

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6802091号  
(P6802091)

(45) 発行日 令和2年12月16日(2020.12.16)

(24) 登録日 令和2年11月30日(2020.11.30)

(51) Int.Cl.

F 1

B61L 27/00 (2006.01)  
B60L 15/40 (2006.01)B61L 27/00  
B60L 15/40L  
A

請求項の数 4 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2017-42396 (P2017-42396)  
 (22) 出願日 平成29年3月7日 (2017.3.7)  
 (65) 公開番号 特開2018-144676 (P2018-144676A)  
 (43) 公開日 平成30年9月20日 (2018.9.20)  
 審査請求日 令和1年11月1日 (2019.11.1)

(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  
 (74) 代理人 110000062  
 特許業務法人第一国際特許事務所  
 (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  
 (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  
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】列車制御システム、列車制御方法および列車の車上装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

地上側が備える最短解放時刻計算部と、  
 列車の車上側または前記地上側が備える目標速度算出部と、  
 前記車上側が備える走行制御装置と  
 を有し、

前記最短解放時刻計算部は、駅の手前に設定される駅進入限界位置で定まるブレーキパターンが消失するに至る最も早い時刻である最短解放時刻を、現在時刻、駅に到着する列車の時間間隔を示す時隔データおよび目標駅までの間に前記列車より前に停車している列車数に基づいて計算し、

前記目標速度算出部は、前記駅進入限界位置、前記列車の現在位置、前記列車の減速度および前記最短解放時刻と現在時刻との差分値から前記列車の目標速度を算出し、

前記走行制御装置は、目標走行パターン、前記列車の現在位置および前記列車の現在速度に基づいて当該現在位置および当該現在速度を当該目標走行パターンに近づけるための第1の走行指令を求め、前記列車の前方を走行する先行列車によって定まる自列車進入限界位置、前記列車の現在位置および前記列車の減速度に基づいて算出したブレーキパターン速度と前記目標速度とから小さい方の速度を追従目標速度として前記列車の現在速度を当該追従目標速度に近づけるための第2の走行指令を求め、前記第1の走行指令および前記第2の走行指令から指令値の小さい方を前記列車の走行指令として決定することを特徴とする列車制御システム。

## 【請求項 2】

地上側が備える最短解放時刻計算部と、  
列車の車上側または前記地上側が備える目標速度算出部と、  
前記車上側が備える運転支援装置と  
を有し、

前記最短解放時刻計算部は、駅の手前に設定される駅進入限界位置で定まるブレーキパターンが消失するに至る最も早い時刻である最短解放時刻を、現在時刻、駅に到着する列車の時間間隔を示す時隔データおよび目標駅までの間に前記列車より前に停車している列車数に基づいて計算し、

前記目標速度算出部は、前記駅進入限界位置、前記列車の現在位置、前記列車の減速度  
および前記最短解放時刻と現在時刻との差分から前記列車の目標速度を算出し、

前記運転支援装置は、前記列車の前記目標速度、現在速度および前記最短解放時刻並びに現在時刻を表示する表示部を有する  
ことを特徴とする列車制御システム。

## 【請求項 3】

列車の速度を制御する列車制御方法であって、

駅の手前に設定される駅進入限界位置で定まるブレーキパターンが消失するに至る最も早い時刻である最短解放時刻を、現在時刻、駅に到着する列車の時間間隔を示す時隔データおよび目標駅までの間に前記列車より前に停車している列車数に基づいて計算し、

前記駅進入限界位置、前記列車の現在位置、前記列車の減速度および前記最短解放時刻と現在時刻との差分値から前記列車の目標速度を算出し、

目標走行パターン、前記列車の現在位置および前記列車の現在速度に基づいて当該現在位置および当該現在速度を当該目標走行パターンに近づけるための第1の走行指令を求める、

前記列車の前方を走行する先行列車によって定まる自列車進入限界位置、前記列車の現在位置および前記列車の減速度に基づいてブレーキパターン速度を算出し、前記ブレーキパターン速度と前記目標速度とから小さい方の速度を追従目標速度として前記列車の現在速度を当該追従目標速度に近づけるための第2の走行指令を求め、

前記第1の走行指令および前記第2の走行指令から指令値の小さい方を前記列車の走行指令として決定する

ことを特徴とする列車制御方法。

## 【請求項 4】

列車の車上装置であって、  
受信部と、  
目標速度算出部と、  
走行決定部または運転支援部と  
を備え、

前記受信部は、地上装置が、現在時刻、駅に到着する列車の時間間隔を示す時隔データおよび目標駅までの間に自列車より前に停車している列車数に基づいて計算した、駅の手前に設定される駅進入限界位置で定まるブレーキパターンが消失するに至る最も早い時刻である最短解放時刻を、当該地上装置から受信し、

前記目標速度算出部は、自列車の、前記駅進入限界位置、現在位置、減速度および前記最短解放時刻から、自列車の目標速度を算出し、

前記走行決定部は、目標走行パターン、自列車の現在位置および自列車の現在速度に基づいて当該現在位置および当該現在速度を当該目標走行パターンに近づけるための第1の走行指令を求める、自列車の前方を走行する先行列車によって定まる自列車進入限界位置、自列車の現在位置および自列車の減速度に基づいて算出したブレーキパターン速度と前記目標速度とから小さい方の速度を追従目標速度として自列車の現在速度を当該追従目標速度に近づけるための第2の走行指令を求める、前記第1の走行指令および前記第2の走行指令から指令値の小さい方を自列車の走行指令として決定し、

10

20

30

40

50

前記運転支援部は、自列車の前記目標速度、現在速度および前記最短解放時刻並びに現在時刻を表示する表示部を有することを特徴とする列車の車上装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、先行列車の遅延により、その後ろを走行する後続列車に対して発生する遅延波及を抑制する列車制御システム、列車制御方法および列車の車上装置に関し、先行列車の出発時刻の遅れの予測が困難な状況において、後続列車の駅間停止を抑制することでエネルギー増大を防止するものである。 10

【背景技術】

【0002】

鉄道システムにおいて、同一走行路を走行する列車は、列車同士が衝突しないように信号によって制御されていることから、信号を考慮して設計されているダイヤの通りに列車が走行をしている場合には、信号によって後続列車にブレーキがかかる状況はあまり発生しない。

【0003】

しかしながら、ある列車が遅延しダイヤ上の余裕を無くした場合には、その後ろを走行する後続列車に対して、先行列車との衝突を回避するためにブレーキがかかる現象が頻繁に起こり得る。特に、都市部のように高密度に列車が走行している場合には、その更に後ろを走行している後続列車に対してもこの現象が波及することになる。これによって、加減速の増大による消費エネルギーの増加を招くとともに、更に遅延が波及する事態を招くことになる。 20

