

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6632362号
(P6632362)

(45) 発行日 令和2年1月22日(2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(51) Int.Cl. F I
B 6 1 L 27/00 (2006.01)
 B 6 1 L 27/00 Z
 B 6 1 L 27/00 H

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2015-244769 (P2015-244769)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成27年12月16日(2015.12.16)	(74) 代理人	110000062 特許業務法人第一国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2017-109576 (P2017-109576A)	(72) 発明者	小熊 賢司 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29年6月22日(2017.6.22)	(72) 発明者	宮内 努 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
審査請求日	平成30年10月10日(2018.10.10)	(72) 発明者	鈴木 基也 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】 運行管理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軌道上の地点に列車が到達したことを検知する検知部と、
列車ダイヤデータを保持するデータ保持部と、
 演算部と

を備え、

前記演算部は、

第一の列車の走行により前記軌道上の地点に到達した検知情報から、当該第一の列車の駅到着時刻と回生ブレーキ動作開始時刻を計算して、第二の列車が前記第一の列車の回生ブレーキ動作開始位置から所定距離以内に存在し且つ前記第一の列車の回生ブレーキ動作開始時刻から所定時間差以内で駅を出発することを満足させる前記第一の列車を前記列車ダイヤデータから抽出し、前記列車ダイヤデータの全体について集計して第一の回生電力有効消費列車数を算出し、

10

前記列車ダイヤデータから駅出発時刻を変更した前記第二の列車が、前記第一の列車の回生ブレーキ動作開始位置から前記所定距離以内に存在し且つ変更した前記第二の列車の駅出発時刻が前記第一の列車の回生ブレーキ動作開始時刻から前記所定時間差以内であることを満足させる前記第一の列車を前記列車ダイヤデータから抽出し、前記列車ダイヤデータの全体について集計して第二の回生電力有効消費列車数を算出し、

前記第二の回生電力有効消費列車数が前記第一の回生電力有効消費列車数より多く且つ最大となる前記列車ダイヤデータの変更を保持し、当該変更をした列車ダイヤデータの駅

20

出発時刻の変更内容を駅の表示装置に出力することを特徴とする運行管理装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の運行管理装置であって、

前記検知部は列車到達を複数の前記軌道上の地点について検知し、前記演算部は当該複数の前記軌道上の地点に対する検知情報の時間差分から前記駅到着時刻と前記回生ブレーキ動作開始時刻を計算する

ことを特徴とする運行管理装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の運行管理装置であって、

前記検知部は、前記軌道上の地点に前記列車が到達したことを軌道回路の落下扛上情報から検知する

ことを特徴とする運行管理装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の運行管理装置であって、

前記検知部は、前記軌道上の地点に前記列車が到達したことを当該列車の車上装置が送信する当該列車の位置情報から検知する

ことを特徴とする運行管理装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の運行管理装置であって、

前記演算部は、前記第二の列車の駅出発時刻を、前記列車ダイヤデータから一定時間幅を単位として繰り下げることにより変更する

ことを特徴とする運行管理装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の運行管理装置であって、

前記演算部は、前記第二の列車の駅出発時刻の変更を実行することにより前記列車ダイヤデータの全列車の内終着駅への到着時刻が遅延する列車数が所定値以下となる範囲内で、当該変更を実行する

ことを特徴とする運行管理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両が走行に用いる電力を架線や第三軌条などのき電システムを介して車両外から車両に供給する場合に、駅出発時機情報を作成し、それを表示装置に表示する運行管理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

本発明に係る技術分野の背景技術として、まず特許文献 1 が挙げられる。この特許文献 1 には、対象とする列車と同一変電所区間における他列車の在線情報から、回生電力の予測を得て、対象とする列車の発車タイミングを決定する方法が示されている。また、予測に必要な情報として、時刻と路線上の列車位置および次停車駅の情報が示されている。

【0003】

また、特許文献 2 には、列車の速度と位置とエネルギー消費量を、無線通信手段を用いて把握し、各列車に対する走行位置時間目標及びエネルギー消費量目標値を作成して各列車に無線通信手段を用いて与える方法が示されている。

【0004】

ここにおいて、公知の運行管理装置では、列車の駅間の走行時間を作成する情報として、標準運転曲線を用いる。標準運転曲線とは、列車が路線を走行する際に、当該列車の加速力、減速力、最高速度及び走行抵抗などの車両性能、曲線による速度制限及び勾配による加減速度の影響、各駅停車や快速などの列車種別に対応した各駅の停車や通過の設定状

10

20

30

40

50

態及び駅で用いる番線に応じた分岐器の速度制限を考慮して、当該列車が先行する列車の不在状態での位置と速度の関係を記した情報である。

【0005】

標準運転曲線は、当該列車が最も早く走行した状態を表しているため、当該列車は標準運転曲線から得た走行時間より短い時間で駅間を走行することはできない。すなわち、公知の運行管理装置は、標準運転曲線から得た走行時間を保持し、ダイヤの作成や変更を行う際の各駅間における各列車の走行時間の最小値として用いている。

【0006】

また、公知のATSやATCなどの信号装置は、各列車の位置に応じて他列車に対する制御情報を作成するために、列車が走行する軌道に複数の軌道回路を設定する。そして、軌道回路とは、列車の存在有無を検知する装置であり、列車の車軸で左右のレールを短絡することを利用するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2014-148277号公報

【特許文献2】特開2013-230775号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1に示されるように、列車の発車タイミングを決定するために必要な回生電力の予測を行うには、回生を行う列車について時刻と路線上の位置および次停車駅の情報から回生ブレーキを動作するタイミングを計算する必要がある。列車の時刻、路線上の位置および次停車駅の情報は、標準運転曲線に記載してある。ところが、例えばラッシュ時など列車相互の間隔が小さくなったことにより、列車の走行に対して前を走行する他列車の影響が発生し、列車が標準運転曲線に従った走行ができない状態になると、列車の走行時間は標準運転曲線から作成した走行時間と異なってくる。この状態で回生ブレーキを動作するタイミングを計算すると、前提とする列車の走行が標準運転曲線とは異なるため、タイミングを正しく計算することができないという事態が発生する。

【0009】

ここで、特許文献2に示される無線通信手段を用いて、各列車からエネルギー消費量を得る場合には、エネルギー消費状態から当該列車が回生ブレーキを動作させたことを判定できる。ところが、回生ブレーキの動作結果と同時に対象とする列車の発車タイミングを制御することが必要となる。この状態では、対象とする列車は発車待ちの状態では回生ブレーキ動作を待つので、列車の走行が標準運転曲線に従わない状態では回生ブレーキ動作までの時間が不明となる。これにより、発車待ち時間が不明となって他の列車の運行に影響が波及する。

【0010】

また、特許文献2に示される無線通信手段を用いて、列車の速度と位置を把握する手段を用いる場合には、列車の各位置における速度が標準運転曲線で示された値以下になっていることが取得できる。ところが、列車の走行状態を示す情報は、標準運転曲線だけであるため、標準運転曲線の位置と速度に従わない状態の列車について、位置と速度を得ることができない。これは、公知のATSやATCなどの信号装置において、軌道回路を用いて列車の存在を検知する場合でも同じである。

【0011】

本発明の目的は、列車の走行が標準運転曲線に従わない場合においても、列車の回生ブレーキを動作するタイミングを計算して他列車の出発時機に反映しその出発時刻を調整することにより、列車の回生ブレーキ動作によるエネルギー（電力）を効率的に消費する列車運行及び列車ダイヤ作成を可能にする装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するために、本発明に係る運行管理装置は、軌道上の地点に列車が到達したことを検知する検知部と、列車ダイヤデータを保持するデータ保持部と、演算部とを備え、演算部は、第一の列車の走行により軌道上の地点に到達した検知情報から、当該第一の列車の駅到着時刻と回生ブレーキ動作開始時刻を計算して、第二の列車が第一の列車の回生ブレーキ動作開始位置から所定距離以内に存在し且つ第一の列車の回生ブレーキ動作開始時刻から所定時間差以内で駅を出発することを満足させる第一の列車を列車ダイヤデータから抽出し、列車ダイヤデータの全体について集計して第一の回生電力有効消費列車数を算出し、列車ダイヤデータから駅出発時刻を変更した第二の列車が、第一の列車の回生ブレーキ動作開始位置から所定距離以内に存在し且つ変更した第二の列車の駅出発時刻が第一の列車の回生ブレーキ動作開始時刻から所定時間差以内であることを満足させる第一の列車を列車ダイヤデータから抽出し、列車ダイヤデータの全体について集計して第二の回生電力有効消費列車数を算出し、第二の回生電力有効消費列車数が第一の回生電力有効消費列車数より多く且つ最大となる列車ダイヤデータの変更を保持し、当該変更をした列車ダイヤデータの駅出発時刻の変更内容を駅の表示装置に出力することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、列車の走行が標準運転曲線に従わない場合においても、列車の回生ブレーキを動作するタイミングを計算して他列車の出発時機に反映しその出発時刻を調整することができる列車の運行管理装置及び列車のダイヤ作成装置を提供することにより、列車の回生ブレーキ動作によるエネルギーを効率的に活用し消費エネルギーを削減することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】図 1 は、実施例 1 に係る軌道回路を用いた運行管理装置の構成の一例を示す図である。

【図 2】図 2 は、実施例 1 に係る運行管理装置における処理構成の関係を示す図である。

【図 3】図 3 は、実施例 1 の指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データの内容を示す図である。

