

(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2020-64015  
(P2020-64015A)

(43) 公開日 令和2年4月23日(2020.4.23)

(51) Int. Cl.

G01G 19/03 (2006.01)

F1

G01G 19/03

テーマコード(参考)

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2018-197025 (P2018-197025)  
 (22) 出願日 平成30年10月18日(2018.10.18)  
 (11) 特許番号 特許第6581276号(P6581276)  
 (45) 特許公報発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(71) 出願人 000146010  
 株式会社ショーワ  
 埼玉県行田市藤原町1丁目14番地1  
 (74) 代理人 110000338  
 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK  
 (72) 発明者 伊澤 正樹  
 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台112番地1  
 株式会社ショーワ栃木開発センター内  
 (72) 発明者 グブタ シュブハム  
 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台112番地1  
 株式会社ショーワ栃木開発センター内

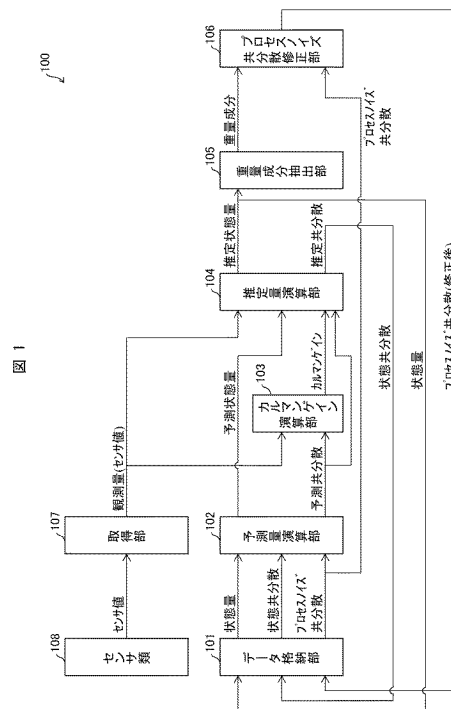
(54) 【発明の名称】 状態量推定装置、制御装置、および状態量推定方法

(57) 【要約】

【課題】車重の推定に利用可能であり、かつ推定の精度および速度を高めることが可能な、車両の状態量を推定する技術を実現する。

【解決手段】状態量推定装置は、データ格納部(101)、予測量演算部(102)、取得部(107)、カルマンゲイン演算部(103)、推定状態および推定共分散を算出する推定量演算部(104)およびプロセスノイズ共分散を修正するプロセスノイズ共分散修正部(106)を備える。算出または修正された推定状態量、推定共分散およびプロセスノイズ共分散は、それぞれ、状態量、状態共分散およびプロセスノイズ共分散としてデータ格納部(101)に書き込まれ、次回の状態量推定のための演算に用いられる。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

車両に作用する状態量、前記状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、を格納するデータ格納部と、

前記状態量から予測状態量を演算し、前記状態共分散および前記プロセスノイズ共分散から前記予測状態量の共分散である予測共分散を演算する予測量演算部と、

車両のセンサ値を取得する取得部と、

前記センサ値および前記予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するカルマンゲイン演算部と、

前記カルマンゲイン、前記予測状態量および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算し、前記カルマンゲイン、前記予測共分散および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算する推定量演算部と、

前記推定状態量を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正するプロセスノイズ共分散修正部と、を備え、

前記推定状態量が前記状態量として、前記推定共分散が前記状態共分散として、修正された前記プロセスノイズ共分散が前記プロセスノイズ共分散として、前記データ格納部に書き込まれる、状態量推定装置。

10

## 【請求項 2】

前記推定状態量から前記車両の重量成分を抽出する、重量成分抽出部をさらに備える、請求項 1 に記載の状態量推定装置。

20

## 【請求項 3】

前記重量成分抽出部は、前記重量成分の平均と、前記重量成分の標準偏差と、を演算する、請求項 2 に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 4】

前記重量成分抽出部は、

初期状態をオフとする安定フラグと、

前記推定状態量の演算回数、前記標準偏差の値、および、前記安定フラグのオンオフ、からなる群から選ばれる一以上を表す情報に応じて前記重量成分を決定する重量決定部と、

を含み、

30

前記重量決定部は、

前記推定状態量の演算回数が所定回数以下の場合には、最新の抽出した前記重量成分を抽出した前記重量成分と決定し、

前記推定状態量の演算回数が前記所定回数を超え、かつ、前記標準偏差が所定の閾値未満の場合には、前記平均を抽出した前記重量成分と決定して前記安定フラグをオンにし、

前記安定フラグがオンであるが、前記推定状態量の演算回数が前記所定回数を超え、かつ前記標準偏差が所定の閾値以上である場合には、前回以前の前記安定フラグをオンにしたときに抽出した前記重量成分を抽出した前記重量成分と決定し、

前記推定状態量の演算回数が前記所定回数を超え、前記標準偏差が所定の閾値以上であり、かつ、前記安定フラグがオフの場合には、最新の抽出した前記重量成分を抽出した前記重量成分と決定する、

40

請求項 3 に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 5】

前記プロセスノイズ共分散修正部は、前記重量成分抽出部が抽出した前記重量成分を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正する、請求項 2 に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 6】

前記プロセスノイズ共分散修正部は、前記重量成分抽出部が演算した前記標準偏差を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正する、請求項 3 または 4 に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 7】

50

前記重量成分抽出部は、抽出した前記重量成分を前記車両の現在の重量として出力する、請求項 2 ~ 4 のいずれか一項に記載の状態量推定装置。

【請求項 8】

懸架装置を有する車両に作用する状態量を推定して、前記懸架装置の減衰力を前記状態量に応じて制御する制御装置であって、

車両に作用する状態量、前記状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、を格納するデータ格納部と、

前記状態量から予測状態量を演算し、前記状態共分散および前記プロセスノイズ共分散から前記予測状態量の共分散である予測共分散を演算する予測量演算部と、

車両のセンサ値を取得する取得部と、

前記センサ値および前記予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するカルマンゲイン演算部と、

前記カルマンゲイン、前記予測状態量および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算し、前記カルマンゲイン、前記予測共分散および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算する推定量演算部と、

前記推定状態量を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正し、するプロセスノイズ共分散修正部と、を備え、

前記推定状態量が前記状態量として、前記推定共分散が前記状態共分散として、修正された前記プロセスノイズ共分散が前記プロセスノイズ共分散として、前記データ格納部に書き込まれる、制御装置。

【請求項 9】

車両に作用する状態量、前記状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、をデータ格納部に格納するステップと、

前記状態量から予測状態量を演算し、前記状態共分散および前記プロセスノイズ共分散から前記予測状態量の共分散である予測共分散を演算するステップと、

車両のセンサ値を取得するステップと、

前記センサ値および前記予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するステップと、

前記カルマンゲイン、前記予測状態量および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算するステップと、

前記カルマンゲイン、前記予測共分散および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算するステップと、

前記推定状態量を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正するステップと、

前記推定状態量を前記状態量とし、前記推定共分散を前記状態共分散として、修正された前記プロセスノイズ共分散を前記プロセスノイズ共分散として、前記データ格納部に書き込むステップと、

を含む、状態量推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、状態量推定装置、制御装置、および状態量推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車などの車両では、例えばその運転の安全性および快適性を高めるための種々の制御が行われている。このような車両の運転に係る制御を適切に実施するために、走行中の車両の質量（車重）を精度よく把握することが求められている。車重を推定する技術には、例えば、各種センサによりその車両に依存する状態量を取得し、運動方程式に当て嵌め、さらに 2 つの運動方程式を減算することによりノイズを相殺して車重を推定する技術が知られている。各種センサで取得した状態量のうち、状態量の推定に適さない数値は、通常、閾値を用いて破棄される（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

## 【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-152170号公報(2013年8月8日公開)

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記の技術では、センサで取得したセンサ値のうち、状態量の推定に適さない一つでも数値が含まれると、その他の適する数値も破棄されることがある。そのため、車両の状態量を推定する機会が少なくなり、少ない機会で状態量を推定しなければならない場合がある。よって、状態量の推定の精度が不十分になることがあり、また状態量の推定の安定化に時間がかかることがある。このように、上記の技術では、車両の状態量の推定における精度および速度を高める観点から検討の余地が残されている。

10

【0005】

本発明の一態様は、より高い精度で迅速に車両の状態量を推定する技術を実現することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る状態量推定装置は、車両に作用する状態量、前記状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、を格納するデータ格納部と、前記状態量から予測状態量を演算し、前記状態共分散および前記プロセスノイズ共分散から前記予測状態量の共分散である予測共分散を演算する予測量演算部と、車両のセンサ値を取得する取得部と、前記センサ値および前記予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するカルマンゲイン演算部と、前記カルマンゲイン、前記予測状態量および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算し、前記カルマンゲイン、前記予測共分散および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算する推定量演算部と、前記推定状態量を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正するプロセスノイズ共分散修正部と、を備え、前記推定状態量が前記状態量として、前記推定共分散が前記状態共分散として、修正された前記プロセスノイズ共分散が前記プロセスノイズ共分散として、前記データ格納部に書き込まれる。

