

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6672336号
(P6672336)

(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 21/00 (2006.01)	GO 1 C 21/00	
GO 8 G 1/00 (2006.01)	GO 8 G 1/00	X
GO 8 G 1/16 (2006.01)	GO 8 G 1/16	C
GO 1 C 21/28 (2006.01)	GO 1 C 21/28	
GO 5 D 1/02 (2020.01)	GO 5 D 1/02	H
請求項の数 12 (全 36 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2017-557649 (P2017-557649)	(73) 特許権者	000001236
(86) (22) 出願日	平成27年12月25日 (2015.12.25)		株式会社小松製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/086340		東京都港区赤坂二丁目3番6号
(87) 国際公開番号	W02017/109977	(74) 代理人	110002147
(87) 国際公開日	平成29年6月29日 (2017.6.29)		特許業務法人酒井国際特許事務所
審査請求日	平成30年11月1日 (2018.11.1)	(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
		審査官	武内 俊之
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、及び作業機械の管理方法

(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、
 前記作業機械が走行する作業現場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と前記非接触センサの検出データとに基づいて、前記作業現場の管理エリアのマップを示す管理マップデータを作成するマップデータ作成部と、
 前記管理エリアが分割されて設定され、前記物体の情報を示す複数のグリッドによって規定される分割エリアのマップを示す分割マップデータを記憶する第1記憶部と、
 前記第1記憶部とは別の第2記憶部と、
 前記位置検出装置の検出データに基づいて、前記第1記憶部に記憶されている複数の前記分割マップデータから特定マップデータを決定し、前記特定マップデータを前記第2記憶部に読み込ませる更新部と、
 前記第2記憶部に読み込まれた前記特定マップデータと前記非接触センサの検出データとを照合して、前記作業機械の位置を算出する位置演算部と、
 を備える作業機械の制御システム。

【請求項 2】

前記第2記憶部に読み込まれる前記特定マップデータは、第1分割エリアを示す第1分割マップデータ及び前記第1分割エリアに隣接する第2分割エリアを示す第2分割マップデータを含み、

前記更新部は、前記位置検出装置の検出データに基づいて、前記作業機械が前記第1分

10

20

割エリアから前記第 2 分割エリアに移動したと判定したとき、前記特定マップデータを更新する、

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 3】

前記第 1 記憶部に記憶されている前記分割マップデータは、前記第 2 分割エリアに対して前記作業機械の進行方向に隣接して配置されている第 3 分割エリアを示す第 3 分割マップデータを含み、

前記更新部は、前記作業機械が前記第 1 分割エリアから前記第 2 分割エリアに移動したと判定したとき、前記第 1 記憶部に記憶されている前記第 3 分割マップデータを前記第 2 記憶部に読み込ませる、

請求項 2 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 4】

前記更新部は、前記作業機械が前記第 1 分割エリアから前記第 2 分割エリアに移動したと判定したとき、前記第 2 記憶部に記憶されている、前記第 1 分割エリアに対して前記作業機械の進行方向とは逆方向に隣接して配置されている第 4 分割エリアを示す第 4 分割マップデータを前記第 2 記憶部から消去する、

請求項 3 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 5】

前記特定マップデータは、前記作業機械が存在する分割エリアを示す分割マップデータ、及び前記作業機械が存在する分割エリアの周囲に配置される複数の分割エリアのそれぞれを示す分割マップデータを含む、

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制御システム。

【請求項 6】

前記更新部は、前記第 2 記憶部に記憶される前記特定マップデータのデータ量が一定値に維持されるように、前記作業機械の位置の変化に伴って、前記第 1 記憶部に記憶されている前記分割マップデータの少なくとも一部を前記第 2 記憶部に読み込ませる処理、及び前記第 2 記憶部に記憶されている前記分割マップデータの少なくとも一部を消去する処理を実施する、

請求項 5 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 7】

前記管理エリアは、所定面内の第 1 軸方向に第 1 分割数だけ配置され、前記第 1 軸方向と直交する前記所定面内の第 2 軸方向に第 2 分割数だけ配置された複数の分割マップを含み、

前記更新部は、前記作業機械が存在する前記分割エリアの前記所定面内における座標値と、前記第 1 分割数及び前記第 2 分割数の少なくとも一方とに基づいて、前記第 2 記憶部に読み込ませる前記特定マップデータを決定する、

請求項 6 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 8】

第 1 期間において取得された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前記分割マップデータが前記第 1 記憶部に記憶され、

前記第 1 期間の後の第 2 期間において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前記分割マップデータにより、前記第 1 記憶部に記憶されている前記分割マップデータの少なくとも一部が更新される、

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制御システム。

【請求項 9】

前記更新部は、所定の分割エリアについて前記第 1 期間において作成された分割マップデータと、前記所定の分割エリアについて前記第 2 期間において作成された分割マップデータとの論理和を算出し、

前記位置演算部は、論理和と前記非接触センサの検出データとを照合して、前記所定の分割エリアにおける前記作業機械の位置を算出する、

10

20

30

40

50

請求項 8 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 1 0】

請求項 1 から請求項 9 のいずれか一項に記載の作業機械の制御システムを備える作業機械。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の作業機械に前記走行経路を規定するコースデータを出力する管理装置を備える作業機械の管理システム。

【請求項 1 2】

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の検出データと、前記作業機械が走行する作業現場の物体を非接触で検出する非接触センサの検出データとに基づいて、前記作業現場の管理エリアのマップを示す管理マップデータを作成することと、

10

前記管理エリアを分割して前記物体の情報~~を示す複数のグリッドによって規定される複数の分割エリアを設定し、前記分割エリアのマップを示す分割マップデータを第 1 記憶部に記憶させることと、~~

前記作業機械の位置データを取得することと、

前記第 1 記憶部に記憶されている複数の前記分割マップデータから前記作業機械の位置データに基づいて決定された特定マップデータを前記第 1 記憶部とは別の第 2 記憶部に読み込ませることと、

前記第 2 記憶部に読み込まれた前記特定マップデータと前記非接触センサの検出データとを照合して前記作業機械の位置を算出することと、
を含む作業機械の管理方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、及び作業機械の管理方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

車両が一般道路を走行する場合、道路情報を取得してその道路情報を参照しながら走行する場合がある（特許文献 1 参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 2 1 5 4 7 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

鉱山の採掘現場において作業機械が走行する場合、鉱山のマップデータを参照しながら走行することが考えられる。鉱山の採掘現場は広大である。そのため、鉱山のマップデータのデータ量は膨大となる。取得された鉱山のマップデータの全部を作業機械に設けられている記憶部に記憶させる場合、大容量の記憶部が必要となる。鉱山の走行においては、作業機械は作業機械の周辺のマップデータのみを参照すればよい。鉱山のマップデータの全部が記憶部に記憶されると、作業機械の周辺のマップデータのみを抽出しようとする場合、演算処理の負荷が増大する。

40

【0 0 0 5】

本発明の態様は、記憶部に読み込まれるデータ量の膨大化が抑制され、必要なマップデータのみを効率良く抽出できる作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、及び作業機械の管理方法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】

【0 0 0 6】

50

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と前記非接触センサの検出データとに基づいて、前記鉱山の管理エリアのマップを示す管理マップデータを作成するマップデータ作成部と、前記管理エリアが分割されて設定された分割エリアのマップを示す分割マップデータを記憶する第１記憶部と、前記第１記憶部とは別の第２記憶部と、前記位置検出装置の検出データに基づいて、前記第１記憶部に記憶されている複数の前記分割マップデータから特定マップデータを決定し、前記特定マップデータを前記第２記憶部に読み込ませる更新部と、前記第２記憶部に読み込まれた前記特定マップデータと前記非接触センサの検出データとを照合して、前記作業機械の位置を算出する位置演算部と、を備える作業機械の制御システムが提供される。

10

【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制御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、第２の態様の作業機械に前記走行経路を規定するコースデータを出力する管理装置を備え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、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の検出データと、前記作業機械が走行する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の検出データとに基づいて、前記鉱山の管理エリアのマップを示す管理マップデータを作成することと、前記管理エリアを分割して複数の分割エリアを設定し、前記分割エリアのマップを示す分割マップデータを第１記憶部に記憶させることと、前記作業機械の位置データを取得することと、前記第１記憶部に記憶されている複数の前記分割マップデータから前記作業機械の位置データに基づいて決定された特定マップデータを前記第１記憶部とは別の第２記憶部に読み込ませることと、前記第２記憶部に読み込まれた前記特定マップデータと前記非接触センサの検出データとを照合して前記作業機械の位置を算出することと、を含む作業機械の管理方法が提供される。

20

【発明の効果】

【００１０】

本発明の態様によれば、記憶部に読み込まれるデータ量の膨大化が抑制され、必要なマップデータのみを効率良く抽出できる作業機械の制御システム、作業機械、作業機械の管理システム、及び作業機械の管理方法が提供される。

30

【図面の簡単な説明】

【００１１】

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

【図２】図２は、実施形態１に係るダンプトラックの制御ブロック図である。

【図３】図３は、実施形態１に係るダンプトラックのハードウェア構成図である。

【図４】図４は、実施形態１に係る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。

40

【図５】図５は、図４中のＸＩＶ部を拡大して示す図である。

【図６】図６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７】図７は、ステップＳＴ４のフローチャートの一例である。

【図８】図８は、ステップＳＴ６のフローチャートの一例である。

【図９】図９は、実施形態１に係る管理エリアの一例を示す図である。

【図１０】図１０は、実施形態１に係る管理マップデータ、分割マップデータ、及び特定マップデータの一例を示す図である。

【図１１】図１１は、ＳＭＮ走行におけるダンプトラック２の動作の一例を示すフローチャートである。

【図１２】図１２は、ダンプトラックの移動により記憶部に読み込ませる特定マップデー

50

タが変更される状態を示す模式図である。

【図 1 3】図 1 3 は、ダンプトラックの移動により記憶部に読み込ませる特定マップデータが変更される状態を示す模式図である。

【図 1 4】図 1 4 は、ダンプトラックの移動により記憶部に読み込ませる特定マップデータが変更される状態を示す模式図である。

【図 1 5】図 1 5 は、管理エリアを分割する複数の分割エリアを模式的に示す図である。

【図 1 6】図 1 6 は、変更後の分割マップ ID の算出方法を説明するための模式図である。

【図 1 7】図 1 7 は、実施形態 2 に係るマップデータの作成におけるダンプトラックの動作を示すフローチャートである。

【図 1 8】図 1 8 は、実施形態 2 に係るマップ保存用データベースの動作を説明するための模式図である。

【図 1 9】図 1 9 は、実施形態 2 に係る分割マップデータ M I p の論理和を算出する処理を説明するための模式図である。

【図 2 0】図 2 0 は、ダンプトラック 2 の構成を示す模式図である。

【図 2 1】図 2 1 は、管理システムの構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

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。

【 0 0 1 3 】

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 に係る作業機械 4 の管理システム 1 の一例を示す図である。実施形態 1 においては、作業機械 4 が、鉱山で稼働する鉱山機械である例について説明する。以下の説明においては、作業機械 4 を適宜、鉱山機械 4、と称する。なお、作業機械 4 は、鉱山で稼働する作業機械でなくてもよい。

【 0 0 1 4 】

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。

【 0 0 1 5 】

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、ボーリング機械、掘削機械、積込機械、運搬機械、破碎機、及び作業者が運転する車両の少なくとも一つを含む。掘削機械は、鉱山を掘削するための鉱山機械である。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、積荷を運搬するための鉱山機械である。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。

【 0 0 1 6 】

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、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。搬送路 H L は、交差点 I S を含む。ダンプトラック 2 は、鉱山に設定された走行経路 R P を走行する。走行経路 R P の傍らに物体が設けられる。実施形態 1 においては、走行経路 R P の傍らに設けられる物体が土手 B K であることとする。なお、走行経路 R P の傍らに設けられる物体は壁であってもよいし、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。

【 0 0 1 7 】

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 R P は、積込場 L P A、排土場 D P A、及び搬送路 H L の少なくとも一部に設定される。

【 0 0 1 8 】

積込場 L P A 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 D P A 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。実施形態 1 においては、排土場 D P A の少なくとも一部に破砕機 C R が設けられる。

【 0 0 1 9 】

実施形態 1 において、ダンプトラック 2 は、管理装置 1 0 からの指令信号に基づいて走行経路 R P を自律走行する、所謂、無人ダンプトラックである。ダンプトラック 2 の自律走行とは、作業者の操作によらずに管理装置 1 0 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。

10

【 0 0 2 0 】

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 1 0 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 1 0 は、鉱山の管制施設 7 に設置され、実質的に移動しない。なお、管理装置 1 0 が移動可能でもよい。通信システム 9 は、管理装置 1 0 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 1 0 とダンプトラック 2 との間、管理装置 1 0 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）を中継する中継器 6 を複数有する。

20

【 0 0 2 1 】

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、R T K - G N S S (Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite System) を利用して検出される。G N S S 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、G P S (Global Positioning System) が挙げられる。R T K - G N S S は、複数の測位衛星 5 を有する。R T K - G N S S 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。R T K - G N S S 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。R T K - G N S S 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。

30

【 0 0 2 2 】

以下の説明においては、R T K - G N S S によって検出される位置を適宜、G P S 位置、と称する。G P S 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。R T K - G N S S においては、測位衛星 5 の配置、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、測位の状態が変化する。測位の状態は、F i x 解（精度 ± 1 c m から 2 c m 程度）、F l o a t 解（精度 ± 10 c m から数 m 程度）、S i n g l e 解（精度 $\pm$ 数 m 程度）、及び非測位（測位計算不能）を含む。

