

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6285838号
(P6285838)

(45) 発行日 平成30年2月28日(2018.2.28)

(24) 登録日 平成30年2月9日(2018.2.9)

(51) Int.Cl.

G05D 1/02 (2006.01)

F 1

G 05 D 1/02

H

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-199440 (P2014-199440)
 (22) 出願日 平成26年9月29日 (2014.9.29)
 (65) 公開番号 特開2016-71564 (P2016-71564A)
 (43) 公開日 平成28年5月9日 (2016.5.9)
 審査請求日 平成29年3月7日 (2017.3.7)

(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 田中 航
 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 一野瀬 昌則
 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 齋藤 真二郎
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】作業車両の移動制御装置及び作業車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

運行管理を行う管制サーバに無線通信回線を介して接続され、前記管制サーバからの指示に従って予め規定された走行規定領域を自律走行する作業車両に設けられ、前記作業車両の移動を制御する作業車両の移動制御装置であって、

前記走行規定領域に設定され、前記作業車両が自律走行する走行区間を保持する走行区間保持部と、

前記作業車両が到達する前記走行規定領域の外側の目標位置を設定する目標位置設定部と、

前記作業車両に設けられた位置取得装置を用いて取得した前記作業車両の位置から前記目標位置設定部によって設定された前記目標位置までの前記作業車両の走行距離を測定する測距部と、

前記作業車両が前記走行区間保持部によって保持された前記走行区間の外側へ移動し、前記測距部で測定された前記走行距離を前記目標位置に向かって自律走行するように制御する自律走行制御部とを備えたことを特徴とする作業車両の移動制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の作業車両の移動制御装置において、

前記走行区間は、前記作業車両の走行経路の各地点を示す複数のノード、及び前記各ノードを連結するリンクを用いて構成され、

前記目標位置設定部は、

10

20

前記作業車両を停止させる目標となる目標停止対象物を検知する目標停止対象物検知部と、

前記複数のノードのうち、前記作業車両が前記走行区間の外側へ移動する際に通過する第1のノードを設定するノード設定部と、

前記複数のノードのうち、前記ノード設定部によって設定された前記第1のノード以外の第2のノードと前記第1のノードで結ばれる線と、前記目標停止対象物検知部によって検知された前記目標停止対象物との交点を前記目標位置として設定する交点設定部とを含むことを特徴とする作業車両の移動制御装置。

【請求項3】

請求項1に記載の作業車両の移動制御装置において、

10

前記目標位置設定部は、

前記作業車両を停止させる目標となる目標停止対象物を検知する目標停止対象物検知部と、

前記目標停止対象物検知部によって検知された前記目標停止対象物上の特定の点を前記目標位置として設定する特定点設定部とを含み、

前記自律走行制御部は、

前記目標停止対象物検知部によって検知された前記目標停止対象物における前記作業車両の車軸に対する傾きを演算する傾き演算部を含み、

前記作業車両が前記走行区間保持部によって保持された前記走行区間の外側へ移動して前記目標位置に到達したとき、前記傾き演算部によって演算された前記傾きが小さくなるように前記作業車両を自律走行させることを特徴とする作業車両の移動制御装置。

20

【請求項4】

請求項2に記載の作業車両の移動制御装置において、

前記第2のノードは、

前記複数のノードのうち、前記ノード設定部によって設定された前記第1のノードに隣接するノードから成ることを特徴とする作業車両の移動制御装置。

【請求項5】

請求項2に記載の作業車両の移動制御装置において、

前記自律走行制御部は、

前記作業車両が前記走行区間保持部によって保持された前記走行区間の外側へ移動するとき、前記第1のノードから前記作業車両を後退させながら前記交点に到達させることを特徴とする作業車両の移動制御装置。

30

【請求項6】

運行管理を行う管制サーバに無線通信回線を介して接続され、前記管制サーバからの指示に従って予め規定された走行規定領域を自律走行する作業車両であって、

自車両の位置を取得する位置取得装置と、

前記走行規定領域に設定され、前記作業車両が自律走行する走行区間を保持する走行区間保持部と、

前記作業車両が到達する前記走行規定領域の外側の目標位置を設定する目標位置設定部と、

40

前記位置取得装置によって取得された前記作業車両の位置から前記目標位置設定部によって設定された前記目標位置までの前記作業車両の走行距離を測定する測距部と、

前記作業車両が前記走行区間保持部によって保持された前記走行区間の外側へ移動し、前記測距部で測定された前記走行距離を前記目標位置に向かって自律走行するように制御する自律走行制御部とを備えたことを特徴とする作業車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作業車両の移動を制御する作業車両の移動制御装置及び作業車両に関する。

【背景技術】

50

【0002】

露天掘り鉱山等で掘削された鉱石や土砂を搬送するための作業車両として、オペレータが搭乗することなく自律走行する、所謂無人作業車両が知られている。この無人作業車両を自律走行させるためには、自車位置を算出する必要がある。そこで、自車位置を算出する自車位置算出装置として、グローバルポジショニングシステム（GPS：Global Positioning System）や慣性計測装置（IMU：Inertial Measurement Unit）からの出力を用いた慣性航法演算処理が提案されている。

【0003】

このような作業車両の走行制御技術の1つとして、排出場の境界線を示すサーベイラインの各位置を計測するサーベイライン位置計測手段と、排出場のサーベイラインの各計測位置データに基づいて、サーベイラインに対する垂線を求め、この垂線に基づいて、サーベイラインから所定距離離れた位置が、目標排出点となり、目標排出点に進入する方向が、サーベイラインに対して垂直方向となる走行コースのデータを生成する走行コース生成手段と、生成された走行コースに沿って無人車両を目標排出点に向けて誘導走行させるとともに、無人車両が目標排出点に到達すると、無人車両の積み荷を当該目標排出点で排出させるように無人車両を作動させる制御手段とを備えた無人車両の誘導走行制御装置が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】米国特許第7966106号明細書

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

上述した特許文献1の従来技術では、放土場の地形上の境界に沿って航測車両を走行させ、この航測車両が取得した位置から作業車両の走行可能な領域が規定された走行規定領域の境界データを生成し、この走行規定領域の内側に作業車両が放土するための目標位置を設定するようにしている。しかしながら、崖等の地形上の境界は作業車両の放土作業を含む鉱山の操業等によって随時変化すること、また安全上、航測車両は崖などの地形上の境界から離れた場所を走行して作業車両の走行規定領域の境界データを生成するので、走行規定領域の外側にある地形上の境界付近を目標位置に設定した場合には、特許文献1の従来技術を用いて作業車両を当該目標位置へ移動させることが困難となる。このような走行規定領域の外側の目標位置への作業車両の移動については、特許文献1には何も考慮されておらず、地形上の境界の変化に対して十分な対応が図れないことが懸念されている。

【0006】

本発明は、このような従来技術の実情からなされたもので、その目的は、作業車両を走行規定領域の外側の目標位置へ適切に移動させることができる作業車両の移動制御装置及び作業車両を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

