

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-94044
(P2019-94044A)

(43) 公開日 令和1年6月20日(2019.6.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B60W 30/14 (2006.01)	B60W 30/14	3D202
B60W 40/04 (2006.01)	B60W 40/04	3D241
F02D 29/02 (2006.01)	F02D 29/02 3O1D	3D244
B60W 50/14 (2012.01)	F02D 29/02 321Z	3G093
B60K 31/00 (2006.01)	F02D 29/02 Z	3J057

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-129289 (P2018-129289)
 (22) 出願日 平成30年7月6日(2018.7.6)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-221734 (P2017-221734)
 (32) 優先日 平成29年11月17日(2017.11.17)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100140486
 弁理士 鎌田 徹
 (74) 代理人 100170058
 弁理士 津田 拓真
 (72) 発明者 伊東 悠太郎
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 Fターム(参考) 3D202 AA08 BB05 BB11 CC06 CC37
 CC42 DD01 DD02 DD50 EE24
 FF04 FF13

最終頁に続く

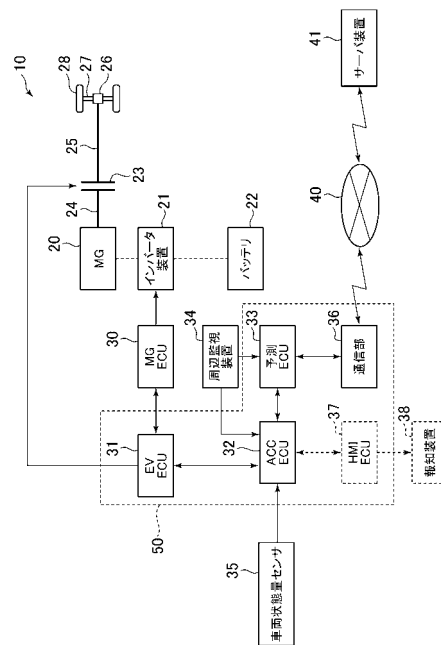
(54) 【発明の名称】 車両制御装置

(57) 【要約】

【課題】 先行車両に対する追従性を確保しつつ、燃費を改善することの可能な車両制御装置を提供する。

【解決手段】 車両制御装置50は、自車両10の前方を走行する先行車両に自車両10を追従させるべく、自車両10の走行を制御することの可能な走行制御を実行する。車両制御装置50は、自車両10の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じているか否かを予測する予測ECU33と、予測ECU33により自車両10の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じていることが予測された際に、自車両10の加速度を制限することの可能な予測制御を実行するACC ECU32と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自車両（10）の前方を走行する先行車両に前記自車両を追従させるべく、前記自車両の走行を制御することの可能な走行制御を実行する車両制御装置（50）であって、

前記自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じているか否かを予測する環境予測部（33）と、

前記環境予測部により前記自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じていることが予測された際に、前記自車両の加速度を制限することの可能な予測制御を実行する加速度制御部（32）と、を備える

車両制御装置。

10

【請求項 2】

前記走行制御は、前記自車両を前記先行車両に追従させるべく前記自車両の加速及び減速を制御する速度制御であり、

前記加速度制御部は、前記環境予測部により前記自車両の減速が必要となる周囲環境の変化が有ると予測することに基づいて、前記自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じていると予測するものであり、前記自車両の減速が必要となる周囲環境の変化が有ると予測した場合には、前記予測制御として、前記速度制御により設定可能な減速度よりも小さい減速度で前記自車両を減速させる減速制御を実行する

請求項 1 に記載の車両制御装置。

20

【請求項 3】

前記環境予測部は、前記自車両の燃費に関する指標、及び前記先行車両に対する前記自車両の追従性能に関する指標に基づいて、前記自車両の減速が必要となる周囲環境の変化の有無を予測する

請求項 2 に記載の車両制御装置。

【請求項 4】

前記自車両の燃費に関する指標は、現在から所定時間経過後までの期間に前記走行制御の実行により前記自車両を減速させる際に発生すると予測される制動エネルギーの予測値、又は燃費の予測値であり、

前記自車両の追従性能に関する指標は、現在から所定時間経過後までの期間における前記走行制御の理想値に対する前記自車両の位置の逸脱量、又は現在から所定時間経過後までの期間における前記自車両の速度の逸脱量である

請求項 3 に記載の車両制御装置。

30

【請求項 5】

前記加速度制御部は、前記減速制御として、前記自車両の車輪（28）にパワートレイン（20, 60）からの出力が伝わらない状態で前記自車両を惰性走行させるコースティング制御を実行する

請求項 2 に記載の車両制御装置。

【請求項 6】

前記自車両の走行状態に基づいて前記自車両のエンジン（60）の駆動及び停止を制御するとともに、前記自車両のエンジンが停止状態であるときに前記自車両の加速度に基づいて前記エンジンを再始動させる走行制御部を更に備え、

前記加速度制御部は、前記予測制御として、前記走行制御部による前記エンジンの再始動が行われ難くなるように前記自車両の加速度を制限する

請求項 1 に記載の車両制御装置。

40

【請求項 7】

前記環境予測部は、前記自車両の燃費に関する指標、及び前記先行車両に対す前記自車両の追従性能に関する指標に基づいて、前記自車両の加速を制限するか否かを判断する

請求項 6 に記載の車両制御装置。

【請求項 8】

前記自車両の燃費に関する指標は、現在から所定時間経過後までの期間における前記自

50

車両のパワートレイン(20, 60)の入力エネルギーに対する前記パワートレインの出力エネルギーの比率の予測値、又は燃費の予測値であり、

前記自車両の追従性能に関する指標は、現在から所定時間経過後までの期間における前記走行制御の理想値に対する前記自車両の位置の逸脱量、又は現在から所定時間経過後までの期間における前記自車両の速度の逸脱量である

請求項7に記載の車両制御装置。

【請求項9】

前記自車両のパワートレインの入力エネルギーに対する前記パワートレインの出力エネルギーの比率の予測値には、前記エンジンの入力エネルギーに対する前記エンジンの出力エネルギーの比率の予測値、及び前記エンジンが停止している状態における前記自車両のパワートレインの入力エネルギーに対する前記パワートレインの出力エネルギーの比率の予測値が含まれている

10

請求項8に記載の車両制御装置。

【請求項10】

前記環境予測部は、

周辺車両の挙動の発生確率と、前記周辺車両の挙動に対する前記自車両の燃費に関する指標の値とに基づいて、前記自車両の燃費に関する指標の期待値を算出し、

前記周辺車両の挙動の発生確率と、前記周辺車両の挙動に対する前記自車両の追従性能に関する指標の値とに基づいて、前記自車両の追従性能に関する指標の期待値を算出し、

20

前記環境予測部は、前記自車両の燃費に関する指標の期待値、及び前記自車両の追従性能に関する指標の期待値からなる評価関数の値を演算し、前記評価関数の値に基づいて前記自車両の減速が必要となる周囲環境の変化を予測する

請求項3, 4, 7~9のいずれか一項に記載の車両制御装置。

【請求項11】

前記環境予測部は、車両の走行データに基づいて車両の挙動を学習した学習情報に基づいて前記周辺車両の挙動の発生確率を算出する

請求項10に記載の車両制御装置。

【請求項12】

前記自車両の周辺を走行する周辺車両の走行データを取得する周辺監視部を更に備え、

前記環境予測部は、前記周辺監視部により取得される前記周辺車両の走行データと前記学習情報との類似性を表す指標である尤度を算出し、前記尤度に基づいて前記周辺車両の挙動の発生確率を算出する

30

請求項11に記載の車両制御装置。

【請求項13】

前記周辺監視部は、道路の静的な情報を更に取得するものであり、

前記環境予測部は、前記学習情報を用いることができない場合、前記道路の静的な情報に基づいて前記周辺車両の挙動の発生確率を算出する

請求項12に記載の車両制御装置。

【請求項14】

前記環境予測部は、前記周辺監視部による前記周辺車両の認識精度が所定の閾値未満である場合、前記周辺車両と認識された物体が実際に存在する可能性を示す存在確率に基づいて前記周辺車両の挙動の発生確率を補正する

40

請求項12又は13に記載の車両制御装置。

【請求項15】

前記周辺監視部は、道路に設置された信号機の信号の切替タイミングの情報を更に取得するものであり、

前記環境予測部は、前記信号機の信号の切り替わりの発生確率に基づいて前記周辺車両の挙動の発生確率を補正する

請求項12又は13に記載の車両制御装置。

【請求項16】

50

前記環境予測部は、車両の挙動の発生確率の統計情報に基づいて前記周辺車両の挙動の発生確率を補正する

請求項 1 2 又は 1 3 に記載の車両制御装置。

【請求項 1 7】

前記環境予測部は、前記周辺車両の走行データを前記自車両と前記周辺車両との通信により取得する

請求項 1 2 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の車両制御装置。

【請求項 1 8】

前記走行制御は、前記自車両の加速及び減速を繰り返して実行することにより、前記自車両を前記先行車両に追従させるパーンアンドコースト制御である

請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の車両制御装置。

【請求項 1 9】

前記環境予測部は、前記自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化として、前記先行車両の減速、又は隣接車線を走行する車両の割り込みを予測する

請求項 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の車両制御装置。

【請求項 2 0】

前記走行制御は、前記自車両の速度を制御する速度制御、前記自車両の加速度を制御する加速度制御、及び前記自車両の乗員に運転方法を指示する指示制御のいずれかである

請求項 1 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の車両制御装置。

【請求項 2 1】

前記加速度制御部は、前記予測制御として、前記自車両の加速度を実際に制限する加速度制御、又は前記自車両の加速度が制限されるように前記自車両の乗員に運転方法を指示する指示制御を実行する

請求項 1 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の車両制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、車両制御装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来、下記特許文献 1 に記載の車両制御装置がある。この車両制御装置は、自車両の速度に応じて最小車間距離を設定し、自車両前方を走行中の先行車両と自車両との車間距離が最小車間距離よりも小さくなったときに、エンジンやモータ等の動力源を停止させて自車両を惰性走行させる。また、この車両制御装置は、自車両の速度に応じて最大車間距離を設定し、惰性走行中、上記の車間距離が最大車間距離よりも大きくなったときに動力源の駆動を開始する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 2 9 1 9 1 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

ところで、先行車両が急減速したり、隣接車線から他車両が割り込んだりしたような場合、先行車両との車間距離を確保するために、制動による減速制御や、加速の制限により発生するエンジン始動直後のエンジンの停止が避けられなくなることがある。これにより、制動による減速制御が行われた場合にはエネルギーの損失が発生する。また、エンジン始動直後のエンジンの停止はエンジン効率の悪化を招く。そのため、制動による減速制御やエンジン始動直後のエンジンの停止は、燃費の悪化を招く要因となる。

【0 0 0 5】

10

20

30

40

50

一方、このような問題に対応するために、先行車両との車間距離を常に拡大したり、加速度を制限したりして走行することも対策として考えられるが、これらの対策を行うと、先行車両に対する追従性が悪化し、運転者が違和感を覚える。

これらの問題に対する対策に関して、上記特許文献 1 に記載の車両制御装置では言及がなされていない。

【0006】

本開示は、こうした実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、先行車両に対する追従性を確保しつつ、燃費を改善することの可能な車両制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決する車両制御装置(50)は、自車両(10)の前方を走行する先行車両に自車両を追従させるべく、自車両の走行を制御することの可能な走行制御を実行する。車両制御装置は、自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じているか否かを予測する環境予測部(33)と、環境予測部により自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じていることが予測された際に、自車両の加速度を制限することの可能な予測制御を実行する加速度制御部(32)と、を備える。

【0008】

この構成によれば、自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じた場合には、自車両の加速度が予め制限されるため、自車両の燃費が実際に悪化してしまう状況を回避することが可能である。よって、自車両の燃費を改善することができる。

なお、上記手段、特許請求の範囲に記載の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【発明の効果】

【0009】

本開示によれば、先行車両に対する追従性を確保しつつ、燃費を改善することの可能な車両制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、第1実施形態の車両の概略構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、第1実施形態のACCUCUによる車両の制御方法の一例を示すグラフである。

【図3】図3は、第1実施形態のACCUCUによる車両の制御方法の一例を示すグラフである。

【図4】図4は、第1実施形態のACCUCU及び予測ECUにより実行される処理の手順を示すフローチャートである。

【図5】図5は、第1実施形態の予測ECUによる理想走行範囲に対する自車両の逸脱量の算出方法の一例を示すグラフである。

【図6】図6は、第1実施形態の予測ECUにより用いられる車速と確率との関係を示すグラフである。

【図7】図7(A)~(C)は、第1実施形態の車両における車速、駆動エネルギー、及び車間距離の推移を示すタイミングチャートである。

【図8】図8は、第2実施形態の車両の概略構成を示すブロック図である。

【図9】図9は、第2実施形態のACCUCU及び予測ECUにより実行される処理の手順を示すフローチャートである。

【図10】図10は、第2実施形態の予測ECUにより用いられる加速度と実質エンジン効率との関係を示すマップである。

【図11】図11(A)~(C)は、第2実施形態の車両における車速、駆動エネルギー、及びエンジン回転速度の推移を示すタイミングチャートである。

【図12】図12は、他の実施形態の予測ECUにより実行される先行車両の切り替え手順を示すタイムチャートである。

10

20

30

40

50

【図 1 3】図 1 3 (A) , (B) は、車速及び減速挙動発生確率の時間的な推移の一例を示すタイミングチャートである。

【図 1 4】図 1 4 は、第 3 実施形態の減速挙動モデル及び通過挙動モデルのそれぞれの尤度の差に対する減速挙動モデルの頻度の算出値、通過挙動モデルの頻度の算出値、及び減速挙動発生確率のそれぞれの値の推移を示すグラフである。

【図 1 5】図 1 5 は、第 3 実施形態の A C C E C U 及び予測 E C U により実行される処理の手順を示すフローチャートである。

【図 1 6】図 1 6 は、第 3 実施形態の予測 E C U により実行される挙動発生確率演算処理の手順を示すフローチャートである。

【図 1 7】図 1 7 は、第 3 実施形態の青信号継続時間の計測方法の一例を示すグラフである。

【図 1 8】図 1 8 は、第 3 実施形態の青信号継続時間の計測方法の一例を示すグラフである。

【図 1 9】図 1 9 は、第 3 実施形態の青信号継続時間 と、青信号から黄信号に切り替わる確率 p_{sig} との関係を示すマップである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、車両制御装置の実施形態について図面を参照しながら説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

