

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5011866号
(P5011866)

(45) 発行日 平成24年8月29日(2012.8.29)

(24) 登録日 平成24年6月15日(2012.6.15)

(51) Int.Cl.	F 1
B 6 O W 40/103 (2012.01)	B 6 O W 40/10 2 O 2
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 103/00 (2006.01)	B 6 2 D 103:00
B 6 2 D 111/00 (2006.01)	B 6 2 D 111:00

請求項の数 18 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2006-199450 (P2006-199450)	(73) 特許権者	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22) 出願日	平成18年7月21日(2006.7.21)	(74) 代理人	100066980 弁理士 森 哲也
(65) 公開番号	特開2007-216942 (P2007-216942A)	(74) 代理人	100103850 弁理士 田中 秀▲てつ▼
(43) 公開日	平成19年8月30日(2007.8.30)	(74) 代理人	100116012 弁理士 宮坂 徹
審査請求日	平成21年3月26日(2009.3.26)	(72) 発明者	塩澤 裕樹 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2006-13676 (P2006-13676)	(72) 発明者	渡辺 正行 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
(32) 優先日	平成18年1月23日(2006.1.23)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 横すべり角推定装置、自動車、及び横すべり角推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

操舵角、車速、ヨーレート、及び横加速度を走行状態として入力し、前記走行状態を助変数とする積分演算を経て、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角を推定する推定手段と、異なる2方向への車体の加速度を検出する加速度検出手段と、該加速度検出手段で検出した車体の加速度に応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角を算出する算出手段と、前記推定手段で推定した横すべり角と前記算出手段で算出した応用横すべり角との偏差に応じて前記推定手段の積分演算に対するフィードバック補償を行う補償手段と、を備えることを特徴とする横すべり角推定装置。

【請求項2】

前記算出手段は、車速の変化量と前記加速度検出手段で検出した車体の加速度とに応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角を算出することを特徴とする請求項1に記載の横すべり角推定装置。

【請求項3】

前記補償手段は、ヨーレート又は横加速度の少なくとも一方を車両の旋回走行状態として入力し、前記旋回走行状態に応じて、前記フィードバック補償の重みを変化させることを特徴とする請求項1又は2に記載の横すべり角推定装置。

【請求項4】

前記補償手段は、前記旋回走行状態が旋回性能の限界に近づくほど、前記フィードバック

ク補償の重みを増加させることを特徴とする請求項 3 に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 5】

前記補償手段は、車体に作用する遠心力が、前記旋回走行状態に応じて一時的に消失すると判断したときには、当該遠心力が再発生するまで、前記フィードバック補償の重みを制限することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 6】

前記補償手段は、車体に作用する遠心力が、前記旋回走行状態に応じて一時的に消失すると判断したときには、当該遠心力が消失すると判断した時点から所定時間が経過するまで、前記フィードバック補償の重みを制限することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の横すべり角推定装置。

10

【請求項 7】

前記補償手段は、旋回方向と逆方向の操舵角を検知したときに、車体に作用する遠心力が一時的に消失すると判断することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 8】

前記補償手段は、旋回方向と逆方向の操舵輪スリップ角を検知したときに、車体に作用する遠心力が一時的に消失すると判断することを特徴とする請求項 5 ~ 7 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 9】

前記補償手段は、旋回方向と同方向の横加速度を検知したときに、前記遠心力が再発生すると判断することを特徴とする請求項 5 ~ 8 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

20

【請求項 10】

前記補償手段は、旋回方向が一方から他方へ移行する前に、一方への操舵角に復帰したときには、前記フィードバック補償の重みに対する制限を解除することを特徴とする請求項 5 ~ 9 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 11】

前記補償手段は、前記フィードバック補償の重みの変化速度を抑制することを特徴とする請求項 5 ~ 10 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 12】

前記補償手段は、ヨーレート又は横加速度の少なくとも一方を車両の旋回走行状態として入力し、前記旋回走行状態が非旋回領域にあるときには、前記フィードバック補償を中止することを特徴とする請求項 1 ~ 11 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

30

【請求項 13】

前記算出手段は、ヨーレート又は横加速度の少なくとも一方を車両の旋回走行状態として入力し、前記旋回走行状態が非旋回領域にあるときには、前記応用横すべり角を 0 にすることを特徴とする請求項 1 ~ 12 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 14】

前記推定手段が直接積分法によって前記横すべり角を推定する場合、
旋回時における遠心作用の原理に基づき、前記推定手段で推定した横すべり角と前記加速度検出手段で検出した車体の加速度とに応じて、前記助変数の横加速度に対してフィードバック補正を行う第 1 の補正手段と、車両モデルを利用したオブザーバによって前記推定手段とは別に前記横すべり角を推定し、推定した横すべり角と前記推定手段で推定した横すべり角との偏差に応じて、当該推定手段の積分演算に対してフィードバック補正を行う第 2 の補正手段と、

40

ヨーレート及び横加速度を車両の旋回走行状態として入力し、前記補償手段によるフィードバック補償、前記第 1 の補正手段によるフィードバック補正、及び前記第 2 の補正手段によるフィードバック補正の夫々の相対的な重みを、前記旋回走行状態のヨーレート及び横加速度に応じて変化させる変更手段と、を備え、

前記第 1 の補正手段は、次式によって算出した横加速度と前記助変数の横加速度との偏

50

差に応じて、前記助変数の横加速度に対してフィードバック補正を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 13 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

【数 1】

$$\text{横加速度} = \cos \beta \times \sqrt{(Gy - \dot{V}y)^2 + (Gx - \dot{V}x)^2}$$

β : 推定した横すべり角

Gy : 実測した横加速度

$\dot{V}y$: 実測した車速の横方向成分の微分値

Gx : 実測した前後加速度

$\dot{V}x$: 実測した車速の前後方向成分の微分値

10

【請求項 15】

前記変更手段は、前記旋回走行状態が、非旋回領域にあるときには前記第 2 の補正手段によるフィードバック補正の重みを相対的に増加させ、緩旋回領域にあるときには前記第 1 の補正手段によるフィードバック補正の重みを相対的に増加させ、前記非旋回領域及び前記緩旋回領域から外れているときには前記補償手段によるフィードバック補償の重みを相対的に増加させることを特徴とする請求項 14 に記載の横すべり角推定装置。

【請求項 16】

前記加速度検出手段は、車体の前後方向及び左右方向とは夫々異なる 2 方向への加速度を検出することを特徴とする請求項 1 ~ 15 の何れか一項に記載の横すべり角推定装置。

