

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年7月28日(28.07.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/117713 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 21/00 (2006.01) G09B 29/10 (2006.01)
G05D 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056121
- (22) 国際出願日: 2016年2月29日(29.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所(KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 坂井 敦(SAKAI, Atsushi); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 I C Tソリューション本部内 Kanagawa (JP). 田中 大輔(TANAKA, Daisuke); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 I C Tソリューション本部内 Kanagawa (JP). 龍満 光広(RYUMAN, Mitsuhiro); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1

株式会社小松製作所 I C Tソリューション本部内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

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

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

【図3】

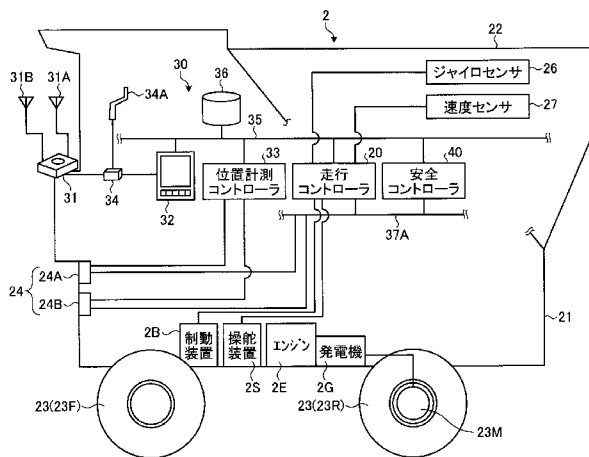


FIG. 3:
2B Braking device
2E Engine
2S Steering device
2G Generator
20 Driving controller
26 Gyro sensor
27 Speed sensor
33 Position measurement controller
40 Safety controller

(57) Abstract: Provided is a control system for a work machine, comprising: a position detection device for detecting the position of a work machine; a non-contact sensor for non-contact detection of an object; a map data creation unit for creating map data on the basis of detection data from the position detection device and detection data from the non-contact sensor; a first storage unit for storing past map data created by the map data creation unit for creating map data on the basis of detection data from the position detection device and detection data from the non-contact sensor acquired during a prescribed time period in the past; a second storage unit for storing current map data created by the map data creation unit for creating map data on the basis of detection data from the position detection device and detection data from the non-contact sensor; an integrated map data calculation unit for integrating past map data stored in the first storage unit and current map data stored in the second storage unit, and calculating integrated map data; and a position computing unit for cross-checking integrated map data calculated by the integrated map data calculation unit and detection data from the non-contact sensor, and computing the position of a work machine.

(57) 要約:

[続葉有]



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

— 出願人の請求に基づく第 21 条(2)(a)による期間経過前の公開。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

作業機械の制御システムは、作業機械の位置を検出する位置検出装置と、物体を非接触で検出する非接触センサと、位置検出装置の検出データと非接触センサの検出データとに基づいて、マップデータを作成するマップデータ作成部と、過去の所定期間において取得された位置検出装置の検出データと非接触センサの検出データとに基づいてマップデータ作成部で作成された過去マップデータを記憶する第 1 記憶部と、位置検出装置の検出データと非接触センサの検出データとに基づいてマップデータ作成部で作成された現在マップデータを記憶する第 2 記憶部と、第 1 記憶部に記憶されている過去マップデータと第 2 記憶部に記憶されている現在マップデータとを統合して統合マップデータを算出する統合マップデータ算出部と、統合マップデータ算出部が算出した統合マップデータと非接触センサの検出データとを照合して、作業機械の位置を算出する位置演算部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システムに関する。

背景技術

[0002] 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）。鉱山の採掘現場において鉱山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場合がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-215474号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 鉱山の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。膨大なデータ量のマップデータを管理する場合、大容量の記憶部が必要となってしまう。また、採掘により鉱山の採掘現場の状態は日々変化する。そのため、採掘現場の状態の変化に応じた適切なマップデータを作成できる技術が要望される。

[0005] 本発明の態様は、記憶部に記憶されるデータ量の膨大化が抑制され、採掘現場の現況地形に即した適切なマップデータを作成できる作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第 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、作業現場のマップを示すマップデータを作成するマップデータ作成部と、過去の所定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前記マップデータ作成部で作成された過去マップデータを記憶する第 1 記憶部と、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マップデータ作成部で作成された現在マップデータを記憶する第 2 記憶部と、前記第 1 記憶部に記憶されている前記過去マップデータと前記第 2 記憶部に記憶されている前記現在マップデータとを統合して統合マップデータを算出する統合マップデータ算出部と、前記統合マップデータ算出部が算出した前記統合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。

[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鉱山機械が提供される。

[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。

発明の効果

[0009] 本発明の態様によれば、記憶部に記憶されるデータ量の膨大化が抑制され、採掘現場の現況地形に即した適切なマップデータを作成できる作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システムが提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [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。

[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に係るマップデータの管理及び構築方法を示すフローチャートである。

[図11]図11は、実施形態1に係る位置計測コントローラを示す模式図である。

[図12]図12は、実施形態1にマップデータ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13]図13は、ダンプトラック2の構成を示す模式図である。

[図14]図14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

[0011] 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。

[0012] 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ともよい。

[0013] 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。

[0014] 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。

[0015] 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。

[0016] 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。

[0017] 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碎機 C R が設けられる。

[0018] 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 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 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。

[0019] 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、実質的に移動しない。なお、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）を中継する中継器 6 を複数有する。

[0020] 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。

[0021] 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

、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。RTK-GNSS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、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。

[0022] 管理システム1は、水平面内のX軸方向及びX軸方向と直交する水平面内のY軸方向で規定されるXY座標系において、鉱山におけるダンプトラック2の位置及び方位と、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90度とし、南を180度とし、西を270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。

[0023] <管理装置>

次に、管制施設7に配置される管理装置10について説明する。管理装置10は、ダンプトラック2に対してデータ及び指令信号を送信し、ダンプトラック2からデータを受信する。図1に示すように、管理装置10は、コンピュータ11と、表示装置16と、入力装置17と、無線通信装置18と、GPS基地局19と、を備える。

[0024] 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。

[0025] 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、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。

- [0026] 処理装置 12 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 R P を設定する。
- [0027] 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。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。
- [0028] 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。
- [0029] 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 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 18 A 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。
- [0030] 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 19 A と、アンテナ 19 A に接続された送受信装置 19 B とを備える。送受信装置 19 B は、アンテナ 19 A を介して測位衛星 5 からのデータを受信する受信機と、アンテナ 19

Cを介してダンプトラック2に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。なお、補正観測データは、アンテナ19Cの代わりにアンテナ18Aを介して送信されてもよい。

[0031] コンピュータ11は、通信用の入出力部15と、制御プログラムを実行するCPU (Central Processing Unit) のようなマイクロプロセッサを有する演算処理装置と、制御プログラムを記憶するROM (Read Only Memory) のような外部記憶装置と、CPUの作業領域として使用されるRAM (Random Access Memory) のような主記憶装置 (内部記憶装置) と、CPUによりデータが登録される不揮発性メモリのような外部記憶装置 (補助記憶装置) とを備える。処理装置12の機能は、CPUがROMに記憶された制御プログラムを読み込んでRAMの作業領域で実行することにより実現される。記憶装置13の機能は、ROMが制御プログラムを記憶すること、及びCPUによりデータが不揮発性メモリに登録されることにより実現される。不揮発性メモリは、フラッシュメモリ及びハードディスクドライブの少なくとも一つを含み、データベース13Bを実現する。なお、複数の処理回路が連携して、処理装置12及び記憶装置13の機能を実現してもよい。

[0032] <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 G P S 位置を無線通信装置が管制施設 7 の無線通信装置 1 8 に送信する。

[0033] <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。

[0034] 図 3 に示すように、ダンプトラック 2 は、車両本体 2 1 と、ベッセル 2 2 と、車輪 2 3 と、非接触センサ 2 4 と、制御システム 3 0 とを備える。車両本体 2 1 に、ディーゼルエンジンのような内燃機関 2 E、内燃機関 2 E により作動する発電機 2 G、及び発電機で発生した電力により作動する電動機 2 3 M が設けられる。車輪 2 3 は、前輪 2 3 F 及び後輪 2 3 R を含む。電動機 2 3 M により、後輪 2 3 R が駆動される。なお、内燃機関 2 E 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 2 3 R に伝達されてもよい。また、車両本体 2 1 に、前輪 2 3 F を操舵する操舵装置 2 S が設けられる。ベッセル 2 2 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 2 2 が持ち上げられ、ベッセル 2 2 から積荷が排出される。

[0035] 非接触センサ 2 4 は、車両本体 2 1 の前部の下部に配置される。非接触センサ 2 4 は、ダンプトラック 2 の周囲の物体を非接触で検出する。ダンプトラック 2 の周囲の物体は、走行経路 R P に存在する物体（障害物）、及び走行経路 R P の傍らに存在する物体（土手 B K）を含む。非接触センサ 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。

[0036] 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。

[0037] 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 30 の第 2 通信線 37 A に接続される。レーザセンサ 24 B 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。

[0038] <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 M1 の一部を示す図である。図 5 は、図 4 中の X1V 部を拡大して示す図である。

[0039] 制御システム 30 は、ダンプトラック 2 に設置される。制御システム 30 は、走行経路 RP に従ってダンプトラック 2 を自律走行させる。図 3 に示すように、制御システム 30 は、ジャイロセンサ 26 と、速度センサ 27 と、GPS 受信器 31 と、走行経路作成装置 32 と、位置計測コントローラ 33 と、走行コントローラ 20 と、非接触センサ 24 と、無線通信装置 34 と、マップ保存用データベース 36 とを備える。また、制御システム 30 は、第 1 信号線 35 と、第 2 信号線 37 と、安全コントローラ 40 と、を備える。