30

【図 4】図 4 は、本発明に係る出発時機情報作成処理を説明するフローチャートの一例を示す図である。

【図 5】図 5 は、実施例 3 に係る無線通信手段を用いた運行管理装置の構成の一例を示す図である。

【図 6】図 6 は、実施例 3 に係る運行管理装置における処理構成の関係を示す図である。

【図 7】図 7 は、実施例 3 の指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データの内容を示す図である。

【図 8】図 8 は、落下及び扛上の判定時素データの一例を示す図である。

【図 9】図 9 は、列車ダイヤデータの一例を示す図である。

40

【図 10】図 10 は、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データの一例を示す図である。

【図 11】図 11 は、駅間における列車の位置と速度の関係を示す運転曲線の一例を示す図である。

【図 12】図 12 は、駅出発位置データの一例を示す図である。

【図 13】図 13 は、軌道回路の端部位置データの一例を示す図である。

【図 14】図 14 は、実施例 1 に係る、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以下となる列車数を取得する処理を説明するフローチャートの一例を示す図である。

【図 15】図 15 は、延発設定データの一例を示す図である。

【図 16】図 16 は、列車ダイヤの設定変更データの一例を示す図である。

50

【図 17】図 17 は、地点情報管理データの一例を示す図である。

【図 18】図 18 は、実施例 4 に係るダイヤ作成装置の構成の一例を示す図である。

【図 19】図 19 は、実施例 4 に係るダイヤ作成装置による処理を行う処理構成の関係を
示す図である。

【図 20】図 20 は、実施例 2 の指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分デ
ータの内容を示す図である。

【図 21】図 21 は、実施例 2 に係る、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以
下となる列車数を取得する処理を説明するフローチャートの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

10

本発明を実施するための形態として、実施例 1 ~ 4 について、図面を参照しながら以下
に説明する。

【実施例 1】

【0016】

実施例 1 では、列車は、走行標準運転曲線に従わない位置と速度の状態では軌道回路を走
行する。運行管理装置は、走行する列車が複数の軌道回路に進入した際の当該軌道回路の
落下検知時刻を用いて当該軌道回路名と時間差より回生ブレーキ動作時刻を計算する。そ
して、運行管理装置は、その計算結果を他列車に対する表示装置に出発時機として表示す
る。

【0017】

20

図 1 は、実施例 1 に係る運行管理装置の構成の一例を示す図である。列車 2 B は、軌道
回路 5 J から順に軌道回路 5 G に向けて走行し、駅 8 A の番線 6 B に停車する。列車 2 A
は、駅 8 A の番線 6 A で、駅 8 A を出発する合図が表示装置 4 A に表示されることを待つ
ている状態で、出発の後に軌道回路 5 B から軌道回路 5 E に向けて走行する。ここで、各
軌道回路 5 A ~ 5 J は、列車在線管理装置 3 と接続される。運行管理装置 1 には、列車在
線管理装置 3 及び表示装置 4 A、4 B が接続される。

【0018】

列車 2 A 及び 2 B は、図示しない運転士によって制御が行われる。列車 2 A の運転士は
、表示装置 4 A の出発表示に従い、駅 8 A の番線 6 A を出発することになる。

運行管理装置 1 及び列車在線管理装置 3 は、演算部 101、情報インタフェース部 10
2 及び演算データ保持部 103 を有する。

30

【0019】

演算部 101 は、プログラムの実行や制御途中情報の一時的な保持を行う。例えば、パ
ソコンの CPU 及びメモリなどの公知の部品を利用できる。

情報インタフェース部 102 は、各装置間の情報の送受信を行う。例えば、イーサネッ
ト（登録商標）のコネクタ、USB ポート、光ファイバを用いたネットワーク、無線 LAN、携
帯電話などの無線ネットワーク及び地上子と列車の間では周波数変調を用いた無線
通信などの公知の部品及び手段を利用できる。

【0020】

演算データ保持部 103 は、プログラムやデータの記憶を行う。例えば、ハードディス
クドライブ（HDD）、ソリッドステートドライブ（SSD）及びフラッシュメモリなど
の公知の部品を利用できる。

40

表示装置 4 A ~ 4 B は、運行管理装置 1 から出発時機情報を受け取って表示する機能
を持つ。表示する機能としては、例えば、液晶ディスプレイ、ドットマトリクス LED 及び
CRT ディスプレイなど、公知の部品を利用できる。

【0021】

図 2 は、図 1 に示す運行管理装置における処理構成の関係を示す図である。

列車在線管理装置 3 の機能について説明する。入出力インタフェース機能 302 は、軌
道回路 5 A ~ 5 J の状態情報を受け取る。落下扛上判定機能 301 は、判定時素データ 3
03 を用いて各軌道回路 5 A ~ 5 J の落下扛上情報を作成し、入出力インタフェース機能

50

302を介して運行管理装置1に送る。図1との対応を示すと、入出力インタフェース機能302は情報インタフェース部102に、落下扛上判定機能301は演算部101に、判定時素データ303は演算データ保持部103に、それぞれ対応する。

【0022】

ここで、落下扛上については、軌道回路区間に列車が在線している時に、列車によりレールが短絡されることから、リレーに電流が流れない(リレーが動作しない)ことをリレーが「落下」といい、列車在線を意味し、軌道回路区間に列車が在線していない時に、リレーに電流が流れる(リレーが動作する)ことをリレーが「扛上」といい、列車不在を意味する。

【0023】

運行管理装置1の機能について説明する。入出力インタフェース機能202は、列車在線管理装置3から各軌道回路の落下扛上情報を受け取る。出発時機作成機能201は、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203と列車ダイヤデータ204を用いて出発時機情報を作成し、入出力インタフェース機能202を介して表示装置4A及び4Bに送る。図1との対応を示すと、入出力インタフェース機能202は情報インタフェース部102に、出発時機作成機能201は演算部101に、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203、列車ダイヤデータ204、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ205、駅出発位置データ206、延発設定データ207及び列車ダイヤ変更条件データ208は、演算データ保持部103に、それぞれ対応する。

【0024】

列車在線管理装置3の落下扛上判定機能301は、公知の軌道回路を用いた列車在線検知処理を行う。公知の軌道回路は、列車の車軸で左右のレールを短絡することで電気回路を形成する技術である。ここで、ノイズ等による誤動作を防ぐ公知の手段として、軌道回路の落下状態あるいは扛上状態が一定時間継続した時点で、落下あるいは扛上が確定したと判定する。落下扛上判定機能301が判定に用いる落下状態あるいは扛上状態の継続時間値の例として、落下及び扛上の判定時素データの一例を図8に示す。

【0025】

図8によれば、列車2Bが軌道回路5Hに進入した場合には、進入により軌道回路の状態が5秒間落下状態を継続した時点で、「軌道回路5H落下」と判定する。同様に、列車2Bが軌道回路5Iを進出した場合には、進出により軌道回路の状態が15秒扛上状態を継続した時点で、「軌道回路5I扛上」と判定する。落下扛上判定機能301は、作成した各軌道回路5A～5Jの落下扛上状態を在線情報として入出力インタフェース機能302を介して運行管理装置1に送る。この送る周期は、予め定められた一定時間の周期とするか、あるいは各軌道回路5A～5Jの落下扛上状態に変化が生じた時点でもよい。

【0026】

出発時機作成機能201は、列車在線管理装置3が判定した各軌道回路5A～5Jの落下扛上状態を受け取り、その落下扛上状態から列車が回生ブレーキ動作を開始する時刻と場所を計算する。そして、表示装置4A、4Bに列車出発時機の情報を出力する。出発時機作成機能201は、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203、列車ダイヤデータ204、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ205及び駅出発位置データ206を用いる。

【0027】

指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203の作成について、図11に示す運転曲線、図13に示す軌道回路の端部位置データ及び図9に示す列車ダイヤデータ204を用いる手順を説明する。

図3に、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203の内容を示す。指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203としては、列車種別、出発駅と出発番線、到着駅と到着番線、第一地点、第二地点、第一地点～第二地点到達時間差、第二地点～回生ブレーキ動作時間差、回生ブレーキ動作開始地点位置、駅発～

10

20

30

40

50

回生ブレーキ動作開始時間差及び駅間走行時間を関連付けて保持する。

【 0 0 2 8 】

実施例 1 では、第一地点は軌道回路 5 I に進入した時点、第二地点は軌道回路 5 H に進入した時点とする。これより指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 の第一地点と、第二地点の情報は、次の内容となる。

第一地点 = 軌道回路 5 I 進入

第二地点 = 軌道回路 5 H 進入

【 0 0 2 9 】

作成に用いる情報のうち、列車ダイヤデータ 2 0 4 は、各列車の種別、出発駅及び出発番線並びに到着駅及び到着番線の情報を持つ。ここでは、列車 2 B について作成する場合を対象とする。列車ダイヤデータ 2 0 4 より、列車 B は、駅 8 B の番線 6 D を出発し、駅 8 A の番線 6 B に到着する各駅停車であることが分かる。これより、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 の列車の種別、出発駅及び出発番線並びに到着駅及び到着番線の情報は、次の内容となる。

