

(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2014-46801

(P2014-46801A)

(43) 公開日 平成26年3月17日(2014.3.17)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>B 6 2 D 6/00</b> (2006.01)	B 6 2 D 6/00 Z Y W	3 D 2 3 2
<b>B 6 2 D 5/04</b> (2006.01)	B 6 2 D 5/04	3 D 3 3 3
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	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2012-191062 (P2012-191062)	(71) 出願人	000102692
(22) 出願日	平成24年8月31日 (2012.8.31)		N T N株式会社
			大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号
		(74) 代理人	100086793
			弁理士 野田 雅士
		(74) 代理人	100087941
			弁理士 杉本 修司
		(72) 発明者	桜井 良
			静岡県磐田市東貝塚 1 5 7 8 番地 N T N
			株式会社内
		F ターム (参考)	3D232 CC08 DA03 DA04 DA09 DA13
			DA15 DA21 DA23 DA29 DA32
			DA33 DA36 DC08 DC12 DC33
			DC34 DD01 DD02 EB04 EB12
			EC37 GG01
			3D333 CB02 CB17 CB29 CB45 CE49

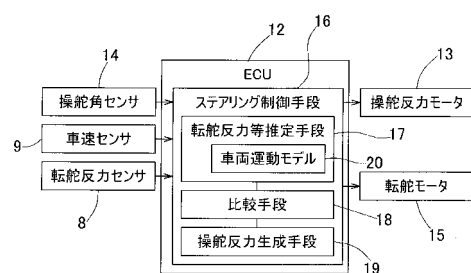
(54) 【発明の名称】 ステアバイワイヤの操舵反力制御装置

(57) 【要約】

【課題】 操舵反力の生成に用いられるセンサ等の取得値に含まれる高周波成分の影響を受けず、且つ、車両の挙動状態、路面状態に基づいた快適な操舵感を実現する安定した操舵反力のステアバイワイヤの操舵反力制御装置を提供する。

【解決手段】 このステアバイワイヤの操舵反力制御装置は、ステアリング制御手段 16 に、車両運動モデル 20 から転舵反力または車両挙動を表すパラメータの推定値を演算する転舵反力等推定手段 17 と、転舵反力等推定手段 17 で演算された前記推定値と、転舵反力センサ 8 から検出した検出値とを比較し、定められた条件に従って、前記推定値および前記検出値のいずれか一方を選択する比較手段 18 とを設ける。さらに比較手段 18 で選択された前記推定値または前記検出値を操舵反力の生成に用いる操舵反力生成手段 19 を設ける。

【選択図】 図 2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

転舵用のタイロッド間シャフトと機械的に連結されていないステアリングホイールに対し、操舵角を検出する操舵角センサと、操舵反力を与える操舵反力モータと、前記操舵角センサの検出した操舵角を基に、車両に装備された他のセンサ類からの運転状態検出信号と合わせて転舵角の指令信号を生成し、タイロッド間シャフトを駆動する転舵機構の転舵モータを制御するステアリング制御手段とを有するステアバイワイヤ式操舵装置における、操舵反力制御装置であって、

前記ステアリング制御手段に、

車両運動モデルから、転舵反力または車両挙動を表すパラメータの推定値を演算する転舵反力等推定手段と、

この転舵反力等推定手段で演算された前記推定値と、前記転舵機構に作用する転舵反力を検出するセンサから検出した検出値とを比較し、定められた条件に従って、前記推定値および前記検出値のいずれか一方を選択する比較手段と、

この比較手段で選択された前記推定値または前記検出値を操舵反力の生成に用いる操舵反力生成手段と、

を設けたことを特徴とするステアバイワイヤの操舵反力制御装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 において、前記比較手段は、前記定められた条件として、車両速度が定められた値以上のときに前記推定値と前記検出値の差分が閾値以下であれば、前記車両運動モデルからの前記推定値を選択し、これら車両速度および差分の条件を充足しないときは、前記検出値を選択するステアバイワイヤの操舵反力制御装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または請求項 2 において、前記タイロッド間シャフトまたはタイロッドに、前記転舵反力センサを設けたステアバイワイヤの操舵反力制御装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 において、前記転舵反力等推定手段は、前記車両運動モデルから、車両挙動を表すパラメータとして、ヨーレイト、ロールレイト、ヨー角、ロール角、および横加速度のいずれかを推定して前記生成値として用いるステアバイワイヤの操舵反力制御装置。

**【請求項 5】**

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項において、前記操舵反力生成手段は、操舵角に比例したばね成分、操舵角速度に比例した粘性成分、操舵角加速度に比例した慣性成分、および摩擦成分のいずれかを前記操舵反力の生成に用いるステアバイワイヤの操舵反力制御装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項において、前記操舵反力生成手段は、車両速度に応じて、前記操舵反力を変化させるステアバイワイヤの操舵反力制御装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