< 第 1 実施形態 >

はじめに、第 1 実施形態の車両制御装置が搭載される車両の概略構成について説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 に示されるように、車両 1 0 は、モータジェネレータ 2 0 の動力に基づいて走行する、いわゆる電気自動車である。車両 1 0 は、モータジェネレータ 2 0 の他、インバータ装置 2 1 と、バッテリー 2 2 と、クラッチ 2 3 とを備えている。

バッテリー 2 2 は、充電及び放電の可能なリチウムイオン電池等の二次電池からなる。インバータ装置 2 1 は、バッテリー 2 2 に充電されている直流電力を交流電力に変換し、変換された交流電力をモータジェネレータ 2 0 に供給する。モータジェネレータ 2 0 は、インバータ装置 2 1 から供給される交流電力に基づき駆動し、第 1 動力伝達軸 2 4 を回転させる。第 1 動力伝達軸 2 4 は、クラッチ 2 3 を介して第 2 動力伝達軸 2 5 に連結されている。クラッチ 2 3 は、第 1 動力伝達軸 2 4 と第 2 動力伝達軸 2 5 とを連結することによりそれらの間の動力の伝達を可能とする接続状態と、第 1 動力伝達軸 2 4 と第 2 動力伝達軸 2 5 との連結を解除することによりそれらの間の動力の伝達を遮断する非接続状態とに遷移可能である。クラッチ 2 3 が接続状態である場合、モータジェネレータ 2 0 から第 1 動力伝達軸 2 4 に伝達された動力は、第 2 動力伝達軸 2 5、ディファレンシャルギア 2 6、及び駆動軸 2 7 を介して車両 1 0 の車輪 2 8 に伝達される。これにより、車両 1 0 が走行する。このように、本実施形態では、モータジェネレータ 2 0 がパワートレインに相当する。

【 0 0 1 3 】

モータジェネレータ 2 0 は、車両 1 0 の制動時に回生発電を行う。すなわち、車両 1 0 の制動時に車輪 2 8 に作用する制動力は、駆動軸 2 7、ディファレンシャルギア 2 6、第 2 動力伝達軸 2 5、クラッチ 2 3、及び第 1 動力伝達軸 2 4 を介してモータジェネレータ 2 0 に入力される。モータジェネレータ 2 0 は、この車輪 2 8 から入力される動力に基づいて発電する。モータジェネレータ 2 0 により発電される電力は、インバータ装置 2 1 により交流電力から直流電力に変換されてバッテリー 2 2 に充電される。

【 0 0 1 4 】

車両 1 0 は、M G (Motor Generator) E C U (Electronic Control Unit) 3 0 と、E V (Electric Vehicle) E C U 3 1 と、A C C (Adaptive Cruise Control) E C U 3 2

10

20

30

40

50

と、予測 ECU 33 と、周辺監視装置 34 と、車両状態量センサ 35 とを更に備えている。各 ECU 30 ~ 33 は、CPU や ROM、RAM 等の記憶装置を有するマイクロコンピュータを中心に構成されており、記憶装置に予め記憶されているプログラムを実行することにより、各種制御を実行する。

【0015】

車両状態量センサ 35 は、車両 10 の各種状態量を検出する。車両状態量センサ 35 により検出される各種状態量には、車両 10 の速度や加速度等の情報が含まれている。

周辺監視装置 34 は、カメラやミリ波レーダ装置や、レーザレーダ装置等からなる。周辺監視装置 34 は、自車両 10 の周辺を走行する周辺車両を検出するとともに、周辺車両に関する各種状態量を算出する。周辺車両には、自車両 10 が走行中の車線において自車両 10 の前方を走行する先行車両や、自車両 10 が走行中の車線と隣り合う隣接車線を走行する隣接走行車両が含まれている。周辺監視装置 34 により検出される状態量には、自車両 10 に対する周辺車両の相対位置、相対距離、相対速度、及び相対加速度等が含まれている。周辺車両の相対距離は車間距離に相当する。なお、自車両 10 に対する周辺車両の相対位置は、例えば自車両 10 の左右方向の軸、及び車両 10 の前後方向の軸を用いた二軸座標系の位置として定義される。本実施形態では、周辺監視装置 34 が周辺監視部に相当する。

10

【0016】

MGEU 30 は、EVECU 31 からの指令に基づいてインバータ装置 21 を駆動させることにより、モータジェネレータ 20 の動作を制御する。例えば EVECU 31 は、モータジェネレータ 20 の出力動力の指令値である動力指令値を MGEU 30 に送信する。MGEU 30 は、EVECU 31 から送信される動力指令値を受信すると、この動力指令値に応じた動力がモータジェネレータ 20 から出力されるようにインバータ装置 21 の駆動を制御する。また、MGEU 30 は、車両 10 の制動時には、モータジェネレータ 20 の回生発電により発電された電力がバッテリー 22 に充電されるようにインバータ装置 21 を駆動させる。

20

【0017】

EVECU 31 は、運転者の運転要求に応じた走行を実現するために必要な動力指令値を演算するとともに、演算された動力指令値を MGEU 30 に送信することにより、運転者の運転要求に応じた車両 10 の走行を実現する。また、EVECU 31 は、各種制御に必要な情報を ACC ECU 32 との間で授受するとともに、ACC ECU 32 の要求に応じた動力指令値を演算する。例えば EVECU 31 は、車両 10 の加速度の指令値である加速度指令値を ACC ECU 32 から受信すると、加速度指令値に対応した動力指令値を演算するとともに、演算した動力指令値を MGEU 30 に送信することにより、加速度指令値に応じた加速度で車両 10 を加速させる。また、EVECU 31 は、例えば ACC ECU 32 からの要求に応じてクラッチ 23 を接続又は非接続状態に遷移させる。本実施形態では、EVECU 31 が走行制御部に相当する。

30

【0018】

ACC ECU 32 は、例えば車両 10 に設けられた操作部が乗員により操作されることに基づいて車両の走行制御を実行する。ACC ECU 32 は、走行制御として、車両 10 が一定速度で走行するように車両 10 の走行を制御する CC (Cruise Control) 制御と、自車両 10 の前方を走行する先行車両に追従するように車両 10 の走行を制御する ACC (Adaptive Cruise Control) 制御とを実行する。本実施形態では、ACC 制御が、自車両 10 を先行車両に追従させるべく自車両 10 の加速及び減速を制御する速度制御に相当する。本実施形態では、ACC ECU 32 が加速度制御部に相当する。

40

【0019】

具体的には、ACC ECU 32 は、車両 10 に対する先行車両の相対速度及び相対距離に基づいて、車両 10 が先行車両に追いつくまでの時間である車間時間 THW を演算する。ACC ECU 32 は、図 2 に示されるように、車間時間 THW が所定の第 1 時間閾値 T_{th1} 以上である場合には、すなわち車両 10 が先行車両に追いつく状態になるまでに時

50

間的な余裕がある場合には、CC制御を実行する。ACC ECU 32は、CC制御として、車両10の加速及び減速を繰り返して実行する。その際、ACC ECU 32は、車両10の平均速度が、操作部を通じて乗員により設定された速度Vsetとなるように、車両10の加速度及び減速度を制御する。

【0020】

詳しくは、ACC ECU 32は、乗員の設定速度Vsetに基づいて、図3に示されるように、設定速度Vsetよりも小さい下限速度VLと、設定速度よりも大きい上限速度VHとを設定する。ACC ECU 32は、車両10が減速することにより車両10の速度Vcが下限速度VLに達した場合には、車両10を加速させる加速制御を実行する。ACC ECU 32は、加速制御として、予め設定された正の値の加速度指令値をEVECU 31に送信する。これにより、EVECU 31が、加速指令値に応じた正の値の動力指令値を演算するとともに、この動力指令値をMG ECU 30に送信することにより、車両10が所定の加速度で加速する。

10

【0021】

また、ACC ECU 32は、車両10を加速させている際に車両の速度Vcが上限速度VHに達した場合には、車両10を惰性走行させることにより車両10を減速させるコースティング制御を実行する。ACC ECU 32は、コースティング制御として、零に設定された加速度指令値をEVECU 31に送信するとともに、クラッチ23を非接続状態にする旨の指令をEVECU 31に送信する。これにより、EVECU 31が、零に設定された動力指令値をMG ECU 30に送信するとともに、クラッチ23を非接続状態にする。結果的に、モータジェネレータ20の駆動が停止し、車両10が惰性走行するようになるため、車両10が自然に減速する。その後、ACC ECU 32は、車両10の速度Vcが下限速度VLに達すると、クラッチ23を接続状態にする旨の指令をEVECU 31に送信するとともに、上記の加速制御を再び実行する。

20

【0022】

一方、図2に示されるように、ACC ECU 32は、車間時間THWが第2時間閾値Th2以上であって、且つ第1時間閾値Tth1未満である場合には、ACC制御を実行する。ACC ECU 32は、ACC制御として、自車両10が先行車両に追従して走行するように車両10の加速及び減速を繰り返して実行する、いわゆるバーンアンドコースト制御を実行する。

30

【0023】

具体的には、ACC ECU 32は、先行車両の相対速度Vrが所定の第1速度閾値Vth1未満である場合には、すなわち自車両10が先行車両に急速に接近している場合には、回生制御を行う。ACC ECU 32は、回生制御として、負の値に設定された加速度指令値をEVECU 31に送信する。これにより、EVECU 31は、加速度指令値に応じた負の値の動力指令値を演算するとともに、この動力指令値をMG ECU 30に送信することにより、モータジェネレータ20に回生発電を行わせる。モータジェネレータ20が回生発電を行うと、その回生エネルギーにより車両10の車輪28に制動力が加わるため、車両10を惰性走行させる場合と比較すると、より速く車両10を減速させることができる。よって、車両10と先行車両との車間距離を広げることができる。

40

【0024】

また、ACC ECU 32は、第1速度閾値Vth1よりも大きい第2速度閾値Vth2を有しており、先行車両の相対速度Vrが第1速度閾値Vth1から第2速度閾値Vth2の範囲である場合には、上記のコースティング制御を実行する。また、ACC ECU 32は、第1時間閾値Tth1と第2時間閾値Tth2との間の値に設定された第3時間閾値Tth3を有しており、先行車両の相対速度Vrが第2速度閾値Vth2以上であって、且つ車間時間THWが第2時間閾値Tth2から第3時間閾値Tth3までの範囲の値である場合にも、上記のコースティング制御を実行する。このコースティング制御により、車両10と先行車両との車間距離を広げることができる。

【0025】

50

さらに、ACCUCU32は、先行車両の相対速度 V_r が第2速度閾値 V_{th2} 以上であり、且つ車間時間 T_{HW} が第3時間閾値 T_{th3} から第1時間閾値 T_{th1} までの範囲の値である場合には、上記の加速制御を実行する。

このように、ACCUCU32は、車間時間 T_{HW} 及び先行車両の相対速度 V_r に応じて回生制御、コースティング制御、及び加速制御を選択的に実行することにより、自車両10を先行車両に追従させる。

【0026】

ところで、ACCUCU32がCC制御又はACC制御において加速制御を実行している状況において先行車両が急減速したような場合、車間時間 T_{HW} や相対速度 V_r が急激に小さくなる可能性がある。これにより、ACCUCU32が回生制御を実行して車輪28に制動力を発生させると、車両10の運動エネルギーの一部は回生制御によってバッテリー22に電気エネルギーとして回収可能であるが、その他の運動エネルギーは、車輪28に制動力を発生させる際に熱エネルギーに変換され大気に放熱されるため、回収できない。よって、エネルギーの損失が避けられないものとなる。また、車両10の運動エネルギーを電気エネルギーに変換する際にも、エネルギーの損失が発生する。このようなエネルギーの損失は、車両10の燃費を悪化させる要因となる。

10

【0027】

そこで、本実施形態の車両10では、先行車両が急減速するような周囲環境の変化、すなわち車両10の燃費を悪化させるような周囲環境の変化が生じているか否かを予測ECU33が予測する。本実施形態では、予測ECU33が環境予測部に相当する。ACCUCU32は、予測ECU33により自車両10の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じていることを予測した際に、上記のACC制御による回生制御が実行されるよりも前に、自車両10の加速度を予め制限する予測制御を実行する。

20

【0028】

また、図1に示されるように、予測ECU33は、車両10に搭載された通信部36を介してネットワーク回線40に無線接続することが可能となっている。予測ECU33は、ネットワーク回線40を介してサーバ装置41と各種通信を行う。サーバ装置41は、複数の車両から各種状態量を取得するとともに、その状態量をデータベース化している。また、サーバ装置41は、データベース化された複数の車両の状態量に基づいて、各種走行モデルを作成する。予測ECU33は、サーバ装置41により作成された走行モデルを用いることにより、周辺車両の走行軌跡を予測することが可能である。本実施形態では、ACCUCU32、予測ECU33、及び通信部36により車両制御装置50が構成されている。

30

【0029】

なお、予測ECU33は、高速処理が必要なこと、及び複数のECUとの接続が必要なことから、各コンポーネントを制御するECUとは独立に配置されている。

次に、図4を参照して、ACCUCU32及び予測ECU33により実行される予測制御の処理手順について具体的に説明する。なお、ACCUCU32及び予測ECU33は、図4に示される処理を所定の周期で繰り返し実行する。

【0030】

図4に示されるように、予測ECU33は、まず、ステップS10の処理として、周辺監視装置34から周辺車両の現在の状態量を取得する。予測ECU33が周辺監視装置34から取得する情報には、周辺車両の相対距離、相対速度、及び相対加速度等が含まれている。

40

【0031】

ACCUCU32は、ステップS10の処理に続いて、ステップS11の処理として、EVECU31に送信される加速度指令値を仮設定する。具体的には、ACCUCU32は、ステップS10の処理で周辺監視装置34から取得した情報のうち、先行車両の相対速度及び相対距離を用いて車間時間を演算するとともに、演算された車間時間及び相対速度に基づいて図2に示される制御を実行することにより加速度指令値の第1設定値

