

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4635648号
(P4635648)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011. 2. 23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010. 12. 3)

(51) Int. Cl.	F 1
B 6 2 D 6/00 (2006. 01)	B 6 2 D 6/00 Z Y W
B 6 2 D 5/04 (2006. 01)	B 6 2 D 5/04
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

請求項の数 4 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-57613 (P2005-57613)
 (22) 出願日 平成17年3月2日 (2005. 3. 2)
 (65) 公開番号 特開2006-240440 (P2006-240440A)
 (43) 公開日 平成18年9月14日 (2006. 9. 14)
 審査請求日 平成20年2月12日 (2008. 2. 12)

(73) 特許権者 000001247
 株式会社ジェイテクト
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (72) 発明者 柴田 由之
 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工
 機株式会社内
 (72) 発明者 永田 富夫
 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工
 機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両用操舵装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

転舵輪と機械的に分離されたステアリングと、ステアリング操作に応じた前記転舵輪の転舵角を発生させるべく制御される転舵アクチュエータと、前記転舵輪に作用する路面反力を検出する路面反力検出手段と、前記検出される路面反力に応じた操舵反力を前記ステアリングに付与すべく制御される反力アクチュエータと、前記転舵アクチュエータ及び反力アクチュエータの作動を制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、ステアリング操作によらず自動的に前記転舵角を変更すべく前記転舵アクチュエータの作動を制御するアクティブ転舵制御機能を有する車両用操舵装置であって、

前記制御手段は、前記アクティブ転舵制御時には、前記ステアリングに付与する操舵反力をアクティブ転舵制御の開始時の値に所定の波動成分を重畳した値とすべく前記反力アクチュエータの作動を制御すること、を特徴とする車両用操舵装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の車両用操舵装置において、

前記制御手段は、前記検出される路面反力の変化速度に応じて、前記波動成分の振幅又は周波数の少なくとも一方を変更すること、を特徴とする車両用操舵装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の車両用操舵装置において、

前記制御手段は、前記検出される路面反力の変化速度が大であるほど、前記振幅を小さくすること、を特徴とする車両用操舵装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の車両用操舵装置において、
前記制御手段は、前記検出される路面反力の変化速度が大であるほど、前記周波数を大とすること、を特徴とする車両用操舵装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両用操舵装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、各種センサにより検出される車両状態量及び車両周囲の状況信号（車間距離や白線検知信号等）に基づいて、ステアリング操作によらず自動的に転舵輪の舵角（転舵角）を制御することにより、所謂レーンキープ等、車両の自動操縦を可能とする車両用操舵装置が提案されている。そして、こうした自動操舵機能を備えたものにおいては、その自動操縦自体の完成度はもとより、同制御の終了を速やかに運転者に知らせることもまた重要な課題の一つとなっている。

【0003】

例えば、上例のレーンキープでは、走行路の白線（マーキング）が途切れた場合等、明確なる状況信号の検知が不能となった場合に、その自動制御は終了する。従って、こうした場合、当然のことながら、その操縦（運転）は速やかに運転者に引き継がなければならない。しかしながら、そもそも、こうした自動操縦機能は運転者の負担を軽減すべく導入されるものであり、自動操縦中の運転者に、自らが運転する時と同様の緊張感及び注意力は期待できない。このため、音響的又は視覚的な手法によりその終了を告知したとしても、聞き逃され、或いは見過ごされる可能性は否定できず、その対応の遅れによって車両が走行車線から逸脱してしまうおそれがある。そこで、従来、その自動操縦制御の終了時、ステアリングに振動等の触覚的信号を付与するものがある。そして、このような構成を採用することで、運転者に対しその自動制御の終了を速やかに知らせることができるようになる（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

ところで、自動操舵システムには、上記のような自動操縦機能以外にも、車両状態量と車両の運動状態との関係をモデル化した車両モデルに基づいて、車両のヨーモーメントを制御すべく自動的に転舵輪の舵角（転舵角）を変更するものがある（アクティブ転舵制御、例えば、特許文献 2 参照）。そして、このようなアクティブ転舵制御には、上記自動操縦制御時とは、全く逆の要因によって引き起こされる問題がある。

【0005】

即ち、アクティブ転舵制御により与えられる転舵輪の舵角は、通常、ステアリングの舵角（操舵角）に応じたものとならない。そのため、転舵輪に作用する路面反力もまたその操舵角に応じたものとはならず、ステアリングに運転者の想定と反する操舵反力が作用することになる。そして、アクティブ転舵制御は、基本的に運転者自らの運転中において、必要に応じて速やかに実行されるものであり、このとき、運転者は緊張感及び注意力の何れもが高い状態にある。従って、運転者は、そのアクティブ転舵制御時の操舵反力の変化に対して敏感に反応しやすく、その変動を操舵フィーリングの悪化として捉えるおそれがある。

【0006】

そこで、従来、こうした操舵反力の変動に伴う操舵フィーリングの悪化を抑制すべく、路面反力に応じた操舵反力をステアリングに付与すべく制御される反力アクチュエータを備えた所謂ステアバイワイヤ式の車両用操舵装置において、路面反力を操舵反力として反映させる路面反力反映モードと、路面反力を反映させない解除モードとを有し、その車両状態に応じて、これら 2 つのモードを切り替え可能としたものがある（例えば、特許文献 3 参照）。そして、このような構成をアクティブ転舵制御時に適用することにより、上記