20

30

## 【発明の効果】

【0007】

本発明の一態様によれば、より高い精度で迅速に車両の状態量を推定する技術を実現することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施形態1に係る状態量推定装置の機能的構成の一例を示すブロック図である。

【図2】実施形態1に係る状態量を推定する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

40

【図3】実施形態1においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第一の態様の流れを示すフローチャートである。

【図4】実施形態1においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第二の態様の流れを示すフローチャートである。

【図5】実施形態1においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第三の態様の流れを示すフローチャートである。

【図6】実施形態1においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第四の態様の流れを示すフローチャートである。

【図7】実施形態1に係る状態量推定装置が適用される車両の構成の一例を模式的に示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0009】

〔実施形態1〕

以下、本発明の一実施形態について、詳細に説明する。

【0010】

〔状態量推定のロジックの説明〕

車両に発生する運動量は、運動方程式  $F = m a$  で表すことができる。ここで、 $F$  はエンジン出力から各種走行抵抗値を減算したものであり、 $m$  は車両の重量（車重）であり、 $a$  は車両の加速度である。 $a$  は、車速  $V$  の時間微分値で求めることができるため、下記式1で表すことができる。式1中、 $F_x$  はエンジン由来出力を表し、 $F_{air}$  は空気抵抗成分を表し、 $F_{surface}$  は路面抵抗成分を表す。

10

【0011】

【数1】

$$F_x - F_{air} - F_{surface} = m \frac{dV}{dt} \quad (\text{式1})$$

【0012】

ここで、エンジン由来出力である  $F_x$  は、車輪半径で車輪トルクを除することで求められ、路面の傾き分の重力加速度を受けることから、下記式2で表すことができる。下記式2中、 $\tau$  は車輪トルクを表し、 $R$  は車輪半径を表し、 $\theta_r$  は路面の傾斜角度を表す。

20

【0013】

【数2】

$$F_x = \frac{\tau}{R} - mg \sin \theta_r \quad (\text{式2})$$

【0014】

本明細書でいうところの「車輪トルク」とは、走行中の車両の駆動源が発生させる、車輪に働く、車両を加減速させる方向に働くトルクである。たとえば、内燃機関を駆動源とする車両では、車輪トルクとは、該車両の車輪に掛けられているトルクである。内燃機関の車輪トルクは、内燃機関が発生させたトルクを、空燃比、外気温およびスロットルバルブ解放量などから推定し、得られた推定値に、車両毎に設定されている伝達損失係数と、各減速機構による所定の減速比とを乗ずることにより求められる。また、車輪内に駆動源として電動モータを独立して持つ車両では、車輪トルクは、該車両の各車輪に掛けられているトルクの合計である。当該車両の車輪トルクは、各モータの仕事効率および当該モータに印加される電圧から推定されるトルクに、車両毎に設定されている伝達損失係数と、各減速機構による所定の減速比とを乗ずることにより求められる。また、車両が電気式デフなどの差動制御装置（LSD）をさらに有する場合は、これらの装置の作動状況をさらに参照して上記車輪トルクを算出してもよい。

30

【0015】

空気抵抗成分である  $F_{air}$  は、その車両に特有の空気抵抗係数に車速の二乗を乗じることで求められるから、下記式3で表すことができる。下記式3中、 $C_d$  はその車両の空気抵抗係数を表し、 $V$  は車速を表す。

40

【0016】

【数3】

$$F_{air} = C_d V^2 \quad (\text{式3})$$

【0017】

路面抵抗成分である  $F_{surface}$  は、路面の摩擦係数に車重を乗じたものの路面角度の重力加速度分であるから、下記式4で表すことができる。下記式4中、 $\mu$  はその車両の路面抵抗係数を表し、 $m$  は車重を表し、 $\theta_r$  は路面の傾斜角度を表す。

【0018】

50

【数 4】

$$F_{surface} = \mu mg \cos \theta_r \quad (式 4)$$

【0019】

したがって、車両に発生する運動量の運動方程式  $F = ma$  は、式 1 ~ 式 4 により、下記式 5、式 6 で表される。

【0020】

【数 5】

$$\frac{\tau}{R} - mg \sin \theta_r - CdV^2 - \mu mg \cos \theta_r = m \frac{dV}{dt} \quad (式 5)$$

$$\frac{1}{m} \left( \frac{\tau}{R} - CdV^2 \right) - g \sin \theta_r - \mu g \cos \theta_r = \frac{dV}{dt} \quad (式 6)$$

【0021】

車両の走行状態を制御する場合は、車両の前後 G を検知する前後 G センサが一般に用いられる。この前後 G センサの値  $G_{sens}$  は、車速を時間微分した値の車体ピッチ角分と、路面角度と車体ピッチ角の合計の重力加速度成分であるから、下記式 7、式 8 で表すことができる。下記式 7、式 8 中、 $\theta_p$  は車両のピッチ角度を表し、 $\theta_r$  は路面の傾斜角度を表す。

20

【0022】

【数 6】

$$G_{sens} = \frac{dV}{dt} \cos \theta_p - g \sin(\theta_r + \theta_p) \quad (式 7)$$

$$\frac{dV}{dt} \cos \theta_p = G_{sens} + g \sin(\theta_r + \theta_p) \quad (式 8)$$

【0023】

式 6 および式 8 より、式 9 が導き出され、式 9 から式 10 が導き出される。

30

【0024】

【数 7】

$$\begin{aligned} \cos \theta_p \left\{ \frac{1}{m} \left( \frac{\tau}{R} - CdV^2 \right) - g \sin \theta_r - \mu g \cos \theta_r \right\} \\ = G_{sens} - g \sin(\theta_r + \theta_p) \quad (式 9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_p \left( \frac{\tau}{R} - CdV^2 - mg \sin \theta_r - \mu mg \cos \theta_r \right) \\ = mG_{sens} - mg \sin \theta_r \cos \theta_p - mg \cos \theta_r \sin \theta_p \quad (式 10) \end{aligned}$$

【0025】

ここで、 $\theta_p$  は十分小さいとして、 $\sin \theta_p \approx \theta_p$  として近似を行うと、式 10 から下記式 11 が導き出される。

【0026】

【数 8】

$$\frac{\tau}{R} - CdV^2 = mG_{sens} + mg \cos \theta_r (\mu - \sin \theta_p) \quad (式 11)$$

【0027】

50

式 1 1 において、左辺を  $Y$  に、 $G_{sensors}$  を  $G$  に、 $mg \cos \theta_r (\mu - \sin \theta_p)$  を  $C$  にそれぞれ置き換えることにより、下記式 1 2 が導き出される。

【 0 0 2 8 】

【 数 9 】

$$Y = mG + C \quad (\text{式 12})$$

【 0 0 2 9 】

式 1 2 において  $Y$  および  $G$  は、前述の通りセンサの値を参照可能である。また、 $m$  は車重であり、車載物の重量が実質的に変わらない適当な期間であれば実質的に一定であるから、定数とする。また、式 1 2 の  $C$  について、式 1 1 より、 $m$  は前述の通り定数であり、 $g$  は重力加速度であるから、これも定数である。車体ピッチ角  $\sin \theta_p$  は、前述の通り  $\theta_p = 0$  であるから、定数 (0) とする。よって、本実施形態では、路面角度  $\cos \theta_r$  および路面抵抗  $\mu$  は、変化分をすべて後述するカルマンフィルタのノイズとして扱うことができることから、ここでは定数として扱う。したがって、式 1 2 において  $C$  は定数と考える。

10

【 0 0 3 0 】

一方で、下記式 1 3 は、カルマンフィルタの予測関数である。式 1 3 において、 $t$  は演算回数を表し、 $x_{a,t-1}$  は前回の演算により推定した、車両に作用する状態量を表し、 $x_{b,t}$  は今回の演算による、車両に作用する状態の予測量 (予測状態量) を表す。車両に作用する状態量は、車両に係る物理量であり、その例には、車両の重量 (車重) および道路の勾配成分が含まれる。

20

【 0 0 3 1 】

【 数 1 0 】

$$x_{b,t} = f(x_{a,t-1}, 0, 0) \quad (\text{式 13})$$

【 0 0 3 2 】

式 1 4 は、式 1 3 から  $x_{b,t}$  を行列で表示したものである。前述のように  $m$  および  $C$  は定数であるから、式 1 3 は下記式 1 4 に基づき変化しないと考えられる。したがって、前回推定の状態量  $x_{a,t-1}$  と今回の予測状態量  $x_{b,t}$  とは同一であり、下記式 1 5 が成り立つ。