40

【 0 0 2 3 】

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 の方位及び他の鉱山機械 3 の方位は、北を零度とし、東を 9 0 度とし、南を 1 8 0 度とし、西を 2 7 0 度として管理される。ダンプトラック 2 の方位及び他の鉱山機械 3 の方位は、走行するダンプトラック 2 及び他の鉱山機械 3 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

50

ブトラック 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、GPS 基地局 19 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、及び GPS 基地局 19 は、入出力部 15 を介して、コンピュータ 11 と接続される。

【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、通信システム 9 を介して取得した、10
ダンプトラック 2 の位置データ及び他の鉱山機械 3 の位置データを処理する。

【0027】

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、コースデータによって規定される。コースデータとは、絶対位置がそれぞれ規定された複数のポイントの集合体である。処理装置 12 は、ダンプトラック 2 のコースデータ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 と接続される。記憶装置 13 は、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。20
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。記憶装置 13 は、処理装置 12 に各種の処理を実行させるためのコンピュータプログラムを記憶する。

【0029】

表示装置 16 は、液晶ディスプレイのようなフラットパネルディスプレイを含む。表示装置 16 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む。入力装置 17 は、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、管制施設 7 に配置される。無線通信装置 18 は、通信システム 9 30
の一部である。無線通信装置 18 は、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、アンテナ 18A を有する。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】

GPS 基地局 19 は、管制施設 7 に配置される。GPS 基地局 19 は、複数の測位衛星 5 からのデータを受信するアンテナ 19A と、アンテナ 19A に接続された送受信装置 19B とを備える。送受信装置 19B は、アンテナ 19A を介して測位衛星 5 からのデータ 40
を受信する受信機と、アンテナ 19C を介してダンプトラック 2 にデータを送信する送信機と、CPU (Central Processing Unit) のようなマイクロプロセッサを有する演算処理装置と、ROM (Read Only Memory) 又は RAM (Random Access Memory) のようなメモリを有する記憶装置とを備える。送受信装置 19B は、アンテナ 19A を介して受信したデータに基づいて GPS 基地局 19 の GPS 位置を算出し、ダンプトラック 2 の GPS 位置を補正するための補正観測データを生成する。送受信装置 19B は、アンテナ 19C を介して、ダンプトラック 2 及び他の鉱山機械 3 に補正観測データを送信する。

【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 50

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】

10

<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（Central Processing Unit）を含みかつ作業内容に関する各種の処理を実行する処理装置と、ＧＰＳ位置を検出するＧＰＳ受信器と、管制施設７の無線通信装置１８と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ＧＰＳ位置を無線通信装置が管制施設７の無線通信装置１８に送信する。

【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２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３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。

20

【００３５】

図３に示すように、ダンプトラック２は、車両本体２１と、ベッセル２２と、車輪２３と、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内燃機関２Ｅ、内燃機関２Ｅにより作動する発電機２Ｇ、及び発電機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、内燃機関２Ｅの動力が、トルクコンバータを含むトランスミッションを介して後輪２３Ｒに伝達されてもよい。また、車両本体２１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。

30

【００３６】

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に存在する物体（障害物）、及び走行経路ＲＰの傍らに存在する物体（土手ＢＫ）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。

【００３７】

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２４Ａ及びレーザセンサ２４Ｂを含む。レーザセンサ２４Ｂの分解能は、レーダ２４Ａの分解能よりも高い。

40

【００３８】

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３７Ａに接続される。レーザセンサ２４Ｂは、制御システム３０の位置計測コントローラ３３に接続される。

【００３９】

<作業機械の制御システム>

次に、作業機械の制御システム３０を説明する。図４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ＭＩの一部を示す図で

50

ある。図 5 は、図 4 中の X I V 部を拡大して示す図である。

【 0 0 4 0 】

制御システム 3 0 は、ダンブトラック 2 に設置される。制御システム 3 0 は、走行経路 R P に従ってダンブトラック 2 を自律走行させる。図 3 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、G P S 受信器 3 1 と、走行経路作成装置 3 2 と、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 信号線 3 5 と、第 2 信号線 3 7 と、安全コントローラ 4 0 と、を備える。

【 0 0 4 1 】

図 3 に示すように、走行コントローラ 2 0、走行経路作成装置 3 2、位置計測コントローラ 3 3、マップ保存用データベース 3 6、及び安全コントローラ 4 0 は、第 1 通信線 3 5 に接続される。走行コントローラ 2 0、走行経路作成装置 3 2、位置計測コントローラ 3 3、マップ保存用データベース 3 6、及び安全コントローラ 4 0 は、第 1 通信線 3 5 を介して、データ通信する。走行コントローラ 2 0 及び安全コントローラ 4 0 は、第 2 通信線 3 7 A にも接続される。走行コントローラ 2 0 及び安全コントローラ 4 0 は、第 2 通信線 3 7 A を介して、データ通信する。実施形態 1 において、第 1 通信線 3 5 及び第 2 通信線 3 7 A を用いた通信の規格は、I S O 1 1 8 9 8 及び I S O 1 1 5 1 9 として標準化された C A N (Controller Area Network) である。

【 0 0 4 2 】

ジャイロセンサ 2 6 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 2 6 は、走行コントローラ 2 0 と接続される。ジャイロセンサ 2 6 は、検出データを走行コントローラ 2 0 に出力する。走行コントローラ 2 0 は、ジャイロセンサ 2 6 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。

【 0 0 4 3 】

速度センサ 2 7 は、ダンブトラック 2 の走行速度を検出する。速度センサ 2 7 は、車輪 2 3 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 2 7 は、走行コントローラ 2 0 と接続される。速度センサ 2 7 は、検出データを走行コントローラ 2 0 に出力する。走行コントローラ 2 0 は、速度センサ 2 7 の検出データと、走行コントローラ 2 0 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。

【 0 0 4 4 】

G P S 受信器 3 1 は、ダンブトラック 2 に設けられる。G P S 受信器 3 1 は、ダンブトラック 2 の絶対位置 (G P S 位置) を検出する位置検出装置である。G P S 受信器 3 1 に、測位衛星 5 からのデータを受信するアンテナ 3 1 A と、G P S 基地局 1 9 からの補正観測データを受信するアンテナ 3 1 B とが接続される。アンテナ 3 1 A は、測位衛星 5 から受信したデータに基づく信号を G P S 受信器 3 1 に出力する。アンテナ 3 1 B は、受信した補正観測データに基づく信号を G P S 受信器 3 1 に出力する。G P S 受信器 3 1 は、測位衛星 5 からのデータと G P S 基地局 1 9 からの補正観測データとを用いて、アンテナ 3 1 A の位置 (G P S 位置) を検出する。G P S 受信器 3 1 は、測位衛星 5 からのデータと G P S 基地局 1 9 からの補正観測データとを比較して、任意の測位衛星 5 までの距離を求め、測位衛星 5 からの電波の位相を調べて、アンテナ 3 1 A の位置を検出する。

【 0 0 4 5 】

G P S 受信器 3 1 は、アンテナ 3 1 A の位置を検出することによって、ダンブトラック 2 の位置 (G P S 位置) を検出する。G P S 受信器 3 1 は、アンテナ 3 1 A の位置を検出する過程において、アンテナ 3 1 A がデータを受信した測位衛星 5 の数などに基づいて、検出した G P S 位置の精度を示す F i x 解、F l o a t 解、又は S i n g l e 解のいずれであるかを検出する。

【 0 0 4 6 】

実施形態 1 において、F i x 解の G P S 位置の精度は、ダンブトラック 2 が自律走行を行うことができる精度である。F l o a t 解の G P S 位置の精度及び S i n g l e 解の G

10

20

30

40

50

P S 位置の精度は、ダンプトラック 2 が自律走行を行うことができない精度である。G P S 受信器 3 1 は、検出した G P S 位置の精度を示す F i x 解、F l o a t 解、又は S i n g l e 解を検出した場合、G P S 位置の精度を示すとともに、G P S 位置が測位計算されたことを示す測位信号を出力する。G P S 受信器 3 1 は、G P S 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、走行経路作成装置 3 2 を介して、走行コントローラ 2 0 及び位置計測コントローラ 3 3 に出力される。

【 0 0 4 7 】

図 2 に示すように、走行経路作成装置 3 2 は、管理装置 1 0 の処理装置 1 2 で生成されたコースデータを記憶する経路位置記憶部 3 2 A を備える。走行経路作成装置 3 2 は、アンテナ 3 4 A が接続された無線通信装置 3 4 と接続される。無線通信装置 3 4 は、管理装置 1 0 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。

【 0 0 4 8 】

無線通信装置 3 4 は、管制施設 7 の無線通信装置 1 8 から送信されたコースデータ及び自車両以外の鉱山機械 4 の位置データを受信して、走行経路作成装置 3 2 及び位置計測コントローラ 3 3 に出力する。コースデータ及び自車両以外の鉱山機械 4 の位置データは、X Y 座標系で規定される。走行経路作成装置 3 2 は、無線通信装置 3 4 からコースデータ及び自車両以外の鉱山機械 4 の位置データを受信し、経路位置記憶部 3 2 A に記憶する。また、走行経路作成装置 3 2 は、走行コントローラ 2 0 又は位置計測コントローラ 3 3 の照会航法演算部 3 3 B で検出された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、走行経路作成装置 3 2 は、第 1 通信線 3 5 と接続される。

【 0 0 4 9 】

走行経路作成装置 3 2、走行コントローラ 2 0、及び位置計測コントローラ 3 3 はそれぞれ、コンピュータを含む。これらコンピュータは、読み込んだコンピュータプログラムに従って作動する。

【 0 0 5 0 】

走行コントローラ 2 0 は、G P S 受信器 3 1 で検出されたダンプトラック 2 の G P S 位置を示す位置データ及び位置計測コントローラ 3 3 の照会航法演算部 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する。走行コントローラ 2 0 は、G P S 受信器 3 1 で検出されたダンプトラック 2 の G P S 位置を示す位置データ、及び位置計測コントローラ 3 3 の照会航法演算部 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 R P に従ってダンプトラック 2 を自律走行させる。

【 0 0 5 1 】

走行コントローラ 2 0 は、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 2 】

走行コントローラ 2 0 は、G P S 受信器 3 1 の検出データであるダンプトラック 2 の位置データ、速度センサ 2 7 の検出データであるダンプトラック 2 の走行速度データ、及びジャイロセンサ 2 6 の検出データであるダンプトラック 2 の方位データに基づいて、ダンプトラック 2 の位置及び方位を算出する。走行コントローラ 2 0 は、G P S 受信器 3 1 から G P S 位置が入力した時点の G P S 位置及びジャイロセンサ 2 6 の検出結果である方位に基づいて、タイマーからの時間データにより速度センサ 2 7 の検出結果である走行速度を積分して、位置及び方位を検出する。走行コントローラ 2 0 は、位置及び方位の検出前

、検出中、検出後のいずれかにおいてGPS位置をXY座標系の位置に変換する。

【0053】

走行コントローラ20は、ダンブトラック2の位置が走行経路RPと重なる、すなわち、ダンブトラック2が走行経路RPに従って走行するように、ダンブトラック2のアクセル、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。このような制御により、走行コントローラ20は、ダンブトラック2を走行経路RPに沿って走行させる。走行コントローラ20の機能は、CPUがROMに記憶された制御プログラムを読み込んでRAMの作業領域で実行することにより実現される。また、複数の処理回路が連携して、走行コントローラ20の機能を実現してもよい。

【0054】

図2に示すように、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、更新部33Eと、位置データ取得部33Fとを備える。

【0055】

位置計測コントローラ33は、第1通信線35と接続される。位置計測コントローラ33は、第1通信線35及び走行コントローラ20を介して、ジャイロセンサ26の検出データ及び速度センサ27の検出データを取得する。また、位置計測コントローラ33は、無線通信装置34、走行経路作成装置32、及び第1通信線35を介して、GPS受信器31と接続される。位置計測コントローラ33は、GPS受信器31の検出データを取得する。

【0056】

位置計測コントローラ33は、ダンブトラック2が走行経路RPを走行する際に、GPS受信器31で検出されるダンブトラック2の位置データと、レーザセンサ24Bで検出される走行経路RPの外側の土手BKの位置データとに基づいて、土手BKの位置データを含む走行経路RPのマップデータMIを作成し、マップ保存用データベース36に記憶する。

【0057】

判定部33Aは、GPS受信器31が検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定する。判定部33Aは、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りかつGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定する。GPS位置の解がFloat解である場合、Single解である場合、又はGPS位置が非測位である場合、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りかつGPS位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定する。なお、所定の誤差は、ダンブトラック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位置の誤差（精度）である。実施形態1において、GPS受信器31がGPS位置及び解の検出を行うが、解の検出を他の機器（例えば、判定部33A）が行ってもよい。

【0058】

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位置の誤差が所定の誤差以下であると判定部33Aが判定すると、ジャイロセンサ26の検出結果、速度センサ27の検出結果、及びレーザセンサ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の位置を検出し、土手BKの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に記憶する。マップデータ作成部33Cは、判定部33Aが検出したダンブトラック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以外の検出結果を削除して、土手BKの位置を検出する。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。図4及び図5に示すように、マップデータMIは、平面視において、鉱山を所定サイズの四角形（矩形又は正方形）で区切ったグリッドGRのXY座標系における位置と、各グ

