(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6199426号
(P6199426)

(45)発行日　平成29年9月20日(2017.9.20)　(24)登録日　平成29年9月1日(2017.9.1)

(51)Int.Cl.		F I		
B62D 6/00	***(2006.01)***	B62D	6/00	ZYW
B62D 101/00	*(2006.01)*	B62D	101:00	
B62D 103/00	*(2006.01)*	B62D	103:00	
B62D 111/00	*(2006.01)*	B62D	111:00	
B62D 113/00	*(2006.01)*	B62D	113:00	

請求項の数 1　(全 13 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2016-45191(P2016-45191)
(22)出願日　平成28年3月9日(2016.3.9)
(62)分割の表示　特願2012-191062(P2012-191062)の分割
原出願日　平成24年8月31日(2012.8.31)
(65)公開番号　特開2016-104632(P2016-104632A)
(43)公開日　平成28年6月9日(2016.6.9)
審査請求日　平成28年3月9日(2016.3.9)

前置審査

(73)特許権者　000102692
ＮＴＮ株式会社
大阪府大阪市西区京町堀１丁目３番１７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１５７８番地　ＮＴＮ株式会社内

審査官　鈴木　敏史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ステアバイワイヤの操舵反力制御装置

(57)【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は、
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転舵反力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、を有し、
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より大きければ、前記転舵反力センサから検出した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。
【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，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】
【０００３】
【特許文献１】特開平１０－２５８７４８号公報
【特許文献２】特開２０００－１０８９１４号公報
【特許文献３】特開２００４－３３８６１６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
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、ステアバ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。
【０００５】
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。
【０００６】
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バ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】
【０００７】
この発明に関係する参考提案例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１４と、操舵反力を与える操舵反力モータ１３と、前記操舵角

センサ１４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１１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１５を制御するステアリング制御手段１６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１６は、

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、

この転舵反力等推定手段１７で演算された前記推定値と、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、

この比較手段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と、を有し、

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であれば、前記車両運動モデル２０から演算された前記推定値を選択し、車両速度が定められた値未満であれば、前記転舵反力センサ８から検出した前記検出値を選択することを特徴とする。

【０００８】

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Ｆｓ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Ｆｓ」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０．５Ｈｚ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】

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１４と、操舵反力を与える操舵反力モータ１３と、前記操舵角センサ１４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１１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１５を制御するステアリング制御手段１６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１６は、

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、

この転舵反力等推定手段１７で演算された前記推定値と、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、

この比較手段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と、を有し、

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より大きければ、前記転舵反力センサ８から検出した前記検出値を選択することを特徴とする。

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以下であれば、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】

前記操舵反力生成手段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推定して前記推定値として用いても良い。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。

【００１４】

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。

【００１５】

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】
【００１６】
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は、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転舵反力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有する。この前提構成において、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より大きければ、前記転舵反力センサから検出した前記検出値を選択するため、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。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【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。
【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】
【００１８】
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ＥＣＵ１２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５，５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５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、ＥＣＵ１２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】

【数１】

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。

$$mV\left(\dot{\beta}+\dot{\phi}\right)=F_{fL}+F_{fR}+F_{rL}+F_{rR} \quad \cdots\cdots(1)$$

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。βは車体の横すべり角、$\dot{\phi}$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_{fL}は左前輪に作用する横力を指している。

【００２３】

【数２】

同様にして、Ｚ軸周りの回転（ヨーイング）に関する運動方程式は、

$$I_Z\ddot{\phi}+I_{XZ}\ddot{\phi}=I_f\left(F_{fL}+F_{fR}\right)-I_r\left(F_{rL}+F_{rR}\right)\cdots(2)$$

となる。I_Zはヨー慣性モーメント、I_{XZ}はヨー・ロール慣性乗積、I_fとI_rは車両重心から前後車軸までの距離を表す。ϕはロール角を表す。

【００２４】

【数３】

Ｘ軸周りの回転（ローリング）に関する運動方程式は、

$$I_X\ddot{\phi}+C_\phi\dot{\phi}+(K_\phi-mgh_c)\phi+I_{XZ}\ddot{\phi}$$
$$=h_f(F_{fL}+F_{fR})+(F_{rL}+F_{rR}) \quad \cdots\cdots(3)$$

となる。I_Xはロール慣性モーメント、C_ϕはロール減衰係数、K_ϕ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

$$h_c=(h_fI_r+h_rI_f)/(I_f+I_r) \quad \cdots\cdots(4)$$

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β、ヨー角速度φ、ロール角φ、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、横力とニューマティックトレール、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。

【００２５】

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Ｆｓ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Ｆｓ」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。

【００２６】

【数４】

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

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

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

r :車両挙動を表わすパラメータ

θ :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

【００２７】

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、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１９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Ｔｆを加えて、操舵反力Ｔｒを出力する。

【００２８】

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１６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Ｓ１に移行して、ＥＣＵ１２のステアリング制御手段１６は、操舵角センサ１４から操舵角θ、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Ｆｙｂをそれぞれ取得する。次にステップＳ２にて、取得した車速Ｖが定められた値Ｖｓ以上か否かを判断する。車速が定められたＶｓ以上であれば（ステップＳ２：ＹＥＳ）、ステップＳ３に移行して転舵反力等推定手段１７により、前述の車両運動モデル２０から現在の車両の運動状態を求め、その後ステップＳ４にて転舵反力の推定値Ｆｙａを演算して出力する。