10

20

30

40

50

のごとく、運転者の想定に反する操舵反力を付与することによる操舵フィーリングの悪化を防止することができるようになる。

【特許文献1】特開2004-210276号公報

【特許文献2】特開2002-254964号公報

【特許文献3】特開2003-182618号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記従来例のごとく、単にステアリングへの路面反力の反映を解除する構成とした場合、その解除に伴って路面反力に相当する分だけ操舵反力が急激に減少することになる。このため、例えば、その操舵反力の減少により所謂舵抜け感が発生する等、却って操舵フィーリングの悪化を招くおそれがある。また、路面反力の反映を解除することで、運転者はアクティブ転舵制御の実行中であることを知りえなくなる。このため、例えば、車両がオーバーステア状態にある場合に、アクティブ転舵制御によってヨーモーメントの方向と逆方向の舵角、即ちカウンタステアをあてるよう制御しているにも関わらず、運転者がヨーモーメント方向にステアリングを切り続けるといった状況が想定される。そして、こうした場合には、そのアクティブ転舵制御の有効性が低下する、或いは転舵角が操舵角に対応する角度と離れることにより、アクティブ転舵制御の終了が遅れてしまうといった問題がある。

【0008】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、アクティブ転舵制御時の良好な操舵フィーリングを確保するとともに、運転者に対しより確実に同制御の実行中であることを知らしめることのできる車両用操舵装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記問題点を解決するために、請求項1に記載の発明は、転舵輪と機械的に分離されたステアリングと、ステアリング操作に応じた前記転舵輪の転舵角を発生させるべく制御される転舵アクチュエータと、前記転舵輪に作用する路面反力を検出する路面反力検出手段と、前記検出される路面反力に応じた操舵反力を前記ステアリングに付与すべく制御される反力アクチュエータと、前記転舵アクチュエータ及び反力アクチュエータの作動を制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、ステアリング操作によらず自動的に前記転舵角を変更すべく前記転舵アクチュエータの作動を制御するアクティブ転舵制御機能を有する車両用操舵装置であって、前記制御手段は、前記アクティブ転舵制御時には、前記ステアリングに付与する操舵反力をアクティブ転舵制御の開始時の値に所定の波動成分を重畳した値とすべく前記反力アクチュエータの作動を制御すること、を要旨とする。

【0010】

上記構成によれば、アクティブ転舵制御時に発生する操舵反力の変動を排除して良好な操舵フィーリングを確保することができる。また、波動成分の重畳によってステアリングが揺動することにより、同アクティブ転舵制御の実行中であることをより確実に運転者に知らしめることができる。従って、例えば、カウンタステア時等、アクティブ転舵制御によって、車両が運転者の想定と異なる挙動を示すような場合であっても、運転者は、その挙動がアクティブ転舵制御によるものであることを認識することができ、これにより、アクティブ転舵制御と逆行するステアリング操作の発生を未然に防止することができる。その結果、こうしたアクティブ転舵制御と逆行するステアリング操作によるアクティブ転舵制御の有効性低下やアクティブ転舵制御の終了遅れ等を効果的に抑制することができるようになる。

【0011】

請求項2に記載の発明は、前記制御手段は、前記検出される路面反力の変化速度に応じて、前記波動成分の振幅又は周波数の少なくとも一方を変更すること、を要旨とする。

請求項 3 に記載の発明は、前記制御手段は、前記検出される路面反力の変化速度が大であるほど、前記振幅を小とすること、を要旨とする。

【 0 0 1 2 】

請求項 4 に記載の発明は、前記制御手段は、前記検出される路面反力の変化速度が大であるほど、前記周波数を大とすること、を要旨とする。

上記各構成によれば、実行中のアクティブ転舵制御の状態を、効果的に運転者に告知することができ、運転者にさらなる安心感を与えることが可能になる。特に、請求項 3 の構成では、検出される路面反力の変化速度が大きいほど振幅を小さく、また請求項 4 の構成では、周波数を大きくするため、アクティブ制御量が大きな場合であっても、それによってステアリングがとられることがない。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、アクティブ転舵制御時の良好な操舵フィーリングを確保するとともに、運転者に対しより確実に同制御の実行中であることを知らしめることが可能な車両用操舵装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 4 】

以下、本発明をステアバイワイヤ式の車両用操舵装置（ステアリング装置）に具体化した一実施形態を図面に従って説明する。

図 1 に示すように、本実施形態のステアリング装置 1 は、ステアリング（ハンドル）2 を含む操舵機構 3 と転舵輪 4 の舵角を変更するための転舵機構 5 とが機械的に非連結、即ちステアリング 2 と転舵輪 4 とが機械的に分離された所謂ステアバイワイヤ式の車両用操舵装置である。

20

【 0 0 1 5 】

操舵機構 3 は、ステアリング 2 が固定されたステアリングシャフト 6 と、ステアリング操作に伴うステアリング 2 の舵角、即ち操舵角 δ を検出するための操舵角検出手段としての操舵角センサ 7 とを備えている。そして、転舵機構 5 は、操舵角センサ 7 により検出される操舵角 δ に基づいて、そのステアリング操作に応じた転舵輪 4 の舵角を発生させるための転舵アクチュエータ 8 を備えている。本実施形態では、転舵機構 5 は、タイロッド 9 及びナックルアーム 10 を介して左右の転舵輪 4 を連結する転舵軸 12 を有しており、転舵アクチュエータ 8 は、駆動源としてのモータ 13 と該モータ 13 の回転を転舵軸 12 の往復動に変換する変換機構 14 とを備えている。尚、本実施形態の転舵アクチュエータ 8 は、転舵軸 12 と同軸配置されたブラシレスモータを有し、変換機構 14 としてボールネジ機構を備えている。そして、この転舵アクチュエータ 8 により駆動された転舵軸 12 の往復動が転舵輪 4 に伝達されることにより、同転舵輪 4 の舵角、即ち転舵角 θ が変更されるようになっている。