20

【請求項 17】

横すべり角推定装置を備えた自動車において、

前記横すべり角推定装置は、

操舵角、車速、ヨーレート、及び横加速度を走行状態として入力し、前記走行状態を助変数とする積分演算を経て、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角を推定する推定手段と、異なる 2 方向への車体の加速度を検出する加速度検出手段と、該加速度検出手段で検出した車体の加速度に応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角を算出する算出手段と、前記推定手段で推定した横すべり角と前記算出手段で算出した応用横すべり角との偏差に応じて前記推定手段の積分演算に対するフィードバック補償を行う補償手段と、を備えることを特徴とする自動車。

30

【請求項 18】

操舵角、車速、ヨーレート、及び横加速度を走行状態として入力し、前記走行状態を助変数とする積分演算を経て車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角を推定すると共に、異なる 2 方向への車体の加速度に応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角を算出し、推定した横すべり角と算出した応用横すべり角との偏差に応じて前記積分演算に対するフィードバック補償を行うことを特徴とする横すべり角推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、横すべり角推定装置、これを備えた自動車、及び横すべり角推定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、車速、ヨーレート、及び横加速度をパラメータとする積分演算によって横すべり角を推定すると共に、車両の状態量を入力変数とした車両モデルによって横すべり角を推定し、双方の推定値から最終的な横すべり角を推定し、且つ車両モデルから推定した横すべり角に応じて積分演算の時定数を調整するものがあった（特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開平 8 - 332934 号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記特許文献1に記載された従来例にあっては、車両挙動が非線形領域にあるか否かを、車両モデルから推定した横すべり角に基づいて判断しているが、車両挙動の非線形領域と横すべり角との関係は、走行環境や走行状態によって左右されるので、車両のモデル化誤差や積分演算の累積誤差に起因して最終的な横すべり角の推定精度が低下する可能性があり、特に限界挙動時の推定が困難となる。

本発明の課題は、横すべり角を高精度に推定することである。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記の課題を解決するために、本発明に係る横すべり角推定装置は、操舵角、車速、ヨーレート、及び横加速度を走行状態として入力し、走行状態を助変数とする積分演算を経て車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角を推定すると共に、異なる2方向への車体の加速度から旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角を算出し、これら横すべり角と応用横すべり角との偏差に応じて積分演算に対するフィードバック補償を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0005】

幾何学的には、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす角度が車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角と一致する。

本発明に係る横すべり角推定装置によれば、異なる2方向への車体の加速度から遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角を算出し、推定した横すべり角と算出した応用横すべり角との偏差に応じて積分演算に対するフィードバック補償を行うことで、車両のモデル化誤差や積分演算に伴うエラーの累積などに起因した推定誤差を修正することができるので、簡単な構成で容易に、しかも高精度に横すべり角を推定することができる。

【0006】

また、本発明に係る横すべり角推定装置は、車体の加速度に応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角を算出し、算出した応用横すべり角を、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角として算出することで、より簡単な構成で容易に横すべり角を推定することができ、しかも積分演算に伴うエラーの累積などに起因した推定誤差や、車両モデルにおけるモデル化誤差の心配もないので、高精度に横すべり角を推定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本発明を実施するための最良の形態を図面に基づいて説明する。

《第1実施形態》

《構成》

図1は、車両の概略構成図である。図1(a)に示すように、自動車1には、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角を推定するために、例えばマイクロコンピュータで構成されたコントローラ2が搭載されている。また、図1(b)に示すように、自動車1の前輪3FL・3FRは、タイロッド4、ラック&ピニオン5、ステアリングシャフト6を順に介してステアリングホイール7に連結されており、ステアリングホイール7の回転運動が、ラック&ピニオン5によってタイロッド4の左右の直線運動に変換されることにより、前輪3FL・3FRがキングピン軸を中心に転舵される。

そして、コントローラ2には、舵角センサ11で検出した操舵角と、車速センサ12で検出した車速と、ヨーレートセンサ13で検出したヨーレートと、横加速度センサ14で検出した横加速度と、前後加速度センサ15で検出した前後加速度と、が入力される。

【0008】

10

20

30

40

50

図2は、コントローラ2で横すべり角 γ を推定するために用いる線形2入力オブザーバのブロック線図である。A ~ Dは車両の線形2輪モデルより決まる行列、K1はオブザーバゲインである。このオブザーバには、推定補償器20が備わっており、K2はその補償ゲインである。

まず、オブザーバについて説明する。

オブザーバの基となる車両の2輪モデルは、横方向の力とモーメントの釣り合いより、次式で示される。

【0009】

【数1】

$$\begin{aligned} mV(\dot{\beta} + \gamma) &= -Cp_f(\beta + L_f \cdot \gamma/V - \delta) - Cp_r(\beta - L_r \cdot \gamma/V) \\ I\dot{\gamma} &= -Cp_f(\beta + L_f \cdot \gamma/V - \delta)L_f + Cp_r(\beta - L_r \cdot \gamma/V)L_r \end{aligned}$$

10

【0010】

これを、状態方程式の形に書き直し、入力uをタイヤ舵角とし、出力方程式の出力をヨーレートと横加速度とすると、次のようになる。

【0011】

【数2】

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu, & x = \begin{pmatrix} \beta \\ \gamma \end{pmatrix}, & u = \delta \\ y = Cx + Du, & y = \begin{pmatrix} \gamma \\ Gy \end{pmatrix} \end{cases}$$

20

$$A = \begin{pmatrix} -\frac{Cp_f + Cp_r}{mV} & -\frac{Cp_f L_f - Cp_r L_r}{mV^2} - 1 \\ -\frac{Cp_f L_f - Cp_r L_r}{I} & -\frac{Cp_f L_f^2 + Cp_r L_r^2}{IV} \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} \frac{Cp_f}{mV} \\ \frac{Cp_f L_f}{I} \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ Va_{11} & V(a_{12} + 1) \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} 0 \\ Vb_1 \end{pmatrix}$$

30

【0012】

ただし、各記号の意味は以下の通りである。

m : 車両質量

I : ヨー慣性モーメント

L_f : 車両重心点と前車軸間の距離

L_r : 車両重心点と後車軸間の距離

Cp_f : 前輪コーナリングパワー(左右合計)

Cp_r : 後輪コーナリングパワー(左右合計)

V : 車速

γ : 横すべり角

$\dot{\gamma}$: ヨーレート

Gy : 横加速度

a₁₁, a₁₂, b₁ : 行列A, Bの各要素

この状態方程式を元に、車両横すべり角 γ を推定する線形2入力オブザーバを設計する。オブザーバへの入力は横加速度とヨーレートとし、オブザーバゲインKはモデル化誤差の影響を受けにくく、且つ安定した推定が行えるように設定する。なお、オブザーバの設

