

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4229141号
(P4229141)

(45) 発行日 平成21年2月25日(2009.2.25)

(24) 登録日 平成20年12月12日(2008.12.12)

(51) Int.Cl.

F 1

B 6 2 D 6/00 (2006.01)

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 101/00 (2006.01)

B 6 2 D 101:00

B 6 2 D 111/00 (2006.01)

B 6 2 D 111:00

B 6 2 D 113/00 (2006.01)

B 6 2 D 113:00

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2006-169187 (P2006-169187)
 (22) 出願日 平成18年6月19日(2006.6.19)
 (65) 公開番号 特開2007-331715 (P2007-331715A)
 (43) 公開日 平成19年12月27日(2007.12.27)
 審査請求日 平成19年5月24日(2007.5.24)

(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 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 麻生 誠
 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 佐々木 智洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両状態量推定装置及びその装置を用いた車両操舵制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両の運動状態を表す所定状態量を観測する複数の観測手段と、
 前記観測手段によって観測された所定状態量を車両の運動状態のモデルに入力して車両の運動状態を表す状態量を推定する推定手段とを有する、車両状態量推定装置であって、
 前記観測手段によって観測された所定状態量の信頼度を前記観測手段毎に評価する評価手段を備え、
 前記推定手段は、前記複数の観測手段によって観測された複数の所定状態量を前記モデルへ反映させるものであり、
 前記観測手段によって観測された所定状態量の前記モデルへの反映度合いが、前記評価手段によって評価された信頼度に基づいて設定され、
 前記評価手段は、前記所定状態量が観測された際の観測環境に基づいて前記信頼度を評価し、前記観測環境が観測誤差の大きい環境であるほど前記信頼度を低く評価する、車両状態量推定装置。

【請求項 2】

前記評価手段は、前記所定状態量の観測時点からの経過時間に基づいて前記信頼度を評価し、
 前記経過時間が長くなるほど前記信頼度を低く評価する、請求項 1 に記載の車両状態量推定装置。

【請求項 3】

10

20

前記評価手段は、前記所定状態量の観測時点からの走行距離に基づいて前記信頼度を評価し、

前記走行距離が長くなるほど前記信頼度を低く評価する、請求項 1 に記載の車両状態量推定装置。

【請求項 4】

車両の運動状態を表す所定状態量を観測する複数の観測手段と、

前記観測手段によって観測された所定状態量を車両の運動状態のモデルに入力して車両の運動状態を表す状態量を推定する推定手段とを有する、車両状態量推定装置であって、

前記観測手段によって観測された所定状態量の信頼度を前記観測手段毎に評価する評価手段を備え、

前記推定手段は、前記複数の観測手段によって観測された複数の所定状態量を前記モデルへ反映させるものであり、

前記観測手段によって観測された所定状態量の前記モデルへの反映度合いが、前記評価手段によって評価された信頼度に基づいて設定され、

前記評価手段は、前記所定状態量の観測時点からの経過時間に基づいて前記信頼度を評価し、前記経過時間が長くなるほど前記信頼度を低く評価する、車両状態量推定装置。

【請求項 5】

車両の運動状態を表す所定状態量を観測する複数の観測手段と、

前記観測手段によって観測された所定状態量を車両の運動状態のモデルに入力して車両の運動状態を表す状態量を推定する推定手段とを有する、車両状態量推定装置であって、

前記観測手段によって観測された所定状態量の信頼度を前記観測手段毎に評価する評価手段を備え、

前記推定手段は、前記複数の観測手段によって観測された複数の所定状態量を前記モデルへ反映させるものであり、

前記観測手段によって観測された所定状態量の前記モデルへの反映度合いが、前記評価手段によって評価された信頼度に基づいて設定され、

前記評価手段は、前記所定状態量の観測時点からの走行距離に基づいて前記信頼度を評価し、前記走行距離が長くなるほど前記信頼度を低く評価する、車両状態量推定装置。

【請求項 6】

前記推定手段は、カルマンフィルタであって、

前記カルマンフィルタの観測方程式に各観測値の観測誤差の標準偏差の項が追加され、前記信頼度が低く評価されるほど前記標準偏差が大きくなる、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の車両状態量推定装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の車両状態量推定装置と、

該車両状態量推定装置によって推定された車両の運動状態を表す状態量に基づいて操舵系における操舵アクチュエータに対する制御信号を生成する制御信号生成手段とを備える、車両操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、走行する車両の運動状態を表す状態量を推定する車両状態量推定装置に係り、詳しくは、車両の運動状態をモデル化してその状態量を演算することにより実際の車両の状態量を推定するようにした車両状態量推定装置に関する。また、本発明は、その車両状態量推定装置を用いた車両操舵制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、車両を自動操舵制御にて予め定めた道路上を運行させる車両運行システムが提案されている。この車両運行システムでは、路面の車両走行軌道に沿って所定間隔にてマーカ（磁気マーカ）が設置され、車両が各マーカを通過するごとに車両に搭載したマーカセ

10

20

30

40

50

ンサから出力されるマーカと当該車両との相対的な位置関係を反映した検出信号に基づいて当該車両の車両走行軌道からの横変位を検出している。そして、このマーカ通過ごとに検出される横変位に基づいて車両が車両走行軌道から外れないように操舵制御を行っている。

【 0 0 0 3 】

このような車両運行システムにおいて、より精度の高い操舵制御を実現するために、従来、カルマンフィルタを用いて操舵制御に必要な車両のヨー運動及び横運動の状態を表す状態量を推定する手法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。この特許文献 1 に記載の従来技術では、車両がマーカ上を通過するごとに得られる横変位の観測値を用いて車両のヨー運動及び横運動を表す状態量として定義された 4 つの状態変数（ヨーレート、ヨー角、横変位速度、横変位）の推定値がカルマンフィルタによって演算される。

10

【 0 0 0 4 】

そして、その特許文献 1 に記載の従来技術は、磁気マーカを通過する毎に横変位とヨーレートを観測値として取得しその観測値を用いて車両の状態量の推定値を演算する距離軸カルマンフィルタと、所定周期毎にヨーレートを観測値として取得し前回演算した推定値を用いると共にその観測値を用いて車両の状態量の推定値を演算する時間軸カルマンフィルタとを備え、時間軸カルマンフィルタは、距離軸カルマンフィルタにて推定値が得られるごとに、前回演算した推定値に代えて距離軸カルマンフィルタにて得られた推定値を用いて車両の状態量の推定値を演算するものである。つまり、各磁気マーカで距離軸カルマンフィルタにて得られる推定値を時間軸カルマンフィルタにおける推定に反映させることによって、横変位の観測ができない磁気マーカ間であっても、車両の状態量の推定精度の向上を図ろうとしている。

