

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5033124号
(P5033124)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012. 9. 26)

(24) 登録日 平成24年7月6日 (2012. 7. 6)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 1 L 27/00 (2006. 01)
 B 6 1 C 5/00 (2006. 01)
 B 6 1 C 7/04 (2006. 01)
 B 6 1 C 3/00 (2006. 01)

B 6 1 L 27/00 Z
 B 6 1 C 5/00
 B 6 1 C 7/04
 B 6 1 C 3/00 Z

請求項の数 13 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-515877 (P2008-515877)
 (86) (22) 出願日 平成18年6月7日 (2006. 6. 7)
 (65) 公表番号 特表2008-543631 (P2008-543631A)
 (43) 公表日 平成20年12月4日 (2008. 12. 4)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/022146
 (87) 国際公開番号 W02006/133306
 (87) 国際公開日 平成18年12月14日 (2006. 12. 14)
 審査請求日 平成21年6月4日 (2009. 6. 4)
 (31) 優先権主張番号 11/148, 815
 (32) 優先日 平成17年6月8日 (2005. 6. 8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 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 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (72) 発明者 ダウム, ウォルフギャング
 アメリカ合衆国、1 6 5 0 6、ペンシルバ
 ニア州、エリイ、アネンデール・ドライブ
 、5 2 2 8 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 列車の操作と燃料消費量を向上させるシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 つ以上の鉄道機関車 (5) からなる機関車編成を有する鉄道列車の運転を制御して、
 機関車編成の燃料効率を向上させる方法であって、

a) 機関車編成の車内で、機関車編成の出力設定に応じた列車の移動の計測に基づいて、
 機関車編成によって移動する前記列車の荷重を計算するステップ (5 2) と、

b) 機関車編成の車内で、列車の現在位置を測定するステップ (5 4) と、

c) 機関車編成の車内で、前記線路の状況の変化を前記列車が線路状況の前記変化に到達する前に特定するステップ (5 6) と、

d) 機関車編成の車内で、機関車編成の出力設定を調整して、前記列車が線路状況の前記変化に接近したときに、前記列車の前記計算された荷重に基づいて機関車編成の燃料消費量を最適化するステップ (5 8) と

を含む、前記方法。

【請求項 2】

前記方法がさらに、気象条件を決定し、前記機関車編成の出力設定を調整して、前記気象条件に基づいて燃料消費量を最適化するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記方法がさらに、機関車編成の出力設定に応じた列車の移動の計測に基づいて二度目に列車の荷重を計算することによって、前記計算された荷重の精度を測定するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記方法がさらに、前記列車の速度の調整で使用する列車の運転データを収集するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

1 つ以上の鉄道機関車からなる機関車編成を有する鉄道列車に設置される鉄道列車の燃料効率を向上させるシステムであって、

位置測定装置 (1 2) と；

鉄道線路 (1 7) に関する地形および外形データからなる線路断面データベース (1 6) と；

前記列車の荷重を計算するアルゴリズム (2 0) と、前記計算された荷重と間近に迫った鉄道線路の地形および外形に基づいて前記列車の加速率または減速率の少なくとも一方を決定するフィードフォワードアルゴリズム (2 1) を有するプロセッサ (1 4) とを有する前記システムにおいて、

線路 (1 7) の状況の前記変化が機関車編成の車内で測定され、機関車編成の出力設定を調整して、列車が線路状況の変化に接近したときに列車の計算された荷重に基づいて機関車編成の燃料消費量を最適化する、
前記システム。

【請求項 6】

前記システムがさらに、気象条件を測定するための天候収集装置を有する、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記システムがさらに、プロセッサに接続される記憶装置 (2 6) を有する、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記システムがさらに、プロセッサに機能的に接続される列車運転収集装置 (3 0) を有する、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 9】