40

50

計手法については、これに限定されるものではなく、全く異なる推定手法に置き換えてもよい。

【 0 0 1 3 】

次に、推定補償器 2 0 について説明する。

旋回時の車体に作用する遠心力（以下、『場の力』と称す）は、旋回中心から外側に向かって働く。したがって、図 3 に示すように、旋回を行う車両が横すべり角 β_1 を持って走行しているならば、車体に働く『場の力』も当然、車体の真横方向から横すべり角分ずれた方向に発生する。 $\beta_2 = \beta_1$ となることは、幾何学的にも明らかである。そこで、この『場の力』のずれ分 β_2 を、 $A \tan(G_y / G_x)$ を用いて算出することで、オブザーバの推定を補償するために用いる応用横すべり角として算出する。具体的な計算は、下記の通りである。

10

【 0 0 1 4 】

【数 3】

$$\beta_2 = \frac{1}{2}\pi - A \tan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

【 0 0 1 5 】

図 4 は、さらに速度変化も考慮した力の釣り合いを示す。旋回による『場の力』と、加減速による『場の力』は、センシングした検出値からその方向の速度変化分を減算することで、旋回によるもののみを抽出することができ、図 3 の場合と同様に考えることができる。したがって、推定補償器では、以下の計算処理が行われる。ここで、横速度 V_y は、車速と推定した横すべり角 β_1 の値から幾何学的に（ \tan を用いて）算出する。

20

【 0 0 1 6 】

【数 4】

$$\beta_2 = \frac{1}{2}\pi - A \tan\left(\frac{G_y - \dot{V}_y}{G_x - \dot{V}_x}\right)$$

【 0 0 1 7 】

上式で計算した応用横すべり角 β_2 と、オブザーバで推定した横すべり角 β_1 の偏差をオブザーバ内の積分器の手前にフィードバックする。この補正をかけるためのフィードバックゲイン K_2 は、図 5 の制御マップに従って算出する。この制御マップは、横軸に横加速度 G_y 、縦軸にゲイン K_2 をとり、横加速度 G_y が 0 近傍の所定値以下の場合にはそのゲイン K_2 を 0 とし、ある程度の横加速度 G_y （例えば 0.1 G）が発生したら、それ以降は発生した横加速度 G_y に比例してフィードバックゲイン K_2 を上げていき、所定値（例えば 0.5 G）以上の横加速度 G_y が発生したら、制御の安定するゲイン値で一定とするように設定されている。

30

【 0 0 1 8 】

《作用》

次に、第 1 実施形態の作用について説明する。

一般的な線形オブザーバは、車両モデル設計時に想定した路面状況でタイヤの横すべり角が非線形特性とはならない線形領域においては、正確な横すべり角 β_1 の推定を行うことができる。しかしながら、路面摩擦係数 μ が変化したり、旋回性能の限界に近づいたりしたときには、図 6 に示すように、オブザーバによる推定値が、計測値から徐々に逸脱してしまい、推定精度が低下してしまう。

40

【 0 0 1 9 】

ところで、幾何学的には、旋回時に車体に作用する『場の力』の方向と左右方向とでなす角度 β_2 は、走行条件に係らず、つまり走行状態が旋回性能の限界に近づいていても、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角 β_1 と一致する。

50

そこで、図2に示すように、推定した横すべり角 θ_1 と算出した応用横すべり角 θ_2 との差分に応じて、積分器21による積分演算に対してフィードバック補償を行う。これにより、積分演算に伴うエラーの累積などに起因した推定誤差が随時修正されるので、図6に示すように、推定値が計測値に近似する。

【0020】

なお、定速運動していれば、数3に従って、加速度 G_x 及び G_y だけに応じて『場の力』の方向を算出できるが、通常は車速変化を伴うので、精度を向上させるために、数4に従って、車速の変化量も加味して『場の力』の方向を算出する。

また、『場の力』に着目しているのも、当然、応用横すべり角 θ_2 の算出精度は、『場の力』の発生度合に依存しており、略直進走行しているときや横加速度 G_y やヨーレートが低い緩旋回領域では、その精度が低下してしまう。このとき、オブザーバで推定する横すべり角 θ_1 は、モデル化誤差が小さくなる分、精度が高くなる。そこで、車両の旋回走行状態に応じてフィードバック補償の重みを変化させることで、オブザーバによる推定と推定補償器20によるフィードバック補償との双方の利点を生かして協調させる。具体的には、旋回走行状態が旋回性能の限界に近づくほど、ここでは横加速度 G_y が大きくなるほど、フィードバックゲイン K_2 を増加させることで、フィードバック補償の重みを増加させる。

【0021】

また、数3又は数4の $A \tan$ にてゼロ割りが発生すると、値は発散してしまい適切なフィードバック補償を行うことができなくなってしまう。そこで、ゼロ割りが発生し得るような『場の力』の弱い非旋回領域では、推定補償器20によるフィードバック補償を中止する。具体的には、横加速度 G_y が0近傍の所定値以下にあるようなときには、フィードバックゲイン K_2 を0にする。

また、同様の理由で、ゼロ割りが発生し得るような『場の力』の弱い非旋回領域では、応用横すべり角 θ_2 の値を0としてもよい。

【0022】

《応用例》

上記の第1実施形態では、横加速度 G_y に応じてフィードバックゲイン K_2 の値を変化させているが、これに限定されるものではなく、要は、車両の旋回走行状態に変化させることができればよいので、ヨーレートに応じて変化させてもよい。

また、上記の第1実施形態では、オブザーバによって横すべり角 θ_1 を推定すると共に、推定補償器20によって応用横すべり角 θ_2 を算出し、推定した横すべり角 θ_1 と算出した応用横すべり角 θ_2 との偏差に応じてオブザーバが有する積分器21による積分演算に対してフィードバック補償を行っているが、これに限定されるものではない。すなわち、推定補償器20だけでも応用横すべり角 θ_2 を算出できるので、この θ_2 をそのまま横すべり角 θ_1 として推定してもよい。但し、実際の車両にこの手法を採用すると、センサノイズに敏感なため、そのまま推定器として用いるのは現実的ではなく、センシングした検出値にフィルタをかける等して、ノイズを除去することが望ましい。

【0023】

《効果》

以上より、図2のオブザーバが「推定手段」に対応し、横加速度センサ14及び前後加速度センサ15が「加速度検出手段」に対応し、推定補償器20による数3及び数4の演算処理が「算出処理」に対応し、推定補償器20が「補償手段」に対応する。