[0040] 図 3 に示すように、走行コントローラ 20、走行経路作成装置 32、位置計測コントローラ 33、マップ保存用データベース 36、及び安全コントローラ 40 は、第 1 通信線 35 に接続される。走行コントローラ 20、走行経路作成装置 32、位置計測コントローラ 33、マップ保存用データベース 36、及び安全コントローラ 40 は、第 1 通信線 35 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 A にも接続される。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 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 35 及び第 2 通信線 37 A を用いた通信の規格は、ISO 11898 及び ISO 11519 として標準化された CAN (Controller Area Network) である。

[0041] ジャイロセンサ 26 は、ダンプトラック 2 の方位（方位変化量）を検出する。ジャイロセンサ 26 は、走行コントローラ 20 と接続される。ジャイロセンサ 26 は、検出データを走行コントローラ 20 に出力する。走行コント

ローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 の検出データに基づいて、ダンプロック 2 の方位（方位変化量）を算出する。

[0042] 速度センサ 27 は、ダンプロック 2 の走行速度を検出する。速度センサ 27 は、車輪 23 の回転速度を検出して、ダンプロック 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 と接続される。速度センサ 27 は、検出データを走行コントローラ 20 に出力する。走行コントローラ 20 は、速度センサ 27 の検出データと、走行コントローラ 20 に内蔵されているタイマーで計測される時間データとに基づいて、ダンプロック 2 の移動距離を算出する。

[0043] GPS 受信器 31 は、ダンプロック 2 に設けられる。GPS 受信器 31 は、ダンプロック 2 の絶対位置（GPS 位置）を検出する位置検出装置である。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 31 A と、GPS 基地局 19 からの補正観測データを受信するアンテナ 31 B とが接続される。アンテナ 31 A 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。アンテナ 31 B は、受信した補正観測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 からのデータと GPS 基地局 19 からの補正観測データとを用いて、アンテナ 31 A の位置（GPS 位置）を検出する。GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からのデータと GPS 基地局 19 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 31 A の位置を検出する。

[0044] GPS 受信器 31 は、アンテナ 31 A の位置を検出することによって、ダンプロック 2 の位置（GPS 位置）を検出する。GPS 受信器 31 は、アンテナ 31 A の位置を検出する過程において、アンテナ 31 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 GPS 位置の精度を示す Fix 解、Float 解、又は Single 解のいずれであるかを検出する。

[0045] 実施形態 1 において、Fix 解の GPS 位置の精度は、ダンプロック 2 が自律走行を行うことができる精度である。Float 解の GPS 位置の精

度及びSingle解のGPS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。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解を検出した場合、GPS位置の精度を示すとともに、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、走行経路作成装置32を介して、走行コントローラ20及び位置計測コントローラ33に出力される。

[0046] 図2に示すように、走行経路作成装置32は、管理装置10の処理装置12で生成されたコースデータを記憶する経路位置記憶部32Aを備える。走行経路作成装置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。

[0047] 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32及び位置計測コントローラ33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、XY座標系で規定される。走行経路作成装置32は、無線通信装置34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32Aに記憶する。また、走行経路作成装置32は、走行コントローラ20又は位置計測コントローラ33の照合航法演算部33B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34を介して、管制施設7の無線通信装置18に送信する。また、走行経路作成装置32は、第1通信線35と接続される。

[0048] 走行経路作成装置32、走行コントローラ20、及び位置計測コントローラ

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。

[0049] 走行コントローラ 20 は、GPS 受信器 31 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位置計測コントローラ 33 の照合航法演算部 33 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 20 は、GPS 受信器 31 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、及び位置計測コントローラ 33 の照合航法演算部 33 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 RP に従ってダンプトラック 2 を自律走行させる。

[0050] 走行コントローラ 20 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 26 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 27 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。

[0051] 走行コントローラ 20 は、GPS 受信器 31 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 27 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 26 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 20 は、GPS 受信器 31 から GPS 位置が入力した時点の GPS 位置及びジャイロセンサ 26 の検出結果である方位に基づいて、タイマーからの時間データにより速度センサ 27 の検出結果である走行速度を積分して、位置及び方位を検出する。走行コントローラ 20 は、位置及び方位の検出前、検出中、検出後のいずれかにおいて GPS 位置を XY 座標系の位置に変換する。

[0052] 走行コントローラ 20 は、ダンプトラック 2 の位置が走行経路 RP と重なる、すなわち、ダンプトラック 2 が走行経路 RP に従って走行するように、ダンプトラック 2 のアクセル、制動装置 23 B、及び操舵装置 2 S 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

ンプトラック 2 を走行経路 R P 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。

[0053] 図 2 に示すように、位置計測コントローラ 33 は、判定部 33 A と、照合航法位置演算部 33 B と、マップデータ作成部 33 C と、記憶部 33 D と、更新部 33 E と、位置データ取得部 33 F と、統合マップデータ算出部 33 G とを備える。

[0054] 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。

[0055] 位置計測コントローラ 33 は、ダンプトラック 2 が走行経路 R P を走行する際に、GPS 受信器 31 で検出されるダンプトラック 2 の位置データと、レーザセンサ 24 B で検出される走行経路 R P の外側の土手 B K の位置データとに基づいて、土手 B K の位置データを含む走行経路 R P のマップデータ M I を作成し、マップ保存用データベース 36 に記憶する。

[0056] 判定部 33 A は、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置の検出精度が所定精度を超えているか否か、つまり GPS 位置の検出精度が高精度か否かを判定する。判定部 33 A は、GPS 位置の解が F i x 解であるか否かを判定する。GPS 位置の解が F i x 解である場合、判定部 33 A は、検出したダンプトラック 2 の GPS 位置の検出精度が高精度であると判定する。GPS 位置の解が F l o a t 解である場合、S i n g l e 解である場合、又は GPS 位置が非測位である場合、判定部 33 A は、検出したダンプトラック 2 の GPS 位置の検出精度が低精度であると判定する。なお、所定精度は、ダンプトラック 2 が、後述する推測航法により走行経路 R P 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。

[0057] マップデータ作成部33Cは、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の検出精度が所定精度を超えている（つまり高精度である）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M1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が検出したダンプトラック2の位置及び方位と、レーザセンサ24Bの検出結果とを統合し、統合したデータから土手BK以外の検出結果を削除して、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M1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、各グリッドGRに土手BKが存在するか否かを示す。マップデータM1の各グリッドGRは、土手BKが存在するか否か、すなわち、「0」か「1」かのバイナリデータ（1ビットデータ）を含む。図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M1の各グリッドGRは、土手BKが有ると「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。

[0058] 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M1として記憶する。マップ保存用データベース36は、第1通信線35と接続される。マップ保存用データベース36は、ROM (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位置の検出精度が所定精度を超えていると判定部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M1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M1として記憶する。実施形態1において、マップ保存用データベース36に記憶されるマップデータM1は、マップデータ作成部33Cが検出する度に上書きされるが、これに限定されない。

[0059] 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。

[0060] 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M1の少なくとも一部を記憶部33Dに読み込ませる。

[0061] 統合マップデータ算出部33G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に記憶されているマップデータM1と、記憶部33Dに記憶されているマップデータM1とを統合して、統合マップデータを算出する。

[0062] 照合航法演算部33Bは、GPS受信器31が検出したダンブトラック2のGPS位置の検出精度が所定精度を超えている（つまり高精度である）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、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M1に基づいて、ダンブトラック2の位置及び方位を算出する。

[0063] 位置データ取得部33Fは、ダンブトラック2の絶対位置を示す位置データを取得する。ダンブトラック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、ダンブトラック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 38 により座標が変換された検出結果から各種のノイズ、地表から所定高さ以下の検出結果、及び自車両以外の鉱山機械 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、ダンプトラック 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プトラック 2 を制御して、ダンプトラック 2 が物体に衝突することを回避する。

[0067] また、走行コントローラ 20 は、判定部 33A が GPS 位置の解が Floating 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 M1 との推定精度及び信頼度が所定値及び所定の信頼度よりも低いレーザセンサ 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] <ダンプトラック 2 の走行モード>

次に、実施形態 1 に係るダンプトラック 2 の走行モードの一例について説明する。図 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 S T 4 のフローチャートの一例である。図 8 は、図 6 のステップ S T 6 のフローチャートの一例である。

[0069] 走行経路 R P に従ってダンプトラック 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、ダンプトラック 2 の走行経路作成装置 32 及び位置計測コントローラ 33 に指令信号を送信する。指令信号は、ダンプトラック 2 の走行条件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プトラック 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、自車両であるダンプトラック 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、ダンプトラック 2 のアクセル、制動装置 23B、及び操舵装置 2S を制御して、ダンプトラック 2 の走行を制御する。

[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 R P に従ってダンプトラック 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プトラック 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プト

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 M 1 と非接触センサ 2 4 の検出データとに基づいてダンプロック 2 の絶対位置を示す位置データを算出し、算出されたダンプロック 2 の位置データに基づいてダンプロック 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、ダンプロック 2 の位置データは、照合航法演算部 3 3 B において算出される。照合航法走行モードでダンプロック 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 M 1 がマップ保存用データベース 3 6 に記憶される。

[0071] 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（ダンプロック 2）の現在位置を推測する航法をいう。ダンプロック 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。

[0072] 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ロック 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ロック 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。

[0073] 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誤差が生じる可能性がある。その結果、ダンプトラック 2 は、処理装置 12 によって生成されたコースデータから外れて走行してしまう可能性がある。実施形態 1 において、走行コントローラ 20 は、推測航法により導出（推測）されたダンプトラック 2 の位置（推測位置）を、GPS 受信器 31 により検出された GPS 位置データ又は照合航法演算部 33B 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。

[0074] 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。

[0075] 走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 からの検出信号と、速度センサ 27 からの検出信号と、GPS 受信器 31 からの GPS 位置又は照合航法演算部 33B 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 RP に従って走行するように、ダンプトラック 2 の位置を補正する補正量を含む、ダンプトラック 2 の走行に関する制御量を算出する。走行コントローラ 20 は、ダンプトラック 2 が走行経路 RP 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。