20

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 3 4 3 4 1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、上述の特許文献 1 に記載の従来技術では、次の磁気マーカを通過するまで、その直前の磁気マーカを通過するときに距離軸カルマンフィルタにて得られた推定値が、時間軸カルマンフィルタによる推定に反映されているため、磁気マーカ間において車両に横方向に大きな動きがある場合には、磁気マーカ間の状態量の推定誤差が大きくなりやすい傾向がある。すなわち、磁気マーカ間では横変位の観測ができないことにより、実道路形状の施工、ヨーレートドリフト、車両のモデル化などによる誤差が累積しやすいため、距離軸カルマンフィルタにて得られた推定値を時間軸カルマンフィルタに反映する周期が長くなる場合（例えば、曲率の大きなカーブにおいて極低速で走行するような場合）には、磁気マーカ間の時間軸カルマンフィルタによる推定誤差が大きくなりやすい傾向がある。

30

【 0 0 0 6 】

そこで、本発明は、車両の運動状態を表す状態量の推定精度を向上させる車両状態量推定装置の提供を第 1 の目的とする。また、本発明は、そのような車両状態量推定装置を用いた車両操舵制御装置の提供を第 2 の目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記第 1 の目的を達成するため、第 1 の発明は、

車両の運動状態を表す所定状態量を観測する複数の観測手段と、

前記観測手段によって観測された所定状態量を車両の運動状態のモデルに入力して車両の運動状態を表す状態量を推定する推定手段とを有する、車両状態量推定装置であって、

前記観測手段によって観測された所定状態量の信頼度を前記観測手段毎に評価する評価手段を備え、

前記推定手段は、前記複数の観測手段によって観測された複数の所定状態量を前記モデルへ反映させるものであり、

50

前記観測手段によって観測された所定状態量の前記モデルへの反映度合いが、前記評価手段によって評価された信頼度に基づいて設定され、

前記評価手段は、前記所定状態量が観測された際の観測環境に基づいて前記信頼度を評価し、前記観測環境が観測誤差の大きい環境であるほど前記信頼度を低く評価することを特徴とする。

【0009】

これにより、客観的に把握され得る観測環境が観測誤差の大きい環境であれば前記モデルへの反映度合いを抑えることができるので、観測環境の悪化による観測手段の観測精度の低下に対してロバストな状態量推定が可能となる。

【0011】

また、本発明は、

車両の運動状態を表す所定状態量を観測する複数の観測手段と、

前記観測手段によって観測された所定状態量を車両の運動状態のモデルに入力して車両の運動状態を表す状態量を推定する推定手段とを有する、車両状態量推定装置であって、

前記観測手段によって観測された所定状態量の信頼度を前記観測手段毎に評価する評価手段を備え、

前記推定手段は、前記複数の観測手段によって観測された複数の所定状態量を前記モデルへ反映させるものであり、

前記観測手段によって観測された所定状態量の前記モデルへの反映度合いが、前記評価手段によって評価された信頼度に基づいて設定され、

前記評価手段は、前記所定状態量の観測時点からの経過時間に基づいて前記信頼度を評価し、前記経過時間が長くなるほど前記信頼度を低く評価することを特徴とする。これにより、観測時点からの時間経過により低下するその観測データの正確度を前記モデルに反映させることができるので、観測時点からの時間経過による観測手段の観測精度の低下に対してロバストな状態量推定が可能となる。例えば、実道路の施工誤差や車両モデル誤差の累積が観測時点から生じたとしても、ロバストな状態量推定が可能となる。

【0012】

また、本発明は、

車両の運動状態を表す所定状態量を観測する複数の観測手段と、

前記観測手段によって観測された所定状態量を車両の運動状態のモデルに入力して車両の運動状態を表す状態量を推定する推定手段とを有する、車両状態量推定装置であって、

前記観測手段によって観測された所定状態量の信頼度を前記観測手段毎に評価する評価手段を備え、

前記推定手段は、前記複数の観測手段によって観測された複数の所定状態量を前記モデルへ反映させるものであり、

前記観測手段によって観測された所定状態量の前記モデルへの反映度合いが、前記評価手段によって評価された信頼度に基づいて設定され、

前記評価手段は、前記所定状態量の観測時点からの走行距離に基づいて前記信頼度を評価し、前記走行距離が長くなるほど前記信頼度を低く評価することを特徴とする。これにより、観測時点からの走行距離により低下するその観測データの正確度を前記モデルに反映させることができるので、観測時点からの走行距離増加による観測手段の観測精度の低下に対してロバストな状態量推定が可能となる。例えば、実道路の施工誤差や車両モデル誤差の累積が観測時点から生じたとしても、ロバストな状態量推定が可能となる。

【0013】

また、本発明は、上記のいずれかの発明に係る車両状態量推定装置であって、

前記推定手段は、カルマンフィルタであって、

前記カルマンフィルタの観測方程式に各観測値の観測誤差の標準偏差の項が追加され、前記信頼度が低く評価されるほど前記標準偏差が大きくなることを特徴とする。

【0014】

また、上記第2の目的を達成するため、本発明として、

上記のいずれかの発明に係る車両状態量推定装置と、

該車両状態量推定装置によって推定された車両の運動状態を表す状態量に基づいて操舵系における操舵アクチュエータに対する制御信号を生成する制御信号生成手段とを備える、車両操舵制御装置を提供する。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、車両の運動状態を表す状態量の推定精度を向上させる車両状態量推定装置を実現することができる。また、そのような車両状態量推定装置を用いた車両操舵制御装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0016】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態の説明を行う。本発明の実施の一形態に係る車両状態量推定装置は、カルマンフィルタを用いて車両の状態量、特に、車両の横方向に係る運動状態（ヨー運動及び横運動）を表す状態量を推定する。具体的には、この車両の横方向に係る運動状態を表す状態量として、例えば、ヨーレート、ヨー角、横変位速度及び横位置（横変位）を推定している。

【0017】

その推定手法について、図1を用いて簡単に説明する。図1において、車両100は、例えば、磁気マーカが離散的に設置された軌道に沿って走行するように操舵制御される。車両100の横方向に係る運動状態は、操舵角、車輪速度、道路曲率、バンク角（カント）などの因子に影響される。その運動状態を表す状態量（ヨーレート、ヨー角、横変位速度、横位置）のうち、ヨーレートがヨーレートセンサからの検出信号に基づいて自律的に観測され、横位置が磁気センサ等のマーカセンサによって磁気マーカが検出されるごとにその検出信号に基づいて観測される。また、同時に、横位置は、車両の位置を特定可能なGPS受信機や軌道に沿って引かれた白線を認識可能な白線認識装置からの検出信号に基づいて自律的にも観測され。

20

【0018】

カルマンフィルタ200は、上記のような操舵角、車輪速度、道路曲率、バンク角などの因子に影響される車両100の運動状態をモデル化し、これらの因子及び上記のように観測された横位置及びヨーレート、更に前回の推定値を用いてヨーレート、ヨー角、横変位速度及び横位置の推定値を演算する。実際に観測されるヨーレート及び横位置には、ヨーレートセンサやマーカセンサや白線認識測定やGPS測定の雑音成分（測定雑音）が定常的に含まれ、更に、車両100固有の雑音成分（システム雑音）も含まれる。これに対して、カルマンフィルタ200によって状態量（ヨーレート、ヨー角、横変位速度及び横位置）の各推定値を繰り返し演算することによって、当該状態量の各推定値は上記雑音成分が除かれた真の値に収束してゆく。