(1) 走行状態を助変数とする積分演算を経て、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角 θ_1 を推定する推定手段と、異なる2方向への車体の加速度を検出する加速度検出手段と、この加速度検出手段で検出した車体の加速度に応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角 θ_2 を算出する算出手段と、推定手段で推定した横すべり角 θ_1 と算出手段で算出した応用横すべり角 θ_2 との偏差に応じて推定手段の積分演算に対するフィードバック補償を行う補償手段と、を備える。

これにより、積分演算に伴うエラーの累積などに起因した推定誤差を修正することがで

10

20

30

40

50

きるので、簡単な構成で容易に、しかも高精度に横すべり角 γ を推定することができる。

【0024】

(2) 車速の変化量と加速度検出手段で検出した車体の加速度とに応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角 γ_2 を算出する。

これにより、車速変化を伴う走行状態であっても、遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角 γ_2 を正確に算出することができる。

(3) 車両の旋回走行状態に応じて、フィードバック補償の重みを変化させる。

これにより、横すべり角 γ の推定とフィードバック補償との双方の利点を生かした協調作用を得られるので、システム全体として精度の高い横すべり角 γ を推定することができる。

10

【0025】

(4) 車両の旋回走行状態が旋回性能の限界に近づくほど、フィードバック補償の重みを増加させる。

これにより、横すべり角 γ の推定とフィードバック補償との双方の利点を生かした協調作用を確実に得られるので、システム全体として精度の高い横すべり角 γ を推定することができる。

(5) 車両の旋回走行状態が非旋回領域にあるときにはフィードバック補償を中止する。

これにより、数3又は数4のA tanにてゼロ割りが発生して適切なフィードバック補償を行うことができないといった事態を回避し、推定精度への悪影響を防止することができる。

20

【0026】

(6) 車両の旋回走行状態が非旋回領域にあるときには応用横すべり角 γ_2 を0にする。

これによっても、数3又は数4のA tanにてゼロ割りが発生して適切なフィードバック補償を行うことができないといった事態を回避し、推定精度への悪影響を防止することができる。すなわち、推定した横すべり角 γ のドリフトや振動を抑制することができる。

(7) 異なる2方向への車体の加速度を検出する加速度検出手段と、この加速度検出手段で検出した車体の加速度に応じて、旋回時の車体に作用する遠心力の方向と車体の左右方向とでなす応用横すべり角 γ_2 を算出し、算出した応用横すべり角 γ_2 を、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角 γ として算出する算出手段と、を備える。

【0027】

30

従来一般的な手法では、横すべり角 γ の推定には横すべり速度(車体横方向の速度)をいかにして求めるかに着目していたので、加速度センサの検出値を積分するという処理を避けては通れなかった。しかしながら、旋回時における遠心作用の原理に基づいて応用横すべり角 γ_2 を算出し、これをそのまま横すべり角 γ として算出することで、より簡単な構成で容易に横すべり角 γ を推定することができ、しかも積分演算に伴うエラーの累積などに起因した推定誤差や、車両モデルにおけるモデル化誤差の心配もないので、高精度に横すべり角 γ を推定することができる。

【0028】

《第2実施形態》

《構成》

40

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

この第2実施形態は、図7に示すように、主に直接積分法によって横すべり角 γ を推定するものである。この直接積分法とは、車両横方向の運動の釣り合いにより導かれる次式を積分することで、横すべり角 γ を求める手法である。

【0029】

【数5】

$$A_y = V(\gamma + \dot{\beta})$$

【0030】

50

そして、この直接積分法を主体にして横すべり角 β を推定しつつ、旋回時における遠心作用の原理に基づいて横加速度 G_y に対してフィードバック補正を行う第 1 の補正部 3 1 と、線形オブザーバに基づいて積分演算に対してフィードバック補正を行う第 2 の補正部 3 2 と、前述した推定補償器 2 0 に基づいて積分演算に対してフィードバック補償を行う補償部 3 3 と、を付加している。

まず、第 1 の補正部 3 1 では、旋回により発生する『場の力』と、横加速度 G_y 、横すべり角 β の関係が次のようになることを補正原理として用いている。

【 0 0 3 1 】

【数 6】

$$\hat{G}_y = \cos \beta \times \sqrt{(G_y - \dot{V}_y)^2 + (G_x - \dot{V}_x)^2}$$

10

【 0 0 3 2 】

上記の式に速度 V と、加速度の実測値 G_y 及び G_x と、横すべり角の推定値 β とを代入して計算される横加速度 G_y と、センシングした横加速度 G_y とを比較し、その偏差に応じてフィードバック補正を行う。

次に、第 2 の補正部 3 2 では、図 2 の推定補償器 2 0 を除いたオブザーバによって、直接積分法とは別に横すべり角 β を推定し、これら直接積分法による推定値とオブザーバによる推定値との偏差に応じてフィードバック補正を行う。直進状態、又はそれに近い走行パターンにおいては、モデル化誤差の影響が小さいため、線形オブザーバでも十分な精度で横すべり角 β を推定できる。そこで、図 8 に示すように、横加速度 G_y とヨーレートが低い非旋回領域では、ゲイン K_2 を大きくし、限界挙動に近づくに連れてゲイン K_2 を下げていく。

20

【 0 0 3 3 】

そして、補償部 3 3 では、前述した第 1 実施形態と同様に、推定補償器 2 0 にて $A \tan(G_y / G_x)$ を用いて応用横すべり角 β_2 を算出し、この応用横すべり角 β_2 と直接積分法によって推定した横すべり角 β との偏差と、図 5 の制御マップに従って設定するゲイン K_3 とに応じてフィードバック補償を行う。

なお、各ゲイン $K_1 \sim K_3$ の比重、つまり相対的な重みは、車両の旋回走行状態に応じて変化させるものとし、横加速度 G_y 及びヨーレートが共に低いときには、略直進状態の非旋回領域にあると判断して第 2 の補正部 3 2 のゲイン K_2 を相対的に増加させ、ヨーレートは発生するものの横加速度 G_y が弱いときには、緩旋回領域にあると判断して第 1 の補正部 3 1 のゲイン K_1 を相対的に増加させ、これら非旋回領域及び緩旋回領域から外れているときには補償部 3 3 のゲイン K_3 を相対的に増加させる。