【0004】

このような事態を解決するための技術として、特許文献1には、地上装置と、地上装置が管理する領域内のすべての列車上にある車上装置とをネットワークにより結んだ地上車上連携システムにおいて、地上装置は、各列車上にある車上装置から列車走行情報を入手し、内部にある処理装置によって該当する後続列車に対する目標情報を作成し、この目標情報を各列車上にある車上装置に送付することにより、当該車上装置は、送付された目標情報を従い走行する方法が記述されている。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-006009号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に記述されている方法は、列車が到着した時刻情報を基に処理をするため、混雑に伴う乗降時間の増加や駆け込み乗車などにより出発時刻に遅延が発生するなど、乗客の動態に依存する出発時刻の遅延に対してまで対応を図ることは、不可能である。このような状況下では、後続列車が先行列車に過剰に接近することとなり、信号によって後続列車にブレーキがかかり駅中間で停車することになる。さらに、その後続列車も同じように過剰に接近することになるため、連鎖的に駅中間で停車することになる。 40

【0007】

このように、先行列車の出発の遅れがその後ろを走行する後続列車に影響を与え、さらに後続する列車へと波及することが起こる。その結果として、平常運転時と比較して消費エネルギーが増大するとともに、列車遅延の波及を招くことになる。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

## 【0008】

本発明に係る列車制御システムは、上記課題を解決するために、地上側が備える最短解放時刻計算部と、列車の車上側または地上側が備える目標速度算出部と、車上側が備える走行制御装置とを有し、最短解放時刻計算部は、駅の手前に設定される駅進入限界位置で定まるブレーキパターンが消失するに至る最も早い時刻である最短解放時刻を、現在時刻、駅に到着する列車の時間間隔を示す時隔データおよび目標駅までの間に列車より前に停車している列車数に基づいて計算し、目標速度算出部は、駅進入限界位置、列車の現在位置、前記列車の減速度および最短解放時刻と現在時刻との差分値から列車の目標速度を算出し、走行制御装置は、目標走行パターンから列車の現在位置および現在速度に基づいて第1の走行指令を求め、列車の前方を走行する先行列車によって定まる自列車進入限界位置、列車の現在位置および列車の減速度に基づいて算出したブレーキパターン速度と目標速度とから小さい方の速度を追従目標速度として列車の速度を当該追従目標速度に近づける第2の走行指令を求め、第1の走行指令および第2の走行指令から小さい方を列車の走行指令として決定することを特徴とする。

10

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、列車の駅間停止を最小限に抑制して回避することが可能となり、平常運転時と比較して消費エネルギーの増大を防ぐとともに、列車遅延の増大や波及を防ぐことが可能となる。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】図1は、本発明の実施例1に係るシステム構成の一例およびデータフローを示す図である。

【図2】図2は、最短解放時刻計算装置が実行する処理のフローチャートを示す図である。

【図3】図3は、自動列車走行装置の内部構成の一例を示す図である。

【図4】図4は、目標速度算出装置が実行する処理のフローチャートを示す図である。

【図5】図5は、走行決定装置の内部構成の一例を示す図である。

【図6】図6は、本発明に係る列車制御を実施した場合の効果を示す図である。

30

【図7】図7は、本発明の実施例2に係るシステム構成の一例およびデータフローを示す図である。

【図8】図8は、列車走行装置の内部構成の一例を示す図である。

【図9】図9は、運転支援装置によって表示される運転支援画面の一構成例を示す図である。

【図10】図10は、本発明の実施例3に係るシステム構成の一例およびデータフローを示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0011】

本発明を実施するための形態として、実施例1～3について、図面を用いて以下に説明する。

40

## 【実施例1】

## 【0012】

図1は、本発明の実施例1に係るシステム構成の一例およびデータフローを示す図である。

地上装置101は、管轄する路線の情報を管理し、管轄する路線を走行する列車102A、102B、102C、…(以下、全てを総称して「列車102」とする)に対して情報を送信する。列車102(102A、102B、102C、…)は、送信された情報を基に自列車を制御する。

## 【0013】

50

また、地上装置 101 は、管轄する路線を走行する列車の発着状況を管理する発着状況管理装置 103、各駅の時隔データ（列車到着の時間間隔を示すデータ）を管理する時隔データベース 104、管轄する路線のダイヤを記録しておくダイヤデータベース 105、発着状況管理装置 103 と時隔データベース 104 とダイヤデータベース 105 からの各情報を入力とする最短解放時刻計算装置 106 および列車 102（102A、102B、102C、…）に情報を送信する地上側送信装置 107 から構成される。

【0014】

ここで、最短解放時刻計算装置 106 は、発着状況管理装置 103、時隔データベース 104 およびダイヤデータベース 105 からの各入力情報を基にして、各列車 102A、102B、102C、…が進入しようとする駅への進入防止を図るブレーキパターンの最短解放時刻 151A、151B、151C、…（以下、全てを総称して「最短解放時刻 151」とする）および各列車の駅進入限界位置 152A、152B、152C、…（以下、全てを総称して「駅進入限界位置 152」とする）を計算する。ここで、この最短解放時刻とは、上記ブレーキパターンが消失するとした場合に、この消失することに至る最も早い時刻を示している。

【0015】

地上側送信装置 107 は、最短解放時刻 151（151A、151B、151C、…）および駅進入限界位置 152（152A、152B、152C、…）の各情報を列車 102（102A、102B、102C、…）に送信する。

【0016】

列車 102（図 1 の下図、参照）は、地上装置 101 から情報を受信する車上側受信装置 108、列車の加減速特性を記録するデータベース 109、現在の列車速度 154 および現在の列車位置 155 を計測する速度計測装置 110 および列車の走行方法を決定する自動列車走行装置 111 から構成される。

【0017】

ここで、車上側受信装置 108 は、地上装置 101 から最短解放時刻 151 および駅進入限界位置 152 を受信するとともに、信号装置（図示せず）から自列車の前方を走行する先行列車との関係で定まる自列車進入限界位置 153 を受信する。

【0018】

速度計測装置 110 は、現在の列車速度 154 および現在の列車速度 154 を積分することで得られる現在の列車位置 155 を計測する。速度計測装置 110 としては、速度発電機や GPSなどを用いてもよい。