30

【 0 0 3 3 】

【 数 1 1 】

$$\begin{bmatrix} x_{b,t,1} \\ x_{b,t,2} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} m_t \\ C_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{t-1} \\ C_{t-1} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \quad (\text{式 14})$$

$$x_{b,t} = x_{a,t-1} \quad (\text{式 15})$$

【 0 0 3 4 】

また、予測状態量  $x_{b,t}$  の共分散 (予測共分散)  $P_t^-$  は、下記式 1 6 で表される。式 1 6 において、 $P_{t-1}$  は前回の演算により推定された共分散を (状態共分散) 表し、 $Q_{t-1}$  は前回の演算により推定されたプロセスノイズ共分散を表す。状態共分散は、例えば、車両に作用する状態量とプロセスノイズ共分散とを二変数とする共分散である。プロセスノイズ共分散は、例えば、車重  $m$  の推定に係るノイズと路面傾斜等  $C$  の推定に係るノイズとを二変数とする共分散である。

40

【 0 0 3 5 】

【 数 1 2 】

$$P_t^- = P_{t-1} + Q_{t-1} \quad (\text{式 16})$$

【 0 0 3 6 】

ここで、カルマンフィルタの観測方程式として、式 1 2 を下記式 1 7 に対応させる。式

50

17中、 $h_t$ は $Y$ に対応し、 $mb_t$ は $m$ に対応し、 $Cb_t$ は $C$ に対応する。

【0037】

【数13】

$$h_t = mb_t G_t + Cb_t \quad (\text{式 17})$$

【0038】

式11の左辺は、前述したようにセンサによって観測可能であり、また式12における $Y$ である。これをセンサ値（「観測量」とも言う） $z$ とすると、下記式18が導き出される。

【0039】

【数14】

$$\left(\frac{r}{R} - CdV^2\right)_t = Y_t = z_t \quad (\text{式 18})$$

10

【0040】

カルマンゲインは、下記式19、20から求められる。当該カルマンゲインは、カルマンフィルタのゲインであり、観測誤差が修正された（「最適化された」とも言える）ものとなっている。

【0041】

【数15】

$$K_t = P_t^- H_t^T (H_t P_t^- H_t^T + R_t)^{-1} \quad (\text{式 19})$$

$$H_{t[i,j]} = \left. \frac{\partial h_{[i]}}{\partial x_{[j]}} \right|_{(xb_t, 0)} = [G_t \quad 1] \quad (\text{式 20})$$

20

【0042】

下記式21によってカルマンフィルタ演算を実施し、推定状態量 $xa_t$ を得る。また、下記式22によってカルマンフィルタ演算を実施し、推定共分散 $P_t$ を得る。

【0043】

【数16】

$$xa_t = xb_t + K_t \{z_t - (H_t xb_t)\} \quad (\text{式 21})$$

30

$$P_t = (I - K_t H_t) P_t^- \quad (\text{式 22})$$

【0044】

[機能的構成例]

図1は、本実施形態に係る状態量推定装置の機能的構成の一例を示すブロック図である。図1に示されるように、状態量推定装置100は、データ格納部101、予測量演算部102、カルマンゲイン演算部103、推定量演算部104、重量成分抽出部105、プロセスノイズ共分散修正部106、取得部107およびセンサ類108を含む。

40

【0045】

データ格納部101は、状態量( $xa$ )、状態共分散( $P$ )およびプロセスノイズ共分散( $Q$ )の各データを格納している。

【0046】

予測量演算部102は、状態量 $xa$ から予測状態量( $xb$ )を演算する。また、予測量演算部102は、状態共分散 $P$ およびプロセスノイズ共分散 $Q$ から予測共分散( $P^-$ )を演算する。

【0047】

取得部107は、車両のセンサ値( $z$ )を取得する。取得部107は、車両に配置されている種々のセンサ類108からセンサ値 $z$ を取得する。センサ類108は、例えば、車

50



両の状態を表す物理量を検出するための種々のセンサ、および、センサが検出した値から当該物理量を算出する装置を含む。

【0048】

カルマンゲイン演算部103は、センサ値 $z$ および予測共分散 $P^-$ を用いてカルマンゲイン( $K$ )を演算する。

【0049】

推定量演算部104は、カルマンゲイン $K$ 、予測状態量 $P^-$ およびセンサ値 $z$ からカルマンフィルタを用いて、推定状態量 $x_a$ を演算する。推定状態量 $x_a$ は、予測状態量 $x_b$ から推定される状態量の推定値である。また、推定量演算部104は、カルマンゲイン $K$ 、予測共分散 $P^-$ およびセンサ値 $z$ からカルマンフィルタを用いて、推定共分散 $P$ を演算する。

10

【0050】

重量成分抽出部105は、推定状態量 $x_a$ から車両の重量成分( $m$ )を抽出する。

【0051】

プロセスノイズ共分散修正部106は、重量成分抽出部105が抽出した重量成分を用いてプロセスノイズ共分散 $Q$ を修正する。

【0052】

また、推定量演算部104は、ある状態量 $x_a$ に基づく推定状態量 $x_a$ を次の状態量 $x_a$ としてデータ格納部101に格納する。また、推定量演算部104は、ある状態量 $x_a$ に基づく推定共分散 $P$ を次の状態共分散 $P$ としてデータ格納部101に格納する。さらに、プロセスノイズ共分散修正部106は、ある推定状態量から抽出された重量成分 $m$ を用いてあるプロセスノイズ共分散 $Q$ を修正し、次のプロセスノイズ共分散 $Q$ としてデータ格納部101に格納する。このように、状態量推定装置100は、今回演算した推定状態量 $x_a$ が次の演算における状態量 $x_a$ としてデータ格納部101に書き込まれ、今回演算した推定共分散 $P$ が次の演算における状態共分散 $P$ として、データ格納部101に書き込まれる。

20

【0053】

なお、状態量推定装置100は、重量成分抽出部105を含まず、プロセスノイズ共分散修正部106は、重量成分 $m$ ではなく、その抽出前のデータである推定状態量 $x_a$ を推定量演算部104から取得し、それを用いてプロセスノイズ共分散 $Q$ を修正してもよい。本発明においては、プロセスノイズ共分散を修正する態様には様々な態様が含まれる。以下、状態量の推定に係る処理について説明するが、プロセスノイズ共分散を修正する種々の態様については、特に後述する。

30

【0054】

[処理例]

図2は、本実施形態に係る状態量を推定する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【0055】

データ格納部101は、状態量 $x_{a,t}$ 、状態共分散 $P_t$ およびプロセスノイズ共分散 $Q_t$ を格納している(ステップS201)。 $t$ は演算回数であり、初期値であれば0である。

40

【0056】

ステップS202において、状態量推定装置100は、演算回数 $t$ を一つ増やすように更新する。たとえば、今回の演算回数が $t$ であるとすると、前回の演算回数は $t-1$ で表され、前々回の演算回数は $t-2$ で表され、次回の演算回数は $t+1$ で表される。

【0057】

次いで、予測量演算部102は、前回演算時または初期値の状態量から予測状態量を演算し、前回演算時または初期値の状態共分散およびプロセスノイズ共分散から予測状態量の共分散である予測共分散を演算する。たとえば、予測量演算部102は、予測状態量と予測共分散とを所定の間隔で連続して演算する。

50

## 【 0 0 5 8 】

すなわち、ステップ S 2 0 3 において、予測量演算部 1 0 2 は、予測状態量  $x_b$  を前述の式 1 3 に基づき演算し、前回の演算回数における状態量  $x_{a_{t-1}}$  を求めるべき予測状態量  $x_{b_t}$  とする。

## 【 0 0 5 9 】

また、ステップ S 2 0 4 において、予測量演算部 1 0 2 は、予測共分散  $P^*$  を前述の式 1 6 に基づき演算し、前回の演算回数における状態共分散  $P_{t-1}$  およびプロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  との和により予測共分散  $P^*_t$  を求める。

## 【 0 0 6 0 】

一方、取得部 1 0 7 は、センサ類 1 0 8 から車両の状態を検出する各種センサ値（「観測量  $z$ 」とも言う）を取得する。たとえば、取得部 1 0 7 は、センサ値を所定の間隔で連続して取得する。観測量  $z$  は、個々のセンサのセンサ値そのものであってもよく、当該センサ値から算出された、走行状態にある車両の、その車両に依存する物理量の値であってもよい。たとえば、ステップ S 2 0 5 において、取得部 1 0 7 は、前後 G センサのセンサ値である  $G_{sens_t}$ 、車速  $V_t$  および車両におけるエンジン由来の出力値  $F_{x_t}$  を取得する。ここで  $G_{sens_t}$  は、式 2 0 における  $H_t$  である。

10

## 【 0 0 6 1 】

ステップ S 2 0 6 において、カルマンゲイン演算部 1 0 3 は、観測量  $z_t$  および予測共分散  $P^*_t$  を用いて、前述の式 1 9 に基づいてカルマンゲイン  $K_t$  を演算する。たとえば、カルマンゲイン演算部 1 0 3 は、カルマンゲイン  $K$  を所定の間隔で連続して演算する。