50

1を演算する。そして、ACCUCU32は、加速度指令値を第1設定値1に仮設定する。

【0032】

予測ECU33は、ステップS11の処理に続いて、ステップS12の処理として、先行車両や隣接走行車両を含む周辺車両の将来の状態量を予測する。予測される周辺車両の状態量には、周辺車両の将来の相対位置、相対距離、相対速度、相対加速度の時系列的なデータ等が含まれている。具体的には、予測ECU33は、周辺車両の状態量の現在の値及び過去の値から演算式やモデル等を用いて、現在から所定時間経過後までの将来の状態量を予測する。これにより、予測ECU33は、現在から所定時間経過後までの周辺車両の挙動を予測することができる。

10

【0033】

なお、ステップS12の予測処理は、周辺車両の状態量の現在の値及び過去の値に限らず、その他の周辺車両の状態量に関する情報に基づいて実行してもよい。本予測は、過去の車両走行データを基に、周辺車両の挙動を所定の確率モデルで表現して、時系列波形として予想してもよいし、現在走行している地点を過去に走行した車両の走行データを統計的に処理して、ある地点における車両の減速や割り込み確率を算出してもよい。予想時間は、通常走行における加速度で走行車速として考え得る全車速まで至れるだけの時間とする。例えば、加速度の範囲は、「-1[G]」から「1[G]」の範囲に設定し、全車速は、「0[km/h]」から法定制限車速とすればよい。

20

【0034】

予測ECU33は、ステップS12の処理に続いて、ステップS13の処理として、周辺車両の挙動に基づいて車両10を減速させる必要があるか否かを判定する。この判定処理は、具体的には以下のような手法により実行される。

N個の周辺車両が存在する場合、値iを「1 i N」の範囲の整数と定義したとき、i番目の周辺車両の走行に対して自車両10が所定の状態量b(t)で走行するとする。状態量b(t)は、例えば時間tを変数とする加速度の関数である。そして、自車両10が状態量b(t)で走行するとき、自車両10に発生する制動エネルギーが「E_{brk i}(b(t))」で表せるとする。「E_{brk i}(b(t))」は、現在から所定時間経過後までの期間にACC制御の実行により自車両10を減速させる際に発生すると予測される制動エネルギーの予測値である。

30

【0035】

また、i番目の周辺車両に対する自車両10の追従性能は、図5に示されるように、自車両10を先行車両に追従させるACC制御を実行する上で理想的な車間距離の範囲を理想走行範囲Aとすると、現在から所定時間経過後までの期間における理想走行範囲に対する自車両10の予想位置の逸脱量y_iにより評価することができる。理想走行範囲Aは、一点鎖線で示されるi番目の周辺車両の予想走行位置を基準に設定されており、周辺車両の予測走行位置から演算式等を用いて求めることができるようになっている。そして、自車両10の追従性能評価値C_i(b(t))は、理想走行範囲Aに対する自車両10の予想位置の逸脱量y_iを用いて、以下の式f1により求めることが可能である。なお、式f1の「T」は、予測時間である。

40

【0036】

【数1】

$$C_i(b(t)) = \int_0^T y_i(b(t)) dt \quad (f1)$$

以上により、N個の周辺車両に対する自車両の制動エネルギーの期待値E_{brk}(b(t))、及び追従性能評価値の期待値C(b(t))は、以下の式f2, f3により定義することができる。

【0037】

【数 2】

$$E_{brk}(b(t)) = \sum_{i=1}^N p_i E_{brk i}(b(t)) \quad (f2)$$

$$C(b(t)) = \sum_{i=1}^N p_i C_i(b(t)) \quad (f3)$$

なお、式 f 2 , f 3 の「 p_i 」は、 i 番目の周辺車両の挙動の発生確率である。詳しくは、 i 番目の周辺車両の挙動の予測結果には所定の不確かさが含まれていることを考慮して、本実施形態では、自車両 10 が状態量 $b(t)$ で走行する際に i 番目の周辺車両の状態量が出現する確からしさを示すパラメータとして確率 p_i が用いられている。例えば、所定の時刻における i 番目の周辺車両の車速は、図 6 に示されるような確率として表すことができる。

10

【0038】

上記の自車両の制動エネルギーの期待値 $E_{brk}(b(t))$ 、及び追従性能評価値の期待値 $C(b(t))$ を用いることにより、以下の式 f 4 で表されるような評価関数 F_{E1} を構成することができる。

【0039】

20

【数 3】

$$\begin{aligned} F_{E1} &= \min\{kE_{brk}(b(t)) + (1-k)C(b(t))\} \\ &= \min \sum_{i=1}^n p_i \left\{ kE_{brk i}(b(t)) + (1-k) \int_0^T y_i(b(t)) dt \right\} \quad (f4) \end{aligned}$$

なお、式 f 4 の「 k 」は、制動エネルギー及び追従性能評価値のそれぞれの重み付け係数である。係数 k は、「 $0 < k < 1$ 」の範囲で設定される値である。本実施形態では、重み付け係数として、予め定められた値が用いられている。

【0040】

30

この評価関数 F_{E1} の値が最小となるように自車両 10 の状態量 $b(t)$ を決定すれば、追従性能を確保しつつ、制動エネルギーが抑制された自車両 10 の状態量 $b(t)$ を求めることができる。換言すれば、追従性能を確保しつつ、燃費を改善することの可能な自車両 10 の状態量 $b(t)$ を求めることができる。

【0041】

以上の手法に基づいて、予測 ECU33 は、ステップ S13 の判定処理を実行する。具体的には、予測 ECU33 は、制動エネルギー $E_{brk i}(b(t))$ の演算式として、例えば予め実験等により求められた演算式を用いる。

また、予測 ECU33 は、ステップ S12 の処理で取得した予測情報のうち、 i 番目の周辺車両の予測状態量に基づいて、 i 番目の周辺車両の予想走行軌跡を走行モデル等から演算する。また、予測 ECU33 は、演算された i 番目の周辺車両の予想走行軌跡に基づいて理想走行範囲 A を求めることにより、自車両 10 の追従性能評価値 $C_i(b(t))$ の演算式を決定する。

40

【0042】

さらに、予測 ECU33 は、通信部 36 を介してサーバ装置 41 から走行モデルを取得するとともに、取得した走行モデルと、 i 番目の周辺車両の状態量とに基づいて、 i 番目の周辺車両の状態量の発生確率 p_i を演算する。

このようにして、予測 ECU33 は、上記の式 f 4 における制動エネルギー $E_{brk i}(b(t))$ の演算式、追従性能評価値 $C_i(b(t))$ の演算式、及び発生確率 p_i を決定した後、評価関数 F_{E1} の値が最小となるように自車両 10 の状態量 $b(t)$ を決定する。評

50

価関数 F_{E1} の最小化にあたっては、自車両 10 の挙動を複数通り考え、それらのそれぞれの時の評価関数の値を算出するとともに、それらのうち評価関数 F_{E1} の値が最小となる自車両 10 の状態量 $b(t)$ を選んでもよいし、最適化手法を用いて決定してもよい。状態量 $b(t)$ は車両 10 の加速度の関数であるため、以上の演算により、予測 ECU33 は、評価関数 F_{E1} の値が最小となるような加速度指令値 の第 2 設定値 2 を得ることができる。

【0043】

なお、予測 ECU33 は、加速度指令値 の第 2 設定値 2 を演算する際に、第 2 設定値 2 に下限値を設ける等して、車両 10 をコースティング制御させることの可能な第 2 設定値 2 を求めてもよい。これにより、第 2 設定値 2 を加速度指令値 として用いて 10

【0044】

予測 ECU33 は、ステップ S13 の処理として、第 1 設定値 1 と第 2 設定値 2 とを比較することにより、車両 10 の減速が必要であるか否かを判断する。具体的には、予測 ECU33 は、第 1 設定値 1 が第 2 設定値 2 以下である場合には、車両 10 の減速が必要でないと判断する。すなわち、予測 ECU33 は、ステップ S13 の処理で否定判断する。この場合、予測 ECU33 は、自車両 10 の燃費が悪化する周囲環境の変化が生じていないと判定する。ACC ECU32 は、予測 ECU33 がステップ S13 の処理で 20

【0045】

予測 ECU33 は、ステップ S13 の処理において、第 2 設定値 2 が第 1 設定値 1 未満である場合には、車両 10 の減速が必要であると判断する。すなわち、予測 ECU33 は、ステップ S13 の処理で肯定判断する。この場合、自車両 10 の燃費が悪化する周囲環境の変化が生じていると判定する。ACC ECU32 は、予測 ECU33 がステップ S13 の処理で肯定判断した場合には、ステップ S14 の処理として、加速度指令値 を第 1 設定値 1 から第 2 設定値 2 に変更する。そして、ACC ECU32 は、ステップ S15 の処理として、第 2 設定値 2 に設定された加速度指令値 を EVCU31 に送信する。これにより、EVCU31 には、ACC 制御により設定される第 1 設定値 1 30

【0046】

次に、本実施形態の車両制御装置 50 の動作例について説明する。

図 7 (A) に一点鎖線で示されるように、先行車両の速度 V_p が、時刻 t_{11} から急激に低下したとする。このような状況では、自車両 10 と先行車両との車間時間や相対速度が急激に減少するため、ACC 制御のみが実行されている場合、図 7 (B) に二点鎖線で示されるように、時刻 t_{11} 以降に回生制御が実行されることにより、車両 10 の駆動エネルギー E_c が急激に減速する。なお、図 7 (B) に示される駆動エネルギー E_c は、モータ 40

【0047】

この点、本実施形態の予測 ECU33 は、時刻 t_{11} よりも前の時刻 t_{10} の時点で、時刻 t_{11} 以降に制動エネルギーの発生が予測される場合には、上記の式 f4 の演算により 50

、制動エネルギーを抑制することの可能な加速度指令値 の第2設定値 2を演算するとともに、加速度指令値 を第2設定値 2に設定する。この加速度指令値 がACCUCU32からEVECU31に送信されることにより、例えばEVECU31が動力指令値を零に設定すると、図7(B)に実線で示されるように、時刻t10でモータジェネレータ20の駆動エネルギーEcが零になる。これにより、図7(A)に実線で示されるように、時刻t10以降、車両10の速度Vaが低下するとともに、図7(C)に実線で示されるように、自車両10と先行車両との間の車間距離Lcが広がる。このように、車両10を減速させることにより、図7(B)に示されるように、制動エネルギーの発生を抑制することができるため、結果的に車両10の燃費を改善することができる。

【0048】

以上説明した本実施形態の車両制御装置50によれば、以下の(1)~(7)に示される作用及び効果を得ることができる。

(1)ACCUCU32は、予測ECU33により自車両10の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じていることが予測された際に、自車両10の加速度を制限することの可能な予測制御を実行する。これにより、自車両10の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じた場合には、自車両10の加速度が予め制限されるため、自車両10の燃費が実際に悪化してしまう状況を回避することが可能である。よって、自車両10の燃費を改善することができる。

【0049】

(2)ACCUCU32は、自車両10の減速が必要となる周囲環境の変化を予測した場合に、自車両10の燃費が悪化するような周囲環境の変化が生じていると予測する。ACCUCU32は、自車両10の減速が必要となる周囲環境の変化を予測した場合には、ACC制御により設定される加速度指令値 の第1設定値 1よりも小さい第2設定値 2を用いることにより車両10の加速度を実際に制限する加速度制御を実行する。これにより、ACCUCU32は、予測制御として、ACC制御により設定可能な減速度よりも小さい減速度で自車両を減速させる減速制御を実行する。このような構成によれば、車間距離確保のための減速の際に発生するエネルギーの損失を低減することができる。

【0050】

(3)予測ECU33は、自車両10の燃費に関する指標、及び先行車両に対する自車両の追従性能に関する指標に基づいて、自車両10の減速が必要となる周囲環境の変化の有無を予測する。具体的には、予測ECU33は、自車両10の燃費に関する指標として、現在から所定時間経過後までの期間にACC制御の実行により自車両10を減速させる際に発生すると予測される制動エネルギーの予測値を用いる。また、予測ECU33は、先行車両に対する自車両の追従性能に関する指標として、現在から所定時間経過後までの期間におけるACC制御の理想値に対する自車両の位置の逸脱量 y_i を用いる。これにより、狙いの燃費改善、及び追従性能の悪化の抑制の効果を得るための車両10の減速を確実に判断することができる。

【0051】

(4)予測ECU33は、自車両10の燃費に関する指標、及び先行車両に対する自車両の追従性能に関する指標を、上記の式f2, f3で示されるように、確率情報として表すこととした。そして、予測ECU33は、自車両10の燃費に関する指標に基づく期待値、及び先行車両に対する自車両10の追従性能に関する指標に基づく期待値からなる評価関数として上記の式4で表せるような関数を用いるとともに、式f4の演算値に基づいて自車両10の減速が必要となる周囲環境の変化を予測する。これにより、周囲環境の変化に関する予想情報に不確かさが含まれている場合にも、燃費改善、及び追従性能の悪化の抑制の効果を得るための車両10の減速を確実に判断することができる。

【0052】

(5)予測ECU33は、車両10をコースティング制御させることの可能な加速度指令値の第2設定値 2を演算する。これにより、ACCUCU32は、自車両10の車輪にモータジェネレータ20からの出力が伝わらない状態で自車両10を惰性走行させるコ

10

20

30

40

50

ースティング制御を実行する。このような構成によれば、予測情報を用いて車両 10 を減速させる際に、より高い燃料効率で車両 10 を減速させることができる。

【0053】

(6) ACC ECU 32 は、自車両 10 の加速及び減速を繰り返して実行することにより、自車両 10 を先行車両に追従させるバーンアンドコースト制御を実行する。これにより、通常は燃料効率の高い走行方法で車両 10 が走行することができる。

(7) 予測 ECU 33 は、自車両の燃費が悪化するような周囲環境の変化として、先行車両の減速を予測する。これにより、燃費への影響が大きい周囲環境の変化に対して、燃費を改善させることが可能となる。

【0054】

(変形例)

次に、第 1 実施形態の車両制御装置 50 の変形例について説明する。

図 1 に破線で示されるように、本変形例の車両制御装置 50 は、HMI (human machine interface) ECU 37 を更に有している。HMI ECU 37 は、車両 10 に搭載された報知装置 38 を制御することにより、車両 10 の乗員に対して各種報知を行う部分である。報知装置 38 としては、スピーカやディスプレイ等を用いることができる。