機関車編成の燃料効率を向上させるために 1 つ以上の鉄道機関車からなる機関車編成と、機関車編成上の少なくとも 1 つのコンピュータ (1 4) とを有する鉄道列車の燃料効率を向上させるためのコンピュータソフトウェアコードであって、

a) 機関車編成の出力設定に応じた列車の移動の計測に基づいて、機関車編成によって移動する列車の荷重を計算するためのコンピュータ用ソフトウェアモジュールと、

b) 列車が線路状況の変化に到達する前に間近に迫った線路の状況を測定するためのコンピュータ用ソフトウェアモジュールと、

c) 前記列車の加速率または減速率の少なくとも一方を計算して、計算された荷重と間近に迫った線路状況の変化に基づいて燃料消費量を最適化するためのコンピュータ用ソフトウェアモジュールと

を有する、前記コンピュータソフトウェアコード。

【請求項 10】

前記コンピュータソフトウェアコードがさらに、前記列車の計算された加速率に基づいて前記列車を加速して、前記列車が前記間近に迫った線路状況の変化に到達したときに燃料消費量を最適化するか、または前記列車の計算された減速率に基づいて前記列車を減速して、前記列車が前記間近に迫った線路状況の変化に到達したときに燃料消費量を最適化するためのコンピュータ用ソフトウェアモジュールを有する、請求項 9 に記載のコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 11】

前記コンピュータソフトウェアコードがさらに、前記列車の第 2 の荷重を計算するためのコードを有することによって前記計算された荷重の精度を測定し、前記第 2 の荷重を前記第 1 の荷重と比較し、前記第 2 の荷重に基づいて前記第 1 の荷重を調整するためのコンピュータ用ソフトウェアモジュールを有する、請求項 9 に記載のコンピュータソフトウェア

10

20

30

40

50

アコード。

【請求項 1 2】

前記コンピュータソフトウェアコードがさらに、列車の初期の列車荷重を推測し、列車編成の出力設定の調整に使用される計算された列車荷重を使用して列車荷重の計測の精度を向上させるためのコンピュータ用ソフトウェアモジュールを有する、請求項 9 に記載のコンピュータソフトウェアコード。

【請求項 1 3】

前記コンピュータソフトウェアコードがさらに、時間依存および時間変化テイラー級数展開計算またはカルマンフィルタの少なくとも一方を有する、請求項 9 に記載のコンピュータソフトウェアコード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は機関車の運転に関し、より詳細には、線路の地形変化に直面した際に列車の操作と燃料消費量を自律的に向上させるシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0002】

列車運転手の経験や献身の度合いや当日の感情などによって、鉄道列車の操作は運転手間で異なり、さらに列車の力の差だけでなく、列車のミッション燃料燃焼率の差も生じる。例えば、献身的で非常に用心深い熟練した運転手は鉄道線路により精通しているため、勾配やカーブの変化を列車がこのような線路変化に直面する前に予測して、変化を見込んで列車の速度を落としたり（減速）、速度を上げたり（加速）するであろう。このことにより、線路に精通していない運転手に比べて、列車の運転がより円滑になるとともに、ミッション燃料の燃焼がより少なくなる。

【0003】

現在のシステムは列車運転手を支援してミッション燃料の燃焼を最小限に抑えるべく存在しているが、そのようなシステムは一般的に、ミッション燃料の燃焼を最も少なくする方法を決定するのに役立つように、操作性能データの記録が後の処理のために必要とされる。さらに、そのようなシステムは、他の機関車の走行中は使用される列車から離れて処理の大部分を実行するものだと考えられる。そのようなシステムは通常、列車の運転中は天候等の他の外部要因を把握してリアルタイムデータを処理することができない。

【特許文献 1】米国特許第 6,144,901 号公報

【特許文献 2】米国特許第 6,434,452 号公報

【特許文献 3】米国公開特許第 2004/0133315 A1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このため、線路状況の変化に接近したときに列車の速度を車内で評価および決定することのできるシステム、方法およびソフトウェアコードが必要とされており、そのような情報を使用して列車速度を調整して、燃料効率と列車の操作を向上させる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

好適な実施形態では、本発明は自己学習および自動補正システムを対象としている。別の好適な実施形態では、自己学習はするものの、本発明を実施するのに運転手の対話が要求される可能性がある。したがって、本発明は 1 つ以上の鉄道機関車からなる機関車編成を有する鉄道列車の運転を制御して、機関車編成の燃料効率を向上させる方法、システムおよびコンピュータソフトウェアを開示する。該方法は、機関車編成の車内で、機関車編成の出力設定に応じた列車の移動の計測に基づいて、機関車編成によって移動する前記列車の荷重を計算する。該方法はさらに、機関車編成の車内で、列車の現在位置を測定する。機関車編成の車内で、前記線路の状況の変化を前記列車が線路状況の前記変化に到達す