20

## 【 0 0 6 2 】

ステップ S 2 0 7 において、推定量演算部 1 0 4 は、カルマンゲイン  $K_t$ 、予測状態量  $x_{b_t}$  および観測量  $z_t$  ( $H_t$ ) からカルマンフィルタを用いて、前述の式 2 1 に基づいて推定状態量  $x_{a_t}$  を演算する。

## 【 0 0 6 3 】

また、ステップ S 2 0 8 において、推定量演算部 1 0 4 は、カルマンゲイン  $K_t$ 、予測共分散  $P^*_t$  および観測量  $z_t$  ( $H_t$ ) からカルマンフィルタを用いて、前述の式 2 2 に基づいて推定共分散  $P_t$  を演算する。たとえば、推定量演算部 1 0 4 は、推定状態量と推定共分散とを所定の間隔で連続して演算する。

## 【 0 0 6 4 】

ステップ S 2 0 9 において、プロセスノイズ共分散修正部 1 0 6 は、推定状態量  $x_{a_t}$  を用いてプロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  を修正する。たとえば、プロセスノイズ共分散修正部 1 0 6 は、所定の間隔で連続してプロセスノイズ共分散  $Q_t$  を修正する。修正されたプロセスノイズ共分散を「 $Q_t$ 」とする。以下、プロセスノイズ共分散を修正する種々の態様について説明する。

30

## 【 0 0 6 5 】

図 3 は、本実施形態においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第一の態様の流れを示すフローチャートである。ステップ S 3 0 1 において、プロセスノイズ共分散修正部 1 0 6 は、推定量演算部 1 0 4 が求めた推定状態量  $x_{a_t}$  とプロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  とに基づいて、プロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  を修正し、修正されたプロセスノイズ共分散  $Q_t$  を演算する。

40

## 【 0 0 6 6 】

通常、車両に作用する状態量を推定するための演算の周期は、当該状態量が継時的に変化する期間に比べて十分に短いことから、状態量  $x_a$  は、通常、一定と見なすことができることがある。この場合、今回の推定状態量  $x_{a_t}$  が前回の状態量  $x_{a_{t-1}}$  に対して変化しているとする、それは、ノイズに起因すると考えられる。プロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  は、状態量  $x_a$  とプロセスノイズ共分散  $Q$  とを対応させたマップを車両に応じて予め作成しておき、当該マップを参照することによって適宜に修正することが可能である。

## 【 0 0 6 7 】

なお、当該第一の態様では、状態量推定装置 1 0 0 は、重量成分抽出部 1 0 5 を含まな

50

くてよい。車両に作用する状態量には車重が含まれるが、状態量推定装置 100 によれば、カルマンフィルタの使用とプロセスノイズ共分散の修正とによって、重量成分抽出部 105 を有していなくても、車重を含む状態量を適切かつ迅速に推定することが可能である。

【0068】

図4は、本実施形態においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第二の態様の流れを示すフローチャートである。当該第二の態様では、状態量推定装置 100 は、重量成分抽出部 105 を含む。当該第二の態様では、プロセスノイズ共分散修正部 106 は、重量成分抽出部 105 が抽出した重量成分  $m$  を用いてプロセスノイズ共分散  $Q$  を修正する。

10

【0069】

ステップ S401 において、重量成分抽出部 105 は、推定状態量  $x_a$  から車両の重量成分  $m_t$  を、例えば所定の間隔で連続して抽出する。推定状態量  $x_a$  は、前述した式 12 における車両の重量成分  $m$  と定数  $C$  の行列で表され、重量成分  $m$  は、当該行列中で表される値として決めることができる。

【0070】

ステップ S402 において、プロセスノイズ共分散修正部 106 は、重量成分抽出部 105 が抽出した重量成分  $m_t$  とプロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  とに基づいてプロセスノイズ共分散  $Q_t$  を修正し、修正されたプロセスノイズ共分散  $Q_t$  を演算する。修正されたプロセスノイズ共分散  $Q_t$  は、例えば、重量成分  $m_t$  とプロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  とを、重量成分  $m$  とプロセスノイズ共分散  $Q$  について上記のように車両ごとに予め作成されたマップを参照することによって求められる。上記の修正処理によれば、車両の重量成分の推定に対するプロセスノイズ共分散の不要な変動の影響をより抑制することが可能である。

20

【0071】

図5は、本実施形態においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第三の態様の流れを示すフローチャートである。当該第三の態様では、重量成分抽出部 105 は、重量成分  $m$  の平均  $m_{ave}$  と、重量成分  $m$  の標準偏差  $m$  とを演算する。そして、プロセスノイズ共分散修正部 106 は、重量成分抽出部 105 が演算した標準偏差  $m$  を用いてプロセスノイズ共分散  $Q$  を修正する。

30

【0072】

ステップ S401 において重量成分  $m_t$  を抽出すると、ステップ S501 において、重量成分抽出部 105 は、演算回数の所定の範囲において（例えば二つ前の演算回数までの重量成分  $m_{t-2}$  を用いて）、抽出した重量成分  $m_t$  の平均値  $m_{ave,t}$  と標準偏差  $m_t$  とを演算する。

【0073】

ステップ S502 において、プロセスノイズ共分散修正部 106 は、当該標準偏差  $m_t$  とプロセスノイズ共分散  $Q_{t-1}$  とに基づいてプロセスノイズ共分散  $Q_t$  を修正し、修正されたプロセスノイズ共分散  $Q_t$  を演算する。この場合、修正されたプロセスノイズ共分散  $Q_t$  は、例えば以下のようにして求められる。

40

【0074】

プロセスノイズ共分散  $Q$  は、下記式 23 の  $2 \times 2$  行列で表される。下記式中、 $Q_1$  は車重  $m$  の推定に係るノイズの分散を表し、 $Q_2$  は路面勾配等の他の状態量  $C$  の推定に係るノイズの分散を表す。プロセスノイズ共分散  $Q$  は、標準偏差  $m$  に応じて当該  $Q_1$  および  $Q_2$  の一方または両方を適宜に変更することにより修正することができる。

【0075】

【数17】

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 & 0 \\ 0 & Q_2 \end{bmatrix} \quad (\text{式 23})$$

## 【 0 0 7 6 】

より詳しくは、推定状態量  $x_{a_t}$  の重量成分  $m_t$  の標準偏差  $m_t$  が小さい場合では、 $m$  推定に有るノイズの分散  $Q_1$  も小さいと言える。よって、 $Q_1$  を小さくする修正を行うか、または  $Q_2$  を大きくする修正を行って  $Q_1$  を相対的に小さくすることにより、プロセスノイズ共分散  $Q$  が適宜に修正され得る。

## 【 0 0 7 7 】

推定状態量  $x_{a_t}$  の重量成分  $m_t$  の標準偏差  $m_t$  が大きい場合では、 $m$  推定に有るノイズの分散  $Q_1$  も大きいと言える。よって、 $Q_1$  を大きくする修正を行うか、または  $Q_2$  を小さくする修正を行って  $Q_1$  を相対的に大きくすることにより、プロセスノイズ共分散  $Q$  が適宜に修正され得る。

10

## 【 0 0 7 8 】

標準偏差  $m$  の大小は、複数の閾値によって判断することができ、当該閾値に応じて上記のように  $Q_1$  または  $Q_2$  を段階的に修正することができる。たとえば、 $m$  に対応する  $Q_1$  または  $Q_2$  をマップから読み出すことにより、 $m$  に応じた適当な  $Q_1$  または  $Q_2$  の値を決めることができ、それに基づき  $Q_1$  または  $Q_2$  を上記のように修正することが可能である。このような修正方法によれば、重量成分  $m$  のそれまでの挙動に応じてプロセスノイズ共分散  $Q$  が修正されるため、より安定した状態量の推定が可能となる。

## 【 0 0 7 9 】

図 6 は、本実施形態においてプロセスノイズ共分散を修正する処理における第四の態様の流れを示すフローチャートである。当該第四の態様では、重量成分抽出部 105 は、安定フラグと重量決定部とを含む。状態量の推定処理における安定フラグの初期状態はオフである。安定フラグには、オンの場合に 1 が入力され、オフの場合には 0 が入力される。重量決定部は、推定状態量  $x_a$  の演算回数  $t$ 、標準偏差  $m$  の値、および、安定フラグのオンオフ、からなる群から選ばれる一以上を表す情報に応じて重量成分  $m$  を決定する。

20

## 【 0 0 8 0 】

ステップ S 401 において、重量成分抽出部 105 は、推定状態量  $x_{a_t}$  から重量成分  $m_t$  を抽出する。

## 【 0 0 8 1 】

ステップ S 601 において、重量決定部は、演算回数  $t$  が所定の回数 ( $n$ ) を超えているか否かを判定する。ステップ S 601 において演算回数  $t$  が所定の回数 ( $n$ ) を超えている場合には、ステップ S 502 において、重量成分抽出部 105 は、重量成分  $m_t$  の平均  $m_{ave,t}$  および標準偏差  $m_t$  を演算する。

