

(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2009-119958

(P2009-119958A)

(43) 公開日 平成21年6月4日(2009.6.4)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**B60W 40/10 (2006.01)**  
 B60K 41/00 464  
 B60R 16/02 661Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-294201 (P2007-294201)	(71) 出願人	000003137
(22) 出願日	平成19年11月13日 (2007.11.13)		マツダ株式会社
			広島県安芸郡府中町新地3番1号
		(74) 代理人	100067747
			弁理士 永田 良昭
		(74) 代理人	100121603
			弁理士 永田 元昭
		(72) 発明者	楠本 信平
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

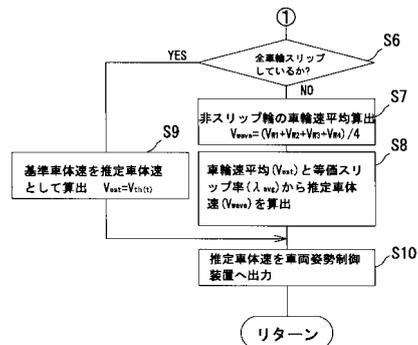
(54) 【発明の名称】 車両状態推定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】全輪駆動車における車両の状態量を推定する車両状態推定装置において、できるだけ少数のセンサによって車両状態を検出して、車両状態量の推定を行うことで、車両の状態量を簡易に、且つ精度よく推定できる車両状態推定装置を提供する。

【解決手段】S8では、この車輪速平均 $V_{wave}$ と等価スリップ率 $a_{vg}$ から、推定車体速 $V_{est}$ を算出する。加速時： $V_{est} = (1 - \text{スリップ率}_{avg}) \times V_{wave}$  減速時： $V_{est} = V_{wave} / (1 + \text{スリップ率}_{avg})$  こうして、推定車体速 $V_{est}$ を算出することで、加速時と減速時の推定車体速 $V_{est}$ を適切に算出することができる。

【選択図】図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

全輪駆動車における車両の状態量を推定する車両状態推定装置であって、  
 車体の前後加速度を検出する前後加速度検出手段と、  
 各車輪の車輪速を検出する車輪速検出手段と、  
 検出した前後加速度から全車輪のスリップ状態の等価スリップ率を算出する等価スリップ率算出手段と、  
 基準車体速と各車輪の車輪速とにより、各車輪のスリップ状態を判定して、スリップ状態が所定値以下の非スリップ輪から車輪速平均を算出する車輪速平均算出手段と、  
 前記等価スリップ率と前記車輪速平均から推定車体速を算出する推定車体速算出手段とを備える  
 車両状態推定装置。

10

## 【請求項 2】

前記基準車体速を、前回の推定車体速と前回の前後加速度の微分値を加算することで算出する  
 請求項 1 記載の車両状態推定装置。

## 【請求項 3】

全ての車輪が所定値以上にスリップした場合には、基準車体速を推定車体速として算出するように設定した  
 請求項 1 又は 2 記載の車両状態推定装置。

20

## 【請求項 4】

前記等価スリップ率算出手段の算出値を路面  $\mu$  に応じて変更する  
 請求項 1 ~ 3 いずれか記載の車両状態推定装置。

## 【請求項 5】

各車輪を駆動する駆動トルクを検出するタイヤ駆動トルク検出手段と、  
 前記車輪速検出手段で検出した車輪速を微分して各車輪の角加速度を算出する車輪角加速度算出手段と、  
 前記推定車体速算出手段で算出した推定車体速、前記タイヤ駆動トルク検出手段で検出したタイヤ駆動トルク、及び、前記車輪角加速度算出手段で算出した車輪の角加速度から各タイヤの制駆動力を推定するタイヤ制駆動力推定手段とを備える  
 請求項 1 記載の車両状態推定装置。

30

## 【請求項 6】

前記タイヤ制駆動力推定手段を、少なくとも推定車体速、タイヤ駆動トルク、及び車輪角加速度を取り込んで、所定のタイヤモデルと比較することで、推定値を算出するカルマンフィルターを含んで構成した  
 請求項 5 記載の車両状態推定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、車両の状態量を推定する車両状態推定装置に関し、特に、全輪（4輪）駆動車における車体速度等の車両の状態量を推定する車両状態推定装置に関する。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

従来より、全輪駆動車における車体速度等の車両の状態量を推定する車両状態推定装置として、例えば、下記特許文献 1 や特許文献 2 に記載された推定装置が知られている。

## 【0003】

特許文献 1 には、所定の運動方程式により算出した車両状態量を計測可能な状態量で検証して、その検証結果に応じて車両状態量を算出する初期値を補正する推定装置が開示されており、この特許文献 1 の図 1 1 には、車体速度を推定するための車体速度推定装置のブロック図が開示されている。

50

## 【 0 0 0 4 】

また、特許文献 2 では、車体前後方向推定車輪速を推定前後方向加速度から求め、車体横方向推定車輪速を推定横加速度から求めると共に、推定前後方向加速度と推定横加速度から推定車体速度を求める推定装置が開示されている。

## 【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 3 0 6 0 9 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 1 1 8 5 5 9 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 6 】

このように、全輪駆動車においては、全ての車輪が駆動されているため、車体速度等の車両の状態量を検出することが困難であることから、推定値によって車両の状態量を算出する必要があった。

10

## 【 0 0 0 7 】

このため、前述の特許文献等では、例えば特許文献 1 の図 1 1 に示すように、車体速度をより詳細に推定するために、ヨーレートセンサや横加速度センサ等の高価なセンサを数多く設けて、車両の状態量の算出精度を高めるようにしていた。

