

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-537384

(P2009-537384A)

(43) 公表日 平成21年10月29日(2009.10.29)

(51) Int.Cl.

B 6 1 L 27/00 (2006.01)

F I

B 6 1 L 27/00

H

テーマコード (参考)

5 H 1 6 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願2009-511134 (P2009-511134)
 (86) (22) 出願日 平成19年4月16日 (2007.4.16)
 (85) 翻訳文提出日 平成20年5月12日 (2008.5.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/066697
 (87) 国際公開番号 W02007/136947
 (87) 国際公開日 平成19年11月29日 (2007.11.29)
 (31) 優先権主張番号 60/802, 147
 (32) 優先日 平成18年5月19日 (2006.5.19)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 11/621, 221
 (32) 優先日 平成19年1月9日 (2007.1.9)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 GENERAL ELECTRIC CO
 MPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタデイ、リバーロード、1 番
 (74) 代理人 100093908
 弁理士 松本 研一
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

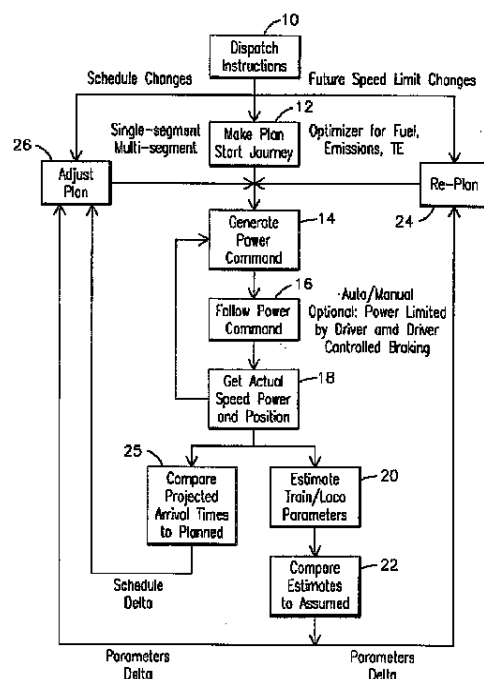
(54) 【発明の名称】 軌道車パラメータを考慮に入れて列車の運行を最適化するシステム、方法、およびコンピュータソフトウェアコード

(57) 【要約】

【課題】 列車組み立て工程および列車の機関車運行パラメータを改善して、燃料費と長距離輸送時間を低減する。

【解決手段】 列車の性能を改善する方法において、列車に含まれる少なくとも1つの軌道車の軌道車パラメータを測定し、当該列車の1または複数の運行基準に従い、軌道車パラメータに基づいて列車走行計画を生成する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

列車の性能を改善する方法において、

- a) 列車に含まれる少なくとも 1 つの軌道車の軌道車パラメータを測定し、
 - b) 前記列車の少なくとも 1 つの運行基準に従い、前記軌道車パラメータに基づいて列車走行計画を生成する
- ことを含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法において、前記軌道車パラメータは、重量、軸荷重、摩擦、風の抵抗、車軸荷重、垂直荷重、および水平荷重のうちの少なくとも 1 つを含むことを特徴とする方法。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法において、前記列車における軌道車の位置を少なくとも 1 つの軌道車パラメータに基づいて決定することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法において、前記列車の速度対燃料消費および排気出力のうちの少なくとも 1 つを少なくとも 1 つの軌道車パラメータに基づいて最適化することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法において、軌道車パラメータデータを遠隔中央データベースに伝達することをさらに含むことを特徴とする方法。

20

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法において、前記遠隔中央データベースとの通信を保護することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 2 に記載の方法において、軸荷重の変化が液体変位および固定貨物の移動のうちの少なくとも 1 つによるものか否かを判定することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法において、前記列車の操車場準備時間を前記軌道車パラメータに基づいて短縮することをさらに含むことを特徴とする方法。

30

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法において、前記列車の軌道車の荷重特性を重量、抵抗、およびカーブ性能のうちの少なくとも 1 つに基づいて決定することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法において、動力分散型列車および動力非分散型列車のうちの少なくとも 1 つの操作性能を前記軌道車パラメータに基づいて最適化することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の方法において、複数の軌道車を提供することをさらに含み、前記列車における前記軌道車の配置順序が前記軌道車パラメータに基づくことを特徴とする方法。

40

【請求項 12】

請求項 1 に記載の方法において、前記列車を前記作成した走行計画に基づいて運行することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の方法において、前記軌道車パラメータを測定するステップは、所定の軌道部位を横切ることによって前記軌道車パラメータを測定することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 14】

請求項 1 に記載の方法において、前記軌道車に付随する識別タグに含まれた情報を読み

50

取ることにより、軌道車データを決定することをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 15】

列車の性能を改善するプロセッサ用のコンピュータソフトウェアコードにおいて、
a) 前記列車の少なくとも 1 つの軌道車の軌道車パラメータを測定するコンピュータソフトウェアモジュールと、
b) 前記列車の少なくとも 1 つの運行基準に従い、前記軌道車パラメータに基づいて列車走行計画を生成するコンピュータソフトウェアモジュールと、
を備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 16】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、前記軌道車パラメータは、重量、軸荷重、摩擦、風の抵抗、車軸荷重、垂直荷重、および水平荷重のうちの少なくとも 1 つを含むことを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

10

【請求項 17】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、前記列車における軌道車の位置を少なくとも 1 つの軌道車パラメータに基づいて決定するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 18】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、前記列車の速度対燃料消費および排気出力のうちの少なくとも 1 つを前記軌道車パラメータに基づいて最適化するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

20

【請求項 19】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、軌道車パラメータデータを遠隔中央データベースに伝達するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 20】

請求項 19 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、前記遠隔中央データベースとの通信を保護するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 21】

請求項 16 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、軸荷重の変化が前記軌道車における液体変位および固定貨物の移動のうちの少なくとも 1 つによるものか否かを判定するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

30

【請求項 22】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、前記列車の軌道車の荷重特性を重量、抵抗、およびカーブ性能のうちの少なくとも 1 つに基づいて決定するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 23】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、動力分散型列車および動力非分散型列車のうちの少なくとも 1 つの操作性能を前記軌道車パラメータに基づいて最適化するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

40

【請求項 24】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、複数の軌道車を提供するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備え、前記コンピュータソフトウェアモジュールは、前記列車における前記軌道車の順序を前記軌道車パラメータに基づいて決定することを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 25】

50

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、前記列車を前記作成した走行計画に基づいて運行するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 26】

請求項 15 に記載のコンピュータソフトウェアコードにおいて、前記軌道車に付随する識別タグに含まれた情報を読み取ることにより、軌道車データを決定するコンピュータソフトウェアモジュールをさらに備えることを特徴とするコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 27】

軌道車パラメータを測定することにより列車の性能を改善するシステムにおいて、

10

a) 軌道車パラメータ測定システムと、

b) 中央制御装置と、

c) 前記測定システムと前記中央制御装置間の通信を可能にする通信ネットワークと、を備え、

d) 軌道車パラメータの測定および前記中央制御装置への提供を行って、前記列車の全軌道車に対する列車編成プロファイルおよび列車の任務に応じた走行計画のうちの少なくとも 1 つを前記軌道車パラメータに基づいて決定することを特徴とするシステム。

【請求項 28】

請求項 27 に記載のシステムにおいて、前記パラメータ測定システムは、軌道車パラメータを測定する車載センサおよび車外センサのうちの少なくとも 1 つをさらに備えることを特徴とするシステム。

20

【請求項 29】

請求項 28 に記載のシステムにおいて、前記車載センサおよび車外センサは、重量、軸荷重、摩擦、風の抵抗、車軸荷重、垂直荷重、および水平荷重のうちの少なくとも 1 つを測定することを特徴とするシステム。

【請求項 30】

請求項 27 に記載のシステムにおいて、遠隔データベースおよび携帯型データ収集装置のうちの少なくとも 1 つをさらに備えることを特徴とするシステム。

【請求項 31】

請求項 27 に記載のシステムにおいて、前記通信ネットワークは、前記測定システム、中央制御装置、遠隔データベース、携帯型データ収集装置、路側装置、車外センサ、および機関車のうちの少なくとも 2 つの要素間の通信を提供することを特徴とするシステム。

30

【請求項 32】

請求項 30 に記載のシステムにおいて、前記通信ネットワークは、保護された通信ネットワークであることを特徴とするシステム。

【請求項 33】

請求項 27 に記載のシステムにおいて、前記中央制御装置は、プロセッサをさらに備えることを特徴とするシステム。

【請求項 34】

請求項 30 に記載のシステムにおいて、前記遠隔データベースは、複数の軌道車の軌道車パラメータデータを備えることを特徴とするシステム。

40

【請求項 35】

請求項 27 に記載のシステムにおいて、

a) 軌道車に付随する識別マーカと、

b) 前記軌道車が前記マーカと通信して前記マーカから情報を収集する軌道に近接配置された識別マーカ読取機と、をさらに備え

c) 前記中央制御装置が前記識別マーカ読取機と通信するとともに、前記識別マーカに関連する情報を用いて前記軌道車の特性を決定することを特徴とするシステム。

【請求項 36】

請求項 35 に記載のシステムにおいて、前記識別マーカに関連する情報は、走行計画の

50

決定に用いる走行最適化器に提供されることを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2006年5月19日出願の仮特許出願第60/802147号に基づくものであり、2006年3月20日出願の米国特許出願第11/385354号の一部継続出願であって、その内容の全体を参照により援用する。

【0002】

本発明の分野は、鉄道輸送に関し、特に、列車の運行改善に用いる軌道車パラメータを識別するためのものである。

10

【背景技術】

【0003】

機関車は、多数のサブシステムを有し、各サブシステムが他のサブシステムに相互依存する複雑なシステムである。オペレータは、機関車に搭乗して、機関車および連結貨車群の適切な運行を確実に行う。また、オペレータは、機関車の適切な運行を確実に行うことのほか、列車の運行速度を決定するとともに、機関車が一部を占める列車内の力を許容値に制限する責を負う。この役割を実行するため、オペレータは通常、特定の地形における機関車および様々な列車の操作経験がなければならない。この知識は、軌道に沿った列車位置によって異なる指示可能な運行速度を遵守するために必要となる。また、オペレータは、列車内の力が許容範囲内にあることを確認しなければならない。

20

【0004】

車両基地は、鉄道輸送システムの拠点であって、例えば、貨物の送受や交換、機関車の保管や整備、新たな列車の組み立てや検査、施設走行列車の保守、軌道車の検査や整備、および軌道車の保管等、様々なサービスを提供する。車両基地におけるこれらの種々サービスは、様々な施設における人員、設備、空間等の資源の奪い合いを招来するため、車両基地全体の効率的な管理は複雑な業務となる。

【0005】

一般的に、新たな列車の組み立てには、所与の目的地に貨物が到着する時刻ならびに当該列車で利用可能な原動力に基づく組み立てが含まれる。通常、列車の組み立てにおいて、当該列車における軌道車の配置はランダムに行ってもよい。より具体的に言えば、車両の配置は、列車の運行を最適化する順序で行われるわけではない。列車の走行最適化は、車両重量、負荷、車軸力、水平力および/または垂直力等の情報を把握することによって改善可能である。この種の情報は、加速、減速、動力分散型または非分散型列車の操作改善、および/または排出改善のための燃料消費/速度最適化等、およびこれらには限定されない列車運行の一側面を最適化するのに役立てることができる。

30

【特許文献1】米国特許第6,263,266号公報

【特許文献2】米国特許第6,332,106号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

40

ここで、列車組み立て工程および列車の機関車運行パラメータを改善して燃料費と長距離輸送時間を低減することが引き続き必要である。本明細書に開示する一手法は、列車編成時に軌道車パラメータを用いる方法である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の例示的な実施形態は、列車の運行改善に用いる軌道車パラメータを識別するシステム、方法、およびコンピュータソフトウェアコードを開示している。このような目的で、列車の性能を改善する方法は、列車に含まれる少なくとも1つの軌道車の軌道車パラメータを測定するステップを含む。別のステップは、上記列車の少なくとも1つの運行基準に従い、軌道車パラメータに基づいて列車走行計画を生成することを含む。

50

【 0 0 0 8 】

別の例示的な実施形態においては、列車の性能を改善するプロセッサ用のコンピュータソフトウェアコードが開示されている。このコンピュータソフトウェアコードは、上記列車の少なくとも1つの軌道車の軌道車パラメータを測定するコンピュータソフトウェアモジュールを含む。別のコンピュータソフトウェアモジュールは、上記列車の少なくとも1つの運行基準に従い、軌道車パラメータに基づいて列車走行計画を生成するためのものである。

【 0 0 0 9 】

また、軌道車パラメータを測定することによって列車の性能を改善するシステムも開示されている。このシステムは、軌道車パラメータ測定システムを含む。また、中央制御装置も開示されている。さらに、上記測定システムと中央制御装置間の通信を可能にする通信ネットワークも開示されている。軌道車パラメータの測定および上記中央制御装置への提供を行って、上記列車の全軌道車に対する列車編成プロファイルおよび/または列車の任務に応じた走行計画を軌道車パラメータに基づいて決定する。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

添付の図面に示す具体的な実施例を参照することにより、上記に概説した本発明をより詳細に説明する。ただし、添付の図面は、本発明の代表的な実施例のみを示したものであるため、本発明の範囲を限定するものと解釈されるべきではなく、本発明の記述・説明は、添付の図面を用いてより具体的かつ詳細に行われる。

【 0 0 1 1 】

本発明の例示的な実施形態によれば、列車の運行改善に用いる軌道車パラメータを識別するシステム、方法、およびコンピュータソフトウェアコードを提供することによって、当該技術の問題点が解決される。当業者であれば、CPU、メモリ、I/O、プログラム記憶装置、接続バス、およびその他の適当な構成要素を含むデータ処理システム等の装置をプログラミングもしくは設計することによって、本発明の例示的な一実施形態に係る方法を容易に実行可能であることが分かる。このようなシステムは、本発明の例示的な実施形態を実行するための適当なプログラム手段を含む。

【 0 0 1 2 】

技術的効果は概して、軌道車パラメータを識別すること、および列車の運行改善にこれらのパラメータを利用することにある。本発明は、コンピュータが実行するプログラムモジュール等のコンピュータが実行可能な命令との一般的な関係において説明することができる。また、プログラムモジュールは通常、特定のタスクの実行または特定の抽象データ型の実装を行うルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造等を含む構成であってもよい。例えば、本発明の例示的な実施形態の基礎となるソフトウェアプログラムは、様々な計算プラットフォームでの使用を意図して、種々言語によりコーディングすることができる。ただし、当然のことながら、本発明の例示的な実施形態の基礎となる原理は、他のコンピュータソフトウェア技術とも併せて実装可能である。

【 0 0 1 3 】

さらに、当業者にとっては当然のことであるが、本発明は、携帯型装置、マルチプロセッサシステム、マイクロプロセッサを用いた家庭用電化製品またはプログラム可能な家庭用電化製品、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータ等のコンピュータシステム構成によって実施してもよい。また、本発明は、通信ネットワークを介して接続された遠隔処理装置によってタスクを実行する分散コンピュータ環境において実施してもよい。分散コンピュータ環境においては、メモリ記憶装置を含む局所コンピュータ記憶媒体および遠隔コンピュータ記憶媒体の両者にプログラムモジュールを配置してもよい。