10

20

30

40

50

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MI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4及び図5に示すように、実施形態1においては、マップデータMI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。

【0059】

マップ保存用データベース36は、土手BKの位置データを走行経路RPのマップデータMI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（Read Only Memory）、フラッシュメモリ、及びハードディスクドライブの少なくとも一つにより構成される外部記憶装置（補助記憶装置）である。マップ保存用データベース36は、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定部33Aが判定すると、レーザセンサ24Bの検出結果から走行経路RPを囲む土手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として記憶する。マップ保存用データベース36は、マップデータ作成部33Cが検出した検出結果を、マップデータ作成部33Cが検出する度にマップデータMI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MIは、マップデータ作成部33Cが検出する度に上書きされるが、これに限定されない。

【0060】

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。記憶部33Dは、RAM（Random Access Memory）によって構成される。

【0061】

更新部33E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MIの少なくとも一部を記憶部33Dに読み込ませる。

【0062】

照合航法演算部33Bは、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定部33Aが判定すると、ジャイロセンサ26の検出結果、速度センサ27の検出結果、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、その記憶部33Dに記憶されたマップデータMI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。

【0063】

位置データ取得部33Fは、ダンプトラック2の絶対位置を示す位置データを取得する。ダンプトラック2の絶対位置を示す位置データは、GPS受信器31によって検出される。また、ダンプトラック2の絶対位置を示す位置データは、照合航法演算部33Bによって算出される。位置データ取得部33Fは、GPS受信器31及び照合航法演算部33Bの少なくとも一方から、ダンプトラック2の絶対位置を示す位置データを取得する。

【0064】

また、位置計測コントローラ33は、走行経路作成装置32が無線送信装置34からコースデータを受信すると、GPS受信器31又は照合航法演算部33Bが検出した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。

【0065】

また、図2に示すように、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、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、経路位置記憶部32Aから自車両以外の鉱山機械4の位置データを取得する。観測点利用可能判断部39は、観測点座標変換部3

10

20

30

40

50

8により座標が変換された検出結果から各種のノイズ、地表から所定高さ以下の検出結果、及び自車両以外の鉱山機械4を検出したと予想される検出結果を除去する。観測点利用可能判断部39は、ノイズを除去したレーザセンサ24Bの検出結果を、グリッドGRの検出結果に合成する。観測点利用可能判断部39は、合成した検出結果をマップデータ作成部33Cと、照合航法演算部33Bとの双方に出力する。

【0066】

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（障害物）との相対位置を求め、走行コントローラ20に出力する。走行コントローラ20は、物体との相対位置を用いて、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。

10

【0067】

また、走行コントローラ20は、判定部33AがGPS位置の解がFloat解である場合、Single解である場合、又はGPS位置が非測位であることが所定時間経過し、照合航法演算部33Bがマップ保存用データベース36に記憶されたマップデータMIとの推定精度及び信頼度が所定値及び所定の信頼度よりも低いレーザセンサ24Bの検出結果しか得られない場合に、走行コントローラ20に車両本体21を停車させる制動装置23Bを制御するための指令を出力する。

【0068】

<ダンブトラック2の走行モード>

20

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6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7は、図6のステップST4のフローチャートの一例である。図8は、図6のステップST6のフローチャートの一例である。

【0069】

走行経路RPに従ってダンブトラック2を走行させる場合、処理装置12は、無線通信装置18を介して、ダンブトラック2の走行経路作成装置32及び位置計測コントローラ33に指令信号を送信する。指令信号は、ダンブトラック2の走行条件を示す走行条件データ及び自車両以外の鉱山機械4の位置データを含む。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。走行経路作成装置32は、通信システム9を介して送信された処理装置12からの指令信号のうちコースデータ及び自車両以外の鉱山機械4の位置データを経路位置記憶部32Aに記憶する。位置計測コントローラ33は、走行経路作成装置32が処理装置12からの指令信号を受信すると、無線通信装置34を介して、自車両であるダンブトラック2の位置データ及び方位データを処理装置12に送信する。走行コントローラ20は、処理装置12からの指令信号に基づいて、ダンブトラック2のアクセル、制動装置23B、及び操舵装置2Sを制御して、ダンブトラック2の走行を制御する。

30

【0070】

実施形態1においては、管理装置10は、専ら3つの走行モードで、走行経路RPに従ってダンブトラック2を走行させる。第1の走行モードは、推測航法に基づいてダンブトラック2を走行させる推測航法走行モードである。第2の走行モードは、GPS受信器31の検出データに基づいてダンブトラック2を走行させるGPS走行モードである。第3の走行モードは、マップデータMIと非接触センサ24の検出データとに基づいてダンブトラック2の絶対位置を示す位置データを算出し、算出されたダンブトラック2の位置データに基づいてダンブトラック2を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、ダンブトラック2の位置データは、照合航法演算部33Bにおいて算出される。照合航法走行モードでダンブトラック2を走行させる場合、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36に記憶される。

40

【0071】

50

推測航法とは、既知の位置からの方位（方位変化量）と移動距離とに基づいて、対象物（ダンプトラック 2）の現在位置を推測する航法をいう。ダンプトラック 2 の方位（方位変化量）は、ダンプトラック 2 に配置されたジャイロセンサ 2 6 を用いて検出される。ダンプトラック 2 の移動距離は、ダンプトラック 2 に配置された速度センサ 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、ダンプトラック 2 の走行コントローラ 2 0 に出力される。

【 0 0 7 2 】

走行コントローラ 2 0 は、ジャイロセンサ 2 6 からの検出信号に基づいて、既知の起点からのダンプトラック 2 の方位（方位変化量）を求めることができる。走行コントローラ 2 0 は、速度センサ 2 7 からの検出信号に基づいて、既知の起点からのダンプトラック 2 の移動距離を求めることができる。走行コントローラ 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、ダンプトラック 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 2 0 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。

【 0 0 7 3 】

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 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 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。実施形態 1 において、走行コントローラ 2 0 は、推測航法により導出（推測）されたダンプトラック 2 の位置（推測位置）を、GPS 受信器 3 1 により検出された GPS 位置データ又は照合航法演算部 3 3 B が算出した位置データを使って補正しつつ、ダンプトラック 2 を走行させる。

【 0 0 7 4 】

すなわち、実施形態 1 においては、推測航法走行モードと、GPS 走行モード及び照合航法走行モードの少なくとも一方とが組み合わされて、ダンプトラック 2 が走行される。なお、ダンプトラック 2 は、推測航法走行モードのみで走行してもよいし、GPS 走行モードのみで走行してもよいし、照合航法走行モードのみで走行してもよい。

【 0 0 7 5 】

走行コントローラ 2 0 は、ジャイロセンサ 2 6 からの検出信号と、速度センサ 2 7 からの検出信号と、GPS 受信器 3 1 からの GPS 位置又は照合航法演算部 3 3 B が検出した位置とに基づいて、ダンプトラック 2 がコースデータによって規定された走行経路 R P に従って走行するように、ダンプトラック 2 の位置を補正する補正量を含む、ダンプトラック 2 の走行に関する制御量を算出する。走行コントローラ 2 0 は、ダンプトラック 2 が走行経路 R P に従って走行するように、算出した補正量及び制御量に基づいて、ダンプトラック 2 の走行（操作）を制御する。

【 0 0 7 6 】

制御システム 3 0 の走行コントローラ 2 0 は、GPS 受信器 3 1 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置に基づいて、走行経路 R P に設定されたコースデータに従ってダンプトラック 2 を推測航法により走行させるステップ S T 1 を実行する。実施形態 1 において、走行コントローラ 2 0 は、管理装置 1 0 の処理装置 1 2 により生成されたコースデータ、及び処理装置 1 2 で設定された走行速度（目標走行速度）を含む走行条件データに従って、積込場 L P A、排土場 D P A、及び搬送路 H L の少なくとも一部においてダンプトラック 2 を走行させる。

【 0 0 7 7 】

次に、位置計測コントローラ 3 3 の判定部 3 3 A は、GPS 受信器 3 1 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置の誤差が所定の誤差以下であるか否かを判定するステップ S T 2 を実行する。すなわち、ステップ S T 2 において、位置計測コントローラ 3 3 の判定部

10

20

30

40

50

33Aは、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の精度が高精度であるか否かを判定する。具体的には、位置計測コントローラ33の判定部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。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が検出したダンプトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定する(ステップST2:Yes)と、ダンプトラック2の状態がマップデータMIの精度を低下させる状態であるか否か、すなわち、検出した土手BKの位置に関するデータがマップ保存用データベース36に記憶されたマップデータMIの精度を低下させるか否かを判定する(ステップST3)。具体的には、実施形態1において、位置計測コントローラ33の判定部33Aは、速度センサ27の検出信号に基づいてダンプトラック2の走行速度が零であるか否か、すなわち、ダンプトラック2の状態がマップデータMIの精度を低下させる状態であるダンプトラック2が停車しているか否かを判定する。走行速度が零であるダンプトラック2の停車中の場合、自車両以外の鉱山機械4の稼働などにより発生する埃などにより、地図情報MIにノイズが混入して、地図情報MIの精度が低下するかもしれないためである。

10

【0078】

位置計測コントローラ33の判定部33Aが、ダンプトラック2が停車していないと判定、すなわち、ダンプトラック2の状態がマップデータMIの精度を低下させる状態ではないと判定した場合(ステップST3:No)、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る。マップデータ作成部33Cは、マップデータMIを作成する(ステップST4)。すなわち、位置計測コントローラ33は、GPS受信器31が検出したGPS位置の誤差が所定の誤差以下であると判定すると、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置に基づいて経路位置記憶部32A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ST4を実行する。具体的には、まず、観測点座標変換部38は、レーザセンサ24Bから方向及び距離で規定された座標で示されたレーザセンサ24Bの検出結果の位置を、X-Y座標で示された座標の位置に変換する(ステップST41)。

20

【0079】

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ST42)。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、まず、観測点座標変換部38により座標が変換された検出結果の各種のノイズを除去する。

30

【0080】

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、XY座標系で位置が示されかつ所定サイズのグリッドGRで構成される検出結果に合成する。観測点利用可能判断部39は、合成した検出結果をマップデータ作成部33Cと、照合航法演算部33Bとの双方に出力する。位置計測コントローラ33のマップデータ作成部33Cは、観測点利用可能判断部39が合成した検出結果である土手BKの位置を走行経路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ST43)。また、制御システム30は、ステップST1からステップST4を実行することで、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の誤差が所定の誤差以下であり、かつ、速度センサ27が、ダンプトラック2が停車していないことを検出している間、すなわち、ダンプトラック2の状態がマップデータMIの精度を低下させる状態ではないと判定している間において、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MIとして記憶することを継続する。

40

【0081】

位置計測コントローラ33の判定部33Aが、ダンプトラック2が停車していると判定

50

、すなわち、ダンブトラック 2 の状態がマップデータ M I の精度を低下させる状態であると判定する（ステップ S T 3：Y e s）と、マップデータ M I の記憶を休止して（ステップ S T 1 0）、ステップ S T 1 に戻る。このように、位置計測コントローラ 3 3 の R O M（外部記憶装置）3 3 3 は、コンピュータである位置計測コントローラ 3 3 にステップ S T 3 とステップ S T 4 とステップ S T 1 0 とを実行させるプログラムを記憶している。制御システム 3 0 は、判定部 3 3 A がダンブトラック 2 の状態がマップデータ M I の精度を低下させる状態であると判定すると（ステップ S T 3：Y e s）と、マップデータ M I の記憶を休止して（ステップ S T 1 0）、ステップ S T 1 に戻ることにより、マップ保存用データベース 3 6 は、速度センサ 2 7 が、ダンブトラック 2 が停車したことを検出している間、すなわち、ダンブトラック 2 の状態がマップデータ M I の精度を低下させる状態であると判定している間において、走行経路 R P のマップデータ M I の記憶を休止する。

10

【 0 0 8 2 】

また、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 が検出したダンブトラック 2 の G P S 位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定する（ステップ S T 2：N o）と、ダンブトラック 2 の状態が位置計測精度を低下させる状態であるか否か、すなわち、グリットマップ作成部 3 3 C が検出した土手 B K の位置に関するデータがマップ保存用データベース 3 6 に記憶された位置計測精度を低下させるか否かを判定する（ステップ S T 5）。具体的には、実施形態 1 において、位置計測コントローラ 3 3 の判定部 3 3 A は、速度センサ 2 7 の検出信号に基づいてダンブトラック 2 の走行速度が零であるか否か、すなわち、ダンブトラック 2 の状態が位置計測精度を低下させる状態であるダンブトラック 2 が停車しているか否かを判定する。走行速度が零であるダンブトラック 2 の停車中の場合、自車両以外の鉱山機械 4 の稼働などにより発生する埃などによりレーザセンサ 2 4 B の検出結果にノイズが混入してしまい、照合航法演算部 3 3 B の位置計測の精度が低下するかもしれないためである。また、走行速度が零であるダンブトラック 2 の停車中の場合、ダンブトラック 2 の位置が変化しないからである。