上記の目的を達成するために、本発明の作業車両の移動制御装置は、運行管理を行う管制サーバに無線通信回線を介して接続され、前記管制サーバからの指示に従って予め規定された走行規定領域を自律走行する作業車両に設けられ、前記作業車両の移動を制御する作業車両の移動制御装置であって、前記走行規定領域に設定され、前記作業車両が自律走行する走行区間を保持する走行区間保持部と、前記作業車両が到達する前記走行規定領域の外側の目標位置を設定する目標位置設定部と、前記作業車両に設けられた位置取得装置を用いて取得した前記作業車両の位置から前記目標位置設定部によって設定された前記目標位置までの前記作業車両の走行距離を測定する測距部と、前記作業車両が前記走行区間保持部によって保持された前記走行区間の外側へ移動し、前記測距部で測定された前記走

10

20

30

40

50

行距離を前記目標位置に向かって自律走行するように制御する自律走行制御部とを備えたことを特徴としている。

【発明の効果】

【0008】

本発明の作業車両の移動制御装置及び作業車両によれば、作業車両を走行規定領域の外側の目標位置へ適切に移動させることができる。前述した以外の課題、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。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1実施形態が用いられる鉱山内の概略構成を示す図である。 10

【図2】本発明の第1実施形態に係るダンプトラックの構成を示す全体図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係る管制サーバ及びダンプトラックのハードウェア構成図であり、(a)図は管制サーバを示す図、(b)図はダンプトラックを示す図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係る管制サーバの主な機能を示す機能ブロック図である。

【図5】本発明の第1実施形態に係る管制サーバに記憶される経路データの一例を示す図であり、(a)図は経路データを模式的に示す図、(b)は経路データのデータ構造例を示す図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係るダンプトラックの放土作業の様子を示す側面図であり、(a)図はダンプトラックが車止め(bound)に接近した状態を示す図、(b)図はダンプトラックが荷台の積荷を崖下へ放土した状態を示す図である。 20

【図7】本発明の第1実施形態に係る移動制御装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図8】本発明の第1実施形態に係る目標位置設定部によるダンプトラックの目標位置の設定に関する構成について説明する図である。

【図9】本発明の第1実施形態に係る移動制御装置の制御処理の全体の流れを示すフローチャートである。

【図10】本発明の第2実施形態に係る移動制御装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図11】本発明の第2実施形態に係る目標位置設定部によるダンプトラックの目標位置の設定に関する構成について説明する図である。 30

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して本発明に係る作業車両の移動制御装置及び作業車両を実施するための形態について説明する。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、複数のセクション又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、特に明示した場合及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、特に明示した場合及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。 40

【0011】

また、以下の実施の形態における各構成、機能、処理部等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路その他ハードウェアとして実現してもよい。また、後述する各構成、機能、処理部等は、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よい。すなわち、ソフトウェアとして実現してもよい。各構成、機能、処理部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)等の記憶装置、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。

【0012】

以下、本発明に係る作業車両の移動制御装置及び作業車両の実施の形態を図面に基づい

50

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又は関連する符号を付し、その繰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又は同様な部分の説明を原則として繰り返さない。

【0013】

[第1実施形態]

図1を参照して、本発明の第1実施形態に係る移動制御装置を備えた作業車両としての鉱山用ダンプトラック（以下、便宜的に「ダンプ」と略記する）が走行する鉱山内の概略構成について説明し、適宜図2を参照して、ダンプの概略構成について説明する。図1は、鉱山内の概略構成を示す図、図2はダンプの構成を示す全体図である。

10

【0014】

図1に示すように、鉱山内では、積込場61（積載地点に相当）及び放土場62（放土地点に相当）を接続する走行経路60が設けられる。積込場61では土砂や鉱石の積込作業を行うショベル10が掘削作業を行う。そして、ダンプ20-1、20-2は、積込場61においてショベル10から土砂や鉱石等の積荷1（図2参照）を積込み、走行経路60に沿って放土場62に向かって走行する。

【0015】

ダンプ20-1、20-2は管制センタ30に設置された管制サーバ31に無線通信回線40を介して通信接続される。そして、ダンプ20-1、20-2は管制サーバ31からの管制制御に従って走行する。図1の符号32は、管制サーバ31に接続される無線アンテナであり、符号41-1、41-2、41-3は無線移動局を示す。以下の説明では、ダンプ20-1、20-2を区別しない場合は、ダンプ20と記載する。

20

【0016】

図2に示すように、ダンプ20は、ショベル10が掘削した土砂や鉱石等の積荷1を積載する荷台23と、車両の本体を形成し、荷台を支持するフレーム24と、このフレーム24の前部に回転可能に取付けられた前輪25と、フレーム24の後部に回転可能に取付けられた後輪26とを含んでいる。

【0017】

また、ダンプ20は、フレーム24のうち後輪26の近傍に設けられたヒンジピン27と、このヒンジピン27を介して荷台23を上下方向へ回動させるホイストシリンダ28と、車両の上面前方に設置され、無線通信回線40に接続するためのアンテナ（図示せず）と、自車両の移動を制御する移動制御装置200とを備えている。なお、この移動制御装置200の機能を示す具体的な構成については後述する。

30

【0018】

さらに図1に示すように、ダンプ20は、全地球航法衛星システム（GNSS：Global Navigation Satellite System）の少なくとも3つの航法衛星42-1、42-2、42-3から測位電波を受信して自車両の位置を取得する作業車両位置取得部（図1では図示を省略する）を備える。GNSSとして、GPS、GLONASS、GALILEOを用いてもよい。

【0019】

40

管制サーバ31は、全てのダンプ20-1、20-2の走行位置や目標経路、鉱山の操業目標や操業効率などを考慮して、管制サーバ31から見て、各ダンプ20-1、20-2に走行時に適用させたい目標車速（本実施形態では、スカラー量を示す）である管制要求車速を算出（決定）し、それを各ダンプ20-1、20-2に通知することができる。管制要求車速は、走行経路60の地図情報においてカーブの曲率や勾配、道幅を考慮して定められた走行経路60上の各区間の制限車速（経路要求車速）に対して、実際の渋滞状態やダンプ20の稼働台数を含む運行状況により補正した車速である。従って、経路要求車速が各区間の最高車速であり、管制要求車速は経路要求車速以下の車速値である。

【0020】

また、鉱山には、ショベル10及びダンプ20の他、積込場61及び放土場62におい

50

て作業が安全に行われているかどうかの監視や放土された土砂や鉱石の除去等の作業を行う作業車両 70、及び後述の経路データ 320（図5参照）の元となる軌跡情報を取得して収集（所謂、航測）する航測車両 80 が稼働している。

【0021】

この航測車両 80 は、図示されないが、GNSS の航法衛星 42-1、42-2、42-3 から測位電波を受信して自車両の位置（例えば、座標値）を取得する。また、航測車両 80 は、例えば、車両の所定の位置に取付けられた GPS を備えており、この GPS が取得した自車両の位置等を含む軌跡情報をレコード情報として保存する。そして、航測車両 80 は、保存した軌跡情報を、無線通信回線 40 を介して所定の時間間隔毎に管制センタ 30 へ送信する。なお、航測車両 80 は、GPS の代わりに IMU を用いてもよい。

