

(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
2017年9月8日(08.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/149628 A1

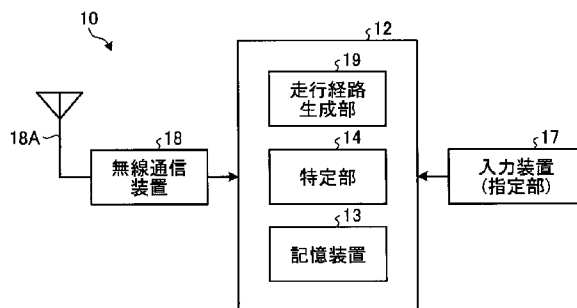
- (51) 国際特許分類:
G01C 21/34 (2006.01) G08G 1/09 (2006.01)
G08G 1/00 (2006.01) G09B 29/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056140
- (22) 国際出願日: 2016年2月29日(29.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所(KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 坂井 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). 皆川 真範(MINAGAWA, 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). 尾▲崎▼ 友紀(OZAKI,
Tomonori); 〒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).

- (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: WORK MACHINE MANAGEMENT SYSTEM AND WORK MACHINE

(54) 発明の名称: 作業機械の管理システム、及び作業機械



- 13 Storage device
14 Specification unit
17 Input apparatus (designation unit)
18 Wireless communication apparatus
19 Traveling route generation unit

(57) Abstract: This work machine management system is provided with: a position detection apparatus that detects the position of a work machine traveling at a work site; a non-contact sensor that detects objects present at the work site in a contactless manner; a traveling route generation unit that generates map data having accumulated therein the presence/absence of the objects present at the work site and positional information thereof, and generates a traveling route on which the work machine travels, on the basis of detection data of the position detection apparatus and detection data of the noncontact sensor; and a specification unit that specifies the completeness of the map data. The traveling route generation unit generates the traveling route on which the work machine travels, on the basis of the completeness of the map data specified by the specification unit.

(57) 要約: 作業機械の管理システムは、作業場を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、作業場にある物体を非接触で検出する非接触センサと、位置検出装置の検出データ及び非接触センサの検出データに基づいて、作業場にある物体の有無及び位置情報を蓄積するマップデータと、作業機械が走行する走行経路を生成する走行経路生成部と、マップデータの完成度を特定する特定部と、を備え、走行経路生成部は、特定部により特定されたマップデータの完成度に基づいて、作業機械が走行する前記走行経路を生成する。

WO 2017/149628 A1



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))

明 細 書

発明の名称： 作業機械の管理システム、及び作業機械

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の管理システム、及び作業機械に関する。

背景技術

[0002] 鉱山の採掘現場において、設定された走行経路に従って鉱山機械を走行させる場合がある。移動体が出発地点から目的地点まで移動するための経路を生成する技術が特許文献 1 に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 0 1 － 1 2 4 5 7 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 設定された走行経路に従って鉱山機械を走行させる場合、GPS (Global Positioning System) 等により鉱山機械の実際の位置データが取得され、目標となる走行経路上の位置と実際の鉱山機械の位置との差が小さくなるように、鉱山機械の走行が制御される。しかし、鉱山の環境によっては、GPS 等により鉱山機械の位置データを取得することが困難な時間帯が生じる可能性がある。そのような時間帯に鉱山機械を走行させようとする、正確な鉱山機械の位置データが取得できないため、鉱山機械は走行経路に従って走行することが困難となり、鉱山における生産性の低下をもたらす。

[0005] 本発明の態様は、鉱山における生産性の低下を抑制できる作業機械の管理システム、及び作業機械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] 本発明の第 1 の態様に従えば、作業場を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記作業場にある物体を非接触で検出する非接触センサと、前記位置検出装置の検出データ及び前記非接触センサの検出データに基

づいて、前記作業場にある前記物体の有無及び位置情報を蓄積するマップデータと、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する走行経路生成部と、前記マップデータの完成度を特定する特定部と、を備え、前記走行経路生成部は、前記特定部により特定された前記マップデータの完成度に基づいて、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する、作業機械の管理システムが提供される。

[0007] 本発明の第2の態様に従えば、第1の態様の作業機械の管理システムを備える作業機械が提供される。

[0008] 本発明の第3の態様に従えば、作業場を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記作業場にある物体を非接触で検出する非接触センサと、前記位置検出装置の検出データ及び前記非接触センサの検出データに基づいて、前記作業場にある前記物体の有無及び位置情報を蓄積するマップデータと、前記作業場における第1位置から第2位置まで中央領域を走行する第1の走行経路と、前記作業場における前記第1位置から前記第2位置まで外周領域を走行する第2の走行経路とを有し、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する走行経路生成部と、前記第2の走行経路におけるマップデータの完成度を指定する指定部と、を備え、前記走行経路生成部は、前記指定部からの情報に基づいて、前記作業機械に優先的に前記第2の走行経路を通過させるように走行経路を生成する、作業機械の管理システムが提供される。

[0009] 本発明の第4の態様に従えば、作業場を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記作業場にある物体を非接触で検出する非接触センサと、前記位置検出装置の検出データ及び前記非接触センサの検出データに基づいて、前記作業場にある前記物体の有無及び位置情報を蓄積するマップデータと、前記作業場における前記第1位置から前記第2位置まで外周領域を走行する走行経路を有し、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する走行経路生成部と、前記マップデータの完成度を特定する特定部と、前記非接触センサの検出結果と前記マップデータを照合させることにより前記作業

機械の位置を演算する照合航法位置演算部と、前記位置検出装置が有効な場合に、前記位置検出装置の検出結果に基づき前記作業機械の走行を制御し、前記位置検出装置が有効でない場合に、前記照合航法位置演算部の演算結果に基づき前記作業機械の走行を制御する走行コントローラと、を備え、前記走行経路生成部は、前記位置検出装置が有効な場合、及び前記位置検出装置が有効でない場合に、前記作業機械に前記走行経路を通過させるよう走行経路を生成する、作業機械の管理システムが提供される。

発明の効果

[0010] 本発明の態様によれば、鉱山における生産性の低下を抑制できる作業機械の管理システム、及び作業機械が提供される。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、実施形態1に係る鉱山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走行経路を説明するための模式図である。

[図3]図3は、実施形態1に係る管理装置の制御ブロック図である。

[図4]図4は、実施形態1に係るダンプトラックの制御ブロック図である。

[図5]図5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6]図6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7]図7は、非接触センサの検出エリアを示す平面図である。

[図8]図8は、非接触センサの検出エリアを示す側面図である。

[図9]図9は、実施形態1に係る制御システムの走行コントローラがGPS走行モード時における位置及び方位を検出する方法を説明する図である。

[図10]図10は、実施形態1に係る制御システムの走行コントローラが照合航法走行モード時における位置及び方位を検出する方法を説明する図である。

[図11]図 1 1 は、実施形態 1 に係る制御システムの G P S 走行モード時における位置計測コントローラの照合航法位置演算部が位置及び方位を演算する方法を説明する図である。

[図12]図 1 2 は、実施形態 1 に係る制御システムの照合航法モード時における位置計測コントローラの照合航法位置演算部が位置及び方位を演算する方法を説明する図である。

[図13]図 1 3 は、実施形態 1 に係る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マップデータの一部を示す図である。

[図14]図 1 4 は、図 1 3 中の X I V 部を拡大して示す図である。

[図15]図 1 5 は、実施形態 1 に係る制御システムのフローチャートの一例である。

[図16]図 1 6 は、ステップ S T 4 のフローチャートの一例である。

[図17]図 1 7 は、実施形態 1 に係るマップ保存用データベースから記憶部に読み込まれたマップデータの一部領域の一例を示す図である。

[図18]図 1 8 は、実施形態 1 に係る制御システムのレーザセンサが現実に出した検出結果の一例を示す図である。

[図19]図 1 9 は、実施形態 1 に係る制御システムのレーザセンサが現実に出した検出結果に基づいて照合航法位置演算部が自車両の位置及び方位を算出した状態の一例を示す図である。

[図20]図 2 0 は、実施形態 1 に係る積込場に設定された走行経路の一例を示す図である。

[図21]図 2 1 は、実施形態 1 に係る第 2 エリアに設定されるコースデータを示す図である。

[図22]図 2 2 は、実施形態 1 に係る第 2 エリアに設定されるコースデータを示す図である。

[図23]図 2 3 は、実施形態 1 に係る走行経路の設定方法の一例を示すフローチャートである。

[図24]図 2 4 は、実施形態 1 に係る作業場に設定された走行経路の一例を示す図である。

す模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 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。

[0013] 実施形態 1 .

< 鉱山機械の管理システムの概要 >

図 1 は、実施形態 1 に係る鉱山機械 4 の管理システム 1 の一例を示す図である。図 2 は、実施形態 1 に係る鉱山機械 4 の管理システム 1 が適用される鉱山の一例を示す平面図である。

[0014] 管理システム 1 は、鉱山機械 4 の管理を行う。鉱山機械 4 の管理は、鉱山機械 4 の運行管理、鉱山機械 4 の生産性の評価、鉱山機械 4 のオペレータの操作技術の評価、鉱山機械 4 の保全、及び鉱山機械 4 の異常診断の少なくとも一つを含む。

[0015] 鉱山機械 4 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。鉱山機械 4 は、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。積込機械は、運搬機械に積荷を積み込むための鉱山機械である。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ダンプトラック等の移動体を含み、積荷を運搬可能な鉱山機械である。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。

[0016] 実施形態 1 においては、管理システム 1 により、鉱山を走行可能な運搬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。図 1 に示すように、ダンプトラック 2 は、鉱山の作業場 P A 及び作業場 P A に通じる搬送路 H L の少なくとも一部を走行する。作業場 P A は、搬送路 H L を除く積込場 L P A 及び排土場 D P A の少なくとも一方を含む領域である。搬送路 H L は、交差点 I S を含む。ダンプトラック 2 は、搬送路 H L 上や作業場 P A 上に設定された走行経路を走行する。搬送路 H L の傍らには物体が設けられる

。実施形態１においては、搬送路ＨＬの傍らに設けられる物体が土手ＢＫであることとする。なお、搬送路ＨＬの傍らに設けられる物体は、側壁又は人工的に製造された構造物でもよい。例えば、物体が金属又はコンクリートを含んでもよい。

[0017] 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。走行経路は、積込場ＬＰＡ、排土場ＤＰＡ、及び搬送路ＨＬの少なくとも一部に設定される。

[0018] 積込場ＬＰＡは、ダンプトラック２に積荷を積み込む積込作業が実施されるエリアである。排土場ＤＰＡは、ダンプトラック２から積荷が排出される排出作業が実施されるエリアである。排土場ＤＰＡの少なくとも一部に破砕機ＣＲが設けられてもよい。

[0019] 実施形態１において、ダンプトラック２は、管理装置１０からの指令信号に基づいて走行経路を自律走行する、所謂、無人ダンプトラックである。ダンプトラック２の自律走行とは、作業者の操作によらずに管理装置１０からの指令信号に基づいて走行することをいう。なお、ダンプトラック２は、作業者の操作により走行してもよい。

[0020] 図１において、管理システム１は、鉱山に設置される管制施設７に配置された管理装置１０と、通信システム９と、ダンプトラック２と、ダンプトラック２とは異なる他の鉱山機械４である鉱山機械３と、を備える。管理装置１０は、鉱山の管制施設７に設置され、基本的には移動しないが、管理装置１０が移動可能でもよい。通信システム９は、管理装置１０とダンプトラック２と他の鉱山機械３との間においてデータ又は指令信号を無線通信する。通信システム９は、管理装置１０とダンプトラック２との間、管理装置１０と他の鉱山機械３との間、及びダンプトラック２と他の鉱山機械３との間を、双方向に無線通信可能にする。実施形態１において、通信システム９は、データ又は指令信号（電波等）を中継する中継器６を複数有する。

[0021] 実施形態１において、ダンプトラック２の位置及び他の鉱山機械３の位置が、ＧＮＳＳ（Global Navigation Satellite System）を利用して検出さ

れる。GNSSとは、全地球航法衛星システムをいう。全地球航法衛星システムの一例として、上述したGPSが挙げられる。GNSSは、複数の測位衛星5を有する。GNSSは、緯度、経度、及び高度の座標データで規定される位置を検出する。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。GNSSにより、鉱山におけるダンプトラック2の位置及び他の鉱山機械3の位置が検出される。なお、本明細書中において「絶対位置」とは、真のダンプトラック2の位置そのものを示すものではなく、真のダンプトラック2の位置に対して精度のよい推定位置であることを示している。

[0022] 以下の説明においては、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である。GNSSにおいては、測位衛星5の配置、データを受信した測位衛星5の数、電離層、対流圏、及び測位衛星5からのデータを受信するアンテナ周辺の地形の少なくとも一つの影響により、測位の状態（位置の精度）が変化する。測位の状態は、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）、及び非測位（測位計算不能）を含む。

[0023] 管理システム1は、水平面内のX軸方向及びX軸方向と直交する水平面内のY軸方向で規定されるXY座標系において、鉱山におけるダンプトラック2の位置及び方位（向き）と、他の鉱山機械3の位置及び方位とを管理する。ダンプトラック2の方位とは、走行するダンプトラック2の進行方向である。

[0024] <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に対してデータ及び指令信号を送信し、ダンプトラック2からデータを受信する。図1に示すように、管理装置10は、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とを備える。

- [0025] コンピュータ 11 は、処理装置 12 と、記憶装置 13 と、入出力部（入出力インターフェース） 15 とを備える。表示装置 16、入力装置 17、無線通信装置 18 は、入出力部 15 を介して、コンピュータ 11 と接続される。
- [0026] 処理装置 12 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鉱山機械 3 の管理に関する各種の処理を実行する。処理装置 12 は、各種処理を行うため、通信システム 9 を介してダンプトラック 2 の位置データ及び他の鉱山機械 3 の位置データを取得する。
- [0027] 図 2 は、搬送路 HL を走行するダンプトラック 2 を示す模式図である。処理装置 12 は、ダンプトラック 2 が走行する走行経路 RP を設定する。走行経路 RP は、コースデータ CS によって規定される。コースデータ CS とは、絶対位置（緯度、経度、及び高度の座標データ）がそれぞれ規定された複数のポイント P1 の集合体である。すなわち、複数のポイント P1 を通過する軌跡が走行経路 RP である。処理装置 12 は、ダンプトラック 2 の走行経路 RP を規定するコースデータ CS を生成するコースデータ作成部として機能する。処理装置 12 は、コースデータ CS を作成して、走行経路 RP を設定する。
- [0028] 記憶装置 13 は、処理装置 12 と接続され、ダンプトラック 2 の管理に関する各種のデータ及び他の鉱山機械 3 の管理に関する各種のデータを記憶する。記憶装置 13 は、ダンプトラック 2 の位置データ及び他の鉱山機械 3 の位置データを記憶する。
- [0029] 表示装置 16 は、鉱山内の搬送路 HL 等を含んだ地図、ダンプトラック 2 の位置データ及び他の鉱山機械 3 の位置データを表示可能である。入力装置 17 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み、処理装置 12 に操作信号を入力可能な操作部として機能する。
- [0030] 無線通信装置 18 は、アンテナ 18A を有し、管制施設 7 に配置され、入出力部 15 を介して、処理装置 12 と接続される。無線通信装置 18 は、通信システム 9 の一部である。無線通信装置 18 は、ダンプトラック 2 及び他の鉱山機械 3 の少なくとも一方から送信されたデータを受信可能である。無

線通信装置 18 で受信したデータは、処理装置 12 に出力され、記憶装置 13 に記憶される。無線通信装置 18 は、ダンプトラック 2 及び他の鉱山機械 3 の少なくとも一方にデータを送信可能である。

[0031] 図 3 は、管理装置 10 の機能ブロック図である。管理装置 10 は、ダンプトラック 2 が走行する走行経路を生成する走行経路生成部 19 と、ダンプトラック 2 が走行する走行経路の傍らの領域の内、マップデータの完成度が高い第 1 のエリアと、マップデータの完成度が低い第 2 のエリアとを特定する特定部 14 と、マップデータを記憶する記憶装置 13 と、無線通信装置 18 とを備える。