30

【 0 0 3 4 】

《作用》

次に、第 2 実施形態の作用について説明する。

直接積分法は、モデル化誤差の心配がない反面、積分主体の手法であるため誤差が累積するという欠点がある。この解決策として、一般に積分の時定数を調節して誤差の累積量を減らす工夫などがなされているが、何かしらの推定エラーが発生するとしばらくその影響を受け続けてしまったり、長い時間、旋回状態が続くような場合には、蓄積しなくてはならない情報までカットしたりしてしまうため本質的な解決策とは言えない。

40

【 0 0 3 5 】

そこで、この第 2 実施形態では、直接積分法によって推定した横すべり角 β に対して、第 1 の補正部 3 1 と、第 2 の補正部 3 2 と、補償部 3 3 とで、適宜、最適な補正や補償を行う。

すなわち、略直進状態にあるときには、車両モデルによる線形オブザーバで高精度の横すべり角 β を推定することができるので、この第 2 の補正部 3 2 によるフィードバック補正の重みを相対的に増加させる。また、ヨーレートは発生するものの横加速度 G_y が弱くて『場の力』を確保しにくい等、ごく短時間のしかも緩い旋回走行状態にあるときには、

50

第1の補正部31によるフィードバック補正の重みを相対的に増加させる。そして、横加速度 G_y が増加し『場の力』を確保できる程度の旋回走行状態にあるときには、補償部33によるフィードバック補償の重みを相対的に増加させる。

【0036】

《応用例》

上記の第2実施形態では、直接積分法を主体として横すべり角 θ を推定しつつ、旋回時における遠心作用の原理に基づくフィードバック補正と、線形オブザーバに基づくフィードバック補正と、推定補償器20に基づくフィードバック補償とを行っているが、これに限定されるものではない。すなわち、旋回時における遠心作用の原理に基づくフィードバック補正だけでも十分な効果が得られるので、線形オブザーバに基づくフィードバック補正や推定補償器20に基づくフィードバック補償を省略してもよい。

10

【0037】

《効果》

以上より、第1の補正部31が「第1の補正手段」に対応し、第2の補正部32が「第2の補正手段」に対応し、補償部33が「補償手段」に対応する。また、各ゲイン $K_1 \sim K_3$ の比重を変化させる演算処理が「変更手段」に対応している。

(1) 推定手段が直接積分法によって横すべり角 θ を推定する場合、

旋回時における遠心作用の原理に基づき、推定手段で推定した横すべり角 θ と加速度検出手段で検出した車体の加速度とに応じて、助変数に対してフィードバック補正を行う第1の補正手段と、車両モデルを利用したオブザーバによって推定手段とは別に横すべり角 θ を推定し、推定した横すべり角 θ と推定手段で推定した横すべり角 θ との偏差に応じて、この推定手段の積分演算に対してフィードバック補正を行う第2の補正手段と、

20

補償手段によるフィードバック補償、第1の補正手段によるフィードバック補正、及び第2の補正手段によるフィードバック補正の夫々の相対的な重みを、車両の旋回走行状態に応じて変化させる変更手段と、を備える。

これにより、各種フィードバック補正及びフィードバック補償の利点を生かした協調作用が得られるので、システム全体として精度の高い横すべり角 θ を推定することができる。

【0038】

(2) 車両の旋回走行状態が、非旋回領域にあるときには第2の補正手段によるフィードバック補正の重みを相対的に増加させ、緩旋回領域にあるときには第1の補正手段によるフィードバック補正の重みを相対的に増加させ、非旋回領域及び緩旋回領域から外れているときには補償手段によるフィードバック補償の重みを相対的に増加させる。

30

これにより、各種フィードバック補正及びフィードバック補償の利点を生かした協調作用を確実に得られるので、システム全体として精度の高い横すべり角 θ を推定することができる。

【0039】

(3) 走行状態を助変数とする積分演算を経て、車体の前後方向と進行方向とでなす横すべり角 θ を推定する推定手段と、異なる2方向への車体の加速度 G_y 及び G_x を検出する加速度検出手段と、旋回時における遠心作用の原理に基づき、推定手段で推定した横すべり角 θ と加速度検出手段で検出した車体の加速度 G_y 及び G_x とに応じて、助変数としての横加速度 G_y に対してフィードバック補正を行う第1の補正手段と、を備える。

40

これにより、より簡単な構成で容易に、しかも高精度に横すべり角 θ を推定することができる。さらに、車両モデルにおけるモデル化誤差の心配もない。

【0040】

《第3実施形態》

《構成》

次に、本発明の第3実施形態について説明する。

この第3実施形態は、前述した推定補償器20で算出する応用横すべり角 θ_2 を、そのまま横すべり角 θ として算出するものである。すなわち、次式より横すべり角 θ を算出す

50

る。

【 0 0 4 1 】

【 数 7 】

$$\beta = \frac{1}{2}\pi - A \tan \left(\frac{G_y - \dot{V}_y}{G_x - \dot{V}_x} \right)$$

【 0 0 4 2 】

また、図 9 に示すように、横加速度センサ 1 4 と前後加速度センサ 1 5 とは別に、車両前後方向に対して ± 4 5 [d e g] ずらした 2 方向への加速度 G 1 及び G 2 を検出する加速度センサを備え、横加速度 G y 又は前後加速度 G x が所定値以下の場合には、これと ± 4 5 [d e g] ずらして設置された加速度センサの検出値を用いて横すべり角 を算出する。

10

すなわち、計算方法は上記の式そのまま、算出結果をセンサのずれ角（ここでは、4 5 [d e g] ）分だけ戻せばよい。勿論、本実施形態では ± 4 5 [d e g] のずれ角としたが、このずれ角は任意に設定してよい。

【 0 0 4 3 】

《作用》

次に、第 3 実施形態の作用について説明する。

数 7 の A tan にてゼロ割りが発生すると、値は発散してしまい横すべり角 を算出することができなくなってしまう。そこで、車両前後方向に対して ± 4 5 [d e g] ずらした 2 方向への加速度 G 1 及び G 2 を検出し、これら G 1 及び G 2 を用いて横すべり角 を算出する。もし、全ての加速度センサの検出値が所定値以下となる（速度変化があり、加速度センサの検出値から速度変化分を減算したあとの値が所定値以下となる）なら、略直進状態であると判断し、横すべり角 を 0 にする。なお、一般の車両は、発生する横すべり角 の領域は限られているので、この領域から外れるように 2 つの加速度センサを設置すれば、常にゼロ割りの発生を回避することができる。