10

【0022】

次に、図3を参照して、図1の管制サーバ 31 及びダンプ 20 のハードウェア構成について説明する。図3は、管制サーバ 31 及びダンプ 20 のハードウェア構成図であり、（a）図は管制サーバ 31 を示す図、（b）図はダンプ 20 を示す図である。

【0023】

図3（a）に示すように、管制サーバ 31 は、CPU 311、RAM（Random Access Memory）312、ROM（Read Only Memory）313、HDD（Hard Disk Drive）314、I/F 315、バス 318 を含む。そして、CPU 311、RAM 312、ROM 313、HDD 314、及び I/F 315 がバス 318 を介して接続されて構成される。さらに、管制サーバ 31 は、LCD（Liquid Crystal Display）316 及び操作部 317 を備え、これらが I/F 315 に接続される。

20

【0024】

CPU 311 は演算部であり、管制サーバ 31 全体の動作を制御する。RAM 312 は、情報の高速な読書きが可能な揮発性の記憶媒体であり、CPU 311 が情報を処理する際の作業領域として用いられる。ROM 313 は、読み出し専用の不揮発性記憶媒体であり、本発明の第1実施形態の特徴をなす自律走行制御プログラムが格納されている。HDD 314 は、情報の読書きが可能な不揮発性の記憶媒体であり、OS（Operating System）や各種の制御プログラム、アプリケーション・プログラム等が格納されている。

30

【0025】

LCD 316 は、ユーザが鉱山内のダンプ 20 の走行状況を確認するための視覚的利用者インターフェースである。操作部 317 は、キーボードや LCD 316 に積層されたタッチパネル（図示を省略）等、ユーザが管制サーバ 31 に情報を入力するための利用者インターフェースである。管制サーバ 31 の I/F 315 には、無線通信回線 40 に接続するためのサーバ側通信装置 340 が接続される。

【0026】

一方、ダンプ 20 は、図3（b）に示すように、自律走行する自車両の移動を制御する移動制御装置 200 と、この移動制御装置 200 からの制御指示に従ってダンプ 20 を走行駆動するための走行駆動装置 210 と、ダンプ 20 の自車両の位置を取得するための位置取得装置 220 と、ダンプ 20 の周辺環境を認識する外界センサ 231 と、車体情報の認識に用いるための車体センサ 232 と、無線通信回線 40 に接続するためのダンプ側通信装置 240 とを備える。

40

【0027】

走行駆動装置 210 は、ダンプ 20 に対して制動をかける制動装置 211、ダンプ 20 の操舵角を変更するための操舵モータ 212、及びダンプ 20 を走行させるための走行モータ 213 を含む。位置取得装置 220 は、例えば、航法衛星 42-1、42-2、42-3 からの測位電波を受信して自車両の位置を取得する GPS、又は IMU である。

【0028】

外界センサ 231 は、例えば、車両の走行方向（進行方向）前方の対象物を検出するた

50

めのミリ波レーダ、ライダ、及び超音波等のセンサから成り、外界センサ 231 から所定の波長の電磁波や超音波を対象物へ向けて送信し、対象物に当たって反射した反射波を受信することにより、対象物の状態（形状を含む）や位置等を検出する。車体センサ 232 は、例えば、車体の傾斜や荷台 23 の積載量等を計測したり、前輪 25 又は後輪 26 の回転数を検出するセンサから成っている。なお、外界センサ 231 は、上述したセンサの代わりに、対象物を撮影するカメラを用い、カメラによって撮影された画像に対して画像処理を施すことにより、対象物の状態や位置等を検出してよい。

【 0 0 2 9 】

移動制御装置 200 は、CPU 201、RAM 202、ROM 203、HDD 204、I/F 205、及びバス 208 を含む。そして、CPU 201、RAM 202、ROM 203、HDD 204、及び I/F 205 がバス 208 を介して接続される。さらに、走行駆動装置 210、位置取得装置 220、外界センサ 231、車体センサ 232、及びダンプ側通信装置 240 が、I/F 205 に接続される。

10

【 0 0 3 0 】

このようなハードウェア構成において、ROM 203、313 や HDD 204、314 若しくは図示しない光学ディスク等の記録媒体に格納された自律走行制御プログラムが RAM 202、312 に読み出され、CPU 201、311 の制御に従って動作することにより、自律走行制御プログラム（ソフトウェア）とハードウェアとが協働して、管制サーバ 31 及び移動制御装置 200 の機能を実現する機能ブロックが構成される。なお、本発明の第 1 実施形態では、管制サーバ 31 及び移動制御装置 200 の構成をソフトウェアとハードウェアとの組み合わせにより説明したが、特にダンプ 20 は、ダンプ側で実行される自律走行制御プログラムの機能を実現する論理回路を用いて構成してもよい。

20

【 0 0 3 1 】

次に、図 4、図 5 を参照して、管制サーバ 31 の機能構成について説明する。図 4 は、管制サーバ 31 の主な機能を示す機能ブロック図である。図 5 は、管制サーバ 31 に記憶される前述の経路データ 320 の一例を示す図であり、(a) 図は経路データ 320 を模式的に示す図、(b) 図は経路データ 320 のデータ構造例を示す図である。

【 0 0 3 2 】

図 4 に示すように、管制サーバ 31 は、走行許可区間設定部 311A、管制要求車速決定部 311B、サーバ側通信制御部 311C、経路データ記憶部 314A、及び運行管理情報データベース（以下データベースを「DB」と略記する）314B を備える。走行許可区間設定部 311A、管制要求車速決定部 311B、及びサーバ側通信制御部 311C は、管制サーバ 31 で実行される自律走行制御プログラムにより構成される。

30

【 0 0 3 3 】

経路データ記憶部 314A は、固定的に記憶する HDD 314 等の記憶装置を用いて構成される。図 5 (a) に示すように、経路データ記憶部 314A に記憶された経路データ 320 は、走行経路 60 上の各地点（以下、「ノード」という）22A, 22B, … の位置情報と、各ノードを連結するリンク 21, 21A, 21B, … とにより定義される。なお、以下の説明では、ノードを区別しない場合は、ノード 22 と記載し、リンクを区別しない場合は、リンク 22 と記載する。

40

【 0 0 3 4 】

また、鉱山の地形情報や、各ノード 22 の絶対座標（測位電波を基に算出される 3 次元実座標）を含んでもよい。各ノード 22 には、そのノードを固有に識別する識別情報（以下「ノード ID」という）が付与される。各リンク 21 は進行方向（図 5 (a) における矢印 A 方向）を持ち、先端ノードと後端ノードとが定義されている。

【 0 0 3 5 】

図 5 (b) に示すように、経路データ 320 は、各リンク 21 を固有に識別するリンク ID（例えば、21A）と、そのリンクの先端ノード ID の座標値（x22A, y22A）及び後端ノード ID の座標値（x22B, y22B）、そのリンクを走行する際の経路要求車速 V21A と、道幅 W21A、勾配 S21A、曲率 C21A のデータとを関連付け

50

ている。

【0036】

このように構成される経路データ320は、鉱山内においてダンプ20が走行すべき領域の全域に渡って設定されており、ダンプ20が自律走行する開始地点から終端地点までのノード22及びリンク21で連携された領域をダンプ20の走行区間321と定義する。そして、経路データ320は、サーバ側通信制御装置340によって無線通信回線40を介してダンプ20へ送信される。