この発明は、転舵用のタイロッド間シャフトと機械的に連結されていないステアリングホイールで操舵を行うようにしたステアバイワイヤ式操舵装置の操舵反力制御装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、タイロッド間シャフトと機械的に連結されていないステアリングホイールで操舵を行うようにしたステアバイワイヤ式操舵装置が提案されている。このステアバイワイヤ式操舵装置では、ステアリングホイールに付与する操舵反力の生成法に関して、転舵機構に働く転舵反力を転舵反力センサにより検出する技術（特許文献 1）、または操舵角、操舵角速度、操舵角加速度に加えて、車両の挙動状態を示す取得値（ヨーレイト、横加速度

10

20

30

40

50

、 転舵反力 ) を用いて転舵反力を生成する技術 ( 特許文献 2 ) が公開されている。

またステアリングホイールを含む操舵部と、タイヤの向きを変える転舵機構部との機械的な連結がある EPS 等の操舵装置において、ステアリングホイールの回動操作による操舵トルクに付与するアシストトルクを算出する際、車両運動モデルを用いて操舵感を変化させているものもある ( 特許文献 3 ) 。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開平 1 0 - 2 5 8 7 4 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 0 - 1 0 8 9 1 4 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 4 - 3 3 8 6 4 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

従来の EPS 等の操舵装置では、各機構部における摩擦力が直接操舵反力として感じられる。一方、ステアパイワイヤにおいては、操舵部と転舵機構部との機械的な連結が無い  
ため、操舵部に設けられた操舵反力アクチュエータにより操舵反力の生成を行っている。  
操舵反力の生成には、転舵機構部に設けられた転舵反力センサの値に基づき反力を生成し  
たり、操舵角、操舵角速度、操舵角加速度に加えて、車両の挙動状態を示す取得値 ( ヨー  
レイト、横加速度、転舵軸力など ) により反力を生成する方法が知られている。しかしな  
がら、これらの反力の生成に用いられるセンサの取得値には、路面の凹凸や左右輪のア  
ライメントの個体差などによる振動の影響による高周波成分が含まれ、操舵感の悪化を招  
いている。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 では、取得した転舵反力センサの信号にローパスフィルタを通すことで、高  
周波成分を減衰させているが、ローパスフィルタを通すことで時間遅れが発生し、制御系  
が不安定になる可能性が大きい。

特許文献 2 では、車両の挙動状態を示す取得値をそのまま用いているため、高周波成分  
の影響により、状況によっては操舵感が悪化するものと思われる。

【 0 0 0 6 】

この発明の目的は、操舵反力の生成に用いられるセンサ等の取得値に含まれる高周波成  
分の影響を受けず、且つ、車両の挙動状態、路面状態に基づいた快適な操舵感を実現する  
安定した操舵反力のステアパイワイヤの操舵反力制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

この発明のステアパイワイヤの操舵反力制御装置は、転舵用のタイロッド間シャフト 6  
と機械的に連結されていないステアリングホイール 1 に対し、操舵角を検出する操舵角セ  
ンサ 1 4 と、操舵反力を与える操舵反力モータ 1 3 と、前記操舵角センサ 1 4 の検出した  
操舵角を基に、車両に装備された他のセンサ類 1 1 からの運転状態検出信号と合わせて転  
舵角の指令信号を生成し、タイロッド間シャフト 6 を駆動する転舵機構 7 の転舵モータ 1  
5 を制御するステアリング制御手段 1 6 とを有するステアパイワイヤ式操舵装置における  
、操舵反力制御装置であって、

前記ステアリング制御手段 1 6 に、

車両運動モデル 2 0 から転舵反力の推定値を演算する転舵反力等推定手段 1 7 と、

この転舵反力等推定手段 1 7 で演算された転舵反力の推定値と、前記転舵機構 7 に作用  
する転舵反力を検出するセンサ 8 から検出した検出値とを比較し、定められた条件に従っ  
て、前記推定値および前記検出値のいずれか一方を選択する比較手段 1 8 と、

この比較手段 1 8 で選択された前記推定値または前記検出値を操舵反力の生成に用いる  
操舵反力生成手段 1 9 とを設けたことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

10

20

30

40

50

この構成によると、操舵角センサ 14 は操舵角を検出し、転舵反力を検出するセンサつまり転舵反力センサ 8 は、転舵機構 7 に作用する転舵反力を検出する。他のセンサ類 11 は運転状態を検出する。ステアリング制御手段 16 は、前記操舵角を基に運転状態検出信号と合わせて転舵角の指令信号を生成し、転舵モータ 15 を制御する。ステアリング制御手段 16 における転舵反力等推定手段 17 は、車両の運動方程式に基づく車両運動モデル 20 から転舵反力の推定値を演算する。例えば、車両速度がある値以上に大きければ、車両運動モデル 20 から演算した転舵反力の推定値を用いる。車両速度がある値未満であれば、転舵反力センサ 8 で検出された転舵反力を用いる。

