

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6723121号
(P6723121)

(45) 発行日 令和2年7月15日 (2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月25日 (2020.6.25)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 0 L 15/40 (2006.01)

B 6 0 L 15/40

G

B 6 1 L 25/04 (2006.01)

B 6 1 L 25/04

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-175181 (P2016-175181)
 (22) 出願日 平成28年9月8日 (2016.9.8)
 (65) 公開番号 特開2018-42380 (P2018-42380A)
 (43) 公開日 平成30年3月15日 (2018.3.15)
 審査請求日 平成31年1月9日 (2019.1.9)

(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 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 横田 将亮
 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 小田 篤史
 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 西野 尊善
 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】 列車運転支援装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

列車の運転の基準となる位置と速度の関係である運転基準パターンを決定し、前記列車の運転士に前記列車の運転操作に関する支援情報を提示する運転支援装置において、
 前記列車の物理的な挙動を再現するために必要な情報である車両特性と、路線又はダイヤの情報である路線条件に基づいて、制約条件を満たしつつ、省エネ性能や運転操作性や乗り心地に関する評価指標を少なくとも1つ含み乗客あるいは列車の事業者にとって望ましい状態にあるときに小さな値を出力する目的関数を最小化する組み合わせ最適化演算を行い、前記列車の運転の目標となる位置と速度の関係であるシミュレーションパターンを生成するシミュレーションパターン生成部と、
 前記列車の実際の運行における位置と速度の関係から生成した実績パターンと、前記シミュレーションパターンに基づいて、前記シミュレーションパターンと前記実績パターンの類似度を算出して類似度が高い第1の区間と類似度が低い第2の区間を判定して類似度情報として出力する類似度算出部と、
 前記実績パターンと前記類似度情報に基づいて前記第1の区間における前記シミュレーションパターンを前記第2の区間で前記実績パターンと接続することを制約条件とした前記組合せ最適化演算により計算される区間シミュレーションパターンを生成する区間シミュレーションパターン生成部と、
 前記実績パターンと前記類似度情報と前記区間シミュレーションパターンから前記運転基準パターンを生成する組み合わせパターン生成部とを備え、

10

20

前記組合わせパターン生成部は、前記第 1 の区間では前記区間シミュレーションパターンを、前記第 2 の区間では前記実績パターンを組み合わせた走行パターンを前記運転基準パターンとして生成することを特徴とする運転支援装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の運転支援装置であって、

前記実績パターンを測定する実績データ測定部と、

前記実績データ測定部が測定した前記実績パターンを蓄積する実績パターンデータベースと、

前記実績パターンデータベースから一つ以上の実績パターンを選択して前記実績パターンとして出力する実績パターン選択部とを備え、

前記実績パターン選択部は前記目的関数を基準に前記実績パターンを選択することを特徴とする運転支援装置。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載の運転支援装置であって、

抽出条件情報を取得して実績パターン選択部に出力する抽出条件取得部とを備え、

前記実績パターン選択部が前記実績パターンデータベースから前記実績パターンを選択する際には前記抽出条件情報に基づく実績パターンのみを選択の対象とすることを特徴とする運転支援装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、列車の運転操作を案内する情報を運転士に提供することで列車の運転を支援する列車運転支援装置に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道システムにおいて、列車の運転士はダイヤに基づいて、制限速度を遵守し到着時刻や到着位置を正確に保つための判断を適宜行いながら運転操作を実施している。このような鉄道システムの運転に際して、運転操作の切替点などの情報を提供することで、運転士の運転操作を支援し、省エネや乗り心地向上を実現する走行支援装置が提案・実用化されている。運転支援装置は目標とする走行パターンを算出し、その目標走行パターンに沿うような運転操作の情報を運転士に提供する。ここで走行パターンとは、走行区間における位置と列車の速度の関係である。

30

【0003】

本技術分野の背景技術として、特許文献 1 がある。この公報には、「理解度データを全ての運転士にわたって分析し、分析された全ての前記理解度データの数に対し、予め定める閾値を超える数の前記理解度データが、前記操作内容が現状維持の状態にあると判断される場合、前記ランカーブ作成装置によって作成される前記ランカーブデータの内容が、前記操作履歴データの内容に近づくように、前記入力パラメータを修正することを特徴とする」と記載されている（特許文献 1 の請求項 5 参照）。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2015 - 137035 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

運転士が列車を運転する鉄道システムにおいては、運転士は制限速度を遵守し到着時刻や到着位置を正確に保つための判断を行う。このため、運転支援装置が提供する運転支援情報は、制限速度の遵守や、到着時刻・位置の精度に関連する判断を運転士が行う場面において認知負荷の小さな情報であることが望ましい。

50

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 による発明では、ランカーブ作成装置で数値計算により作成されるランカーブデータが操作履歴データの内容に近づくように、ランカーブ作成装置がランカーブデータを作成する際に使用する入力パラメータを修正する。例えばランカーブを作成時の目的関数が省エネを重視するか走行の余裕時分を重視するかの重みづけのパラメータを調整することができる。この調整によって運転支援装置から提供される情報を運転士が所望する情報に調整可能となり、運転士が運転にあたって省エネを重視するか、走行の余裕時分を重視するかが時間的に変化したとしても、運転士の想定する走行時分と支援情報が前提とする走行時分を一致させることが出来るようになる。結果として認知負荷が小さい運転支援情報の提供が可能となる。

10

【 0 0 0 7 】

一方、運転士が制限速度区間や停車駅直前の区間で減速する際の運転操作は、制限速度の遵守や到着時刻・位置の精度に関わる操作であり、区間ごとに各区間における勾配やカーブなどの特徴を考慮した様々なノウハウが存在する。運転士はこれらのノウハウを反映した運転操作を行うが、こうしたノウハウは区間の特徴によって異なり、さらに運転士毎に異なる可能性もあるため、複雑かつモデル化が困難である。このため、数値計算により得られたランカーブのみに基づいて運転支援情報を決定する従来の方法では、制限速度区間や停車駅直前の区間において、運転支援情報と運転士の判断が乖離し、運転士の認知負荷が小さい運転支援情報の提供が困難となるおそれがある。