[0032] 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) のようなマイクロプロセッサを有する演算処理装置と、制御プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory) のような外部記憶装置と、CPU の作業領域として使用される RAM (Random Access Memory) のような主記憶装置 (内部記憶装置) と、CPU によりデータが登録される不揮発性メモリのような外部記憶装置 (補助記憶装置) とを備える。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、及び CPU によりデータ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 13B を実現する。なお、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。

[0033] <他の鉱山機械>

次に、他の鉱山機械 3 について説明する。他の鉱山機械 3 は、ダンプトラック 2 以外の鉱山機械であり、作業者の操作により作動する。他の鉱山機械 3 は、CPU 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 とデータを送受信する無線通信装置とを備える。他の鉱山機械 3 は、所定時間

毎に自機のGPS位置を管制施設7の無線通信装置18に送信する。

[0034] <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4は、実施形態1に係るダンプトラック2の制御ブロック図である。図5は、実施形態1に係るダンプトラック2のハードウェア構成図である。図6は、実施形態1に係るダンプトラック2の非接触センサ24の正面図である。図7は、非接触センサ24のレーザセンサ24Bの検出エリアを示す平面図である。図8は、非接触センサ24のレーザセンサ24Bの検出エリアを示す側面図である。

[0035] 図4に示すように、制御システム30は、少なくとも走行コントローラ20、走行経路決定装置32、照合航法位置計測コントローラ33、安全コントローラ40を備える。また、走行コントローラ20は、ジャイロセンサ26、速度センサ27から信号を受信することができる。走行経路決定装置32は、GPS受信器31、無線通信装置34から信号を受信することができる。照合航法位置計測コントローラ33は、非接触センサ24、マップ保存用データベース36から信号又はデータを受信することができる。安全コントローラ40は、非接触センサ24から信号を受信することができる。また照合航法位置計測コントローラ33は、判定部33A、照合航法位置演算部33B、マップデータ作成部33C、記憶部33D、観測点座標変換部38、及び観測点利用可能判断部39を備える。

[0036] 図5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、非接触センサ24と、制御システム30とを備える。車両本体21に、ディーゼルエンジンのようなエンジン2E、エンジン2Eにより作動する発電機2G、及び発電機2Gで発生した電力により作動する電動機23Mが設けられる。車輪23は、前輪23F及び後輪23Rを含む。電動機23Mにより、後輪23Rが駆動される。なお、エンジン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に、前輪23Fを操舵する操舵装置2Sが設けられる。ベッセル22には、積込機械により積荷が積み込まれる。排出

作業においてベッセル 22 が持ち上げられ、ベッセル 22 から積荷が排出される。

[0037] 図 6 に示すように、非接触センサ 24 は、車両本体 21 の前部の下部に配置される。非接触センサ 24 は、ダンプトラック 2 の周囲の物体を非接触で検出する。ダンプトラック 2 の周囲の物体は、走行経路 R P の傍らに存在する物体（土手 B K、側壁等）を含む。非接触センサ 24 は、ダンプトラック 2 の前方の障害物を非接触で検出する障害物センサとして機能する。

[0038] 非接触センサ 24 は、非接触センサ 24（ダンプトラック 2）に対する物体の相対位置を検出可能である。非接触センサ 24 は、レーダ 24 A 及びレーザセンサ 24 B を含む。レーザセンサ 24 B の分解能は、レーダ 24 A の分解能よりも高い。

[0039] レーダ 24 A は、電波を発射して、その電波を物体に照射し、物体で反射した電波を受信する。これにより、レーダ 24 A は、レーダ 24 A に対する物体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 24 A は、車両本体 21 の左右方向に間隔をあけて 3 つ設けられる。

[0040] レーザセンサ 24 B は、レーザ光線を発射して、そのレーザ光線を物体に照射し、物体で反射したレーザ光線を受信する。これにより、レーザセンサ 24 B は、レーザセンサ 24 B に対する物体の方向及び距離を検出可能である。実施形態 1 において、レーザセンサ 24 B は、車両本体 21 の左右方向に間隔をあけて 2 つ設けられる。

[0041] 2 つのレーザセンサ 24 B は、それぞれ上下方向（鉛直方向）の方位が異なる複数のレーザ光線を発射し、複数のレーザ光線のそれぞれを左右方向（水平方向）におけるレーザ光線の照射エリア I A H が所定角度になるように、レーザ光線を左右方向に揺動させる。図 7 に示すように、2 つのレーザセンサ 24 B は、左右方向の中央で 2 つのレーザセンサ 24 B から照射されるレーザ光線の照射エリア I A H が重なるようにレーザ光線を揺動させる。図 8 に示すように、レーザセンサ 24 B は、車両本体 21 から下方に傾斜した照射エリア I A V にレーザ光線を照射する。レーザ光線の照射エリア I A H

、1AVは、レーザセンサ24Bによる物体等の検出エリアである。ダンプトラック2の走行において、走行経路RPの傍らの物体（土手BK）がレーザセンサ24Bの検出エリアに配置されるように、レーザセンサ24Bの設置位置及びレーザ光線の照射エリアが定められる。なお、レーダ24Aも照射範囲が規定されているが、図7、8においては照射範囲の図示を省略している。

[0042] レーダ24A及びレーザセンサ24Bを含む非接触センサ24は、制御システム30の第2通信線37制御システムを介して照合航法位置計測コントローラ33に接続される。

[0043] <制御システム>

次に、制御システム30を説明する。図9は、実施形態1に係る、GPS走行モードにおいて制御システム30の走行コントローラ20が位置及び方位を演算する方法を説明する図である。図10は、実施形態1に係る、照合航法走行モードにおいて制御システム30の照合航法位置計測コントローラ33の照合航法位置演算部33Bが位置及び方位を検出する方法を説明する図である。図13は、実施形態1に係る制御システム30のマップ保存用データベース36に記憶されるマップデータM1の一部を示す図である。図14は、図13中のX1V部を拡大して示す図である。

[0044] 制御システム30は、ダンプトラック2に設置される。制御システム30は、走行経路RPに従ってダンプトラック2を自律走行させる。図5に示すように、制御システム30は、ジャイロセンサ26と、速度センサ27と、GPS受信器31と、走行経路決定装置32と、照合航法位置計測コントローラ33と、走行コントローラ20と、非接触センサ24と、無線通信装置34と、マップ保存用データベース36とを備える。また、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。

[0045] 図5に示すように、走行コントローラ20、走行経路決定装置32、照合航法位置計測コントローラ33、マップ保存用データベース36、安全コン

トローラ 40 は、第 1 通信線 35 に接続され、第 1 通信線 35 を介して、データ通信する。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、第 2 通信線 37 を介して、データ通信する。

[0046] 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、検出データ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 の検出データに基づいて、ダンプトラック 2 の方位（方位変化量）を算出する。

[0047] 速度センサ 27 は、車輪 23 の回転速度を検出して、ダンプトラック 2 の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、検出データ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 の検出データと、走行コントローラ 20 に内蔵されているタイマーで計測される時間データとに基づいて、ダンプトラック 2 の移動距離を算出する。

[0048] GPS 受信器 31 は、ダンプトラック 2 に設けられ、ダンプトラック 2 の絶対位置（GPS 位置）を検出する。GPS 受信器 31 に、測位衛星 5 からのデータを受信するアンテナ 31A が接続される。アンテナ 31A は、測位衛星 5 から受信したデータに基づく信号を GPS 受信器 31 に出力する。GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からのデータを用いて、アンテナ 31A の位置（GPS 位置）を検出する。

[0049] 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、検出した GPS 位置が、その精度を示す Fix 解、Float 解、又は Single 解のいずれかであることを検出する。

[0050] GPS 受信器 31 は、検出した GPS 位置の精度を示す Fix 解、Float 解、又は Single 解のいずれかを検出した場合、検出された GPS 位置の精度とともに、GPS 位置が測位計算されたことを示す測位信号を出力する。GPS 受信器 31 は、GPS 位置が測位計算不能である場合、非測位であることを示す非測位信号を出力する。測位信号又は非測位信号は、走

行経路決定装置 32 を介して、走行コントローラ 20 及び照合航法位置計測コントローラ 33 に出力される。実施形態 1 において、GPS の位置精度が F i x 解であった場合、検出された GPS 位置に基づいてダンプトラック 2 が自律走行を行うことができる。GPS の位置精度が F l o a t 解及び S i n g l e 解であった場合、もしくは GPS 位置が測位計算不能であった場合は、検出された GPS 位置に基づいてダンプトラック 2 が自律走行を行うことができない。

[0051] 図 4 に示すように、走行経路決定装置 32 は、アンテナ 34 A が接続された無線通信装置 34 と接続される。無線通信装置 34 は、管理装置 10 及び自車両以外の鉱山機械 4 の少なくとも一つから送信された指令信号又はデータを受信可能である。自車両以外の鉱山機械 4 は、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のようなダンプトラック 2 以外の鉱山機械 4 と、自車両以外のダンプトラック 2 とを含む。

[0052] 無線通信装置 34 は、管制施設 7 の無線通信装置 18 から送信された指令信号を受信して、走行経路決定装置 32 を介して走行コントローラ 20 及び照合航法位置計測コントローラ 33 に出力する。指令信号は、自車両であるダンプトラックの走行条件を示す走行条件データを含む。走行条件データは、処理装置 12 で生成されたコースデータ及びダンプトラック 2 の走行速度データを含む。自車両のコースデータは、X Y 座標系で規定される。走行経路決定装置 32 は、無線通信装置 34 からコースデータを受信し、経路位置記憶部 32 A に記憶する。また、走行経路決定装置 32 は、自車両であるダンプトラック 2 の位置データ及び方位データを、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。また、走行経路決定装置 32 は、第 1 通信線 35 と接続され、照合航法位置計測コントローラ 33 や走行コントローラ 20 等の各種コントローラに指令信号を送信する。

[0053] 走行経路決定装置 32 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) のようなマイクロプロセッサを有する演算処理装置と、演算処理装置の作業領域として使用される RAM (Rando

m Access Memory) のような主記憶装置 (内部記憶装置) と、制御プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory) のような外部記憶装置 (補助記憶装置) と、演算処理装置によりデータが登録される不揮発性メモリのような外部記憶装置 (補助記憶装置) と、を備える。走行経路決定装置 32 の機能は、演算処理装置が外部記憶装置に記憶された制御プログラムを読み込んで主記憶装置の作業領域で実行することにより実現される。経路位置記憶部 32A は、外部記憶装置及び外部記憶装置により実現される。外部記憶装置は、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。なお、複数の処理回路が連携して、走行経路決定装置 32 の機能を実現してもよい。

[0054] <走行コントローラ>

走行コントローラ 20 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、を備える。走行コントローラ 20 は、後述するが、GPS 受信器 31 で検出されたダンプロック 2 の GPS 位置を示す位置データ及び照合航法位置計測コントローラ 33 の照合航法位置演算部 33B で算出されたダンプロック 2 の絶対位置を示す位置データを受信し、両者の少なくとも一方に基づいて、コースデータによって規定された走行経路 RP に従ってダンプロック 2 を自律走行させる。

[0055] 走行コントローラ 20 は、走行経路 RP に従ってダンプロック 2 を自律走行させるため、ダンプロック 2 の位置データのみならず、ジャイロセンサ 26 の検出データであるダンプロック 2 の方位 (方位変化量) を示す方位データ及び速度センサ 27 の検出データであるダンプロック 2 の走行速度を示す走行速度データを取得する。

[0056] 実施形態 1 において、ダンプロック 2 は、専ら 2 つの走行モードで、走行経路 RP に従って走行する。第 1 の走行モードは、図 9 に示すように、GPS 受信器 31 の検出データと、ジャイロセンサ 26 の検出データと速度セ

ンサ 27 の検出データ 27 を用いた推測航法により推測した位置及び方位データとに基づいて、ダンプトラック 2 を自律走行させる GPS 走行モードである。GPS 走行モードでダンプトラック 2 を走行させる場合、後述するマップデータ作成処理が実施され、マップデータ作成処理において作成されたマップデータ M1 がマップ保存用データベース 36 に随時記憶・更新されていく。第 2 の走行モードは、図 10 に記載されているように、GPS 走行モード時に作成・更新されたマップデータ M1 とレーザセンサ 24B の検出データとに基づいて、Scan Matching Navigation（照合航法）という手法を用いてダンプトラック 2 の絶対位置を示す位置及び方位データを算出し、算出されたダンプトラック 2 の位置及び方位データに基づいてダンプトラック 2 を自律走行させる照合航法走行モードである。照合航法走行モードにおいて、ダンプトラック 2 の位置及び方位データは、照合航法位置演算部 33B において算出される。

[0057] 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（速度）とに基づいて、対象物（ダンプトラック 2）の現在位置及び方位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（速度）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。

[0058] 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、推測航法の手法を用いて所定期間毎にダンプトラック 2 の推定される現在位置を更新し続けながら、ダンプトラック 2 が走行経路 RP に設定されたコースデータ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。

[0059] しかし、推測航法による自車両の位置及び方位の推測は、タイヤのわずかなスリップ等により誤差が生じやすい。つまり、推測航法によるダンプトラック 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大きな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コースデータから外れて走行してしまう可能性がある。

[0060] GPS 走行モードにおいては、走行コントローラ 20 は、推測航法により算出（推測）されたダンプトラック 2 の位置（推測位置）を、所定期間毎に GPS 受信器 31 により検出された GPS 位置データ及び方位データ（例えば、今回検出された GPS 位置データと前回検出された GPS 位置データとを結んだ直線が示す方向を方位データとして用いることができる）を使って補正することにより、推測航法により蓄積された誤差が大きくなりすぎないようにしつつ、ダンプトラック 2 を走行させる。照合航法走行モードにおいても、走行コントローラ 20 は、推測航法により算出（推測）されたダンプトラック 2 の位置（推測位置）及び方位（推測方位）を、所定期間毎に照合航法位置演算部 33B が算出した照合航法位置データ及び方位データを使って補正することにより、推測航法により蓄積された誤差が大きくなりすぎないようにしつつ、ダンプトラック 2 を走行させる。

[0061] 図 11 及び図 12 における下方に示されるように、走行コントローラ 20 が、ジャイロセンサ 26 及び速度センサ 27 の検出結果に基づいて推測航法によりダンプトラック 2 の現在位置を推定する周期を t_a [msec] とする。また、図 11 に示すように、走行コントローラ 20 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、 t_b [msec] 毎で入力される。図 11 が示すように、推測航法による位置の推定頻度は、GPS 検出器 31 の検出信号が走行コントローラ 20 に入力される頻度、すなわち、GPS 位置が検出される頻度よりも高い。そのため、推測航法による位置推定を数回行う毎に GPS 位置が走行コントローラ 20 に入力されダンプ

トラック 2 の現在位置が補正されるため、推測航法による誤差が大きくなりすぎない。

[0062] また、図 1 2 に示すように、走行コントローラ 2 0 には、照合航法位置演算部 3 3 B の演算結果であるダンブトラック 2 の位置及び方位を示す位置データが、 t_c [m s e c] 毎に入力される。図 1 1 が示すように、推測航法による位置の推定頻度は、照合航法位置演算部 3 3 B の演算結果が走行コントローラ 2 0 に入力される頻度、すなわち、照合航法位置が算出される頻度よりも高い。そのため、推測航法による位置推定を数回行う毎に照合航法位置演算部 3 3 B による位置データが走行コントローラ 2 0 に入力されダンブトラック 2 の現在位置が補正されるため、推測航法による誤差が大きくなりすぎない。

[0063] なお、図 1 1 及び図 1 2 によると、推測航法を数回行う毎に、GPS 位置を示す検出信号及び照合航法位置演算部 3 3 B による位置データが走行コントローラ 2 0 に入力されるような頻度となっているが、推測航法を行う頻度と、GPS 位置を示す検出信号及び照合航法位置演算部 3 3 B による位置データが走行コントローラ 2 0 に入力される頻度を同程度に設定してもよい。

