

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6517096号  
(P6517096)

(45) 発行日 令和1年5月22日 (2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日 (2019.4.26)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 5 D 1/02 (2006.01)

G 0 5 D 1/02 H

E 0 2 F 9/20 (2006.01)

E 0 2 F 9/20 N

E 0 2 F 9/26 (2006.01)

E 0 2 F 9/26 A

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-133854 (P2015-133854)  
 (22) 出願日 平成27年7月2日 (2015.7.2)  
 (65) 公開番号 特開2017-16477 (P2017-16477A)  
 (43) 公開日 平成29年1月19日 (2017.1.19)  
 審査請求日 平成30年2月13日 (2018.2.13)

(73) 特許権者 000005522  
 日立建機株式会社  
 東京都台東区東上野二丁目16番1号  
 (74) 代理人 110000442  
 特許業務法人 武和国際特許事務所  
 (72) 発明者 小野 幸彦  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株  
 式会社日立製作所内  
 (72) 発明者 石本 英史  
 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機  
 株式会社 土浦工場内  
 (72) 発明者 加藤 学  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株  
 式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業機械の走行支援システム及び運搬車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一の作業機械、及び前記第一の作業機械が指定した停車目標位置に向かって走行する  
 第二の作業機械を含む作業機械の走行支援システムであって、

前記第一の作業機械に備えられ、前記第一の作業機械の座標系における停車目標位置を  
 指定する停車目標位置指定装置と、

前記第二の作業機械に備えられ、前記第二の作業機械の進行方向前方に位置する計測対  
 象点から前記第二の作業機械までの距離を測定する周囲形状測定装置と、

前記周囲形状測定装置の測定結果を基に、前記第二の作業機械の周囲の3次元空間を複  
 数の領域に分割し、各領域における物体の有無を定義した3次元ボクセルデータからなる  
 周囲形状地図を生成する地図生成装置と、

前記第一の作業機械の外形形状データを記憶する外形形状データ記憶装置と、

前記第一の作業機械の外形形状データ及び前記周囲形状地図を比較し、前記周囲形状地  
 図内における前記第一の作業機械の位置を検出する作業機械位置検出装置と、

前記周囲形状地図内における前記第一の作業機械の位置及び前記第一の作業機械の座標  
 系で指定された停車目標位置を基に、当該停車目標位置を前記周囲形状地図の座標系に変  
 換し、前記周囲形状地図内における前記第二の作業機械の位置及び前記周囲形状地図の座  
 標系に変換された停車目標位置を基に、実空間における前記第二の作業機械と前記停車目  
 標位置との相対位置を算出する相対位置算出装置と、

を備えることを特徴とする作業機械の走行支援システム。

**【請求項 2】**

前記第一の作業機械は、多関節フロント装置、及び前記第一の作業機械の座標系で停車目標位置を指定する際の前記第一の作業機械の外形形状を規定する姿勢パラメータを測定するパラメータ測定装置を備え、

前記作業機械位置検出装置は、前記姿勢パラメータと前記第一の作業機械の外形形状データを基に、前記姿勢パラメータを反映された前記第一の作業機械の外形形状を再構成し、その再構成した前記第一の作業機械の外形形状データと前記周囲形状地図とを比較する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の作業機械の走行支援システム。

**【請求項 3】**

前記地図生成装置は、前記姿勢パラメータに変化がない間の前記周囲形状測定装置の測定結果だけを用いて、前記周囲形状地図を生成する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の作業機械の走行支援システム。

**【請求項 4】**

前記第一の作業機械は、前記第二の作業機械から前記周囲形状地図を受信する第一の通信装置と、

前記周囲形状地図を表示する表示装置と、を備え、

前記第二の作業機械は、前記第一の作業機械に対して前記周囲形状地図を送信する第二の通信装置を備え、

前記周囲形状測定装置は、実空間における前記第二の作業機械の位置から前記第一の作業機械の位置までの路面の形状を測定し、

前記地図生成装置は、前記路面の形状を含む前記周囲形状地図を生成する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の作業機械の走行支援システム。

**【請求項 5】**

積込機が指定した停車目標位置に向かって走行する運搬車両であって、

前記積込機から、当該積込機の座標系で指定された前記停車目標位置を受信する通信装置と、

前記運搬車両の進行方向前方に位置する計測対象点までの距離を測定する周囲形状測定装置と、

前記周囲形状測定装置の測定結果を基に、前記運搬車両の周囲の 3 次元空間を複数の領域に分割し、各領域における物体の有無を定義した 3 次元ボクセルデータからなる周囲形状地図を生成する地図生成装置と、

前記積込機の外形形状データを記憶する外形形状データ記憶装置と、

前記積込機の外形形状データ及び前記周囲形状地図を比較し、前記周囲形状地図内における前記積込機の位置を検出する作業機械位置検出装置と、

前記周囲形状地図内における前記積込機の位置及び前記積込機の座標系で指定された停車目標位置を基に、当該停車目標位置を前記周囲形状地図の座標系に変換し、前記周囲形状地図内における前記運搬車両の位置及び前記周囲形状地図の座標系に変換された停車目標位置を基に、実空間における前記運搬車両と前記停車目標位置との相対位置を算出する相対位置算出装置と、

前記算出された相対位置に従って、実空間における前記停車目標位置に向かって前記運搬車両を自律走行させる車両制御装置と、

を備えることを特徴とする運搬車両。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は作業機械の走行支援システム及び運搬車両に係り、特に鉱山用作業機械が指定された停止位置に停車するための技術に関する。

**【背景技術】****【0002】**

10

20

30

40

50

無人車両を誘導するための技術として、特許文献 1 には「走行位置計測手段で計測される無人車両の走行位置と、無人車両の誘導コースを規定するコースデータとに基づいて、無人車両を誘導コースに沿って誘導走行させる無人車両の誘導装置であって、コースエリアの形状を入力する手段と、移動起点の位置と無人車両の方向および移動目的点の位置と車両進行方向とをそれぞれ指示する手段と、移動起点および移動目的点において、指示された位置と車両進行方向が満足されるコースデータを作成する手段と、作成されたコースデータで無人車両を走行させた場合の無人車両とコースエリアの干渉を推認する手段と、干渉が推認された場合に、コースデータを変更するコースデータ変更手段と、を備える」誘導装置が開示されている。

