

(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 9 月 22 日(22.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/148310 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 1/02 (2006.01) **E02F 9/20** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060847
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 31 日(31.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所 (KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂 2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 坂井 敦 (SAKAI, Atsushi); 〒2548555 神奈
川県平塚市四之宮 3-25-1 株式会社小松
製作所 ICTソリューション本部内 Kanagawa
(JP). 龍満 光広 (RYUMAN, Mitsuhiro); 〒2548555
神奈川県平塚市四之宮 3-25-1 株式会社
小松製作所 ICTソリューション本部内
Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所
(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒
1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号
虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

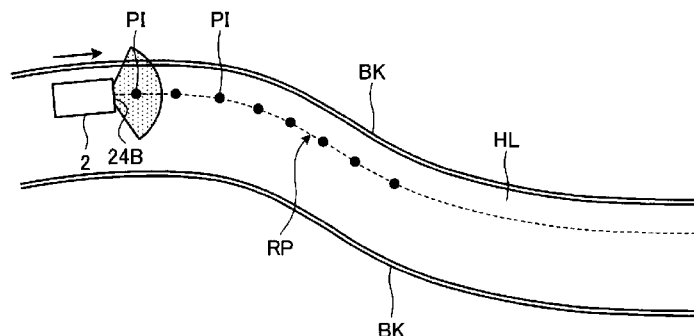
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 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。

(54) Title: WORKING-MACHINE CONTROL SYSTEM, WORKING MACHINE, AND WORKING-MACHINE CONTROL METHOD

(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制御方法



(57) Abstract: A working-machine control system is provided with: a contactless sensor for detecting the surroundings of a working machine; a position output device for obtaining the position of the working machine on the basis of at least the detection result from the contactless sensor, and outputting information representing the position; a corrected position computation unit for causing the position obtained by the position output device to be corrected on the basis of a delay time including at least a delay in communication with the position output device; and a control device for generating a command for controlling the working machine using the corrected position corrected by the corrected position computation unit.

(57) 要約: 作業機械の制御システムは、作業機械の周囲を検出する非接触センサと、少なくとも前記非接触センサの検出結果に基づいて作業機械の位置を求めて、前記位置の情報を出力する位置出力装置と、前記位置出力装置によって求められた前記位置を、少なくとも前記位置出力装置との通信の遅れを含む遅延時間に基づいて補正する補正位置演算部と、前記補正位置演算部によって補正された補正位置を用いて前記作業機械を制御する指令を生成する制御装置と、を備える。



WO 2016/148310 A1

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制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、位置の情報を用いて制御される作業機械の制御システム、作業機械及び作業機械の制御方法に関する。

背景技術

[0002] ダンプトラック及び油圧ショベル等のような作業機械には、測位衛星を用いて得られた自装置の位置又は推測航法等によって得られた自装置の位置を用いて得られた位置を用いて各種の制御が行われるものがある。特許文献1には、GPS (Global Positioning System) による位置計測システムにおいて、電波遅れを考慮して、位置計測結果を補正するシステムが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-183590号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 作業機械を制御する制御装置が、作業機械が備える他の位置計測装置から通信によって作業機械の位置を得る際に、装置間の通信によって生じる遅れ、装置間の通信の瞬断によって生じる遅れ、装置間の制御周期の相違によって生じる遅れ、及び位置計測装置における処理によって生じる遅れ等によって作業機械の位置が得られる時刻に遅れが発生する可能性がある。制御装置が作業機械の位置を得るタイミングが遅れると、位置計測装置が作業機械の位置を求めた基準時間と制御装置が作業機械を制御する際の時間とにずれが発生し、作業機械の制御に遅れが発生する可能性がある。

[0005] 本発明は、装置間の通信によって生じる遅れ、装置間の通信の瞬断によっ

て生じる遅れ、装置間の制御周期の相違によって生じる遅れ、及び位置計測装置における処理によって生じる遅れ等の少なくとも1つによって、制御装置が作業機械の位置を得るタイミングに遅れが発生した場合に、制御装置が作業機械を制御する際の遅れによる影響を抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明は、作業機械の周囲を検出する非接触センサと、少なくとも前記非接触センサの検出結果に基づいて作業機械の位置を求めて、前記位置の情報を出力する位置出力装置と、前記位置出力装置によって求められた前記位置を、少なくとも前記位置出力装置との通信の遅れを含む遅延時間に基づいて補正する補正位置演算部と、前記補正位置演算部によって補正された補正位置を用いて前記作業機械を制御する指令を生成する制御装置と、を備える作業機械の制御システムである。
- [0007] 前記制御装置は、推測航法を用いて前記位置を補正することが好ましい。
- [0008] 前記遅延時間は、前記補正位置演算部が前記位置を補正する時刻である第1時刻と、前記第1時刻よりも前の時刻であって、前記非接触センサにより検出がなされた時刻又は前記位置出力装置が前記非接触センサの検出結果を受け取った時刻である第2時刻との差分であることが好ましい。
- [0009] 前記位置出力装置は、前記制御装置から位置を求めるための情報を受け取って前記作業機械の位置を求めるものであって、前記位置を求めるための情報が前記制御装置によって前記位置出力装置に出力される時刻を第1時刻とし、前記位置出力装置が求めた前記位置を前記補正位置演算部によって補正する時刻を第2時刻とし、前記遅延時間は、前記第2時刻と、前記第1時刻との差分であることが好ましい。
- [0010] 前記制御装置は、前記位置出力装置から受け取った、前記第1時刻に対応した前記位置から、前記遅延時間の間に前記作業機械が移動した位置を、前記推測航法を用いて求め、求めた位置を補正後の前記位置とすることが好ましい。
- [0011] 本発明は、前記作業機械の制御システムと、前記作業機械の制御システム

が有する前記制御装置によって制御される走行装置と、を含む、作業機械である。

[0012] 本発明は、非接触センサにより作業機械の周囲を検出し、検出した結果に基づいて作業機械の位置を求め、前記位置の情報を出力し、出力された前記位置の情報に基づき、前記位置の情報を受け取る際の遅れを含む遅延時間を用いて推測航法により前記位置を補正して、補正後の前記位置を用いて前記作業機械を制御する指令を生成する、作業機械の制御方法である。

[0013] 本発明は、制御装置が作業機械を制御する際の遅れによる影響抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、実施形態に係る作業機械が使用される現場の一例を示す図である。

[図2]図2は、搬送路を走行するダンプトラックを示す模式図である。

[図3]図3は、実施形態に係る作業機械の制御システムを備えたダンプトラックを示す図である。

[図4]図4は、実施形態に係る車体コントローラを示す図である。

[図5]図5は、実施形態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6]図6は、図5中のX I V部を拡大して示す図である。

[図7]図7は、実施形態に係る地図情報の一部領域の一例を示す模式図である。

[図8]図8は、ダンプトラックが搬送路を走行した際のレーザーセンサによる土手の検出結果の一例を示す模式図である。

[図9]図9は、図7に示される地図情報に図8に示されるレーザーセンサの検出結果を照合し、照合航法により自車両の位置を算出した状態を示す模式図である。

[図10]図10は、通信の遅れが発生した場合、その間にダンプトラックが移動することを示す図である。

[図11]図 1 1 は、実施形態に係る制御システムが実施形態に係る作業機械の制御方法を実行したときの処理例を説明するフローチャートである。

[図12]図 1 2 は、車体コントローラと照合航法位置出力コントローラとの情報のやり取りを説明するための図である。

[図13]図 1 3 は、実施形態の変形例に係る制御システムの一部を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。

[0016] 図 1 は、実施形態に係る作業車両が使用される現場の一例を示す図である。実施形態において、作業車両は鉱山MRで用いられる鉱山機械である。実施形態において、鉱山機械は、管理システム 1 によって管理される。鉱山機械の管理は、鉱山機械の運行管理、鉱山機械の生産性の評価、鉱山機械を操作するオペレータの操作技術の評価、鉱山機械の保全、及び鉱山機械の異常診断の少なくとも一つを含む。

[0017] 鉱山機械とは、鉱山MR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MRを掘削する機械である。積込機械は、運搬機械に積荷を積み込む機械である。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ーの少なくとも一つを含む。運搬機械は、鉱山MR内を移動して、積荷を運搬する機械である。運搬機械は、ダンプトラックを含む。積荷は、鉱山MRが採掘されることにより発生した土砂及び鉱石の少なくとも一方を含む。

[0018] 鉱山MRは、積込場LPAと、排土場DPAと、積込場LPA及び排土場DPAの少なくとも一方に通じる搬送路HLと、搬送路HL同士が交差する交差点ISとの少なくとも一部を有する。少なくとも一つの排土場DPAは、排土を破碎する破碎機CRが配置されることがある。鉱山MRは、搬送路HLの傍らに、土が積み上げられた土手BKを有する。土手BKは、さらに

、積込場L P Aの外側及び排土場D P Aの外側の少なくとも一方に設けられてもよい。

[0019] ダンプトラック2は、鉱山MR内で移動して、積荷を搬送する。ダンプトラック2は、鉱山MRの搬送路H L、及び交差点I Sの少なくとも一部を走行して、積込場L P Aと排土場D P Aとの間を移動する。ダンプトラック2は、積込場L P Aにおいて、積荷を積み込まれる。積込場L P Aは、鉱山MRにおいて積荷の積込作業が行われる領域（場所）である。積込場L P Aにおいて、ダンプトラック2以外の他の鉱山機械である積込機械が、ダンプトラック2に積荷を積み込む。

[0020] ダンプトラック2は、排土場D P Aにおいて、積荷を下ろす（排出する）。排土場D P Aは、鉱山MRにおいて積荷の排出作業が行われる領域（場所）である。ダンプトラック2は、破砕機C Rが設けられた排土場D P Aにおいて、破砕機C R内に積荷である排土を投入する。

[0021] 実施形態において、ダンプトラック2は、管理装置10からの指令により走行経路R Pを自律走行する、いわゆる無人ダンプトラックである。ダンプトラック2自律走行する場合、オペレータ（運転者）の操作は不要である。ダンプトラック2が自律走行するとは、ダンプトラック2がオペレータの操作により走行せずに、管理装置10からの指令により走行することをいう。実施形態において、ダンプトラック2は、オペレータの操作によって走行することもできる。

