

明 細 書

発明の名称：列車制御システム、車上装置および列車制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、列車制御システム、車上装置および列車制御方法に関する。

本願は、2019年2月22日に日本に出願された特願2019-030668号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] ゴムタイヤ式交通システムは、一般的な鉄輪の鉄道システムに比べると建設費が安いという特徴がある。しかしながら、分岐部には転てつ器を設置する必要があり、これに伴う信号線や電力線を沿線に敷設する必要がある。よって、転てつ器を排除できれば、さらなるコストダウンが期待できる。

[0003] 転てつ器を排除するアイデアとして、特許文献1、特許文献2や特許文献3に、車上分岐装置なるものが公開されている。特許文献1や特許文献2は、転てつ器を用いずに一つの車両を所望の方向に誘導する機構を示しているが、複数の車両が高速で走行する実用的な鉄道システムにおいて安全性を保障する方法が示されていない。一方、特許文献3には、車上分岐装置の安全性を確保するための次のようなシステムが記載されている。

[0004] 特許文献3に記載されている安全性を確保するためのシステムでは、地上の装置から車上の装置へ、各閉塞区間の速度指令と分岐方向指令とを含む信号を送信する。各車両は、速度指令に従って進行するとともに、分岐方向指令に従って車上転換手段を転換させる。そして、各車両は、軌道の分岐部の対向側隣接区間において、分岐方向指令と車上転換手段の分岐方向が不一致の場合、車両を停止させる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭53-96112号公報

特許文献2：特開昭50-35293号公報

特許文献3：特開昭59-4727号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献3に記載されているシステムでは、軌道の分岐部の例えば2つ前の閉塞区間で分岐方向指令が送信されて転換が開始され、分岐部に隣接する閉塞区間で分岐方向が不一致の場合に車両が停止される。この場合、特許文献3に記載されているシステムでは、車上分岐装置の安全性を確保するために少なくとも2つの閉塞区間が必要となる。このため、例えば複数の分岐部が接近しているような場合には、安全性を確保することが困難になることがあるという課題があった。

[0007] 本開示は、上記事情を考慮してなされたものであり、安全性をより高めることができる列車制御システム、車上装置および列車制御方法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

[0008] 上記課題を解決するため、本開示の一態様は、軌道を区切る複数の区間毎に列車間の排他制御を行う装置であって、前記列車毎に前記各区間への進入権利の有無を管理する地上装置と、車上分岐装置を備える前記列車に搭載され、前記地上装置が当該列車に対して前記進入権利有りとした前記区間について、当該区間が分岐を含む前記区間である分岐区間である場合、当該分岐区間の当該列車の分岐方向と前記車上分岐装置の分岐方向が一致しているとき、当該分岐区間に進入可能であると自ら判定する車上装置とを備える列車制御システムである。

[0009] また、本開示の一態様は、前記地上装置は、上位の装置から前記列車の前記区間への前記進入権利の要求を受けた場合に当該列車の前記区間への前記進入権利の有無を判定するものであって、前記車上装置は、前記地上装置が自列車に対する前記要求を受けた場合、前記要求に係る当該区間が前記分岐区間であって前記車上分岐装置が鎖錠されていないとき、当該分岐区間の当該列車の分岐方向と前記車上分岐装置の分岐方向を一致させる上記列車制御

システムである。

[0010] また、本開示の一態様は、前記地上装置は、前記車上装置に対して、少なくとも前記進入権利が有る前記区間の順列を順次通知し、前記車上装置は、前記地上装置に対して、少なくとも現在の位置を順次通知する上記列車制御システムである。

[0011] また、本開示の一態様は、車上分岐装置を備える列車に搭載され、軌道を区切る複数の区間毎に前記列車間の排他制御を行う装置であって前記列車毎に前記各区間への進入権利の有無を管理する地上装置が当該列車に対して前記進入権利有りとした前記区間について、当該区間が分岐を含む前記区間である分岐区間である場合、当該分岐区間の当該列車の分岐方向と前記車上分岐装置の分岐方向が一致しているとき、当該分岐区間に進入可能であると自ら判定する車上装置である。

[0012] また、本開示の一態様は、軌道を区切る複数の区間毎に列車間の排他制御を行う地上装置と、車上分岐装置を備える前記列車に搭載された車上装置とを備える列車制御システムにおいて、前記地上装置が、前記列車毎に前記各区間への進入権利の有無を管理し、前記車上装置が、前記地上装置が当該列車に対して前記進入権利有りとした前記区間について、当該区間が分岐を含む前記区間である分岐区間である場合、当該分岐区間の当該列車の分岐方向と前記車上分岐装置の分岐方向が一致しているとき、当該分岐区間に進入可能であると自ら判定する列車制御方法である。

発明の効果

[0013] 本開示の各態様によれば、地上装置が列車毎に各区間への進入権利の有無を管理し、車上装置が進入権利有りとした分岐を含む区間に進入可能であるか否かを自ら判定するので、安全性をより高めることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本開示の一実施形態に係る列車制御システムの基本的構成例を示すブロック図である。

[図2]図1に示す地上装置2と車上装置11の動作例を示す状態遷移図である

。

[図3]図1に示す地上装置2と車上装置11の間の通信の例を説明するための図である。

[図4]図1に示す車上装置11が管理する権利区間テーブルの例を示す模式図である。

[図5]図1に示す車上装置11の動作例を示すフローチャートである。

[図6]図5に示す自動位置更新の処理(S2)の例を示すフローチャートである。

[図7]図5に示す進入可判定の処理(S4)の例を示すフローチャートである。

。

[図8]図5に示す転換指令出力の処理(S6)の例を示すフローチャートである。

[図9A]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図9B]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図9C]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図10A]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図10B]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図11A]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図11B]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図11C]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図12A]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図12B]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図12C]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図13A]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図13B]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図13C]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図14A]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図14B]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図14C]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図15A]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図15B]図1に示す列車制御システム10の動作例を説明するための模式図である。