【0019】

自動列車走行装置 111 は、最短解放時刻 151、駅進入限界位置 152、自列車進入限界位置 153、現在の列車速度 154、現在の列車位置 155 およびデータベース 109 に記録された加減速特性 156 を基にして、列車の走行方法を決定する。自動列車走行装置 111 が決定した走行方法に従って、列車 102 は自動運転を行う。

【0020】

図 2 は、最短解放時刻計算装置 106 が実行する処理のフローチャートを示す図である。以下、このフローチャートに沿って処理内容を説明する。なお、以下の各ステップでは、最短解放時刻計算装置 106 を「計算装置 106」と簡略して記す。

【0021】

ステップ 201 で、計算装置 106 は、管轄する路線上に存在する列車のリストを抽出し、ステップ 202 に進む。このリストの抽出に際し、ダイヤデータベース 105 を参照して、発着状況管理装置 101 により発着状況に応じた適宜の補正を加える。

【0022】

ステップ 202 で、計算装置 106 は、ステップ 201 で抽出した列車のリストの中から駅間に存在する 1 列車を抽出し、ステップ 203 に進む。

【0023】

ステップ 203 で、計算装置 106 は、ステップ 202 で抽出した列車が向かっている

10

20

30

40

50

駅までの間に、自列車より前に停車している列車数 N を算出し（抽出した列車が向かっている駅に停車している列車も含む）、ステップ 204 に進む。この算出には、ダイヤデータベース 105 および発着状況管理装置 101 を用いる。

【0024】

ステップ 204 で、計算装置 106 は、ステップ 202 で抽出した列車が向かっている駅に停車している他列車が出発遅延しているか否かをチェックする。他列車が停車しかつ出発遅延している場合 (Y) には、ステップ 205 に進む。他方、他列車が停車していない、あるいは他列車が停車していても出発遅延していない場合 (N) には、ステップ 206 に進む。

【0025】

ステップ 205 で、計算装置 106 は、ステップ 203 で抽出した列車数 N を基に、以下の計算式により最短解放時刻を算出し、ステップ 207 に進む。ここで、時隔のデータは、時隔データベース 104 により得る。

$$\text{最短解放時刻} = \text{現在時刻} + \text{時隔} \times \text{列車数} N$$

【0026】

ステップ 206 で、計算装置 106 は、抽出した列車が向かっている駅に到着するまでに、最短解放時刻が一度でも出されている場合には、その中で最も直近に出された最短解放時刻を指令し、ステップ 207 に進む。一度も出されていない場合には、最短解放時刻を指定しない。

【0027】

ステップ 207 で、計算装置 106 は、管轄する路線上に存在する列車のリストから現在の列車を削除し、ステップ 208 に進む。

【0028】

ステップ 208 で、計算装置 106 は、管轄する路線上に存在する列車のリストにまだ列車が存在するか否かをチェックし、存在する (Y) 場合にはステップ 202 に戻り、存在しない (N) 場合には処理を終了する。

【0029】

図 3 は、車上装置 102 が搭載する自動列車走行装置 111 の内部構成の一例を示す図である。

自動列車走行装置 111 は、目標速度 351 を算出する目標速度算出装置 301、目標走行パターン 352 を格納する走行パターンデータベース 302 および走行指令 353 を決定する走行決定装置 303 から構成される。

【0030】

目標速度算出装置 301 は、最短解放時刻 151、駅進入限界位置 152、現在の列車位置 155 および加減速特性 156 を基にして、自列車の目標速度 351 を算出する。

走行パターンデータベース 302 は、(位置、速度) の集合で構成される自列車の目標走行パターン 352 を記憶している。その際には、走行パターンデータベース 302 には、あらかじめ作成した走行パターンおよび走行中に作成した走行パターンの少なくとも一方を格納する。

【0031】

走行決定装置 303 は、自列車進入限界位置 153、現在の列車速度 154、現在の列車位置 155、加減速特性 156、目標速度 351 および自列車の目標走行パターン 352 を基にして、自列車の走行指令 353 を決定する。

【0032】

図 4 は、自動列車走行装置 111 に設ける目標速度算出装置 301 が実行する処理のフローチャートを示す図である。以下に、このフローチャートに沿って処理内容を説明する。なお、以下の各ステップでは、目標速度算出装置 301 を「算出装置 301」と簡略して記す。

【0033】

ステップ 401 で、算出装置 301 は、最短解放時刻 151 (T\_Release) が

10

20

30

40

50

あるかどうかをチェックし、それがある( Y )場合にはステップ 402 に進み、それがない( N )場合には、ステップ 405 に進む。

【0034】

ステップ 402 で、算出装置 301 は、駅進入限界位置 152 ( X\_LMA ) を取得し、ステップ 403 に進む。

【0035】

ステップ 403 で、算出装置 301 は、加減速特性 156 を基にして列車の減速度 ( [ m / s / s ] ) を取得し、ステップ 404 に進む。

【0036】

ステップ 404 で、算出装置 301 は、列車の現在位置 155 ( X [ m ] ) 、ステップ 402 で取得した駅進入限界位置 152 ( X\_LMA [ m ] ) 、ステップ 403 で取得した列車の減速度 ( [ m / s / s ] ) および最短解放時刻 151 ( T\_Release ) と現在時刻 T との差分値 ( T [ s ] ) から、以下の式を用いて目標速度 351 ( V [ km / h ] ) を算出し、処理を終了する。

$$V = \{ - T + ( T^2 + 2 / \times | X_LMA - X | )^{1/2} \} \times \times 3.6$$

【0037】

他方、ステップ 405 で、算出装置 301 は、列車の最高速度を目標速度 351 に設定し、処理を終了する。

【0038】

図 5 は、自動列車走行装置 111 に設ける走行決定装置 303 の内部構成の一例を示す図である。

走行決定装置 303 は、第 1 の走行指令 551 を決定する走行追従制御部 501 、信号速度 552 を算出する信号速度算出部 502 、第 2 の走行指令 554 を決定する目標速度制御部 504 および比較処理部 503 並びに 505 から構成される。

【0039】

走行追従制御部 501 は、現在の列車速度 154 、現在の列車位置 155 および目標走行パターン 352 を基にして、現在の列車速度 154 および現在の列車位置 155 を目標走行パターン 352 に近づけるように、第 1 の走行指令 551 を決定する。

【0040】

信号速度算出部 502 は、自列車進入限界位置 153 、現在の列車位置 155 および加減速特性 156 を基にして、現在の列車位置における自列車のブレーキパターン速度に相当する信号速度 552 を算出する。