#### 【0009】

ステアリング制御手段 16 における比較手段 18 は、演算された転舵反力の推定値と、転舵反力センサ 8 から検出した検出値とを比較し、定められた条件に従って、前記推定値および前記検出値のいずれか一方を選択する。前記「定められた条件」として、例えば、車両速度が定められた値以上の場合に、前記推定値と前記検出値の差分が閾値  $F_s$  以下であれば、車両運動モデル 20 からの推定値を採用して転舵反力項を求める。通常の操舵では、推定値を採用するように、推定誤差は許容できるように「閾値  $F_s$ 」を設定する。このように車両速度が定められた値以上の場合に車両運動モデル 20 からの推定値を採用すると、振動の影響による高周波成分が含まれない。

#### 【0010】

前記推定値と前記検出値の差分が閾値より大きい場合、転舵反力センサ 8 で検出された転舵反力を用いる。例えば、前記推定値が、明らかに前記検出値と大きく異なる異常事態においてのみ、転舵反力センサ 8 で検出した実測値である転舵反力を用いる。車両速度がある値未満、または前記のように推定値が明らかに検出値と大きく異なる異常事態のときに、転舵反力を用いる場合、転舵反力センサ 8 から取得した値は、例えば、ローパスフィルタを通し信号に含まれる高周波成分を減衰させ、転舵反力項を算出する。ところでステアリングホイール 1 のいわゆる据え切り時などの車両速度が定められた値未満においては、据え切り動作は、例えば 0.5 Hz 以下のゆっくりした動作なので、ローパスフィルタによる時間遅れは問題とならない。

#### 【0011】

操舵反力生成手段 19 は、比較手段 18 で選択された前記推定値または前記検出値を、転舵反力項として操舵反力の生成に用いる。操舵反力の生成には、前記転舵反力項を用いると共に、例えば、操舵角に比例したばね要素、操舵角速度に比例した粘性要素、操舵角加速度に比例した慣性要素、および摩擦要素を用いている。操舵角、操舵角速度、操舵角加速度は、ステアリングホイール近傍の操舵角センサ 14 で取得することができるため、ばね下の振動による高周波成分は含まれない。したがって、操舵反力の生成に用いられるセンサ等の取得値に含まれる高周波成分の影響を受けず、且つ、車両の挙動状態、路面状態に基づいた快適な操舵感を実現する安定した操舵反力のステアバイワイヤ式操舵装置を実現することができる。

#### 【0012】

前記比較手段 18 は、前記定められた条件として、車両速度が定められた値以上のときに前記推定値と前記検出値の差分が閾値未満であれば、前記車両運動モデル 20 からの前記推定値を選択し、これら車両速度および差分の条件を充足しないときは、前記検出値を選択するものとしても良い。前記定められた値は、シミュレーションや実験等により適宜に求められる。

前記タイロッド間シャフト 6 またはタイロッド 5 に、前記転舵反力センサ 8 を設けたものであっても良い。この構成によると、このステアバイワイヤ式操舵装置を、タイロッド間シャフトと機械的に連結されている EPS のフィーリングに近づけることが可能となる。

#### 【0013】

前記転舵反力生成手段 19 は、前記車両運動モデル 20 から、車両挙動を表すパラメータとして、ヨーレイト、ロールレイト、ヨー角、ロール角、および横加速度のいずれかを

10

20

30

40

50

推定して車両挙動項の生成に用いても良い。車両挙動項は、車両挙動を示す各パラメータに対応する係数を乗じて求める。この場合、今までのステアバイワイヤ式の操舵装置では出せなかった車両挙動を、転舵反力に反映させて出力することが可能となり、操作者の好みや車両の種類等に応じた操舵装置を実現することができる。

#### 【 0 0 1 4 】

前記操舵反力生成手段 19 は、操舵角に比例したばね成分、操舵角速度に比例した粘性成分、操舵角加速度に比例した慣性成分、および摩擦成分のいずれかを前記操舵反力の生成に用いるものとしても良い。この場合、ステアリングホイール操作時の違和感、振動等を防ぐことができ、また従来の EPS 等の操舵装置と同様の手応えを得ることが可能となる。

10

#### 【 0 0 1 5 】

前記操舵反力生成手段 19 は、車両速度に応じて、前記操舵反力を変化させるものとしても良い。例えば、高速域の操舵反力が中低速域の操舵反力よりも大きくなるように変化させることで、高速域ではより安定した操舵反力を得ることができ、中低速域では小さい力でも操作し易い操舵反力を得ることができる。

#### 【 発明の効果 】

#### 【 0 0 1 6 】

この発明のステアバイワイヤの操舵反力制御装置は、転舵用のタイロッド間シャフトと機械的に連結されていないステアリングホイールに対し、操舵角を検出する操舵角センサと、操舵反力を与える操舵反力モータと、前記操舵角センサの検出した操舵角を基に、車両に装備された他のセンサ類からの運転状態検出信号と合わせて転舵角の指令信号を生成し、タイロッド間シャフトを駆動する転舵機構の転舵モータを制御するステアリング制御手段とを有するステアバイワイヤ式操舵装置における、操舵反力制御装置である。前記ステアリング制御手段に、車両運動モデルから、転舵反力または車両挙動を表すパラメータの推定値を演算する転舵反力等推定手段と、この転舵反力等推定手段で演算された前記推定値と、前記転舵機構に作用する転舵反力を検出するセンサから検出した検出値とを比較し、定められた条件に従って、前記推定値および前記検出値のいずれか一方を選択する比較手段と、この比較手段で選択された前記推定値または前記検出値を操舵反力の生成に用いる操舵反力生成手段とを設けた。このため、操舵反力の生成に用いられるセンサ等の取得値に含まれる高周波成分の影響を受けず、且つ、車両の挙動状態、路面状態に基づいた快適な操舵感を実現する安定した操舵反力のステアバイワイヤを得ることができる。