【0037】

経路要求車速は、その経路の勾配、曲率、道幅等の道路仕様等から決定される。この経路要求車速は、ダンプ20が実際に走行する際の目標車速の候補となる。運行管理情報DB314Bは、走行経路60を走行している各ダンプ20の位置を示す運行管理情報を格納する。走行許可区間設定部311Aは、各ダンプ20から送信される走行許可要求情報に応じて、当該ダンプ20に対して次の走行許可区間を設定する。

10

【0038】

具体的には、運行管理情報DB314Bの運行管理情報を参照して当該ダンプ20の前方を走行している他のダンプの位置を取得する。次に、経路データ記憶部314Aの経路データ320を参照し、走行経路60上におけるダンプ20の前方を走行する他のダンプの現在の位置から、少なくとも制動をかけて停止するために必要な距離（停止可能距離）後方の地点に、新たに設定する走行許可区間の前方境界地点を設ける。さらに、当該ダンプ20の現在の位置よりも停止可能距離分離れた位置に後方境界地点を設定する。そして、前方境界地点及び後方境界地点の間を、走行許可要求を出したダンプ20に対して付与する新たな走行許可区間として設定する。

20

【0039】

管制要求車速決定部311Bは、管制要求車速を決定する。具体的には、管制要求車速決定部311Bは、経路データ記憶部314Aから経路データ320を読み出して、運行管理情報DB314Bに記憶された運行情報を参照し、ダンプ20に対して設定された新たな走行許可区間に含まれるリンクに対応付けられている経路要求車速と、ダンプ20の前方車両との距離、交通混雑の状態などを考慮して、管制要求車速を決定する。通常、最大管制要求車速は、経路データ320においてリンクに対応づけられている車速であり、交通渋滞の場合はそれよりも遅い車速が管制要求車速として決定される。管制要求車速は、目標車速として走行許可区間設定部311Aに出力される。

30

【0040】

走行許可区間設定部311Aは、設定した新たな走行許可区間の前方境界点、後方境界点、及び目標車速を示す走行許可応答情報を生成し、サーバ側通信制御部311Cに出力する。サーバ側通信制御部311Cは、各ダンプ20の走行許可要求情報を受信し、その要求に応じて生成された走行許可応答情報を送信する制御を行う。

【0041】

このように構成された管制サーバ31から走行許可応答情報をダンプ20が受信すると、走行許可応答情報に基づいて、ダンプ20が鉱山内を自律走行する。そして、ダンプ20が放土場62の放土位置に到達すると、放土場62の地形上の境界に位置する崖下へ積荷1を放土する。

40

【0042】

次に、図6を参照してダンプ20の放土作業の様子を詳細に説明する。図6(a)はダンプ20が車止めに接近した状態を示す図、図6(b)はダンプ20が荷台23の積荷1を崖下へ放土した状態を示す図である。

【0043】

図6(a)に示すように、ダンプ20は、ホイストシリンダ28を伸長させることにより、ヒンジピン27を回動支点として荷台23が徐々に倒立しながら積荷1を後方へ放土することができるが、この積荷1を崖下へ放土する際には放土位置へ向かって後退し、荷台23の縁が崖の上方へ届くように、崖ぎりぎりまで接近する必要がある。一般に、鉱山

50

の放土場 6 2 では、崖際に車両の落下を防止するための車止め 6 2 A が設置されており、その車止め 6 2 A にダンプ 2 0 の後輪 2 6 が接触する程度までダンプ 2 0 を接近させる必要がある。

【 0 0 4 4 】

一方、図 6 (b) に示すように、ダンプ 2 0 による崖下への積荷 1 の放土が複数回繰返されると、崖下に放土された積荷 1 が積み重なることにより、ダンプ 2 0 が車止め 6 2 A に接近しても、積荷 1 を崖下へ十分に放土できなくなることがある。この場合、放土場 6 2 におけるブルドーザ等の作業車両 7 0 が崖際の車止め 6 2 A を新たに再構築する作業を行う。また、ダンプ 2 0 は積荷 1 を崖下へ放土しようとしても、必ずしも全ての積荷 1 が崖下へ放土されず、積荷 1 の一部が放土場 6 2 側に残ることがある。この場合、ブルドーザ等の作業車両 7 0 が放土場 6 2 側に残った積荷 1 を崖下へ押出す作業を行う。これらの作業が行われた後では、放土場 6 2 の地形上の境界に沿って形成された車止め 6 2 A の位置が変化する。

【 0 0 4 5 】

このように、放土場 6 2 の崖際の車止め 6 2 A の位置は、ダンプ 2 0 の放土作業を含む鉱山の操業に応じて随時変化していくことが想定される。従って、ダンプ 2 0 を車止め 6 2 A まで誘導するために、航測車両 8 0 等で航測や測量を行って経路データ 3 2 0 をその都度設定し直す作業を行った場合には、その作業が何度も発生することになるので、鉱山の操業効率の低下に繋がる可能性がある。

【 0 0 4 6 】

そこで、本発明の第 1 実施形態では、放土場 6 2 の崖際から離れた場所を航測車両 8 0 が予め走行して軌跡情報を収集することにより、ダンプ 2 0 が管制サーバ 3 1 の指示に従って自律走行することができる領域を示す走行規定領域 6 3 (図 8 の破線 B よりも内側の領域) を規定し、移動制御装置 2 0 0 が、管制サーバ 3 1 からの指示に従ってダンプ 2 0 を走行規定領域 6 3 において自律走行させると共に、この走行規定領域 6 3 の外側に位置する目標位置 5 0 (図 8 参照) へダンプ 2 0 を移動させるようにしている。

【 0 0 4 7 】

以下、このようなダンプ 2 0 の移動制御装置 2 0 0 の機能を示す具体的な構成について、図 7 を参照しながら詳細に説明する。図 7 は移動制御装置 2 0 0 の構成を示す機能プロック図である。

【 0 0 4 8 】

図 7 に示すように、移動制御装置 2 0 0 は、走行区間保持部 2 5 0 、目標位置設定部 2 5 1 、測距部 2 5 2 、及び自律走行制御部 2 5 3 を備えている。

【 0 0 4 9 】

走行区間保持部 2 5 0 は、管制サーバ 3 1 からダンプ側通信装置 2 4 0 を介して経路データ 3 2 0 を受信して保持し、経路データ 3 2 0 を目標位置設定部 2 5 1 へ送信する。また、走行区間保持部 2 5 0 は、受信した経路データ 3 2 0 と位置取得装置 2 2 0 で取得したダンプ 2 0 の位置とを照合し、ダンプ 2 0 が現在走行中の走行許可区間の前方境界点に近づくと、次に走行する新たな走行許可区間の設定を要求する走行許可要求情報を送信する。そして、走行区間保持部 2 5 0 は、管制サーバ 3 1 からダンプ側通信装置 2 4 0 を介して走行許可応答情報を受信して保持し、走行許可応答情報を自律走行制御部 2 5 3 へ送信する。