[0064] 図 9 において、具体的な GPS 走行モードについて説明する。走行コントローラ 2 0 は、速度センサ 2 7 の検出データ、及びジャイロセンサ 2 6 の検出データを用いて推測航法によりダンブトラック 2 の位置及び方位を算出する。また、GPS 受信器 3 1 の検出データが走行コントローラ 2 0 に入力された場合には、推測航法により算出された位置及び方位と GPS 受信器 3 1 の検出データとをカルマンフィルタ KF (Kalman Filter) により統合してより正確なダンブトラック 2 の位置及び方位を算出し、その位置及び方位をダンブトラック 2 の現在位置及び方位として採用する。

[0065] <照合航法位置計測コントローラ>

図 4 に示すように、照合航法位置計測コントローラ 3 3 は、判定部 3 3 A と、照合航法位置演算部 3 3 B と、マップデータ作成部 3 3 C と、記憶部 3 3 D とを備える。

- [0066] 照合航法位置計測コントローラ 33 は、第 1 通信線 35 と接続され、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 の検出データ及び速度センサ 27 の検出データを取得する。また、照合航法位置計測コントローラ 33 は、無線通信装置 34、走行経路決定装置 32、及び第 1 通信線 35 を介して、GPS 受信器 31 と接続され、GPS 受信器 31 の検出データを取得する。
- [0067] 判定部 33A は、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置の精度が所定の精度を超えているか否かを判定する。判定部 33A は、例えば GPS 位置の解が Fix 解であるか否かを判定する。GPS 位置の解が Fix 解である場合、判定部 33A は、検出したダンブトラック 2 の GPS 位置の精度が高精度であると判定する（この場合、走行コントローラ 20 において走行モードとして GPS 走行モードが選択される）。GPS 位置の解が Float 解、Single 解、又は GPS 位置が非測位である場合、判定部 33A は、検出したダンブトラック 2 の GPS 位置の精度が低精度であると判定する（この場合、走行コントローラ 20 において走行モードとして照合航法走行モードが選択される）。なお、所定の精度は、ダンブトラック 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。
- [0068] マップデータ作成部 33C は、GPS 受信器 31 が検出したダンブトラック 2 の GPS 位置の精度が所定の精度を超えている、すなわち高精度であると判定部 33A が判定すると（GPS 走行モード時）、上述した方法により算出したダンブトラック 2 の位置及び方位、及びレーザセンサ 24B の検出結果に基づいて、積込場 LPA の外側、排土場 DPA の外側、搬送路 HL の外側の少なくとも一以上に設けられた土手 BK の有無及び位置を検出し、土手 BK の有無及び位置データを走行経路 RP のマップデータ MI としてマップ保存用データベース 36 に随時記憶、蓄積していく。マップデータ作成部

33Cは、ダンプトラック2の位置及び方位と、レーザセンサ24Bの検出結果とを統合し、統合したデータから土手BK以外の検出結果（例えば各種ノイズや地面など）を削除して、土手BKの有無及び位置を検出する。また、マップデータ作成部33Cがマップ保存用データベース36に保存する。なお、マップ保存用データベース36を管理装置10における記憶装置13に格納するようにしてもよい。その場合、ダンプトラック2におけるマップデータ作成部33Cが作成したマップデータを、通信システム9を介してマップ保存用データベース36に送信することになる。

[0069] 図12にあるマップデータM1は、搬送路HL周辺の領域における土手BKの検出結果を示している。搬送路HLは図12のx方向に延びている中央部にある空白領域であり、土手BKは図12の上部及び下部にある白黒が疎らになっている領域である。図13及び図14に示すように、マップデータM1は、平面視において、鉱山を所定の大きさに区切ったグリッドGRのXY座標系における位置と、各グリッドGRに土手BKが存在するか否かを示す。マップデータM1の各グリッドGRは、土手BKが存在するか否か、すなわち、「0」か「1」かのバイナリデータ（1ビットデータ）を含む。図13及び図14に示すように、実施形態1においては、マップデータM1の各グリッドGRは、土手BKがあると「1」として図中に黒四角で示し、土手BKが無いと「0」として図中に白四角で示す。なお、「0」と「1」のみのバイナリデータではなく、0から1の連続値（例えば0.5等）データとしてマップデータを用意してもよい。例えば、あるグリッドGRにおいて土手BKを検出した回数等に基づいて0から1を上限として数値を徐々に増加させるようにしてもよい。

[0070] マップ保存用データベース36は、土手BKの位置データをマップデータM1として記憶する。マップ保存用データベース36は、第1通信線35と接続される。マップ保存用データベース36は、ROM、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外部記憶装置（補助記憶装置）である。マップ保存用データベース36は、土手BK

に関する検出結果をマップデータ作成部 33C が検出する度にマップデータ M1 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 に記憶されるマップデータ M1 は、マップデータ作成部 33C が土手 BK を検出する度に上書きされる。上書きとは、「0」のグリッドにおいて土手 BK が検出されれば「1」に変更し、「1」のグリッドにおいて土手 BK が検出されなくても「1」を維持することを意味するが、この実施例に限定されず、「1」のグリッドを「0」に変更できるようにしてもよい。

[0071] 記憶部 33D は、マップ保存用データベース 36 よりも動作速度が速い主記憶装置（内部記憶装置）である。

[0072] 判定部 33A が、GPS 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置の精度が所定の精度以下、すなわち低精度であると判定すると（照合航法走行モード時）、照合航法位置演算部 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、レーザセンサ 24B の検出結果、及びマップ保存用データベース 36 から記憶部 33D に読み込まれ記憶されたマップデータ M1 に基づいて、ダンプトラック 2 の位置及び方位を算出する。なお、照合航法位置演算部 33B は、記憶部 33D を用いずにマップ保存用データベース 36 から直接マップデータ M1 を呼び出してダンプトラック 2 の位置及び方位を算出してもよい。

[0073] 図 10 に示すように、照合航法位置演算部 33B は、照合航法走行モード時に、ジャイロセンサ 26 の検出データ、速度センサ 27 の検出データ、レーザセンサ 24B の検出データ、及びマップ保存用データベース 36 に記憶されているマップデータ 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 の位置及び方位を算出する。

[0074] また、図 4 に示すように、照合航法位置計測コントローラ 33 は、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 24B 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 24B の検出結果の位置を、自車両の位置及び方位に基づいて、XY 座標系に変換する。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、X軸方向及びY軸方向と直交する高さ方向（Z軸方向）により規定される。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、上述のとおり各種のノイズ、地表から所定高さ以下の検出結果（地面）等を除去する。観測点利用可能判断部39は、合成した検出結果をマップデータ作成部33C（GPS走行モード時にマップデータ作成のために用いる）と、照合航法位置演算部33B（照合航法走行モード時に自車両の位置及び方位を算出するために用いる）との双方に出力する。

[0075] 安全コントローラ40は、レーダ24A及びレーザセンサ24Bの検出信号に基づいて、ダンプトラック2と物体（土手BK、側壁又は障害物等）との相対位置を求める。安全コントローラ40は、物体との相対位置情報に基づいて、障害物の有無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、安全コントローラ40から取得した信号に基づいて、アクセル、制動装置23B、及び操舵装置2Sの少なくとも1つを制御するための指令を生成し、当該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が物体に衝突することを回避する。

[0076] <走行モードの決定方法>

次に、実施形態1に係るダンプトラック2の走行モードの一例について説明する。図15は、実施形態1に係る制御システム30のフローチャートの一例である。図16は、図15のステップST4のフローチャートの一例である。図17は、実施形態1に係るマップ保存用データベース36から記憶部33Dに読み込まれたマップデータM1の一部領域の一例を示す図である。図18は、実施形態1に係る制御システム30のレーザセンサ24Bが現実に出検した検出結果の一例を示す図である。図19は、実施形態1に係る制御システム30のレーザセンサ24Bが現実に出検した検出結果に基づいて照合航法位置演算部33Bが自車両の位置及び方位を算出した状態の一例を示す図である。

[0077] 以下、図15のフローチャートについて説明する。制御システム30の走

行コントローラ 20 は、走行経路 RP に設定されたコースデータに従ってダンプロック 2 を推測航法により走行させるステップ ST 1 を実行する。なお、図 11, 11 に記載されているように、推測航法による位置推定の頻度が、GPS 受信器 31 からの GPS 位置検出頻度よりも高い場合、ステップ ST 1 において複数回の推測航法を実施する。

[0078] 次に、GPS 受信器 31 が GPS 位置を検出した後、照合航法位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、GPS 位置の精度が高精度であるか否かを判定するステップ ST 2 を実行する。具体的には、照合航法位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置の解が Fix 解であるか否かを判定する。照合航法位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置の解が Fix 解であると判定する、すなわち、GPS 受信器 31 が検出したダンプロック 2 の GPS 位置の精度が所定の精度を超えていると判定する（ステップ ST 2 : Yes）と、その判定結果を走行コントローラ 20 に送信し、走行コントローラ 20 は、GPS 走行モードに移行する、もしくはすでに GPS 走行モードであった場合には GPS 走行モードを継続する（ST 3）。

[0079] 次に、マップデータ作成部 33 C により、マップデータ作成処理が実施され（ステップ ST 4）、マップデータ作成部 33 C は、マップデータ MI を作成する。具体的には、照合航法位置計測コントローラ 33 は、GPS 受信器 31 が検出したダンプロック 2 の GPS 位置及び推測航法により算出された位置及び方位に基づいて経路位置記憶部 32 A が記憶したコースデータに従ってダンプロック 2 を自律走行させるとともに、レーザセンサ 24 B の検出結果から土手 BK に関する検出結果を抜き出して、抜き出した土手 BK に関する検出結果を走行経路 RP のマップデータ MI としてマップ保存データベース 36 に記憶するステップ ST 4 を実行する。

[0080] 図 16 のフローチャートについて説明する。まず、観測点座標変換部 38 は、ダンプロック 2 の位置及び方位に基づいて、レーザセンサ 24 B から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座標で示された座標の位置に変換する（ステップS T 4 1）。

[0081] 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土手BK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、土手BKに関する検出結果を抜き出す際には、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、例えばレーザ光線が埃を検出したと思われる検出結果、地面によりレーザ光線が反射されたと思われる検出結果、レーザ光線が地面上の土の塊を検出したと思われる検出結果等の各種のノイズを除去するようにしてもよい。

[0082] 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マップデータ作成部33Cに出力し、マップデータ作成部33Cは、XY座標系で位置が示された上記検出結果である土手BKの位置をグリッドGRで構成されるマップデータM1としてマップ保存用データベース36に上書き記憶する（ステップS T 4 3）。「上書き」とは、上述のとおり、それまで「0」（存在しない）状態であったグリッドに新たに土手BKが検出されたという検出結果が入力されれば「1」（存在する）状態に変更し、それまで「1」の状態であったグリッドに新たに土手が存在しないという検出結果が入力されても「1」の状態を維持することである。また、制御システム1は、ステップS T 1からステップ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位置の精度が所定の精度を超えておりGPS走行モードを継続する間は、レーザセンサ24Bの検出結果から土手BKに関する検出結果を抜き出して、抜き出した土手BKに関する検出結果を走行経路RPのマップデータM1に随時上書き記憶し続ける。

[0083] また、照合航法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、すなわち、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の精度が所定の精度以下と判定する（ステップS T 2 : No）と、その判定結果を走行コントローラ20に送信し、走行コントローラ20は、照合航法走行モードに

移行する、もしくはすでに照合航法走行モードであった場合には照合航法走行モードを継続する（S T 5）。

[0084] 具体的には、照合航法位置演算部 3 3 B は、レーザセンサ 2 4 B の検出データと、マップ保存用データベース 3 6 に記憶され記憶部 3 3 D に読み込まれたマップデータ M 1 とに基づいて、ダンブトラック 2 の位置及び方位を算出して、走行経路 R P に従ってダンブトラック 2 を走行させる（ステップ S T 6）。すなわち、照合航法位置計測コントローラ 3 3 は、レーザセンサ 2 4 B の検出結果とマップ保存用データベース 3 6 が記憶したマップデータ M 1 とを照合することにより、ダンブトラック 2 の位置及び方位を演算する。なお、照合航法走行モード時であっても、推測航法と照合航法位置演算部 3 3 B による位置及び方位の演算頻度が図 1 2 のように、推測航法を数回した後には照合航法位置演算部 3 3 B による位置及び方位の演算を行うような場合、それまで推測航法により推定していたダンブトラック 2 の位置及び方位に代えて、照合航法位置演算部 3 3 B により演算された位置及び方位を、ダンブトラック 2 の現在位置及び方位として採用するようにしてもよい。

[0085] 図 1 7 から図 1 9 において示すように、照合航法位置演算部 3 3 B は、マップ保存用データベース 3 6 から記憶部 3 3 D に読み込まれたマップデータ M 1 に基づいて、レーザセンサ 2 4 B の検出結果からダンブトラックの現在位置及び方位を算出するものである。照合航法位置演算部 3 3 B による計算においては、ある時点でダンブトラック 2 が存在すると予想される範囲内に仮想的に配置した複数の点（パーティクル）P A を用いることにより、計算コストを抑えた上で真の値に近いダンブトラック 2 の位置及び方位を算出するようにしている。パーティクルを用いた自己位置推定は公知の手法であるため、具体的な説明は割愛する。

[0086] 図 1 7 に示されるマップデータ M 1 において、一つ一つの四角はグリッド G R である。そして、色塗りされたグリッド D R 1 は、土手 B K が検出されたグリッドであり、白塗りのグリッド D R 3 は土手 B K が検出されていないグリッド D R 3 を示している。図 1 8 は、レーザセンサ 2 4 B が現実検出

した検出データDR2を示している。

[0087] 図17に示されるマップデータM1と、図18に示されるレーザセンサ24Bの検出結果とを照合し、パーティクルを用いた自己位置推定の手法により図19に示されるように、最終的にダンプトラック2が最も存在する確率が高いであろう位置及び方位の最終推定値（期待値）POを算出する。すなわち、最終推定値POは、必ずしもいずれかのパーティクルPAが存在していた位置から選ばれるわけではない。上記手法により、図19に示すように、照合航法位置演算部33Bは、マップデータM1における土手BKが検出されているグリッドDR1がレーザセンサ24Bが現実に出した検出データDR2に最も似るダンプトラックの位置及び方位（最終推定値PO）を算出する。照合航法位置演算部33Bは、最終推定値POを算出した際に、最終推定値POとダンプトラック2の絶対位置（GPS検出器31による検出位置）との差の小ささを表す推定精度、最終推定値POのもっともらしさ（尤度）を表す信頼度を算出する。もっともらしさ（尤度）とは、すでに存在するマップデータとレーザセンサ24Bによる検出結果とを比較した際のマッチングの程度を示す概念である。なお、図17から図19では、土手BKが存在するグリッドGRを密な平行斜線で示し、実際の土手BKの検出結果を粗な平行斜線で示している。

[0088] また、照合航法位置演算部33Bは、算出したダンプトラック2の位置及び方位が、ダンプトラックの現在位置及び方位であるとみなし、再度走行コントローラ20は、推測航法（ステップST1）を実行し、ダンプトラック2が走行経路RPに従って走行するように、ダンプトラック2の走行（操作）を制御する。このように、制御システム30は、ステップST1、ステップST2、ステップST5、及びステップST6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位置の精度が所定の精度以下であり、照合航法走行モードを継続する間は、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が記憶した走行経路RPのマップデータM1とを照合することによりダンプトラック2の位置及び方位を算出する

ことを継続しつつ、走行コントローラ 20 は、照合航法位置計測コントローラ 33 が算出したダンプトラック 2 の位置及び方位に基づいて、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。

