

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6247622号
(P6247622)

(45) 発行日 平成29年12月13日(2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.		F I			
G05D 1/02	(2006.01)	G05D	1/02	P	
B60W 30/12	(2006.01)	G05D	1/02	R	
B60W 30/17	(2012.01)	B60W	30/12		
		B60W	30/17		

請求項の数 6 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2014-199471 (P2014-199471)	(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
(22) 出願日	平成26年9月29日(2014.9.29)	(74) 代理人	110000442 特許業務法人 武和国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2016-71568 (P2016-71568A)	(72) 発明者	金井 政樹 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
(43) 公開日	平成28年5月9日(2016.5.9)	(72) 発明者	▲濱▼田 朋之 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
審査請求日	平成29年3月8日(2017.3.8)	(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】 管制制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

走行車線及び対向車線が並べて設置された搬送路を複数の車両に走行させ、前記複数の車両のうちの一の車両である自車両が、当該自車両の走行車線の前方に停止中の他車両を、前記対向車線を経由して追い越しをするための管制制御を行う管制制御装置であって、

前記走行車線の地図を、当該走行車線上に設置された複数のノード及び隣接するノードを結ぶリンクを用いて定義した走行車線地図情報、及び前記対向車線の地図を、当該対向車線上に設置された複数のノード及び隣接するノードを結ぶリンクを用いて定義した対向車線地図情報を記憶する地図情報記憶部と、

前記自車両に対し、前記走行車線における前記自車両の前方に、少なくとも一つのリンクを含む部分区間を当該自車両のみの走行を許可する第一走行許可区間として設定し、前記他車両に対し、前記走行車線における前記他車両の前方に、少なくとも一つのリンクを含む部分区間を当該他車両のみの走行を許可する第二走行許可区間として設定する走行許可区間管理部と、

前記自車両が前記追い越しに際して前記走行車線から前記対向車線に車線変更をするための第一移行区間、当該第一移行区間の前端部のノードに連続し、前記対向車線上に設定されたリンクにより構成される追越し区間、及び当該追越し区間の前端部のノードに連続し、追越し区間から前記走行車線に復帰するための第二移行区間を含む追越し経路を生成する追越し経路生成部と、

前記自車両から前記第一走行許可区間の設定要求情報を受信し、設定された前記第一走

10

20

行許可区間を示す応答情報を送信するための無線通信を行う通信制御部と、
を備え、

前記走行許可区間管理部は、前記追越し経路生成部が追越し経路を生成する際に、前記第二走行許可区間において、前記他車両よりも前方に前記第二走行許可区間が残存している場合に当該残存している区間の区間長を短くし、

前記追越し経路生成部は、前記第一移行区間の前端部のノードは、前記自車両の位置を基準として前記区間長を短くされた第二走行許可区間の後端部のノードと走行方向に沿った同じ位置又は後方に位置し、前記追越し区間の前端部のノードは、前記自車両の位置を基準として前記区間長を短くされた第二走行許可区間の前端部のノードと前記走行方向に沿った同じ位置又は前方に位置し、

前記走行許可区間管理部は、前記設定要求情報を受信した際に、前記走行車線上のみに前記第一走行許可区間を設定すると前記他車両と干渉する場合に、前記追越し経路上に前記第一走行許可区間を設定する、

ことを特徴とする管制制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の管制制御装置において、

前記リンクは、前記自車両又は他車両の車体長、及び前記リンクに対して設定された制限速度の少なくとも一つに応じて定められた単位長を有して構成され、

前記走行許可区間管理部は、前記追越し経路生成部が追越し経路を生成する際に、前記第二走行許可区間において、前記他車両よりも前方に複数のリンクを含む残存区間がある場合に、その残存区間内のリンクに対する走行許可を取り消すことで、リンク数を減らして前記第二走行許可区間の区間長を短くする、

ことを特徴とする管制制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の管制制御装置において、

前記走行許可区間管理部は、前記第二走行許可区間の残存区間の区間長を短くする際に、前記他車両の現在位置から、前記他車両と前記自車両との干渉を回避するために設けられる前方マージン距離を空けた安全地点よりも前方に前記第二走行許可区間の残存区間がある場合に、前記第二走行許可区間の前端部が前記安全地点に近づくように、前記残存区間内のリンクに対する走行許可を取り消す、

ことを特徴とする管制制御装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の管制制御装置において、

前記走行許可区間管理部は、前記残存区間のリンクに対する走行許可の取り消し数を、前記他車両の車体長、前記自車両の車体長、及び前記自車両の走行速度の少なくとも一つに基づいて決定する、

ことを特徴とする管制制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の管制制御装置において、

前記追越し経路生成部は、前記第一移行区間及び第二移行区間を走行中の前記自車両に加わる横加速度が、前記自車両の横転を抑止するために設けられた基準横加速度以下になるように前記第一移行区間及び第二移行区間の曲率を定める、

ことを特徴とする管制制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の管制制御装置において、

前記第二走行許可区間が設定されてからの継続時間と前記他車両が停止中であると判断するための時間閾値との比較結果に基づいて前記他車両が停車車両であるかを判定し、前記他車両を前記自車両に対する追越し対象車両として検知する追越し対象車両検知部を更に備える、

ことを特徴とする管制制御装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、管制制御装置に係り、特にオペレータの操舵によらず自律走行する無人車両が複数台走行する作業現場において、車両同士が干渉しないように制御する管制制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

露天掘り鉱山等において、オペレータの操舵によらず自律走行する運搬車両（以下「無人ダンプ」という）を管制制御装置に無線通信回線を介して通信接続し、各無人ダンプの管制制御を行う自律走行システムが知られている。

10

【0003】

管制制御方法は、全ての車両と通信を頻繁に行うことで車両間の位置関係を把握し、減速や停止などの指示を送信する方法や、各車両に対して排他的に走行許可区間を与え、それぞれの車両が与えられた区間内のみを走行するように制御、あるいは操縦することで衝突を防止する、所謂閉塞制御方法が知られている。前者の方法では車両間のより柔軟な制御がしやすいが、管理する車両全てと高頻度で通信を行う必要があり、無線通信に対する負荷が大きいというデメリットがある。これに対し、後者の閉塞制御方法は、走行許可区間の与え方によって車間の位置関係、車間距離などを調整が必要となるが、通信の頻度は走行許可区間を更新するタイミングがあればよいので、無線通信に対する負荷が少ないというメリットがある。

20

【0004】

一般に鉱山で使用される無線は、信頼性を高く設計するために、許容される通信量が少ないという特徴がある。また、鉱山では複雑な地形の影響があり、通信途絶も頻繁に発生する。よって、通信頻度はできるだけ少ない方が望ましい。従って、鉱山における自律走行システムの管制制御は、閉塞制御方法を用いた方が好ましい。

【0005】

ところで、露天掘り鉱山において、複数の無人ダンプが走行している場合に、突発的な不具合により前方を走行する無人ダンプが停止し、前方の停車車両に対して追越しをかける必要が生じることがある。この追越し技術の一例として、特許文献1には、「走行路の走行状態の監視結果に基づいて、往復2車線のうち一方の車線を走行する一方の車両の前方に進入禁止領域が設定され、進入禁止領域を回避して一方の車線に対向する対向車線の一部の区間を走行させる走行指令が与えられる。対向車線を走行する対向車両に対しては、一部の区間の進入を禁止する走行指令が与えられる。また、走行路の条件設定区間における上限速度が設定され、条件設定区間に対応づけて設定された上限速度を含む走行条件が、車両に対して走行指令として与えられる。車両は、走行指令が与えられた場合に、上限速度を超えない速度で走行路を走行する」構成が開示されている。

30

【先行技術文献】**【特許文献】**

40

【0006】

【特許文献1】 米国特許第6480769号明細書

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

上記特許文献1に開示された構成は、追越し経路の距離は、進入禁止領域と車線変更する距離の合計で決定する。しかしこのような最短の経路で追越しを実行するためには、車両の位置を頻繁に把握する必要があり、無線通信に対する負荷が大きくなる。そのため、無線通信量を削減する観点から閉塞制御を用いた自律走行システムには、無線通信の増加を伴う特許文献1の追い越し技術を適用することはできないという実情がある。

50

【0008】

また、一般に、対向車線を用いて追越しを実施する際、追越しが終了するまでの間は対向車線の車両を待機させる場合があり、待機した車両はその先行車両との間隔が広がってしまう。ショベルのダンプ1台に対する積込作業時間はある程度決まっているため、ダンプの走行時間間隔がショベル積込時間よりも長くなった場合、一台のダンプに対して積込が終了した後、次のダンプが到着するまでショベルが待機しなければならない状況が発生する。その間、ショベルは掘削作業を一時停止しなければならないため、鉱山としての生産効率は低下する。特に、追越し車両が対向車線を通行する時間が長ければ長いほど、その影響は大きくなるという課題がある。

【0009】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、閉塞制御を前提とし、対向車線を用いて車両の追い越しを行う際に、無線通信に対する負荷を削減及び対向車線の車両の走行時間間隔に与える影響をより低減する管制制御装置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】

【0010】

上記課題を解決するために本発明に係る管制制御装置は、走行車線及び対向車線が並べて設置された搬送路を複数の車両に走行させ、前記複数の車両のうちの一の車両である自車両が、当該自車両の走行車線の前方に停止中の他車両を、前記対向車線を経由して追い越しをするための管制制御を行う管制制御装置であって、前記走行車線の地図を、当該走行車線上に設置された複数のノード及び隣接するノードを結ぶリンクを用いて定義した走行車線地図情報、及び前記対向車線の地図を、当該対向車線上に設置された複数のノード及び隣接するノードを結ぶリンクを用いて定義した対向車線地図情報を記憶する地図情報記憶部と、前記自車両に対し、前記走行車線における前記自車両の前方に、少なくとも一つのリンクを含む部分区間を当該自車両のみの走行を許可する第一走行許可区間として設定し、前記他車両に対し、前記走行車線における前記他車両の前方に、少なくとも一つのリンクを含む部分区間を当該他車両のみの走行を許可する第二走行許可区間として設定する走行許可区間管理部と、前記自車両が前記追い越しに際して前記走行車線から前記対向車線に車線変更をするための第一移行区間、当該第一移行区間の前端部のノードに連続し、前記対向車線上に設定されたリンクにより構成される追越し区間、及び当該追越し区間の前端部のノードに連続し、追越し区間から前記走行車線に復帰するための第二移行区間を含む追越し経路を生成する追越し経路生成部と、前記自車両から前記第一走行許可区間の設定要求情報を受信し、設定された前記第一走行許可区間を示す応答情報を送信するための無線通信を行う通信制御部と、を備え、前記走行許可区間管理部は、前記追越し経路生成部が追越し経路を生成する際に、前記第二走行許可区間において、前記他車両よりも前方に前記第二走行許可区間が残存している場合に当該残存している区間の区間長を短くし、前記追越し経路生成部は、前記第一移行区間の前端部のノードは、前記自車両の位置を基準として前記区間長を短くされた第二走行許可区間の後端部のノードと走行方向に沿った同じ位置又は後方に位置し、前記追越し区間の前端部のノードは、前記自車両の位置を基準として前記区間長を短くされた第二走行許可区間の前端部のノードと前記走行方向に沿った同じ位置又は前方に位置し、前記走行許可区間管理部は、前記設定要求情報を受信した際に、前記走行車線上のみに前記第一走行許可区間を設定すると前記他車両と干渉する場合に、前記追越し経路上に前記第一走行許可区間を設定する、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、閉塞制御を前提とし、対向車線を用いて車両の追い越しを行う際に、無線通信に対する負荷を削減及び対向車線の車両の走行時間間隔に与える影響をより低減する管制制御装置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。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】自律走行システムの概略構成を示す図