[図16]本開示の他の実施形態に係る図1に示す地上装置2と車上装置11の動作例を示す状態遷移図である。

[図17]図1に示す地上装置2と車上装置11の間の本開示の他の実施形態に係る通信の例を説明するための図である。

[図18]図1に示す車上装置11が管理する本開示の他の実施形態に係る権利区間テーブルの例を示す模式図である。

[図19A]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図19B]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図19C]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図19D]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図20A]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図20B]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図20C]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図20D]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図21A]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図21B]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図21C]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図21D]図1に示す列車制御システム10の本開示の他の実施形態に係る動作例を説明するための模式図である。

[図22]本開示の一実施形態に係る列車制御システムを説明するための模式図である。

[図23]本開示の一実施形態に係る列車制御システムを説明するための模式図である。

[図24]少なくとも1つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して本開示の実施形態について説明する。なお、各図において同一または対応する構成には同一の符号を用いて説明を適宜省略する。

[0016] 〈第1実施形態〉

図1は、本開示の第1実施形態に係る列車制御システム10の基本的構成例を示すブロック図である。図1に示す列車制御システム10は、列車1に搭載されている車上装置11と地上装置2と運行管理装置3を備える。本実施形態において、列車1は、1台の軌道系交通システム用の車両または複数の軌道系交通システム用の車両の連なりであり、車上分岐装置12を備える。列車1は、例えばゴムタイヤ式交通システムの1または複数の車両である。なお、図1では、1つの列車1のみを示しているが、列車制御システム10は複数の列車1を制御する。

[0017] 運行管理装置3は、複数の列車1の運行を管理する例えば地上の運行管理システムの構成要素であり、各列車1の進路の確保を地上装置2に対して要求する。本実施形態では、運行管理装置3が地上装置2に対して列車1と区間（閉塞区間）を指定して進路を要求する。本実施形態では、この要求を進路要求あるいは進入権利の要求という。

[0018] 地上装置2は、列車1が走行する軌道を区切る複数の区間毎に列車1間の排他制御を行う装置であって、例えば信号システムを構成する装置であり、列車1毎に各区間への進入権利の有無を管理する。本実施形態において排他制御とは、同一区間に2以上の異なる列車1が同時に進入しないようにする制御である。本実施形態において、区間への進入権利が有るということは、例えば、車上分岐装置12の分岐方向が分岐部の分岐方向と一致する等、他の条件が整えば、当該列車1が当該区間へ進入可能になるということを意味する。また、区間への進入権利が無いということは、例えば、当該列車1以

外の列車 1 が当該区間への進入権利を有している場合等、当該列車 1 が当該区間へ進入不可能（進入不可）であるということを意味する。地上装置 2 は、例えば、上位の装置である運行管理装置 3 から列車 1 の区間への進路要求（進入権利の要求）を受けた場合に当該列車 1 の区間への進入権利の有無を判定する。地上装置 2 は、車上装置 1 1 に対して、例えば、進入権利が有る区間の順列（進入権利がある各区間を順序に従って並べたもの）を順次通知する。また、地上装置 2 は、車上装置 1 1 から、少なくとも現在の列車 1 の位置を示す情報を順次受信する。なお、地上装置 2 と車上装置 1 1 間の通信は、例えば、軌道回路経由や無線経由とすることができる。

[0019] 車上装置 1 1 は、車上分岐装置 1 2 を備える列車 1 に搭載され、地上装置 2 が当該列車 1 に対して進入権利有りとした区間について、当該区間が分岐を含む区間である分岐区間である場合、当該分岐区間の当該列車 1 の分岐方向と車上分岐装置 1 2 の分岐方向が一致しているとき、当該分岐区間に進入可能であると自ら判定する。また、車上装置 1 1 は、地上装置 2 が運行管理装置 3 から列車 1 の区間への進入権利の要求を受けた場合に当該列車 1 の当該区間への進入権利の有無を判定するとき、地上装置 2 が自列車 1 に対する当該要求を受けたとき、当該要求に係る当該区間が分岐区間であって車上分岐装置 1 2 が鎖錠されていないとき、当該分岐区間の当該列車 1 の分岐方向と車上分岐装置 1 2 の分岐方向を一致させる。すなわち、車上装置 1 1 は、地上装置 2 が自列車 1 に対する当該要求を受けた場合、車上分岐装置 1 2 が鎖錠されていないとき、車上分岐装置 1 2 を制御して、当該分岐区間の当該列車 1 の分岐方向と車上分岐装置 1 2 の分岐方向を一致させる。また、車上装置 1 1 は、例えば、軌道に設置されている位置マーカ通過情報と速度積算により自己位置を把握し、地上装置 1 2 へ伝送する。また地上装置 1 2 から受け取った進入権利が有る区間の範囲に基づいて、非常ブレーキ速度パターンを生成し、列車速度がこの速度を超過した場合にはブレーキをかける制御を行う。非常ブレーキ速度パターンは、車上装置 1 1 が進入できない区間に進入する前で列車 1 が安全に停止できるような速度パターンである。車上

装置 1 1 は、地上装置 1 2 から少なくとも進入権利が有る区間の順列を示す情報を順次受信するとともに、地上装置 1 2 に対して少なくとも現在の位置を示す情報を順次通知する。