【 0 0 5 0 】

目標位置設定部 2 5 1 は、ダンプ 2 0 が到達する走行規定領域 6 3 の外側の目標位置 5 0 を設定する。具体的には、目標位置設定部 2 5 1 は、ダンプ 2 0 を停止させる目標となる目標停止対象物を検知する目標停止対象物検知部 2 5 1 A と、複数のノード 2 2 のうち、ダンプ 2 0 が走行区分 3 2 1 の外側へ移動する際に通過する第 1 のノード 2 2 a (図 8 参照) を設定するノード設定部 2 5 1 B とを含んでいる。目標停止対象物検知部 2 5 1 A は、例えば、ダンプ 2 0 を停止させるための車止め 6 2 A を検知する車止め検知部 2 5 1 a から成っている。

10

20

30

40

50

【0051】

この車止め検知部251aは、外界センサ231によって検出された対象物の状態に基づいて、対象物が放土場62の車止め62Aに一致するかどうかを判断する。具体例として、車止め検知部251aは、予め記憶された車止め62Aの基準形状と、外界センサ231によって検出された対象物の形状とを比較することにより、車止め62Aの基準形状における高さ又は深さと、対象物の高さ又は深さとの差が所定値以内であり、かつ車止め62Aの基準形状における地面からの傾斜角（立ち上がり角）と、対象物の地面からの傾斜角との差が所定値以内である場合に、対象物が車止め62Aに一致すると判断する。そして、車止め検知部251aは、対象物が放土場62の車止め62Aに一致すると判断した場合に、当該対象物を車止め62Aとして検知する。

10

【0052】

図8は目標位置設定部251によるダンプ20の目標位置50の設定に関する構成について説明する図である。

【0053】

図8に示すように、ノード設定部251Bは、走行区間保持部250から経路データ320を受信し、経路データ320に伴う走行区間321における複数のノード22のうち、管制サーバ31に従ってダンプ20が目標位置50へ自律走行できる最終地点を示す終端ノードを第1のノード22aに設定する。

【0054】

また、図7、図8に示すように、目標位置設定部251は、走行区間保持部250から経路データ320を受信し、経路データ320に伴う走行区間321における複数のノード22のうち、ノード設定部251Bによって設定された第1のノード22a以外の第2のノード22bと第1のノード22aで結ばれる直線51と、車止め検知部251aによって検知された車止め62Aとの交点50を目標位置として設定する交点設定部251Cを含んでいる。

20

【0055】

本発明の第1実施形態では、第2のノード22bは、経路データ320に伴う走行区間321における複数のノード22のうち、ノード設定部251Bによって設定された第1のノード22aに隣接するノードから成っている。

【0056】

30

図7において、測距部252は、位置取得装置220を用いて取得したダンプ20の位置から目標位置設定部251によって設定された目標位置50までのダンプ20の走行距離を測定する。具体的には、測距部252は、位置取得装置220を用いて取得したダンプ20の位置、及び外界センサ231によって検出された対象物の位置に基づいて、当該走行距離を求める。

【0057】

自律走行制御部253は、自律走行するダンプ20の進行方向を演算する方向演算部253Aと、ダンプ20が目標車速で走行区間321内の目標経路に沿って移動するために必要な駆動、制動、及び操舵の制御量を決定する目標経路追従部253Bとを含んでいる。

40

【0058】

この目標経路追従部253Bは、走行区間保持部250から走行許可応答情報を受信し、この走行許可応答情報に含まれる目標車速に従って、目標経路に沿ってダンプ20を走行させるための制御を行うもので、目標車速を実現するための走行モータトルク指令を生成する目標トルク生成部253B1と、目標経路を実現するように操舵角指令を生成する目標操舵角生成部253B2とを有している。

【0059】

目標トルク生成部253B1は、目標車速と、ダンプ20の現在の速度との差をフィードバックし、その差を小さくするような走行モータトルク指令を生成し、生成した走行モータトルク指令を走行駆動装置210へ送信する。目標操舵角生成部253B2は、位置

50

取得装置 220 で取得したダンプ 20 の位置と目標経路との位置ずれをフィードバックし、その差を小さくするような操舵角指令を生成し、生成した操舵角指令を走行駆動装置 210 へ送信する。

【0060】

これにより、走行駆動装置 210 が、目標トルク生成部 253B1 及び目標操舵角生成部 253B2 から受信した走行モータトルク指令及び操舵角指令に応じて、制動装置 211、操舵モータ 212、及び走行モータ 213 を駆動することにより、ダンプ 20 が走行区間 321 に沿って終端地点まで自律走行しながら積荷 1 を運搬することができる。

【0061】

そして、自律走行制御部 253 は、ダンプ 20 が走行区間保持部 250 によって保持された走行区間 321 の外側へ移動し、測距部 252 で測定された走行距離を目標位置 50 に向かって自律走行するように制御する。

【0062】

具体的には、自律走行制御部 253 は、図 8 に示すように、ノード設定部 251B によって設定された第 1 のノード 22a と第 2 のノード 22b とを結ぶ直線 51 を目標経路として設定し、測距部 252 で測定された走行距離だけ目標経路 51 に沿ってダンプ 20 を自律走行させる。これにより、ダンプ 20 が走行区間 321 における第 1 のノード 22a を超えて走行規定領域 63 の外側の目標位置 50 へ移動する。このとき、自律走行制御部 253 は、第 1 のノード 22a からダンプ 20 を後退させながら目標位置 50 に到達させる。

10

20

【0063】

次に、本発明の第 1 実施形態に係る移動制御装置 200 の制御処理について、図 9 を参考しながら詳細に説明する。

【0064】

図 9 は移動制御装置 200 の制御処理の全体の流れを示すフローチャートである。

【0065】

図 9 に示すように、まず移動制御装置 200 の自律走行制御部 253 は、管制サーバ 31 からの指示に従って、走行駆動装置 210 の制動装置 211、操舵モータ 212、及び走行モータ 213 を駆動することにより、ダンプ 20 を走行区間保持部 250 によって保持された走行区間 321 に沿って自律走行させる（ステップ（以下、S と記す）1）。

30

【0066】

次に、移動制御装置 200 は、位置取得装置 220 を用いて取得したダンプ 20 の位置を参照し、ダンプ 20 が走行区間 321 の終端地点である第 1 のノード 22a に到達したかどうかを判断する（S2）。このとき、自律走行制御部 253 は、ダンプ 20 が第 1 のノード 22a に到達していないと判断すると（S2/N0）、S1 からの制御処理が繰返される。

【0067】

一方、S2において、移動制御装置 200 は、ダンプ 20 が第 1 のノード 22a に到達したと判断すると（S2/YE5）、移動制御装置 200 の目標位置設定部 251 は、走行規定領域 63 の外側にダンプ 20 が到達する目標位置 50 を設定する（S3）。また、移動制御装置 200 の測距部 252 は、位置取得装置 220 を用いて取得したダンプ 20 の位置から目標位置設定部 251 によって設定された目標位置 50 までのダンプ 20 の走行距離を測定する（S4）。