30

## 【 0 0 8 2 】

ステップ S 602 において、重量決定部は、 $10^{-6}$  を所定の閾値として、標準偏差  $m_t$  が当該閾値未満か否かを判定する。

## 【 0 0 8 3 】

ステップ S 602 において標準偏差  $m_t$  が当該閾値未満である場合には、ステップ S 603 において、重量決定部は、重量成分の平均  $m_{ave,t}$  を抽出した重量成分  $m_t$  と決定する。そして安定フラグをオンにする。

## 【 0 0 8 4 】

ステップ S 602 において標準偏差  $m_t$  が当該閾値未満である場合には、ステップ S 604 において、重量決定部は、安定フラグがオンとなっているか否かを判定する。

40

## 【 0 0 8 5 】

ステップ S 604 において安定フラグがオンとなっている場合には、ステップ S 605 において、重量決定部は、前回以前の前記安定フラグをオンにしたときの（例えば一つ前の演算における）重量成分  $m_t$ （例えば  $m_{t-1}$ ）を今回抽出した重量成分  $m_t$  と決定する。

## 【 0 0 8 6 】

ステップ S 604 において安定フラグがオフとなっている場合には、ステップ S 606 において、重量決定部は、最新の抽出した重量成分  $m_t$  をそのまま重量成分と決定する。

50

また、ステップS601において演算回数 $t$ が所定の回数( $n$ )以下である場合には、重量決定部は、ステップS606に進み、最新の抽出した重量成分 $m_t$ をそのまま重量成分と決定する。

【0087】

なお、ステップS603において重量成分 $m_t$ を決定した場合には、プロセスノイズ共分散修正部106は、ステップS502において、ステップS501で求めた重量成分の標準偏差 $m_t$ に基づいてプロセスノイズ共分散 $Q_{t-1}$ を修正してもよい。

【0088】

ステップS603において標準偏差からステップS606において重量成分抽出部105が重量成分 $m_t$ を決定すると、プロセスノイズ共分散修正部106は、ステップS402において当該重量成分を用いてプロセスノイズ共分散 $Q_{t-1}$ を修正し、修正されたプロセスノイズ共分散 $Q_t$ を演算する。図6のフローによれば、場合に応じて今回または前回以前の演算結果が適宜に利用されることから、このような状態量の推定は、十分に高い精度で迅速に車両の状態量を推定する観点から好適である。

【0089】

そして、図2のフローのステップS210において、推定量演算部104は、推定状態量 $x_{a_t}$ および推定共分散 $P_t$ をデータ格納部101に格納し、プロセスノイズ共分散修正部106は、修正したプロセスノイズ共分散 $Q_t$ をデータ格納部101に格納する。このように、推定状態量 $x_{a_t}$ が演算回数 $t$ における状態量 $x_{a_t}$ として、推定共分散 $P_t$ が演算回数 $t$ における状態共分散 $P_t$ として、また、修正されたプロセスノイズ共分散 $Q_t$ が演算回数 $t$ におけるプロセスノイズ共分散 $Q_t$ として、データ格納部101に書き込まれる。こうして、状態量、状態共分散およびプロセスノイズ共分散が、例えば所定の間隔で連続してデータ格納部101に書き込まれる。データ格納部101に書き込まれたこれらのデータは、演算回数更新されると、新たな演算において前回の演算による結果として、新たな状態量の推定において上記のように用いられる。

【0090】

上記の一連の処理は、車両が、推定すべき状態量が変わり得る状態になった場合に、終了させてよい。当該処理は、当該状態量は車重成分を含むことから、車両の車重が変わり得る状態になった場合に終了させることができる。車両の車重が変わり得る場合の例には、車両が停止した場合、車両のドアが開閉された場合、および、車両の燃料供給口が開閉された場合、が含まれる。

【0091】

本実施形態に係る状態量推定装置は、車重を含む状態量の推定にカルマンフィルタを用いる。よって、推定の条件に応じて観測を破棄する必要がなく、実質的に全ての、獲得した観測を演算に用い、状態量の推定に利用することが可能である。よって、車両の状態量の推定値を迅速かつ十分に取得することが可能である。

【0092】

また、本実施形態に係る状態量推定装置では、プロセスノイズ共分散が修正される。たとえば、車両の車重は、種々のセンサ値に応じて推定する場合では、車両の走行状態に応じて変化することがある。しかしながら、車重の推定を所定の期間（例えば車両が走り始めてから停止するまで等）ごとに行う場合では、車重は実質的に一定である。本実施形態では、プロセスノイズ共分散を修正することで、車両の走行状態に起因して車重を変化させるパラメータを実質的に無視することができ、車両の状態量の推定を安定して実行することが可能となる。よって、車両の状態量を十分に高い精度で迅速に推定することが可能である。

【0093】

本実施形態に係る状態量推定装置は、車重を含む状態量が推定される。当該状態量推定装置は、車両に用いられる制御装置であって、車重の推定値を用いる制御装置に適用できる。この場合、状態量推定装置は、重量成分を含む状態量を外部に出力する出力部をさらに有することが可能である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 4 】

当該出力部は、車重を含む状態量を外部に出力可能な範囲において適宜に選ばれ得る。車重を出力する場合には、出力部は、重量成分  $m$  を抽出する重量成分抽出部であることが好ましい。このように状態量推定装置を、車重に基づいて車両を制御するための制御装置に適用する場合には、重量成分抽出部 1 0 5 は、抽出した重量成分  $m_t$  を車両の現在の重量として出力してもよい。この場合、車重の推定結果を車両の走行状態の制御に利用する観点から好適である。

## 【 0 0 9 5 】

本実施形態に係る状態量推定装置は、前述したように、センサ値を破棄することなく車両の状態量の推定に用いることができ、かつ、プロセスノイズ共分散の修正によって、当該状態量の安定した推定が可能である。よって、状態量の推定値は、適度なロバスト性を有し、車両の走行開始後の短期間で適切な値に収束する。この推定値を用いて車両の走行状態を制御すると、車両の走行状態をより好適に制御することが可能となる。

10

## 【 0 0 9 6 】

以下、本実施形態に係る状態量推定装置を車両における懸架装置のための制御装置に適用する態様を説明する。

## 【 0 0 9 7 】

## 〔実施形態 2〕

本発明の他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

20

## 【 0 0 9 8 】

当該車両は、車両を走行させる各種装備の他、プロセッサ、センサ類、および記憶媒体を有する。当該プロセッサは、前述した予測量演算部、取得部、カルマンゲイン演算部、推定量演算部およびプロセスノイズ共分散修正部を含む。センサ類は、前述した前後 G センサ、車輪軸トルクおよび車速センサを含む。記憶媒体は、前述したデータ格納部に対応しており、例えば磁気ディスクである。

## 【 0 0 9 9 】

図 7 は、上記の状態量推定装置を有する車両の構成の一例を模式的に示す図である。図 7 に示されるように、車両 9 0 0 は、懸架装置（サスペンション）1 5 0、車体 2 0 0、車輪 3 0 0、車速（V）を検出する車速センサ 4 5 0、エンジン 5 0 0 および ECU（Electronic Control Unit）6 0 0 を備えている。ECU 6 0 0 は、前述したプロセッサに該当している。

30

## 【 0 1 0 0 】

なお、符号中のアルファベット A ~ E は、それぞれ、車両 9 0 0 における位置を表している。A は、車両 9 0 0 の左前の位置を表し、B は、車両 9 0 0 の右前の位置を表し、C は、車両 9 0 0 の左後ろを表し、D は、車両 9 0 0 の右後ろを表し、E は、車両 9 0 0 の後ろを表している。

## 【 0 1 0 1 】

また、車両 9 0 0 は、車両 9 0 0 の前後方向の加速度（以下、「前後 G」とも言う）を検出する前後 G センサ 3 4 0（前述の「G s e n s」を取得する）、および、エンジン 5 0 0 が発生させるトルク（車輪トルク（ ））を推定する車輪トルクセンサ 5 1 0 を備えている。上記車輪トルクは、前述したように車両 9 0 0 の車輪に掛けられているトルクであり、車両 9 0 0 の駆動力に該当する。

40

## 【 0 1 0 2 】

さらに、車両 9 0 0 は、不図示の燃料タンク中の燃料（ガソリン）の量を検出するフェーエルセンサ 3 6 0、車両 9 0 0 のそれぞれのドアの開閉を検出するドア開閉センサ 5 5 0、および車両 9 0 0 のギアの接続位置を検出するギアポジションセンサ 5 4 0 を備えている。なお、ドア開閉センサ 5 5 0 E は、車両 9 0 0 のトランクのドア（バックドア）の開閉を検出する。

50

## 【0103】

各種センサの出力値のECU600への供給、および、ECU600から各部への制御信号の伝達は、CAN（Controller Area Network）370を介して行われる。各センサは、後述の状態量の推定のために新たに設けられてもよいが、コストの面から、車両900に既存のセンサであることが好ましい。