[0076] 制御システム 30 の走行コントローラ 20 は、GPS 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置に基づいて、走行経路 RP に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 ST1 を実行する。実施形態 1 において、走行コントローラ 20 は、管理装置 10 の処理装置 12 により生成されたコースデータ、及び処理装置 12 で設定された走行速度（目標走行速度）を含む走行条件データに従って、積込場 LPA、排土場 DPA、及び搬送路 HL 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。

[0077] 次に、位置計測コントローラ33の判定部33Aは、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の検出精度が所定精度を超えているか否かを判定するステップST2を実行する。すなわち、ステップST2において、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位置の検出精度が高精度であると判定する（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M1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M1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M1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M1にノイズが混入して、地図情報M1の精度が低下するかもしれないためである。

[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M1の精度を低下させる状態でないとして判定した場合（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M1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位置の検出精度が高精度であると判定すると、GPS受信器31が検出

したダンプロック 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ロック 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 M1 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）。

[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。

[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 M1 としてマップ保存用データベース 36 に記憶する（ステップ 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 が検出したダンプロック 2 の GPS 位置の検出精度が高精度であり、かつ、速度センサ 27 が、ダンプロック 2 が停車していないことを検出している間、すなわち、ダンプロック 2 の状態がマップデータ M1 の精度を低下させる状態で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 M1 として記憶することを継続する。

[0081] 位置計測コントローラ33の判定部33Aが、ダンプロック2が停車していると判定、すなわち、ダンプロック2の状態がマップデータM1の精度を低下させる状態であると判定する（ステップST3：Yes）と、マップデータM1の記憶を休止して（ステップST10）、ステップST1に戻る。このように、位置計測コントローラ33のROM（外部記憶装置）333は、コンピュータである位置計測コントローラ33にステップST3とステップST4とステップST10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30は、判定部33Aがダンプロック2の状態がマップデータM1の精度を低下させる状態であると判定すると（ステップST3：Yes）と、マップデータM1の記憶を休止して（ステップST10）、ステップST1に戻ることにより、マップ保存用データベース36は、速度センサ27が、ダンプロック2が停車したことを検出している間、すなわち、ダンプロック2の状態がマップデータM1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RPのマップデータM1の記憶を休止する。

[0082] また、位置計測コントローラ33の判定部33Aは、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解でないと判定する、すなわち、GPS受信器31が検出したダンプロック2のGPS位置の検出精度が高精度でないと判定する（ステップST2：No）と、ダンプロック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、グリッドマップ作成部33C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に記憶された位置計測精度を低下させるか否かを判定する（ステップST5）。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ロック2の走行速度が零であるか否か、すなわち、ダンプロック2の状態が位置計測精度を低下させる状態であるダンプロック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ロック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24Bの検出

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

[0083] 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 の状態が位置計測精度を低下させる状態でないと判定した場合（ステップ ST5 : No）、照合航法演算部 33B は、レーザセンサ 24B の検出データと、マップ保存用データベース 36 に記憶され記憶部 33D に読み込まれたマップデータ M1 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 RP に従ってダンプトラック 2 を照合航法走行させる（ステップ ST6）。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 位置の検出精度が高精度でないと判定すると、レーザセンサ 24B の検出結果とマップ保存用データベース 36 が記憶したマップデータ M1 とを照合することにより、ダンプトラック 2 の位置及び方位を検出する。

[0084] 具体的には、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 座標の位置に変換する（ステップ ST61）。観測点利用可能判断部 39 は、観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果から土手 BK に関する検出結果を抜き出す（ステップ ST62）。なお、ステップ ST61 は、ステップ ST41 と同じ処理であり、ステップ ST62 は、ステップ ST42 と同じ処理であるので、詳細な説明を省略する。

[0085] 照合航法演算部 33B は、観測点利用可能判断部 39 によりノイズが除去された検出結果をアイソレーションフィルタ（Isolation Filter）に通して、検出結果を間引きする（ステップ ST63）。具体的には、照合航法演算部 33B は、観測点利用可能判断部 39 によりノイズが除去された検出結果のうち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 ST63 の処理により、レーザセンサ 24B の検出結果を 5～6 分の 1 程度に削減することができる。

[0086] 照合航法演算部 33B は、ジャイロセンサ 26 の検出データ、速度センサ 27 の検出データ、レーザセンサ 24B の検出データ、及びマップ保存用データベース 36 に記憶され記憶部 33D に読み込まれたマップデータ M1 をパーティクルフィルタ PF 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 ST64）。算出した複数の位置及び方位は、ステップ ST6 を次に実行される際に、ステップ ST641 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。

[0087] また、照合航法演算部 33B 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 24B が故障中に検出された検出結果から検出されたもの、ジャイロセンサ 26 が故障中に検出された検出結果から検出されたもの、所定数よりも少ないレーザセンサ 24B の検出結果から検出されたもの、信頼度が所定の信頼度よりも低い、尤度が所定値よりも低い、推定精度が所定値よりも低い、推測航法によ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 M1 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 ST1）を実行し、位置計測コントローラ 33 がダンブトラック 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 ST1、ステップ ST2、ステップ ST5、及びステップ ST6 を実行することで、GPS 受信器 31 が検出したダンブトラック 2 の GPS 位置の検出精度が高精度ではなく、かつ、速度センサ 27 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 の検出結果とマップ保存用データベース 36 が記憶した走行経路 RP のマップデータ M1 とを照合することによりダンブトラック 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 20 は、位置計測コントローラ 33 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 RP に従ってダンブトラック 2 を走行させる。

[0088] 位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A がダンプトラック 2 が停車していると判定、すなわち、ダンプトラック 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 33 A がダンプトラック 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 33 は、速度センサ 27 が、ダンプトラック 2 が停車したことを検出している間、すなわち、ダンプトラック 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 24 B の検出結果とマップ保存用データベース 36 が記憶した走行経路 R P のマップデータ M I とを照合することにより、ダンプトラック 2 の位置及び方位を検出することを休止する。

[0089] <マップデータの管理及び構築>

上述したように、ダンプトラック 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プトラック 2 の位置が、G P S 受信器 31 により検出された G P S 位置又は照合航法位置演算部 33 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 31 により検出された検出データである G P S 位置を使ってダンプトラック 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 33 B により推測された絶対位置を使ってダンプトラック 2 の走行を制御することを適宜、照合航法走行、と称する。

[0090] ダンプトラック 2 は、ダンプトラック 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 31 と、ダンプトラック 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 24 B とを備えている。マップデータ作成部 33 C は、G P S 受信器 31 の検出データとレーザセンサ 24 B の検出データとに基づいて、ダンプトラック 2 の作業現場である鉱山のマップデータ M I を作成する。本実施形態において、マップデータ作成部 33 C は、G P S 受信器 31 の検出データとレーザセンサ 24 B の検出データとに基づいて、土手 B

Kを含む鉱山の走行経路R PのマップデータM I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は、一旦、作業領域である記憶部33Dに記憶された後、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のGPS位置検出精度が所定精度を超えた高精度のときに実施される。

[0091] マップデータ作成処理は、任意のタイミングで実施され、そのマップ作成処理において作成されたマップデータは、マップ保存用データベース36に蓄積される。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、過去の所定期間において作成された古いマップデータM Iは、採掘現場の現況地形と異なる可能性が高い。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M Iが現状の採掘現場の状態から乖離することを抑制するため、マップデータ作成処理は、異なる複数の所定期間のそれぞれにおいて実施される。

[0092] 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M Iのデータ量は膨大となる。異なる複数の期間のそれぞれにおいて作成された複数のマップデータM Iがマップ保存用データベース36に蓄積される状態を放置しておくと、マップ保存用データベース36に記憶されるデータ量は膨大となり、マップ保存用データベース36を大容量化する必要が生じてしまう。

[0093] 実施形態1においては、過去の所定期間において取得されたGPS受信器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で作成された過去マップデータがマップ保存用データベース36に記憶され、現在においてGPS受信器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ている現在マップデータが作業領域である記憶部33Dに記憶されている場合において、統合マップデータ算出部33Gは、マップ保存用データベース36に記憶されている過去マップデータと記憶部33Dに記憶されている現在マップデータとを統合して統合マップデータを算出する。照合航法走行において、算出された統合マッ

プデータは、記憶部 33D に読み込まれる。照合航法走行において、照合航法位置演算部 33B は、記憶部 33D に読み込まれた統合マップデータと、レーザセンサ 24B の検出データとを照合して、ダンプロック 2 の絶対位置を算出する。走行制御部として機能する走行コントローラ 20 は、照合航法位置演算部 33B で算出されたダンプロック 2 の絶対位置と、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、ダンプロック 2 が設定されたコースデータに従って走行するように、ダンプロック 2 の走行を制御する。

[0094] また、実施形態 1 においては、異なる過去の複数の所定期間のそれぞれにおいてマップデータ作成処理が実施され、マップ保存用データベース 36 に複数の過去マップデータが記憶されている場合において、記憶部 33D に記憶されている現在マップデータがマップ保存用データベース 36 に記憶されるとき、マップ保存用データベース 36 に記憶されている複数の過去マップデータのうち少なくとも 1 つの過去マップデータが消去される。

[0095] 図 9 は、鉱山の採掘現場の所定エリアの一例を示す図である。図 9 に示すように、所定エリアには、積込場 LPA、排土場 DPA、複数の搬送路 HL、及び複数の交差点 IL を含むダンプロック 2 が走行可能な稼働エリア KP が設定される。所定エリアの外形は、実質的に四角形である。所定エリアのマップデータ MI を作成する場合、ダンプロック 2 は、所定エリアの稼働エリア KP を走行する。

[0096] 図 10 は、実施形態 1 に係るマップデータ MI の管理及び構築方法の一例を示すフローチャートである。図 11 は、位置計測コントローラ 33 の動作を説明するための模式図である。図 12 は、統合マップデータを作成する処理を説明するための模式図である。