## 【 0 0 0 8 】

しかし、高価なセンサを数多く設けるとなると、装置自体のコストが増加するという問題が生じると共に、センサを設置するためのハーネス等の周辺部品も必要となり、装置自体が複雑になるといった問題が生じる。

20

また、センサを多く設けると、制御装置に入力する入力信号も増加するため、車両の状態量を算出する演算処理も複雑になるといった問題も生じる。

## 【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、全輪駆動車における車両の状態量を推定する車両状態推定装置において、できるだけ少数のセンサによって車両状態を検出して、車両状態量の推定を行うことで、車両の状態量を簡易に、且つ精度よく推定できる車両状態推定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 0 】

この発明の車両状態推定装置は、全輪駆動車における車両の状態量を推定する車両状態推定装置であって、車体の前後加速度を検出する前後加速度検出手段と、各車輪の車輪速を検出する車輪速検出手段と、検出した前後加速度から全車輪のスリップ状態の等価スリップ率を算出する等価スリップ率算出手段と、基準車体速と各車輪の車輪速とにより、各車輪のスリップ状態を判定して、スリップ状態が所定値以下の非スリップ輪から車輪速平均を算出する車輪速平均算出手段と、前記等価スリップ率と前記車輪速平均から推定車体速を算出する推定車体速算出手段とを備えるものである。

30

## 【 0 0 1 1 】

上記構成によれば、前後加速度検出手段と車輪速検出手段から前後加速度と車輪速を検出することで、全車輪の等価スリップ率を算出し、非スリップ輪によって車輪速平均を算出して、この等価スリップ率と車輪速平均とから、推定車体速を算出することになる。

40

このため、ヨーレートセンサや横加速度センサ等の高価なセンサを用いることなく、一般によく用いられる車輪速検出手段と前後加速度検出手段だけを用いて、推定車体速を算出することができる。

また、スリップしている車輪を除いて非スリップ輪で車輪速平均を算出しているため、車体速度と大きく異なる車輪速を取り込むことなく車輪速平均を算出できる。このため、推定車体速の算出精度を高めることができる。

なお、ここで「等価スリップ率」とは、全輪の各車輪のスリップ率の平均値を意味する言葉であり、実際の車輪のスリップ率から求めるものではなく、車体の前後加速度から求める（算出する）値である。

50

## 【0012】

この発明の一実施態様においては、前記基準車体速を、前回の推定車体速と前回の前後加速度の微分値を加算することで算出するものである。

上記構成によれば、車輪のスリップ状態を判定するための基準車体速を、前回算出した推定車体速と前回検出した前後加速度の微分値を加算して算出することで、別途、実現性が乏しい基準車体速を検出するセンサ等を設けなくても、基準車体速を得ることができる。

よって、実現性の乏しいセンサを設けることなく、装置自体のコストを削減して、基準車体速を得ることができる。

## 【0013】

この発明の一実施態様においては、全ての車輪が所定値以上にスリップした場合には、基準車体速を推定車体速として算出するように設定したものである。

上記構成によれば、全ての車輪が所定値以上にスリップして非スリップ輪がなくなった場合には、基準車体速をそのまま推定車体速として算出することで、車輪速平均を算出できない場合であっても、推定車体速を算出することができる。

よって、全輪スリップによって検出する車輪速が全て車体速度から大きく異なった場合であっても、推定車体速を算出することができる。

## 【0014】

この発明の一実施態様においては、前記等価スリップ率算出手段の算出値を路面 $\mu$ に応じて変更するものである。

上記構成によれば、算出する車輪の等価スリップ率が路面 $\mu$ に応じて変化するため、より実測値に近い等価スリップ率を算出することができる。

よって、路面 $\mu$ の違いを反映した推定車体速を算出することができる。

## 【0015】

この発明の一実施態様においては、各車輪を駆動する駆動トルクを検出するタイヤ駆動トルク検出手段と、前記車輪速検出手段で検出した車輪速を微分して各車輪の角加速度を算出する車輪角加速度算出手段と、前記推定車体速算出手段で算出した推定車体速、前記タイヤ駆動トルク検出手段で検出したタイヤ駆動トルク、及び、前記車輪角加速度算出手段で算出した車輪の角加速度から各タイヤの制駆動力を推定するタイヤ制駆動力推定手段とを備えるものである。

上記構成によれば、推定車体速算出手段で算出した推定車体速と、タイヤ駆動トルク検出手段で検出したタイヤ駆動トルクと、車輪角加速度算出手段で算出した車輪の角加速度とから、タイヤ制駆動力推定手段によってタイヤが発生するタイヤ制駆動力を推定することになる。

このため、従来検出することが困難とされた、各タイヤの発生するタイヤ制駆動力をできるだけ正確に推定することが可能となり、この推定されたタイヤ制駆動力を利用して、車両姿勢制御装置等の制御を、車両の挙動を予測した上で行なうことができる。

よって、検出することが困難であったタイヤ制駆動力を予め推定して、より安全性能等を高めた車両の制御装置を構成することができる。

## 【0016】

この発明の一実施態様においては、前記タイヤ制駆動力推定手段を、少なくとも推定車体速、タイヤ駆動トルク、及び車輪角加速度を取り込んで、所定のタイヤモデルと比較することで、推定値を算出するカルマンフィルターを含んで構成したものである。