[0020] また、車上分岐装置 1 2 は、例えば特許文献 1 ～特許文献 3 に記載されている車上分岐装置とすることができる。車上分岐装置 1 2 は、車上装置 1 1 の指示に応じて、軌道上の分岐部に到達する前に定位または反位の状態に転換方向（分岐方向）を変化させる。図 2 2 に本実施形態の一例として用いる軌道 3 0 0 の例を模式的に示し、図 2 3 に車上分岐装置 1 2 の構成例を模式的に示す。図 2 2 に示す軌道 3 0 0 は、区間名（区間の識別情報）が 1 T ～ 8 T の 8 区間（区間 1 T ～ 8 T ともいう）に区切られて構成されている。図 2 2 に示す軌道 3 0 0 において、区間 3 T は分岐部 3 t を有する区間（分岐区間）であり、区間 7 は分岐部 7 t を有する区間である。この場合、区間 3 T は、分岐部 3 t を分岐点として、区間 3 T の共通部 3 T c と区間 3 T の定位側 3 T n と区間 3 T の反位側 3 T r に分かれている。また、区間 7 T は、分岐部 7 t を分岐点として、区間 7 T の共通部 7 T c と区間 7 T の定位側 7 T n と区間 7 T の反位側 7 T r に分かれている。また、図 2 3 に示すように、例えば区間 7 T の分岐部 7 t は、例えば、分岐案内壁 3 0 1 および 3 0 2 を有する。車上分岐装置 1 2 は、例えば、支持軸 1 2 3 で支持された誘導輪 1 2 1 および 1 2 2 を有し、支持軸 1 2 3 を白抜きの矢印で示す左右方向に移動させ、誘導輪 1 2 1 または 1 2 2 の一方を分岐案内壁 3 0 1 または 3 0 2 の一方に当接させることで、分岐方向を変化させる。なお、支持軸 1 2 3 が左側または右側に移動されてロックされた状態を、車上分岐装置 1 2 が鎖錠された状態であるという。

[0021] 次に、図 2 から図 1 5 B を参照して、図 1 に示す地上装置 2 と車上装置 1 1 の動作例について説明する。図 2 は、図 1 に示す地上装置 2 の状態遷移図 2 S と車上装置 1 1 の状態遷移図 1 S を示す。地上装置 2 の状態遷移図 2 S と車上装置 1 1 の状態遷移図 1 S は、破線の矢印で示す上下方向で各状態がお互に対応している。地上装置 2 は、列車 1 毎に各区間を、進入不可（S T

1 1)、要求あり (S T 1 2)、進入権利あり (S T 1 3)、または通過中 (S T 1 4) のいずれかの状態で管理する。進入不可 (S T 1 1) は、当該列車 1 を当該区間へ進入不可とする状態であり、運行管理装置 3 から地上装置 2 へ当該列車 1 について当該区間への進路要求があった場合に、地上装置 2 は、状態を進入不可 (S T 1 1) から要求あり (S T 1 2) へ遷移させる。要求あり (S T 1 2) は、地上装置 2 が運行管理装置 3 から当該列車 1 について当該区間への進路要求を受信し、進入権利の有無を判定している (判定中の) 状態であり、排他条件が成立することが確認された場合に、地上装置 2 は状態を要求あり (S T 1 2) から進入権利あり (S T 1 3) へ遷移させる。排他条件とは、当該区間について、当該列車 1 以外の列車 1 に対して進入権利ありの状態となることがないという条件である。進入権利あり (S T 1 3) は、当該列車 1 の当該区間への進入権利があるとする状態であり、当該列車 1 が当該区間に在線した場合に、地上装置 2 は状態を進入権利あり (S T 1 3) から通過中 (S T 1 4) へ遷移させる。通過中 (S T 1 4) は、当該区間を当該列車 1 が走行中の状態であり、当該列車 1 が当該区間の通過を完了した場合に、地上装置 2 は状態を通過中 (S T 1 4) から進入不可 (S T 1 1) へ遷移させる。

[0022] 一方、車上装置 1 1 は、自列車 1 について各区間を、進入不可 (S T 2 1)、転換不可 (S T 2 2)、転換可 (S T 2 3)、転換中 (S T 2 4)、進入可 (S T 2 5)、または通過中 (S T 2 6) のいずれかの状態で管理する。進入不可 (S T 2 1) は、当該列車 1 が当該区間へ進入不可である状態であり、地上装置 2 が当該列車 1 について当該区間を進入権利あり (S T 1 3) とした場合に、車上装置 1 1 は、状態を進入不可 (S T 2 1) から転換不可 (S T 2 2) へ遷移させる。転換不可 (S T 2 2) は、当該列車 1 の車上分岐装置 1 2 が分岐方向を変化させることができない状態であり、転換可 (S T 2 3) とする条件が成立した場合に、車上装置 1 1 は、状態を転換不可 (S T 2 2) から転換可 (S T 2 3) へ遷移させる。当該区間は、例えば、当該区間の後方に未通過または通過中の他の分岐区間がある場合に転換不可

(S T 2 2)の状態となる。転換可(S T 2 3)は、当該列車1の車上分岐装置1 2が分岐方向を変化させることができる状態であり、車上分岐装置1 2が分岐方向の変更を開始した場合に車上装置1 1は、状態を転換可(S T 2 3)から転換中(S T 2 4)へ遷移させる。転換中(S T 2 4)は、当該列車1の車上分岐装置1 2が分岐方向を変化させている状態であり、車上分岐装置1 2が分岐方向の変更を完了した場合に車上装置1 1は、状態を転換中(S T 2 4)から進入可(S T 2 5)へ遷移させる。進入可(S T 2 5)は、当該列車1が当該区間へ進入可(進入可能)である状態であり、当該列車1が当該区間に在線した場合に、車上装置1 1は、状態を進入可(S T 2 5)から通過中(S T 2 6)へ遷移させる。通過中(S T 2 6)は、当該区間を当該列車1が走行中の状態であり、当該列車1が当該区間の通過を完了した場合に、車上装置1 1は、状態を通過中(S T 2 6)から進入不可(S T 2 1)へ遷移させる。