【 0 0 0 8 】

20

本発明の目的は、運転士の運転操作を踏まえた運転支援を可能とし、それにより複雑な運転が必要な区間についても運転士の認知負荷が小さい運転支援情報の提供を可能とすることである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。

【 0 0 1 0 】

本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、前記列車の物理的な挙動を再現するために必要な情報である車両特性と、路線又はダイヤの情報である路線条件に基づいて、制約条件を満たしつつ、省エネ性能や運転操作性や乗り心地に関する評価指標を少なくとも 1 つ含み乗客あるいは列車の事業者にとって望ましい状態にあるときに小さな値を出力する目的関数を最小化する組み合わせ最適化演算によってシミュレーションパターンを生成するシミュレーションパターン生成部と、前記シミュレーションパターンと実績パターン情報に基づいて、前記シミュレーションパターンと前記実績パターン情報の類似度を算出して類似度が高い第 1 の区間と類似度が低い第 2 の区間を判定して類似度情報として出力する類似度算出部と、前記実績パターン情報と前記類似度情報に基づいて前記第 1 の区間における前記シミュレーションパターンを前記第 2 の区間で前記実績パターンと接続することを制約条件とした前記組合せ最適化演算により計算される区間シミュレーションパターンを生成する区間シミュレーションパターン生成部と、前記実績パターン情報と前記区間情報と前記区間シミュレーションパターンから運転基準パターンを生成する組み合わせパターン生成部とを備え、前記組み合わせパターン生成部は、前記第 1 の区間では前記区間シミュレーションパターンを、第 2 の区間では実績パターンを組み合わせたパターンを運転基準パターンとして生成することを特徴とする。

30

40

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、運転支援装置が支援情報を出力する場合の基準とする走行パターンは複雑な運転が必要な区間については運転士が実際に操作した実績パターンを採用しつつ、それ以外の箇所を最適化したパターンとなる。これによって、乖離が大きくなる区間では運転士のノウハウを反映した運転操作を基本としつつ、駅間全体として省エネとなるような運転を支援することが可能となる。

50

【図面の簡単な説明】**【 0 0 1 2 】**

【図 1】実施例 1 における車両システムの構成例を示す図。

【図 2】運転支援装置 1 0 0 の構成例を示す図。

【図 3】走行パターンおよび走行パターン情報の例。

【図 4】実績パターンの例。

【図 5】類似度算出部 1 2 0 における処理の例を示すフローチャート。

【図 6】類似度算出部 1 2 0 における一致判定の例

【図 7】区間シミュレーションパターン生成部 1 3 0 における処理の例を示すフローチャート。

10

【図 8】運転支援装置 1 0 0 により生成される運転基準パターンの例。

【図 9】実施例 2 における車両システムの構成例を示す図。

【図 1 0】運転支援装置 2 0 0 の構成例を示す図。

【図 1 1】実施例 3 における車両システムの構成例を示す図。

【図 1 2】運転支援装置 3 0 0 の構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】**【 0 0 1 3 】**

以下、実施例を図面を用いて説明する。

【実施例 1】**【 0 0 1 4 】**

20

図 1 は、本実施例の第 1 の実施の形態である車両システムの構成図である。車両システムは車両の位置を検知する車両位置検知手段 1 1 と車両速度検知手段 1 2 と、運転支援装置 1 0 0 を含む。車両位置検知手段 1 1 は車両の位置情報を検知して運転支援装置 1 0 0 に送信する。車両速度検知手段 1 2 は車両の速度情報を検知して運転支援装置 1 0 0 に送信する。運転支援装置 1 0 0 は現在位置から目的地点までの走行パターン情報を生成して運転基準パターン情報として出力する。図 2 は、本実施例における実施例の運転支援装置 1 0 0 の構成図である。運転支援装置はシミュレーションパターン生成部 1 1 0 と、類似度算出部 1 2 0 と、区間シミュレーションパターン生成部 1 3 0 と、組合せパターン生成部 1 4 0 からなり、現在位置から目的地点までの走行パターン情報を生成する。

【 0 0 1 5 】

30

走行パターンは、列車が現在位置から目的地点に到着するまでの速度の変化であり、図 3 の 3 0 1 に示すように横軸に位置、縦軸に各位置における速度をとったグラフで表すことができる。さらに図 3 の 3 0 2 に走行パターン情報を表として記述した例を示す。走行パターン情報は走行パターンを一意に定めるのに必要な情報を列挙したものである。各行には現在時刻を基準とした時刻、位置、速度、運転モードの情報を含む。図 3 の 3 0 2 で示した例では、走行パターン情報を 0 . 5 [秒] 毎に一定の間隔で記録しているが、走行パターン情報は走行パターンを一意に定めるのに十分な時間的精度で記録してあれば 0 . 5 [秒] 間隔でなくてもよく、また記録する時間は等間隔でなくてもよい。

【 0 0 1 6 】

シミュレーションパターン生成部 1 1 0 は、シミュレーション条件 1 a に基づいて、例えば組み合わせ最適化演算によって走行パターン情報を生成して、シミュレーションパターン 1 b として出力する。ここでシミュレーション条件 1 a は現在の列車位置から到着地点までの列車の走行を計算するのに必要な情報であり、車両特性と路線条件からなる。車両特性は列車の物理的な挙動を再現するために必要な情報であり、例えば、列車の総重量、列車長、列車の引張力、列車の制動力、列車の力行時の効率および制動時の効率の情報である。路線条件は走行パターンの生成に必要な路線やダイヤの情報であり、例えば、出発駅の位置情報、到着地点の位置情報、出発駅から到着地点間の勾配情報、出発駅から到着地点間の曲線情報、出発駅から到着地点間の速度制限情報、出発駅から到着地点間で満たすべき既定の走行時分の情報である。また、組み合わせ最適化演算とは、位置ごとの速度制限や到着地点までの規定の走行時間 T_t といった制約条件を満たしつつ、列車の走行