10

20

30

40

50

る前に特定すること、教示の方法の一環である。該方法はまた、機関車編成の車内で、機関車編成の出力設定を調整して、前記列車が線路状況の前記変化に接近したときに、前記列車の前記計算された荷重に基づいて機関車編成の燃料消費量を最適化する。

【 0 0 0 6 】

該システムは、位置測定装置と；鉄道線路に関する地形および外形データからなる線路断面データベースと；前記列車の荷重を計算するアルゴリズムと、前記計算された荷重と間近に迫った鉄道線路の地形および外形に基づいて前記列車の加速率または減速率の少なくとも一方を決定するフィードフォワードアルゴリズムとからなるプロセッサとを有する。線路の状況の変化が機関車編成の車内で決定され、機関車編成の出力設定を調整して、列車が線路状況の変化に接近したときに列車の計算された荷重に基づいて機関車編成の燃料消費量を最適化する。

10

【 0 0 0 7 】

該コンピュータソフトウェアコードは、機関車編成の出力設定に応じた列車の移動の計測に基づいて、機関車編成によって移動する列車の荷重を計算するためのソフトウェアモジュールを有する。列車が線路状況の変化に到達する前に、間近に迫った線路の状況を測定するためのソフトウェアモジュールも提供される。該ソフトウェアコードはまた、前記列車の加速率または減速率の少なくとも一方を計算して、計算された荷重と間近に迫った線路状況の変化に基づいて燃料消費量を最適化するためのソフトウェアモジュールを有する。

【 発明の効果 】

20

【 0 0 0 8 】

技術的效果は、列車に関するデータを処理し、情報を使用することのできるソフトウェアコードを提供して、鉄道線路の変化に到達する前に列車速度を調整することによって、燃料効率と列車の操作を向上させることである。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 9 】

本発明の特徴および利点は、以下の発明の詳細な説明を添付図面と併せて読むことによって明らかとなるであろう。

【 0 0 1 0 】

図面を参照して、本発明の例示的实施形態を以下に説明する。特定のシステムおよび方法を詳細に説明する前に、本発明が主として構成要素とそれに関連するステップの新しい組み合わせに属するものだと気づかれない。したがって、該システムおよび方法のステップは、図面では従来の要素によって表されており、当業者には容易に理解できるであろう。本明細書に記載の説明の利点を有する構造細部の開示を不明瞭にすることのないように、本発明に関するそれらの具体的な詳細のみが示されている。さらに、本明細書で採用される語法および専門用語は説明するためのものであり、限定するものだと見なすべきではない。このため、単数形で使用される用語も複数形で記載された用語を含むように読むものとする。この論法は、逆の場合も当てはまるものとする。例えば、用語「発明（単数）」の使用は用語「発明（複数）」も意味するように解釈することができる一方、用語「発明（複数）」の使用は用語「発明（単数）」を意味するように解釈することもできる。

30

40

【 0 0 1 1 】

全体を通しては、機関車が一般参照として使用される。本発明は、ディーゼルシステム、電気システム、およびこれらに限定されないがディーゼル電気、液体式ディーゼル、電気油圧式を含むハイブリッドシステムを含むが、これらに限定されないあらゆるタイプの機関車に適用することができる。同様に、機関車のタイプに基づいて例えば機械駆動や油圧駆動だがこれらに限らないさまざまな駆動方式を使用することができるので、出力設定という用語の使用は総称的に用いられる。機関車の駆動方式やタイプに基づいて、機関車の速度が他のタイプの駆動方式や機関車と異なって定められることを当業者は認識する。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、機関車 5 の例示的な図である。鉄道列車では、1 つ以上の機関車 5 が列車の一