【図2】管制制御装置及びダンプのハードウェア構成図であって、(a)は管制サーバ、(b)はダンプを示す。

【図3】ダンプの外観を示す図

【図4】管制サーバの主な機能を示す機能ブロック図

【図5】走行制御装置の主な機能を示す機能ブロック図

【図6】ダンプが走行する露天掘り鉱山現場の構成例を示す図であって、(a)は鉱山内の搬送路の全体を示し、(b)は片側1車線の搬送路を示し、(c)は往路が2車線、復路が1車線の搬送路を示す。

【図7】自律走行開始時におけるダンプと管制サーバとの間の通信動作を示す図であって、(a)はダンプから目的地の要求メッセージを送信する状態を示し、(b)は管制サーバからの応答状態を示し、(c)は走行許可区間の要求及び応答状態を示す。

10

【図8】走行許可区間の設定の詳細を示す図であって、(a)はダンプから走行許可区間の要求メッセージを送信する状態を示し、(b)は管制サーバからの応答メッセージを示し、(c)は走行許可区間の要求及び応答状態を示す。

【図9】管制制御処理の流れを示すフローチャート

【図10】図9の追い越し経路生成処理の詳細を示すフローチャート

【図11】走行許可区間の最小値の与え方を示す図であって、(a)はリンクの長さを考慮しない場合の走行許可区間の最小値、(b)は、前後にマージンを設けた場合の一例、(c)は前後にマージンを設けた場合の他例を示す。

20

【図12】追越し経路生成の概要を示す図であって、(a)は自車両の前方に追い越し対象となる他車両がいる状態を示し、(b)は追い越し経路の一例を示し、(c)は追い越し経路の他例を示す。

【図13】追越し経路に対する走行許可区間設定方法の概要を示す図であって、(a)は追越し経路を示し、(b)はそれに設定された走行許可区間を示す。

【図14】追越し車両に対する走行許可区間設定のフローチャート

【図15】追越し経路の削除を伴う新たな走行許可区間の処理の流れを示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0013】

30

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。

【0014】

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。

40

【0015】

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。

50

【 0 0 1 6 】

まず、図 1 に基づいて、本発明に係る管制サーバを含む自律走行システムの概略構成について説明する。図 1 は、自律走行システムの概略構成を示す図である。

【 0 0 1 7 】

図 1 に示す自律走行システム 1 は、鉱山などの採石場で、掘削及び積込作業を行うショベル 10 - 1、10 - 2 から積み込まれた土砂や鉱石等の積荷を搬送するための鉱山用の自律走行運搬車両 20 - 1、20 - 2 と、採石場の近傍若しくは遠隔の管制センタ 30 に設置された管制制御装置 31 とを、無線通信回線 40 を介して互いに通信接続して構成される。自律走行運搬車両としてダンプトラックを用いるので、以下では自律走行運搬車両をダンプと称する。管制制御装置 31 は、各ダンプ 20 - 1、20 - 2 の自律走行制御に必要な管制指令を送信する管制制御装置である。また、各ショベル 10 - 1、10 - 2 を区別することなくショベルを総称する際にはショベル 10 と記載する。同様にダンプ 20 - 1、20 - 2 を区別することなくダンプを総称する際にはダンプ 20 と記載する。

10

【 0 0 1 8 】

各ダンプ 20 - 1、20 - 2 は、鉱山内で予め設定された搬送路 60 に沿ってショベル 10 - 1 又は 10 - 2、及び図示しない放土場の間を往復し、積荷を搬送する。

【 0 0 1 9 】

鉱山内には、複数の無線基地局 41 - 1、41 - 2、41 - 3 が設置される。そしてこれらの無線基地局 41 - 1、41 - 2、41 - 3 を経由して、無線通信の電波が送受信される。

20

【 0 0 2 0 】

ショベル 10 - 1、10 - 2 及び各ダンプ 20 - 1、20 - 2 は、全地球航法衛星システム (GNSS: Global Navigation Satellite System) の少なくとも 4 つの航法衛星 50 - 1、50 - 2、50 - 3、50 - 4 から測位電波を受信して自車両の位置を取得するための位置算出装置 (図 1 では図示を省略する) を備える。GNSS として、例えば GPS (Global Positioning System)、GLONASS、GALILEO を用いてもよい。

【 0 0 2 1 】

ダンプ 20 は、本体を形成するフレーム 21 と、前輪 22 及び後輪 23 と、フレーム 21 の後方部分に設けられたヒンジピン (図示せず) を回動中心として上下方向に回動可能な荷台 24 と、この荷台 24 を上下方向に回動させる左右一対のホイストシリンダ (図示せず) と、を含む。また、ダンプ 20 は、見通しの良い場所、例えば、ダンプ 20 の上面前方に、無線通信回線 40 に接続するためのアンテナ 25 が設置される。

30

【 0 0 2 2 】

更にダンプ 20 は、管制制御装置 31 からの指示に従って自律走行をするため走行制御装置 200 を搭載する。

【 0 0 2 3 】

管制制御装置 31 は、無線通信回線 40 に接続するためのアンテナ 32 に接続される。そして、管制制御装置 31 は、アンテナ 32、無線基地局 41 - 1、41 - 2、41 - 3 を経由してダンプ 20 と通信する。本実施形態に係る管制制御装置 31 は、走行車線及び対向車線が並べて設置された搬送路を複数の車両に走行させ、複数の車両のうちの一の車両である自車両が、自車両の走行車線の前方に停止中の他車両を、対向車線を経由して追い越しをするための管制制御を行う点に特徴がある。

40

【 0 0 2 4 】

次に図 2 及び図 3 を参照して、図 1 の管制制御装置 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 2 は、管制制御装置 31、及びダンプ 20 のハードウェア構成図であって、(a) は管制サーバ、(b) はダンプを示す。図 3 は、ダンプ 20 の外観を示す図である。

【 0 0 2 5 】

図 2 の (a) に示すように、管制制御装置 31 は、CPU 311、RAM (Random

50

m 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。

【0026】

更に、管制制御装置31は、表示装置316、及び入力装置317を備え、これらがI/F 315に接続される。また、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330が接続される。

【0027】

CPU 311は演算部であり、管制制御装置31全体の動作を制御する。

10

【0028】

RAM 312は、情報の高速な読み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。

【0029】

ROM 313は、読み出し専用の不揮発性記憶媒体であり、自律走行制御プログラムが格納されている。

【0030】

HDD 314は、情報の読み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。

20

【0031】

表示装置316は、ユーザが鉱山内のダンプの走行状況の視認するためのユーザインターフェースであり、例えばLCD (Liquid Crystal Display) により構成される。

【0032】

入力装置317は、ユーザが管制制御装置31に情報を入力するためのユーザインターフェースであり、例えばマウス、キーボードやLCDに積層されたタッチパネル(図示を省略)を用いて構成される。

【0033】

一方、ダンプ20は、図2の(b)に示すように走行制御装置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を介して接続されて構成される。更に、I/F 205には、走行駆動装置210、位置算出装置220、車載センサ230、及び車両側通信装置240が接続される。

30

【0034】

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装置212、及びダンプ20を走行させるための走行装置213を含む。

【0035】

40

位置算出装置220は自己位置を特定する手段であり、本実施形態では、航法衛星50-1、50-2、50-3、50-4からの測位電波を受信して自車両の位置を算出するGPS装置を用いるので、ダンプ20にはGPSアンテナ221(図3参照)を備える。位置算出装置220はGPSである必要はなく、例えば、慣性計測装置(IMU: Inertial Measurement Unit)や、地上に設置された基地局からの電波を用いて位置を特定するシステムによるものであってもよい。その場合、ダンプ20は、GPSアンテナ221に代わり、そのシステム用のアンテナやジャイロセンサや車輪の回転数を検知するセンサを備える。

【0036】

車載センサ230は、ダンプ20の速度や周辺の環境を認識・推定するためのものであ

50

り、例えば、路肩検出手段や前方障害物の検出手段が相当する。路肩検出手段として、本実施形態ではレーザーレーダセンサ 231L、231R（図3参照）を備えるが、これに限らずカメラを用いた画像処理により路肩を検出するものであってもよい。その場合、レーザーレーダセンサ 231L、231Rは車体側方を見下ろすように設置されたカメラに代わる。また、前方障害物の検出手段として、本実施形態ではミリ波レーダセンサ 232を備えており、この出力を用いてダンプ 20の走行方向前方の障害物を検出するが、ミリ波レーダセンサ 232に代わり前方に向けられた複数のカメラを備えてもよい。この場合、複数のカメラの取り付け位置は図3に示す位置よりもさらに上方にあって前方を見下ろすように設置したものであってもよい。

【0037】

車載センサ 230の検知結果は走行制御装置 200に出力され、通常時は走行路から離脱しないように走行位置の監視や加減速に用いられ、緊急時には緊急回避行動に必要な制動動作に用いられる。

【0038】

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、管制制御装置 31及び走行制御装置 200の機能を実現する。なお、本実施形態では、管制制御装置 31及び走行制御装置 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集積回路を用いて構成してもよい。

【0039】

次に図4及び図5を参照して、管制制御装置 31、ダンプ 20及び有人車両 90の機能構成について説明する。図4は、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は、走行制御装置 200の主な機能を示す機能ブロック図である。

【0040】

図4に示すように、管制制御装置 31は、ダンプ 20との無線通信を行うための制御を行うサーバ側通信制御部 310、ダンプ 20の目的地とそこへ至る走行路を決定し、またダンプ相互が干渉しないように交通管制を行う管制制御部 320、表示装置 316に対する表示制御処理を行う表示制御部 340、ダンプ 20が走行する搬送路の地図情報を格納する管制地図情報記憶部 314a、及び各ダンプ 20に対して設定された走行許可区間やダンプ 20の現在の走行速度、車体長等を格納する管制情報記憶部 314bと、を含む。

【0041】

上記搬送路 60は、往路及び復路を含んで構成され、自車両が走行する走行車線に対向車線が並べて設けられる。

【0042】

サーバ側通信制御部 310は、サーバ側通信装置 330に接続されてダンプ 20との間で実際の無線通信を行うための制御を行う。

【0043】

管制制御部 320は、配車管理部 322、走行許可区間管理部 323、及び地図情報生成部 321、追越し対象車両検知部 324、追越し可否判定部 325、追越し経路生成部 326を含む。