[0089] <走行経路の設定方法>

上述したように、ダンプトラック 2 が走行経路 RP を走行する場合、推測航法により導出されたダンプトラック 2 の位置及び方位が、GPS 走行モードの場合では GPS 受信器 31 により検出された GPS 位置に基づいて、照合航法走行モードの場合では照合航法位置演算部 33B により算出された位置及び方位に基づいてダンプトラック 2 の現在位置及び方位が補正される。以下の説明においては、GPS 受信器 31 により検出された検出データである GPS 位置を使ってダンプトラック 2 の走行を制御することを適宜、GPS 走行、と称し、照合航法位置演算部 33B により算出された位置及び方位を使ってダンプトラック 2 の走行を制御することを適宜、照合航法走行、と称する。

[0090] GPS 受信器 31 は、GPS から信号を受信しダンプトラック 2 の絶対位置を検出することができるが、電離層シンチレーション等が発生している場合は、それらが発生している時間帯に GPS から信号を受信できないことがある。GPS 受信器 31 が、ダンプトラック 2 の絶対位置を精度よく検出するためには、上空に存在する複数の GPS から信号を受信する必要がある。しかし、電離層シンチレーション等が発生している時間帯では、GPS 受信器 31 が信号を受信できる衛星数が減少することにより、GPS による絶対位置検出の精度が低下する。すなわち、電離層シンチレーション等が発生している時間帯では、GPS の位置検出精度が低下するため、ダンプトラック 2 は GPS 走行することができず、照合航法走行しなければならない。採掘の生産性の低下を防止するためには、電離層シンチレーション等が発生する前に、ダンプトラック 2 が走行する走行経路周辺のマップデータを構築しておく必要がある。

[0091] 図 2 に示したように搬送路 HL においてダンプトラック 2 が走行する場合

、走行経路 R P の傍らに土手 B K 又は側壁といった物体が存在するため、G P S 走行時に走行経路の位置を変更することなく走行経路周辺のマップデータを構築することができる。そして、マップデータを構築した領域においては、電離層シンチレーション等が発生し G P S 精度が低下したとしても、照合航法走行によりダンプトラック 2 の走行を継続でき、生産性の低下を防止できる。

[0092] 一方、積込場 L P A 及び排土場 D P A といった作業場 P A においてダンプトラック 2 が走行する場合、作業場 P A の入口から目的位置（積込位置や排土位置等）まで最短距離となる走行経路が設定される。

[0093] 図 20 は、実施形態 1 に係る積込場 L P A に設定された走行経路の一例を示す図である。処理装置 12 により積込場 L P A に設定された走行経路に基づいてダンプトラック 2 は走行する。積込場 L P A において、ダンプトラック 2 は積込機械 3 による積込位置を目的位置として、通常は積込場 L P A の入口から積込位置まで最短距離となる積込場 L P A の中央領域にある走行経路 R P a が設定される。しかし、走行経路 R P a の周辺には土手 B K 又は側壁といった物体が存在しないため、G P S 走行時にダンプトラック 2 a が走行経路 R P a を走行した場合であっても、走行経路 R P a 周辺にマップデータを構築することができない。そのため、電離層シンチレーション等の発生により G P S の精度が低下した場合、照合航法を用いても走行経路 R P a を走行できず、生産性が低下することになる。

[0094] 電離層シンチレーション等が発生した場合であっても生産性を低下させないためには、マップデータを構築するための土手 B K 等の物体が存在する位置の周辺に走行経路を設定する必要がある。そこで、積込場 L P A において土手 B K 又は側壁が存在する外周領域の近傍に走行経路 R P b を設定することが考えられる。G P S 走行時、すなわちマップデータ作成処理時において、ダンプトラック 2 b に積込場 L P A の外周領域にある走行経路 R P b を走行させることにより、積込場 L P A の外周に存在する土手 B K 等（側壁を含む）を非接触センサ 24 により検出でき、照合航法位置計測コントローラ 3

3がマップデータ作成処理を行い、マップデータが作成される。

[0095] 積込場L P Aの外周領域にマップデータを構築し、走行経路R P bにおいて照合航法走行できるようになれば、電離層シンチレーション等が発生しG P S精度が低下したとしても、照合航法位置計測コントローラ33が照合航法走行を行うことができる。すなわち、ダンプトラック2bが走行経路R P bにおいて走行を継続でき、生産性の低下を防止できる。

[0096] なお、積込場L P Aの外周領域を走行する走行経路R P bは、積込場L P Aの中央領域を最短経路で走行する走行経路R P aよりも目的位置まで遠回りしている。そのため、G P S走行時において、ダンプトラック2が常に走行経路R P bを走行するとなると生産性が低下することになる。そこで、例えば通常の運行ではダンプトラック2が走行経路R P aを走行するように配車し、電離層シンチレーション等が発生開始する予測時間の少し前からダンプトラック2が走行経路R P bを走行するように配車するようにしてもよい。ダンプトラック2が走行経路R P bを走行するように配車されることにより、走行経路R P b周辺のマップデータが構築される。

[0097] そして、ダンプトラック2が照合航法により走行経路R P bを走行できる程度にマップデータが形成されたと判断した後に、再びダンプトラック2が走行経路R P aを走行するように配車すればよい。なお、例えばダンプトラック2が走行経路R P bを所定回数走行した時点で、再びダンプトラック2が走行経路R P aを走行するように配車するようにしてもよい。

[0098] 次に、図20におけるダンプトラック2bが走行経路R P bを走行する具体的な手法について説明する。照合航法により精度よくダンプトラック2の位置を算出するためには、その走行経路R P bの傍らに色塗りされたグリッドD R 1を多く配置させる必要がある。そのためには、G P S走行モード（マップデータ作成処理）において、ダンプトラック2により走行経路R P bを走行させ、走行経路R P bの傍らに位置する物体（土手B K又は側壁）を非接触センサにより検出させてマップデータを作成する必要がある。

[0099] ダンプトラック2により同じ走行経路R Pを複数回走行させ、走行経路R

Pの傍らの色塗りされたグリッドDR1をより多く配置させる程、その走行経路RPにおけるマップデータの完成度を高めることができる。照合航法走行モードによりマップデータの完成度が高い走行経路RPをダンプロック2が走行した場合、照合航法位置演算部33Bによりダンプロック2の絶対位置を精度よく演算することができる。なお、複数のダンプロック2により同じ走行経路RPを走行させ、各ダンプロック2が作成したマップデータの結果を重ね合わせることににより、マップデータの完成度を高めるようにしてもよい。

[0100] マップデータの完成度は、走行経路RPの傍らの任意の領域において、色塗りされたグリッドDR1（第1検出データ）と色塗りされていないグリッドDR3（第2検出データ）との割合に基づいて決定することができる。例えば、走行経路RPの傍らの所定の領域において、色塗りされたグリッドDR1の割合が所定値以上（色塗りされていないグリッドDR3の割合が所定値未満も同様）であればマップデータの完成度を高いと特定し、色塗りされたグリッドDR1の割合が所定値未満であればマップデータの完成度を低いと特定するようにしてもよい。

[0101] なお、マップデータの完成度を特定するにあたり、ある走行経路をダンプロック2が走行した回数に基づいて判断してもよい。例えば、ダンプロック2がある走行経路を所定回数以上走行した場合にはその走行経路のマップデータの完成度が高いと判定し、所定回数未満の走行経路についてはマップデータの完成度が低いと判定されるようにしてもよい。

[0102] また、マップデータの完成度を特定するにあたり、次の手法を用いてもよい。ある走行経路をGPS走行により走行する際、GPSを用いてダンプロック2の位置を計測しながら走行すると同時に、照合航法位置演算部33Bにおいて照合航法により位置演算を行う。そして、その位置演算による結果の推定精度又はもっともらしさ（尤度）に基づいて、位置演算を行った走行経路上の位置におけるマップデータの完成度を特定してもよい。

[0103] その場合、例えば、照合航法による位置演算による結果の推定精度及び尤

度が高かった場合、当該位置におけるマップデータの完成度が高いと判断でき、照合航法による位置演算による結果の推定精度又は尤度が低かった場合、当該位置におけるマップデータの完成度が低いと判断できる。

[0104] この位置演算では、ある位置（例えば図19における最終推定値P_oのような一点）におけるマップデータの完成度を判断しているにすぎないため、走行経路上においてマップデータの完成度が低い位置が連続していた場合には、それらの位置を組み合わせることでマップデータの完成度が低いエリア又は走行経路を特定するようにしてもよい。

[0105] そして、例えばマップデータの完成度が低い位置、エリア又は走行経路を特定した場合に、その位置、エリア又は走行経路を表示装置16に出力し、表示装置16がその位置、エリア又は走行経路を表示することにより、管理者がマップデータの完成度が低い位置、エリア又は走行経路を確認できるようにしてもよい。

[0106] マップデータの完成度が高いエリアと低いエリアとを分ける基準として、例えば照合航法による位置演算において所定の推定精度及び尤度が確保される程度に色塗りされたグリッドDR1が形成されているか否かを判断基準とすることができる。すなわち、ダンプトラック2が照合航法により所定の推定精度及び尤度をもって走行経路RPを走行できるか否かを判断基準とすることができる。

[0107] 図21は、積込場LPAにおいて、ダンプトラック2が土手BKの周辺をGPS走行することにより、土手BKにおいてマップデータを作成している状態を示している。レーザセンサ24Bの検出エリアに作業場PAの土手BKが配置されるように、作業場PAにおける走行経路RPbが設定されている。走行経路生成部19を有する処理装置12は、例えば事前の鉱山におけるコース調査により得られる鉱山地図情報により、作業場PAにおける土手BKの位置データを保有している。

[0108] 図21に示すように、ダンプトラック2が走行した後の走行経路RPbの傍らには、色塗りされたグリッドDR1が形成される。そして、色塗りされ

たグリッドDR1の割合が所定値以上であればマップデータの完成度が高いエリアである第1エリアAR1と特定され、マップデータの完成度が低いエリアは第2エリアAR2と特定される。第1エリアAR1と第2エリアAR2とをそれぞれ特定するのは、例えば管理装置10における特定部14が行う。図21の積込場LPAの場合、第2エリアAR2と判別された領域における色塗りされたグリッドDR1の割合は所定値よりも小さく、第1エリアAR1と判別された領域における色塗りされたグリッドDR1の割合は所定値よりも大きい。第1エリアAR1及び第2エリアAR2は、グローバル座標系において規定される。

[0109] 第1エリアAR1は、過去においてマップデータ作成処理のためにダンプトラック2が走行したことにより、色塗りされたグリッドDR1が所定割合以上あるエリアを含む。一方、第2エリアAR2は、過去においてマップデータ作成処理のためにダンプトラック2が走行していないエリアを含む。第2エリアAR2は、過去においてマップデータ作成処理のためにダンプトラック2が走行したけれども、色塗りされたグリッドDR1が所定割合以上に達していないエリアも含む。

[0110] ここで、走行経路RPbの傍らの領域は任意に決定することができる。例えば、走行経路RPbの傍らの領域をある区画に分けて各区画ごとに色塗りされたグリッドDR1の割合を判定するようにしてもよい。走行経路RPbの傍らの領域における進行方向に対する横幅は適宜設定することができる。

[0111] また、管理装置10における入力装置17（指定部）を用いて、管理者が作業場PAの外周における領域を第1エリアAR1又は第2エリアAR2として手動により設定するようにしてもよい。例えば、表示装置16に表示されたマップデータM1を参照しつつ、マウス等の入力装置17を用いて第1エリアAR1又は第2エリアAR2を指定することができる。そして、入力装置17（指定部）により指定されたエリア情報は、同じく管理装置10の特定部14に出力され、第1エリアAR1又は第2エリアAR2が特定される。

- [0112] 入力装置 17（指定部）により指定される対象は、走行経路の傍らの領域に限られず、例えば走行経路そのものについて指定されるようにしてもよい。その場合、入力装置 17 により、マップデータの完成度が高い第 1 の走行経路と、マップデータの完成度が低い第 2 の走行経路とが指定される。
- [0113] また、入力装置 17（指定部）により指定された第 1 エリア A R 1 又は第 1 走行経路、もしくは第 2 エリア A R 2 又は第 2 走行経路に関する情報を、走行経路生成部 19 に出力するようにし、走行経路生成部 19 が入力装置 17 からの情報に基づいて走行経路を生成するようにしてもよい。
- [0114] また、入力装置 17（指定部）により、第 1 走行経路 R P a 及び第 2 走行経路 R P b のどちらにダンプトラック 2 を配車するか指定できるようにしてもよい。その場合、入力装置 17 からの情報を、直接走行経路生成部 19 に出力するようにし、走行経路生成部 19 が入力装置 17 からの情報に基づいて走行経路を生成する。
- [0115] なお、特定部 14 が特定する対象は、走行経路 R P b の傍らの領域におけるマップデータの完成度を特定するという実施例に限られず、例えば走行経路単位又は作業場単位でマップデータの完成度の高低を特定するようにしてもよい。
- [0116] 電離層シンチレーション等が発生することにより、GPS の精度が低下してしまい GPS 走行モードから照合航法走行モードに切り替わると、作業場の外周において第 2 エリア A R 2 が存在していた場合、ダンプトラック 2 が照合航法走行により第 2 エリア A R 2 を通過しようとした場合に、最悪ダンプトラック 2 が停止してしまい生産性が低下してしまう。
- [0117] そのため、電離層シンチレーション等が発生しておらず、GPS の精度が高く GPS 走行によりマップデータ作成処理を行える状況では、優先的に走行経路 R P b を走行し、第 2 エリア A R 2 に存在する土手 B K 等の物体を検出することにより色塗りされたグリッド D R 1 の割合を増加させ、当該エリアを第 1 エリア A R 1 に切り替えることが望まれる。
- [0118] そこで、特定部 14 で特定された、第 1 エリア A R 1 を示すデータ及び第

2 エリア A R 2 を示すデータを、処理装置 1 2 における走行経路生成部 1 9 に出力させ、第 2 エリア A R 2 が存在していた場合、走行経路生成部 1 9 は、優先的に第 2 エリア A R 2 を傍らに有する走行経路 R P b を、実際にダンプトラック 2 が走行する走行経路として設定する。

[0119] 走行コントローラ 2 0 は、GPS 走行モードにより、設定された走行経路 R P b に沿ってダンプトラック 2 を走行させる。

[0120] マップデータ作成部 3 3 C は、第 2 エリア A R 2 を走行するダンプトラック 2 に設けられている GPS 検出器 3 1 の検出データとレーザセンサ 2 4 C の検出データとに基づいて、第 2 エリア A R 2 のマップデータを作成する。作成された第 2 エリア A R 2 のマップデータは、マップ保存用データベース 3 6 に記憶される。

[0121] 作業場におけるマップデータの完成度が高まり、ダンプトラック 2 が GPS 走行モードにおいて走行する走行経路を第 2 の走行経路 R P b から第 1 の走行経路 R P a に切り替える条件として、作業場における第 2 エリア A R 2 の領域がすべて第 1 エリア A R 1 に切り替わるまで、又は所定の回数だけ第 2 の走行経路 R P b を走行するまで、という条件を設定することができる。

[0122] なお、電離層シンチレーション等が発生している状態で、ダンプトラック 2 が、積込場において照合航法走行により積込位置に到達し、鉱石などを積み込んだ後に積込位置から照合航法走行により搬送路 H L に戻るためには、例えば図 2 2 のように、積込位置までの走行経路 R P b とは異なる走行経路 R P c を走行しなければならない場合がある。そのような場合、作業場における入口から目的位置（積込位置）までの走行経路 R P b と、目的位置から作業場の出口までの走行経路 R P c との 2 つの走行経路における傍らの領域が第 1 エリア A R 1 となっている必要がある。

[0123] そこで、走行経路を第 2 の走行経路 R P b から第 1 の走行経路 R P a に切り替える条件として、作業場の入口から目的位置までの走行経路 R P b のみならず、目的位置から作業場の出口までの走行経路 R P c の傍らの領域がすべて第 1 エリア A R 1 に切り替わるまで、としてもよい。