30

【 0 0 1 6 】

また、本実施形態では、操舵機構 3 は、ステアリング操作によってステアリング 2 に印加される操舵トルク T を検出するための操舵トルク検出手段としてのトルクセンサ 16 と、該検出された操舵トルク T （及び後述する路面反力 F_r ）に応じた操舵反力をステアリング 2 に付与するための反力アクチュエータ 17 とを備えている。反力アクチュエータ 17 は、駆動源としてのモータ 18 と、該モータ 18 の回転を減速してステアリングシャフト 6 に伝達する減速機構 19 とを備えている。尚、本実施形態では、反力アクチュエータ 17 のモータ 18 には、転舵アクチュエータ 8 のモータ 13 と同様にブラシレスモータが採用されている。そして、反力アクチュエータ 17 は、減速機構 19 を介してモータ 18 の発生するモータトルクをステアリングシャフト 6 に伝達することによりステアリング 2 に操舵反力を付与するようになっている。

40

【 0 0 1 7 】

本実施形態では、転舵アクチュエータ 8 及び反力アクチュエータ 17 は、制御装置 20 によりその作動が制御されている。詳述すると、転舵アクチュエータ 8 のモータ 13 及び

50

反力アクチュエータ 17 のモータ 18 は、制御装置 20 と接続されており、各モータ 13, 18 は、制御装置 20 から供給される三相 (U, V, W) の駆動電力に基づいて回転する。そして、制御装置 20 は、その駆動電力の供給を通じて各モータ 13, 18 の回転を制御することにより、転舵アクチュエータ 8 及び反力アクチュエータ 17 の作動を制御する。具体的には、制御装置 20 は、上記操舵角センサ 7 及びトルクセンサ 16、並びに車速センサ 21 の出力信号に基づいて操舵角 s 、操舵トルク T 及び車速 V を検出する。また、転舵軸 12 には、変位置センサ 22 が設けられており、制御装置 20 は、この変位置センサ 22 の出力信号に基づいて転舵輪 4 の転舵角 t を決定する同転舵軸 12 の軸方向の変位置 X を検出する。そして、制御装置 20 は、その検出された操舵角 s 、車速 V 及び変位置 X に基づいて、転舵輪 4 の転舵角 t を変更すべく転舵アクチュエータ 8 の作動を制御し、操舵トルク T 及び車速 V (並びに路面反力 F_r) に基づいて、操舵反力を付与すべく反力アクチュエータ 17 の作動を制御する。

10

【0018】

次に、制御装置 20 による転舵アクチュエータ 8 及び反力アクチュエータ 17 の制御態様について詳述する。

図 2 は、本実施形態のステアリング装置 1 の制御ブロック図である。同図に示すように、制御装置 20 は、転舵アクチュエータ 8 を制御するための第 1 ECU 23 と、反力アクチュエータ 17 を制御するための第 2 ECU 24 とを備えている。そして、これら第 1 ECU 23 及び第 2 ECU 24 は、それぞれ各モータ 13, 18 を制御するためのモータ制御信号を出力するマイコン 25, 26 と、そのモータ制御信号に基づいて各モータ 13, 18 に駆動電力を供給する駆動回路 27, 28 とを備えている。尚、以下に示す、各マイコン 25, 26 内の各制御ブロックは、これらマイコン 25, 26 が実行するコンピュータプログラムにより実現されるものである。

20

【0019】

先ず、転舵アクチュエータ 8 を制御する第 1 ECU 23 側のマイコン 25 の構成について説明する。マイコン 25 は、転舵輪 4 の制御目標角に対応する転舵軸 12 の変位置指令 X^* を生成する変位置指令生成部 31 と、その変位置指令 X^* 及び検出された変位置 X に基づいて位置制御量 Y を演算する位置制御演算部 32 と、その位置制御量 Y に基づいて駆動回路 27 に出力するモータ制御信号を生成するモータ制御信号生成部 33 とを備えている。

30

【0020】

変位置指令生成部 31 には、操舵角 s 及び車速 V が入力され、変位置指令生成部 31 は、これら操舵角 s 及び車速 V に基づいて変位置指令 X^* を生成し、その変位置指令 X^* を位置制御演算部 32 に出力する。位置制御演算部 32 には、この変位置指令 X^* とともに、変位置センサ 22 により検出された変位置 X が入力される。そして、位置制御演算部 32 は、これら変位置指令 X^* 及び変位置 X に基づくフィードバック制御により位置制御量 Y を演算し、その位置制御量 Y をモータ制御信号生成部 33 に出力する。モータ制御信号生成部 33 には、位置制御演算部 32 により算出された位置制御量 Y とともに、電流センサ 34 により検出された実電流値及び回転角センサ 35 により検出されたモータ 13 の回転角が入力される。そして、モータ制御信号生成部 33 は、これら位置制御量 Y 、実電流値及び回転角に基づいてモータ制御信号を生成し、このモータ制御信号を駆動回路 27 に出力する。そして、そのモータ制御信号に応じた駆動電流がモータ 13 に供給されることにより、転舵輪 4 の転舵角 t をその制御目標角に追従させるべくモータ 13 の回転、即ち転舵アクチュエータ 8 の作動が制御されるようになっている。