上記構成によれば、タイヤ制駆動力推定手段がカルマンフィルターを含んで構成されることで、タイヤ制駆動力の値がカルマンフィルターの推定値で算出されることになる。

このため、実際に検出した検出値から推定値を算出するものではないため、算出値であるタイヤ制駆動力のノイズの発生をできるだけ抑えることができ、制御遅れの発生も防止できる。

よって、タイヤ制駆動力の値をより正確且つ迅速に算出することができ、このタイヤ制駆動力の値を使うことで、車両の制御装置の性能を高めることができる。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0017】

この発明によれば、ヨーレートセンサや横加速度センサ等の高価なセンサを用いることなく、一般によく用いられる車輪速検出手段や前後加速度検出手段だけを用いて、推定車体速を算出することができる。

また、スリップしている車輪を除いて非スリップ輪で車輪速平均を算出しているため、車体速度と大きく異なる車輪速を取り込むことなく車輪速平均を算出できる。このため、推定車体速の算出精度を高めることができる。

よって、全輪駆動車における車両の状態量を推定する車両状態推定装置において、できるだけ少数のセンサによって車両状態を検出して、車両状態量の推定を行うことで、車両の状態量を簡易に、且つ精度よく推定できる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0018】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を詳述する。

## 【0019】

図1は本発明の実施形態に係る車両状態推定装置を採用した自動車の概略模式図、図2は車両状態推定装置のシステムブロック図、図3は車両状態推定装置の車体速推定の制御方法を説明するフローチャートの前半部分、図4は車体速推定の制御方法を説明するフローチャートの後半部分、図5は等価スリップ率を求めるマップ、図6はタイヤ制駆動力推定の制御方法を説明するフローチャートである。

## 【0020】

図1に示すように、自動車1には複数のセンサと車両姿勢制御装置のアクチュエータを設置している。

まず、センサとしては、各車輪2...ごとに車輪の回転速度(以下、車輪速)を検出する車輪速センサ3...と、車体に生じる前後加速度(以下、前後G)を検出する前後Gセンサ4と、各車輪2...に対して伝達される駆動トルクを検出する駆動トルクセンサ5を備えている。なお、電気自動車のように電動モータで各車輪が駆動される場合は、電動モータの出力トルクより各車輪の駆動トルクを算出することも可能である。

## 【0021】

一方、車両姿勢制御装置のアクチュエータとしては、各車輪ごとに設けられた電動モータ6...の回転トルクを制御する複数の制御ユニット7...を備えている。

## 【0022】

これらのセンサ(3, 4, 5)と制御ユニット7は、図2のブロック図に示すように、中央に設けた車体速推定器8とタイヤ制駆動力推定器9にそれぞれ連結されている(制御ユニットについては図示せず)。

## 【0023】

まず、前後Gセンサ4は、車体速推定器8の加速度フィルター部10に接続されており、前後G信号を加速度フィルター部10に送信している。

## 【0024】

また、各車輪ごとに設けた車輪速センサ3は、車体速推定器8の車輪速フィルター部11に接続されており、車輪速信号を車輪速フィルター部11に送信している。また、この車輪速センサ3の車輪速信号は、途中で分岐されて、タイヤ制駆動力推定器9の微分処理部14とタイヤ制駆動力フィルター部16にも送信されている。

## 【0025】

各車輪(車軸)ごとに設けた駆動トルクセンサ5は、タイヤ制駆動力算出部15にそれぞれ接続されており、各車輪に伝達するタイヤ駆動トルクの信号である駆動トルク信号をタイヤ制駆動力算出部15に送信している。なお、上述したように、電動モータで各車輪で駆動される場合は、モータの出力トルクから各車輪の駆動トルクを制御ユニットにて算出することとしても良い。

## 【0026】

10

20

30

40

50

一方、車両姿勢制御装置 17 のアクチュエータ 7 には、図示しないが車両姿勢制御装置 17 からそれぞれ出力信号が送信されている。

この車両姿勢制御装置 17 は、車体速推定器 8 の車体速推定部 13 と、タイヤ制駆動力推定器 9 のタイヤ制駆動力フィルター部 16 に、それぞれ連結されており、車体速推定部 13 から推定車体速信号を受信して、タイヤ制駆動力フィルター部 16 から各車輪の推定制駆動力信号を受信している。

【0027】

車体速推定器 8 とタイヤ制駆動力推定器 9 のブロック構造について、さらに詳細に説明すると、まず、車体速推定器 8 は、加速度フィルター部 10 と、車輪速フィルター部 11 と、メモリ部 12 と、車体速推定部 13 とを備えている。一方、タイヤ制駆動力推定器 9

10

【0028】

車体速推定器 8 の加速度フィルター部 10 は、前後 G 信号の高周波領域を除去するように、ローパスフィルターで構成しており、検出した前後 G 信号をフィルタリングすることで、加工しやすい前後 G 信号を生成している。そして、この前後 G 信号を、車体速推定部 13 に送信するように構成している。

【0029】

車輪速フィルター部 11 は、各車輪速センサ 3 から各車輪の車輪速を取り込むように構成すると共に、メモリ部 12 から前回の推定車体速や前回の前後 G 信号を取り込むように構成している。これにより、各車輪のスリップ状態（空転状態、又はロック状態）を判定して、スリップしていない非スリップ輪によって車輪速平均を算出するように構成している。そして、この車輪速平均を、車体速推定部 13 に送信するように構成している。