[0023] 図3は、図1に示す地上装置2と車上装置1 1の間の情報の通信方向と情報の内容の例を説明するための図である。図3に示すように、地上装置2は車上装置1 2へ向けて進入権利がある区間の順列を示す情報を送信し、車上装置1 2は地上装置2へ列車1の現在位置を示す情報を送信する。

[0024] 図4は、図1に示す車上装置1 1が管理する権利区間テーブル1 1 1の構成例を示す模式図である。図4に示す権利区間テーブル1 1 1は、地上装置2が当該列車1について進入権利ありとしているすべての区間について、進行方向に対応する順に、区間名と分岐の内容と在線か非在線かの別と進入可か不可かの別を対応づけて格納するファイルである。図4に示す権利区間テーブル1 1 1では、上側の区間が進行方向に対して手前側であり、下側の区間が進行方向に対して向こう側である。図4に示す権利区間テーブル1 1 1は、図2 2に示す軌道3 0 0において、当該列車1が区間2 Tに在線していて、区間6 Tまでの各区間が進入権利ありの状態である場合の各情報を含んでいる。例えば、区間2 Tは、分岐はなし、在線「○」、進入可(S T 2 5)の状態である。また、例えば、区間3 Tは、分岐は「反位」、非在線「-

」、進入可（S T 2 5）の状態である。分岐については、「なし」、または、ある場合には分岐方向が「定位」と「反位」のどちらなのかを示す。

[0025] 次に、図5～図8を参照して、図1に示す車上装置11の動作例について説明する。図5は、図1に示す車上装置11の動作例を示すフローチャートである。図6は、図5に示す自動位置更新の処理（S 2）の例を示すフローチャートである。図7は、図5に示す進入可判定の処理（S 4）の例を示すフローチャートである。図8は、図5に示す転換指令出力の処理（S 6）の例を示すフローチャートである。

[0026] 図5に示す処理は、所定の周期で繰り返し実行される。図5に示す処理を開始すると、車上装置11は、まず、車上分岐装置12の分岐状態を検知する（ステップS 1）。ステップS 1において、車上装置11は、車上分岐の状態が、定位、反位、または不定のいずれなのかを検知する。

[0027] 次に、車上装置11は、権利区間テーブル111内の自位置を更新する（ステップS 2）。ステップS 2において、車上装置11は、図4を参照して説明した権利区間テーブル11の中のどこに自身が位置しているのかを判定する。ステップS 2において、車上装置11は、例えば、一般的なC B T C（Communication Based Train Control）と同様に、位置マーカと、速度積分との組み合わせにより自位置（の範囲）を特定する。車上装置11は、権利区間テーブル111において、非在線の区間に自身が進入した場合は、その区間を「在線」に変更し、先頭の「在線」区間を自身が離脱した場合は、その先頭行を削除する。

[0028] 図6に示すように、図5のステップS 2では、車上装置11は、まず、自位置を計算する（ステップS 2 1）。次に、権利区間テーブル111において未処理の進入可の区間が無くなるまで（ステップS 2 2で「進入可の区間なし」と判定されるまで）、車上装置11は、新たな進入区間を選択しながら（ステップS 2 3）、各区間が在線か非在線かを判定し（ステップS 2 4）、在線の場合には在線に変更する（ステップS 2 5）処理を繰り返し実行する。権利区間テーブル111において未処理の進入可の区間が無くなると

(ステップS 2 2で「進入可の区間なし」と判定されると)、車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1の先頭区間が在線か否かを判定する(ステップS 2 6)。権利区間テーブル1 1 1の先頭区間が非在線の場合(ステップS 2 6で「先頭区間非在線」の場合)、車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1の先頭行を削除する(ステップS 2 7)。

[0029] 次に、図5のステップS 3で、車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1を更新する(ステップS 3)。ステップS 3において、車上装置1 1は、自身が通過済みの先頭区間を削除した後、地上装置2から通知された新たな権利区間を権利区間テーブル1 1 1の末尾に追加する。車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1において、追加した区間の状態は仮に「進入不可」とする。また後述する第2実施形態では、車上装置1 1は、要求中の区間があれば末尾に追加し、状態を「要求中」とする。

[0030] 次に、車上装置1 1は、進入可判定を行う(ステップS 4)。ステップS 4において、車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1において、先頭から順に、区間状態をチェックし、進入不可である最初の行を見つける。車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1において、進入不可である区間に分岐が存在しない場合は、進入可とする。一方、車上装置1 1は、進入不可である区間に分岐が存在する場合は、車上分岐の状態と、その区間の分岐方向が一致する場合は、進入可とする。

[0031] 図7に示すように、図5のステップS 4では、車上装置1 1は、まず、権利区間テーブル1 1 1において進入不可である最初の行を見つける(ステップS 4 1)。進入不可の区間がある場合(ステップS 4 2で「進入不可の区間あり」の場合)、分岐がないとき(ステップS 4 3で「分岐なし」のとき)、車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1において当該区間を進入可に変更する(ステップS 4 4)。また、分岐がある場合(ステップS 4 3で「分岐あり」の場合)、区間分岐方向と車上分岐方向が一致しているとき(ステップS 4 5で「区間分岐方向と車上分岐方向が一致している」のとき)、車上装置1 1は、権利区間テーブル1 1 1において当該区間を進入可に変更

する（ステップS 4 6）。

[0032] 次に、車上装置 1 1 は、転換可否判定を行う（ステップS 5）。ステップS 5において、車上装置 1 1 は、進入可の範囲内に、分岐が一つもない場合は、転換可と判定する。

[0033] 次に、車上装置 1 1 は、転換指令出力を行う（ステップS 6）。ステップS 6において、車上装置 1 1 は、まず、進入不可または要求中である最初の行を見つける。そして、車上装置 1 1 は、その区間に分岐があり、かつ、転換可である場合、車上分岐装置 1 2 に対しその分岐の方向への転換を指令する。

