

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6672339号
(P6672339)

(45) 発行日 令和2年3月25日(2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月6日(2020.3.6)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 C	21/36	(2006.01)	GO 1 C	21/36	
GO 8 G	1/16	(2006.01)	GO 8 G	1/16	C
GO 9 B	29/10	(2006.01)	GO 9 B	29/10	A
GO 9 B	29/00	(2006.01)	GO 9 B	29/00	Z

請求項の数 11 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2017-563662 (P2017-563662)	(73) 特許権者	000001236
(86) (22) 出願日	平成28年1月29日 (2016.1.29)		株式会社小松製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/052839		東京都港区赤坂二丁目3番6号
(87) 国際公開番号	W02017/130418	(74) 代理人	110002147
(87) 国際公開日	平成29年8月3日 (2017.8.3)		特許業務法人酒井国際特許事務所
審査請求日	平成30年12月4日 (2018.12.4)	(72) 発明者	坂井 敦
			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
		(72) 発明者	皆川 真範
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業機械の管理システム及び作業機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

走行経路を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、
前記走行経路の傍らの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、前記走行経路の傍らの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と前記位置検出装置の精度とに基づいて、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。

10

【請求項2】

前記特定部は、前記作業機械が走行する前記走行経路のマップデータの完成度が高い第1のエリア又はマップデータの完成度が高い第1の走行経路と、前記走行経路のマップデータの完成度が低い第2のエリア又はマップデータの完成度が低い第2の走行経路とを特定し、

前記走行経路生成部は、前記位置検出装置が有効な場合に、前記作業機械に優先的に前記第2のエリア又は前記第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】

20

前記特定部は、前記作業機械が走行する前記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のエリア又は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のエリア又はマップデータの完成度が低い第2の走行経路とを特定し、

前記走行経路生成部は、前記位置検出装置が有効な場合に、前記作業機械に優先的に前記第2のエリアを傍らに有する走行経路又は前記第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2に記載の作業機械の管理システム。

【請求項4】

前記マップデータの完成度が低い第2のエリアは、前記マップデータにおいて傍らに前記物体が検出されていないエリア、前記走行経路において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エリア、前記作業機械が走行した回数が所定回数以下の走行経路の傍らの領域、の少なくとも一つを含む、

請求項2又は請求項3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可能な走行経路、前記マップデータを作成不可可能な走行経路、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又は請求項3に記載の作業機械の管理システム。

【請求項6】

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及び前記算出が行われた走行経路上の位置に基づいて、マップデータの完成度が高い第1のエリア又はマップデータの完成度が高い第1の走行経路と、前記走行経路のマップデータの完成度が低い第2のエリア又はマップデータの完成度が低い第2の走行経路とを特定し、

前記走行経路生成部は、前記作業機械に優先的に前記第2のエリアを傍らに有する走行経路又は前記第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】

前記マップデータの完成度が低いエリア又は走行経路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が低い前記エリア又は前記走行経路の情報に基づいて、前記マップデータの完成度が低い第2のエリア又は第2の走行経路を特定する、

請求項1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】

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7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9】

請求項1から請求項8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10】

走行経路を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、

前記走行経路の傍らの物体を非接触で検出する非接触センサと、

10

20

30

40

50

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、前記走行経路の傍らの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、

マップデータの完成度が高い第1のエリア又は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のエリア又はマップデータの完成度が低い第2の走行経路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と前記位置検出装置の精度とに基づいて、前記作業機械に優先的に前記第2のエリア又は前記第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。

10

【請求項11】

作業機械の位置を検出する位置検出装置と、

前記作業機械が走行する走行経路の傍らの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、前記走行経路の傍らの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、

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特定部と、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に、前記作業機械に前記マップデータの完成度が低いエリアを傍らに有する走行経路又は前記マップデータの完成度が低い走行経路を通過させるよう走行経路を生成し、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マップデータの完成度が低いエリアを傍らに有する走行経路又は前記マップデータの完成度が低い走行経路以外の走行経路を通過させるよう走行経路を生成する、

20

作業機械の管理システム。

【発明の詳細な説明】

【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。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-124576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。

40

【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。

50

【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、走行経路を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記走行経路の傍らの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、前記走行経路の傍らの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。

10

【0008】

本発明の第3の態様に従えば、走行経路を走行する作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記走行経路の傍らの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、前記走行経路の傍らの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、マップデータの完成度が高い第1のエリア又は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のエリア又はマップデータの完成度が低い第2の走行経路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のエリア又は前記第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。

20

【0009】

本発明の第4の態様に従えば、作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記作業機械が走行する走行経路の傍らの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、前記走行経路の傍らの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、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特定部と、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に、前記作業機械に前記マップデータの完成度が低いエリアを傍らに有する走行経路又は前記マップデータの完成度が低い走行経路を通過させるよう走行経路を生成し、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マップデータの完成度が低いエリアを傍らに有する走行経路又は前記マップデータの完成度が低い走行経路以外の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。

30

【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】

40

【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

50

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11は、実施形態1に係る制御システムのGPS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12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13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。

10

【図14】図14は、図13中のXIV部を拡大して示す図である。

【図15】図15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16は、ステップST4のフローチャートの一例である。

【図17】図17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18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を検出した検出結果の一例を示す図である。

【図19】図19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を検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。

20

【図20】図20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21】図21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22は、実施形態1に係る第2エリアのマップデータの作成方法を示すフローチャートである。

【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。

30

【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。

40

【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】

50

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PA及び作業場PAに通じる搬送路HLの少なくとも一部を走行する。作業場PAは、積込場LPA及び排土場DPAの少なくとも一方を含む。搬送路HLは、交差点ISを含む。ダンプトラック2は、搬送路HL上や作業場PA上に設定された走行経路を走行する。搬送路HL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碎機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】

10

20

30

40

50

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 X Y 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。

【 0 0 2 4 】

< 管理装置 >

次に、管制施設 7 に配置される管理装置 1 0 について説明する。管理装置 1 0 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 1 0 は、コンピュータ 1 1 と、表示装置 1 6 と、入力装置 1 7 と、無線通信装置 1 8 とを備える。

10

【 0 0 2 5 】

コンピュータ 1 1 は、処理装置 1 2 と、記憶装置 1 3 と、入出力部（入出力インターフェース）1 5 とを備える。表示装置 1 6、入力装置 1 7、無線通信装置 1 8 は、入出力部 1 5 を介して、コンピュータ 1 1 と接続される。

【 0 0 2 6 】

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 1 2 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。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、搬送路 H L 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 1 2 は、ダンプトラック 2 が走行する走行経路 R P を設定する。走行経路 R P は、コースデータ C S によって規定される。コースデータ C S 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 P I の集合体である。すなわち、複数のポイント P I を通過する軌跡が走行経路 R P である。処理装置 1 2 は、ダンプトラック 2 の走行経路 R P を規定するコースデータ C S 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 1 2 は、コースデータ C S を作成して、走行経路 R P を設定する。

20

【 0 0 2 8 】

記憶装置 1 3 は、処理装置 1 2 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 1 3 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。

30

【 0 0 2 9 】

表示装置 1 6 は、鉱山内の搬送路 H L 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 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み、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。

【 0 0 3 0 】

無線通信装置 1 8 は、アンテナ 1 8 A を有し、管制施設 7 に配置され、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、通信システム 9 の一部である。無線通信装置 1 8 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 1 8 で受信したデータは、処理装置 1 2 に出力され、記憶装置 1 3 に記憶される。無線通信装置 1 8 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。