[0097] マップ保存用データベース 36 には、異なる過去の複数の所定期間のそれぞれにおいて作成された複数の過去マップデータが記憶されている。図 11 及び図 12 に示す例では、3 つの過去マップデータ（過去マップデータ 1、過去マップデータ 2、及び過去マップデータ 3）が記憶されている。マップ

保存用データベース 36 において、複数の過去マップデータのそれぞれは、所定期間と関連付けられた時刻データとともにファイル化され、管理される。

[0098] 過去マップデータ 1 と過去マップデータ 2 と過去マップデータ 3 とは、鉱山の作業現場である採掘現場の同一の所定エリアにおけるマップデータである。実施形態 1 においては、過去マップデータ 1、過去マップデータ 2、及び過去マップデータ 3 のうち、過去マップデータ 3 が、最も古いデータ（最も過去の期間に作成されたデータ）であり、過去マップデータ 1 が、最も新しいデータ（最も新しい期間に作成されたデータ）であり、過去マップデータ 2 が、過去マップデータ 1 が作成された期間と過去マップデータ 3 が作成された期間との間の期間に作成されたデータであることとする。

[0099] ダンプトラック 2 の走行が開始され、マップファイル作成処理が開始される。ダンプトラック 2 の絶対位置が GPS 受信器 31 によって検出されつつ、レーザセンサ 24 B が走行経路 RP の傍らの土手 BK を検出する。マップデータ作成部 33 C は、GPS 受信器 31 の検出データとレーザセンサ 24 B の検出データとに基づいて、所定エリアのマップデータを作成する。図 1 に示すように、作成中の現在マップデータは、位置計測コントローラ 33 の作業領域である記憶部（RAM）33 D に記憶される（ステップ ST70）。

[0100] 更新部 33 E 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 に記憶されている過去マップデータ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 ST71）。すなわち、更新部 33 E は、マップ保存用データベース 36 に保存されている過去マップデータ 1、過去マップデータ 2、及び過去マップデータ 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。

[0101] ステップ ST71 において、作成されてからの経過時間が規定時間を超えている過去マップデータが存在すると判定された場合（ステップ ST71 :

Yes)、更新部33Eは、記憶部33Dに記憶されている作成中の現在マップデータを、最新の過去マップデータとして、マップ保存用データベース36に記憶させる(ステップST72)。

[0102] 更新部33Eは、記憶部33Dの現在マップデータがマップ保存用データベース36に記憶されるとき、マップ保存用データベース36に記憶されている複数の過去マップデータのうち少なくとも1つの過去マップデータを消去する(ステップST73)。実施形態1においては、更新部33Eは、マップ保存用データベース36に記憶される現在マップデータのデータ数及び過去マップデータのデータ数の和が規定値を超えると、マップ保存用データベース36に記憶されている複数の過去マップデータのうち少なくとも1つの過去マップデータを消去して、現在マップデータをマップ保存用データベース36に記憶させる。実施形態1においては、マップ保存用データベース36に記憶されている過去マップデータ1、過去マップデータ2、及び過去マップデータ3のうち、最も古い過去マップデータ3が消去される。

[0103] ステップST71において、作成されてからの経過時間が規定時間を超えている過去マップデータが存在しないと判定された場合(ステップST71:No)、又はステップST73の処理が終了した場合、判定部33Aにより、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の検出精度が高精度か否かが判定される(ステップST74)。

[0104] ステップST74において、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の検出精度が高精度である(Fix解である)と判定された場合(ステップST74:Yes)、マップデータ作成処理が継続される。記憶部33Dに記憶される作成中の現在マップデータは、逐次更新される(ステップST75)。

[0105] ステップST74において、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置の検出精度が高精度でない(Fix解でない)と判定された場合(ステップST74:No)、照合航法走行が実施される。

[0106] 照合航法走行において、統合マップデータ算出部33Gは、マップ保存用

データベース 36 に記憶されている過去マップデータと記憶部 33D に記憶されている現在マップデータとを統合して統合マップデータを算出する（ステップ S T 76）。図 11 に示すように、マップ保存用データベース 36 に過去マップデータ 1、過去マップデータ 2、及び過去マップデータ 3 が記憶され、記憶部 33D に現在マップデータが記憶されている場合、統合マップデータ算出部 33G は、現在マップデータと、過去マップデータ 1 と、過去マップデータ 2 と、過去マップデータ 3 とを統合する。

[0107] 上述したように、マップデータは、複数のグリッド GR によって規定される。マップデータの各グリッド GR は、土手 BK の有無を示すバイナリデータ（1 ビットデータ）を含む。実施形態 1 において、過去マップデータと現在マップデータとの統合は、過去マップデータにおける鉱山の所定エリアの特定位置を示すグリッド GR のバイナリデータと、現在マップデータにおける鉱山の所定エリアの特定位置を示すグリッド GR のバイナリデータとの論理和を算出することを含む。

[0108] 図 12 は、現在マップデータと過去マップデータと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。現在マップデータ、過去マップデータ 1、過去マップデータ 2、及び過去マップデータ 3 はそれぞれ、複数のグリッド GR で規定されている。複数のグリッド GR のそれぞれに X Y 座標系における座標データが与えられている。グリッド GR の座標データは、グローバル座標系における絶対位置を示す。現在マップデータと過去マップデータ 1 と過去マップデータ 2 と過去マップデータ 3 とは、同一の所定エリアのマップデータである。したがって、例えば、現在マップデータの座標データ（ x_1 、 y_1 ）と、過去マップデータ 1 の座標データ（ x_1 、 y_1 ）と、過去マップデータ 2 の座標データ（ x_1 、 y_1 ）と、過去マップデータ 3 の座標データ（ x_1 、 y_1 ）とは、同一の位置を示す。また、各マップデータの各座標データは、土手 BK の有無を示すバイナリデータ（1 ビットデータ）を含む。

[0109] 一例として、現在マップデータは、座標データ（ x_3 、 y_1 ）、（ x_2 、

y 2)、(x 2、y 3)、(x 3、y 4)、(x 3、y 5)に土手BKが存在することを示すバイナリデータを含む。過去マップデータ1は、座標データ(x 2、y 1)(x 2、y 2)、(x 3、y 3)、(x 3、y 4)、(x 3、y 5)に土手BKが存在することを示すバイナリデータを含む。過去マップデータ2は、座標データ(x 2、y 1)、(x 2、y 2)、(x 2、y 3)、(x 3、y 4)、(x 3、y 5)に土手BKが存在することを示すバイナリデータを含む。過去マップデータ3は、座標データ(x 3、y 1)、(x 2、y 2)、(x 3、y 3)、(x 3、y 4)、(x 3、y 5)に土手BKが存在することを示すバイナリデータを含む。

[0110] 現在マップデータと過去マップデータ1と過去マップデータ2と過去マップデータ3との論理和は、同一の位置を示す座標データの論理和である。したがって、図12に示すように、現在マップデータと過去マップデータ1と過去マップデータ2と過去マップデータ3との論理和を示す統合マップデータは、座標データ(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BKが存在することを示すバイナリデータを含む。

[0111] 現在マップデータと過去マップデータ1と過去マップデータ2と過去マップデータ3との論理和を示す統合マップデータが作成された後、位置演算部33Bは、統合マップデータ(論理和)とレーザセンサ24Bの検出データとを照合して、所定エリアにおけるダンプロック2の絶対位置を算出する。走行コントローラ20は、位置演算部33Bで算出されたダンプロック2の位置と設定されたコースデータとに基づいて、ダンプロック2を照航法走行させる(ステップST77)。

[0112] <作用及び効果>

以上説明したように、実施形態1によれば、過去の所定期間において作成された過去マップデータがマップ保存用データベース36に記憶され、照航法走行におけるダンプロック2の絶対位置の算出において参照するマップデータとして、マップ保存用データベース36に記憶されている過去マッ

プデータとリアルタイムで作成中の記憶部 33D に記憶されている現在マップデータとを統合した統合マップデータを使用するようにしたので、採掘現場の状態の変化に応じた適切なマップデータを作成して、照合航法走行に使用することができる。

[0113] また、実施形態 1 によれば、同一の所定エリアを示す現在マップデータと過去マップデータとの論理和が算出される。これにより、統合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。

[0114] また、鉱山においては採掘作業が実施され、積込場 LPA の位置又は形状、排土場 DPA の位置又は形状、及び搬送路 HL の位置又は形状が日々変化する。そのため、古いマップデータは、現状の採掘現場の状態から乖離する可能性が高い。実施形態 1 によれば、現在において作成され記憶部 33D に記憶されている現在マップデータがマップ保存用データベース 36 に記憶されるとき、マップ保存用データベース 36 に記憶されている複数の過去マップデータのうち最も古い過去マップデータが消去される、そのため、マップ保存用データベース 36 に記憶される過去マップデータと現状の採掘現場の状態とが乖離することが抑制される。

[0115] また、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。膨大なデータ量のマップデータを管理する場合、大容量のマップ保存用データベース 36 が必要となってしまう。実施形態 1 によれば、古い過去マップデータがマップ保存用データベース 36 から消去されるので、最新の過去マップデータを残しつつ、マップ保存用データベース 36 に記憶されるデータ量の膨大化を抑制することができる。

[0116] なお、実施形態 1 において、異なる過去の複数の所定期間のそれぞれにおいて作成された複数の過去マップデータがマップ保存用データベース 36 に記憶されている場合、最も古い過去マップデータを消去しなくてもよい。例えば、複数の過去マップデータのうち、最も信頼性が低いと評価された過去マップデータが消去されてもよい。例えば、ダンプトラック 2 が走行経路 RP においてスリップした状態で作成されるマップデータは、信頼性が低いと

考えられる。マップデータ作成処理においてダンプトラック 2 のスリップの有無データをマップデータと同時に取得することにより、マップデータの信頼性を評価することができる。