【００２９】

次にステップＳ５において、比較手段１８により、前記転舵反力の推定値Ｆｙａと、転舵反力センサ８で取得した実転舵反力Ｆｙｂとの値を比較し、その差分がある値Ｆｙｓ以下であれば（ステップＳ５：ＹＥＳ）、車両運動モデル２０からの推定値Ｆｙａを採用する。次にステップＳ６に移行して（５）式の転舵反力項を求める。その後ステップＳ１０に移行する。

ステップＳ２において車速が定められた値Ｖｓ未満のとき（ステップＳ２：ＮＯ）、またはステップＳ５において転舵反力の推定値Ｆｙａと実転舵反力Ｆｙｂとの差分が閾値Ｆｙｓより大きいとき（ステップＳ５：ＮＯ）、ステップＳ７に移行する。

【００３０】

ステップＳ７において、ステアリング制御手段１６は転舵反力センサ値Ｆｙｂを用いる。この転舵反力センサ値Ｆｙｂ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Ｓ８）。次に、ステップＳ９にて転舵反力センサ値Ｆybに基づく（５）式の転舵反力項を算出する。その後ステップＳ１０に移行する。ステップＳ１０にて、操舵反力生成手段１９は前記のように操舵反力Ｔｒを出力する。その後ステップＳ１に戻る。

【００３１】

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２０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０．５Ｈｚ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。

【００３２】

操舵反力生成手段は１９、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、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。

【００３３】

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ＥＰＳ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１９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。

【００３４】

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。

【００３５】

図４の例に示すように、操舵角θとばね成分（Ｋｓ×θ）との関係について、操舵角θが０～θａ度（θａは例えば１２０度）までは、操舵角θ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θがθａ度以上で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Ｆyと摩擦成分Ｔｆとの関係について、転舵反力が大きい程、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Ｋy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。

【００３６】

操舵反力生成手段１９に、車両運動モデル２０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、車両運動モデル２０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。

【００３７】

この場合、図７に示すように、ステップＳ１では、操舵角θ、車速Ｖ、および転舵反力センサ８からの実測値Ｆkbを取得する。ステップＳ２にて車速による条件分けを行った後、車両運動モデル２０（ステップＳ３）から、ステップＳ４にて転舵反力の推定値Ｆkaと車両挙動を表わすいずれかのパラメータの推定値Ｆkcとして算出する。その後ステップＳ５にて、比較手段１８により、推定値Ｆkaと、転舵反力センサ８から取得した実測値Ｆkbとを比較し、その差分が閾値Ｆks以下であれば、車両運動モデル２０からのパラメータの推定値Ｆkcを採用する。次にステップＳ６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Ｆkc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Ｔｒaを出力する。なお車速が定められた値Ｖs未満のとき（ステップＳ２：ＮＯ）、またはステップＳ５において転舵反力の推定値Ｆkaと転舵反力センサ８から実測値Ｆkbとの差分が閾値Ｆksより大きいとき（ステップＳ５：ＮＯ）、ステップＳ８に移行する。

【００３８】

ステップＳ８にて、ステアリング制御手段１６は転舵反力センサ８から実測値Ｆkbを用い、この実測値Ｆkb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Ｓ９）。次に、ステップＳ１０にて前記実測値Ｆkb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Ｓ１１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Ｔｒを出力する。

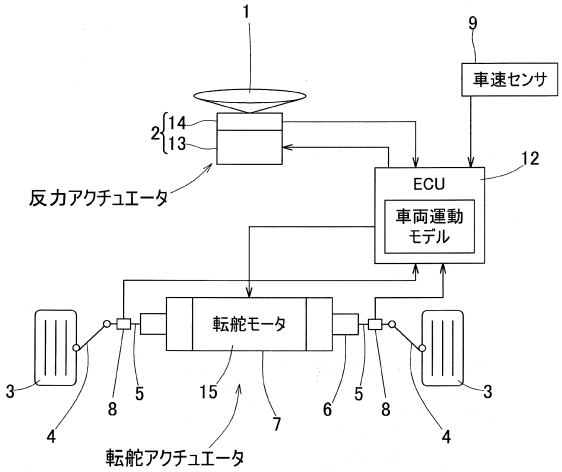
図７の場合、車両挙動を表すパラメータとして、ヨーレイト、ロールレイト、ヨー角、ロール角、および横加速度のいずれかを推定して前記推定値として用いたため、今までのステアバイワイヤ式の操舵装置では出せなかった車両挙動を、転舵反力に反映させて出力することが可能となり、操作者の好みや車両の種類等に応じた操舵装置を実現することができる。