[0034] 図 8 に示すように、図 5 のステップS 6 では、車上装置 1 1 は、まず、権利区間テーブル 1 1 1 において進入不可である最初の行を選択する（ステップS 6 1）。進入不可である最初の行が分岐ありの場合（ステップS 6 2 で「分岐あり」の場合）、ステップS 5 で転換可と判定されたとき（ステップS 6 3 で「転換可」のとき）、分岐が定位のとき（ステップS 6 4 で「定位」のとき）、車上装置 1 1 は、車上分岐装置 1 2 に対し定位転換指令を出力し（ステップS 6 5）、一方、分岐が反位のとき（ステップS 6 4 で「反位」のとき）、車上装置 1 1 は、車上分岐装置 1 2 に対し反位転換指令を出力する（ステップS 6 6）。

[0035] 次に、図 9 A ～図 1 5 B を参照して、図 2 2 に示す軌道 3 0 0 において区間 2 T から区間 7 T まで対象の列車 1 が走行する場合の図 1 に示す列車制御システム 1 0 の動作例について説明する。図 9 A、図 1 0 A、図 1 1 A、図 1 2 A、図 1 3 A、図 1 4 A、図 1 5 A は、図 2 2 に示す軌道 3 0 0 において列車 1 の位置を示す模式図である。ただし、図 9 A、図 1 0 A、図 1 1 A、図 1 2 A、図 1 3 A、図 1 4 A、図 1 5 A では、縦軸に速度をとり、列車 1 の制限速度や非常ブレーキ速度パターンをあわせて示している。図 9 B、図 1 0 B、図 1 1 B、図 1 2 B、図 1 3 B、図 1 4 B、図 1 5 B は、図 2 に示す状態遷移図 1 S および 2 S における図 9 A、図 1 0 A、図 1 1 A、図 1 2 A、図 1 3 A、図 1 4 A、図 1 5 A に示す対象区間（区間 7 T（以下、対

象区間 7 T ともいう)) の状態を示す。図 9 C、図 1 1 C、図 1 2 C、図 1 3 C、図 1 4 C は、図 1 8 を参照して説明した権利区間テーブル 1 1 1 の図 9 A、図 1 0 A、図 1 1 A、図 1 2 A、図 1 3 A、図 1 4 A に対応する内容を示す。

[0036] 図 9 A～図 9 C は、区間 2 T に対象の列車 1 が在線し、対象区間 7 T の反位側 7 T r に他の列車 1 a が在線していて、対象区間 7 T に列車 1 に対する進路要求がなされていない状態を示す。すなわち、図 9 A～図 9 C は、上位の運行管理装置 3 等から、対象区間 7 T へ進入することが要求されていない状態を示す。この場合、図 9 A に網掛けして示す区間 2 T から区間 6 T は、図 9 C に示すように進入可の状態である。また、対象区間 7 T は、図 9 B に示すように進入不可の状態 (S T 1 1 および S T 2 1) である。なお、図 9 A に示すように、車上装置 1 1 は、進行可の状態の区間 6 T 内で停止できるように、破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定し、列車 1 の速度を非常ブレーキ速度パターン以下となるように制御する。なお、図 9 A に示す例では、区間 2 T と区間 3 T に制限速度が設定されていて、車上装置 1 1 は、制限速度以下となるように破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定している。

[0037] 図 1 0 A、図 1 0 B は、区間 2 T に対象の列車 1 が在線し、区間 7 T の反位側 7 T r に他の列車 1 a が在線していて、対象区間 7 T に列車 1 に対する進路要求がなされた状態を示す。すなわち、図 1 0 A、図 1 0 B は、上位の運行管理装置 3 等から、対象区間 7 T へ進入を要求されているが、他の列車 1 a が存在しているため、進入できない状態を示す。また、対象区間 7 T は、図 1 0 B に示すように要求ありの状態 (S T 1 2) と進入不可の状態 (S T 2 1) である。

[0038] 図 1 1 A～図 1 1 C は、区間 3 T に対象の列車 1 が在線している状態を示す。図 1 1 A～図 1 1 C は、対象区間 7 T の反位側 7 T r から他の列車 1 a が抜け、自列車 1 に進入の権利が与えられた状態である。図 1 1 A では、進入権利ありの状態の区間 7 T を左下がりの網掛けで示す。しかし、この場合

、図 1 1 A に示すように、自列車 1 は他の分岐上（分岐区間 3 T）を通過しているため、車上分岐を転換することができない。この場合、対象区間 7 T は、図 1 1 B に示すように進入権利ありの状態（S T 1 3）と転換不可の状態（S T 2 2）である。また、図 1 1 C に示すように、権利区間テーブル 1 1 1 は、先頭行の区間 2 T が削除され（図 1 1 C では削除された行を網掛けして示す）、末尾に区間 7 T が追加されている。

[0039] 図 1 2 A～図 1 2 C は、区間 4 T に対象の列車 1 が在線している状態を示す。図 1 2 A～図 1 2 C は、列車 1 が分岐区間 3 T を抜け、車上分岐の転換が可能となった状態を示す。対象区間 7 T は、図 1 2 B に示すように進入権利ありの状態（S T 1 3）と転換可の状態（S T 2 3）である。また、図 1 2 C に示すように、権利区間テーブル 1 1 1 は、先頭行の区間 3 T が削除されている（図 1 2 C では削除された行を網掛けして示す）。

[0040] 図 1 3 A～図 1 3 C は、区間 4 T に対象の列車 1 が在線していて、車上分岐装置 1 2 が反位から定位へ転換中である状態を示す。すなわち、図 1 3 A～図 1 3 C は、列車 1 が車上分岐転換中の状態を示す。対象区間 7 T は、図 1 3 B に示すように進入権利ありの状態（S T 1 3）と転換中の状態（S T 2 4）である。

