

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7501250号
(P7501250)

(45)発行日 令和6年6月18日(2024.6.18)

(24)登録日 令和6年6月10日(2024.6.10)

(51)国際特許分類

F I

B 6 0 W	20/00	(2016.01)	B 6 0 W	20/00	9 0 0
B 6 0 W	20/12	(2016.01)	B 6 0 W	20/12	Z H V
B 6 0 W	20/14	(2016.01)	B 6 0 W	20/14	
B 6 0 L	7/14	(2006.01)	B 6 0 L	7/14	
B 6 0 L	50/16	(2019.01)	B 6 0 L	50/16	

請求項の数 11 (全19頁)

(21)出願番号 特願2020-149077(P2020-149077)
 (22)出願日 令和2年9月4日(2020.9.4)
 (65)公開番号 特開2021-75266(P2021-75266A)
 (43)公開日 令和3年5月20日(2021.5.20)
 審査請求日 令和5年7月18日(2023.7.18)
 (31)優先権主張番号 特願2019-205032(P2019-205032)
 (32)優先日 令和1年11月12日(2019.11.12)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74)代理人 110001276
 弁理士法人小笠原特許事務所
 (72)発明者 戸倉 隆明
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自
 動車株式会社内
 (72)発明者 河野 克己
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自
 動車株式会社内
 (72)発明者 安田 武司
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自
 動車株式会社内
 審査官 三宅 龍平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 走行制御装置、方法およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

動力源として電動機および内燃エンジンを備える車両に搭載される走行制御装置であつて、

各時刻における車両の速度を予想した速度プロファイルを作成する作成部と、
 前記速度プロファイルを所定の近似モデルで近似し、近似結果に基づいて、前記電動機の回生制動によって回収可能なエネルギーである回生エネルギーの予想量を推定する推定部と、

前記回生エネルギーの予想量に基づいて、走行に用いる前記動力源を決定する決定部とを備え、

前記所定の近似モデルは、前記速度プロファイルが表す車両の速度の経時変化を、相異なるピーク位置を有するガウス関数の和で近似するモデルを用いる、走行制御装置。

【請求項2】

前記作成部は、ユーザの走行履歴およびユーザ以外の走行履歴のいずれかまたは両方に基づいて、前記速度プロファイルを作成する、請求項1に記載の走行制御装置。

【請求項3】

前記推定部は、前記ガウス関数のパラメータを、少なくとも、車両の速度、走行距離、走行時間のいずれか2つを用いて算出する、請求項1または2に記載の走行制御装置。

【請求項4】

前記推定部は、前記近似結果に基づいて、車両の運動エネルギーの変化に寄与する仕事

率および走行抵抗によって消散する仕事率の合計によって表されるパワーを導出し、前記パワーが負である1つ以上の期間を前記回生エネルギーの回収が可能である期間とし、前記期間の、前記パワーの大きさの時間積分値を、前記期間の前記回生エネルギーの予想量の推定値とする、請求項1～3のいずれかに記載の走行制御装置。

【請求項5】

前記推定部は、前記回生エネルギーの予想量を、さらに1つ以上の変動要因に基づいて推定する、請求項4に記載の走行制御装置。

【請求項6】

前記変動要因は、路面の種別、路面の勾配、車両の積載重量、天候の少なくとも1つである、請求項5に記載の走行制御装置。

10

【請求項7】

前記推定部は、前記変動要因に基づいて、前記パワーを補正する、請求項5または6に記載の走行制御装置。

【請求項8】

前記推定部は、前記変動要因に基づいて、前記時間積分値を補正する、請求項5～7のいずれかに記載の走行制御装置。

【請求項9】

前記決定部は、現在車両に蓄えられている前記電動機用のエネルギーと、次の前記期間における前記回生エネルギーの予想量との合計が閾値以上であることを含む条件が成立した場合、前記電動機を用いて走行することを決定する、請求項4～8のいずれかに記載の走行制御装置。

20

【請求項10】

動力源として電動機および内燃エンジンを備える車両に搭載される走行制御装置が実行する走行制御方法であって、

各時刻における車両の速度を予想した速度プロファイルを作成するステップと、

前記速度プロファイルを所定の近似モデルで近似し、近似結果に基づいて、前記電動機の回生制動によって回収可能なエネルギーである回生エネルギーの予想量を推定するステップと、

前記回生エネルギーの予想量に基づいて、走行に用いる前記動力源を決定するステップとを含み、

30

前記所定の近似モデルは、前記速度プロファイルが表す車両の速度の経時変化を、相異なるピーク位置を有するガウス関数の和で近似するモデルを用いる、走行制御方法。

【請求項11】

動力源として電動機および内燃エンジンを備える車両に搭載される走行制御装置のコンピュータに実行させる走行制御プログラムであって、

各時刻における車両の速度を予想した速度プロファイルを作成するステップと、

前記速度プロファイルを所定の近似モデルで近似し、近似結果に基づいて、前記電動機の回生制動によって回収可能なエネルギーである回生エネルギーの予想量を推定するステップと、

前記回生エネルギーの予想量に基づいて、走行に用いる前記動力源を決定するステップとを含み、

40

前記所定の近似モデルは、前記速度プロファイルが表す車両の速度の経時変化を、相異なるピーク位置を有するガウス関数の和で近似するモデルを用いる、走行制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両に搭載される走行制御装置等に関する。

【背景技術】

【0002】

電動機と内燃エンジンとを備えたハイブリッド車両においては、電動機と内燃エンジン

50

とを効率的に使い分けた走行制御により燃費の向上を図ることができる。

【0003】

特許文献1は、車両の位置と踏切やカーブ等の要停止地点あるいは要減速地点の地図情報とに基づいて、回生ブレーキ操作の開始が必要なブレーキ開始点を、ユーザに案内する車両用運転支援装置を開示している。この車両用運転支援装置においては、回生エネルギーの効率的な回収ができる減速度で回生ブレーキを作動させることをユーザに促して、回生エネルギーの回収量を多くすることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第4702086号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1の技術においては、回生エネルギーの回収が見込める地点を予想することができるが、回生エネルギーの回収量を定量的に予想できない。回生エネルギーの回収量を定量的に早期に予想できれば、好適な走行制御に利用できる可能性がある。

【0006】

本発明は、上記課題を鑑みてなされたものであり、回生エネルギーの回収量を定量的に予想して走行制御に用いる走行制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明の一局面は、動力源として電動機および内燃エンジンを備える車両に搭載される走行制御装置であって、各時刻における車両の速度を予想した速度プロファイルを作成する作成部と、速度プロファイルを所定の近似モデルで近似し、近似結果に基づいて、電動機の回生制動によって回収可能なエネルギーである回生エネルギーの予想量を推定する推定部と、回生エネルギーの予想量に基づいて、走行に用いる動力源を決定する決定部とを備える、走行制御装置である。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、車両の速度を予想した速度プロファイルを作成するので、これに基づいて回生エネルギーの回収量を定量的に予想でき、予想した回収量を走行制御に利用する走行制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一実施形態に係る走行制御装置とその周辺部の機能ブロックを示す図