20

30

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 この発明の第 1 の実施形態に係る操舵反力制御装置を備えたステアバイワイヤ式操舵装置の概略構成とその制御系の概念構成を示す説明図である。

【 図 2 】 同操舵反力制御装置の制御系のブロック図である。

【 図 3 】 同操舵反力制御装置におけるステアリング制御手段の処理の流れ図である。

【 図 4 】 この発明の他の実施形態に係る操舵反力制御装置における、転舵角度とばね成分との関係を示す図である。

【 図 5 】 この発明のさらに他の実施形態に係る操舵反力制御装置における、転舵反力と摩擦成分との関係を示す図である。

40

【 図 6 】 この発明のさらに他の実施形態に係る操舵反力制御装置における、車両速度と転舵反力係数との関係を示す図である。

【 図 7 】 この発明のさらに他の実施形態に係る操舵反力制御装置における、ステアリング制御手段の処理の流れ図である。

#### 【 発明を実施するための形態 】

#### 【 0 0 1 8 】

この発明の第 1 の実施形態を図 1 ないし図 3 と共に説明する。以下の説明は、ステアバイワイヤの操舵反力制御方法についての説明をも含む。

図 1 は、この実施形態に係る操舵反力制御装置を備えたステアバイワイヤ式操舵装置の

50

概略構成とその制御系の概念構成を示す説明図である。同図 1 に示すように、ステアバイワイヤ式操舵装置は、ステアリングホイール 1 と、操舵機構 2 と、左右の操舵輪 3, 3 にナックルアーム 4 およびタイロッド 5 を介して連結された転舵用のタイロッド間シャフト 6 と、転舵機構 7 と、転舵反力センサ 8 と、車速センサ 9 や加速度センサ 10 等の他のセンサ類 11 と、操舵反力制御装置としての ECU (電気制御ユニット) 12 とを備える。この ECU 12 は後述のステアリング制御手段を含み、マイクロコンピュータおよびその制御プログラムを含む電子回路等により構成される。

#### 【0019】

操舵機構 2 は、転舵用のタイロッド間シャフト 6 と機械的に連結されていないステアリングホイール 1 に対して、操舵反力を与える操舵反力モータ 13 と、ステアリングホイール 1 の操舵角を検出する操舵角センサ 14 とを有する。

転舵機構 7 は、タイロッド間シャフト 6 を駆動する転舵モータ 15 を含む。この転舵モータ 15 は、その回転をタイロッド間シャフト 6 に軸方向移動として伝える。転舵反力センサ 8 は、転舵機構 7 に作用する転舵反力を検出するセンサであって、例えば、ロードセルや荷重センサ等が適用されて例えばタイロッド 5 に設けられる。この場合、転舵モータ 15 を回転させると、タイロッド 5 が軸方向に移動することで、転舵反力センサ 8 は、タイロッド 5 に付与される軸方向の力を前記荷重支持部の変位として検出し電気信号に変換する。なおこの例では、タイロッド 4, 4 にそれぞれ転舵反力センサ 8, 8 を設けているが、一方のタイロッド 4 のみに転舵反力センサ 8 を設けても良い。またタイロッド間シャフト 6 に転舵反力センサ 8 を設けることも可能である。

#### 【0020】

図 2 は、この操舵反力制御装置の制御系のブロック図である。同図 2 に示すように、ECU 12 のステアリング制御手段 16 は、転舵反力等推定手段 17 と、比較手段 18 と、操舵反力生成手段 19 とを有する。転舵反力等推定手段 17 は、車両の運動方程式に基づく車両運動モデル 20 から転舵反力の推定値を演算する。比較手段 18 は、転舵反力等推定手段 17 で演算された転舵反力の推定値と、前記転舵反力センサ 8 から検出した検出値とを比較し、定められた条件に従って、前記推定値および前記検出値のいずれか一方を選択する。操舵反力生成手段 19 は、比較手段 18 で選択された前記推定値または前記検出値を操舵反力の生成に用いる。

#### 【0021】

車両運動モデル 20 は、次の仮定を設けて構築した。車両進行方向を X 軸方向、車幅方向を Y 軸方向、車両の上下方向を Z 軸方向とすると、

- ・ Y 軸方向、Z 軸周り (ヨー)、および X 軸周り (ロール) の運動を記述する 3 自由度モデルとする。

- ・ 左右輪に作用する横力の違いを考慮するため、4 輪モデルとする。

- ・ タイヤ横力は Y 軸の向きと一致する。

- ・ 車両は X 軸方向 (直進) に一定速 V で運動する。

#### 【0022】

前記仮定より、本モデルにおける Y 軸方向への並進に関する運動方程式は、次式で表現される。

$$mV(\dot{\theta} + \dot{\phi}) = F_{fL} + F_{fR} + F_{rL} + F_{rR} \quad \dots (1)$$