20

【0030】

メモリ部 12 は、前回の制御フローの際に算出した推定車体速や、前回の制御フローの際に検出した前後 G を一時的に記憶するように構成している。そして、今回の制御フローの際には、各信号を車輪速フィルター部 11 に送信するように構成している。

【0031】

車体速推定部 13 は、後述するように、タイヤ制駆動力とスリップ率によって定まる所定のスリップ率マップを利用して、推定車体速を算出するように構成している。

30

【0032】

この車体速推定部 13 には、前述したように、加速度フィルター部 10 からフィルタリングされた前後 G 信号が送信されて、車輪速フィルター部 11 から車輪速平均が送信されている。また、タイヤ制駆動力フィルター部 16 からは、スリップ率マップを変更するための路面  $\mu$  信号が送信されている。

【0033】

また、車体速推定部 13 が算出した推定車体速は、車両姿勢制御装置 17 とタイヤ制駆動力フィルター部 16 に出力されている。

【0034】

タイヤ制駆動力推定器 9 の微分処理部 14 は、各車輪速センサ 3 から各車輪速を取り込み、この車輪速を微分することで各車輪の角加速度を算出して、この角加速度をタイヤ制駆動力算出部 15 に出力するように構成している。

40

【0035】

タイヤ制駆動力算出部 15 は、後述するタイヤ制駆動力算出式により、各車輪のタイヤ制駆動力を算出するように構成している。微分処理部 14 から各車輪の角加速度を取り込んで、駆動トルクセンサ 5 から各車輪の駆動トルク信号を取り込むことで、各車輪の計測タイヤ制駆動力を算出するように構成している。

【0036】

タイヤ制駆動力算出部 15 で算出された計測タイヤ制駆動力は、タイヤ制駆動力フィルター部 16 に送信される。このタイヤ制駆動力フィルター部 16 は、後述するようにカル

50

マンフィルターによって構成しており、車輪速を微分処理したことで増大するノイズを除去するため、タイヤモデルを利用した推定値によって、推定タイヤ制駆動力を算出するように構成している。

【0037】

タイヤ制駆動力フィルター部16には、車輪速センサ3から各車輪の車輪速信号が送信されて、タイヤ制駆動力算出部15からは前述の計測タイヤ制駆動力が送信される。また、車体速推定部13からは推定車体速信号が送信される。

【0038】

そして、このタイヤ制駆動力フィルター部16で演算処理（フィルタリング）された推定タイヤ制駆動力は、車両姿勢制御装置17に出力される。また、タイヤ制駆動力フィルター部16で利用されたタイヤモデル18によって算出された路面 $\mu$ 信号は、前述の車体速推定部13に送信されるように構成している。

10

【0039】

次に、この車両状態推定装置の車体速推定の制御フローについて説明する。

図3、図4は、推定車体速の推定演算方法の制御フローであり、この制御フローに従って、推定車体速の推定方法について説明する。

【0040】

まず、S1では、前後Gセンサ4及び各車輪速センサ3から、前後G信号 $a_{mea}$ 及び各車輪速信号 $V_{w1}$ 、 $V_{w2}$ 、 $V_{w3}$ 、 $V_{w4}$ の読み込み行なう。

【0041】

20

次に、S2では、前後G信号 $a_{mea}$ を加速度フィルター部10でフィルタリング処理する（ $a_{mea} \rightarrow a_x$ ）。このフィルタリング処理では、生データである前後G信号 $a_{mea}$ の高周波領域のノイズを除去して、演算処理しやすい信号にしている。

【0042】

S3では、図5に示すスリップ率マップを利用して、フィルタリング処理後の前後G信号 $a_x$ から、等価スリップ率 $a_{vg}$ を算出する。

具体的な算出方法について説明すると、まず、タイヤ制駆動力 $F_{avg}$ を、以下の式で求める。

【0043】

【数1】

30

$$F_{avg} = M \cdot a_x / 4$$

$F_{avg}$ : タイヤ制駆動力

$M$ : 車両重量

$a_x$ : 前後G

すなわち、車体に生じる前後Gを、4つの車輪が発生するタイヤ制駆動力 $F_1 \sim F_4$ と比例すると擬制して、前後Gの値 $a_x$ からタイヤ制駆動力 $F_{avg}$ を演算して算出するのである。

【0044】

40

このタイヤ制駆動力 $F_{avg}$ は、4つの車輪のタイヤ制駆動力 $F_1 \sim F_4$ の平均値として考えることができるため、図5のスリップ率マップから、全車輪の平均のスリップ率、すなわち等価スリップ率 $a_{vg}$ を算出する。

【0045】

スリップ率マップでは、所定の飽和スリップ率 $f_{e1}$ までは、タイヤ制駆動力 $F$ の増加に伴ってスリップ率が増加する比例特性を有するため、この比例特性部分を利用して、等価スリップ率 $a_{vg}$ を算出するようにしている。

【0046】

なお、このスリップ率マップは、路面 $\mu$ によって変更するように構成している。路面 $\mu$ が高い場合には、タイヤ制駆動力が高い値をとるマップに変更して、路面 $\mu$ が低い場合に

50

は、タイヤ制駆動力が低い値をとるマップに変更する。こうすることで、より実測値に近い等価スリップ率  $a_{avg}$  を算出することができる。また、図5では、駆動側のみのスリップ率特性ラインを示しているが、制動側においても同様に、対称となるような特性ラインを有している。