列車の種別 = 各駅停車

出発駅及び出発番線 = 駅 8 B 番線 6 D

到着駅及び到着番線の情報 = 駅 8 A 番線 6 B

【 0 0 3 0 】

図 1 3 に示す軌道回路の端部位置データは、各軌道回路の端部位置情報を持つ。これより、列車 2 B が軌道回路 5 I に進入した時点は、列車 2 B が位置 1 . 7 8 9 k m に到達した時に対応する。また、列車 2 B が軌道回路 5 H に進入した時点は、列車 2 B が位置 1 . 4 5 6 k m に到達した時に対応する。

【 0 0 3 1 】

図 1 1 に示す運転曲線は、標準運転曲線 5 0 1、標準運転曲線より低い速度での走行を表した運転曲線 5 0 2 A 及び 5 0 2 B を持つ。各運転曲線のデータは、列車 2 B が駅 8 B の番線 6 D から駅 8 A の番線 6 B に走行する場合の位置と速度の関係を持つ。これにより、運転曲線が定めれば、第一地点として軌道回路 5 I に進入した時刻、第二地点として軌道回路 5 H に進入した時刻が定まる。若しくは、第一地点として軌道回路 5 I に進入した時刻、第二地点として軌道回路 5 H に進入した時刻が定めれば、対応する運転曲線が定まり、運転曲線に対応する駅間の走行時間を得ることができる。

【 0 0 3 2 】

標準運転曲線より低い速度での走行を表した運転曲線 5 0 2 A 及び 5 0 2 B は、例えば実際の走行記録について、統計処理による作成または計算機シミュレーションによる作成により定めてよい。例えば、統計処理による作成では、実際の列車走行記録データを曜日や時間帯で分類し、分類したデータ毎に平均値を作成する方法がある。また、計算機シミュレーションによる作成では、ラッシュ時などで列車間隔が小さい状態で走行する状態を模擬するように、列車間隔を秒単位で変更した条件についてシミュレーションを行い、その計算結果より各列車の位置と速度の関係を適用する方法がある。

【 0 0 3 3 】

最初に、列車 2 が標準運転曲線 5 0 1 に従った走行を行う場合について説明する。標準運転曲線 5 0 1 は位置と速度の関係を示し、列車 2 B は、駅 8 B を出発した後に標準運転曲線 5 0 1 で示された各位置における速度に従って走行を行い、回生ブレーキ動作開始地点位置 5 0 3 で回生ブレーキ動作を開始し、駅 8 A に停車する。

【 0 0 3 4 】

列車 2 B が走行する位置と速度の関係が、標準運転曲線 5 0 1 と定まったので、列車 2 B が駅 8 B の番線 6 D を出発した時点から、以下順に、第一地点に到達するまでの走行時間 (T 1)、第二地点に到達するまでの走行時間 (T 2)、回生ブレーキ動作開始地点位置 5 0 3 に到達するまでの走行時間 (T 3) 及び駅 8 A の番線 6 B に到着するまでの走行時間 (T 4) が定まる。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

これにより、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203の第一地点～第二地点到達までの時間差、第二地点～回生ブレーキ動作開始地点までの時間差、回生ブレーキ動作開始地点位置、駅発～回生ブレーキ動作開始までの時間差及び駅間走行時間は、それぞれ次の式で定まる。

$$\text{第一地点～第二地点到達までの時間差} = T2 - T1$$

$$\text{第二地点～回生ブレーキ動作開始までの時間差} = T3 - T2$$

$$\text{回生ブレーキ動作開始地点位置} = \text{回生ブレーキ動作開始地点位置} 503$$

$$\text{駅発～回生ブレーキ動作開始時間差} = T3$$

$$\text{駅間走行時間} = T4$$

ここで、図3に示す指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203は、 $T2 - T1 = 30$ 秒、 $T3 - T2 = 15$ 秒、回生ブレーキ動作開始地点位置503 = 上り1.345 km、 $T3 = 2$ 分、 $T4 = 3$ 分、である場合について記している。 10

【0036】

同様にして、標準運転曲線より低い速度での走行を表した運転曲線502A及び502Bについても計算を行い、それぞれの場合の、第一地点～第二地点到達時間差、第二地点～回生ブレーキ動作時間差、回生ブレーキ動作開始地点位置及び駅間走行時間を求めて、図3に示す指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203に記す。

図3には、標準運転曲線より低い速度での走行を表した運転曲線502Aについて、 $T2 - T1 = 35$ 秒、 $T3 - T2 = 20$ 秒、回生ブレーキ動作開始地点位置503A = 上り1.234 km、 $T3 = 2$ 分15秒、 $T4 = 3$ 分20秒、である場合を記している。 20

また、標準運転曲線より低い速度での走行を表した運転曲線502Bについて、 $T2 - T1 = 45$ 秒、 $T3 - T2 = 25$ 秒、回生ブレーキ動作開始地点位置503B = 上り1.111 km、 $T3 = 3$ 分15秒、 $T4 = 3$ 分40秒、である場合を記している。

【0037】

以上の手順により、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203を作成する。ここでは、ひとつの列車種別と駅間についてのみ説明したが、同じ手順で列車ダイヤデータ204に保持する全ての列車種別と駅間に対応して作成し、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203に保持する。

【0038】

出発時機作成機能201が、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203を用いて列車の出発時機情報を作成する処理手順を、図4のフローチャートに沿って説明する。 30

【0039】

まず、出発時機作成機能201は、処理1002で、現在のダイヤを対象に、全駅間全列車の回生ブレーキ動作開始時刻と開始地点位置について、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以下となる列車数を取得する。

現在のダイヤとして、初期状態では、図9に示す列車ダイヤデータ204を用いて処理結果を反映した列車ダイヤを列車ダイヤデータ204として保持する。次回以降は、保持する処理結果を反映した列車ダイヤデータ204について処理を行う。

【0040】

処理1002で行う処理を、図14のフローチャートに沿って説明する。処理1002に対応する処理が、処理2001から処理2012までの処理に対応する。 40

出発時機作成機能201は、処理2002で、現在のダイヤを対象に、全駅間全列車について到着時刻の早い順に処理を行う。現在のダイヤは、初期状態では図9に示す列車ダイヤデータ204であり、次回以降では処理結果を反映した列車ダイヤとなる。図9に示す列車ダイヤデータ204より、処理の順序としては、列車2Bが駅8A番線6Bに時刻10:10:10に到着する場合を行い、次に、列車2Aが駅8B番線6Cに時刻10:12:00に到着する場合を行う。

【0041】

まず、列車2Bが駅8A番線6Bに時刻10:10:10に到着する場合について説明 50

する。前提として、列車 2 B は駅 8 B 番線 6 D を時刻 10 : 07 : 00 に出発し、第一地点に到達済み、第二地点に到達した時点にあり、第一地点到達時刻と第二地点到達時刻の差は 25 秒であるとする。

【 0042 】

出発時機作成機能 201 は、処理 2003 で、当該列車 2 B が出発駅を出発したかを判定し、出発した場合には (YES)、処理 2004 を行う。出発していない場合には (NO)、出発時機作成機能 201 は、処理 2009 で、ダイヤの駅間走行時間に対応する回生ブレーキ開始時刻を計算する。ここでは、列車 2 B は出発駅 8 B を出発している前提であるため、処理 2004 が実行される。

【 0043 】

出発時機作成機能 201 は、処理 2004 で、出発時刻を列車ダイヤデータ 204 に反映する。列車 2 B の出発時刻が列車ダイヤデータ 204 と同じであるならば、反映による出発時刻の変更はない。出発時刻が列車ダイヤデータ 204 と異なる場合は、実際の出発時刻が反映される。ここでは、列車 2 B は出発駅 8 B を出発している前提であるため、出発時刻が列車ダイヤデータ 204 に反映される。

【 0044 】

次に、出発時機作成機能 201 は、処理 2005 で、到着駅へ到着したかを判定する。到着した場合には (YES)、出発時機作成機能 201 は、処理 2006 で、到着時刻を列車ダイヤデータ 204 に反映し、続いて処理 2009 で、ダイヤの駅間走行時間に対応する回生ブレーキ開始時刻を計算する。到着していない場合には (NO)、出発時機作成機能 201 は、処理 2007 を行う。ここでは、列車 2 B は到着駅 8 A に到着していない前提であるため、処理 2007 が実行される。

【 0045 】

出発時機作成機能 201 は、処理 2007 で、当該列車 2 B が第一地点及び第二地点に到達したかを判定し、到達した場合には (YES)、処理 2008 を行う。到達していない場合には (NO)、出発時機作成機能 201 は、処理 2009 で、ダイヤの駅間走行時間に対応する回生ブレーキ開始時刻を計算する。ここでは、列車 2 B は第一地点に既に到達し、かつ第二地点に到達した時点前提とするため、処理 2008 が実行される。

【 0046 】

出発時機作成機能 201 は、処理 2008 で、第一地点及び第二地点到達時刻に対応する回生ブレーキ開始時刻と駅間走行時間を計算する。第一地点に到達した時刻と第二地点に到達した時刻の差が 35 秒であるとする、図 3 において、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 203 の第一地点～第二地点到達時間差が 35 秒である場合が該当する。指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 203 にて第一地点～第二地点到達時間差が 35 秒である行のデータ (図 3 の 2 行目) より、列車 2 B の駅 8 A 到着時刻と、駅 8 B 番線 6 D から駅 8 A 番線 6 B に向けた走行における回生ブレーキ動作開始時刻は、次の式で計算できる。

$$\begin{aligned} \text{駅 8 A 到着時刻} &= \text{駅 8 B 出発時刻} + \text{駅間走行時間} \\ &= 10 : 07 : 00 + 3 \text{分} 20 \text{秒 (図 3 の 2 行目)} \\ &= 10 : 10 : 20 \end{aligned}$$