【0041】

比較処理部 503 は、信号速度 552 と目標速度 351 の小さい方の数値を追従目標速度 553 として出力する。

目標速度制御部 504 は、現在の列車速度 154 を追従目標速度 553 に近づけるように、第 2 の走行指令 554 を決定する。

【0042】

比較処理部 505 は、第 1 の走行指令 551 と第 2 の走行指令 554 の小さい方の指令値を自列車の走行指令 353 として出力する。

【0043】

なお、走行追従制御部 501 からの第 1 の走行指令 551 の決定方法および目標速度制御機能 504 からの第 2 の走行指令 554 の決定方法は、公知の手法を用いてもよく、例えば、目標速度と現在速度の偏差による比例制御などを用いればよい。

【0044】

また、信号速度算出部 502 の信号速度 552 の算出方法には、信号速度 552 を  $V_{ATP}$  [ km / h ] 、自列車進入限界位置 153 を  $Y_LMA$  [ m ] 、現在の列車位置 155 を  $X$  [ m ] 、加減速特性 156 で定まる列車の減速度を [ m / s / s ] とした場合に、以下の式を用いる。

$$V_{ATP} = ( 2 \times \times | Y_LMA - X | )^{1/2} \times 3.6$$

10

20

30

40

50

## 【0045】

図6は、本発明に係る列車制御を実施した場合の効果を示す図である。

時刻T0の時点で、駅Bに列車1が停車し、駅Aから駅Bに向かって列車2、その後を列車3が走行している状態を想定する。この後、列車1が駅Bで出発遅延した際に、本発明に係る制御を適用した場合に得られる効果を説明する。

## 【0046】

図6において、左側の図（以下、「図6左図」という）は、横軸を速度、縦軸を位置とし、列車3に対して、本発明に係る制御を適用した場合の走行の軌跡（速度変化）を示している。右側の図（以下、「図6右図」という）は、横軸を時刻、縦軸を位置とし、列車1、列車2および列車3それぞれの時々刻々の位置を示している。

10

## 【0047】

以下では、図2および図4に示す処理フロー並びに図5に示す構成による走行指令を決定する制御態様に沿って、図6右図を中心にして効果を説明する。

## 【0048】

## (1) 時刻T0まで

時刻T0までは、列車1に出発遅延がない状態である。このため、時刻T0までは、列車2および列車3に対して、図2に示す最短解放時刻計算装置106の処理フローでは、いずれもステップ201 202 203 204(N) 206 207 208と処理は進み、最短解放時刻は指定されない（ステップ206では、直近に出された最短解放時刻がないため、指定されない）。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車2に対してはN=1、列車3に対してはN=2となる。

20

## 【0049】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、列車2および列車3に対して、いずれもステップ401(N) 405と処理は進み、目標速度は列車最高速度の設定となる。

## 【0050】

さらに、図5に示す制御態様を実施することにより、列車2および列車3の走行指令が確定する。列車2（走行パターンを図示せず）については、図6右図に示す時刻-位置の軌跡から、時刻T0の時点で向かっている駅の進入限界位置近くまで到達している。しかし、時刻T0の時点では駅の進入限界位置から発生するブレーキパターンに抵触することなく、かつ先行する列車1に出発遅延が発生していないことから、駅Bへの停車に向けて走行する。列車2に後続する列車3は、目標速度に向けて加速する。

30

## 【0051】

## (2) 時刻T1

時刻T1の時点で、列車1には出発遅延が発生する。この時、列車2および列車3に対して、図2に示す最短解放時刻計算装置106の処理フローでは、いずれもステップ201 202 203 204(Y) 205 207 208と進み、それぞれの最短開放時刻T021およびT031が算出される。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車2に対してはN=1、列車3に対してはN=2となる。

40

## 【0052】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、列車2および列車3に対して、いずれもステップ401(Y) 402 403 404と進み、それぞれの目標速度VO21およびVO31が算出される。

## 【0053】

この目標速度VO21およびVO31に従って、列車2および列車3は、図5に示す制御態様を行う。列車2（走行パターンを図示せず）については、図6右図に示す時刻-位置の軌跡から、時刻T1の時点で、向かっている駅の進入限界位置から発生するブレーキパターンPT3に抵触することになり、制動状態となる。

## 【0054】

一方、列車3については、向かっている駅の進入限界および先行する列車2によって定

50

まる自列車の進入限界 P 1 で定まるブレーキパターン P T 1 までは距離があることから、目標速度 V O 3 1 に応じて制御することになる。なお、目標速度 V O 3 1 が現在速度よりも大きいため、列車 3 は加速状態（図 6 左図）となる。

【 0 0 5 5 】

（ 3 ）時刻 T 1 ~ T 2

時刻 T 1 から T 2 へ進むと、列車 2 は駅進入限界位置に停車することになる。目標速度 V O 2 1 は、列車 2 が進入限界位置に到達したため 0 となる。このため、制動の指令が出されたままとなる。以下、列車 2 については、時刻 T 4 までは同じ挙動となるため、時刻 T 4 までは触れない。

【 0 0 5 6 】

10

一方、列車 3 の目標速度 V O 3 1 は、現在速度に近づく方向ではあるが、現在速度よりも高い値となっている。また、先行する列車 2 によって定まる自列車の進入限界 P 2 で定まるブレーキパターン P T 2 までは距離があることから、目標速度 V O 3 1 に応じて制御することになる。このため、列車 3 は引き続き加速する（図 6 左図）。

【 0 0 5 7 】

（ 4 ）時刻 T 2

時刻 T 2 の時点で、列車 3 は、X 2 の位置に到達し、速度 V 2 となる。列車 3 に対して、図 2 に示す最短解放時刻計算装置 1 0 6 の処理フローでは、ステップ 2 0 1 2 0 2 2 0 3 2 0 4 ( Y ) 2 0 5 2 0 7 2 0 8 と進み、最短開放時刻 T O 3 2 が算出される。なお、ステップ 2 0 3 で抽出される N は、列車 2 に対しては N = 1 、列車 3 に対しては N = 2 となる。

20

【 0 0 5 8 】

また、図 4 に示す目標速度算出装置 3 0 1 の処理フローでは、ステップ 4 0 1 ( Y ) 4 0 2 4 0 3 4 0 4 と進み、目標速度 V O 3 2 が算出される。また、先行する列車 2 によって定まる自列車の進入限界 P 2 で定まるブレーキパターン P T 2 までは距離があることから、目標速度 V O 3 2 に応じて制御することになる。この目標速度 V O 3 2 が、現在の速度 V 2 と一致するため、列車 3 は現在の速度 V 2 を保つように動作する。