【 0 0 1 4 】

また、データ処理システムで用いる事前記録ディスクやその他類似のコンピュータプログラム製品等の製造品としては、当該データ処理システムにおける本発明の方法の実施を容易化する記憶媒体およびその媒体に記録されたプログラム手段等が挙げられる。このよ

うな装置や製造品もまた、本発明の精神と範囲に含まれる。

【0015】

本明細書では、機関車構成という用語を用いる。本明細書においては、相互接続によって運動および／または制動を可能にする連続した1または複数の機関車を有するものとして、機関車構成を説明することができる。機関車は、車両を一切挟まない状態で相互接続される。また、列車は、2つ以上の機関車構成を有する構成とすることもできる。具体的には、先導構成と、車列の中間や列車の最後部等における2つ以上の離間構成とが考えられる。各機関車構成は、先頭の機関車および後続の機関車を有する構成であってもよい。通常、先頭の機関車は先導機関車と見なされるが、当業者であれば、多機関車構成における先頭の機関車を物理的な後続位置に配してもよいことが容易に分かる。通常、機関車構成は連続した機関車と見なされるが、当業者であれば、機関車構成が動力分散運行用に設定され、少なくとも1台の車両が機関車群を分離することによって、スロットルおよび制動コマンドが無線リンクまたは物理ケーブルによって先導機関車から遠隔車両に中継される場合であっても、機関車構成群を一構成と見なしてもよいことが容易に分かる。この目的で、機関車構成という用語は、同一列車における複数の機関車を論じる際の限定要因と解釈されるべきではない。

10

【0016】

次に図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。本発明は、システム（コンピュータ処理システムを含む）、方法（コンピュータ実装方法を含む）、装置、コンピュータ読み込み可能な媒体、コンピュータプログラム製品、Webポータルを含むグラフィカルユーザインターフェース、またはコンピュータ読み込み可能なメモリに明確に定義されたデータ構造等、様々な方法で実施可能である。以下では、本発明のいくつかの実施形態について論じる。

20

【0017】

図1は、本発明の例示的な一実施形態に係るフローチャートの例を示したものである。図示の通り、走行の計画に特化した命令は、車内または運行指令センター10等の遠隔地から入力される。このような入力情報としては、列車の位置、構成の説明（機関車モデル等）、機関車動力の説明、機関車牽引トランスミッションの性能、出力の関数としてのエンジン燃料消費、冷却特性、所望の走行経路（マイル標の関数としての有効な軌道勾配および曲率、または実際の標準的な鉄道路線に準ずる曲率を反映した「有効勾配」成分）、有効抗力係数とともに車両編成および荷重によって表された列車、ならびに、出発時刻と位置、到着位置、所望の移動時間、乗員（ユーザおよび／またはオペレータ）の識別、乗員交代満了時刻、および経路を含む走行目標パラメータ等が挙げられるが、これらには限定されない。

30

【0018】

このデータは、オペレータが車載ディスプレイを介して手動で機関車42に入力する方法、データを含むハードカードおよび／またはUSBドライブ等のメモリ素子を機関車のレセプタクルに挿入する方法、軌道信号装置および／または路側装置等の中央位置または路側位置41（図3に示す）から機関車42に無線通信を介して情報伝達する方法等、およびこれらには限定されない様々な方法で機関車42に提供可能である。また、機関車42および列車31の荷重特性（例えば、抗力等）は、経路上（例えば、標高、気温、レールと軌道車の状態等）で変更してもよく、また、上述の任意の方法および／または機関車や列車の状態を実時間で自律収集することにより、必要に応じて、これらの変更を反映するように計画を更新してもよい。このような変更としては、例えば、機関車42内外の機器を監視することによって検出した機関車または列車の特性の変更が挙げられる。

40

【0019】

軌道信号システムは、列車の許容速度を決定する。軌道信号システムおよび各信号に関連する運行規則には、様々な種類が存在する。例えば、信号灯（オン／オフ）、複数色を有する単一レンズ、および複数の明るさと色を有する信号がそれぞれ存在する。これらの信号は、軌道に障害物がなく、列車が許容最高速度で進行してもよいことを示唆すること

50

ができる。また、減速または停止が必要であることを示唆することもできる。この減速は、即座の実行または特定の位置（例えば、次の信号または踏切の前等）での実行が必要となる場合がある。

【0020】

信号の状態は、様々な手段を介して列車および／またはオペレータに伝達される。軌道内に回路を有するとともに、機関車上に誘導ピックアップコイルを有するシステムもあれば、無線通信システムを有するシステムもある。また、信号システムは、オペレータに対して、信号を視覚的に監視し、適切な措置を講じるよう要求することもできる。

【0021】

信号システムは、車載信号システムと連動するとともに、入力および適切な運行規則に従って機関車の速度を調整する構成であってもよい。オペレータに対して信号の状態を視覚的に監視するよう要求する信号システムにおいては、オペレータが列車の位置に基づいた入力を行う適当な信号オプシオンがオペレータ用画面に表示される。位置の関数としての信号システムおよび運行規則の種別は、車載データベース63に格納してもよい。

10

【0022】

本発明の例示的な実施形態に入力された指定データに基づいて、所望の出発・到着時刻で経路沿いの速度規制の制約を受けた状態での燃料消費量および／または排出量を最小限に抑える最適計画を計算することにより、走行プロファイル12を生成する。このプロファイルは、距離および／または時間の関数として表現された列車が準ずるべき最適速度と動力（ノッチ）設定、ならびに、最大ノッチ動力と制動設定、位置の関数としての速度規制、および予想燃料消費量と生成排出量を含む列車運行規制等を含むが、これらには限定されない。例示的な一実施形態において、ノッチ設定の値は、およそ10～30秒に1回の頻度でスロットル変更決定が行われるように選択する。当業者であれば、最適速度プロファイルに準ずることの必要性および／または要望に応じて、スロットル変更決定が長周期または短周期で発生することが容易に分かる。より広い意味で、当業者にとっては、上記プロファイルによる列車の動力設定が列車レベル、構成レベル、および／または個別の列車レベルのいずれかで規定されることは明らかである。動力には、制動力、原動力、およびエアブレーキ力が含まれる。別の好適な実施形態においては、従来の離散的なノッチ動力設定で運行する代わりに、本発明の例示的な実施形態によれば、選択したプロファイルに最適と判断された連続的な動力設定を選択可能である。したがって、例えば、ノッチ設定7で運行する代わりに、最適なプロファイルによってノッチ設定6・8を規定する場合、機関車42は6・8で動作可能である。このような中間の動力設定を可能にすることによって、後述のような付加的な効率性の利益がもたらされる可能性がある。

20

30

【0023】

以下に要約するように、最適なプロファイルの計算に用いる手順は、列車31を駆動する動力シーケンスを計算する任意数の方法によって、機関車の運行およびスケジュールの制約を受ける燃料消費量および／または排出量を最小限に抑えることができる。場合によっては、列車構成、経路、および環境条件が類似することにより、要求された最適なプロファイルが過去に決定したものと十分に近くなることがある。この場合は、データベース63の走行軌跡を参照して、その軌跡に追従するようにすれば十分である。過去に計算した計画が適さない場合は、新たな計画を計算する方法として、列車の運動物理学を近似する微分方程式モデルを用いて最適なプロファイルを直接計算する方法等が挙げられるが、これらには限定されない。構成としては、燃料消費と排気生成の比に対応するモデル変数の加重和（積分）に対して、スロットルの過度の変動にペナルティを科す項を加えた形式が一般的な、定量的な目的関数の選択が含まれる。

40

【0024】

速度規制や最小・最大動力（スロットル）設定等、およびこれらには限定されない制約を受ける定量的な目的関数を最小化するため、最適制御の定式化を行う。任意の時点での計画目標に応じて、問題の設定を柔軟に行い、排出量および速度規制の制約を受ける燃料消費量もしくは燃料消費量および到着時刻の制約を受ける排出量を最小限に抑えることも

50

可能である。また、例えば、総排出量または燃料消費量の制約を緩和することが任務上可能もしくは必要となる目標を設定することにより、そのような制約を受けずに総移動時間を最小限に抑えることも可能である。

【 0 0 2 5 】

本明細書では、機関車の燃料消費量を最小限に抑える例示的な数式および目的関数を提示する。これらの数式や関数は、説明のために用いたに過ぎず、別の数式や目的関数を使用して、燃料消費量またはその他の機関車 / 列車運行パラメータを最適化することも可能である。

【 0 0 2 6 】

解決すべき問題は、数学的に、より正確に記述可能である。基本的な物理的過程は、以下のよう表される。

【 0 0 2 7 】

【 数 1 】

$$\frac{dx}{dt} = v, x(0) = 0.0; x(T_f) = D$$

$$\frac{dv}{dt} = T_e(u, v) - G_a(x) - R(v); v(0) = 0.0; v(T_f) = 0.0$$

【 0 0 2 8 】

ここで、 x は列車の位置、 v は列車の速度、 t は時間（必要に応じて、マイル、マイル / 時、および分または時間で表す）、 u はノッチ（スロットル）コマンド入力である。さらに、 D は移動距離、 T_f は軌道に沿った距離 D での所望の到着時刻、 T_e は機関車構成によって生成された牽引力、 G_a は列車の長さ、列車編成、および列車位置の地形によって決まる重力による抗力、 R は機関車構成と列車の組み合わせの正味速度によって決まる抗力をそれぞれ示す。初期速度および最終速度の規定も可能であるが、一般性を失わないように、ここではゼロとする（列車は、最初と最後に停止状態となる）。最後に、スロットル u の変更とそれによって生じる牽引力または制動との時間差等その他の重要な動力学を含むようにモデルを直ちに修正する。このモデルを用いて最適制御の定式化を行うことにより、速度規制や最小・最大動力（スロットル）設定等、およびこれらには限定されない制約を受ける定量的な目的関数を最小化する。任意の時点での計画目標に応じて、問題の設定を柔軟に行い、排出量および速度規制の制約を受ける燃料消費量もしくは燃料消費量および到着時刻の制約を受ける排出量を最小限に抑えることも可能である。

【 0 0 2 9 】

また、例えば、総排出量または燃料消費量の制約を緩和することが任務上可能もしくは必要となる目標を設定することにより、そのような制約を受けずに総移動時間を最小限に抑えることも可能である。これらすべての性能尺度は、以下のいずれかの線形結合により表すことができる。

【 0 0 3 0 】

【 数 2 】

$$\min_{u(t)} \int_0^{T_f} F(u(t)) dt \quad \text{総燃料消費量の最小化} \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 1 】

【 数 3 】

$$\min_{u(t)} T_f \quad \text{移動時間の最小化}$$

【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

【数 4】

$$\min_{u_i} \sum_{i=2}^{n_d} (u_i - u_{i-1})^2 \quad \text{ノッチ操作の最小化（分割一定入力）}$$

【0 0 3 3】

【数 5】

$$\min_{u(t)} \int_0^{T_f} (du/dt)^2 dt \quad \text{ノッチ操作の最小化（連続入力）}$$

【0 0 3 4】

10

上記（1）の燃料項 F を排気生成に対応する項に置き換えると、例えば、排気に関しては

【0 0 3 5】

【数 6】

$$\min_{u(t)} \int_0^{T_f} E(u(t)) dt \quad \text{総排出量の最小化}$$

【0 0 3 6】

となる。この式における E は、各ノッチ（または動力設定）に対してグラム / 馬力時（g m / h p h r）で表された排出量である。また、最小化は、燃料消費および排気の加重総量に基づいて行うことも可能である。

20

【0 0 3 7】

以上から、一般的かつ代表的な目的関数は以下の通りである。

【0 0 3 8】

【数 7】

$$\min_{u(t)} \alpha_1 \int_0^{T_f} F(u(t)) dt + \alpha_3 T_f + \alpha_2 \int_0^{T_f} (du/dt)^2 dt \cdots \text{(OP)}$$

【0 0 3 9】

この線形結合の係数は、各項の重要度（加重）によって決まる。なお、式（OP）における $u(t)$ は、連続的なノッチ位置を表す最適化変数である。例えば、旧式の機関車において離散的なノッチが必要な場合は、式（OP）の解を離散化することになるが、燃料の節約は低減する可能性がある。実現可能な移動時間の下限（ $T_f = T_{f \text{ min}}$ ）は、最小時間解を求める（ α_1 をゼロに設定、 α_2 をゼロまたは相対的に小さな値に設定）ことによって得られる。この場合、 $u(t)$ と T_f の両者が最適化変数となる。好適な実施形態においては、 $T_f > T_{f \text{ min}}$ および α_3 をゼロに設定した状態で、 T_f の値を様々に変えて式（OP）の解を得る。後者の場合、 T_f は定数として扱われる。

30

【0 0 4 0】

このような最適化問題の解に精通した者にとっては、例えば、以下のような経路に沿った速度規制等の制約が必要となる場合がある。

【0 0 4 1】

40

【数 8】

$$0 \leq v \leq SL(x)$$

【0 0 4 2】

一方、端点制約の下で最小時間を目的として用いる場合、総燃料消費量は、例えば、以下のようにタンク内の量を下回る必要がある。

【0 0 4 3】

【数 9】

$$0 < \int_0^{T_f} F(u(t)) dt \leq W_F$$

【0044】

ここで、 W_F は T_f におけるタンク内の燃料残量である。当業者であれば、式 (OP) が別の形式でも記述可能であって、上記の形式は、本発明の例示的な実施形態で用いる例示的な数式であることが容易に分かる。

【0045】

本発明の例示的な実施形態に即して排出量のことを述べるならば、様々な形態で生成された累積排出量に関連付けることも可能である。例えば、排出に関する要件では、窒素酸化物 (NO_x) の排出、炭化水素 (HC) の排出、酸化炭素 (CO_x) の排出、および / または粒状物質 (PM) の排出の最大値を設定してもよい。別の放出規制としては、機関車が放つ各周波数のワット単位での無線周波数 (RF) 出力の制限等、電磁放射の最大値が挙げられる。さらに別の放出形態としては、通常デシベル (dB) 単位で測定される機関車からの騒音がある。排出に関する要件は、時刻、時期、および / または天候や大気中の汚染物質レベル等の大気条件に基づいて、可変であってもよい。また、排出規制は、鉄道路線システムの全域で地理的に異なってもよいことが知られている。例えば、都市や州等の運行区域には特定の排出目標を設け、隣接する運行区域には、例えば、低許容排出量または所与の排出水準に対して課される高額な排出料等の異なる排出目標を設けてもよい。したがって、特定の地理的領域の排出プロファイルは、当該プロファイルに含まれる各規定排出量の最大排出値を含むように調整することによって、当該区域に要求された所定の排出目標を満足することも可能である。これらの排出パラメータは、機関車に関しては通常、動力 (ノッチ)、大気状態、エンジン制御方法等によって決定される。

【0046】

いかなる機関車も設計上、実質排出量に関する EPA 規格に準拠しなければならないため、本発明の例示的な実施形態において排出量の最適化を行えば、これが現在準拠すべき最高レベルの総排出量目標となる。なお、運行は常に、連邦 EPA の命令に準拠する。走行動作中の主要な目的が排出量の低減である場合は、最適制御の定式化である式 (OP) を修正して、この走行目的を考慮に入れる。最適化構成における柔軟性のポイントは、任意またはすべての走行目的が地理的範囲または任務に応じて変更可能なことである。例えば、優先度の高い列車については、最小時間の優先度が高く、1つの経路上での唯一の目的となる。別の例では、列車の計画経路に沿った州ごとに排気出力が異なることもある。