ここで、m は車両質量、F は各タイヤに作用する横力を表す。θ は車体の横すべり角、φ はヨー角速度を表す。横力 F の下付き添え字について、一文字目は前後 (front or rear) を、二文字目は左右 (Left or Right) を意味する。例えば、F<sub>fL</sub> は左前輪に作用する横力を指している。

#### 【0023】

同様に、Z 軸周りの回転 (ヨーイング) に関する運動方程式は、

$$I_z \ddot{\theta} + I_{xz} \ddot{\phi} = I_f (F_{fL} + F_{fR}) - I_r (F_{rL} + F_{rR}) \quad \dots (2)$$

となる。I<sub>z</sub> はヨー慣性モーメント、I<sub>xz</sub> はヨー・ロール慣性乗積、I<sub>f</sub> と I<sub>r</sub> は車両

重心から前後車軸までの距離を表す。 はロール角を表す。

【 0 0 2 4 】

X 軸周りの回転 ( ローリング ) に関する運動方程式は、

$$I_x \ddot{\theta} + C \dot{\theta} + (K - m g h_c) \theta + I_{xz} \ddot{\phi} = h_f (F_{fL} + F_{fR}) + (F_{rL} + F_{rR}) \quad \dots (3)$$

となる。  $I_x$  はロール慣性モーメント、  $C$  はロール減衰係数、  $K$  はロール剛性を表す。車両重心点におけるロールモーメントアーム長さ  $h_c$  は、前後車軸におけるロールモーメントアーム長さ  $h_f$  ,  $h_r$  を用いて

$$h_c = (h_f I_r + h_r I_f) / (I_f + I_r) \quad \dots (4) \quad 10$$

と表される。以上の連成した 3 つの運動方程式を解いて、車体の横すべり角、ヨー角速度、ロール角、および横力  $F$  を求めることで車両の運動状態を把握でき、横力とニューマチックトレール、ナックルアーム長のジオメトリより、転舵反力値が算出される。

【 0 0 2 5 】

比較手段 18 は、前記のように車両運動モデルから演算した転舵反力の推定値と、転舵反力センサ 8 で取得した検出値である実転舵反力との値を比較し、その差分が閾値  $F_s$  以下であれば、車両運動モデル 20 からの推定値を採用して、後述する (5) 式の転舵反力項を求める。通常の操舵では、推定値を採用するように、推定誤差は許容できるように「閾値  $F_s$ 」を設定する。比較手段 18 は、前記推定値と前記検出値の差分が閾値より大きければ、転舵反力センサ 8 で検出された実転舵反力を用いて、(5) 式の転舵反力項を求める。例えば、前記推定値が、明らかに前記検出値と大きく異なる異常事態においてのみ、転舵反力センサ 8 で検出した実転舵反力を用いる。この実転舵反力を用いる場合、転舵反力センサ 8 から取得した値は、ローパスフィルタを通し信号に含まれる高周波成分を減衰させ、(5) 式の転舵反力項を算出する。

20

【 0 0 2 6 】

【数 1】

$$Tr = Ks * \theta + Kd * \dot{\theta} + Ki * \ddot{\theta} + Tf + Ky * Fy \quad \dots (5)$$

$$Tra = Ks * \theta + Kd * \dot{\theta} + Ki * \ddot{\theta} + Tf + Kz * r \quad \dots (6) \quad 30$$

$Ks$  :ばね係数

$Kd$  :粘性係数

$Ki$  :慣性係数

$Ky$  :転舵反力係数

$Kz$  :車両挙動係数

40

$r$  :車両挙動を表わすパラメータ

$\theta$  :ステアリングホイール回転角度

$\dot{\theta}$  :ステアリングホイール回転角速度

$\ddot{\theta}$  :ステアリングホイール回転角加速度

50

## 【 0 0 2 7 】

操舵反力生成手段 1 9 は、操舵角に比例したばね成分、操舵角速度に比例した粘性成分、操舵角加速度に比例した慣性成分、摩擦成分、および転舵反力成分を、操舵反力の生成に用いる。つまり操舵反力生成手段 1 9 は、前述の ( 5 ) 式右辺第 5 項の転舵反力項に、同式右辺第 1 項のばね項、同式右辺第 2 項の粘性項、同式右辺第 3 項の慣性項、および同式右辺第 4 項の摩擦項  $T_f$  を加えて、操舵反力  $T_r$  を出力する。