- [0124] 以下、実施形態１に係る作業場ＰＡにおける走行経路の設定方法について説明する。図２３は、実施形態１に係る走行経路の設定方法の一例を示すフローチャートである。図２１及び図２４は、作業場ＰＡに設定された走行経路の一例を示す模式図である。図２１及び図２４において、作業場ＰＡは、積込場ＬＰＡである。
- [0125] 特定部１４は、作業場ＰＡのマップデータの作成が完了したか、すなわちマップデータの完成度が高いか否かを判定する（ステップＳＴ７０）。
- [0126] 特定部１４は、例えば、走行経路の傍らの領域、すなわち作業場ＰＡの外周における土手ＢＫが設けられた領域におけるマップデータの完成度に基づいて判断することができる。マップデータの完成度の判断手法については上述したとおりである。例えば、ダンプトラック２が第２の走行経路ＲＰｂを走行した回数に基づいて判断するようにしてもよい。
- [0127] その他の判断手法として、上述のとおり、照合航法により位置演算を行った場合の位置演算による結果の推定精度又はもっともらしさ（尤度）に基づいて判断してもよい。
- [0128] ステップＳＴ７０において、マップデータの作成が完了していないと判定された場合（ステップＳＴ７３：Ｎｏ）、マップデータ作成処理が継続される。
- [0129] ステップＳＴ７０において、マップデータの作成が完了したと判定された場合（ステップＳＴ７０：Ｙｅｓ）、処理装置１２は、作業場ＰＡの入口位置ＰＪ１から目的位置ＰＪ２まで最短ルートとなるこの鉱山地図情報内の土手ＢＫの位置データに基づいて、レーザセンサ２４Ｂの検出エリアに土手ＢＫが配置されるように、作業場ＰＡにおける第１の走行経路ＲＰａを設定する（ステップＳＴ７１）。
- [0130] 走行コントローラ２０は、第１の走行経路ＲＰａに従って走行するように、ダンプトラック２の走行を制御する。ダンプトラック２は、ＧＰＳ検出器３１でダンプトラック２の位置を検出しつつ、第１の走行経路ＲＰａに沿って走行する（ステップＳＴ７２）。

- [0131] ステップS T 7 0において、マップデータの作成が完了していないと判定された場合（ステップS T 7 0 : N o）、処理装置1 2は、この鉱山地図情報内の土手B Kの位置データに基づいて、レーザセンサ2 4 Bの検出エリアに土手B Kが配置されるように、作業場P Aにおける第2の走行経路R P bを設定する（ステップS T 7 3）。
- [0132] 走行コントローラ2 0は、第2の走行経路R P bに従って走行するように、ダンプトラック2の走行を制御する。ダンプトラック2は、GPS検出器3 1でダンプトラック2の位置を検出しつつ、レーザセンサ2 4 Bで土手B Kを検出しながら、第2の走行経路R P bに沿って走行する（ステップS T 7 4）。
- [0133] 図2 1に示すように、第2の走行経路R P bは、ダンプトラック2の前方領域を検出するレーザセンサ2 4 Bの検出エリアに土手B Kが配置されるような状態で、作業場P Aの第1位置P J 1（入口）から第2位置P J 2（積込位置）までダンプトラック2が走行するように設定されている。ダンプトラック2による通常の運搬作業と並行して、マップデータ作成処理が実施される。なお、ダンプトラック2の通常の運搬作業は、積込作業及び排出作業の少なくとも一方を含む。
- [0134] マップデータ作成部3 3 Cは、第2の走行経路R P bに従って走行するダンプトラック2に設けられているGPS検出器3 1の検出データとレーザセンサ2 4 Bの検出データとに基づいて、土手B Kの検出結果であるマップデータを作成する（ステップS T 7 5）。
- [0135] 図2 4は、第1の走行経路R P aが設定された作業場P Aの一例を示す模式図である。第1の走行経路R P aは、作業場P Aの第1位置P J 1から第2位置P J 2までダンプトラック2が走行するように設定される。図2 1及び図2 4に示すように、ダンプトラック2を第1位置P J 1から第2位置P J 2まで走行させる場合において、第1の走行経路R P aに従って走行するときのダンプトラック2の走行距離は、第2の走行経路R P bに従って走行するときのダンプトラック2の走行距離よりも短い。すなわち、作業場P A

のマップデータの作成が完了した後は、処理装置 12 は、第 1 位置 P J 1 から第 2 位置 P J 2 までのダンプトラック 2 の走行距離が第 2 の走行経路 R P b よりも短い第 1 の走行経路 R P a を設定することで生産性の低下を抑制している。

[0136] ダンプトラック 2 が第 1 の走行経路 R P a に従って走行する場合、ダンプトラック 2 は、土手 B K から離れた位置を走行する可能性が高い。すなわち、ダンプトラック 2 が第 1 の走行経路 R P a に従って走行する場合、レーザセンサ 24 B の検出エリアに土手 B K が配置されない可能性が高い。

[0137] ダンプトラック 2 を第 1 の走行経路 R P a に従って走行させる場合、走行コントローラ 20 は、GPS 走行によりダンプトラック 2 を走行させる。すなわち、走行コントローラ 20 は、GPS 受信器 31 でダンプトラック 2 の位置を検出しつつ、第 1 の走行経路 R P a に従ってダンプトラック 2 を走行させる。

[0138] 作業場 P A のマップデータの作成が完了している状態であれば、電離層シンチレーションの発生等により GPS 走行が継続できなくなった場合であっても、走行コントローラ 20 は、ダンプトラック 2 を照合航法走行させることができる。その場合、ダンプトラック 2 を第 2 の走行経路 R P b に従って走行させることで、レーザセンサ 24 B の検出エリアに土手 B K が配置される。レーザセンサ 24 B の検出データは、照合航法位置演算部 33 B に出力される。照合航法走行において、照合航法位置演算部 33 B は、マップ保存用データベース 36 に記憶されているマップデータとレーザセンサ 24 B の検出データとを照合して、ダンプトラック 2 の位置を算出する。走行コントローラ 20 は、照合航法位置演算部 33 B で算出されたダンプトラック 2 の位置と第 2 の走行経路 R P b とに基づいて、作業場 P A において第 2 の走行経路 R P b に従って走行するようにダンプトラック 2 を走行させる。

[0139] なお、上記フローチャートでは、レーザセンサ 24 B で検出する対象が土手 B K であるとして説明したが、それに限られず、例えば作業場 P A の外周に設けられた側壁を検出対象としてもよい。また、積込場 L P A における実

施例を用いて説明したが、それに限られず、例えば排土場D P A、駐機場、又はそれ以外の広い領域において適用してもよい。

[0140] <作用及び効果>

以上説明したように、実施形態1によれば、鉱山における作業場P Aのマップデータが作成されていない場合、ダンプトラック2のレーザセンサ2 4 Bの検出エリアに作業場P Aの土手B Kが配置されるように、作業場P Aにおける走行経路R Pを規定する第2の走行経路R P bが設定される。これにより、ダンプトラック2を第2の走行経路R P bに従って走行させて、マップデータ作成処理を実施することができる。作業場P Aのマップデータが作成されることにより、電離層シンチレーションが発生した場合であっても、ダンプトラック2は作業場P Aにおいて照合航法走行することができる。これにより、鉱山におけるダンプトラック2の生産性の低下を抑制することができる。

[0141] また、実施形態1によれば、マップデータの作成が完了した後、走行経路が第2の走行経路R P bから第1の走行経路R P aに切り替わる。第1の走行経路R P aに切り替わることにより、ダンプトラック2の走行距離を短くすることができるので、作業効率を向上させることができる。

[0142] <その他の実施形態>

なお、管理装置1 0における記憶装置1 3は、鉱山において複数のダンプトラック2が走行する場合、第1のダンプトラック2に設けられているGPS検出器3 1の検出データとレーザセンサ2 4 Bの検出データとに基づいて作成された第1マップデータと、第2のダンプトラック2に設けられているGPS検出器3 1の検出データとレーザセンサ2 4 Bの検出データとに基づいて作成された第2マップデータとを統合して、統合マップデータを作成してもよい。第1のダンプトラック2によって作成された第1マップデータと、第2のダンプトラック2によって作成された第2マップデータとは、通信システム9を介して、統合部として機能する管理装置1 0に送信される。これにより、記憶装置1 3は、第1マップデータと第2マップデータとを統合

して統合マップデータを作成することができる。

[0143] 例えば、作業場P Aの外周における所定エリアに関して、第1マップデータにおいてはその所定エリアが第1エリアA R 1であり、第2マップデータにおいてはその所定エリアが第2エリアA R 2である場合がある。第1マップデータと第2マップデータとが統合され、統合マップデータが第1のダンプトラック2及び第2のダンプトラック2に配信されることにより、第1のダンプトラック2及び第2のダンプトラック2のそれぞれは、所定エリアが第1エリアA R 1であるマップデータを保有し、走行することができる。この場合、第2のダンプトラック2については、第2マップデータの使用から統合マップデータの使用へ切り替えることにより、照合航法走行することができるルートの選択肢が増えることとなる。

[0144] なお、第1マップデータと第2マップデータとを統合する統合部は、複数のダンプトラック2のうち少なくとも1つの特定ダンプトラック2のコンピュータに設けられてもよい。その場合、特定ダンプトラック2に、他のダンプトラック2からのマップデータが送信される。特定ダンプトラック2は、他の複数のダンプトラック2から送信されたマップデータを統合して統合マップデータを作成した後、他のダンプトラック2に配信する。

[0145] なお、上述の実施形態においては、走行経路生成部19、特定部14、及び指定部17は、ダンプトラック2とは別の位置に配置される管制施設7の管理装置10に設けられることとした。走行経路生成部19、特定部14、及び指定部17が、ダンプトラック2のコンピュータに設けられてもよい。例えば、走行経路決定装置32が、走行経路生成部19、特定部14、及び指定部17として機能してもよい。

[0146] 上記実施形態においては、積込場L P Aにおけるダンプトラック2の走行経路について説明したが、積込場に限られず、例えば排土場D P Aにおいても同様の手法により走行経路を決定するようにしてもよい。

[0147] なお、上述の各実施形態においては、照合航法走行時及びGPS走行時（マップデータ作成処理）において、非接触センサ24のうちレーザセンサ2

4 Bの検出データを用いることとした。照合航法走行時及びGPS走行時の少なくとも一方において、非接触センサ24のうちレーダ24 Aの検出データが用いられてもよい。なお、非接触センサ24は、ダンプトラック2の周囲の物体との相対位置を計測可能な測距センサであればよい。例えば、非接触センサ24として、ダンプトラック2の周囲の物体の光学像を取得するカメラが用いられてもよい。

[0148] 上記実施形態では、特定部14が、作業場の外周における領域を、マップデータの完成度が高い第1エリアAR1又はマップデータの完成度が低い第2エリアAR2のいずれかに特定し、作業場の外周における領域に第2エリアAR2が存在する場合には、走行経路生成部19が、作業場における外周側の第2の走行経路RPbを優先的に通過させるように走行経路を生成することとしていたが、その実施形態に限られず、例えば、入力装置17（指定部）により、第1の走行経路RPaおよび第2の走行経路RPbのどちらにダンプトラック2を通過させるかを指定できるようにしてもよい。

[0149] また、上記実施形態においては、照合航法位置演算部33Bによるダンプトラック2の位置及び方位の算出方法として、図15のフローチャートに記載された方法を用いたが、当該方法に限られず、レーザセンサ24Bによる検出結果と保存されたマップデータとを比較してダンプトラック2の現在位置及び方位を算出する方法であれば、どのような方法であっても構わない。

[0150] また、上述の実施形態においては、GPS位置の精度が高精度であるか否かを判定する際に、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解であるか否かを判定するようにしていたが、それに限られず、例えばFloat解であっても所定の条件を満たせばGPS位置の精度が高精度であると判定するようにしてもよい。

[0151] また、上述の実施形態においては、GPS走行モード、照合航法走行モードのいずれの場合にも推測航法による位置及び方位の推定を行うようにしていたが、GPS受信器からの検出信号又は照合航法位置演算部からの検出信号の検出周期が推測航法と同程度であれば、必ずしも推測航法を行う必要は

ない。

[0152] また、上述の実施形態においては、マップデータ作成部 33C をダンプロック 2 内に設けるようにしたが、それに限らず、例えば、管理装置 10 内のコンピュータ 11 やその他の場所に設けられたサーバ上等にマップデータ作成部 33C を設け、レーザセンサ 24B の検出結果と当該ダンプロック 2 の現在位置及び方位等の必要な情報をマップデータ作成部 33C に送信するようにしてもよい。

[0153] さらに、マップ保存用データベース（マップデータ）をダンプロック 2 内に設けるようにしたが、それに限らず、例えば、管理装置 10 内のコンピュータ 11 やその他の場所に設けられたサーバ上、その他の鉱山機械 4 等にマップデータを保存しておき、ダンプロック 2 の位置及び方位を照合航法により演算する前に、ダンプロック 2 の外部からマップデータを受信するようにしてもよい。

[0154] 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。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ロ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」及び「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。

[0155] また、上述の実施形態では GPS 検出器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「位置検出装置」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 GNSS 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

）、S L A M（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又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。

[0156] なお、「走行経路の傍らの物体」には、鉱山の搬送路又は作業場における走行経路周辺に設けられた土手、側壁等だけでなく人工的に製造された構造物であってもよい。さらに、地下鉱山における走行経路の壁面、地上の作業現場における作業機械の走行経路周辺に存在する盛土や建造物、木等の障害物も含まれる。

[0157] また、上述の実施形態では、作業場として、積込場および排土場を例に挙げたが、それに限られず、例えば、駐車するためのエリア、メンテナンスを行うためのエリア、給油を行うためのエリア等も含む。

[0158] 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。

符号の説明

- [0159] 1 管理システム
- 2 ダンプトラック（鉱山機械）
- 2 E 内燃機関
- 2 G 発電機
- 2 S 操舵装置
- 3 他の鉱山機械
- 4 鉱山機械
- 5 測位衛星
- 6 中継器
- 7 管制施設
- 9 通信システム

- 1 0 管理装置
- 1 1 コンピュータ
- 1 2 処理装置（コースデータ作成部）
- 1 3 記憶装置
- 1 3 B データベース
- 1 5 入出力部
- 1 6 表示装置
- 1 7 入力装置
- 1 8 無線通信装置
- 1 8 A アンテナ
- 1 9 G P S 基地局
- 1 9 A アンテナ
- 1 9 B 送受信装置
- 1 9 C アンテナ
- 2 0 走行コントローラ（走行制御部）
- 2 1 車両本体
- 2 2 ベッセル
- 2 3 車輪
- 2 3 B 制動装置
- 2 3 F 前輪
- 2 3 M 電動機
- 2 3 R 後輪
- 2 4 非接触センサ
- 2 4 A レーダ
- 2 4 B レーザセンサ
- 2 6 ジャイロセンサ
- 2 7 速度センサ
- 2 9 インターフェース

- 30 ナビゲーションシステム
- 31 GPS受信器（位置検出装置）
- 31A アンテナ
- 31B アンテナ
- 32 走行経路作成装置
- 32A 経路位置記憶部
- 33 位置計測コントローラ
- 33A 判定部
- 33B 照合航法位置演算部（位置演算部）
- 33C マップデータ作成部
- 33D 記憶部（第2記憶部）
- 33E マップ判定部
- 34 無線通信装置
- 34A アンテナ
- 35 第1信号線
- 36 マップ保存用データベース
- 37A 第2通信線
- 37B 第3通信線
- 38 観測点座標変換部
- 39 観測点利用可能判断部
- 40 安全コントローラ
- 41 ゲートウェイコントローラ
- 321 入出力部
- 322 演算処理装置
- 323 主記憶装置（第2記憶部）
- 324 外部記憶装置
- 325 外部記憶装置（第1記憶部）
- 331 入出力部