【図2】本発明の一実施形態に係る走行制御処理のフローチャートを示す図

【図3】本発明の一実施形態に係る速度プロファイルの例を示す図

【図4】ガウス関数のグラフを示す図

【図5】本発明の一実施形態に係る速度プロファイルの例の一部とこれをガウス関数で近似したグラフを示す図

【図6】本発明の一実施形態に係る速度プロファイルの例とこれをガウス関数の近似したグラフを示す図

【図7】本発明の一実施形態に係る必要パワーのうち運動エネルギーの変化に連動する量および走行抵抗によって消散する量の例のグラフを示す図

【図8】本発明の一実施形態に係る必要パワーの例のグラフを示す図

【図9】本発明の一実施形態に係る必要パワーの積分値の例のグラフを示す図

【発明を実施するための形態】

【0010】

(実施形態)

10

20

30

40

50

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。本実施形態に係る走行制御装置は、車両の速度を予想した速度プロファイルを用いて、回生エネルギーの回収量を早期に定量的に予想して、燃費向上に向けた好適な走行制御を行う。

【0011】

<構成>

図1に、本実施形態に係る走行制御装置10およびその周辺部の機能ブロックを示す。走行制御装置10は、車両に搭載される。車両には、他に、内燃エンジンECU20、内燃エンジン21、変速機22、電動機ECU30、電動機31、電池ECU40、電池41、マネージャECU50、運転支援ECU60、自動運転ECU65、記憶部70、通信部80、走行制御ECU90、EPSECU100、EPS装置101、ブレーキECU110、ブレーキ装置111が含まれる。

10

【0012】

車両には他にも、アクセルペダルセンサ、ブレーキペダルセンサ、カメラや障害物センサ、車速センサ、ヨーレートセンサ、GPSセンサ等の各種センサ、ナビゲーションシステム等、多様な機器が含まれうるが、図示を省略する。

【0013】

内燃エンジン21および電動機31は、車両を駆動する動力源となるアクチュエータである。電動機31は、また、回生制動によって、発電を行う発電機および制動力を発生させる制動装置でもある。

【0014】

内燃エンジンECU20は、内燃エンジン21と、入力と出力との間で回転数を変化させる変速機22とを制御して、駆動トルクを発生させたり、エンジンブレーキによる制動トルクを発生させたりする制御を行うECU(Electric Control Unit)である。

20

【0015】

電動機ECU30は、電動機31を制御して駆動トルクを発生させたり、回生ブレーキによる制動トルクを発生させたりする制御を行うECUである。

【0016】

電池41は、放電によって電動機31やその他の各機器に電力を供給したり、電動機31の回生制動によって得られた電力(回収したエネルギー)を充電したりする。電池ECU40は、電池41の電力の充放電を制御するECUである。

30

【0017】

走行制御ECU90は、後述する走行モードに応じて内燃エンジンECU20、電動機ECU30を制御するECUである。

【0018】

EPS(電動パワーステアリング)装置101は、車輪の舵角を変化させ車両の進行方向を変化させる操舵を行うアクチュエータである。EPSECU100は、EPS装置101を制御するECUである。

【0019】

ブレーキ装置111(フットブレーキ装置)は、車輪とともに回転する部材に対する摩擦力によって制動力を発生させるアクチュエータである。ブレーキECU110はブレーキ装置111を制御するECUである。

40

【0020】

運転支援ECU60は、衝突回避、前車追従、車線維持等の運転支援の機能を実行するECUである。運転支援ECU60は、各種センサ等から取得する情報に基づいて、加減速や舵角等、車両の運動を制御する指示を出力する。運転支援ECU60の機能や数は限定されない。

【0021】

自動運転ECU65は、各種センサ等から取得する情報に基づいて、自動運転の機能を実行するために、加減速や舵角等、車両の運動を制御する指示を出力する。

【0022】

50

マネージャ ECU 50 は、運転支援 ECU 60 や、自動運転 ECU 65 等からの指示に基づいて、走行制御 ECU 90 や EPSECU 100、ブレーキ ECU 110 等（これらを以降まとめてアクチュエータ ECU と呼ぶ）に指示を行う。例えば、加速の指示は走行制御 ECU 90 に対して行い、操舵の指示は EPSECU 100 に対して行い、減速の指示は走行制御 ECU 90 およびブレーキ ECU 110 に対して行う。

【0023】

マネージャ ECU 50 は、複数の運転支援 ECU 60 等から指示を受け取った場合、いずれの指示に従って車両を制御するかを決定する、調停と呼ばれる処理を所定の規則に基づいて行い、調停結果に基づいてアクチュエータ ECU に指示を行う。ユーザのステアリングホイール、ブレーキペダル、アクセルペダル等への操作内容は、マネージャ ECU 50 によって取得されマネージャ ECU 50 による調停処理の対象とされてもよいし、アクチュエータ ECU によって取得され、アクチュエータ ECU が、ユーザの手動運転操作とマネージャ ECU 50 からの指示とを個別に調停してもよい。

10

【0024】

記憶部 70 は、ユーザの 1 つ以上の走行履歴を記憶する。走行履歴は、過去に車両を運転したときの、運転期間内の各時点における車両の速度を含む情報である。記憶部 70 は、例えば車両がパワーオン状態である間に、車両が備える車速センサ等から取得した車両の速度を定期的に記憶することで走行履歴を生成する。記憶部 70 は、例えばカーナビゲーションシステムの一部として設けられてもよい。

【0025】

通信部 80 は、車外のサーバーや他の車両等と無線通信可能であり、他の車両の走行結果に基づいて得られたユーザ以外の走行履歴を受信することができる。

20

【0026】

走行制御装置 10 は、作成部 11、推定部 12、決定部 13 を含む ECU である。作成部 11 は、走行履歴に基づいて、速度プロファイルを作成する。推定部 12 は、速度プロファイルに基づいて、回生制動によって回収可能なエネルギーである回生エネルギーの予想量を推定する。決定部 13 は、回生エネルギーの予想量に基づいて、電動機 31 および内燃エンジン 21 のうち走行に用いるものを決定する。

【0027】

以上の各 ECU は、典型的にはメモリとプロセッサとを備えたコンピューターである。各 ECU のプロセッサは、例えば、非一時的なメモリに記憶されたプログラムを読み出して実行することで機能を実現する。これらの ECU は通信線によって互いに接続されており、互いに適宜通信することによって協調的に動作することができる。