## 【0104】

記憶媒体には、状態量の推定に要する種々の情報が記憶されている。当該情報の例には、車輪半径、Cd値（空気抵抗係数）、ならびに、状態量、状態共分散、状態標準偏差およびプロセスノイズの共分散の初期値、が含まれる。初期値は、テスト等により事前に決定された、初期値として適切な数値である。

## 【0105】

たとえば、車両900の状態量として車重を推定する場合には、当該車重の初期値は、車両900の仮の総重量であってよい。当該仮の総重量は、例えば、車両900の乾燥重量と、車両への搭載物の総重量とまたはその見込み量との和であってよい。また、仮の総重量は、例えば、車両900の乾燥重量に、フューエルセンサ360が検出したガソリン残量を加算した値であってよい。また、当該仮の総重量は、例えば、車両900の乾燥重量に、ドア開閉センサ550が検出した、開いたフロアドアの数に人間一人分相当の重量を乗じた値と、ドア開閉センサ550がバックドアの開閉を検出した場合には所定の重量との和であってよい。また、当該仮の総重量は、車両900におけるシートベルトの着用の有無をさらに参照した値であってよい。シートベルトの着用を参照することにより、車両900に搭乗している人間の数をより高い精度で把握される。搭乗者数の高い精度での把握は、例えば車両900の重量の下限値の設定に有効であり、上記仮の総重量の信頼性をより一層高める観点から好ましい。

## 【0106】

車両900の状態量の推定は、実施形態1で前述したように実施される。車両900における状態量の推定プロセスは、基本的に所定の間隔で連続して行われる。状態量の推定値が安定する場合には、状態量の推定の間隔をより長い間隔で間欠的に行ってもよい。ECU600が推定した状態量は、当該状態量の推定値を必要とする車両900の他の装置において、制御などの目的で使用される。他の装置は、推定状態量を推定量演算部から受け取ってもよいし、データ格納部から読み込んでもよい。

## 【0107】

たとえば、車重は、一般に、車両の重量と車載物の総重量とによって決まり、車載物の重量は、通常、走行中には実質的には変動しない。したがって、車両が走行し始めてから停止するまでの間、車重は実質的には一定と考えることが可能である。本実施形態では、前述した状態量推定装置によって車両の重量成分を含む状態量が推定されるため、車両が走行し始めると、観測量に基づいて車重の推定値が迅速に得られる。車重は、車重が変化し得るように車両の走行が中断するまで（交差点または目的地に到着することによる車両の停止、停止時におけるドアまたは燃料キャップの開閉、など）は、実質的に一定である。よって、このような走行時に車重の推定値を変化させる観測量および演算結果はプロセスのノイズと見なすことができる。よって、本実施形態におけるCPUによれば、走行状態にある車両の車重は迅速かつ簡易に推定され、車重の推定を安定して実行することが可能となる。

## 【0108】

本実施形態において、車重が空の場合の重量（空虚重量）以下等、走行中の車両の車重として適切でない値が車重の推定値として算出された場合には、推定結果を破棄してもよい。また、前述したように、車両における車重の推定は、通常は連続して行われるが、十分に信頼可能な値を獲得している場合には、車重の推定値を破棄してもよいし、あるいは車重の推定を断続的（間欠的）に実行してもよい。

## 【0109】

前述した実施形態では、状態量推定装置における各種値を演算する前述の演算部または

10

20

30

40

50

修正部は、算出した値をデータ格納部に書き込むが、本発明では、これらの値のデータのそれぞれをデータ書き込み部に書き込むための書き込み部をCPUがさらに含んでいてもよい。

#### 【0110】

上記の状態量推定装置による状態量の推定は、当該状態量が増加する可能性がある車両の状態に応じてリセットすることが可能である。たとえば、車両の車重を推定する場合には、車両のキーポジションがオフの位置となることや、ドアが開かれることによって、推定状態量の初期値をリセットし、状態量の推定を新たに開始してもよい。

#### 【0111】

なお、上記の実施形態では、四輪自動車を例に説明したが、本発明において車両はそれに限定されない。たとえば、車両は、バイクであってもよく、また鉄道車両であってもよい。

10

#### 【0112】

本実施形態では、前述したように、車両の走行開始から短時間で車重の安定した推定値を取得することが可能である。よって、車重の推定値に基づいて車両の走行状態を制御する場合に、当該制御をより安定して好適に実行することが可能である。

#### 【0113】

##### 〔実施形態3〕

本実施形態は、CPUが前述した重量成分抽出部をさらに含む。それ以外は、本実施形態は、前述した実施形態2と同様である。

20

#### 【0114】

本実施形態では、重量成分抽出部において車両の重量成分が抽出される。本実施形態によれば、車両における車重の推定値を用いる制御を、より高い精度でより迅速に実行することが可能となる。車重の推定値を必要とする車両の他の装置は、重量成分抽出部で決定された重量成分を車重の推定値として受け取ってもよい。重量成分抽出部は、決定した重量成分を推定車重としてデータ格納部にさらに書き込んでよい。データ格納部への書き込みは、書き込み部を介して実行されてもよい。

#### 【0115】

##### 〔実施形態4〕

本実施形態に係る状態量推定装置で推定された車重は、懸架装置150の制御に用いることができる。車両900における懸架装置150の制御装置は、車両900に作用する状態量を推定して、懸架装置150の減衰力を状態量に応じて制御するように構成される。本実施形態は、本実施形態に係る状態量推定装置による状態量または車重の推定値を用いる以外は、車重の推定値に応じて懸架装置150の減衰力を制御する公知の方法によって実施することが可能である。

30

#### 【0116】

懸架装置150は、例えば、車両における車体と車輪との間に介在するアブソーバと、アブソーバのストロークに伴い伸縮するように配置されているスプリングとを有する。アブソーバは、シリンダと、シリンダ内を二室に仕切るとともに摺動可能なピストンと、ピストンに固定されたピストンロッドと、二室を連通する連通路と、連通路を開閉自在なソレノイドバルブとを有している。ピストンで仕切られるいずれの室にも作動油が満たされている。スプリングは、ピストンロッドの外周を囲むように配置されており、シリンダの端部とピストンロッドの端部とで支持されている。ECU600は、車重の推定量に応じて、車重の推定量が大きい程、懸架装置150の減衰力を大きくするように、ソレノイドバルブの開度を調整させる。

40

#### 【0117】

なお、懸架装置150の構造は限定されない。たとえば、懸架装置150におけるソレノイドの位置は限定されない。懸架装置150は、例えば、ピストンイン型であってもよいし、外筒接続型であってもよい。また、懸架装置150の種類は、特に限定されず、例えばストラット式であってもよいし、ダブルウィッシュボーン式であってもよい。このよ

50



うに種々の構造または種類の懸架装置を懸架装置 150 に採用することができる。また、懸架装置 150 における減衰力の調整方法も限定されず、上記のようにアブソーバにおける減衰力を調整する方法であってもよいし、上記スプリングのスプリングレートを可変させる(自動可変プリロード)方法であってもよいし、これらの両方であってもよい。

#### 【0118】

本実施形態によれば、走行開始時に迅速に車両の状態量の安定した推定値が得られる。このように早期に安定して得られる、車重を含む当該状態量の推定値を用いて懸架装置を制御することから、車両の走行状態に応じた懸架装置の制御をより好適に実行することが可能となる。

#### 【0119】

〔ソフトウェアによる実現例〕

状態量推定装置の制御ブロック(特に予測量演算部 102 からプロセスノイズ共分散修正部 106 までの各部)は、集積回路(ICチップ)等に形成された論理回路(ハードウェア)によって実現してもよいし、ソフトウェアによって実現してもよい。

#### 【0120】

後者の場合、状態量制御装置は、各機能を実現するソフトウェアであるプログラムの命令を実行するコンピュータを備えている。このコンピュータは、例えば1つ以上のプロセッサを備えていると共に、上記プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を備えている。そして、上記コンピュータにおいて、上記プロセッサが上記プログラムを上記記録媒体から読み取って実行することにより、本発明の目的が達成される。上記プロセッサとしては、例えばCPU(Central Processing Unit)を用いることができる。

上記記録媒体としては、「一時的でない有形の媒体」、例えば、ROM(Read Only Memory)等の他、テープ、ディスク、カード、半導体メモリ、プログラマブルな論理回路などを用いることができる。また、上記プログラムを展開するRAM(Random Access Memory)などをさらに備えていてもよい。また、上記プログラムは、該プログラムを伝送可能な任意の伝送媒体(通信ネットワークや放送波等)を介して上記コンピュータに供給されてもよい。なお、本発明の一態様は、上記プログラムが電子的な伝送によって具現化された、搬送波に埋め込まれたデータ信号の形態でも実現され得る。

