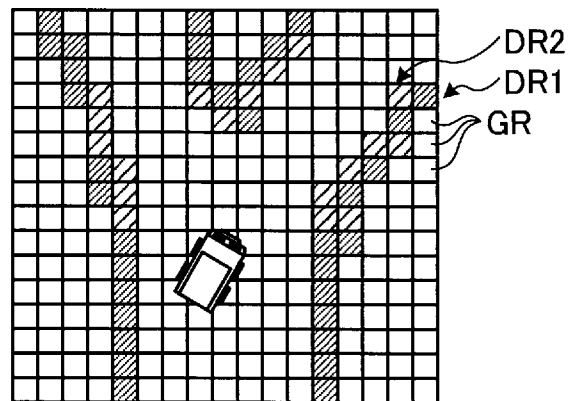
[図16]



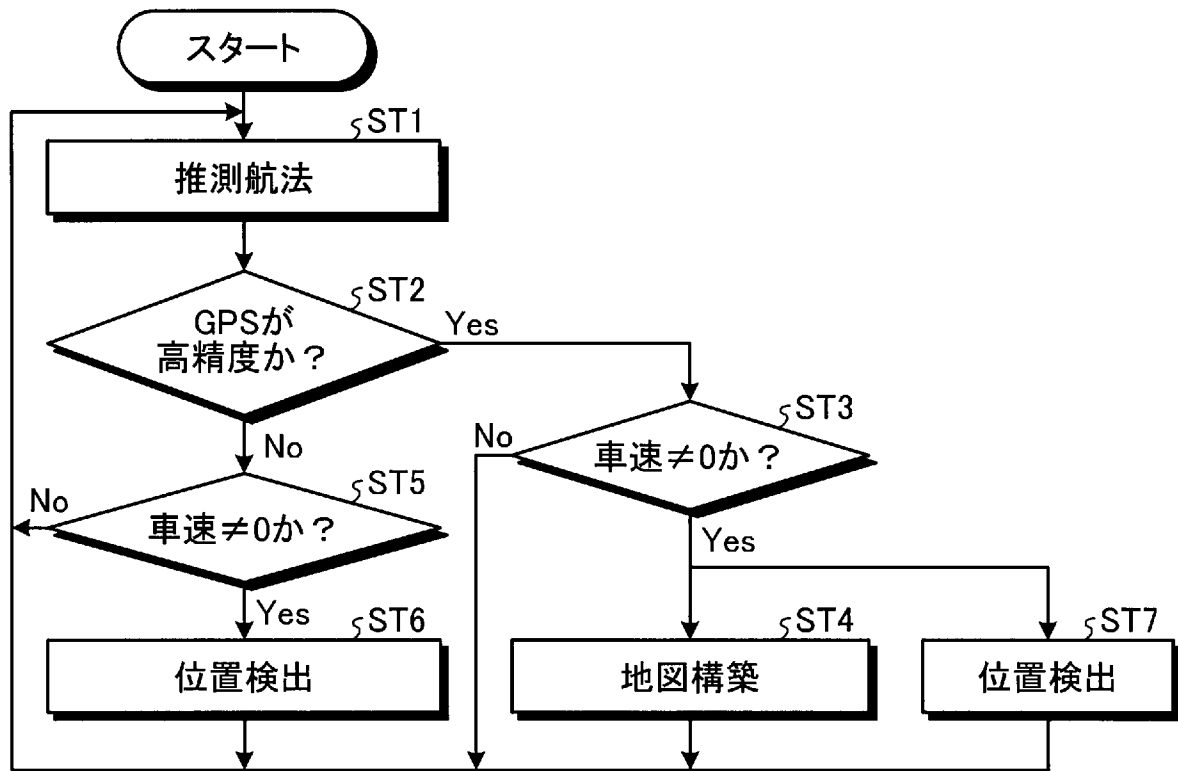
[図17]



