

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-89449

(P2019-89449A)

(43) 公開日 令和1年6月13日(2019.6.13)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 6 1 L 27/00 (2006.01)	B 6 1 L 27/00	K 5 H 1 2 5
B 6 0 L 15/40 (2006.01)	B 6 0 L 15/40	B 5 H 1 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-219385 (P2017-219385)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成29年11月14日(2017.11.14)	(71) 出願人	598076591 東芝インフラシステムズ株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
		(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	外崎 幸徳 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	田嶋 真大 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内

最終頁に続く

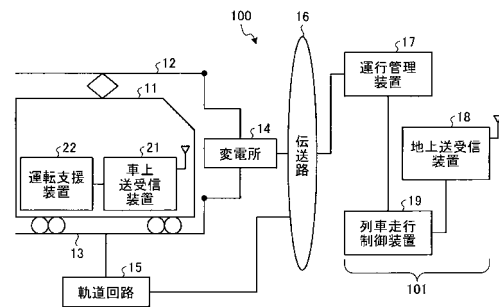
(54) 【発明の名称】 列車走行制御装置、方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】リアルタイムに運転曲線を作成せずに、定時性確保と省エネの両立を実現する。

【解決手段】実施形態の列車走行制御装置の運転曲線作成部は、予め運転曲線データベースに格納された所定の駅間の基準運転曲線データに基づいて列車の計画運転曲線を作成し、速度変更設定部は、計画運転曲線に基づいて、制御対象列車が当該制御対象列車に先行して運行される先行列車の走行状態に起因して当該制御対象列車が現在駅から次の停車駅に至る駅間で停車する虞が生じた場合に、駅間での停車を回避するために制御対象列車の速度を、計画運転曲線で設定される速度より低速側に設定する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

予め所定の駅間の基準運転曲線データを格納した運転曲線データベースと、前記基準運転曲線データに基づいて列車の計画運転曲線を作成する運転曲線作成部と、前記計画運転曲線に基づいて、制御対象列車が当該制御対象列車に先行して運行される先行列車の走行状態に起因して当該制御対象列車が現在駅から次の停車駅に至る駅間で停車する虞が生じた場合に、前記駅間での停車を回避するために前記制御対象列車の速度を、前記計画運転曲線で設定される速度より低速側に設定する速度変更設定部と、を備えた列車走行制御装置。

【請求項 2】

前記駅間で停車する虞が生じた場合とは、前記運転曲線データベースを参照して得られた前記制御対象列車の計画運転曲線及び前記先行列車の計画運転曲線が、前記停車駅あるいは前記駅間で交差することとなる場合である、請求項 1 に記載の列車走行制御装置。

【請求項 3】

前記速度変更設定部は、前記制御対象列車の運転曲線、前記制御対象列車の現在速度、現在位置、前記先行列車との相対速度および相対位置に基づいて前記制御対象列車の速度を設定する、請求項 1 又は請求項 2 に記載の列車走行制御装置。

【請求項 4】

前記制御対象列車及び前記先行列車は、それぞれ自列車の速度及び位置を計測する測位装置を備え、前記速度変更設定部は、前記測位装置から列車の速度及び位置を取得し、前記先行列車との相対速度および相対位置を算出して前記制御対象列車の速度を設定する、請求項 3 に記載の列車走行制御装置。

【請求項 5】

前記速度変更設定部は、前記制御対象列車の速度を設定するに際し、前記制御対象列車と前記先行列車との距離が前記制御対象列車の制動距離よりも長くなるように設定する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の列車走行制御装置。

【請求項 6】

列車と伝送路を介して通信可能に接続され、前記列車の走行制御を行う列車走行制御装置で実行される方法であって、所定の駅間の基準運転曲線データに基づいて列車の計画運転曲線を作成する過程と、前記計画運転曲線に基づいて、制御対象列車が当該制御対象列車に先行して運行される先行列車の走行状態に起因して当該制御対象列車が現在駅から次の停車駅に至る駅間で停車する虞が生じた場合に、前記駅間での停車を回避するために前記制御対象列車の速度を、前記計画運転曲線で設定される速度より低速側に設定する過程と、を備えた方法。

【請求項 7】

列車と伝送路を介して通信可能に接続され、前記列車の走行制御を行う列車走行制御装置をコンピュータにより制御するためのプログラムであって、前記コンピュータを、予め所定の駅間の基準運転曲線データを格納した運転曲線データ記憶手段と、前記基準運転曲線データに基づいて列車の計画運転曲線を作成する運転曲線作成手段と、前記計画運転曲線に基づいて、制御対象列車が当該制御対象列車に先行して運行される先行列車の走行状態に起因して当該制御対象列車が現在駅から次の停車駅に至る駅間で停車する虞が生じた場合に、前記駅間での停車を回避するために前記制御対象列車の速度を、前記計画運転曲線で設定される速度より低速側に設定する速度変更設定手段と、して機能させるプログラム。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、列車走行制御装置、方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道は計画されたダイヤに従って、乗客を運ぶ定時性の高い公共交通機関である。従って、従来は如何に定時性を確保しながら運行するかが重要な課題であった。

しかし、近年の電力不足からエネルギー効率のよい鉄道に対しても更なる省エネルギー（以下、単に省エネという。）が求められている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第4471739号公報

【特許文献2】特許第5476070号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、列車の運行において遅れが発生した場合、その遅延した時間を回復させて定時性を確保するために列車の走行時間を計画ダイヤの走行時間よりも短くすることがある。このような場合に、先行列車も遅延を起こしている場合には、先行列車の走行状態に影響を受ける信号により、駅間で停止を余儀なくされる虞があった。

20

【0005】

駅間で停止してしまった場合には、再度加速する必要性が生じ、加速のためにエネルギーが消費され、エネルギー消費効率が悪化することとなっていた。

【0006】

一方、駅間で停止をして無駄にエネルギーを消費することを回避するため、予めゆっくり走行することも考えられるが、当該列車が遅延している場合には遅延を回復することができないとともに、当該列車の後続列車の遅延を大きくする原因ともなり得ていた。

【0007】

このような状況において駅間停止を防止するためにリアルタイムで運転曲線を作成する技術が提案されている。

30

【0008】

しかしながら、リアルタイムで運転曲線を作成する場合、例えば、運転曲線の作成に1秒かかるとすると、現在時刻での速度が108km/hであれば、1秒間でおおよそ30mも進んでしまうため、誤差が生じ、所望の制御が行えない虞があった。