20

【 0 0 8 3 】

位置計測コントローラ 3 3 の判定部 3 3 A が、ダンブトラック 2 が停車していないと判定、すなわち、ダンブトラック 2 の状態が位置計測精度を低下させる状態ではないと判定した場合（ステップ S T 5：N o）、照合航法演算部 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 を照合航法走行させる（ステップ S T 6）。すなわち、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 G P S 位置の誤差が所定の誤差を超えていると判定すると、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、ダンブトラック 2 の位置及び方位を検出する。

30

【 0 0 8 4 】

具体的には、観測点座標変換部 3 8 は、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 座標の位置に変換する（ステップ S T 6 1）。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 6 2）。なお、ステップ S T 6 1 は、ステップ S T 4 1 と同じ処理であり、ステップ S T 6 2 は、ステップ S T 4 2 と同じ処理であるので、詳細な説明を省略する。

40

【 0 0 8 5 】

照合航法演算部 3 3 B は、観測点利用可能判断部 3 9 によりノイズが除去された検出結果をアイソレーションフィルタ（Isolation Filter）に通して、検出結果を間引きする（ステップ S T 6 3）。具体的には、照合航法演算部 3 3 B は、観測点利用可能判断部 3 9 によりノイズが除去された検出結果のうち所定距離離れた検出結果のみ残し、他の検出結果を除去する。ステップ S T 6 3 の処理により、レーザセンサ 2 4 B の検出結果を 5 ~

50

6 分の 1 程度に削減することができる。

【 0 0 8 6 】

照合航法演算部 3 3 B は、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 に記憶され記憶部 3 3 D に読み込まれたマップデータ M I をパーティクルフィルタ P F により統合して、ダンブトラック 2 の位置及び方位を算出する（ステップ S T 6 4）。算出した複数の位置及び方位は、ステップ S T 6 を次に実行される際に、ステップ S T 6 4 1 において算出される複数の位置及び方位として用いられる。

【 0 0 8 7 】

また、照合航法演算部 3 3 B は、算出したダンブトラック 2 の位置及び方位が、レーザセンサ 2 4 B が故障中に検出された検出結果から検出されたもの、ジャイロセンサ 2 6 が故障中に検出された検出結果から検出されたもの、所定数よりも少ないレーザセンサ 2 4 B の検出結果から検出されたもの、信頼度が所定の信頼度よりも低い、尤度が所定値よりも低い、推定精度が所定値よりも低い、推測航法による位置及び方位とのズレが所定値よりも大きい、及び、問題があるマップデータ M I を用いて検出されたものの全てに該当しないと、検出した位置及び方位を用いて推測航法（ステップ S T 1）を実行し、位置計測コントローラ 3 3 がダンブトラック 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 1 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 位置の誤差が所定の誤差を超え、かつ、速度センサ 2 7 が、ダンブトラック 2 が停車していないことを検出している間、すなわち、ダンブトラック 2 の状態が位置計測精度を低下させる状態ではないと判定している間において、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 の位置及び方位を検出することを継続し、走行コントローラ 2 0 は、位置計測コントローラ 3 3 が検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 を走行させる。

【 0 0 8 8 】

位置計測コントローラ 3 3 の判定部 3 3 A がダンブトラック 2 が停車していると判定、すなわち、ダンブトラック 2 の状態が位置計測精度を低下させる状態であると判定する（ステップ S T 5：Y e s）と、ステップ S T 1 に戻る。判定部 3 3 A がダンブトラック 2 の状態が位置計測精度を低下させる状態であると判定すると（ステップ S T 5：Y e s）と、ステップ S T 1 に戻ることにより、位置計測コントローラ 3 3 は、速度センサ 2 7 が、ダンブトラック 2 が停車したことを検出している間、すなわち、ダンブトラック 2 の状態が位置計測精度を低下させる状態であると判定している間において、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 の位置及び方位を検出することを休止する。

【 0 0 8 9 】

< 照合航法走行におけるダンブトラックの動作 >

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 の位置が、G P S 受信器 3 1 により検出された G P S 位置又は照合航法演算部 3 3 B により算出された絶対位置により補正される。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、照合航法演算部 3 3 B により算出された絶対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、照合航法走行、と称する。

【 0 0 9 0 】

ダンブトラック 2 は、ダンブトラック 2 の G P S 位置を検出する位置検出装置である G P S 受信器 3 1 と、ダンブトラック 2 が走行する走行経路 R P 及び走行経路 R P の傍らの物体である土手 B K を非接触で検出する非接触センサであるレーザセンサ 2 4 B とを備え

ている。マップデータ作成部 33C は、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、土手 BK を含む鉱山の走行経路 RP のマップデータ MI を作成する。マップデータ作成部 33C で作成されたマップデータ MI は、マップ保存用データベース 36 に記憶される。マップデータ作成処理は、GPS 受信器 31 が検出したダンブトラック 2 の GPS 位置の誤差が所定の誤差以下であるときに実施される。

【0091】

照合航法走行が実施される場合、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 MI が、マップ保存用データベース 36 よりも動作速度が速い記憶部 33D に読み込まれる。照合航法演算部 33B は、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 と、レーザセンサ 24B の検出データとを照合して、ダンブトラック 2 の位置を算出する。走行制御部として機能する走行コントローラ 20 は、照合航法演算部 33B で算出されたダンブトラック 2 の位置と、処理装置 12 及び走行経路作成装置 32 によって設定された走行経路 RP (コースデータ) とに基づいて、ダンブトラック 2 を走行させる。

【0092】

照合航法走行において、マップ保存用データベース 36 に蓄積されたマップデータ MI の全てを記憶部 33D に読み込ませようとする、記憶部 (RAM) 33D を大容量化する必要がある。ダンブトラック 2 の照合航法走行においては、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 MI のうち、走行するダンブトラック 2 の周辺のマップデータ MI のみが、レーザセンサ 24B によって現実に検出された検出データ DR2 と照合されればよい。マップ保存用データベース 36 に記憶されている全部のマップデータ MI が記憶部 33D に読み込まれると、走行するダンブトラック 2 の周辺のマップデータ MI のみを抽出しようとする場合、演算処理 (抽出処理) の負荷が増大する。

【0093】

実施形態 1 においては、マップデータ作成部 33C によって作成された鉱山の所定エリア (管理エリア) のマップを示す管理マップデータ MI_m が、複数の分割マップデータ MI_p に分割される。所定エリア (管理エリア) とは、ダンブトラック 2 が稼働するエリアである。分割マップデータ MI_p は、鉱山の管理エリアが分割されることによって設定された複数の分割エリアそれぞれのマップを示す。第 1 記憶部であるマップ保存用データベース 36 には、複数の分割マップデータ MI_p が記憶される。照合航法走行において、更新部 33E は、位置データ取得部 33F により取得されたダンブトラック 2 の絶対位置を示す位置データに基づいて、マップ保存用データベース 36 に記憶されている複数の分割マップデータ MI_p から特定マップデータ MI_f を決定し、決定した特定マップデータ MI_f を第 2 記憶部である記憶部 33D に読み込ませる。照合航法演算部 33B は、記憶部 33D に読み込まれた特定マップデータ MI_f と、レーザセンサ 24B の検出データとを照合して、ダンブトラック 2 の絶対位置を算出する。走行コントローラ 20 は、照合航法演算部 33B で算出されたダンブトラック 2 の絶対位置に基づいて、ダンブトラック 2 が設定されたコースデータに従って走行するように、ダンブトラック 2 の走行を制御する。

【0094】

図 9 は、管理エリアの一例を示す図である。管理エリアは、鉱山の所定エリアである。図 9 に示すように、管理エリアには、複数の搬送路 HL 及び複数の交差点 IS を含む走行経路 RP が設定される。管理エリアの外形は、実質的に四角形である。

【0095】

図 10 は、管理マップデータ MI_m、分割マップデータ MI_p、及び特定マップデータ MI_f の一例を示す図である。図 10 に示すように、管理エリアを示す管理マップデータ MI_m が複数の分割マップデータ MI_p に分割される。分割エリアの外形は、実質的に正方形である。

【0096】

特定マップデータ MI_f は、位置データ取得部 33F によって取得されたダンブトラック 2 の絶対位置を示す位置データに基づいて決定される。ダンブトラック 2 の絶対位置は

10

20

30

40

50

、GPS検出器31によって検出される。また、ダンブトラック2の絶対位置は、照合航法演算部33Bによって算出される。位置データ取得部33Fは、GPS検出器31及び照合航法演算部33Bの少なくとも一方から、ダンブトラック2の位置データを取得する。

【0097】

特定マップデータMIfで示される特定マップは、ダンブトラック2の現在位置（絶対位置）が含まれるように決定される。図10に示す例において、特定マップデータMIfは、9つの分割マップデータMipの集合体である。特定マップデータMIfは、ダンブトラック2が存在する分割エリアを示す分割マップデータMipiと、ダンブトラック2が存在する分割エリアの周囲に配置される複数（8つ）の分割エリアのそれぞれを示す分割マップデータを含む。

10

【0098】

分割マップデータMipは、複数のグリッドGRによって規定される。複数のグリッドGRそれぞれの絶対位置が規定されている。グローバル座標系において、複数のグリッドGRそれぞれのXY座標系における座標データは、既知データである。複数のグリッドGRのそれぞれに識別データ（ID）が付与されている。また、複数の分割エリアそれぞれにも識別データ（ID）が付与されている。便宜上、図10においてはグリッドGRの図示を省略している。

【0099】

次に、照合航法走行におけるダンブトラック2の動作の一例について説明する。図11は、照合航法走行におけるダンブトラック2の動作の一例を示すフローチャートである。

20

【0100】

マップ保存用データベース36には、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が記憶されている。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MIは、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マップデータ作成部33Cによって作成された管理マップデータMIm及び管理マップデータMImが分割されて設定された分割マップデータMipを含む。

【0101】

走行経路RPを走行するダンブトラック2の現在の絶対位置を示す位置データがGPS受信器31又は照合航法演算部33Bにより検出される。位置計測コントローラ33の更新部33Eは、位置データ取得部33Fにより取得されたダンブトラック2の位置データに基づいて、ダンブトラック2の現在位置及びそのダンブトラック2の現在位置に対応するグリッドGRを特定する。更新部33Eは、ダンブトラック2の現在位置を示すグリッドGRのID及びそのグリッドIDを含む分割エリアのIDを取得する（ステップST70）。

30

【0102】

更新部33Eは、GPS検出器31の検出データから特定された分割エリアのIDに基づいて、マップ保存用データベース36に記憶されている複数の分割マップデータMipから特定マップデータMIfを決定し、決定した特定マップデータMIfを記憶部33Dに読み込ませる（ステップST71）。上述したように、実施形態1において、特定マップデータMIfは、ダンブトラック2が存在する分割エリアを示す分割マップデータMipi、及びダンブトラック2が存在する分割エリアの周囲に配置される複数の分割エリアのそれぞれを示す分割マップデータMipを含む。特定マップデータMIfとして、隣接する9つの分割エリアのそれぞれを示す9つの分割マップデータMipが記憶部33Dに読み込まれる。

40

【0103】

照合航法演算部33Bは、記憶部33Dに読み込まれた特定マップデータMIfとレーザセンサ24の検出データとを照合して、ダンブトラック2の絶対位置を算出する（ステップST72）。走行コントローラ20は、照合航法演算部33Bによって算出されたダンブトラック2の絶対位置に基づいて、処理装置12によって設定されたコースデータに

50

従ってダンプトラック 2 が走行するように、ダンプトラック 2 の走行を制御する（ステップ S T 7 3）。

【 0 1 0 4 】

ダンプトラック 2 の走行により、ダンプトラック 2 の現在位置が変更され、照合航法又は推測航法による自車位置の推定ステップが実施された後、ダンプトラック 2 の現在位置を示すグリッド G R 及びそのグリッド G R を含む分割エリアが変更される。更新部 3 3 E は、位置データ取得部 3 3 F により取得されたダンプトラック 2 の現在の絶対位置を示す位置データに基づいて、ダンプトラック 2 の現在位置が属する分割エリアが変更したか否か、すなわち、ダンプトラック 2 が存在する分割マップ I D が変更したか否かを判定する（ステップ S T 7 4）。

10

【 0 1 0 5 】

ステップ S T 7 4 において、分割マップ I D が変更していないと判定された場合（ステップ S T 7 4 : N o）、ダンプトラック 2 の走行の制御が継続される。

【 0 1 0 6 】

ステップ S T 7 4 において、分割マップ I D が変更したと判定された場合（ステップ S T 7 4 : Y e s）、更新部 3 3 E は、変更後の分割マップ I D を算出する（ステップ S T 7 5）。

【 0 1 0 7 】

更新部 3 3 E は、算出した分割エリアの I D に基づいて、マップ保存用データベース 3 6 に記憶されている複数の分割マップデータ M I p から特定マップデータ M I f を決定し、決定した特定マップデータ M I f を記憶部 3 3 D に読み込ませる（ステップ S T 7 6）。

20

【 0 1 0 8 】

ステップ S T 7 1 と同様、特定マップデータ M I f は、ダンプトラック 2 が存在する分割エリアを示す分割マップデータ M I p i、及びダンプトラック 2 が存在する分割エリアの周囲に配置される複数の分割エリアのそれぞれを示す分割マップデータ M I p を含む。特定マップデータ M I f として、隣接する 9 つの分割エリアのそれぞれを示す 9 つの分割マップデータ M I p が記憶部 3 3 D に読み込まれる。