【0003】

10

また特許文献 2 には「障害物が検出等された場合に、この障害物の位置が、複数の車両に共通する障害物であるとしてその位置が記憶手段に記憶される。そして複数の車両が走行するに伴い記憶手段の記憶内容が更新されていく。そして複数の車両毎に各目標点の位置データが与えられると、記憶手段の記憶内容に基づき障害物と干渉しないように、複数の車両が各目標点まで誘導走行される」構成が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 97632 号公報

【特許文献 2】米国特許第 6539294 号明細書

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1、2 では無人車両の位置データを取得することが前提となっている。ここで、無人車両の位置を検出する装置として GPS (Global Positioning System) が普及している。

【0006】

GPS で車両位置を検出するには GPS 衛星からの測位電波を受信しなければならないが、鉱山は崖や岩陰を含む複雑な地形形状を有することがあり、測位電波が鉱山内の各所において受信できるとは限らない。また、GPS を用いて検出したグローバル座標には GPS 由来の誤差が含まれていることがあり、無人車両を停車目標位置に誘導させるために必要な位置検出精度が確保できないことがある。従って、特許文献 1、2 の誘導技術を鉱山用の無人車両の誘導技術に適用した場合、GPS の測位電波が受信できない場合や検出精度が低い場合には、無人車両を停車目標位置に誘導できなかったり、本来の停車目標位置からはずれた位置に誘導してしまったりするという課題がある。

30

【0007】

本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、GPS の精度に関らず、鉱山内において作業機械を停車目標位置に誘導することができる技術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】

【0008】

40

上記課題を解決するために、本発明は、第一の作業機械、及び前記第一の作業機械が指定した停車目標位置に向かって走行する第二の作業機械を含む作業機械の走行支援システムであって、前記第一の作業機械に備えられ、前記第一の作業機械の座標系における停車目標位置を指定する停車目標位置指定装置と、前記第二の作業機械に備えられ、前記第二の作業機械の進行方向前方に位置する計測対象点から前記第二の作業機械までの距離を測定する周囲形状測定装置と、前記周囲形状測定装置の測定結果を基に、前記第二の作業機械の周囲の 3 次元空間を複数の領域に分割し、各領域における物体の有無を定義した 3 次元ボクセルデータからなる周囲形状地図を生成する地図生成装置と、前記第一の作業機械の外形形状データを記憶する外形形状データ記憶装置と、前記第一の作業機械の外形形状データ及び前記周囲形状地図を比較し、前記周囲形状地図内における前記第一の作業機械

50

の位置を検出する作業機械位置検出装置と、前記周囲形状地図内における前記第一の作業機械の位置及び前記第一の作業機械の座標系で指定された停車目標位置を基に、当該停車目標位置を前記周囲形状地図の座標系に変換し、前記周囲形状地図内における前記第二の作業機械の位置及び前記周囲形状地図の座標系に変換された停車目標位置を基に、実空間における前記第二の作業機械と前記停車目標位置との相対位置を算出する相対位置算出装置と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明により、GPSの精度に関らず、鉱山内において作業機械を目的点に誘導することができる技術を提供することができる。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第一実施形態に係る自律走行システムの概略説明図

【図2】ダンプトラック及びショベルのハードウェア構成を示す図

【図3】ダンプトラックの座標系とショベルの座標系とを示す図

【図4】ダンプトラックにおける周囲形状測定装置の取付位置を示す図

【図5】周辺形状地図を示す図

【図6】管制サーバの構成を示す図であって、(a)はハードウェア構成図、(b)はソフトウェア構成図である。

20

【図7】ダンプトラック、管制サーバ、及びショベルの動作の流れを示すシーケンス図

【図8】姿勢パラメータを示す図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下の実施の形態においては、便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明する。以下の実施の形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。なお、以下の実施の形態において、その構成要素（処理ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須ではない。

30

【0012】

また、以下の実施の形態における各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路その他のハードウェアとして実現しても良い。また、後述する各構成、機能、処理部、処理手段等は、コンピュータ上で実行されるプログラムとして実現しても良い。すなわち、ソフトウェアとして実現しても良い。各構成、機能、処理部、処理手段等を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリやハードディスク、SSD(Solid State Drive)等の記憶部、ICカード、SDカード、DVD等の記憶媒体に格納することができる。

【0013】

40

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一または関連する符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。また、以下の実施の形態では、特に必要なとき以外は同一または同様な部分の説明を原則として繰り返さない。

【0014】

<第一実施形態>

〔システム構成〕

第一実施形態は、鉱山内において稼働する第一の作業機械が停車目標位置を指定し、その停車目標位置に向かって第二の作業機械を誘導する作業機械の走行支援システムに係る。特に本実施形態は、第一の作業機械をショベル、第二の作業機械をオペレータの操縦に

50

よらず自律走行を行う自律走行運搬車両（以下「ダンプトラック」と記載する）とし、管制サーバがダンプトラックの運行管理を行う自律走行システムに、本発明に係る走行支援システムを適用した例を説明する。以下、図面を参照して第一実施形態について説明する。図１は、第一実施形態に係る自律走行システムの概略説明図である。

【００１５】

図１において、鉱山１内にはショベル２００が掘削作業及びダンプトラック１００への積込作業を行う積込場６１と、ダンプトラック１００が土砂を放土する放土場６２、６３とが配置され、積込場６１と放土場６２、６３のそれぞれとを連結する搬送路６０が敷設されている。