【0009】

そこで本発明は、リアルタイムに運転曲線を作成することなく、定時性確保と省エネの両立を実現することが可能な列車走行制御装置、方法及びプログラムを提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

実施形態の列車走行制御装置の運転曲線作成部は、予め運転曲線データベースに格納された所定の駅間の基準運転曲線データに基づいて列車の計画運転曲線を作成する。

これにより、速度変更設定部は、計画運転曲線に基づいて、制御対象列車が当該制御対象列車に先行して運行される先行列車の走行状態に起因して当該制御対象列車が現在駅から次の停車駅に至る駅間で停車する虞が生じた場合に、駅間での停車を回避するために制御対象列車の速度を、計画運転曲線で設定される速度より低速側に設定する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

50

【図 1】図 1 は、列車運行システムの概要構成ブロック図である。

【図 2】図 2 は、列車駅間走行制御装置を含む列車運行システムの詳細構成ブロック図である。

【図 3】図 3 は、列車走行制御装置の機能構成図である。

【図 4】図 4 は、時刻運転曲線データの一例の説明図である。

【図 5】図 5 は、運転曲線データベース（DB）の具体例の説明図である。

【図 6】図 6 は、実施形態の列車駅間走行制御装置の処理フローチャートである。

【図 7】図 7 は、速度変更情報の算出処理の処理フローチャートである。

【図 8】図 8 は、時刻運転曲線追従モードの処理フローチャートである。

【図 9】図 9 は、駅間停止回避モードの処理フローチャートである。

10

【図 10】図 10 は、運転支援情報画面の一例の説明図である。

【図 11】図 11 は、位置計測ができなかった場合のデータ取得例の説明図である。

【図 12】図 12 は、速度計測ができなかった場合のデータ取得例の説明図である。

【図 13】図 13 は、位置計測及び速度計測ができなかった場合のデータ取得例の説明図である。

【図 14】図 14 は、従来 of 走行状態の説明図である。

【図 15】図 15 は、実施形態の走行状態の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

次に図面を参照して実施形態について説明する。

20

[1] 第 1 実施形態

図 1 は、列車運行システムの概要構成ブロック図である。

列車運行システム 100 は、列車 11 と、列車 11 の進行方向において先行する先行列車 11P と、複数の軌道回路 15 と、複数の軌道回路 15 と伝送路 16 を介して接続される運行管理システム 101 と、を備えている。

【0013】

図 2 は、実施形態の列車駅間走行制御装置を含む列車運行システムの詳細構成ブロック図である。

図 2 において、図 1 と同様の部分には同一の符号を付すものとする。

【0014】

30

列車運行システム 100 は、大別すると、列車 11（及び先行列車 11P）に対して架線 12 及び線路 13 を介して電力を供給する変電所 14 と、列車 11 の運行状態を監視するための軌道回路 15 と、伝送路 16 を介して変電所 14 及び軌道回路 15 と通信可能に接続され、列車 11 の運行管理を行う運行管理装置 17 と、運行管理装置 17 の制御下で地上送受信装置 18 を介して列車 11 に搭載された後述の運転支援装置 22 を用いて駅間における列車の走行制御を行う列車走行制御装置 19 と、を備えている。

【0015】

この場合において、運行管理装置 17 及び列車走行制御装置 19 は、運行指令所に設置されており、運行管理装置 17、地上送受信装置 18 及び列車走行制御装置 19 は、運行管理システム 101 を構成している。

40

【0016】

列車 11 は、地上送受信装置 18 との間で通信を行う車上送受信装置 21 と、運転士に対する運転支援を行う運転支援装置 22 と、を備えている。そして、列車 11 の車上送受信装置 21 は、停車駅の出発時刻や到着時刻、駅間の走行実績等を地上の運行管理装置 17 に送信し、地上の列車走行制御装置 19 から出発時刻や運転支援装置 22 に表示する運転支援情報等を受信する。

【0017】

変電所 14 は、列車の走行や地上にある保安設備、駅の設備などに供給する電力を管理している。また、変電所 14 の電力管理情報は、伝送路 16 を介して、運転指令所に設置された列車走行制御装置 19 において取得可能となっている。

50

【 0 0 1 8 】

軌道回路 1 5 は、列車の在線状況を確認するためのものである。軌道回路 1 5 によれば、同一の閉塞区間に複数の列車 1 1 が存在できないように制御を行うことができ、列車 1 1 の衝突防止などの保安を担保することができる。

【 0 0 1 9 】

伝送路 1 6 は、いわゆる通信ネットワークとして構成されており、列車 1 1 の運行状況や変電所の使用電力の状況を運行管理装置 1 7 に通知するための通信線路を構成している。

運行管理装置 1 7 は、上述した軌道回路 1 5 からの情報などを用いて、列車 1 1 の在線状況を管理する。

10

【 0 0 2 0 】

地上送受信装置 1 8 は、列車走行制御装置 1 9 が作成した当該列車の速度変更情報を車上送受信装置 2 1 に送信する。また、地上送受信装置 1 8 は、車上送受信装置 2 1 から速度変更情報を受信する。

【 0 0 2 1 】

列車走行制御装置 1 9 は、当該列車 1 1 の運行状態に応じて、運転支援装置 2 2 を介して駅間における列車の走行制御を行う。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、列車走行制御装置の機能構成図である。

列車走行制御装置 1 9 は、大別すると、相対速度・相対距離算出部 3 1 と、時刻運転曲線作成部 3 2 と、速度変更算出部 3 3 と、運行実績データベース (DB) 3 4 と、計画ダイヤデータベース (DB) 3 5 と、車両・路線情報データベース (DB) 3 6 と、運転曲線データベース (DB) 3 7 と、を備えている。

20

【 0 0 2 3 】

相対速度・相対距離算出部 3 1 は、走行中の列車 1 1 に対して、現在走行している駅間の現在時刻での速度および位置と、当該列車 1 1 の先行列車 1 1 P の現在時刻での速度および位置から相対速度および相対距離を算出する。