40

50

時の消費電力量や乗り心地および操作性のうち、少なくとも一つを含む目的関数を最小化する走行パターン情報を導出する演算処理のことをいう。ここで目的関数は消費電力量に関する関数FE、乗り心地に関する関数FRおよび操作性に関する関数FCのうち少なくとも一つ以上の組合せで表される。関数はそれぞれ対応する項目がより望ましい状態にあるときは小さな値を取る関数である。例えばFEは消費電力量、FRは速度の二回微分として表される加加速度の絶対値の合計、FCは運転操作回数の合計とすることが出来、目的関数をFE+FR+FCとすることができる。このときそれぞれの目的関数の値が小さいことは、鉄道事業者あるいは乗客にとって望ましい状態であることを示す。また、目的関数の最小化とは、目的関数が走行パターン情報に応じて変化することから、列車の性能や路線条件および規定の走行時間 T_t といった制約条件下で実現可能な組み合わせが最小となる走行パターン情報を探索することである。なお、FRおよび、FCは上記の関数形に限らず、例えばFRは加加速度の絶対値の最大値をとっても良いし、走行中の加減速の回数としてもよく、FCは単位時間あたりの運転操作の頻度や規定時間（例えば10秒）以内に運転操作の切り替えが必要である回数としてもよい。要は列車の運営事業者あるいは乗客にとって望ましい状態であるときに小さな値をとる関数であれば何でもよい。また、目的関数もFE、FR、FCの和でなくともよく、FE、FR、FCの少なくとも一つを含む関数であり含まれる要素に対して単調増加となる関数であればよい。なお、組合わせ最適化演算にあたっては目的関数の値に対応する項目がより望ましい状態にあるときは大きな値を取る関数であるとし、その目的関数の最大値を求めることにしても結果的には同様である。

【0017】

類似度算出部120は、現在位置から到着地点までの区間毎に、シミュレーションパターン1bと、実績パターン1cとの類似度を算出し、類似度が高い第1の区間と類似度が低い第2の区間を判定して類似度情報1dとして区間シミュレーションパターン生成部に出力する。

【0018】

ここで、実績パターンとは、運転士が実際に操作した列車の走行区間における位置と前記列車の速度の関係の情報である。

【0019】

図4に実績パターンの例を表として示す。実績パターンは走行パターン情報と識別情報とからなる。ここで走行パターン情報は図3の302に示した情報と同等の情報であり、識別情報は、ある走行実績を一意に特定するための情報である。識別情報は具体的には、走行実績が記録された日時・記録時の走行路線および走行した駅間の情報などを含む。また識別情報には走行実績が記録された日時の天候情報、乗車率など列車の運行に係る情報を含んでもよく、また列車の運行に係る他の情報（運転士を特定する運転士IDなど）を含んでもよい。さらに識別情報は目的関数に対応する消費電力量や乗り心地を表す指数などの情報を含んでもよい。

【0020】

類似度算出部120においてある区間が第1の区間と判定されることは、その区間においてシミュレーションパターンと実績パターンが類似することを意味する。このためシミュレーションパターンを運転士に提示した際に認知負荷が小さいと考えられ、シミュレーションパターンおよびシミュレーションパターンを調整したパターンを運転支援情報に使用可能であることを示す。一方で第2の区間と判定された区間ではシミュレーションパターンと実績パターンが類似でないことを意味する。このため、第2の区間ではシミュレーションパターンを運転士に提示することは認知負荷の増加を招くため、シミュレーションパターンの提示を避けて実績パターンを提示する方が望ましいことを示す。

【0021】

区間シミュレーションパターン生成部130はシミュレーション条件1aと類似度算出部120が算出した類似度情報1dに基づいて、区間シミュレーションパターン1eを生成する。区間シミュレーションパターン1eは類似度情報1dにおける第2の区間で実績パターン1cと接続することを制約条件とした組合せ最適化により計算される。

【 0 0 2 2 】

ここで、実績パターン 1 c が一つ以上存在する場合、区間シミュレーションパターン生成部 1 3 0 は実績パターン 1 c のそれぞれに対応した区間シミュレーションパターン 1 e を計算する。なお、このとき類似度情報 1 d において第 2 の区間と判定された不連続な区間が N 区間 (N = 2) 存在する場合には、それぞれの区間で別の実績パターン 1 c を組み合わせてもよく、実績パターン 1 c が M 通り存在する場合、M の N 乗通りの区間シミュレーションパターン 1 e を生成することができる。

【 0 0 2 3 】

組合せパターン生成部 1 4 0 は、実績パターン 1 c と、類似度算出部 1 2 0 から受け取った類似度情報 1 d と、区間シミュレーションパターン生成部から受け取った区間シミュレーションパターン 1 e に基づいて、運転基準パターン 1 f を選択する。このとき、実績パターン 1 c あるいは区間シミュレーションパターン 1 e が複数存在する場合には実績パターン 1 c あるいはその組み合わせにより生成される実績パターンと、実績パターンに対応した区間シミュレーションパターン 1 e の組合せのうち、規定された目標走行時分 T t を遵守し、かつ目的関数を最小化する組み合わせを選択して運転基準パターン 1 f として出力する。

【 0 0 2 4 】

類似度算出部 1 2 0 の動作を図 5 に示す。類似度算出部 1 2 0 は現在位置から到着地点までの各位置において実績パターンごとに一致判定を実施し、類似度を算出する。図 5 には実績パターンが複数の場合の処理を示すが、実績パターンが 1 つであったとしても、同一の処理で類似度を算出可能である。

【 0 0 2 5 】

以下のステップ S 5 0 1 ~ S 5 0 6 を現在位置から到着地点までの各位置 X に関して実行する。

【 0 0 2 6 】

ステップ S 5 0 1

位置 X を更新し、位置 X を基準としたシミュレーションパターンの運転操作情報を取得する。運転操作情報には位置 X での運転操作 C x 1 と、次の運転操作 C a 1、前の運転操作 C b 1 が含まれる。