40

【 0 0 3 1 】

図 3 は、管理装置 1 0 の機能ブロック図である。管理装置 1 0 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 1 9 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 1 4 と、マップデータを記憶する記憶装置 1 3 と、無線通信装置 1 8 とを備える。

【 0 0 3 2 】

コンピュータ 1 1 は、通信用の入出力部 1 5 と、制御プログラムを実行する C P U（Ce

50

nal 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。

10

【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>

20

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、診断部33E、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。

30

【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。

40

【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RPの傍らに存在する物体(土手BK、側壁等)を含む。非

50

接触センサ 2 4 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。

【 0 0 3 8 】

非接触センサ 2 4 は、非接触センサ 2 4 (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 2 4 は、レーダ 2 4 A 及びレーザセンサ 2 4 B を含む。レーザセンサ 2 4 B の分解能は、レーダ 2 4 A の分解能よりも高い。

【 0 0 3 9 】

レーダ 2 4 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 2 4 A は、レーダ 2 4 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 2 4 A は、車両本体 2 1 の左右方向に間隔をあけて 3 つ設けられる。

10

【 0 0 4 0 】

レーザセンサ 2 4 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 2 4 B は、レーザセンサ 2 4 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 2 4 B は、車両本体 2 1 の左右方向に間隔をあけて 2 つ設けられる。

【 0 0 4 1 】

2 つのレーザセンサ 2 4 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 2 4 B は、左右方向の中央で 2 つのレーザセンサ 2 4 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 2 4 B は、車両本体 2 1 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, I A V は、レーザセンサ 2 4 B 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 R P の傍らの物体 (土手 B K) がレーザセンサ 2 4 B の検出エリアに配置されるように、レーザセンサ 2 4 B 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 2 4 A 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。

20

【 0 0 4 2 】

レーダ 2 4 A 及びレーザセンサ 2 4 B を含む非接触センサ 2 4 は、制御システム 3 0 の第 2 通信線 3 7 制御システムを介して照合航法位置計測コントローラ 3 3 に接続される。

30

【 0 0 4 3 】

< 制御システム >

次に、制御システム 3 0 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 3 0 の走行コントローラ 2 0 が位置及び方位を演算する方法を説明する図である。図 1 0 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 3 0 の照合航法位置計測コントローラ 3 3 の照合航法位置演算部 3 3 B が位置及び方位を検出する方法を説明する図である。図 1 3 は、実施形態 1 に係る制御システム 3 0 のマップ保存用データベース 3 6 に記憶されるマップデータ M I の一部を示す図である。図 1 4 は、図 1 3 中の X I V 部を拡大して示す図である。

40

【 0 0 4 4 】

制御システム 3 0 は、ダンプトラック 2 に設置される。制御システム 3 0 は、走行経路 R P 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 3 0 は、ジャイロセンサ 2 6 と、速度センサ 2 7 と、GPS 受信器 3 1 と、走行経路決定装置 3 2 と、照合航法位置計測コントローラ 3 3 と、走行コントローラ 2 0 と、非接触センサ 2 4 と、無線通信装置 3 4 と、マップ保存用データベース 3 6 とを備える。また、制御システム 3 0 は、第 1 通信線 3 5 と、第 2 通信線 3 7 と、安全コントローラ 4 0 とを備える。

【 0 0 4 5 】

50

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、ダンブトラック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、ダンブトラック2の方位(方位変化量)を算出する。

10

【0047】

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、ダンブトラック2の移動距離を算出する。

【0048】

GPS受信器31は、ダンブトラック2に設けられ、ダンブトラック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。

20

【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Fix解であった場合、検出されたGPS位置に基づいてダンブトラック2が自律走行を行うことができる。GPSの位置精度がFloat解及びSingle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ブトラック2が自律走行を行うことができない。

30

【0051】

図4に示すように、走行経路決定装置32は、アンテナ34A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ブトラック2以外の鉱山機械4と、自車両以外のダンブトラック2を含む。

40

【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、自車両であるダンブ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ブトラック2の走行速度データを含む。自車両のコースデータは、XY座標系で規定される

50

。走行経路決定装置 3 2 は、無線通信装置 3 4 からコースデータを受信し、経路位置記憶部 3 2 A に記憶する。また、走行経路決定装置 3 2 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 3 4 を介して、管制施設 7 の無線通信装置 1 8 に送信する。また、走行経路決定装置 3 2 は、第 1 通信線 3 5 と接続され、照合航法位置計測コントローラ 3 3 や走行コントローラ 2 0 等の各種コントローラに指令信号を送信する。

【 0 0 5 3 】

走行経路決定装置 3 2 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 (Random 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 3 2 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 3 2 A 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 3 2 の機能を実現してもよい。

【 0 0 5 4 】

< 走行コントローラ >

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、を備える。走行コントローラ 2 0 は、後述するが、GPS 受信器 3 1 で検出されたダンプトラック 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 3 3 の照合航法位置演算部 3 3 B で算出されたダンプトラック 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 に従ってダンプトラック 2 を自律走行させる。

【 0 0 5 5 】

走行コントローラ 2 0 は、走行経路 RP に従ってダンプトラック 2 を自律走行させるため、ダンプトラック 2 の位置データのみならず、ジャイロセンサ 2 6 の検出データであるダンプトラック 2 の方位 (方位変化量) を示す方位データ及び速度センサ 2 7 の検出データであるダンプトラック 2 の走行速度を示す走行速度データを取得する。

【 0 0 5 6 】

実施形態 1 において、ダンプトラック 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 3 1 の検出データと、ジャイロセンサ 2 6 の検出データと速度センサ 2 7 の検出データ 2 7 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 MI がマップ保存用データベース 3 6 に随時記憶・更新されていく。第 2 の走行モードは、図 1 0 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 MI とレーザセンサ 2 4 B 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 3 3 B において算出される。

【 0 0 5 7 】

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

10

20

30

40

50

ク 2 の方位（方位変化量）は、ダンプロック 2 に配置されたジャイロセンサ 2 6 を用いて検出される。ダンプロック 2 の移動距離（速度）は、ダンプロック 2 に配置された速度センサ 2 7 を用いて検出される。ジャイロセンサ 2 6 の検出信号及び速度センサ 2 7 の検出信号は、ダンプロック 2 の走行コントローラ 2 0 に出力される。

【 0 0 5 8 】

走行コントローラ 2 0 は、ジャイロセンサ 2 6 からの検出信号及び速度センサ 2 7 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ロック 2 の推定される現在位置を更新し続けながら、ダンプロック 2 が走行経路 R P に設定されたコースデータに従って走行するように、ダンプロック 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 2 0 は、操舵

10

信号、アクセル信号及び制動信号に基づいて、ダンプロック 2 の走行（操作）を制御する。

【 0 0 5 9 】

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ロック 2 の走行距離が長くなると、ジャイロセンサ 2 6 及び速度センサ 2 7 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、ダンプロック 2 は、処理装置 1 2 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。

【 0 0 6 0 】

G P S 走行モードにおいては、走行コントローラ 2 0 は、推測航法により算出（推測）されたダンプロック 2 の位置（推測位置）を、所定期間毎に G P S 受信器 3 1 により検出された G P S 位置データ及び方位データ（例えば、今回検出された G P S 位置データと前回検出された G P S 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、ダンプロック 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 2 0 は、推測航法により算出（推測）されたダンプロック 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 3 3 B 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、ダンプロック 2 を走行させる。