【0044】

地図情報生成部 321は、自律走行制御の生成に先立ち、航測車が搬送路 60の往路及び復路を航測車に搭載された位置算出装置により走行位置を算出しながら走行した規制情報を基に、往路上の複数の地点からなるノード及び隣接するノードを結ぶリンクを用いて定義した往路地図情報（走行車線地図情報に相当する）を生成する。同様に復路の地図情報（対向車線地図情報に相当する）も生成する。これらの地図情報に含まれるリンクの長さは、ダンプ 20の車体長、及びリンクに対して設定された制限速度の少なくとも一つに

10

20

30

40

50

応じて定められた単位長を有する。例えばリンクの単位長は、ダンプ20の車体長の n 倍（ n は自然数）としてもよいし、各リンクに相当する搬送路の区間の制限速度が速ければ単位長をより長く、制限速度が遅ければ、単位長をより短くしてもよい。往路地図情報及び復路地図情報は、管制地図情報記憶部314_aに格納される。

【0045】

配車管理部322は、ダンプ20の目的地を設定し、管制地図情報記憶部314_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路を決定する。配車管理部322の処理例として、例えばダンプ20が駐機場にいる場合には、積込位置を含む積込場の入口を目的地として設定する。そして配車管理部322は駐機場から積込場の入口に至るまでの走行路を設定する。更に、配車管理部322は、ダンプ20が積込位置にいる場合には、放土場を目的地として設定し、それに至るまでの走行路を生成する。また配車管理部322は、積込場における積込位置の移動に伴って、積込場の入口から積込位置までの走行路を動的、すなわち、各ダンプ20が積込場の目的地から積込位置まで走行する度に生成する。また、放土場の入り口から放土位置までの走行路も動的に生成する。

10

【0046】

走行許可区間管理部323は、各ダンプ20に対し、管制地図情報記憶部314_aに格納された地図情報を参照し、上記で決定された走行路上の部分区間を、ダンプ20走行を許可する走行許可区間として設定し、当該走行許可区間の位置を示す区間情報を管制情報記憶部314_bに記憶する。走行許可区間管理部323は、走行許可区間に含まれるノード及びリンクの数を基に走行許可区間の区間長を決定する。

20

【0047】

区間情報には、走行許可区間の最前端のノードである前方境界点のノード識別情報（以下識別情報を「ID」と記載する）、及び最後端のノードである後方境界点のノードIDが含まれる。

【0048】

走行許可区間管理部323は、各ダンプ20から新たな走行許可区間の設定を要求する情報（以下「区間要求メッセージ」という）を受信すると、これに応じて走行許可区間の設定処理を行う。走行許可区間管理部323は、新たな走行許可区間を設定した際にはその走行許可区間を示す情報（以下「区間応答メッセージ」という）を生成し、出来なかった場合には走行不許可を示す不許可応答メッセージを生成する。

30

【0049】

走行許可区間管理部323は、各ダンプ20に対して新たな走行許可区間を設定すると、管制地図情報記憶部314_aに格納された区間情報に対し、新たに生成した区間情報を上書きして更新する。

【0050】

本発明の特徴である追越し制御処理において、走行許可区間管理部323は、一旦設定された走行許可区間に含まれるリンク及びノードの数を修正する処理を行う。より具体的には、自車両（追越し車両）が走行する走行車線（例えば往路）の前方に、他車両（追越し対象車両）が存在する場合、走行許可区間管理部は、後述する追い越し経路生成部が追い越し経路を生成する際に、他車両の走行許可区間（第二走行許可区間に相当する）において、他車両よりも前方に複数のリンクが残存している場合に、その残存しているリンクの数を減らして区間長を短くする。リンクの数を減らす際には、他車両の現在位置から、他車両と自車両との干渉を回避するために設けられる前方マージン距離を空けた安全地点よりも前方に、他車両の走行許可区間の残存区間がある場合に、その走行許可区間の前端部が安全地点に近づくように、残存区間内のリンクに対する走行許可を取り消すことにより行う。

40

【0051】

走行許可区間管理部323は、残存区間のリンクに対する走行許可の取り消し数を、他車両の車体長、自車両の車体長、及び自車両の走行速度の少なくとも一つに基づいて決定してもよい。

50

【 0 0 5 2 】

そして、走行許可区間管理部 3 2 3 は、自車両から走行許可区間の設定要求を受けて、走行車線上のみに自車両に対する走行許可区間（第一走行許可区間に相当する）を設定すると他車両と干渉する場合に、追越し経路に新たな走行許可区間を設定する。

【 0 0 5 3 】

追越し対象車両検知部 3 2 4 は、走行許可区間管理部 3 2 3 が管理する走行許可区間の状態、例えば走行許可区間が設定されてからの経過時間、またはサーバ側通信制御部を介して受信したダンプ 2 0 の速度情報などから、前後して走行する複数のダンプ 2 0 - 1、2 0 - 2 のうち、前方を走行するダンプが、追越しをするべき追越し対象車両であるかを検知してもよい。本実施形態では、走行許可区間が設定されてからの継続時間と、走行許可区間を設定した車両が停止中であると判断するための時間閾値との比較結果に基づいてその車両が停車車両であるかを判定し、停車車両である場合には、その車両を追越し対象車両として検知する。

10

【 0 0 5 4 】

追越し可否判定部 3 2 5 は、管制地図情報記憶部 3 1 4 a の地図情報を参照し、追越し対象車両検知部 3 2 4 が検知した追越し対象車両が、搬送路上の地点において追越し可能であるかを判定する。なお、本実施形態では後述するように追い越し対象車両として停止車両を検知する。従って、追い越し対象車両（停止車両）は、走行中の自車両であれば必ず追い越すことができるので、追越し可否判定部 3 2 5 は必須ではない。

【 0 0 5 5 】

追越し経路生成部 3 2 6 は、自車両が他車両に対して追越しを実施する地点の付近に、追越し経路を生成する。生成した経路は追越し経路生成部 3 2 6 によって管制地図情報記憶部 3 1 4 a に格納され、配車管理部 3 2 2 が本追越し経路を含む走行路を、ダンプ 2 0（のうち、追越しを行うもの）に対する走行路として再設定する。また、走行許可区間管理部は、管制地図情報記憶部 3 1 4 a に格納された追越し経路上の区間を含む走行許可区間を、自車両に対して設定する。

20

【 0 0 5 6 】

より具体的には、追越し経路生成部 3 2 6 は、自車両の走行車線から対向車線に車線変更をするための第一移行区間、第一移行経路の前端部のノードに連続し、対向車線上に設定されたリンクにより構成される追越し区間、及び当該追越し区間の前端部のノードに連続し、追越し区間から走行車線に復帰するための第二移行区間を含んで生成する。このとき、第一移行経路の前端部のノードは、自車両の位置を基準として、区間長を短くされた他車両の走行許可区間の後端部のノードと走行方向に沿った同じ位置又は後方に位置する。また、追い越し区間の前端部のノードは、自車両の位置を基準として他車両の走行許可区間の前端部のノードと走行方向に沿った同じ位置又は前方に位置する。

30

【 0 0 5 7 】

追越し経路生成部 3 2 6 は、第一移行区間及び第二移行区間を走行中の自車両に加わる横加速度が、自車両の横転を抑制するために設けられた基準横加速度以下になるように第一移行区間及び第二移行区間の曲率を定めてもよい。

【 0 0 5 8 】

表示制御部 3 4 0 は、地図情報、各ダンプ 2 0 の位置、及び各車両に対して設定された走行許可区間の情報を取得し、走行路を示す地図画像上にダンプ 2 0 を示す画像、及び設定された走行許可区間を示す画像を重畳表示する。図 4 では説明の便宜上、表示制御部 3 4 0 は、サーバ側通信制御部 3 1 0 及び I / F 3 1 5 に接続して図示したが、表示制御部 3 4 0 は、管制制御部 3 2 0 あるいはこれに含まれる構成要素から表示対象となるデータを取得するように構成してもよい。

40

【 0 0 5 9 】

管制制御装置 3 1 が備えるサーバ側通信制御部 3 1 0、管制制御部 3 2 0 は、これらの機能を実現するソフトウェアが図 3 に示す CPU 3 1 1（ハードウェア）により実行されることにより構成される。また、管制地図情報記憶部 3 1 4 a は、情報を固定的に格納可

50

能な記憶装置、例えばHDDにより構成される。

【0060】

ダンプ20に搭載される走行制御装置200は、図5に示すように車両側通信制御部250、要求情報処理部260、自律走行制御部270、及び車両地図情報記憶部204aを備える。

【0061】

車両側通信制御部250は、管制制御装置31との間で行う無線通信の制御を行う。車両側通信制御部250は区間要求メッセージの送信及び区間応答メッセージ又は不許可応答メッセージの受信を行う。

【0062】

要求情報処理部260は、車両地図情報記憶部204aに格納された地図情報(管制地図情報記憶部314aに記憶される地図情報と同じ)及び位置算出装置220(図2参照)が算出した現在位置を基に、ダンプ20が要求メッセージを送信する地点に到達したかを判断し、要求地点に到達すると要求メッセージを生成して車両側通信制御部250を介して管制制御装置31に対して要求メッセージを送信する。

【0063】

自律走行制御部270は、位置算出装置220から自車両の現在位置を取得し、車両地図情報記憶部204aの地図情報を参照して、区間応答メッセージに含まれる走行許可区間に従って自車両を走行させるための制御を走行駆動装置210(図2参照)に対して行う。また、自律走行制御部270は、車載センサ230の検知結果に基づいて前方障害物の有無を判定し、障害物との干渉、衝突の回避動作の有無も判定し、必要があれば制動動作のための制御を行う。更に自律走行制御部270は、管制制御装置31からの指示に従って、制動装置211に対する駆動制御を行い、減速動作、通常停止動作、又は緊急停止動作を行う。

【0064】

車両側通信制御部250、要求情報処理部260、及び自律走行制御部270は、これらの機能を実現するソフトウェアが図3に示すCPU201により実行されることにより構成される。車両地図情報記憶部204aに格納される地図情報は、HDD204上に格納されたデータとして構成される。

【0065】

次に、図6から図8を参照して、ダンプが走行する際の管制サーバとの間の処理について説明する。図6は、ダンプが走行する露天掘り鉱山現場の構成例を示す図であって、(a)は鉱山内の搬送路の全体を示し、(b)は片側1車線の搬送路を示し、(c)は往路が2車線、復路が1車線の搬送路を示す。図7は、自律走行開始時におけるダンプと管制サーバとの間の通信動作を示す図であって、(a)はダンプから目的地の要求メッセージを送信する状態を示し、(b)は管制サーバからの応答状態を示し、(c)は走行許可区間の要求及び応答状態を示す。図8は、走行許可区間の設定の詳細を示す図であって、(a)はダンプから走行許可区間の要求メッセージを送信する状態を示し、(b)は管制サーバからの応答メッセージを示し、(c)は走行許可区間の要求及び応答状態を示す。

【0066】

図6の(a)に示す符号61は、ショベル10などの鉱山機械による掘削現場及び鉱山機械がダンプ20に積み込む積込場61を示す。積込場61のうち、ショベル10の周辺にダンプ20が停車し、積込作業が行われる位置を積込位置(図6のLPに相当する)と称する。ショベル10が掘った表土や鉱石は、積込場61でダンプ20に積み込まれる。符号62は、表土を展開する放土場であり、積込場61から運び込まれた表土などは、この場所で放土され、層状あるいは放射状に展開される。符号63は鉱石を破碎処理するクラッシュなどが設置された放土場であり、破碎された鉱石はベルトコンベアなどにより貨車による積み出し場あるいは処理設備などに搬送される。