【0047】

こうして、S3で、等価スリップ率  $a_{avg}$  を求めた後には、S4に移行する。

S4では、前回の推定車体速  $V_{est}(t-1)$  と前回の前後  $G_{ax}(t-1)$  の微分値を加算して、基準車体速  $V_{th}$  を算出する。この基準車体速  $V_{th}$  は、4つの車輪の車輪速平均を算出する際の基準となる車速である。具体的には、以下の式で算出する。

【0048】

【数2】

$$V_{th}(t) = V_{est}(t-1) + a_{x(t-1)} dt$$

$V_{th}$ : 基準車体速

$V_{est}(t-1)$ : 前回の推定車体速

$a_{x(t-1)}$ : 前回の前後G

次に、S5では、こうした求めた基準車体速  $V_{th}$  を基準にして、車輪速が所定値以上離れた場合、すなわち、車輪速が基準車体速  $V_{th}$  よりも所定値（例えば5 km/h）以上大きい場合、又は車輪速が基準車体速  $V_{th}$  よりも所定値（例えば5 km/h）以上小さい場合には、その車輪はスリップ輪として判断する。

【0049】

そして、S6では、このスリップ輪として判断された車輪が、全車輪であるか否かを判断する。ここで、全車輪がスリップ輪であると判断した場合（YES判定）には、S9に移行して、全車輪がスリップ輪でないと判断した場合（NO判定）には、S7に移行する。

【0050】

S7では、スリップしていない車輪、すなわち非スリップ輪で車輪速平均  $V_{wave}$  を算出する。具体的には、スリップ輪が全くない場合には、全ての車輪（4輪）の車輪速を合算して全車輪数で割ることで、車輪速平均を算出する。一方、一輪でもスリップ輪があった場合には、そのスリップ輪を除いて、非スリップ輪の車輪速を合算して非スリップ輪の車輪数で割ることで、車輪速平均  $V_{wave}$  を算出する。

このように、スリップ輪を除いて、車輪速平均  $V_{wave}$  を算出することで、できるだけ精度のよい車輪速平均  $V_{wave}$  を算出できる。

【0051】

S8では、この車輪速平均  $V_{wave}$  と等価スリップ率  $a_{avg}$  から、以下の式を利用して、推定車体速  $V_{est}$  を算出する。

【0052】

【数3】

$$\text{加速時: } V_{est} = (1 - \lambda_{avg}) \times V_{wave}$$

$$\text{減速時: } V_{est} = V_{wave} / (1 + \lambda_{avg})$$

$V_{est}$ : 推定車体速

$V_{wave}$ : 平均車輪速

$\lambda_{avg}$ : 等価スリップ率

この式は、加速時のスリップ率を算出する式と、減速時のスリップ率を算出する式を、それぞれ変形することで、推定車体速  $V_{est}$  を、等価スリップ率  $a_{avg}$  と車輪速平均  $V_{wave}$  とから算出できるようにした式である。

【0053】

10

20

30

40

50

こうして、推定車体速  $V_{est}$  を算出することで、加速時と減速時の推定車体速  $V_{est}$  を適切に算出することができる。

【0054】

一方、S6でYES判定した場合には、S9に移行して、基準車体速  $V_{th}$  を推定車体速  $V_{est}$  として算出する。すなわち、全てがスリップ輪として判断されるため、車輪速平均となりうる車輪速を取り込むことができないため、基準車体速  $V_{th}$  を推定車体速  $V_{est}$  として代用しているのである。

【0055】

こうして、S9やS8で算出された推定車体速  $V_{est}$  は、S10において、車両姿勢制御装置17へ出力される。このようにして、演算処理によって算出した推定車体速  $V_{est}$  を車両姿勢制御装置17へ出力することで、車体速の測定が困難な4輪駆動車であっても、簡易に且つ正確に車体速を得ることができる。

【0056】

なお、具体的には図示しないが、この推定車体速  $V_{est}$  は、算出されるごとに、前述のメモリ部12に記憶されるように設定しており、次の基準車体速  $V_{th}$  を算出する場合に利用されるようにしている。

【0057】

次に、この車両状態推定装置のタイヤ制駆動力推定の制御フローについて説明する。

図6は、推定タイヤ制駆動力の推定演算方法の制御フローであり、この制御フローに従って、推定タイヤ制駆動力の推定方法について説明する。

【0058】

まず、S11では、各車輪速センサ3...及び各駆動トルクセンサ5...から、各車輪速信号  $V_{w1}$ 、 $V_{w2}$ 、 $V_{w3}$ 、 $V_{w4}$  及び各駆動トルク信号  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  の読み込みを行なう。

【0059】

次に、S12では、各車輪速センサ3から得た各車輪速信号を微分処理部14で微分処理する。すなわち、各車輪速信号から各車輪角加速度  $d_{w1}$ 、 $d_{w2}$ 、 $d_{w3}$ 、 $d_{w4}$  を算出するのである。

【0060】

そして、S13では、駆動トルクセンサ5から得た駆動トルク  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  と、微分処理部14で得た車輪角加速度  $d_{w1}$ 、 $d_{w2}$ 、 $d_{w3}$ 、 $d_{w4}$  から、計測タイヤ制駆動力  $F_{x1meas}$ 、 $F_{x2meas}$ 、 $F_{x3meas}$ 、 $F_{x4meas}$  を算出する。具体的には、以下の式を利用して計測タイヤ制駆動力を算出する。