20

30

【 0 0 6 1 】

図 1 1 及び図 1 2 における下方に示されるように、走行コントローラ 2 0 が、ジャイロセンサ 2 6 及び速度センサ 2 7 の検出結果に基づいて推測航法によりダンプロック 2 の現在位置を推定する周期を $t_a [msec]$ とする。また、図 1 1 に示すように、走行コントローラ 2 0 には、G P S 受信器 3 1 の検出結果である G P S 位置を示す検出信号が、 $t_b [msec]$ 毎で入力される。図 1 1 が示すように、推測航法による位置の推定頻度は、G P S 検出器 3 1 の検出信号が走行コントローラ 2 0 に入力される頻度、すなわち、G P S 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 G P S 位置が走行コントローラ 2 0 に入力されダンプロック 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。

40

【 0 0 6 2 】

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プロック 2 の位置及び方位を示す位置データが、 $t_c [msec]$ 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 に入力されダンプロック 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。

【 0 0 6 3 】

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、G P S 位置を示す検出信

50

号及び照合航法位置演算部 33B による位置データが走行コントローラ 20 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 33B による位置データが走行コントローラ 20 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 20 は、速度センサ 27 の検出データ、及びジャイロセンサ 26 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 31 の検出データが走行コントローラ 20 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 31 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。

10

【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 33 は、判定部 33A と、照合航法位置演算部 33B と、マップデータ作成部 33C と、記憶部 33D と、診断部 33E 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。

20

【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。

30

【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、ダンブトラック 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、ダンブトラック 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

40

50

ス 3 6 に送信することになる。

【 0 0 6 9 】

図 1 2 にあるマップデータ M I は、搬送路 H L 周辺の領域における土手 B K の検出結果を示している。搬送路 H L は図 1 2 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 B K は図 1 2 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 1 3 及び図 1 4 に示すように、マップデータ M I 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 G R の X Y 座標系における位置と、各グリッド G R に土手 B K が存在するか否かを示す。マップデータ M I の各グリッド G R は、土手 B K 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 1 3 及び図 1 4 に示すように、実施形態 1 においては、マップデータ M I の各グリッド G R は、土手 B K が有ると「 1 」として図中に黒四角で示し、土手 B K 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 G R において土手 B K 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。

10

【 0 0 7 0 】

マップ保存用データベース 3 6 は、土手 B K の位置データをマップデータ M I として記憶する。マップ保存用データベース 3 6 は、第 1 通信線 3 5 と接続される。マップ保存用データベース 3 6 は、 R O M、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 3 6 は、土手 B K に関する検出結果をマップデータ作成部 3 3 C が検出する度にマップデータ 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 3 6 に記憶されるマップデータ M I は、マップデータ作成部 3 3 C が土手 B K 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 B K が検出されれば「 1 」に変更し、「 1 」のグリッドにおいて土手 B K 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。

20

【 0 0 7 1 】

記憶部 3 3 D は、マップ保存用データベース 3 6 よりも動作速度が速い主記憶装置（内部記憶装置）である。

30

【 0 0 7 2 】

判定部 3 3 A が、 G P S 受信器 3 1 が検出したダンプトラック 2 の G P S 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 3 3 B は、ジャイロセンサ 2 6 の検出結果、速度センサ 2 7 の検出結果、レーザセンサ 2 4 B の検出結果、及びマップ保存用データベース 3 6 から記憶部 3 3 D に読み込まれ記憶されたマップデータ M I 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 3 3 B は、記憶部 3 3 D を用いずにマップ保存用データベース 3 6 から直接マップデータ M I 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。

【 0 0 7 3 】

診断部 3 3 E は、後述するように、 G P S 受信器 3 1 の検出データ、及び照合航法位置演算部 3 3 B の算出データを取得する。診断部 3 3 E は、 G P S 検出器 3 1 の検出データから導出されるダンプトラック 2 の G P S 位置（絶対位置）と照合航法位置演算部 3 3 B で算出されたダンプトラック 2 の絶対位置とを比較して、 G P S 検出器 3 1 の検出データの精度を診断する。

40

【 0 0 7 4 】

図 1 0 に示すように、照合航法位置演算部 3 3 B は、照合航法走行モード時に、ジャイロセンサ 2 6 の検出データ、速度センサ 2 7 の検出データ、レーザセンサ 2 4 B の検出データ、及びマップ保存用データベース 3 6 に記憶されているマップデータ M I をパーティクルフィルタ P F（Particle Filter）により統合して、ダンプトラック 2 の位置及び方

50

位を算出する。具体的な算出方法は後述する。

【0075】

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。

10

【0076】

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、ダンブトラック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25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ブトラック2を制御して、ダンブトラック2が物体に衝突することを回避する。

20

【0077】

<走行モードの決定方法>

次に、実施形態1に係るダンブトラック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MI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が現実を検出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が現実を検出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。

30

【0078】

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ブトラック2を推測航法により走行させるステップST1を実行する。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ST1において複数回の推測航法を実施する。

【0079】

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33A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ST2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33A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33A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と判定する（ステップST2：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（ST3）。

40

【0080】

次に、マップデータ作成部33Cにより、マップデータ作成処理が実施され（ステップ

50

S T 4)、マップデータ作成部 3 3 C は、マップデータ M I を作成する。具体的には、照合航法位置計測コントローラ 3 3 は、G P S 受信器 3 1 が検出したダンプトラック 2 の G P S 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 3 2 A が記憶したコースデータに従ってダンプトラック 2 を自律走行させるとともに、レーザセンサ 2 4 B の検出結果から土手 B K に関する検出結果を抜き出して、抜き出した土手 B K に関する検出結果を走行経路 R P のマップデータ M I としてマップ保存データベース 3 6 に記憶するステップ S T 4 を実行する。

【 0 0 8 1 】

図 1 6 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 3 8 は、ダンプトラック 2 の位置及び方位に基づいて、レーザセンサ 2 4 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 2 4 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)。

【 0 0 8 2 】

観測点利用可能判断部 3 9 は、観測点座標変換部 3 8 により座標が変換された検出結果から土手 B K 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 3 9 は、土手 B K に関する検出結果を抜き出す際には、観測点座標変換部 3 8 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。

【 0 0 8 3 】

観測点利用可能判断部 3 9 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 3 3 C に出力し、マップデータ作成部 3 3 C は、X Y 座標系で位置が示された上記検出結果である土手 B K の位置をグリッド G R で構成されるマップデータ M I としてマップ保存用データベース 3 6 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 B K 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、G P S 受信器 3 1 が検出したダンプトラック 2 の G P S 位置の精度が所定の精度を超えており G P S 走行モードを継続する間は、レーザセンサ 2 4 B の検出結果から土手 B K に関する検出結果を抜き出して、抜き出した土手 B K に関する検出結果を走行経路 R P のマップデータ M I に随時上書き記憶し続ける。

【 0 0 8 4 】

また、照合航法位置計測コントローラ 3 3 の判定部 3 3 A は、G P S 受信器 3 1 が検出した G P S 位置の解が F i x 解ではないと判定する、すなわち、G P S 受信器 3 1 が検出したダンプトラック 2 の G P S 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 : N o) と、その判定結果を走行コントローラ 2 0 に送信し、走行コントローラ 2 0 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)。

【 0 0 8 5 】

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 I とに基づいて、ダンプトラック 2 の位置及び方位を算出して、走行経路 R P に従ってダンプトラック 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 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プトラック 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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 8 6 】

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 I 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。

10

【 0 0 8 7 】

図 1 7 に示されるマップデータ M I 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 が現実的に検出した検出データ D R 2 を示している。