[0117] <その他の実施形態>

なお、上述の各実施形態においては、図 13 の模式図に示すように、マップ保存用データベース 36 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 36 において、マップデータ作成処理で作成された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 14 の模式図に示すように、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 36 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 11 に設けられてもよい。例えば、コンピュータ 11 の記憶装置 13 の外部記憶装置が、マップ保存用データベース 36 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マップデータ（過去マップデータ）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 11 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 11 の記憶装置 13 の外部記憶装置に記憶されている過去マップデータと、現在作成中の現在マップデータとが統合されて統合マップデータが作成される。

[0118] 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 24 のうちレーザセンサ 24 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 24 のうちレーダ 24 A の検出データが用いられてもよい。なお、非接触センサ 24 は、ダンプトラック 2 の周囲の物体との相対位置を計測可能な測距センサであればよい。例えば、非接触センサ 24 として、ダンプトラック 2 の周囲の物体の光学像を取得するカメラが用いられてもよい。

[0119] なお、上述の各実施形態において、複数の過去マップデータのそれぞれは、所定エリアを分割した分割エリアの位置データを含んでもよい。また、上

述の各実施形態においては、マップデータが所定エリア全体を示すこととしたが、所定エリアを分割した分割エリア毎にマップデータの作成、記憶、及び統合などの管理が実施されてもよい。

[0120] 上述した各実施形態の構成要件は、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものを含む。また、上述した各実施形態の構成要件は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。

符号の説明

- [0121] 1 管理システム
- 2 ダンプトラック（鉱山機械）
- 2 E 内燃機関
- 2 G 発電機
- 2 S 操舵装置
- 3 他の鉱山機械
- 4 鉱山機械
- 5 測位衛星
- 6 中継器
- 7 管制施設
- 9 通信システム
- 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
- 13 B 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

- 1 8 A アンテナ
- 1 9 G P S 基地局
- 1 9 A アンテナ
- 1 9 B 送受信装置
- 1 9 C アンテナ
- 2 0 走行コントローラ（走行制御部）
- 2 1 車両本体
- 2 2 ベッセル
- 2 3 車輪
- 2 3 B 制動装置
- 2 3 F 前輪
- 2 3 M 電動機
- 2 3 R 後輪
- 2 4 非接触センサ
- 2 4 A レーダ
- 2 4 B レーザセンサ
- 2 6 ジャイロセンサ
- 2 7 速度センサ
- 2 9 インターフェース
- 3 0 制御システム
- 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

- 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
- 3 3 F 位置データ取得部
- 3 3 G 統合マップデータ算出部
- 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 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
- 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
- 3 3 5 外部記憶装置（第 1 記憶部）
- B K 土手
- C R 破碎機
- D P A 排土場

G R グリッド

H L 搬送路

I A H 照射エリア

I A V 照射エリア

I S 交差点

K F カルマンフィルタ

L P A 積込場

M I マップデータ

M I f 特定マップデータ

M I m 管理マップデータ

M I p 分割マップデータ

R P 走行経路

請求の範囲

[請求項1]

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、作業現場のマップを示すマップデータを作成するマップデータ作成部と、
過去の所定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前記マップデータ作成部で作成された過去マップデータを記憶する第1記憶部と、
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マップデータ作成部で作成された現在マップデータを記憶する第2記憶部と、
前記第1記憶部に記憶されている前記過去マップデータと前記第2記憶部に記憶されている前記現在マップデータとを統合して統合マップデータを算出する統合マップデータ算出部と、
前記統合マップデータ算出部が算出した前記統合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]

前記過去マップデータ及び前記現在マップデータはそれぞれ、複数のグリッドによって規定され、
前記グリッドは、前記物体の有無を示すバイナリデータを含み、
前記過去マップデータと前記現在マップデータとの統合は、前記過去マップデータにおける前記作業現場の特定位置を示す前記グリッドのバイナリデータと、前記現在マップデータにおける前記作業現場の前記特定位置を示すグリッドのバイナリデータとの論理和を算出することを含む、

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

[請求項3] 前記過去マップデータは、異なる過去の複数の前記所定期間のそれぞれにおいて作成された複数の過去マップデータを含み、

前記現在マップデータが前記第 1 記憶部に記憶されるとき、前記第 1 記憶部に記憶されている複数の前記過去マップデータのうち少なくとも 1 つの過去マップデータが消去される、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の作業機械の制御システム。

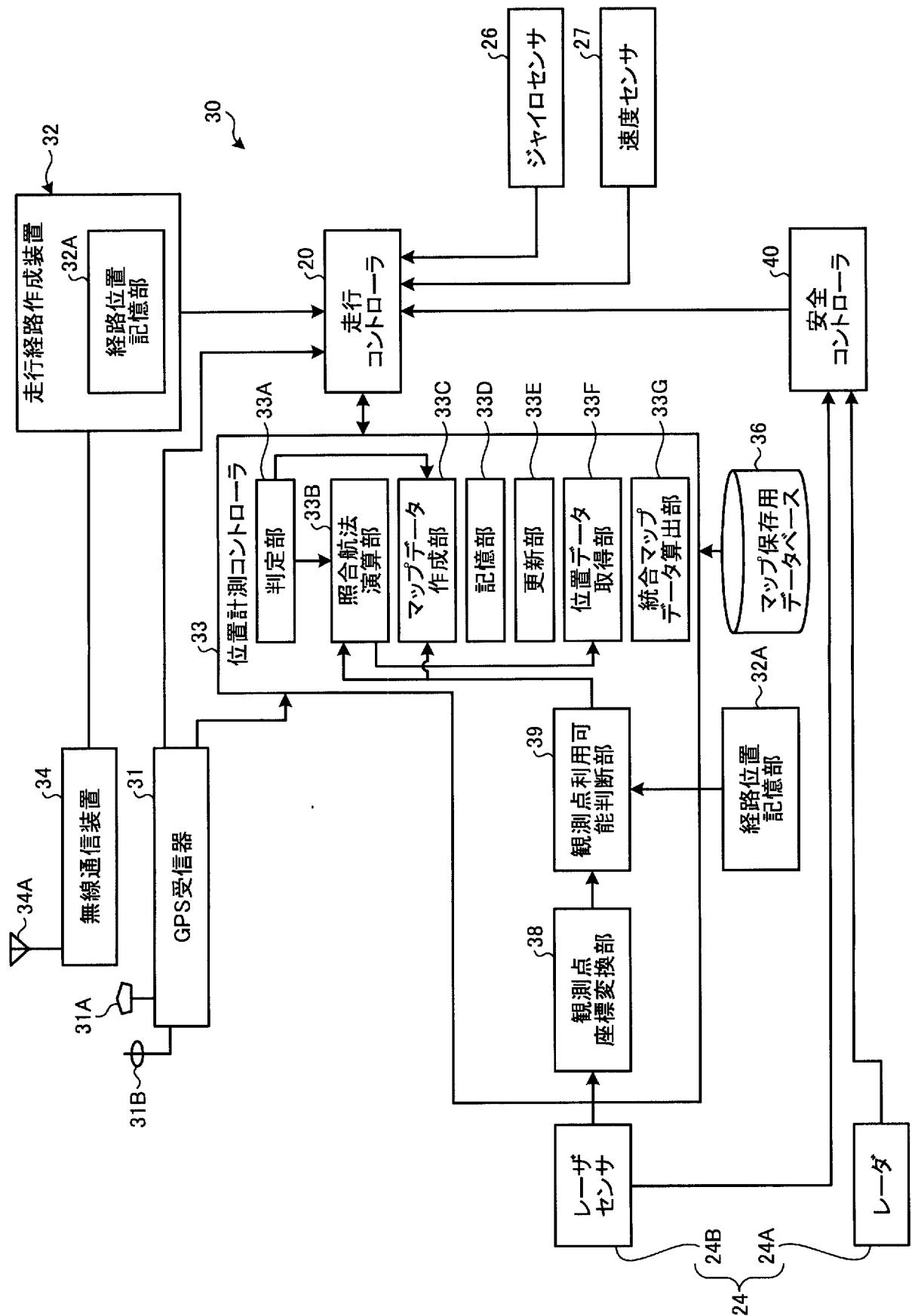
[請求項4] 前記第 1 記憶部に記憶される現在マップデータのデータ数及び過去マップデータのデータ数の和が規定値を超えると、前記第 1 記憶部に記憶されている複数の前記過去マップデータのうち少なくとも 1 つの過去マップデータを消去して、前記現在マップデータを前記第 1 記憶部に記憶させる更新部を備える、