【0061】

【数4】

$$F_{meas} = \frac{T - J \cdot d_w}{r}$$

$F_{meas}$ : 計測タイヤ制駆動力

$J$ : タイヤ慣性モーメント

$d_w$ : 車輪角加速度

$r$ : タイヤ半径

この式は、タイヤの運動方程式である以下の式を、変形することによって、構成している。

【0062】

【数5】

$$J \cdot d_w = T - r \cdot F_{meas}$$

前述の計測タイヤ制駆動力を求める式のうち、タイヤ慣性モーメント  $J$  と、タイヤ半径

10

20

30

40

50

r は、車両諸元であり、一定値であるため、変数である駆動トルク T と、車輪角加速度 dw の数値を代入することにより、計測タイヤ制駆動力を算出することになる。

【0063】

次に、S14では、計測タイヤ制駆動力  $F_{x1\text{ meas}}$ 、 $F_{x2\text{ meas}}$ 、 $F_{x3\text{ meas}}$ 、 $F_{x4\text{ meas}}$  をカルマンフィルター(16)に取り込み、いわゆるタイヤモデル18と比較して、推定タイヤ制駆動力  $F_{x1\text{ est}}$ 、 $F_{x2\text{ est}}$ 、 $F_{x3\text{ est}}$ 、 $F_{x4\text{ est}}$  を算出する。

【0064】

ここで、カルマンフィルター(16)を用いて推定タイヤ制駆動力  $F_{x\text{ est}}$  を算出しているのは、車輪角加速度 dw を算出する際に、微分処理を行っていることにより、この微分処理によって増大したノイズが算出値を乱し、時定数によって制御遅れが生じるため、このノイズと制御遅れを解消するために、カルマンフィルター(16)を用いて推定タイヤ制駆動力を算出しているのである。

10

【0065】

ここで、カルマンフィルターについて簡単に説明する。カルマンフィルターとは、予め信号ノイズや測定誤差等の情報を組み込んだ所定の仮想モデルを設計しておき、この仮想モデルを入力信号等により変化させることで、統計確率論的に最も確からしい値を、推定値として出力するものである。

【0066】

このため、タイヤ制駆動力フィルター部16でカルマンフィルターを用いることにより、微分処理によってノイズや制御遅れが発生した計測タイヤ制駆動力  $F_{x1\text{ meas}}$ 、 $F_{x2\text{ meas}}$ 、 $F_{x3\text{ meas}}$ 、 $F_{x4\text{ meas}}$  を、ノイズや制御遅れを抑えた推定タイヤ制駆動力  $F_{x1\text{ est}}$ 、 $F_{x2\text{ est}}$ 、 $F_{x3\text{ est}}$ 、 $F_{x4\text{ est}}$  として算出することができるのである。

20

【0067】

次に、S15では、算出した推定タイヤ制駆動力  $F_{x1\text{ est}}$ 、 $F_{x2\text{ est}}$ 、 $F_{x3\text{ est}}$ 、 $F_{x4\text{ est}}$  を、車両姿勢制御装置17へ出力する。車両姿勢制御装置17側では、推定タイヤ制駆動力を得られることで、予め、車両挙動の変化を予測できるため、より車両挙動の安全性を高める制御を行なうことができる。

【0068】

S16では、タイヤモデル18とタイヤ制駆動力から路面  $\mu$  を推定して算出する。

30

【0069】

S17では、S16で推定算出した路面  $\mu$  によって、次のスリップ率マップを変更する。すなわち、推定される路面  $\mu$  が変化するため、より推定値が現実の値に近づくように、スリップ率マップを変更するように構成しているのである。

【0070】

以上のようなステップを経て、車両状態推定装置の一回の制御フローが終了して、以後、次の制御フローが繰り返して行われる。

【0071】

次に、このように構成された本実施形態の作用効果について説明する。

40

この実施形態の車両状態推定装置は、車体の前後加速度を検出する前後Gセンサ4と、各車輪2の車輪速を検出する車輪速センサ3を備え、検出した前後Gから全車輪のスリップ状態の等価スリップ率  $avg$  を算出して、基準車体速  $V_{th}$  と各車輪2...の車輪速  $V_{w1}$ 、 $V_{w2}$ 、 $V_{w3}$ 、 $V_{w4}$  とにより車輪のスリップ状態を判定して、スリップ輪を除いた非スリップ輪によって車輪速平均  $V_{w\text{ ave}}$  を算出し、この等価スリップ率  $avg$  と車輪速平均  $V_{w\text{ ave}}$  から、推定車体速  $V_{est}$  を算出するようにしている。

【0072】

これにより、ヨーレートセンサや横加速度センサ等の高価なセンサを用いることなく、一般によく用いられる車輪速センサ2と前後Gセンサ4だけを用いて、推定車体速  $V_{est}$  を算出することができる。

50

また、スリップしている車輪を除いて非スリップ輪で車輪速平均を算出しているため、車体速度と大きく異なる車輪速を取り込むことなく車輪速平均  $V_{w a v e}$  を算出できる。このため、推定車体速  $V_{e s t}$  の算出精度を高めることができる。

よって、4輪駆動車における車両の状態量を推定する車両状態推定装置において、できるだけ少数のセンサによって車両状態を検出して、車両状態量の推定を行うことで、車両の状態量を簡易に、且つ精度よく推定できる。

【0073】

また、この実施形態では、基準車体速  $V_{t h}$  を、前回の推定車体速  $V_{e s t}(t-1)$  と前回の前後  $G a x(t-1)$  の微分値を加算することで算出している。