【００１６】

ダンプトラック１００は、採石場の近傍若しくは遠隔の管制センタ３００に設置された管制サーバ３１０と無線通信回線４０を介して無線接続され、管制サーバ３１０の管制指示の下、自律走行する。管制サーバ３１０は、無線通信回線４０を介してショベル２００とも通信接続される。そして、ショベル２００及びダンプトラック１００のそれぞれは、ＧＰＳ衛星５０からの測位電波を受信して自車両位置を算出する位置算出装置を搭載する。管制サーバ３１０はダンプトラック１００及びショベル２００のそれぞれが算出した自車両位置を受信する。ＧＰＳに基づく自車両位置は、管制サーバ３１０が搬送路６０に沿ってダンプトラック１００を自律走行させる際の位置の把握に用いられる。また管制サーバ３１０がショベル２００の現在位置を把握する際にも用いられる。

【００１７】

積込場６１では、ショベル２００のオペレータは、ダンプトラック１００の積込位置を指定し、ダンプトラック１００は指定された積込位置を停車目標位置として走行する。停車目標位置に最終的にアプローチする際に、ＧＰＳ信号を使うことなくダンプトラック１００とショベル２００との相対位置を基にダンプトラック１００が停車目標位置に向かって走行する点が本実施形態の特徴の一つである。

【００１８】

また、積込場にはドーザ７１や不図示のホイールローダ、散水車７２が稼働してもよく、これらのドーザ７１やホイールローダが散水車７２に対して散水位置を指定し、その指定された位置に向かって散水車７２が移動してもよい。この場合、多関節フロント装置を備えたドーザ７１やホイールローダが第一の作業機械に相当し、散水車７２が第二の作業機械に相当する。また、ショベル２００が積込位置の整地のためにドーザ７１を呼び込む場合、第一の作業機械がショベル、第二の作業機械がドーザ７１に相当する。従って、第一の作業機械、第二の作業機械は作業機械の種別ではなく、二つの作業機械の役割によって決まるものである。

【００１９】

図２乃至図４を参照して、ダンプトラック１００及びショベル２００の構成について説明する。図２は、ダンプトラック１００及びショベル２００のハードウェア構成を示す図である。図３は、ダンプトラック１００の座標系とショベル２００の座標系とを示す図である。図４は、ダンプトラック１００における周囲形状測定装置の取付位置を示す図である。

【００２０】

図２においてダンプトラック１００は、ダンプトラック１００からみたショベル２００及び周囲の盛土の形状を計測し積込位置を検出する積込位置検出装置１０１と、ダンプトラック１００の位置・姿勢を計測する自己位置計測装置１０２と、ダンプトラック１００をショベル２００が指示した停車目標位置に誘導する車両制御装置１０３と、ショベル２００との間での通信を行う通信装置１０４とを含む。

【００２１】

ショベル２００は、積込位置指示装置２０１（停車目標位置指定装置に相当する）、多関節フロント装置を構成するバケット、アーム、ブームの角度や旋回角度などショベルの外形形状を規定する姿勢パラメータを測定するパラメータ測定装置２０２と、ダンプトラ

10

20

30

40

50

ック100や管制サーバ310との間での通信を行う通信装置203とを含む。積込位置指示装置201及びパラメータ測定装置202の其々の出力端は通信装置203の入力端に接続され、通信装置203が外部装置、例えばダンプトラック100や管制サーバ310に対して積込位置や姿勢パラメータを送信する。

【0022】

積込位置指示装置201は、図3に示すようにショベル200を基準とした座標系 $S$ での積込位置 $P_S$ を指示する。ダンプトラック100は、ショベル200の座標系 $S$ で定義された積込位置 $P_S$ を受信し、これをダンプトラック100の座標系 $T$ に変換して積込位置 $P_T$ を求め、これを停車目標位置として自律走行する。

【0023】

図2に戻り積込位置検出装置101は、ダンプトラック100の周囲にあるショベルや盛土の形状を測定するために、進行方向前方に位置する計測対象点までの距離を測定して周囲環境の形状を取得するダンプトラック100の側面に設置された周囲形状測定装置2と、周囲形状測定装置2による測定結果に基づいて、周囲環境の形状を表す周囲形状地図を生成する地図生成装置3と、周囲形状地図を記憶する地図記憶装置4と、上記周囲形状地図上でのダンプトラック100の位置および積込位置を推定する相対位置算出装置5と、ショベル200の外形形状データを演算する外形形状データ演算装置7（基準となる外形形状データを記憶する外形形状データ記憶装置も含むものとする）と、ショベル200の外形形状データと及び周辺形状地図を比較し、周囲形状地図内におけるショベルの位置を検出するショベル位置検出装置8（作業機械位置検出装置に相当する）とを含む。

【0024】

積込位置検出装置101において、周囲形状測定装置2の出力端は地図生成装置3の入力端に接続され、地図生成装置3の出力端は地図記憶装置4の入力端に接続される。ショベル位置検出装置8の入力端は、地図記憶装置4、外形形状データ記憶装置7、及び通信装置104の其々の出力端に接続される。また相対位置算出装置5の入力端は、地図記憶装置4及び積込位置検出装置8の出力端に接続され、相対位置算出装置5の出力端は後述するダンプトラック制御装置20の入力端に接続される。

【0025】

周囲形状測定装置2には、例えばレーザ光を扇状に投射し、物体からの反射光によって対象物（計測対象点）までの距離と方向を測定するレーザスキャナがある。

【0026】

ここで、走行路面が乾いた土であるとタイヤの回転によって撒きあげた土埃がダンプトラック100と周囲盛土との間に漂うことがある。このような状況になった場合、ダンプトラック100の下部に周囲形状測定装置2を設置すると、周囲盛土までの距離を正しく測定できないだけでなく、周囲形状測定装置2の検出面が汚れることもある。

【0027】

そこで、舞いあがった土埃が周囲形状測定装置2の検出窓に付着する頻度を抑え、かつ、土埃の上から周囲形状を検出するため、図4に示すように、ダンプトラック100の側面上部に周囲形状測定装置2を取り付けるとよい。周囲形状測定装置2はスキャン面210内で一定角度毎の距離を測定する。