回生ブレーキ動作開始時刻

$$\begin{aligned} &= \text{駅 8 B 出発時刻} + \text{駅発～回生ブレーキ動作開始時間差} \\ &= 10 : 07 : 00 + 2 \text{分} 15 \text{秒 (図 3 の 2 行目)} \\ &= 10 : 09 : 15 \end{aligned}$$

【 0047 】

なお、第一地点到達時刻と第二地点到達時刻の差と、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 203 の第一地点～第二地点到達時間差が合致しない場合には、例えば、第一地点到達時刻と第二地点到達時刻の差と最も近い指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 203 の第一地点～第二地点到達時間差を用いる、または、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 203 の第一地点～第

10

20

30

40

50

二地点到達時間差の各値で、第一地点到達時刻と第二地点到達時刻の差を内挿補間あるいは外挿補間を行い対応するデータを取得する方法を適用してもよい。

【 0 0 4 8 】

出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 2 0 0 8 を実行すると、次に処理 2 0 1 0 で、全駅間全列車について実施したかを判定する。全駅間全列車のうち未実施の組み合わせがある場合は (N O)、処理 2 0 0 2 に戻って未実施の組み合わせについて上記の手順が繰り返される。未実施の組み合わせがない場合には (Y E S)、処理 2 0 1 1 が実行される。

【 0 0 4 9 】

出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 2 0 1 1 で、求めた全駅間全列車の列車ダイヤデータ 2 0 4 について、出発時刻と回生ブレーキ動作開始時刻の差、かつ出発位置と回生ブレーキ動作開始地点位置の差が、共に指定値以下となる条件に合致する出発列車と回生ブレーキ動作開始列車の組み合わせを抽出する。時刻の指定値及び距離の指定値は、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5 として保持する。図 1 0 に、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5 の例を示す。また、各駅の出発位置は駅出発位置データ 2 0 6 として保持する。図 1 2 に、駅出発位置データ 2 0 6 の例を示す。

10

【 0 0 5 0 】

これらにより、列車 2 B については、次の関係となる。

駅出発時刻回生ブレーキ開始時刻差分上限

$$\begin{aligned} &= \text{列車 2 A 駅 8 A 発時刻} - \text{列車 2 B 駅 8 B 8 A 間回生ブレーキ動作開始時刻} \\ &= 10 : 08 : 30 - 10 : 09 : 15 \\ &= 45 \text{ 秒} > 30 \text{ 秒 (時刻差分上限データ)} \end{aligned}$$

20

駅出発位置回生ブレーキ開始地点位置差分上限

$$\begin{aligned} &= \text{列車 2 A 駅 8 A 発位置} - \text{列車 2 B 駅 8 B 8 A 間回生ブレーキ動作開始地点位置} \\ &= 1.000 \text{ km} - 1.234 \text{ km} \\ &= 0.234 \text{ km} < 3.500 \text{ km (位置差分上限データ)} \end{aligned}$$

【 0 0 5 1 】

上記関係は、図 1 0 に示す指定値 (回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5) 以下ではないため、回生ブレーキ動作として列車 2 B、出発列車として列車 2 A の組み合わせは抽出対象とならない。そして、抽出した全組み合わせの中で回生ブレーキ動作開始列車の列車番号を、重複を除いて集計する。ここでの列車 2 B は集計されない。

30

【 0 0 5 2 】

これにより、ダイヤに従った列車運行を行った際に、回生ブレーキ動作により得られるエネルギーのうち、他列車の出発により消費されるエネルギーを列車本数として集計することができる。集計した回生ブレーキ動作開始列車の数が図 4 に示す出発時機情報作成処理の処理 1 0 0 2 へ返され、次の処理 2 0 1 2 で一連の処理が終了し、元の処理 (図 4 に示す出発時機情報作成処理の処理 1 0 0 2) に戻る。

40

【 0 0 5 3 】

出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 2 0 0 9 で、未だ出発していない箇所と、出発したが第一地点及び第二地点の両方に到達していない場合の処理を実行する。

指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 は、駅発～回生ブレーキ動作開始時間差と走行時間の関係を持つため、ダイヤの出発時刻と到着時刻の差からダイヤの走行時間を計算し、ダイヤの走行時間に合致する駅間走行時間を持つ指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 の行 (図 3) を検索し、検索した行の出発時刻～回生ブレーキ動作開始時刻の時間差 (d T r e g) と、駅発時刻 (T d e p) から、回生ブレーキ開始時刻 (T r e g) を次の式で計算する。

$$T r e g = T d e p + d T r e g$$

50

【 0 0 5 4 】

出発時機作成機能 2 0 1 は、得られた回生ブレーキ開始時刻を当該列車当該駅間の回生ブレーキ開始時刻として保持する。また、回生ブレーキ開始は、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 の当該行に記載された回生ブレーキ動作開始位置を適用する。

【 0 0 5 5 】

なお、ダイヤの出発時刻と到着時刻の差から求めたダイヤの走行時間と、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 に記された駅間走行時間が完全に合致する行が無い場合、例えばダイヤの走行時間と指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 に記された駅間走行時間のうち最も近い値で代用する、また、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 に記された駅間走行時間の各値でダイヤの走行時間を内挿補間あるいは外挿補間を行い対応するデータを取得する方法を適用してもよい。

10

【 0 0 5 6 】

以上の処理 2 0 0 1 ~ 2 0 1 2 を行うことで、図 4 に示す出発時機情報作成処理の処理 1 0 0 2 は、他列車の駅出発時刻及び位置が図 1 0 に示す回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5 を満たす回生ブレーキ開始時期の列車数を得る。なお、この例では列車 2 B は含まれない。

【 0 0 5 7 】

図 4 のフローチャートに戻り、次に、出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 1 0 0 3 で、延発設定最小単位時間及び延発設定最大時間を取得する。延発設定最小単位時間及び延発設定最大時間は、図 1 5 に示す延発設定データ 2 0 7 として保持している。それぞれの値は、例えば、延発設定最小単位時間が 1 0 秒、延発設定最大時間は 2 分とする。

20

【 0 0 5 8 】

続いて、出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 1 0 0 4 で、全駅間全列車について発時刻の早い順に処理を開始する。そして、対象となる列車について繰り返し処理が行われる。ここでは、図 9 に示す列車ダイヤデータ 2 0 4 より、出発時機作成機能 2 0 1 は、列車 2 B が駅 8 A 番線 6 B に時刻 1 0 : 1 0 : 1 0 に到着する場合の処理を行い、次に、列車 2 A が駅 8 B 番線 6 C に時刻 1 0 : 1 2 : 0 0 に到着する場合の処理を行う。

【 0 0 5 9 】

まず、列車 2 B が駅 8 A 番線 6 B に時刻 1 0 : 1 0 : 1 0 に到着する場合の処理について説明する。

30

出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 1 0 0 5 で、未出発の当該駅間当該列車について現在のダイヤの発時刻及び最小停車時間を取得する。列車 2 B が駅 8 A 番線 6 B に時刻 1 0 : 1 0 : 1 0 に到着する場合のダイヤの発時刻は、図 9 に示す列車ダイヤデータ 2 0 4 より 1 0 : 0 7 : 0 0 である。ここで、最小停車時間は、図 1 6 に示す列車ダイヤ変更条件データ 2 0 8 として保持している。この例では、一律 3 0 秒とする。

【 0 0 6 0 】

次に、出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 1 0 0 6 で、当該駅発当該列車について出発時刻の変更を仮設定する。ここでは、変更の一例として、一定時間を単位に出発時刻を繰り下げる延発を用いる場合について説明する。先の処理 1 0 0 3 から、延発設定最小単位時間として 1 0 秒、延発設定最大時間として 2 分を取得しているため(図 1 5)、延発は、ダイヤで示された時刻に対して、1 0 秒 ~ 1 2 0 秒を 1 0 秒刻みで加算した値となる。

40

【 0 0 6 1 】

これにより、例えば図 9 に示す列車ダイヤデータ 2 0 4 において、列車 2 A の駅 8 A 発時刻 1 0 : 0 8 : 3 0 に延発を設定する場合、出発時機作成機能 2 0 1 は、列車ダイヤデータ 2 0 4 として次の 1 2 条件について順次計算を行うこととなる。

条件 1 : 列車 2 A の駅 8 A 発時刻 = 1 0 : 0 8 : 4 0 (1 0 秒延発)

条件 2 : 列車 2 A の駅 8 A 発時刻 = 1 0 : 0 8 : 5 0 (2 0 秒延発)

~

50

条件 1 2 : 列車 2 A の駅 8 A 発時刻 = 1 0 : 1 0 : 3 0 (1 2 0 秒延発)

【 0 0 6 2 】

出発時機作成機能 2 0 1 は、処理 1 0 0 7 で、出発時刻の変更を仮設定したダイヤを対象に、全駅間全列車の回生ブレーキ動作開始時刻と開始地点位置について、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以下となる列車数を取得する。処理手順は、先の処理 1 0 0 2 の場合と同様に、処理 2 0 0 1 ~ 2 0 1 2 (図 1 4) を実行することであるため、それぞれの手順の説明は省略して、延発による影響箇所についてのみ説明する。