40

【0021】

また、本実施形態では、変位置指令生成部 31 は、ステアリング操作に応じた転舵角 t を発生させるための制御目標成分、即ち通常制御目標量 X_n^* を演算する通常制御演算部 36 に加え、ステアリング操作によらず自動的に転舵角 t を変更するための制御目標成分であるアクティブ制御目標量 X_a^* を演算するアクティブ制御演算部 37 を備えている。即ち、本実施形態の制御装置 20 (第 1 ECU 23) は、ステアリング操作によらず自動

50

的に転舵角 δ を変更すべく転舵アクチュエータ 8 の作動を制御するアクティブ転舵機能を有している。

【0022】

詳述すると、通常制御演算部 36 には、操舵角 δ 及び車速 V が入力され、同通常制御演算部 36 は、これら操舵角 δ 及び車速 V に基づいて通常制御目標量 X_n^* を演算する。一方、アクティブ制御演算部 37 には、これら操舵角 δ 及び車速 V に加え、ヨーレート等、その他複数の車両状態量 X_{in} が入力される。尚、本実施形態では、アクティブ制御演算部 37 には、車両状態量 X_{in} として、ヨーレート、横方向加速度（横 G ）、スリップ角、車輪速差、ブレーキ ON 信号等が入力される（図 1 参照）。そして、アクティブ制御演算部 37 は、これらの車両状態量に基づいてアクティブ制御目標量 X_a^* を演算する。

10

【0023】

具体的には、アクティブ制御演算部 37 は、車両状態量 X_{in} と車両の運動状態との関係をモデル化した車両モデルに基づいて車両のステアリング特性（オーバーステア/アンダーステア）を判定し、及び車両が所謂 μ スプリット制動状態（左右の車輪がそれぞれ摩擦抵抗 μ の著しく異なる 2 つの路面上にある状態での制動）にあるか否かを判定する。そして、アクティブ制御演算部 37 は、そのステアリング特性をニュートラルステアに是正し、或いはその進行方向の偏向を抑制する等、そのヨーモーメントを積極的に制御すべく自動的に転舵角 δ を変更するためのアクティブ制御目標量 X_a^* を演算する。尚、この場合における自動的な転舵角 δ の変更には、例えば、ステアリング 2 の操作方向と逆向きに転舵角 δ を変更する所謂カウンタステア等が含まれる。

20

【0024】

通常制御演算部 36 により算出された通常制御目標量 X_n^* 、及びアクティブ制御演算部 37 により算出されたアクティブ制御目標量 X_a^* は、加算器 38 に入力される。そして、この加算器 38 において、これら通常制御目標量 X_n^* 及びアクティブ制御目標量 X_a^* が重畳された値が変位量指令 X^* として位置制御演算部 32 に出力されるようになっている。

【0025】

また、アクティブ制御演算部 37 は、上記アクティブ転舵制御の実行（アクティブ転舵制御オン）及びその終了（アクティブ転舵制御オフ）を示すアクティブ転舵信号 S_a を生成し、マイコン 25（第 1 ECU 23）は、そのアクティブ転舵信号 S_a を第 2 ECU 24 へと出力する。そして、このアクティブ転舵信号 S_a に基づいて、後述するアクティブ転舵制御時の操舵反力波動制御が開始され、及び終了されるようになっている。尚、本実施形態では、アクティブ制御演算部 37 は、演算されたアクティブ制御目標量 X_a^* の大きさに基づいてアクティブ転舵信号 S_a を生成する。具体的には、アクティブ制御演算部 37 は、アクティブ制御目標量 X_a^* の絶対値が予め設定された第 1 所定値以上の大きさとなる（詳しくはその変化量に基づいて推定される）場合にアクティブ転舵信号 S_a を「ON」とし、その絶対値が予め設定された第 2 所定値以下となる場合にアクティブ転舵信号 S_a を「OFF」とする。

30

【0026】

一方、反力アクチュエータ 17 を制御する第 2 ECU 24 側のマイコン 26 は、ステアリング 2 に付与する操舵反力の制御目標量、即ちモータ 18 に供給する駆動電流の電流指令値として操舵反力指令 I_q^* を演算する操舵反力指令演算部 41 と、この操舵反力指令 I_q^* に基づいて駆動回路 28 に出力するモータ制御信号を生成するモータ制御信号生成部 42 とを備えている。

40

【0027】

また、本実施形態では、マイコン 26 は、転舵輪 4 に作用する路面反力 F_r を推定する路面反力推定演算部 43 を備えており、操舵反力指令演算部 41 は、この路面反力推定演算部 43 により推定された路面反力 F_r に基づいて操舵反力指令 I_q^* を演算する。即ち、本実施形態では、路面反力推定演算部 43 により路面反力検出手段が構成されている。そして、その操舵反力指令 I_q^* に基づく駆動電力がモータ 18 に供給、即ち反力アクチュエータ 17 の作動が制御されることにより転舵輪 4 に作用する路面反力 F_r に応じた（路面