【0028】

通常、積込み時には、積込位置に近づくにつれてダンプトラック100をまっすぐに後退、もしくは前進させ、特に前後位置に関して積込位置に精度よく停車させることになる。

【0029】

このとき、前述のように周囲形状測定装置2を取り付けることで、ほぼ同じ地点をセンシングしながら積込位置に近づくことができ、さらに、そのセンシングがダンプトラック100のピッチングに影響されにくいという利点がある。

【0030】

また、ショベル200は、図3のようにショベル200がベンチ250上にあり、ダン

10

20

30

40

50

ブトラック 100 よりも高い位置から積込み作業を行う場合もある。そのような場合でもショベル 200 を測定できるように周囲形状測定装置 2 のスキャン軸を中心にロール方向に回転させた状態でダンプトラック 100 に設置する。これにより、ダンプトラック 100 よりも上方にあるショベルを測定できるようになる。

#### 【0031】

図 5 に示す地図データ 6 は、地図記憶装置 4 に記憶されている周辺形状地図である。地図生成装置 3 は周囲形状測定装置 2 の測定結果を基に、積込場 61 の 3 次元空間を所定の規則で複数に分割することで決定した各領域における物体の有無を定義した 3 次元ボクセルデータからなる周辺形状地図を生成し、地図記憶装置 4 に記憶する。地図生成装置 3 は随時地図データ 6 を生成し、地図記憶装置 4 の地図データを更新する。

10

#### 【0032】

ショベル位置検出装置 8 では、まず、ショベル 200 から受信した、バケット、アーム、ブームの角度や旋回角度などショベルの形状を決定する姿勢パラメータと外形形状データ記憶装置 7 に記憶されているショベル 200 の外形形状データとから、ショベル 200 の 3 次元形状を復元する。より具体的には、外形形状データ記憶装置 7 に記憶されているショベル 200 の基準外形形状データのバケット、アーム、ブームの角度や旋回角度を、姿勢パラメータが示す値に変形させて外形形状データを復元（再構成）する。そして復元されたショベル 200 の 3 次元形状と、地図データ 6 とをマッチング（重ね合わせ）することで、地図上のショベル 200 の位置を推定する。ここにおけるマッチングの具体的方法としては公知の方法（参考文献：増田健、岡谷（清水）郁子、佐川立昌、距離データ処理 - 複数距離画像からの形状モデル生成技術、Proc. of the 146th CVIM、2004 年）を利用することができる。

20

#### 【0033】

相対位置算出装置 5 は、周辺形状地図内におけるショベル 200 位置及びショベル 200 の座標系  $S$  で指定された積込位置（停車目標位置） $P_S$  を基に、積込位置  $P_S$  を周辺形状地図の座標系  $T$  に変換し、周辺形状地図内におけるダンプトラック 100 の位置及び周辺形状地図の座標系  $T$  に変換された積込位置  $P_T$  を基に、実空間におけるショベル 200 と積込位置との相対位置を算出する。なお、周辺形状地図の座標系  $T$ 、及びダンプトラック 100 の実空間（地面に固定された座標系）における座標系（以下「ダンプ座標系」という）は、周辺形状地図の座標系  $T$  におけるダンプトラック 100 の位置に実空間におけるダンプトラック 100 の位置を合わせることで変換できるので、以下では周辺地図形状の座標系  $T$  と実空間におけるダンプ座標系とは同一であるものとして説明する。

30

#### 【0034】

ショベル 200 が指示する積込位置  $P_S$  はショベル 200 としての座標系  $S$  で定義されており、ダンプトラック 100 が積込位置  $P_S$  に移動するためには、ダンプトラック 100 が基準としている座標系  $T$  における積込位置  $P_T$  に変換する必要がある。

#### 【0035】

ここで、ダンプ座標系の積込位置  $P_T$ 、ショベル座標系の積込位置  $P_S$  を同次座標により、

40

#### 【数 1】

$$P_S = \begin{bmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \\ 1 \end{bmatrix}, \quad P_T = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \\ z_T \\ 1 \end{bmatrix}$$

と定義すると、 $P_S$  から  $P_T$  への変換は、同次変換行列  $H$  を用いて、

$$P_S = H P_T$$

で表される。

#### 【0036】

ダンプ座標系  $T$  で定義された地図データからマッチングによりショベルの位置・姿勢

50

を推定すればこの同次変換行列Hを算出することができ、ダンブトラック100が積込位置P<sub>s</sub>に移動することが可能となる。

【0037】

自己位置計測装置102は、ダンブトラック100の車輪回転速度を計測する車輪速計測装置14と操舵角度を計測する操舵角計測装置15と、位置補正装置16と、自己位置演算装置17とを備える。自己位置計測装置102において、車輪速計測装置14、操舵角計測装置15、及び位置補正装置16の其々は自己位置演算装置17に接続される。自己位置演算装置17は、ダンブトラック制御装置20（後述する）に接続される。

【0038】

自己位置演算装置17は車輪速計測装置14及び操舵角計測装置15の計測結果からダンブトラック100の速度と角速度、さらに、地面に固定された座標系での位置・姿勢を算出する。なお、ダンブトラック100の位置・姿勢をより高精度で計測するため、ダンブトラック100の自己位置は、位置補正装置16によって補正される。位置補正装置16は、IMU（慣性計測装置）やGPSにより構成される。

【0039】

車両制御装置103は、ダンブトラック100の速度を制御する速度制御装置18（制動量の制御装置としての機能も有する）と、ダンブトラック100の舵角を制御する操舵制御装置19と、積込位置に向けて移動するため、速度制御装置18の制動量及び操舵制御装置19の制御量を算出するダンブトラック制御装置20とを含む。

【0040】

車両制御装置103において、地図データベース21、自己位置演算装置17、及び相対位置算出装置5の其々の出力端がダンブトラック制御装置20に接続され、ダンブトラック制御装置20の出力端は、速度制御装置18と操舵制御装置19の其々の入力端に接続される。