【符号の説明】

【００３９】

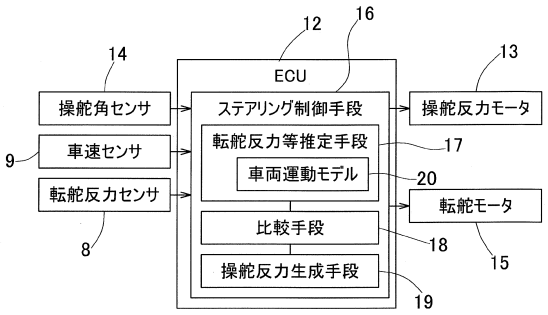
１…ステアリングホイール
６…タイロッド間シャフト
７…転舵機構
１０…加速度センサ
１３…操舵反力モータ
１４…操舵角センサ
１５…転舵モータ
１６…ステアリング制御手段
１７…転舵反力等推定手段
１８…比較手段
１９…操舵反力生成手段
２０…車両運動モデル

【図１】

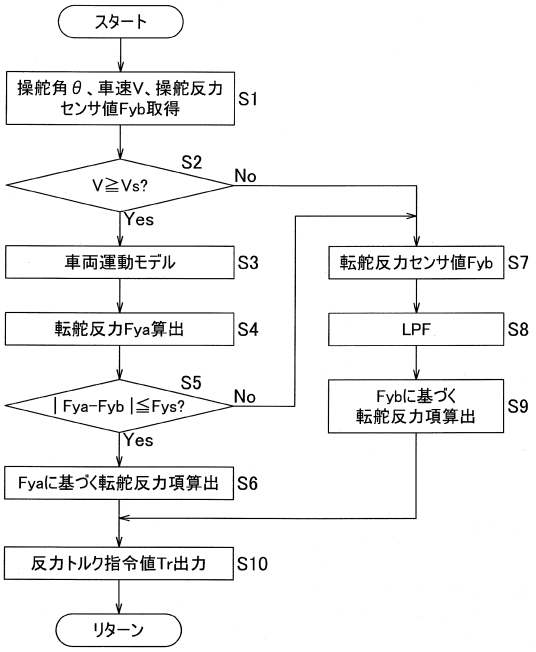


1:ステアリングホイール
6:タイロッド間シャフト
7:転舵機構
13:操舵反力モータ
14:操舵角センサ
15:転舵モータ

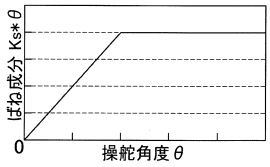
【図２】



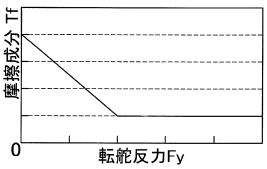
【図３】



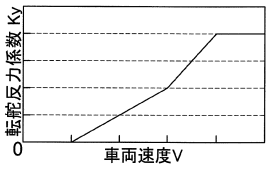
【図４】



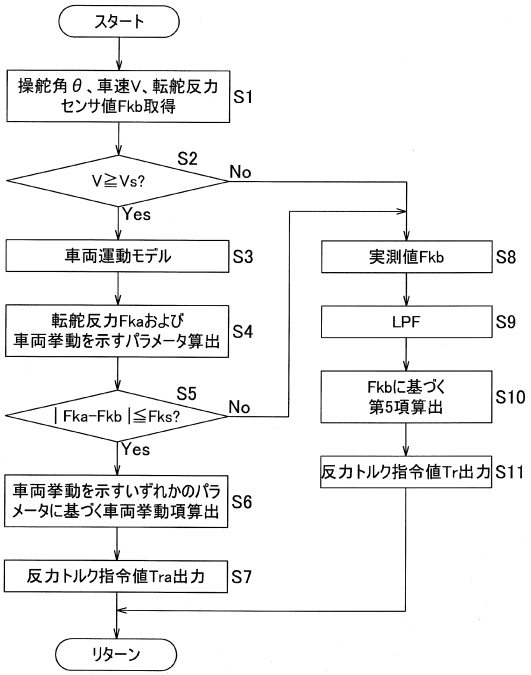
【図５】



【図６】



【図７】


スタート
操舵角θ、車速V、転舵反力センサ値Fkb取得
S1
V≧Vs?
S2
No
Yes
車両運動モデル
S3
転舵反力Fkaおよび車両挙動を示すパラメータ算出
S4
|Fka−Fkb|≦Fks?
S5
No
Yes
車両挙動を示すいずれかのパラメータに基づく車両挙動項算出
S6
反力トルク指令値Tra出力
S7
実測値Fkb
S8
LPF
S9
Fkbに基づく第5項算出
S10
反力トルク指令値Tr出力
S11
リターン

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI	
B62D 117/00	*(2006.01)*	B62D	117:00
B62D 119/00	*(2006.01)*	B62D	119:00
B62D 137/00	*(2006.01)*	B62D	137:00

(56)参考文献 特開２００７－２３７９３８（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１６１１９８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６２Ｄ　　６／００
Ｂ６２Ｄ　１０１／００
Ｂ６２Ｄ　１０３／００
Ｂ６２Ｄ　１１１／００
Ｂ６２Ｄ　１１３／００
Ｂ６２Ｄ　１１７／００
Ｂ６２Ｄ　１１９／００
Ｂ６２Ｄ　１３７／００