【 0 0 5 9 】

（ 5 ）時刻 T 3

時刻 T 3 の時点で、列車 3 は、X 3 の位置に到達し、速度 V 3 となる。列車 3 に対して、図 2 に示す最短開放時刻計算装置 1 0 6 の処理フローでは、ステップ 2 0 1 2 0 2 2 0 3 2 0 4 ( Y ) 2 0 5 2 0 7 2 0 8 と進み、最短開放時刻 T O 3 3 が算出される。なお、ステップ 2 0 3 で抽出される N は、列車 2 に対しては N = 1 、列車 3 に対しては N = 2 となる。

30

【 0 0 6 0 】

また、図 4 に示す目標速度算出装置 3 0 1 の処理フローでは、ステップ 4 0 1 ( Y ) 4 0 2 4 0 3 4 0 4 と進み、目標速度 V O 3 3 が算出される。また、先行する列車 2 によって定まる自列車の進入限界 P 2 で定まるブレーキパターン P T 2 までは距離があることから、目標速度 V O 3 3 に応じて制御することになる。目標速度 V O 3 3 は、現在速度 V 3 よりも低いため、列車 3 は目標速度 V O 3 3 となるように減速する（図 6 左図）。

40

【 0 0 6 1 】

（ 6 ）時刻 T 3 ~ T 4

時刻 T 3 から T 4 へと進むに従い、列車 3 の目標速度 V O 3 3 は、現在の速度よりも低くなる値が算出される。また、先行する列車 2 によって定まる自列車の進入限界 P 2 で定まるブレーキパターン P T 2 までは依然距離があることから、目標速度 V O 3 3 に応じて制御することになる。すなわち、列車 3 は目標速度 V O 3 3 になるように減速する（図 6 左図）。

【 0 0 6 2 】

（ 7 ）時刻 T 4

時刻 T 4 になると、駅 B に停車していた列車 1 が出発する。列車 2 および列車 3 に対し

50

て、図2に示す最短解放時刻計算装置106の処理フローでは、いずれもステップ201  
202 203 204(Y) 205 207 208と進み、それぞれの最短開放時刻TO24およびTO34が算出される。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車2に対してはN=1、列車3に対してはN=2となる。

#### 【0063】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、列車2および列車3に対していずれもステップ401(Y) 402 403 404と進み、目標速度VO24およびVO34が算出される。この目標速度VO24およびVO34に従って、列車2および列車3は走行制御を行う。但し、列車2に対する目標速度VO24はまだ0であるため、列車2は停車状態を維持する。

10

#### 【0064】

一方、列車3は、X4の位置に到達しているものの、先行する列車2によって定まる自列車の進入限界P2で定まるブレーキパターンPT2までは依然距離があることから、目標速度VO34に応じて制御することになる。列車3は、現在の速度がV4となっているが、目標速度VO34は現在の速度V4よりも低いため、目標速度VO34となるように減速する(図6左図)。

#### 【0065】

##### (8) 時刻T5

時刻T5は、列車1が駅Bから出発し終えた時刻である。列車2および列車3に対して、図2に示す最短開放時刻計算装置106の処理フローでは、いずれもステップ201  
202 203 204(Y) 206 207 208と進み、それぞれの最短開放時刻は、この直近に出力されていたTO24およびTO34が算出される。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車2に対してはN=0、列車3に対してはN=1となる。

20

#### 【0066】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、列車2および列車3に対していずれもステップ401(Y) 402 403 404と進み、最短開放時刻のTO24およびTO34並びにそれぞれの駅進入限界位置も変化していないことから、目標速度VO24およびVO34が算出される。この目標速度VO24およびVO34に従って、列車2および列車3は走行制御を行う。但し、列車2に対する目標速度VO24はまだ0であるため、列車2は停車状態を維持する。

30

#### 【0067】

一方、列車3は、X5の位置に到達しているものの、先行する列車2によって定まる自列車の進入限界P2で定まるブレーキパターンPT2までは依然距離があることから、目標速度VO34に応じて制御することになる。列車3は、現在の速度V5(=目標速度VO34)となっているため、目標速度VO34を維持するように走行する(図6左図)。

#### 【0068】

##### (9) 時刻T5～T6

時刻T5からT6へと進んでいる間、列車2および列車3の目標速度は、それぞれの最短開放時刻および駅進入限界位置が変動しないことから、それぞれの目標速度は、時刻T5で算出したVO24(=0)およびVO34から変動しない。すなわち、列車2は停車状態を維持する。

40

#### 【0069】

また、列車3は、X5からX6の位置に移動するが、先行する列車2によって定まる自列車の進入限界P2で定まるブレーキパターンPT2までは依然距離があることから、目標速度VO34に応じて制御することになる。すなわち、列車3は、速度V5(=目標速度VO34)となっているため、目標速度VO34を維持するように走行する(図6左図)。

#### 【0070】

##### (10) 時刻T6

時刻T6は、列車1による駅進入防止が解除された時刻である。列車2および列車3に

50

対して、図2に示す最短解放時刻計算装置106の処理フローでは、いずれもステップ201 202 203 204(Y) 206 207 208と進み、それぞれの最短開放時刻は、この直近に出力されていたTO24およびTO34が算出される。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車2に対してはN=0、列車3に対してはN=1となる。

#### 【0071】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、列車2および列車3に対していずれもステップ401(Y) 402 403 404と進み、列車2については最短開放時刻がTO24であるところ、駅Bまで進入可能となつたため、0を超える目標速度VO26が算出され、列車2は再加速を始め駅Bに向かう。後続する列車3については、最短開放時刻がTO34であり駅進入限界位置は変化しないため、目標速度はVO34のまま変化しない。10

#### 【0072】

また、列車3は、X6の位置に到達しているものの、先行する列車2によって定まる自列車の進入限界P2で定まるブレーキパターンPT2までは依然距離があることから、目標速度VO34に応じて制御することになる。すなわち、列車3は、速度V5(=目標速度VO34)となっているため、目標速度VO34を維持するように走行する(図6左図)。

#### 【0073】

##### (11) 時刻T6～T7

時刻T6からT7へと進んでいる間、列車2および列車3に対して、図2に示す最短開放時刻計算装置106の処理フローでは、いずれもステップ201 202 203 204(Y) 206 207 208と進む。その結果、列車2および列車3の最短開放時刻は、この直近に出力されていたTO24およびTO34が算出される。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車2に対してはN=0、列車3に対してはN=1となる。20