[0022] 管理システム1は、鉱山MRで稼働する鉱山機械を管理する管理装置10と、情報を伝達する通信システム9とを備えている。管理装置10は、鉱山MRの管制施設7に設置される。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（油圧ショベル3 S及び車両3 C等）との間において無線通信により情報を伝達する。管理装置10とダンプトラック2と他の鉱山機械3とは、通信システム9を介して双方向に無線通信可能である。実施形態において、通信システム9は、管理装置10とダンプトラック2と他の鉱山機械3との間において信号（電波）を中継する中継器6を複数有

する。

[0023] 実施形態において、ダンプトラック 2 の位置及び他の鉱山機械 3 の位置は、GNSS (Global Navigation Satellite System: GNSS は、全地球航法衛星システムをいう) を利用して検出される。全地球航法衛星システムの一例としては、GPS が挙げられるが、これに限定されない。GNSS は、複数の測位衛星 5 を有する。GNSS は、緯度、経度及び高度を規定する座標系における位置を検出する。GNSS の座標系は、実施形態においてはグローバル座標系と称されることもある。GNSS により検出される位置は、緯度、経度及び高度の座標データを含む。

[0024] GNSS により、鉱山 MR 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。GNSS により検出される位置は、グローバル座標系において規定される絶対位置である。以下の説明においては、GNSS によって検出される位置を適宜、GPS 位置、と称する。GPS 位置は、絶対位置であり、緯度、経度及び高度の座標データ (座標値) である。GNSS では、測位衛星 5 の配置、電離層、対流圏又は測位衛星 5 からの情報を受信するアンテナ周辺の地形の影響により測位の状態が変化する。この測位の状態には、例えば、Fix 解 (精度 $\pm 1\text{ cm}$ から 2 cm 程度)、Float 解 (精度 $\pm 10\text{ cm}$ から数 m 程度)、Single 解 (精度 $\pm$ 数 m 程度) 及び非測位 (測位計算不能) 等がある。

[0025] 管制施設 7 に配置される管理装置 10 は、図 1 に示されるように、コンピュータ 11 と、表示装置 16 と、入力装置 17 と、無線通信装置 18 とを備える。コンピュータ 11 は、処理装置 12 と、記憶装置 13 と、入出力部 15 とを備えている。表示装置 16、入力装置 17 及び無線通信装置 18 は、入出力部 15 を介して、コンピュータ 11 と接続される。入出力部 15 は、処理装置 12 と、表示装置 16、入力装置 17 及び無線通信装置 18 の少なくとも一つとの情報の入出力に用いられる。

[0026] 図 2 は、搬送路 HL を走行するダンプトラック 2 を示す模式図である。処理装置 12 は、ダンプトラック 2 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。ダンプトラック２が鉱山MRを自律走行する場合、処理装置１２は、ダンプトラック２が走行する走行経路RPを生成する。走行経路RPとは、複数のポイントP１の集合体である。すなわち、複数のポイントP１を通過する軌跡が走行経路RPである。ポイントP１は、絶対位置（緯度、経度、及び高度の座標データ）がそれぞれ規定される。走行経路RPを構成するポイントP１には、少なくとも絶対位置情報及びその地点を走行するダンプトラックの目標速度である速度情報が含まれている。以下、走行経路に関する絶対位置情報及び速度情報をまとめて走行経路情報と称する。処理装置１２から走行経路情報を受け取ったダンプトラック２は、積込場LPA、排土場DPA、搬送路HL、及び交差点ISの少なくとも一部を含む走行経路RPに従って走行する。

[0027] 記憶装置１３は、処理装置１２と接続され、ダンプトラック２及び他の鉱山機械３の管理に関する各種の情報を記憶する。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。処理装置１２は、記憶装置１３に記憶されているコンピュータプログラムを用いて、位置に関する情報を処理したり、走行経路RPを生成したりする。

[0028] 表示装置１６は、鉱山MR内の搬送路HL等を含んだ地図、ダンプトラック２の位置に関する情報及び他の鉱山機械３の位置に関する情報を表示可能である。入力装置１７は、キーボード、タッチパネル、及びマウスの少なくとも一つを含み、処理装置１２に操作信号を入力可能な操作部として機能する。管制施設７の管理者は、入力装置１７を操作して、処理装置１２に指令を入力する。

[0029] 無線通信装置１８は、アンテナ１８Ａを有し、管制施設７に配置され、入出力部１５を介して処理装置１２と接続される。無線通信装置１８は、通信システム９の一部である。無線通信装置１８は、ダンプトラック２及び他の鉱山機械３の少なくとも一方から送信された情報を受信可能である。無線通信装置１８で受信した情報は、処理装置１２に出力される。無線通信装置１８で受信した情報は、記憶装置１３に記憶（登録）される。無線通信装置１

8は、ダンプトラック2と他の鉱山機械3の少なくとも一つに情報を送信可能である。次に、ダンプトラック2について詳細に説明する。

[0030] <ダンプトラック>

図3は、実施形態に係る作業車両の制御システム30を備えたダンプトラック2を示す図である。実施形態において、ダンプトラック2が作業車両の制御システム30を備える例を説明するが、作業車両の制御システム30は、ダンプトラック2以外の作業車両である他の鉱山機械3が備えていてもよい。以下において、作業車両の制御システム30を、適宜、制御システム30と称する。

[0031] ダンプトラック2は、車両本体21と、ベッセル22と、走行装置23と、障害物センサ24とを含む。車両本体21は、ベッセル22及び走行装置23が取り付けられる。車両本体21は、走行装置23を駆動するための駆動装置2Dが取り付けられる。駆動装置2Dは、ディーゼルエンジンのような内燃機関2Eと、内燃機関2Eによって駆動されて電力を発生する発電機2Gと、発電機2Gが発生した電力によって駆動される電動機23Mと、を含む。

[0032] 走行装置23は、前輪23Fと、後輪23Rと、制動装置23Bと、操舵装置2Sとを含む。前輪23Fは、操舵装置2Sによって操舵され、前輪23Fは、ダンプトラック2の操舵輪として機能する。後輪23Rは、ホイール内に配置された電動機23Mによって駆動され、ダンプトラック2の駆動輪として機能する。ダンプトラック2の駆動装置2Dは、内燃機関2Eの動力を、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に伝達して後輪23Rを駆動するものであってもよい。

[0033] ベッセル22は、積荷が積載される荷台である。ベッセル22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は、持ち上げられ、積荷を排出する。

[0034] 障害物センサ24は、車両本体21の前方の下部に配置される。障害物センサ24は、車両本体21の前方の障害物を非接触で検出する。実施形態に

において、非接触センサである障害物センサ 24 は、レーダー 24 A と、レーザセンサ 24 B とを備える。

[0035] レーザセンサ 24 B は、ダンプトラック 2 の周囲に存在する物体の位置を検出する装置である。レーザセンサ 24 B は、例えば図 2 に記載されているような範囲でレーザ光線を照射し、物体が反射したレーザ光線を受信する。このようにして、レーザセンサ 24 B は、レーザセンサ 24 B に対する物体の方向及び距離を検出する。ダンプトラック 2 の周囲の物体は、走行経路 R P の傍らに存在する物体（土手 B K、側壁、盛土、木及び建物等）を含む。走行経路 R P の傍らに存在する物体は、人工的に製造された構造物であってもよい。次に、制御システム 30 について説明する。

[0036] 制御システム 30 は、位置出力装置である照合航法位置出力コントローラ 33 と、制御装置である車体コントローラ 20 とを含む。この他に、制御システム 30 は、非接触センサ 24、ジャイロセンサ 26、速度センサ 27、測位装置である G P S 受信器 31、走行経路作成装置 32、無線通信装置 34、第 1 信号線 35、及び第 2 信号線 36 を含む。図 3 に示されるように、車体コントローラ 20、走行経路作成装置 32、及び照合航法位置出力コントローラ 33 は、第 1 信号線 35 に接続される。これらは、第 1 信号線 35 を介して互いに通信して情報をやり取りする。

[0037] 車体コントローラ 20 は、照合航法位置出力コントローラ 33 及び G P S 受信器 31 の少なくとも一方から出力されたダンプトラック 2 の位置を受け取る。そして、車体コントローラ 20 は、受け取ったダンプトラック 2 の位置、及び後述する走行経路作成装置 32 から受け取る走行経路情報に基づいてダンプトラック 2 を制御する命令を生成して、出力する。また、車体コントローラ 20 は、受け取ったダンプトラック 2 の位置を用いてダンプトラック 2 の制動装置 2 B を制御する命令を生成して、出力する。

[0038] 走行経路作成装置 32 は、図 1 に示される管理装置 10 の処理装置 12 が生成した走行経路情報を取得し、車体コントローラ 20 に出力する。走行経路作成装置 32 は、アンテナ 34 A が接続された無線通信装置 34 と接続し

ている。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 3 の少なくとも一つから送信された情報を受信する。自車両以外の鉱山機械 3 は、ダンプトラック 2 以外の他の鉱山機械 3 に加え、自車両以外のダンプトラック 2 も含む。

[0039] 図 4 は、実施形態に係る車体コントローラ 20 を示す図である。制御部である車体コントローラ 20 は、処理部 20P と、記憶部 20M と、入出力部 20IF とを有する。処理部 20P は、補正位置演算部 20PA と、推測航法位置推定部 20PB と、走行制御部 20PC とを含む。

[0040] 補正位置演算部 20PA は、位置出力装置である照合航法位置出力コントローラ 33 によって求められたダンプトラック 2 の位置を、少なくとも照合航法位置出力コントローラ 33 との通信の遅れを含む遅延時間に基づいて補正する。推測航法位置推定部 20PB は、後述する推測航法という手法を用いてダンプトラック 2 の位置を算出する。詳細には、ジャイロセンサ 26 からのダンプトラック 2 の角速度と、速度センサ 27 からのダンプトラック 2 の速度とを用いてダンプトラック 2 の位置を推定する。走行制御部 20PC は、補正位置演算部 20PA によって補正された補正位置を用いてダンプトラック 2 を制御する指令を生成する。