【 0 0 6 3 】

列車 2 A の駅 8 A 発時刻に延発を設定して出発時刻を変更した場合、先の処理 2 0 1 1 の駅出発時刻回生ブレーキ開始時刻差分上限と列車 2 A 駅 8 A 発時刻と列車 2 B 駅 8 B 8 A 間回生ブレーキ動作開始時刻の差分の関係が変化する。例えば、先に説明した条件 1 及び条件 2 の場合、次の関係となる。

条件 1 : 列車 2 A の駅 8 A 発時刻 = 1 0 : 0 8 : 4 0 (1 0 秒延発)

駅出発時刻回生ブレーキ開始時刻差分上限

$$\begin{aligned} &= \text{列車 2 A 駅 8 A 発時刻} - \text{列車 2 B 駅 8 B 8 A 間回生ブレーキ動作開始時刻} \\ &= 1 0 : 0 8 : 4 0 - 1 0 : 0 9 : 1 5 \\ &= 3 5 \text{ 秒} > 3 0 \text{ 秒 (時刻差分上限データ)} \end{aligned}$$

条件 2 : 列車 2 A の駅 8 A 発時刻 = 1 0 : 0 8 : 5 0 (2 0 秒延発)

駅出発時刻回生ブレーキ開始時刻差分上限

$$\begin{aligned} &= \text{列車 2 A 駅 8 A 発時刻} - \text{列車 2 B 駅 8 B 8 A 間回生ブレーキ動作開始時刻} \\ &= 1 0 : 0 8 : 5 0 - 1 0 : 0 9 : 1 5 \\ &= 2 5 \text{ 秒} < 3 0 \text{ 秒 (時刻差分上限データ)} \end{aligned}$$

【 0 0 6 4 】

このように、条件 1 の延発では、列車 2 B の回生ブレーキ動作開始時刻と列車 2 A の駅 8 A 発時刻が図 1 0 に示す指定値 (回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5) を満たさないが、条件 2 の延発ではそれを満たすことになる。

これにより、条件 1 の延発を設定した場合は、他列車の駅出発時刻及び位置が、図 1 0 に示す回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5 を満たす回生ブレーキ開始時期の列車数に列車 2 B が含まれず、列車数は延発無しの列車ダイヤデータ 2 0 4 における列車数と同じとなる。

【 0 0 6 5 】

次に、条件 2 の延発を設定した場合は、他列車の駅出発時刻及び位置が、図 1 0 に示す回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5 を満たす回生ブレーキ開始時期の列車数に列車 2 B が含まれることになり、列車数は延発無しの列車ダイヤデータ 2 0 4 における列車数 + 1 となる。

【 0 0 6 6 】

なお、出発時刻の変更として延発を設定した場合、延発を設定した列車の次駅の到着時刻以降の発車時刻も影響を受けることになる。例えば、条件 1 で 1 0 秒の延発を設定した場合、延発を設定した列車 2 A の駅 8 A 番線 6 A の出発時刻が 1 0 秒遅くなり、以降の駅 8 B 番線 6 C に到着する時刻も、延発無しの列車ダイヤデータ 2 0 4 に記された 1 0 : 1 2 : 0 0 より 1 0 秒遅くなる。以降の図示していない駅 8 B 番線 6 C の出発時刻も影響を受けるが、出発時刻の設定は延発無しの列車ダイヤデータ 2 0 4 に記された到着時刻と出発時刻の差分だけでなく、例えば公知の方法として列車ダイヤ変更条件データ 2 0 8 (図 1 6) に保持する最小停車時間より大きい値とすることが知られている。延発を設定した場合の以降の列車ダイヤの到着時刻及び出発時刻の計算には、最小停車時間の考慮など公知の方法を適用すればよい。

【 0 0 6 7 】

また、ダイヤ変更により列車の遅れが波及して回復しない状態となる場合がある。この場合は、例えば、延発無しの列車ダイヤデータ 2 0 4 における各列車が終着駅に到着する時刻に対して、延発などのダイヤ変更を行った列車ダイヤデータ 2 0 4 における各列車が

10

20

30

40

50

終着駅に到着する時刻が遅くなる列車の数を求め、求めた数が指定数を超える場合として判定される。判定結果が指定数を超えた際は、例えば、当該ダイヤ変更を行った列車ダイヤデータ 204 に対応する前出の他列車の駅出発時刻及び位置が、図 10 に示す回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 205 を満たす回生ブレーキ開始時期となる列車数を、0 に置き換える（リセットする）処理を行う。この処理により、前出の到着時刻が遅くなる列車の数が 0 を含む指定数以下の場合を対象に、ダイヤ変更を行うことができる。

【0068】

出発時機作成機能 201 は、処理 1008 で、先の処理 1007 で取得した列車数、つまり延発を仮設定したダイヤにおける全駅間全列車の回生ブレーキ動作開始時刻と開始地点位置について、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以下となる列車数が、先の処理 1002 で取得した現在のダイヤでの列車数より大きいかなかを判定する。

10

【0069】

出発時機作成機能 201 は、大きくない場合には（NO）、処理 1010 に進み、大きい場合には（YES）、処理 1009 を実行して、延発を仮設定したダイヤを現在のダイヤとして保持した後、処理 1010 に進む。

例えば、先の条件 1 の延発を設定した場合では、取得した列車数は延発無しの列車ダイヤデータ 204 における列車数と同じであるため、処理 1010 に進むことになる。また、先の条件 2 の延発を設定した場合では、取得した列車数は延発無しの列車ダイヤデータ 204 における列車数 + 1 であるため、処理 1009 を行って条件 2 の延発を設定したダイヤを列車ダイヤデータ 204 として保持する。

20

【0070】

これにより、条件 3 以降の処理では、条件 2 の延発を設定した列車ダイヤを対象に判定を行い、条件 2 による列車数より多い場合には、当該条件の延発を設定した列車ダイヤを列車ダイヤデータ 204 として保持することになる。

したがって、処理 1005 で仮設定した延発を持つダイヤと現在のダイヤのうち、全駅間全列車の回生ブレーキ動作開始時刻と開始地点位置について、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以下となる列車数が多いダイヤを現在のダイヤとして保持することができる。

【0071】

30

出発時機作成機能 201 は、処理 1010 で、全駅間全列車について実施したか判定し、全駅間全列車について実施した場合には（YES）、処理 1011 に進み終了する。全駅間全列車について実施していない場合には（NO）、出発時機作成機能 201 は、処理 1004 に戻り、次に発時刻の早い列車と発駅について処理を続ける。

【0072】

以上の処理を行うことで、出発時機作成機能 201 は、全駅間全列車の回生ブレーキ動作開始時刻と開始地点位置について、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以下となる列車数が最も多くなるダイヤと延発の条件を取得することができる。すなわち、この列車数とは、回生ブレーキ動作を開始する時刻と場所が、他の列車が駅を出発する際に一定の時間差及び距離差にある場合の数である。この状態は、回生ブレーキの動作開始による回生電力を、他の列車が駅を出発する際に必要とする電力として消費できることを示している。このように、当該列車数が最大となる列車ダイヤは、回生ブレーキによる電力を最も有効に消費できる状態にあるダイヤとなる。

40

【0073】

また、出発時機作成機能 201 は、取得したダイヤの延発情報を、入出力インタフェース機能 202 を介して表示装置 4A 及び 4B に送る。

表示装置 4A 及び 4B は、入出力インタフェース機能 202 を介して受け取った延発情報を表示する。ここでは、列車 2A に対して、条件 2 の延発つまり駅 8A 番線 6A を 20 秒延発の情報を表示する。そして、列車 2A は、表示装置 4A の指示に従い、駅 8A 番線 6A を 20 秒遅く出発する。

50

【 0 0 7 4 】

以上の処理により、列車 2 A は、8 A 番線 6 A を 2 0 秒遅く出発することになり、列車 2 B の回生ブレーキ動作開始時刻及び開始地点位置に対応した出発を実現する。

これらの結果、列車ダイヤと列車の指定した軌道回路に対する進入時刻を基に回生ブレーキによる電力を最も有効に消費できる状態にあるダイヤと延発の条件を作成することができる。また、列車に延発情報を表示し、列車はその延発情報に従った出発を行うことにより、電力を有効に消費する列車運行管理を実現できる。

【 実施例 2 】

【 0 0 7 5 】

実施例 2 として、列車の第一地点と第二地点が同じ場所である場合について説明する。実施例 2 では、列車の第一地点と第二地点が同じ場所であるため、第一地点と第二地点の間の到達時間差は 0 秒固定となる。これより、ひとつの列車種別と出発駅出発番線と到着駅到着番線の組み合わせについて、回生ブレーキ動作開始時間までの時間差や駅間走行時間はひとつだけ対応することになる。

10

【 0 0 7 6 】

図 2 0 は、実施例 2 の指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 の内容である。第一地点と第二地点が同じ場所であるため、ひとつの列車種別と出発駅出発番線と到着駅到着番線の組み合わせについて、ひとつの検知地点として軌道回路 5 I 進入と、検知地点から回生ブレーキ動作開始時間までの時間差として 1 5 秒を保持する。これ以外の項目は、図 3 に示す実施例 1 の指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 と同じである。