請求項 3 に記載の作業機械の制御システム。

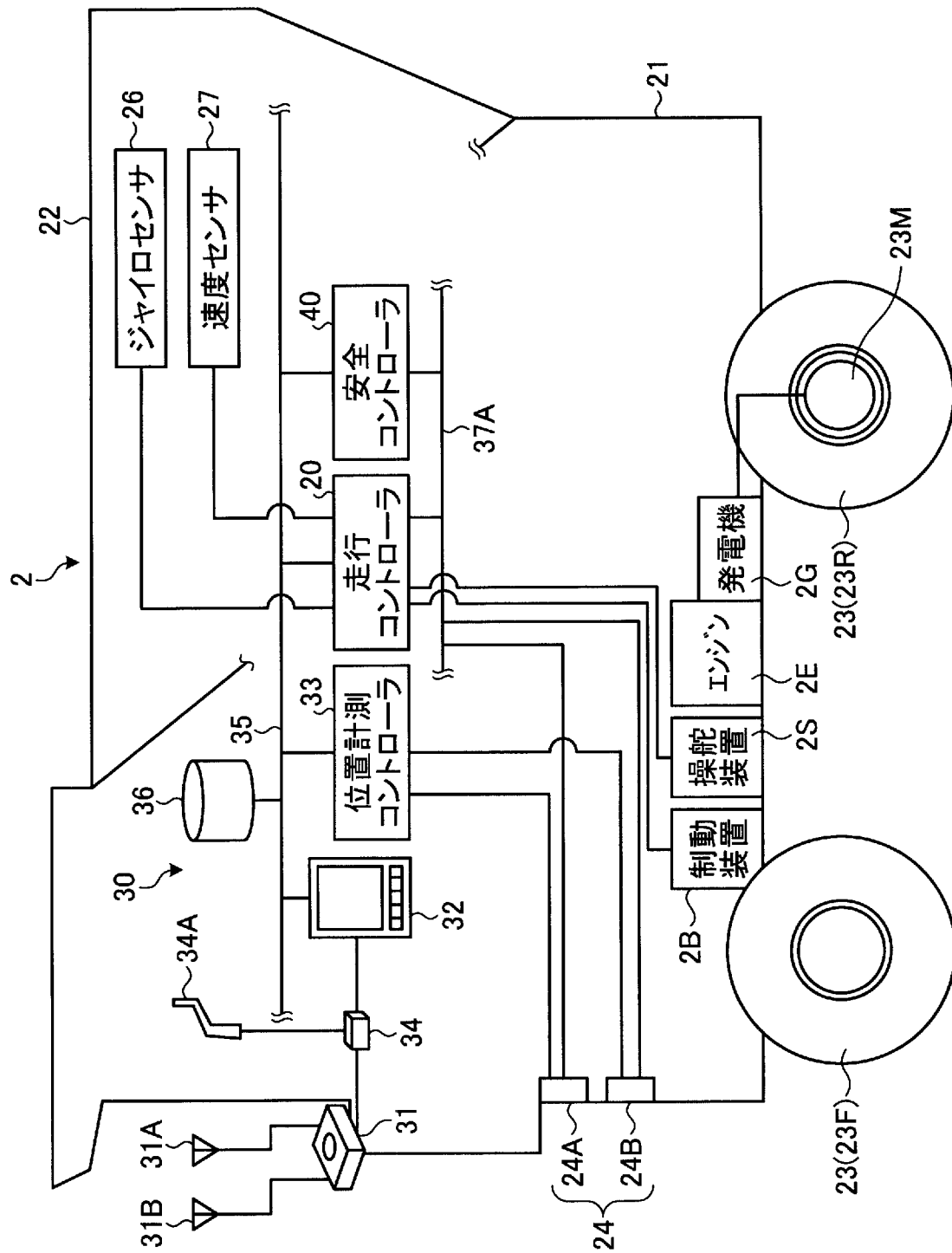
[請求項5] 請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の作業機械の制御システムを備える作業機械。

[請求項6] 請求項 5 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。

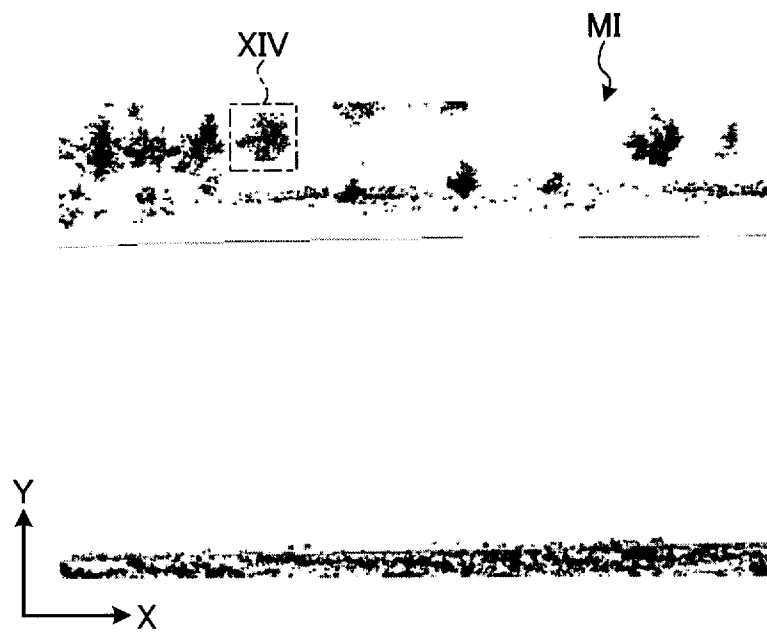
[図2]



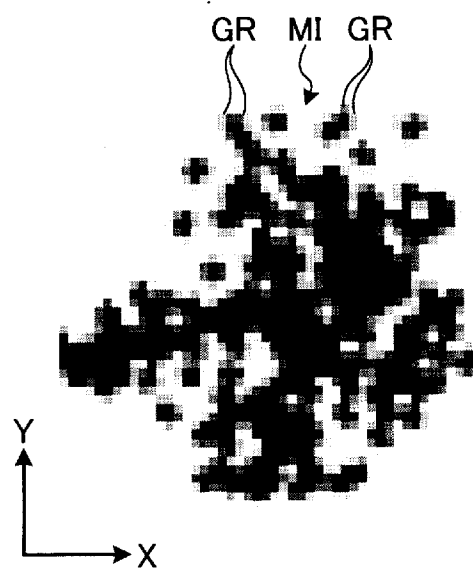
[図3]



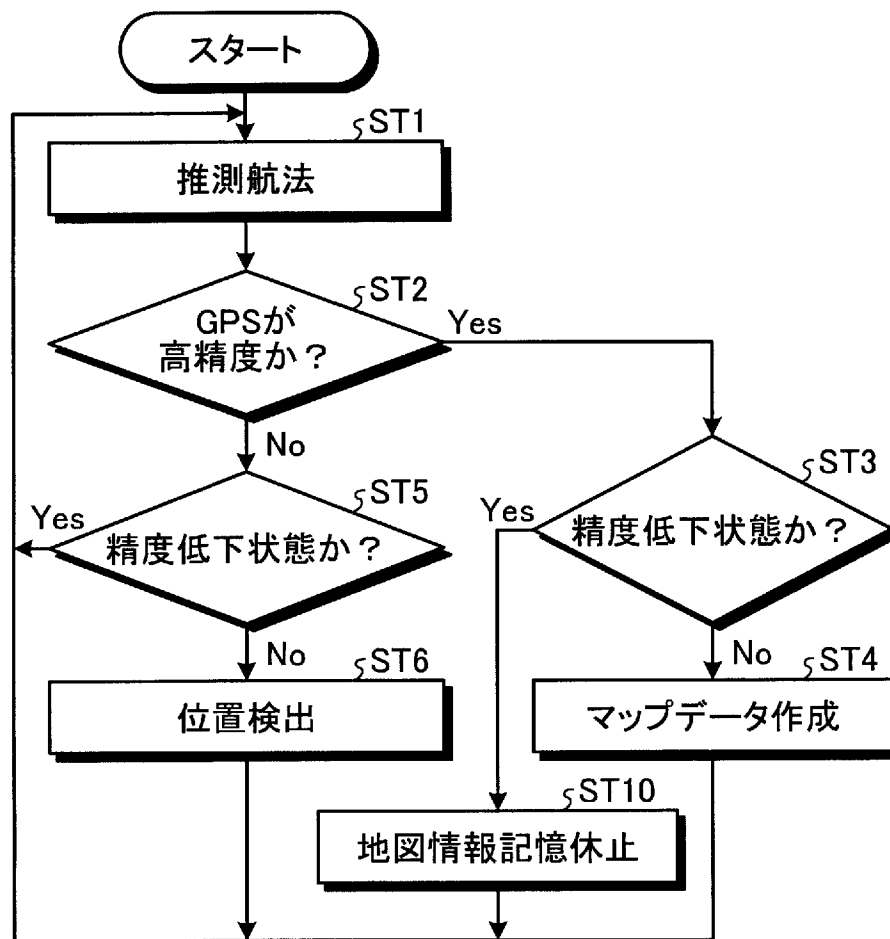
[図4]



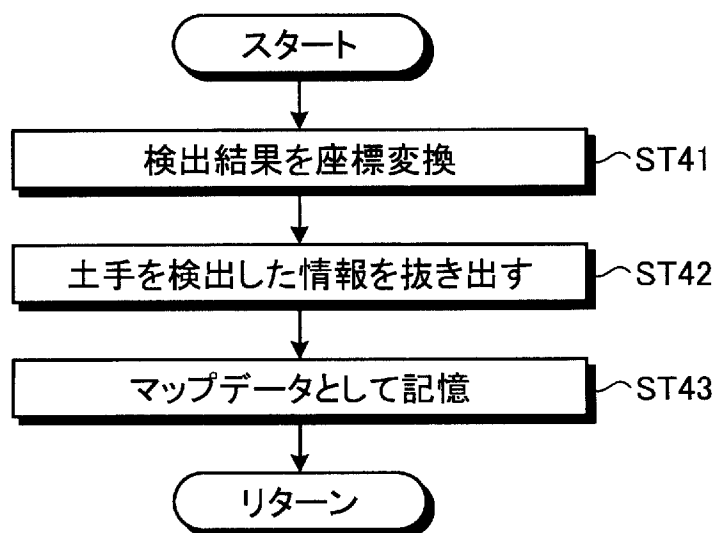
[図5]