30

【0019】

上記のようなカルマンフィルタを用いた車両状態量推定装置を用いた車両の操舵制御装置は、例えば、図2に示すように構成される。図2において、GPS受信機11、白線認識装置12、マーカセンサ13、ヨーレートセンサ14、Gセンサ15、車輪速センサ16及び操舵角センサ17が制御ユニット（ECU）50に接続されている。GPS受信機11は、GPS衛星からの受信情報に基づいて特定された車両の位置に係る座標情報（例えば、緯度及び経度）に応じた検出信号を出力する。白線認識装置12は、軌道に沿って引かれた白線との車両横方向における相対的な位置関係に応じた検出信号を出力する。マーカセンサ13は、磁気マーカ（レーンマーカ）の発する磁気の大きさに応じた検出信号を出力する。したがって、マーカセンサ13は、軌道に沿って離散的に設置された各磁気マーカ上を車両が通過するときにはその磁気マーカとの車両横方向における相対的な位置関係に応じた検出信号を出力する。ヨーレートセンサ14は、走行中の車両のヨーレートに応じた検出信号を出力する。Gセンサ15は、走行中の車両の横加速度に応じた検出信号を出力する。車輪速センサ16は、走行する車両の車輪の回転速度（車両速度に対応）

40

50

に応じたパルス信号を検出信号として出力する。操舵角センサ 17 は、操舵輪（前輪）の操舵角度に応じた検出信号を出力する。

【 0 0 2 0 】

また、メモリユニット 20 には、車両の走行する道路の形状（曲率、バンク角、道路の車線数、車線幅、標高等）や、周辺道路建造物（家屋、ビル、交差点、踏切、駐車場、有料道路の料金所等）に係る地図情報が座標データとともに予め格納されており、制御ユニット 50 は、メモリユニット 20 からこの地図情報を必要に応じて読み出す。メモリユニット 20 内の地図情報は、車車間通信や路車間通信や所定の管理センターなどの外部との通信を介して、あるいは、CD や DVD などの媒体を介して、更新可能にしてもよい。

【 0 0 2 1 】

制御ユニット 50 は、上述したようなカルマンフィルタ 200 の機能及び車両操舵制御の機能を有している。このカルマンフィルタ 200 の機能により、車両の横方向に係る運動状態を表す状態量（ヨーレート、ヨー角、横変位速度、横位置）の推定演算が行われ、車両操舵制御部 31 により、推定演算された状態量に基づいて操舵角が演算され、その操舵角に応じた操舵制御信号が出力される。このように制御ユニット 50 から出力される操舵制御信号に基づいて操舵系に設けられた操舵アクチュエータ 32 が駆動する。

【 0 0 2 2 】

制御ユニット 50 のカルマンフィルタ 200 は、

状態変数 $x = (\eta, \dot{\eta}, \theta, \gamma)^T$

影響因子（入力量） $u = (\delta, \kappa, \alpha)^T$

システム雑音 $w = (w_\eta, w_{\dot{\eta}}, w_\theta, w_\gamma)^T$

観測量 $y = (Dmag, Dgps, Dwl, yy)^T$

観測誤差標準偏差 $\sigma = (\sigma mag, \sigma gps, \sigma wl, \sigma y)^T$

と定義したときに、[数 1] に示される状態方程式と [数 2] に示される観測方程式を定式化する。なお、「 $()^T$ 」は、転置行列を示す。また、 η' と数式中の「ドット η 」は、同義である。

【 0 0 2 3 】

【 数 1 】

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \eta \\ \dot{\eta} \\ \theta \\ \gamma \end{pmatrix} = \begin{matrix} A \\ \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{A_1}{V} & -A_1 & \frac{A_2}{V} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{A_3}{V} & -A_3 & \frac{A_4}{V} \end{pmatrix} \end{matrix} \begin{pmatrix} \eta \\ \dot{\eta} \\ \theta \\ \gamma \end{pmatrix} + \begin{matrix} B \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \frac{K_f}{m} & -V^2 & g \\ 0 & -V & 0 \\ \frac{K_f l_f}{I} & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix} \begin{pmatrix} \delta \\ \kappa \\ \alpha \end{pmatrix} + \begin{matrix} G \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \begin{pmatrix} w_\eta \\ w_{\dot{\eta}} \\ w_\theta \\ w_\gamma \end{pmatrix}$$

$$\text{ただし } A_1 = -\frac{K_f + K_r}{m}, A_2 = -\frac{K_f l_f - K_r l_r}{m}$$

$$A_3 = -\frac{K_f l_f - K_r l_r}{I}, A_4 = -\frac{K_f l_f^2 + K_r l_r^2}{I}$$

【 0 0 2 4 】

【数 2】

$$\begin{matrix} C & D \\ \begin{pmatrix} D_{mag} \\ D_{gps} \\ D_{wl} \\ \gamma_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & L & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta \\ \dot{\eta} \\ \theta \\ \gamma \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{2}L^2 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2}L^2 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2}L^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta \\ \kappa \\ \alpha \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sigma_{mag} \\ \sigma_{gps} \\ \sigma_{wl} \\ \sigma_{yr} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad 10$$

ここで、[数 1]における (d / d t) は、時間 t に関する微分演算子である。また、状態方程式 [数 1] と観測方程式 [数 2] における各変数は、

η : 車両重心の横位置

η' : 車両重心の横変位速度 (車両重心の横位置微分)

θ : 道路接線方向に対するヨー角

γ : ヨーレート

δ : 操舵角 (操舵角センサ 17 により検出)

κ : 道路曲率 (地図情報から取得)

α : バンク角 (地図情報から取得)

D_{mag} , D_{gps} , D_{wl} : 横位置 (観測値)

γ_y : ヨーレート (観測値)

w_η , $w_{\eta'}$, w_θ , w_γ : 状態量のシステム雑音

V : 車速 (車輪速センサ 11 により検出)

g : 重力加速度

m : 車両質量

I : ヨー慣性質量

K_f , K_r : 前・後輪のコーナリングパワー

l_f , l_r : 重心と前・後輪との間の距離

L : 重心から車両前端までの距離

と定義される。なお、観測方程式 [数 2] における観測誤差標準偏差 σ についての説明は後述する。

【0025】

上記各変数は、図 3 に示すような座標系において定義される。即ち、曲率 κ の軌道 R (目標軌跡) の接線 ξ と垂直な方向 η に車両 100 (二輪モデル) の重心 G が位置するように車両 100 と軌道 R との関係が設定される。そして、重心 G を原点とした車両前後左右方向の座標系 $x-y$ にて重心 G と前・後車輪との距離 l_f , l_r が定義される。また、状態量としてのヨーレート γ は、重心 G 回りのヨーレートとして定義される。横位置 D は、上記方向 η における軌道 R からマーカセンサ (車両先端に設置) までの距離として定義される。状態量としてのヨー角 θ は、軌道 R の接線方向 ξ と車両の前後方向 x とのなす角度として定義される。