【0055】

ACC ECU 32 は、図 4 に示されるステップ S15 の処理において、加速度指令値を HMI ECU 37 に送信する。HMI ECU 37 は、ACC ECU 32 から送信される加速度指令値に基づいて、自車両 10 の加速度が制限されるように自車両 10 の乗員に運転方法を指示する指示制御を実行する。例えば、HMI ECU 37 は、加速度指令値に対応した加速度や速度をスピーカにより音声で乗員に認知させることにより、あるいは加速度指令値に対応した加速度や速度をディスプレイに表示することにより乗員に運転方法を指示する。

【0056】

なお、HMI ECU 37 は、加速度指令値に基づいてアクセルペダルの踏み込み量を調整したり、ブレーキペダルの踏み込み量を調整したりすることにより、乗員に運転方法を指示してもよい。

このような方法であっても、車両 10 を減速させることが可能である。

【0057】

< 第 2 実施形態 >

次に、車両制御装置 50 の第 2 実施形態について説明する。以下、第 1 実施形態の車両制御装置 50 との相違点を中心に説明する。はじめに、第 2 実施形態の車両制御装置 50 が搭載される車両 10 の概略構成について説明する。

【0058】

図 8 に示されるように、本実施形態の車両 10 は、モータジェネレータ 20 だけでなく、エンジン 60 を動力源として用いる、いわゆるハイブリッド車である。エンジン 60 は、その駆動により第 1 動力伝達軸 29a を回転させる。第 1 動力伝達軸 29a は、クラッチ 23 を介して第 2 動力伝達軸 29b に連結されている。クラッチ 23 は、第 1 動力伝達軸 29a と第 2 動力伝達軸 29b とを連結することによりそれらの間の動力の伝達を可能とする接続状態と、第 1 動力伝達軸 29a と第 2 動力伝達軸 29b との連結を解除することによりそれらの間の動力の伝達を遮断する非接続状態とに遷移可能である。

【0059】

モータジェネレータ 20 は、通電に基づいて第 2 動力伝達軸 29b に動力を付与する。したがって、クラッチ 23 が接続状態である場合、第 2 動力伝達軸 29b には、エンジン 60 及びモータジェネレータ 20 の少なくとも一方から動力が付与される。第 2 動力伝達軸 29b に付与された動力は、変速機 62 に入力される。変速機 62 は、第 2 動力伝達軸 29b から入力されるエンジン 60 及びモータジェネレータ 20 の合算動力、もしくはエンジン 60 からモータジェネレータ 20 で電力に変換された動力を差し引いた動力を増速又は減速して第 3 動力伝達軸 29c に伝達する。第 3 動力伝達軸 29c に伝達された動力

10

20

30

40

50

は、ディファレンシャルギア 26、及び駆動軸 27を介して車両 10の車輪 28に伝達される。これにより車両 10が走行する。このように、本実施形態では、モータジェネレータ 20及びエンジン 60がパワートレインに相当する。

【0060】

車両 10には、エンジン 60の駆動を統括的に制御するエンジン ECU 63が搭載されている。また、エンジン ECU 63は、クラッチ 23の駆動を制御する。

車両 10には、EVECU 31に代えて、HV (Hybrid Vehicle) ECU 39が搭載されている。HVECU 39は、MGECU 30及びエンジン ECU 63と制御に必要な情報を授受することにより、エンジン 60、モータジェネレータ 20、及びバッテリー 22の統合調停制御を行う。具体的には、HVECU 39は、ACC ECU 32から送信される加速度指令値に基づいてモータジェネレータ 20及びエンジン 60の駆動を制御する。HVECU 39は、例えばエンジン 60が停止状態であって、且つ加速度指令値が所定の加速度閾値 t_h 以上である場合には、車両 10を加速させるべく、所定の動力指令値をエンジン ECU 63に送信することによりエンジン 60を再始動させる。また、HVECU 39は、加速度指令値が加速度閾値 t_h 未満である場合には、燃料消費を抑えるべく、エンジン 60の停止指令をエンジン ECU 63に送信するとともに、所定の動力指令値をMGECU 30に送信することにより、車両 10をEV走行させる。本実施形態では、HVECU 39が、自車両 10の走行状態に基づいてエンジン 60及びモータジェネレータ 20の駆動及び停止を制御する走行制御部に相当する。

【0061】

次に、図 9を参照して、ACC ECU 32及び予測 ECU 33により実行される予測制御の処理手順について具体的に説明する。なお、ACC ECU 32及び予測 ECU 33は、図 9に示される処理を所定の周期で繰り返し実行する。

図 9に示されるように、予測 ECU 33は、ステップ S12の処理に続いて、ステップ S20の処理として、エンジン 60の短時間の駆動を抑制するために車両 10の加速度の制限が必要か否かを判定する。この判定処理は、具体的には以下のような手法により実行される。

【0062】

エンジン 60からエネルギーを取り出す際の効率は、エンジン 60の吸気遅れ、エンジン 60の始動のためのエネルギー消費量、エンジン 60の始動時の消費燃料量の増加等により悪化する。これらを考慮して、エンジン走行時の実質エンジン効率 η_{eng} を、以下の式 f5に示されるように表現する。

【0063】

【数 4】

$$\eta_{eng} = \frac{E_{out} \times \delta_{delay}}{E_{in} + \left(\frac{1}{\eta_e} E_{egon} + E_{add} \right) \frac{1}{T_{acc}}} \quad (f5)$$

なお、式 f5において、「 δ_{delay} 」は、吸気遅れ分の係数を示す。「 η_e 」は、エンジン 60を定常状態で動かした時のエンジン効率である理想エンジン効率を示す。「 E_{out} 」は、エンジン 60の理想出力エネルギーを示す。「 E_{egon} 」は、エンジン 60の始動エネルギーを示す。「 E_{in} 」は、エンジン 60の投入燃料エネルギーを示す。「 E_{add} 」は、始動時増量分エネルギーを示す。「 T_{acc} 」は、加速に要する時間を示す。

【0064】

式 f5の左辺の実質エンジン効率 η_{eng} は、自車両 10の燃費に関する指標として用いられるものである。また、式 f5の右辺の値は、エンジンの入力エネルギーに対するエンジンの出力エネルギーの比率を示したものである。

一方、モータジェネレータ 20の動力のみで走行する、いわゆるEV走行を車両 10が

行う際の実質エンジン効率を、現在までの走行実績に基づくシステム効率 η_{sys} により定義すると、EV走行時の実質エンジン効率 η_{sys} は、以下の式 f 6 のように表すことができる。

【 0 0 6 5 】

【 数 5 】

$$\eta_{sys} = \frac{E_{sysout}}{E_{sysin}} \quad (f6)$$

なお、式 f 6 において、「 E_{sysout} 」は、パワートレインの出力エネルギーを示す。「 E_{sysin} 」は、投入燃料エネルギーを示す。 10

EV走行時の実質エンジン効率 η_{sys} は、エンジン 60 が停止している状態における自車両 10 のパワートレインの入力エネルギーに対するパワートレインの出力エネルギーの比率を示したものである。

【 0 0 6 6 】

以上により、加速度指令値 a に対する将来の実質エンジン効率 η_{eng}^* は、図 10 に示されるように表すことができる。すなわち、加速度指令値 a が加速度閾値 a_{th} 未満である場合には、車両 10 がモータジェネレータ 20 の動力により走行するため、将来の実質エンジン効率 η_{eng}^* は、上記の式 f 6 の右辺の値となる。また、加速度指令値 a が加速度閾値 a_{th} 以上であって、且つ ACC 制御時のパーアンドコースト制御において加速時に用いられる加速度指令値 a_{bc} よりも小さい場合には、将来の実質エンジン効率 η_{eng}^* は、上記の式 f 5 の右辺により求めることができる。このようにして定まる将来の実質エンジン効率 η_{eng}^* は、自車両 10 のパワートレインの入力エネルギーに対するパワートレインの出力エネルギーの比率を示したものである。 20

【 0 0 6 7 】

第 1 実施形態で説明した制動エネルギーの抑制のための減速制御と同様に、 i 番目の周辺車両の走行に対して自車両 10 が所定の状態量 $b(t)$ で走行すると、その際の自車両 10 の実質エンジン効率 η_{eng}^* の期待値 $\eta_{eng}^*(b(t))$ は、以下の式 f 7 により求めることができる。

【 0 0 6 8 】

【 数 6 】

$$\eta_{eng}^*(b(t)) = \sum_{i=1}^N p_i \eta_{eng_i}^*(b(t)) \quad (f7)$$

上記の期待値 $\eta_{eng}^*(b(t))$ を用いることにより、以下の式 f 8 で表されるような評価関数 F_{E2} を構成することができる。

【 0 0 6 9 】

【 数 7 】

$$F_{E2} = \min \left\{ k / \eta_{eng}^*(b(t)) + (1-k)C(b(t)) \right\}$$

$$= \min \sum_{i=1}^n p_i \left\{ k / (p_i \eta_{eng_i}^*(b(t))) + (1-k) \int_0^T y_i(b(t)) dt \right\} \quad (f8)$$

この評価関数 F_{E2} が最小となるように自車両 10 の状態量 $b(t)$ を決定すれば、追従性能を確保しつつ、エンジン 60 の短時間の駆動が抑制された自車両 10 の状態量 $b(t)$ を求めることができる。換言すれば、追従性能を確保しつつ、燃費を改善することの可能な自車両 10 の状態量 $b(t)$ を求めることができる。

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

50

以上の手法に基づいて、予測 ECU33 は、ステップ S20 の判定処理を実行する。具体的には、予測 ECU33 は、図 10 に示されるような加速度指令値 と実質エンジン効率 η_{eng} との関係を示すマップを有している。なお、予測 ECU33 は、現在までのパワーレインの出力エネルギー、及び投入燃料エネルギーのデータを蓄積しており、この蓄積されたデータに基づいて上記の式 f6 から EV 走行時の実質エンジン効率 η_{sys} を逐次演算している。そして、予測 ECU33 は、この演算された実質エンジン効率 η_{sys} を、加速度指令値 が加速度閾値 t_h 未満であるときの実質エンジン効率 η_{eng} として用いる。

【0071】

予測 ECU33 は、評価関数 F_{E2} が最小となるように自車両 10 の状態量 $b(t)$ を決定する。状態量 $b(t)$ は車両 10 の加速度の関数であるため、以上の演算により、予測 ECU33 は、評価関数 F_{E2} の値が最小となるような加速度指令値 の第 3 設定値 3 を得ることができる。

10

【0072】

予測 ECU33 は、ステップ S20 の処理として、第 1 設定値 1 と第 3 設定値 3 とを比較することにより、エンジン 60 の短時間の駆動を抑制するために車両 10 の加速度を制限する必要があるか否かを判断する。具体的には、予測 ECU33 は、第 1 設定値 1 が第 3 設定値 3 以下である場合には、車両 10 の加速度を制限する必要がないと判断する。すなわち、予測 ECU33 は、ステップ S20 の処理で否定判断する。この場合、予測 ECU33 は、自車両 10 の燃費が悪化する周囲環境の変化が生じていないと判定する。そして、ACC ECU32 及び予測 ECU33 は、ステップ S13 以降の処理を実行する。

20

【0073】

予測 ECU33 は、第 3 設定値 3 が第 1 設定値 1 未満である場合には、車両 10 の加速度を制限する必要があると判断する。すなわち、予測 ECU33 は、ステップ S20 の処理で肯定判断する。この場合、予測 ECU33 は、自車両 10 の燃費が悪化する周囲環境の変化が生じていると判定する。ACC ECU32 は、予測 ECU33 がステップ S20 の処理で肯定判断した場合には、ステップ S21 の処理として、加速度指令値 を第 1 設定値 1 から第 3 設定値 3 に変更する。その後、ACC ECU32 及び予測 ECU33 は、ステップ S13 以降の処理を実行する。

30

【0074】

なお、予測 ECU33 は、ステップ S13 の処理において、第 1 設定値 1、第 2 設定値 2、及び第 3 設定値 3 を比較することにより、車両 10 の減速が必要であるか否かを判断する。具体的には、予測 ECU33 は、第 3 設定値 3 が第 1 設定値 1 未満であって、且つ第 3 設定値 3 が第 2 設定値 2 未満である場合には、ステップ S13 の処理で肯定判断する。一方、予測 ECU33 は、第 1 設定値 1 が第 3 設定値 3 以下である場合、あるいは第 2 設定値 2 が第 3 設定値 3 以下である場合には、ステップ S13 の処理で否定判断する。

【0075】

次に、本実施形態の車両制御装置 50 の動作例について説明する。

図 11 (A) に一点鎖線で示されるように、先行車両の速度 V_p が急激に増加した後に急激に減少したとする。このような状況において ACC 制御のみが実行されている場合、自車両 10 を先行車両に追従させるために、時刻 t_{20} で ACC ECU32 がエンジン 60 を始動させる。ACC ECU32 が時刻 t_{20} でエンジン 60 を始動させると、図 11 (B) に二点鎖線で示されるように、車両 10 の駆動エネルギー E_c が、エンジン始動時のエネルギー E_s よりも大きくなる。また、図 11 (C) に二点鎖線で示されるように、エンジン 60 の回転速度 N_c が時刻 t_{20} 以降に増加する。

40

【0076】

その後、先行車両が急減速すると、自車両 10 と先行車両との車間時間や相対速度が急激に減少する。これにより、時刻 t_{21} で回生制御が実行されると、図 11 (B) に二点鎖線で示されるように、車両 10 の駆動エネルギー E_c が急激に減少する。このような回生

50

制御の実行により、図 11 (C) に二点鎖線で示されるように、時刻 t_{21} 以降に、エンジン 60 の回転速度 N_c が急激に減少し、エンジン 60 が停止する。このように、エンジン 60 を始動させた後に短時間でエンジン 60 を停止させた場合、エンジン 60 の始動のために用いられるエネルギーが損失となる。

【0077】

この点、本実施形態の予測 ECU 33 は、上記の式 f 8 の演算により、エンジン 60 の短時間の駆動を抑制することの可能な加速度指令値の第 3 設定値 a_3 を演算するとともに、加速度指令値 a_c を第 3 設定値 a_3 に設定する。この加速度指令値 a_c が ACC ECU 32 から HVECU 39 に送信されることにより、車両 10 の実際の加速度が、エンジン 60 を始動させる加速度閾値 a_h まで上昇し難くなるため、エンジン 60 が始動しなくなる。これにより、図 11 (A) に示されるように、車両 10 の速度 V_c が減少するとともに、図 11 (B) に示されるように、車両 10 の駆動エネルギー E_c がエンジン始動時のエネルギー E_s まで上昇しなくなる。よって、エンジン始動時のエネルギー E_s が無駄に消費されることを抑制できるため、結果的に車両 10 の燃費を改善することができる。