50

反力 F_r の反映された) 操舵反力がステアリング 2 に付与されるようになっている。

【0028】

詳述すると、本実施形態では、路面反力推定演算部 43 には、上記変位量 X 及び電流センサ 34 により検出された実電流値、即ち転舵アクチュエータ 8 側のモータ 13 に通電される実電流値が入力される。そして、路面反力推定演算部 43 は、これら変位量 X 及び実電流値に基づいて転舵軸 12 に作用する軸力を演算し、その軸力を転舵輪 4 に作用する路面反力 F_r と推定する。操舵反力指令演算部 41 には、この路面反力推定演算部 43 により推定された路面反力 F_r とともに、操舵トルク 及び車速 V が入力される。そして、操舵反力指令演算部 41 は、これら操舵トルク、路面反力 F_r 、及び車速 V に基づいて操舵反力指令 I_{q^*} を演算し、その操舵反力指令 I_{q^*} をモータ制御信号生成部 42 へと出力する。モータ制御信号生成部 42 には、操舵反力指令 I_{q^*} とともに、電流センサ 44 により検出された実電流値及び回転角センサ 45 により検出されたモータ 18 の回転角が入力される。そして、モータ制御信号生成部 42 は、これら操舵反力指令 I_{q^*} 、実電流値及び回転角に基づきモータ制御信号を生成し、そのモータ制御信号を駆動回路 28 へと出力する。そして、このモータ制御信号に応じた電流値を有する駆動電流がモータ 18 に供給されることにより、その操舵トルク、路面反力 F_r 、及び車速 V に応じた操舵反力がステアリング 2 に付与されるようになっている。

10

【0029】

(アクティブ転舵制御時の操舵反力波動制御)

次に、本実施形態の制御装置 20 によるアクティブ転舵制御時の操舵反力波動制御について説明する。図 3 は、アクティブ転舵制御時の操舵角 δ と転舵角 θ との関係、及びその際の路面反力 F_r を反映させた場合の操舵反力の変化を示す波形図、そして、図 4 は、操舵反力波動制御を行った場合の操舵反力 F_h の変化を示す波形図である。尚、図 3 において、曲線 m は操舵角 δ の変化を示す操舵角曲線、曲線 n は転舵角 θ の変化を示す転舵角曲線である。また、説明の便宜のため、同図中、操舵角と転舵角との間の比率(伝達比)を補正した上で、操舵角曲線と転舵角曲線とを重ねて記載するものとする。

20

【0030】

上述のように、アクティブ転舵制御時に発生する路面反力 F_r は、多くの場合、その操舵角 δ に応じたものとならず、こうした路面反力 F_r を操舵反力 F_h に反映させることとすれば、その操舵反力 F_h は、運転者の想定と異なるものとなる。例えば、図 3 に示すように、アクティブ転舵制御により所謂カウンタステアをあてるべく転舵角 θ を変更する場合において、転舵輪 4 に作用する路面反力 F_r を操舵反力 F_h に反映させるとすれば、その操舵反力 F_h は、同制御の開始直後(図中領域 1 に示す部分)及び終了直前(図中領域 2 に示す部分)において大きく変動する。これは、開始直後には、転舵角 θ が、操舵角 δ の方向(運転者によるステアリング操作方向)と逆方向に向かって大きく変更され、その終了時には、ステアリング操作方向と同方向に向かって大きく変更される。即ち、同図に示すように、操舵角 δ の変化(曲線 m : 操舵角曲線)と転舵角 θ の変化(曲線 n : 転舵角曲線)とが一致しなくなるためである。そして、こうした操舵反力 F_h の変動が運転者の想定範囲にないことは明らかであり、その変動を操舵フィーリングの悪化として捉えるおそれがある。

30

40

【0031】

この点を踏まえ、本実施形態の制御装置 20 は、図 4 に示すように、こうしたアクティブ転舵制御時には、ステアリング 2 に付与する操舵反力 F_h の値を、その開始時の値(保持値 F_0)に所定の波動成分を重畳した値とすべく反力アクチュエータ 17 の作動を制御する(操舵反力波動制御)。そして、これにより、アクティブ転舵制御時に発生する操舵角 δ と対応しない路面反力 F_r に基づく操舵反力 F_h の変動を排除するとともに、波動成分の重畳によってステアリング 2 を揺動させることにより、同アクティブ転舵制御の実行中であることを運転者に知らしめることができるようになっている。

【0032】

詳述すると、図 2 に示すように、本実施形態では、第 2 ECU 24 側のマイコン 26 は

50

、同操舵反力指令演算部 4 1 がアクティブ転舵制御の開始時に出力した操舵反力指令 Iq^* を保持操舵反力指令 Iq_s^* として記憶し、その保持操舵反力指令 Iq_s^* を出力する操舵反力指令保持部 4 7 と、所定の波動成分としての波動制御量 Iq_w^* を出力する波動制御量演算部 4 8 とを備えている。

【 0 0 3 3 】

操舵反力指令保持部 4 7 には、操舵反力指令演算部 4 1 により演算された操舵反力指令 Iq^* とともに、第 1 E C U 2 3 (アクティブ制御演算部 3 7) の出力するアクティブ転舵信号 Sa が入力されるようになっており、同操舵反力指令保持部 4 7 は、このアクティブ転舵信号 Sa が「ON」となった時の操舵反力指令 Iq^* を保持操舵反力指令 Iq_s^* として記憶する。即ち、操舵反力指令保持部 4 7 は、アクティブ転舵制御が開始された時点の操舵反力指令 Iq^* を保持操舵反力指令 Iq_s^* として記憶する。そして、操舵反力指令保持部 4 7 は、入力されるアクティブ転舵信号 Sa が「OFF」、即ちアクティブ転舵制御が終了するまでその保持操舵反力指令 Iq_s^* を出力する。