【0047】

結果として得られた最適化問題を解くため、本発明の例示的な一実施形態においては、時間領域での動的最適制御問題を、N個の決定変数を有する等価な静的数理計画問題に置き換える。ここで、Nは、スロットル調整と制動調整を行う頻度および走行時間によって決まる値であり、標準的な問題の場合は数千となる。例えば、例示的な一実施形態においては、列車が米国南西部の172マイルの軌道を走行しているものとする。本発明の例示的な実施形態により決定・実行した走行とオペレータが決定した走行の実際のスロットル / 速度履歴とを比較した場合、例えば、燃料消費量を7.6%節約可能である。この節約の改善は、本発明の例示的な実施形態により実現した最適化によって、オペレータの走行計画よりも抗力損失が少なく制動損失も殆どまたは一切ない走行方法が得られたため、実現できたものである。

【0048】

上述の最適化をコンピュータで扱えるようにするため、図2や上述の数式に示すような列車の単純化モデルを採用してもよい。最適なプロファイルの主要な改良は、他の熱的・電氣的・機械的な制約が侵害されたか否かを確認するため、最適な動力シーケンスが生成されたより詳細なモデルを用いることによってもたらされる。この結果、機関車や列車設備に悪影響を及ぼすことなく実現可能な走行に最も近い速度対距離を有する修正プロファ

イルが得られる。すなわち、列車の機関車および車両間力に対する熱的・電氣的な制限等の付加的な暗黙の制約を満足可能である。

【 0 0 4 9 】

ここで図 1 に戻って、走行開始 1 2 が指示されると、駆動コマンドの生成 1 4 によって計画が進行する。そして、本発明の例示的な実施形態に係る運行設定に応じて、1 つのコマンドが機関車に送られ、最適速度を実現するように最適駆動コマンドへの追従 1 6 が行われる。本発明の例示的な実施形態では、列車の機関車構成からの実速度・動力情報の取得 1 8 が行われる。なお、最適化に用いたモデルの近似性が避けられないため、最適動力の補正に関する閉ループ演算を行うことによって、所望の最適速度に追従するものとする。列車運行制限に関するこのような補正は、自動的に実施可能である。あるいは、列車の管理を常に支配するオペレータによって実施可能である。

10

【 0 0 5 0 】

場合によっては、最適化に用いたモデルが実際の列車とは大幅に異なることがある。これは、余分な貨物の積載または搭載、機関車の経路外れ、および初期のデータベース 6 3 またはオペレータによるデータ入力 of 誤り等を含む様々な理由で起こり得ることであるが、これらの理由には限定されない。これらの理由により、実時間列車データを用いて実時間での機関車および / または列車パラメータの推定 2 0 を行う監視システムが設けられている。推定したパラメータは、最初に走行計画を生成した際に用いた仮のパラメータとの比較 2 2 を行う。そして、仮定値および推定値間の任意の差異に基づいて走行の再計画 2 4 を行うことにより、新たな計画から十分な節約が得られるようにしてもよい。

20

【 0 0 5 1 】

走行の再計画を行う別の理由としては、運行指令センター等の遠隔地からの指令および / またはオペレータがより広範囲の移動計画目標に合致した目的への変更を求める場合等が挙げられる。より広範囲の移動計画目標としては、他の列車のスケジュール、トンネルから排気除去可能である点、保守業務等が挙げられるが、これらには限定されない。さらに別の理由として、車載構成品の故障も考えられる。再計画の方法は、以下に詳述するように、混乱の重大性に応じて付加的な調整および大幅な調整に分類可能である。「新たな」計画は通常、上述した最適化問題の式 (O P) の解から得られなければならないが、本明細書に記載の通り、高速の近似解が得られる場合が多い。

【 0 0 5 2 】

30

機関車 4 2 は運用上、システム効率を継続的に監視するとともに、走行性能の改善があるたびに、実際に測定した効率に基づいて走行計画を継続的に更新する。再計画の計算は、機関車ですべて行ってもよい。あるいは、無線技術を用いて計画を機関車 4 2 に伝達する運行指令センターまたは路側処理施設等の遠隔地に全部または一部を移管してもよい。本発明の例示的な実施形態では、効率伝達関数に関する機関車フリートデータの構築に利用可能な効率動向を生成してもよい。フリート全体のデータは、初期走行計画の決定に際して用いてもよく、また、複数の列車の位置を考慮する際のネットワーク全体の最適化トレードオフに用いてもよい。例えば、図 4 に示す移動時間と燃料消費量のトレードオフグラフは、同一経路上の多数の類似列車について収集した集合体平均により更新した、現在時刻における特定経路上の列車の能力を反映している。したがって、多数の機関車から図 4 のようなグラフを収集している中央送信施設は、この情報を用いて、全体的な列車の移動をより適切に協調させることによって、燃料消費量またはスループットにおけるシステム全体の利益を実現可能である。

40

【 0 0 5 3 】

日常の運行における様々な事象によって、現在実行中の計画の生成または修正が必要となることがある。ここで、他の列車との交錯または通過が予定通りではなくなって、列車の遅れを取り戻す必要がある場合にも、同じ走行目的を維持することが望まれる。機関車の実際の速度、動力、および位置を用いて、計画した到着時刻と現在の推定 (予測) 到着時刻の比較 2 5 を行う。そして、(運行指令センターまたはオペレータが検出または変更した) 時間ならびにパラメータの差異に基づいて、計画の調整 2 6 を行う。この調整は、

50

上記のような計画からの逸脱の取り扱い方法に関する鉄道会社の要望に従って自動的に行ってよい。あるいは、車上のオペレータと通信指令係が計画回復の最善策を連帯して決定する代替案を手動で提案してもよい。計画が更新されたものの、到着時刻等およびこれらには限定されない当初の目的が変更されない場合はいつでも、将来の新たな速度規制変更等、当初計画の回復の実現可能性に影響を及ぼしかねない付加的な変更を同時に織り込んでよい。このような事例で、当初の走行計画を維持できない場合、すなわち、列車が当初の走行計画目標を満足できない場合は、本明細書に記載の通り、オペレータおよび/または遠隔施設、あるいは運行指令センターに対して他の走行計画を提示してもよい。

【0054】

当初目的の変更が望まれる場合は、再計画を実行してもよい。このような再計画は、予め計画された定刻、オペレータまたは通信指令係の自由裁量、または列車運行規制等の所定の制限を超えた場合に独立して行うことができる。例えば、現在の計画の実行が特定の閾値（例えば、30分等）以上遅れている場合、本発明の例示的な実施形態においては、走行の再計画を行って、上述のような燃料消費量の増加により遅れを調整することができる。あるいは、どれほどの遅れを取り戻すことができるか（すなわち、残された最小時間または時間制約下で節約可能な燃料の最大値）をオペレータと通信指令係に知らせることができる。また、再計画のその他の誘因は、到着時刻、機器の故障および/または機器の一時的な機能不全（例えば、過加熱または過冷却運転等）に起因する馬力の損失、および/または列車荷重の想定等における全体的な設定誤りの検出等、およびこれらには限定されない燃料消費量または動力構成の状態に基づいて想定することができる。すなわち、上記の変更によって、現在の走行に対する機関車性能の低下が見られる場合は、最適化に用いたモデルおよび/または数式にこれらの誘因を織り込んでよい。

【0055】

計画目標の変更は、1台の列車の計画によって、別の列車が目的および異なる水準でのアービトラージョンを満足する能力が制限される場合に、例えば、運行指令センターに対する要求として事象間の調整を行う必要性から生じることもある。例えば、交錯と通過の調整は、列車間の通信によってさらなる最適化を行ってもよい。したがって、例えば、交錯および/または通過位置への到達が遅れていることを列車側で把握している場合は、他方の列車からの伝達によって遅延列車（および/または運行指令センター）への通知が可能である。そして、オペレータは、遅延に関する情報を本発明の例示的な実施形態に入力可能であって、この実施形態により、列車の走行計画の再計算が行われる。本発明の例示的な実施形態は、高レベルまたはネットワークレベルで用いることによって、予定した交錯および/または通過の時間制約が満たされない場合に、運行指令センターによる減速または加速すべき列車の判定を可能にすることができる。これは、本明細書に記載の通り、運行指令センターにデータを送信して各列車の計画目標の変更に優先順位をつける列車によって実施可能である。選択の判断は、その状況により、スケジュールまたは燃料節約の利点のいずれかに基づいて行う。

【0056】

本発明の例示的な実施形態では、手動または自動で開始された再計画のいずれについても、オペレータに対して2つ以上の走行計画を提示可能である。本発明の例示的な実施形態においては、異なるプロファイルがオペレータに提示されるため、オペレータは、到着時刻を選択可能であるとともに、対応する燃料および/または排気の影響を把握可能となる。このような情報は、代替案の単純リストまたは図4に示すような複数のトレードオフグラフとして運行指令センターに提供することにより、同様な検討が可能である。

【0057】

本発明の例示的な実施形態は、現在の計画および/または将来の計画に組み込み可能な列車と動力構成の主要な変更を把握して適応することができる。例えば、上述した誘因の1つに、馬力の損失がある。馬力の損失または走行の開始後においても時間とともに馬力を上げる場合は、所望の馬力が得られるタイミングを判定するために遷移論理を利用する。この情報は、馬力の損失が再発した場合に将来の走行または現在の走行を最適化するた

10

20

30

40

50

めの機関車データベース 61 に保存可能である。

【0058】

図3は、例示的なシステムの一部をなす要素の例示的な一実施形態を示したものであって、列車31の位置を決定する位置検索要素30が設けられている。位置検索要素30は、列車31の位置を決定するGPSセンサまたはセンサシステムによって構成可能である。このような他のシステムの例としては、無線周波数自動装置識別(RFAEI)タグ等の路側装置、運行指令センター、および/またはビデオ測定装置等が挙げられるが、これらには限定されない。別のシステムとしては、機関車に搭載され、基準点からの距離計算を行うタコメータが挙げられる。また、前述の通り、列車間の通信および/または運行指令センター等の遠隔地との通信を可能にする無線通信システム47を設けてもよい。移動位置に関する情報は、他の列車から転送する構成であってもよい。

10

【0059】

また、軌道に関する情報のうち、主に勾配、標高、および曲率に関する情報を提供する軌道特性解析要素33が設けられている。軌道特性解析要素33は、車載の統合軌道データベース36を含む構成であってもよい。機関車構成42の牽引により生じた牽引力40、機関車構成42のスロットル設定、機関車構成42の構成情報、機関車構成42の速度、個々の機関車の構成、および個々の機関車の性能等の測定には、センサ38を使用する。例示的な一実施形態においては、センサ38を用いずに機関車構成42の構成情報を取り込んでもよいが、上述のような別の方法で入力するものとする。さらに、機関車構成の各機関車の状態を考慮に入れてもよい。例えば、機関車構成のうちの1台の機関車が動力ノッチレベル5以上で動作不可能な場合、走行計画の最適化にはこの情報が用いられる。

20

【0060】

位置検索要素からの情報は、列車31の適切な到着時刻の決定に用いてもよい。例えば、列車31が軌道34に沿って目的地に向かっており、後続列車が存在せず、さらに従うべき到着期限が規定されていない場合は、無線周波数自動装置識別(RFAEI)タグ、運行指令センター、および/またはビデオ測定装置等、あるいはこれらに限定されない位置検索要素を用いて列車31の正確な位置の測定を行ってもよい。さらに、これらの信号システムからの入力を用いて、列車の速度調整を行ってもよい。本発明の例示的な実施形態では、後述の車載軌道データベースおよびGPS等の位置検索要素を用いることにより、所与の機関車位置における信号システムの状態を反映するオペレータのインターフェースを調整することができる。計画器は、信号状態が前方の速度制限を示す状況では、燃料消費量を節約するために列車を減速する選択を行ってもよい。

30

【0061】

位置検索要素30からの情報は、目的地までの距離の関数としての計画目標の変更に用いてもよい。例えば、経路上の混雑に関する必然的な不確定要素があることから、後で統計的に発生する遅延の回避策として、経路の初期段階における「高速」時間目標を採用してもよい。遅延が発生しない特定の走行で変更を行った場合は、経路後半の目標を修正して、初期に蓄積した固有の余裕時間を用いることにより、燃料効率を回復することができる。同様の方法は、例えば、市街地に接近している場合等の排出制限のある目標に関しても行使することができる。

40

【0062】

上記回避策の一例として、ニューヨークからシカゴへの走行を計画する場合、走行の初期、中間、または終盤のいずれかに列車を低速で運行するシステムの選択肢があってもよい。本発明の例示的な実施形態では、気象条件や軌道の保守等、およびこれらには限定されない未知の制約が走行中に発生して明らかとなる場合があるため、走行の終盤に低速運行を行えるように走行計画を最適化する。その他の検討事項として、従来から混雑する区域が既知の場合は、これらの混雑区域の周辺でより柔軟に対応可能な選択肢を用いて計画を改良する。これにより、本発明の例示的な実施形態では、将来に向けた時間/距離の関数として、および/または、既知/過去の経験に基づいて、加重/ペナルティを考慮に入れてもよい。当業者であれば、気象条件、軌道状態、および軌道上の他の列車等を考慮に

50

入れた上記の計画や再計画を走行中常に考慮して、走行計画を適宜に調整可能であることが容易に分かる。

【0063】

図3は、本発明の例示的な実施形態の一部をなす他の要素をさらに開示しており、位置検索要素30、軌道特性解析要素33、およびセンサ38からの情報を受信可能なプロセッサ44が設けられている。プロセッサ44内では、アルゴリズム46が機能する。アルゴリズム46は、上述のような機関車42、列車31、軌道34、および任務の目的に関するパラメータに基づいて最適な走行計画を計算する際に用いられる。例示的な一実施形態においては、アルゴリズムに規定された簡素化条件を有する物理的過程から導かれた非線形微分方程式の解として、列車31が軌道34に沿って移動する際の列車の動作モデルに基づいて走行計画の構築が行われる。アルゴリズム46は、位置検索要素30、軌道特性解析要素33、および/またはセンサ38からの情報を利用して、機関車構成42の燃料消費量の最小化、機関車構成42の排出量の最小化、所望の走行時間の規定、および/または機関車構成42上における乗務員の適正な作業時間の確保を可能にする走行計画を生成することができる。例示的な一実施形態においては、運転または制御要素51も設けられている。制御要素51は、本明細書に記載の通り、走行計画に対する列車の追従制御を行うためのものである。本明細書に記載する別の例示的な実施形態において、制御要素51は、列車運行に関する決定を独立して行う。また、別の例示的な実施形態においては、列車が走行計画に追従するように、オペレータが指示を行ってもよい。