【 0 0 2 4 】

時刻運転曲線作成部 3 2 は、計画ダイヤデータベース 3 5 に格納されている当該列車の列番と、現在停車している、あるいは、直前に停車していた駅を特定するための駅特定情報 (駅 ID) から計画ダイヤ上の出発する時刻と計画ダイヤ上の次停車駅に到着する時刻を参照して、当該駅間の走行時間を算出する。続いて時刻運転曲線作成部 3 2 は、算出した当該駅間の走行時間に基づいて運転曲線データベース 3 7 から現在駅の駅特定情報 (駅 ID)、次到着駅の駅特定情報 (駅 ID) および前出走行時間と同じ走行時間の基準運転曲線データを検索する。そして時刻運転曲線作成部 3 2 は、計画ダイヤデータベース 3 5 に記録されている現在停車している、あるいは、直前に停車していた駅の出発時刻に各経過時刻を加算することで当該列車 1 1 の計画ダイヤの時刻に対する速度、位置等の情報を持つ時刻運転曲線データを作成する。

30

【 0 0 2 5 】

図 4 は、時刻運転曲線データの一例の説明図である。

時刻運転曲線データは、図 4 に示すように、当該列車 1 1 が直前に停止した駅 (出発駅) からダイヤ上出発する予定の時刻 (図 4 の例の場合、8 時 0 0 分 0 0 秒 [8 : 0 0 : 0 0]) に対応させて、当該時刻における速度を格納した速度データ、当該時刻における出発駅からの距離を表す位置データ、各走行位置における瞬時消費電力を表す現在電力データ及び各走行位置に至るまでの累計消費電力量を表す累計電力量データを備えている。

40

【 0 0 2 6 】

図 5 は、運転曲線データベース (DB) の具体例の説明図である。

ところで、時刻運転曲線データは、各列番での駅間毎に作成するが、それぞれ個別にデータを持つと膨大な量になる。そこで時刻運転曲線データを作成するために必要な最低限のデータが図 5 のデータである。図 5 のデータは駅を出発してからの経過時間で記載して

50

あるため、出発時刻がわかれば、その時刻を各時間列に加算することで図 4 に示した時刻運転曲線データを作成することができる。そのため、ある 1 つの駅間に着目すれば、走行時間が異なる基準運転曲線データのみ運転曲線 DB に記録すればよい。

【 0 0 2 7 】

運転曲線データベース (DB) 37 は、時刻運転曲線作成部 32 が作成した運転曲線及びダイヤ上の走行時間で予め計算されている運転曲線が記録されているデータベースである。

【 0 0 2 8 】

ここで、運転曲線データベース (DB) 37 の具体例について説明する。

運転曲線データベース (DB) 37 は、出発駅を特定するための出発駅 ID 及び到着駅を特定するための到着駅 ID で特定される特定の駅間について、走行開始後の経過時間を表す時間データ、時間データに対応する車両の速度を表す速度データ、出発駅を基準とする位置 (走行位置) を表す位置データ、各走行位置における瞬時消費電力を表す現在電力データ及び各走行位置に至るまでの累計消費電力量を表す累計電力量データを備えている。

なお、現在電力データに関しては、乗車率を考慮して算出され、乗車率は、例えば、車体と台車との間に設けられたロードセンサの出力に基づいて算出される。

【 0 0 2 9 】

また、速度変更算出部 33 は、相対速度・相対距離算出部 31 で算出した相対速度及び相対距離並びに時刻運転曲線作成部 32 で算出した時刻運転曲線データを用いて、当該列車 11 が走行中の駅間でのダイヤで設定されている計画上の走行位置、現在の位置、速度及び先行列車との相対速度、相対位置に基づいて現在時刻以降の速度変更のための情報を算出する。

【 0 0 3 0 】

運行実績データベース (DB) 34 は、列車運行の実績値を記録するデータベースである。具体的には、運行実績データベース 34 には、所定の時間毎の時刻に対する速度、キロ程位置、瞬時電力、ノッチ番号等の組合せで表されるデータ群が記録されている。

計画ダイヤデータベース (DB) 35 は、列車毎に各駅の出発時刻、到着時刻等が記載されているデータベースである。

【 0 0 3 1 】

車両・路線情報データベース (DB) 36 は、各車両の速度に対する引張力、ブレーキ力および入力電流等のデータや当該路線のキロ程位置に対する勾配、制限速度、線路の曲率半径などの路線に関する情報が保存されているデータベースである。

【 0 0 3 2 】

次に実施形態の動作を説明する。

図 6 は、実施形態の列車駅間走行制御装置の処理フローチャートである。

図 6 に示される処理は、一定時間間隔 (例えば、10 秒毎) または閉塞境界を通過したタイミングなどのイベント発生時に制御対象の列車に対して処理が開始される。

【 0 0 3 3 】

まず、列車走行制御装置 19 は、制御対象の列車 11 の現在時刻における速度及び位置並びに制御対象の列車 11 の先行列車 11P の現在時刻における速度及び位置を検知する (ステップ S11)。具体的には、速度と位置を検知する方法としては GPS などを用いればよい。

【 0 0 3 4 】

次に列車走行制御装置 19 は、ステップ S11 で検知した列車 11 及び先行列車 11P の速度・位置を用いて相対速度と相対位置を算出する (ステップ S12)。

以下の説明においては、検知した当該列車 11 の現在時刻 t における速度および位置をそれぞれ $v(t)$ と $x(t)$ 、先行列車 11P の速度および位置をそれぞれ $v_{prev}(t)$ と $x_{prev}(t)$ とする。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

これにより、相対速度 $C V$ と相対距離 $C X$ は次のように定義される。

$$\text{相対速度 } C V = [v_{p r e v} (t) - v (t)]$$

$$\text{相対距離 } C X = [x_{p r e v} (t) - x (t)]$$

ここで先行列車 1 1 P と制御対象の列車 1 1 の位置関係は常に次式の関係が成り立っているものと仮定する。

$$x_{p r e v} (t) > x (t)$$

【 0 0 3 6 】

先行列車 1 1 P は、計画ダイヤデータベース 3 5 において、列車番号毎に各駅間で定義されているため、列車走行制御装置 1 9 は、次の時刻運転曲線データを作成する処理で同時に先行列車 1 1 P の検索をしている。

10

【 0 0 3 7 】

次に列車走行制御装置 1 9 は、制御対象の列車 1 1 が現在時刻において停車している駅を特定するための駅 I D 又は直前に停車していた駅の駅 I D と制御対象の列車 1 1 の列車番号情報に基づいて計画ダイヤデータベース 3 5 に格納されている基準運転曲線データの中から計画ダイヤの走行時間と出発駅 I D と到着駅 I D が一致する基準運転曲線データを検索し、計画ダイヤの出発時刻を経過時間に加え、時刻運転曲線データを算出する（ステップ S 1 3 ）。