#### 【0074】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、列車2および列車3に対して、いずれもステップ401(Y) 402 403 404と進む。列車2については、最短開放時刻がTO24であるところ、駅進入限界位置が駅Bに変化しているため、0を超える目標速度VO27が算出されるとともに、駅Bに近づいているため停車に向けた制御を行う。列車3については、最短開放時刻がTO34であり、進入限界は変化しないため、目標速度はVO34のまま変化しない。30

#### 【0075】

さらに、列車3は、位置がX6からX7に移動するものの、走行中の先行する列車2によって定まる自列車の進入限界P2で定まるブレーキパターンPT2まで、また、先行する列車2が駅Bに停車後は駅進入限界位置で定まるブレーキパターンPT3までは、距離があることから、目標速度VO34に応じて制御することになる。すなわち、列車3は、速度V5(=目標速度VO34)となっているため、目標速度VO34を維持するように走行する(図6左図)。

#### 【0076】

##### (12) 時刻T7

時刻T7は、列車2が出発する時刻である。列車3に対して、図2に示す最短開放時刻計算装置106の処理フローでは、ステップ201 202 203 204(Y) 206 207 208と進み、最短開放時刻は直近で出力されたTO34が算出される。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車3に対してN=0となる。40

#### 【0077】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、列車3に対してステップ401(Y) 402 403 404と進み、最短開放時刻がTO34であり進入限界は変化しないため、目標速度はVO34のまま変化しない。

#### 【0078】

10

20

30

40

50

一方、列車3は、X7の位置に到達するものの、先行する列車2によって定まる自列車の進入限界が駅進入限界位置と同値であり、駅進入限界位置で定まるブレーキパターンPT3までは距離があることから、目標速度VO34に応じて制御することになる。すなわち、列車3は、速度V5(=目標速度VO34)となっているため、目標速度VO34を維持するように走行する(図6左図)。

【0079】

(13) 時刻T8

時刻T8は、列車3に対して先行する列車2による駅進入防止が解除された時刻である。列車3に対して、図2に示す最短解放時刻計算装置106の処理フローでは、ステップ201 202 203 204(Y) 206 207 208と進み、その結果、最短開放時刻は、この直近に出力されていたTO34が算出される。なお、ステップ203で抽出されるNは、列車3に対してはN=0となる。

10

【0080】

また、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローでは、ステップ401(Y) 402 403 404と進み、最短開放時刻はTO34であるところ、駅Bまで進入可能となったため、これまでの目標速度VO34を超える目標速度VO38が算出される。このため、列車3は再加速を始め、駅Bに向かう。なお、この時点では、列車3はちょうど駅進入限界位置に到達し、無駄な制動をかけることなく走行できていることが理解できる。

20

【0081】

時刻T8以降となれば、列車3は、駅Bに向かって、図6左図に示すような速度パターンによって運行を行う。

【0082】

以上のとおり、本発明に係る制御を実施することにより、先行列車の出発遅延で起こる後続列車の駅間停止を最小限に抑制することが可能となり、消費エネルギーの増大を防ぐことができる。また、進入限界が解除される時点に当該進入限界に到達するように制御することで、遅延の増大や波及を防ぐことが可能となる。

30

【実施例2】

【0083】

図7は、本発明の実施例2に係るシステム構成の一例およびデータフローを示す図である。実施例2では、図7に示すとおり、図1に示す列車102および自動列車走行装置111を、それぞれ列車701および列車走行装置702に置き換えたシステム構成になっている。なお、図1と同じ番号の構成要素については実施例1と同じ内容であるため、以下ではその説明を省略する。

【0084】

図7の下図に示す列車701は、車上側受信装置108、列車の加減速特性を記録するデータベース109、現在の列車速度および速度位置に関する計測装置110および走行方法を決定する列車走行装置702とから構成される。

【0085】

車上側受信装置108は、地上装置101から、最短開放時刻151および駅進入限界位置152を受信するとともに、信号装置(図示せず)から自列車の前方を走行している列車との関係で定まる自列車進入限界位置153を受信する。

40

【0086】

速度計測装置110は、現在の列車速度154および現在の列車速度154を積分することで得られる現在の列車位置155を計測する。

【0087】

列車走行装置702は、最短開放時刻151、駅進入限界位置152、自列車進入限界位置153、現在の列車速度154、現在の列車位置155および加減速特性156を基にして、走行方法を決定する。

【0088】

50

図8は、列車走行装置702の構成の一例を示す図である。列車走行装置702は、図3に示す実施例1の自動列車走行装置111から、走行パターンデータベース302を除くとともに、走行決定装置303を運転支援装置801に置き換えた構成であり、それ以外（目標速度算出装置301）には変更はない。

【0089】

運転支援装置801は、最短解放時刻151、自列車進入限界位置153、現在の列車速度154、現在の列車位置155および目標速度351を基にして、運転支援情報を決定する。運転支援装置801は、表示部を有する構成としてもよい。

図9は、運転支援装置801によって表示される運転支援画面の一構成例を示す図である。

10

【0090】

図示のように、画面の左上部分に、現在時刻、最短解放時刻151、最短解放時刻151と現在時刻との差分である残時間を表示し、画面左側部分に、速度計を表示し、この速度計上に目標速度351および現在の列車速度154を表示する。また、画面右側部分に、横軸を時刻、縦軸を位置とした運転履歴情報および運転目標情報を表示する。これらの情報に関しては、現在の列車位置155と現在時刻を組み合わせることで運転履歴情報を、また、最短解放時刻151と自列車進入限界位置153を組み合わせることで運転目標情報を、それぞれ生成することが可能である。

【0091】

以上のとおり、運転支援装置801が生成する運転支援情報に基づいて運転士が運転することによって、先の図6に示すような列車制御を行うことが可能となる。その結果、実施例2によっても、前述した実施例1と同様の効果を奏することができる。

20

【実施例3】

【0092】

図10は、本発明の実施例3に係るシステム構成の一例およびデータフローを示す図である。先の実施例1と異なる点は、実施例1の列車102の自動列車走行装置111が有する目標速度算出装置301の機能を、実施例3の地上装置1001側に持たせるために、地上装置1001が、実施例1の地上装置101が備える構成に加えて、列車データベース1003、列車位置管理装置1004および目標速度算出装置1005を設けた点である。ただし、実施例3も先の実施例1と同様に、管轄する路線の情報を管理する地上装置1001から、管轄する路線を走行する列車1002A、1002B、1002C、…（以下、全てを総称して「列車1002」とする）に対して情報を送信し、列車1002（1002A、1002B、1002C、…）は、送信された情報を基に自らを制御する形態である。