【 0 0 2 7 】

運転操作とは運転士の操作を示す情報で、力行のノッチ数 (例えば、図 6 の S 6 2 0 の例では力行 5 ノッチ)、ブレーキのノッチ数 (例えば、図 6 の S 6 2 6 の P 6 1 1 の例ではブレーキ 4 ノッチ)、定速、惰行からなる。

【 0 0 2 8 】

ここで C x 1 と異なる運転操作が行われている位置の集合を Z として、C a 1、C b 1 を次のように定める。Z のうち位置 X より現在位置側にあり、かつ位置 X にもっとも近い地点で実施されている操作を C b 1 とする。また、Z のうち位置 X より到着位置側にあり、かつ位置 X にもっとも近い地点で実施されている操作を C a 1 とする。C a 1、C b 1 とともに、Z 中に該当する地点が存在しない場合には、それぞれ C x 1 に等しいものと定める。ステップ S 5 0 2 に進む。

【 0 0 2 9 】

ステップ S 5 0 2

実績パターンを取得する。

【 0 0 3 0 】

ステップ S 5 0 3

位置 X を基準とした現在の実績パターンの運転操作情報を取得する。運転操作情報には位置 X での運転操作 C x 2 が含まれる。ステップ S 5 0 4 に進む。

【 0 0 3 1 】

ステップ S 5 0 4

現在の実績パターンの位置 X における一致判定結果を、次の式の真偽として設定する。

【 0 0 3 2 】

「 $C \times 2$ が、 $C \times 1$ 、 $C a 1$ 、 $C b 1$ のうち、少なくとも一つと一致する」

現在の実績パターンが最後の実績パターンであればステップ S 5 0 5 に進む。最後の実績パターンでない場合には S 5 0 2 に進む。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 5 0 5

位置 X における一致判定結果が真である実績パターンの割合が基準割合以上であるかを判定する。基準割合は例えば 5 0 % とすることが出来る。判定結果が真の場合はステップ S 5 0 6 に進み、偽の場合はステップ S 5 0 7 に進む。

【 0 0 3 4 】

ステップ S 5 0 6

位置 X における区間情報を第 1 の区間に設定する。位置 X が到着地点に一致する場合は処理終了し、一致しない場合にはステップ S 5 0 1 に進む。

【 0 0 3 5 】

ステップ S 5 0 7

位置 X における区間情報を第 2 の区間に設定する。位置 X が到着地点に一致する場合は処理終了し、一致しない場合にはステップ S 5 0 1 に進む。

【 0 0 3 6 】

ステップ S 5 0 4 における一致判定の例を図 6 に示す。6 0 1 はシミュレーションパターン P 6 1 1 と実績パターン P 6 1 2 をグラフとして表した図であり、S 6 2 0 ~ S 6 2 7 は出発地点から到着地点までに存在する地点を表す。6 0 2 は地点 S 6 2 0 ~ S 6 2 7 における P 6 1 1 と P 6 1 2 の運転操作および一致判定の結果を表したものである。点 S 6 2 0 ~ S 6 2 4 においては、P 6 1 2 の運転操作は P 6 1 1 の各地点の運転操作あるいはその前後の運転操作と一致するため、一致判定結果は「一致」となる、一方で点 S 6 2 5 ~ S 6 2 7 においては一致するものがないため、一致判定結果は「不一致」となる。

【 0 0 3 7 】

区間シミュレーションパターン生成部 1 3 0 の動作を図 7 に示す。なお、ここでは第 2 の区間と判定された不連続な区間が複数存在し、その組み合わせを考慮する場合の動作を記載する。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 7 0 1

第 2 の区間と判定された不連続な区間数 N を算出し、M 通りの実績パターン 1 c を区間毎に組合わせた M の N 乗通りの実績組合せリストを設定。ステップ S 7 0 2 に進み、実績組合せ数だけステップ S 7 0 2 ~ ステップ 7 0 4 を繰り返す。

【 0 0 3 9 】

ステップ S 7 0 2

実績組合せのリストから現在の実績組み合わせを取得。現在の実績組み合わせから N 区間に存在するうち i 番目 (1 ~ i ~ N) の第 2 区間についての制約条件 L_i を、該当する区間中の $S_i \sim X \sim E_i$ における位置 X と速度 V に関する制約条件として、式 1 の通りに設定してステップ S 7 0 3 に進む。

【 0 0 4 0 】

(式 1) $L_i : V_i (X) = W_i (X) (S_i \sim X \sim E_i)$

ここで、 S_i が i 番目の第 2 の区間の開始位置、 E_i が i 番目の第 2 の区間の終了位置、 W_i が i 番目の第 2 の区間における現在の実績組み合わせの速度系列を表す。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 7 0 3

シミュレーションに基づいて制約条件 L_i の元で規定された目標走行時分 T_t を遵守しつつ目的関数を最小化する組合せ最適化を実施する。ステップ S 7 0 4 に進む。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 7 0 4

10

20

30

40

50

現在の実績組み合わせおよびステップ S 7 0 3 で得られた最適化シミュレーションパターンを区間シミュレーションパターンに追加。現在の実績組合せが M の N 乗番目の最後の組合せであれば処理終了。実績組み合わせリストに残りが存在する場合、ステップ S 7 0 2 に進む。

【 0 0 4 3 】

なお、第 2 の区間毎の組合せを考慮しない場合は、S 7 0 1 で設定する組み合わせリストを M 通りの実績パターンそのものとし、ステップ S 7 0 2 ~ ステップ S 7 0 4 を M 回繰り返せばよい。また、実績パターンが 1 通りの場合は $M = 1$ として同様に処理すればよい。