50

部を成し、その機関車を列車編成と見なすことができる。図 1 はさらに、本発明の例示的要素のブロック図表示を示す。これらの要素は単独の機関車 5 に設置されるように示されているが、列車の他の部分や機関車編成の他の機関車に設置することができる。単独の車両すなわち機関車 5 にすべての要素を設置しないことも可能である。つまり、要素を列車の複数の部分に設置して、本発明の機能をそのまま実行するように接続することができる。

【 0 0 1 3 】

図 1 にさらに示されるように、位置測定装置 1 2 が列車に設けられる。この装置は、プロセッサ 1 4 に接続される。線路断面データベース 1 6 も設けられ、これもプロセッサ 1 4 に接続される。線路断面データベース 1 6 は、鉄道線路 1 7 に関する地形および外形データなどの情報を含む。記憶装置 2 6 は、プロセッサ 1 4 に取り付けられる。記憶装置 2 6 は、プロセッサ 1 4 によって提供および / または計算されたデータを一時的または長期的に記憶するために設けられて、そのデータを列車の現在行っている運転中または後の運転の際に使用する。列車運転収集装置 3 0 も列車に設けられ、プロセッサ 1 4 に接続される。収集装置 3 0 は、これらに限定されないが、列車のノッチ速度（コール）、牽引力、ブレーキ管設定、速度、燃料消費量出力設定、加速および減速率などを決定するように機能する。収集された情報は後述するアルゴリズム 2 0、2 1、2 8 によって使用することができ、列車を加速または減速する際のより正確なタイミングを保証する助けとなる。

【 0 0 1 4 】

プロセッサは、プロセッサ 1 4 で処理される多くのアルゴリズム 2 0、2 1、2 8 を有する。1つのアルゴリズム 2 0 は、列車の荷重を計算するために提供される。別のアルゴリズム 2 1 は、間近に迫った鉄道線路の地形および外形を考慮して計算された荷重に基づいて、列車の加速率または減速率を決定するフィードフォワードアルゴリズムである。利用可能な第 3 のアルゴリズム 2 8 は、計算された荷重値の精度を測定するためのものであり得る。これは、列車の第 2 の荷重値と第 2 の計算に基づいて計算された第 1 の荷重値を計算することによって達成することができる。上述のアルゴリズムで使用される技法の例としては、これに限定されないが時間依存および時間変化テイラー級数展開が挙げられる。当業者は、カルマンフィルタを利用するアルゴリズムが、モデルシステムの正確な性質が知られていない場合であっても、過去、現在、さらに未来の状態の推定をサポートするものであるので、それを使用することができることに気づくであろう。

【 0 0 1 5 】

1つの例示的实施形態では、荷重が推測され、かつ / または利用可能であり、列車が特定の長さの鉄道線路 1 7 を通り過ぎた際の時間と場所を含む、記憶装置 2 6 に記憶された以前のデータに基づいてこの第 3 のアルゴリズム 2 8 を使用して計算が行われる。第 2 の計算は元の荷重値と比較され、さらなる計算に使用される実際の荷重がそれに応じて調整される。別の例示的实施形態では、列車の出発時刻と出発地が、列車が既に通った所定の場所と比較される。この情報を取得し、その期間の機関車 5 の出力設定に関する情報を取り込むことによって、荷重が計算される。この荷重値は本発明によって既に使用されている元の荷重値と比較され、本発明によって使用される荷重値はそれに応じて調整される。

【 0 0 1 6 】

図 2 は、本発明の例示的ステップを含む例示的なブロックの概要のブロック図である。特に機関車編成である列車からの情報（列車データ）4 0 は、収集装置 3 0 で収集される。列車の位置（列車位置）4 2 を測定する必要がある。位置はこれらに限定されないが、車載 GPS システムで、機関車制御システムの一部を成す経過マイルカウンターで、追跡システムを介して、および / または列車編成の他の機関車を介して測定することができる。列車の位置が特定できるように、線路 4 4 のマップが提供される。このマップは、例えば上り勾配、下り勾配、カーブ、地方 / 都市 / 住宅地（特定の速度制限が適用されるかどうか）などの情報を含むがこれらに限定されない。