30

【0093】

地上装置1001が、実施例1の地上装置101から追加した構成要素について、以下に説明する。

列車データベース1003は、管轄する路線を走行する列車に関する加減速特性を記録格納している。

【0094】

列車位置管理装置1004は、管轄する路線を走行する列車に関する列車位置1051をリアルタイムで管理する。

40

【0095】

目標速度算出装置1005は、最短解放時刻151、駅進入限界位置152、ダイヤデータベース105からの情報、列車データベース1003に記録された列車の加減速特性および列車位置管理装置1004からの列車位置1051に基づいて、列車1002（1002A、1002B、1002C、…）の目標速度1052A、1052B、1052C、…（以下、全てを総称して「目標速度1052」とする）を計算する。目標速度算出装置1005からの目標速度1052（1052A、1052B、1052C、…）は、地上側送信装置1006から列車1002（1002A、1002B、1002C、…）

50

に送信される。

【0096】

一方、図10の下図に示す列車1002は、前述のとおり実施例1の目標速度算出装置301を有さない。車上側受信装置108は、地上装置1001から目標速度1052を受信するとともに、信号装置(図示せず)から自列車の前方を走行している列車との関係で定まる自列車進入限界位置153を受信する。

【0097】

列車の加減速特性を記録するデータベース109、現在の列車速度154および現在の列車速度154を積分することで得られる現在の列車位置155を計測する速度計測装置110および(位置、速度)の集合で構成される自列車の目標走行パターン352を記憶する走行パターンデータベース302に関しては、実施例1と同様である。

10

【0098】

走行決定装置1007は、目標走行パターン352、目標速度1052、自列車進入限界位置153、現在の列車速度154、現在の列車位置155および加減速特性156を基にして、走行方法を決定する。

【0099】

列車1002は、走行決定装置1007が決定した走行方法に従って、自動運転により運転を行う。

【0100】

ここで、地上装置1001に設けた目標速度計算機能1005は、図4に示す目標速度算出装置301の処理フローと同じであり、ステップ404で使用する列車の現在位置155(X[m])を列車位置管理装置1004からの列車位置1051に変更すればよい。

20

【0101】

一方、列車1002が有する走行決定装置1007の内部構成は、図5に示す走行決定装置303の目標速度351を、地上装置1001から受信する目標速度1052に変更することとなる。また、自動列車走行装置1007を、実施例2に係る運転支援装置801で代用してもよい。

【0102】

以上のとおり、実施例3においても、先の図6に示すような列車制御を行うことが可能となる。その結果、実施例3によっても、前述した実施例1および実施例2と同様の効果を奏することができる。

30

【符号の説明】

【0103】

101：地上装置、102、102A、102B、102C：列車、

103：発着状況管理装置、104：時隔データベース、105：ダイヤデータベース、

106：最短解放時刻計算装置、107：地上側送信装置、108：車上側受信装置、

109：列車の加減速特性を記録するデータベース、110：速度計測装置、

111：列車走行装置、151：最短解放時刻、152：駅進入限界位置、

153：自列車進入限界位置、154：現在の列車速度、155：現在の列車位置、

40

156：加減速特性、301：目標速度算出装置、302：走行パターンデータベース、

303：走行決定装置、351：目標速度、352：自列車の目標走行パターン、

353：自列車の走行指令、501：走行追従制御部、502：信号速度算出部、

503、505：比較処理部、504：目標速度制御部、

551：第1の走行指令、552：信号速度、553：追従目標速度、554：第2の走行指令、

701、701A、701B、701C：列車、702：列車走行装置、801：運転支援装置、

1001：地上装置、1002、1002A、1002B、1002C：列車、

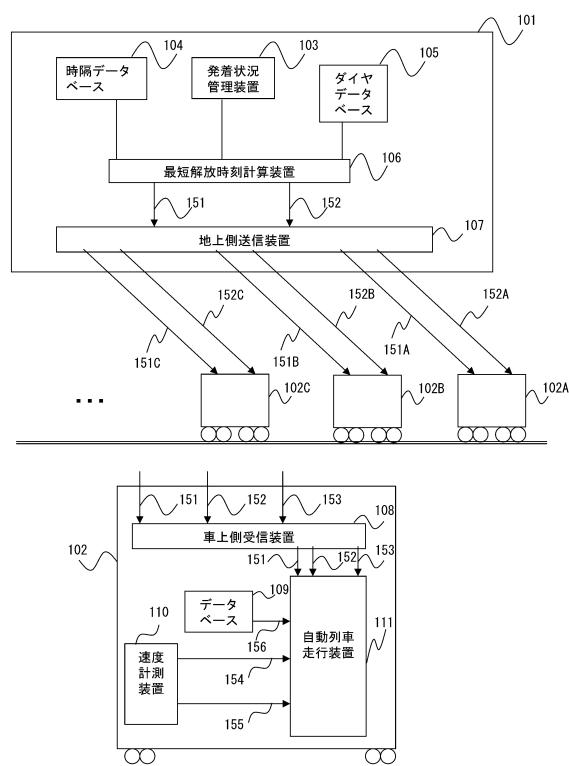
1003：列車データベース、1004：列車位置管理装置、1005：目標速度算出裝

50

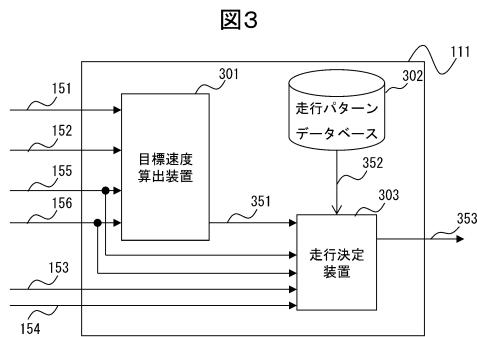
置、1006：地上側送信装置、1007：走行決定装置、  
1051：列車位置、1052, 1052A, 1052B, 1052C：目標速度、