【0067】

また、QPは、積込場61への入口であり、かつショベル10からダンプに対して積込

10

20

30

40

50

位置への進入許可（CALL）がされるまで、ダンプ20が停車して待つ待機位置を示す。図6のEXITは、積込場61からダンプ20が退出する出口である。

【0068】

ダンプ20は、積込場61で表土や鉱石を積込み、搬送路60を走行してそれらを放土場62や63に搬送する。

【0069】

搬送路60は、図6の(b)に示すように片側1車線に構成され、往路64f及び復路64bの2車線を含んでもよいし、図6の(c)に示すように往路を2車線64f__1、64f__2、復路を1車線64bの合計3車線で構成されてもよく、車線数は限定されない。なお、3車線以上を含む搬送路において、本実施形態で説明する追越し制御処理は、

10

走行方向が同じ車線間の追越しではなく、走行方向が反対向きになる車線、即ち自車両の走行車線から対向車線にはみ出して追越しをする際の制御処理に関する。

【0070】

また、往路と復路と設定されるノード65及びリンク66は、図6の(b)に示すように、往路64f及び復路64bが並走している状態で平行になるように設定されてもよいし、図6の(c)に示すように往路64f__1、64f__2のノード65及びリンク66と、復路64bのノード65及びリンク66とが平行にならず、それぞれ独立して設定されてもよい。更に、ノード65は、図6の(b)のように等間隔に設定してリンク66の長さを一定の長さに構成してもよいし、図6の(c)のようにノード65の間隔を変えて、リンク66の長さも変えてもよい。

20

【0071】

ダンプ20は、往路64f及び復路64bに設定された走行許可区間に沿って走行する。走行路64は、地図上で設定された座標値として与えられる。ダンプ20は、GPSや他の位置算出装置により特定した自己位置と走行路64の座標値を比較しながら加減速やステアリングを制御することにより、走行路64に沿って自律走行する。走行許可区間は、自車両の走行のみを許可し、他車両の進入を阻止する閉塞区間として機能する。これにより、ダンプ同士の衝突が回避される。

【0072】

ダンプ20は、積込場61で表土や鉱石を積み込み完了した状態、あるいは放土場62や63において放土し終わった状態において、図7の(a)に示すように管制制御装置31に対して目的地を要求するメッセージ（目的地要求メッセージ）を送信する。これは、ダンプ20の場合、ダンプ20の走行制御装置200に含まれる要求情報処理部260が現在の自己位置や車両の状況（停車中）を判断して車両側通信制御部250を介して発信するものである。

30

【0073】

この目的地要求メッセージは、管制制御装置31上のサーバ側通信制御部310により受け取られ、管制制御部320に伝えられる。管制制御部320内の配車管理部322は、管制地図情報記憶部314_aの地図情報を参照し、他のダンプ20の状況などを考慮して、目的地を要求してきたダンプトラックの目的地とそこへ至る経路を決定し、目的地80とそこへ至る経路81を示す目的地応答メッセージをダンプトラックへ伝達するように

40

サーバ側通信制御部310に指示する。サーバ側通信制御部310は、無線通信回線40を介してダンプ20に対し目的地応答メッセージを発信する（図7の(b)参照）。

【0074】

すると、ダンプ20上の要求情報処理部260が、走行許可区間の設定要求をするメッセージ（区間要求メッセージ）を管制制御装置31に送信する。サーバ側通信制御部310は、区間要求メッセージを管制制御部320に伝える。管制制御部320の走行許可区間管理部323は、以下に説明する処理に基づいて走行許可区間82を設定し、設定した走行許可区間を示すメッセージ（区間応答メッセージ）をダンプ20に送信する（図7の(c)）。区間応答メッセージは、走行許可区間の前方境界点のノードID、後方境界点のノードID、及び走行許可区間に含まれるリンクIDが含まれる。ダンプ20は、走行

50

許可区間を得て初めて走行を開始することができる。

【 0 0 7 5 】

次に、走行許可区間の設定の詳細について図 8 を参照して説明する。図 8 の (a) において、ダンプ 2 0 - 1、2 0 - 2 は走行中の車両であり、符号 8 1 - 1、8 1 - 2 はそれぞれの車両に許可されている走行許可区間である。ダンプ 2 0 - 1、2 0 - 2 は、いずれも矢印 A に示す方向に走行しているものとする。符号 8 3 は、ダンプ 2 0 - 1 の現在位置から走行許可区間 8 1 - 1 の最前端 (終 端) までの走行路に沿った距離を示す走行許可残存距離である。符号 8 4 は、最前端 (終 端) からダンプ 2 0 - 1 が区間要求メッセージの送信を開始する点までの距離を示す走行許可要求開始距離である。

【 0 0 7 6 】

走行許可要求開始距離 8 4 は、ダンプが停止可能な距離よりも長い距離であり、例えば停止可能距離に所定のオフセット距離を加えたものである。ダンプの停止可能な距離 L は、例えば、車両の積荷を含めた質量を m 、車両の現在の速度を v 、車両の制動力を f 、安全率に対応して規定されるオフセット係数 c とすると、下式 (1) により求められる。

【 数 1 】

$$L = c \frac{m v^2}{2 f} \cdots (1)$$

【 0 0 7 7 】

オフセット係数 c は 1 以上の値であって、例えば無線通信にかかる時間や無線通信の障害の発生度合いなどを考慮して設定する。車両の速度は、車両の現在速度を車輪の回転数などから測定したものであってもよく、また、車両の現在の走行位置に対して地図情報で規定されている制限速度 (最大許容速度) を用いてもよい。

【 0 0 7 8 】

図 8 の (a) に示すように、ダンプ 2 0 - 1 の走行許可残存距離 8 3 が走行許可要求開始距離 8 4 以下となったとき、ダンプ 2 0 - 1 は、管制制御装置 3 1 に対して区間要求メッセージを送信する。この区間要求メッセージには、ダンプ 2 0 - 1 の現在位置情報も含まれる。

【 0 0 7 9 】

管制制御装置 3 1 は、ダンプ 2 0 - 1 から区間要求メッセージを受け取ると、送られてきた現在位置情報を用いてダンプ 2 0 - 1 が存在する走行区間を特定する。そして、ダンプ 2 0 - 1 の走行方向に沿って、ダンプ 2 0 - 1 の存在する区間の終端から予め定められた走行許可区間として与えられる最短距離 (走行許可付与長さ) 以上となる区間に対して走行許可を与える。但し、他の車両に許可が与えられている区間がある場合には、その手前までについて走行許可を与える。

【 0 0 8 0 】

図 8 の (b) に示す例では、ダンプ 2 0 - 1 が存在する区間は 8 5 であり、その終端から走行許可付与長さ 9 5 以上の区間は、8 6、8 7、8 8、8 9 となる。但し、区間 8 8、8 9 は既にダンプ 2 0 - 2 に走行許可が与えられているので、8 6、8 7 の走行許可が与えられる。なお、区間 8 6 は既に走行許可が与えられているので、この場合、結果として区間 8 7 が新たな走行許可区間として与えられることになる。

【 0 0 8 1 】

走行許可を与えられた区間は、車両がその区間を通過した後に、車両の位置から区間の終端までの距離が走行許可解除距離以上となったときに解除される。図 8 の (c) の例では、ダンプ 2 0 - 1 に走行許可が与えられていた区間 8 8 は、車両 2 0 - 2 と区間終端までの距離 9 1 が走行許可解除距離 9 2 以上となった段階で走行許可が解除され、後続のダンプ 2 0 - 1 への走行許可割り当てが可能となる。

【 0 0 8 2 】

次に、図 9 を参照して本実施形態に係る自律走行システムの動作手順の概略を説明する

10

20

30

40

50

。図9は、管制制御処理の流れを示すフローチャートである。

【0083】

管制制御装置31は、主電源投入後、追い越し経路生成処理を開始するとともに(S900)、ダンプ20からのメッセージの待機状態になる。追い越し経路生成処理の詳細については後述する。

【0084】

ダンプ20の目的地が設定されていない場合(S901/No)、走行制御装置200の要求情報処理部260は、無線通信回線40を介して管制制御装置31に目的地要求メッセージ(現在位置情報を含む)を送信する(S902)。ダンプ20の目的地が設定されている場合(S901/Yes)は、ステップS904へ進む。

10

【0085】

管制制御装置31の配車管理部322がダンプ20の現在位置情報と管制地図情報記憶部314aの地図情報を参照して目的地を設定し、その結果を示す目的地応答メッセージをダンプ20に対して送信する(S903)。

【0086】

区間要求メッセージの送信が必要な場合、例えばダンプ20は走行許可区間が設定されていない場合、または現在の走行許可区間から走行許可残存距離が走行許可要求開始距離以下である場合(図8の(a)参照、S904/Yes)は、要求情報処理部260から区間要求メッセージを送信する(S905)。

【0087】

区間要求メッセージの送信が不必要な場合、即ち、既に走行許可区間が設定されており、走行許可残存距離が走行許可要求開始距離より長い場合(S904/No)や、区間要求メッセージを受信した場合、自律走行をする(S906)。

20

【0088】

ダンプ20は区間要求メッセージを送信後、現在付与されている走行許可区間に従って走行を続けながら、管制制御装置31からの区間応答メッセージの受信を待機する。自律走行制御部270は、位置算出装置220からの現在位置と車両地図情報記憶部204a、及び現在付与されている走行許可区間とを比較し、走行許可残存距離が停止可能距離以下である場合(S907/Yes)、走行許可区間内で停止するように走行駆動装置210の制動装置211に対して制動指示を行い、ダンプ20が減速を開始する(S908)

30

【0089】

管制制御装置31は区間要求メッセージを受信すると、走行許可区間管理部323がダンプ20の現在位置及び管制地図情報記憶部314aに格納された地図情報に基づいて、走行許可区間を設定し、その内容を示す区間応答メッセージをダンプ20に対して送信する(S909)。走行許可区間管理部323は、受信した車両の現在位置と管制地図情報記憶部314aの区間情報を用いて、車両の走行方向に対して車両の存在する区間の終端から走行許可付与長さ以上となる区間について、他の車両に許可が与えられていない限り、あるいは他の車両に許可が与えられている区間がある場合はその手前までについて走行許可区間として設定する。更に走行許可区間管理部323は、どの区間に走行許可区間を設定したかを示す情報を管制地図情報記憶部314aに格納されている区間情報に追加する。

40

【0090】

ダンプ20は、区間応答メッセージを受信すると(S910/Yes)、区間応答メッセージに示される新たな走行許可区間に従って走行を開始する(S911)。ダンプ20が、区間応答メッセージを受信しない場合、ステップS905へ戻る(S910/No)。区間応答メッセージを受信しない場合とは、例えば通信エラーにより区間要求メッセージが管制制御装置31に届いていない、また区間応答メッセージがダンプ20に届いていない場合がある。