【0026】

上記の状態方程式 [数 1] と観測方程式 [数 2] に基づき、カルマンフィルタ 200 によって状態量 (ヨーレート、ヨー角、横変位速度及び横位置) の各推定値を繰り返し演算することによって、当該状態量の各推定値は上記雑音成分が除かれた真の値に収束してゆ

10

20

30

40

50

く。なお、カルマンフィルタ 200 での処理にて推定値を繰り返し演算する過程で、状態方程式 [数 1] に示す微分方程式を解く際に前回得られた推定値が用いられる。

【 0 0 2 7 】

さらに、カルマンフィルタ 200 では、前回予測した推定誤差共分散行列 $P_{K(t/t-1)}$ を用いて、今回の推定誤差共分散行列 $P_{K(t/t)}$ を求めるために、[数 3] に示される共分散方程式を定式化する。そして、カルマンフィルタ 200 では、共分散方程式 [数 3] を解き、今回の推定誤差共分散行列 $P_{K(t/t)}$ を決定する。さらに、カルマンフィルタ 200 では、今回決定した推定誤差共分散行列 $P_{K(t/t)}$ を用いて、次の推定誤差共分散行列 $P_{K(t+1/t)}$ を予測するために、[数 4] に示される共分散方程式を解き、次の推定誤差共分散行列 $P_{K(t+1/t)}$ を予測する。

10

【 0 0 2 8 】

【 数 3 】

$$P_{K(t/t)} = P_{K(t/t-1)} - K_{K(t)} C_{(t)} P_{K(t/t-1)}$$

【 0 0 2 9 】

20

【 数 4 】

$$P_{K(t+1/t)} = A_{(t)} P_{K(t/t)} A_{(t)}^T - G_{(t)} Q_{K(t)} G_{(t)}^T$$

推定誤差共分散行列 P_K は、[数 5] で示される。推定誤差共分散行列 P_K の各対角値は、カルマンフィルタ 200 によって推定された横位置、横変位速度、ヨー角及びヨーレートに対する各推定誤差（ひいては、これらを推定するために用いた観測量や入力量の検出誤差に相当する）を示す。すなわち、推定誤差共分散行列 P_K の各対角値は、その値が大きいほど、その対角値に対応する状態量 x の各値の推定精度（ひいては、これらを推定するために用いた観測量や入力量の検出精度）が低いこと（推定誤差が大きいこと）を示す。[数 3] の $K_{K(t)}$ は、カルマンゲインであり、[数 6] によって求められる。[数 3] の行列 C は、[数 2] の行列 C に相当する。[数 4] の行列 A は [数 1] 内の行列 A に相当する。[数 4] の行列 G は [数 1] 内の行列 G に相当する。[数 4] の行列 Q_K は、[数 7] で表され、その対角値がシステム雑音の標準偏差である。行列 Q_K の各値は、横位置 η , 横変位速度 η' , ヨー角 θ , ヨーレート y に対応して各値が設定される。この各値は、予め設定された固定値でもよいし、あるいは、外乱の変化などに応じて設定される可変値としてもよい。

30

40

【 0 0 3 0 】

【数 5】

$$P_K = \begin{pmatrix} P_{lat} & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & P_{dlat} & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & P_{yaw} & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & P_{yr} \end{pmatrix}$$

10

【 0 0 3 1 】

【数 6】

$$K_{K(t)} = P_{K(t/t-1)} C_{(t)}^T \left(C_{(t)} P_{(t/t-1)} C_{(t)}^T + R_{K(t)} \right)^{-1}$$

20

【 0 0 3 2 】

【数 7】

$$Q_K = \begin{pmatrix} \sigma_{\eta} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\dot{\eta}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{\theta} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{\gamma} \end{pmatrix}$$

30

【 0 0 3 3 】

【数 8】

$$R_K = \begin{pmatrix} \sigma_{mag} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{gps} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{wl} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{\gamma\gamma} \end{pmatrix}$$

40

【 0 0 3 4 】

【数 9】

$$E\left(\begin{pmatrix} w_t \\ \sigma_t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_\tau^T & \sigma_\tau^T \end{pmatrix}\right) = \begin{pmatrix} Q_K & 0 \\ 0 & R_K \end{pmatrix} \delta_{t\tau}$$

【数 5】の行列 P_K 内の $\cdot$ は、任意の値を示す。【数 6】の行列 C は、【数 2】の行列 C に相当する。【数 6】の行列 R_K は【数 8】で表され、その対角値が観測誤差標準偏差である。行列 R_K の各値は、横位置 $Dmag$, 横位置 $Dgps$, 横位置 Dwl 及びヨーレート $y y$ に対応して各値が設定される。行列 Q_K 及び行列 R_K と上記したシステム雑音 w 及び観測誤差標準偏差 σ とは、【数 9】の関係にある。【数 9】の E は、相関演算を意味する記号である。【数 9】の $\delta_{t\tau}$ は、クロネッカーのデルタを意味する記号であり、 $t = \tau$ のときには $\delta_{t\tau} = 1$ であり、 $t \neq \tau$ ではないときには $\delta_{t\tau} = 0$ である。

【0035】

それでは、カルマンフィルタ 200 で実際に行う処理について説明する。カルマンフィルタ 200 では、状態方程式【数 1】と観測方程式【数 2】を解くために、【数 10】で表されるフィルタ方程式を立てる。ただし、数式中の「ハット x 」は、 x の推定値であることを示す。カルマンフィルタ 200 では、今回の観測量 $y(t)$ と前回予測した状態量 $x(t/t-1)$ を用いて、フィルタ方程式【数 3】を解き、今回の状態量 $x(t)$ を決定する。さらに、カルマンフィルタ 200 では、今回決定した状態量 $x(t/t)$ と今回の入力量 $u(t)$ を用いて、次回の状態量 $x(t+1/t)$ を予測するために、【数 11】に示すフィルタ方程式を立てる。そして、カルマンフィルタ 200 では、フィルタ方程式【数 11】の方程式を解き、次回の状態量 $x(t+1/t)$ を予測する。この次回の状態量 $x(t+1/t)$ は、次回の状態量 x を決定する際に用いられる。

【0036】

【数 10】

$$\hat{x}_{(t/t)} = \hat{x}_{(t/t-1)} + K_{K(t)} (y_{(t)} - C_{(t)} \hat{x}_{(t/t-1)})$$

【0037】

【数 11】

$$\hat{x}_{(t+1/t)} = A_{(t)} \hat{x}_{(t/t)} + B_{(t)} u_{(t)}$$

フィルタ方程式【数 10】の $K_{K(t)}$ は、今回のカルマンゲインである。カルマンフィルタ 200 では、観測方程式【数 2】の行列 C 、【数 8】の行列 R_K 及び前回予測された推定誤差共分散行列 $P_{K(t/t-1)}$ を用いて、【数 6】から今回のカルマンゲイン $K_{K(t)}$ を求める。【数 10】の行列 C は【数 2】の行列 C に相当する。【数 11】の行列 A は【数 1】内の行列 A に相当する。【数 11】の行列 B は【数 1】内の行列 B に相