20

【 0 0 4 4 】

《効果》

(1) 車体の前後方向及び左右方向とは夫々異なる 2 方向への加速度を検出する。

30

これにより、数 7 の A tan にてゼロ割りが発生して横すべり角 を算出することができないといった事態を回避し、確実に横すべり角 をすることができる。

【 0 0 4 5 】

《第 4 実施形態》

《構成》

次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。

この第 4 実施形態は、ダブルレーンチェンジのように、左右への連続したステアリング操作がなされるときにフィードバック補償の精度を高めるために、前述した第 1 実施形態におけるフィードバックゲイン K 2 を車両の旋回走行状態に応じて設定するものである。

ここで、フィードバックゲイン K 2 の設定処理を、図 1 0 のフローチャートに従って説明する。

40

【 0 0 4 6 】

ステップ S 1 では、横加速度 G y を読み込む。

続くステップ S 2 では、前述した図 5 の制御マップに従って、フィードバックゲイン K 2 を算出する。

続くステップ S 3 では、フィードバックゲイン K 2 が 0 より大きいかな否かを判定する。この判定結果が『 K 2 = 0 』であるときには、そのまま K 2 を 0 として所定のメインプログラムに復帰する。一方、判定結果が『 K 2 > 0 』であるときには、ステップ S 4 に移行する。

【 0 0 4 7 】

50

ステップS4では、ヨーレート $\dot{\psi}$ 及び操舵角 δ を読み込む。

続くステップS5では、操舵角 δ 及び横すべり角 β に基づいて、前輪スリップ角 α_f を算出する。

続くステップS6では、前輪スリップ角 α_f がヨーレート $\dot{\psi}$ と逆方向に発生しているか否かを判定する。ここで、 α_f が $\dot{\psi}$ と同方向に発生しているときには、車体に作用する遠心力が発生していると判断して、そのままK2を設定して所定のメインプログラムに復帰する。一方、 α_f が $\dot{\psi}$ と逆方向に発生しているときには、車体に作用する遠心力が一時的に消失すると判断してステップS7に移行する。

【0048】

ステップS7では、フィードバックゲインK2を0に補正する。

10

続くステップS8では、前輪スリップ角 α_f が横加速度 G_y と同方向に発生したか否かを判定する。ここで、 α_f が G_y と逆方向に発生しているときには、車体に作用する遠心力は再発生していないと判断して、上記ステップS7に戻り、車体に作用する遠心力が再発生するまで $K2 = 0$ を維持する。一方、 α_f が G_y と同方向に発生しているときには、車体に作用する遠心力が再発生すると判断して所定のメインプログラムに復帰する。

【0049】

《作用》

次に、第4実施形態の作用について説明する。

図11に示すように、車線変更時のダブルレーンチェンジのように、左右への連続したステアリング操作がなされると、旋回方向が一方から他方へ切替わる瞬間に、横すべり角 β が残っているのに ($|\dot{\beta}| > 0$)、車体に作用する遠心力が一時的に消失するという現象が起こる。したがって、この遠心力が消失している間は、応用横すべり角 β_2 を高精度に算出することができないので、フィードバック補償に影響を及ぼしてしまう。

20

【0050】

そこで、車体に作用する遠心力が一時的に消失すると判断したら（ステップS6の判定が“ Yes ”）、遠心力が再発生するまでの間は、フィードバックゲインK2を0に制限して（ステップS7）、フィードバック補償への影響を回避する。

遠心力の消失は、ヨーレート $\dot{\psi}$ と逆方向の前輪スリップ角 α_f が発生するか否かに基づいて判断する。このように、旋回方向と前輪スリップ角 α_f の発生方向とを比較することで、ドリフト走行を行うときのカウンターステアと、ダブルレーンチェンジを行うときのステアリング操作とを区別して、遠心力の消失を正確に予測する。すなわち、旋回方向と前輪スリップ角 α_f の発生方向とが一致するドリフト走行では、遠心力は消失しないからである。

30

【0051】

その後、遠心力が復活する、つまり再発生すると判断したら（ステップS8の判定が“ Yes ”）、フィードバックゲインK2に対する制限を解除して、通常 of フィードバック補償を再開する。遠心力の再発生は、前輪スリップ角 α_f と同方向の横加速度 G_y が発生するか否かに基づいて判断する。

【0052】

《応用例》

40

上記の第4実施形態では、遠心力が再発生するまでの間は、フィードバックゲインK2を0に制限しているが、遠心力が消失すると判断した時点から所定時間が経過するまで、フィードバックゲインK2を制限するようにしてもよい。すなわち、ステアリング操作に対する車両挙動の応答時間は、各車両の諸元によって定まるので、少なくともこの応答時間が経過するまで、フィードバックゲインK2を制限すればよい。これによれば、容易に前述した作用効果を得ることができる。

【0053】

また、上記の第4実施形態では、旋回方向と逆方向の前輪スリップ角 α_f を検知したときに、遠心力が一時的に消失すると判断しているが、旋回方向と逆方向の操舵角 δ を検知したときに、遠心力が一時的に消失すると判断してもよい。すなわち、旋回方向と逆方向

50

のステアリング操作がなされ、且つ操舵角 δ が中立位置を越えれば、車体を回頭させるモーメントが減少し、この後に遠心力が一時的に消失するからである。これによれば、容易に前述した作用効果を得ることができる。

【 0 0 5 4 】

また、上記の第 4 実施形態では、一旦、旋回方向と逆方向の前輪スリップ角 β_F を検知したら、遠心力が再発生するまでの間は、フィードバックゲイン K_2 を制限しているが、旋回方向が一方から他方へ移行する前に、一方への操舵角に復帰したときには、直ちにフィードバックゲイン K_2 の制限を解除してもよい。すなわち、元の旋回方向へのステアリング操作に戻れば、遠心力は消失することなく、それまでの旋回軌跡を描き続けることになるので、フィードバックゲイン K_2 を制限する必要はなくなるからである。

10

【 0 0 5 5 】

また、上記の第 4 実施形態では、フィードバックゲイン K_2 を制限したり、これを解除したりする際に、そのまま K_2 を変化させているが、 K_2 の変化速度（所定時間毎の変化量）を抑制するようにしてもよい。すなわち、 K_2 が急変すると、フィードバック補償に影響を及ぼし得るので、所定のフィルタ処理によって滑らかに変化させることで、過敏な応答を防止した望ましいフィードバック補償を実現できる。

【 0 0 5 6 】

また、上記の第 4 実施形態では、前述した第 1 実施形態におけるフィードバックゲイン K_2 を車両の旋回走行状態に応じて設定しているが、勿論、前述した第 2 実施形態におけるフィードバックゲイン K_3 に適用してもよい。これによれば、当然、第 2 実施形態の作用効果を合わせて得ることができる。