[0041] 記憶部 20M は、ダンプトラック 2 を自律走行させるためのコンピュータプログラム、ダンプトラック 2 の動作を制御するためのコンピュータプログラムを記憶する。入出力部 20IF には、ジャイロセンサ 26、速度センサ 27、操舵装置 2S、走行制御装置 2D、第 1 信号線 35 及び第 2 信号線 36 が接続される。入出力部 20IF は、車体コントローラ 20 と、車体コントローラ 20 に接続される機器類とのインターフェースである。

[0042] 無線通信装置 34 は、図 1 に示される管制施設 7 の無線通信装置 18 が送信した走行経路情報を受信して、走行経路作成装置 32 に出力する。無線通信装置 34 には、GPS 受信器 31 が接続される。

[0043] 実施形態において、ダンプトラック 2 は、3 つの走行モードで走行する。

第1の走行モードは、GPS受信器31の検出データを用いてダンプトラックの位置を求め、その位置に基づいてダンプトラックを自律走行させる走行モードであり、適宜、GPS走行モードと称する。

[0044] 第2の走行モードは、後述するように予め作成された地図情報とレーザーセンサ24Bの検出結果とに基づいて、Scan Matching Navigation（照合航法）という手法を用いてダンプトラック2の位置を算出し、算出されたダンプトラック2の位置に基づいてダンプトラック2を自律走行させる走行モードであり、適宜、照合航法走行モードと称する。照合航法走行モードにおいて、ダンプトラック2の位置は、照合航法位置出力コントローラ演算部33において算出される。

[0045] その他、ジャイロセンサ26の検出結果と速度センサ27の検出結果を用いてダンプトラック2の位置を推定する推測航法という手法が存在する。推測航法によるダンプトラック2の位置の推定は、車体コントローラ20において行われる。

[0046] GPS受信器31は、GPSを用いてダンプトラック2の位置であるGPS位置を検出する。GPS受信器31は、実施形態においてダンプトラックが有する複数の位置情報生成部のうちの1つである。GPS受信器31は、測位衛星5からの情報を受信するアンテナ31Aが接続される。アンテナ31Aは、測位衛星5から受信した情報に基づく信号をGPS受信器31に出力する。GPS受信器31は、測位衛星5からの情報を用いて、アンテナ31Aの位置を検出する。

[0047] 照合航法位置出力コントローラ33は、レーザーセンサ24Bの検出結果から得られた走行経路RPの傍らに存在する物体の情報と、予め鉱山MR内に存在する物体の位置を含む地図情報とに基づいて、ダンプトラック2の位置を求める。照合航法位置出力コントローラ33は、実施形態においてダンプトラックが有する複数の位置情報生成部のうちの1つである。地図情報は、地図DB（データベース）37に蓄積される。

[0048] 実施形態において、車体コントローラ20、走行経路作成装置32及び照

合航法位置出力コントローラ 33 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサ及びメモリによって実現される。この場合、これらの機能は、プロセッサがメモリに記憶されたコンピュータプログラムを読み込んで実行することにより実現される。メモリは、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) 等の不揮発性又は揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク及び光磁気ディスクが該当する。これらは、専用のハードウェアで実現されてもよいし、複数の処理回路が連携してこれらの機能を実現するものであってもよい。

[0049] レーダー 24 A 及びレーザーセンサ 24 B は、第 2 信号線 36 に接続される。レーザーセンサ 24 B は、第 2 信号線 36 に加えて、照合航法位置出力コントローラ 33 にも接続される。このような構成とすることにより、照合航法位置出力コントローラ 33 は、レーザーセンサ 24 B の検出値を直接受け取ることができる。

[0050] 車体コントローラ 20 は、第 2 信号線 36 を介してレーダー 24 A 及びレーザーセンサ 24 B の検出値を取得する。車体コントローラ 20 は、レーダー 24 A 及びレーザーセンサ 24 B の検出値を用いて、ダンプトラック 2 と物体との相対位置を求めることができる。すなわち、レーダー 24 A 及びレーザーセンサ 24 B が物体との相対位置を検出することにより、ダンプトラック 2 と物体との相対位置が検出される。

[0051] ジャイロセンサ 26 は、ダンプトラック 2 の方位又は方位変化量を検出する。ジャイロセンサ 26 は、車体コントローラ 20 と接続され、検出結果である検出値を車体コントローラ 20 に出力する。速度センサ 27 は、ダンプトラック 2 の車輪の回転速度を検出して、ダンプトラック 2 の速度である走行速度を検出する。速度センサ 27 は、車体コントローラ 20 と接続され、検出結果である検出値を車体コントローラ 20 に出力する。

[0052] <推測航法によるダンプトラック 2 の位置の推定>

実施形態において、車体コントローラ 20 は、推測航法を用いて、ダンプトラック 2 の位置を推定する。推測航法とは、既知の起点からの方位（方位変化量）と移動距離（速度）とに基づいて、対象物であるダンプトラック 2 の現在位置を推測する航法をいう。

[0053] 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 が有するジャイロセンサ 26 を用いて検出される。ダンプトラック 2 の移動距離（速度）は、ダンプトラック 2 が有する速度センサ 27 を用いて検出される。車体コントローラ 20 は、得られたダンプトラック 2 の方位（方位変化量）及びダンプトラック 2 の移動距離（速度）を用いて、ダンプトラック 2 の位置を求める。

[0054] <照合航法位置出力コントローラ 33 によるダンプトラック 2 の位置の算出>

照合航法走行モード時に、照合航法位置出力コントローラ 33 は、レーザーセンサ 24 B の検出値と、予め作成された鉱山 MR の地図情報とを用いて、ダンプトラック 2 の位置を求める。すなわち、照合航法位置出力コントローラ 33 は、レーザーセンサ 24 B の検出結果と地図情報とを照合することにより、ダンプトラック 2 の位置を演算する。

[0055] この場合、照合航法位置出力コントローラ 33 は、レーザーセンサ 24 B の検出値及び地図情報を用いてダンプトラック 2 の位置を求めて第 1 信号線 35 に出力する。車体コントローラ 20 は、第 1 信号線 35 を介して、照合航法位置出力コントローラ 33 によって求められたダンプトラック 2 の位置を受け取り、走行経路 RP に沿ってダンプトラック 2 を走行させる。

[0056] 地図情報は、鉱山 MR の走行経路 RP 等の傍らに設けられた物体（土手 BK、側壁等）の位置を含む情報である。地図情報を蓄積する地図 DB 37 は、第 1 信号線 35 に接続されている。地図情報は、照合航法によりダンプトラックの位置を算出する以前に予め作成しておく必要がある。地図情報を作成するにあたり、例えば搬送路 HL を走行するダンプトラック 2 におけるレーザーセンサ 24 B の検出結果を用いることができる。例えば GPS 受信器

31によりダンプトラック2の位置が精度高く求められる状態において、レーザーセンサ24Bにより搬送路HLの傍らに設けられた土手BKの有無及び位置を検出し、土手BKの有無及び位置データを搬送路HLに対応する地図情報に随時記憶させることができる。

[0057] 図5は、実施形態における地図情報の一部を示す図である。図5における地図情報の一部は、搬送路HL周辺の領域におけるレーザーセンサ24Bによる土手BKの検出結果を示している。搬送路HLは図5のx方向に延びている中央部にある空白領域であり、土手BKは図5の上部及び下部にある白黒が疎らになっている領域である。図5及び図6に示されるように、地図情報は、平面視において、鉱山MRを所定の大きさに区切ったグリッドGRのXY座標系における位置と、各グリッドGRに土手BKが存在するか否かを示す。

[0058] 実施形態においては、地図情報における各グリッドGRについて、土手BKを検出した位置におけるグリッドDR1は図中に黒四角で示され、土手BKを検出していない位置におけるグリッドDR2は図中に白四角で示される。地図情報は、土手BKの有無及び位置情報を記憶する。地図情報を蓄積する地図DB37は、ROM、フラッシュメモリ、及びハードディスクドライブの少なくとも一つにより構成される外部記憶装置（補助記憶装置）である。

[0059] 図7は、実施形態に係る地図情報の一部領域の一例を示す模式図である。図8は、ダンプトラックが搬送路HLを走行した際のレーザーセンサ24Bによる土手BKの検出結果の一例を示す模式図である。図9は、図7の地図情報に図8のレーザーセンサ24Bの検出結果を照合し、照合航法により自車両の位置を算出した状態を示す模式図である。図7から図9では、地図情報において土手BKが存在する位置におけるグリッドDR1を密な平行斜線で示し、レーザーセンサ24Bにより土手BKを検出した位置におけるグリッドDR3を粗な平行斜線で示している。

[0060] 図7から図9において示される、照合航法を用いたダンプトラックの位置

算出は、照合航法位置出力コントローラ 33 により行われる。照合航法位置出力コントローラ 33 によるダンプトラックの自車両の位置計算においては、ある時点でダンプトラックが存在すると予想される範囲内に仮想的に配置した複数の点（パーティクル）PA を用いることにより、計算コストを抑えた上で真の位置に近いダンプトラックの位置を算出することができる。パーティクルを用いて照合航法により自車両の位置を算出するためには、その時点における自車両の方位（方位変化量）及び移動距離（速度）の情報、すなわち推測航法に関する情報が必要になる。パーティクルを用いた照合航法による位置推定は公知の手法であるため、詳細な説明は割愛する。

[0061] 照合航法による位置演算は、計算周期毎に非接触センサの検出結果と地図情報とを照合し、パーティクルを用いて都度計算しているため、計算にある程度の時間を要してしまう。そのため、照合航法位置出力コントローラ 33 における処理によって生じる遅れは大きい。

[0062] 図 7 に示される地図情報において、一つ一つの四角はグリッド GR である。そして、色塗りされたグリッド DR1 は土手 BK が検出されたグリッドであり、白塗りのグリッド DR2 は土手 BK が検出されていないグリッドを示している。図 8 は、ダンプトラックのレーザーセンサ 24B が実際に検出した検出データ DR3 を示している。

[0063] 図 7 に示される地図情報と、図 8 に示されるレーザーセンサ 24B の検出結果とを照合し、パーティクルを用いた位置推定の手法を用いて、図 9 に示されるようなダンプトラック 2 が存在する確率が最も高いであろう位置の最終推定値（期待値）Po を算出する。照合航法位置出力コントローラ 33 は、最も近似する位置をダンプトラック 2 の位置情報として出力する。実施形態において、ダンプトラック 2 の位置情報は、ダンプトラック 2 の方位を示す方位情報を含んでいてもよい。