【 0 0 4 4 】

また、ステップ S 7 0 2 における制約式は以下の式 2 としてもよい。

【 0 0 4 5 】

$$(式 2) \quad L_i : V_i(X) \quad W_i(X) (S_i \quad X \quad E_i)$$

このとき、第 2 の区間における走行パターンは実績パターンと必ずしも一致しないものの、実績パターンよりも低い速度となることから、速度超過しやすくなったり、停止地点を超えやすくなったりする恐れはなく、運転士への認知負荷に与える影響は小さいと考えられる。

【 0 0 4 6 】

あるいは、ステップ S 7 0 2 における制約条件 L_i は速度に関わる制約とせず、 $S_i \quad X \quad E_i$ の区間において位置毎の運転操作が実績パターンと全く同様の運転操作となるように設定してもよい。第 2 の区間における走行パターンは実績パターンと必ずしも一致しないものの、位置毎の操作は同一となることから、運転士への認知負荷に与える影響は小さいと考えられる。この形式で制約を設定することで、例えばシミュレーションパターンでは惰行となっている区間で実績パターンでは定速運転が実施されているような場合に、定速運転の速度を微調整して省エネな運転に近づけることが可能となる。

【 0 0 4 7 】

さらに制約条件の規定方法は、区間毎に変えてもよく、例えばブレーキ操作が含まれる区間については式 1 あるいは式 2 で定めた速度による制約とし、それ以外については運転操作内容による制約としてもよい。

【 0 0 4 8 】

図 8 に、運転支援装置 1 0 0 における走行パターンの扱いと生成される運転基準パターンの例を示す。運転支援装置 1 0 0 における処理に関わる走行パターンは、事前情報として与えられる実績パターン 1 c と、運転支援装置 1 0 0 が処理の過程で生成するシミュレーションパターン 1 b および区間シミュレーションパターン 1 e、そして運転支援装置 1 0 0 が出力する運転基準パターン 1 f の 4 種類がある。

【 0 0 4 9 】

8 1 0 中の実線 P 8 1 1 がシミュレーションパターン 1 b を表し、8 2 0 中の点線 P 8 2 1 が実績パターン 1 c 表す。

【 0 0 5 0 】

8 3 0 は類似度算出部 1 2 0 における 2 種類のパターンの比較を示す、シミュレーションパターン P 8 1 1 と実績パターン P 8 2 1 の比較の結果、8 3 0 中の区間 S 8 3 1 および S 8 3 3 は類似度の高い第 1 の区間と判定され、区間 S 8 3 2 および S 8 3 4 は類似度の低い第 2 の区間と判定される。8 3 0 で第 2 の区間と判定された S 8 3 2 および S 8 3 4 では実績パターンが適用され、第 1 の区間と判定された区間 S 8 3 1 および S 8 3 3 では第 2 の区間と接続するように再度シミュレーションを実施され、区間シミュレーションパターン 1 e が生成される。

【 0 0 5 1 】

8 4 0 に区間シミュレーションパターン 1 e および運転基準パターン 1 f を示す。区間シミュレーションパターン生成部 1 3 0 が算出した結果である区間シミュレーションパターンが 8 4 0 中の 1 点鎖線で表した P 8 4 1 および P 8 4 3 であり、実績パターン P 8 2

10

20

30

40

50

1を区間S832およびS834で切り出したパターンがP842およびP844である。運転基準パターン1fはP841～P844を結合したパターンであり、これが運転支援装置100の出力するパターンとなる。

【0052】

以上のように実施例1に記載の運転支援装置100によれば、運転支援装置100が出力する運転基準パターン1fはシミュレーションにより生成された走行パターンと過去の実績である実績パターンとを組み合わせたパターンとなる。これにより、運転支援装置が支援情報を出力する場合の基準とする走行パターンは複雑な運転が必要な区間については運転士が実際に操作した走行パターンを採用しつつ、それ以外の箇所を最適化したパターンとなる。これによって、制限速度の遵守や到着時刻・位置の精度に関わる操作については運転士のノウハウを反映しつつ駅間全体として省エネとなるような運転を支援することが可能となる。さらに、運転支援装置100が出力する運転基準パターン1fを実績パターンおよびその組み合わせのみを用いて生成されるパターンと比較すると、区間シミュレーションパターン生成部130が第1の区間において最適なシミュレーションを行うことで、実績パターンのみに基づく走行パターンよりもさらに目的関数を低減した走行パターンの生成が可能となっている。

10

【実施例2】

【0053】

図9は、本実施例の第2の実施の形態である車両システムの構成図である。本実施例は前述の第1の類似した構成であるため、共通する構成要素については同一の参照符号を付して、説明を省略する。車両システムは車両システムは車両の位置を検知する車両位置検知手段11と車両速度検知手段12と、運転支援装置200を含む。

20

【0054】

図10は運転支援装置200の構成図である。運転支援装置200は第1の実施例の運転支援装置100の構成に、実績データ測定部210、実績パターンDB220および実績パターン選択部230を加えた構成を有する。

【0055】

実績データ測定部210は、列車の走行中にかかわる実績データを取得して、実績パターンDB220に出力する。ここで実績データは図4に示した実施例1における走行実績情報と同等の情報であり、走行パターン情報と識別情報とからなる。また、実績データ測定部210が実績データを取得する際には、実績データ測定部210に内蔵したセンサで直接測定してもよいし、車上に搭載された別の機器が測定した情報を車上のネットワークを経由して取得してもよい。あるいは、地上の機器と通信することで情報を取得してもよい。また、実績データ測定部210は地上と車上のどちらか一方だけに存在する必要はなく、地上と車上の両方に存在してそれぞれ別の情報を取得してもよい。

30

【0056】

実績パターンDB220は、実績データ測定部210から実績データを受信した情報を、実績パターンデータベースとして記録する。ここで実績パターンDBは車上に存在してもよいし、地上に存在してもよい。また、情報ごとに地上と車上にDBが存在しそれぞれ異なる情報を記録していてもよい。