【 0 0 3 8 】

ここで駅に当該列車 1 1 が停車している場合には出発時刻の推定値が必要となるが、出発時刻の推定方法としては、例えば、特願 2 0 1 4 - 5 0 1 8 3 号公報等に開示されている方法により推定を行えばよい。

20

【 0 0 3 9 】

次に列車走行制御装置 1 9 は、ステップ S 1 2 で算出した相対速度 $C V$ 及び相対距離 $C X$ 並びにステップ S 1 3 で算出した時刻運転曲線データに基づいて速度変更情報を算出する（ステップ S 1 4 ）。

【 0 0 4 0 】

ここで、速度変更情報の算出方法についてより具体的に説明する。

図 7 は、速度変更情報の算出処理の処理フローチャートである。

列車走行制御装置 1 9 は、まず相対距離 $C X$ が閾値距離 L よりも大きいかな否かを判別する（ステップ S 2 1 ）。

30

この場合において、閾値距離 L は、制御対象の列車 1 1 と先行列車 1 1 P との間の相対距離 $C X$ の許容される下限値を示している。すなわち、制御対象の列車 1 1 に対して閾値距離 L より先行列車 1 1 P が離れていれば、列車 1 1 は先行列車 1 1 P に起因する信号制御による制限速度の影響を受けずに走行することが可能な値とされる。

【 0 0 4 1 】

閾値距離 L の最も簡単な設定方法としては、列車 1 1 の次到着駅までの距離（残距離）を設定すれば良い。このように設定することにより、残距離（＝閾値距離 L ）よりも相対距離 $C X$ が大きい場合には、先行列車 1 1 P が次到着駅よりも離れていることを意味するため、先行列車 1 1 P に起因する制限速度を考慮しなくとも、時刻運転曲線データに基づいて走行すればよいからである。

40

【 0 0 4 2 】

ステップ S 2 1 の判別において、相対距離 $C X$ が閾値距離 L よりも大きい場合には（ステップ S 2 1 ; Y e s ）、列車走行制御装置 1 9 は、時刻運転曲線追従モードに移行し、時刻運転曲線データ並びに制御対象の列車 1 1 の現在時刻における速度及び位置に基づいて、次時刻での速度変更情報を算出する（ステップ S 2 2 ）。

【 0 0 4 3 】

ここで、時刻運転曲線追従モードにおける処理について説明する。

図 8 は、時刻運転曲線追従モードの処理フローチャートである。

以下の説明においては、時刻運転曲線データにおいて時刻 t における列車の速度 $v_{b a s e} (t)$ とし、時刻 t における列車の位置を $x_{b a s e} (t)$ とした場合に、制御対象

50

の列車 11 の時刻運転曲線データにしたがって走行する仮想的な列車との相対速度 $CV1$ 及び相対距離 $CX1$ は、次式により表される。

$$CV1 = v_{base}(t) - v(t)$$

$$CX1 = x_{base}(t) - x(t)$$

【0044】

ここで、相対距離 $CX1$ が正値である場合は、制御対象の列車 11 が現在時刻において時刻運転曲線データに対応する走行状態に対して遅延していることを表している。

まず、列車走行制御装置 19 は、相対距離 $CX1$ が正値である、すなわち、

$$CX1 = x_{base}(t) - x(t) > 0$$

であるか否かを判別する (ステップ S31)。

10

【0045】

ステップ S31 の判別において、相対距離 $CX1$ が正値である、すなわち、

$$CX1 = x_{base}(t) - x(t) > 0$$

である場合には (ステップ S31; Yes)、列車走行制御装置 19 は、相対速度 $CV1$ が正値である、すなわち、

$$CV1 = v_{base}(t) - v(t) > 0$$

であるか否かを判別する (ステップ S32)。

【0046】

ステップ S32 の判別において、相対速度 $CV1$ が正値である、すなわち、

$$CV1 = v_{base}(t) - v(t) > 0$$

である場合には (ステップ S32; Yes)、速度不足ということであるので、加速を行うべく、現在使用しているノッチよりも 1 段階大きい (高い) ノッチに変更して処理を終了する (ステップ S33)。

20

【0047】

一方、ステップ S32 の判別において、相対速度 $CV1$ が零または負値である、すなわち、

$$CV1 = v_{base}(t) - v(t) \leq 0$$

である場合には (ステップ S32; No)、速度は十分であるので速度を維持すべく、現在使用しているノッチを維持して処理を終了する (ステップ S34)。

【0048】

ステップ S31 の判別において、相対距離 $CX1$ が零または負値である、すなわち、

$$CX1 = x_{base}(t) - x(t) \leq 0$$

である場合には (ステップ S31; No)、時刻運転曲線データによる列車 11 の走行位置よりも進んで走行しているということであるので、列車走行制御装置 19 は、相対速度 $CV1$ が正値である、すなわち、

$$CV1 = v_{base}(t) - v(t) > 0$$

であるか否かを判別する (ステップ S35)。

30

【0049】

ステップ S35 の判別において、相対速度 $CV1$ が正値である、すなわち、

$$CV1 = v_{base}(t) - v(t) > 0$$

である場合には (ステップ S35; Yes)、速度は十分であるので速度を維持すべく、現在使用しているノッチを維持して処理を終了する (ステップ S36)。

40

【0050】

また、ステップ S35 の判別において、相対速度 $CV1$ が零または負値である、すなわち、

$$CV1 = v_{base}(t) - v(t) \leq 0$$

である場合には (ステップ S35; No)、速度超過ということであるので、自然な減速を行うべく、惰行ノッチ (ニュートラルノッチ) に変更して処理を終了する (ステップ S36)。

【0051】

50

ステップ S 2 1 の判別において、相対距離 $C X$ が閾値距離 L 以下である場合には (ステップ S 2 1 ; N o)、列車走行制御装置 1 9 は、相対速度 $C V 1$ が閾値 (0) を越えているか否かを判別する (ステップ S 2 3)。

【 0 0 5 2 】

ここで、閾値 は、相対速度 $C V 1$ の限界値 (下限値) を表しており、閾値 = 0 であれば、理論的には、先行列車 1 1 P と制御対象の列車 1 1 とは等距離を保つこととなる。また閾値 > 0 であれば、時間経過とともに先行列車 1 1 P と制御対象の列車 1 1 との距離はより大きくなるはずである。