10

20

【0064】

本発明の例示的な実施形態では、任意の計画を初めに作成し、実行中に素早く修正することが必要となる。これは、計画最適化アルゴリズムが複雑なことから、長距離が含まれる場合の初期計画の作成を含む。走行プロファイルの全長が所与の距離を超える場合は、アルゴリズム46により中間地点で任務を分割してもよい。なお、単一のアルゴリズム46のみを論じているが、当業者であれば、2つ以上のアルゴリズムを用いて、これらのアルゴリズムを相互に関連付けてもよいことが容易に分かる。中間地点としては、単線上での対向列車との交錯または後続列車の通過が予定されている待避線、もしくは車両の連結および切り離しを行う操車場または工場の側線、および計画作業位置等、列車31が停止する自然な位置が挙げられるが、これらには限定されない。このような中間地点では、列車31に対して、予定時刻に到着すること、および指定範囲内の速度で停止または移動することを要求してもよい。中間地点での到着から出発までの時間は、滞留時間と称する。

30

【0065】

本発明の例示的な一実施形態においては、特別な系統立った方法により、長距離の走行を小さな区分に分割可能である。各区分は、長さを多少なりとも任意に設定可能であるが、通常は、停留所や大幅な速度制限がある区域または他の経路との分岐合流を規定する主要なマイル標等の自然な位置が選択される。このように選択した区画や区分により、図4に示すように、独立変数として選定した移動時間の関数として、軌道の各区分の走行プロファイルを作成する。各区分に関する燃料消費量/移動時間トレードオフは、列車31が軌道の当該区分に到達する前に計算可能である。そして、各区分について作成した走行プロファイルから、全体の走行計画を生成することができる。本発明の例示的な実施形態では、要求された総走行時間を満足するとともに、全区分に渡る総燃料消費量を最大限抑えられるように、最適な方法で移動時間を全走行区分に割り振る。また、例示的な3区分の走行について、図6に開示するとともに以下に論じる。ただし、複数の区分を論じているが、当業者であれば、走行全体を表す単一の区分で走行計画を構成してもよいことが分かる。

40

【0066】

図4は、燃料消費量/移動時間グラフの例示的な一実施形態を示したものである。前述の通り、各区分に対する様々な移動時間の最適な走行プロファイルを計算することにより、このようなグラフ50が作成される。すなわち、所与の移動時間51に対して、上述の

50

ように計算した詳細な走行プロファイルの結果が燃料消費量 52 となる。各区分の移動時間を割り振ると、過去に計算した解から各区分の動力 / 速度計画が決定される。速度規制の変更等およびこれらには限定されない各区分間での速度に関する任意の中間地点制約がある場合は、最適な走行プロファイルの作成中に調整する。速度制限が単一の区分でのみ変更となる場合は、変更のあった区分に対してのみ燃料消費量 / 移動時間グラフ 50 を再計算すればよい。これにより、多数の走行区域や区分の再計算に要する時間を短縮することができる。例えば、機関車の損害または車両の連結や切り離しによって、機関車構成または列車が経路に沿って大幅に変化する場合、その後の全区分の走行プロファイルは、グラフ 50 の新たな事例を作成することによって再計算しなければならない。そして、これらのグラフ 50 を新たなスケジュール目標と併せて用いることにより、残りの走行を計画する。

10

【0067】

上述のように走行計画を生成すると、速度・動力対距離の軌跡を用いることによって、所要の走行時間および最小限の燃料および / または排出量で目的地に到達することができる。ここで、走行計画の実行には複数の方法がある。以下でより詳細に記載する通り、例示的な一実施形態において、指導モードでは、最適な走行計画に従って決定された所要の動力と速度を達成するための情報がオペレータに対して表示される。このモードでは、オペレータが利用すべき運行条件等の運行情報が提示される。別の例示的な実施形態においては、加速と定速維持が行われる。ただし、列車 31 の減速が必要な場合、オペレータは、制動システム 52 を適用する責を負う。本発明の別の例示的な実施形態において、駆動および制動のコマンドは、所望の速度対距離の軌跡をたどるように、必要に応じて提供される。

20

【0068】

また、向かい風および / または追い風の変動に起因する列車の負荷変動等およびこれらには限定されない事象を補正するため、フィードバック制御方法を用いて、プロファイルの動力制御シーケンスの補正を行う。このような誤差としては、最適な走行計画の条件と比較した場合の列車の質量および / または抗力等、およびこれらには限定されない列車パラメータの誤差に起因するものが考えられる。さらに、第 3 の誤差は、軌道データベース 36 に含まれる情報によって生じる可能性がある。その他の生じ得る誤差としては、機関車エンジン、トラクションモータの熱持続時間、および / または他の要因に起因する非モデル化性能の差が挙げられる。フィードバック制御方法では、位置の関数としての実速度と所望の最適プロファイルにおける速度との比較が行われる。この差に基づいて、最適な動力プロファイルの補正を行い、上記実速度を最適プロファイルに加味する。安定した調整ができるように、動力補正のためのフィードバック速度をフィルタリングする補償アルゴリズムを設けて、閉じた性能安定を確保してもよい。補償としては、制御システム設計の当業者が性能目標を満足するために用いる標準的な動的補償が挙げられる。

30

【0069】

本発明の例示的な実施形態においては、鉄道路線の運行における例外というよりは習慣として、最も単純で最も早い手段により走行目的の変更を調整可能である。例示的な一実施形態においては、経路に沿った停留所がある A 点から B 点までの燃料消費最適走行を決定するとともに、走行の開始後に残りの走行に対する更新を行うため、準最適な分解方法を用いて最適な走行プロファイルを求めることができる。この計算方法は、モデリング手法を用いることにより、特定の移動時間、初期速度、および最終速度を有する走行計画を求めることができるため、停留所がある場合は、速度規制と機関車性能の制約をすべて満足することができる。以下の考察は、燃料消費量を最適化するためのものであるが、排出量、スケジュール、乗務員の快適性、負荷の影響等、およびこれらには限定されないその他の要因の最適化にも適用可能である。また、この方法は、当初は走行計画の構築に利用するが、さらに重要なこととして、走行開始後の目的の変更に適応するために用いてもよい。

40

【0070】

50

本明細書に記載の通り、本発明の例示的な実施形態では、図 5 の例示的なフローチャートに示した設定、ならびに図 6 に詳しく示した例示的な 3 区分の走行等の設定を採用してもよい。走行は、図示の通り、2 つ以上の区分 T 1、T 2、および T 3 に分割してもよい。本明細書に記載の通り、走行は単一の区分と見なすことができ、また、区分の境界によって均等な区分が得られなくてもよく、その代わりに、自然な境界または任務特有の境界を区分に用いる。また、各区分についての最適な走行計画は、事前に計算される。満足すべき走行目的が燃料消費量対走行時間である場合は、各区分についての燃料消費量対走行時間グラフが形成される。このグラフは、本明細書に記載の通り、走行計画で満足すべき目的としてのその他の要因に基づくものであってもよい。走行時間が決定対象のパラメータである場合は、走行時間の制約全体を満足しつつ、各区分の走行時間が計算される。図 6 は、例示的な 3 区分に渡る 200 マイルの走行の速度規制 97 を示したものである。さらに、200 マイルの走行に渡る勾配変化 98 も示されている。また、複合図 99 には、各走行区分における移動時間に対する燃料消費量のグラフも示してある。

10

20

30

40

【0071】

本計算方法は、前述の最適な制御設定を用いることにより、特定の移動時間、初期速度、および最終速度を有する走行計画を求めることができるため、停留所がある場合は、速度規制と機関車性能の制約をすべて満足することができる。以下の詳細な考察は、燃料消費量を最適化するためのものであるが、本明細書に記載の排出量等およびこれらには限定されないその他の要因の最適化にも適用可能である。柔軟性のポイントは、停留所において所望の滞留時間を調整するとともに、例えば、待避線に待機または通過する時間が重要となる単線運行において、ある位置での最早の到着と出発に関する制約を必要に応じて検討することである。

【0072】

本発明の例示的な実施形態では、M - 1 箇所の中間停留所 D_1 、 \dots 、 D_{M-1} を有するとともに、以下によって規定された各停留所での到着時刻と出発時刻を有し、距離 $D_0 \sim D_M$ を時間 T で移動する燃料消費最適走行が求められる。

【0073】

【数 10】

$$t_{\min}(i) \leq t_{arr}(D_i) \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i$$

$$t_{arr}(D_i) + \Delta t_i \leq t_{dep}(D_i) \leq t_{\max}(i) \quad i = 1, \dots, M-1$$

【0074】

ここで、 $t_{arr}(D_i)$ 、 $t_{dep}(D_i)$ 、および t_i はそれぞれ、i 番目の停留所における到着時刻、出発時刻、および最小停留時間である。燃料消費最適性が停留時間の最小化を示すものと仮定すると、 $t_{dep}(D_i) = t_{arr}(D_i) + t_i$ となって、上記 2 番目の不等式が除外される。また、各 $i = 1, \dots, M$ に対する移動時間 $t(T_{\min}(i), T_{\max}(i))$ の $D_{i-1} \sim D_i$ における燃料消費最適走行が既知であると仮定して、 $F_i(t)$ をこの走行に対応する燃料消費量とする。 $D_{j-1} \sim D_j$ の移動時間を T_j で表す場合、 D_i への到着時刻は以下で与えられる。

【0075】

【数 11】

$$t_{arr}(D_i) = \sum_{j=1}^i (T_j + \Delta t_{j-1})$$

【0076】

ここで、 t_0 はゼロと定義する。そして、移動時間 T での $D_0 \sim D_M$ の燃料消費最適走行は、以下を最小化する T_i ($i = 1, \dots, M$) を求めることによって得られる。

【0077】

【数 1 2】

$$\sum_{i=1}^M F_i(T_i) \quad T_{\min}(i) \leq T_i \leq T_{\max}(i)$$

【0 0 7 8】

ただし、以下を前提とする。

【0 0 7 9】

【数 1 3】

$$t_{\min}(i) \leq \sum_{j=1}^i (T_j + \Delta t_{j-1}) \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i \quad i = 1, \dots, M-1$$

10

【0 0 8 0】

【数 1 4】

$$\sum_{j=1}^M (T_j + \Delta t_{j-1}) = T$$

【0 0 8 1】

走行開始後の課題は、移動中の残りの走行（当初は、時間 T で $D_0 \sim D_M$ ）の燃料消費最適解を再決定することであるが、障害によって燃料消費最適解への追従が阻害される。現在の距離と速度をそれぞれ x 、 v （ただし、 $D_{j-1} < x < D_j$ ）とし、走行開始からの現在時間を t_{act} とする。その結果、 $x \sim D_M$ における残りの走行の燃料消費最適解は、 D_M への当初の到着時刻を保持するものとして、以下を最小化する

20

【0 0 8 2】

【数 1 5】

$$\tilde{T}_i, T_j, j = i+1, \dots, M$$

【0 0 8 3】

を求めることにより得られる。

【0 0 8 4】

【数 1 6】

30

$$\tilde{F}_i(\tilde{T}_i, x, v) + \sum_{j=i+1}^M F_j(T_j)$$

【0 0 8 5】

ただし、以下を前提とする。

【0 0 8 6】

【数 1 7】

$$t_{\min}(i) \leq t_{act} + \tilde{T}_i \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i$$

【0 0 8 7】

40

【数 1 8】

$$t_{\min}(k) \leq t_{act} + \tilde{T}_i + \sum_{j=i+1}^k (T_j + \Delta t_{j-1}) \leq t_{\max}(k) - \Delta t_k \quad k = i+1, \dots, M-1$$

【0 0 8 8】

【数 1 9】

$$t_{act} + \tilde{T}_i + \sum_{j=i+1}^M (T_j + \Delta t_{j-1}) = T$$

【0 0 8 9】

50

ここで、

【 0 0 9 0 】

【 数 2 0 】

$$\tilde{F}_i(t, x, v)$$

【 0 0 9 1 】

は、 x での初期速度を v として、 $x \sim D_i$ を時間 t で移動する最適走行の燃料消費量である。

【 0 0 9 2 】

上述の通り、より効率的な再計画を可能にする例示的な方法は、分割区分から停留所間走行の最適解を構築することである。 $D_{i-1} \sim D_i$ を時間 T_i で移動する走行について、一連の中間地点 D_{ij} ($j = 1, \dots, N_i - 1$)を選択し、 $D_{i0} = D_{i-1}$ 、 $D_{iN_i} = D_i$ とする。そして、 $D_{i-1} \sim D_i$ の最適走行の燃料消費量を以下のように表す。

【 0 0 9 3 】

【 数 2 1 】

$$F_i(t) = \sum_{j=1}^{N_i} f_{ij}(t_{ij} - t_{i,j-1}, v_{i,j-1}, v_{ij})$$

20

【 0 0 9 4 】

ここで、 $f_{ij}(t, v_{i,j-1}, v_{ij})$ は、初期速度と最終速度を $v_{i,j-1}$ 、 v_{ij} として、 $D_{i,j-1} \sim D_{ij}$ を時間 t で移動する最適走行の燃料消費量である。さらに、 t_{ij} は、距離 D_{ij} に対応する最適走行の時間である。また、 $t_{iN_i} - t_{i0} = T_i$ と定義する。列車は D_{i0} と D_{iN_i} で停止するため、 $v_{i0} = v_{iN_i} = 0$ である。

【 0 0 9 5 】

上式によれば、最初に関数 $f_{ij}(\cdot)$ ($1 \leq j \leq N_i$)を決定し、次に以下を最小化する t_{ij} ($1 \leq j \leq N_i$)および v_{ij} ($1 \leq j < N_i$)を算出することによって、関数 $F_i(t)$ を選択的に決定することができる。

30

【 0 0 9 6 】

【 数 2 2 】

$$F_i(t) = \sum_{j=1}^{N_i} f_{ij}(\tau_{ij}, v_{i,j-1}, v_{ij})$$

【 0 0 9 7 】

ただし、以下を前提とする。

【 0 0 9 8 】

【 数 2 3 】

$$\sum_{j=1}^{N_i} \tau_{ij} = T_i$$

40

【 0 0 9 9 】

【 数 2 4 】

$$v_{\min}(i, j) \leq v_{ij} \leq v_{\max}(i, j) \quad j = 1, \dots, N_i - 1$$

【 0 1 0 0 】

【 数 2 5 】

$$v_{i0} = v_{iN_i} = 0$$

50

【 0 1 0 1 】

D_{ij} (例えば、速度制限区域または交錯点等)を選択することによって、 $v_{max}(i, j) - v_{min}(i, j)$ が最小化可能であるため、 $f_{ij}()$ の把握が必要な範囲を最小限に抑えることができる。

【 0 1 0 2 】

上記の分割に基づいて、上述した手法よりも簡単な準最適再計画手法は、列車が距離 D_{ij} ($1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N_i$) に存在する時間に再計画を制限することである。 D_{ij} では、以下を最小化する τ_{ik} ($j < k \leq N_i$)、 v_{ik} ($j < k \leq N_i$)、 τ_{mn} ($i < m \leq M, 1 \leq n \leq N_m$)、および v_{mn} ($i < m \leq M, 1 \leq n \leq N_m$) を求めることによって、 $D_{ij} \sim D_M$ の新たな最適走行を決定することができる。

10

【 0 1 0 3 】

【数 2 6】

$$\sum_{k=j+1}^{N_i} f_{ik}(\tau_{ik}, v_{i,k-1}, v_{ik}) + \sum_{m=i+1}^M \sum_{n=1}^{N_m} f_{mn}(\tau_{mn}, v_{m,n-1}, v_{mn})$$