40

【0057】

実績パターン選択部230は、運転支援装置200が運転基準パターンの生成を開始する時点で、実績パターンDB220に記録された実績データを分析し、少なくとも一つ以上の実績パターン情報を選択して類似度算出部120および区間シミュレーションパターン生成部130および組合せパターン生成部140に送信する。実績パターン選択部230が実績パターンを選択する際には、実績パターンDB内のデータのうち、走行時分が規定された走行時分を守れる範囲にあり、かつ実績パターンから算出された目的関数の値が小さくなるように実績パターンを選択する。

【0058】

このとき、目的関数の値は実績パターンDB内のすべてのデータについて毎回計算して

50

もよい。しかし、計算した結果を実績パターンDBに保存したり、実績パターンDBに目的関数の値を小さくするような実績パターンだけを保存してそのほかは削除したりしてもよく、それぞれの場合に計算時間を短縮することが可能である。

【0059】

本実施例によれば、実績パターンDB220には運転士が実際に走行したパターンが蓄積され、従来採用していたものより目的関数を改善可能な実績パターンが記録された場合には、実績パターン1cが更新されることで、目的とする省エネや乗り心地向上に対してより効果の高い基準走行パターンが生成されることとなる。また、実績パターンDB220から実績パターン選択部230が実績パターンを選択することで、類似度算出部120および区間シミュレーションパターン生成部130が計算に使用する実績パターンの数は10

【0060】

これによって、運転支援装置200が出力する走行パターンは、シミュレーションパターンの適用が困難な区間に関しても、運転士が新たに構築したノウハウ等を反映することによって、出力される運転基準パターンを改善し続けることができる。

【実施例3】

【0061】

図11は、本実施例の第3の実施の形態である車両システムの構成図である。本実施例は前述の第1の実施例および第2の実施例と類似した構成であるため、共通する構成要素については同一の参照符号を付して、説明を省略する。車両システムは車両の位置を検知する車両位置検知手段11と車両速度検知手段12と、運転支援装置300を含む。20

【0062】

図12は運転支援装置300の構成図である。運転支援装置300は第2の実施例の運転支援装置200の構成に、さらに抽出条件取得部310を加えた構成を有する。

【0063】

抽出条件取得部310は実績パターンDB220からデータを抽出する条件として用いられる抽出条件情報3aを取得し、実績パターン選択部320に送信する。

【0064】

ここで抽出条件とは、実績パターンを限定する条件である。抽出条件は例えば一人ないし複数の運転士を指定するための運転士情報の条件でもよいし、一定以上の減速度で減速操作を実施するといった走行パターンに関わる条件でもよいし、消費電力量や運転操作の回数に由来する乗り心地といった目的関数を左右する要素を条件としてもよい。30

【0065】

また、抽出条件取得部が抽出条件情報3a情報を取得する手段は、例えば運転基準パターンの決定時に運転士に入力を要求して、入力内容を取得するという形にすることが出来る。

【0066】

しかし、抽出条件取得部が抽出条件情報3aを取得する手段は、運転士が列車の運転を開始する前にあらかじめ入力していてもよいし、地上のサーバー上に抽出条件を記録しておいて運転基準パターンの決定時に読むような形でもよく、要は運転基準パターンの決定時に条件が決定可能であればどのような手段でもよく、また上記の条件を複数組み合わせた条件でもよい。40

【0067】

実績パターン選択部320は、運転支援装置300が運転基準パターンの生成を開始する時点で、抽出条件取得部310から受け取った抽出条件情報3aに基づいて実績パターンDB220に記録されたデータから分析に用いる実績データを抽出しタ上で、実績パターン選択部230と同一の処理を行い、少なくとも一つ以上の実績パターン1cを選択して類似度算出部120および区間シミュレーションパターン生成部130および組合せパターン生成部140に送信する。50

【 0 0 6 8 】

本実施例によれば、実績パターンデータベースから実績パターンを抽出する際にどのようなパターンが選択されるかを、運転士本人あるいは運転士に指導を行う指導者、ないしは運行管理を行うシステムの操作者あるいは運行管理システムが指定することが可能となる。

【 0 0 6 9 】

これによって、例えば運転士本人の実績パターンのみを採用すれば、実績パターンが採用される区間では普段と全く同じ運転方法を維持することが可能となる。これにより類似度が高い区間でシミュレーション結果による走行パターンの微調整を行うほかは運転方法の違いを意識することなく、省エネや乗り心地向上といった目標を達成可能とするような運転支援情報の提供が可能となる。

10

【 0 0 7 0 】

あるいは指導を受ける運転士ないし指導者が、運転の目標とする指導者の実績パターンが採用されるように条件を設定することで、運転の目標とする指導者の実績パターンを基準とした運転支援情報が提供される。

【 0 0 7 1 】

あるいは、運転士本人のパターンの改善余地が大きい場合は、運転士本人のパターンより少しだけ改善するような条件を指定することで、改善に向けた認知負荷を上げすぎることなく、段階的に運転操作を改善するような運転支援情報の提供が可能となる。この時、条件の与え方としては、中間的な目標とする別の運転士を直接指定してもよいし、減速度や消費電力量といった走行パターンないし目的関数に関連した数値を条件として指定してもよい、あるいは運転士と数値条件の両方を指定してもよい。

20

【 0 0 7 2 】

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。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。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 7 3 】

- 1 0 0 運転支援装置
- 1 1 0 シミュレーションパターン生成部
- 1 2 0 類似度算出部
- 1 3 0 区間シミュレーションパターン生成部
- 1 4 0 組合せパターン生成部
- 1 1 車両位置検知手段
- 1 2 車両速度検知手段
- 1 a シミュレーション条件
- 1 b シミュレーションパターン
- 1 c 実績パターン
- 1 d 類似度情報
- 1 e 区間シミュレーションパターン
- 1 f 運転基準パターン
- 2 0 0 運転支援装置
- 2 1 0 実績データ測定部
- 2 2 0 実績パターン D B
- 2 3 0 実績パターン選択部
- 3 0 0 運転支援装置
- 3 1 0 抽出条件取得部