【 0 0 5 3 】

しかしながら、実際には先行列車 1 1 P の速度及び制御対象の列車 1 1 の速度は常時変更されるため、保安上のマージンを確保し、先行列車 1 1 P と制御対象の列車 1 1 とが必要以上に近づくのを防止するため、0 より大きな所定の値 (正の値) を設定しておくのが好ましい。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 2 3 の判別において、相対速度 $C V 1$ が閾値 を越えている場合には (ステップ S 2 3 ; Y e s)、列車走行制御装置 1 9 は、時刻運転曲線追従モードに移行し、時刻運転曲線データ並びに制御対象の列車 1 1 の現在時刻における速度及び位置に基づいて、上述した手順により次時刻での速度変更情報を算出する (ステップ S 2 2)。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 2 3 の判別において、相対速度 $C V 1$ が閾値 以下である場合には (ステップ S 2 3 ; N o)、列車走行制御装置 1 9 は、制御対象の列車 1 1 が駅間で停止してしまうのを回避する駅間停止回避モードに移行する (ステップ S 2 4)。

【 0 0 5 6 】

図 9 は、駅間停止回避モードの処理フローチャートである。

まず、列車走行制御装置 1 9 は、制御対象の列車 1 1 の現在時刻 t における速度 $v (t)$ および位置 $x (t)$ に基づいて、当該列車 1 1 を停止するのに必要な制動距離 $L_{l i m}$ 及び制動時間 $T_{l i m}$ を算出する (ステップ S 4 1)。

この場合において、降雨等によるスリップや、乗車率に起因する慣性質量の増加等を考慮するようにすることも可能である。

【 0 0 5 7 】

続いて、列車走行制御装置 1 9 は、時刻 t における制動距離 $L_{l i m}$ が時刻 $t 1$ における相対距離 $C X 1$ 未満であるか否か、すなわち、

$$L_{l i m} < C X 1 = x_{b a s e} (t) - x (t)$$

であるか否かを判別する (ステップ S 4 2)。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 4 2 の判別において、時刻 t における制動距離 $L_{l i m}$ が時刻 $t 1$ における相対距離 $C X 1$ 未満である場合には (ステップ S 4 2 ; Y e s)、列車 1 1 は、時刻 t においてブレーキをかければ、先行列車 1 1 P が停止したとしても追突することなく停車できるので、自然な減速を行うべく、惰行ノッチ (ニュートラルノッチ) に変更して処理を終了する (ステップ S 4 3)。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 4 2 の判別において、時刻 t における制動距離 $L_{l i m}$ が時刻 $t 1$ における相対距離 $C X 1$ 以上である場合には (ステップ S 4 2 ; N o)、そのままの状態では、列車 1 1 は時刻 t においてブレーキをかけても、先行列車 1 1 P が停止した場合には追突する虞があるので、列車走行制御装置 1 9 は、制御対象の列車 1 1 の現在時刻 t における速度 $v (t)$ および位置 $x (t)$ に基づいて最大ブレーキノッチを使用した場合に、制御対象の列車 1 1 の速度が、現在時刻 t における先行列車 1 1 P の速度 $v_{p r e v} (t)$ と同一の速度となるまでの距離 $L_{l i m 2}$ および時間 $T_{l i m 2}$ を算出する (ステップ S 4 4)。

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

この場合において、制御対象の列車 1 1 の速度が、現在時刻 t における先行列車 1 1 P の速度 $v_{prev}(t)$ と同一の速度となるようにするのは、同一速度となれば、制御対象の列車 1 1 と先行列車 1 1 P との距離は一定に保たれるからである。

【 0 0 6 1 】

続いて、列車走行制御装置 1 9 は、現在時刻 t に制御対象の列車 1 1 の速度が現在時刻 t における先行列車 1 1 P の速度 $v_{prev}(t)$ と同一の速度となるまでの時間 T_{lim_2} を加えた時刻までは、最大ブレーキノッチを使用し、その後は、自然な減速を行うべく惰行ノッチ（ニュートラルノッチ）に変更するように制御を行い、処理を終了する（ステップ S 4 5）。

【 0 0 6 2 】

これらの結果、列車走行制御装置 1 9 は、ステップ S 1 4 において算出した速度変更情報を地上送受信装置 1 8 を介して列車 1 1 の車上送受信装置に送信し、運転支援装置 2 2 の表示装置の表示画面には、車上送受信装置 2 1 を介して受信した速度変更情報に基づいて運転支援情報画面が表示される（ステップ S 1 5）。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 は、運転支援情報画面の一例の説明図である。

図 1 0 に示すように、運転支援情報画面 G I には、現在のノッチ（図 1 0 の例の場合、ノッチ P 5 [= 力行第 5 ノッチ] ）、ノッチ変更指示（図 1 0 の例の場合、ニュートラルノッチ N への変更指示）、到着駅までの距離（図 1 0 の例の場合、2 5 0 0 m）及び先行列車 1 1 P までの距離（図 1 0 の例の場合、2 7 0 0 m）が表示されている。

【 0 0 6 4 】

このように本第 1 実施形態によれば、運転支援情報画面 G I に駅間停止によるエネルギー効率の低下を防止しつつ列車 1 1 を走行させるための情報が表示されるので、定時性を確保しつつ、省エネ運転を確実にに行わせることができる。

【 0 0 6 5 】

[2] 第 2 実施形態

上記第 1 実施形態は、制御対象の列車 1 1 及び先行列車 1 1 P の速度及び位置が確実に計測される前提で処理を行っていたが、例えば、上述したように速度計測及び位置計測の手段として GPS を用いるとトンネルや高層ビル間などの電波が届きにくい地点では、速度あるいは位置を計測できず、地上側に送信できないことが考えられる。

【 0 0 6 6 】

そこで、本第 2 実施形態は、一時的に速度あるいは位置が計測できなかった場合でも、直前に計測した速度及び位置を用いて推定することにより、速度あるいは位置が計測できない場合でも正しい制御を行えるようにした実施形態である。

【 0 0 6 7 】

さて、速度あるいは位置が計測できない態様としては、以下の三通りの場合が挙げられる。

- (1) 速度は計測できたが、位置が計測できていない場合。
- (2) 位置は計測できたが、速度が計測できていない場合。
- (3) 速度及び位置が計測できていない場合。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 は、位置計測ができなかった場合のデータ取得例の説明図である。