10

【0078】

以上説明した本実施形態の車両制御装置 50 によれば、上記の (1) ~ (7) に示される作用及び効果に加え、以下の (8) ~ (10) に示される作用及び効果を得ることができる。

(8) ACC ECU 32 は、エンジン ECU 63 によるエンジン 60 の再始動が行われ難くなるように自車両 10 の加速度を制限する。これにより、エンジン 60 の短時間の駆動が抑制されるため、エネルギー損失を少なくすることができる。よって、車両 10 の燃費を向上させることができる。

20

【0079】

(9) 予測 ECU 33 は、自車両 10 の燃費に関する指標、及び先行車両に対する自車両 10 の追従性能に関する指標に基づいて、自車両 10 の加速度を制限するか否かを判断する。具体的には、予測 ECU 33 は、自車両 10 の燃費に関する指標として、上記の式 f 7 で示されるような、現在から所定時間経過後までの期間における自車両 10 のパワートレインの入力エネルギーに対するパワートレインの出力エネルギーの比率の予測値を用いる。また、先行車両に対する自車両 10 の追従性能に関する指標として、現在から所定時間経過後までの期間における ACC 制御の理想値に対する自車両の位置の逸脱量 y_i を用いる。これにより、狙いの燃費改善、及び追従性能の悪化の抑制の効果を得るための車両 10 の減速を確実に判断することができる。

30

【0080】

(10) 自車両 10 のパワートレインの入力エネルギーに対するパワートレインの出力エネルギーの比率の予測値には、式 f 5 で示される予測値と、式 f 6 で示される予測値とが含まれている。式 f 5 で示される予測値は、エンジン 60 が駆動している状態におけるエンジン 60 の入力エネルギーに対するエンジン 60 の出力エネルギーの比率の予測値である。式 f 6 で示される予測値は、エンジン 60 が停止している状態における自車両 10 のパワートレインの入力エネルギーに対するパワートレインの出力エネルギーの比率の予測値である。これにより、エンジン 60 が停止している状態における車両 10 の走行も含めて、燃料効率の良い走行方法を判断して車両 10 を走行させることができる。

40

【0081】

< 第 3 実施形態 >

次に、車両制御装置 50 の第 3 実施形態について説明する。以下、第 1 実施形態の車両制御装置 50 との相違点を中心に説明する。

本実施形態では、上記の式 f 2, f 3 に用いられる周辺車両の挙動の発生確率 p_i の演算方法の一例について説明する。なお、以下では、簡単のために、周辺車両の挙動の発生確率 p_i として、周辺車両が減速する確率である減速挙動発生確率を用いる場合について説明する。

【0082】

50

まず、周辺車両が所定の場所で減速する状況と、所定の場所を通過する状況との2つのパターンが想定される地点における車両の減速挙動を予測する場合を考える。このとき、例えば周辺車両の車速情報として図13(A)に示されるような情報が周辺監視装置34により取得されたような場合、現在の時刻 t_{30} で周辺車両が減速挙動を取るか否かを予測するとなると、その予測は、現在の時刻 t_{30} よりも前の過去の周辺車両の車速情報に基づいて行われることになる。図13(A)に示されるように、時刻 t_{30} 以前では周辺車両の速度が一定速度である。そのため、時刻 t_{30} 以前では、図13(B)に示されるように、周辺車両が減速挙動を取る確率である減速挙動発生確率は、例えば「0.5」、すなわち「50%」と演算することができる。したがって、時刻 t_{30} 以前では、周辺車両が減速する確率は「0.5」であり、周辺車両が通過する確率は「0.5」ということになる。また、時刻 t_{30} 以降、時間の経過に伴って周辺車両の速度が徐々に低下した場合、周辺車両が減速挙動を取り始めたと考えられるため、減速挙動発生確率の値は「0.5」から徐々に上昇することになる。

10

20

30

40

50

【0083】

このように、過去の周辺車両の車速情報等の走行データを利用して周辺車両の減速挙動を予測する場合、過去の走行データを学習して周辺車両の減速挙動を予測するようにすれば、より精度良く減速挙動発生確率を演算することが可能である。

一方、例えば複数の車両が統計的に減速挙動を取り易い場所を周辺車両が通過するような状況や、周辺車両の前方の信号機が青信号から黄信号に切り替わったような状況では、周辺車両の減速が実際に検出されるよりも前に、周辺車両が減速挙動を取ると予測することが可能である。このような状況を仮に時刻 t_{30} よりも前に検出した場合、その時点で減速挙動発生確率を「0.5」よりも大きい値に補正すれば、周辺車両の過去の走行データの情報だけでなく、周辺車両の将来の予測挙動の情報をも反映させた減速挙動発生確率を演算することができる。このようにして演算される減速挙動発生確率に基づいて自車両10の走行制御を実行すれば、予測される周辺車両の挙動に応じた、より適切な自車両10の走行制御の実現が可能となる。

【0084】

そこで、本実施形態では、サーバ装置41が、所定の車両から送信される過去の走行データに基づいて車両挙動の学習モデルを構築している。なお、所定の車両には、自車両10に限らず、自車両10とは異なる車両が含まれていてもよい。また、所定の車両は、単数に限らず、複数であってもよい。車両挙動の学習モデルは、車両の走行データを観測値として、その観測値に対して車両の所定の挙動が発生する尤もらしさを表す数値からなる尤度を算出することの可能な尤度関数からなるものである。尤度は、車両の走行データと学習情報との類似性を表す指標に相当する。サーバ装置41は、構築した車両挙動の学習モデルに基づいて、車両の減速挙動発生確率を求めることの可能な演算式を作成する。この演算式は、例えば以下のように作成される。

【0085】

所定の場所において車両が減速する状況と、車両が通過する状況との2パターンが想定される場合、サーバ装置41は、所定の車両から送信される走行データに基づいて減速挙動モデルと通過挙動モデルとを構築する。減速挙動モデル及び通過挙動モデルは、車両挙動の学習モデルである。走行データには、車速の時系列に関する情報等が含まれている。

【0086】

また、サーバ装置41は、所定の車両の走行データに基づいて減速挙動モデルの尤度及び通過挙動モデルの尤度を演算するとともに、それらの差分値である尤度差を求める。サーバ装置41は、この演算を過去の全走行データに対して行うことにより、各尤度差の時に、減速挙動が発生した頻度と、通過挙動が発生した頻度とを演算する。これにより、例えば図14に一点鎖線で示されるような尤度差と減速発生頻度との関係と、図14に二点鎖線で示されるような尤度差と通過発生頻度との関係を得ることができる。サーバ装置41は、この図14に示される情報に基づいて、以下の式f9に示されるような減速挙動発生確率の学習値 $p_{i,r,n}$ の演算式を作成する。

【 0 0 8 7 】

【 数 8 】

$$P_{lm} = \frac{N_{dec} \left(\mu_{dec} \frac{t}{T_{stop}}, \sigma_{dec}^2 \frac{t}{T_{stop}} \right)}{N_{dec} \left(\mu_{dec} \frac{t}{T_{stop}}, \sigma_{dec}^2 \frac{t}{T_{stop}} \right) + N_{pass} \left(\mu_{pass} \frac{t}{T_{stop}}, \sigma_{pass}^2 \frac{t}{T_{stop}} \right)} \quad (f9)$$

なお、式 f 9 において、「t」は時刻を示す。「t = 0」は各挙動モデルの開始時刻を示し、「t = T_{stop}」は各挙動モデルにおける終端時刻を示す。また、「μ_{dec}」は減速挙動モデルの平均値を示し、「σ_{dec}²」は減速挙動モデルの分散を示し、「μ_{pass}」は通過挙動モデルの平均値を示し、「σ_{pass}²」は通過挙動モデルの分散を示す。さらに、「N_{dec}」は図 1 4 に示される減速挙動モデルの頻度を正規分布化した関数であり、「N_{pass}」は図 1 4 に示される通過挙動モデルの頻度を正規分布化した関数である。関数 N_{dec}、N_{pass} のそれぞれの変数は、図 1 4 に示される横軸の値、すなわち各挙動モデルの尤度差である。よって、式 f 9 は、各モデルの尤度差から減速挙動発生確率の学習値 p_{l_{rn}} を求めることの可能な演算式となっている。

【 0 0 8 8 】

車両制御装置 5 0 は、減速挙動モデル、通過挙動モデル、及び上記の式 9 をサーバ装置 4 1 から取得する。車両制御装置 5 0 は、現在から所定時間前までの期間に周辺監視装置 3 4 により検出された周辺車両の過去の走行データから減速挙動モデルの尤度、及び通過挙動モデルの尤度を算出する。車両制御装置 5 0 は、算出された各モデルの尤度差を演算するとともに、演算された各モデルの尤度差を上記の式 f 9 に代入することにより、減速挙動発生確率の学習値 p_{l_{rn}} を算出する。

【 0 0 8 9 】

一方、本実施形態の車両制御装置 5 0 は、周辺車両の将来の減速挙動を統計的に、あるいは周辺監視装置 3 4 により検出される情報に基づいて予測するとともに、その予測される周辺車両の減速挙動の発生確率を演算する。車両制御装置 5 0 は、その演算値を減速挙動発生確率の予測値 p_{f_{tr}} として用いる。

【 0 0 9 0 】

そして、車両制御装置 5 0 は、減速挙動発生確率の学習値 p_{l_{rn}} を減速挙動発生確率の予測値 p_{f_{tr}} により補正することにより、最終的な減速挙動発生確率 p_i を求める。具体的には、車両制御装置 5 0 は、以下の式 f 1 0 に基づいて減速挙動発生確率 p_i を演算する。

$$p_i = \frac{p_{lm} - z}{z} p_{lm} + \frac{2z - p_{lm}}{z} p_{ftr} \quad (f10)$$

但し、「z = (p_{l_{rn1}} + p_{l_{rn2}}) / 2」である。「P_{l_{rn2}}」は、本実施形態では、周辺車両が所定の場所を通過する確率を示す。例えば、周辺車両が所定の場所で減速する場合と、所定の場所を通過する場合との 2 つのパターンが想定される状況では、「P_{l_{rn1}}」及び「P_{l_{rn2}}」の合計値は「1」となる。

【 0 0 9 2 】

上記の式 f 1 0 を用いた場合、減速挙動発生確率の学習値 p_{l_{rn}} が「0.5」に近い場合には、挙動発生確率 p_i において減速挙動発生確率の予測値 p_{f_{tr}} が支配的となる。また、減速挙動発生確率の学習値 p_{l_{rn}} が「0」あるいは「1」に近い場合には、挙動発生確率 p_i において減速挙動発生確率の学習値 p_{l_{rn}} が支配的となる。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

次に、減速挙動発生確率 p_i の具体的な演算方法について説明する。なお、以下では、便宜上、減速挙動発生確率 p_i の演算対象である周辺車両を「特定周辺車両」と称し、特定周辺車両を除く周辺車両を「他の周辺車両」と称する。また、周辺車両には、自車両 10 の前方を走行する先行車両の他、先行車両の除く自車両 10 の周辺の車両が含まれる。

【0094】

図15に示されるように、本実施形態の予測 ECU33 は、ステップ S12 に続くステップ S30 の処理として、減速挙動発生確率演算処理を実行する。減速挙動発生確率演算処理の具体的な手順は図16に示される通りである。

図16に示されるように、予測 ECU33 は、まず、ステップ S31 の処理として、特定周辺車両が存在するか否かを判断する。

10

【0095】

具体的には、周辺監視装置34は、自車両10の周辺に物体が検出された場合、その検出物体が周辺車両であるか否かを認識する。その際、周辺監視装置34による特定周辺車両の認識精度は状況に応じて変化する。例えば、周辺監視装置34では、自車両10から検出物体までの距離が遠いほど、物体の認識精度が低下する。そのため、周辺監視装置34は、自車両10から遠い場所に存在する物体が特定周辺車両であるか否かを精度良く検出することは困難である。そこで、本実施形態の周辺監視装置34は、特定周辺車両を検出した場合、その認識精度も合わせて演算する。例えば、周辺監視装置34は、特定周辺車両に相当する物体を検出した際に、自車両10からその物体までの相対距離に基づいて認識精度をマップや演算式等により演算する。マップや演算式等では、自車両10からその物体までの距離が長くなるほど、認識精度の値が小さくなるように設定されている。周辺監視装置34は、演算された認識精度を予測 ECU33 に送信する。予測 ECU33 は、周辺監視装置34により特定周辺車両が検出され、且つその検出された特定周辺車両の認識精度が所定の閾値以上であることに基づいて、特定周辺車両が存在すると判断する。

20

【0096】

予測 ECU33 は、特定周辺車両が存在すると判断した場合、ステップ S31 の処理で肯定判断し、続くステップ S32 の処理として、特定周辺車両の走行データの学習情報が存在するか否かを判断する。

具体的には、上記の式 f9 を用いて減速挙動発生確率の学習値 $p_{i,r,n}$ を算出するためには、自車両10の走行地点における減速挙動モデル及び通過挙動モデルがサーバ装置41により構築されている必要がある。また、上記の式 f9 を用いる際には、各モデルの尤度が必要になるため、特定周辺車両の走行データが、各モデルの尤度を演算することが可能な程度に蓄積されている必要がある。そのため、予測 ECU33 は、自車両10の走行地点における減速挙動モデル及び通過挙動モデルをサーバ装置41から取得できており、且つ各モデルの尤度を演算可能な程度に特定周辺車両の走行データが蓄積されていることをもって、ステップ S32 の処理で肯定判断する。

30

【0097】

なお、周辺車両の過去の走行データの蓄積に関しては、通信部36からサーバ装置41に車速情報等の走行データを送信することにより、サーバ装置41上に周辺車両の過去の走行データを蓄積してもよい。あるいは、自車両10において周辺車両の走行履歴を収集することにより、周辺車両の過去の走行データを蓄積してもよい。

40

【0098】

予測 ECU33 は、ステップ S32 の処理で肯定判断した場合、ステップ S33 の処理として、特定周辺車両の過去の走行データに基づいて減速挙動発生確率の学習値 $p_{i,r,n}$ を演算する。具体的には、予測 ECU33 は、特定周辺車両の過去の走行データに基づいて減速挙動モデル及び通過挙動モデルのそれぞれの尤度を演算するとともに、演算された各モデルの尤度差から上記式 f9 に基づいて減速挙動発生確率の学習値 $p_{i,r,n}$ を演算する。