【0091】

50

走行許可区間管理部 3 2 3 は、ダンプ 2 0 の現在位置から区間の終端までの距離が走行許可解除距離以上となると（図 8 の（c）参照、S 9 1 2 / Yes）、走行許可区間の設定を解除する（S 9 1 3）。走行許可区間管理部 3 2 3 は、区間情報から解除した走行許可区間を示す情報を削除する。その後ステップ S 9 0 1 へ戻る。また、走行許可区間管理部 3 2 3 は、ダンプ 2 0 の現在位置から区間の終端までの距離が走行許可解除距離未満の場合（S 9 1 2 / No）、走行許可解除距離以上となるまで解除せずに、ダンプが走行する（S 9 1 2）。

【 0 0 9 2 】

以上の基本的な動作手順を踏まえて、本自律走行システムにおいてダンプが追越しを実施する場合の動作を以降で説明する。図 1 0 は図 9 の追い越し経路生成処理 S 9 0 0 の詳細を示すフローチャートである。図 1 0 に示すように、追い越し経路生成処理は、大きくは追い越し車両検知処理（S 1 0 0 0）と、追い越し対象車両の走行許可区間修正処理（S 1 1 0 0）と、追い越し経路生成処理（S 1 2 0 0）とを含む。以下、図 1 0 の各ステップ順に沿って説明する。

【 0 0 9 3 】

まず、追越し対象車両検知部 3 2 4 は、管制情報記憶部 3 1 4 b に記憶された管制情報に含まれる走行許可区間情報を参照し、各走行許可区間単位における走行許可区間の継続時間を確認する（S 1 0 0 1）。ここで「走行許可区間の継続時間」とは、走行許可区間管理部 3 2 3 が走行許可区間の単位毎に管理している値であり、地図上の一つの区間がある車両に対する走行許可区間として設定された時刻を起点として、現在時刻までに経過した時間である。この時刻は、当該区間が走行許可区間から解除されるとリセットされ、また別の車両に対して走行許可区間として設定されたときに、初めから経過時間をカウントするものとする。

【 0 0 9 4 】

一方で、管制情報記憶部 3 1 4 b には、各区間の走行許可の想定継続時間がデータとして保持されている。想定継続時間は、ダンプが各区間を指定速度で走行したときに当該区間を自車の走行許可区間として占有する時間の想定値であり、各区間の長さ、設定された走行速度から、走行許可区間付与長さ 9 5（図 8 参照）を考慮して、算出される。

【 0 0 9 5 】

追越し対象車両検知部 3 2 4 は、各区間において、ステップ S 1 0 0 1 で確認した実際の走行許可区間継続時間と、上述の想定継続時間を比較し、実際の継続時間が想定継続時間よりも大きい区間を検出した場合（S 1 0 0 2 / Yes）、検出した走行許可区間が割り当てられている車両を追越し対象車両として検出する（S 1 0 0 3）。走行許可区間継続時間と想定継続時間との比較による追い越し対象車両の検知処理では、停止車両を追越し対象車両として検知する。従って、以下の説明では追い越し対象車両は停止車両を意味する。

【 0 0 9 6 】

実際の継続時間が想定継続時間よりも大きい区間を検出しなかった場合（S 1 0 0 3 / No）、追い越し対象車両が存在しないので追い越し経路を生成する必要がないことから、ステップ S 9 0 1 へ進む。

【 0 0 9 7 】

このように、走行許可区間の継続時間に基づいて追越し対象車両を検出すれば、仮に鉱山内の車両との通信が途絶していたとしても、管制制御装置 3 1 のみが保持する情報によって追越し対象車両の存在を検知することが可能である。

【 0 0 9 8 】

追い越し対象車両が検知された場合（S 1 0 0 3）、走行許可区間管理部 3 2 3 は、追い越し対象車両の走行許可区間修正処理を実行する（S 1 1 0 0）。追越し対象車両に設定されている走行許可区間が長い場合、当該車両を追越す車両は対向車線を長く走行しなければならない。これにより対向車線の車両がブロックされて搬送効率が低下する可能性がある。この影響を最小限にするため、追越し対象車両の走行許可区間を短く再設定可能

10

20

30

40

50

な場合は短くし、追越し経路も短く生成することで対向車線をブロックする時間を短くする。

【 0 0 9 9 】

そこで、管制制御部 3 2 0 から各追越し対象車両に対して位置の送信を要求し、この情報を取得することで、管制制御部 3 2 0 は追越し対象車両の位置情報を取得する (S 1 1 0 1)。

【 0 1 0 0 】

位置情報を取得できない場合 (S 1 1 0 1 / N o)、走行許可区間を短くすると追越し対象車両と追越し車両とが干渉する可能性があるため、走行許可区間長に対する修正は行うことなく、追越し経路生成処理 (S 1 3 0 0) へ進む。

【 0 1 0 1 】

位置情報を取得できた場合 (S 1 1 0 1 / Y e s)、追越し対象車両の走行許可区間が最小値に設定されているかどうかを確認する (S 1 1 0 2)。走行許可区間の最小値の与え方については後述する。

【 0 1 0 2 】

追越し対象車両の走行許可区間が最小値に設定されている場合 (S 1 1 0 2 / Y e s) は、追越し経路生成処理 (S 1 2 0 0) へ進む。

【 0 1 0 3 】

追越し対象車両の走行許可区間が最小値に設定されていない場合 (S 1 1 0 2 / N o)、追越し対象車両の走行許可区間の長さを最小にするように設定し、当該追越し対象車両に対して新たな走行許可区間の範囲を送信する (S 1 1 0 3)。

【 0 1 0 4 】

ここで、図 1 1 を参照し、走行許可区間の最小値の与え方について説明する。図 1 1 は走行許可区間の最小値の与え方を示す図であって、(a) はリンクの長さを考慮しない場合の走行許可区間の最小値、(b) は、前後にマージンを設けた場合の一例、(c) は前後にマージンを設けた場合の他例を示す。

【 0 1 0 5 】

図 1 1 の (a) に示すように、はリンクの長さを考慮しない場合、ダンプ 2 0 の現在位置 1 1 0 (本実施例では、ダンプ前方先端を車両の現在位置とする) から、安全を考慮して他の車両に接近しないようにする距離を前方と後方に考え、それぞれ前方マージン距離 1 1 1 と後方マージン距離 1 1 2 とする。リンクを考慮しない場合、前方マージン距離 1 1 1 の端部から後方マージン距離 1 1 2 の端部までの間をダンプ 2 0 に対する走行許可区間 8 1 とすれば、ダンプ 2 0 が停止している限りにおいては安全を確保できる。

【 0 1 0 6 】

これを踏まえて、図 1 1 の (b) は、前方マージン距離 1 1 1 と後方マージン距離 1 1 2 がどちらも、隣接する二つのノードの範囲内に収まる位置に、ダンプ 2 0 の現在位置がある場合の図である。すなわち、ダンプ 2 0 の現在位置 1 1 0 と 1 つ前方のノードまでの距離 1 1 3 が、前方マージン距離 1 1 1 よりも長く、同様にダンプ 2 0 の現在位置 1 1 0 と 1 つ後方のノードまでの距離 1 1 4 が後方マージン距離 1 1 2 よりも長い場合である。走行許可区間はリンク単位で与えられるため、このように各マージンがノードを超えなければ、ダンプの前後で最も近いノード間のリンクを走行許可区間 8 1 として設定するのが最小となる。

【 0 1 0 7 】

なお、走行許可区間管理部 3 2 3 は、走行許可区間 8 1 を最小にする際、地図情報で設定されているノード位置やリンク長を変更するのではなく、追越し対象車両の前方に位置する走行許可区間の未走行区間 (残存区間) に含まれるノード数やリンク数を減らすことで走行許可区間長を短くする。この場合、地図情報において、予めリンク長が最適化されていることで、リンク数を減らすと走行許可区間長も最適化される。最小化された結果、残存区間から減らされたリンクは、他のダンプに対して走行許可を付与できる区間となる

10

20

30

40

50

【 0 1 0 8 】

次に図 1 1 の (c) は、前方マージンはノードを越えないが、後方マージンはノードを超える場合の図である。すなわち、一つ後方のノードまでの距離 1 1 4 が後方マージン距離 1 1 2 よりも短い場合である。この時は、ダンプ 2 0 が位置するリンクのみを走行許可区間とすると、後方マージン内に他車両の走行許可区間が設定されてしまう可能性があるため、さらに後方のノードまでのリンクを走行許可区間として設定する必要がある。本図においては、現在位置から 2 つ後方のノードまでの距離 1 1 5 が後方マージン距離 1 1 2 よりも長くなるため、ここまでのリンクを走行許可区間として設定するのが最小となる。

【 0 1 0 9 】

次に、図 1 0 のステップ S 1 2 0 0 に示す追い越し経路生成処理の処理について図 1 2 を参照して説明する。図 1 2 は追い越し経路生成の概要を示す図であって、(a) は自車両 2 0 - 1 の前方に追い越し対象となる他車両 2 0 - 2 がいる状態を示し、(b) は追い越し経路の一例を示し、(c) は追い越し経路の他例を示す。

【 0 1 1 0 】

図 1 2 の (a) において、符号 8 1 - 1、8 1 - 2 は、それぞれダンプ 2 0 - 1、2 0 - 2 に対し設定されている走行許可区間である。

【 0 1 1 1 】

このような場面において、通常の走行許可区間の制御のみでは、ダンプ 2 0 - 1 はダンプ 2 0 - 2 のすぐ後方の区間 9 9 に到達すると、その前方の区間の走行許可が管制制御装置 3 1 から与えられないため、区間 9 9 にて減速・停止し、ダンプ 2 0 - 2 が走行するまでダンプ 2 0 - 1 は走行を再開することができない。この問題を回避するため、管制制御装置 3 1 の追い越し経路生成部 3 2 6 が、停止しているダンプ 2 0 - 2 を迂回してダンプ 2 0 - 1 が走行を継続できるよう、対向車線を利用して追い越し経路を生成する。

【 0 1 1 2 】

図 1 2 の (b)、(c) に示すように、追い越し経路は対向車線を利用して生成する。追い越し経路は、自車線から対向車線へ車線変更するための第一移行経路 1 0 5、第一移行経路 1 0 5 の前端部に連続し、対向車線上に設定された追い越し区間 1 0 0、対向車線上の区間 1 0 0、対向車線から自車線へ車線変更して戻る (復帰する) ための第二移行経路 1 0 6、の 3 つの部分からなる。

【 0 1 1 3 】

第一移行経路 1 0 5 及び第二移行経路 1 0 6 は、追い越し経路生成部 3 2 6 により暫定的に生成される経路である。その際、後述する方法により、他車両 2 0 - 2 に設定されている走行許可区間 8 1 - 2 を基準として、まず第一移行経路 1 0 5、第二移行経路 1 0 6 を生成するための始終点として、第一移行経路 1 0 5 の始点 1 0 1、終点 1 0 2、第二移行経路 1 0 6 の始点 1 0 3、終点 1 0 4 を選択し、管制地図情報記憶部 3 1 4 a の地図情報を参照してそれらの点の情報を基に、第一移行経路 1 0 5、第二移行経路 1 0 6 を生成する。