【 0 1 0 4 】

ただし、以下を前提とする。

【 0 1 0 5 】

【数 2 7】

$$t_{\min}(i) \leq t_{act} + \sum_{k=j+1}^{N_i} \tau_{ik} \leq t_{\max}(i) - \Delta t_i$$

20

【 0 1 0 6 】

【数 2 8】

$$t_{\min}(n) \leq t_{act} + \sum_{k=j+1}^{N_i} \tau_{ik} + \sum_{m=i+1}^n (T_m + \Delta t_{m-1}) \leq t_{\max}(n) - \Delta t_n \quad n = i+1, \dots, M-1$$

【 0 1 0 7 】

【数 2 9】

$$t_{act} + \sum_{k=j+1}^{N_i} \tau_{ik} + \sum_{m=i+1}^M (T_m + \Delta t_{m-1}) = T$$

30

【 0 1 0 8 】

ここで、以下を用いる。

【 0 1 0 9 】

【数 3 0】

$$T_m = \sum_{n=1}^{N_m} \tau_{mn}$$

【 0 1 1 0 】

40

距離 D_i に到達するまでは、 T_m ($i < m \leq M$) の再計算を行うことによって、さらなる単純化が可能である。このように、 D_{i-1} と D_i 間の距離 D_{ij} においては、 τ_{ik} ($j < k \leq N_i$) および v_{ik} ($j < k \leq N_i$) においてのみ上記の最小化を行えばよい。 T_i は、計画よりも長くなった $D_{i-1} \sim D_{ij}$ の実移動時間を調整するために、必要に応じて増加させる。この増分は、可能であれば、距離 D_i での T_m ($i < m \leq M$) の再計算により、後で補償する。

【 0 1 1 1 】

上掲の閉ループ構成に関して、列車 31 を A 点から B 点まで移動させるのに必要な総入力エネルギーは、4 つの成分の合計から成る。具体的には、A 点と B 点間の運動エネルギーの差と、A 点と B 点間の位置エネルギーの差と、摩擦および他の抗力損失に起因するエ

50

エネルギー損失と、制動によって消失するエネルギーとがある。初期速度と最終速度が同じである（例えば、静止状態）と仮定すると、第１の成分はゼロになる。さらに、第２の成分は、走行方法と無関係である。したがって、残り２つの成分の合計を最小化すれば十分である。

【０１１２】

抗力損失は、定速プロファイルに従えば、最小限に抑えられる。また、定速維持に制動が不要な場合は、総エネルギー入力も最小限に抑えられる。ただし、定速維持に制動が必要な場合は、定速維持のために制動を行うと、制動によって消失したエネルギーを補充する必要があるため、総所要エネルギーが増大する可能性が高い。制動によって結果的に抗力損失が少なくなり、付加的な制動損失がオフセット以上となる場合は、速度変化を抑えることによって総エネルギー使用量を実質的に低減可能な制動方法もある。

10

【０１１３】

上述の事象の収集によって再計画を完了した後は、本明細書に記載の閉ループ制御を用いて、新たな最適ノッチ／速度計画を実施可能である。ただし、状況によっては、上述の区分分解計画を実施するのに十分な時間を確保できないことがある。特に、遵守すべき重要な速度制限が存在する場合は、代替案が必要である。本発明の例示的な実施形態では、「スマートクルーズコントロール」と称するアルゴリズムを用いて、この課題を達成する。スマートクルーズコントロール・アルゴリズムは、既知の地形上で列車３１を走行させるためのエネルギー効率（すなわち、燃料消費）に優れた準最適な規定を即座に生成するための効率的な方法である。このアルゴリズムは、軌道３４に沿った列車３１の位置を常に把握しておくとともに、位置に対する軌道の勾配と曲率を把握しておくことが前提となる。この方法は、列車３１の運動の質点モデルに基づいており、そのパラメータは、前述のような列車運動のオンライン測定によって適応的に推定可能である。

20

【０１１４】

スマートクルーズコントロール・アルゴリズムは、３つの主要な要素を有する。具体的には、速度規制の緩和に関してエネルギー効率の良い指針となる修正速度規制プロファイルと、速度変化の最小化と制動の均衡を意図した理想的なスロットルプロファイルまたは動的制動設定プロファイルと、実態パラメータとの比較によりモデル化パラメータの不整合を補償するために速度フィードバックループを備え、上記２つの要素を組み合わせるノッチコマンドを生成する機構とがある。スマートクルーズコントロールは、動的制動を行わない（すなわち、運転者が合図を受けて必要な制動を提供する）本発明の例示的な実施形態における方法、もしくは、動的制動を行う変形方法を調整可能である。

30

【０１１５】

動的制動の制御を行わないクルーズコントロール・アルゴリズムに関して、４つの例示的な要素としては、速度規制の緩和に関してエネルギー効率の良い指針となる修正速度規制プロファイルと、制動のタイミングをオペレータに知らせる通知信号と、速度変化の最小化とオペレータに対する制動の通知の均衡を意図した理想的なスロットルプロファイルと、実態パラメータに対するモデル化パラメータの不整合を補償するためにフィードバックループを備えた機構とがある。

【０１１６】

また、本発明の例示的な実施形態には、列車３１の主要なパラメータ値を特定する手法も含まれている。例えば、列車質量の推定に関しては、カルマンフィルタと再帰的最小二乗法を用いて、時間とともに増大する誤差を検出してもよい。

40

【０１１７】

図７は、本発明に係る例示的なフローチャートを示したものである。前述の通り、情報は、運行指令センター６０（図３に示す）等の遠隔施設から提供可能である。このような情報は、図示の通り、実行制御要素６２に提供される。その他、実行制御要素６２に供給されるものとしては、機関車モデリング情報データベース６３、軌道勾配情報や速度規制情報等、およびこれらには限定されない軌道データベース３６からの情報、列車重量や抗力係数等、およびこれらには限定されない推定列車パラメータ、ならびに燃料比推定部６

50

4からの燃料比テーブル等が挙げられる。実行制御要素62は、図1でより詳細に示した計画器12に情報を供給する。そして、走行計画の計算が行われると、走行アドバイザ、運転者、または制御要素51に対して計画が供給される。この走行計画は、別の新しいデータが提供された場合に比較できるよう、実行制御要素62にも供給される。

【0118】

走行アドバイザ51は、上述の通り、所定のノッチ設定または最適な連続ノッチ動力のいずれかを自動的に設定可能である。速度コマンドは、機関車31に供給されるほか、ディスプレイ68にも供給されるため、オペレータは、計画器の推奨内容を確認することができる。オペレータは、コントロールパネル69も利用可能である。オペレータは、コントロールパネル69を介して、推奨されたノッチ動力を適用するか否かを決定することができる。この目的で、オペレータは、目標動力または推奨動力の制限を行ってもよい。すなわち、オペレータは、機関車構成が動作する動力設定に関する最終的な権限を常に有する。これには、走行計画が列車31の減速を推奨している場合における、制動を行うか否かについての決定も含まれる。例えば、暗い場所や、路側装置からの情報を列車に対して電子的に送信できず、代わりに、オペレータが路側装置からの視覚信号を確認するような場所を運行している場合に、オペレータは、軌道データベースに含まれる情報および路側装置からの視覚信号に基づいてコマンド入力を行う。また、列車31の動作状態に基づいて、燃料測定に関する情報を燃料比推定部64に供給する。通常、機関車構成においては、燃料流量を直接測定することができないため、走行中の燃料消費量および最適計画に従った将来予測に関するすべての情報は、最適計画の構築に利用したモデル等の校正した物理過程モデルを用いることによって得られる。例えば、このような予測としては、測定した総馬力と既知の燃料特性を用いた累積燃料消費量の導出等が挙げられるが、これらには限定されない。

【0119】

また、列車31は、上述の通り、GPSセンサ等のロケータ装置30を有する。情報は、列車パラメータ推定部65に供給される。このような情報としては、GPSセンサデータ、牽引力/制動力データ、制動状態データ、速度データ、および速度データの任意の変更等が挙げられるが、これらには限定されない。勾配情報および速度規制情報と併せて、車両重量および抗力係数の情報も実行制御要素62に供給される。

【0120】

本発明の例示的な実施形態においては、最適化計画および閉ループ制御の実施に際して、連続可変の動力を用いてもよい。従来の機関車では、動力は通常、8つのレベルに離散化されているが、最新の機関車は、馬力の連続変化を実現可能であって、前述の最適化方法に組み込んでもよい。機関車42は、連続的な動力により、例えば、副次的な負荷や動力伝達損失を最小限に抑えるとともに、最適効率のエンジン馬力領域または排出余裕の増加分を微調整することによって、運行条件をさらに最適化することができる。例えば、冷却システムの損失の最小化、オルタネータ電圧の調整、エンジン速度の調整、および駆動アクスル数の削減等が挙げられるが、これらには限定されない。さらに、機関車42は、車載の軌道データベース36および予測性能要件を用いて、副次的な負荷や動力伝達損失を最小限に抑えることにより、目標燃料消費量/排出量に対する最適効率の規定を行ってもよい。例えば、平坦な地形上での駆動アクスル数の削減およびトンネル進入前の機関車エンジンの事前冷却等が挙げられるが、これらには限定されない。

【0121】

また、本発明の例示的な実施形態においては、車載の軌道データベース36および予測性能要件を用いて、列車が丘陵および/またはトンネルに十分な速度で接近することを保証する等の機関車性能の調整を行ってもよい。これは、例えば、式(OP)を解いて得られる最適計画の一部をなす特定位置での速度制限として表すこともできる。さらに、本発明の例示的な実施形態には、牽引力ランプ速度や最大制動力ランプ速度等の列車操作規則を組み込んでもよいが、これらには限定されない。これらは、最適な走行プロファイルの定式化に直接組み込んでもよい。あるいは、動力を制御して目標速度を実現するのに用い

られる閉ループ調整器に組み込んでもよい。

【0122】

本発明は、好適な一実施形態において、列車構成の先導機関車にのみ組み込まれている。本発明の例示的な実施形態は、データまたは他の機関車との相互作用に依存したものではないが、米国特許第6,691,957号および特許出願第10/429,596号（権利譲受人が保有しており、いずれも参照により援用）に開示の通り、構成管理機能および/または構成最適化機能と統合することによって効率を改善してもよい。なお、本明細書に記載の2つの「独立に最適化された」列車のアービトレーションを行う運行指令センターの例に示すように、複数の列車との相互作用は除外されていない。

【0123】

動力系統が分散した列車は、異なるモードで運行可能である。その1つは、列車のすべての機関車が同じノッチコマンドで動作するモードである。したがって、先導機関車がN8駆動を指示している場合は、列車のすべての構成に対して、N8駆動の動力を生成するように指示が行われる。運行のもう1つのモードは、「独立」制御である。このモードでは、列車全体に分散した機関車または機関車群を異なる駆動力または制動力で動作させることができる。例えば、列車が山頂に到達した場合、（山の下り斜面にある）先導機関車には制動をかける一方、（山の上り斜面にある）列車の中間または最後部の機関車には駆動をかけてもよい。これは、車両と機関車を接続する機械的な連結器の張力を最小化するために行われる。従来、分散した動力系統を「独立」モードで運行する場合、オペレータは、遠隔の各機関車または機関車群に対する指示を先導機関車内のディスプレイを介して手動で行う必要があった。本システムは、物理的過程に基づく計画モデル、列車設定情報、車載軌道データベース、車載運行規則、位置判定システム、実時間閉ループ動力/制動制御、およびセンサフィードバックを用いることによって、分散した動力系統を「独立」モードで自動運行するものとする。

【0124】

動力分散運行の場合、先導機関車のオペレータは、分散動力制御要素等の制御システムを介して、遠隔の機関車構成の運行機能を制御することができる。したがって、動力分散運行の場合、オペレータは、個別の各機関車が同じノッチ動力で動作している各機関車構成に対して、異なるノッチ動力レベルで動作するように（または、1つの構成を駆動し、他の構成を制動するように）指示を与えることができる。例示的な一実施形態においては、遠隔の機関車構成のノッチ動力レベルを最適な走行計画の推奨に応じたものとするのが望まれる場合、列車に導入した本発明の例示的な一実施形態を用いて、好ましくは分散動力制御要素との通信により、この動力設定が遠隔の機関車構成に伝達・実装される。後述の通り、同じことが制動についても当てはまる。

【0125】

本発明の例示的な実施形態は、例えば、1または複数の機関車が列車の前部にあって、その他が中間と後部に設けられている場合等、機関車が連続していない構成に用いてもよい。このような構成は動力分散型と称し、機関車間の標準的な接続は、機関車を外部接続するための無線リンクまたは補助ケーブルによって置き換えられる。動力分散運行の場合、先導機関車のオペレータは、分散動力制御要素等の制御システムを介して、遠隔の機関車構成の運行機能を制御することができる。特に、動力分散運行の場合、オペレータは、個別の各機関車が同じノッチ動力で動作している各機関車構成に対して、異なるノッチ動力レベルで動作するように（または、1つの構成を駆動し、他の構成を制動するように）指示を与えることができる。

【0126】

例示的な一実施形態においては、遠隔の機関車構成のノッチ動力レベルを最適な走行計画の推奨に応じたものとするのが望まれる場合、列車に導入した本発明の例示的な一実施形態を用いて、好ましくは分散動力制御要素との通信により、この動力設定が遠隔の機関車構成に伝達・実装される。後述の通り、同じことが制動についても当てはまる。動力分散運行の場合は、前述の最適化問題を改善することによって、先導部分が各遠隔部分を

独立制御可能となるように自由度を増すことができる。このことの重要性は、列車内の力を示すモデルが含まれるものと仮定すれば、その力に関連する付加的な目的または制約を評価関数に組み込んでよいことである。したがって、本発明の例示的な実施形態は、複数のスロットル制御を用いることによって、燃料消費量と排出量のみならず列車内の力も良好に管理できるような構成であってもよい。

【0127】

構成管理者を用いた列車において、機関車構成の先導機関車は、その構成内の他の機関車と異なるノッチ動力設定で動作可能である。構成内の他の機関車は、同じノッチ動力設定で動作する。構成内の機関車に対するノッチ動力設定の指示を行うため、本発明の例示的な実施形態をこの構成管理者と併用してもよい。このように、本発明の例示的な実施形態に基づけば、構成管理者は、機関車構成を先導機関車と残りの部分の2グループに分割するため、先導機関車が特定のノッチ動力で動作するよう指示を受ける一方、残りの機関車は、別のノッチ動力で動作するよう指示を受ける。例示的な一実施形態において、分散動力制御要素は、この作用を内蔵したシステムおよび/または装置であってもよい。

【0128】

同様に、機関車構成に構成最適化器を用いる場合は、機関車構成の各機関車のノッチ動力を決定するため、本発明の例示的な実施形態をこの構成最適化器と併用することも可能である。例えば、走行計画による推奨として、機関車構成に対するノッチ動力設定4が考えられる。構成最適化器は、列車の位置に基づいて、この情報を取得した後、構成内の各機関車のノッチ動力設定を決定する。この実施においては、列車内通信チャネルにおけるノッチ動力の設定効率が改善される。さらに、上述の通り、この構成は、分散制御システムを用いて実装してもよい。