これにより、車輪のスリップ状態を判定するための基準車体速  $V_{t h}$  を、別途、実現性の乏しい基準車体速を検出するセンサ等を設けなくても得ることができる。

よって、実現性の乏しい基準車体速を検出するセンサ等を設けることなく、基準車体速  $V_{t h}$  を得ることができる。

【0074】

また、この実施形態では、全ての車輪が所定値以上にスリップした場合には、基準車体速  $V_{t h}$  を推定車体速  $V_{e s t}$  として算出するように設定している。

これにより、全ての車輪が所定値以上にスリップして非スリップ輪がなくなった場合には、基準車体速  $V_{t h}$  をそのまま推定車体速  $V_{e s t}$  として算出することで、車輪速平均  $V_{w a v e}$  を算出できない場合であっても、推定車体速  $V_{e s t}$  を算出することができる。

よって、全輪スリップによって検出する車輪速が全て車体速度から大きく異なった場合であっても、推定車体速  $V_{e s t}$  を算出することができる。

【0075】

また、この実施形態では、スリップ率マップを路面  $\mu$  に応じて変更するようにしている。

これにより、算出する等価スリップ率が路面  $\mu$  に応じて変化するため、より実際の値に近い等価スリップ率  $a v g$  を算出することができる。

よって、路面  $\mu$  の違いを反映して、より実測値に近い値で推定車体速  $V_{e s t}$  を算出することができる。

【0076】

また、この実施形態では、車輪を駆動する駆動トルクを検出する駆動トルクセンサ5を備えて、微分処理部14で車輪速を微分して算出した車輪角加速度  $d_{w 1}$ 、 $d_{w 2}$ 、 $d_{w 3}$ 、 $d_{w 4}$  と、車体速推定器8によって算出した推定車体速  $V_{e s t}$  と、駆動トルクセンサ5によって検出した駆動トルク  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  とによって、タイヤ制駆動力(計測タイヤ制駆動力  $F_{x 1 m e a s}$ 、 $F_{x 2 m e a s}$ 、 $F_{x 3 m e a s}$ 、 $F_{x 4 m e a s}$ )を算出している。

これにより、駆動トルクセンサ5で検出した駆動トルクと、推定車体速と、車輪の角加速度とから、タイヤの制駆動力を算出することができる。

このため、従来検出することが困難とされた、各タイヤの発生するタイヤ制駆動力を算出することが可能となり、この算出されたタイヤ制駆動力を利用して、車両姿勢制御装置の制御を、車両の挙動を予測した上で行なうことができる。

よって、検出することが困難であったタイヤ制駆動力を予め算出して、より安全性能等を高めた車両姿勢制御装置を構成することができる。

【0077】

また、この実施形態では、タイヤ制駆動力フィルター部16を、推定車体速  $V_{e s t}$ 、計測タイヤ制駆動力  $F_{x 1 m e a s}$ 、 $F_{x 2 m e a s}$ 、 $F_{x 3 m e a s}$ 、 $F_{x 4 m e a s}$  及び車輪速  $V_{w 1}$ 、 $V_{w 2}$ 、 $V_{w 3}$ 、 $V_{w 4}$  を取り込んで、タイヤモデル18と比較することで、推定値を算出するカルマンフィルターで構成している。

これにより、タイヤ制駆動力(推定タイヤ制駆動力  $F_{x 1 e s t}$ 、 $F_{x 2 e s t}$ 、 $F_{x 3 e s t}$ 、 $F_{x 4 e s t}$ )の値がカルマンフィルター18の推定値で算出されることにな

10

20

30

40

50

る。

このため、算出値である計測タイヤ制駆動力  $F_{x1\text{ meas}}$ 、 $F_{x2\text{ meas}}$ 、 $F_{x3\text{ meas}}$ 、 $F_{x4\text{ meas}}$  のノイズの発生をできるだけ抑えることができ、制御遅れの発生も防止できる。

よって、タイヤ制駆動力の値をより正確且つ迅速に算出することができ、推定タイヤ制駆動力  $F_{x1\text{ est}}$ 、 $F_{x2\text{ est}}$ 、 $F_{x3\text{ est}}$ 、 $F_{x4\text{ est}}$  の値を使うことで、車両姿勢制御装置の性能を高めることができる。

#### 【0078】

なお、このノイズや制御遅れの除去を行なうものには、必ずしも、この実施形態のようにカルマンフィルタに限定されるものではない。また、タイヤモデルについても、さら

10

に、タイヤの接地荷重の情報や、経年変化の情報、タイヤの空気圧の情報等を取り込んで、設計するようにしてもよい。

また、前述したスリップ率マップについても、これに限定されるものではなく、「テーブル」や「式」等で代用してもよい。

#### 【0079】

以上、この発明の構成と前述の実施形態との対応において、

この発明の前後加速度検出手段は、実施形態の前後Gセンサ4に対応し、

以下、同様に、

車輪速検出手段は、車輪速センサ3に対応し、

等価スリップ率算出手段は、車体速推定部13に対応し、

20

車輪速平均算出手段は、車輪速フィルタ部11に対応し、

推定車体速算出手段は、車体速推定部13に対応し、

タイヤ駆動トルク検出手段は、駆動トルクセンサ5に対応し、

タイヤ制駆動力推定手段は、タイヤ制駆動力推定器9に対応するも、

この発明は、前述の実施形態に限定されるものではなく、あらゆる車両状態推定装置に適用する実施形態を含むものである。

#### 【0080】

特に、車両の駆動方式については、前述の実施形態のように4輪独立の電動モータ方式の駆動方式に限定されるものではなく、エンジンと変速機によって構成される一般的な駆動方式であってもよい。この場合の駆動トルクの検出は、エンジン出力に変速機の変速比