【 0 1 0 9 】

照合航法演算部 3 3 B は、記憶部 3 3 D に読み込まれた特定マップデータ M I f とレーザセンサ 2 4 の検出データとを照合して、ダンプトラック 2 の絶対位置を算出する（ステップ S T 7 7）。走行コントローラ 2 0 は、照合航法演算部 3 3 B によって算出されたダンプトラック 2 の絶対位置に基づいて、処理装置 1 2 によって設定されたコースデータに従ってダンプトラック 2 が走行するように、ダンプトラック 2 の走行を制御する（ステップ S T 7 8）。

30

【 0 1 1 0 】

以下、上述した処理が繰り返される。

【 0 1 1 1 】

図 1 2、図 1 3、及び図 1 4 は、ダンプトラック 2 の移動により記憶部 3 3 D に読み込ませる特定マップデータ M I f が変更される状態を示す模式図である。図 1 2、図 1 3、及び図 1 4 は、ダンプトラック 2 が分割エリア A p 1 から分割エリア A p 2 を経て分割エリア A p 3 まで移動する状態を示す。分割エリア A p 1 と分割エリア A p 2 とは隣接する。分割エリア A p 2 と分割エリア A p 3 とは隣接する。分割エリア A p 3 は、分割エリア A p 1 から分割エリア A p 2 に移動するダンプトラック 2 の進行方向において分割エリア A p 2 に隣接する。更新部 3 3 E は、G P S 検出器 3 1 の検出データに基づいて、ダンプトラック 2 が存在する分割エリア A p を特定することができる。

40

【 0 1 1 2 】

図 1 2 に示す状態、すなわち、ダンプトラック 2 が分割エリア A p 1 に存在する状態においては、記憶部 3 3 D に読み込まれる特定マップデータ M I f 1 は、分割エリア A p 1 を示す分割マップデータ M I p、及び分割エリア A p 1 に隣接し分割エリア A p 1 の周囲

50

に配置される複数の分割エリア A_p のそれぞれを示す分割マップデータ M I_p を含む。ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p1} に存在する状態において記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f1} は、9 つの分割マップデータ M I_p を含む。

【0113】

図 13 に示す状態、すなわち、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p2} に存在する状態においては、記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f2} は、分割エリア A_{p2} を示す分割マップデータ M I_p、及び分割エリア A_{p2} に隣接し分割エリア A_{p2} の周囲に配置される複数の分割エリア A_p のそれぞれを示す分割マップデータ M I_p を含む。ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p2} に存在する状態において記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f2} は、9 つの分割マップデータ M I_p を含む。

10

【0114】

図 14 に示す状態、すなわち、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p3} に存在する状態においては、記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f3} は、分割エリア A_{p3} を示す分割マップデータ M I_p、及び分割エリア A_{p3} に隣接し分割エリア A_{p3} の周囲に配置される複数の分割エリア A_p のそれぞれを示す分割マップデータ M I_p を含む。ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p3} に存在する状態において記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f3} は、9 つの分割マップデータ M I_p を含む。

【0115】

図 12、図 13、及び図 14 に示すように、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p1} に存在する状態において記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f1} と、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p2} に存在する状態において記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f2} と、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p3} に存在する状態において記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I_{f3} とは、異なる。このように、更新部 33E は、GPS 検出器 31 の検出データに基づいて、記憶部 33D に読み込ませる特定マップデータ M I_f を変更する。

20

【0116】

更新部 33E は、位置データ取得部 33F で取得されたダンブトラック 2 の位置データに基づいて、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p1} から分割エリア A_{p2} に移動したと判定したとき、特定マップデータ M I_{f2} を記憶部 33D に読み込ませて、記憶部 33D に記憶される特定マップデータ M I_f を、特定マップデータ M I_{f1} から特定マップデータ M I_{f2} に変更する。これにより、記憶部 33D に記憶される特定マップデータ M I_f が、特定マップデータ M I_{f1} から特定マップデータ M I_{f2} に更新される。

30

【0117】

同様に、更新部 33E は、位置データ取得部 33F で取得されたダンブトラック 2 の位置データに基づいて、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p2} から分割エリア A_{p3} に移動したと判定したとき、特定マップデータ M I_{f3} を記憶部 33D に読み込ませて、記憶部 33D に記憶される特定マップデータ M I_f を、特定マップデータ M I_{f2} から特定マップデータ M I_{f3} に変更する。これにより、記憶部 33D に記憶される特定マップデータ M I_f が、特定マップデータ M I_{f2} から特定マップデータ M I_{f3} に更新される。

【0118】

40

図 12、図 13、及び図 14 に示すように、ダンブトラック 2 の走行に伴って、ダンブトラック 2 の進行方向（進行方向の前方）に存在する分割エリア A_p を示す分割マップデータ M I_p が特定マップデータ M I_f として記憶部 33D に順次読み込まれ、ダンブトラック 2 の進行方向の逆方向（進行方向の後方）に存在する分割エリア A_p を示す分割マップデータ M I_p が記憶部 33D から順次消去される。

【0119】

例えば、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p1} から分割エリア A_{p2} を経て分割エリア A_{p3} に移動する場合、図 12 に示すように、ダンブトラック 2 が分割エリア A_{p1} に存在する状態においては、分割エリア A_{p3} に対してダンブトラック 2 の進行方向に配置される分割エリア A_{p4} を示す分割マップデータ M I_p は、記憶部 33D に未だ読み込まれ

50

てなく、マップ保存用データベース 36 に記憶されている。図 13 に示すように、ダンプトラック 2 が分割エリア A p 1 から分割エリア A p 2 に移動し、ダンプトラック 2 が分割エリア A p 1 から分割エリア A p 2 を経て分割エリア A p 3 に移動すると判定したとき、更新部 33 E は、マップ保存用データベース 36 に記憶されている、分割エリア A p 4 を示す分割マップデータ M I p を記憶部 33 D に読み込ませる。

【0120】

また、図 13 及び図 14 に示すように、ダンプトラック 2 が分割エリア A p 2 から分割エリア A p 3 に移動し、ダンプトラック 2 が分割エリア A p 2 から分割エリア A p 3 を経て分割エリア A p 4 に移動すると判定したとき、更新部 33 E は、マップ保存用データベース 36 に記憶されている、分割エリア A p 4 に対してダンプトラック 2 の進行方向に配置されている分割エリア A p 5 を示す分割マップデータ M I p を記憶部 33 D に読み込ませる。

10

【0121】

また、図 13 及び図 14 に示すように、ダンプトラック 2 が分割エリア A p 1 から分割エリア A p 2 に移動したと判定したとき、更新部 33 E は、記憶部 33 D に記憶されている、分割エリア A p 1 に対してダンプトラック 2 の進行方向とは逆方向に配置される分割エリア A p 5 を示す分割マップデータ M I p を記憶部 33 D から消去する。

【0122】

図 12、図 13、及び図 14 に示すように、特定マップデータ M I f 1 の内容と、特定マップデータ M I f 2 の内容と、特定マップデータ M I f 3 の内容とは、異なる。一方、特定マップデータ M I f 1、特定マップデータ M I f 2、及び特定マップデータ M I f 3 はそれぞれ、9 つ分の分割マップデータ M I p のデータ量を含む。すなわち、特定マップデータ M I f 1 のデータ量と、特定マップデータ M I f 2 のデータ量と、特定マップデータ M I f 3 のデータ量とは、等しい。実施形態 1 において、更新部 33 E は、ダンプトラック 2 が複数の分割エリア A p を移動しても、記憶部 33 D に記憶される特定マップデータ M I f のデータ量が一定値に維持されるように、ダンプトラック 2 の位置の変化に伴って、マップ保存用データベース 36 に記憶されている分割マップデータ M I p の少なくとも一部を記憶部 33 D に読み込ませる処理、及び記憶部 33 D に記憶されている分割マップデータ M I p の少なくとも一部を消去する処理を実施する。

20

【0123】

次に、ダンプトラック 2 の移動により分割マップ I D が変更されたときの変更後の分割マップ I D を算出方法（ステップ S T 75 の処理）の一例について、図 15 及び図 16 を参照して説明する。図 15 は、管理エリアを分割する複数の分割エリアを模式的に示す図である。図 16 は、変更後の分割マップ I D の算出方法を説明するための模式図である。

30

【0124】

図 15 に示すように、管理エリアが、複数の分割エリアで分割される。管理エリアを分割する分割エリアは、X 軸方向に第 1 分割数だけ配置され、Y 軸方向に第 2 分割数だけ配置される。図 15 に示す例では、管理エリアは、X Y 平面内の X 軸方向に 12 だけ配置され、X 軸方向と直交する X Y 平面内の Y 軸方向に 7 だけ配置された複数の分割マップを含む。すなわち、管理エリアは、「1」から「84」の複数の分割エリアで分割される。各分割エリアには、X 軸方向に 1 つずつ昇順させた番号が付与される。

40

【0125】

更新部 33 E は、ダンプトラック 2 が存在する分割エリアの I D を常に計算し、分割エリアの I D が隣接する分割エリアの I D に変更されたと判定したとき、変更後の分割エリアの I D を取得する。

【0126】

X Y 座標系において、ある座標値 (x、y) の分割エリアの I D は、(1) 式、(2) 式、及び (3) 式に示すような四則演算だけで算出することができる。(1) 式は、X 軸方向のインデックスの計算式である。(2) 式は、Y 軸方向のインデックスの計算式である。(3) 式は、データ行列のインデックスの計算式である。

50

【 0 1 2 7 】

【 数 1 】

$$\text{indX} = (\text{int})(x - cx)/Re + w/2.0 \quad \dots(1)$$

【 0 1 2 8 】

【 数 2 】

$$\text{indY} = (\text{int})(y - cy)/Re + h/2.0 \quad \dots(2)$$

【 0 1 2 9 】

【 数 3 】

$$\text{ind} = w \times \text{indY} + \text{indX} \quad \dots(3)$$

【 0 1 3 0 】

(1) 式、(2) 式、及び(3) 式において、 c_x 、 c_y は、グローバル座標系における分割エリアの中心座標を示す。 Re は、分割マップデータの解像度を示す。 w は、 X 軸方向における分割エリアによる管理エリアの第 1 分割数を示す。 h は、 Y 軸方向における分割エリアによる管理エリアの第 2 分割数を示す。

【 0 1 3 1 】

図 1 6 に示すように、座標データ(又は ID)が「 i 」である分割エリアを中心として 9 つの分割エリアが隣接し、中心の分割エリアにダンプトラック 2 が存在する場合、中心の分割エリアに隣接する 8 つの分割エリアそれぞれの座標データは、第 1 分割数 w を使った四則演算のみで高速に算出可能である。図 1 6 に示すように、中心の分割エリアの $+X$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i + 1$ 」であり、 $-X$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i - 1$ 」であり、 $+Y$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i + w$ 」であり、 $-Y$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i - w$ 」である。また、座標値が「 $i + w$ 」である分割エリアの $+X$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i + w + 1$ 」であり、 $-X$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i + w - 1$ 」である。また、ID が「 $i - w$ 」である分割エリアの $+X$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i - w + 1$ 」であり、 $-X$ 側に隣接する分割エリアの座標値は「 $i - w - 1$ 」である。このように、更新部 3 3 E は、ダンプトラック 2 が存在する分割エリアにおける座標値「 i 」と第 1 分割数 w とに基づいて、分割マップの座標値及びその座標値に対応付けられて付与された ID が変更された後の、記憶部 3 3 D に読み込ませる特定マップデータ MIf を決定することができる。

【 0 1 3 2 】

なお、図 1 5 及び図 1 6 に示す例では、 X 軸方向に 1 つずつ番号を昇順させて分割エリアに座標データ(又は ID)を付与する例について説明した。 Y 軸方向に 1 つずつ番号を昇順させて分割エリアに座標データ(又は ID)を付与することにより、更新部 3 3 D は、ダンプトラック 2 が存在する分割エリアの XY 平面内における座標データと、第 2 分割数 h とに基づいて、記憶部 3 3 D に読み込ませる特定マップデータ MIf を決定することができる。

【 0 1 3 3 】

< 作用及び効果 >

以上説明したように、実施形態 1 によれば、管理エリアを複数の分割マップに分割し、複数の分割エリアそれぞれのマップを示す複数の分割マップデータ MIp をマップ保存用データベース 3 6 に記憶させ、位置データ取得部 3 3 F で取得されたダンプトラック 1 の絶対値を示す位置データに基づいて、マップ保存用データベース 3 6 に記憶されている複数の分割マップデータ MIp から特定マップデータ MIf を決定するようにしたので、マップ保存用データベース 3 6 に記憶されている複数の分割マップデータ MIp のうち、照合航法走行に必要なダンプトラック 2 の周辺のマップを示す特定マップデータ MIf のみを記憶部 3 3 D に読み込ませることができる。これにより、記憶部 3 3 D の大容量化及び演算処理の負荷の増大を招くことなく、記憶部 3 3 D に読み込まれた特定マップデータ M

10

20

30

40

50

I f を使ってダンブトラック 2 の位置を算出して、照合航法走行させることができる。

【0134】

また、実施形態 1 によれば、更新部 33E は、GPS 検出器 31 の検出データに基づいて、記憶部 33D に読み込ませる特定マップデータ M I f を変更するので、ダンブトラック 2 が走行経路 R P を走行しても、常に、照合航法走行に必要なダンブトラック 2 の周辺のマップを示す特定マップデータ M I f のみを記憶部 33D に読み込ませることができ、照合航法走行に不要なデータが記憶部 33D に読み込まれてしまうことが抑制される。