【0129】

また、前述の通り、構成内の各機関車が異なる制動の選択肢を必要とする踏切、勾配変化、接近中の待避線、接近中の操車場、接近中の燃料補給所等、およびこれらには限定されない接近中の対象物に基づく列車の制動タイミングに関して、本発明の例示的な実施形態を用いた連続的な補正および再計画を行ってもよい。例えば、列車が丘陵に差し掛かっている場合、先導機関車を制動状態に移行させる必要がある一方、丘陵の頂上に到達していない遠隔の機関車は、駆動状態に保つ必要性が考えられる。

【0130】

図8、図9、および図10は、オペレータが利用する動的な表示を例示的に示したものである。図8に示す通り、走行プロファイル72が提供されており、プロファイル中には、機関車の位置73が与えられている。さらに、列車の長さ105や列車の車両数106といった情報も提供されている。軌道の勾配107、カーブ・路側108に関する要素、ならびに、橋の位置109、列車速度110等も提供されている。オペレータは、ディスプレイ68を介して、これらの情報を確認することができるとともに、経路に沿った列車の位置を確認することができる。さらには、踏切112、信号114、速度変化116、ランドマーク118、および目的地120等の位置までの距離および/または到着予定時刻に関する情報も提供されている。到着時刻管理ツール125も設けられており、ユーザは、走行中に実現する燃料の節約を決定することができる。オペレータは、到着時刻の変更127が可能であり、燃料の節約にどのような影響があるかを把握することができる。本明細書に記載の通り、当業者であれば、燃料の節約が管理ツールで精査可能な唯一の目的の例に過ぎないことが分かる。この目的で、確認対象のパラメータによっては、オペレータが確認可能な管理ツールを用いて、本明細書に記載の他のパラメータを確認・評価することができる。また、オペレータには、乗務員の列車作業時間に関する情報も提供される。例示的な実施形態において、時間情報と距離情報は、特定の事象および/または位置までの時間および/または距離を示すものであってもよい。あるいは、総経過時間を与えるものであってもよい。

【0131】

図9に示すとおり、例示的なディスプレイでは、構成データ130に関する情報、事象

・状態図 132、到着時刻管理ツール 134、および動作キー 136 が提供される。また、上述の類似情報もこのディスプレイにて提供される。このディスプレイ 68 は、動作キー 138 も提供することによって、オペレータによる再計画を可能にするほか、本発明の例示的な実施形態の無効化 140 も可能にする。

【0132】

図 10 は、ディスプレイの別の例示的な実施形態を示したものであり、エアブレーキ状態 72、デジタル表示付きアナログ速度計 74、および重量ポンド単位での牽引力（または、DC 機関車用の牽引増幅）に関する情報等、最新の機関車に特有のデータが可視化されている。速度計 74 は、実行中の計画における現在の最適速度のほか、mph / 分単位で読み出しを補完する加速度計グラフを示すものである。最適計画を実行するための重要な新規データは、画面の中心にあって、現在までの履歴との比較による最適速度対距離およびノッチ設定対距離を表す周期的なストリップチャート 76 を含んでいる。例示的な本実施形態において、列車の位置は、位置検索要素を用いて導出される。図示の通り、この位置は、列車と最終目的地の離間距離、絶対位置、初期の目的地、中間地点、および / またはオペレータの入力を特定することによって与えられる。

【0133】

ストリップチャートは、最適計画の追従に必要な速度の変化を先読みして、手動制御に役立てることができる。また、自動制御中の計画対実状を監視する。本明細書に記載の通り、オペレータは、指導モード等において、本発明の例示的な実施形態が提示するノッチまたは速度のいずれかに従うことができる。垂直バーは、所望かつ実際のノッチを図示したものであって、ストリップチャートの下にもデジタル表示されている。上述のような連続的なノッチ動力を用いる場合は、単純に四捨五入を行って、最も近い離散等価値を表示する。また、アナログの等価値、百分率、または実際の馬力 / 牽引力が表示されるように、アナログ表示を用いてもよい。

【0134】

画面上には、走行状態に関する重要な情報が表示されており、列車が現在走行中の勾配 88 が、先導機関車の位置、列車に沿った別の位置、または列車全長の平均として表示される。また、計画による現在までの移動距離 90、累積燃料消費量 92、次の停留所の計画位置または離間距離 94、ならびに次の停留所における現在および計画上の到着予定時刻 96 も表示される。さらに、ディスプレイ 68 には、利用可能な算出計画から考えられる目的地までの最大時間も表示される。なお、到着の遅延が必要な場合は、再計画を実施する。差分計画データは、燃料の状態と現在の最適計画に対するスケジュールの進み具合または遅れ具合を表示したものである。負数は、燃料消費が少ないか、または、計画よりも進んでいることを意味する。正数は、燃料消費が多いか、または、計画よりも遅れていることを意味する。ただし、通常は、相対する方向にトレードオフの関係となる（燃料節約のために減速すると列車が遅れ、逆も同様である）。

【0135】

ディスプレイ 68 は常に、現在実行中の走行計画に対する位置のスナップショットをオペレータに与える。このディスプレイは、説明のために用いたに過ぎず、オペレータおよび / または運行指令センターに対して情報を表示 / 伝達する方法は、ほかにも多く存在する。この目的で、上掲の情報を混合することによって、開示のものとは異なる表示を提供することができる。

【0136】

本発明の例示的な実施形態に包含可能な他の機能としては、データログおよびレポートの生成等が挙げられるが、これらには限定されない。この情報は、列車に格納し、ある時点で車外のシステムにダウンロードしてもよい。また、ダウンロードは、手動および / または無線伝送で行ってもよい。さらに、この情報は、オペレータが機関車のディスプレイを介して確認可能であってもよい。データには、オペレータの入力、運用時間方式、燃料節約量、列車の機関車間の燃料不均衡、針路をそれた列車運行、および GPS センサ故障時等のシステム診断の課題等の情報が含まれるが、これらには限定されない。

10

20

30

40

50

【0137】

走行計画には、乗務員の許容作業時間も考慮に入れなければならないため、本発明の例示的な実施形態においては、走行の計画時に上記のような情報を考慮に入れてもよい。例えば、乗務員の作業可能最大時間が8時間の場合は、現在の乗務員と新たな乗務員が交代するための停止位置を含むように走行を構築するものとする。このような特定の停止位置としては、車両基地や交錯/通過位置等が挙げられるが、これらには限定されない。走行が進むにつれて走行時間が超過する場合、オペレータは、自身が決定した基準を満足するように、本発明の例示的な実施形態を無効化してもよい。最終的には、高負荷、低速度、列車伸縮状態等、およびこれらには限定されない列車の運行条件に拘らず、オペレータは、列車の速度および/または運行条件の指示を支配し続けることになる。

10

【0138】

列車は、本発明の例示的な実施形態を用いることによって、複数の運用で動作可能である。ある運用概念においては、本発明の例示的な一実施形態によって、推進と動的制動を指示するコマンドを規定してもよい。この場合、オペレータは、その他すべての列車機能を操作する。別の運用概念においては、本発明の例示的な一実施形態によって、推進のみを指示するコマンドを規定してもよい。この場合、オペレータは、動的制動およびその他すべての列車機能を操作する。さらに別の運用概念においては、本発明の例示的な一実施形態によって、推進、動的制動、およびエアブレーキの適用を指示するコマンドを規定してもよい。この場合、オペレータは、その他すべての列車機能を操作する。

【0139】

また、本発明の例示的な実施形態を用いることによって、対応すべき接近中の対象物をオペレータに知らせることができる。具体的には、本発明の例示的な実施形態に係る予想論理、最適な走行計画の継続的な補正および再計画、軌道データベース等によって、接近中の踏切、信号、勾配変化、制動作動、待避線、車両基地、および燃料補給所等をオペレータに通知することができる。この通知は、音声および/またはオペレータのインターフェースを介して行ってもよい。

20

【0140】

特に、本システムは、物理的過程に基づく計画モデル、列車設定情報、車載軌道データベース、車載運行規則、位置判定システム、実時間閉ループ動力/制動制御、およびセンサフィードバックを用いることによって、必要な対応をオペレータに提示および/または通知するものとする。この通知は、視覚および/または音声によって行うことができる。例えば、オペレータが機関車の警笛および/またはベルを作動させる必要がある踏切の通知や、オペレータが機関車の警笛やベルを作動させる必要がない「無音の」踏切の通知等が挙げられる。

30

【0141】

本発明の別の例示的な実施形態においては、上述の物理的過程に基づく計画モデル、列車設定情報、車載軌道データベース、車載運行規則、位置判定システム、実時間閉ループ動力/制動制御、およびセンサフィードバックを用いることにより、図9に示すような様々な位置に列車が到着するタイミングを確認可能な情報がオペレータに対して提示される。このシステムでは、オペレータが走行計画(目標到着時刻)を調整可能であるものとする。また、この情報(実際の到着予定時刻または車外から得る必要のある情報)を運行指令センターに伝達することによって、通信指令係または送信システムが目標到着時刻を調整可能となる。これにより、システムは、適切な目的関数(例えば、速度と燃料消費のトレードオフ)を迅速に調整・最適化可能となる。

40

【0142】

一般的に言えば、列車の運行は、列車を構成する軌道車の軌道車パラメータを把握することによって改善することができる。これらのパラメータとしては、重量、アクスル数、連結器の種類と特性、速度規制、軸荷重、摩擦、風の抵抗、車軸荷重、垂直荷重、およびレール上の水平荷重等が挙げられる。個々の車両パラメータは、列車の積載能力に影響を及ぼす可能性がある。例えば、列車の中央に軽荷重の車両を配し、後部に重荷重の車両を

50

配した場合、カーブで大きく加速または牽引すると、脱線の可能性が高くなる恐れがある。さらに、総貨物量を把握することによって、列車の速度対燃料消費量および列車の排出量を最適化することができる。また、軌道車パラメータを把握することによって、車両基地から素早く送り出せるようになる可能性がある。

【 0 1 4 3 】

別の例示的な実施形態においては、貨物データに関する情報も軌道車パラメータとして挙げるができる。この情報は、貨物の量と種類を含むことができる。例えば、液体を運搬する車両が考えられ、車両が液体を満載していない場合は、液体の動きが車輪または連結器に加わる全体の力に影響を及ぼす可能性がある。この情報は、列車の運行をさらに最適化するのに用いてもよい。同様に、危険物を運搬する車両が考えられ、特定の速度規制の制約が必要なことから、この情報は、列車の運行をさらに最適化するのに用いてもよい。貨物データが利用できない場合は、センサを用いることによって、液体を部分的に搭載した運搬車両がもたらすような負荷の変化を検出してもよい。運用上は、列車の速度を落とすとともに、軸荷重の変化を測定する。別の例示的な実施形態においては、ハンプ操車場に見られるようなハンプを列車の軌道に導入して、軸荷重の変化を測定する。液体の変位と軸荷重に及ぼす影響を把握することにより、最大加速・減速規制が上掲の列車最適化方法によって構築されることになる。

【 0 1 4 4 】

別の例示的な実施形態においては、軸荷重を検出するセンサを用いて、予期せぬ軸荷重の変化により予期せぬ貨物の移動が明らかとなる場合がある。痕跡解析システムを用いることによって、液体変位と、束ねていない箱等およびこれらには限定されない固定貨物の移動とを区別することができる。痕跡解析システムは、高周波スペクトルを有する場合を検出するものであるが、液体の移動は広帯域スペクトルを示すことになる。

【 0 1 4 5 】

車両の特性を列車構成および積荷構成に自動利用することにより、操車場準備時間を短縮できるとともに、車両基地全体のネットワークを最適化できて都合が良い。この場合、準備時間には、車両を最適に構成することと、並び替えが必要になることが多くて操車時間が長くなることの間でトレードオフが発生する可能性がある。準備時間全体は、列車の走行時間とトレードオフ可能である。車両の特性を提供することによって、車両特性の詳細と併せて列車の積荷構成を生成できるとともに、乗務員、運行指令センター、および荷下ろし場に対して通知することができる。また、車両の特性を提供することによって、列車の車両の荷重特性を重量、抵抗、およびカーブ性能に対して定式化可能となり、D P (動力分散) の有無それぞれの場合の列車操作を最適化可能となり、車両を列車に併置するとともにネットワーク往来量の増加に対して操車場を整理することが可能となり、加速、減速、および速度等の車両操作パラメータの調整により車両の負荷や性能を把握することによって脱線の可能性が低減可能となり、制限要因としての車両性能を列車速度 / 燃料の最適化および / または排出改善に利用可能となり、ワンマン運行の実現が可能となり、クルーズコントロールの最適化が可能となる。

【 0 1 4 6 】

本明細書には、重量、荷重、車軸力、水平力、および垂直力等の車両パラメータを自動的に測定する軌道車特性解析システムおよび方法を開示する。軌道車パラメータは、道路上および / または待避線上のハンプ操車場等の車両基地において列車の構成を行う際に規定してもよい。また、軌道車パラメータを用いて列車の積荷構成の特性解析を行ってもよく、クルーズコントロール等の鉄道効率化ツールと関連付けて、加速および / または排出改善、減速、D P 型または非 D P 型列車の操作改善のための燃料消費 / 速度最適化を行ってもよい。軌道車パラメータによれば、D P 運行および非 D P 運行等の速度、加速、または減速を制限する列車操作上の制約を考慮に入れることによって、列車の燃料消費対速度を最適化可能となる。また、軌道車パラメータによれば、長距離列車輸送時間と操車場列車構成時間のトレードオフを決定することができ、物品輸送全体の効率を改善することができる。さらに、軌道車パラメータを用いて、車両の重量ならびに水平方向、軸方向、お

10

20

30

40

50

よび垂直方向の軸荷重および力に対応する車両性能特性を盛り込んだ列車の積荷構成データを規定してもよい。本明細書に記載の通り、車両パラメータの測定は、自動的に行って

【0147】

特定の種類の車両は、風および／または空気の抵抗の影響を受けやすい。例えば、空荷の木材運搬車両は、車両の動きに影響を及ぼす帆となり得る大きな表面を有する。一態様において、軌道車パラメータの測定には、軌道車における風の抵抗要因の測定を含んでもよい。したがって、計測収集中に軌道脇で車両の観測を行う眼視観測者等を介した測定データとしては、車両の種類、対応する風の抵抗要因、および／または風の抵抗測定パラメータ等が挙げられる。

10

【0148】

図11に示す例示的な一実施形態において、軌道車200の軌道車パラメータは、車両基地205で取得してもよい。この場合、車両重量や車輪力等のパラメータは、直線部分または曲線部分等の所定の軌道部位216を横切る際に測定を行ってもよい。また、軌道車パラメータ測定システム215（または、測定システム）が設けられており、軌道、車輪、サスペンション、および／またはこれらの組み合わせの力を測定する力センサ等の車載センサ220および／または車外センサ225を含む構成であってもよい。その他のセンサとしては、たわみ検出器、パネ、レーザゲージ等が挙げられる。測定システム215は、測定データを収集するデータ収集装置230を含み、送受信機235を介して車両送信システムや列車構成／積荷構成システム等の中央制御装置240と通信を行うとともに、測定データをネットワーク送信システムおよび列車速度／燃料効率最適化システムに提供する構成であってもよい。また、測定システムは、携帯型データ収集装置245、機関車送受信機255を介した機関車250、路側電子装置260、および車外センサ225と通信を行うとともに、測定情報の提供を行ってもよい。同時に、これらのシステムは、通信ネットワーク内で情報を共有してもよく、情報を交換するために各要素間で相互通信を行う。このような通信は、RFまたは赤外線通信等の無線結合で提供してもよい。あるいは、軌道車と機関車250間の有線接続のような配線接続であってもよい。