【 0 0 8 8 】

図 1 7 に示されるマップデータ M I と、図 1 8 に示されるレーザセンサ 2 4 B 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 1 9 に示されるように、最終的にダンブトラック 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）P O を算出する。すなわち、最終推定値 P O は、必ずしもいずれかのパーティクル P A 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 1 9 に示すように、照合航法位置演算部 3 3 B は、マップデータ M I における土手 B K が検出されているグリッド D R 1 がレーザセンサ 2 4 B が現実的に検出した検出データ D R 2 に最も似るダンブトラックの位置及び方位（最終推定値 P O ）を算出する。照合航法位置演算部 3 3 B は、最終推定値 P O を算出した際に、最終推定値 P O とダンブトラック 2 の絶対位置との差の小ささを表す推定精度、最終推定値 P O のもっともらしさ（尤度）を表す信頼度も算出する。なお、図 1 7 から図 1 9 では、土手 B K が存在するグリッド G R を密な平行斜線で示し、実際の土手 B K の検出結果を粗な平行斜線で示している。

20

【 0 0 8 9 】

また、照合航法位置演算部 3 3 B は、算出したダンブトラック 2 の位置及び方位が、ダンブ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 2 0 は、推測航法（ステップ S T 1 ）を実行し、ダンブトラック 2 が走行経路 R P に従って走行するように、ダンブトラック 2 の走行（操作）を制御する。このように、制御システム 3 0 は、ステップ S T 1、ステップ S T 2、ステップ S T 5、及びステップ S T 6 を実行することで、G P S 受信器 3 1 が検出したダンブトラック 2 の G P S 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 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 のマップデータ M I とを照合することによりダンブトラック 2 の位置及び方位を算出することを継続しつつ、走行コントローラ 2 0 は、照合航法位置計測コントローラ 3 3 が算出したダンブトラック 2 の位置及び方位に基づいて、走行経路 R P に従ってダンブトラック 2 を推測航法により走行させる。

30

40

【 0 0 9 0 】

< 走行経路の設定方法 >

上述したように、ダンブトラック 2 が走行経路 R P を走行する場合、推測航法により導出されたダンブトラック 2 の位置及び方位が、G P S 走行モードの場合では G P S 受信器 3 1 により検出された G P S 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 3 3 B により算出された位置及び方位に基づいてダンブトラック 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、G P S 受信器 3 1 により検出された検出データである G P S 位置を使ってダンブトラック 2 の走行を制御することを適宜、G P S 走行、と称し、照合航法位置演算部 3 3 B により算出された位置及び方位を使ってダンブトラック 2 の走行を制御することを適宜、照合航法走行、と称する。

50

【 0 0 9 1 】

図 2 に示したように、搬送路 H L の傍らに土手 B K が設けられる。ダンプトラック 2 は、処理装置 1 2 により設定された搬送経路 R P に従って走行する。

【 0 0 9 2 】

図 2 に示す例においては、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、搬送路 H L における走行経路 R P を規定するコースデータ C S が設定される。図 2 では、レーザセンサ 2 4 B により搬送路 H L における一方（進行方向左側）の土手 B K のみを検出するようにコースデータ C S が設定されているが、搬送路 H L の横幅が小さい場合には、搬送路 H L の両側の土手 B K を検出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 に従って走行することにより、照合航法位置計測コントローラ 3 3 は、マップデータ作成処理及び照合航法走行を実施することができる。

10

【 0 0 9 3 】

図 2 0 は、鉱山において搬送路 H L とその搬送路 H L を走行するダンプトラック 2 を有する一部領域を模式的に示す平面図である。この平面図は所定の大きさで区切ったグリッド G R によって構成されており、例えば搬送路 H L の傍らには、非接触センサにより物体（土手 B K 等）が検出されることによって色塗りされた複数のグリッド D R 1 が表示されている。また搬送路 H L 外の領域であって、色塗りされていないグリッド D R 3 は、非接触センサにより物体（土手 B K 等）が検出されていないグリッドである。すなわち、この平面図はマップデータ M I を含んでいる。

20

【 0 0 9 4 】

G P S 受信器 3 1 は、G P S 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 G P S からの信号を受信できないことがある。G P S 受信器 3 1 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 G P S 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、G P S 受信器 3 1 が信号を受信できる衛星数が減少することにより、G P S 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、G P S の位置検出精度が低下するため、ダンプトラック 2 は G P S 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 が走行する搬送路のマップデータを構築しておく必要がある。

30

【 0 0 9 5 】

照合航法位置演算部 3 3 B により精度よくダンプトラック 2 の位置を推定するためには、例えば 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 により所定の走行経路 R P を走行し、その走行経路 R P の傍らに位置する物体（土手 B K 等）を非接触センサにより検出させ、マップデータを作成、すなわち走行経路 R P 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。

【 0 0 9 6 】

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 D R 1 をより多く配置させる程、その走行経路 R P 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 R P をダンプトラック 2 が走行した場合、照合航法位置演算部 3 3 B によりダンプトラック 2 の絶対位置を精度よく演算することができる。なお、複数のダンプトラック 2 により同じ走行経路 R P を走行させ、各ダンプトラック 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より、マップデータの完成度を高めるようにしてもよい。

40

【 0 0 9 7 】

マップデータの完成度は、走行経路 R P の傍らの任意の領域において、色塗りされたグリッド D R 1（第 1 検出データ）と色塗りされていないグリッド D R 3（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 R P の傍らの所定の領域において、色塗りされたグリッド D R 1 の割合が所定値以上（色塗りされていないグリッ

50

ド D R 3 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 D R 1 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。

【 0 0 9 8 】

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トラック 2 が走行した回数に基づいて判断してもよい。例えば、ダンプトラック 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、ダンプトラック 2 の走行回数が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。

【 0 0 9 9 】

また、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 G P S 走行により走行する際、G P S を用いてダンプトラック 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 3 3 B において照合航法により位置演算を行い、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。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又は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。マップデータの完成度が低い位置が連続することにより、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。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 1 6 に出力し、表示装置 1 6 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。

【 0 1 0 0 】

「マップデータの完成度が高い」と特定する基準として、照合航法走行モードにおいて十分な絶対位置精度によりダンプトラック 2 が照合航法走行を行える程度に色塗りされたグリッド D R 1 の割合が大きいか否かに基づいて判断してもよい。

【 0 1 0 1 】

図 2 0 のように、マップデータの完成度が高いエリアを第 1 エリア A R 1 と設定し、マップデータの完成度が低いエリアを第 2 エリア A R 2 と設定する。図 2 0 において、第 2 エリア A R 2 以外のエリアを第 1 エリア A R 1 として設定しているが、特定の領域を第 1 エリア A R 1 と特定するようにしてもよい。第 1 エリア A R 1 と第 2 エリア A R 2 とをそれぞれ特定するのは、例えば管理装置 1 0 における特定部 1 4 が行う。第 1 エリア A R 1 及び第 2 エリア A R 2 は、グローバル座標系において規定される。

【 0 1 0 2 】

特定部 1 4 がマップデータ M I における走行経路の傍らの領域を第 1 エリア A R 1 と第 2 エリア A R 2 に判別するにあたっては、上述のように走行経路の傍らの所定領域における色塗りされたグリッド D R 1 の割合が所定値以上であるか否かに基づいて判別することができる。図 2 0 のマップデータ M I の場合、第 2 エリア A R 2 と判別された領域における色塗りされたグリッド D R 1 の割合は所定値よりも小さく、それ以外の第 1 エリア A R 1 と判別された領域における色塗りされたグリッド D R 1 の割合は所定値よりも大きい。