## 【 0 0 2 8 】

図 3 は、この操舵反力制御装置におけるステアリング制御手段 1 6 の処理の流れ図である。図 2 と共に説明する。例えば、車両のイグニッションオンにより本処理が開始される。ステップ S 1 に移行して、E C U 1 2 のステアリング制御手段 1 6 は、操舵角センサ 1 4 から操舵角、車速センサ 9 から車速  $V$ 、転舵反力センサ 8 から転舵反力センサ値  $F_{yb}$  をそれぞれ取得する。次にステップ S 2 にて、取得した車速  $V$  が定められた値  $V_s$  以上か否かを判断する。車速が定められた  $V_s$  以上であれば ( ステップ S 2 : Y E S )、ステップ S 3 に移行して転舵反力等推定手段 1 7 により、前述の車両運動モデル 2 0 から現在の車両の運動状態を求め、その後ステップ S 4 にて転舵反力の推定値  $F_{ya}$  を演算して出力する。

10

## 【 0 0 2 9 】

次にステップ S 5 において、比較手段 1 8 により、前記転舵反力の推定値  $F_{ya}$  と、転舵反力センサ 8 で取得した実転舵反力  $F_{yb}$  との値を比較し、その差分がある値  $F_{ys}$  以下であれば ( ステップ S 5 : Y E S )、車両運動モデル 2 0 からの推定値  $F_{ya}$  を採用する。次にステップ S 6 に移行して ( 5 ) 式の転舵反力項を求める。その後ステップ S 1 0 に移行する。

20

ステップ S 2 において車速が定められた値  $V_s$  未満のとき ( ステップ S 2 : N O )、またはステップ S 5 において転舵反力の推定値  $F_{ya}$  と実転舵反力  $F_{yb}$  との差分が閾値  $F_{ys}$  より大きいとき ( ステップ S 5 : N O )、ステップ S 7 に移行する。

## 【 0 0 3 0 】

ステップ S 7 において、ステアリング制御手段 1 6 は転舵反力センサ値  $F_{yb}$  を用いる。この転舵反力センサ値  $F_{yb}$  はローパスフィルタを通して信号に含まれる高周波成分を減衰させる ( ステップ S 8 )。次に、ステップ S 9 にて転舵反力センサ値  $F_{yb}$  に基づく ( 5 ) 式の転舵反力項を算出する。その後ステップ S 1 0 に移行する。ステップ S 1 0 にて、操舵反力生成手段 1 9 は前記のように操舵反力  $T_r$  を出力する。その後ステップ S 1 に戻る。

30

## 【 0 0 3 1 】

以上説明した操舵反力制御装置によると、車両運動モデル 2 0 からの推定値と転舵反力センサ値の差分がある値以上の場合、転舵反力センサ 8 で検出された転舵反力を用いる。例えば、前記推定値が、明らかに前記検出値と大きく異なる異常事態においてのみ、転舵反力センサ 8 で検出した実測値である転舵反力を用いる。車両速度が定められた値未満、または前記のように推定値が明らかに検出値と大きく異なる異常事態のときに、転舵反力を用いる場合、転舵反力センサ 8 から取得した値は、ローパスフィルタを通し信号に含まれる高周波成分を減衰させ、転舵反力項を算出する。ところでステアリングホイール 1 のいわゆる据え切り時などの車両速度がある値未満においては、据え切り動作は、例えば 0 . 5 H z 以下のゆっくりした動作なので、ローパスフィルタによる時間遅れは問題とならない。

40

## 【 0 0 3 2 】

操舵反力生成手段は 1 9、比較手段 1 8 で選択された前記推定値または前記検出値を、転舵反力項として操舵反力の生成に用いる。操舵反力の生成には、前記転舵反力項を用いると共に、操舵角に比例したばね要素、操舵角速度に比例した粘性要素、操舵角加速度に比例した慣性要素、および摩擦要素を用いている。操舵角、操舵角速度、操舵角加速度は、ステアリングホイール近傍の操舵角センサ 1 4 で取得することができるため、ばね下の

50



振動による高周波成分は含まれない。したがって、操舵反力の生成に用いられるセンサ等の取得値に含まれる高周波成分の影響を受けず、且つ、車両の挙動状態、路面状態に基づいた快適な操舵感を実現する安定した操舵反力のステアバイワイヤ式操舵装置を実現することができる。

#### 【 0 0 3 3 】

タイロッド 5 に転舵反力センサ 8 を設け、この転舵反力センサ 8 はタイロッド 5 に付与される軸方向の力を荷重支持部の変位として直接的に検出し電気信号に変換するため、このステアバイワイヤ式操舵装置を、タイロッド間シャフトと機械的に連結されている E P S のフィーリングに近づけることが可能となる。

操舵反力生成手段 1 9 は、操舵角に比例したばね成分（ばね項）、操舵角速度に比例した粘性成分（粘性項）、操舵角加速度に比例した慣性成分（慣性項）、および摩擦成分（摩擦項）を前記操舵反力の生成に用いるものとしたため、ステアリングホイール操作時の違和感、振動等を防ぐことができ、また従来の E P S 等の操舵装置と同様の手応えを得ることが可能となる。

#### 【 0 0 3 4 】

他の実施形態について説明する。

以下の説明において、構成の一部のみを説明している場合、構成の他の部分は、先行して説明している形態と同様とする。実施の各形態で具体的に説明している部分の組合せばかりではなく、特に組合せに支障が生じなければ、実施の形態同士を部分的に組合せることも可能である。