図 1 1 に示す場合は、8 時 0 分 4 0 秒時点での位置が計測できなかった場合のものである。

このような場合には、例えば、直前の 8 時 0 分 3 0 秒時点での速度（ = 3 0 m / s e c ）及び 8 時 0 分 4 0 秒時点での速度（ = 3 0 m / s e c ）に基づいて、8 時 0 分 3 0 秒時点から 8 時 0 分 4 0 秒時点の速度を平均速度 = 3 0 m / s e c である等加速度運動を仮定して、8 時 0 分 4 0 秒時点の位置を推定（算出）する。

【 0 0 6 9 】

具体的には、8 時 0 分 3 0 秒時点の位置 = 4 5 0 m であるので、8 時 0 分 4 0 秒時点の

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} \text{位置の推定値} &= 450 + 30 \times 10 + \left\{ (1/2) \times (30 - 30) \times 10^2 \right\} \\ &= 750 \text{ (m)} \end{aligned}$$

となる。

【0070】

図12は、速度計測ができなかった場合のデータ取得例の説明図である。

図12に示す場合は、8時0分40秒時点での速度が計測できなかった場合のものである。

この場合には、位置計測が行えなかった場合と同様に等加速度運動を仮定して、8時0分40秒時点での速度を算出する。

【0071】

具体的には、8時0分40秒時点での速度の推定値を V_x とした場合に、

$$750 = 450 + 30 \times 10 + \left\{ (1/2) \times (V_x - 30) \times 10^2 \right\}$$

の方程式を解き、 $V_x = 30 \text{ (m/sec)}$ を算出する。

【0072】

図13は、位置計測及び速度計測ができなかった場合のデータ取得例の説明図である。

図13に示す場合は、8時0分40秒時点での位置及び速度が計測できなかった場合のものである。

この場合には、例えば、直近の8時0分20秒時点と8時0分30秒時点の速度から加速度を算出し、算出した加速度で8時0分30秒から8時0分40秒まで走行したものと仮定して、速度と位置を算出する。

【0073】

具体的には、8時0分40秒時点での速度の推定値 V_{x1} は次式で表される。

$$\begin{aligned} V_{x1} &= 30 + (30 - 20) / 10 \times 10 \\ &= 40 \text{ (m/sec)} \end{aligned}$$

8時0分40秒時点での位置の推定値 X_{x1} は次式で表される。

$$\begin{aligned} X_{x1} &= 450 + 30 \times 10 + \left\{ (1/2) \times (40 - 30) \times 10^2 \right\} \\ &= 1250 \text{ (m)} \end{aligned}$$

となる。

【0074】

また、第1実施形態においてはすべての列車にGPSを搭載して、現在時刻に対する速度・位置を計測できることを前提としていたが、GPSを搭載していない列車では、速度・位置の情報を計測することができない。そこで現在時刻における速度・位置を計測できない列車は予測ダイヤによって駅間の走行を推定する。

ここで、予測ダイヤは、例えば、軌道回路を用いた情報により特開2014-43141などの公知技術を用いて推定する。すなわち、GPSを搭載していない列車の各駅での出発時刻、到着時刻を推定し、その時刻差分から走行時間を計算し、その走行時間の時刻運転曲線を算出して、速度情報及び位置情報の代用とする。

【0075】

[3] 実施形態の効果

次に実施形態の効果について説明する。

図14は、従来の走行状態の説明図である。

図14においては、先行列車11Pの設計運転曲線（設計ダイヤ）DPP、先行列車11Pの実績運転曲線（実績ダイヤ）DRP及び列車11の設計運転曲線（設計ダイヤ）DPを図示している。

従来においては、先行列車11Pが遅延している場合に当該状況を考慮せずに走行することとなり、図14に示すように、先行列車11Pの実績運転曲線（実績ダイヤ）DRPと列車11の設計運転曲線（設計ダイヤ）DPが時刻TXにおいて交差する（=列車11が先行列車11Pに追いつく）こととなり、実際には運行不能となるため、先行列車11Pが当該列車11の到着駅である次駅を出発するのを待つ必要があり、列車11は、次駅の手前で停車して待機することとなっていた。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

そして先行列車 1 1 P が駅を出発して閉塞解除となると、次駅に進入可能となるため、再度力行して次駅に到着することとなる。

この場合において、再度の力行は、列車 1 1 が停車しなければ必要がなかったものであり、無駄にエネルギーを消費することとなっていた。

【 0 0 7 7 】

図 1 5 は、実施形態の走行状態の説明図である。

図 1 5 においては、先行列車 1 1 P の設計運転曲線（設計ダイヤ）D P P、先行列車 1 1 P の実績運転曲線（実績ダイヤ）D R P、列車 1 1 の設計運転曲線（設計ダイヤ）D P、列車 1 1 の実績運転曲線（実績ダイヤ）D R 及び低速運転制御時の列車 1 1 の実績運転曲線（実績ダイヤ）D R C を図示している。

そして、本実施形態によれば、図 1 5 に示すように、列車 1 1 は、前駅を出発する段階で、先行列車 1 1 P が次駅に停車していることを検知しているため、当該列車 1 1 の速度を駅間で停車しないように計画ダイヤの速度よりも低い速度で走行することとなる。

具体的には、先行列車 1 1 P の実績運転曲線（実績ダイヤ）D R P と列車 1 1 の設計運転曲線（設計ダイヤ）D P が時刻 T X において交差することなく、列車 1 1 の実績運転曲線（実績ダイヤ）D R に低速運転制御時の列車 1 1 の実績運転曲線（実績ダイヤ）D R C をスムーズに接続して、駅間停車をなくした運転曲線で運行を行える。

したがって、平均速度が低く、かつ、駅間停車後の再度の力行も必要なくなるため、消費エネルギーを大幅に低減できる。

【 0 0 7 8 】

本実施形態の列車走行制御装置は、C P U などの制御装置と、R O M (Read Only Memory) や R A M などの記憶装置と、H D D、C D ドライブ装置などの外部記憶装置と、ディスプレイ装置などの表示装置と、キーボードやマウスなどの入力装置を備えており、通常のコンピュータを利用したハードウェア構成となっている。

【 0 0 7 9 】

本実施形態の列車走行制御装置で実行されるプログラムは、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルで C D - R O M、フレキシブルディスク (F D)、C D - R、D V D (Digital Versatile Disk) 等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録されて提供される。

【 0 0 8 0 】

また、本実施形態の列車走行制御装置で実行されるプログラムを、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成しても良い。また、本実施形態の列車走行制御装置で実行されるプログラムをインターネット等のネットワーク経由で提供または配布するように構成しても良い。