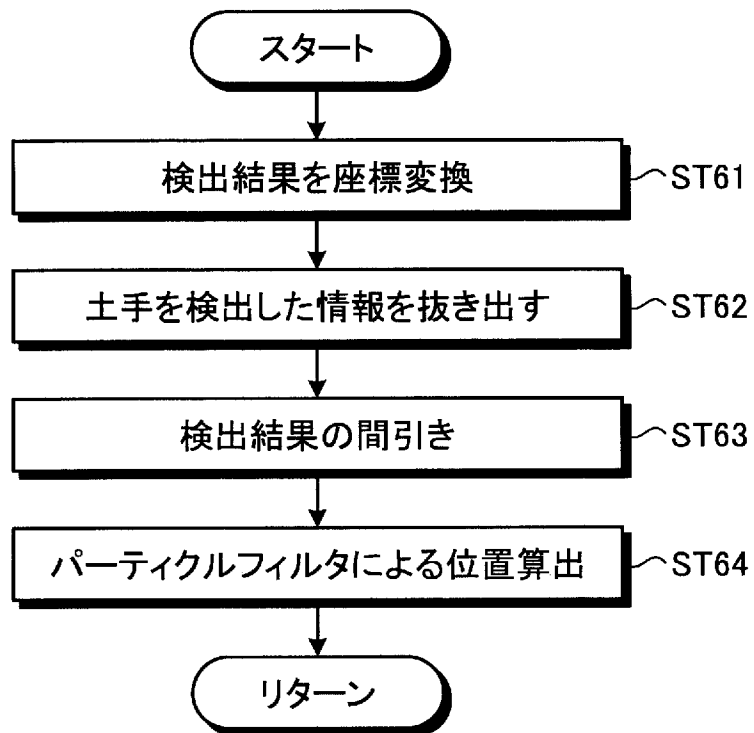
[図6]



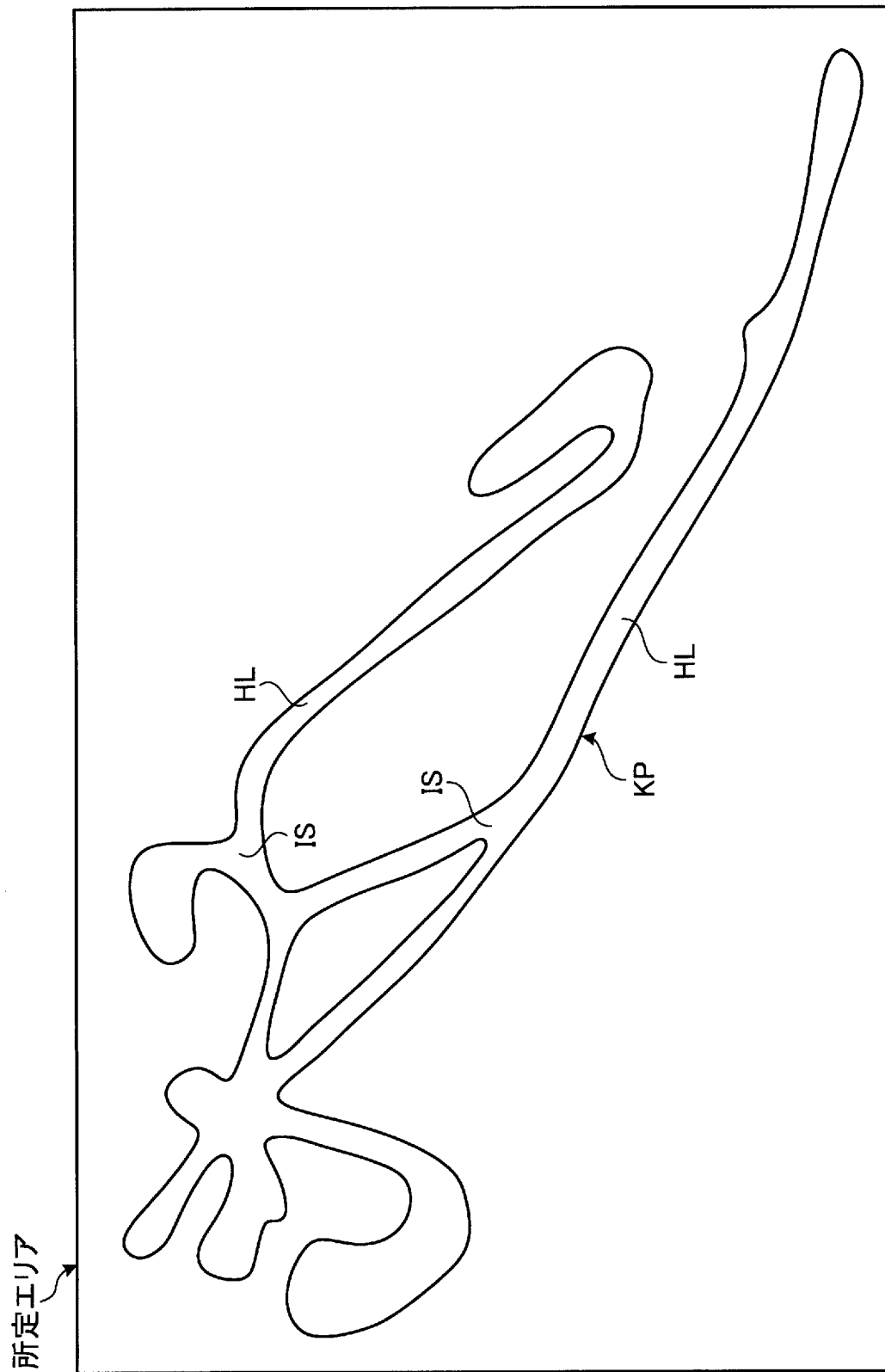
[図7]



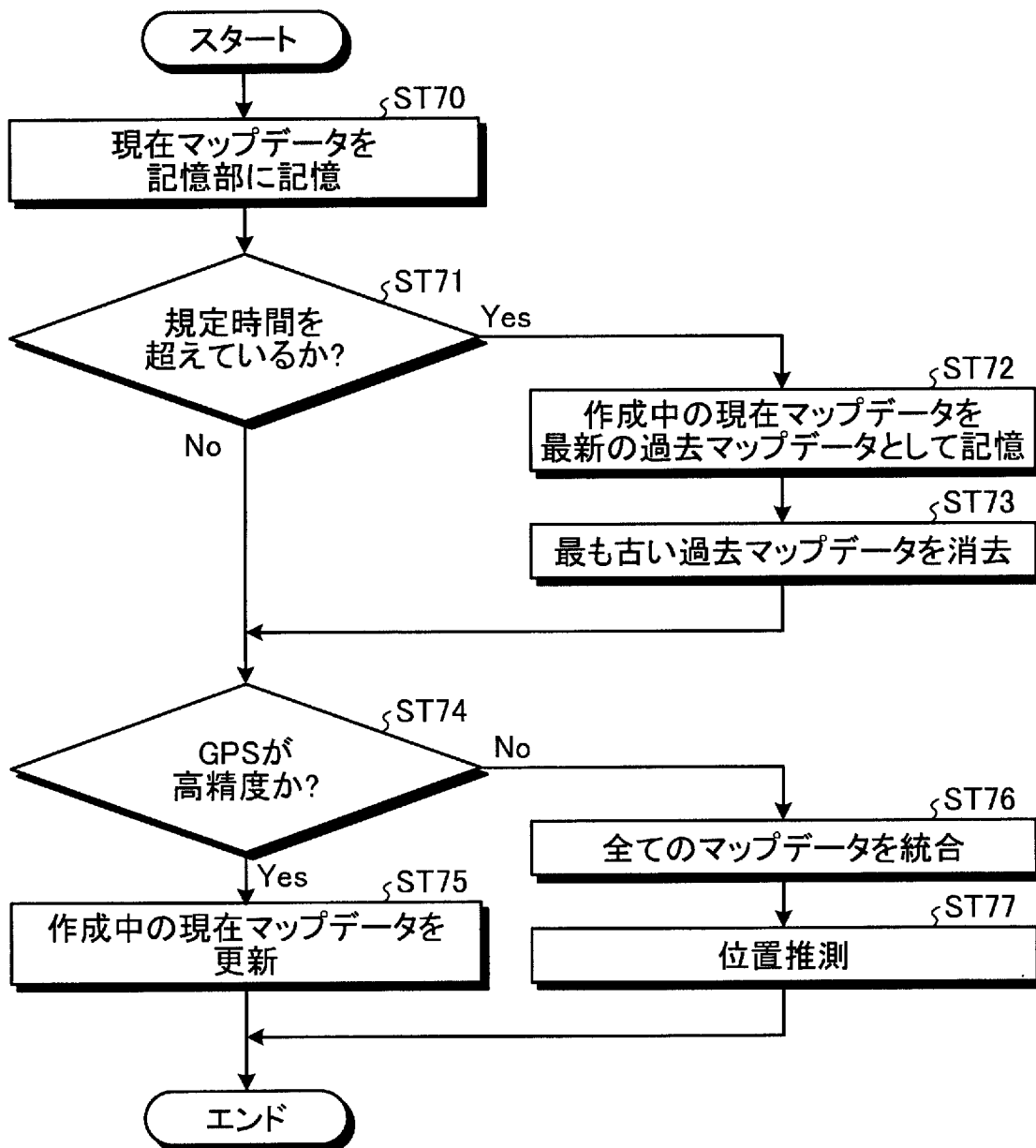
[図8]