[0041] 図 1 4 A～図 1 4 C は、区間 5 T に対象の列車 1 が在線していて、車上分岐装置 1 2 が定位に転換完了している状態を示す。すなわち、図 1 4 A～図 1 4 C は、車上分岐転換完了の状態を示す。これにより、対象区間 7 T への進入が可能となり、非常ブレーキ速度パターンが区間 7 T までに停止できるように前進している。対象区間 7 T は、図 1 4 B に示すように進入権利ありの状態（S T 1 3）と進入可の状態（S T 2 5）である。また、図 1 4 C に示すように、権利区間テーブル 1 1 1 は、先頭行の区間 4 T が削除されている（図 1 4 C では削除された行を網掛けして示す）。

[0042] 図 1 5 A、図 1 5 B は、対象区間 7 T に対象の列車 1 が在線している状態を示す。すなわち、図 1 5 A、図 1 5 B は、列車 1 が対象区間を通過中の状態を示す。対象区間 7 T は、図 1 5 B に示すように通過中の状態（S T 1 4

およびST26)である。

[0043] 以上のように、第1実施形態の列車制御システム10では、地上装置2は列車間の排他制御までを行い、分岐状態を考慮した最終的な進入可判定を行わない。一方、車上装置11では、以下の(1)～(4)の処理が実行される。すなわち、車上装置11は、(1)分岐上を通過しているか否かの判定、(2)車上分岐の制御、(3)車上分岐の転換完了の検出、(4)進入可判定の各処理を実行する。

[0044] なお、列車1がある区間Aに「進入可」と判断する条件は次の通りである。区間Aに進入する権利がある、かつ、現在の走行区間から、区間Aの手前までの区間がすべて「進入可」である、かつ、区間Aに分岐が無い、または、車上分岐の方向が区間Aの方向と一致し、鎖錠されている、である。

[0045] また、分岐転換可と判断する条件(鎖錠を解放する条件)は、現在の走行区間から進入可の範囲に一つも分岐が存在しない、ことである。

[0046] 第1実施形態によれば、例えば、車上分岐とCBTCの組み合わせにおいて、以下を保障することができ、分岐通過時の安全性を担保出来る。1)転換が完了していない分岐に進入しないこと。2)分岐通過制限速度を超過しないこと。3)分岐通過中に転換しないこと。4)分岐を完全に通過するまで、他の列車が進入しないこと。

[0047] 以上のように、第1実施形態によれば、地上装置2が列車1毎に各区間への進入権利の有無を管理し、車上装置12が進入権利有りとなされた分岐を含む区間に進入可能であるか否かを自ら判定するので、車上分岐装置12を用いる列車制御システム10において、安全性をより高めることができる。

[0048] 〈第2実施形態〉

次に、図16～図21Dを参照して、本開示の第2実施形態について説明する。第2実施形態では、以下により、第1実施形態と比較して、列車間隔の短縮を図る。なお、図1に示す列車制御システム10の基本的構成は、第1実施形態と第2実施形態で共通である。第2実施形態では、第1実施形態の構成に加えて、「要求あり」の区間も、地上装置2から車上装置11に伝

達する。また、車上装置 11 は、分岐が鎖錠されていなければ「要求あり」の区間用に車上分岐の転換を実施する。

[0049] 図 16 は、第 2 実施形態における図 1 に示す地上装置 2 の状態遷移図 2 S b と車上装置 11 の状態遷移図 1 S b を示す。地上装置 2 は、列車 1 毎に各区間を、進入不可 (S T 3 1)、要求あり (S T 3 2)、進入権利あり (S T 3 3)、または通過中 (S T 3 4) のいずれかの状態で管理する。図 16 に示す進入不可 (S T 3 1)、要求あり (S T 3 2)、進入権利あり (S T 3 3)、および通過中 (S T 3 4) の各状態の内容および遷移条件は、図 2 に示す進入不可 (S T 1 1)、要求あり (S T 1 2)、進入権利あり (S T 1 3)、および通過中 (S T 1 4) の各状態と同一である。

[0050] 一方、車上装置 11 は、自列車 1 について各区間を、進入不可 (S T 4 1)、転換不可 (S T 4 2)、転換可 (S T 4 3)、進入可 (S T 4 4)、または通過中 (S T 4 5) のいずれかの状態で管理する。進入不可 (S T 4 1) は、当該列車 1 が当該区間へ進入不可である状態であり、地上装置 2 が当該列車 1 について当該区間に対する進路要求を受けた場合 (S T 3 2) に、車上装置 11 は、状態を進入不可 (S T 4 1) から転換不可 (S T 4 2) へ遷移させる。転換不可 (S T 4 2) は、当該列車 1 の車上分岐装置 12 が分岐方向を変化させることができない状態であり、排他条件 (転換可 (S T 2 3) とする条件) が成立した場合に、車上装置 11 は、状態を転換不可 (S T 4 2) から転換可 (S T 4 3) へ遷移させる。転換可 (S T 4 3) は、当該列車 1 の車上分岐装置 12 が分岐方向を変化させることができる状態であり、車上分岐装置 12 は車上分岐装置 12 が鎖錠されていれば直ちに分岐方向の変更を開始し、車上分岐装置 12 が分岐方向の変更を完了した場合に車上装置 11 は、状態を転換可 (S T 4 3) から進入可 (S T 4 4) へ遷移させる。進入可 (S T 4 3) は、当該列車 1 が当該区間へ進入可である状態であり、当該列車 1 が当該区間に在線した場合に、車上装置 11 は、状態を進入可 (S T 4 3) から通過中 (S T 4 5) へ遷移させる。通過中 (S T 4 5) は、当該区間を当該列車 1 が走行中の状態であり、当該列車 1 が当該区間