20

【0149】

別の実施形態において、測定システム215は、車両基地から離間した待避線上等、車両基地の外部に設けてもよい。したがって、測定データは、列車が車両基地205を離れた後に取得してもよい。また、この測定データは、さらなる対応のために基地内で列車を組み立てた後、ネットワーク265および中央制御装置240に供給してもよい。

30

【0150】

本発明の一態様において、中央制御装置240は、加速／減速最適化要因を規定するために列車に提供された測定データを処理することによって、これらの制限が列車運行パラメータに取り入れられるようにするプロセッサ270を含む構成であってもよい。最適な車両構成の場合は、最適化のための付加的なパラメータを考慮すると、加速／減速を増大して任務時間を短縮することができる。動力分散（DP）型列車の場合、測定データを列車の軌道車に提供した結果として、列車後部における通常の低牽引力（TE）は、前部車両とよく整合させることができる。

40

【0151】

別の例示的な実施形態においては、痕跡解析システム300が設けられている。このシステム300は、制御装置240の一部であってもよい。あるいは、制御装置240と通信を行う構成であってもよい。上述の通り、痕跡解析システム300を用いることによって、液体変位と固定貨物の移動とを区別することができる。

【0152】

また、過去に取得した測定データを用いることによって、現在のデータとの比較により、ベアリングの問題に起因する大きな車輪摩擦等の異常な車両性能を判定することができる。これにより、車両を列車に連結する前に保守を行うことができる。

【0153】

50

このシステムは、操車場列車構成時間と列車走行時間のトレードオフ、D P 型列車等における機関車の動力設定の最適化、測定車両負荷または予想車両負荷に基づいた所与の機関車動力に対する車両の追加、および燃料消費 / 速度設定の最適化を行うことができるとともに、過度の摩擦や車輪のフラットスポット等に対する車両診断を行うことができ都合が良い。

【 0 1 5 4 】

本発明の一態様において、車載センサは、重量計等の重量センサまたは軌道車上のバネ状のたわみセンサを含む構成であってもよい。車外センサ 2 2 5 は、軌道車が走行する軌道 2 1 0 上の加圧力計を含む構成であってもよい。本発明の一態様においては、軌道車上の加速度計を用いて測定した既知の摩擦荷重（減速時）または印加動力（加速時）によって軌道上の車両を加速または減速する際に、重量測定を行ってもよい。

10

【 0 1 5 5 】

車載センサ 2 2 0 は、曲線レール測定部として、垂直方向、軸方向、および / または水平方向の加圧力計等、車輪に加わる力を検出するための力検出器を含む構成であってもよい。別の実施形態において、車載センサ 2 2 0 は、例えば、カーブ走行時の速度低下の観測等のように車輪を監視する偏位（移動）センサ、ならびにカーブ走行時に分散した熱を検出する熱センサを含む構成であってもよい。車外センサ 2 2 5 は、レールのたわみを検出する軌道 2 1 0 上の加圧力計、および / または軌道車が走行するスイッチ上の加圧力計を含む構成であってもよい。

20

【 0 1 5 6 】

車載センサ 2 2 0 は、直線レール測定部として、垂直方向、軸方向、および / または水平方向の加圧力計あるいは加速度計等、車輪に加わる力を検出するための力検出器を含む構成であってもよい。車外センサ 2 2 5 は、レール上の加圧力計 / 加速度計、レールのたわみ / 加速度計、および / またはスイッチ上の加圧力計を含む構成であってもよい。別の実施形態において、車載センサ 2 2 0 は、所定の直線レール走行時の車輪を監視し、速度低下の観測によって計算を行う偏位（移動）センサ、ならびに直線走行時に分散した熱を検出する熱センサを含む構成であってもよい。

【 0 1 5 7 】

データ収集は、車載のデータ収集装置 2 3 0 で行ってもよい。あるいは、携帯型データ収集装置 2 4 5 等を用いて遠隔で行ってもよい。ネットワーク 2 6 5 は、有線、無線、実時間、バッチデータ転送、蓄積転送、データプッシュ（データが利用可能な場合）、データプル（実時間動作または遅延動作のいずれかをプロンプトに問い合わせる）、および / または手動入力等のネットワーク型の 1 または複数を含む構成であってもよい。

30

【 0 1 5 8 】

他の実施形態において、本システムからの測定データの読み出しは、操車場 / 送信システム等の中央制御装置 2 4 0 に接続された電子方式 / ハードウェア、手動接続を伴う電子方式、他のシステムに対する読み出しおよび手動入力を伴う電子方式、操車場 / 送信システムに接続された機械方式 / ハードウェア、手動接続を伴う機械方式、他のシステムに対する読み出しおよび / または手動入力を伴う機械方式等によって行ってもよい。また、このシステムで用いる軌道車 I D は、手動または電子タグ、無線（R F）タグ、および / またはバーコード等を含む軌道車識別子 2 8 0 を介して、システムへの入力を行ってもよい。

40

【 0 1 5 9 】

他の例示的な実施形態においては、測定システムの構成として、電子データ入力を伴う手動操車場 / 運行指令センター、手動データ入力を伴う手動操車場 / 運行指令センター、手動データ入力を伴う電子式操車場 / 運行指令センター、電子データ入力を伴う電子式操車場 / 運行指令センター、手動積荷構成、電子式積荷構成、手動 / 参照 / 電子的計算による手動操車システムからのデータを伴う手動ネットワークシステム、手動 / 参照 / 電子的計算による電子式操車システムからのデータを伴う手動ネットワークシステム、手動 / 参照 / 電子的計算による手動操車システムからのデータを伴う電子ネットワークシステム、

50

手動／参照／電子的計算による電子式操車システムからのデータを伴う電子ネットワークシステム、手動／参照／電子的計算による手動操車システムからのデータを伴う手動走行最適化器、手動／参照／電子的計算による電子式操車システムからのデータを伴う手動走行最適化器、手動／参照／電子的計算による手動操車システムからのデータを伴う電子走行最適化器、手動／参照／電子的計算による電子式操車システムからのデータを伴う電子走行最適化器、手動／参照／電子的計算による手動長距離／待避線／スイッチシステムからのデータを伴う手動走行最適化器、手動／参照／電子的計算による電子式長距離／待避線／スイッチシステムからのデータを伴う手動走行最適化器、手動／参照／電子的計算による手動長距離／待避線／スイッチシステムからのデータを伴う電子走行最適化器、および／または手動／参照／電子的計算による電子式長距離／待避線／スイッチシステムからのデータを伴う電子走行最適化器等が挙げられる。

10

【0160】

本システムで取得した測定データを列車の運行制御に用いることによって、運行パラメータの制限、運行パラメータの均一化、パラメータ制限の緩和、走行前／設定用の運行パラメータの最適化、実時間での運行パラメータの最適化、走行全体に対する運行パラメータの最適化、走行の一部に対する運行パラメータの最適化、単一入力による運行パラメータの最適化、複数の入力データセットによる運行パラメータの最適化、および／または診断と車両保守の最適化を行うことができる。

【0161】

データを記憶する本システムのデータソースとしては、路側電子装置260、データ収集装置230、機関車250等の車両電子装置、および／または操車システムまたは送信システム等の中央制御装置240が挙げられる。測定データの受信に使用するデータ受信装置としては、オフラインのホスト、オンラインの機関車システム、オンラインの操車システム、オフラインの操車システム、オンラインの送信システム、オフラインの送信システム、オンラインの路側装置、オフラインの路側装置、オンラインのネットワーク最適化器、オフラインのネットワーク最適化器、および／または請求システム等が挙げられる。

20

【0162】

測定データを処理して最適な運行パラメータを生成するのに使用可能な最適化技術としては、逐次近似緩和法、時系列テイラー級数、ニューラルネット、変換、経験則に基づくルックアップテーブル、第一原理力に基づく技術、および／またはカルマンフィルタ等が挙げられる。

30

【0163】

例示的な一実施形態においては、軌道車情報に関する全国データベース320を保持する地域センターおよび／または国立センター310等の遠隔地が設けられているが、これらには限定されない。この全国データベース320は、列車構築の資源として用いてもよく、また、モデル解析に用いてもよい。このデータベース320は、提供する情報の種類から、輸送要件および／または安全上の問題に対処するため、政府系機関が利用することもできる。全国データベースの情報は、制御装置240との間でやり取りされる。制御装置240から新たな情報が得られた場合は、全国データベース320の情報を更新する。制御装置240と全国データベース320間の通信は、暗号化技術および／または認証技術等によって保護されていてもよいが、これらには限定されない。別の例示的な実施形態においては、制御装置240と通信する全国データベースに関して上掲したような相互通信を行う複数の地域データベースを設けてもよい。例示的な一実施形態において、通信を介するネットワーク265は、外部の作業員による不正な攻撃から守られていてもよい。

40

【0164】

図12は、列車の運行改善に用いる軌道車パラメータを識別するためのステップを示したフローチャートである。当業者であれば、フローチャート330の各ステップを自動的および／または独立して実行してもよいことが容易に分かる。ステップとしては、列車の軌道車の軌道車パラメータを測定するステップ(ステップ335)と、列車の少なくとも1つの運行基準に従い、上記軌道車パラメータに基づいて走行計画を生成するステップ(

50

ステップ 3 4 0) が含まれる。さらに、列車における軌道車の位置を少なくとも 1 つの軌道車パラメータに基づいて決定するステップを含んでもよい。また、上述の通り、列車における軌道車の順序を軌道車パラメータに基づいて規定してもよい。また、上掲の通り、これらのステップ 3 3 5 および / または 3 4 0 は、コンピュータソフトウェアコードおよび / または別のプロセッサ実装技術を用いて実装してもよい。

【 0 1 6 5 】

別の例示的な実施形態においては、軌道分類システムの一部である路側自動装置識別 (A E I) タグ読取器を用いて、軌道車からの情報 (通常、積荷構成情報) を読み取る。軌道分類システムは、軌道車の仕分けと回送に関する任務を遂行するため、信頼性のある積荷構成を有する必要がある。ほとんどのシステムでは、企業ネットワーク上のデータベースからこれらの積荷構成を取得する。列車の構築後は、操車場の人員および / または A E I システムによって、当該列車の車両一覧がデータベースにアップロードされる。したがって、軌道車が A E I タグ読取器を通過すると (通常は、列車全体が通過すると)、軌道車からの情報読み出しが可能となる。例示的な一実施形態において、読み出した情報は、機関車に送信される。より具体的には、走行最適化器に送信され、この情報を用いることにより、走行計画の更新および / または将来の走行計画の作成が行われる。また、所望の目的地で軌道車の追加および / または削減があった場合は、情報を更新可能である。

【 0 1 6 6 】

例示的な実施形態を参照して本発明の説明を行ったが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく、種々の変更、省略、および / または追加が可能であって、発明の要素を同等物で置き換え可能であることは、当業者にとっては当然のことである。また、本発明の範囲を逸脱することなく、多数の改良を行って、特定の状況または構成要素を本発明の教示に適合させることもできる。したがって、本発明は、その実施のための最良の形態として開示した特定の実施形態に限定されず、添付の請求の範囲に含まれるすべての実施形態を含むことを意図したものである。さらに、具体的な記述がない限り、第 1、第 2 等の用語は、順序や重要度を意味するものではなく、要素間の区別を行うために用いたものである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 6 7 】

【 図 1 】 本発明に係るフローチャートの例を示す図である。

【 図 2 】 採用可能な列車の単純化モデルを示す図である。

【 図 3 】 本発明に係る要素の例示的な一実施形態を示す図である。

【 図 4 】 燃料消費量 / 移動時間グラフの例示的な一実施形態を示す図である。

【 図 5 】 走行計画のための区分分解の例示的な一実施形態を示す図である。

【 図 6 】 区分例の例示的な一実施形態を示す図である。

【 図 7 】 本発明に係る例示的なフローチャートを示す図である。

【 図 8 】 オペレータが利用する動的な表示の例を示す図である。

【 図 9 】 オペレータが利用する動的な表示の別の例を示す図である。

【 図 1 0 】 オペレータが利用する動的な表示の別の例を示す図である。

【 図 1 1 】 列車の運行改善に用いる軌道車パラメータを自動的に識別するためのシステムを概略的に示す図である。

【 図 1 2 】 列車の運行改善に用いる軌道車パラメータを自動的に識別するためのステップを示すフローチャートである。

【 符号の説明 】

【 0 1 6 8 】

- 3 0 位置検索要素
- 3 1 列車
- 3 3 軌道特性解析要素
- 3 4 軌道
- 3 6 車載軌道データベース
- 3 8 センサ

4 1	路側位置	
4 2	機関車（構成）	
4 4	プロセッサ	
4 6	アルゴリズム	
4 7	無線通信システム	
5 1	制御要素	
5 2	制動システム	
6 0	運行指令センター	
6 1	機関車データベース	
6 2	実行制御要素	10
6 3	機関車モデリング情報データベース	
6 4	燃料比推定部	
6 5	列車パラメータ推定部	
6 8	ディスプレイ	
6 9	コントロールパネル	
2 0 0	軌道車	
2 0 5	車両基地	
2 1 0	軌道	
2 1 5	軌道車パラメータ測定システム	
2 2 0	車載センサ	20
2 2 5	車外センサ	
2 3 0	データ収集装置	
2 3 5	送受信機	
2 4 0	中央制御装置	
2 4 5	携帯型データ収集装置	
2 5 0	機関車	
2 5 5	機関車送受信機	
2 6 0	路側電子装置	
2 6 5	ネットワーク	
2 7 0	プロセッサ	30
2 8 0	軌道車識別子	
3 0 0	痕跡解析システム	
3 1 0	国立センター	
3 2 0	全国データベース	

【 図 1 】

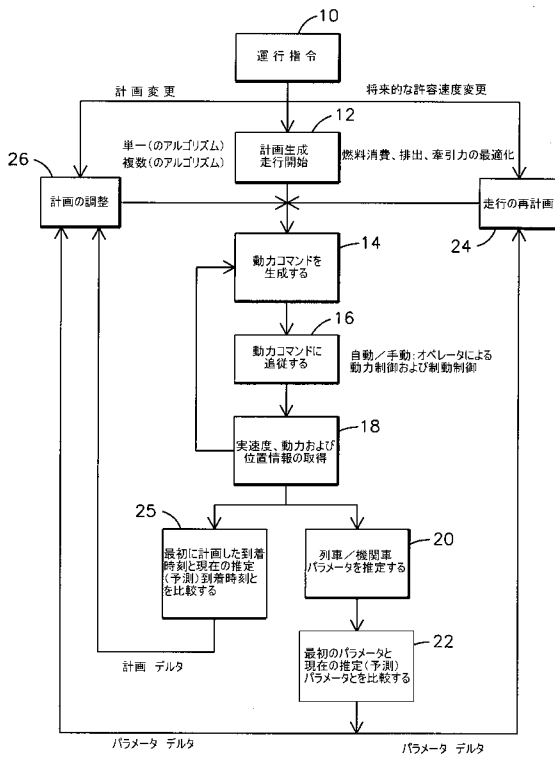
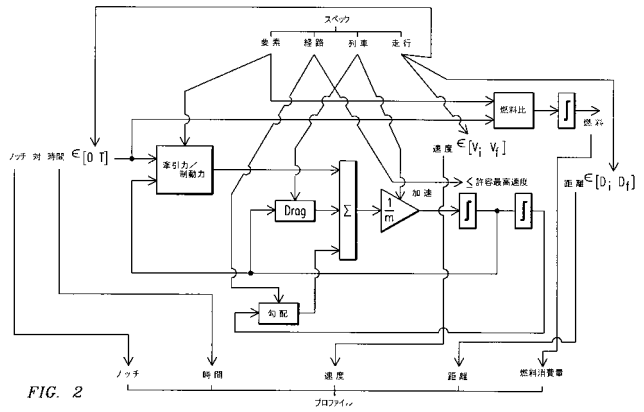