10

20

30

40

50

当する。

【 0 0 3 8 】

さらに、カルマンフィルタ 2 0 0 では、前回予測した推定誤差共分散行列 $P_K(t/t-1)$ を用いて、[数 3] の共分散方程式を解き、今回の推定誤差共分散行列 $P_K(t/t)$ を決定する。さらに、カルマンフィルタ 2 0 0 では、今回決定した推定誤差共分散行列 $P_K(t/t)$ を用いて、[数 4] の共分散方程式を解き、次回の推定誤差共分散行列 $P_K(t+1/t)$ を予測する。このように、カルマンフィルタ 2 0 0 では、車両の状態量としての今回の状態量 x と推定誤差共分散行列 P_K を求める。具体的には、車両の状態量としての横位置 η 、横変位速度 η' 、ヨー角 θ 、ヨーレート γ の推定値が得られる。

【 0 0 3 9 】

制御ユニット 5 0 は、例えば、図 4 に示す手順での処理を実行している。図 4 に示す手順での処理は、隣接する磁気マーカ間において複数回演算できるような所定の演算周期で、上記の状態方程式 [数 1] と観測方程式 [数 2] に基づき、カルマンフィルタ 2 0 0 の推定演算により、車両の状態量の推定値を演算している。

【 0 0 4 0 】

図 4 において、車両の走行中に図 2 に示されるような各センサの検出信号が取得される (ステップ 1 0)。取得された検出信号に基づいて各センサによる車両の横位置 D が冗長的に演算される。すなわち、GPS 受信機 1 1 からの検出信号に基づいて車両の横位置 D_{gps} が演算され、白線認識装置 1 2 からの検出信号に基づいて車両の横位置 D_{wl} が演算され、マーカセンサ 1 3 からの検出信号に基づいて車両の横位置 D_{mag} が演算される。また、ヨーレートセンサ 1 4 からの検出信号に基づいて検出ヨーレート γ_y が取得される。このように取得された各横位置 D 及び検出ヨーレート γ_y を用いてカルマンフィルタ 2 0 0 により車両の状態量の推定値が演算されることになる。

【 0 0 4 1 】

このステップ 1 0 において、観測方程式 [数 2] における観測誤差標準偏差 σ を算出する前提として、横位置 D や検出ヨーレート γ_y などに係る各センサの検出信号が取得されるとともに、その検出値に対する各センサの単体信頼度が取得される。

【 0 0 4 2 】

センサの単体信頼度とは、自身が出力する検出信号についてセンサ自身が主観的に判断した正確さの度合いを示すものである。すなわち、各センサは、自身の検出結果がその検出状況ではどのくらい正確なものであるのかを主観的に判断することが可能である。そこで、各センサは、自身の検出結果に関して主観的に判断した正確度を単体信頼度として制御ユニット 5 0 に送信する。例えば、各センサは、自身が把握する検出状況が検出誤差の大きくなりやすい状況であれば、単体信頼度は低いと判断する。また、単体信頼度は、例えば 0 ~ 1 0 0 の間の値に数値化する。各センサの単体信頼度について、以下説明する。

【 0 0 4 3 】

GPS 受信機 1 1 の単体信頼度は、例えば、GPS で使用される位置精度劣化度 $PDO P$ (Position Dilution of Precision) に応じて設定される。 $PDO P$ は、観測点位置の誤差と衛星位置の誤差の関係を表現する指数であって、数値が小さいほど位置精度がよいことを示す。GPS 受信機 1 1 は、 $PDO P$ が小さいほど単体信頼度を高く算出し、その算出された単体信頼度を検出信号とともに制御ユニット 5 0 に出力する。例えば、GPS 受信機 1 1 は、演算式『単体信頼度 = $100 - PDO P \times 10$ ($PDO P$ が 1 0 以上の場合には 1 0 とする)』に従って、単体信頼度を設定する。

【 0 0 4 4 】

白線認識装置 1 2 の単体信頼度は、輝度差、白線の平行度、トラッキング度などの自身の白線認識結果に応じて設定される。白線認識装置 1 2 は、輝度差が大きいほど単体信頼度を高く算出し、白線の平行度が高いほど単体信頼度を高く算出し、白線のトラッキング度が大きいほど単体信頼度を高く算出し、その算出された単体信頼度を検出信号とともに制御ユニット 5 0 に出力する。

【 0 0 4 5 】

マーカセンサ（磁気センサ）１３の単体信頼度は、磁力密度分布形状、磁力強度などに応じて設定される。マーカセンサ１３は、検出された磁力密度分布形状が理想分布に近いほど単体信頼度を高く算出し、磁力強度が大きいほど単体信頼度を高く算出し、その算出された単体信頼度を検出信号とともに制御ユニット５０に出力する。

【００４６】

ヨーレートセンサ１４の単体信頼度は、例えば、検出信号の周波数成分のスペクトル強度に応じて設定される。ヨーレートセンサ１４は、車両の動きとは考えにくい高周波成分（例えば、１０Ｈｚ）以上の周波数成分が多くなるほど単体信頼度を低く算出し、その算出された単体信頼度を検出信号とともに制御ユニット５０に出力する。

【００４７】

10

Gセンサ１５の単体信頼度は、例えば、検出信号の周波数成分のスペクトル強度に応じて設定される。Gセンサ１５は、車両の動きとは考えにくい高周波成分（１０Ｈｚ）以上の周波数成分が多くなるほど単体信頼度を低く算出し、その算出された単体信頼度を検出信号とともに制御ユニット５０に出力する。

【００４８】

車輪速センサ１６の単体信頼度は、例えば、検出信号の出力パルスの形状に応じて設定される。パンク等によるタイヤの弾性変化やその他の異常が発生すると出力パルスのスペクトル分布が変化するので、車輪速センサ１６は、パターンマッチングなどを用いて出力パルスの形状がその車輪速における理想パルス形状に近いほど単体信頼度を高く算出し、その算出された単体信頼度を検出信号とともに制御ユニット５０に出力する。

20

【００４９】

また、上述のように図４のステップ１０において各センサの単体信頼度が取得される一方で、各センサの走行環境信頼度が算出される（ステップ２０）。

【００５０】

センサの走行環境信頼度とは、センサから取得した検出信号について制御ユニット５０が客観的に判断した正確さの度合いを示すものである。すなわち、制御ユニット５０は、センサの検出結果がその検出状況ではどのくらい正確なものであるのかを客観的に判断することが可能である。センサの検出結果がその検出状況によっては必ずしも正確な値であるとは限らないという考えに基づくものである。そこで、制御ユニット５０は、センサの検出結果に関して客観的に判断した正確度を走行環境信頼度として算出する。例えば、制御ユニット５０は、センサが検出動作をした際の検出環境が検出誤差の大きくなりやすい状況であれば、走行環境信頼度は低いと算出する。また、走行環境信頼度は、例えば０～１００の間の値に数値化する。各センサの走行環境信頼度について、以下説明する。