30

【0028】

なお、以上説明した、車両搭載の機器の構成および走行制御装置 10 の構成は一例であって、適宜、追加、置換、変更、省略が可能である。また、各機器の機能は適宜 1 つの機器に統合したり複数の機器に分散したりして実装することが可能である。

【0029】

例えば、走行制御装置 10 は、独立した ECU として設けてもよいが、マネージャ ECU 50 あるいは走行制御 ECU 90 等の一部として設けてもよいし、走行制御装置 10 の機能を、マネージャ ECU 50 あるいは走行制御 ECU 90 等に分散して設けてもよい。

40

【0030】

また、例えば、走行制御装置 10、運転支援 ECU 60、自動運転 ECU 65、マネージャ ECU 50、走行制御 ECU 90 等を 1 つの ECU として設けてもよい。また、例えば、自動運転 ECU 65 は、設けなくてもよい。

【0031】

<処理>

以下に、本実施形態に係る処理の詳細を説明する。図 2 は、走行制御装置 10 が実行する処理のフローチャートである。本処理は、例えば、ユーザが車両をパワーオン状態にしてトリップを開始するときに開始され、パワーオフ状態にしてトリップを終了するまでの

50

間、実行される。

【 0 0 3 2 】

(ステップ S 1 0 1) : 作成部 1 1 は、速度プロファイルを作成する。速度プロファイルは、今回のトリップにおいて予想される各時点での車両の速度を表す情報である。

【 0 0 3 3 】

図 3 に速度プロファイルの例を示す。図 3 には、横軸にトリップ開始からの経過時間を取り、縦軸に車両の速度を取って、一例として、日本国において定められた燃料消費率試験 (J C 0 8 モード) で用いられる速度変化パターンに基づく速度プロファイルを示す。速度プロファイルのグラフには一般に複数のピークが含まれ、1 トリップ中に加速と減速とが繰り返されることを表している。

10

【 0 0 3 4 】

作成部 1 1 は、例えば、記憶部 7 0 に記憶されている走行履歴に基づいて、速度プロファイルを作成することができる。簡単な例では、ユーザの走行パターンが、通勤のために平日の同じ時間帯に同じ経路を走行するパターンをみの場合、走行履歴に含まれる速度の経時変化のパターンは略同じとなると考えられる。このような場合、作成部 1 1 は、過去の走行履歴のいずれかに基づいて速度プロファイルを作成すればよい。

【 0 0 3 5 】

また、記憶部 7 0 が、走行履歴に走行した曜日や時間帯等の属性を対応づけて分類して記憶しておき、作成部 1 1 が、今回のトリップの曜日や時間帯等の属性との一致数の多い走行履歴に基づいて速度プロファイルを作成してもよい。これにより、走行パターンが1 つでないユーザの場合でも、属性ごとの走行パターンの共通性があれば、一定の精度で走行パターンを特定して精度よく速度プロファイルを作成することができる。

20

【 0 0 3 6 】

また、記憶部 7 0 が、車両が備えるナビゲーションシステム等から走行経路を取得して走行履歴に含ませて記憶しておき、作成部 1 1 が、今回のトリップの走行経路との類似度が高い走行履歴に基づいて速度プロファイルを作成してもよい。この方法は、ユーザが、今回のトリップにおいてナビゲーションシステム等に走行経路設定を行うこと等により、作成部 1 1 が設定された走行経路を取得できた場合に実行可能であるが、速度プロファイルの精度を向上できる。

【 0 0 3 7 】

30

また、今回のトリップに走行経路が設定されている場合であれば、作成部 1 1 は、通信部 8 0 を介して、サーバーに走行経路に沿った制限速度や渋滞予想等の道路交通情報を問い合わせ、これに基づいて速度プロファイルを作成してもよいし、走行経路に沿った道路交通情報に基づいて速度プロファイルを作成することができるサーバーに、通信部 8 0 を介して速度プロファイルの作成を要求して、作成された速度プロファイルを取得してもよい。

【 0 0 3 8 】

作成部 1 1 は、通信部 8 0 を介してユーザ以外の走行履歴を取得し、これに基づいて、速度プロファイルを作成してもよい。サーバーは、例えば、曜日、時間帯、走行経路等と対応付けられた走行履歴を多数の車両から収集して分類して記憶しており、作成部 1 1 は、サーバーに問い合わせ、今回のトリップと分類の一致度の高い走行履歴を取得しこれに基づいて、速度プロファイルとすればよい。

40

【 0 0 3 9 】

また、サーバーは、複数の人をグループ分けし、グループごとにその人の走行履歴を記憶しており、作成部 1 1 は、ユーザと同じグループから選択した走行履歴に基づいて速度プロファイルを作成してもよい。例えば、自宅および職場が、それぞれ同一の地域にある人を同じグループとすれば、通勤のために走行する場合の速度プロファイルの精度を向上できる。

【 0 0 4 0 】

あるいは、作成部 1 1 は、通信部 8 0 を介して、サーバーの代わりに 1 つ以上の他の車

50

両からその車両が記憶している走行履歴を取得し、これに基づいて、上述と同様に速度プロファイルを作成してもよい。

【0041】

なお、上述の各方法において、速度プロファイルの候補となる走行履歴が複数ある場合は、例えば、作成部11は、いずれか任意の1つを速度プロファイルとしてもよく、これらを平均化したものを速度プロファイルとしてもよい。速度プロファイルの作成方法は限定されず、上述の各方法を適宜組み合わせてもよい。また、ユーザの走行履歴およびユーザ以外の走行履歴のいずれかのみを用いて速度プロファイルを作成してもよく、両方を用いて速度プロファイルを作成してもよい。

【0042】

(ステップS102)：推定部12は、速度プロファイルを所定の近似モデルで近似する。本実施形態では、近似にガウス関数の和を用いる。図4に(式1)で表される、時間 t を変数とするガウス関数のグラフ($t=0$)を示す。ここで μ はピークの位置(時刻)、 v_{max} はピークの値、 σ は分布の広がりを規定するパラメータである。

【0043】

【数1】

$$v(t) = v_{max} \cdot \exp\left(\frac{-(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\text{式1})$$

【0044】

(式1)において、パラメータ μ 、 v_{max} 、 σ を好適に定めて、図3に示した速度プロファイルの $0 \leq t \leq 100$ (秒)の部分における速度変化を近似したグラフを図5に示す。図5には速度プロファイルを点線で示し、近似グラフを実線で示す。

【0045】

速度プロファイルからパラメータ μ 、 v_{max} 、 σ を算出する方法は限定されないが、最小二乗法等を用いると計算量が多くなる。ここで、計算量を低減できる好適な算出方法の一例を説明する。図5に示すように、速度プロファイルが表す速度が0より大きくなる発進時刻を T_0 とし、その後速度が0に戻る停止時刻を T_1 としたとき、この方法では時刻 T_0 から時刻 T_1 までの区間の速度プロファイルを、この区間が $\mu \pm 3\sigma$ の範囲となるガウス関数で近似する。すなわち、この方法では、区間の期間の長さを T' とすると、パラメータ σ は(式2)によって算出することができる。