【0041】

地図生成装置3と地図記憶装置4、自己位置演算装置17は、例えば中央演算処理装置と記憶装置と入出力回路と通信回路からなるマイコン装置を用いて構成される。地図生成装置3と地図記憶装置4の処理用に、それぞれ別のマイコン装置を設ける構成にしても良く、一つのマイコン装置で構成しても良い。また、ダンブトラック制御装置20は、例えば複数のマイコン装置で構成される車載用コントローラであって、車載用コントローラ内部のソフトウェアによって機能を実現する。

【0042】

次に図6を参照して管制サーバの構成について説明する。図6は管制サーバの構成を示す図であって、(a)はハードウェア構成図、(b)はソフトウェア構成図である。図6(a)に示すように、管制サーバ310は、CPU(Central Processing Unit)311、ROM(Read Only Memory)312、RAM(Random Access Memory)313、HDD(Hard Disk Drive)314、インタフェース(1/F)315を含み、これらの各構成要素がバス316を介して互いに接続されて構成される。1/F315には、マウス、キーボードなどの入力装置317、液晶モニタからなる表示装置318、及び無線通信回線40に接続する通信装置319の其々が接続される。

【0043】

図6(b)に示すように、管制サーバ310のROM312又はHDD314には、配車管理部311a、走行許可区間設定部311b、動的パス生成部311c、及びサーバ側通信制御部311dを含むダンブトラック100の自律走行プログラムが格納され、これらがRAM313にロードされCPU311により実行されることで、上記自律走行プログラムに含まれる各機能を実現される。

【0044】

マスタ地図記憶部314aは、HDD314の一領域にダンブトラック100が走行する搬送路60の地図情報を記憶する。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 4 5 】

区間情報記憶部 3 1 4 b も同様に H D D 3 1 4 の一領域から構成され、ダンプトラック 1 0 0 に対して搬送路 6 0 の内、走行許可が付与された部分区間を区間情報として記憶する。

## 【 0 0 4 6 】

配車管理部 3 1 1 a は、ダンプトラック 1 0 0 の目的地を設定し、マスタ地図記憶部 3 1 4 a に格納された地図情報を参照して現在位置から目的地に至る走行経路を決定する。ここでいう目的地は、予めマスタ地図記憶部 3 1 4 a に格納された地図情報で規定された範囲である。従って、配車管理部 3 1 1 a は、各作業エリア（積込場 6 1、放土場 6 2、6 3）の入口または出口を目的地と設定するが、積込点、放土点は目的地として設定しない。

10

## 【 0 0 4 7 】

走行許可区間設定部 3 1 1 b は、ダンプトラック 1 0 0 に対し、マスタ地図記憶部 3 1 4 a に格納された地図情報を参照し、走行許可の付与を要求したダンプトラック 1 0 0 に対し、そのダンプトラック 1 0 0 のみに走行を許可する部分区間を走行許可区間として設定する。各走行許可区間は、走行許可が付与されたダンプトラック 1 0 0 にとっては走行可能な区間であり、それ以外のダンプトラックにとっては進入が禁止された閉塞区間として機能する。これにより、各走行許可区間内には 1 台のみのダンプトラックが存在し、衝突、干渉を避けることができる。

## 【 0 0 4 8 】

20

動的パス生成部 3 1 1 c は、積込場 6 1 の入口から積込位置までの動的パス、及び積込位置から積込場 6 1 の出口までの動的パスを生成する。本実施形態では、ショベル 2 0 0 は、ショベル 2 0 0 が指定したショベルの座標系における積込位置をグローバル座標に変換し、グローバル座標系の積込位置の座標を無線通信回線 4 0 を介して管制サーバ 3 1 0 に送信する。動的パス生成部 3 1 1 c は、グローバル座標系で指定された積込位置及びマスタ地図記憶部 3 1 4 a に記憶された地図情報（この地図情報には積込位置の各地点が、グローバル座標系またはグローバル座標系に変換可能な地図座標系で規定されているものとする）を用いて、積込場 6 1 の入口に到達したダンプトラック 1 0 0 に対して積込位置に到達するための動的パスを生成する。

## 【 0 0 4 9 】

30

ダンプトラック 1 0 0 はこの動的パスに沿って自律走行し、積込位置に対して最終アプローチをする際に、動的パスに沿った自律走行から本発明に係るアプローチ支援システムの制御、すなわちダンプトラック 1 0 0 とショベル 2 0 0 との相対位置を用いた走行に切り替えて、積込位置に向かって走行及び停止する。詳細は後述する。

## 【 0 0 5 0 】

サーバ側通信制御部 3 1 1 d は、管制サーバ 3 1 0 が無線通信回線 4 0 と無線通信をするための通信制御を行う。

## 【 0 0 5 1 】

図 7 及び図 8 を参照して、ダンプトラック 1 0 0 が積込位置に停車するまでの処理の流れを説明する。図 7 は、ダンプトラック、管制サーバ、及びショベルの動作の流れを示すシーケンス図である。図 8 は姿勢パラメータを示す図である。

40

## 【 0 0 5 2 】

図 7 に示すように、ダンプトラック 1 0 0 は放土場 6 2、6 3 や駐機場（不図示）で停車している状態で、現在位置を管制サーバ 3 1 0 に送信する（S 7 0 1）。配車管理部 3 1 1 a はダンプトラック 1 0 0 の現在位置と地図情報とを参照し、目的地として積込場 6 1 を選択し、ダンプトラック 1 0 0 から積込場 6 1 までの走行経路を設定し（S 7 0 2）、ダンプトラック 1 0 0 に走行経路を返信する（S 7 0 3）。

## 【 0 0 5 3 】

ダンプトラック 1 0 0 は走行経路を受信すると（S 7 0 4）、走行許可と要求を管制サーバ 3 1 0 に送信する（S 7 0 5）。走行許可区間設定部 3 1 1 b は、区間情報記憶部 3

50

14bの区間情報を参照し、他のダンプトラックの走行許可区間とは重ならない区間にダンプトラック100のみの走行を許可した走行許可区間を設定し(S706)、ダンプトラック100に返信する(S707)。ダンプトラック100は走行許可区間内を走行し、走行許可区間の終端部付近で新たな走行許可区間の設定要求と返信の受信を繰り返しながら、積込場61に向かって自律走行する。