[0064] 照合航法走行モードにおいて、車体コントローラ 20 は、照合航法位置出力コントローラ 33 が出力したダンプトラック 2 の位置を取得する。そして、車体コントローラ 20 は、ダンプトラック 2 が走行経路 RP に沿って走行

するように、取得した情報を用いてダンプトラック 2 の走行を制御する。

[0065] <照合航法走行モード時におけるデータの流れ>

実施形態において、照合航法走行モード時に、車体コントローラ 20 は、通信によって照合航法位置出力コントローラ 33 からダンプトラック 2 の位置情報を取得する。また、照合航法位置出力コントローラ 33 は、照合航法によってダンプトラック 2 の位置を演算するために必要となる情報であるレーザーセンサ 24 B の検出結果、地図情報、自車両の速度及び方位変化量のそれぞれを通信によって受け取る。具体的には、照合航法位置出力コントローラ 33 は、レーザーセンサ 24 B から検出結果を、地図 DB 37 から地図情報を、車体コントローラ 20 からジャイロセンサ 26 の検出値及び速度センサ 27 の検出値を取得する。

[0066] 照合航法走行モード時におけるデータの流れは、後に詳述するが、まず照合航法位置出力コントローラ 33 が、車体コントローラ 20 からジャイロセンサ 26 及び速度センサ 27 の検出値を受け取り、レーザーセンサ 24 B から検出結果を受け取り、地図 DB 37 から地図情報を受け取る。照合航法位置出力コントローラ 33 は、照合航法に基づいてダンプトラックの位置を演算する。その後、照合航法位置出力コントローラ 33 は、演算結果を車体コントローラ 20 に送信する。車体コントローラ 20 は、受け取ったダンプトラック 2 の位置に基づいて車両を制御する。

[0067] 本実施形態の場合、車体コントローラ 20 と照合航法位置出力コントローラ 33 間において、2 回の通信を行っている。そのため、制御システム 30 において、車体コントローラ 20 と照合航法位置出力コントローラ 33 との通信に遅れ等が発生すると、車体コントローラ 20 が照合航法位置出力コントローラ 33 から受け取ったダンプトラック 2 の位置及び方位が、車体コントローラ 20 によるダンプトラック 2 の制御時における位置及び方位とは異なる可能性がある。

[0068] 図 10 は、通信の遅れ等が発生した場合、その間にダンプトラック 2 が移動することを示す図である。ダンプトラック 2 の位置が時刻 t 1 時点におい

てP 1にある場合、速度センサ2 7が検出したダンブトラック2の速度が $V_c 1$ 、ジャイロセンサ2 6が検出したダンブトラック2の角速度が $\omega 1$ であるとする。速度 $V_c 1$ 及び角速度 $\omega 1$ が得られた時刻は $t 1$ である。照合航法位置出力コントローラ3 3は、通信によってジャイロセンサ2 6の検出結果、速度センサ2 7の検出結果、受け取ったレーザセンサ2 4 Bの検出結果及び地図情報をそれぞれ受け取り、それらの情報に基づいて時刻 $t 1$ 時点におけるダンブトラック2の位置P 1を演算する。

[0069] 車体コントローラ2 0は、照合航法位置出力コントローラ3 3によって求められたダンブトラック2の位置P 1を受け取り、受け取った位置P 1に基づいてダンブトラック2の走行を制御する。ここで、車体コントローラ2 0が位置P 1に基づいてダンブトラック2の走行を制御し始めるタイミングを時刻 $t 2$ とする。その場合、時刻 $t 1$ と時刻 $t 2$ の間には時間のずれが存在するため、車体コントローラ2 0は、時刻 $t 2$ 時点において、時刻 $t 1$ 時点におけるダンブトラック2の位置P 1に基づいて走行制御を行うことになるため、正確な走行制御を行うことができない。

[0070] そこで、車体コントローラ2 0は、照合航法位置出力コントローラ3 3によって求められた時刻 $t 1$ 時点におけるダンブトラック2の位置P 1を補正することによって、時刻 $t 2$ 時点にダンブトラック2が存在するであろう補正位置P 1 cを算出し、補正位置P 1 cに基づいてダンブトラック2を制御するための指令を生成する。位置の補正方法の詳細については後述する。図1 0において、時刻 $t 2$ におけるダンブトラック2の実際の位置をP 2としている。以下において、時刻 $t 1$ を適宜、第1時刻 $t 1$ と称し、時刻 $t 2$ を適宜、第2時刻 $t 2$ と称する。

[0071] 車体コントローラ2 0と照合航法位置出力コントローラ3 3との通信に遅れが存在すると、第2時刻 $t 2$ は第1時刻 $t 1$ よりも遅れる。第2時刻 $t 2$ と第1時刻 $t 1$ との差分 Δt ($= t 2 - t 1$)を遅延時間と称する。遅延時間 Δt は、車体コントローラ2 0が照合航法位置出力コントローラ3 3から $t 1$ 時点における位置P 1の情報である位置情報を受け取る際の通信遅れ、

及び照合航法位置出力コントローラ 33 における位置演算処理によって生じる遅れを含む。遅延時間は、照合航法位置出力コントローラ 33 が車体コントローラ 20 からジャイロセンサ 26 及び速度センサ 27 の検出結果を受け取る際の通信遅れを含んでもよい。さらに、車体コントローラ 20 と照合航法位置出力コントローラ 33 との通信の瞬断によって生じる遅れ等を含んでもよい。

[0072] 遅延時間 Δt は、通信の遅れの他に、車体コントローラ 20 の制御周期と照合航法位置出力コントローラ 33 の制御周期との相違を起因として発生する遅れを含んでもよい。例えば、照合航法位置出力コントローラ 33 の制御周期が車体コントローラ 20 の制御周期よりも長い場合、車体コントローラ 20 が照合航法位置出力コントローラ 33 から受け取った位置情報は、車体コントローラ 20 がダンプトラック 2 を制御する制御周期よりも過去の制御周期のものとなる可能性がある。すなわち、車体コントローラ 20 は、照合航法位置出力コントローラ 33 が求めた位置情報を遅延して受け取ることになる。遅延時間 Δt は、この遅れを含んでもよい。

[0073] ダンプトラック 2 は、遅延時間 Δt の間に位置 P 1 から位置 P 2 まで移動するが、遅延時間 Δt が大きくなる程、位置 P 2 と位置 P 1 との間の距離は大きくなる。車体コントローラ 20 は、位置 P 2 でダンプトラック 2 を制御する場合、照合航法位置出力コントローラ 33 が求めた位置、すなわち位置 P 1 を用いる。このため、車体コントローラ 20 がダンプトラック 2 を制御するタイミングにおけるダンプトラック 2 の実際の位置 P 2 と、位置 P 1 との距離が大きくなる程、車体コントローラ 20 がダンプトラック 2 を制御する際の精度が低下する可能性がある。

[0074] 制御システム 30 の車体コントローラ 20 は、遅延時間 Δt を用いて位置 P 1 を補正する。そして、車体コントローラ 20 は、補正後の位置である補正位置 P 1 c を用いて、ダンプトラック 2 を制御する指令を生成して出力することにより、ダンプトラック 2 を自律走行させる。次に、制御システム 30 が遅延時間を用いてダンプトラック 2 の位置を求める処理の一例を説明す

る。

[0075] <制御システム30の処理例>

図11は、実施形態に係る制御システム30が実施形態に係る作業機械の制御方法を実行したときの処理例を説明するフローチャートである。図12は、車体コントローラ20と照合航法位置出力コントローラ33との情報のやり取りを説明するための図である。

[0076] 制御システム30がダンプトラック2を自律走行させる場合、ステップS101において、車体コントローラ20は、照合航法位置出力コントローラ33がダンプトラック2の位置P1を求めるための情報IFSを出力する。実施形態において、情報IFSは、ジャイロセンサ26の検出値である角速度 ω_1 及び速度センサ27の検出値である速度Vc1である。以下において、情報IFSを適宜、車体情報IFSと称する。

[0077] 実施形態において、車体コントローラ20は、車体情報IFSが得られた第1時刻t1とともに、車体情報IFSを第1信号線35に出力する。この処理により、車体コントローラ20は、車体情報IFSが得られた第1時刻t1及び車体情報IFSを、照合航法位置出力コントローラ33に送信する。実施形態において、車体コントローラ20は、車体情報IFSを受け取った制御周期に、車体情報IFSを照合航法位置出力コントローラ33に送信する。実施形態において、車体情報IFSが得られた第1時刻t1は、車体情報IFSが照合航法位置出力コントローラ33に送信された時刻になる。第1時刻t1は、車体コントローラ20がジャイロセンサ26及び速度センサ27から検出結果を受け取った時刻としてもよい。

[0078] 第1時刻t1及び車体情報IFSは、図12に示されるように、第1情報IF1として車体コントローラ20から出力される。実施形態において、第1情報IF1は、第1時刻t1と車体情報IFSとを含む。ステップS102において、レーザーセンサ24Bは、検出結果RTを出力する。

[0079] ステップS103において、照合航法位置出力コントローラ33は、第1信号線35を介して車体コントローラ20と通信して、第1情報IF1、レ

ーザーセンサ24Bの検出結果RT及び地図DB37の地図情報（図11では省略）を受け取る。前述したように、第1情報IF1は車体情報IFsを含むので、ステップS103において、照合航法位置出力コントローラ33は、車体コントローラ20から車体情報IFsを受け取る。次に、ステップS104において、照合航法位置出力コントローラ33は、受け取った車体情報IFsを用いて、ダンプトラック2の位置P1を求め、求めた位置P1を位置情報IFpとして第1信号線35に出力する。

[0080] 位置情報IFpは、第1情報IF1に含まれる車体情報IFsを用いて求められたダンプトラック2の位置P1の座標P1（X1，Y1）を少なくとも含む。位置情報IFpは、車体情報IFsを用いて求められたダンプトラック2の方位角 θ を含んでいてもよい。方位角 θ は、位置P1におけるダンプトラック2の向きを示す情報である。ステップS105において、照合航法位置出力コントローラ33は、第1情報IF1に含まれる第1時刻t1とともに、位置情報IFpを第1信号線35に出力することにより、車体コントローラ20に送信する。これは、第1時刻t1におけるダンプトラックの位置がP1（X1，Y1）にあることを意味している。