【 0 1 0 3 】

ここで、走行経路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 D R 1 の割合を判定するようにしてもよい。また、交差点 I S を両端とするルート単位で色塗りされたグリッド D R 1 の割合を判定するようにしてもよい。例えば、図 2 0 における複数の交差点 I S をそれぞれ I S 1 , I S 2 , I S 3 とした場合に、I S 1 と I S 3 を両端とするルートにおける傍らの領域は、ほぼ色塗りされたグリッド D R 1 で構成されているため、マップデータの完成度が高いエリアであるのに対し、I S 1 と I S 2 を両端とするルートにおける傍らの領域は、ほぼ色塗りされていないグリッド D R 3 で構成されているため、マップデータ

10

20

30

40

50

の完成度が低いエリアである。また、走行経路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。

【0104】

なお、管理装置10における入力装置17（指定部）を用いて、管理者が第1エリアAR1又は第2エリアAR2を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MIを参照しつつ、マウス等の入力装置17を用いてエリアを指定するようにしてもよい。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。また、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。また、入力装置17（指定部）により指定された第1エリアAR1又は第1走行経路、もしくは第2エリアAR2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。

10

【0105】

なお、特定部14が特定する対象は、走行経路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、例えば走行経路又は搬送路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。

【0106】

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。

20

【0107】

照合航法位置演算部33Bは、マップデータと、土手BK等の物体を検出したときのレーザセンサ24Bの検出データとを照合して、ダンプトラック2の絶対位置を演算する。しかし、第2エリアA2に設定された走行経路RPに従ってダンプトラック2が照合航法走行しようとしても、第2エリアA2のマップデータにおける完成度が十分に高くないため、照合航法位置演算部33Bは、第2エリアAR2において、ダンプトラック2の絶対位置を演算することができない。そのため、ダンプトラック2が照合航法走行モードにより第2エリアAR2を通過する場合、推測航法による誤差の蓄積が解消されず、例えばダンプトラック2を停車しなければならなくなる。

30

【0108】

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、鉱山内に第2エリアAR2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AR2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。

40

【0109】

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、優先的に第2エリアAR2を傍らに有する走行経路を走行し、第2エリアAR2に存在する土手BK等の物体を検出することにより色塗りされたグリッドDR1の割合を増加させ、当該エリアを第1エリアAR1に切り替えることが望まれる。

【0110】

そこで、特定部14で特定された、第1エリアAR1を示すデータ及び第2エリアAR2を示すデータを、処理装置12における走行経路生成部19に出力させ、走行経路生成部19は、ダンプトラック2を走行させる走行経路RPを、優先的に第2エリアAR2を

50

傍らに有する走行経路に設定する。

【0111】

例えば、GPSの精度が高くGPS走行モードにてダンプトラック2がある積込場LPAaとある排土場DPAaとを往復走行している場合であって、ある積込場LPAaとある排土場DPAaとを結ぶ搬送路HLが複数存在し、その内の1つの搬送路HLaの傍らがすべて第1エリアAR1であり、別の搬送路である搬送路HLbの傍らの一部が第2エリアAR2である場合において、ダンプトラック2を積込場LPAaから排土場DPAaに走行させる場合、走行経路生成部19は、第2エリアAR2を有する搬送路HLbにコースデータCS(走行経路RP)を設定する。

【0112】

走行コントローラ20は、GPS走行モードにより、第2エリアAR2に設定されたコースデータCS(走行経路RP)に沿ってダンプトラック2を走行させる。

【0113】

マップデータ作成部33Cは、第2エリアAR2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31の検出データとレーザセンサ24Cの検出データとに基づいて、第2エリアAR2のマップデータを作成する。作成された第2エリアAR2のマップデータは、マップ保存用データベース36に記憶される。

【0114】

例えば、図20に示されるような搬送路の形状であった場合、ダンプトラック2がマップデータの完成度が低い搬送路HLbを走行するとなると、目的地まで遠回りすることになり、生産性が一時的に低下してしまう。そのためダンプトラック2は、第2エリアAR2の領域がすべて第1エリアAR1に切り替わるまで、又は所定回数HLbを走行するまで、マップデータの完成度が低い搬送路HLbを走行するように設定してもよい。

【0115】

図21は、図20と同様に、一方の搬送路HLaにおけるマップデータの完成度は高く、他方の搬送路HLbにおけるマップデータの完成度が低い鉱山の一部領域を模式的に示す平面図である。図20と異なり、2台のダンプトラック2a、2bが存在しており、それぞれのダンプトラックは、異なる位置から同じ目的地を目指して走行しているとする。このような場合、通常は生産性を考慮し2台のダンプトラック2a、2b共に最短経路となる搬送路HLaを通過するように2台のダンプトラックの走行経路が設定される。図21におけるダンプトラック2a、2bからそれぞれ延びる実線の走行経路は、2台のダンプトラック2a、2bが共に最短経路である搬送路HLaを通過するための走行経路である。

【0116】

しかし、上述したように、鉱山内に第2エリアAR2が存在していた場合、ダンプトラックを優先的に第2エリアAR2を傍らに有する走行経路を走行させ、当該エリアを第1エリアAR1に切り替えることが望まれるため、例えばダンプトラック2aにマップデータの完成度が高い搬送路HLaを通過させ、ダンプトラック2bにマップデータの完成度が低い搬送路HLbを通過させるようにしてもよい。

【0117】

そのようにすれば、生産性を損なうことなく第2エリアAR2の領域を第1エリアAR1に切り替えることができる。図21におけるダンプトラック2bから延びる破線の走行経路が搬送路HLbを通過させるための走行経路である。なお、ダンプトラック2a、2b共にマップデータの完成度が低い搬送路HLbを通過させるようにしてもよい。

【0118】

次に、第2エリアAR2のマップデータの作成方法について説明する。図22は、実施形態1に係る第2エリアAR2のマップデータの作成方法の一例を示すフローチャートである。

【0119】

GPS走行モードにおいて、ダンプトラックを走行させ、マップデータ作成部によって

10

20

30

40

50

マップデータを作成する（ステップ S T 7 0）。

【 0 1 2 0 】

特定部 1 4 は、マップデータの内、走行経路の傍らの任意の領域における色塗りされたグリッド D R 1 の割合を取得する（ステップ S T 7 1）。

【 0 1 2 1 】

特定部 1 4 は、取得した色塗りされたグリッド D R 1 の割合に基づいて、走行経路の傍らの領域を第 1 エリア A R 1 と第 2 エリア A R 2 とに判別する（ステップ S T 7 2）。

【 0 1 2 2 】

走行経路生成部 1 9 は、ダンプトラック 2 を走行させるための走行経路 R P として、第 2 エリア A R 2 を傍らに有する走行経路を優先的に設定する（ステップ S T 7 3）。

10

【 0 1 2 3 】

第 2 エリア A R 2 を傍らに有する走行経路にコースデータ C S が設定された後、走行コントローラ 2 0 は、GPS 受信器 3 1 の検出データと第 2 エリア A R 2 に設定されたコースデータ C S とに基づいて、第 2 エリア A R 2 においてダンプトラック 2 を走行させる。照合航法位置計測コントローラ 3 3 は、第 2 エリア A R 2 に設定されたコースデータ C S に従って走行するダンプトラック 2 の走行期間において、レーザセンサ 2 4 B で土手 B K を検出する（ステップ S T 7 4）。

【 0 1 2 4 】

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（ステップ S T 7 5）。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。

20

【 0 1 2 5 】

なお、GPS 精度が高くなく照合航法走行モードにより走行する必要がある場合、走行経路生成部 1 9 は、マップデータの完成度が低い第 2 エリア A R 2 を傍らに有する走行経路を通過しないような走行経路を設定する。そのような場合に第 2 エリア A R 2 を傍らに有する走行経路を通過しようとする、最悪ダンプトラック 2 が停止することになり生産性が低下するためである。