FIG. 1

【 図 2 】



【 図 3 】

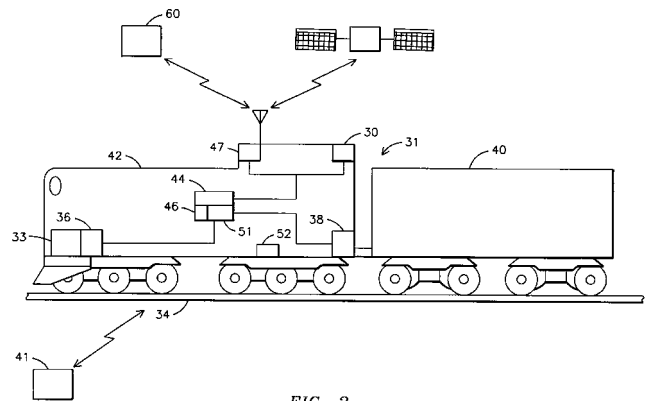


FIG. 3

【 図 4 】

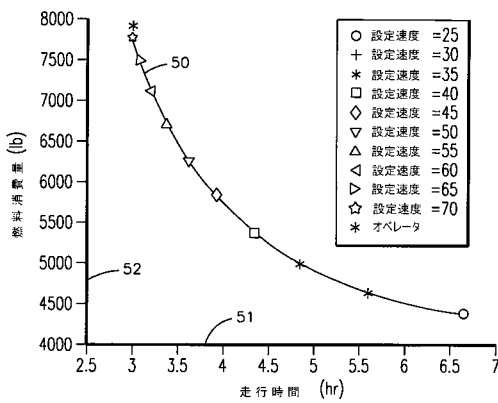


FIG. 4

【 図 6 】

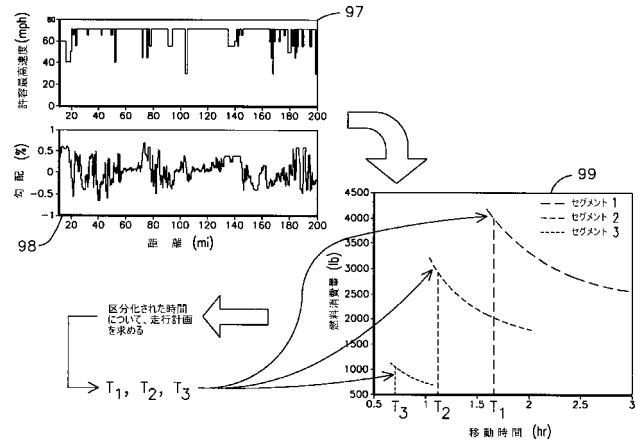


FIG. 6

【 図 5 】

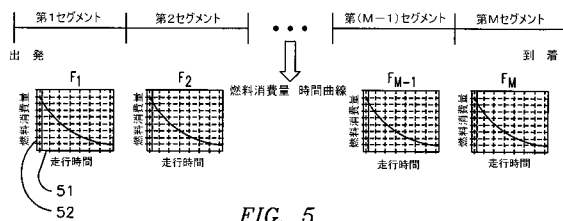


FIG. 5

【圖 7】

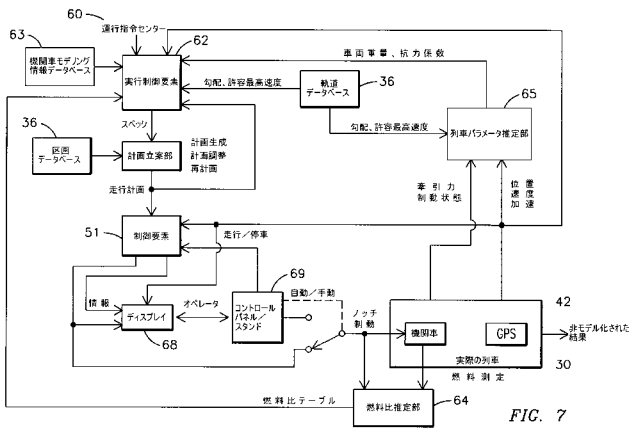


FIG. 7

【 図 8 】

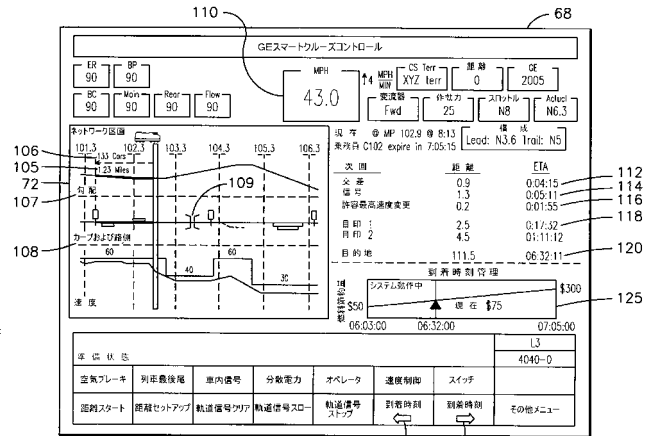


FIG. 8

【 図 9 】

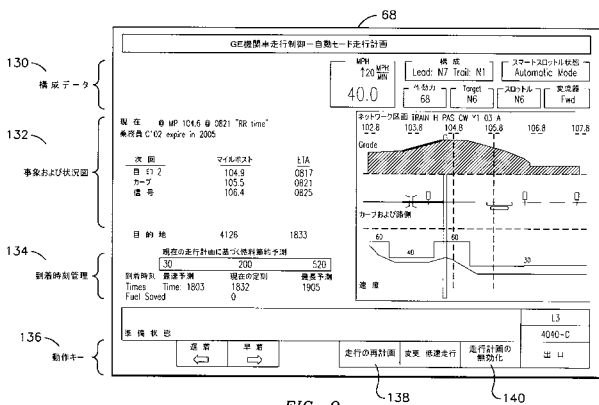


FIG. 9

【 図 1 0 】

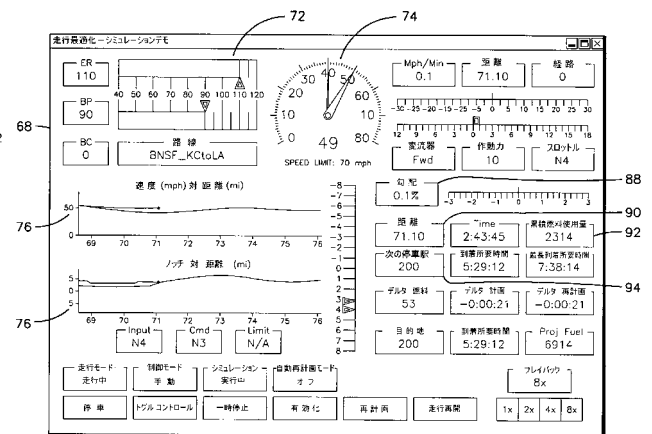


FIG. 10

【図 11】

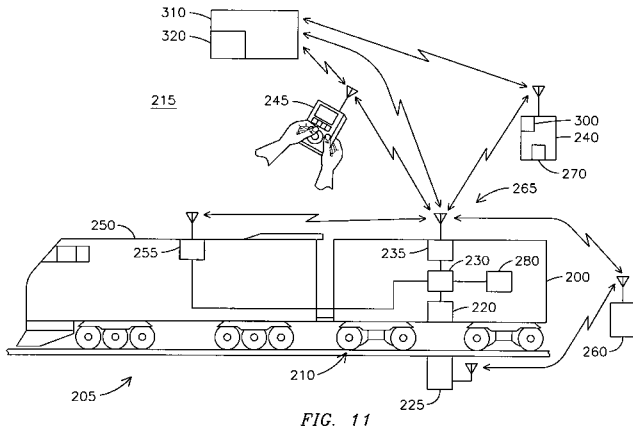


FIG. 11

【図 12】

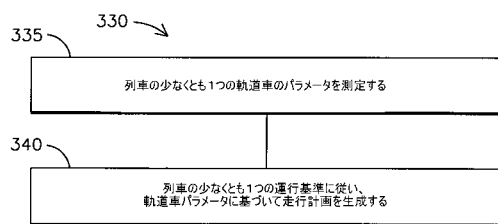


FIG. 12

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2007/066697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B61L27/00 ADD. B61L15/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B61L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/059446 A (UNION SWITCH & SIGNAL INC [US]; MORARIU VOREL [US]; BOYLE FRANK [US];) 15 July 2004 (2004-07-15)	1,2,5, 12,15, 16,19, 25,27, 29-31,33
Y	page 8, line 6 - page 13, line 26	4,6,10, 18,20, 23,32,34
Y	DE 198 30 053 C1 (THYSSEN KRUPP STAHL AG [DE]) 18 November 1999 (1999-11-18) column 4, line 1 - column 5, line 62; figure 1	6,10,20, 23,32,34
Y	DE 199 35 353 A1 (ABB DAIMLER BENZ TRANSP [DE]) 1 February 2001 (2001-02-01) column 2, line 1 - column 3, line 26; figure 1	10,23
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
21 November 2007		03/12/2007
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Janhsen, Axel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2007/066697

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2005/065674 A1 (HOUPPT PAUL KENNETH [US] ET AL HOUPPT PAUL KENNETH [US] ET AL) 24 March 2005 (2005-03-24) paragraph [0001] - paragraph [0007]; figure 1	4,18
E	US 2007/219680 A1 (KUMAR AJITH K [US] ET AL) 20 September 2007 (2007-09-20) paragraph [0008] - paragraph [0011]	1-36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2007/066697

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers allsearchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
1, 2, 4-6, 10, 12, 15, 16, 18-20, 23, 25, 27, 29-31 (partly), 32-34
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2007 /066697

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/SA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1+2, 15+16, 27+29

Train movement optimization based on the weight

2. claims: 1+2, 15+16, 27+29

Train movement optimization based on the axial load

3. claims: 1+2, 15+16, 27+29

Train movement optimization based on the friction

4. claims: 1+2, 15+16, 27+29

Train movement optimization based on the wind resistance

5. claims: 1+2, 15+16, 27+29

Train movement optimization based on the wheel axial loads

6. claims: 1+2, 15+16, 27+29

Train movement optimization based on the vertical loads

7. claims: 1+2, 15+16, 27+29

Train movement optimization based on the lateral loads

8. claims: 1+3, 15+17

Train movement optimization based on the rail car position
in the train

9. claims: 1+4, 15+18

Train movement optimization of the speed versus fuel
consumption

10. claims: 1+4, 15+18

Train movement optimization of the speed versus emission
output

International Application No. PCT/US2007/066697

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

11. claims: 1+5,6; 15+19,20; 27+30,32,34

Train movement optimization with a remote central database;
also with protected communication; also with rail car
parameters

12. claims: 27+30,31

Train movement optimization using a portable data
collection unit

13. claim: 27+28; 27+31

Train movement optimization using on-board and off-board
sensors

14. claim: 1+7; 15+21

Detection of shifted fixed cargo

15. claim: 1+7; 15+21

Detection of liquid displacement

16. claim: 1+8

Optimization of rail yard setup time

17. claim: 1+9; 15+22

Determination of the rail car parameter weight

18. claim: 1+9; 15+22

Determination of the rail car parameter resistance

19. claim: 1+9; 15+22

Determination of the rail car parameter curve performance

20. claim: 1+10; 15+23

Train movement optimization related to distributed power
trains

International Application No. PCT/US2007 /066697

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

21. claim: 1+10; 15+23

Train movement optimization related to non-distributed power
trains

22. claim: 1+11

Train optimization related to the order of rail cars in the
train

23. claim: 15+24

Determination of the rail car parameter related to the order
of rail cars in the train

24. claim: 1+12; 15+25

Operation of a train in regard to optimized movement plans

25. claim: 27+31; 27+33

Operation of a train via a central controller; also
including a processor

26. claims: 1+14; 15+26; 27+35,36

Management of train parameters via identification
tags/markers

27. claim: 1+13

Determination of the rail car parameters through a dedicated
track portion

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2007/066697

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004059446	A	15-07-2004	AU 2003300354 A1	22-07-2004
			CA 2510432 A1	15-07-2004
			CN 1729465 A	01-02-2006
			EP 1573578 A2	14-09-2005
			JP 2006511394 T	06-04-2006
			KR 20050085832 A	29-08-2005
DE 19830053	C1	18-11-1999	EP 0970870 A2	12-01-2000
DE 19935353	A1	01-02-2001	AT 287815 T	15-02-2005
			AU 6438000 A	19-02-2001
			CA 2379772 A1	08-02-2001
			CZ 20020319 A3	12-02-2003
			WO 0108958 A1	08-02-2001
			EP 1202895 A1	08-05-2002
			ES 2234645 T3	01-07-2005
			JP 2003506251 T	18-02-2003
			PL 353201 A1	03-11-2003
			US 6799096 B1	28-09-2004
US 2005065674	A1	24-03-2005	AU 2004203591 A1	07-04-2005
			BR 0404116 A	24-05-2005
			CA 2481771 A1	24-03-2005
			MX PA04009235 A	31-03-2005
US 2007219680	A1	20-09-2007	AU 2007202928 A1	04-10-2007
			CA 2593331 A1	20-09-2007
			US 2007219681 A1	20-09-2007
			US 2007233335 A1	04-10-2007
			WO 2007111768 A2	04-10-2007

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ウルフギャング, ダウム

アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16506、エリー、アンネンデル・ドライブ、5228番

(72)発明者 ハーシー, ジョン・エリック

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12019、ボールストン・レイク、ヴァインズ・ロード、4番

(72)発明者 ペルツ, デイビッド・マイケル

アメリカ合衆国、フロリダ州・32934、メルボルン、パークウェイ・ドライブ、4374番

(72)発明者 シェイファー, グレン・ロバート

アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16506、エリー、ドミニク・ドライブ、3618番

(72)発明者 ノフシンガー, ジョセフ・フォレスト

アメリカ合衆国、ミズーリ州・64086-9718、リーズ・サミット、エスイー・キーストーン・ドライブ、9520番

(72)発明者 ポートラエジャー, ジョン

アメリカ合衆国、フロリダ州・32940、メルボルン、ブルー・ヘロン・リヴ、2034番

(72)発明者 クマール, アジス

アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・16506、エリー、ドンナ・ドライブ、528番

Fターム(参考) 5H161 AA01 JJ02 JJ26 JJ27