【 0 1 1 4 】

第一移行経路 1 0 5 の始点 1 0 1 は、自車両 2 0 - 1 の走行車線上にあるノードの内、他車両 2 0 - 2 に設定されている走行許可区間 8 1 - 2 よりも後ろ、かつ自車両 2 0 - 1 よりも前方のノードを用いて設定される。第一移行経路 1 0 5 の終点 1 0 2 は、対向車線上のノードの内、走行許可区間 8 1 - 2 の後方境界点 B P と同じ位置 (図 1 2 の (b) 参照) 又は後方境界点 B P よりも後方のノード (図 1 2 の (c) 参照) を用いて設定される。

【 0 1 1 5 】

第二移行経路 1 0 6 の始点 1 0 3 は、対向車線上のノードの内、走行許可区間 8 1 - 2 の前方境界点 F P と同じ位置 (図 1 2 の (b) 参照) 又は前方境界点 F P よりも前方のノード (図 1 2 の (c) 参照) を用いて設定される。第二移行経路 1 0 6 の終点 1 0 4 は、走行許可区間 8 1 - 2 よりも前方の走行車線上のノードを用いて設定される。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 6 】

図 10 に戻り、追越し経路生成処理 S 1 2 0 0 について説明する。追越し経路生成部 3 2 6 は、追越し対象車両検知部 3 2 4 が検知した他車両 2 0 - 2 に対して設定された走行許可区間 8 1 - 2 に基づき、対向車線上のどの区間を追越し経路として設定するかを決定する (S 1 2 0 1)。このとき、追越し対象車両の走行許可区間に並行する対向車線上の区間を、追越し車両が走行可能なように決定する。そのような区間を求める具体的な方法として、例えば、追越し対象車両の走行許可区間の各端点において、前後のノード情報等を用いて走行路の接線を求め、端点を起点としてそれぞれの接線に対する垂線を、対向車線に向かってそれぞれ引く。このとき、2つの端点から対向車線に向かって下ろした垂線と対向車線との交点の内側の領域が、追越し対象車両の走行許可区間に並行する対向車線上の領域となる。この領域を含む対向車線上の区間を、対向車線上の追越し区間 1 0 0 として決定する。

10

【 0 1 1 7 】

次に、ステップ S 1 2 0 1 で決定した対向車線上の追越し区間 1 0 0 の、対向車線における走行方向後方の端点を、第一移行経路 1 0 5 の終点 1 0 2 として選択し、同区間の対向車線における走行方向前方の端点を、第二移行経路 1 0 6 の始点 1 0 3 として選択する (S 1 2 0 2)。

【 0 1 1 8 】

そして追越し経路生成部 3 2 6 は、前ステップで求めた第一移行経路 1 0 5 の終点 1 0 2 を基準に自車線上のノードから第一移行経路 1 0 5 の始点 1 0 1 を暫定的に選択し、同様に第二移行経路 1 0 6 の始点 1 0 3 を基準に自車線上のノードから第二移行経路 1 0 6 の終点 1 0 4 を暫定的に選択する (S 1 2 0 3)。選択の方法として、第一移行経路 1 0 5 の始点 1 0 1 は、追越し対象車両の走行許可区間 8 1 - 2 よりも、自車線上の走行方向後方側、第二移行経路 1 0 6 の終点 1 0 3 は同走行許可区間 8 1 - 2 よりも、自車線上の走行方向前方で、順に選択していてもよい。

20

【 0 1 1 9 】

次に、前述のステップ S 1 2 0 2、S 1 2 0 3 で選択したノードを基準として、第一移行経路 1 0 5、第二移行経路 1 0 6 を生成する (S 1 2 0 4)。生成の方法としては、始終点を直線で接続してもよいし、複数のクロソイド曲線を用いて操舵量が連続的に変化するように経路を生成してもよい。またこのとき、それぞれの移行経路におけるダンプの走行速度も決定する。速度決定の方法として、たとえば各移行経路の前後のリンクの平均値として算出してもよい。

30

【 0 1 2 0 】

追越し経路生成部 3 2 6 は、第一移行経路 1 0 5、及び第二移行経路 1 0 6 を生成したら、移行経路の曲率が走行速度に対して許容値以下であるかを判定する (S 1 2 0 5)。ダンプが操舵しながら走行する際には、向心加速度 (横 G) がかかり、それが大きい場合ダンプが転倒する恐れがある。よって、ダンプの走行速度に対して許容できる向心加速度、すなわち曲率と速度の関係には制約が設けられている。この制約に基づき、生成した移行経路の走行速度と曲率による判定を行う。曲率は、移行経路を直線で生成した場合には自車線と移行経路のなす角度、および対向車線と移行経路のなす角度から算出してもよいし、移行経路をクロソイド曲線で生成した場合には計算の過程で出てきた値を用いてもよい。この判定は第一移行経路 1 0 5 お及び第二移行経路 1 0 6 のそれぞれに対して行い、曲率が許容値以下であれば処理を終了し (S 1 2 0 5 / Y e s)、許容値以下でないものがあれば、それについて S 1 2 0 3 に戻って自車線上のノードを再度選択する (S 1 2 0 5 / N o)。

40

【 0 1 2 1 】

以上の手順により、追越し経路生成部 3 2 6 は第一移行経路 1 0 5、第二移行経路 1 0 6 を生成する。対向車線上で走行する区間として選択した区間 1 0 0 とこれら第一移行経路 1 0 5、第二移行経路 1 0 6 が、自車両 2 0 - 1 が走行する追越し経路となる。

【 0 1 2 2 】

50

次に、図13と図14を参照して、生成した追越し経路に対して走行許可区間を設定する方法を説明する。図13は追越し経路に対する走行許可区間設定方法の概要を示す図であって、(a)は追越し経路を示し、(b)はそれに設定された走行許可区間を示す。図14は追越し車両に対する走行許可区間設定のフローチャートである。

【0123】

まず、追越し経路に対する走行許可区間設定方法の概要について図13を用いて説明する。図13の(a)に示すように、自車両20-1に追越しを実施させる際には、追越し経路上に走行許可区間107を設定する。すなわち、走行車線上の自車両がいる領域と、対向車線に移る第一移行経路105、対向車線上の追越し区間100、自車線に戻る第二移行経路106、追越し後に進入する自車線上の区間109を走行許可区間107とする。

10

【0124】

図13の(b)で示す区間108-1, 108-2, 108-3, 108-4(以降、これらを区別する必要の無いときは、まとめて区間108と呼ぶ)は、自車両20-1に対して走行許可区間107を設定する時に、自車両20-1と他のダンプとの衝突を防止するために、他車両に対して進入禁止とする区間である。区間108の設定方法としては、他車両が進入した場合に追越し車両との衝突が発生する可能性のある区間を選択する。例えば、第一移行経路105、第二移行経路106において、各移行経路に沿って、安全余裕をとった車幅方向の距離を垂直方向に展開した面と、同様に自車線及び対向車線上の各リンクの区間に沿って、安全余裕をとった車幅方向の距離を垂直方向に展開した面との間に、重なり合う領域が発生するならば、そのような走行車線(自車線)及び対向車線上の領域は、自車両20-1が追越し中に他車両が進入した場合に衝突が発生する可能性のある区間であるため、進入禁止区間として選択する。

20

【0125】

また、図13の(b)では区間108-1, 108-3も進入禁止区間として選択しているが、これらの区間は他車両20-2や、対向車線上の車両が走行路の走行方向と反対向きに走行しない限りは、他車両が進入しない区間であるため、必ずしも進入禁止区間として選択しなくてもよい。

【0126】

進入禁止区間108は、走行許可区間管理部323にて管理する。データとしては、進入禁止区間として管理してもよいし、自車両20-1に対する走行許可区間として設定するが、実際には自車両20-1には区間情報を送信しないようにしてもよい。このようにして、他の車両に対して走行許可することを防止する。

30

【0127】

また、自車両20-1に対して追越し経路を走行許可する際には、上記で説明した走行許可区間107、進入禁止区間108を全て同時に設定する。これは、途中までの区間を順次設定していく方法だと、追越し実施中に対向車線上を対向車両が走行してきた場合、走行許可区間に基づく制御で互いに向かい合わせに停止するが、それ以上はどちらも前方に進めなくなってデッドロックしてしまうので、これを防止するためである。

【0128】

40

以上を踏まえ、図14を参照して管制制御装置31の走行許可区間管理部323における、追越し経路の走行許可の動作を説明する。図14の走行許可区間設定処理を開始するに当たり、図10のステップS905において自車両20-1(図13参照)が区間要求メッセージを送信し、管制制御装置31がそれを受信しているものとする。

【0129】

走行許可区間管理部323は区間要求メッセージに応答して、走行許可付与長さに基づいて、該ダンプ(自車両20-1)に対して設定すべき区間を確認し、その中に対向車線への第一移行経路105の接点となるノードが含まれるかを判定する(S1401)。

【0130】

移行経路の接点を含んでいない場合(S1401/No)、通常の走行許可区間の設定

50

方法に従い、ダンプに対し、走行許可付与長さまでの区間を走行許可区間として設定、送信する（S 1 4 0 2）。

【 0 1 3 1 】

移行経路の接点を含んでいる場合（S 1 4 0 1 / Y e s）、追越し経路および進入禁止区間が他車両に対して走行許可されているかを判定する（S 1 4 0 3）。他車両に対して走行許可されている場合（S 1 4 0 3 / Y e s）、該ダンプに対して追越し経路を走行許可することはできないため、S 1 4 0 1に戻る。いずれの他車両に対しても走行許可されていない場合、該ダンプに対し、追越し経路を走行許可区間として設定し、送信する（S 1 4 0 4）。さらに、進入禁止領域を設定する（S 1 4 0 5）。

【 0 1 3 2 】

また、図 1 4 のフローチャートでは図示していないが、走行許可区間管理部 3 2 3 は、追越し車両に対して追越し経路を走行許可するタイミングを、対向車線を走行する対向車両が追越し経路、および進入禁止区間を通過した直後に許可するように調整してもよい。これは例えば、ステップ S 1 4 0 3 において、追越し経路および進入禁止区間が他車両に対して走行許可されていなかった場合でも、即座に追越し車両に走行許可してしまうと、対向車線上を走行してくる対向車両の待機が発生すると予測された場合に、該対向車両が追越し経路および進入禁止区間を通過終了するまで、追越し車両に対して追越し経路を許可しない等の処理を含めてもよい。これによって、追越しによる対向車両の走行への影響を小さくすることができる。

【 0 1 3 3 】

以上が、走行許可区間管理部 3 2 3 が追越し経路を走行許可する動作の流れである。本実施形態では図示しないが、追越し車両（自車両）が追越しを完了して走行車線に戻ったあとは、追越し経路終端（図 1 3 における区間 1 0 9 の終端）を通過し、走行許可区間解除距離以上はなれた場合に、通常の走行許可区間解除方法に従い、追越し経路を解除する。その際、追越し経路の走行許可および進入禁止区間の設定を解除する。