【 0 1 2 6 】

< 作用及び効果 >

30

以上説明したように、実施形態 1 によれば、鉱山においてマップデータの完成度が低い第 2 エリア A R 2 が存在する場合、その第 2 エリア A R 2 を特定した後、ダンプトラック 2 が第 2 エリア A R 2 を傍らに有する走行経路を走行する頻度が増えるように、敢えてコースデータ C S を第 2 エリア A R 2 を傍らに有する走行経路に設定することにより、そのコースデータ C S を走行するダンプトラック 2 によって、第 2 エリア A R 2 のマップデータを作成することができる。

【 0 1 2 7 】

マップデータの完成度が低い第 2 エリア A R 2 は、照合航法位置演算部 3 3 E でダンプトラック 2 の位置データを取得できないエリアである。鉱山において、照合航法位置演算部 3 3 B によってはダンプトラック 2 の位置データを取得することができない第 2 エリア A R 2 が多数又は広範囲に存在すると、照合航法走行させることができるルートが限られてしまう。

40

【 0 1 2 8 】

また、マップデータの完成度が低い第 2 エリア A R 2 が多数又は広範囲に存在する場合において、その第 2 エリア A R 2 に走行経路 R P が設定されてしまうと、ダンプトラック 2 は、照合航法走行できず、GPS 走行モードで走行せざるを得なくなる。さらに GPS 検出器 3 1 でダンプトラック 2 の位置データを精度よく取得することが困難な状況の場合（例えば F i x 解が得られない場合）、ダンプトラック 2 は、第 2 エリア A R 2 に設定された走行経路 R P に従って走行することが困難となり、最悪の場合ダンプトラック 2 が停止することになる。このように、照合航法走行することができるルートが限定されたり、

50

マップデータの完成度が低い第2エリアAR2に走行経路RPが設定されたりした場合、鉱山におけるダンプトラック2の生産性の低下をもたらす。

【0129】

実施形態1においては、GPS受信器31の精度が高い場合において、ダンプトラック2を優先的に第2エリアAR2を傍らに有する走行経路において走行させ、その第2エリアAR2のマップデータを積極的に作成する。そのため、照合航法走行させることができるルートの選択枝を増やすことができるので、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。

【0130】

また、実施形態1のように、管理装置10からコースデータを受け取って鉱山を走行するダンプトラック2は座標において予め決められた走行経路を走行することがあるため、GPS走行時におけるマップデータ作成処理においては、ばらつきの少ない精度の良いマップデータを作成することができる。また、照合航法走行時においては、GPS走行時と同一の走行経路を走行するため、GPS走行時に作成したマップデータに基づいて、精度の良い位置演算が可能となる。

【0131】

<その他の実施形態>

なお、上述の実施形態のステップST70からステップST72において、第2エリアAR2においてGPS検出器31の精度が低下する頻度が高い場合（例えばFix解が得られない場合）、コースデータ作成部である走行経路生成部19は、その第2エリアAR2には敢えてコースデータCSを設定しなくてもよい。第2エリアAR2においてGPS受信器31の精度が低下する場合、走行経路生成部19は、コースデータCSをマップデータの完成度が高い第1エリアAR1を傍らに有する走行経路に設定する。GPS受信器31の精度が低下する頻度が高いエリアにはコースデータCSを設定しないようにすることで、ダンプトラック2は円滑に走行されるので、鉱山の生産性の低下が抑制される。

【0132】

なお、管理装置10における記憶装置13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31の検出データとレーザセンサ24B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31の検出データとレーザセンサ24B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のマップデータ作成部33C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のマップデータ作成部33C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10に送信される。これにより、記憶装置13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。

【0133】

例えば、鉱山の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AR1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AR2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AR1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枝が増えることとなる。

【0134】

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

10

20

30

40

50

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。

【 0 1 3 5 】

なお、上述の実施形態においては、走行経路生成部 1 9、特定部 1 4、及び指定部 1 7 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 1 0 に設けられることとした。走行経路生成部 1 9、特定部 1 4、及び指定部 1 7 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 3 2 が、走行経路生成部 1 9、特定部 1 4、及び指定部 1 7 として機能してもよい。

【 0 1 3 6 】

なお、上述の各実施形態においては、照合航法走行時及び G P S 走行時（マップデータ作成処理）において、非接触センサ 2 4 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 G P S 走行時の少なくとも一方において、非接触センサ 2 4 のうちレーダ 2 4 A の検出データが用いられてもよい。なお、非接触センサ 2 4 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 2 4 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。

【 0 1 3 7 】

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。

【 0 1 3 8 】

上記実施形態では、特定部 1 4 が、走行経路の傍らの領域を、マップデータの完成度が高い第 1 エリア A R 1 又はマップデータの完成度が低い第 2 エリア A R 2 のいずれかに特定し、走行経路生成部 1 9 が、第 1 エリア A R 1 を傍らに有する走行経路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、例えば特定部 1 4 が、交差点 I S を両端とするルート単位でマップデータの完成度が高いルート（広義の第 1 エリア A R 1 とする）とマップデータの完成度が低いルート（広義の第 2 エリア A R 2 とする）を特定し、走行経路生成部 1 9 が、マップデータの完成度が低いルートを優先的に通過させるように走行経路を生成するようにしてもよい。その際、入力装置 1 7（指定部）によりマップデータの完成度が低いルートを指定できるようにしてもよい。

【 0 1 3 9 】

また、上記実施形態においては、照合航法位置演算部 3 3 B 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 1 5 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 2 4 B 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。

【 0 1 4 0 】

また、上述の実施形態においては、G P S 位置の精度が高精度であるか否かを判定する際に、G P S 受信器 3 1 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ようにしていたが、それに限られず、例えば F l o a t 解であっても所定の条件を満たせば G P S 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。

【 0 1 4 1 】

また、上述の実施形態においては、G P S 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、G P S 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。

【 0 1 4 2 】

また、上述の実施形態においては、マップデータ作成部 3 3 C をダンプトラック 2 内に設けるようにしたが、それに限られず、例えば、管理装置 1 0 内のコンピュータ 1 1 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 3 3 C を設け、レーザセンサ 2 4 B の検出結果と当該ダンプトラック 2 の現在位置及び方位等の必要な情報をマップデー

10

20

30

40

50

タ作成部 3 3 C に送信するようにしてもよい。

【 0 1 4 3 】

さらに、マップ保存用データベース（マップデータ）をダンプトラック 2 内に設けるようにしたが、それに限られず、例えば、管理装置 1 0 内のコンピュータ 1 1 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、ダンプトラック 2 の位置及び方位を照合航法により演算する前に、ダンプトラック 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。

【 0 1 4 4 】

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。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、それに限られず、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。

【 0 1 4 5 】

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、それに限られず、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）、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。

【 0 1 4 6 】

なお、「走行経路の傍らの物体」には、鉱山の走行経路に設けられた土手、側壁等だけではなく、例えば、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。

【 符号の説明 】

【 0 1 4 7 】

- 1 管理システム
- 2 ダンプトラック（鉱山機械）
- 2 E エンジン
- 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 4 特定部
- 1 5 入出力部