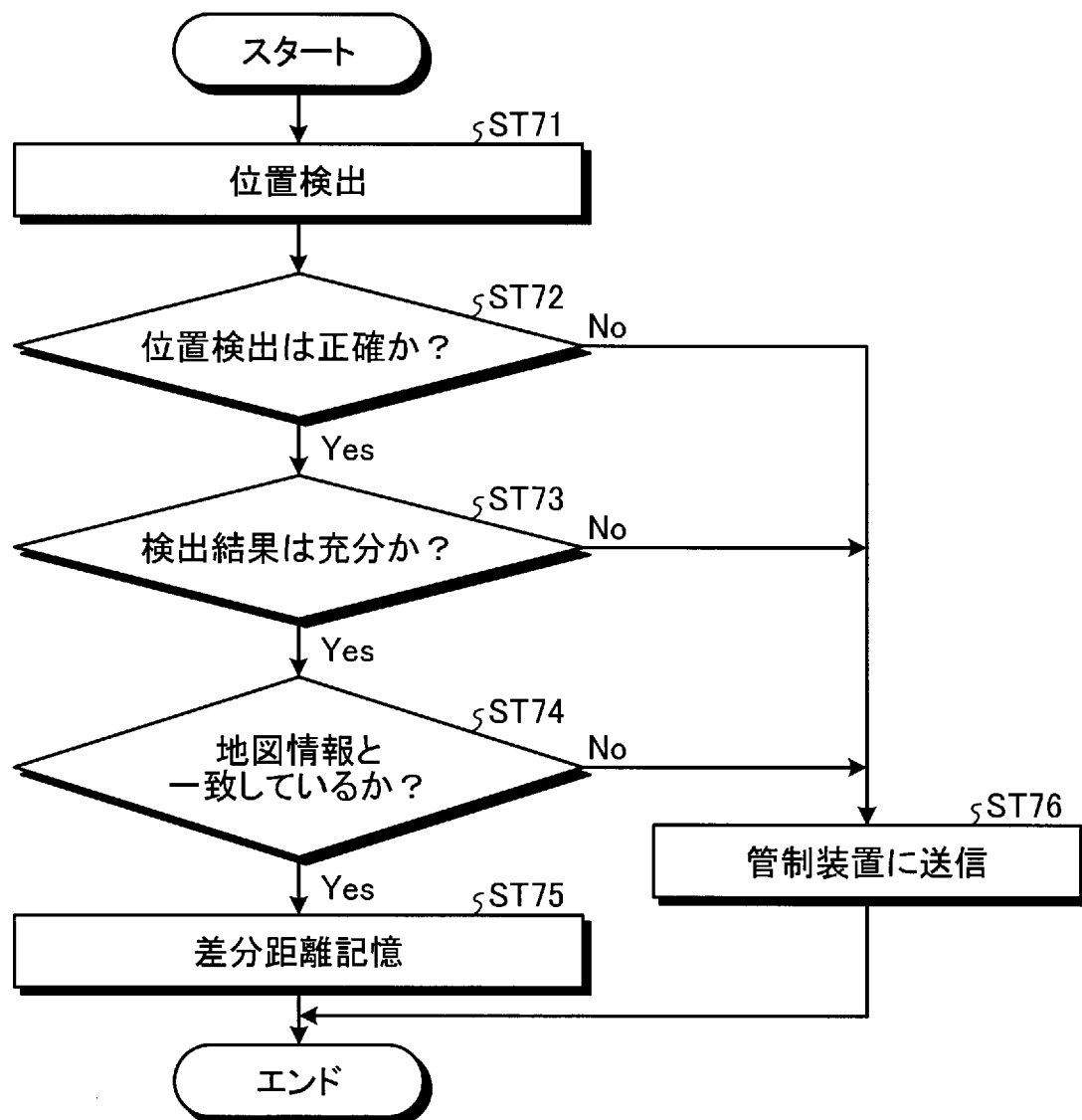
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/080864

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/86(2006.01)i, G01C21/26(2006.01)i, G01S13/89(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i, G01S17/89(2006.01)i, G01S17/93(2006.01)i, G01S19/45(2010.01)i, G08G1/00(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)

G01C21/00-21/36, 23/00-25/00, G01S5/00-5/14, 7/00-7/51, 13/00-13/95, 17/00-19/55, G08G1/00-99/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y	JP 2002-215236 A (Komatsu Ltd.), 31 July 2002 (31.07.2002), paragraphs [0001] to [0053]; all drawings & US 2002/0099481 A1 paragraphs [0001] to [0092]; all drawings	1-10
Y	JP 10-300493 A (Honda Motor Co., Ltd.), 13 November 1998 (13.11.1998), abstract; paragraphs [0001] to [0024]; all drawings (Family: none)	1-10
Y A	JP 2008-116370 A (Toyota Motor Corp.), 22 May 2008 (22.05.2008), paragraphs [0001] to [0055]; all drawings (Family: none)	2-8 <u>1, 9-10</u>

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 January 2016 (18.01.16)

Date of mailing of the international search report
26 January 2016 (26.01.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01S13/86(2006.01)i, G01C21/26(2006.01)i, G01S13/89(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i,
G01S17/89(2006.01)i, G01S17/93(2006.01)i, G01S19/45(2010.01)i, G08G1/00(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. G01C21/00-21/36, 23/00-25/00,
G01S5/00-5/14, 7/00-7/51, 13/00-13/95, 17/00-19/55,
G08G1/00-99/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y	JP 2002-215236 A (株式会社小松製作所) 2002.07.31, 段落 [0001]-[0053], 全図 & US 2002/0099481 A1, 段落[0001]-[0092], 全 図	1-10
Y	JP 10-300493 A (本田技研工業株式会社) 1998.11.13, 要約, 段落 [0001]-[0024], 全図 (ファミリーなし)	1-10
Y A	JP 2008-116370 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.05.22, 段落 [0001]-[0055], 全図 (ファミリーなし)	2-8 1, 9-10

□ C欄の続きにも文献が列挙されている。

□ 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

の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

18.01.2016

国際調査報告の発送日

26.01.2016

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)

神谷 健一

2S

9705

電話番号 03-3581-1101 内線 3258