10

【 0 0 3 4 】

一方、本実施形態では、波動制御量演算部 4 8 には、路面反力推定演算部 4 3 により推定(検出)された路面反力 Fr の微分値 \dot{Fr} が入力されるようになっている。そして、図 5 に示すように、波動制御量演算部 4 8 は、この入力される路面反力 Fr の微分値 \dot{Fr} 、即ち検出される路面反力 Fr の変化速度に応じて、その出力する波動制御量 Iq_w^* の振幅 A 及び周波数 f を変更するようになっている。

【 0 0 3 5 】

具体的には、本実施形態では、波動制御量演算部 4 8 は、路面反力 Fr の微分値 \dot{Fr} と波動制御量 Iq_w^* の振幅 A とが関係付けられたマップ 4 8 a、及び同微分値 \dot{Fr} と波動制御量 Iq_w^* の周波数 f とが関係付けられたマップ 4 8 b を有している(図 6 (a) (b) 参照)。より具体的には、マップ 4 8 a において、振幅 A は、微分値 \dot{Fr} が大となるほど小となるように設定されている(約 0.2 ~ 0.5 Nm)。また、マップ 4 8 b において、周波数 f は、微分値 \dot{Fr} が大となるほど大となるように設定されている(約 5 ~ 20 Hz)。そして、波動制御量演算部 4 8 は、これらのマップ 4 8 a、4 8 b に基づいて、出力する波動制御量 Iq_w^* の振幅 A 及び周波数 f を決定する。即ち、本実施形態では、波動制御量演算部 4 8 は、検出される路面反力 Fr の変化速度(路面反力 Fr の微分値 \dot{Fr}) が大きいほど、振幅 A が小さく周波数 f の高い波動制御量 Iq_w^* を出力し、路面反力 Fr の変化速度(路面反力 Fr の微分値 \dot{Fr}) が小さいほど、振幅 A が大きく周波数 f の低い波動制御量 Iq_w^* を出力する。

20

30

【 0 0 3 6 】

本実施形態では、波動制御量演算部 4 8 の出力する波動制御量 Iq_w^* は、操舵反力指令保持部 4 7 の出力する保持操舵反力指令 Iq_s^* とともに加算器 4 9 に入力され、同加算器 4 9 において保持操舵反力指令 Iq_s^* に重畳される。そして、その重畳後の波動操舵反力指令 Iq_s^{**} は、操舵反力指令演算部 4 1 の出力する操舵反力指令 Iq^* 、及びアクティブ転舵信号 Sa とともに、出力切替部 5 0 に入力される。そして、出力切替部 5 0 は、アクティブ転舵信号 Sa が「OFF」の場合には、操舵反力指令演算部 4 1 が出力する操舵反力指令 Iq^* をモータ制御信号生成部 4 2 に出力し、アクティブ転舵信号 Sa が「ON」の場合には、保持操舵反力指令 Iq_s^* に波動制御量 Iq_w^* が重畳された波動操舵反力指令 Iq_s^{**} をモータ制御信号生成部 4 2 に出力する。

40

【 0 0 3 7 】

即ち、図 7 のフローチャートに示すように、マイコン 2 6 は、まず、センサ値(車両状態量)として変位量 X 、実電流値 I_s 、操舵トルク T 、操舵角 δ 、及び車速 V を取得し(ステップ 1 0 1)、続いて路面反力 Fr の推定(ステップ 1 0 2)、及びその路面反力 Fr に応じた操舵反力 F_h をステアリングに付与するための操舵反力指令 Iq^* の演算を実行する(ステップ 1 0 3)。

【 0 0 3 8 】

次に、マイコン 2 6 は、第 1 E C U 2 3 側から入力されるアクティブ転舵信号 Sa が「

50

ON」であるか否か、即ち上記アクティブ転舵制御が「オン」であるか否かを判定する（ステップ104）。そして、その判定が「オン」である場合（ $S_a = ON$ 、ステップ104：YES）には、続いて操舵反力波動制御が実行されているか否か、即ち既に実行中であるか否かを判定する（ステップ105）。尚、実行中であるか否かの判定は、後述する実行フラグがセットされているか否かにより行われる。そして、マイコン26は、このステップ105において、実行中ではない、即ち操舵反力波動制御の開始時であると判定した場合（ステップ105：NO）には、実行フラグをセットし（ステップ106）、その時点の操舵反力指令 I_{q^*} を保持値、即ち保持操舵反力指令 $I_{q_s^*}$ として記憶する（ステップ107）。尚、上記ステップ105において、既に実行中であると判定した場合（ステップ105：YES）には、マイコン26は、上記ステップ106、107の処理を実行することなく、以下に示すステップ108以降の処理を実行する。

10

【0039】

次に、マイコン26は、上記ステップ102において推定（検出）された路面反力 F_r 、詳しくはその微分値 \dot{F}_r に基づいて、波動成分として、その微分値 \dot{F}_r 、即ち路面反力 F_r の変化速度に応じた振幅 A 及び周波数 f を有する波動制御量 $I_{q_w^*}$ を演算する（ステップ108）。そして、この波動制御量 $I_{q_w^*}$ を上記ステップ107において記憶された保持値（操舵反力指令 I_{q^*} ）に重畳し（ステップ109）、その重畳された波動値（波動操舵反力指令 $I_{q_s^{**}}$ ）に基づくモータ制御信号を駆動回路28へと出力する（ステップ110）。