の通過を完了した場合に、車上装置 1 1 は、状態を通過中 (S T 4 5) から進入不可 (S T 4 1) へ遷移させる。

[0051] 図 1 7 は、第 2 実施形態における図 1 に示す地上装置 2 と車上装置 1 1 の間の情報の通信方向と情報の内容の例を説明するための図である。図 1 7 に示すように、地上装置 2 は車上装置 1 2 へ向けて進入権利のある区間の順列を示す情報とその次の区間の要求状態を示す情報を送信し、車上装置 1 2 は地上装置 2 へ列車 1 の現在位置を示す情報を送信する。

[0052] 図 1 8 は、第 2 実施形態において図 1 に示す車上装置 1 1 が管理する権利区間テーブル 1 1 1 b の構成例を示す模式図である。図 1 8 に示す権利区間テーブル 1 1 1 b は、地上装置 2 が当該列車 1 について進入権利ありとしているすべての区間について、進行方向に対応する順に、区間名と分岐の内容と在線か非在線かの別と進入可か不可か要求中かの別とを対応づけて格納するファイルである。

[0053] 図 1 8 に示す権利区間テーブル 1 1 1 b では、図 4 に示す第 1 実施形態の権利区間テーブル 1 1 1 と同様に、上側の区間が進行方向に対して手前側であり、下側の区間が進行方向に対して向こう側である。図 1 8 に示す権利区間テーブル 1 1 1 b は、図 2 2 に示す軌道 3 0 0 において、当該列車 1 が区間 2 T に在線していて、区間 7 T までの各区間が進入権利ありの状態である場合の各情報を含んでいる。例えば、区間 2 T は、分岐はなし、在線「○」、進入可 (S T 4 4) の状態である。例えば、区間 7 T は、分岐は「定位」、非在線「-」、要求中 (S T 3 2) の状態である。

[0054] 次に、図 1 9 A ~ 図 2 1 D を参照して、図 2 2 に示す軌道 3 0 0 において区間 5 T から区間 7 T まで対象の列車 1 が走行する場合の図 1 に示す列車制御システム 1 0 の動作例について説明する。図 1 9 A、図 1 9 B、図 2 0 A、図 2 0 B、図 2 1 A、図 2 1 B は第 1 実施形態の場合の例、図 1 9 C、図 1 9 D、図 2 0 C、図 2 0 D、図 2 1 C、図 2 1 D は第 2 実施形態の場合の例を示す。図 1 9 A、図 2 0 A、図 2 1 A は、図 2 2 に示す軌道 3 0 0 において列車 1 の位置を示す模式図である。ただし、図 1 9 A、図 2 0 A、図 2

1 Aでは、縦軸に速度をとり、列車1の制限速度や非常ブレーキ速度パターンをあわせて示している。図19B、図20B、図21Bは、図2に示す状態遷移図1Sおよび2Sにおける図19A、図20A、図21Aに示す象区間（区間7T）の状態を示す。また、図19C、図20C、図21Cは、図22に示す軌道300において列車1の位置を示す模式図である。また、図19D、図20D、図21Dは、図16に示す状態遷移図1Sbおよび2Sbにおける図19C、図20C、図21Cに示す象区間（区間7T）の状態を示す。

[0055] 図19Aは、第1実施形態において、区間5Tに対象の列車1が在線し、対象区間7Tの反位側7Trに他の列車1aが在線していて、対象区間7Tに列車1に対する進路要求がなされている状態を示す。この場合、図19Aに網掛けして示す区間5Tから区間6Tは、進入可の状態である。また、対象区間7Tは、図19Bに示すように要求ありの状態（ST12）と進入不可の状態（ST21）である。また、列車1の車上分岐装置12は反位の状態である。なお、図19Aに示すように、車上装置11は、進行可の状態の区間6T内で停止できるように、破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定し、列車1の速度を非常ブレーキ速度パターン以下となるように制御する。図19Aおよび図19Bに示す第1実施形態の場合、前方の区間が要求されているが、列車1には伝達されていない。

[0056] 一方、図19Cは、第2実施形態において、区間5Tに対象の列車1が在線し、対象区間7Tの反位側7Trに他の列車1aが在線していて、対象区間7Tに列車1に対する進路要求がなされている状態を示す。この場合、図19Cに網掛けして示す区間5Tから区間6Tは、進入可の状態である。また、対象区間7Tは、図19Dに示すように要求ありの状態（ST32）と転換可の状態（ST43）である。また、列車1の車上分岐装置12は鎖錠がされておらず、転換中の状態に移行している。なお、図19Cに示すように、車上装置11は、進行可の状態の区間6T内で停止できるように、破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定し、列車1の速度を非常ブレーキ速

度パターン以下となるように制御する。図 19 C および図 19 D に示す第 2 実施形態の場合、前方区間が要求された時点で、車上分岐が鎖錠されていないければ転換を開始している。

[0057] 図 20 A は、第 1 実施形態において、区間 6 T に対象の列車 1 が在線し、対象区間 7 T に列車 1 に対する進入権利ありとの判定がなされた状態を示す。この場合、図 20 A に右下がりの網掛けで示す区間 6 T は進入可の状態であり、左下がりの網掛けで示す区間 7 T は進入権利ありの状態である。また、対象区間 7 T は、図 20 B に示すように進入権利ありの状態 (S T 1 3) と転換可の状態 (S T 2 3) である。また、列車 1 の車上分岐装置 1 2 は反位の状態である。なお、図 20 A に示すように、車上装置 1 1 は、進行可の状態の区間 6 T 内で停止できるように、破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定し、列車 1 の速度を非常ブレーキ速度パターン以下となるように制御する。図 20 A および図 20 B に示す第 1 実施形態の場合、前方の区間の進入権利を取れた後に、「転換可」となる。