[0081] 第1時刻t1及び位置情報IFpは、図12に示されるように、第2情報IF2として照合航法位置出力コントローラ33から出力される。実施形態において、第2情報IF2は、図14に示されるように、第1時刻t1と位置情報IFpとを含む。

[0082] ステップS106において、車体コントローラ20は、第1信号線35を介して照合航法位置出力コントローラ33と通信して、第2情報IF2を受け取る。前述したように、第2情報IF2は位置情報IFpを含むので、ステップS106において、車体コントローラ20は、照合航法位置出力コントローラ33から位置情報IFpを受け取ることになる。次に、ステップS107において、車体コントローラ20は、遅延時間 Δt を用いて、受け取った位置P1を補正する。その後、ステップS108において、車体コントローラ20は、補正位置P1cを用いてダンプトラック2を制御する指令で

ある制御指令を生成して、操舵装置 2 S 及び走行制御装置 2 D の少なくとも一方に出力し、これらを介してダンブトラック 2 を制御する。

[0083] ステップ S 1 0 7 において、車体コントローラ 2 0 は、推測航法を用いて位置 P 1 を補正して、補正位置 P 1 c を求めているが、その補正方法について説明する。この場合、既知の起点は位置 P 1 である。位置 P 1 からの移動距離は、速度 V_{c1} と遅延時間 Δt との積から求められる。位置 P 1 からの方位は、角速度 ω_1 から求められる。すなわち、第 2 時刻 t_2 時点におけるダンブトラック 2 の位置を、第 1 時刻 t_1 時点における位置 P 1 に基づいて補正する手法は、推測航法と同様の手法により補正することができる。

[0084] 遅延時間 Δt は、第 2 時刻 t_2 と第 1 時刻 t_1 との差分である。第 2 時刻 t_2 は、車体コントローラ 2 0 が、ダンブトラック 2 を制御するための指令を計算し始める時刻であり、位置 P 1 が補正される時刻でもある。第 1 時刻 t_1 は、ダンブトラック 2 の位置 P 1 を求めるための車体情報 I F s が得られた時刻であって、位置 P 1 が補正される第 2 時刻 t_2 よりも前の時刻である。

[0085] 実施形態において、ステップ S 1 0 1 とステップ S 1 0 2 とは、必ずしも同タイミング（第 1 時刻 t_1 ）でなくてもよい。また、第 1 時刻 t_1 は、ステップ S 1 0 1 における出力時でもよいし、ステップ S 1 0 2 の出力時でもよいし、ステップ S 1 0 3 における情報の取得時でもよいし、ステップ S 1 0 4 における処理時でもよいし、ステップ S 1 0 5 における位置情報 I F p の出力時であってもよい。

[0086] 図 1 2 に示されるように、第 1 時刻 t_1 に対応した位置 P 1 から、速度 V_{c1} 及び角速度 ω_1 に基づき、P 1 から距離 $V_{c1} \times \Delta t$ だけ進んだ位置が、補正位置 P 1 c となる。すなわち、車体コントローラ 2 0 は、遅延時間 Δt の間に、照合航法位置出力コントローラ 3 3 から受け取った位置 P 1 からダンブトラック 2 が移動した位置を、推測航法を用いて求め、求めた位置を補正後の位置、すなわち補正位置 P 1 c とする。その後、車体コントローラ 2 0 は、補正位置 P 1 c を用いてダンブトラック 2 を制御する。このため、

車体コントローラ 20 と照合航法位置出力コントローラ 33 間の通信によって生じる遅れ、通信の瞬断によって生じる遅れ、制御周期の相違によって生じる遅れ、及び照合航法位置出力コントローラ 33 における処理によって生じる遅れ等の少なくとも 1 つの影響が低減される。その結果、車体コントローラ 20 がダンブトラック 2 を制御する際の精度の低下が抑制される。

[0087] 変形例.

図 13 は、実施形態の変形例に係る制御システム 30a の一部を示す図である。制御システム 30a は、車体コントローラ 20 だけでなく、照合航法位置出力コントローラ 33 にも、ジャイロセンサ 26 及び速度センサ 27 が接続されている。制御システム 30a は、車体コントローラ 20 及び照合航法位置出力コントローラ 33 に、時間を計数するクロック 42 の出力が入力される。このような構成により、車体コントローラ 20 及び照合航法位置出力コントローラ 33 は、同じ時刻系、すなわちクロック 42 の時刻系で動作する。

[0088] 照合航法位置出力コントローラ 33 は、第 1 時刻 t_1 にジャイロセンサ 26 からダンブトラック 2 の角速度 ω_1 を取得し、速度センサ 27 からダンブトラック 2 の速度 V_{c1} を取得する。照合航法位置出力コントローラ 33 は、車体情報 I_{fs} 、すなわち速度 V_{c1} 及び角速度 ω_1 と、レーザーセンサ 24B の検出結果及び地図 DB 37 の地図情報とを用いて、ダンブトラック 2 の位置 P_1 を求める。具体的には、位置 P_1 の座標 $P_1 (X_1, Y_1)$ が求められる。そして、照合航法位置出力コントローラ 33 は、第 1 時刻 t_1 とともに、座標 $P_1 (X_1, Y_1)$ を含む位置情報 I_{fp} を、情報 I_{f3} として第 1 信号線 35 に出力する。情報 I_{f3} は、第 2 情報 I_{f2} と同一である。

[0089] 車体コントローラ 20 は、第 1 信号線 35 を介して情報 I_{f3} を受け取ると、第 2 時刻 t_2 において、推測航法を用いて、情報 I_{f3} の位置情報 I_{fp} に対応した位置 P_1 を補正する。このとき、第 2 時刻 t_2 と第 1 時刻 t_1 との差分である遅延時間 Δt が用いられる。そして、車体コントローラ 20

は、補正後の位置 P_1 である補正位置 P_{1c} を用いて、ダンプトラック 2 を制御する。このように、変形例においても、照合航法位置出力コントローラ 33 は、位置 P_1 を求めるための車体情報 I_Fs を用いて位置を求める。また、変形例においても、位置 P_1 が推測航法で補正される場合には、車体コントローラ 20 が位置 P_1 を補正する第 2 時刻 t_2 と、第 2 時刻 t_2 よりも前の時刻であって車体情報 I_Fs が得られた第 1 時刻 t_1 との差分である遅延時間 Δt が用いられる。

[0090] 以上、実施形態及びその変形例において、ダンプトラック 2 を制御する車体コントローラ 20 は、通信の遅れ及び制御周期の相違による情報伝達の遅れといった制御システム 30 内における情報伝達の遅れを含む遅延時間 Δt を用いて、照合航法位置出力コントローラ 33 が求めたダンプトラック 2 の位置を補正する。そして、車体コントローラ 20 は、補正によって得られた補正位置 P_{1c} を用いてダンプトラック 2 を制御する。このため、制御システム 30 は、制御システム 30 内における情報伝達の遅れ、具体的には車体コントローラ 20 が照合航法位置出力コントローラ 33 から位置 P_1 の情報を受け取る際の遅れの影響を低減できる。その結果、制御システム 30 は、通信の遅れ等によって車体コントローラ 20 がダンプトラック 2 の位置を得るタイミングに遅れが発生した場合でも、車体コントローラ 20 がダンプトラック 2 を制御する際の遅れ及び精度の低下を抑制できる。

[0091] 実施形態及び変形例において、作業車両は鉱山で用いられる鉱山機械である例を説明したが、作業車両は鉱山機械に限定されるものではない。作業車両は、少なくとも走行装置 23 及び制動装置 2B を有していればよく、例えば地下鉱山で用いられる作業車両、及び地上の作業現場で用いられる作業車両であってもよい。作業車両は、鉱山機械を含む概念である。

[0092] 実施形態及び変形例において、作業車両は、ダンプトラック 2 であるが、ホイールローダー、グレーダー又は一般の車両 3C であってもよい。また、実施形態及び変形例において、ダンプトラック 2 は無人のダンプトラックであるが、これに限定されず、有人のダンプトラックの運転にアシストする形

態であってもよい。

[0093] 照合航法位置出力コントローラ 33 がダンブトラック 2 の位置を求める手法も、実施形態及び変形例のものには限定されず、非接触センサ 24 による検出結果と予め保存された地図情報 37 とを比較してダンブトラック 2 の現在位置を算出する方法であれば、どのような方法であっても構わない。実施形態及び変形例では、非接触センサ 24 としてレーダーセンサ及びレーザーセンサを例示したが、非接触センサ 24 はこれらには限られない。非接触センサ 24 は、例えばステレオカメラ又はモノカメラを用いてダンブトラック 2 の周囲の状況を検出するようにしてもよい。

[0094] 実施形態及び変形例では GPS 検出器を用いて作業車両の位置を検出していたが、作業車両の位置の検出は GPS 検出器に限られず、周知の位置情報生成部に基づいて作業車両の位置を検出できるようにしてもよい。特に、地下鉱山では GNSS を検出できないため、例えば、位置情報生成部である 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)、又はランドマーク (走行経路の傍らに設けた目印) を使用した作業車両の自己位置推定等を用いてもよい。

[0095] 実施形態及び変形例は、目標の位置で目標の速度となるようにダンブトラック 2 を制動するにあたって、ダンブトラック 2 に発生する衝撃を抑制しつつ、目標の位置に到達した作業車両の位置に求められる精度の低下を抑制することができる。特に、鉱山で用いられるダンブトラック 2 は質量が大きいため、制動時にダンブトラック 2 には衝撃が発生しやすくなるが、前述した実施形態は、ダンブトラック 2 の衝撃を抑制しつつ、停止等における位置の精度の低下を抑制できるので、鉱山で用いられる大型の作業車両に好適である。

[0096] 以上、実施形態及び変形例を説明したが、前述した内容により実施形態及び変形例が限定されるものではない。前述した構成要素には、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が含まれる。前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。実施形態及び変形例の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換及び変更のうち少なくとも1つを行うことができる。