30

【００５１】

GPS受信機１１の走行環境信頼度は、例えば、車両周囲の建造物の状態（例えば、その形状や配置）に応じて設定される。制御ユニット５０は、メモリユニット２０内の地図情報に基づいて、トンネルやビル街などGPS衛星からの電波が届きにくい場所に車両が存在する場合には走行環境信頼度を低く算出する。

【００５２】

白線認識装置１２の走行環境信頼度は、天候、日照、路面材質などに応じて設定される。制御ユニット５０は、白線が認識しにくい検出状況の場合には走行環境信頼度を低めに設定する。雨や曇りの場合には晴れの場合に比べ走行環境信頼度を低く算出し、夜間の場合には昼間に比べ走行環境信頼度を低く算出し、路面材質がコンクリートの場合にはアスファルトの場合に比べ走行環境信頼度を低く算出する。

40

【００５３】

マーカセンサ１３の走行環境信頼度は、磁石埋設誤差、地磁気、道路構造材料などに応じて設定される。制御ユニット５０は、施工により磁石埋設誤差が大きい場所では小さい場所に比べ走行環境信頼度を低く算出し、地磁気が強い場所では弱い場所に比べ走行環境信頼度を低く算出し、道路構造材料に磁性体が使用されている橋梁などの場所では使用されていない場所に比べ走行環境信頼度を低く算出する。

50

【 0 0 5 4 】

ヨーレートセンサ 1 4 や G センサ 1 5 や車輪速センサ 1 6 の走行環境信頼度は、路面粗さ、路面のうねり、路面材質などに応じて設定される。制御ユニット 5 0 は、路面粗さや路面のうねりが大きい場所では小さい場所に比べ走行環境信頼度を低く算出する。

【 0 0 5 5 】

また、各センサの走行環境信頼度を設定するための共通の要素として、車両形状（車高、車幅、全長）、車種、ボディ材質などが挙げられる。制御ユニット 5 0 は、例えば、センサの搭載車両がバスやトラックの場合には普通乗用車の場合に比べ、センサに車両の振動が伝わりやすいため、走行環境信頼度を低く算出する。

【 0 0 5 6 】

上述のように図 4 のステップ 1 0 において各センサの単体信頼度が取得されるとともに、ステップ 2 0 において各センサの走行環境信頼度が算出されると、各センサの総合信頼度が算出される（ステップ 3 0 ）。

【 0 0 5 7 】

センサの総合信頼度とは、上述の単体信頼度と走行環境信頼度を加味した、各センサの検出信号の正確さの度合いを示すものである。総合信頼度 R_a は、

【 0 0 5 8 】

【 数 1 2 】

$$\text{総合信頼度 } R_a = (k_1 \times \text{単体信頼度} + k_2 \times \text{走行環境信頼度}) \times \text{新鮮度}$$

【 0 0 5 9 】

【 数 1 3 】

$$\text{新鮮度} = f(t) = -K(\kappa, \gamma) \times t / T + 1$$

によって演算され得る。ここで、[数 1 2] における k_1 , k_2 は『 $k_1 + k_2 = 1$, $0 \leq k_1 \leq 1$, $0 \leq k_2 \leq 1$ 』を満たす係数である。[数 1 3] における T はセンサの計測周期、 t は横位置検出後（あるいは、前回の計測時点からの）の経過時間である。また、 K は劣化係数であり、道路曲率 κ とヨーレート γ に依存する。

【 0 0 6 0 】

劣化係数 K は、例えば、

【 0 0 6 1 】

【 数 1 4 】

$$K(\kappa, \gamma) = j_1 + j_2 \times |\kappa| + j_3 \times |\gamma|$$

と定義できる。ただし、 $0 \leq K \leq 1$ 、 j_1 , j_2 , j_3 は任意の係数である。

【 0 0 6 2 】

ここで、[数 1 3] の新鮮度について図 5 を参照しながら説明する。新鮮度はセンサ毎に決められる。各センサはそれぞれ所定の計測周期でデータを観測するところ、計測時点の観測データの信頼性は高いが、計測時点から時間が経過するにつれてその計測時点における観測データの信頼性は低下する（つまり、観測データの新鮮度が減少する）と考えることができる。

【 0 0 6 3 】

例えば、カーブを走行している場合や車両の走行が安定していない場合などにおける計測時点からの観測データの変化度合いは、直線道路を走行している場合や車両が安定走行している場合に比べて、大きいと考えられるため（特に、横位置は大きく変化している可能性が高い）、計測時点から時間が経過するにつれてその時点における観測データの新鮮度は減少しているとみなすことができる。

【 0 0 6 4 】

そこで、[数 1 3] [数 1 4] に示されるように、車両の横方向に係る運動状態に影響を与える因子である道路曲率 κ とヨーレート γ の項を加えることによって、道路曲率 κ が大きいほどヨーレート γ が大きいほど新鮮度が下がるように新鮮度を算出する演算式が設定され、[数 1 2] に示されるように新鮮度が下があれば総合信頼度 R_a も下がるように総合信頼度 R_a を算出する演算式が設定されている。また、センサによっては、計測時点でその計測が失敗する場合もある。そこで、図 5 に示されるように、計測失敗時はそのまま新鮮度を減少させて、総合信頼度 R_a の算出に反映する。

【 0 0 6 5 】

なお、[数 1 4] は計測間隔が時間ではなく距離で規定する場合（すなわち、所定間隔毎に設置されている磁気マーカを通過するタイミング毎に計測する場合）、経過時間 t を経過距離 s に、周期 T を磁気マーカ設置距離間隔 S に置き換えることができる。これは、マーカセンサ 1 3 の場合に適用すればよく、

【 0 0 6 6 】

【 数 1 5 】

$$\text{新鮮度} = f(s) = -K(\kappa, \gamma) \times s / S + 1$$

と定義可能である。この場合、図 5 の横軸は、時間ではなく走行距離で規定される。各センサについての新鮮度が算出されれば、[数 1 2] に従い、各センサの総合信頼度 R_a が、0 ~ 100 の間の値に数値化される。

【 0 0 6 7 】

上述のように図 4 のステップ 30 において各センサの総合信頼度が算出されると、総合信頼度は上述の観測方程式 [数 2] における観測誤差標準偏差 σ に反映される（ステップ 40）。観測誤差標準偏差 σ は、センサが計測した観測データが信頼できるかどうかを表す指標である。観測データの誤差が大きくなるほど観測誤差標準偏差 σ は大きくなる。この観測誤差標準偏差 σ に上述のように算出された総合信頼度 R_a を反映させる。総合信頼度 R_a を観測誤差標準偏差 σ に反映させる考え方として、総合信頼度 R_a が小さくなるほど観測誤差標準偏差 σ が大きな値になるように設定する。したがって、総合信頼度 R_a の観測誤差標準偏差 σ への反映手法の一例として、センサ毎に最良の計測状態における標準偏差をシミュレーションなどによって予め算出しておき、その最良計測状態での標準偏差を σ_{min} とすると、観測誤差標準偏差 σ は、