10

20

30

40

50

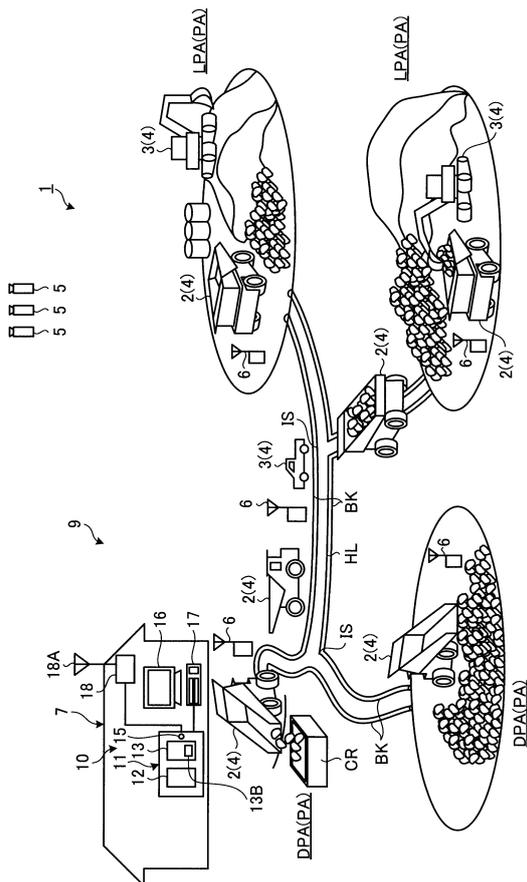
1 6	表示装置	
1 7	入力装置（指定部）	
1 8	無線通信装置	
1 8 A	アンテナ	
1 9	走行経路生成部	
2 0	走行コントローラ（走行制御部）	
2 1	車両本体	
2 2	ベッセル	
2 3	車輪	
2 3 B	制動装置	10
2 3 F	前輪	
2 3 M	電動機	
2 3 R	後輪	
2 4	非接触センサ	
2 4 A	レーダ	
2 4 B	レーザセンサ	
2 6	ジャイロセンサ	
2 7	速度センサ	
2 9	インターフェース	
3 0	制御システム	20
3 1	G P S受信器（位置検出装置）	
3 1 A	アンテナ	
3 1 B	アンテナ	
3 2	走行経路決定装置	
3 2 A	経路位置記憶部	
3 3	位置計測コントローラ	
3 3 A	判定部	
3 3 B	照合航法位置演算部（位置演算部）	
3 3 C	マップデータ作成部	
3 3 D	記憶部（第2記憶部）	30
3 3 E	導出部	
3 4	無線通信装置	
3 4 A	アンテナ	
3 5	第1通信線	
3 6	マップ保存用データベース	
3 7 A	第2通信線	
3 7 B	第3通信線	
3 8	観測点座標変換部	
3 9	観測点利用可能判断部	
4 0	安全コントローラ	40
4 1	ゲートウェイコントローラ	
3 2 1	入出力部	
3 2 2	演算処理装置	
3 2 3	主記憶装置（第2記憶部）	
3 2 4	外部記憶装置	
3 2 5	外部記憶装置（第1記憶部）	
3 3 1	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	50

- 3 3 5 外部記憶装置 (第 1 記憶部)
- A R 1 マップデータの完成度が高い第 1 エリア
- A R 2 マップデータの完成度が低い第 2 エリア
- B K 土手
- C R 破碎機
- D P A 排土場
- D R 1 色塗りのグリッド (第 1 検出データ)
- D R 2 検出データ
- D R 3 白塗りのグリッド (第 2 検出データ)
- 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