20

実施例 2 における運行管理装置の構成及び運行管理装置が行う処理構成の関係については、図 1 及び図 2 を用いて説明した実施例 1 と同じである。また、図 2 に示す出発時機作成機能 2 0 1 が、図 2 0 に示す指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 を用いて、列車の出発時機情報を作成する処理手順についても、図 4 に示すフローチャートに沿って説明した実施例 1 と同じである。

【 0 0 7 7 】

実施例 2 では、図 4 に示すフローチャートのうち、処理 1 0 0 2 で行う処理の内容が実施例 1 と異なる。実施例 2 における処理 1 0 0 2 で行う処理を、図 2 1 に示すフローチャートを用いて説明する。

30

開始の処理 3 0 0 1 から処理 3 0 0 6 までは、図 1 4 に示す実施例 1 の場合と同じである。各列車について出発駅を出発し且つ到着駅に到着していない場合に（処理 3 0 0 5 の判定で「NO」）、処理 3 0 0 7 において、検知地点に対応する回生ブレーキ開始時刻と駅間走行時間を計算する。図 2 0 に示す指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 より、ひとつの列車種別と出発駅出発番線と到着駅到着番線の組み合わせに対して、回生ブレーキ動作開始時間までの時間差や駅間走行時間はひとつだけ対応するため、回生ブレーキ動作開始時刻と駅間走行時間を計算できる。これ以降の処理 3 0 0 8 から 3 0 1 1 については、図 1 4 に示す実施例 1 の処理 2 0 0 9 から 2 0 1 2 と同じである。

【 0 0 7 8 】

40

以上、実施例 2 として、図 2 0 に示す指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 がひとつの検知地点に対応する情報を持ち、図 2 1 に示すフローチャートに従って、他列車の発時刻と発位置との差分が共に指定値以下となる列車数を取得する処理を行う場合について説明した。以上の結果、実施例 2 の場合においても、列車ダイヤと列車の指定した軌道回路に対する進入時刻を基に、回生ブレーキによる電力を最も有効に消費できる状態にあるダイヤと延発の条件を作成することができる。また、列車に、回生ブレーキ動作開始時刻と列車ダイヤデータの出発時刻との差分である差分時間に基づいて作成された延発情報を表示し、列車はその延発情報に従った出発を行うことにより、電力を有効に消費する列車運行管理を実現できる。

【 実施例 3 】

50

【 0 0 7 9 】

実施例 3 では、列車の地点到達を、軌道回路の進入でなく車上装置の走行距離積算で行う場合の運行管理装置について説明する。

図 5 は、実施例 3 に係る運行管理装置の構成の一例を示す図である。列車 2 A 及び 2 B は、図示していない車上制御装置を有し、走行距離を積算して現在位置を求め、その位置情報を地上側に設置された無線情報伝送装置 1 0 に無線伝送する機能を持つ。この図示していない車上制御装置としては、例えば公知の C B T C 車上装置が該当する。

【 0 0 8 0 】

無線情報伝送装置 1 0 は、列車 2 A 及び 2 B から伝送された各列車の位置情報を運行管理装置 1 に送る機能を持つ。

10

運行管理装置 1 は、実施例 1 では、各列車が第一地点及び第二地点に到達したことを軌道回路の落下扛上情報を用いて判定する手段を用いていた。実施例 3 では、これに代わり、軌道 7 に設定された列車到達判定地点 9 A ~ 9 D の位置情報を保持し、無線情報伝送装置 1 0 から受け取った各列車の位置情報と列車到達判定地点 9 A ~ 9 D を用いて、各列車が列車到達判定地点 9 A ~ 9 D に到達したことを判定する。

これ以外の装置の構成及び機能は、実施例 1 と同じである。

【 0 0 8 1 】

この無線情報伝送装置 1 0 は、演算部 1 0 1、情報インタフェース部 1 0 2、演算データ保持部 1 0 3 及び無線情報インタフェース部 1 0 4 を有する。演算部 1 0 1、情報インタフェース部 1 0 2 及び演算データ保持部 1 0 3 の構成手段については、実施例 1 と同じである。

20

【 0 0 8 2 】

図 6 は、図 5 に示す運行管理装置における処理構成の関係を示す図である。

無線情報伝送装置 1 0 は、無線情報伝送機能 4 0 1 を介して列車 2 A ~ 2 B の位置情報を受け取り、入出力インタフェース機能 3 0 2 を介して列車 2 A ~ 2 B の位置情報を運行管理装置 1 に送る。無線情報伝送機能 4 0 1 及び入出力インタフェース機能 3 0 2 は、それぞれ図 5 の無線情報インタフェース部 1 0 4 及び情報インタフェース部 1 0 2 が該当する。

【 0 0 8 3 】

なお、図 5 の演算部 1 0 1 及び演算データ保持部 1 0 3 は、無線情報伝送機能 4 0 1 及び入出力インタフェース機能 3 0 2 の初期設定及び情報変換を行う。ここで、初期設定及び情報変換は、例えば、公知の無線 L A N 端末が行う電源投入時の初期化処理及び無線信号と有線信号の間での情報変換が該当する。これ以外の各装置が行う処理の関係は、実施例 1 と同じである。

30

【 0 0 8 4 】

運行管理装置 1 において、出発時機作成機能 2 0 1 は、無線情報伝送装置 1 0 より受け取った列車 2 A ~ 2 B の位置情報から、列車が回生ブレーキ動作を開始する時刻と場所を計算し、表示装置 4 A ~ 4 B に出発する時機の情報を出力する。そのために、出発時機作成機能 2 0 1 は、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3、列車ダイヤデータ 2 0 4、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ 2 0 5、駅出発位置データ 2 0 6、延発設定データ 2 0 7 及び列車ダイヤ変更条件データ 2 0 8 を用いる。

40

【 0 0 8 5 】

指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 の作成について、図 1 1 に示す運転曲線、図 1 7 に示す地点情報管理データ 2 0 9 に対応する第一地点及び第二地点の位置及び図 9 に示す列車ダイヤデータ 2 0 4 を用いる手順を説明する。

【 0 0 8 6 】

図 7 に、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 の内容を示す。指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ 2 0 3 は、列車の種別、出発駅と出発番線、到着駅と到着番線、第一地点、第二地点、第一地点 ~ 第二地点到達時

50

間差、第二地点～回生ブレーキ動作時間差、回生ブレーキ動作開始地点位置、駅発～回生ブレーキ動作開始時間差及び駅間走行時間を関連付けて保持する。ここで、第一地点は、地点情報管理データ209（図17）より、列車到達判定地点9Dつまり上り1.789kmに到達した時点、第二地点は、列車到達判定地点9Cつまり上り1.456kmに到達した時点とする。

【0087】

これにより、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203の第一地点及び第二地点の情報は、次の内容となる。

第一地点 = 列車到達判定地点9D = 上り1.789km

第二地点 = 列車到達判定地点9C = 上り1.456km

10

【0088】

以降の処理は、図3に示す実施例1の軌道回路5I進入の代わりに、列車2Bの位置情報が上り1.789kmに到達した時点、軌道回路5H進入の代わりに、列車2Bの位置情報が上り1.456kmに到達した時点を用いること以外、実施例1の場合と同じであるので、処理内容については省略する。また、得られる効果についても、実施例1と同じである。

【実施例4】

【0089】

実施例4は、列車の地点到達と回生ブレーキ動作開始時刻の関係を用いて、列車ダイヤを作成するものである。列車ダイヤを、列車の出発時機を予め他列車の回生ブレーキ動作開始に対応するよう設定する。このように、この列車ダイヤに従って列車が駅を出発し走行することで、回生ブレーキ動作による電力を他列車の走行に用いる列車運行を実現する。

20

【0090】

図18は、実施例4に係るダイヤ作成装置の構成の一例を示す図である。列車ダイヤ作成装置11は、演算部101、情報インタフェース部102及び演算データ保持部103を有する。各部の説明は、実施例1と同じである。

図19は、図18に示す列車ダイヤ作成装置11における処理構成の関係を示す図である。

【0091】

列車ダイヤ作成装置11において、ダイヤ作成機能601は、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ205及び駅出発位置データ206を用いて列車ダイヤデータ204を作成し、入出力インタフェース機能602に接続する図示しないネットワークあるいは記録媒体を介して、図示しない運行管理装置に列車ダイヤデータ204を提供する。

30

【0092】

図18に示す列車ダイヤ作成装置11の構成と対比すると、入出力インタフェース機能602は情報インタフェース部102に、ダイヤ作成機能601は演算部101に、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203、列車ダイヤデータ204、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ205及び駅出発位置データ206は演算データ保持部103に、それぞれ対応する。

40

【0093】

列車ダイヤ作成装置11が保持する指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203は、図11に示す運転曲線を用いて作成した情報である。図11に示す運転曲線は、標準運転曲線501を含み、この作成方法は実施例1の場合と同じである。

また、図11に示す運転曲線は、駅間における列車の位置と速度の関係を示しているため、駅出発位置データ206を用いることで、例えば駅8Bから駅8Aに走行する際に要する時間を計算することができる。

【0094】

これにより、ダイヤ作成機能601は、標準運転曲線501を含む図11に示す運転曲

50

線に従って、列車2が任意の駅間を走行した場合に要する走行時間と、実施例1の手順に従い回生ブレーキ動作開始地点から駅到着までに要する走行時間を対応付けることができる。