#### 【 0 0 3 5 】

図 4 の例に示すように、操舵角  $\delta$  とばね成分（ $K_s \times \delta$ ）との関係について、操舵角が  $0 \sim a$  度（ $a$  は例えば  $120$  度）までは、操舵角  $\delta$  が大きくなる程、ばね成分つまりばね項が大きくなる比例関係とし、操舵角  $\delta$  が  $a$  度以上ではばね成分が一定となるように定めても良い。

図 5 の例に示すように、転舵反力  $F_y$  と摩擦成分  $T_f$  との関係について、転舵反力が高い程、摩擦成分つまり摩擦項を小さくし、転舵反力がある閾値以上で摩擦成分を一定値となるように定めても良い。この場合、転舵反力が小さい場合に、転舵反力に応じて必要な摩擦成分を付与することができる。

図 6 の例に示すように、車両速度  $V$  に応じて転舵反力係数  $K_y$  を可変させ、車両速度が一定速度以上で転舵反力係数が一定値となるように定めても良い。この場合、例えば、高速域ではより安定した操舵反力を得ることができ、中低速域では小さい力でも操作し易い操舵反力を得ることができる。

#### 【 0 0 3 6 】

転舵反力生成手段に、車両運動モデル 2 0 から推定した転舵反力値もしくは、転舵反力センサ 8 から検出した転舵反力値に、ある係数を乗じた転舵反力項を用いているが、この形態に限定されるものではない。転舵反力項を用いる代わりに、車両モデル 2 0 から推定した、例えば車両挙動を表わすヨーレイト、ロールレイト、ヨー角、ロール角、および横加速度のいずれかのパラメータを用いて、車両挙動項を生成しても良い。車両挙動項は、車両挙動を示す各パラメータに対応する係数を乗じて求める。

#### 【 0 0 3 7 】

この場合、図 7 に示すように、ステップ S 1 では、操舵角  $\delta$ 、車速  $V$ 、および転舵反力センサ 8 からの実測値  $F_{kb}$  を取得する。ステップ S 2 にて車速による条件分けを行った後、車両運動モデル 2 0（ステップ S 3）から、ステップ S 4 にて転舵反力の推定値  $F_{ka}$  と車両挙動を表わすいずれかのパラメータの推定値  $F_{kc}$  として算出する。その後ステップ S 5 にて、比較手段 1 8 により、推定値  $F_{ka}$  と、転舵反力センサ 8 から取得した実測値  $F_{kb}$  とを比較し、その差分が閾値  $F_{ks}$  以下であれば、車両運動モデル 2 0 からパラメータの推定値  $F_{kc}$  を採用する。次にステップ S 6 に移行して（6）式の右辺第 5 項を求める。この場合、前記推定値  $F_{kc}$  に、各パラメータに対応する係数を乗じて前記右辺第 5 項を求め得る。ステップ 7 において、（6）式の右辺第 1 項乃至第 5 項を加えた操舵反力  $T_{ra}$  を

出力する。なお車速が定められた値  $V_s$  未満のとき（ステップ S 2 : NO）、またはステップ S 5 において転舵反力の推定値  $F_{ka}$  と転舵反力センサ 8 から実測値  $F_{kb}$  との差分が閾値  $F_{ks}$  より大きいとき（ステップ S 5 : NO）、ステップ S 8 に移行する。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 8 にて、ステアリング制御手段 1 6 は転舵反力センサ 8 から実測値  $F_{kb}$  を用い、この実測値  $F_{kb}$  はローパスフィルタを通して信号に含まれる高周波成分を減衰させる（ステップ S 9）。次に、ステップ S 1 0 にて前記実測値  $F_{kb}$  に対応する係数を乗じて（5）式の右辺第 5 項を求める。ステップ S 1 1 において、（5）式の右辺第 1 項乃至第 5 項を加えた操舵反力  $T_r$  を出力する。

図 7 の場合、車両挙動を表すパラメータとして、ヨーレイト、ロールレイト、ヨー角、ロール角、および横加速度のいずれかを推定して前記推定値として用いたため、今までのステアバイワイヤ式の操舵装置では出せなかった車両挙動を、転舵反力に反映させて出力することが可能となり、操作者の好みや車両の種類等に応じた操舵装置を実現することができる。