【0135】

また、実施形態 1 によれば、記憶部 33D に読み込まれる特定マップデータ M I f は、隣接する分割エリアを示す複数の分割マップデータ M I p を含む。更新部 33E は、GPS 受信器 31 の検出データに基づいて、ダンブトラック 2 が隣接する 2 つの分割エリアのうち一方の分割エリアから他方の分割エリアに移動したと判定したとき、特定マップデータ M I f を更新する。特定マップデータ M I f の更新のタイミングが、ダンブトラック 2 が一方の分割エリアから他方の分割エリアに移動したタイミングに規定されることにより、常に、照合航法走行に必要な最小限の特定マップデータ M I f を使用することができる。

【0136】

また、実施形態 1 によれば、ダンブトラック 2 が分割エリア A p 1 から分割エリア A p 2 を経て分割エリア A p 3 に移動する場合、更新部 33E は、ダンブトラック 2 の進行方向の前方に存在する分割エリア A p を示す分割マップデータ M I p を特定マップデータ M I f として記憶部 33D に順次読み込ませるので、照合航法走行に必要な特定マップデータ M I f を記憶部 33D に記憶させることができる。

【0137】

また、実施形態 1 によれば、更新部 33E は、ダンブトラック 2 の進行方向の後方に存在する分割エリア A p を示す分割マップデータ M I p を記憶部 33D から順次消去するので、記憶部 33D に記憶されるデータ量の増大を抑制することができる。

【0138】

また、実施形態 1 によれば、特定マップデータ M I f は、ダンブトラック 2 が存在する分割エリアを示す分割マップデータ M I p、及びダンブトラック 2 が存在する分割エリアの周囲に配置される複数の分割エリアのそれぞれを示す分割マップデータ M I p を含む。これにより、照合航法走行に必要な十分な特定マップデータ M I f に記憶部 33D に記憶される。

【0139】

また、実施形態 1 によれば、更新部 33D は、記憶部 33D に記憶される特定マップデータ M I f のデータ量が一定値に維持されるように、マップ保存用データベース 36 に記憶されている分割マップデータ M I p の少なくとも一部を記憶部 33D に読み込ませる処理、及び記憶部 33D に記憶されている分割マップデータ M I p の少なくとも一部を消去する処理を実施する。これにより、記憶部 33D に記憶されるデータ量の増大を抑制しつつ、照合航法走行に必要な十分な特定マップデータ M I f を記憶部 33D に記憶させることができる。

【0140】

また、実施形態 1 によれば、更新部 33E は、ダンブトラック 2 が存在する分割エリアの座標値と、第 1 分割数 w 及び第 2 分割数 h の少なくとも一方とに基づいて、記憶部 33D に読み込ませる特定マップデータ M I f を高速に演算し、決定することができる。

【0141】

実施形態 2 .

実施形態 2 について説明する。以下の説明において、上述の実施形態 1 と同一又は同等の構成要素については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

【0142】

上述の実施形態 1 においては、第 2 記憶部である記憶部 33D の大容量化及びデータ量の増大化を抑制する方法について説明した。実施形態 2 においては、第 1 記憶部であるマ

10

20

30

40

50

マップ保存用データベース 36 の大容量化及びデータ量の増大化を抑制する方法について説明する。

【0143】

<マップデータ作成におけるダンプトラックの動作>

図17は、実施形態2に係るマップデータMIの作成におけるダンプトラック2の動作を示すフローチャートである。図18は、実施形態2に係るマップ保存用データベース36の動作を説明するための模式図である。

【0144】

マップ保存用データベース36には、過去の所定期間におけるマップデータ作成処理において作成された分割マップデータMIpが記憶されている。すなわち、過去の所定期間において取得された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分割マップデータMIpがマップ保存用データベース36に記憶されている。

10

【0145】

駐機場において停止していたダンプトラック2が始動される(ステップST80)。ダンプトラック2が始動され、位置計測コントローラ33が起動すると、更新部33Eは、過去の所定期間において作成されマップ保存用データベース36に記憶されている分割マップデータMIpが作成されてからの経過時間が規定時間を超えているか否かを判定する(ステップST81)。複数の分割マップデータMIpがマップ保存用データベース36に記憶されている。更新部33Eは、複数の分割マップデータMIpのそれぞれについて、作成されてからの経過時間が規定時間を超えているか否かを判定する。規定時間は、例えば3日間である。

20

【0146】

マップ保存用データベース36において、複数の分割マップデータMIpのそれぞれはファイル化されフォルダ管理される。図18に示すように、作成されてからの経過時間が規定時間を超えていない分割マップデータMIpは、新フォルダに格納される。作成されてからの経過時間が規定時間を超えている分割マップデータMIpは、旧フォルダに格納される。

【0147】

図18に示す例では、過去の所定期間(第2期間)において作成された3つの分割マップデータ(ファイル1、ファイル2、及びファイル3)が、新フォルダに格納され、過去の所定期間(第2期間)よりも前の期間(第1期間)において作成された3つの分割マップデータ(ファイル2、ファイル3、及びファイル4)が、旧フォルダに格納されている。

30

【0148】

ファイル1は、複数の分割エリアのうち第1の分割エリアを示す分割マップデータMIpである。ファイル2は、複数の分割エリアのうち第2の分割エリアを示す分割マップデータMIpである。ファイル3は、複数の分割エリアのうち第3の分割エリアを示す分割マップデータMIpである。ファイル4は、複数の分割エリアのうち第4の分割エリアを示す分割マップデータMIpである。

40

【0149】

新フォルダに格納されているファイル2と旧フォルダに格納されているファイル2とは、同一の分割エリア(第2の分割エリア)を示す分割マップデータMIpである。新フォルダに格納されているファイル3と旧フォルダに格納されているファイル3とは、同一の分割エリア(第3の分割エリア)を示す分割マップデータMIpである。

【0150】

ステップST81において、更新部33Eは、過去の所定期間において作成され新フォルダに格納されている複数の分割マップデータMIp(ファイル1、ファイル2、ファイル3)のそれぞれについて、作成されてからの経過時間が規定時間を超えているか否かを判定する。ステップST81において、作成されてからの経過時間が一定時間を超えてい

50

る分割マップデータM I pが存在すると判定された場合（ステップS T 8 1：Y e s）、更新部3 3 Eは、新フォルダに格納されている分割マップデータM I pを旧フォルダに移動する（ステップS T 8 2）。

【0 1 5 1】

図1 8に示すように、新フォルダに格納されている複数の分割マップデータM I pの全部が、すなわち、ファイル1、ファイル2、及びファイル3の全てが、新フォルダから旧フォルダに移動される。新フォルダに格納されていたファイル1、ファイル2、及びファイル3が旧フォルダに移動されると、ファイル1は、旧フォルダに格納される。旧フォルダに格納されていたファイル2は、新フォルダから旧フォルダに移動されたフォルダ2に更新される（上書き保存される）。旧フォルダに格納されていたファイル3は、新フォルダから旧フォルダに移動されたフォルダ3に更新される（上書き保存される）。旧フォルダに格納されていたファイル4は、存続する。

10

【0 1 5 2】

このように、過去の第1期間において作成されマップ保存用データベース3 6の旧フォルダに記憶されている分割マップフォルダM I pの少なくとも一部は、第1期間の後の第2期間において作成された分割マップデータM I pにより更新される。

【0 1 5 3】

ステップS T 8 1において、作成されてからの経過時間が一定時間を超えている分割マップデータM I pが存在しないと判定された場合（ステップS T 8 1：N o）、又はステップS T 8 2の処理が終了した場合、ダンプトラック2は、鉱山における作業を開始する（ステップS T 8 3）。ダンプトラック2は、走行経路R Pを走行する。

20

【0 1 5 4】

ダンプトラック2の走行において、位置計測コントローラ3 3は、位置データ取得部3 3 Fによりダンプトラック2の位置データを取得しつつ、レーザセンサ2 4 Bで土手B Kの検出を行う。位置計測コントローラ3 3のマップデータ作成部3 3 Cは、GPS受信器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分割マップデータM I pを作成する。作成された分割マップデータM I pは、マップ保存用データベース3 6の新フォルダに格納される。

【0 1 5 5】

走行コントローラ2 0は、照合航法走行を実施するか否かを判定する（ステップS T 8 4）。

30

【0 1 5 6】

ステップS T 8 4において、照合航法走行を実施せず、GPS走行を実施すると判定された場合（ステップS T 8 4：N o）、マップデータ作成処理が継続される。更新部3 3 Eは、レーザセンサ2 4 Bを使って作成された分割マップデータM I pを新フォルダに格納する（ステップS T 8 5）。

【0 1 5 7】

ステップS T 8 4において、GPS走行が実施不可能であり、照合航法走行を実施すると判定された場合（ステップS T 8 4：Y e s）、更新部3 3 Eは、旧フォルダに格納されている分割マップデータM I pと新フォルダに格納されている分割マップデータM I pとを統合する（ステップS T 8 6）。新フォルダに格納されている分割マップデータは、レーザセンサ2 4 Bを使ってリアルタイムで作成中の分割マップデータM I pを含む。

40

【0 1 5 8】

旧フォルダに格納されている分割マップデータM I pと新フォルダに格納されている分割マップデータM I pとを統合することは、図1 8を参照して説明したように、旧フォルダに格納されているファイルと新フォルダに格納されているファイルとが同一の分割エリアを示す分割マップデータである場合には、旧フォルダのファイルが新フォルダのファイルに更新（上書き）され、新フォルダ及び旧フォルダのいずれか一方にしかないファイルは、消去又は更新されずに維持されることを含む。

【0 1 5 9】

50

また、旧フォルダに格納されている分割マップデータM I pと新フォルダに格納されている分割マップデータM I pとを統合することは、ある分割エリアについて過去の第1期間において作成され旧フォルダに格納されている分割マップデータM I pと、同一の分割エリアについて第1期間の後の第2期間において作成された分割マップデータM I pとの論理和を算出することを含む。

【0160】

図19は、分割マップデータM I pの論理和を算出する処理を説明するための模式図である。旧フォルダには、ある分割エリアA p aについて過去の第1期間において作成された分割マップデータであるファイルA 1が格納されている。新フォルダには、同一の分割エリアA p aについて第1期間の後の第2期間において作成された分割マップデータであるファイルA 2が格納されている。

10

【0161】

ファイルA 1及びファイルA 2はそれぞれ、複数のグリッドG Rで規定されている。複数のグリッドG RのそれぞれにX - Y座標における座標値が与えられている。グリッドG Rの座標値は、グローバル座標系における絶対位置を示す。ファイルA 1とファイルA 2とは、同一の分割エリアA p aの分割マップデータである。したがって、例えば、ファイルA 1の座標値(x 1、y 1)と、ファイルA 2の座標値(x 1、y 1)とは、同一の位置を示す。また、ファイルA 1及びファイルA 2の各座標値に含まれるデータは、土手B Kの有無を示すバイナリデータ(1ビットデータ)である。

【0162】

20

一例として、ファイルA 1は、座標値(x 3、y 1)、(x 2、y 2)、(x 2、y 3)、(x 3、y 4)、(x 3、y 5)に土手B Kが存在することを示すバイナリデータを含む。ファイルA 2は、座標値(x 2、y 1)、(x 2、y 2)、(x 3、y 3)、(x 3、y 4)、(x 3、y 5)に土手B Kが存在することを示すバイナリデータを含む。

【0163】

ファイルA 1とファイルA 2との論理和は、同一の位置を示す座標値の論理和である。したがって、図19に示すように、ファイルA 1とファイルA 2との論理和を示す統合された分割マップデータは、座標値(x 2、y 1)、(x 3、y 1)、(x 2、y 2)、(x 2、y 3)、(x 3、y 3)、(x 3、y 4)、(x 3、y 5)に土手B Kが存在することを示すバイナリデータを含む。

30

【0164】

ファイルA 1とファイルA 2との論理和を示す統合された分割マップデータが作成された後、位置演算部33 Bは、統合された分割マップデータ(論理和)とレーザセンサ24 Bの検出データとを照合して、分割エリアA p aにおけるダンプトラック2の位置を算出する。走行コントローラ20は、位置演算部33 Bで算出されたダンプトラック2の位置と設定されたコースデータとに基づいて、ダンプトラック2を照合航法走行させる(ステップS T 87)。

【0165】

<作用及び効果>

以上説明したように、実施形態2によれば、マップ保存用データベース36に記憶されている分割マップデータM I pについて、作成されてからの経過時間が規定時間(例えば3日間)を超えているか否かが判定され、作成された分割マップデータM I pが規定時間毎にグループ化され、1つのフォルダに格納されて管理される。過去の第1期間(例えば現時点を基準として6日前から3日前までの期間)に作成された分割マップデータM I pがマップ保存用データベース36の旧フォルダに格納され、第1期間の後の第2期間(例えば現時点を基準として3日前から現時点までの期間)に作成された分割マップデータM I pが新フォルダに格納される。第1期間において作成された分割マップデータM I pは、第2期間において作成された分割マップデータM I pにより更新される。これにより、最新の分割マップデータが残りつつ、古い分割マップデータが消去されるので、マップ保存用データベース36に記憶されるデータ量の増大化が抑制される。