【0046】

【数2】

$$\sigma = \frac{T_1 - T_0}{6} = \frac{T'}{6} \quad (\text{式2})$$

【0047】

また、この区間における平均速度 v_{av} については、この近似のもと、(式3)が成り立つ。

【0048】

【数3】

10

20

30

40

50

$$v_{av} = \frac{1}{T'} \int_{T_0}^{T_1} v(t) dt \approx \frac{6}{\sqrt{2\pi} \cdot 0.9973} \cdot v_{max} \quad (\text{式 3})$$

【 0 0 4 9 】

したがって、パラメータ v_{max} は、(式 4) によって算出することができる。なお、(式 4) において、 D は、この区間における走行距離である。

【 0 0 5 0 】

【数 4】

$$v_{max} = \frac{\sqrt{2\pi} \cdot 0.9973}{6} \cdot v_{av} = \frac{\sqrt{2\pi} \cdot 0.9973}{6} \cdot \frac{D}{T'} \quad (\text{式 4})$$

【 0 0 5 1 】

また、パラメータ μ は、(式 5) によって算出することができる。

【 0 0 5 2 】

【数 5】

$$\mu = T_0 + \frac{T'}{2} = T_0 + \frac{D}{2 \cdot v_{av}} \quad (\text{式 5})$$

【 0 0 5 3 】

このように、速度プロファイルの速度が正である 1 区間の速度をガウス関数で近似する場合、パラメータ μ 、 v_{max} は、その区間における、走行開始時刻と、車両の平均速度 v_{av} 、走行距離 D または走行所要時間 T' によって算出することができる。パラメータの算出にあたり、実績値に基づく平均速度 v_{av} および走行所要時間 T' を用いてもよいし、実績値に基づく走行距離 D および走行所要時間 T' を用いてもよいし、実績値に基づく走行距離 D および平均速度 v_{av} を用いてもよい。本算出方法によれば、ガウス関数のパラメータは、簡単な演算により、少ない計算量で算出することができ、処理負荷を抑制できる。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、速度プロファイルの全体を、相異なるピーク位置 μ_i を有し、上述のような各区間にそれぞれ対応するガウス関数の和で近似する。各ガウス関数は、相異なるピーク値 v_{max_i} 、分布の広がり σ_i を持ちうる。用いるガウス関数の数を N とすると、 μ_i 、 v_{max_i} 、 σ_i ($i = 1, 2, \dots, N$) をパラメータとして、近似式は(式 6) のように表すことができる。

【 0 0 5 5 】

【数 6】

$$v(t) = \sum_{i=1}^N v_{max_i} \cdot \exp\left(\frac{-(t - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (\text{式 6})$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

ここで、パラメータ μ_i 、 $v_{max i}$ 、 τ_i ($i = 1, 2, \dots, N$) は、上述の算出方法を用いて算出することができる。あるいは、これらのパラメータは、他の公知のフィッティング手法を利用して導出することもできる。例えば、速度プロファイルの速度値 $V(t)$ と近似値 $v(t)$ との差の絶対値を、速度プロファイルの全期間 ($0 \leq t \leq T$) にわたって積分した積分値 S が最小となるようにパラメータを定めることもできる。積分値 S は、(式 7) で表される。

【 0 0 5 7 】

【数 7】

$$S = \int_0^T |V(t) - v(t)| dt \quad (\text{式 7})$$

10

【 0 0 5 8 】

この方法によって、(式 6) のパラメータ μ_i 、 $v_{max i}$ 、 τ_i ($i = 1, 2, \dots, N$) を導出し、図 3 に示した速度プロファイルの全期間にわたる速度変化を、近似したグラフを図 6 に示す。図 6 には速度プロファイルを点線で示し、近似グラフを実線で示す。この例では $N = 10$ とした。

20

【 0 0 5 9 】

図 6 に示す通り、1 トリップにおける速度変化を特徴づける良好な近似が得られることが分かる。 N の値は限定されず、速度プロファイルのトリップ期間の長さや、速度変化におけるピークの数に応じて定めればよいが、例えば、1200 秒程度のトリップの場合、 $N = 10$ 程度で十分よい近似が得られ、 $N = 20$ でさらによい近似が得られる。なお、トリップ期間が比較的短い場合や、ピークの数比較的少ない場合は $N = 1$ としてもよい。

【 0 0 6 0 】

(ステップ S103) : 推定部 12 は、近似モデルを用いて、電動機 31 の回生制動によって得られるエネルギーである回生エネルギーの予想量を推定する。推定方法を以下に説明する。

30

【 0 0 6 1 】

まず、推定部 12 は、速度 $v(t)$ を維持するために車両に与えるべき仕事率である必要パワー $P(t)$ を導出する。 $P(t)$ は(式 8) のように表される。

【 0 0 6 2 】

【数 8】

$$P(t) = m \cdot \frac{dv(t)}{dt} \cdot v(t) + \{a \cdot (v(t))^2 + b \cdot v(t) + c\} \cdot v(t) \quad (\text{式 8})$$

40

【 0 0 6 3 】

ここで、 m は車両の重量である。 $m \cdot dv(t)/dt$ は、車両の運動量の変化率を表し、 $a \cdot (v(t))^2 + b \cdot v(t) + c$ は、走行抵抗を表す。必要パワー $P(t)$ は、これらに車両の速度 $v(t)$ を乗じたものの合計である。すなわち、必要パワー $P(t)$ は、車両の運動エネルギーの変化に寄与する仕事率と、走行抵抗によって消散する仕事率との合計であり、時間 t において速度 $v(t)$ を実現するために必要とされる仕事率である。走行抵抗は、(式 8) に示すように速度の 2 乗に比例する成分と、1 乗に比例する成分と、定数成分との和で表すことで好適に近似することができる。

【 0 0 6 4 】

図 7 に、横軸に時間を取り、縦軸にパワー(仕事率)を取り、図 3 に示した速度プロフ

50

ファイルの 0 t 1 0 0 (秒)の部分における必要パワー P (t)のうち、運動エネルギーの変化に寄与する量(式 8 の右辺第 1 項)の例を実線で示し、走行抵抗によって消散する量(式 8 の右辺第 2 項)の例を点線で示す。