【 0 0 1 7 】

1つのアルゴリズム、または複数のアルゴリズムを使用して、燃料燃焼率 4 6 を計算す

10

20

30

40

50

る。燃料燃焼率は、列車荷重と列車位置に基づいて計算される。収集されたデータは、列車位置と関連付けられる。1つの例示的实施形態では、列車荷重はノッチ速度と、列車が所定の長さの線路を通った時間に基づいて計算される。別の例示的实施形態では、ノッチ速度と、勾配や摩擦に対する牽引力の変化を使用して、列車荷重の近似値を計算することができる。列車の走行摩擦や列車のカーブ摩擦も測定され、列車速度や牽引力が線路状況に基づいて収集されて、列車荷重を測定するために使用される。線路パラメータが知られていない別の実施形態では、摩擦力や風力、作動モード中に消費される全燃料およびその結果の列車速度変化を、機関車の馬力当たりの燃料消費率（SFC）と併せて使用して、列車荷重を計算する。図3に、機関車5の馬力35およびSFC37に対する燃料33の代表的かつ例示的な値を示す表が提供される。この表31はまた、機関車のノッチ速度に基づいてこれらの値を特定する。得られた荷重計算を使用して、鉄道線路の差し迫った変化に基づいた加速および減速を決定する。好ましくは、初期荷重評価は初期加速中に計算され、ミッション最適化用の初期入力として使用される。

【0018】

得られた計算は機関車制御システム48に提供されて、列車が特定の線路地形に接近した際に列車が取る行動を制御する。最も近づくと、列車は線路状況の変化に接近しているか、線路状況の変化に直面しているか、かつ/または線路状況の変化に既に直面した可能性がある。具体的には、行われた計算は実際のミッション性能と比較される。計算と列車位置に基づいて、列車の速度を一定に保つか、ブレーキをかけて列車を減速するか、列車を加速する（50）。

【0019】

正確な加速または減速率の決定をさらに支援するために、天候収集装置25も列車の中にある。この装置は天候収集器を含んでおり、列車が体験する現在の気象条件や、列車が間もなく通る線路の気象条件さえも測定する。そのような気象条件には、風況、雨および雪などが含まれるがこれらに限定されない。

【0020】

別の好適な実施形態では、気象条件は、例えば列車車庫であるがこれに限定されない遠隔地の配車係から列車に伝えられる。さらに別の好適な実施形態では、気象条件は無線インターネット接続などでダウンロードされる。別の好適な実施形態では、列車に設置された局所カメラが天候の視像を提供することができ、その結果、ユーザは目の当たりにした天候の種類に特有のデータおよび/またはコマンドを入力することができる。別の好適な実施形態では、上述したあらゆる手法を利用する。気象条件データがプロセッサに提供され、フィードフォワードアルゴリズムがこのデータを使用して機関車編成の加速または減速率をより正確に計算する。

【0021】

図4は、燃料効率を向上させるための本発明の例示的ステップを示す流れ図である。示されたように、列車の荷重の計算をステップ52で実行しなければならない。これは、機関車編成の出力設定に応じた列車の移動の計測に基づいて計算することができる。列車の現在位置は、ステップ54で測定しなければならない。列車は移動しているので、列車が線路状況の変化に到達する前に、ステップ56で線路状況の変化を特定しなければならない。上述したように、そのような線路状況の変化には、これらに限定されないが、上り勾配、下り勾配、カーブ、および地方/都市/住宅地などが含まれる。機関車編成の出力設定は、列車が線路状況の変化に接近したときに列車の計算された荷重に基づいて、ステップ58で燃料消費量を最適化するように調整される。好適な実施形態では、これらの機能のすべてが列車の中で実行される。

【0022】

図5は、鉄道列車の燃料効率を向上させるための本発明の例示的なソフトウェアコード要素を示す流れ図であり、列車は機関車または機関車編成上に少なくとも1つのコンピュータを有する。したがって、当業者は、ソフトウェアコードは単独のコンピュータ内にある必要はないが、さまざまなコードがネットワーク接続された複数のコンピュータの一部

を成して、単独のコンピュータ内にすべてのコードが提供された単独のコンピュータと同様の最終結果が得られることに気づくであろう。さらに、当業者は、3つのモジュールが示されているが、これらのモジュールはより多くのモジュールに分割および/またはより少ないモジュールに結合することができることに気づくであろう。