【0095】

ダイヤ作成機能601は、列車ダイヤデータ204を作成する際に、一の列車の駅出発時刻を設定すると、駅間の走行時間を加算して次の駅の到着時刻を設定することになる。ここで、図11に示す運転曲線に対応する走行時間に対応する回生ブレーキ動作開始地点から駅到着までに要する時間を用いて、次の駅に到着する手前で回生ブレーキ動作を開始する時刻(回生ブレーキ動作開始時刻)を計算できる。

【0096】

次に、ダイヤ作成機能601は、この計算した回生ブレーキ動作開始時刻を用いて他の列車の出発時刻を設定する。この際に、他の列車が出発する駅位置と図3に示す一の列車の回生ブレーキ動作開始位置の差分が、図10に示す回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ205の条件を満たす場合において、他の列車の駅出発時刻と一の列車の回生ブレーキ動作開始時刻との時刻差分が、図10に示す回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ205の条件を満たすように、他の列車の駅出発時刻を設定する。このようにして、駅を出発する列車が、作成したダイヤに従って出発することにより、他列車の回生ブレーキ動作による電力を消費することができる。

【0097】

この結果、指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ203、回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ205及び駅出発位置データ206を用いて列車ダイヤデータ204を作成することにより、ダイヤに従って列車が駅を出発し走行する際に、回生ブレーキ動作による電力を他列車の走行に有効に使用する列車運行が実現できる。

【0098】

なお、本発明は、上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は、本発明を分かりやす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、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。そしてまた、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0099】

更に、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能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)等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

【符号の説明】

【0100】

1 運行管理装置、2(2A~2B) 列車、3 列車在線管理装置、
4(4A~4B) 表示装置、5(5A~5J) 軌道回路、6(6A~6D) 番線、
7 軌道、8(8A~8B) 駅、9(9A~9D) 列車到達判定地点、10 無線情報伝送装置、11 列車ダイヤ作成装置、101 演算部、102 情報インタフェース部、103 演算データ保持部、104 無線情報インタフェース部、201 出発時刻作成機能、202、302、602 入出力インタフェース機能、203 指定位置列車通過時刻回生ブレーキ動作開始時刻差分データ、204 列車ダイヤデータ、205 回生ブレーキ動作開始時刻位置駅発時刻位置差分上限データ、206 駅出発位置データ、207 延発設定データ、208 列車ダイヤ変更条件データ、209 地点情報管理デ

10

20

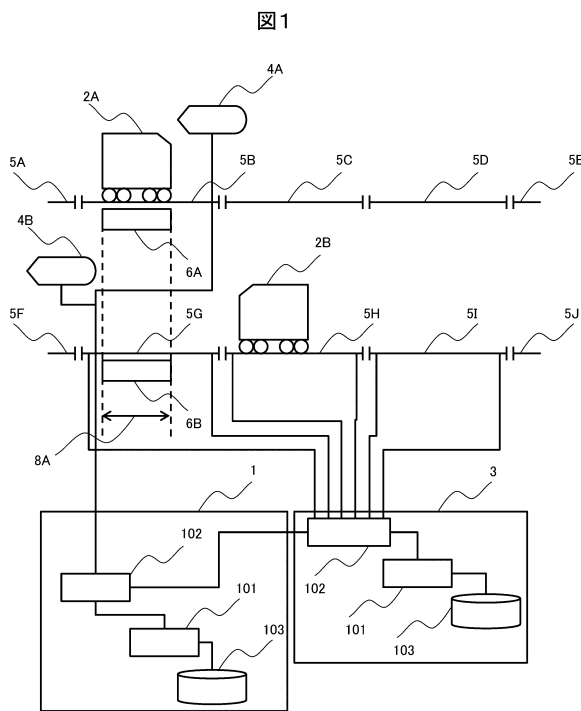
30

40

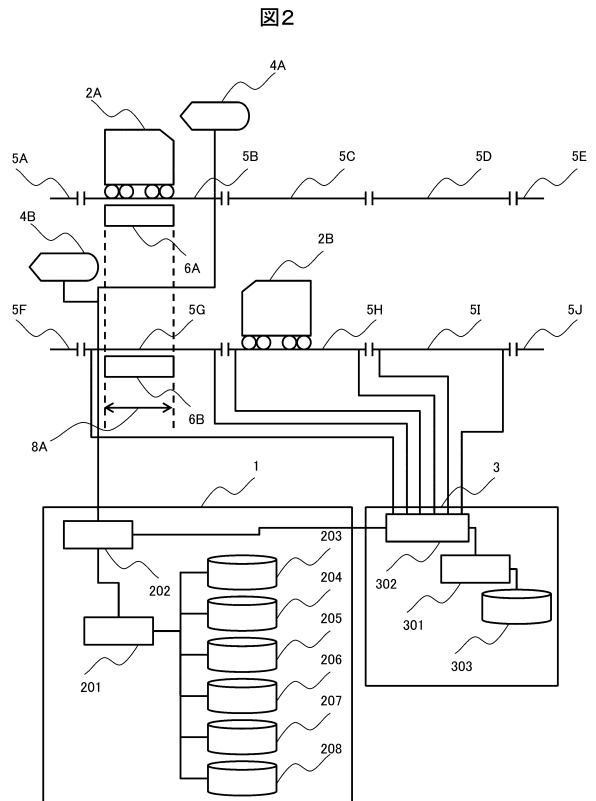
50

ータ、301 落下扛上判定機能、303 判定時素データ、401 無線情報伝送機能、501 標準運転曲線、502(502A~502B) 運転曲線、503、503A、503B 回生ブレーキ動作開始地点位置、601 ダイヤ作成機能

【図1】



【図2】



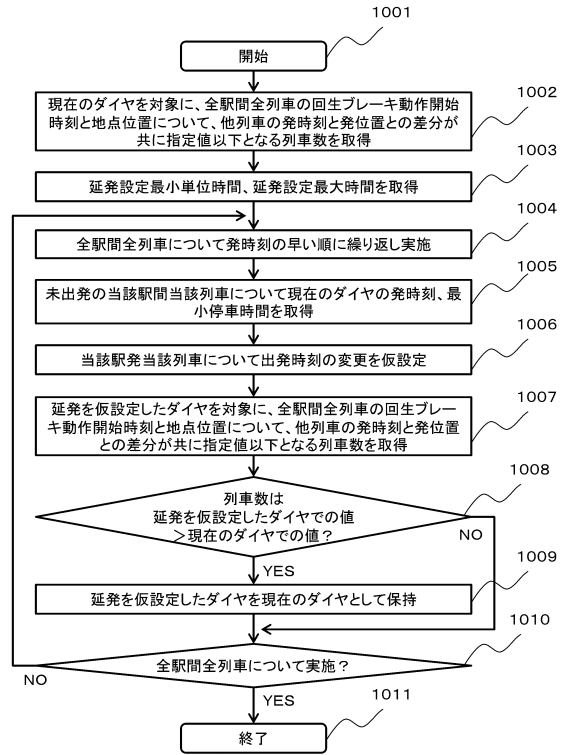
【図3】

図3

列車種別	出発駅 出発番線	到着駅 到着番線	第一地点	第二地点	地点1~2 到達時間差	地点2 ~回生 ブレーキ動作 開始時間差	回生ブ レーキ 動作開始 地点位置	駅発~ 回生ブ レーキ 動作開始 時間差	駅間 走行 時間
各駅停車	駅8B 番線 6D	駅8A 番線 6B	軌道 回路 5I 進入	軌道 回路 5H 進入	30 秒	15秒	上り 1.345 KM	2分	3分
各駅停車	駅8B 番線 6D	駅8A 番線 6B	軌道 回路 5I 進入	軌道 回路 5H 進入	35 秒	20秒	上り 1.234 KM	2分 15秒	3分 20秒
各駅停車	駅8B 番線 6D	駅8A 番線 6B	軌道 回路 5I 進入	軌道 回路 5H 進入	45 秒	25秒	上り 1.111 KM	3分 15秒	3分 40秒