10

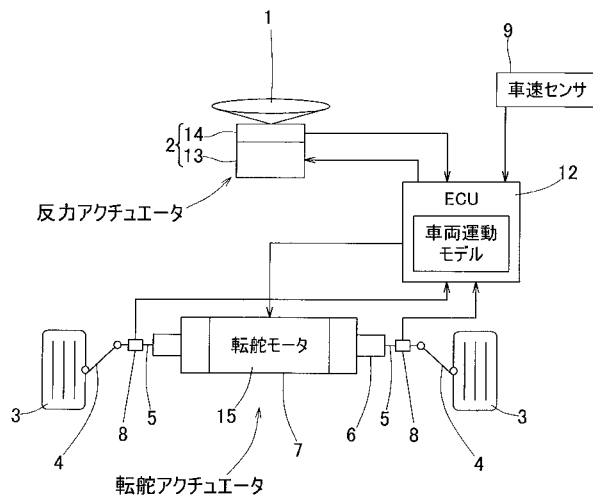
【 符号の説明 】

【 0 0 3 9 】

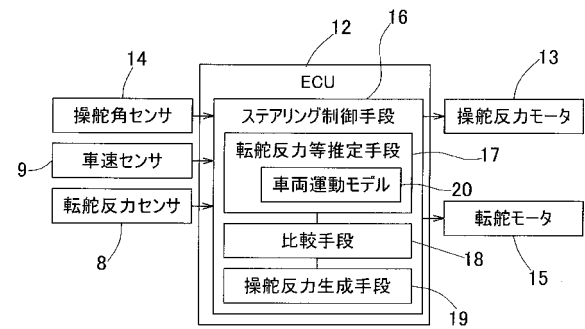
- 1 ... ステアリングホイール
- 6 ... タイロッド間シャフト
- 7 ... 転舵機構
- 1 0 ... 加速度センサ
- 1 3 ... 操舵反力モータ
- 1 4 ... 操舵角センサ
- 1 5 ... 転舵モータ
- 1 6 ... ステアリング制御手段
- 1 7 ... 転舵反力等推定手段
- 1 8 ... 比較手段
- 1 9 ... 操舵反力生成手段
- 2 0 ... 車両運動モデル

20

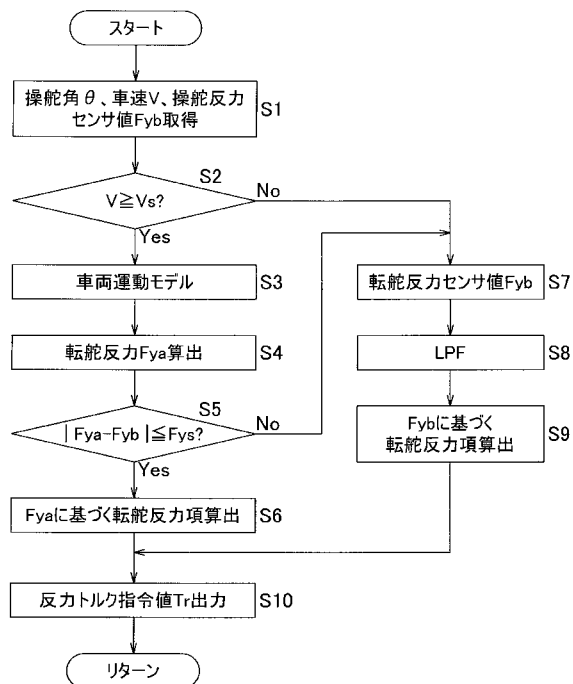
【図 1】



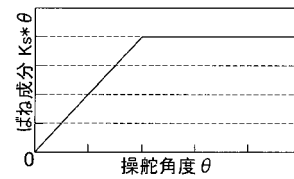
【図 2】



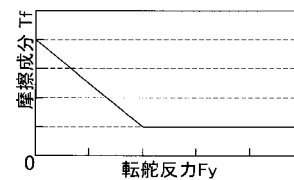
【図 3】



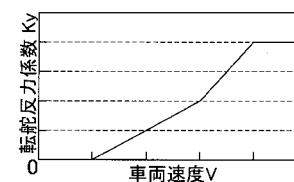
【図 4】



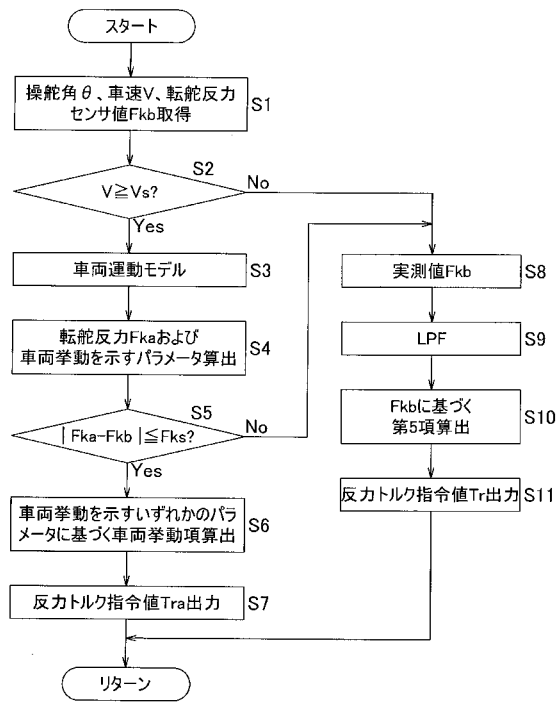
【図 5】



【図 6】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード ( 参考 )

B 6 2 D 117/00	(2006.01)	B 6 2 D 117:00
B 6 2 D 119/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00
B 6 2 D 121/00	(2006.01)	B 6 2 D 121:00
B 6 2 D 137/00	(2006.01)	B 6 2 D 137:00