【 0 0 8 1 】

また、本実施形態の列車走行制御装置のプログラムを、R O M 等に予め組み込んで提供するように構成してもよい。

【 0 0 8 2 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 3 】

- 1 0 0 列車運行システム
- 1 0 1 運行管理システム

10

20

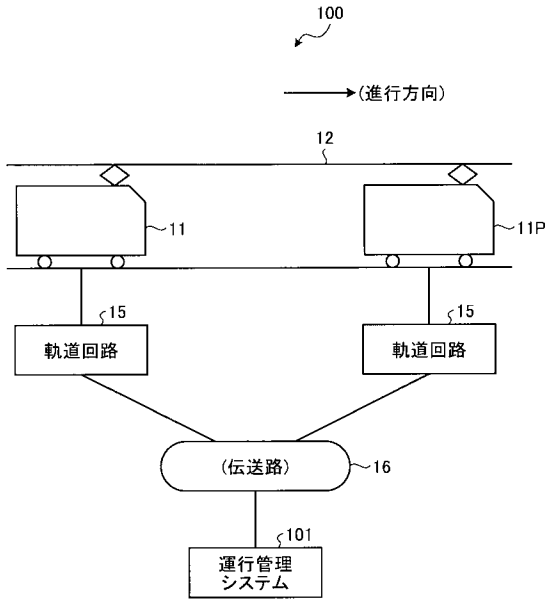
30

40

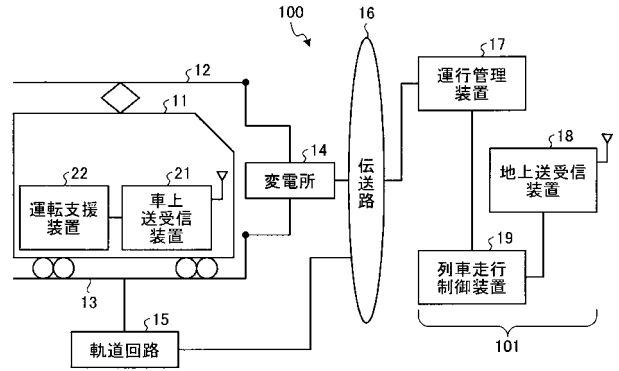
50

1 1	列車	
1 1 P	先行列車	
1 2	架線	
1 3	線路	
1 4	変電所	
1 5	軌道回路	
1 6	伝送路	
1 7	運行管理装置	
1 8	地上送受信装置	
1 9	列車走行制御装置	10
2 1	車上送受信装置	
2 2	運転支援装置	
3 1	相対速度・相対距離算出部	
3 2	時刻運転曲線作成部	
3 3	速度変更算出部	
3 4	運行実績データベース	
3 5	計画ダイヤデータベース	
3 7	運転曲線データベース	
C V、C V 1	相対速度	
C X、C X 1	相対距離	20
G I	運転支援情報画面	
L	閾値距離	
L l i m	制動距離	
T l i m	制動時間	
V x	推定値	
X x	推定値	

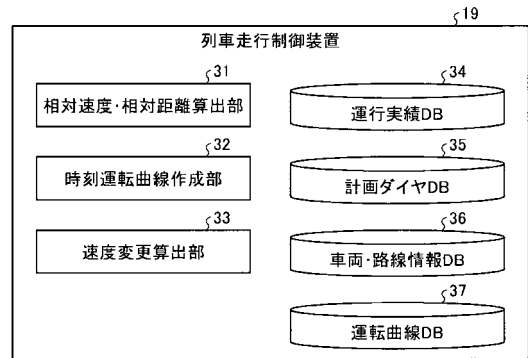
【図1】



【図2】



【図3】



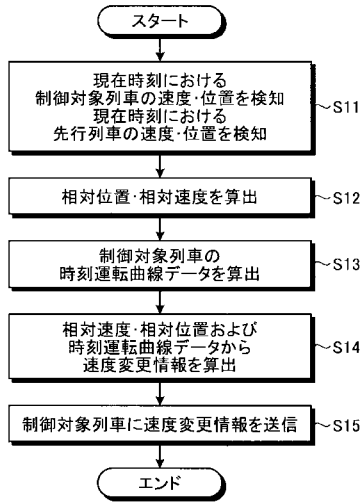
【図4】

時間[秒]	速度[km/h]	位置[m]	現在電力[kW]	累計電力量[kWh]
8:00:00	0	0	0	0
8:00:01	2.6830044	0.370781	132.9336	0.036926
8:00:02	6.5234844	1.649242	430.9524	0.156635
8:00:03	10.3654764	3.994933	684.7596	0.346846
8:00:04	14.2073964	7.407833	938.5632	0.607559
8:00:05	18.0492408	11.88792	1192.3632	0.938771
8:00:06	21.8910096	17.43518	1446.156	1.340481
8:00:07	25.7326992	24.04959	1699.9452	1.812688
8:00:08	29.5743024	31.73112	1953.7272	2.35539
8:00:09	33.4158228	40.47975	2207.5056	2.968587
8:00:10	37.2319776	50.29546	2370.9528	3.627185
8:00:11	40.7297664	61.13208	2370.9528	4.285783
8:00:12	43.9079076	72.89383	2370.9528	4.944382
8:00:13	46.8267444	85.50109	2370.9528	5.60298
8:00:14	49.5430704	98.89024	2370.9528	6.261578
8:00:15	52.0850988	113.0088	2370.9528	6.920177
8:00:16	54.48312	127.8132	2370.9528	7.578775
8:00:17	56.7529344	143.2653	2370.9528	8.237373
8:00:18	58.9149648	159.3327	2370.9528	8.895972
8:00:19	60.976296	175.9864	2370.9528	9.55457
8:00:20	62.9536032	193.2007	2370.9528	10.213169