符号の説明

- [0097] 1 管理システム
- 2 ダンプトラック
- 3 鉱山機械
- 3 C 車両
- 3 S 油圧ショベル
- 7 管制施設
- 9 通信システム
- 10 管理装置
- 20 車体コントローラ（制御装置）
- 21 車両本体
- 22 ベッセル
- 23 走行装置
- 24 障害物センサ
- 24 A レーダー（非接触センサ）
- 24 B レーザーセンサ（非接触センサ）
- 26 ジャイロセンサ
- 27 速度センサ
- 30, 30 a 作業機械の制御システム（制御システム）
- 31 受信器
- 31 A アンテナ
- 32 走行経路作成装置
- 33 照合航法位置出力コントローラ（位置出力装置）
- 34 無線通信装置

3 5 第 1 信号線

3 6 第 2 信号線

3 7 地図 D B

Δt 遅延時間

請求の範囲

- [請求項1] 作業機械の周囲を検出する非接触センサと、
少なくとも前記非接触センサの検出結果に基づいて作業機械の位置を求めて、前記位置の情報を出力する位置出力装置と、
前記位置出力装置によって求められた前記位置を、少なくとも前記位置出力装置との通信の遅れを含む遅延時間に基づいて補正する補正位置演算部と、
前記補正位置演算部によって補正された補正位置を用いて前記作業機械を制御する指令を生成する制御装置と、
を備える、作業機械の制御システム。
- [請求項2] 前記制御装置は、推測航法を用いて前記位置を補正する、
請求項1に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項3] 前記遅延時間は、前記補正位置演算部が前記位置を補正する時刻である第1時刻と、前記第1時刻よりも前の時刻であって、前記非接触センサにより検出がなされた時刻又は前記位置出力装置が前記非接触センサの検出結果を受け取った時刻である第2時刻との差分である、
請求項1又は請求項2に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項4] 前記位置出力装置は、前記制御装置から位置を求めるための情報を受け取って前記作業機械の位置を求めるものであって、
前記位置を求めるための情報が前記制御装置によって前記位置出力装置に出力される時刻を第1時刻とし、前記位置出力装置が求めた前記位置を前記補正位置演算部によって補正する時刻を第2時刻とし、
前記遅延時間は、前記第2時刻と、前記第1時刻との差分である、
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5] 前記制御装置は、
前記位置出力装置から受け取った、前記第1時刻に対応した前記位置から、前記遅延時間の間に前記作業機械が移動した位置を、前記推測航法を用いて求め、求めた位置を補正後の前記位置とする、

請求項 3 又は請求項 4 に記載の作業機械の制御システム。

[請求項6] 請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の作業機械の制御システムと、

前記作業機械の制御システムが有する前記制御装置によって制御される走行装置と、

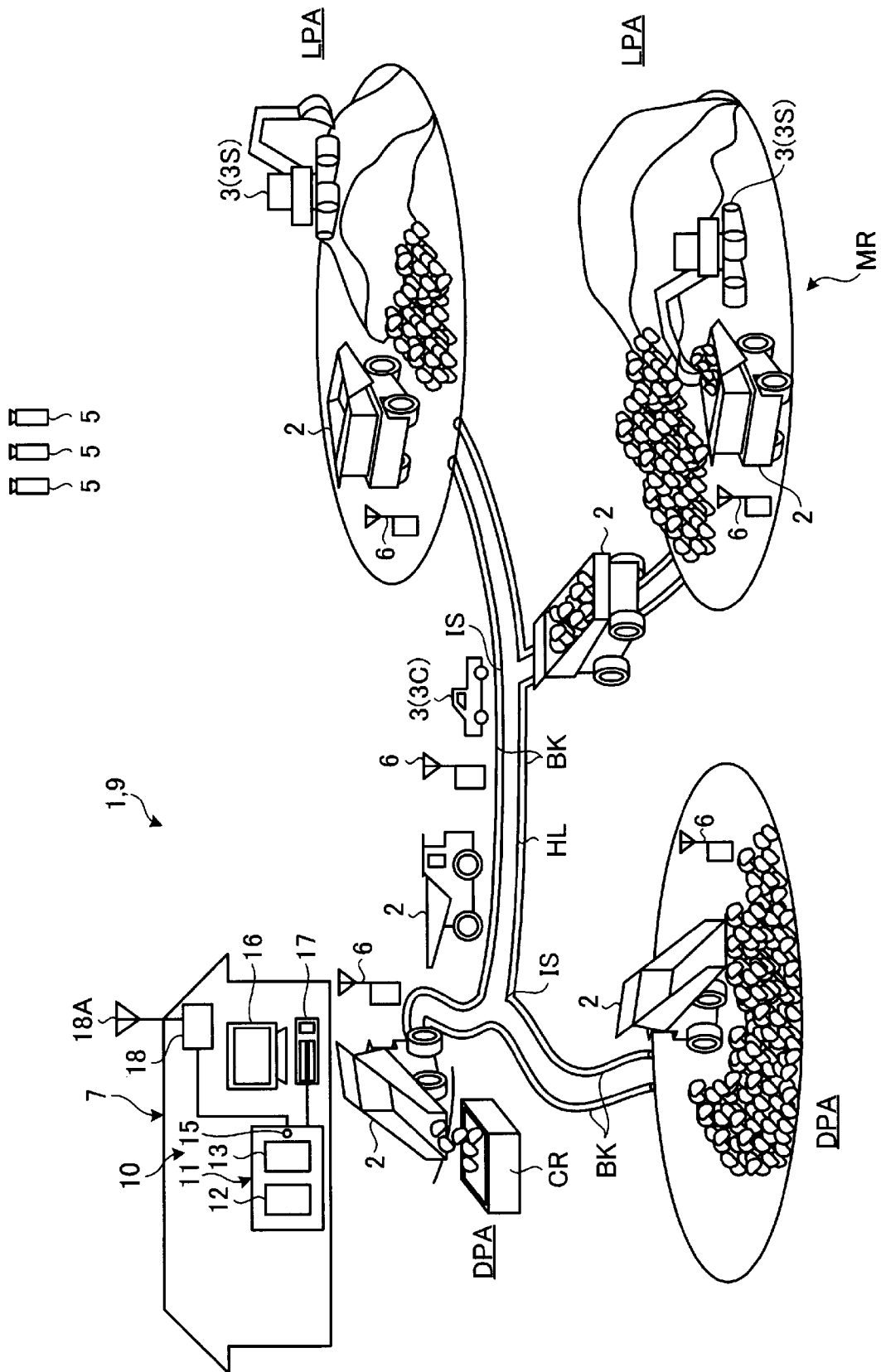
を含む、作業機械。

[請求項7] 非接触センサにより作業機械の周囲を検出し、

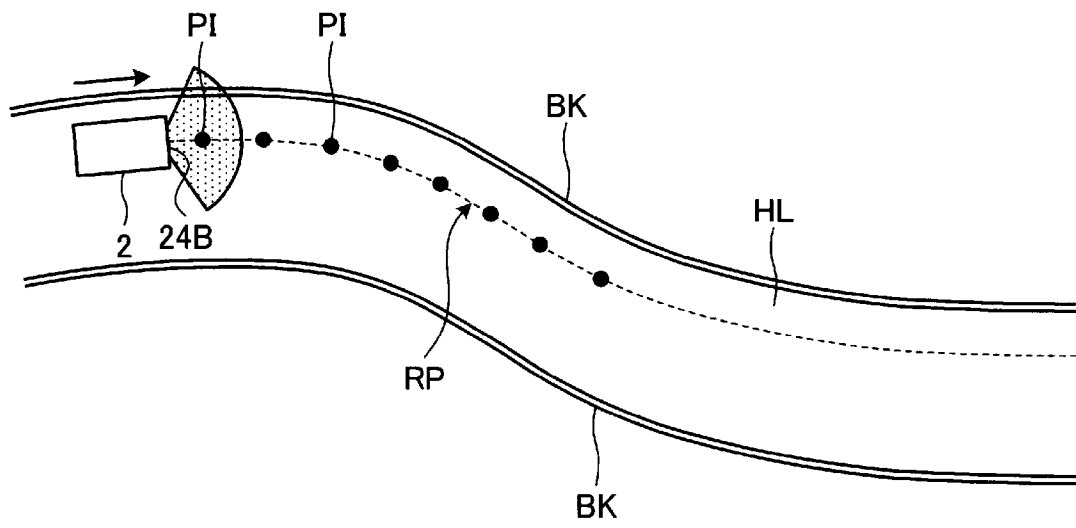
検出した結果に基づいて作業機械の位置を求め、前記位置の情報を出力し、

出力された前記位置の情報に基づき、前記位置の情報を受け取る際の遅れを含む遅延時間を用いて推測航法により前記位置を補正して、補正後の前記位置を用いて前記作業機械を制御する指令を生成する、
作業機械の制御方法。