【0054】

ダンプトラック100が積込場61に近づくと、ショベル200のオペレータは、積込位置にバケットを位置させて積込位置指示装置201を操作することにより積込位置を指定する(S709)。通信装置203は、GPS座標系の積込位置を管制サーバ310に送信する(S710)。

10

【0055】

管制サーバ310の動的パス生成部311cは、GPS座標系の積込位置とマスタ地図記憶部314aの地図情報(GPS座標系)とを参照し、GPS座標系で定義された動的パスを生成し(S711)、ダンプトラック100に送信する。

【0056】

ダンプトラック100は、地図データベース21の地図情報(これは管制サーバ310のマスタ地図記憶部314aの地図情報と同じものである)と受信した動的パスとを参照し、動的パスに沿って蛇行しながら周囲形状測定装置2による計測を開始し、地図生成装置3はその測定結果を基に周囲形状地図を生成する(S712)。蛇行走行することで、直線走行する場合に比べて積込場内のスキャンエリアが広くなり、ショベル200を早期に発見し、積込み地点Pに向けて移動することが可能となるが、蛇行走行は必須ではない。なお、積込位置からより離れた位置から蛇行を開始することができれば、小さな蛇行でもより広い領域をスキャンすることが可能となる。

20

【0057】

ショベル200は積込位置を指定した際にパラメータ測定装置202によりショベルの姿勢を規定する姿勢パラメータを計測し、ショベル座標系で定義された積込位置とともにダンプトラック100に送信する(S713)。

【0058】

ここでいう姿勢パラメータとは、例えば図8に示すバケット角、アーム角、ブーム角、旋回角度である。

30

【0059】

ダンプトラック100は、姿勢パラメータ及び外形形状データ記憶装置7のショベルの外形形状データを基に、ショベル位置検出装置8がショベル200の外形形状の再構成処理を行う(S714)。

【0060】

ショベル位置検出装置8が、再構成されたショベル200の外形形状と周囲形状地図とのパターンマッチングにより、周囲形状地図内のショベルの位置を推定する(S715)。ここではマッチング精度が所定の閾値以上であればショベルが検出できたと判定する。

【0061】

ショベルの位置が検出できると、相対位置算出装置5は、ショベル200が指示したショベル座標系の積込位置 $P_s$ の位置をダンプ座標系に変換して積込位置 $P_T$ をする(S716)。

40

【0062】

ダンプトラック制御装置20は、積込位置 $P_T$ を停車目標地点として、ダンプトラック100と積込位置 $P_T$ との相対位置を求め、それにしたがって走行経路を再設定する(S717)。このとき、ダンプトラック100の現在位置と積込位置 $P_T$ を結ぶ走行経路は、クロソイド曲線を用いて生成することで無理のない走行が可能となる。

【0063】

ダンプトラック制御装置20は動的パスをトレースする走行から、ステップS717で設定した走行経路に従ってダンプトラック100を直進走行させ(S718)、積込位置

50

P<sub>T</sub>に向かって走行し、停車する。

【0064】

本実施形態によれば、ショベルが指定したショベル座標系の積込位置に対してGPS座標系を用いた動的パスで接近し、周囲形状地図からショベルが検出されるとそのショベルの位置と周囲形状地図内の地図とを一致させるための同次変換行列Hを用いてダンプ座標系の積込位置を算出する。そして、ダンプ座標系の積込位置が検出されると、ダンプトラックの現在位置とダンプ座標系の積込位置との相対位置を基にダンプトラックが走行し、ダンプ座標系の積込位置に停車する。したがって、ダンプトラックからみた積込位置の相対位置を基に最終アプローチをするので、相対位置の検出にGPS由来の位置情報が必要ない。その結果、GPSの衛星電波が受信できない地形環境や、GPSの位置情報に誤差が含まれていたとしても、GPSを起因とする不具合がダンプトラックの停車目標地点への最終アプローチに影響を及ぼすことがない。

10

【0065】

<第二実施形態>

第一実施形態は、相対位置算出装置5が受け取ったパラメータ、  
、  
、  
を基に復元したショベルの3次元形状と、作成した地図データ6とのマッチングによって、地図データ6上のショベルの位置・姿勢を推定している。

【0066】

しかしながら、ショベル200が動作中に、ショベル200をスキャンし地図データ6を作成・更新した場合には、地図データ6には複数の姿勢でのショベル200のスキャンデータが含まれることになり、その地図データからショベルの位置・姿勢を推定することは困難となる。

20

【0067】

そこで、ショベル200の動作中、すなわち、姿勢パラメータ、  
、  
、  
が変化しているときのショベルのスキャンデータは、地図データに含めないようにする。そしてショベル200が動作したときは、地図データ中のショベル200に相当する部分のデータは削除し、ショベル200の動作が止まったら（ショベルがホームポジションに戻ったら）、再びショベル200部分のスキャンデータも蓄積する。直近で受信した姿勢パラメータ、  
、  
、  
と、今回受信した姿勢パラメータ、  
、  
、  
とが一致していればショベル200の動作に変化がなく、地図データ6の生成、更新を行い、不一致であれば動作に変化があり場合は、その時測定した周辺形状測定装置からの測定結果を廃棄することで地図データに動作が変化しているショベルが含まれることを回避できる。

30

【0068】

これにより、姿勢が変化していないとき（ホームポジション）のショベルは周辺形状地図に含まれ、それとは異なる姿勢のショベルは周辺形状地図に含まないことで、ショベル200の位置・姿勢を推定できなくなることを防ぎ、推定したショベルの位置・姿勢の精度や信頼性を向上することができるようになる。

【0069】

上記実施形態は本発明の実施形態の一例を説明したに過ぎず、本発明を限定するものではない。本発明は、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で様々な実施形態があり、それらも本発明に含まれるものである。