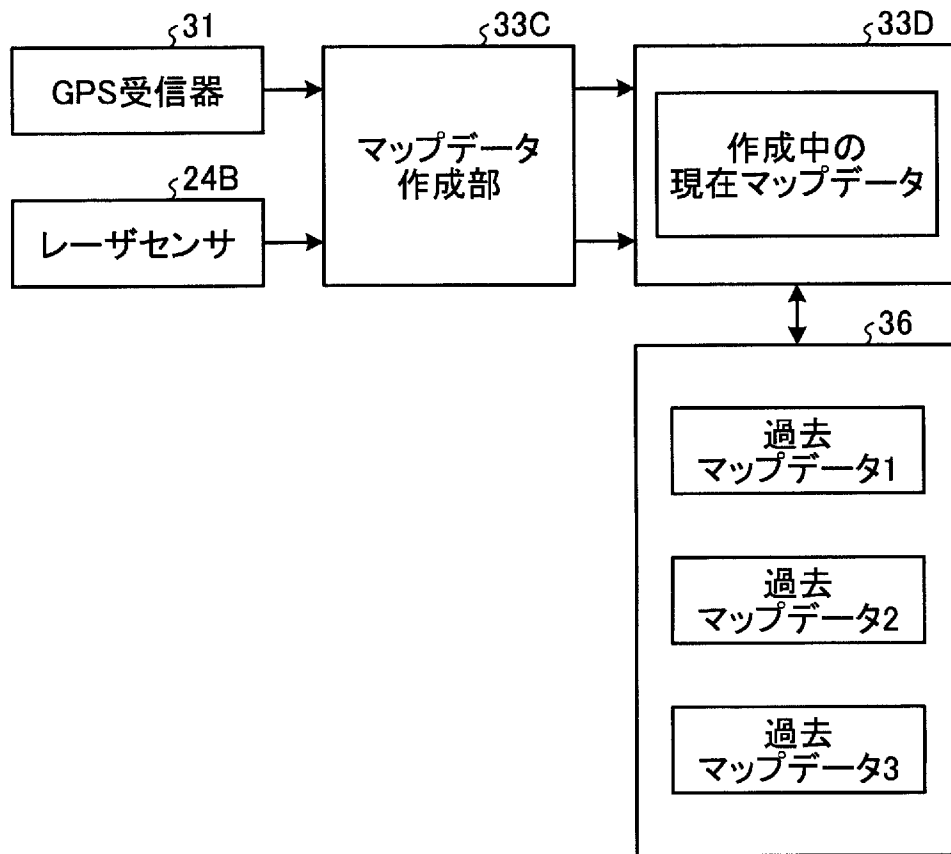
[図9]



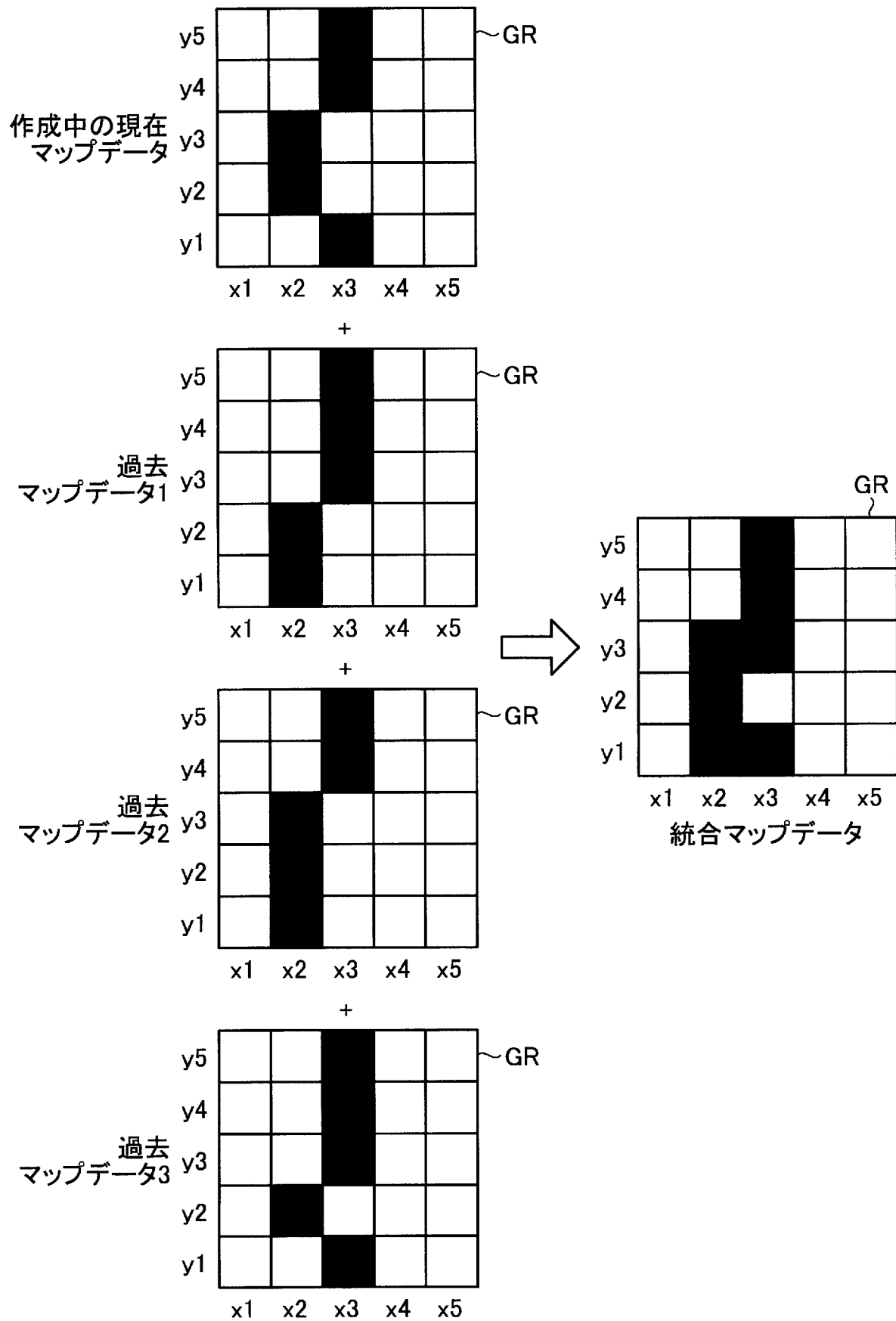
[図10]



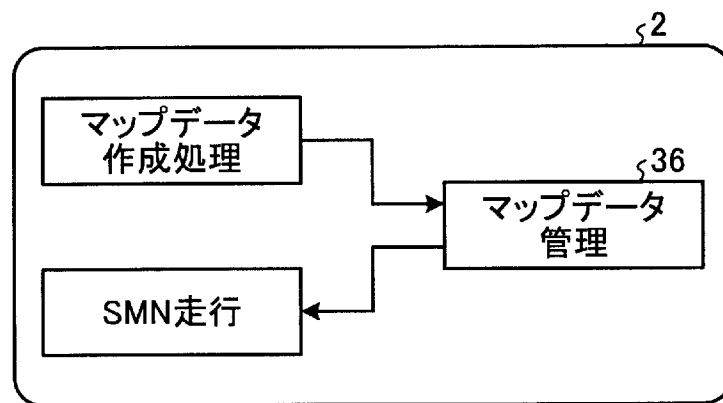
[図11]



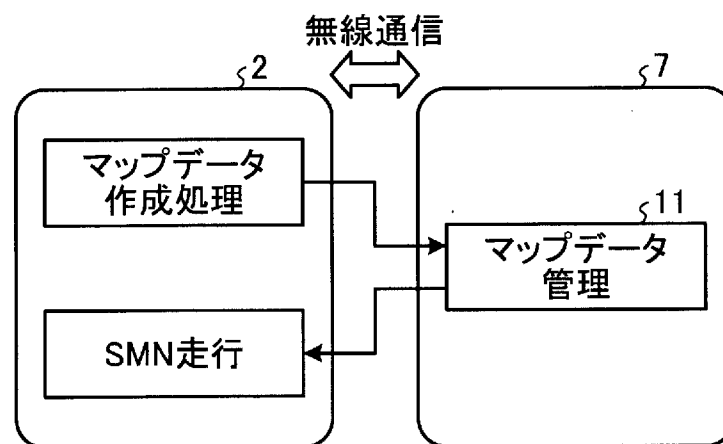
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C21/00(2006.01)i, G05D1/02(2006.01)i, G09B29/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C21/00, G05D1/02, G09B29/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-118694 A (Komatsu Ltd.), 21 June 2012 (21.06.2012), paragraphs [0033] to [0050], [0059] to [0061], [0065] to [0072], [0103] to [0110]; fig. 1 to 3, 6 & US 2013/0238182 A1 paragraphs [0051] to [0067], [0076] to [0078], [0082] to [0089], [0120] to [0127]; fig. 1A to 3, 6A to 6B	1-6

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 April 2016 (15.04.16)

Date of mailing of the international search report
26 April 2016 (26.04.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056121

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-219721 A (Murata Machinery Ltd.), 20 November 2014 (20.11.2014), paragraphs [0019], [0022], [0036], [0062], [0074] to [0076]; fig. 15 & US 2016/0062361 A paragraphs [0056], [0059], [0078], [0124], [0148] to [0153]; fig. 15A to 15C & EP 2993544 A	1-6
Y	JP 2002-215236 A (Komatsu Ltd.), 31 July 2002 (31.07.2002), paragraphs [0001], [0017] to [0027], [0031] to [0032]; fig. 1, 3 & US 2002/0099481 A1 paragraphs [0002], [0041] to [0064], [0069] to [0070]; fig. 1, 3	1-6
Y	JP 2010-33077 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 February 2010 (12.02.2010), paragraph [0168] (Family: none)	3-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01C21/00(2006.01)i, G05D1/02(2006.01)i, G09B29/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01C21/00, G05D1/02, G09B29/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2012-118694 A（株式会社小松製作所）2012.06.21, 段落[0033]-[0050], [0059]-[0061], [0065]-[0072], [0103]-[0110], 図 1-3, 6 & US 2013/0238182 A1, 段落[0051]-[0067], [0076]-[0078], [0082]-[0089], [0120]-[0127], 図 1A-3, 6A-6B	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.04.2016

国際調査報告の発送日

26.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

相羽 昌孝

3H

4756

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-219721 A (村田機械株式会社) 2014. 11. 20, 段落[0019], [0022], [0036], [0062], [0074]-[0076], 図 15 & US 2016/0062361 A, 段落[0056], [0059], [0078], [0124], [0148]-[0153], 図 15A-15C & EP 2993544 A	1-6
Y	JP 2002-215236 A (株式会社小松製作所) 2002. 07. 31, 段落[0001], [0017]-[0027], [0031]-[0032], 図 1, 3 & US 2002/0099481 A1, 段落[0002], [0041]-[0064], [0069]-[0070], 図 1, 3	1-6
Y	JP 2010-33077 A (三菱電機株式会社) 2010. 02. 12, 段落[0168] (ファミリーなし)	3-6