#### 【0121】

〔まとめ〕

以上の説明から明らかなように、本発明の実施の形態に係る状態量推定装置(ECU 600)は、車両(900)に作用する状態量、状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、を格納するデータ格納部(101)と、状態量から予測状態量を演算し、状態共分散およびプロセスノイズ共分散から予測状態量の共分散である予測共分散を演算する予測量演算部(102)と、車両(900)のセンサ値を取得する取得部(107)と、センサ値および予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するカルマンゲイン演算部(103)と、カルマンゲイン、予測状態量およびセンサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算し、カルマンゲイン、予測共分散およびセンサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算する推定量演算部(104)と、推定状態量を用いてプロセスノイズ共分散を修正するプロセスノイズ共分散修正部(106)と、を備える。そして、推定状態量が状態量として、推定共分散が状態共分散として、修正されたプロセスノイズ共分散がプロセスノイズ共分散として、データ格納部(101)に書き込まれる。当該構成によれば、カルマンフィルタを用いて演算するため、観測量が条件に合わないものを含んでいる場合でも観測量を破棄する必要がない。よって、センサ類から求められた観測量を演算に利用することが可能である。また、プロセスノイズ共分散を修正するため、種々異なる推定環境においても安定して車両の状態量を精度よく、また迅速に推定することが可能である。

#### 【0122】

上記の状態量推定装置は、推定状態量から車両の重量成分を抽出する、重量成分抽出部(105)をさらに備えてもよい。このような構成によれば、車重をより精密に推定する

10

20

30

40

50

ことが可能である。

【 0 1 2 3 】

また、上記の状態量推定装置において、重量成分抽出部（ 1 0 5 ）は、重量成分の平均と重量成分の標準偏差とを演算してもよい。このような構成によれば、車重を十分な精度で簡素に推定する観点からより効果的である。

【 0 1 2 4 】

また、上記の状態量推定装置において、重量成分抽出部（ 1 0 5 ）は、初期状態をオフとする安定フラグと、推定状態量の演算回数、標準偏差の値、および、安定フラグのオンオフ、からなる群から選ばれる一以上を表す情報に応じて重量成分を決定する重量決定部とを含んでいてよい。そして、重量決定部は、推定状態量の演算回数が所定回数以下の場合には、最新の抽出した重量成分を抽出した重量成分と決定し、推定状態量の演算回数が所定回数を超え、かつ、標準偏差が所定の閾値以下の場合には、平均を抽出した重量成分と決定して安定フラグをオンにし、安定フラグがオンであるが、推定状態量の演算回数が所定回数を超え、かつ標準偏差が所定の閾値を超えている場合には、前回以前の安定フラグをオンにしたときの抽出した重量成分を抽出した重量成分と決定し、推定状態量の演算回数が所定回数を超え、標準偏差が所定の閾値を超え、かつ、安定フラグがオフの場合には、最新の抽出した重量成分を抽出した重量成分と決定してよい。このような構成によれば、車重を十分な精度で、また簡素かつ迅速に推定する観点からより一層効果的である。

【 0 1 2 5 】

また、上記の状態量推定装置において、プロセスノイズ共分散修正部（ 1 0 6 ）は、重量成分抽出部（ 1 0 5 ）が抽出した重量成分を用いてプロセスノイズ共分散を修正してもよい。このような構成によれば、車重を十分な精度で簡素に推定する観点からより効果的である。

【 0 1 2 6 】

また、上記の状態量推定装置において、プロセスノイズ共分散修正部（ 1 0 6 ）は、重量成分抽出部（ 1 0 5 ）が演算した標準偏差を用いてプロセスノイズ共分散を修正してもよい。このような構成によれば、車重を十分な精度で簡素に推定する観点からより一層効果的である。

【 0 1 2 7 】

また、上記の状態量推定装置において、重量成分抽出部（ 1 0 5 ）は、抽出した重量成分を車両（ 9 0 0 ）の現在の重量として出力してもよい。このような構成によれば、車重の推定結果を車両の走行状態の制御に利用する観点から好適である。

【 0 1 2 8 】

また、本発明の実施の形態に係る制御装置は、懸架装置（ 1 0 5 ）を有する車両（ 9 0 0 ）に作用する状態量を推定して、懸架装置（ 1 5 0 ）の減衰力を状態量に応じて制御する制御装置である。当該制御装置は、車両に作用する状態量、状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散を格納するデータ格納部（ 1 0 1 ）と、状態量から予測状態量を演算し、状態共分散およびプロセスノイズ共分散から予測状態量の共分散である予測共分散を演算する予測量演算部（ 1 0 2 ）と、車両のセンサ値を取得する取得部（ 1 0 7 ）と、センサ値および予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するカルマンゲイン演算部（ 1 0 3 ）と、カルマンゲイン、予測状態量およびセンサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算し、カルマンゲイン、予測共分散およびセンサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算する推定量演算部（ 1 0 4 ）と、推定状態量を用いてプロセスノイズ共分散を修正し、するプロセスノイズ共分散修正部（ 1 0 6 ）とを備え、推定状態量が状態量として、推定共分散が状態共分散として、データ格納部（ 1 0 1 ）に書き込まれる。このような構成によれば、車重を含む状態量を十分な精度で迅速に推定することが可能であるため、車両のより快適な走行を実現するように車両の懸架装置を制御することが可能となる。

【 0 1 2 9 】

また、本発明の実施の形態に係る状態量推定方法は、車両（ 9 0 0 ）に作用する状態量

10

20

30

40

50

、状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、をデータ格納部に格納するステップと、状態量から予測状態量を演算し、状態共分散およびプロセスノイズ共分散から予測状態量の共分散である予測共分散を演算するステップと、車両(900)のセンサ値を取得するステップと、センサ値および予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するステップと、カルマンゲイン、予測状態量およびセンサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算するステップと、カルマンゲイン、予測共分散およびセンサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算するステップと、推定状態量を用いてプロセスノイズ共分散を修正するステップと、推定状態量を状態量とし、推定共分散を状態共分散として、データ格納部に書き込むステップとを含む。このような構成によれば、前述したように、センサ類から求められた観測量を演算に利用することが可能であり、また求めたい状態量に実質的には関係しないプロセスノイズ共分散の変動が求めたい状態量の推定に実質的に影響を及ぼすことを抑制することが可能である。よって、車両の状態量を精度よく、また迅速に推定することが可能である。

10

## 【0130】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、例えば、Unscented カルマンフィルタのような代替容易に考えられる、既知の技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

## 【符号の説明】

## 【0131】

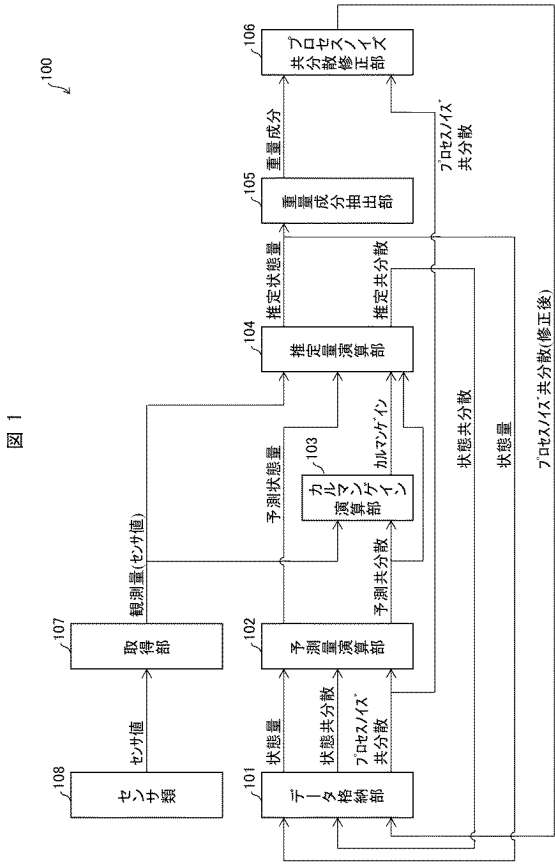
- 100 状態量推定装置
- 101 データ格納部
- 102 予測量演算部
- 103 カルマンゲイン演算部
- 104 推定量演算部
- 105 重量成分抽出部
- 106 プロセスノイズ共分散修正部
- 107 取得部
- 108 センサ類
- 150 懸架装置
- 200 車体
- 300 車輪
- 340 前後Gセンサ
- 360 フューエルセンサ
- 450 車速センサ
- 500 エンジン
- 510 車輪トルクセンサ
- 540 ギアポジションセンサ
- 550 ドア開閉センサ
- 600 ECU(車重推定装置)
- 900 車両