40

【0070】

例えば、周囲形状測定装置2のスキャンエリアにダンプトラック100からショベル200までの路面を含め、路面形状を含めた周辺形状地図を生成してもよい。更に、ショベル200に例えば図6(a)に示すハードウェアと同様の構成を有するショベル端末装置を備え、路面形状を含めた周辺形状地図をショベル端末装置に送信し、表示装置に周辺形状地図を表示してもよい。これにより、ショベル200のオペレータは路面形状を把握し、路面障害物を避けた位置に積込位置を指定することができる。

【0071】

また第一実施形態では、周囲形状測定装置2をダンプトラック100の側面、前輪上部

50

に設置したが、ダンプトラック 100 の背面に設置してもよい。これにより、後退で積込位置にアプローチする場合には測定分解能がより高くなり、地図データの分解能を向上させることができる。

【0072】

また第一実施形態では、周囲形状測定装置 2 をダンプトラック 100 の側面、前輪上部に 1 台のみ設置したが、これを左右に 1 台ずつ、合計 2 台設置してもよい。これにより、周囲環境の測定データが蓄積され地図データ 6 の密度と精度が高くなり、積込位置までの相対位置の推定精度が向上することになる。

【0073】

また本実施形態ではショベルのように多関節の作業機械が積込位置を指定する例を挙げて説明したので、姿勢パラメータを基にショベルの外形形状を再構成したが、積込位置を指定する際の姿勢を常に同じにできる場合には、積込位置を指定するときの姿勢を外形形状データ記憶装置 7 に記憶しておき、これと周囲形状地図とを比較してショベルを検出してよい。この場合姿勢パラメータの送信や外形形状の再構成処理が不要となる。

【0074】

また上記ではダンプトラックに地図生成装置、作業機械位置検出装置、及び相対位置算出装置を搭載したが、これらを管制サーバに搭載し、管制サーバの動的パス生成部 311c がダンプトラックの積込位置への最終アプローチに際してステップ S711 の動的パスを相対位置に基づく動的パスに更新し、ダンプトラック 100 に送信するように構成してもよい。すなわち、本実施形態は、走行支援システムに接続されたダンプトラック、ショベル、管制サーバのうち、いずれの構成に地図生成装置、作業機械位置検出装置、及び相対位置算出装置を搭載されるべきかを限定するものではなく、ダンプトラックの最終アプローチに際して、ショベル座標系で指定された積込位置をダンプ座標系に変換して積込位置とダンプトラックとの相対位置を求め、これを基に走行できるのであれば、いずれの構成が地図生成装置、作業機械位置検出装置、及び相対位置算出装置を有してもよい。