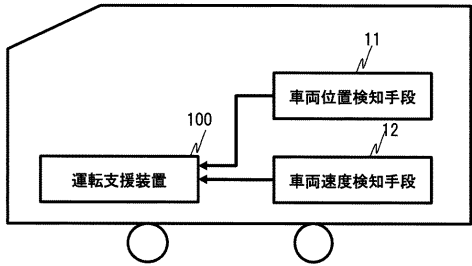
40

50

3 2 0 実績パターン選択部
3 a 抽出条件情報

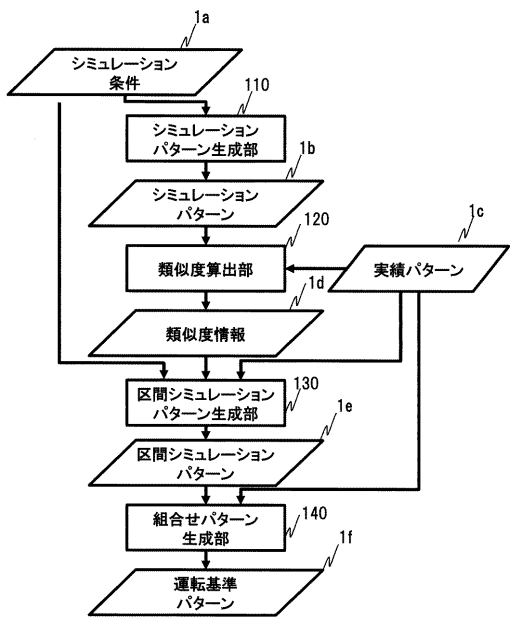
【図 1】

図1

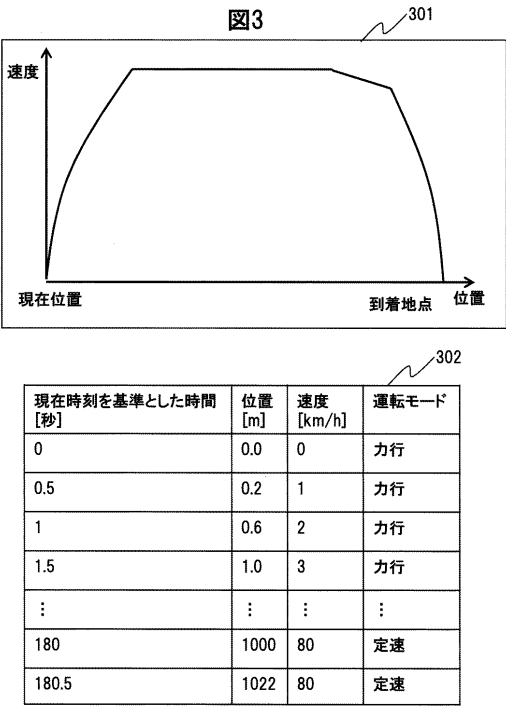


【図 2】

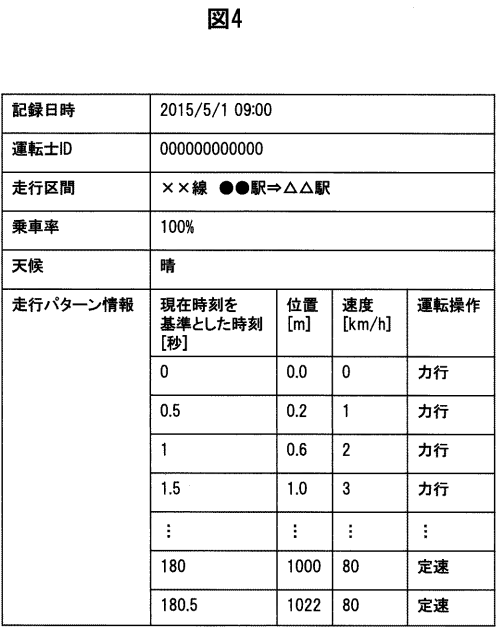
図2



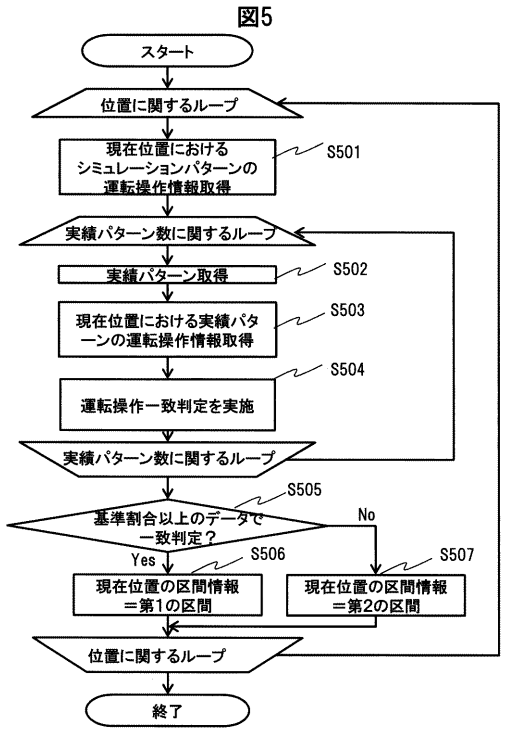
【 図 3 】



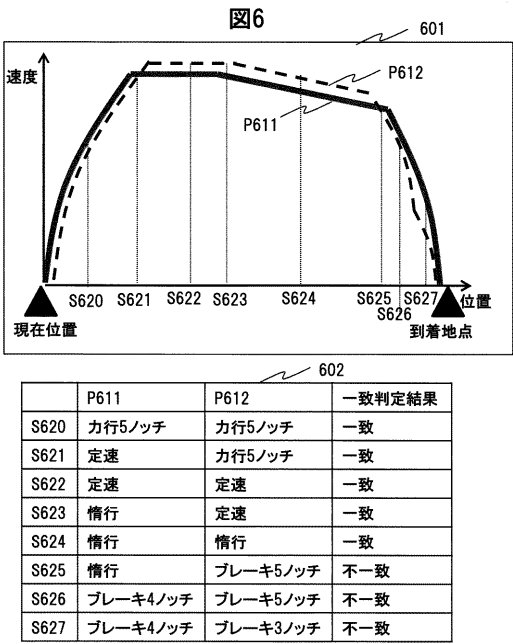
【 図 4 】



【 図 5 】

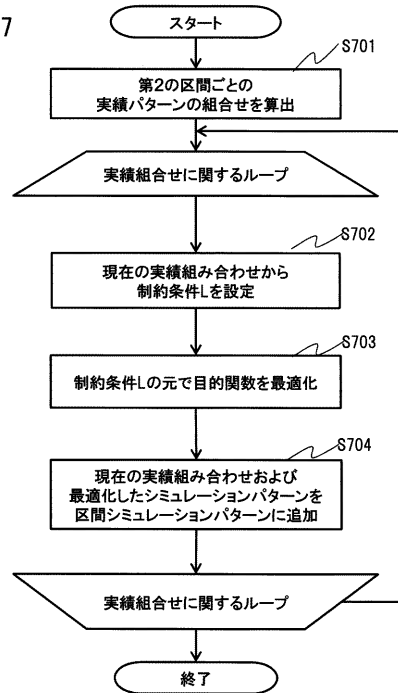


【 図 6 】



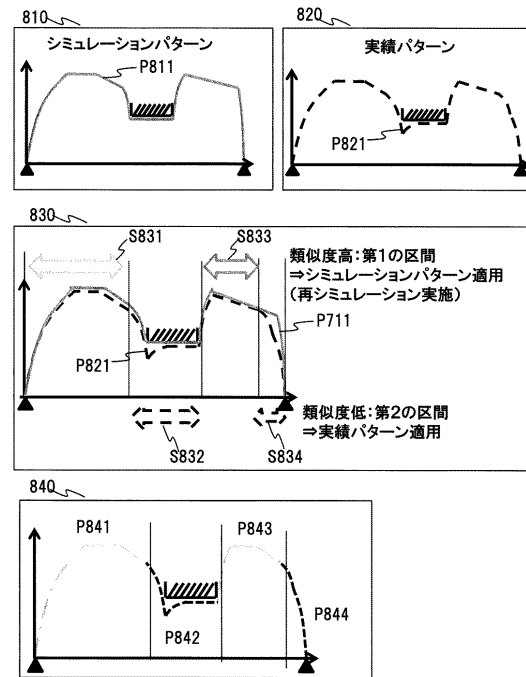
【図 7】