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0081】

【図1】実施形態に係る車両状態推定装置を採用した自動車の概略模式図。

【図2】車両状態推定装置のシステムブロック図。

【図3】車両状態推定装置の車体速推定の制御方法を説明するフローチャートの前半部分

【図4】車体速推定の制御方法を説明するフローチャートの後半部分。

【図5】等価スリップ率を求めるマップ。

【図6】タイヤ制駆動力推定の制御方法を説明するフローチャート。

40

#### 【符号の説明】

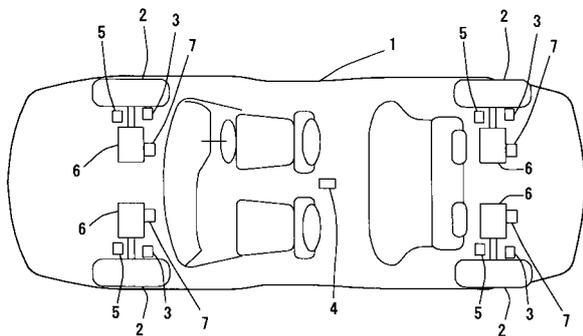
#### 【0082】

- 1 ... 自動車
- 2 ... 車輪
- 3 ... 車輪速センサ
- 4 ... 前後Gセンサ
- 5 ... 駆動トルクセンサ
- 6 ... 電動モータ
- 7 ... 制御ユニット
- 8 ... 車体速推定器

50

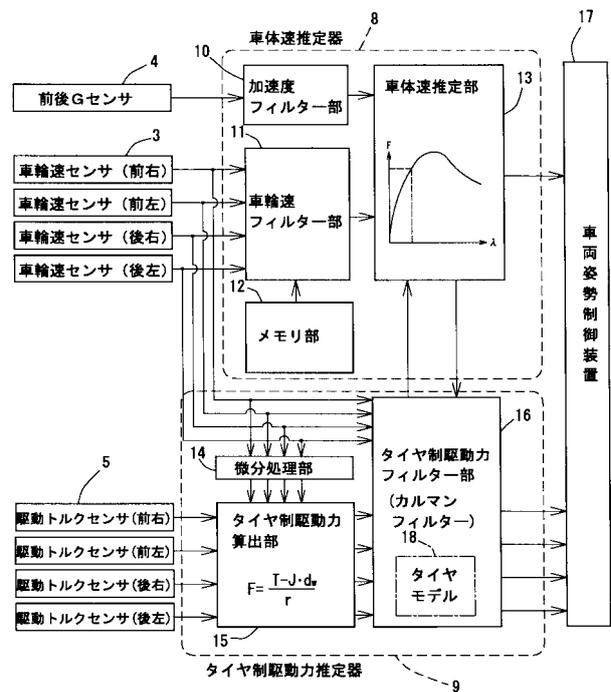
- 9 ... タイヤ制駆動力推定器
- 1 3 ... 車体速推定部
- 1 5 ... タイヤ制駆動力算出部
- 1 6 ... タイヤ制駆動力フィルター部

【 図 1 】



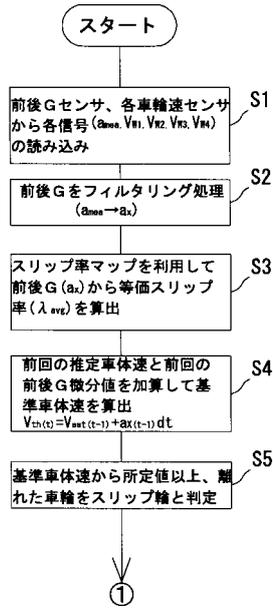
- 1...自動車
- 2...車輪
- 3...車輪速センサ
- 4...前後Gセンサ
- 5...駆動トルクセンサ
- 6...電動モータ
- 7...制御ユニット

【 図 2 】

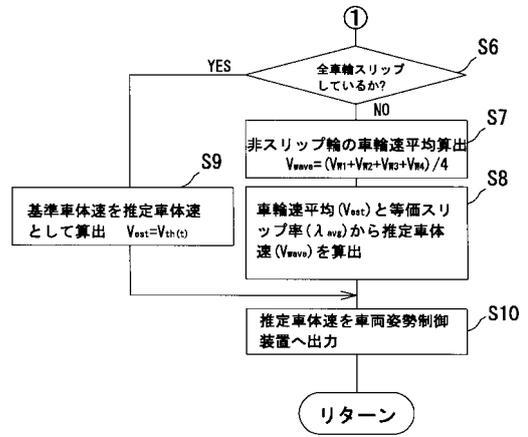


タイヤ制駆動力推定器

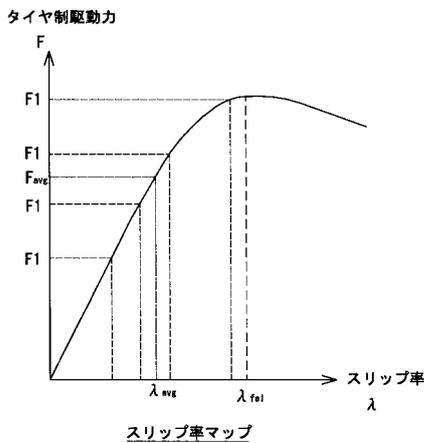
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