【0040】

20

一方、上記ステップ104において、ステップ104における判定が「オフ」であると判定した場合（ $S_a = OFF$ 、ステップ104：NO）、マイコン26は、続いて実行中であるか否かを判定する（ステップ111）。そして、このステップ111において、実行中であると判定した場合（ステップ111：YES）には、実行フラグをリセットし（ステップ112）、上記ステップ103において演算された操舵反力指令 I_{q^*} 、即ち現在の路面反力 F_r が反映された現在値に基づくモータ制御信号を駆動回路28に出力する（ステップ113）。尚、上記ステップ111において、実行中ではないと判定した場合（ステップ111：NO）には、上記ステップ112を実行することなく、ステップ113において、現在値（操舵反力指令 I_{q^*} ）に基づくモータ制御信号を駆動回路28に出力する。

30

【0041】

こうした上記一連の処理によって、通常時（非アクティブ転舵制御時）には、操舵反力指令演算部41の出力する操舵反力指令 I_{q^*} に基づく駆動電力がモータ18に供給され、これにより、現在の路面反力 F_r が反映された操舵反力 F_h がステアリング2に付与される。また、アクティブ転舵制御時には、操舵反力指令保持部47の出力する保持操舵反力指令 $I_{q_s^*}$ に波動制御量演算部48の出力する波動制御量 $I_{q_w^*}$ が重畳された波動操舵反力指令 $I_{q_s^{**}}$ に基づく駆動電力がモータ18に供給される。そして、これにより同アクティブ転舵制御の開始時点の値に所定の波動成分が重畳された値を有する操舵反力 F_h がステアリング2に付与されるようになっている。

【0042】

40

以上、本実施形態によれば、以下のような特徴を得ることができる。

(1) 制御装置20は、アクティブ転舵制御時には、ステアリング2に付与する操舵反力 F_h の値を、その開始時の値（保持値 F_0 ）に所定の波動成分を重畳した値とすべく反力アクチュエータ17の作動を制御する（操舵反力波動制御）。このような構成とすれば、アクティブ転舵制御時に発生する操舵角 δ と対応しない路面反力 F_r に基づく操舵反力 F_h の変動を排除して良好な操舵フィーリングを確保することができる。また、波動成分の重畳によってステアリングが揺動することにより、同アクティブ転舵制御の実行中であることをより確実に運転者に知らせることができる。従って、例えば、カウンタステア時等、アクティブ転舵制御によって、車両が運転者の想定と異なる挙動を示すような場合であっても、運転者は、その挙動がアクティブ転舵制御によるものであることを認識する

50

ことができ、これにより、アクティブ転舵制御と逆行するステアリング操作の発生を未然に防止することができる。その結果、こうしたアクティブ転舵制御と逆行するステアリング操作によるアクティブ転舵制御の有効性低下やアクティブ転舵制御の終了遅れ等を効果的に抑制することができるようになる。

【 0 0 4 3 】

(2) 波動制御量演算部 4 8 は、入力される路面反力 F_r の微分値 \dot{F}_r 、即ち検出される路面反力 F_r の変化速度に応じて、その出力する波動成分としての波動制御量 $I_{q_w^*}$ の振幅 A 及び周波数 f を変更する。このような構成とすれば、実行中のアクティブ転舵制御の状態を、効果的に運転者に告知することができ、運転者にさらなる安心感を与えることが可能になる。特に、本実施形態では、波動制御量演算部 4 8 は、検出される路面反力 F_r の変化速度 (路面反力 F_r の微分値 \dot{F}_r) が大きいほど、振幅 A が小さく周波数 f の高い波動制御量 $I_{q_w^*}$ を出力し、路面反力 F_r の変化速度 (路面反力 F_r の微分値 \dot{F}_r) が小さいほど、振幅 A が大きく周波数 f の低い波動制御量 $I_{q_w^*}$ を出力する。従って、アクティブ制御量が大きな場合には、振幅 A が小さく周波数 f が高くなるため、それによってステアリングがとられることもない。

10

【 0 0 4 4 】

なお、本実施形態は以下のように変更してもよい。

・本実施形態では、制御手段としての制御装置 2 0 は、転舵アクチュエータ 8 を制御するための第 1 E C U 2 3 と、反力アクチュエータ 1 7 を制御するための第 2 E C U 2 4 とを備えることとした。しかし、これに限らず、転舵アクチュエータ 8 及び反力アクチュエータ 1 7 を制御する制御手段は、第 1 E C U 2 3 及び第 2 E C U 2 4 に相当するものが各々別体に設けられた構成であってもよい。

20

【 0 0 4 5 】

・本実施形態では、制御装置 2 0 は、検出された操舵角 δ 、車速 V 及び変位量 X に基づいて、転舵輪 4 の転舵角 θ を変更すべく転舵アクチュエータ 8 の作動を制御することとした。しかし、これに限らず、転舵アクチュエータ 8 は、少なくとも操舵角 δ に基づいて制御されるものであればよい。また、制御装置 2 0 は、操舵トルク T 及び車速 V (並びに路面反力 F_r) に基づいて、操舵反力を付与すべく反力アクチュエータ 1 7 の作動を制御することとしたが、路面反力 F_r に応じた操舵反力を付与可能なものであれば、路面反力 F_r 以外のパラメータは、操舵トルク T 及び車速 V に限るものではない。