40

50

【 0 1 6 6 】

また、鉱山においては採掘作業が実施され、積込場 L P A の位置又は形状、排土場 D P A の位置又は形状、及び搬送路 H L の位置又は形状が日々変化する。そのため、古い分割マップデータは、現状の分割エリアの状態から乖離する可能性が高い。実施形態 2 によれば、古い分割マップデータから順番に消去されるので、マップ保存用データベース 3 6 に記憶される分割マップデータと現状の分割エリアの状態とが乖離することが抑制される。

【 0 1 6 7 】

また、実施形態 2 によれば、図 1 8 を参照して説明したように、新フォルダに存在せず、旧フォルダに存在するファイル 4 は、維持される。これにより、第 2 期間においては取得できなかったファイル 4 のデータを有効活用することができる。実施形態 2 によれば、照合航法走行する場合、旧フォルダの分割マップデータと新フォルダの分割マップデータとが統合される。図 1 8 に示す例では、ファイル 1、ファイル 2、ファイル 3、及びファイル 4 のデータを使って、照合航法走行が実施される。これにより、鉱山の広範囲において照合航法走行を実施することができる。

【 0 1 6 8 】

また、実施形態 2 によれば、同一の分割エリアを示す分割マップデータ（ファイル）が新フォルダと旧フォルダとの両方に存在する場合、旧フォルダのファイルと新フォルダのファイルとの論理和が算出される。これにより、分割マップデータの信頼性が向上し、照合航法走行を精度良く実施することができる。

【 0 1 6 9 】

なお、実施形態 2 において、旧フォルダに存在し、新フォルダに存在しないファイルは、旧フォルダにおいて維持されることとした。作成されてからの経過時間について規定時間よりも長い第 2 の規定時間（例えば 1 カ月）を設け、作成されてからの経過時間が第 2 の規定時間を超えたファイルは消去されてもよい。これにより、あまりにも古い分割ファイルデータが旧フォルダに存続し続けることが抑制される。

【 0 1 7 0 】

< その他の実施形態 >

なお、上述の各実施形態においては、図 2 0 の模式図に示すように、マップ保存用データベース 3 6 がダンプトラック 2 に配置され、ダンプトラック 2 に配置されているマップ保存用データベース 3 6 において、マップデータ作成処理で作成された分割マップデータが管理され、照合航法走行に使用されることとした。図 2 1 の模式図に示すように、分割マップデータを記憶し管理するマップ保存用データベース 3 6 が、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 のコンピュータ 1 1 に設けられてもよい。例えば、コンピュータ 1 1 の記憶装置 1 3 の外部記憶装置が、マップ保存用データベース 3 6 として機能してもよい。ダンプトラック 2 によって実施されたマップデータ作成処理で作成された分割マップデータは、通信システム 9 により無線で管理施設 7 のコンピュータ 1 1 に送信される。ダンプトラック 2 において照合航法走行が実行される場合、コンピュータ 1 1 の記憶装置 1 3 の外部記憶装置に記憶されている複数の分割マップデータから決定された特定マップデータ M I f が通信システム 9 により無線でダンプトラック 2 の記憶部 3 3 D に供給される。

【 0 1 7 1 】

なお、上述の各実施形態においては、照合航法走行時及び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マップデータ作成処理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 7 2 】

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

10

20

30

40

50

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。

【0173】

なお、上述の実施形態では、作業機械が鉱山にて用いられる鉱山機械である例で説明したが、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。

【0174】

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GPSを検出できないため、例えば、既存の位置検出装置であるIMES (Indoor Messaging System)、疑似衛星(スードライト)、RFID (Radio Frequency Identifier)、ビーコン、測量器、無線LAN、UWB (Ultra Wide Band)、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)、ランドマーク(走行経路の傍らに設けた目印)を使用した作業機械の自己位置推定等を用いてもよい。これらの位置検出装置を、地上の鉱山における鉱山機械または地上の作業現場で用いられる作業機械に用いてもよい。

【0175】

実施形態において、GPS基地局19を用いた補正観測情報をGPS位置の検出に利用する例を説明したが、ダンプトラック2のGPS受信器31単体で位置を検出してもよい。また、上述の実施形態において、GPS位置の誤差(精度)が所定の誤差以下であるかを、GPS基地局19の補正観測情報を用いずにダンプトラック2のGPS受信器31単体に基づいて判定してもよい。

【0176】

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。

【符号の説明】

【0177】

- 1 管理システム
- 2 ダンプトラック(鉱山機械)
- 2E 内燃機関
- 2G 発電機
- 2S 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
- 10 管理装置
- 11 コンピュータ
- 12 処理装置(コースデータ作成部)
- 13 記憶装置
- 13B データベース
- 15 入出力部
- 16 表示装置
- 17 入力装置
- 18 無線通信装置

10

20

30

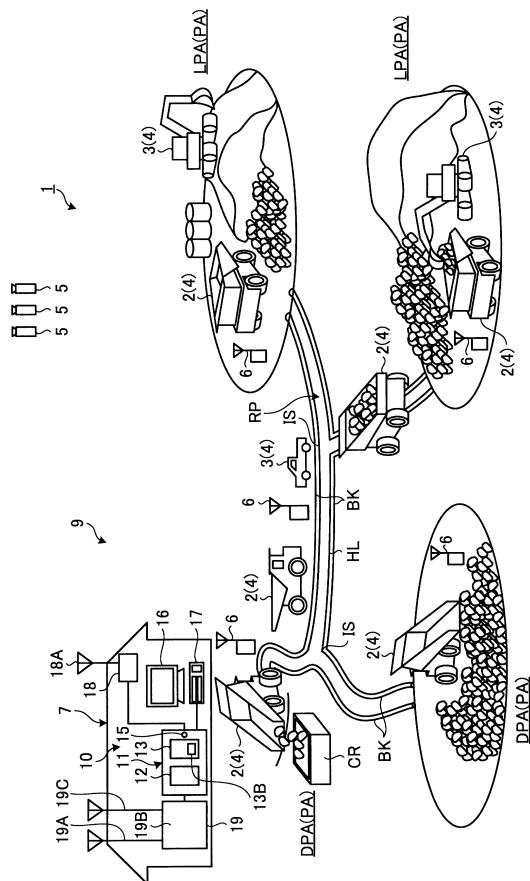
40

50

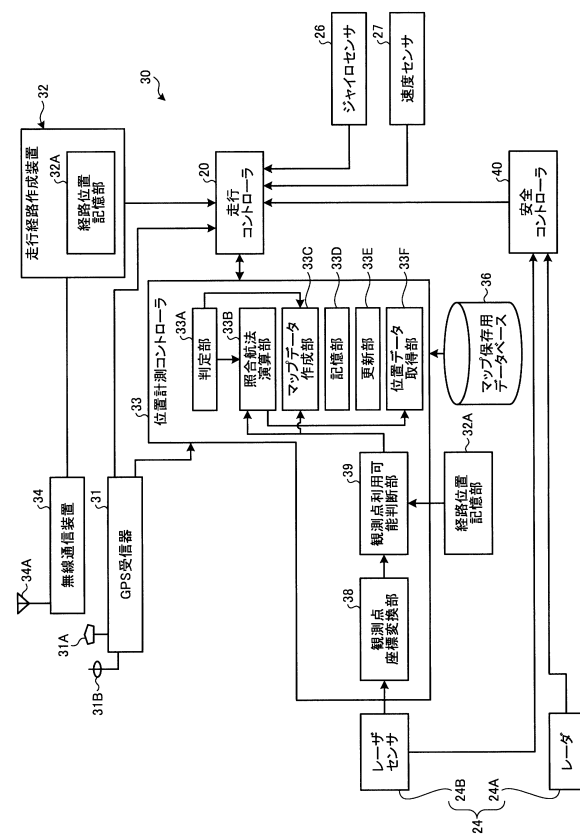
1 8 A	アンテナ	
1 9	G P S 基地局	
1 9 A	アンテナ	
1 9 B	送受信装置	
1 9 C	アンテナ	
2 0	走行コントローラ (走行制御部)	
2 1	車両本体	
2 2	ベッセル	
2 3	車輪	
2 3 B	制動装置	10
2 3 F	前輪	
2 3 M	電動機	
2 3 R	後輪	
2 4	非接触センサ	
2 4 A	レーダ	
2 4 B	レーザセンサ	
2 6	ジャイロセンサ	
2 7	速度センサ	
3 0	制御システム	
3 1	G P S 受信器 (位置検出装置)	20
3 1 A	アンテナ	
3 1 B	アンテナ	
3 2	走行経路作成装置	
3 2 A	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)	
3 3 E	更新部	30
3 3 F	位置データ取得部	
3 4	無線通信装置	
3 4 A	アンテナ	
3 5	第 1 信号線	
3 6	マップ保存用データベース	
3 7 A	第 2 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	
B K	土手	40
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	50