【 0 0 6 5 】

また、図 8 に、横軸に時間を取り、縦軸にパワー(仕事率)を取り、必要パワー P (t)の総量のグラフを示す。

【 0 0 6 6 】

次に、推定部 1 2 は、必要パワー P (t)に基づいて、回生エネルギーの回収が可能と予想される期間と予想される回収量の推定を行う。図 8 に示すグラフにおいて、必要パワー P (t)の値が負となる期間(t 1 < t < t 2)が、回生エネルギーの回収が可能と予想される期間である。また、(式 9)に示す、この期間における必要パワーの大きさの積分値、すなわち、図 8 にハッチングによって示す領域の面積が、回収される回生エネルギーの予想量の推定値 E である。

【 0 0 6 7 】

【数 9】

$$E = \int_{t_1}^{t_2} |P(t)| dt \quad (\text{式 9})$$

10

20

【 0 0 6 8 】

図 9 に、横軸に時間を取り、縦軸にエネルギーを取り、図 8 に示した必要パワーの時間 0 から t までの積分値 I (t)のグラフを示す。I (t)は(式 1 0)によって表される。

【 0 0 6 9 】

【数 1 0】

$$I(t) = \int_0^t P(T) dT \quad (\text{式 1 0})$$

30

【 0 0 7 0 】

図 9 において、ピークにおけるエネルギー値から、ピーク以降にグラフが平坦となったときのエネルギー値との差が回収される回生エネルギーの予想量の推定値 E に等しい。

【 0 0 7 1 】

速度プロファイルの全期間にわたって、このように必要パワーが負となる 1 つ以上の期間を抽出し、期間ごとに必要パワーの大きさの積分値を求めることで、トリップの開始時に、回生エネルギーが回収できる 1 つ以上の期間と期間ごとに予想される回収量とを推定することができる。

40

【 0 0 7 2 】

車両の重量 m、係数 a、b、c は、いずれも基本的には車両の特性によって定められる定数であり、適切な値を設定すれば、良好な推定精度が得られる、しかし、必要パワーに影響を与えうる 1 つ以上の変動要因を取得できる場合は、取得した変動要因に基づいて、重量 m、係数 a、b、c の少なくとも 1 つに、以下のような補正をすれば、より推定精度を向上できる。

【 0 0 7 3 】

例えば、推定部 1 2 は、車両が備える重量センサ等やユーザからの入力によって乗員や荷物等の積載重量を取得できる場合は、車両の重量 m に車両自体の重量に積載重量を加えて重量 m を補正してもよい。

50

【 0 0 7 4 】

また、推定部 1 2 は、路面の種別、路面の勾配、天候等の走行抵抗の変動要因が取得できる場合は、係数 a、b、c を、これらによって補正してもよい。

【 0 0 7 5 】

例えば、今回のトリップに走行経路が設定されている場合、路面の種別、路面の勾配を特定して、これらの情報を用いて係数を補正することができる。路面の種別、路面の勾配の情報は、予め記憶部 7 0 に地図情報に対応付けて記憶させておいてもよいし、通信部 8 0 が外部のサーバー等から取得してもよい。また、天候を用いて係数を補正することができる。天候は、車両が備える各種センサによって取得してもよいし、通信部 8 0 が外部のサーバー等から取得してもよい。

10

【 0 0 7 6 】

例えば、路面が砂利道のように比較的すべりやすい場合には比較的すべりにくい舗装道路である場合に比べて走行抵抗が大きくなるよう補正する。

【 0 0 7 7 】

また、路面の勾配が登坂路であることを示す場合は、平坦路である場合に比べて走行抵抗が大きくなるように補正し、降坂路であることを示す場合は、平坦路である場合に比べて走行抵抗が小さくなるように補正する。なお、(式 8)において、車両の位置エネルギーの増減による必要パワー $P(t)$ への影響は、この、路面の勾配に基づく走行抵抗の補正によって反映される。

【 0 0 7 8 】

また、天候が雨や雪の場合は、晴れの場合より走行抵抗が大きくなるよう補正する。また、今回のトリップに走行経路が設定されている場合、車両の進行方向が推定できるので、天候として風量と風向とに基づいて、走行抵抗を補正してもよい。例えば、風量が 0 でない場合は、風量と風向とに応じて、風量 0 の場合に比べて、向かい風であれば走行抵抗が大きくなるよう補正し、追い風であれば小さくなるよう補正する。

20

【 0 0 7 9 】

このような走行抵抗の補正を行う場合、具体的には、係数 a、b、c の値を変更することになる。この場合、係数 a、b、c は、車両の位置に応じて変化することになるが、(式 6)の近似式を介して、a、b、c をそれぞれ、時間 t の関数に帰着させることができる。なお、変動要因が走行抵抗に与える影響の速度依存特性を考慮すれば、係数 a、b、c のうち、いずれをどの程度補正するかを適宜決定することができる。

30

【 0 0 8 0 】

また、推定部 1 2 は、以上のような補正の代わりに、あるいは、以上のような補正に加えて、上述の変動要因に応じて、推定値 E の値に補正を行ってもよい。すなわち、変動要因によって積載重量が大きくなるほど、あるいは、走行抵抗が大きくなるほど補正後の推定値 E の値が小さくなるよう、期間ごとに補正係数 (例えば 0 1) を定めて、(式 1 1) のように補正を行ってもよい。

【 0 0 8 1 】

【数 1 1】

$$E = \alpha \cdot \int_{t1}^{t2} |P(t)| dt \quad (\text{式 1 1})$$

40

【 0 0 8 2 】

この補正係数 には、回生制動の効率が高いほど補正後の推定値 E が大きくなるよう回生制動の効率を反映してもよい。回生制動の効率は、例えば、速度 $v(t)$ に応じて想定される電動機 3 1 の回転数および回転数に対応する効率マップに基づいて導出することができる。

50

【 0 0 8 3 】

なお、以上の処理のための具体的な数値計算方法は限定されず、公知の計算アルゴリズムを適宜用いることができる。本実施形態ではガウス関数を用いた近似により、速度プロファイルの特徴を比較的少ないパラメータで表現できるので計算量を抑制できる。また、複数の数値に対するガウス関数やその導関数の関数値や、複数の数値範囲におけるガウス関数の定積分値を、数値表として予め用意しておき、数値表を適宜参照して計算に利用すれば、計算量をさらに低減することができる。

【 0 0 8 4 】

(ステップ S 1 0 4) : 決定部 1 3 は、電動機 3 1 を用いた走行を行う条件が成立したか否かを判定する。本実施形態では、一例として、決定部 1 3 は、電動機 3 1 と内燃エンジン 2 1 とのうち、電動機 3 1 のみを用いて走行する電動機モードと内燃エンジン 2 1 のみを用いて走行する内燃エンジンモードとの間で走行モードを切り替える制御を行う。

10

【 0 0 8 5 】

ここでは、決定部 1 3 は、車両が備える各種センサや、運転支援 E C U 6 0、マネージャ E C U 5 0 等から各種情報を適宜取得して、一例として以下のように判定を行う。