20

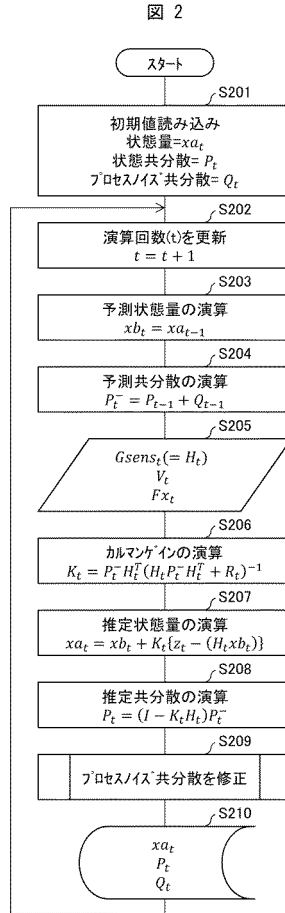
30

40

【図1】

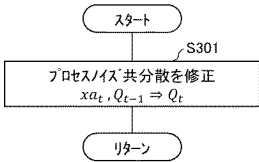


【図2】



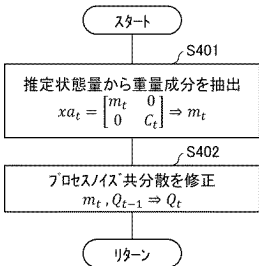
【図3】

図3



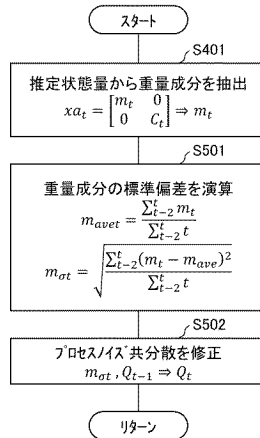
【図4】

図4



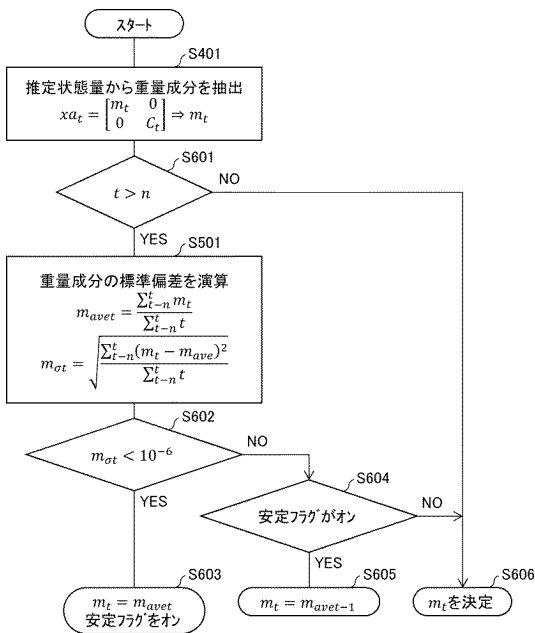
【図5】

図5



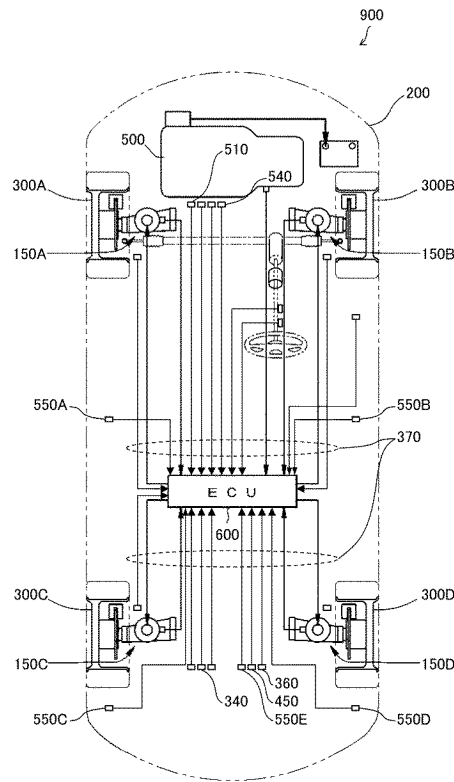
【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

図 7



【 手続補正書 】

【 提出日 】 令和1年7月23日(2019.7.23)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

少なくとも車重を含む車両に作用する状態量、前記状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、を格納するデータ格納部と、前記状態量から予測状態量を演算し、前記状態共分散および前記プロセスノイズ共分散から前記予測状態量の共分散である予測共分散を演算する予測量演算部と、

車両のセンサ値を取得する取得部と、

前記センサ値および前記予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するカルマンゲイン演算部と、

前記カルマンゲイン、前記予測状態量および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算し、前記カルマンゲイン、前記予測共分散および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算する推定量演算部と、

前記推定状態量から前記車両の重量成分を抽出する重量成分抽出部と、

前記重量成分抽出部が抽出した前記重量成分を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正するプロセスノイズ共分散修正部と、を備え、

前記推定状態量が前記状態量として、前記推定共分散が前記状態共分散として、修正された前記プロセスノイズ共分散が前記プロセスノイズ共分散として、前記データ格納部に書き込まれる、状態量推定装置。

## 【請求項 2】

前記重量成分抽出部は、前記重量成分の平均と、前記重量成分の標準偏差と、を演算する、請求項 1 に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 3】

前記状態量は、車両が走行している路面の勾配成分を更に含み、

前記プロセスノイズ共分散は、少なくとも前記車重の推定に係る車重ノイズおよび前記勾配成分の推定に係る勾配成分ノイズを含み、

前記プロセスノイズ共分散修正部は、前記車重の前記標準偏差に、前記車重ノイズが直接的にまたは間接的に比例するように前記プロセスノイズ共分散を修正する、

請求項 2 に記載の状態量推定装置。

10

## 【請求項 4】

前記重量成分抽出部は、前記推定状態量の演算回数、および、前記標準偏差の値、からなる群から選ばれる一以上を表す情報に応じて前記重量成分を決定する重量決定部を含む、請求項 2 または 3 に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 5】

前記重量成分抽出部は、初期状態をオフとする安定フラグをさらに含み、

前記重量決定部の前記群は前記安定フラグのオンオフをさらに含み、

前記重量決定部は、

前記推定状態量の演算回数が所定回数以下の場合には、最新の抽出した前記重量成分を抽出した前記重量成分と決定し、

20

前記推定状態量の演算回数が前記所定回数を超え、かつ、前記標準偏差が所定の閾値未満の場合には、前記平均を抽出した前記重量成分と決定して前記安定フラグをオンにし

前記安定フラグがオンであるが、前記推定状態量の演算回数が前記所定回数を超え、かつ前記標準偏差が所定の閾値以上である場合には、前回以前の前記安定フラグをオンにしたときに抽出した前記重量成分を抽出した前記重量成分と決定し、

前記推定状態量の演算回数が前記所定回数を超え、前記標準偏差が所定の閾値以上であり、かつ、前記安定フラグがオフの場合には、最新の抽出した前記重量成分を抽出した前記重量成分と決定する、

請求項 4 に記載の状態量推定装置。

30

## 【請求項 6】

前記プロセスノイズ共分散修正部は、前記重量成分抽出部が演算した前記標準偏差を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正する、請求項 2、4 または 5 に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 7】

前記重量成分抽出部は、抽出した前記重量成分を前記車両の現在の重量として出力する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の状態量推定装置。

## 【請求項 8】

懸架装置を有する車両に作用する状態量を推定して、前記懸架装置の減衰力を前記状態量に応じて制御する制御装置であって、

40

少なくとも車重を含む車両に作用する状態量、前記状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、を格納するデータ格納部と、

前記状態量から予測状態量を演算し、前記状態共分散および前記プロセスノイズ共分散から前記予測状態量の共分散である予測共分散を演算する予測量演算部と、

車両のセンサ値を取得する取得部と、

前記センサ値および前記予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するカルマンゲイン演算部と、

前記カルマンゲイン、前記予測状態量および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算し、前記カルマンゲイン、前記予測共分散および前記センサ値

50

、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算する推定量演算部と、  
前記推定状態量から前記車両の重量成分を抽出する重量成分抽出部と、  
前記重量成分抽出部が抽出した前記重量成分を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正し、するプロセスノイズ共分散修正部と、を備え、

前記推定状態量が前記状態量として、前記推定共分散が前記状態共分散として、修正された前記プロセスノイズ共分散が前記プロセスノイズ共分散として、前記データ格納部に書き込まれる、制御装置。

【請求項 9】

少なくとも車重を含む車両に作用する状態量、前記状態量の共分散である状態共分散、および、演算ノイズの共分散であるプロセスノイズ共分散、をデータ格納部に格納するステップと、

10

前記状態量から予測状態量を演算し、前記状態共分散および前記プロセスノイズ共分散から前記予測状態量の共分散である予測共分散を演算するステップと、

車両のセンサ値を取得するステップと、

前記センサ値および前記予測共分散を用いてカルマンゲインを演算するステップと、

前記カルマンゲイン、前記予測状態量および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定状態量を演算するステップと、

前記カルマンゲイン、前記予測共分散および前記センサ値、からカルマンフィルタを用いて、推定共分散を演算するステップと、

前記推定状態量から前記車両の重量成分を抽出するステップと、

20

前記車両の重量成分を用いて前記プロセスノイズ共分散を修正するステップと、

前記推定状態量を前記状態量とし、前記推定共分散を前記状態共分散として、修正された前記プロセスノイズ共分散を前記プロセスノイズ共分散として、前記データ格納部に書き込むステップと、

を含む、状態量推定方法。