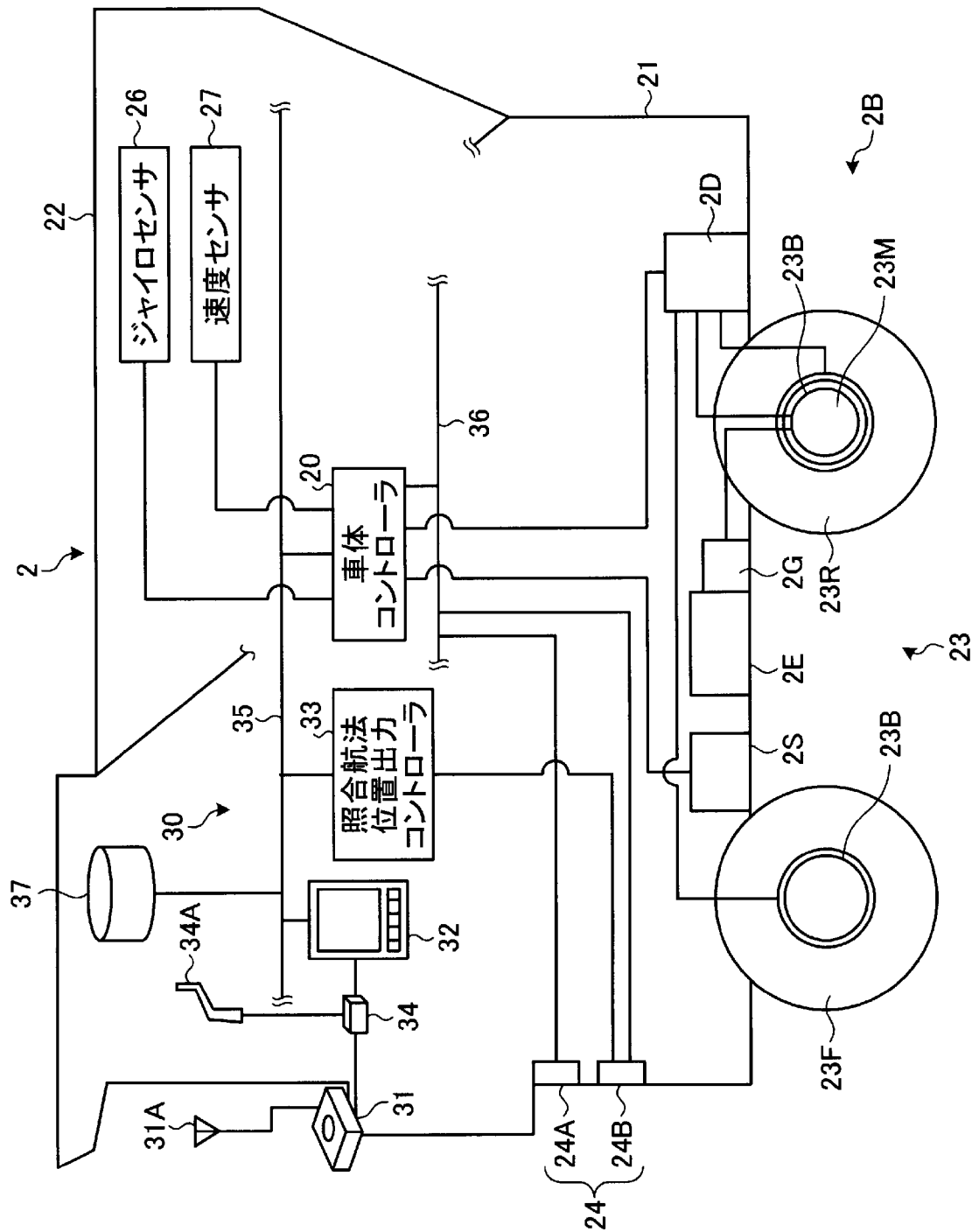
[図1]



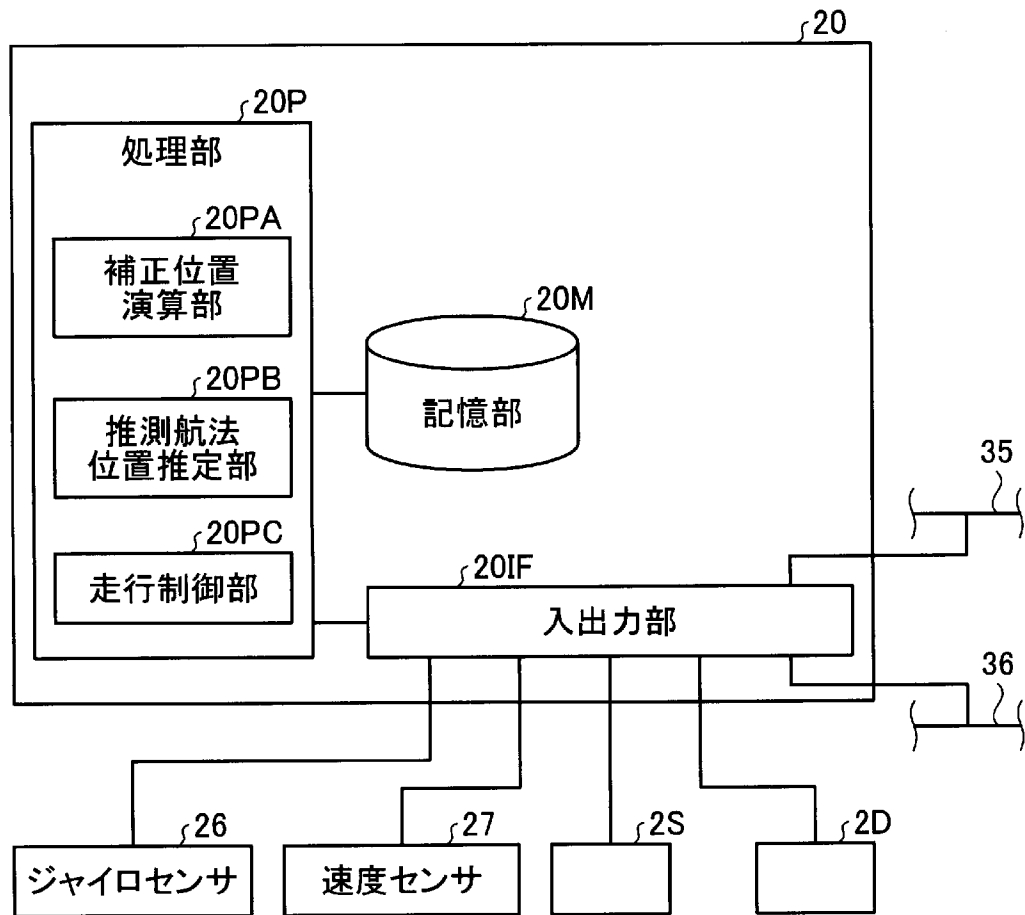
[図2]



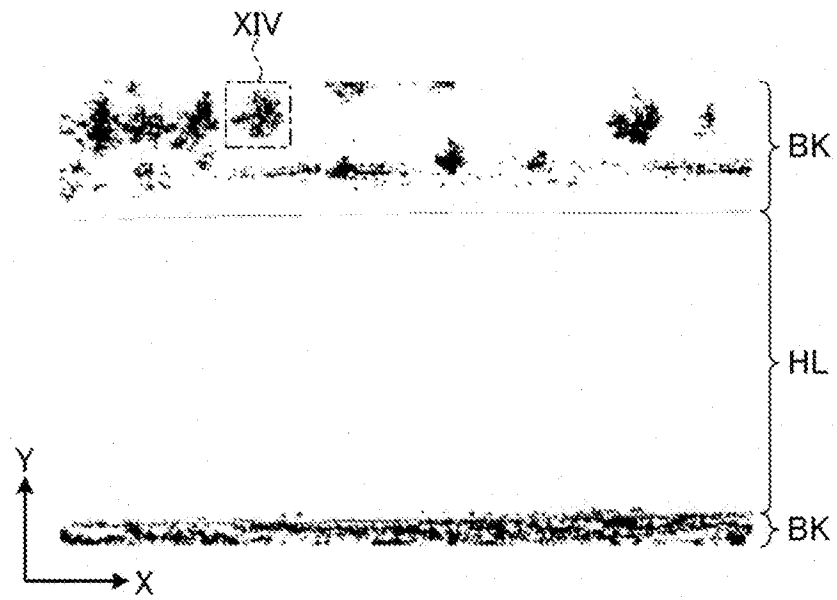
[図3]



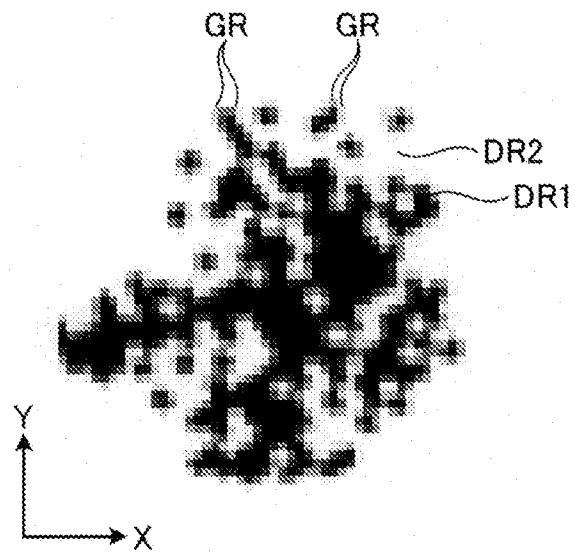
[図4]



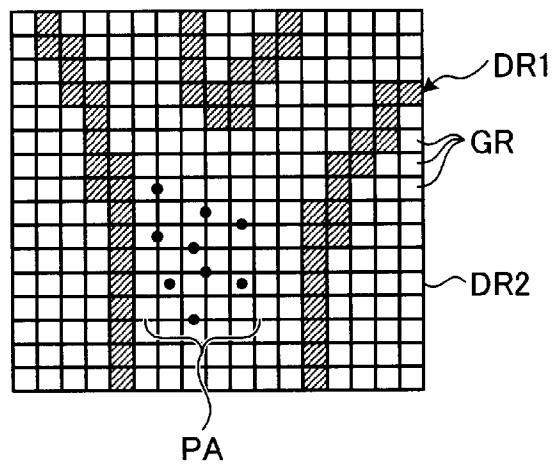
[図5]



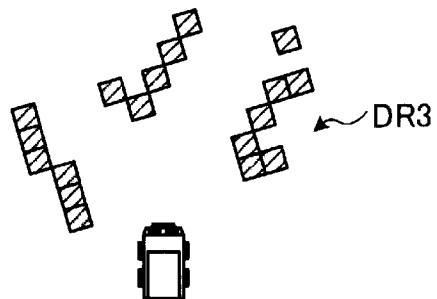
[図6]



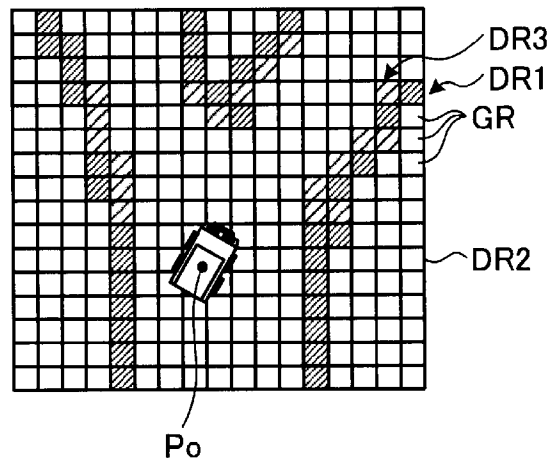
[図7]