【 0 0 8 6 】

(1) 車両を減速する意図が成立したときは以下の (1 - 1) ~ (1 - 3) の条件が成立しているか判定を行う。なお、車両が減速する意図が成立するとは、例えば、車両の走行中に、ユーザによるブレーキペダル操作が行われたこと、および、ユーザによるアクセルペダル操作が解除されたことの少なくとも一方が成立すること、あるいは、運転支援 E C U 6 0 の運転支援機能や自動運転 E C U 6 5 の自動運転機能が動作中に、これらの E C U から減速や停止を表す指示があったことである。

20

【 0 0 8 7 】

(1 - 1) 車両の速度が第 1 速度閾値以上である。

現在の車両の実際の速度が比較的低速であれば、回生制動時に電動機 3 1 の十分な回転数が得られず効率的な回生エネルギーの回収が期待できない。そこで、車両の速度が一定程度の回生効率が期待できる速度として定められた第 1 速度閾値以上であるか否かを判定する。

【 0 0 8 8 】

(1 - 2) 必要パワーが第 1 パワー閾値以下である。

現在の必要パワーが比較的大きい場合、内燃エンジン 2 1 では必要パワーを出力できても、一般には電動機 3 1 は内燃エンジン 2 1 より最大出力が小さいため、電動機 3 1 では必要パワーを出力できない場合がある。そこで、必要パワーが、電動機 3 1 で出力できるパワーとして定められた第 1 パワー閾値以下であるか否かを判定する。

30

【 0 0 8 9 】

(1 - 3) 電池 4 1 の蓄電率が第 1 蓄電率閾値以下である。

現在の電池 4 1 の蓄電率が高い場合、さらに充電可能な電力量が少なく、回生エネルギーをすべて貯蔵することができないおそれがある。そこで、電池 4 1 の蓄電率が、十分な電力量を充電可能な蓄電率として定められた第 1 蓄電率閾値以下であるか否かを判定する。なお判定には、蓄電率の代わりに蓄電量を用いてもよい。

40

【 0 0 9 0 】

(1 - 1) ~ (1 - 3) の判定結果がすべて肯定である場合、ステップ S 1 0 5 に進み、それ以外の場合はステップ S 1 0 6 に進む。

【 0 0 9 1 】

(2) 上述の (1) 以外するとき、すなわち、車両を減速する意図が成立したとき以外は、以下の (2 - 1) ~ (2 - 4) の条件が成立しているか判定を行う。

【 0 0 9 2 】

(2 - 1) 車両の速度が第 2 速度閾値未満である。

現在の車両の実際の速度が比較的高速であれば、一般に内燃エンジン 2 1 のほうが電動機 3 1 より効率がよい。そこで、車両の速度が電動機 3 1 のほうが効率がよいと期待でき

50

る速度として定められた第2速度閾値未満であるか否かを判定する。なお、第2速度閾値は第1速度閾値より大きい速度である。

【0093】

(2-2) 必要パワーが第1パワー閾値以下である。

上述の(1-2)と同様の理由で、必要パワーが、電動機31で出力できるパワーとして定められた第1パワー閾値以下であるか否かを判定する。

【0094】

(2-3) 現在車両に蓄えられている電動機用のエネルギーと、次に回生エネルギーが回収できる期間における回収エネルギーの予想量との合計が、第1エネルギー閾値以上である。

現在車両が電池41において蓄えており電動機31に供給することができる蓄電量と、次に回生エネルギーが回収できる期間において回収できる電力量の予想量との合計量が比較的少ない場合は、電動機31を用いて走行すると電池41の蓄電量が低下し、車両の各機能に支障をきたすおそれがある。そこで、合計量が、十分な量として定められた第1エネルギー閾値以上であるか否かを判定する。

【0095】

(2-4) 現在、内燃エンジン21を用いて走行中であり、内燃エンジン21の動作を開始してから第1時間閾値以上経過した。

内燃エンジン21の動作が開始した直後に動作を止めると、ユーザに、内燃エンジン21の不具合や車両挙動の不安定さの感覚を与え、違和感や不安感の原因となるおそれがある。そこで、内燃エンジン21の動作を開始してから、内燃エンジン21の動作を止めても違和感等を生じない十分な経過時間として定められた第1時間閾値以上経過したか否かを判定する。

【0096】

(2-1) ~ (2-4) の判定結果がすべて肯定である場合、ステップS105に進み、それ以外の場合はステップS106に進む。

【0097】

(ステップS105) : 決定部13は、走行モードを電動機モードに決定する。本実施形態では、決定部13は、走行モードを電動機モードとすることを走行制御ECU90に通知する。走行制御ECU90は、電動機ECU30に電動機31による走行を制御させる。

【0098】

電動機モードでは、回生制動が行われ車両の運動エネルギーを電力として回収する。ユーザがブレーキペダルを大きく踏み込んだり、運転支援ECU60が衝突回避等のため優先度の高い急減速の指示を行ったりして、一定以上の減速度が要求されている場合は、十分な制動力を発生させるためマネージャECU50、ブレーキECU110により、ブレーキ装置111による制動力を発生させる制御が行われる。

【0099】

(ステップS106) : 決定部13は、走行モードを内燃エンジンモードに決定する。本実施形態では、決定部13は、走行モードを内燃エンジンモードとすることを走行制御ECU90に通知する。走行制御ECU90は、内燃エンジンECU20に内燃エンジン21による走行を制御させる。

【0100】

(ステップS107) : 作成部11は、回生エネルギーの予想量を更新する条件が成立したか否かを判定する。更新する条件は、例えば、現在までの実際の走行における速度の経時変化と、ステップS101で作成した速度プロファイルとの一致度が、予め適宜定められた許容値より低いことである。一致度は、適宜公知の手法を用いて導出することができる。例えば、速度プロファイルの速度値と実際の速度値との差の絶対値の過去一定期間の積分値に基づいて一致度を導出することができる。一致度が許容値より低い場合、回生エネルギーが回収できる期間や予想量等の精度も低いと考えられる。更新する条件が成立

10

20

30

40

50

した場合、ステップ S 1 0 8 に進み、そうでない場合は、ステップ S 1 0 4 に進む。

【 0 1 0 1 】

(ステップ S 1 0 8) : 推定部 1 2 は、回生エネルギーが回収できる期間や予想量の推定を再度行うことでこれらを更新する。更新方法は特に限定されないが、例えば推定部 1 2 は、現在までの実際の走行における速度の経時変化との一致度が高くなるよう、速度プロファイルの時間スケールを圧縮または伸張する変形を行い、変形後の速度プロファイルに基づいてステップ S 1 0 2、S 1 0 3 と同様の処理を行うことで、更新を行うことができる。