【0099】

一方、予測 ECU33 は、自車両10の走行地点における減速挙動モデル及び通過挙動モデルをサーバ装置41から取得できていない場合、あるいは各モデルの尤度を演算可能

50

な程度に特定周辺車両の走行データが蓄積されていない場合には、図 1 4 に示されるステップ S 3 2 の処理で否定判断する。この場合、予測 E C U 3 3 は、ステップ S 3 4 の処理として、周辺監視装置 3 4 により検出される道路の静的な情報に基づいて減速挙動発生確率の学習値 $p_{l,r,n}$ を演算する。この道路の静的な情報には、交通信号の有無、道路の走行規則、制限速度、勾配、カーブ路、交差点の有無等が含まれている。例えば周辺監視装置 3 4 としてカメラが用いられている場合、カメラにより撮像される車両周辺の画像データに基づいて道路標識や道路状態等を検出することが可能である。予測 E C U 3 3 は、周辺監視装置 3 4 により検出される道路標識や道路状態等に基づいて道路の静的な情報を取得する。また、予測 E C U 3 3 は、道路の静的な情報の各項目に対する減速挙動発生確率を定めたマップを予め有している。予測 E C U 3 3 は、取得した道路の静的な情報の各項目に対する減速挙動発生確率をマップから演算するとともに、演算された各項目に対する減速挙動発生確率から演算式等を用いて減速挙動発生確率の学習値 $p_{l,r,n}$ を演算する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 0 】

予測 E C U 3 3 は、ステップ S 3 3 又はステップ S 3 4 の処理を実行した後、ステップ S 3 5 の処理として、特定周辺車両が将来的に減速挙動を取る要因として交通信号の存在があるか否かを判定する。例えば、予測 E C U 3 3 は、周辺監視装置 3 4 により検出される過去の走行履歴に基づいて、特定周辺車両が将来的に減速挙動を取る要因として交通信号の存在があるか否かを判断してもよい。あるいは、予測 E C U 3 3 は、周辺監視装置 3 4 により検出される道路状況に基づいて、特定周辺車両から所定範囲内に設置された信号機が存在すると判断した場合、特定周辺車両が将来的に減速挙動を取る要因として交通信号の存在があると判定してもよい。

【 0 1 0 1 】

予測 E C U 3 3 は、特定周辺車両が将来的に減速挙動を取る要因として交通信号の存在があると判定した場合、ステップ S 3 5 の処理で肯定判定し、続くステップ S 3 6 の処理として、特定周辺車両の現在の走行位置が信号機付近であって、且つその信号機の信号情報を周辺監視装置 3 4 により認識できているか否かを判断する。予測 E C U 3 3 は、周辺監視装置 3 4 により検出される道路状況に基づいて、特定周辺車両から信号機までの距離が所定の閾値未満である場合、特定周辺車両の現在の走行位置が信号機付近であると判断する。信号情報は、信号機が青色、黄色、及び赤色のいずれの色で点灯しているかを示す情報である。予測 E C U 3 3 は、周辺監視装置 3 4 により信号機の信号情報を取得する。

【 0 1 0 2 】

予測 E C U 3 3 は、特定周辺車両の現在の走行位置が信号機付近であって、且つその信号機の信号情報を周辺監視装置 3 4 により認識できている場合、ステップ S 3 6 の処理で肯定判断する。この場合、予測 E C U 3 3 は、続くステップ S 3 7 の処理として、信号機の切替タイミングに応じた減速挙動発生確率の予測値 $p_{f,t,r}$ を演算する。

【 0 1 0 3 】

具体的には、自車両 1 0 が走行している際、予測 E C U 3 3 は、周辺監視装置 3 4 により検出される信号機の信号情報に基づいて、信号機の信号の切替タイミングの情報を蓄積している。本実施形態の予測 E C U 3 3 は、信号機の信号の切替タイミングの情報として、青信号継続時間情報を蓄積している。青信号継続時間情報とは、信号機の信号が赤信号から青信号に切り替わった時間から黄信号に切り替わるまでに要する時間を意味する。

【 0 1 0 4 】

予測 E C U 3 3 は、例えば図 1 7 に示されるように、周辺監視装置 3 4 により信号機が認識された時刻 t_{40} の時点で信号機の信号が赤信号であった場合には、その後に信号機の信号が青信号に切り替わる時刻 t_{41} から、さらに信号機の信号が黄信号に切り替わる時刻 t_{42} までの時間を青信号継続時間情報として記憶装置に記憶させる。

【 0 1 0 5 】

一方、予測 E C U 3 3 は、例えば図 1 8 に示されるように、周辺監視装置 3 4 により信号機が認識された時刻 t_{50} の時点で信号機の信号が赤信号であった場合には、その後に信号機の信号が黄信号に切り替わる時刻 t_{51} までの時間を青信号継続時間情報として記

憶装置に記憶させる。

【0106】

なお、信号機の切替周期が交通流に応じて変化する信号機の場合には、VICIS (Vehicle Information and Communication System、登録商標) 等により取得される交通流の情報に応じて青信号継続時間情報を学習してもよい。

予測ECU33は、記憶装置に蓄積されている青信号継続時間情報に基づいて、図19に示されるようなマップを作成する。図19に示されるマップは、青信号継続時間を横軸とし、青信号から黄信号に切り替わる確率 p_{sig} を縦軸として、それらの関係を示したものである。このマップは、予測ECU33の記憶装置に記憶されている。

【0107】

なお、複数の車両によりそれぞれ取得された青信号継続時間情報を各車両からサーバ装置41に送信するとともに、この各車両から送信される青信号継続時間情報をサーバ装置41が学習することにより、サーバ装置41が、図19に示されるようなマップを作成してもよい。この場合、予測ECU33は、このマップをサーバ装置41から通信部36を介して取得することにより、図19に示されるマップを利用することが可能である。

【0108】

予測ECU33は、図16に示されるステップS35の処理やステップS36の処理において周辺監視装置34により信号機が認識された時点で信号機の信号が赤信号であった場合、その後赤信号から青信号に切り替わった時点からの青信号の継続時間を計測している。また、予測ECU33は、ステップS35の処理やステップS36の処理において周辺監視装置34により信号機が認識された時点で信号機の信号が青信号であった場合、その時点からの青信号の継続時間を計測している。このようにして計測される青信号継続時間に対して、秒後に青信号から黄信号に切り替わる確率 p_{sig} は、図19に示されるようなマップにおいて、横軸の値が「+」であるときの確率 p_{sig} の値として求めることができる。

【0109】

一方、特定周辺車両の現在の走行位置付近の信号機の信号が青信号から黄信号に切り替わった場合、特定周辺車両が減速挙動を取ることが想定される。すなわち、青信号から黄信号に切り替わる確率 p_{sig} と、特定周辺車両が減速挙動を取る確率との間には相関関係がある。そこで、本実施形態の予測ECU33は、図19に示されるマップに基づいて演算される確率 p_{sig} を減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} として用いる。

【0110】

図16に示されるように、予測ECU33は、ステップS36の処理で否定判断した場合には、すなわち特定周辺車両の現在の走行位置が信号機付近でない場合、あるいは信号機の信号情報を周辺監視装置34により認識できていない場合には、続くステップS38の処理として、統計的な情報に基づいて減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} を演算する。

【0111】

具体的には、サーバ装置41は、複数の車両との通信により、各車両が信号機で減速及び通過のいずれの挙動を採用したかの情報を取得するとともに、その統計情報に基づいて車両の減速挙動発生確率を算出している。例えば、サーバ装置41は、統計対象の車両が100台である場合、そのうちの50台の車両が信号機で減速し、且つその他の50台の車両が信号機を減速せずに通過した場合、その信号機における減速挙動発生確率を「0.5」と算出する。予測ECU33は、この信号機における減速挙動発生確率の統計情報 $Psta$ をサーバ装置41から取得するとともに、この減速挙動発生確率の統計情報 $Psta$ を減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} として用いる。

【0112】

図16に示されるように、予測ECU33は、ステップS35の処理で否定判断した場合には、すなわち特定周辺車両が将来的に減速挙動を取る要因として交通信号の存在がないと判定した場合には、続くステップS39の処理として、他の周辺車両の状態量が取得できているか否かを判断する。他の周辺車両の状態量には、その走行位置や速度等が含ま

10

20

30

40

50

れている。具体的には、予測 ECU33 は、周辺監視装置 34 により他の周辺車両の状態量を取得できている場合には、ステップ S39 の処理で肯定判断する。また、自車両 10 と他の周辺車両との間で車車間通信が可能である場合には、予測 ECU33 は、他の周辺車両との通信によりその状態量を取得することをもって、ステップ S39 の処理で肯定判断してもよい。

【0113】

予測 ECU33 は、ステップ S39 の処理で肯定判断した場合には、続くステップ S40 の処理として、他の周辺車両の状態量に基づいて減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} を演算する。具体的には、予測 ECU33 は、特定周辺車両の現在の走行位置や速度等の情報と、他の周辺車両の現在の走行位置や速度等の情報とに基づいて、各車両の将来の挙動をシミュレーションにより予測する。このシミュレーションにより、特定の周辺車両が減速するきっかけとなる所定の挙動が他の周辺車両に発生する確率 p_{sur} を算出する。特定の周辺車両が減速するきっかけとなる他の周辺車両の所定の挙動とは、例えば特定の周辺車両の走行している車線に他の周辺車両が車線変更するような挙動である。予測 ECU33 は、算出された他の周辺車両の所定の挙動の発生確率 p_{sur} を減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} として用いる。

10

【0114】

予測 ECU33 は、ステップ S39 の処理で否定判断した場合には、続くステップ S41 の処理として、統計的な情報に基づいて減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} を演算する。

具体的には、サーバ装置 41 は、複数の車両との通信により、各車両が所定の場所で減速したか、通過したかを統計するとともに、その統計情報に基づいて車両の減速挙動発生確率を算出している。例えば、サーバ装置 41 は、統計対象の車両が 100 台である場合、そのうちの 50 台の車両が所定の場所で減速し、且つその他の 50 台の車両が所定の場所を減速せずに通過した場合、その信号機における減速挙動発生確率を「0.5」と算出する。予測 ECU33 は、現在の自車両の場所に対応する減速挙動発生確率の統計情報 $Psta$ をサーバ装置 41 から取得するとともに、この減速挙動発生確率の統計情報 $Psta$ を減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} として用いる。

20

【0115】

予測 ECU33 は、ステップ S31 の処理において認識精度が所定の閾値以上の特定周辺車両が存在しないと判断した場合には、ステップ S31 の処理で否定判断する。この場合、予測 ECU33 は、続くステップ S43 の処理として、遠方車両に対応する特定周辺車両が存在するか否かを判断する。遠方車両とは、認識精度が所定の閾値未満である車両である。予測 ECU33 は、遠方車両に対応する特定周辺車両が存在する場合には、ステップ S43 の処理で肯定判断し、続くステップ S44 の処理として、その遠方車両の情報に基づいて減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} を演算する。

30

【0116】

例えば、予測 ECU33 は、自車両 10 から、遠方車両と認識された物体までの距離を演算するとともに、演算された距離に基づいて物体の存在確率 p_{far} を演算式等に基づいて算出する。この演算式等では、例えば物体までの距離が長くなるほど、物体の存在確率 p_{far} の値が小さくなるように設定される。予測 ECU33 は、この算出された物体の存在確率 p_{far} を減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} として用いる。

40

【0117】

予測 ECU33 は、ステップ S37, S38, S40, S41, S44 の処理で減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} を算出した後、ステップ S42 の処理として、減速挙動発生確率 p_i を演算する。具体的には、予測 ECU33 は、ステップ S33 及び S34 のいずれかの処理で演算される減速挙動発生確率の学習値 p_{lrn} と、ステップ S37, S38, S40, S41, S44 のいずれかの処理で演算される減速挙動発生確率の予測値 p_{ftr} とから上記の式 10 を用いて減速挙動発生確率 p_i を演算する。なお、「z」を演算する際に用いられる「 P_{lrn2} 」に関しては、本実施形態では、「 $P_{lrn2} = 1 - P_{lrn}$ 」という演算式から演算可能である。

50

【 0 1 1 8 】

一方、予測 ECU33 は、ステップ S43 の処理で否定判断した場合、すなわち遠方車両情報が存在しない場合には、ステップ S42 の処理を実行することなく、図 4 に示される一連の処理を終了する。この場合、自車両 10 に減速挙動を生じさせるような車両が自車両 10 の周辺に存在しないことになるため、予測 ECU33 は、図 15 に示されるステップ S13 の処理において否定判断する。したがって、ACC ECU32 は、ステップ S15 の処理として、ステップ S11 の処理で第 1 設定値 1 に仮設定された加速度指令値を E V E C U 3 1 に送信する。

【 0 1 1 9 】

以上説明した本実施形態の車両制御装置 50 によれば、以下の (11) ~ (17) に示される作用及び効果を得ることができる。

(11) 予測 ECU33 は、車両の走行データに基づいて車両の挙動を学習した学習情報、具体的には減速挙動モデルや通過挙動モデル等の車両挙動の学習モデルに基づいて特定周辺車両の減速挙動発生確率 p_i を演算する。予測 ECU33 は、この減速挙動発生確率 p_i を用いて上記の式 f_2 、 f_3 の演算式を確定した上で、上記の式 f_4 の評価関数 $F E 1$ の値が最小となる自車両 10 の状態量 $b(t)$ を決定することにより加速度指令値の第 2 設定値 2 を演算する。そして、図 15 に示されるように、予測 ECU33 がステップ S13 の処理で自車両 10 の減速が必要であると判断した場合には、ACC ECU32 が、ステップ S14 の処理として、加速度指令値 を第 2 設定値 2 に設定する。このようにして設定された加速度指令値 に基づいて車両 10 の加速度制御が実行されることにより、より早期に特定周辺車両の減速挙動を予測して自車両 10 を減速させることが可能となる。

【 0 1 2 0 】

(12) 予測 ECU33 は、周辺監視装置 34 により取得される特定周辺車両の走行データと、減速挙動モデルや通過挙動モデル等の車両挙動の学習モデルとの類似性を表す指標である尤度を算出し、この尤度に基づいて特定周辺車両の減速挙動発生確率 p_i を演算する。このような構成によれば、特定周辺車両の減速挙動発生確率 p_i を高い精度で演算することが可能である。