20

【 0 0 5 7 】

《効果》

以上より、図 10 のゲイン設定処理が「補償手段」の一部を構成している。

(1) 補償手段は、車体に作用する遠心力が、車両の旋回走行状態に応じて一時的に消失すると判断したときには、当該遠心力が再発生するまで、フィードバック補償の重みを制限する。

これにより、ダブルレーンチェンジのような左右へ連続したステアリング操作がなされて、遠心力が一時的に消失するような場合に、応用横すべり角 β_2 の誤算によってフィードバック補償の精度が低下する、といった事態を回避することができる。

30

【 0 0 5 8 】

(2) 補償手段は、車体に作用する遠心力が、車両の旋回走行状態に応じて一時的に消失すると判断したときには、当該遠心力が消失すると判断した時点から所定時間が経過するまで、フィードバック補償の重みを制限する。

これによれば、遠心力の再発生を検出しなくとも、単に経過時間を計測していればよいので、容易に上記の作用効果を得ることができる。

(3) 補償手段は、旋回方向と逆方向の操舵角を検知したときに、車体に作用する遠心力が一時的に消失すると判断する。

これによれば、前輪スリップ角 β_F を演算しなくとも、単に操舵角 δ を検出していればよいので、容易に上記の作用効果を得ることができる。

40

【 0 0 5 9 】

(4) 補償手段は、旋回方向と逆方向の操舵輪スリップ角を検知したときに、車体に作用する遠心力が一時的に消失すると判断する。

これにより、ドリフト走行を行うときのカウンターステアと、ダブルレーンチェンジを行うときのステアリング操作とを区別して、遠心力の消失を正確に予測することができる。

(5) 補償手段は、旋回方向と同方向の横加速度を検知したときに、遠心力が再発生すると判断する。

これにより、遠心力の再発生を容易に且つ確実に判断することができる。

【 0 0 6 0 】

50

(6) 補償手段は、旋回方向が一方から他方へ移行する前に、一方への操舵角に復帰したときには、フィードバック補償の重みに対する制限を解除する。

これによれば、フィードバック補償の重みに対する不必要な制限を中止し、適切なタイミングで通常のフィードバック補償に復帰することができる。

(7) 補償手段は、フィードバック補償の重みの変化速度を抑制する。

これによれば、フィードバック補償の重みを滑らかに変化させることができるので、過敏な応答を防止した望ましいフィードバック補償を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】車両の概略構成図である。

10

【図2】第1実施形態のブロック線図である。

【図3】旋回時における遠心作用の原理を説明した図である。

【図4】車速変化に伴う旋回時における遠心作用の原理を説明した図である。

【図5】ゲインの算出に用いる制御マップである。

【図6】本願発明の効果について説明したグラフである。

【図7】第2実施形態のブロック線図である。

【図8】ゲインの算出に用いる制御マップである。

【図9】第3実施形態について説明した図である。

【図10】第4実施形態のゲイン設定処理を示すフローチャートである。

【図11】第4実施形態の効果を示すグラフである。

20

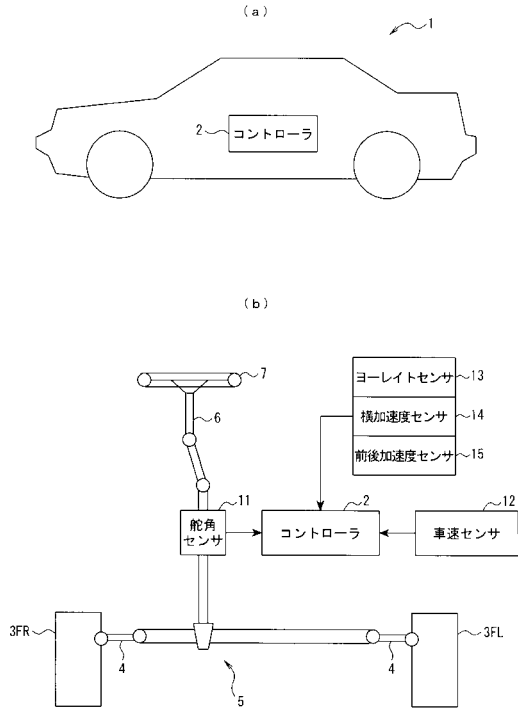
【符号の説明】

【0062】

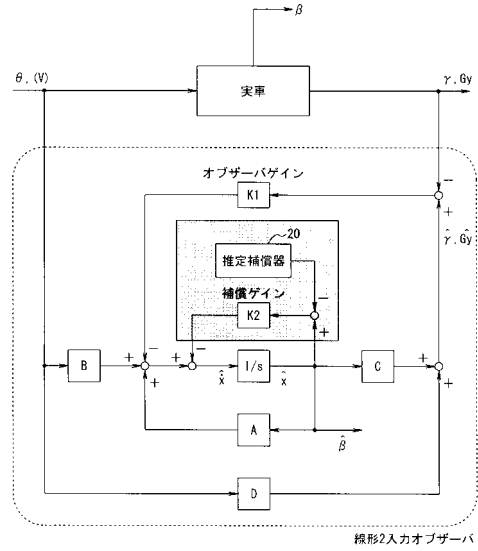
- 1 自動車
- 2 コントローラ
- 3 FL・FR 前輪
- 4 タイロッド
- 5 ラック&ピニオン
- 6 ステアリングシャフト
- 7 ステアリングホイール
- 11 舵角センサ
- 12 車速センサ
- 13 ヨーレートセンサ
- 14 横加速度センサ
- 15 前後加速度センサ
- 20 推定補償器