【 0 1 0 2 】

あるいは、作成部 1 1 が、ステップ S 1 0 1 と同様の処理を行い、現在の速度プロファイルを作成するのに用いた走行履歴以外の走行履歴を選択し、これに基づいて、あらたに速度プロファイルを作成し、推定部 1 2 は、新たに作成された速度プロファイルに基づいてステップ S 1 0 2、S 1 0 3 と同様の処理を行うことで、更新を行ってもよい。例えば車両が停止したときに、その時点、その場所から新たなトリップが開始されるとみなしてステップ S 1 0 1 と同様にして走行履歴を選択すればよい。

【 0 1 0 3 】

また、このような更新において、上述の変動要因の値が変化している可能性があるので、最新の値を用いて補正を行ってもよい。このような更新を行うことで、回生エネルギーが回収できる期間や予想量の推定精度を向上することができる。本ステップの処理の後、

【 0 1 0 4 】

以上の処理においては、走行モードとして電動機 3 1 のみを用いて走行する電動機モードと内燃エンジン 2 1 のみを用いて走行する内燃エンジンモードの 2 つを設定した。上述の条件 (2 - 3) のように、回生エネルギーの回収量が多いと予想できる場合は、少ないと予想される場合に比べて、電動機 3 1 を用いて走行する機会を増やして、燃費を向上することができる。このことに着目すれば、電動機モードと内燃エンジンモードと電動機 3 1 および内燃エンジン 2 1 をともに用いて走行するハイブリッドモードとの 3 つの走行モードのうち任意の 2 つの走行モード間での切り替え制御や、3 つの走行モード間での切り替え制御における燃費向上にも、回生エネルギーの予想回収量を活用することができる。

【 0 1 0 5 】

例えば、回生エネルギーの回収量が多いと予想できる場合は、少ないと予想される場合に比べて、内燃エンジンモードからハイブリッドモードに遷移する機会を増やし、あるいは、ハイブリッドモードから電動機モードに遷移する機会を増やすようにすればよい。

【 0 1 0 6 】

< 効果 >

本実施形態に係る走行制御装置 1 0 は、車両の速度を予想した速度プロファイルを用いて、回生エネルギーの回収量を早期に定量的に予想できる。この予想結果を活用して、好適な走行制御が可能となる。すなわち、回生エネルギーの回収量が多いと予想できる場合は、少ないと予想される場合に比べて、電動機 3 1 を用いて走行する機会を増やして、燃費を向上することができる。

【 0 1 0 7 】

走行制御装置 1 0 は、速度プロファイルをガウス関数で近似することにより、回生エネルギーの予想回収量の計算のためのパラメータ数を抑制し、また、予め用意したガウス関数に関する数値表を参照することで、計算量を抑制することができる。

【 0 1 0 8 】

走行制御装置 1 0 は、速度プロファイルを、ユーザやユーザ以外の走行履歴に基づいて作成できるので、ユーザが走行経路を設定していなくても、回生エネルギーの予想回収量を推定することができる。また、ユーザが走行経路を設定している場合はこれを用いて速度プロファイルを作成することができ、推定精度を向上することができる。

【 0 1 0 9 】

10

20

30

40

50

走行制御装置 10 は、回生エネルギーの回収量に影響を与えると考えられる変動要因に基づいて、予想量を補正するので、変動要因を反映して推定精度を向上することができる。

【0110】

走行制御装置 10 は、速度プロファイルと実際の車両の速度の経時変化との一致度が低い場合は、予想回収量の推定を再度行うので、推定精度を向上することができる。

【0111】

走行制御装置 10 は、走行モードを決定する際、内燃エンジン 21 および電動機 31 のいずれが好適であるかを、回生エネルギーの予想回収量だけでなく、電池 41 の蓄電率、車両の速度、必要パワー等に基づいて、回生エネルギーの貯蔵可能性、動作効率、必要パワーの実現可能性を考慮して判定するので、車両の制御の確実性、安定性を高めることができる。

10

【0112】

以上、本発明の一実施形態を説明したが、本発明は適宜変形して実施できる。本発明は、走行制御装置だけでなく、プロセッサとメモリとを備えた走行制御装置が実行する走行制御方法、走行制御プログラム、走行制御プログラムを記憶したコンピューター読み取り可能な非一時的な記憶媒体、走行制御装置を備えた車両等として捉えることが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0113】

本発明は、車両等に搭載される走行制御装置に有用である。

【符号の説明】

20

【0114】

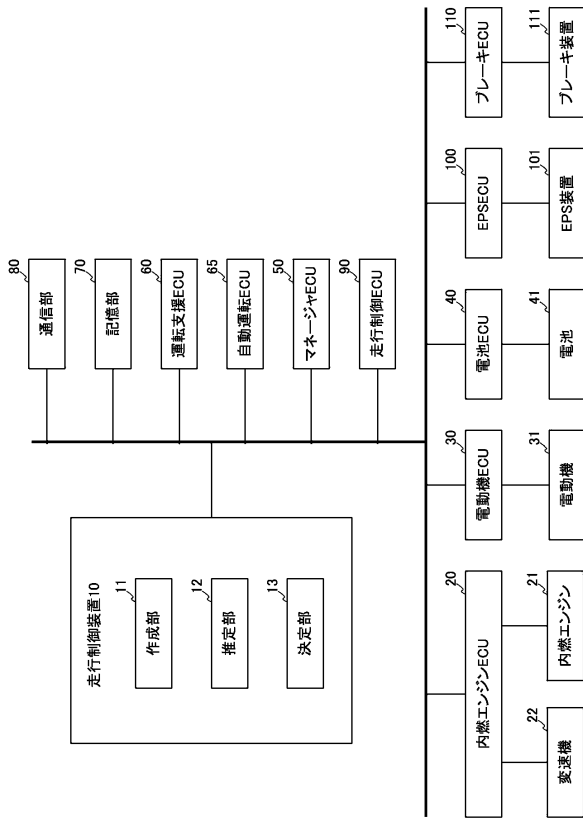
- 10 走行制御装置
- 11 作成部
- 12 推定部
- 13 決定部
- 20 内燃エンジン ECU
- 21 内燃エンジン
- 22 変速機
- 30 電動機 ECU
- 31 電動機
- 40 電池 ECU
- 41 電池
- 50 マネージャ ECU
- 60 運転支援 ECU
- 65 自動運転 ECU
- 70 記憶部
- 80 通信部
- 90 走行制御 ECU
- 100 EPSECU
- 101 EPS 装置
- 110 ブレーキ ECU
- 111 ブレーキ装置