【 0 1 2 1 】

(13) 予測 ECU33 は、減速挙動モデルや通過挙動モデル等の車両挙動の学習モデルを用いて減速挙動発生確率 p_i を演算することができない場合、道路の静的な情報に基づいて減速挙動発生確率 p_i を演算する。このような構成によれば、車両挙動の学習モデルを用いることができない状況であっても、減速挙動発生確率 p_i を演算することが可能である。

【 0 1 2 2 】

(14) 予測 ECU33 は、周辺監視装置 34 により認識された特定周辺車両の認識精度が所定の閾値未満である場合、特定周辺車両と認識された物体が実際に存在する可能性を示す存在確率に基づいて減速挙動発生確率 p_i を補正する。このような構成によれば、周辺監視装置 34 の認識精度に応じた、より精度の高い減速挙動発生確率 p_i を演算することができる。

【 0 1 2 3 】

(15) 予測 ECU33 は、信号機の信号の切り替わりの発生確率に基づいて減速挙動発生確率 p_i を補正する。このような構成によれば、信号機の信号の切り替わりの状況に応じた、より精度の高い減速挙動発生確率 p_i を演算することができる。

(16) 予測 ECU33 は、車両の減速発生確率の統計情報に基づいて周辺車両の減速挙動発生確率 p_i を補正する。このような構成によれば、統計情報に応じた、より精度の高い減速挙動発生確率 p_i を演算することができる。

【 0 1 2 4 】

(17) 予測 ECU33 は、周辺車両の走行データを自車両 10 と周辺車両との通信により取得する。このような構成によれば、より精度の高い周辺車両の走行データを取得す

10

20

30

40

50

ることが可能である。

< 他の実施形態 >

なお、各実施形態は、以下の形態にて実施することもできる。

【0125】

・第2実施形態の車両10は、モータジェネレータ20、インバータ装置21、バッテリー22、MGECU30を有していない構成であってもよい。すなわち、第2実施形態の車両10は、エンジン60のみを走行用の動力として用いるものであってもよい。

・第3実施形態の予測ECU33は、周辺車両の挙動の学習モデルとして、減速挙動モデルと通過挙動モデルとを用いるものであったが、それら以外の学習モデルを用いてもよい。例えば、減速挙動モデルとして、停車を前提とする第1減速挙動モデルと、停車を前提としない第2減速挙動モデルを用いてもよい。

10

【0126】

・第3実施形態の車両制御装置50では、車両挙動の学習モデルの構築を、サーバ装置41に代えて、予測ECU33により行ってもよい。

・第3実施形態の予測ECU33は、周辺車両の挙動として、周辺車両の減速挙動を予測するものに限らず、周辺車両の任意の挙動を予測してもよい。また、これに合わせて、サーバ装置41又は予測ECU33は、車両の任意の挙動を学習してもよい。

【0127】

・予測ECU33は、自車両10の燃費が悪化するような周囲環境の変化として、隣接車線を走行する車両の割り込みを予測してもよい。具体的には、予測ECU33は、自車両の前方を走行する車両Caとの間に車両Cbが割り込んだような場合には、図12に実線で示されるように、割り込み前は車両Caの状態量を先行車両の状態量として用いるとともに、時刻t30で車両Cbが割り込んだ場合、それ以降は車両Cbの状態量を先行車両の状態量として用いる。

20

【0128】

・状態量 $b(t)$ として、車両10の速度や位置等の情報を含む関数を用いてもよい。

・ACCUCU32は、加速度指令値に代えて、車両10の速度を指定する速度指令値をEVECU31やHVECU39に送信してもよい。

【0129】

・予測ECU33は、自車両10の追従性能評価値を演算する際に、 i 番目の先行車両及び自車両10のそれぞれの位置情報に代えて、それらの速度情報を用いてもよい。例えば、理想走行範囲を最低速度 V_{min} から最高速度 V_{max} までの範囲で定義した上で、この理想走行範囲からの自車両10の将来の予想速度の逸脱量 z_i を以下の式(11)で表す。

30

【0130】

【数10】

$$z_i = \begin{cases} V_{min} - V & (V < V_{min}) \\ V - V_{max} & (V > V_{max}) \end{cases} \quad (f11)$$

そして、この逸脱量 z_i を現在から予測時間 T の範囲で積分した値を、自車両10の追従性能評価値として用いてもよい。

40

・周辺監視装置34は、道路周辺を歩行する歩行者、交通信号、道路の走行規制、制限速度、勾配、カーブ、交差点等の情報を取得するものであってもよい。この場合、予測ECU33は、周辺監視装置34により取得されるそれらの情報に基づいて、車両10を減速させる必要があるか否かを判定してもよい。

【0131】

・予測ECU33は、自車両10の燃費に関する指標として、燃費の予測値を用いてもよい。具体的には、予測ECU33は、燃費のデータを蓄積するとともに、蓄積された過去の燃費のデータに基づいて燃費の予測値を演算する。

・車両10の加速度を制限する方法としては、加速度指令値を変更する方法に限らず

50

、結果的に加速度が変化するような指令方法、例えば車両 10 の駆動トルクやパワーを制限する方法等を採用してもよい。車両 10 の駆動トルクやパワーの制限とは、モータジェネレータ 20 及びバッテリー 22 の保護のための出力制限とは異なり、コンポーネントの最大出力の如何に関わらず、制御上で出力を制限するものである。

【0132】

・ACC ECU 32 は、ACC 制御や CC 制御等により車両 10 の走行を制御する方法として、自車両 10 の加速度を制御する加速度制御を用いる方法に代えて、自車両 10 の速度を制御する速度制御を用いる方法を採用してもよい。ACC ECU 32 は、第 1 実施形態の変形例のように、自車両 10 の乗員に運転方法を指示する指示制御を用いることもできる。

10

【0133】

・車両制御装置 50 が提供する手段及び / 又は機能は、実体的な記憶装置に記憶されたソフトウェア及びそれを実行するコンピュータ、ソフトウェアのみ、ハードウェアのみ、あるいはそれらの組み合わせにより提供することができる。例えば車両制御装置 50 がハードウェアである電子回路により提供される場合、それは多数の論理回路を含むデジタル回路、又はアナログ回路により提供することができる。

【0134】

・本開示は上記の具体例に限定されるものではない。上記の具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている限り、本開示の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素、及びその配置、条件、形状等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。前述した各具体例が備える各要素は、技術的な矛盾が生じない限り、適宜組み合わせを変えることができる。

20

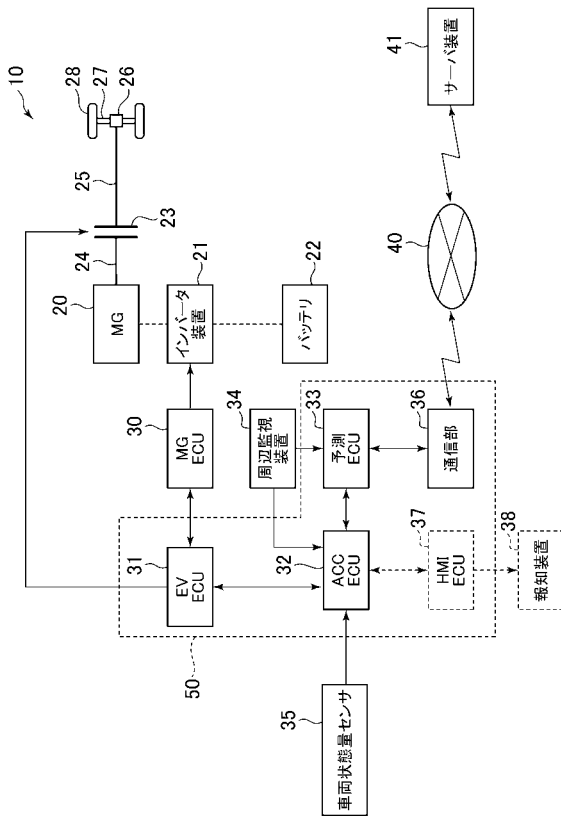
【符号の説明】

【0135】

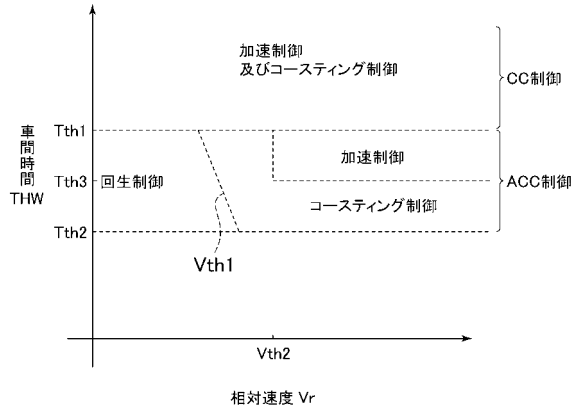
- 10 : 自車両
- 20 : モータジェネレータ (パワートレイン)
- 28 : 車輪
- 50 : 車両制御装置
- 31 : E V E C U (走行制御部)
- 32 : A C C E C U (加速度制御部)
- 33 : 予測 E C U (環境予測部)
- 34 : 周辺監視装置 (周辺監視部)
- 39 : H V E C U (走行制御部)
- 60 : エンジン (パワートレイン)