3 3 2 演算処理装置
3 3 3 主記憶装置（第 2 記憶部）
3 3 4 外部記憶装置
3 3 5 外部記憶装置（第 1 記憶部）
B K 土手
C R 破碎機
D P A 排土場
G R グリッド
H L 搬送路
I A H 照射エリア
I A V 照射エリア
I S 交差点
K F カルマンフィルタ
L P A 積込場
M I マップデータ
M I f 特定マップデータ
M I m 管理マップデータ
M I p 分割マップデータ
R P 走行経路

請求の範囲

- [請求項1] 作業場を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、
前記作業場にある物体を非接触で検出する非接触センサと、
前記位置検出装置の検出データ及び前記非接触センサの検出データに基づいて、前記作業場にある前記物体の有無及び位置情報を蓄積するマップデータと、
前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する走行経路生成部と、
前記マップデータの完成度を特定する特定部と、を備え、
前記走行経路生成部は、前記特定部により特定された前記マップデータの完成度に基づいて、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する、
作業機械の管理システム。
- [請求項2] 走行経路生成部は、少なくとも前記作業場における第1位置から第2位置まで中央領域を走行する第1の走行経路と、前記作業場における前記第1位置から前記第2位置まで外周領域を走行する第2の走行経路とを有しており、
前記走行経路生成部は、前記特定部が、前記第2の走行経路におけるマップデータの完成度が低いと判定した場合に、前記作業機械に優先的に前記第2の走行経路を通過させるように走行経路を生成する、
請求項1に記載の作業機械の管理システム。
- [請求項3] 前記マップデータの完成度が低い第2の走行経路は、前記非接触センサが前記物体を検出不可な走行経路、前記マップデータを作成不可な走行経路、前記第2の走行経路の傍らに前記物体が検出された領域の割合が所定値以下の走行経路、前記作業機械が前記第2の走行経路を走行した回数が所定回数以下の走行経路、の少なくとも一つを含む、
請求項2に記載の作業機械の管理システム。

- [請求項4] 前記非接触センサの検出結果と前記マップデータを照合させることにより前記作業機械の位置を演算する照合航法位置演算部を備え、
前記照合航法位置演算部は、演算結果における推定精度又は尤度を算出し、
前記特定部は、前記推定精度又は前記尤度の算出結果に基づいてマップデータの完成度を特定し、
前記走行経路生成部は、前記特定部により特定された前記マップデータの完成度に基づいて、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する、
請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の作業機械の管理システム。
- [請求項5] 前記マップデータの完成度を、エリア毎または走行経路毎を指定する指定部を備え、
前記特定部は、前記指定部からのマップデータの完成度の情報に基づいて、前記マップデータの完成度を特定する、
請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の作業機械の管理システム。
- [請求項6] 第1作業機械と第2作業機械とを備え、
前記第1作業機械に設けられている前記位置検出装置の検出データと前記非接触センサの検出データとに基づいて作成された第1マップデータと、前記第2作業機械に設けられている前記位置検出装置の検出データと前記非接触センサの検出データとに基づいて作成された第2マップデータとを統合して統合マップデータを作成する統合部を備える、
請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の作業機械の管理システム。
- [請求項7] 前記特定部が、前記作業場における前記マップデータの完成度が高いと判定すると、前記走行経路生成部は、前記作業機械が前記作業場

を走行する走行経路を、第1の走行経路にする、
請求項2から請求項6のいずれか一項に記載の作業機械の管理システム。

[請求項8] 請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の作業機械の管理システムを備える作業機械。

[請求項9] 作業場を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、
前記作業場にある物体を非接触で検出する非接触センサと、
前記位置検出装置の検出データ及び前記非接触センサの検出データに基づいて、前記作業場にある前記物体の有無及び位置情報を蓄積するマップデータと、
前記作業場における第1位置から第2位置まで中央領域を走行する第1の走行経路と、前記作業場における前記第1位置から前記第2位置まで外周領域を走行する第2の走行経路とを有し、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する走行経路生成部と、
前記第2の走行経路におけるマップデータの完成度を指定する指定部と、を備え、
前記走行経路生成部は、前記指定部からの情報に基づいて、前記作業機械に優先的に前記第2の走行経路を通過させるように走行経路を生成する、
作業機械の管理システム。

[請求項10] 作業場を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、
前記作業場にある物体を非接触で検出する非接触センサと、
前記位置検出装置の検出データ及び前記非接触センサの検出データに基づいて、前記作業場にある前記物体の有無及び位置情報を蓄積するマップデータと、
前記作業場における前記第1位置から前記第2位置まで外周領域を走行する走行経路を有し、前記作業機械が走行する前記走行経路を生成する走行経路生成部と、

前記マップデータの完成度を特定する特定部と、

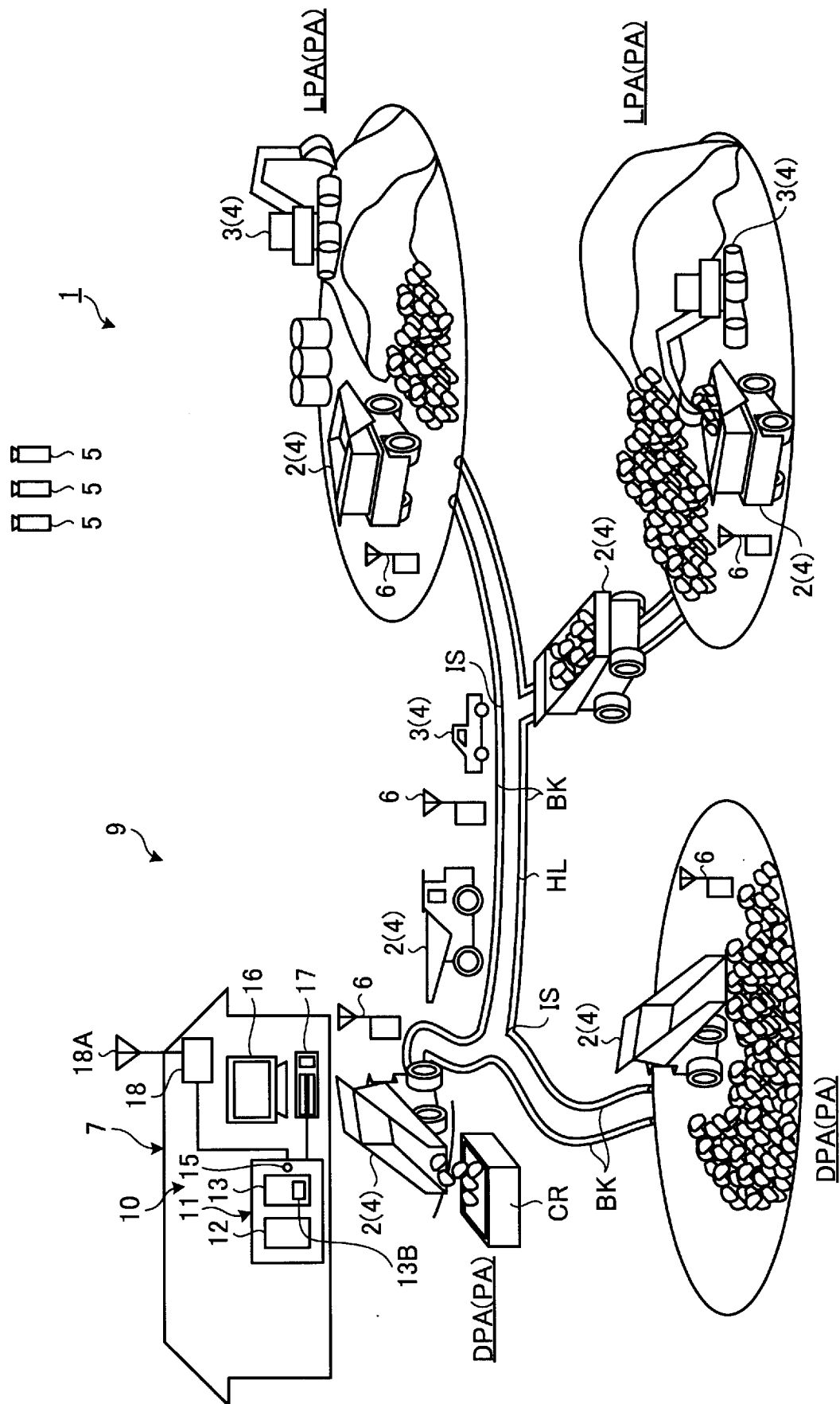
前記非接触センサの検出結果と前記マップデータを照合させることにより前記作業機械の位置を演算する照合航法位置演算部と、

前記位置検出装置が有効な場合に、前記位置検出装置の検出結果に基づき前記作業機械の走行を制御し、前記位置検出装置が有効でない場合に、前記照合航法位置演算部の演算結果に基づき前記作業機械の走行を制御する走行コントローラと、

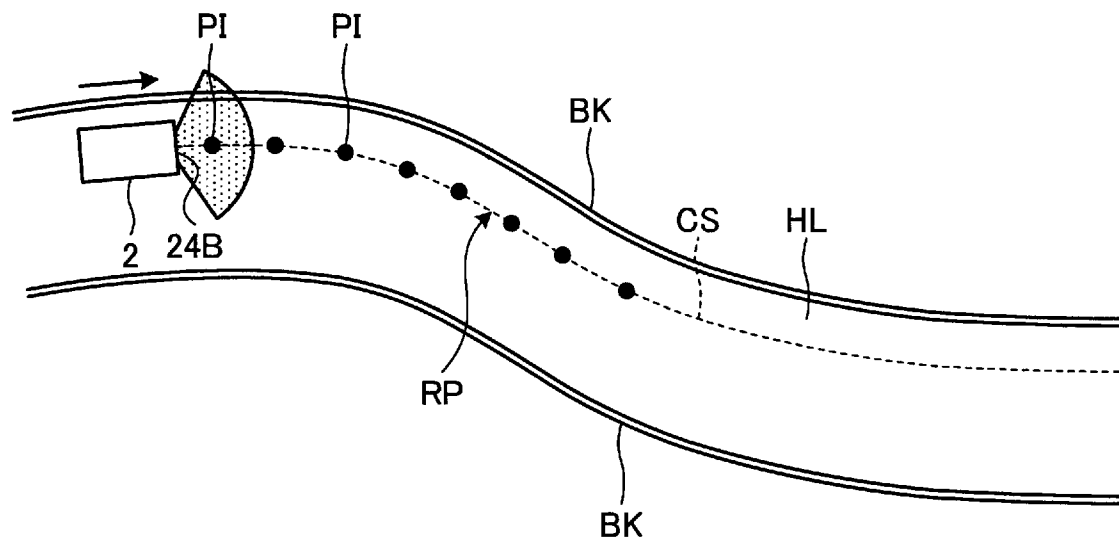
を備え、

前記走行経路生成部は、前記位置検出装置が有効な場合、及び前記位置検出装置が有効でない場合に、前記作業機械に前記走行経路を通過させるよう走行経路を生成する、
作業機械の管理システム。

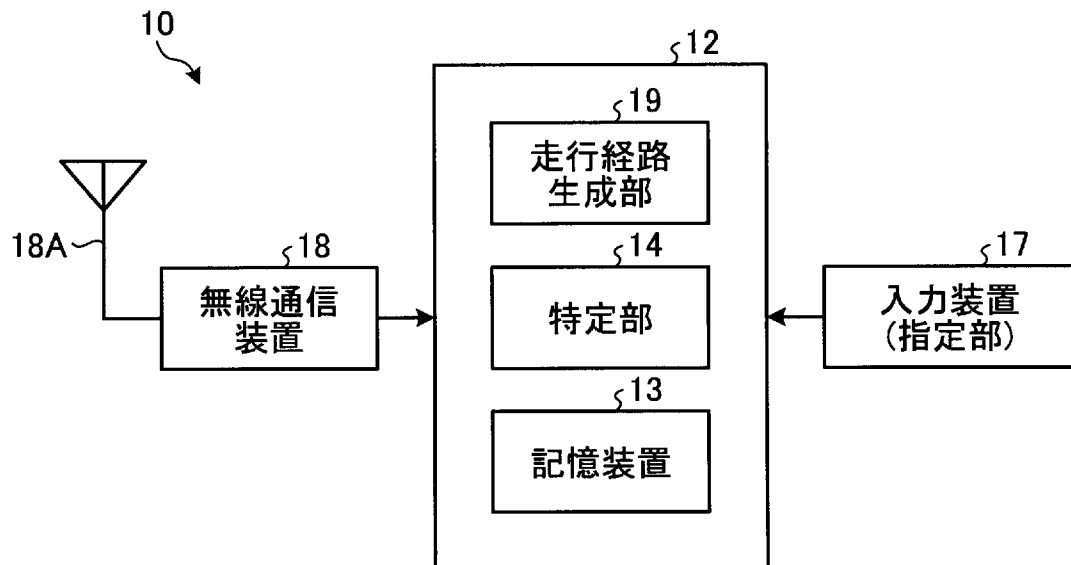
[図1]



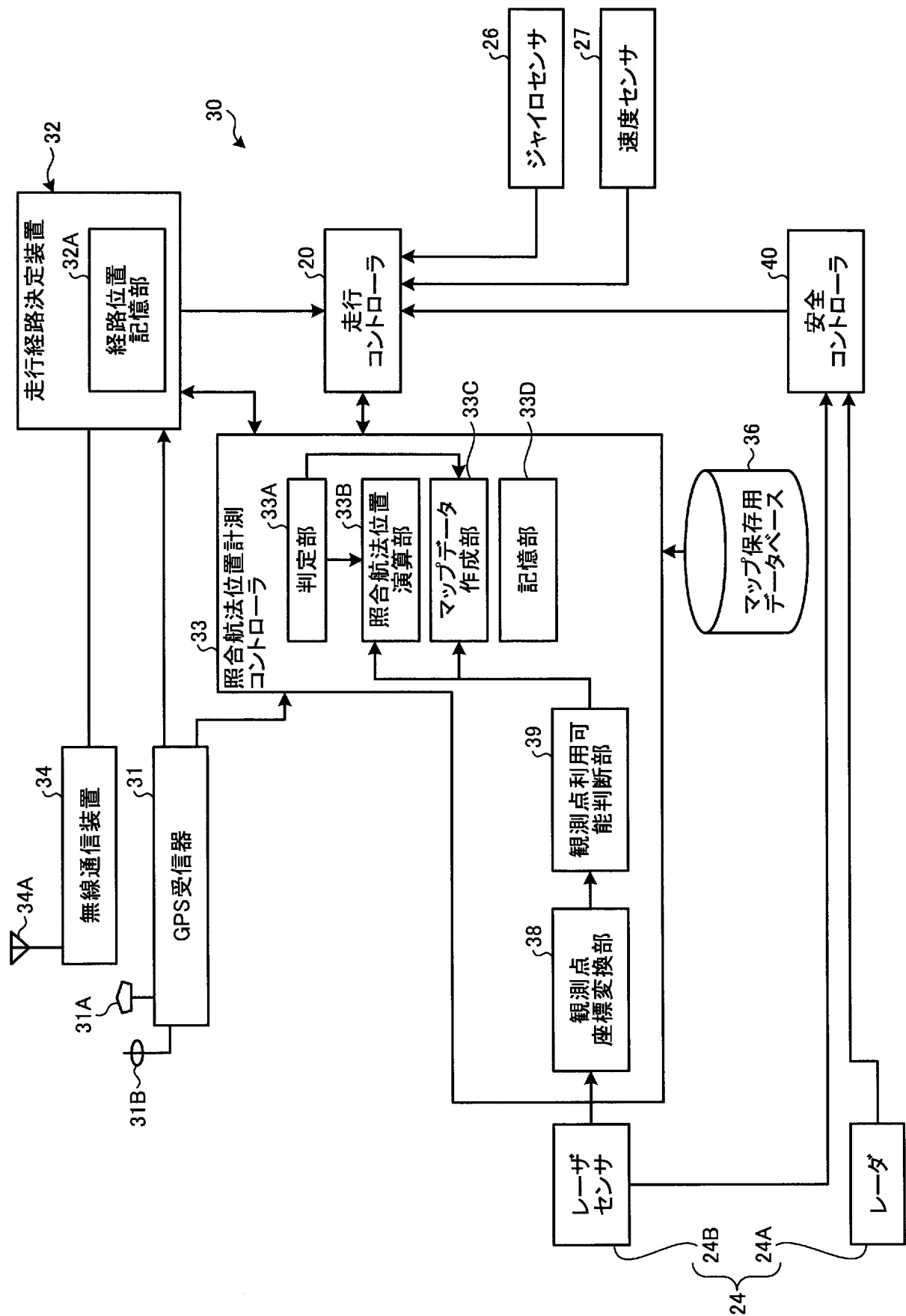
[図2]