30

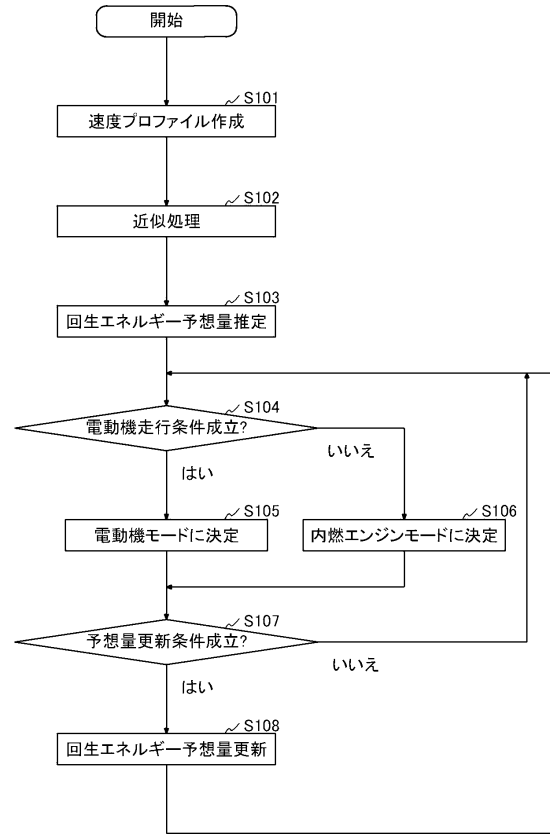
40

50

【図面】
【図 1】



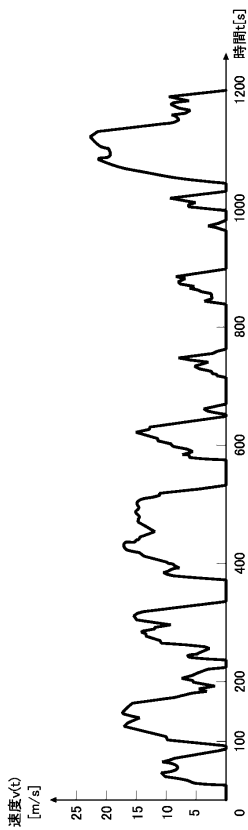
【図 2】



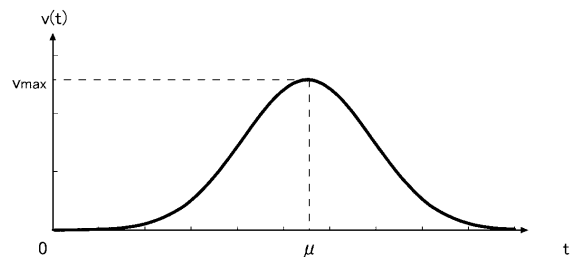
10

20

【図 3】



【図 4】

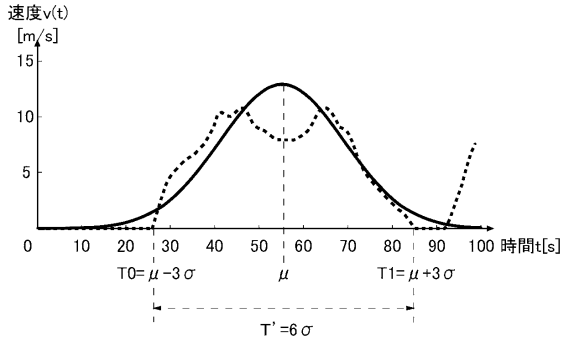


30

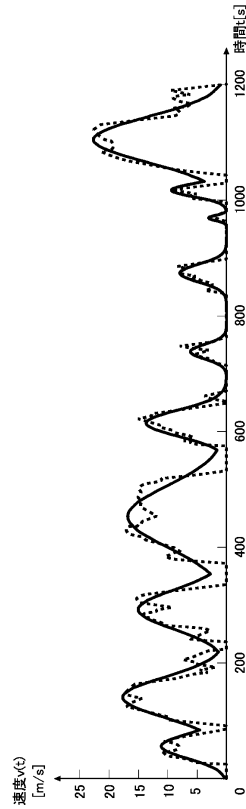
40

50

【図 5】



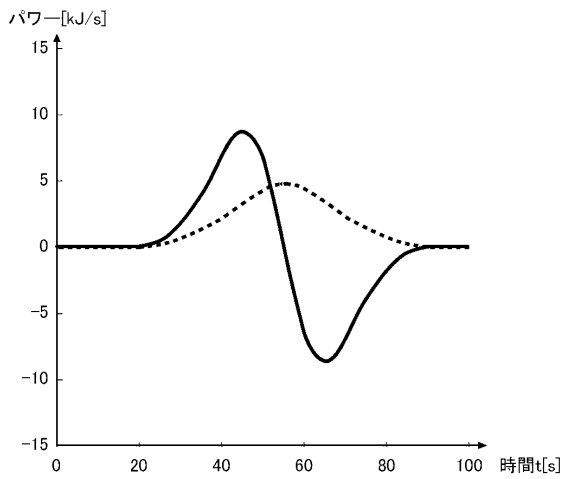
【図 6】



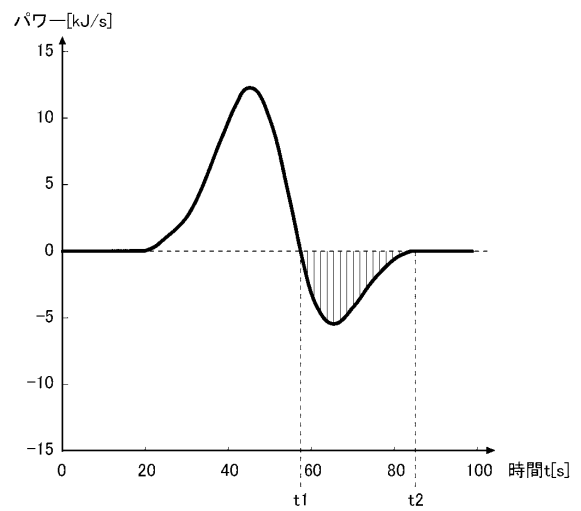
10

20

【図 7】



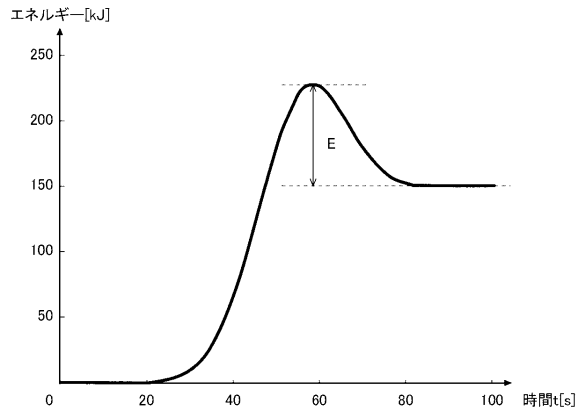
【図 8】



30

40

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2017-087915(JP,A)
特開平07-327302(JP,A)
特開2000-333305(JP,A)
特開2018-083574(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60L 1/00 - 58/40
B60W 10/00 - 20/50