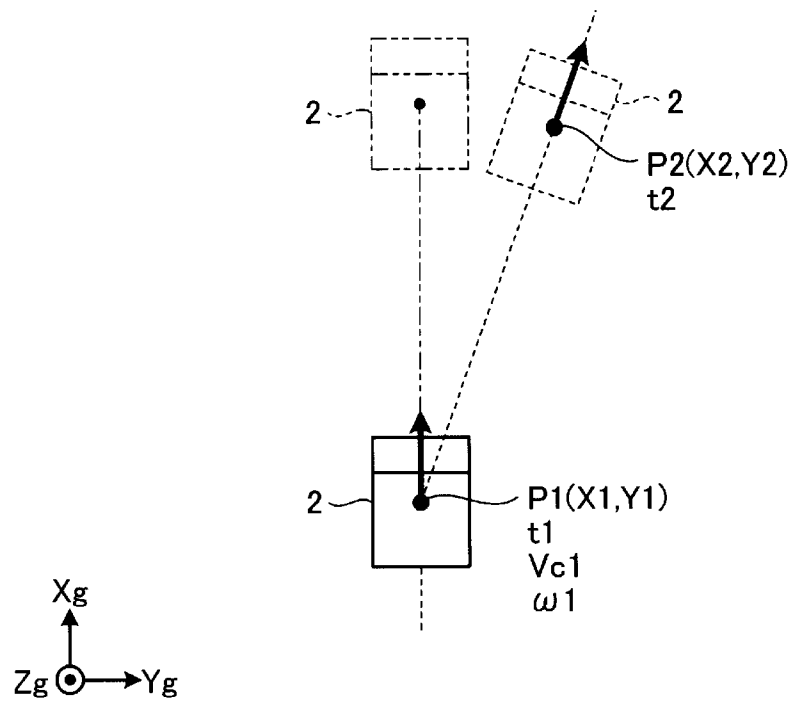
[図8]



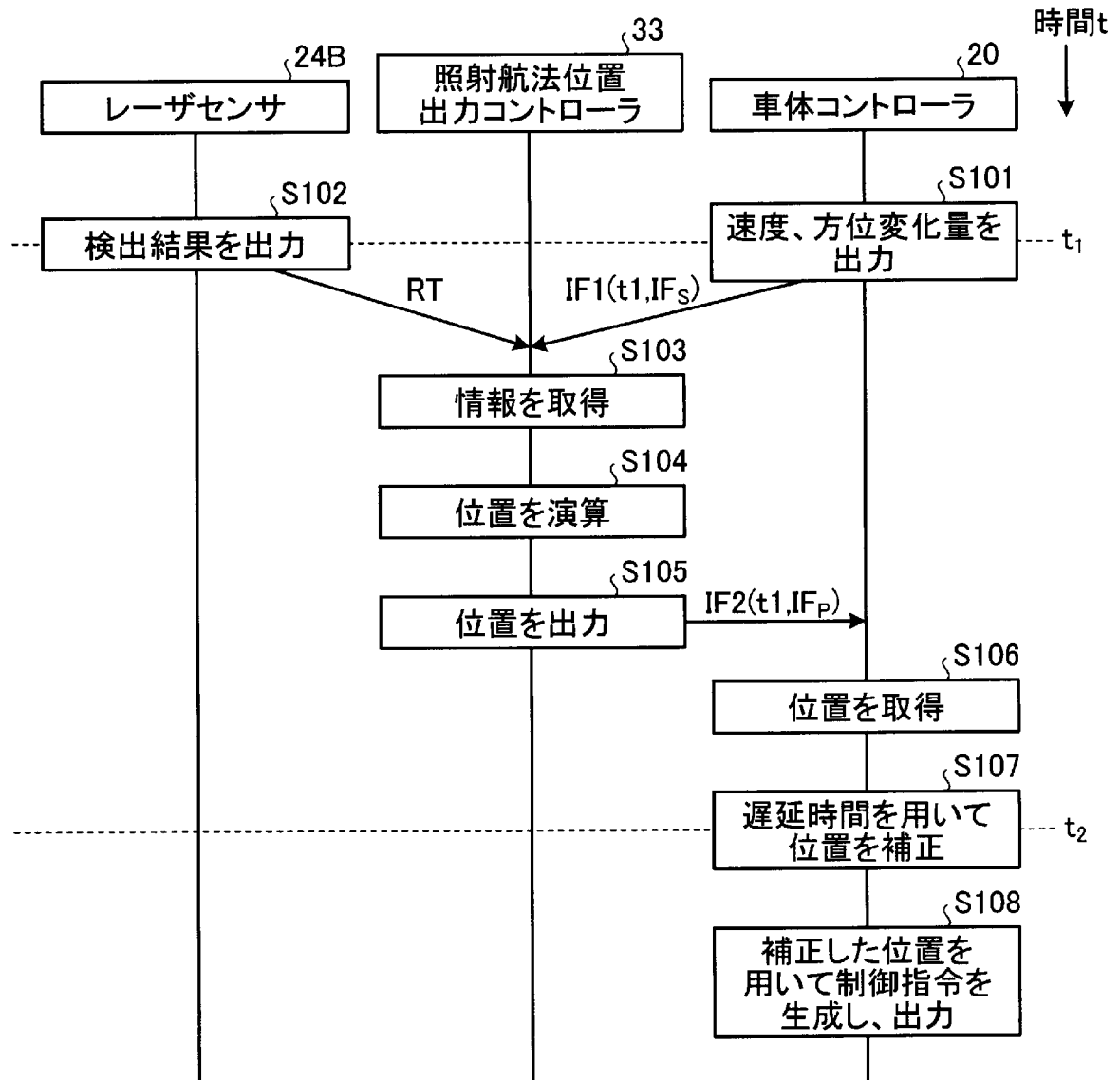
[図9]



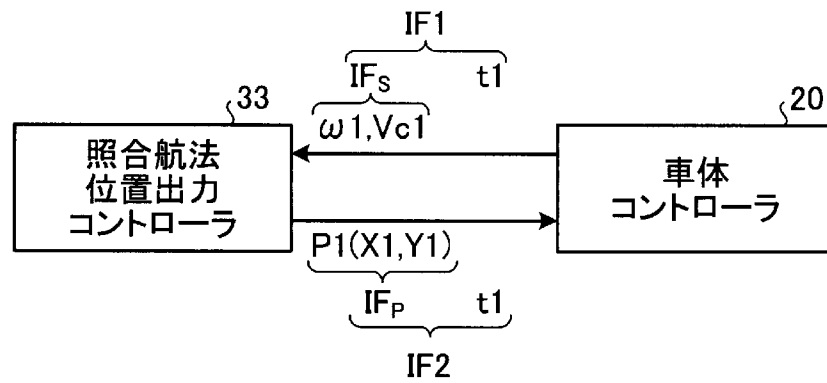
[図10]



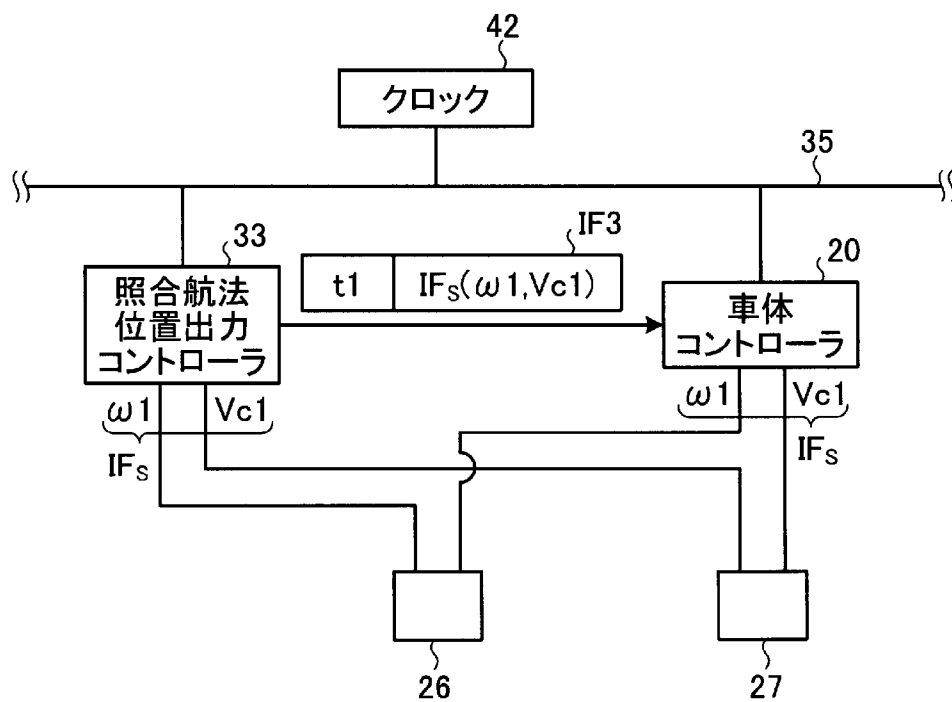
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/060847

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D1/02(2006.01)i, E02F9/20(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)

G05D1/02, E02F9/20

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 2001-33549 A (Yanmar Diesel Engine Co., Ltd.), 09 February 2001 (09.02.2001), paragraphs [0003], [0007] to [0018]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-7
Y	WO 2015/097909 A1 (Komatsu Ltd.), 02 July 2015 (02.07.2015), paragraphs [0019] to [0132]; fig. 1 to 15 (Family: none)	1-7

☐ 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
14 June 2016 (14.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05D1/02(2006.01)i, E02F9/20(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. G05D1/02, E02F9/20

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 2001-33549 A（ヤンマーディーゼル株式会社） 2001.02.09, 段落[0003], [0007]-[0018], 図1-8 (ファミリーなし)	1-7
Y	WO 2015/097909 A1（株式会社小松製作所）2015.07.02, 段落[0019]-[0132], 図1-15 (ファミリーなし)	1-7

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

14.06.2016

国際調査報告の発送日

21.06.2016

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）

後藤 健志

3U

5785

電話番号 03-3581-1101 内線 3364