【 0 1 3 4 】

また、追越し経路の走行許可区間が解除されても追越し経路そのものが削除されるわけではなく、続けて別の車両が追越しを行う場合は再度同様の走行許可・解除を実施する。

【 0 1 3 5 】

しかし、追越し対象車両が走行を再開して位置を移動したために、既に生成されている追越し経路では追越しができなくなった場合には、当該追越し経路を削除する必要がある。そこで追越し対象車両が走行を再開したときに、追越し経路を削除してから新たな走行許可区間を設定する動作について、図 1 5 を参照して説明する。図 1 5 は、追越し経路の削除を伴う新たな走行許可区間の処理の流れを示すフローチャートである。

【 0 1 3 6 】

図 1 5 の処理を開始するに当たり、管制制御装置 3 1 は、図 9 のステップ S 9 0 4 において追越し対象車両から区間要求メッセージを受信しているものとする。

【 0 1 3 7 】

走行許可区間管理部 3 2 3 は区間要求メッセージに応答して、走行許可付与長さに基づいて追越し対象車両に対して設定すべき区間が、追越し経路に付随する進入禁止区間を含んでいるかを判定する（S 1 5 0 1）。進入禁止区間を含んでいない場合（S 1 5 0 1 / N o）、通常の走行許可区間の設定方法に従い、該車両に対して走行許可区間を設定する（S 1 5 0 3）。

【 0 1 3 8 】

進入禁止区間を含んでいる場合（S 1 5 0 1 / Y e s）、それに関係する追越し経路の第一移行経路 1 0 5、第二移行経路 1 0 6 を削除すると共に、該車両を追越し対象車両の設定から外す（S 1 5 0 2）。その上で、当該車両に対し、設定すべき走行許可区間を設定する（S 1 5 0 3）。

【 0 1 3 9 】

本実施形態によれば、走行許可区間の設定要求及び応答時の無線通信があれば、追い越

10

20

30

40

50

し中に自車両及び他車両の位置を頻繁に通信することなく追い越しが可能となるので、無
 追い越し時の無線通信量の増加を抑制することができる。また、追い越し経路の生成に際
 し、追い越し対象となる他車両に設定された走行許可区間を短くすることでより早く走行
 車線に復帰することができ、対向車線を走行する車両の走行時間間隔に与える影響を小さ
 くして追越しをさせることが可能となる。

【0140】

このとき、リンク長が車体長や制限速度に応じて設定されているので、リンク数を減ら
 せば走行許可区間長も適切な長さに短くすることができる。また、リンク長を減らす際
 には他車両と自車両との安全マージン距離を確保することで、走行許可区間長を減らすこ
 による干渉を避けることができる。

10

【0141】

また、追い越し経路に含まれる第一移行区間及び第二移行区間の曲率は、走行中の自車
 両に加わる横加速度が横転を抑制するために設けられた基準横加速度以下とすることで、
 追い越し時に操舵量が過大となって生じる横転事故を回避することができる。

【0142】

また、停車車両は走行許可区間の設定時間に基づいて検知することで、閉塞制御に必要
 な走行許可区間情報を利用して停車車両を検知することができる。その結果、停車車両か
 らの無線が途絶していても、停車車両の検知が行える。

【0143】

上記した実施形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明の範囲を上記実施形
 態に限定する趣旨ではない。当業者は、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、他の様々な態
 様で本発明を実施することができる。

20

【0144】

例えば、本実施形態では追越し対象車両検知部324が走行許可区間の継続時間を基に
 追い越し車両を検知したが、追い越し車両の検知処理は上記に限らず、例えばユーザが管
 制制御装置31の入力装置から追い越し対象車両を指定する操作を入力してもよい。

【0145】

また、図9では説明の便宜上、追い越し経路生成処理(S900)に続いてS901以
 下の自律走行ダンプの管制制御処理を記載しているが、管制制御装置31の主電源が投入
 されると、追い越し経路生成処理(S900)と自律走行ダンプの管制制御処理とを並列
 処理で実行してもよい。

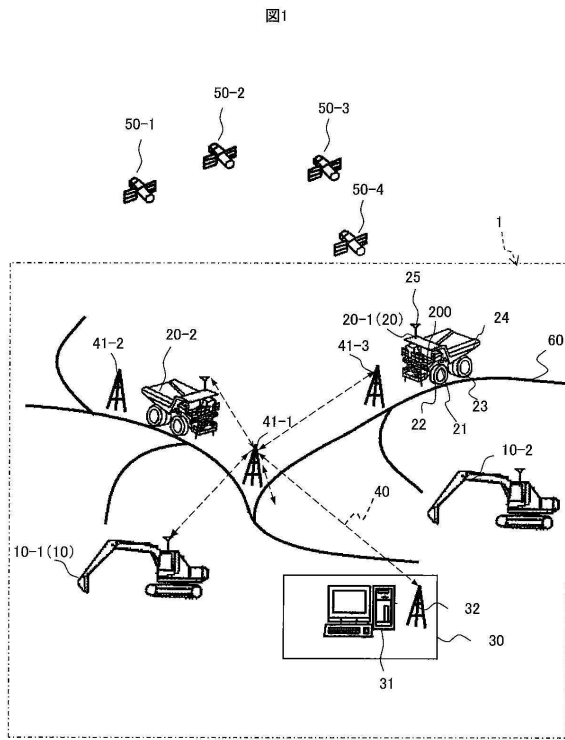
30

【符号の説明】

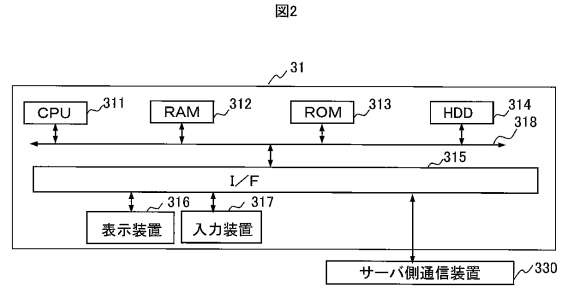
【0146】

- 1：自律走行システム
- 20、20-1、20-2：自律走行ダンプ
- 31：管制サーバ(管制制御装置)

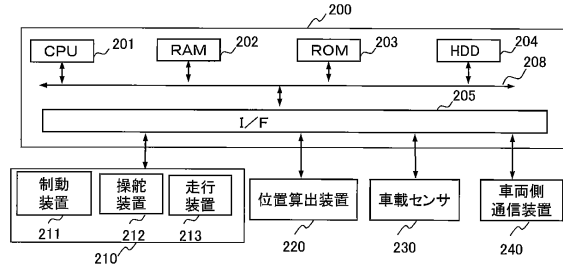
【図1】



【図2】

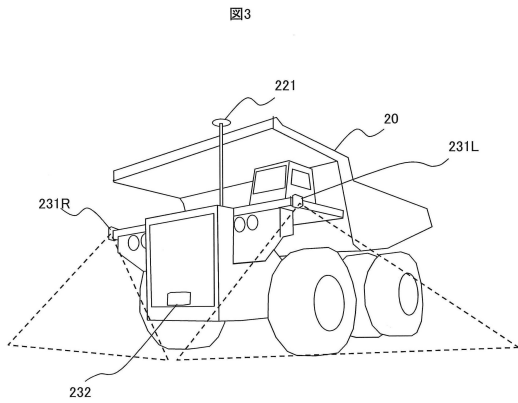


(a)

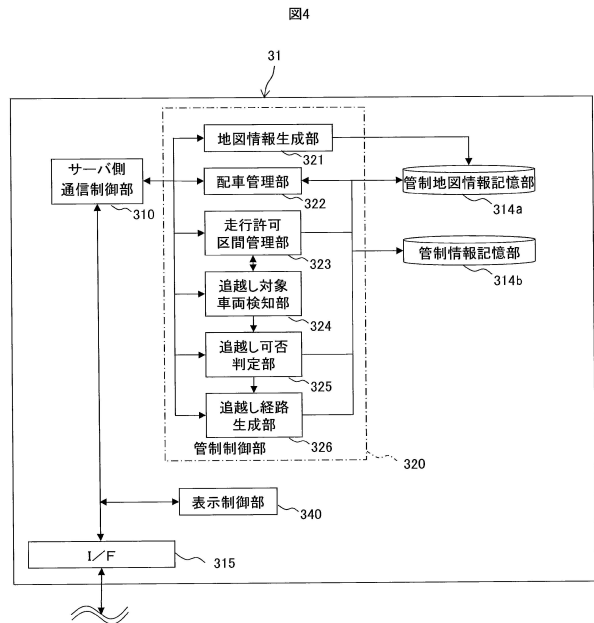


(b)