30

【 0 0 4 6 】

・本実施形態では、路面反力推定演算部 4 3 は、変位量センサ 2 2 により検出された変位量 X 及び転舵アクチュエータ 8 の駆動源であるモータ 1 3 の実電流値に基づいて転舵軸 1 2 に作用する軸力を演算し、その軸力を転舵輪 4 に作用する路面反力 F_r と推定することとした。しかし、これに限らず、路面反力 F_r の推定には、位置制御演算部 3 2 により算出された位置制御量 X_c を用いる構成としてもよい。

【 0 0 4 7 】

・また、制御装置 2 0 は、推定された路面反力 F_r を用いて反力アクチュエータの作動を制御することとしたが、路面反力 F_r は、歪みゲージ等を用いて転舵軸 1 2 に作用する軸力を検出する等、路面反力 F_r を直接的に検出する構成としてもよい。

40

【 0 0 4 8 】

・また、変位量 X は、必ずしも変位量センサ 2 2 により検出することはなく、回転角センサ 3 5 により検出されるモータ 1 3 の回転角から推定する構成としてもよい。

・本実施形態では、波動制御量演算部 4 8 は、検出される路面反力 F_r の変化速度 (路面反力 F_r の微分値 \dot{F}_r) が大きいほど、振幅 A が小さく周波数 f の高い波動制御量 $I_{q_w^*}$ を出力し、路面反力 F_r の変化速度 (路面反力 F_r の微分値 \dot{F}_r) が小さいほど、振幅 A が大きく周波数 f の低い波動制御量 $I_{q_w^*}$ を出力することとした。しかし、これに限らず、路面反力 F_r の変化速度に応じて振幅 A 又は周波数 f の一方を変更する構成としてもよい。即ち振幅 A 又は周波数 f の少なくとも何れかを変更する構成であってもよい。また、路面反力 F_r の変化速度が大きいほど振幅 A を大きくする、或いは周波数 f を低くする

50

等、その変更する形態はどのようなものであってもよい。

【0049】

・本実施形態では、振幅 A の変更幅を約 0.2 ~ 0.5 Nm とし、周波数 f の変更幅を約 5 ~ 20 Hz とした。しかし、これに限らず、周波数 f の変更幅を 100 Hz 程度まで拡張する等、これら振幅 A 又は周波数 f の変更幅は、任意に設定してもよい。

【0050】

・本実施形態では、本発明を所謂ステアバイワイヤ式の車両用操舵装置に具体化したのが、これに限らず、反力アクチュエータを備えたものであれば、ステアリングと転舵輪が機械的に連結されたもの、例えば、伝達比可変装置付きの車両用操舵装置等に具体化してもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】ステアリング装置の概略構成図。

【図2】ステアリング装置の制御ブロック図。

【図3】アクティブ転舵制御時に路面反力を反映させた場合の操舵反力の変化を示す波形図。

【図4】操舵反力波動制御を行った場合の操舵反力の変化を示す波形図。

【図5】波動成分として重畳される波動制御量の波形図。

【図6】(a)(b)マップの概略構成図。

【図7】操舵反力波動制御の処理手順を示すフローチャート。

20

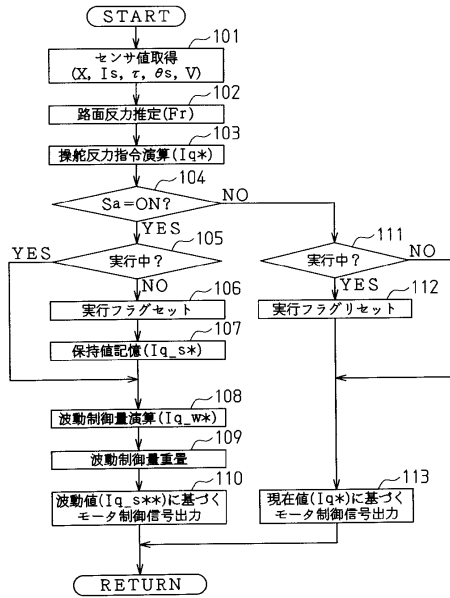
【符号の説明】

【0052】

1 ... ステアリング装置、2 ... ステアリング(ハンドル)、3 ... 操舵機構、4 ... 転舵輪、5 ... 転舵機構、6 ... ステアリングシャフト、7 ... 操舵角センサ、8 ... 転舵アクチュエータ、12 ... 転舵軸、16 ... トルクセンサ、17 ... 反力アクチュエータ、20 ... 制御装置、21 ... 車速センサ、22 ... 変位量センサ、23 ... 第1 ECU、24 ... 第2 ECU、25, 26 ... マイコン、31 ... 変位量指令演算部、50 ... 出力切替部、... 車両状態量、s ... 操舵角、t ... 転舵角、... 操舵トルク、V ... 車速、X ... 変位量、X* ... 変位量指令、Xn* ... 通常制御目標量、Xa* ... アクティブ制御目標量、... 位置制御量、Fr ... 路面反力、Fr ... 微分値、Fh ... 操舵反力、Sa ... アクティブ転舵信号、Iq* ... 操舵反力指令、Iqs* ... 保持操舵反力指令、Iqw* ... 波動制御量、Iqs** ... 波動操舵反力指令、A ... 振幅、f ... 周波数。

30

【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
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

(72)発明者 小川 省二
愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

(72)発明者 高野 寿男
愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

審査官 久保田 信也

(56)参考文献 特開2004-268659(JP,A)
特開平05-077751(JP,A)
特開2004-224238(JP,A)
特開2004-338501(JP,A)
特開2005-041308(JP,A)
特開2004-182008(JP,A)
特開2004-189119(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 6 2 D 6 / 0 0
B 6 2 D 5 / 0 4