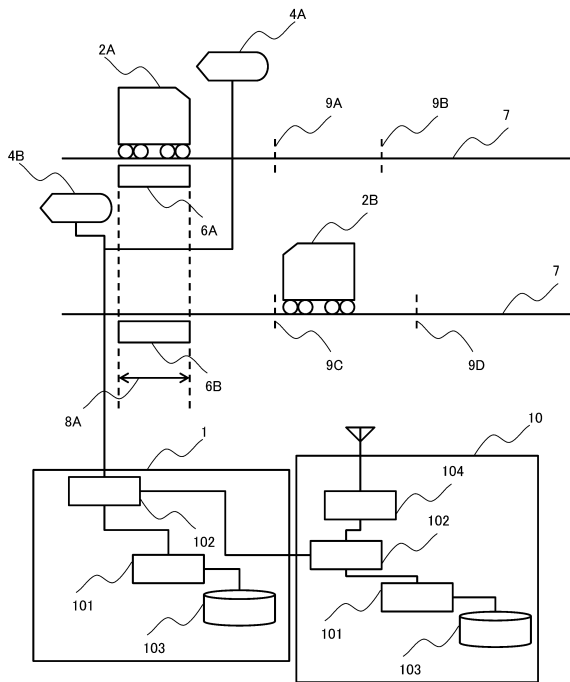
【図4】

図4



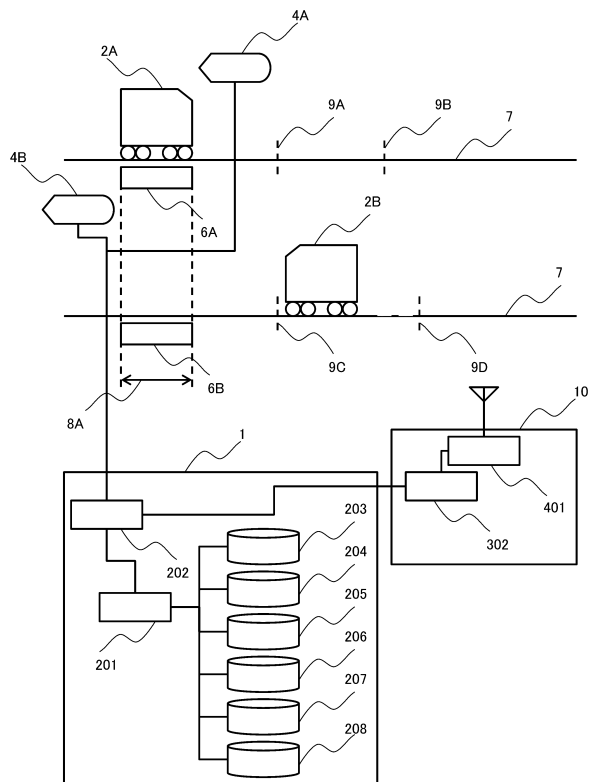
【図5】

図5



【図6】

図6



【図7】

図7

列車種別	出発駅 出発番線	到着駅 到着番線	第一地点	第二地点	地点1～2到達時間差	地点2～回生ブレーキ動作開始地点位置	回生ブレーキ動作開始地点位置	駅発～回生ブレーキ動作開始時間差	駅間走行時間
各駅停車	駅8B 番線6D	駅8A 番線6B	上り 1.789 km	上り 1.456 km	30 秒	15秒	上り 1.34 5km	2分	3分
各駅停車	駅8B 番線6D	駅8A 番線6B	上り 1.789 km	上り 1.456 km	35 秒	20秒	上り 1.23 4km	2分 15秒	3分 20秒
各駅停車	駅8B 番線6D	駅8A 番線6B	上り 1.789 km	上り 1.456 km	45 秒	25秒	上り 1.11 1km	3分 15秒	3分 40秒

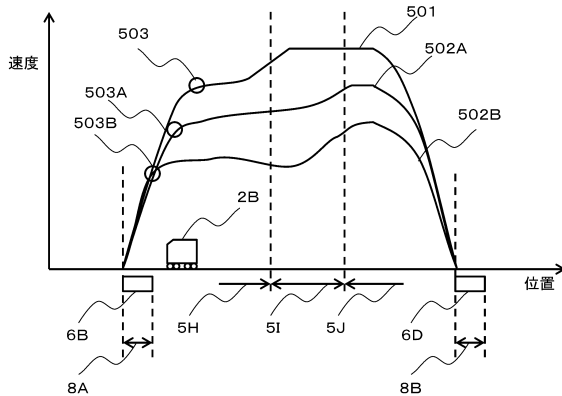
【図8】

図8

軌道回路名	落下判定時素	扛上判定時素
軌道回路5H	5秒	10秒
軌道回路5I	7秒	15秒

【図11】

図11



【図9】

図9

列車種別	列車番号	出発対象駅	出発番線	対象駅 出発時刻	到着対象駅	到着番線	対象駅 到着時刻
各駅停車	列車2A	駅8A	番線6A	10:08:30	駅8B	番線6C	10:12:00
各駅停車	列車2B	駅8B	番線6D	10:07:00	駅8A	番線6B	10:10:10

【図10】

図10

情報名	設定値
駅出発時刻回生ブレーキ開始時刻差分上限	30秒
駅出発位置回生ブレーキ開始位置差分上限	3.5km

【図12】

図12

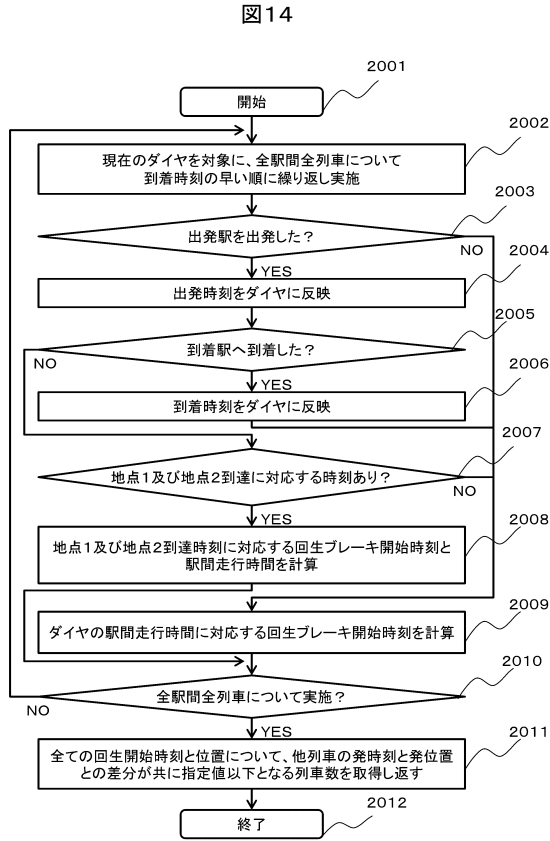
駅名	番線	運転方向	列車先頭位置
駅8A	番線6A	下り	1.000km
駅8A	番線6B	上り	0.800km
駅8B	番線6C	下り	3.000km
駅8B	番線6D	上り	2.800km

【図13】

図13

軌道回路名	上り方端位置	下り方端位置
軌道回路5H	上り1.100km	上り1.456km
軌道回路5I	上り1.456km	上り1.789km
軌道回路5J	上り1.789km	上り2.012km

【図14】



【図15】

図15

項目	設定値
延発設定最小単位時間	10秒
延発設定最大時間	2分

【図16】

図16

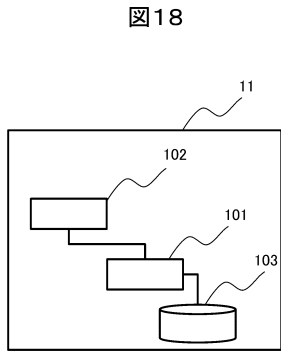
項目	設定値
最小停車時間	30秒

【図17】

図17

運転方向	出発駅 出発番線	到着駅 到着番線	第一地点		第二地点	
			地点名	位置	地点名	位置
上り	駅8B 番線6D	駅8A 番線6B	列車到達判定 地点9D	上り 1.789km	列車到達判定 地点9C	上り 1.456km

【図18】

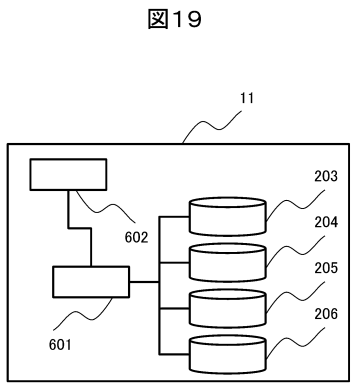


【図20】

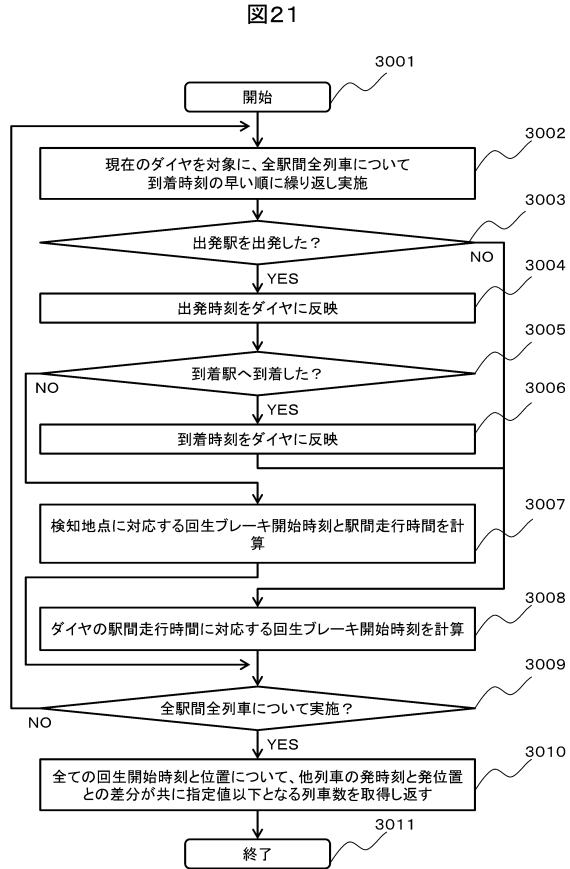
図20

列車種別	出発駅 出発番線	到着駅 到着番線	検知地点	検知地点～回生ブレーキ動作開始時間差	回生ブレーキ動作開始地点位置	駅発～回生ブレーキ動作開始時間差	駅間走行時間
各駅停車	駅8B 番線6D	駅8A 番線6B	軌道回路51 進入	15秒	上り 1.345 KM	2分	3分

【図19】



【図 21】



フロントページの続き

(72)発明者 水津 宏志
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 笹岡 友陽

(56)参考文献 特開昭56-002259(JP,A)
特開2012-046068(JP,A)
特開昭57-182563(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B61L 27/00