【 0 0 6 8 】

【 数 1 6 】

$$\sigma = (100 / R_a) \times \sigma_{min}$$

と表すことができる。総合信頼度 R_a は本実施例では 0 ~ 100 までの値を想定しているので、観測誤差標準偏差 σ の最小値は σ_{min} に相当する。このように、カルマンフィルタ 200 の観測方程式 [数 2] 内の観測誤差標準偏差 σ の項を上述のように算出された各センサの総合信頼度 R_a に応じて変化させることができる。なお、観測方程式 [数 2] 内において、GPS 受信機 11 の観測誤差標準偏差を σ_{gps} とし、白線認識装置 12 の観測誤差標準偏差を σ_{wl} とし、マーカセンサ 13 の観測誤差標準偏差を σ_{mag} とし、ヨーレートセンサ 14 の観測誤差標準偏差を σ_{γ} とする。

【 0 0 6 9 】

したがって、上述のように算出された観測誤差標準偏差 σ を観測方程式 [数 2] に代入して、上述したカルマンフィルタ 200 の推定演算により、状態量（横位置 η 、横変位速度 η' 、ヨー角 θ 、ヨーレート γ ）の推定値が演算される（図 4 のステップ 50）。

【 0 0 7 0 】

このように観測方程式 [数 2] に観測誤差標準偏差 σ の項が存在することによって、カルマンフィルタ 200 は、観測誤差標準偏差 σ が大きくなると、その観測データは信頼がおけないとして、演算処理することになる。観測方程式 [数 2] にもあるように、GPS

10

20

30

40

50

受信機 11 に基づいて横位置 D_{gps} が観測され、白線認識装置 12 に基づいて横位置 D_{wl} が観測され、マーカセンサ 13 に基づいて横位置 D_{mag} が観測されており、横位置 D については冗長的に観測されている。したがって、冗長的に観測された横位置 D のうち、観測誤差標準偏差の小さいセンサの観測データのほうが演算に使われやすくなり、観測誤差標準偏差の大きいセンサの観測データのほうが演算に使われにくくなる。

【0071】

上記のようにしてカルマンフィルタ 200 での処理により状態量の推定値が演算されると、その推定値を用いて制御すべき操舵角 δ が次式に従って演算される（図 4 のステップ 60）。操舵角 δ は、

【0072】

【数 17】

$$\delta = K_{\eta} \cdot \eta + K_{\eta'} \cdot \eta' + K_{\theta} (\theta - \theta_{\text{TARGET}}) + K_{\gamma} (\gamma - \gamma_{\text{TARGET}}) + \delta_f$$

によって演算可能である。なお、上記【数 17】において、 K_{η} 、 $K_{\eta'}$ 、 K_{θ} 及び K_{γ} は定数、 θ_{TARGET} は目標ヨー角、 γ_{TARGET} は目標ヨーレート、 δ_f はフィードフォワード操舵角である。このフィードフォワード操舵角 δ_f は、車両モデル、道路曲率、バンク角、車速などに基づいて決定される。この制御すべき操舵角 δ が演算されると、図 2 に示されるように、その操舵角 δ に基づいた操舵制御信号が制御ユニット 50 から操舵アクチュエータ 32 に出力され、この操舵制御信号に従って操舵アクチュエータ 32 は駆動する（図 4 のステップ 70）。以後、上記処理が繰り返し実行される。このようにカルマンフィルタ 200 での処理が繰り返し実行されることにより、横位置 η 、ヨーレート γ 等の状態量の推定値は、順次本来得られるべき状態量の値に収束していく。

【0073】

したがって、本実施形態によれば、各センサの処理結果に基づく単体信頼度と制御ユニット 50 が計測状況に応じた各センサの長短所を考慮した走行環境信頼度から総合信頼度を算出し、また、非同期の各センサが計測したタイミングからの経過時間（あるいは経過距離）に従って減少する新鮮度を算出し、それらの算出された総合信頼度と新鮮度を観測誤差標準偏差 σ に反映させてカルマンフィルタの推定を行っているの、磁気マーカ間であっても直前に計測した横変位をカルマンフィルタの状態推定に使用し、カルマンフィルタによる状態量推定の精度や信頼性を向上させることができる。すなわち、磁気マーカ間での状態量の推定値の正確性を維持することができ、磁気マーカなどを設置した所定のチェックポイントにて状態量を観測する周期が長くなっても、より正確な車両の状態量の推定ができるような車両状態量推定装置を実現することができる。また、より高い精度での車両の操舵制御が可能、そのような車両状態量推定装置を用いた車両操舵制御装置を実現することができる。

【0074】

以上、本発明の好ましい実施例について詳説したが、本発明は、上述した実施例に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなく、上述した実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

【0075】

例えば、本発明は、図 6 に示されるカルマンフィルタの構成にも実施することが可能である。図 6 に示されるカルマンフィルタは、磁気マーカが検出されるごとにカルマンフィルタ 200 a の機能に従って車両 100 の状態量（ヨーレート、ヨー角、横変位速度、横位置）の推定値を演算する距離軸カルマンフィルタと、所定周期ごとにカルマンフィルタ 200 b の機能に従って車両 100 の状態量（ヨーレート、ヨー角、横変位速度、横位置）の推定値を演算する時間軸カルマンフィルタを備える。図 6 に示されるカルマンフィルタは、磁気マーカ通過時に横位置とヨーレートを観測値として状態推定する距離軸カルマンフィルタ 200 a の推定値で、ヨーレートのみを観測値として状態推定する時間軸カルマンフィルタ 200 b の状態量を初期化することで、横位置の計測が不能な磁気マーカ間

10

20

30

40

50

の状態量の推定精度を向上させるものである。距離軸カルマンフィルタ 200a と時間軸カルマンフィルタ 200b のそれぞれに対して、上述の総合信頼度と信頼度を観測誤差標準偏差 σ に反映させた上記の状態方程式 [数 1] と観測方程式 [数 2] と同様の定式化を行えば、状態量推定の精度や信頼性が向上する。

【 0076 】

また、上述の実施例では、走行環境信頼度の算出を車両毎に行っていたが、走行環境信頼度のデータベースを構築して、各車両がそのデータベースから走行環境信頼度を取得してもよい。例えば、各センサの計測結果及びその単体信頼度、並びに、各センサの計測時の走行状態、天候及び路面状況などの同一地点における計測情報を各車両が所定の管理センターに送信する。一方、その管理センターは、各車両からそれらの計測情報を取得し、走行状況、天候、路面状況などを指標に各センサの信頼度データベースを統計的に構築する。そして、各車両は、管理センターから路車間通信などの通信回線を介して、信頼度データベース内の走行環境信頼度を取得し、上述の状態量推定に利用すればよい。これにより、各車両において算出される走行環境信頼度に比べ、より客観性の高い走行環境信頼度を導き出すことができるようになる。

10

【 0077 】

また、上述の実施例では、カルマンフィルタを例に挙げたが、センサによって観測された所定状態量を車両の運動状態のモデルに入力して車両の運動状態を表す状態量を推定する推定器は、特にカルマンフィルタに限定されない。この推定器は、繰り返し演算することによって推定値が求まるべき真の値に収束するものであればよい。推定器は、その推定処理の中で、センサの計測値をどれくらい信用して推定するかを決める数値（本実施例のカルマンフィルタでいえば、観測誤差標準偏差 σ ）にそのセンサの信頼度を反映させればよい。