40

【0068】

次に、自律走行制御部 253 は、走行駆動装置 210 の制動装置 211、操舵モータ 212、及び走行モータ 213 を駆動することにより、測距部 252 で測定された走行距離だけダンプ 20 を第 1 のノード 22a から目標位置 50 に向かって自律走行させる（S5）。その後、自律走行制御部 253 は、位置取得装置 220 を用いて取得したダンプ 20 の位置を参照し、ダンプ 20 が測距部 252 で測定された走行距離を走行したかどうかを判断する（S6）。

50

【0069】

このとき、自律走行制御部253は、ダンプ20が測距部252で測定された走行距離を走行していないと判断すると(S6/NO)、S5からの制御処理が繰返される。一方、自律走行制御部253は、ダンプ20が測距部252で測定された走行距離を走行したと判断すると(S6/YE5)、走行駆動装置210の制動装置211を駆動することにより、ダンプ20を目標位置50の車止め62Aで停止させ(S7)、本発明の第1実施形態に係る移動制御装置200の制御処理を終了する。

【0070】

10 このように構成した本発明の第1実施形態に係る移動制御装置200及びダンプ20によれば、ダンプ20の放土作業を含む鉱山の操業等による放土場62の車止め62Aの変化を考慮して、ダンプ20の走行規定領域63の外側に目標位置50を設定しても、自律走行制御部253によってダンプ20が目標経路51に沿って第1のノード22aから走行規定領域63の外側の目標位置50へ移動することができる。そして、ダンプ20が測距部252で測定された走行距離を走行することにより、目標位置50に相当する車止め62Aで的確に停止するので、荷台23の積荷1を崖下へ放土することができる。

【0071】

20 このように、本発明の第1実施形態は、ダンプ20を走行規定領域63の外側の目標位置50へ適切に移動させることができるので、鉱山の操業による放土場62の車止め62Aの変化に対して十分な対応を図ることができる。これにより、鉱山の操業効率を高めることができる。

【0072】

また、本発明の第1実施形態では、交点設定部251Cは、ノード設定部251Bによって設定された第1のノード22aと第2のノード22bとを結ぶ直線51と、車止め検知部251aによって検知された車止め62Aとの交点50を目標位置として設定することにより、自律走行制御部253が、これらの各ノード22a, 22b及び目標位置50を通る直線51を、ダンプ20が走行規定領域63の外側を自律走行できる目標経路として容易に設定することができる。

【0073】

特に、交点設定部251Cにおいて第1のノード22aと直線51で結ばれる第2のノード22bは、第1のノード22aに隣接したノードであることから、ダンプ20は走行区間321の終端地点まで走行してから走行区間321の外側へそのまま直進すればよいので、ダンプ20を目標位置50へ的確に移動させることができる。これにより、ダンプ20の自律走行に対する安定性を高めることができる。

【0074】

また、本発明の第1実施形態では、ダンプ20は、走行区間321の終端地点に相当する第1のノード22aから走行規定領域63の外側の目標位置50へ移動する際に、自律走行制御部253によって後退しながら目標位置50に到達できるので、後輪26を放土場62の車止め62Aの位置で適切に停止させることができる。これにより、ダンプ20が荷台23の積荷1を崖下へ十分に放土できるので、放土場62における積荷1の残存量が減少することにより、作業車両70による積荷1の押出し作業の負担を軽減することができる。これにより、ダンプ20の放土作業に対する能率を向上させることができる。

【0075】

[第2実施形態]

図10は本発明の第2実施形態に係る移動制御装置200の構成を示す機能ブロック図、図11は本発明の第2実施形態に係る目標位置設定部251によるダンプ20の目標位置50Aの設定に関する構成について説明する図である。

【0076】

本発明の第2実施形態が前述した第1実施形態と異なるのは、第1実施形態に係る目標位置設定部251は、図7に示すように、ノード設定部251Bによって設定された第1のノード22aと第2のノード22bとで結ばれる直線51と、車止め検知部251aに

10

20

30

40

50

よって検知された車止め 62A との交点 50 を目標位置として設定する交点設定部 251C を含むのに対して、第 2 実施形態に係る目標位置設定部 251 は、図 10、図 11 に示すように、車止め検知部 251a によって検知された車止め 62A の特定の点 50A を目標位置として設定する特定点設定部 251D を含むことである。

【0077】

この場合、自律走行制御部 253 は、例えば、車止め検知部 251a によって検知された車止め 62A におけるダンプ 20 の後輪 26 の車軸 26A に対する傾き₁を演算する傾き演算部 253C を含んでいる。また、自律走行制御部 253 は、ダンプ 20 が走行区間保持部 250 によって保持された走行区間 321 の外側へ移動して目標位置 50A に到達したとき、傾き演算部 253C によって演算された傾き₂が小さくなるようにダンプ 20 を自律走行させる。
10

【0078】

具体的には、特定点設定部 251D によって設定される車止め 62A の特定の点 50A は、例えば、管制センタ 30 内のオペレータにより管制サーバ 31 の操作部 317 を用いて予め指定される。また、傾き演算部 253C は、例えば、車止め 62A においてダンプ 20 の車幅と同等の間隔を有し、特定点設定部 251D によって設定された目標位置 50A を挟む 2 点 52A, 52B を外界センサ 231 で検出し、この 2 点 52A, 52B を通る直線 53 とダンプ 20 の後輪 26 の車軸 26A とのなす角₃を演算する。

【0079】

そして、自律走行制御部 253 は、例えば、ダンプ 20 がノード設定部 251B によって設定された第 1 のノード 22a から特定点設定部 251D によって設定された目標位置 50A に接近するに従って、傾き演算部 253C によって演算された傾き₄が小さくなる目標経路 51A を設定し、測距部 252 で測定された走行距離だけ目標経路 51A に沿ってダンプ 20 を自律走行させる。これにより、ダンプ 20 が走行区間 321 における第 1 のノード 22a を超えて走行規定領域 63 の外側の目標位置 50A へ後退しながら移動することができる。その他の第 2 実施形態の構成は、上述した第 1 実施形態と同様であるので、第 1 実施形態と同一の又は対応する部分に対して同一の符号を付し、重複する説明を省略する。
20

【0080】

このように構成した本発明の第 2 実施形態によれば、上述した第 1 実施形態と同様の作用効果が得られる他、ダンプ 20 が走行区間 321 の終端地点である第 1 のノード 22a から走行区間 321 の外側の目標位置 50A へ移動すると、自律走行制御部 253 は、放土場 62 の崖に沿って形成された車止め 62A の形状に合わせて、ダンプ 20 の向きを変更しながらダンプ 20 を後退させることにより、ダンプ 20 の左右の後輪 26 を車止め 62A に揃えて停止させることができる。これにより、ダンプ 20 が荷台 23 の積荷 1 を崖下へ放土し易くなるので、ダンプ 20 の放土作業を効率良く実施することができる。
30

【0081】

なお、上述した本実施形態は、本発明を分かり易く説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。
40

【0082】

また、本発明の第 1 実施形態では、自律走行制御部 253 は、図 8 に示すように、ノード設定部 251B によって設定された第 1 のノード 22a と第 2 のノード 22b とを結ぶ直線 51 を目標経路として設定した場合について説明したが、この場合に限らず、第 1 のノード 22a と目標位置 50 とを繋ぐ線が形成されれば、直線 51 の代わりに曲線を目標経路として設定してもよい。