【0023】

1つのソフトウェアモジュール60が、機関車編成の出力設定に応じた列車の移動の計測に基づいて列車の荷重を計算するために提供される。別のソフトウェアモジュール62は、列車が線路状況の変化に到達する前に間近に迫った線路の状況を測定する。第3のソフトウェアモジュール64は、計算された荷重と間近に迫った線路状況の変化に基づいて燃料消費量を最適化するために、列車の加速または減速率を決定する。

10

【0024】

本発明は現時点で好適な実施形態だと考えられるものを説明したが、多くの変形や修正が当業者には明らかとなるであろう。したがって、本発明は特定の例示的实施形態に限定されるものではなく、添付の請求項のすべての精神および範囲内にあるものだと解釈されることを目的としている。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の例示的要素の機関車で開示されたブロック図である。

【図2】本発明の例示的ステップの概要のブロック図である。

【図3】機関車の出力に対する燃料の例示的値を示す表である。

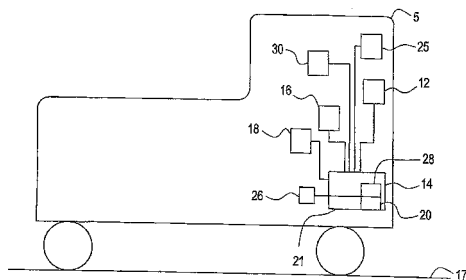
20

【図4】本発明の例示的ステップを示す流れ図である。

【図5】本発明の例示的なソフトウェアコード要素を示す流れ図である。

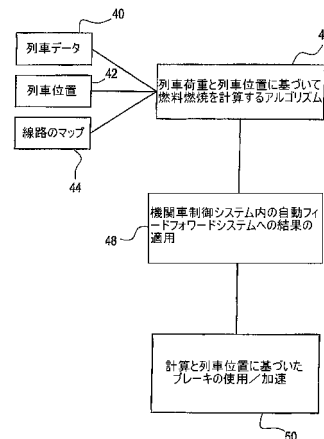
【図1】

FIG. 1



【図2】

FIG. 2



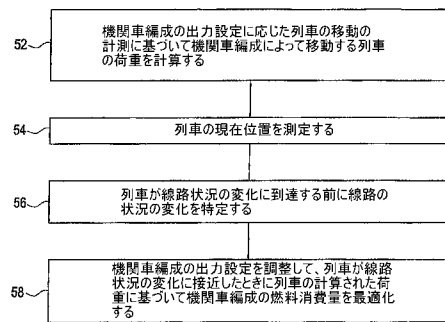
【図3】

FIG. 3

ノッチ	馬力	ポンド/時	ガロン/時	SFC (燃料消費率)
0	0	27.1	3.85	
1	200	81.5	11.75	0.4075
2	500	189.4	26.9	0.3788
3	1040	385.9	54.81	0.3711
4	1550	554.3	78.73	0.3576
5	2220	771.9	109.64	0.3477
6	2940	986.1	140.7	0.3354
7	3680	1196.1	169.9	0.3268
8	4500	1473.8	209.35	0.3275

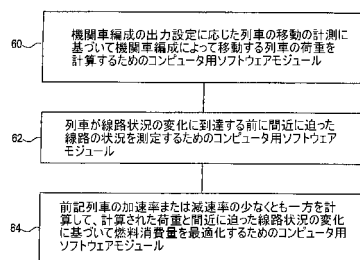
【図 4】

FIG. 4



【図 5】

FIG. 5



フロントページの続き

(72)発明者 シェイファー, グレン・アール

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

(72)発明者 バレスティ, ダニエル

アメリカ合衆国、１６４４２、ペンシルバニア州、ワッツバーグ、ヒル・ロード、１１３９０番

審査官 池田 貴俊

(56)参考文献 米国特許第０４０４２８１０(ＵＳ, Ａ)

米国特許第０５２３９４７２(ＵＳ, Ａ)

特開昭６０－０７０９０５(ＪＰ, Ａ)

特開昭５３－１４２７１３(ＪＰ, Ａ)

米国特許第０５９５０９６７(ＵＳ, Ａ)

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)

B61L 27/00

B61C 3/00

B61C 5/00

B61C 7/04