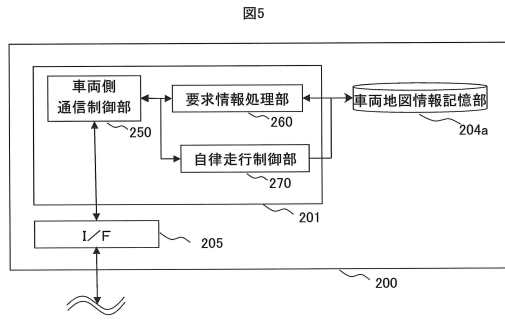
【図3】



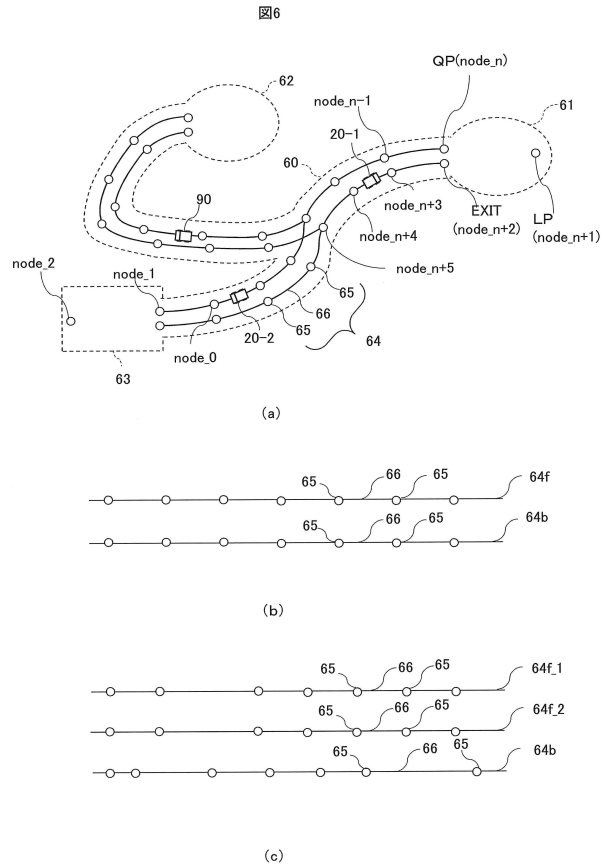
【図4】



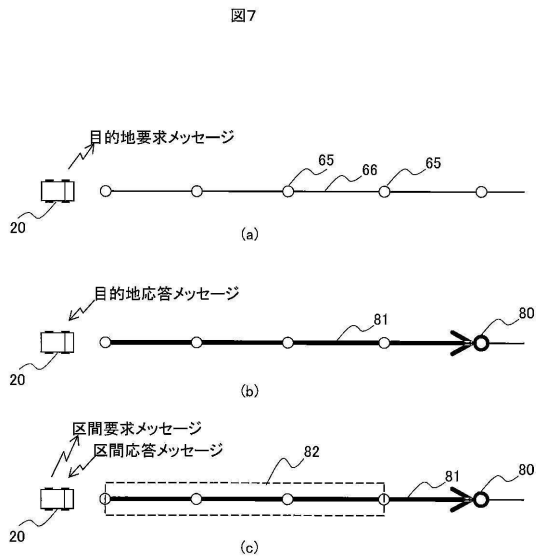
【図5】



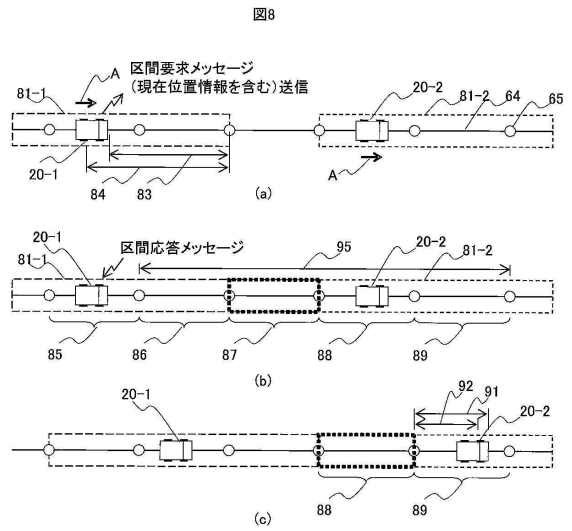
【図6】



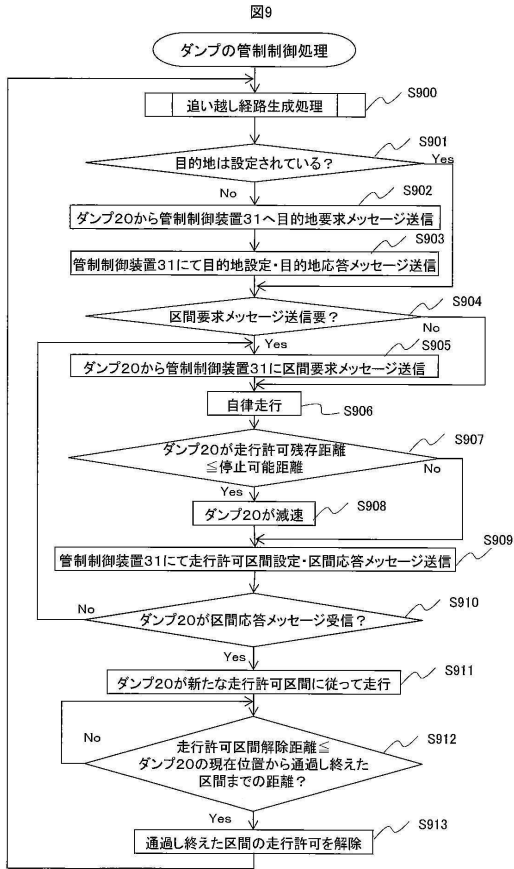
【図7】



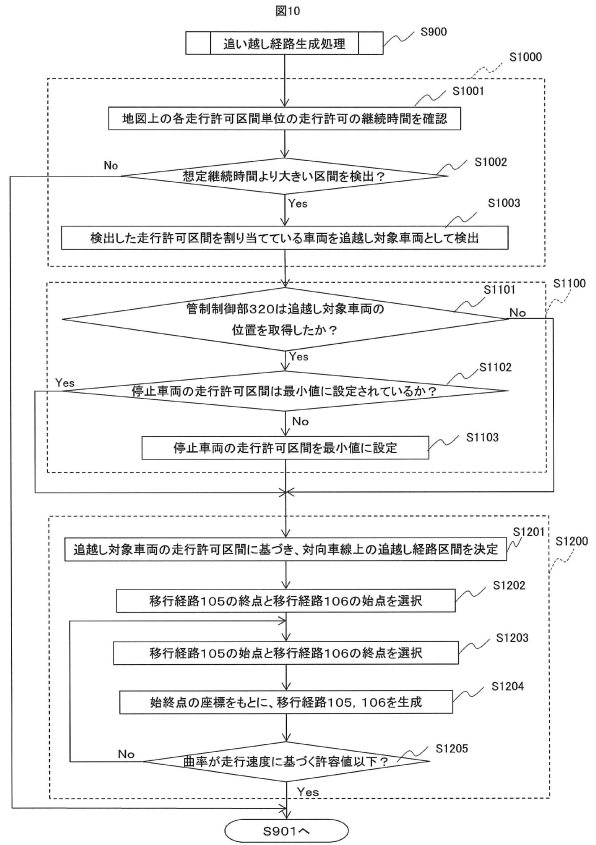
【図8】



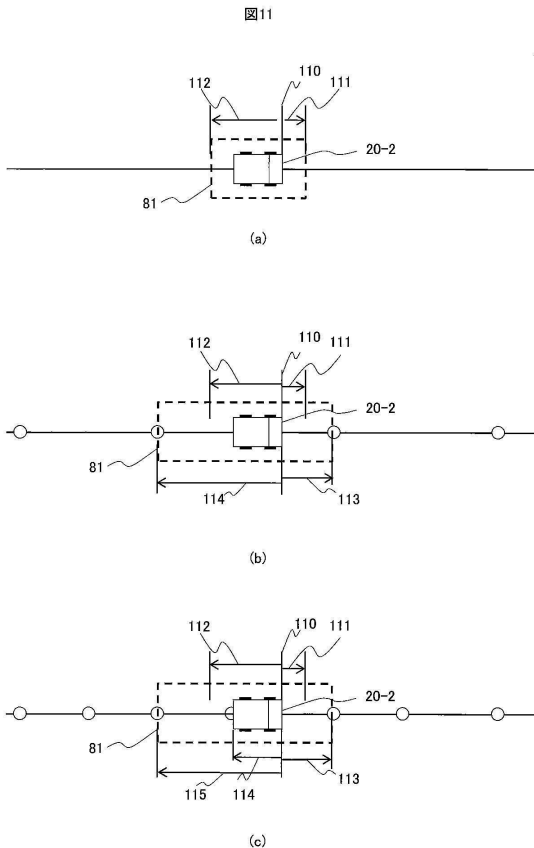
【図9】



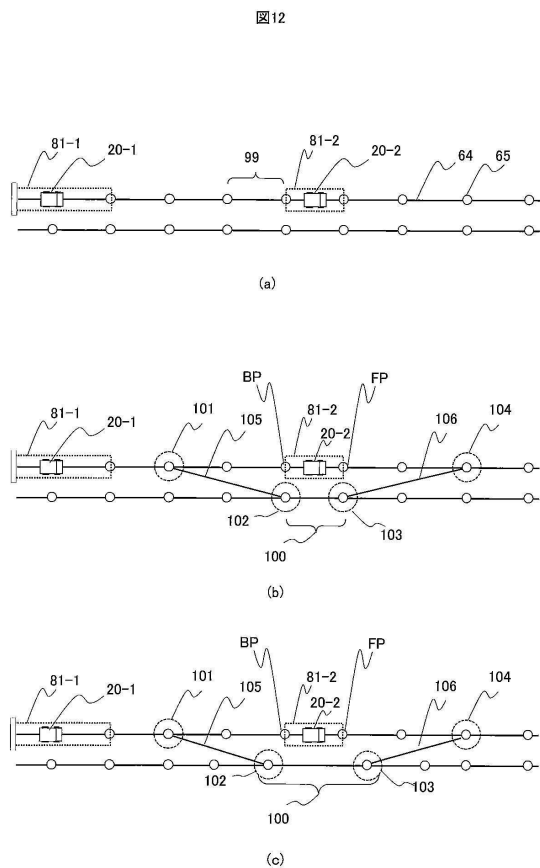
【図10】



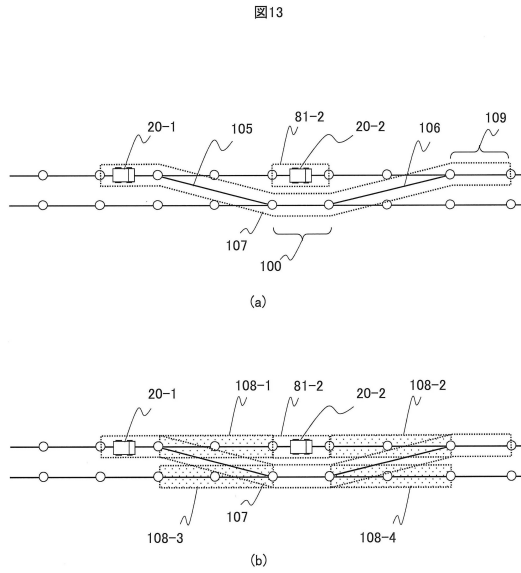
【図11】



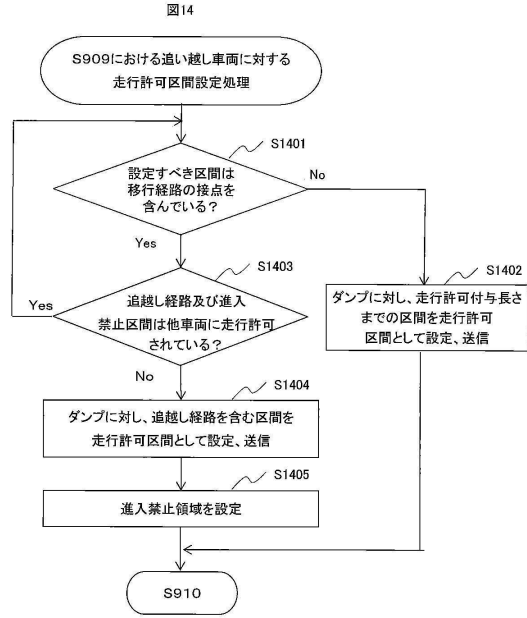
【図12】



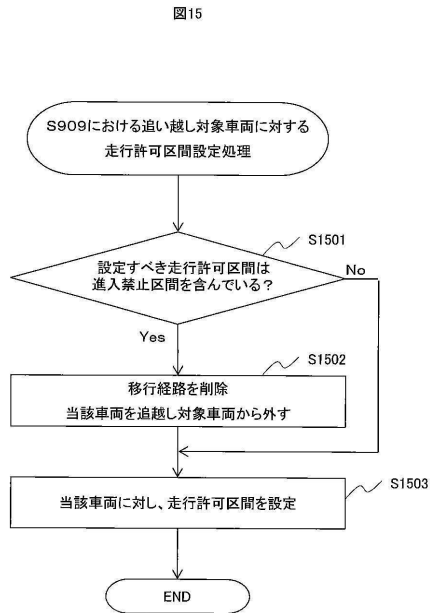
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

- (72)発明者 中 拓久哉
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 荒井 雅嗣
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

審査官 田村 耕作

- (56)参考文献 特開2001-109519(JP,A)
特開2007-164280(JP,A)
国際公開第1998/037468(WO,A1)
特開2008-026960(JP,A)
特開2015-230547(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------|
| G05D | 1/02 |
| G08G | 1/00 |