[0058] 一方、図 20 C は、第 2 実施形態において、区間 6 T に対象の列車 1 が在線している状態を示す。この場合、図 20 C に網掛けして示す区間 6 T から区間 7 T は、進入可の状態である。また、対象区間 7 T は、図 20 D に示すように進入権利ありの状態 (S T 3 3) と進入可の状態 (S T 4 4) である。また、列車 1 の車上分岐装置 1 2 は定位の状態である。なお、図 20 C に示すように、車上装置 1 1 は、進行可の状態の区間 7 T 内で停止できるように、破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定し、列車 1 の速度を非常ブレーキ速度パターン以下となるように制御する。図 20 C および図 20 D に示す第 2 実施形態の場合、前方の区間の進入権利を取れた段階ではすでに転換完了しており、直ちに、「進入可」となっている。

[0059] 図 21 A は、第 1 実施形態において、区間 6 T に対象の列車 1 が在線し、対象区間 7 T に列車 1 に対する進入権利ありとの判定がなされた状態を示す。この場合、図 21 A に右下がりの網掛けで示す区間 6 T は進入可の状態であり、左下がりの網掛けで示す区間 7 T は進入権利ありの状態である。また

、対象区間 7 T は、図 2 1 B に示すように進入権利ありの状態 (S T 1 3) と転換中の状態 (S T 2 4) である。また、列車 1 の車上分岐装置 1 2 は転換中の状態である。なお、図 2 1 A に示すように、車上装置 1 1 は、進行可の状態の区間 6 T 内で停止できるように、破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定し、列車 1 の速度を非常ブレーキ速度パターン以下となるように制御する。図 2 1 A および図 2 1 B に示す第 1 実施形態の場合、転換完了するまで、対象区間に進入できない。また、転換時間分、列車運行密度が犠牲となる。

[0060] 一方、図 2 1 C は、第 2 実施形態において、区間 7 T に対象の列車 1 が在線している状態を示す。この場合、図 2 1 C に網掛けして示す区間 7 T は、進入可の状態である。また、対象区間 7 T は、図 2 1 D に示すように通過中の状態 (S T 3 4 および S T 4 5) である。また、列車 1 の車上分岐装置 1 2 は定位の状態である。なお、図 2 1 C に示すように、車上装置 1 1 は、進行可の状態の区間 7 T 内で停止できるように、破線で示す非常ブレーキ速度パターンを設定し、列車 1 の速度を非常ブレーキ速度パターン以下となるように制御する。図 2 1 C および D に示す第 2 実施形態の場合、第 1 実施形態の場合 1 より早く、対象区間に進入している。

[0061] 以上のように、第 2 実施形態によれば、車上分岐装置を用いる列車制御システム 1 0 において安全性を維持したまま、運行密度を上げることができる。

[0062] なお、第 1 実施形態と第 2 実施形態は、地上の運行管理システム（運行管理装置 3）から信号システム（地上装置 2）に対して進路を要求している例を示したが、例えば、特開 2 0 1 7 - 9 4 9 7 5 号公報に記載されているように、車上装置が自律的に進路要求するシステムと組み合わせても良い。

[0063] 以上のように、本開示の各実施形態によれば、高密度運転を行う鉄道システムにおいて、運行密度と安全性を損なうことなく、地上の設備を削減しコストを削減することができる。

[0064] 以上、この開示の実施形態について図面を参照して説明してきたが、具体

的な構成は上記実施形態に限られるものではなく、この開示の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

[0065] 〈コンピュータ構成〉

図24は、少なくとも1つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

コンピュータ90は、プロセッサ91、メインメモリ92、ストレージ93、インタフェース94を備える。

上述の運行管理装置3、地上装置2および車上装置11は、コンピュータ90に実装される。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式でストレージ93に記憶されている。プロセッサ91は、プログラムをストレージ93から読み出してメインメモリ92に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、プロセッサ91は、プログラムに従って、上述した各記憶部に対応する記憶領域をメインメモリ92に確保する。

[0066] プログラムは、コンピュータ90に発揮させる機能の一部を実現するためのものであってもよい。例えば、プログラムは、ストレージに既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせ、または他の装置に実装された他のプログラムとの組み合わせによって機能を発揮させるものであってもよい。なお、他の実施形態においては、コンピュータは、上記構成に加えて、または上記構成に代えてPLD (Programmable Logic Device) などのカスタムLSI (Large Scale Integrated Circuit) を備えてもよい。PLDの例としては、PAL (Programmable Array Logic)、GAL (Generic Array Logic)、CPLD (Complex Programmable Logic Device)、FPGA (Field Programmable Gate Array) が挙げられる。この場合、プロセッサによって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。

[0067] ストレージ93の例としては、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)、DVD-ROM (Digital Versatile Disc Read Only Memory)、半導体メモリ等が挙げられる。ストレージ93は、コンピュ

ータ 90 のバスに直接接続された内部メディアであってもよいし、インタフェース 94 または通信回線を介してコンピュータ 90 に接続される外部メディアであってもよい。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ 90 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 90 が当該プログラムをメインメモリ 92 に展開し、上記処理を実行してもよい。少なくとも 1 つの実施形態において、ストレージ 93 は、一時的でない有形の記憶媒体である。

産業上の利用可能性

[0068] 上述の開示の各態様によれば、動力学を考慮した、より精度の高いフィードフォワード操舵角の演算が可能となる。

符号の説明

- [0069] 1、1 a 列車
1 T ~ 8 T 区間
2 地上装置
3 運行管理装置
10 列車制御システム
11 車上装置
12 車上分岐装置
111 権利区間テーブル
300 軌道