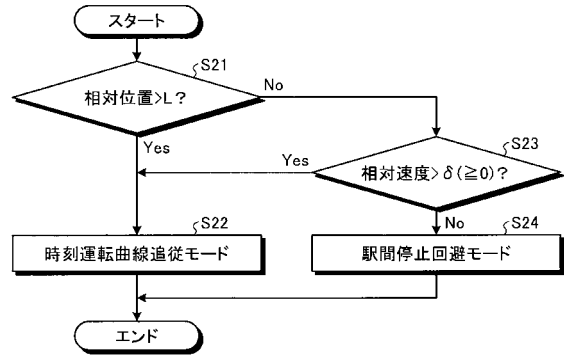
【図5】

時間[秒]	速度[km/h]	位置[m]	現在電力[kW]	累計電力量[kWh]
0	0	0	0	0
1	2.6830044	0.370781	132.9336	0.036926
2	6.5234844	1.649242	430.9524	0.156635
3	10.3654764	3.994933	684.7596	0.346846
4	14.2073964	7.407833	938.5632	0.607559
5	18.0492408	11.88792	1192.3632	0.938771
6	21.8910096	17.43518	1446.156	1.340481
7	25.7326992	24.04959	1699.9452	1.812688
8	29.5743024	31.73112	1953.7272	2.35539
9	33.4158228	40.47975	2207.5056	2.968587
10	37.2319776	50.29546	2370.9528	3.627185
11	40.7297664	61.13208	2370.9528	4.285783
12	43.9079076	72.89383	2370.9528	4.944382
13	46.8267444	85.50109	2370.9528	5.60298
14	49.5430704	98.89024	2370.9528	6.261578
15	52.0850988	113.0088	2370.9528	6.920177
16	54.48312	127.8132	2370.9528	7.578775
17	56.7529344	143.2653	2370.9528	8.237373
18	58.9149648	159.3327	2370.9528	8.895972
19	60.976296	175.9864	2370.9528	9.55457
20	62.9536032	193.2007	2370.9528	10.213169

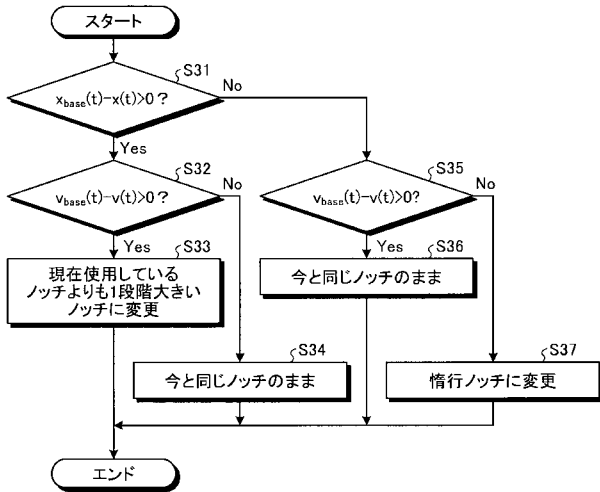
【 図 6 】



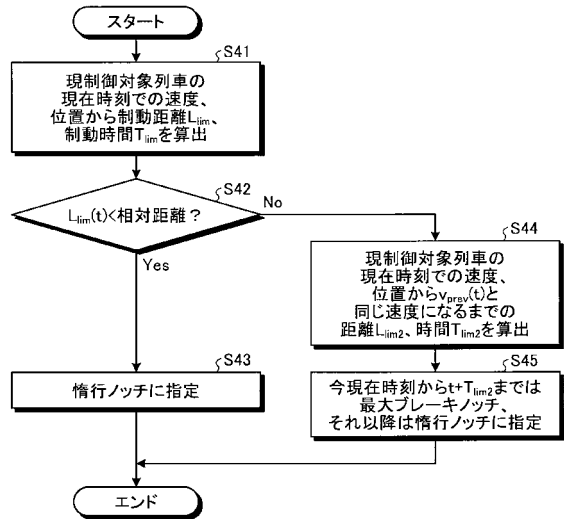
【 図 7 】



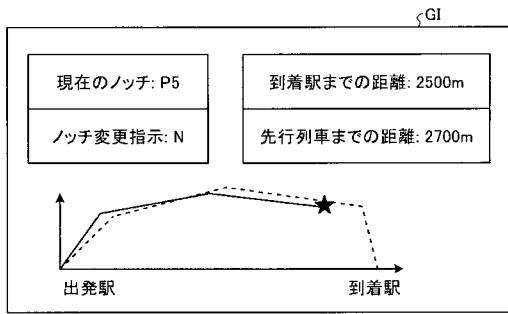
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 2 】

時刻(h:m:s)	速度(m/sec)	位置(m)
8:00:00	0	0
8:00:10	10	50
8:00:20	20	200
8:00:30	30	450
8:00:40		750

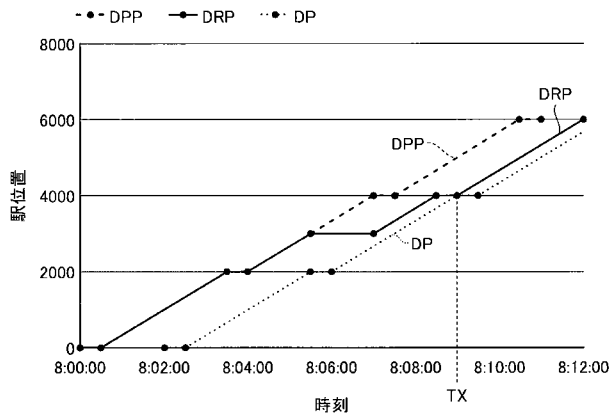
【 図 1 1 】

時刻(h:m:s)	速度(m/sec)	位置(m)
8:00:00	0	0
8:00:10	10	50
8:00:20	20	200
8:00:30	30	450
8:00:40	30	

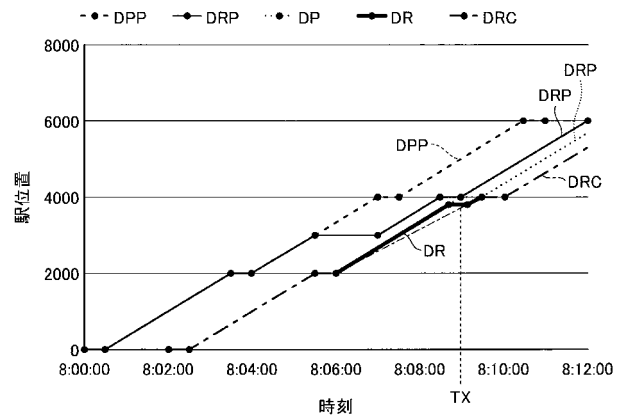
【 図 1 3 】

時刻(h:m:s)	速度(m/sec)	位置(m)
8:00:00	0	0
8:00:10	10	50
8:00:20	20	200
8:00:30	30	450
8:00:40		

【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 小泉 善裕

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5H125 AA05 AC02 CA04 CC04 EE52 EE55

5H161 AA01 JJ22 JJ26 JJ27