【符号の説明】

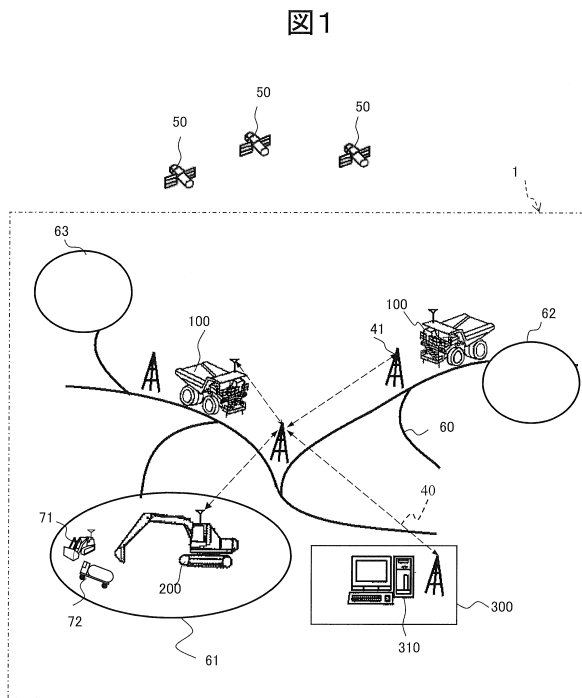
【0075】

1：鉱山、100：ダンプトラック、200：ショベル、300：管制センタ、310：管制サーバ

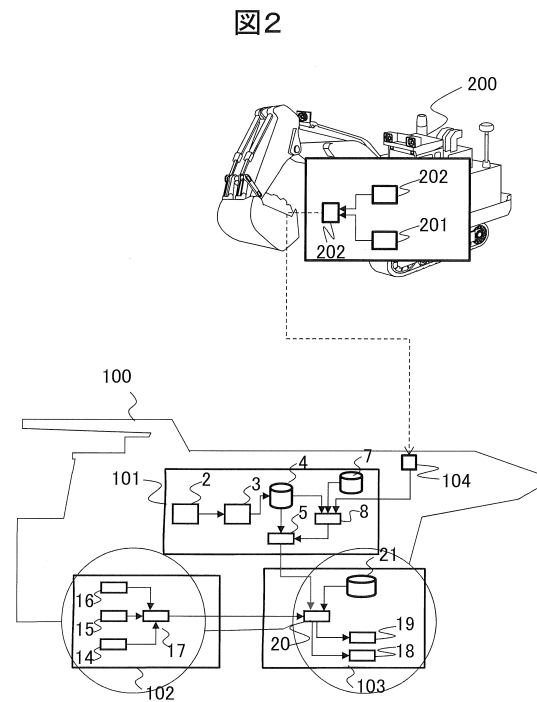
10

20

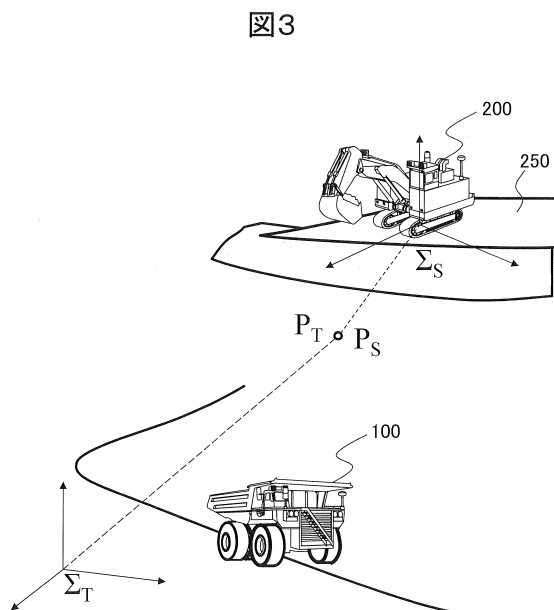
【図 1】



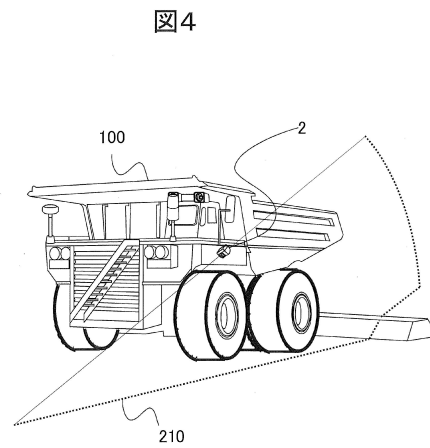
【図 2】



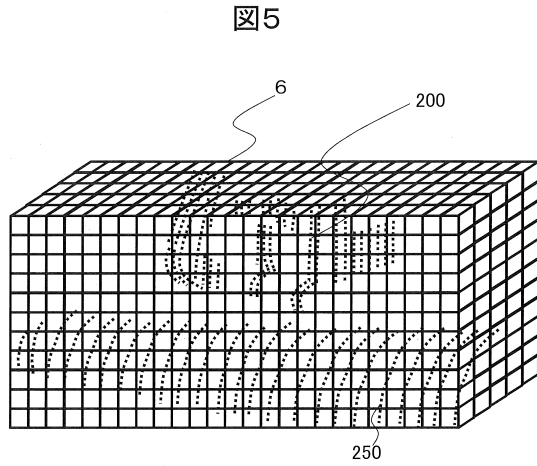
【図 3】



【図 4】

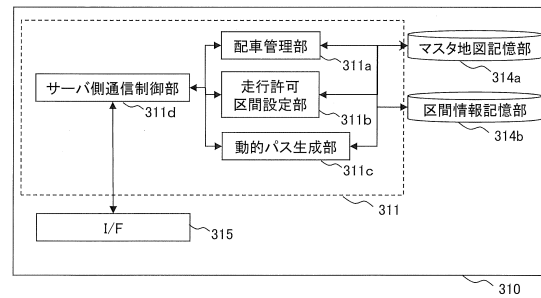
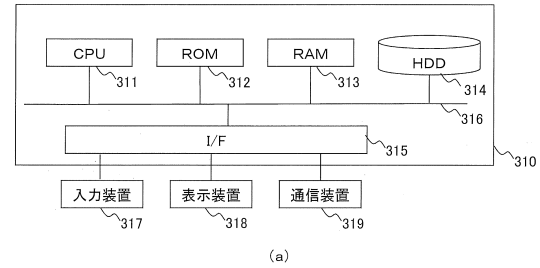


【図5】



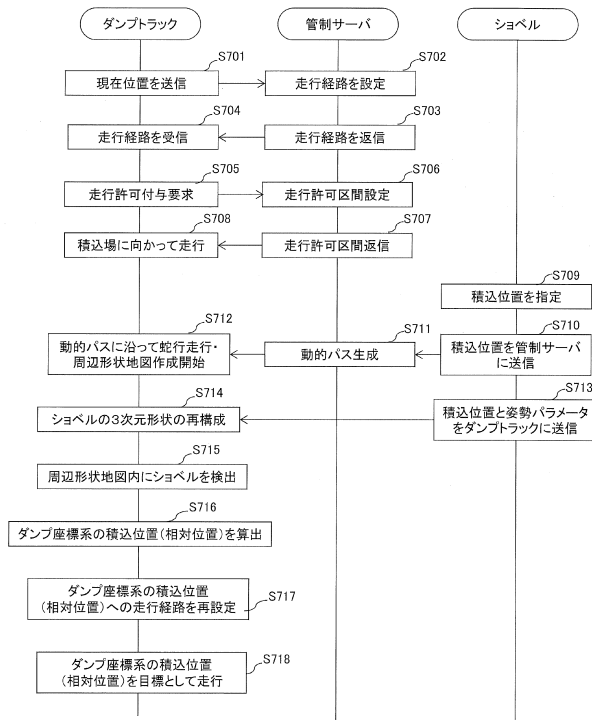
【図6】

図6



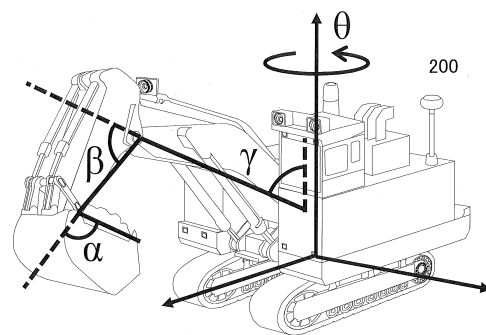
【図7】

図7



【図8】

図8



---

フロントページの続き

審査官 永田 和彦

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 2 9 6 2 2 9 ( J P , A )  
特開 2 0 1 4 - 6 5 7 7 ( J P , A )  
特開平 8 - 2 6 3 1 3 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 2 0 0 1 8 5 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 5 / 0 8 7 4 3 0 ( W O , A 1 )  
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 1 6 4 1 0 ( U S , A 1 )  
増田健, 外 2 名, 「距離データ処理 複数距離画像からの形状モデル生成技術」, 社団法人情報処理学会 研究報告, コンピュータビジョンとイメージメディア ( C V I M ) , 2 0 0 4 年, p . 1 0 5 - 1 1 6 , 2 0 0 4 - C V I M - 1 4 6

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G 0 5 D 1 / 0 0 - 1 / 1 2 ,  
E 0 2 F 9 / 2 0 , 9 / 2 6