20

【図面の簡単な説明】

【 0078 】

【図 1】カルマンフィルタを用いた手法を説明するためのブロック図である。

【図 2】本発明の実施の一形態に係る車両状態量推定装置が適用される車両操舵制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】モデル化した車両に対して設定される座標系及び各変数の定義を示す図である。

【図 4】制御ユニット 50 の処理の手順を示すフローチャートである。

30

【図 5】新鮮度の算出を説明するための図である。

【図 6】カルマンフィルタを用いた手法を説明するためのブロック図である。

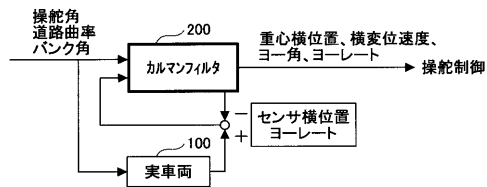
【符号の説明】

【 0079 】

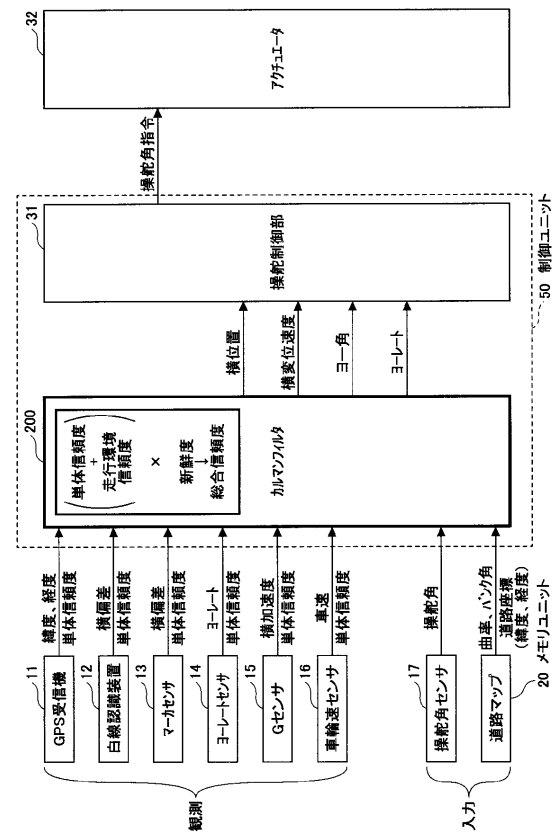
- 11 GPS 受信機
- 12 白線認識装置
- 13 マーカセンサ
- 14 ヨーレートセンサ
- 15 G センサ
- 16 車輪速センサ
- 17 操舵角センサ
- 20 メモリユニット
- 31 操舵制御部
- 32 操舵アクチュエータ
- 50 制御ユニット
- 100 車両
- 200 カルマンフィルタ

40

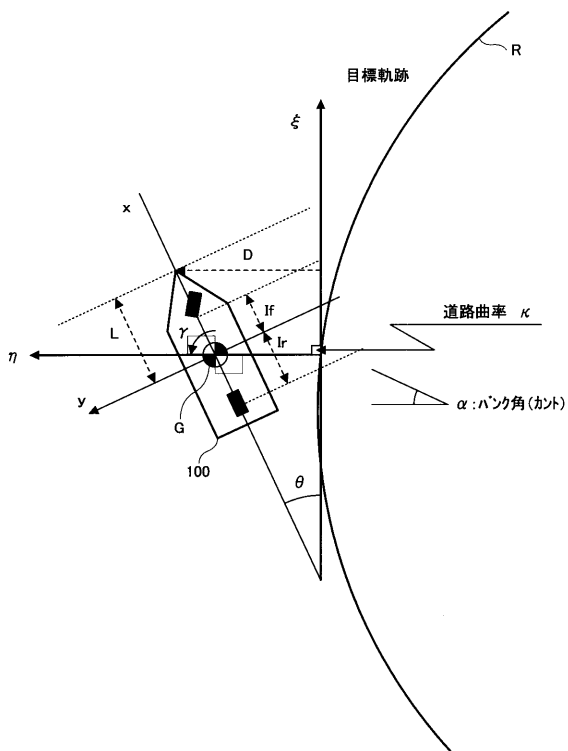
【 図 1 】



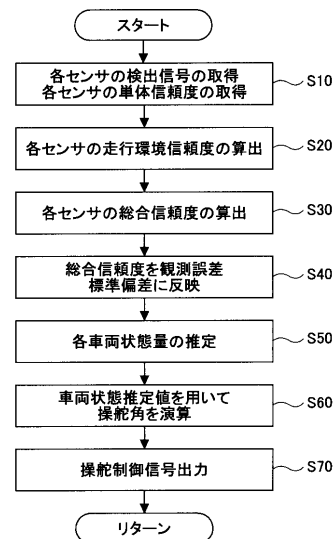
【 図 2 】



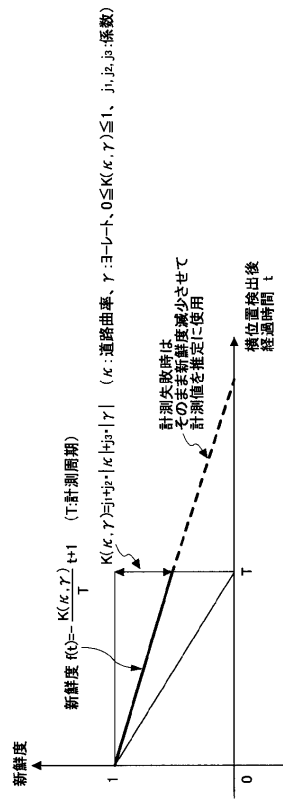
【 図 3 】



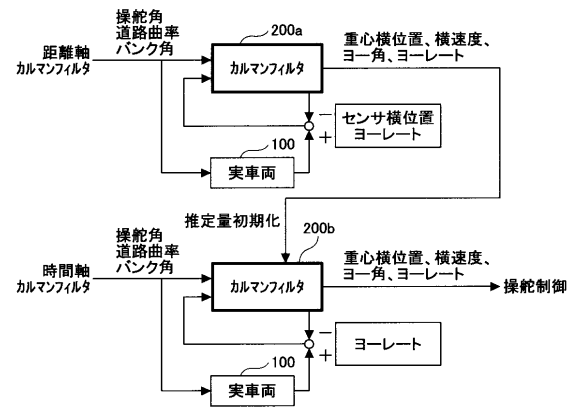
【圖 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-288776(JP,A)
特開平08-159787(JP,A)
特開平08-263790(JP,A)
特開平09-002317(JP,A)
特開平09-297153(JP,A)
特開平10-100925(JP,A)
特開平10-119807(JP,A)
特開2001-242242(JP,A)
特開2005-132291(JP,A)
特表2007-534041(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B62D 6/00