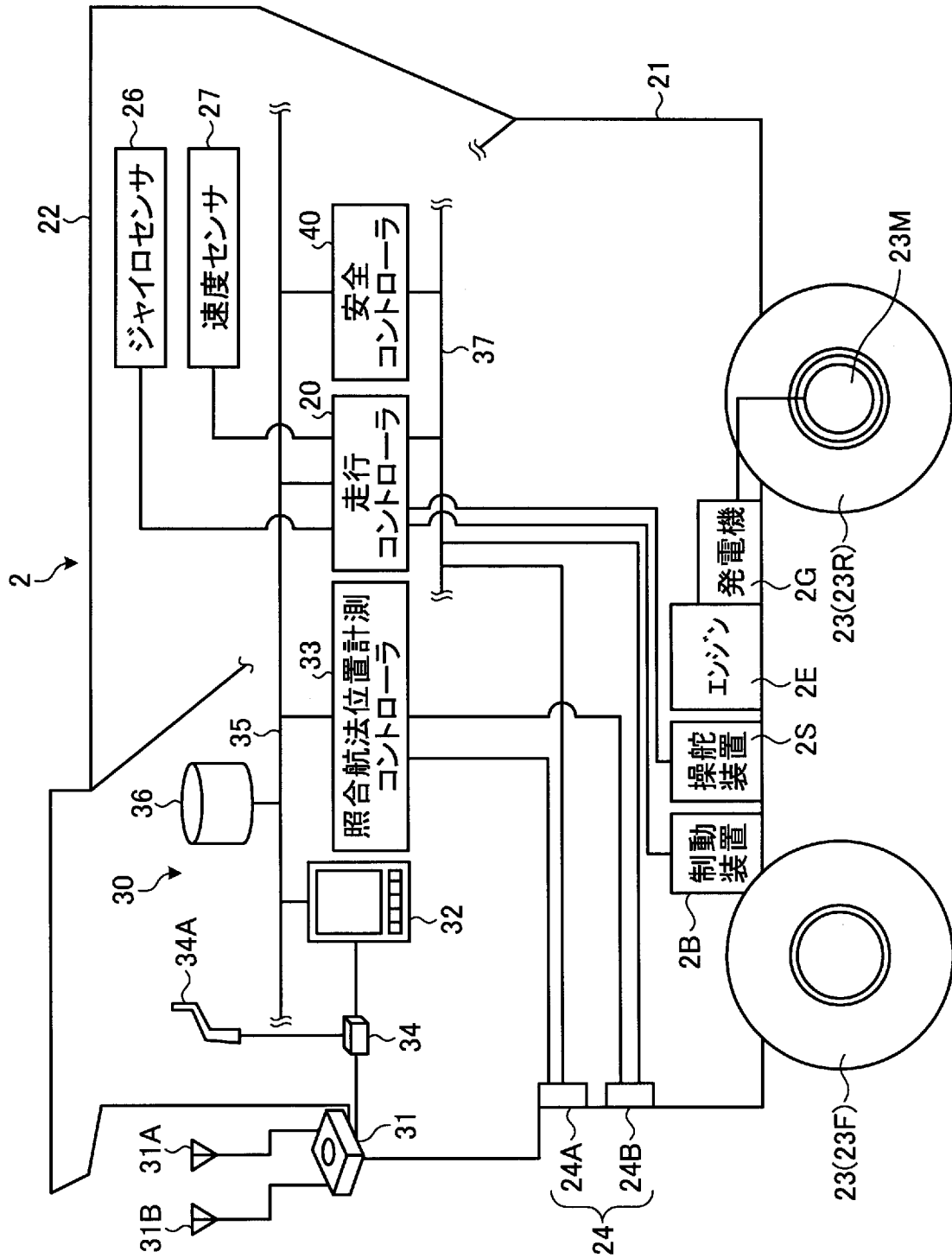
[図3]



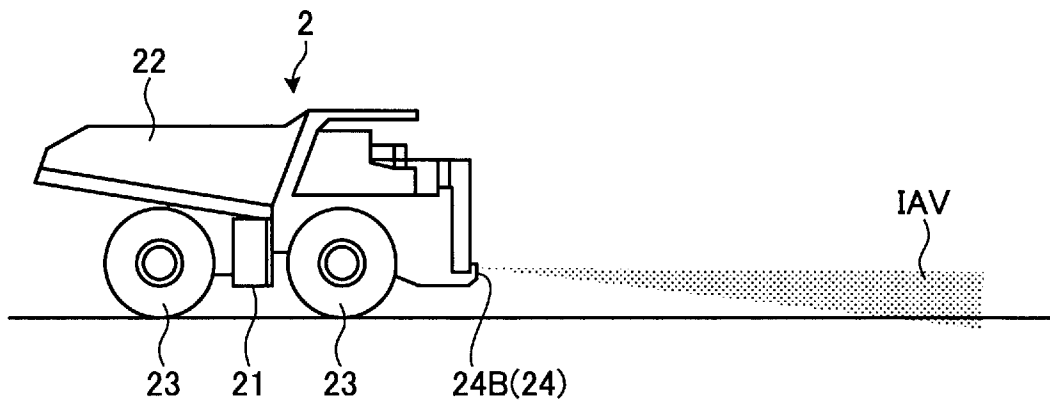
[図4]



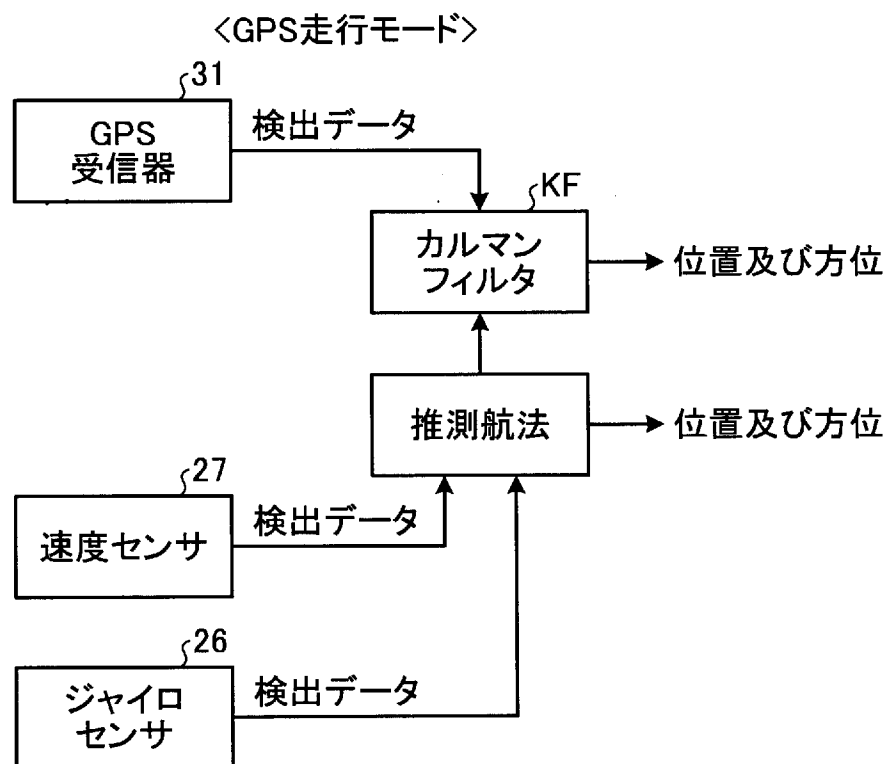
[図5]



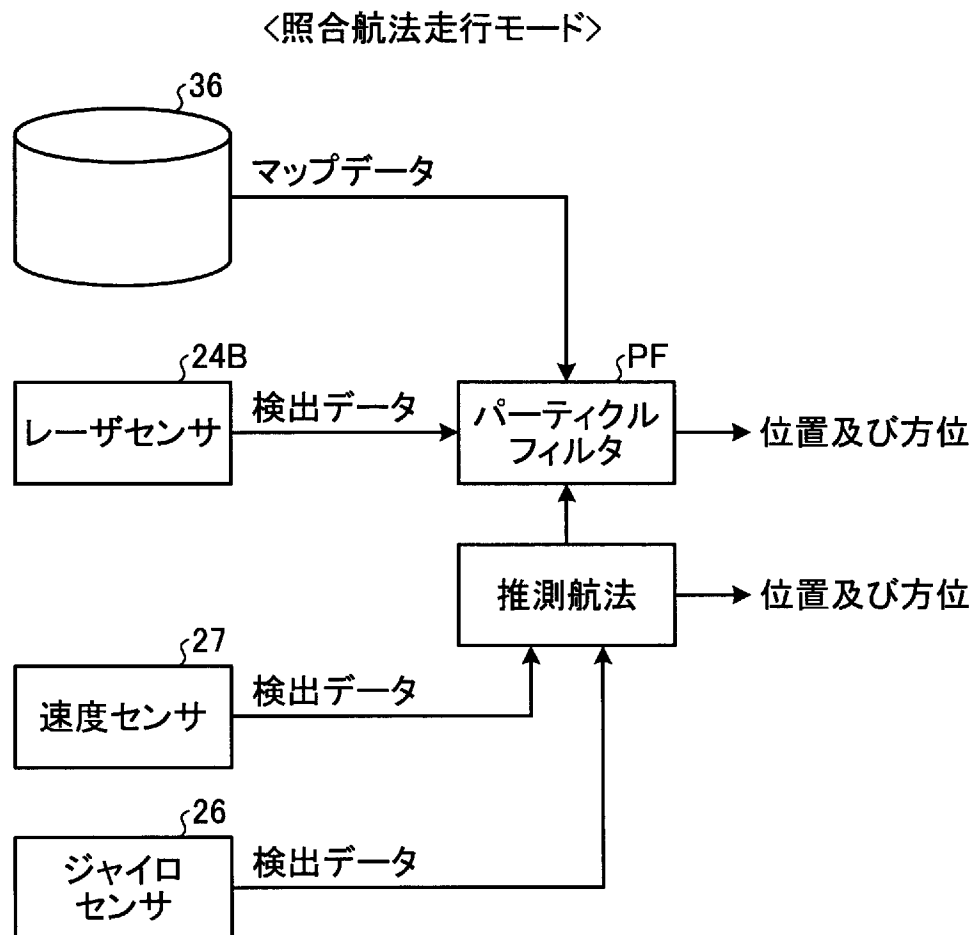
[図8]



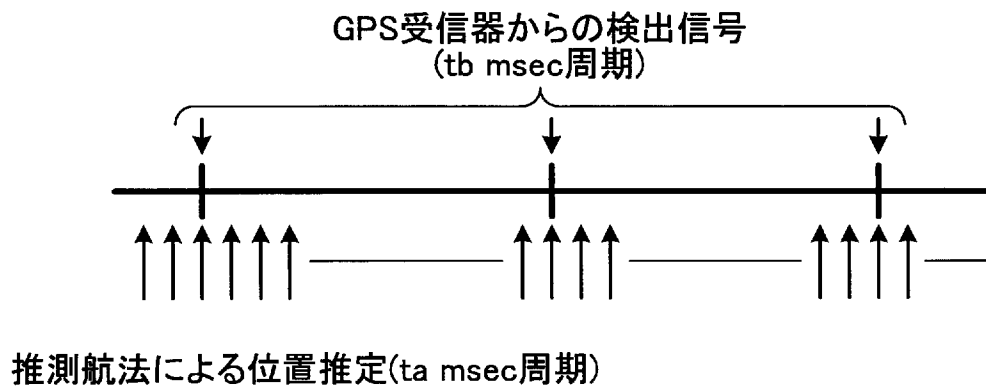
[図9]



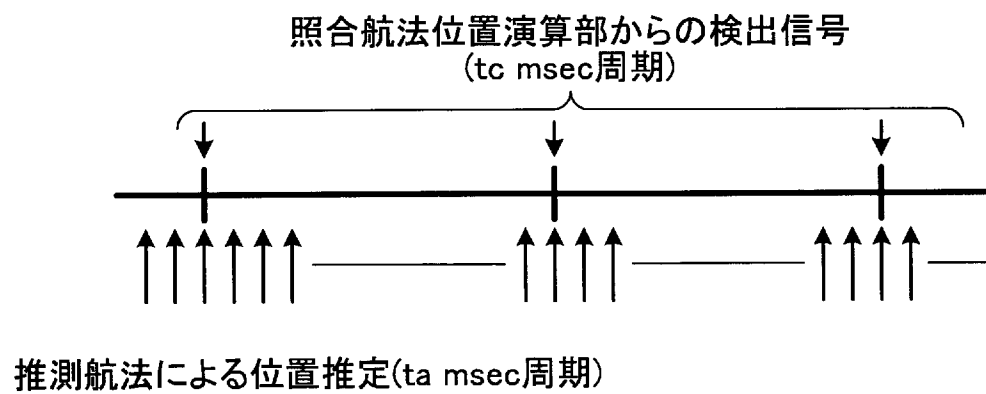
[図10]



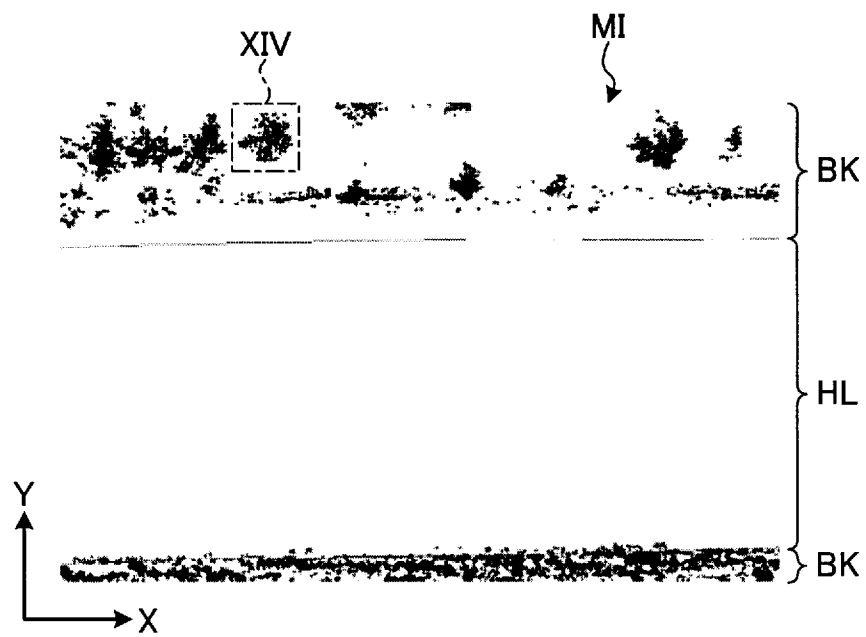
[図11]



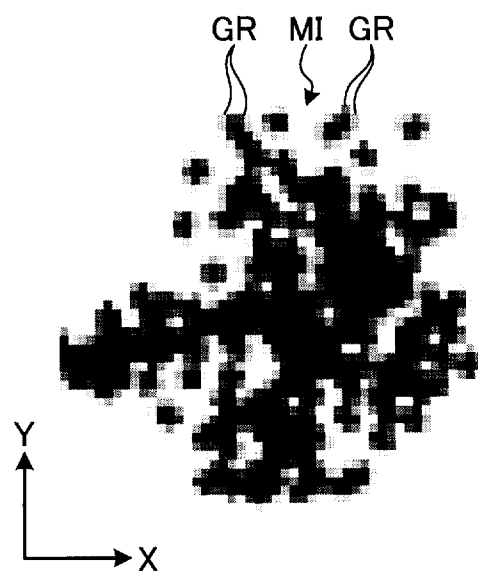
[図12]