【符号の説明】

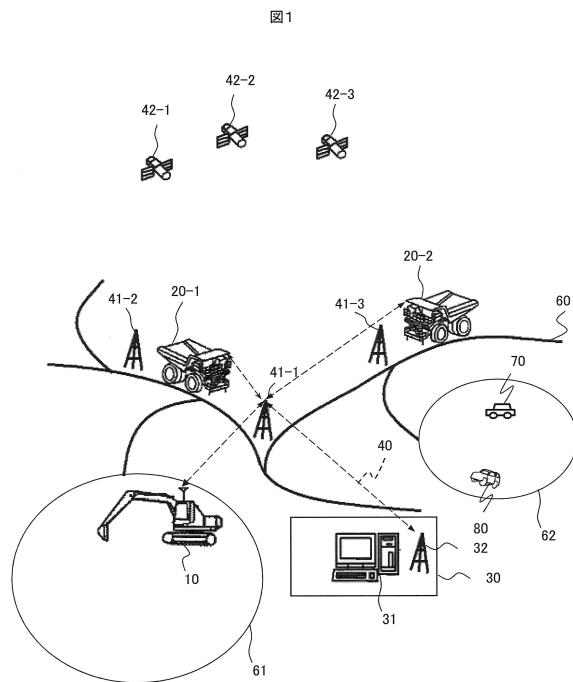
【0083】

1 ... 積荷、20, 20-1, 20-2 ... ダンプ、21 ... リンク、22 ... ノード、22a

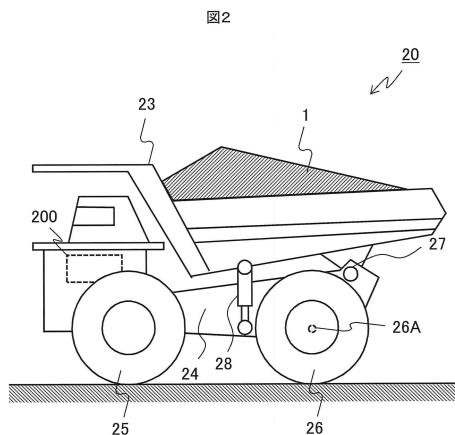
50

…第1のノード、22b…第2のノード、23…荷台、24…フレーム、25…前輪、26…後輪、26A…車軸、27…ヒンジピン、28…ホイストシリンダ、30…管制センタ、31…管制サーバ、32…無線アンテナ、40…無線通信回線、50, 50A…目標位置、51, 51A…目標経路、52A, 52B…点、53…直線、60…走行経路、61…積込場、62…放土場、62A…車止め、63…走行規定領域、70…作業車両、80…航測車両、200…移動制御装置、210…走行駆動装置、211…制動装置、212…操舵モータ、213…走行モータ、220…位置取得装置、231…外界センサ、232…車体センサ、240…ダンプ側通信装置、250…走行区間保持部、251…目標位置設定部、251A…目標停止対象物検知部、251a…車止め検知部、251B…ノード設定部、251C…交点設定部、251D…特定点設定部、252…測距部、253…自律走行制御部、253A…方向演算部、253B…目標経路追従部、253B1…目標トルク生成部、253B2…目標操舵角生成部、253C…傾き演算部、311A…走行許可区間設定部、311B…管制要求車速決定部、311C…サーバ側通信制御部、314A…経路データ記憶部、314B…運行管理情報データベース、320…経路データ、321…走行区間、340…サーバ側通信装置