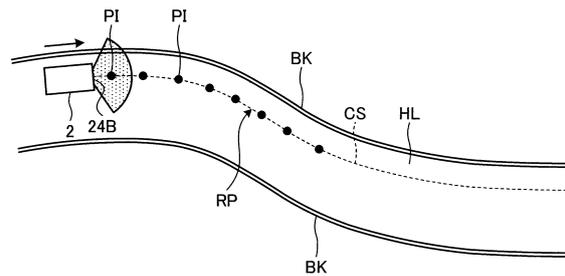
10

20

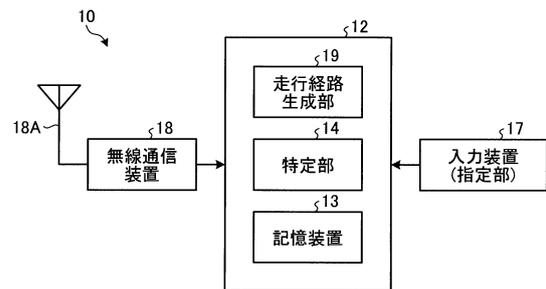
【図 1】



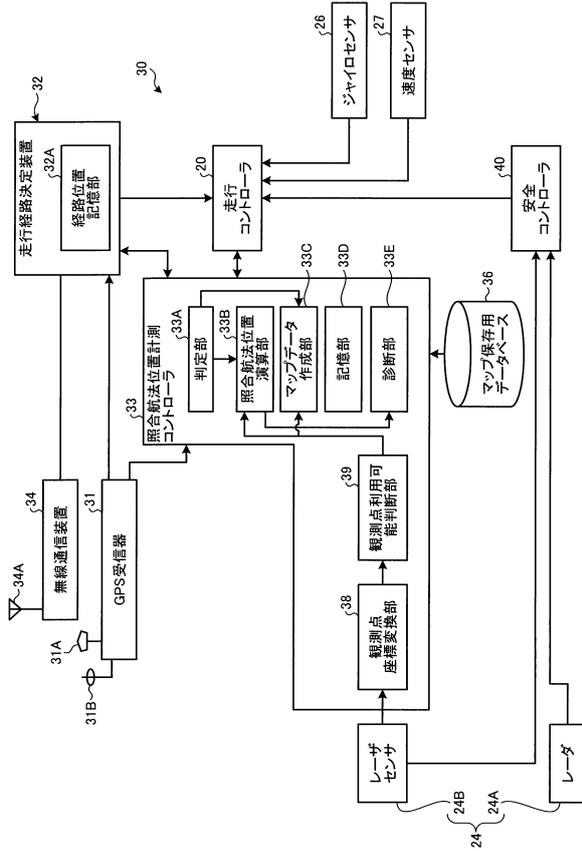
【図 2】



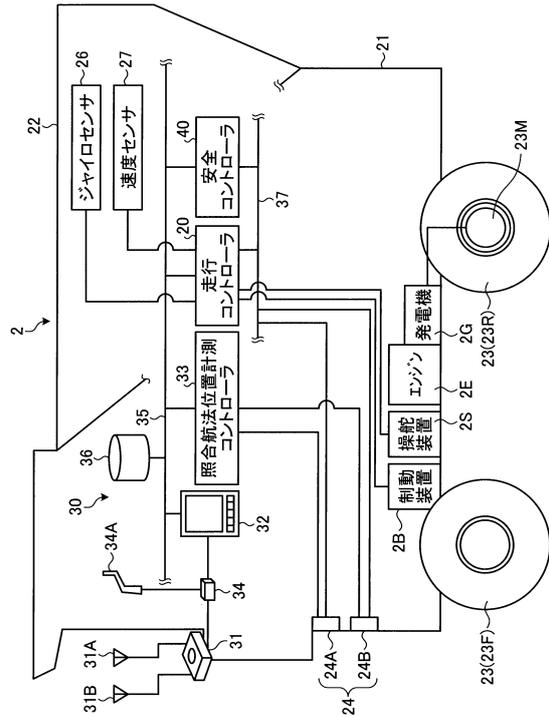
【図 3】



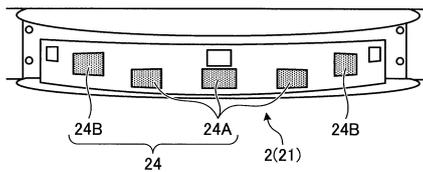
【図4】



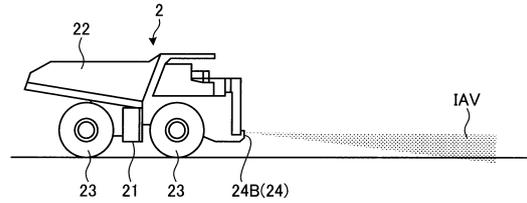
【図5】



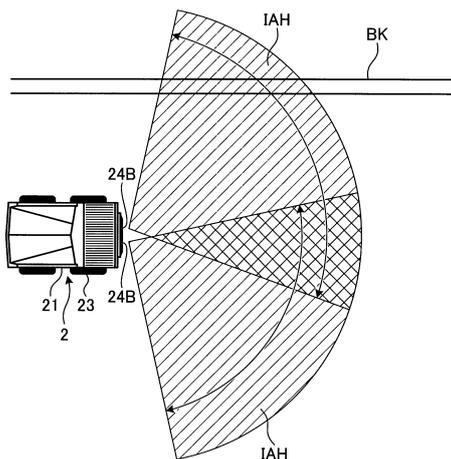
【図6】



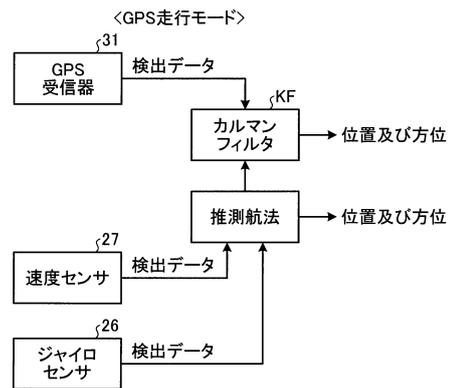
【図8】



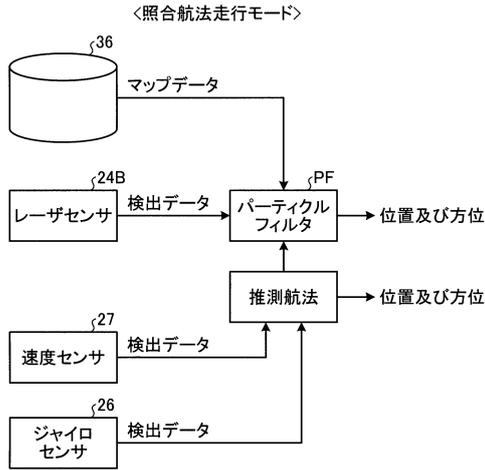
【図7】



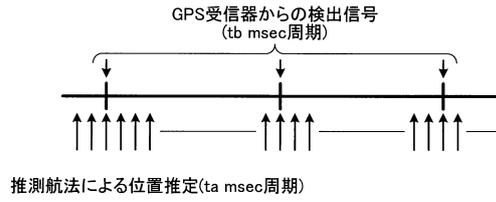
【図9】



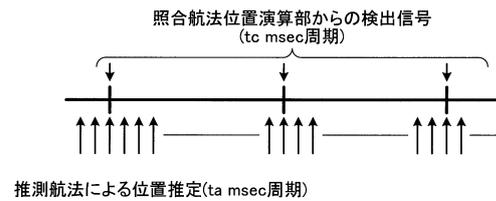
【図10】



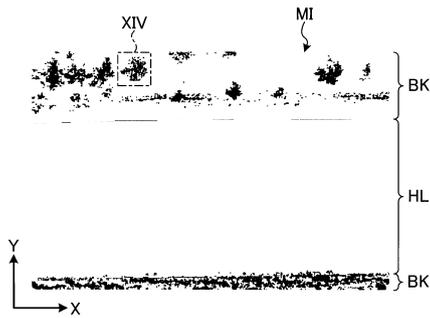
【図11】



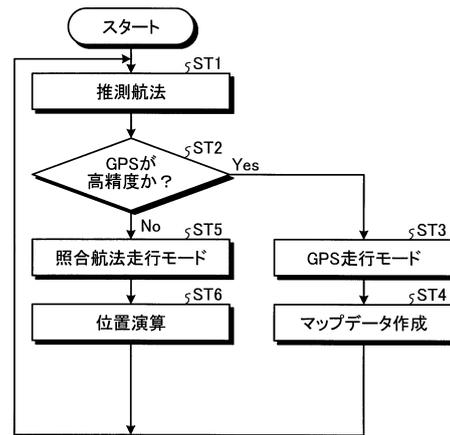
【図12】



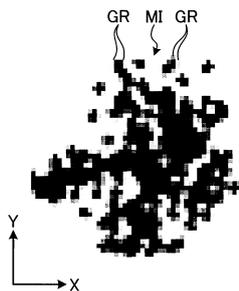
【図13】



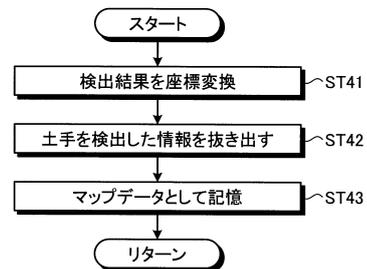
【図15】



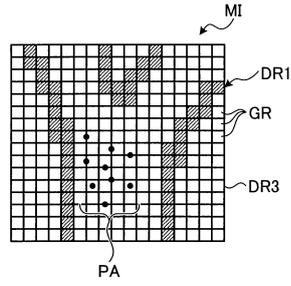
【図14】



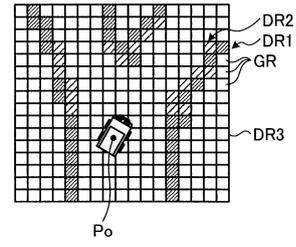
【図16】



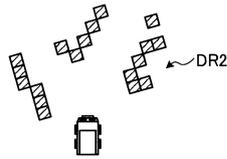
【図17】



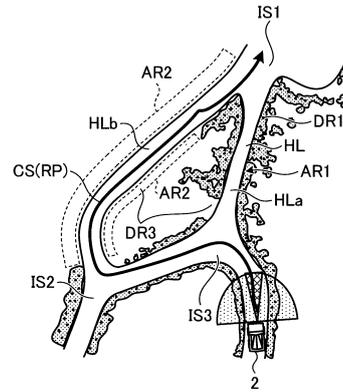
【図19】



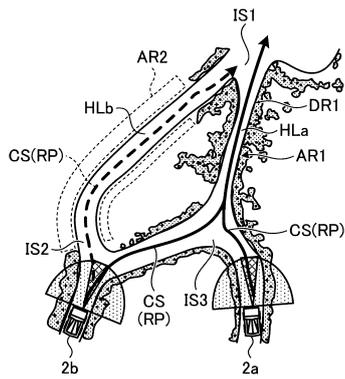
【図18】



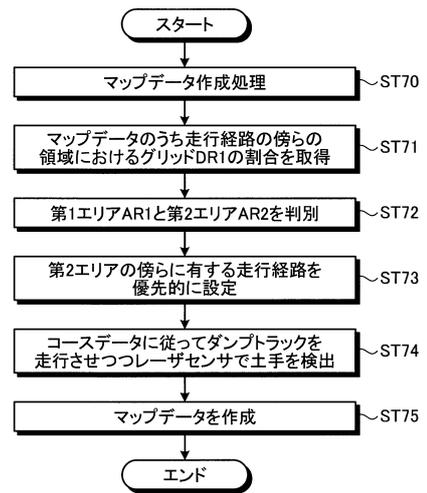
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 尾 崎 友紀

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

審査官 武内 俊之

(56)参考文献 特開2015 - 138418 (JP, A)

特開2007 - 249632 (JP, A)

特開2015 - 114118 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 21/36

G08G 1/16

G09B 29/00

G09B 29/10