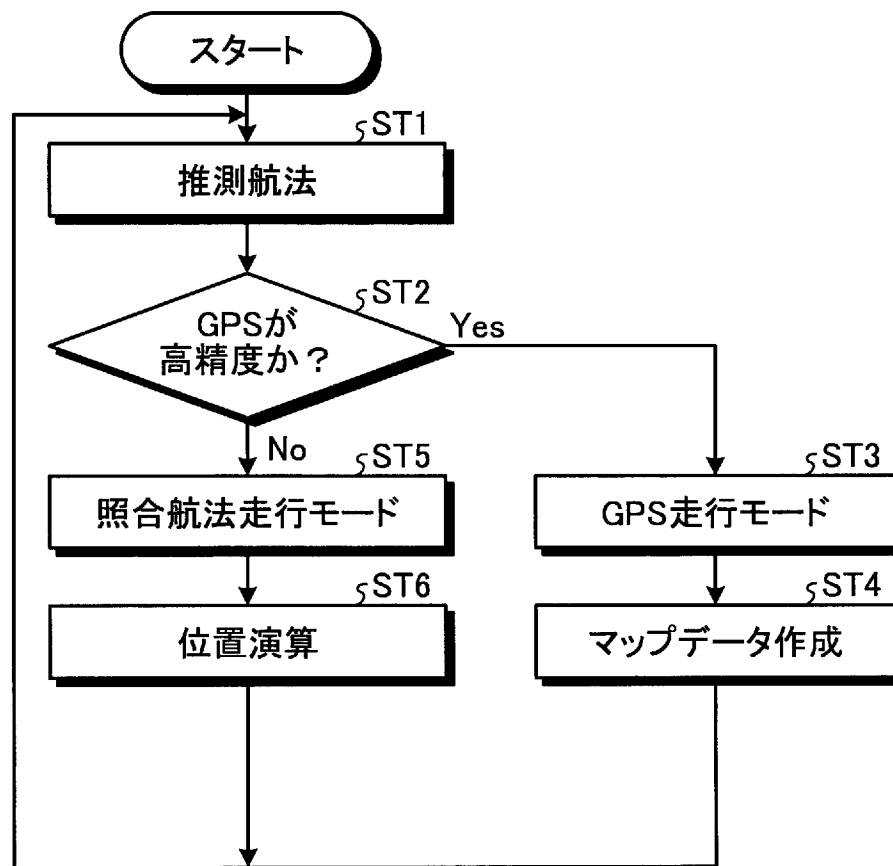
[図13]



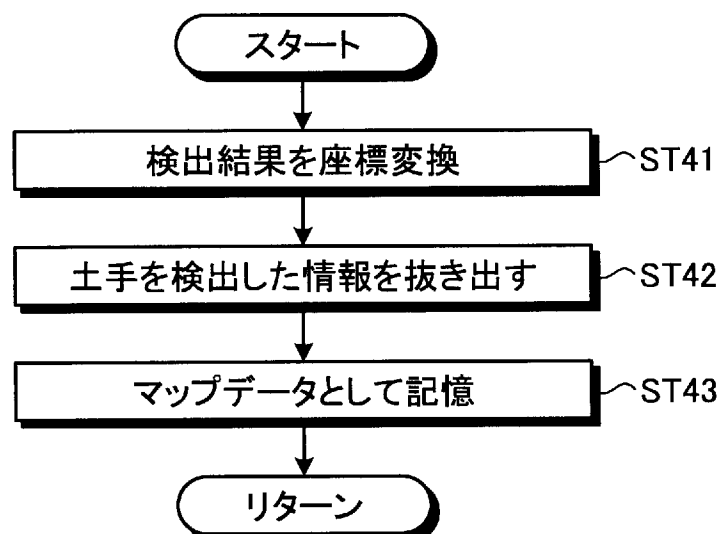
[図14]



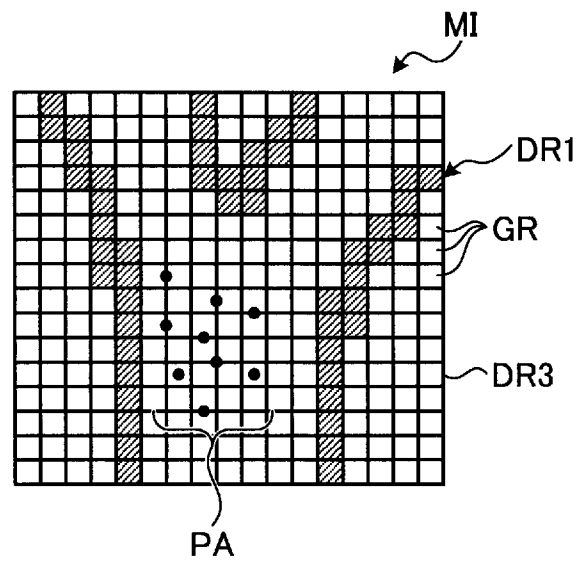
[図15]



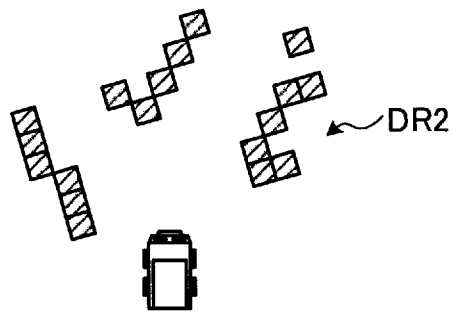
[図16]



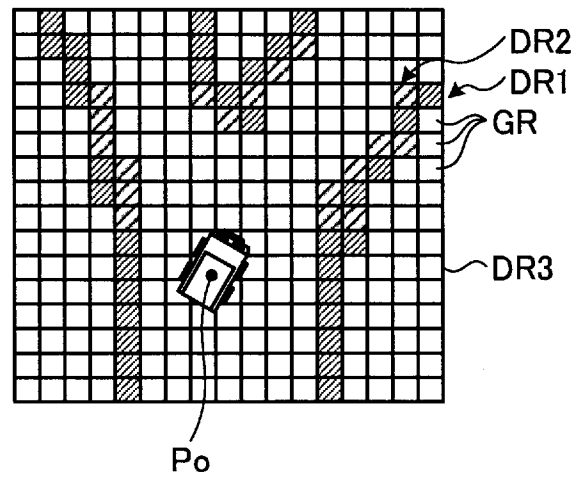
[図17]



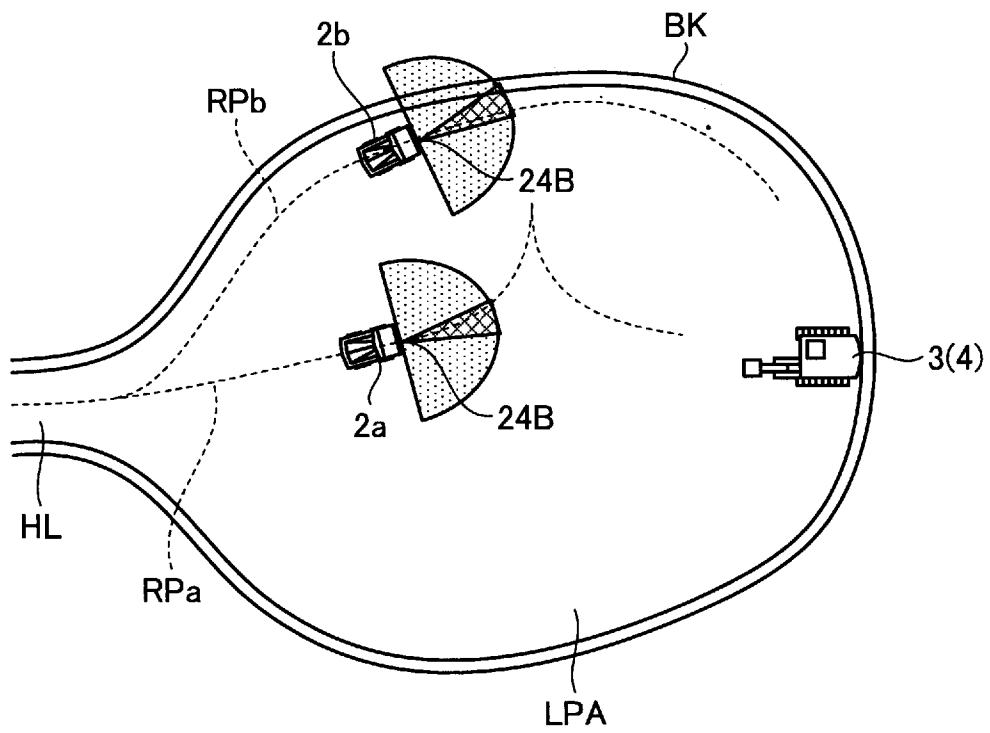
[図18]



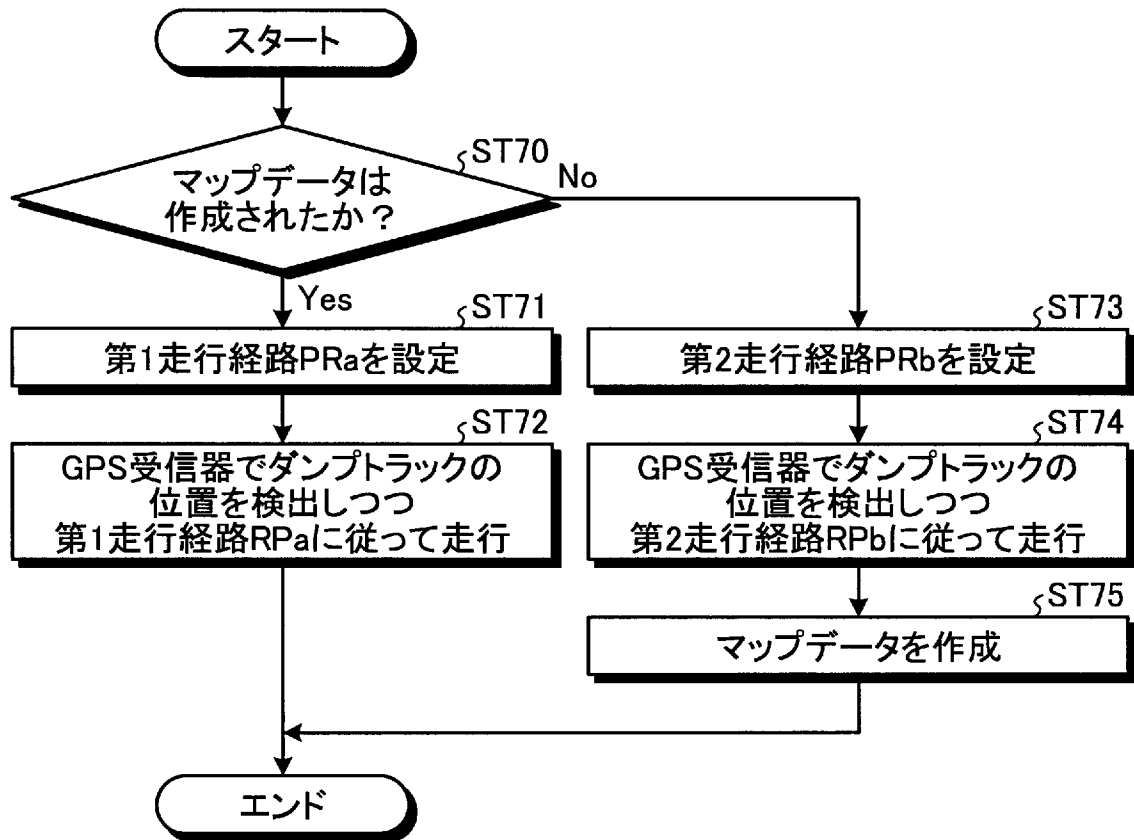
[図19]



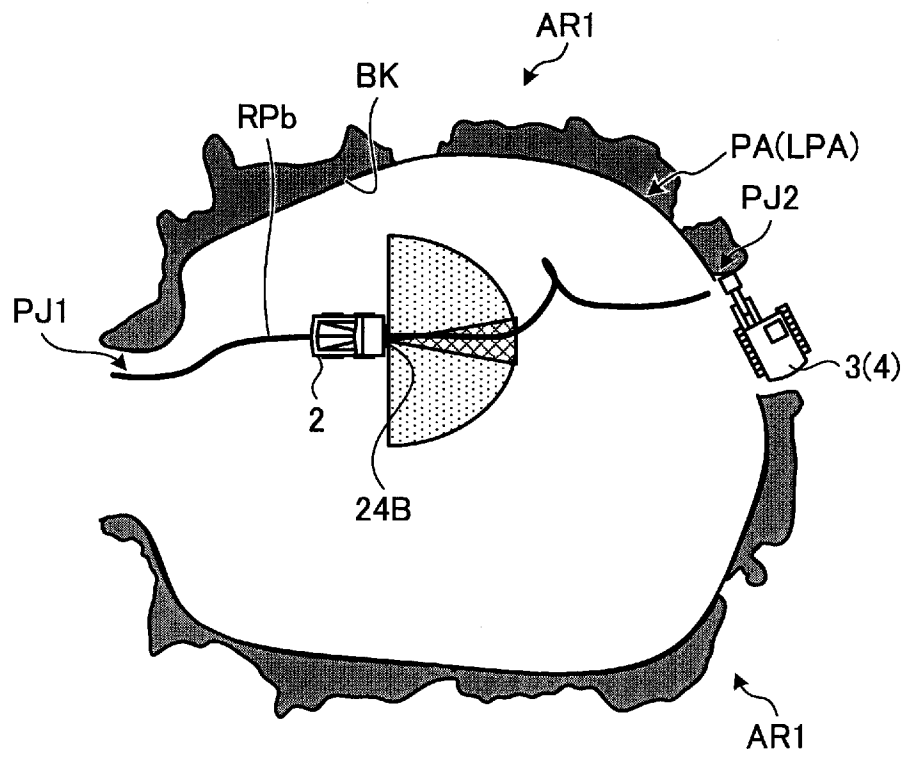
[図20]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056140

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01C21/34(2006.01)i, G08G1/00(2006.01)i, G08G1/09(2006.01)i, G09B29/00(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) G01C21/34, G08G1/00, G08G1/09, G09B29/00, G05D1/02 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.
A	WO 2014/103989 A1 (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 03 July 2014 (03.07.2014), entire text; all drawings & JP 2014-126919 A	1-10
A	WO 2013/122065 A1 (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 22 August 2013 (22.08.2013), entire text; all drawings & JP 2013-166425 A & US 2015/0032373 A1 & AU 2013219399 A & CN 104115196 A	1-10
A	JP 5731021 B1 (Komatsu Ltd.), 10 June 2015 (10.06.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
☐ 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 May 2016 (18.05.16)		Date of mailing of the international search report 31 May 2016 (31.05.16)
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（I P C））

Int.Cl. G01C21/34(2006.01)i, G08G1/00(2006.01)i, G08G1/09(2006.01)i, G09B29/00(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（I P C））

Int.Cl. G01C21/34, G08G1/00, G08G1/09, G09B29/00, G05D1/02

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で利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
A	WO 2014/103989 A1（日立建機株式会社）2014.07.03, 全文, 全図 & JP 2014-126919 A	1 - 1 0
A	WO 2013/122065 A1（日立建機株式会社）2013.08.22, 全文, 全図 & JP 2013-166425 A & US 2015/0032373 A1 & AU 2013219399 A & CN 104115196 A	1 - 1 0
A	JP 5731021 B1（株式会社小松製作所）2015.06.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 0

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

1 8 . 0 5 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

3 1 . 0 5 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

東 勝之

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

3 H

9 2 5 0