30

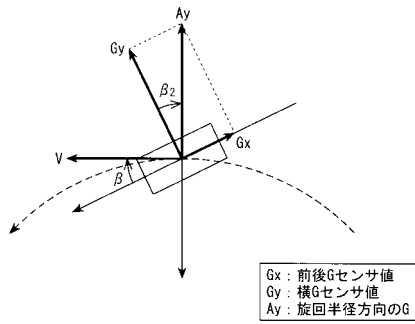
【図1】



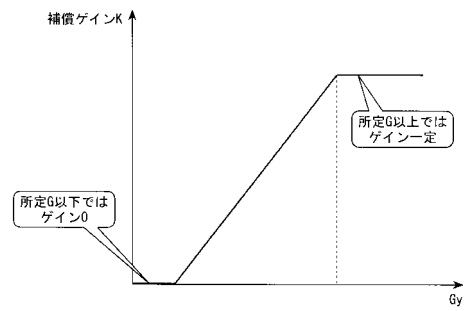
【図2】



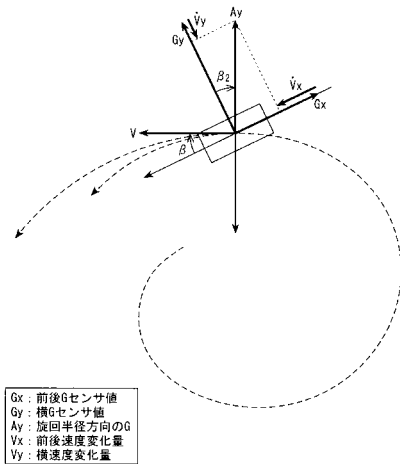
【図3】



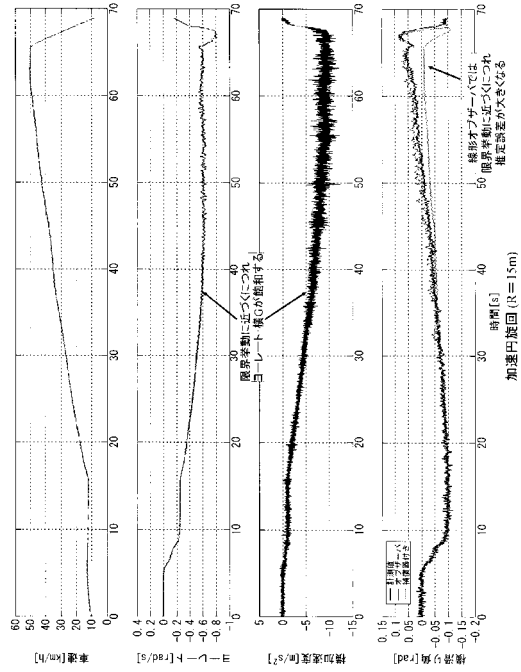
【図5】



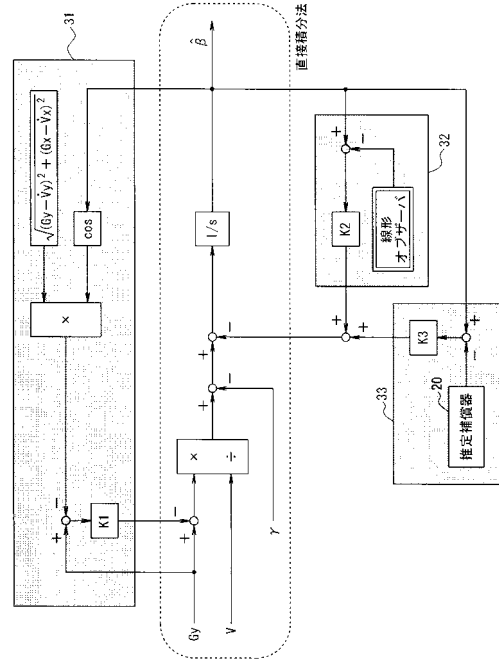
【図4】



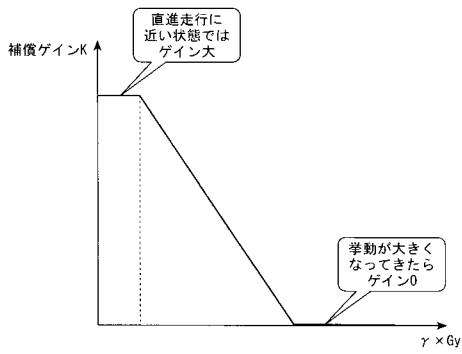
【図 6】



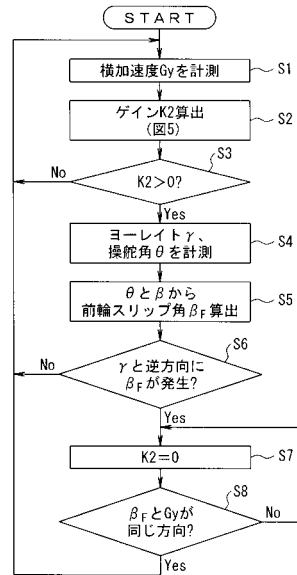
【図 7】



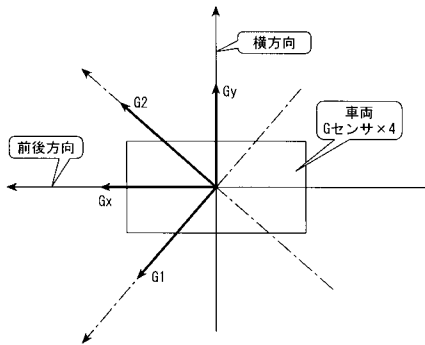
【図 8】



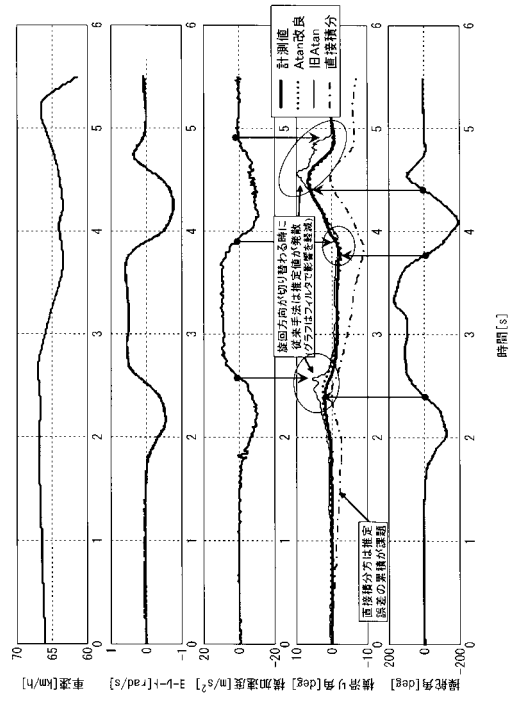
【図 10】



【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 B 6 2 D 113/00 (2006.01) B 6 2 D 113:00

- (72)発明者 毛利 宏
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 横手 正継
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 久保田 正博
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 長柄 奈美
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 縄野 昌明
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 大原 健志
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

審査官 近藤 利充

- (56)参考文献 特開平01-267462(JP,A)
 特開平11-248455(JP,A)
 特開2000-233738(JP,A)
 特開平08-332934(JP,A)
 独国特許出願公開第04218034(DE,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 0 W 4 0 / 0 0 - 4 0 / 1 2
 B 6 0 T 8 / 1 7 2
 B 6 2 D 6 / 0 0