図7



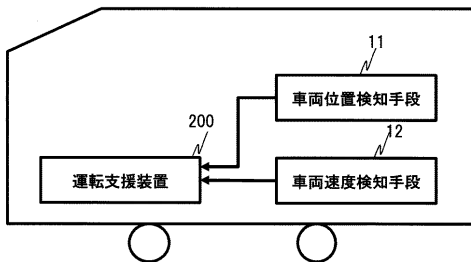
【図 8】

図8



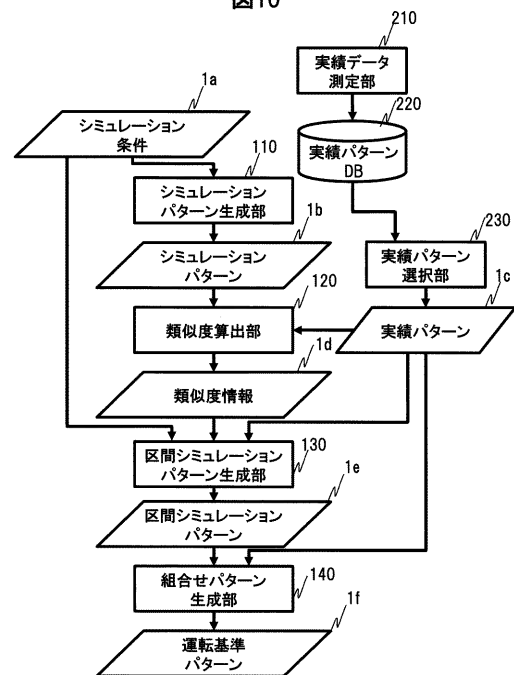
【図 9】

図9



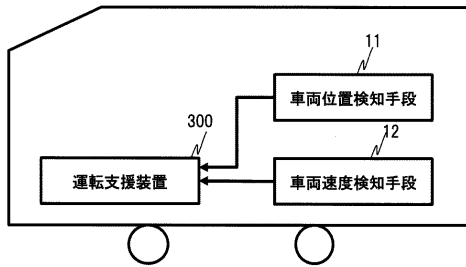
【図 10】

図10



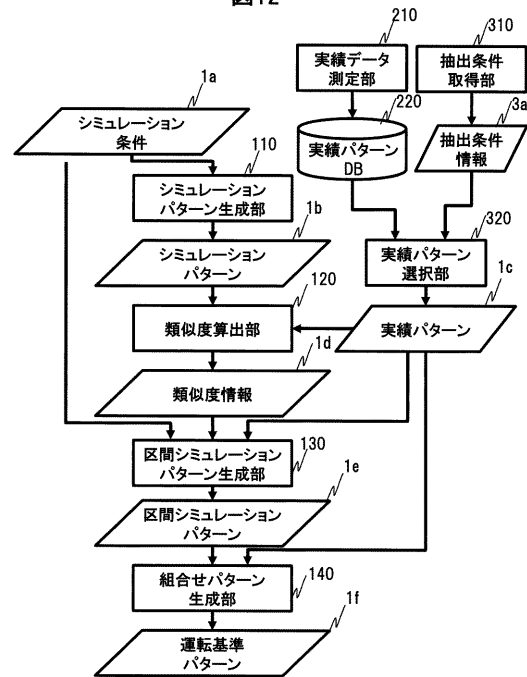
【図 11】

図11



【図 12】

図12



フロントページの続き

(72)発明者 勝田 敬一

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2015-182684(JP,A)

特開2009-031655(JP,A)

特開平06-284519(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 15/40

B61L 25/04