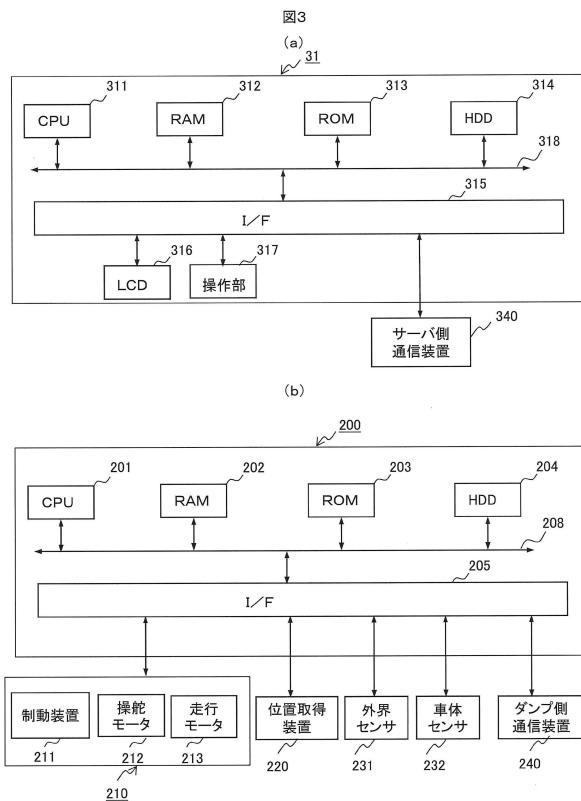
【図1】



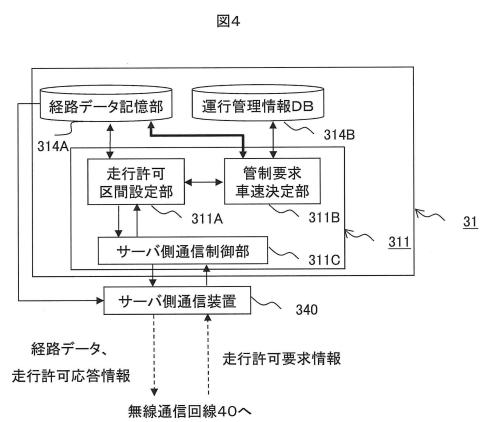
【図2】



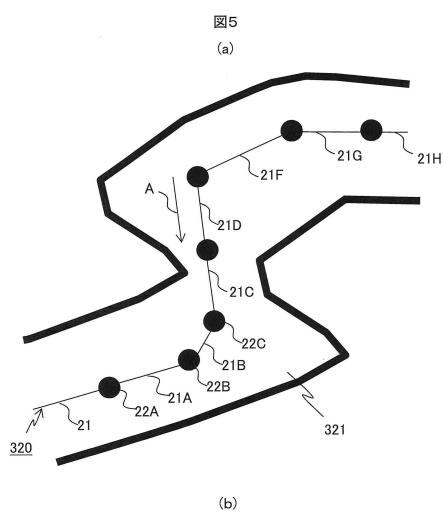
【図3】



【図4】

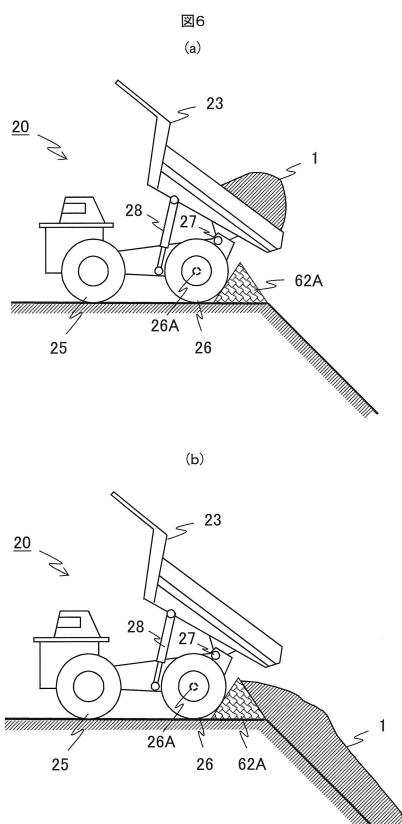


【図5】

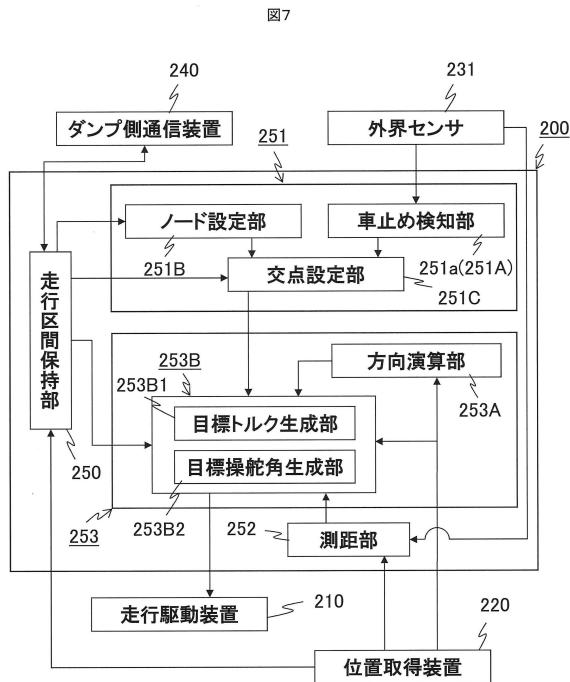


リンクID	先端ノードID	後端ノードID	経路要求車速	道幅	勾配	曲率
21A	(x_{22A}, y_{22A})	(x_{22B}, y_{22B})	V_{21A}	W_{21A}	S_{21A}	C_{21A}
21B	(x_{22B}, y_{22B})	(x_{22C}, y_{22C})	V_{21B}	W_{21B}	S_{21B}	C_{21B}

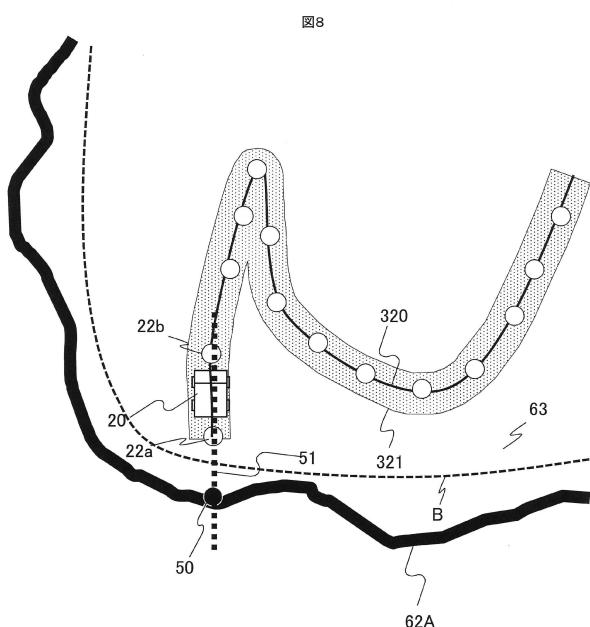
【図6】



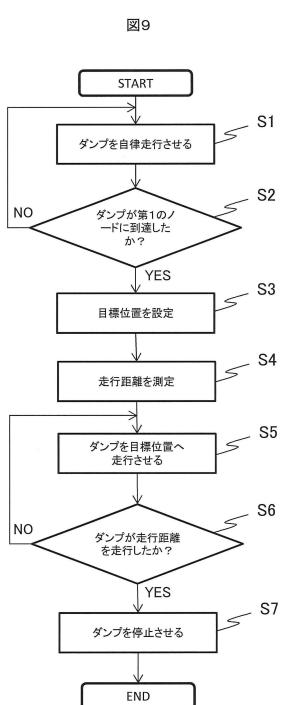
【図7】



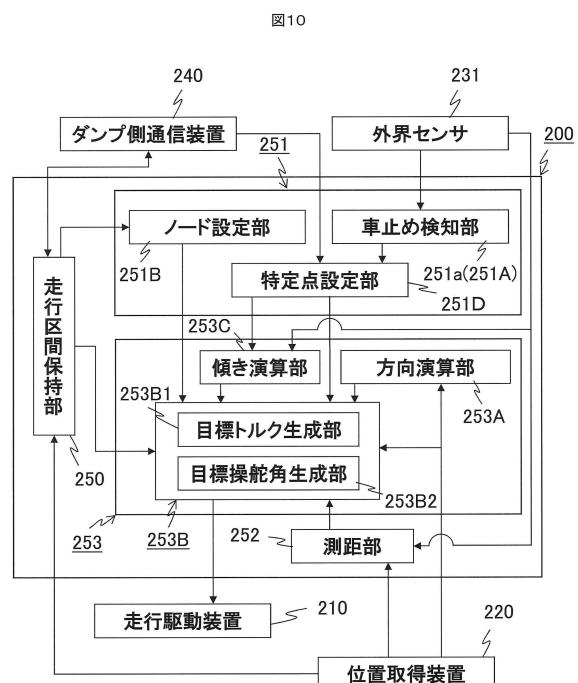
【図8】



【図9】

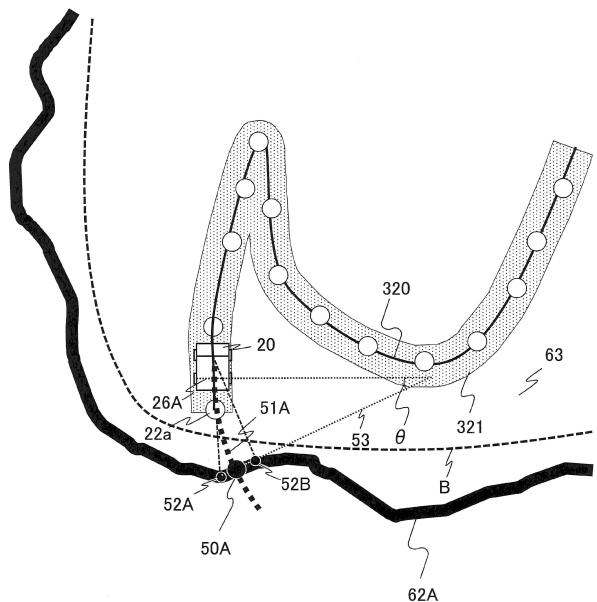


【図10】



【図11】

図11



フロントページの続き

審査官 加藤 啓

(56)参考文献 特開平6 - 83443 (JP, A)
特開2000 - 137522 (JP, A)
特開平9 - 198134 (JP, A)
特開2008 - 140375 (JP, A)
特開2009 - 93308 (JP, A)
特開2014 - 69647 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 05 D 1 / 02