【図1】

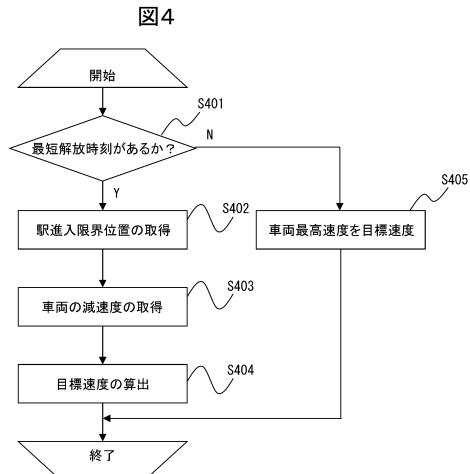
図1



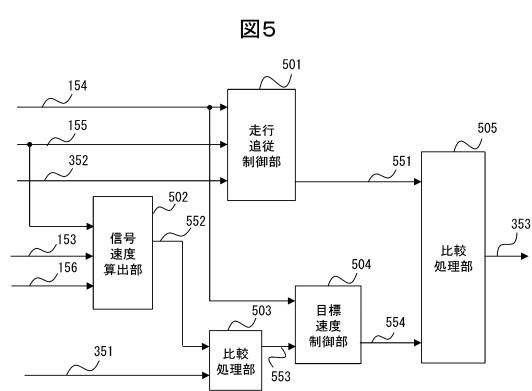
【図3】



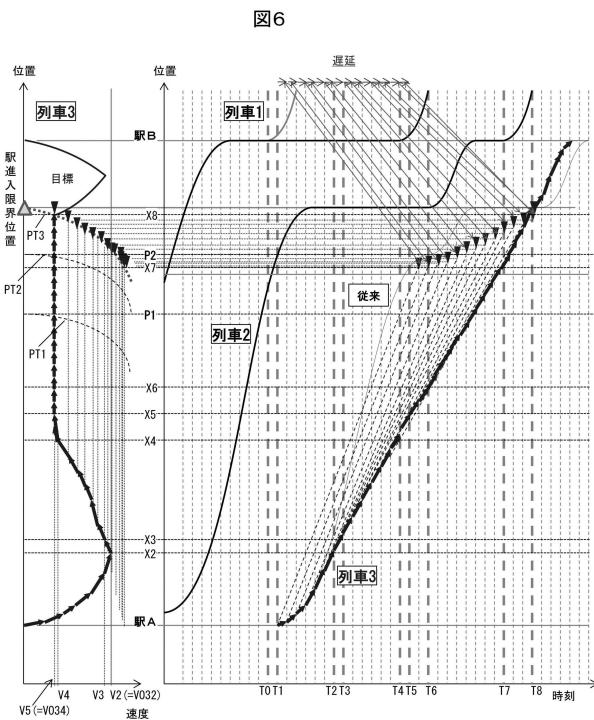
【図4】



【図5】

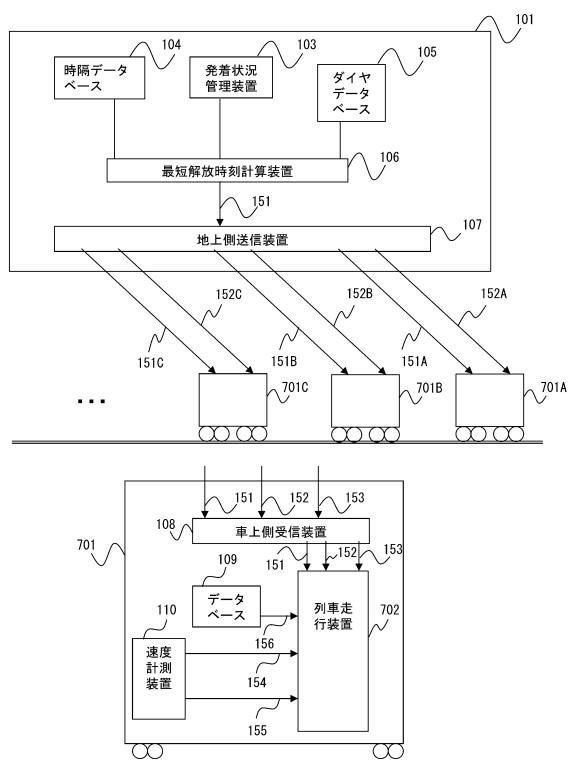


【図6】



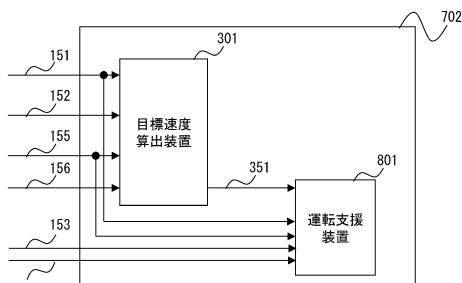
【図7】

図7



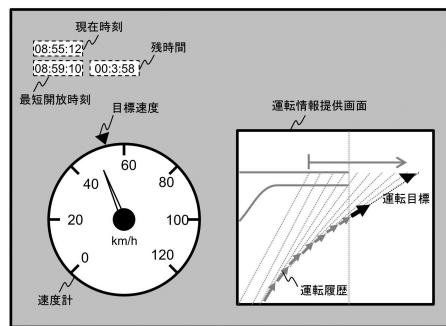
【図8】

図8



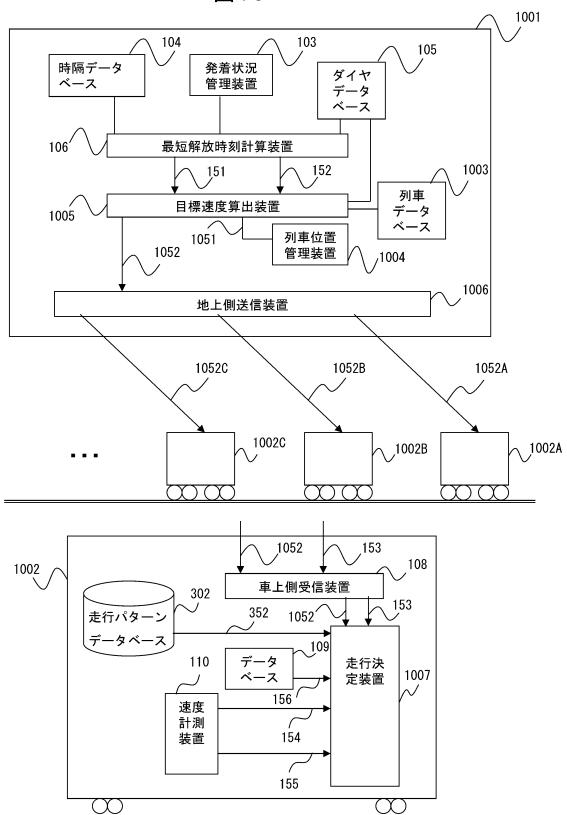
【図9】

図9



【図10】

図10



---

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

(72)発明者 鈴木 一也

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

審査官 笹岡 友陽

(56)参考文献 特開2017-030674(JP, A)

特開平07-040835(JP, A)

国際公開第2015/118671(WO, A1)

特開平05-193502(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B61L 27/00

B60L 15/40