30

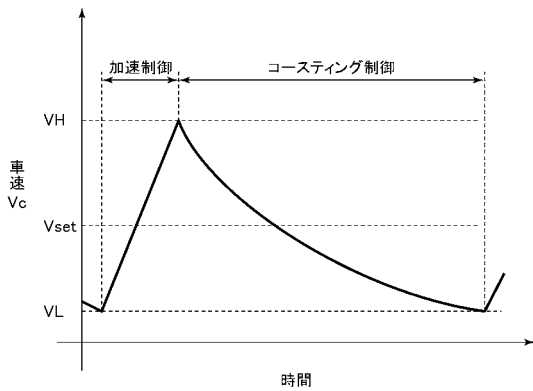
【図1】



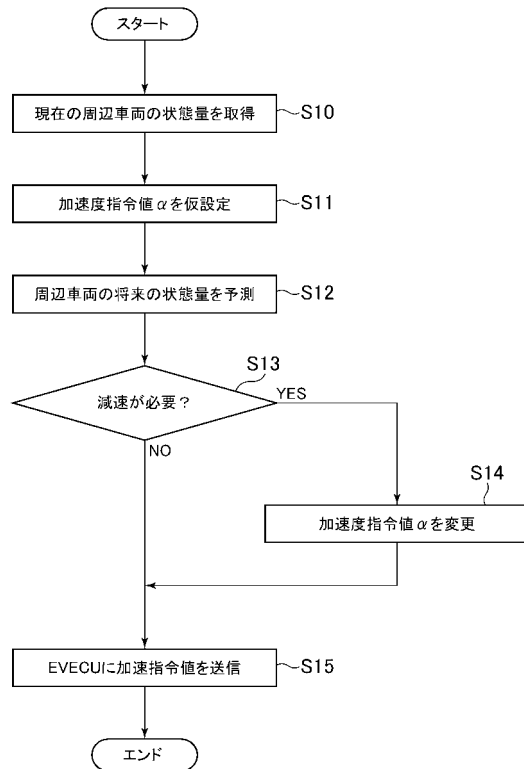
【図2】



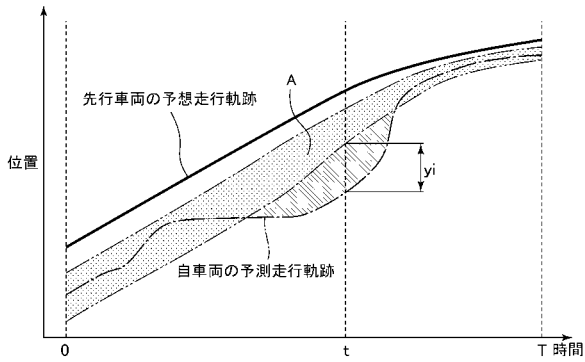
【図3】



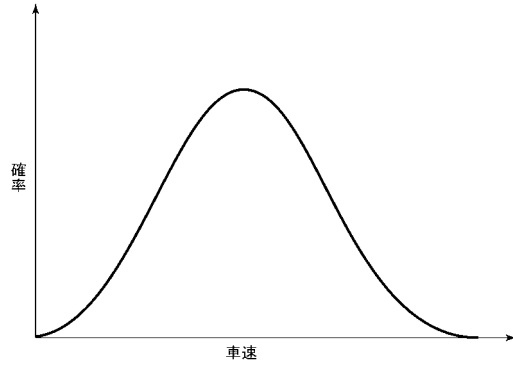
【図4】



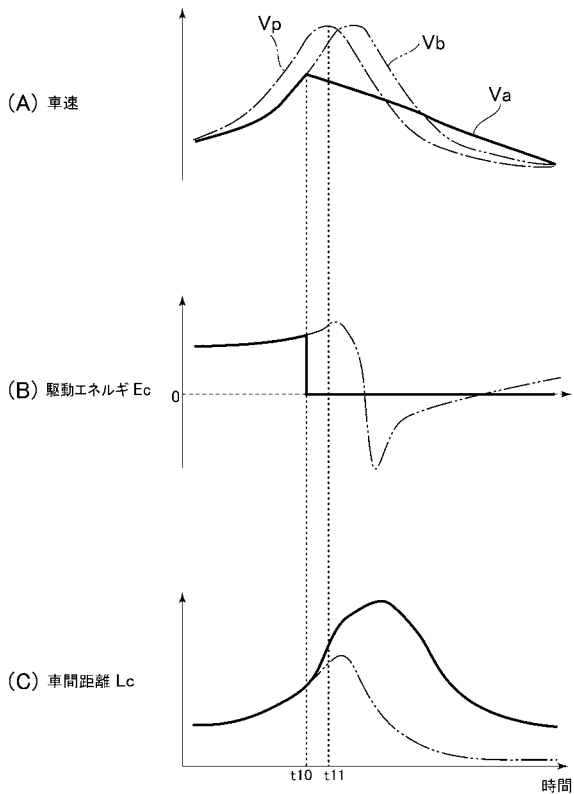
【 図 5 】



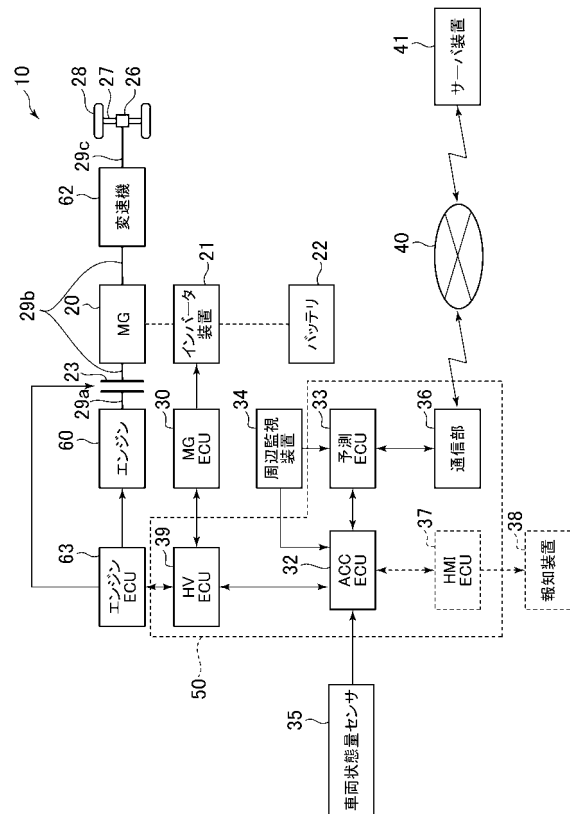
【 図 6 】



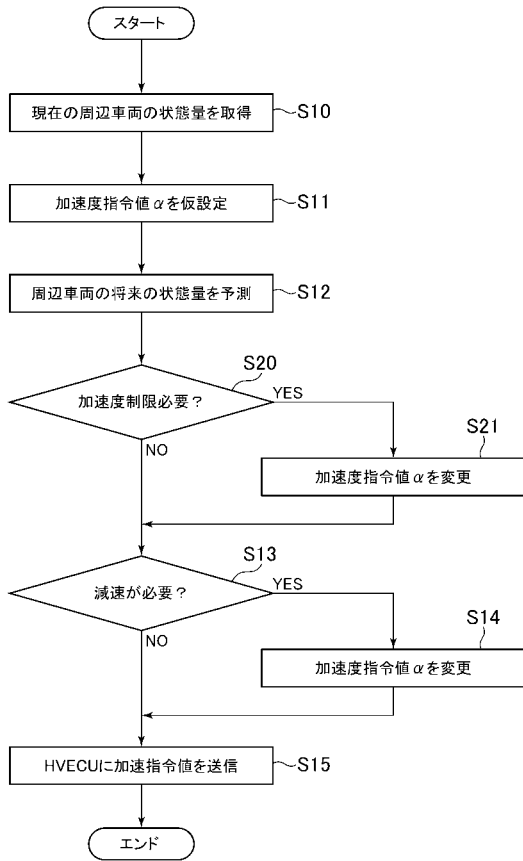
【 図 7 】



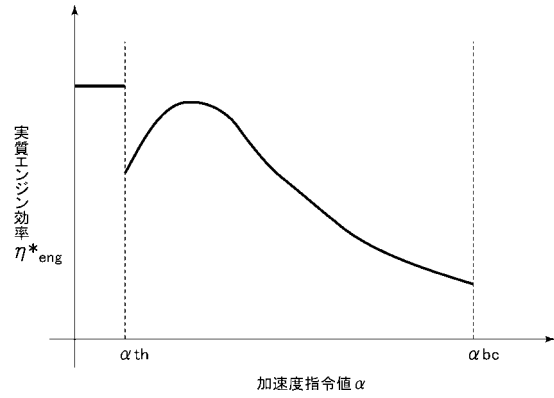
【 図 8 】



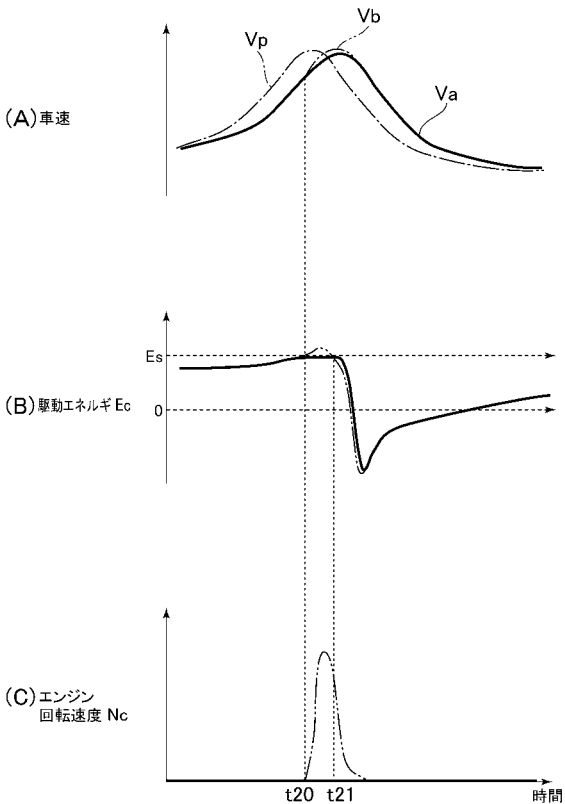
【 図 9 】



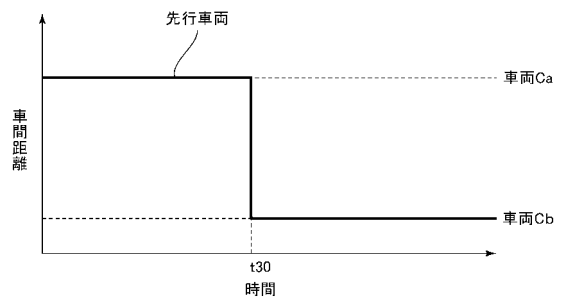
【 図 1 0 】



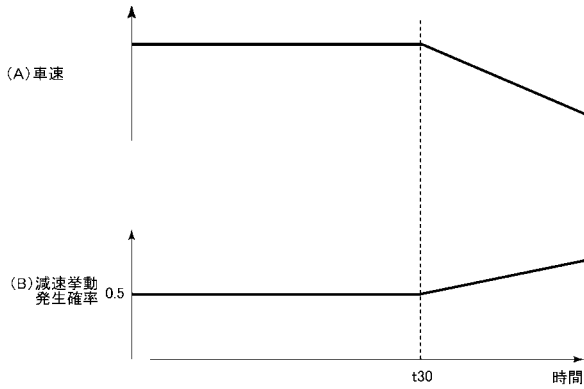
【 図 1 1 】



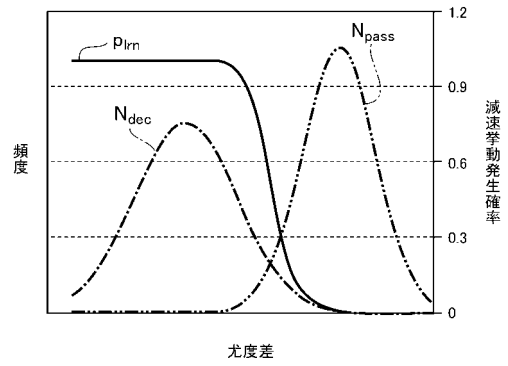
【 図 1 2 】



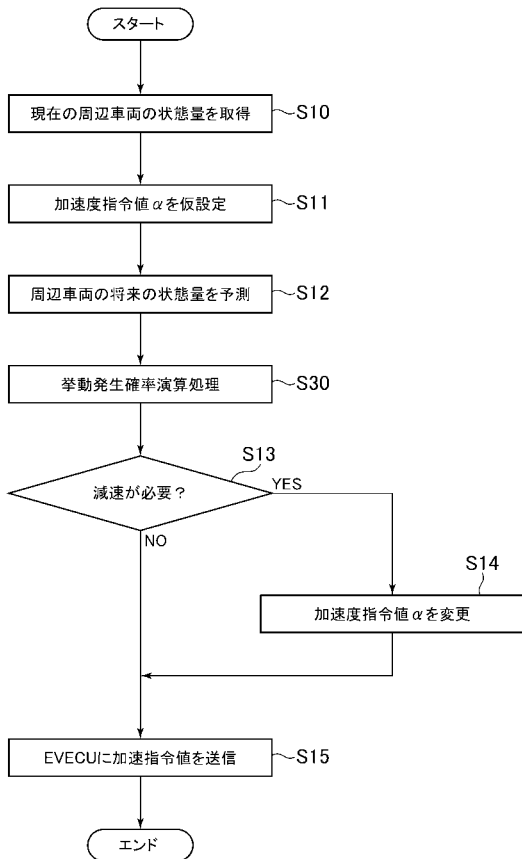
【 図 1 3 】



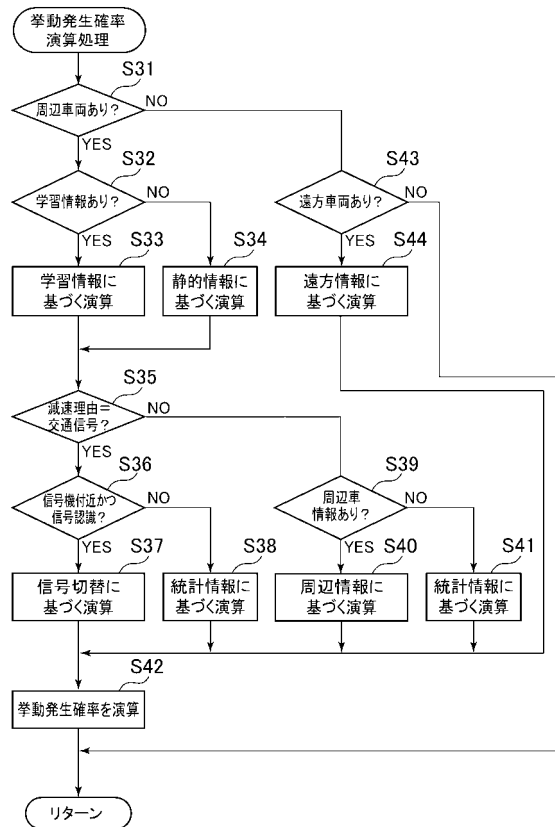
【 図 1 4 】



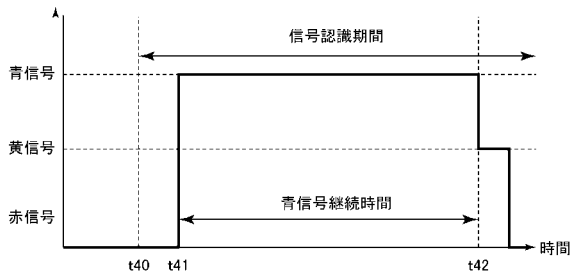
【 図 1 5 】



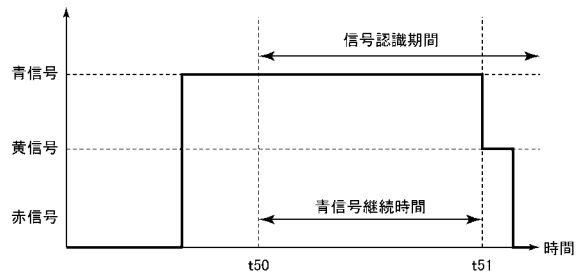
【 図 1 6 】



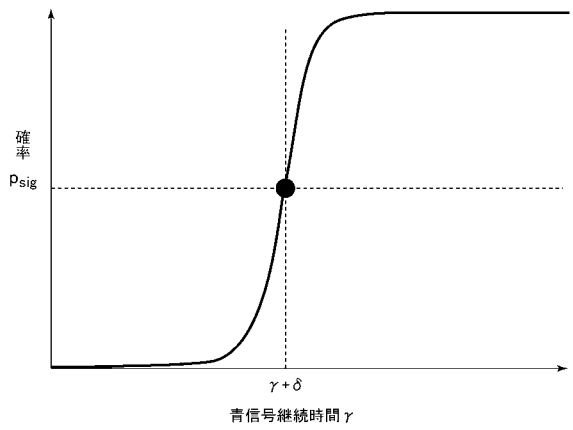
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B 6 0 W 10/02 (2006.01)	B 6 0 W 50/14	3 J 5 5 2
B 6 0 W 10/04 (2006.01)	B 6 0 K 31/00	5 H 1 2 5
B 6 0 W 10/06 (2006.01)	B 6 0 W 10/00	5 H 1 8 1
G 0 8 G 1/09 (2006.01)	B 6 0 W 10/06	
B 6 0 K 6/48 (2007.10)	G 0 8 G 1/09	D
B 6 0 K 6/54 (2007.10)	G 0 8 G 1/09	H
B 6 0 W 10/08 (2006.01)	B 6 0 K 6/48	Z H V
B 6 0 W 20/12 (2016.01)	B 6 0 K 6/54	
B 6 0 W 20/11 (2016.01)	B 6 0 W 10/06	9 0 0
F 1 6 H 59/60 (2006.01)	B 6 0 W 10/08	9 0 0
F 1 6 H 61/02 (2006.01)	B 6 0 W 20/12	
F 1 6 H 63/50 (2006.01)	B 6 0 W 20/11	
F 1 6 D 48/02 (2006.01)	F 1 6 H 59/60	
B 6 0 L 9/18 (2006.01)	F 1 6 H 61/02	
B 6 0 L 15/20 (2006.01)	F 1 6 H 63/50	
G 0 8 G 1/16 (2006.01)	F 1 6 D 48/02	6 4 0 H
	B 6 0 L 9/18	J
	B 6 0 L 15/20	J
	G 0 8 G 1/16	E

Fターム(参考)	3D241	AA21	AA41	AC01	AC06	AD01	AD17	AE02	AE14	BA02	BA44
		BA46	CC03								
	3D244	AA11	AA18	AA19	AC02	AC59	AD01	AD14	AE16		
	3G093	AA07	BA23	CB06	CB07	CB10	DB05	DB10	FA07	FB05	
	3J057	BB03	GA18	GB35	GB36	GE07	HH01	JJ01			
	3J552	NA01	NB08	PA21	PA47	PA59	RB12	RB18	SA02	UA03	VB04W
			VB12W								
	5H125	AA01	AC08	AC12	CC03	CD02	EE52	EE55	EE61	EE66	
	5H181	AA01	BB04	BB05	CC03	CC04	CC12	CC14	LL01	LL04	LL07
			LL08	LL09							