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

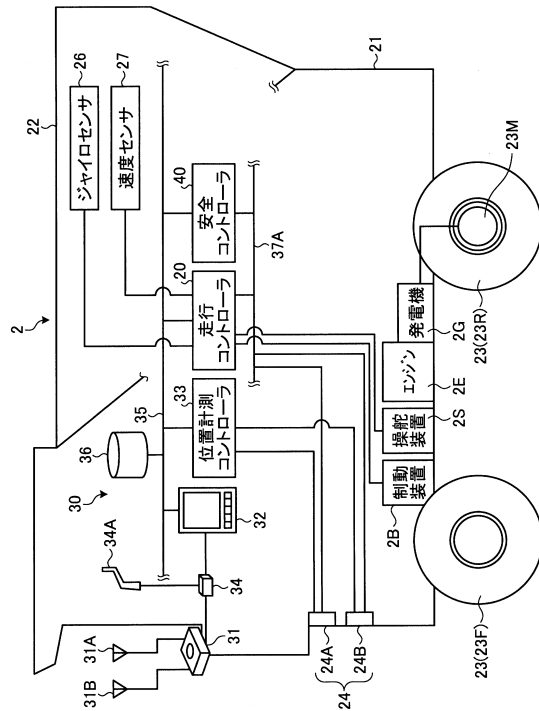
【 図 1 】



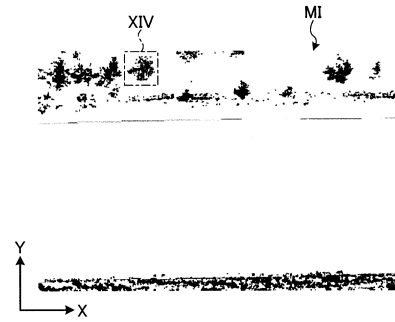
【圖 2】



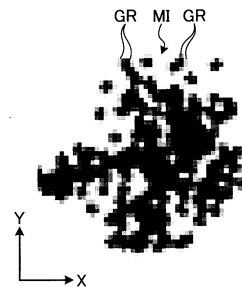
【図 3】



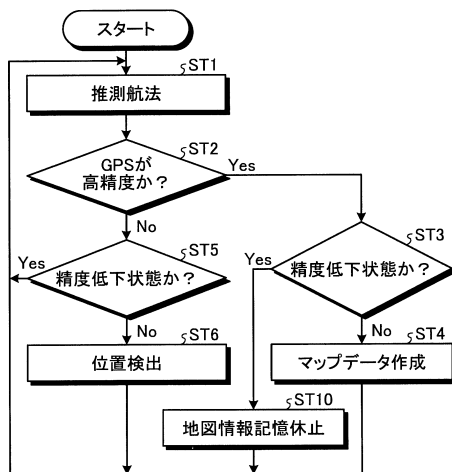
【図 4】



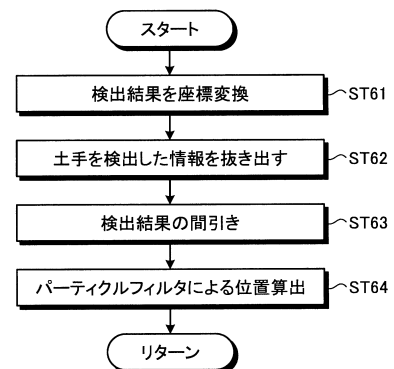
【図 5】



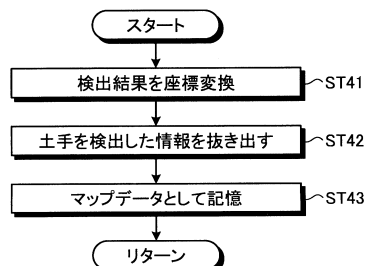
【図 6】



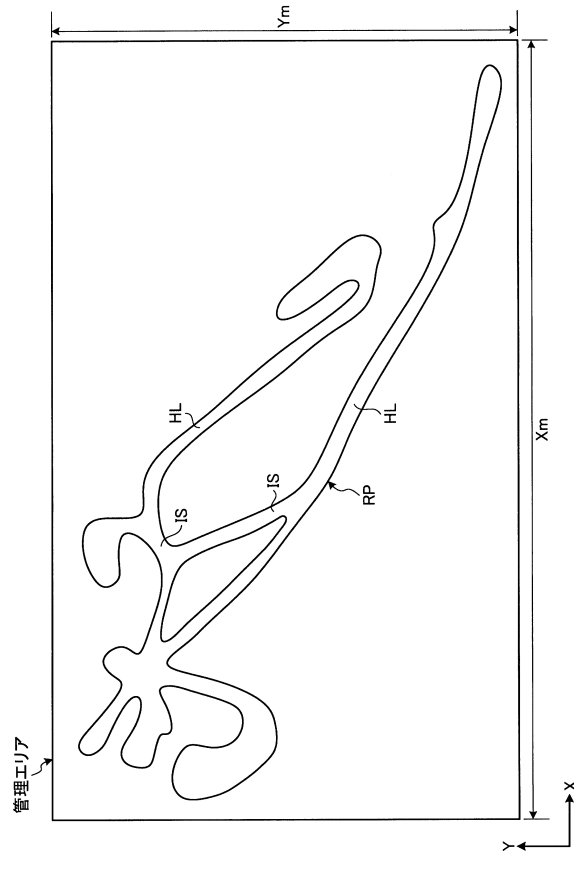
【図 8】



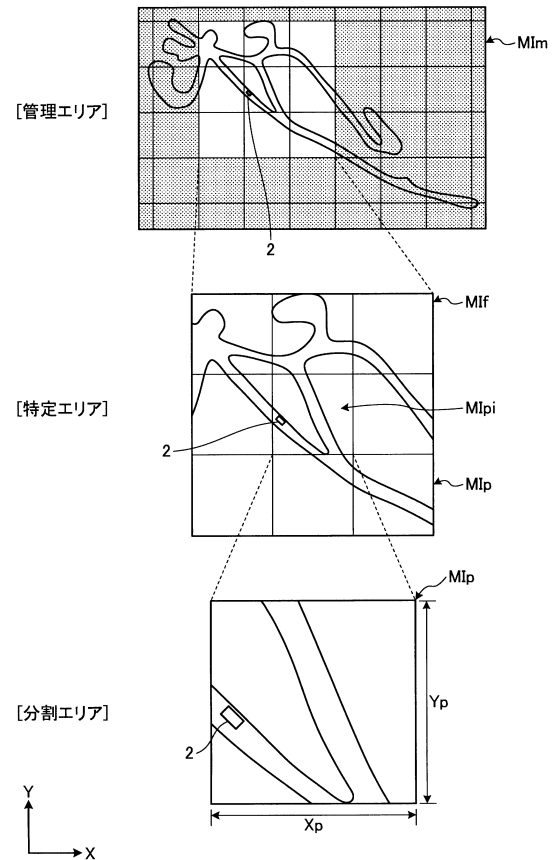
【図 7】



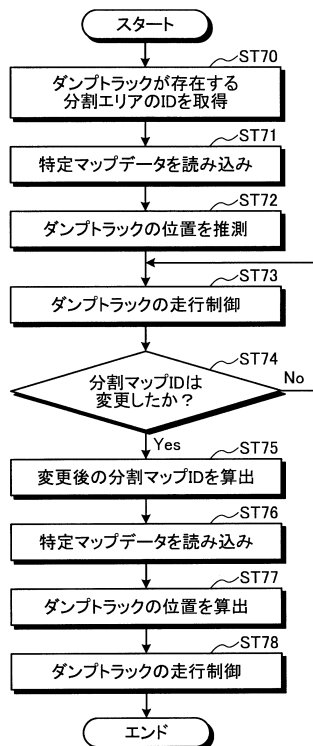
【図 9】



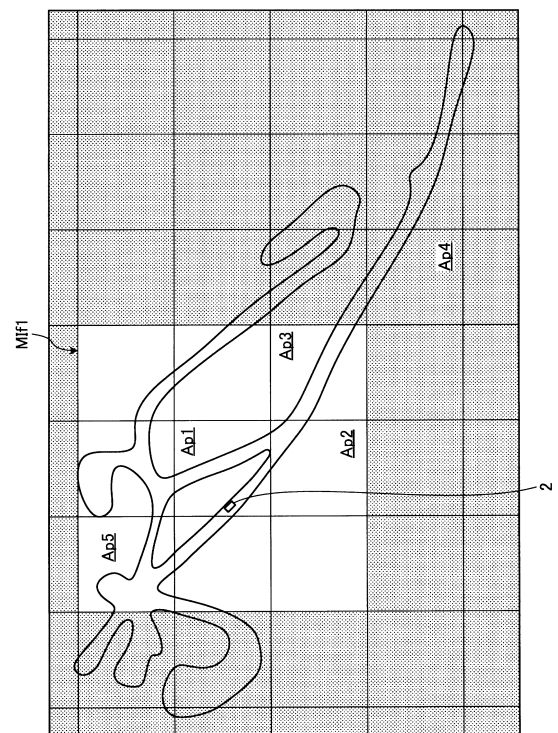
【図 10】



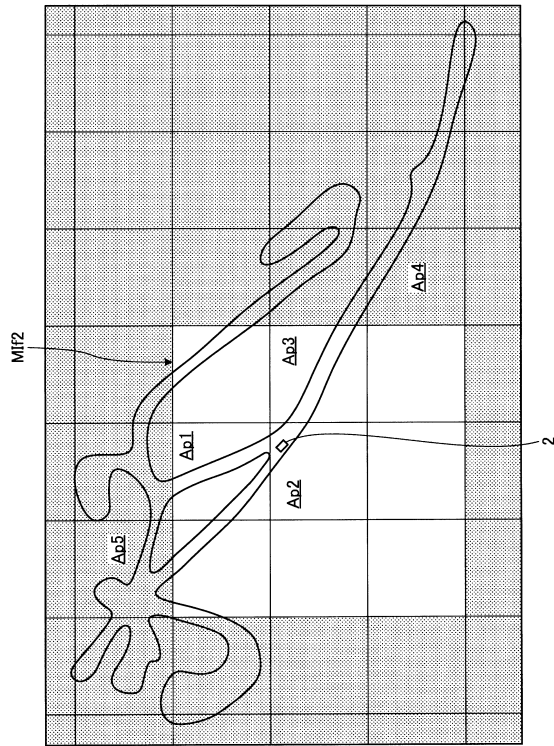
【図 11】



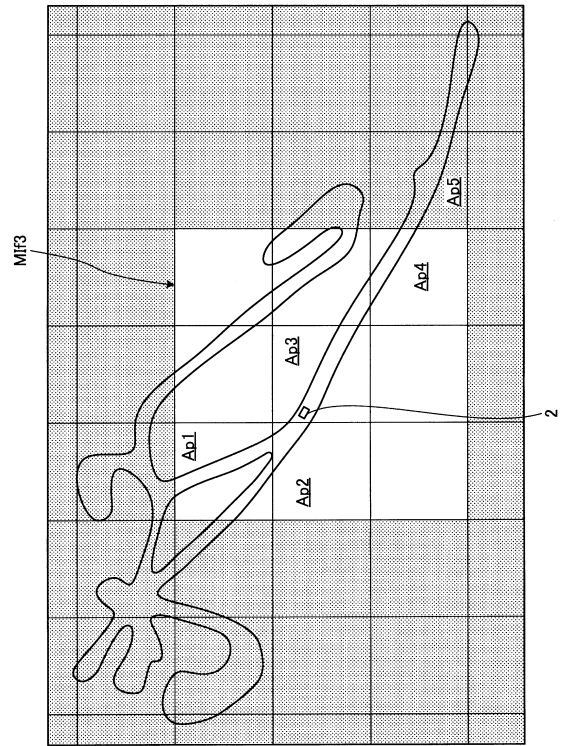
【図 12】



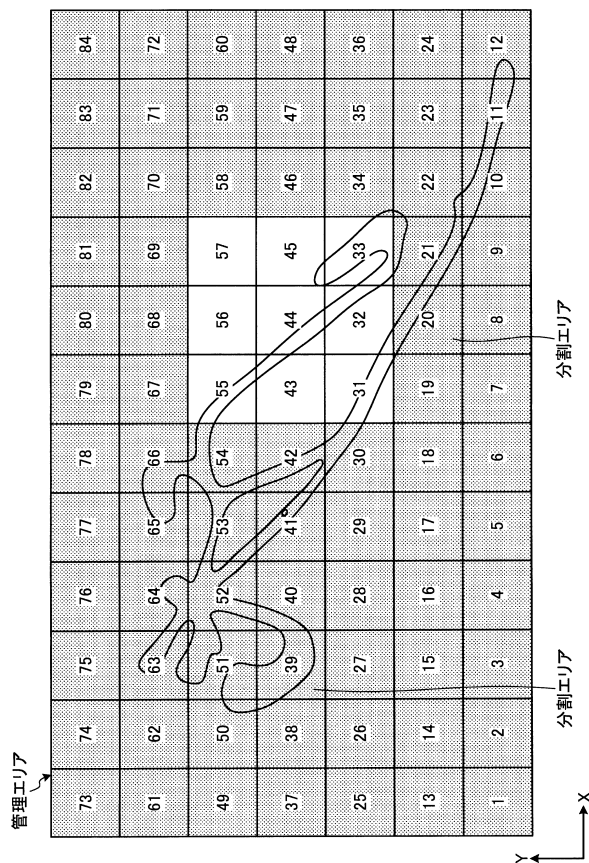
【図 13】



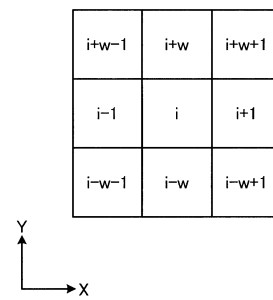
【図 14】



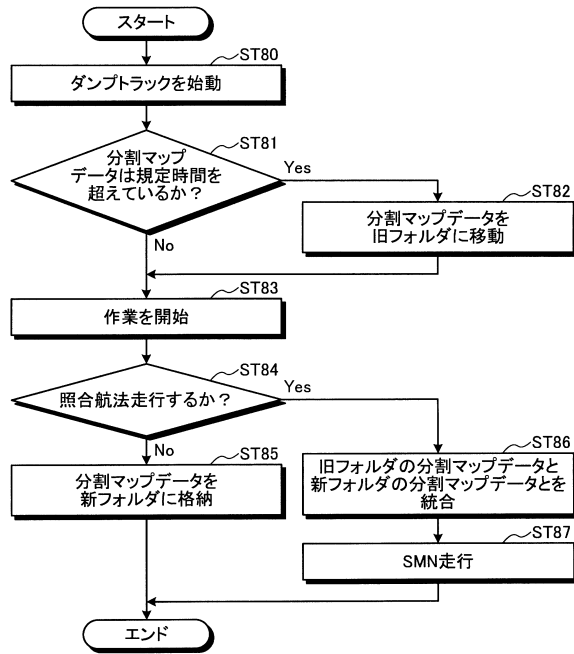
【図 15】



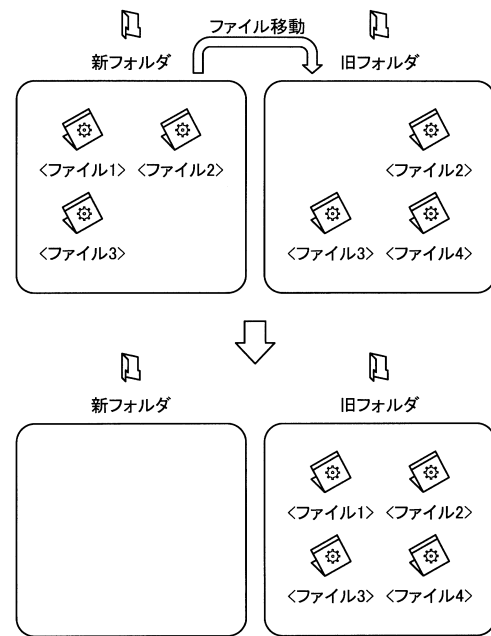
【図 16】



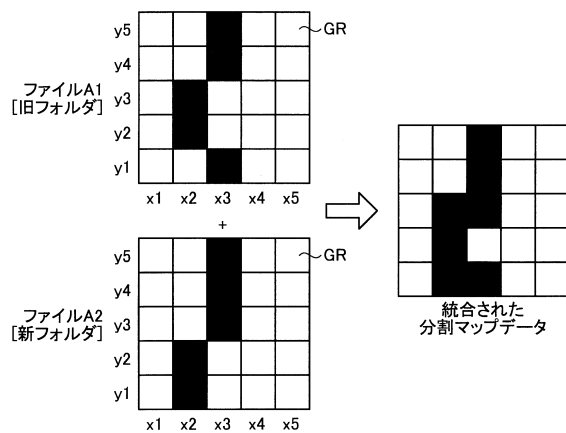
【図 17】



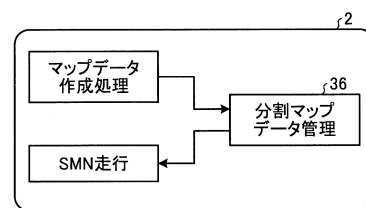
【図 18】



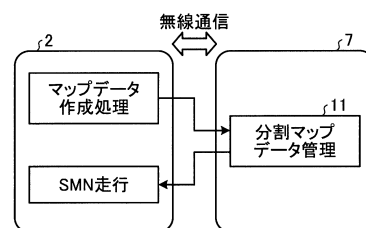
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
G 0 9 B	29/00	(2006.01)	G 0 9 B	29/00	Z
G 0 9 B	29/10	(2006.01)	G 0 9 B	29/10	A

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 2 1 5 2 3 6 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 1 8 6 9 4 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 1 4 6 1 3 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 2 1 9 7 2 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 C	2 1 / 0 0
G 0 1 C	2 1 / 2 8
G 0 5 D	1 / 0 2
G 0 8 G	1 / 0 0
G 0 8 G	1 / 1 6
G 0 9 B	2 9 / 0 0
G 0 9 B	2 9 / 1 0