

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5287871号
(P5287871)

(45) 発行日 平成25年9月11日(2013.9.11)

(24) 登録日 平成25年6月14日(2013.6.14)

(51) Int. Cl.	F 1
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04
B 6 O R 21/00 (2006.01)	B 6 O R 21/00 6 2 4 F
B 6 2 D 7/14 (2006.01)	B 6 2 D 7/14 A
B 6 2 D 101/00 (2006.01)	B 6 2 D 101:00

請求項の数 11 (全 28 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-543741 (P2010-543741)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(86) (22) 出願日	平成20年12月26日(2008.12.26)	(74) 代理人	100104765 弁理士 江上 達夫
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/073829	(74) 代理人	100099645 弁理士 山本 晃司
(87) 国際公開番号	W02010/073400	(74) 代理人	100107331 弁理士 中村 聡延
(87) 国際公開日	平成22年7月1日(2010.7.1)	(72) 発明者	リムピバンテン・ティーラワット 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成23年6月21日(2011.6.21)	(72) 発明者	小城 隆博 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の走行支援装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステアリングホイールを介して操舵入力軸に付与される操舵トルクを補助可能な操舵トルク補助手段と、

操舵輪と連結された操舵出力軸を前記操舵入力軸に対し相対回転させることにより前記操舵入力軸の回転角たる操舵角と前記操舵輪の回転角たる舵角との関係を変化させることが可能な舵角可変手段と

を備えた車両の走行支援装置であって、

前記車両を目標走行路に追従させるための、前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち一方に対応する第1制御目標値を設定する第1設定手段と、

前記設定された第1制御目標値に基づいて前記一方を制御する第1制御手段と、

前記一方の制御により前記車両を前記目標走行路に追従させるに際し生じる前記車両の挙動変化が抑制されるように前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち他方に対応する第2制御目標値を設定する第2設定手段と、

前記設定された第2制御目標値に基づいて前記他方を制御する第2制御手段とを具備し、

前記第1設定手段は、前記第1制御目標値として目標補助トルクを設定し、

前記第1制御手段は、該設定された目標補助トルクに基づいて前記操舵トルク補助手段を制御し、

前記第2設定手段は、前記第2制御目標値として、前記目標走行路に対する追従がなさ

れない時と較べて減少するように前記操舵角に対する前記操舵出力軸の回転角を規定する操舵伝達比を設定し、

前記第2制御手段は、該設定された操舵伝達比に基づいて前記舵角可変手段を制御することを特徴とする車両の走行支援装置。

【請求項2】

前記第1設定手段は、前記第1制御目標値として目標補助トルクを設定し、

前記第1制御手段は、該設定された目標補助トルクに基づいて前記操舵トルク補助手段を制御し、

前記第2設定手段は、前記第2制御目標値として、前記車両を前記目標走行路に追従させるのに要する前記操舵角が減少するように前記操舵入力軸に対する前記操舵出力軸の目標相対回転角を設定し、

前記第2制御手段は、該設定された目標相対回転角に基づいて前記舵角可変手段を制御する

ことを特徴とする請求項1に記載の車両の走行支援装置。

【請求項3】

前記第2設定手段は、前記車両の走行条件に応じて前記目標相対回転角を設定する

ことを特徴とする請求項2に記載の車両の走行支援装置。

【請求項4】

前記第2設定手段は、前記目標走行路の曲率が大きい程前記操舵角の減少量が減少するように、前記目標相対回転角を設定する

ことを特徴とする請求項3に記載の車両の走行支援装置。

【請求項5】

前記第2設定手段は、前記車両の速度が高い程前記操舵角の減少量が減少するように、前記目標相対回転角を設定する

ことを特徴とする請求項3に記載の車両の走行支援装置。

【請求項6】

ステアリングホイールを介して操舵入力軸に付与される操舵トルクを補助可能な操舵トルク補助手段と、

操舵輪と連結された操舵出力軸を前記操舵入力軸に対し相対回転させることにより前記操舵入力軸の回転角たる操舵角と前記操舵輪の回転角たる舵角との関係を変化させることが可能な舵角可変手段と

を備えた車両の走行支援装置であって、

前記車両を目標走行路に追従させるための、前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち一方に対応する第1制御目標値を設定する第1設定手段と、

前記設定された第1制御目標値に基づいて前記一方を制御する第1制御手段と、

前記一方の制御により前記車両を前記目標走行路に追従させるに際し生じる前記車両の挙動変化が抑制されるように前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち他方に対応する第2制御目標値を設定する第2設定手段と、

前記設定された第2制御目標値に基づいて前記他方を制御する第2制御手段と

を具備し、

前記第1設定手段は、前記第1制御目標値として、目標舵角を設定し、且つ前記目標走行路に対する追従がなされない時と較べて減少するように前記操舵角に対する前記操舵出力軸の回転角を規定する操舵伝達比を設定し、

前記第1制御手段は、該設定された目標舵角及び操舵伝達比に基づいて前記舵角可変手段を制御し、

前記第2設定手段は、前記第2制御目標値として、前記目標舵角に基づいた舵角可変手段の制御に伴って前記ステアリングホイールに加わる反力トルクが相殺されるように目標補助トルクを設定し、

前記第2制御手段は、該設定された目標補助トルクに基づいて前記操舵トルク補助手段を制御する

10

20

30

40

50

ことを特徴とする車両の走行支援装置。

【請求項 7】

前記操舵輪は、操舵出力軸を介して前記操舵入力軸に連結された前輪であり、

前記第 2 設定手段は、前記操舵出力軸の運動に起因する第 1 部分反力トルク、前記操舵トルク補助手段の運動に起因する第 2 部分反力トルク及び前記操舵輪からの軸力に起因する第 3 部分反力トルクのうち少なくとも一部が相殺されるように前記目標補助トルクを設定する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の車両の走行支援装置。

【請求項 8】

前記第 2 設定手段は、前記第 1 部分反力トルクに対応する目標補助トルクを、(1) 前記操舵輪の角加速度と同一の符合を有し且つ前記操舵出力軸の慣性の影響を補正する第 1 慣性補正項、(2) 前記操舵輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵出力軸の粘性の影響を補正する第 1 粘性補正項、及び(3) 前記操舵輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵出力軸の摩擦の影響を補正する第 1 摩擦補正項を含むように設定する

ことを特徴とする請求項 7 に記載の車両の走行支援装置。

【請求項 9】

前記第 2 設定手段は、前記第 2 部分反力トルクに対応する目標補助トルクを、(1) 前記操舵輪の角加速度と同一の符合を有し且つ前記操舵トルク補助手段の慣性の影響を補正する第 2 慣性補正項、(2) 前記操舵輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵トルク補助手段の粘性の影響を補正する第 2 粘性補正項、及び(3) 前記操舵輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵トルク補助手段の摩擦の影響を補正する第 2 摩擦補正項を含むように設定する

ことを特徴とする請求項 7 に記載の車両の走行支援装置。

【請求項 10】

前記第 2 設定手段は、前記第 3 部分反力トルクに対応する目標補助トルクを、前記軸力の応答遅延を考慮し且つ前記舵角と同一の符合を有するように設定する

ことを特徴とする請求項 7 に記載の車両の走行支援装置。

【請求項 11】

前記操舵輪は、前記操舵入力軸に連結されない後輪であり、

前記第 2 設定手段は、前記軸力の応答遅延を考慮し前記操舵輪からの軸力に起因する反力トルクが相殺されるように前記舵角と異なる符合を有する前記目標補助トルクを設定する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の車両の走行支援装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば E P S (Electronic controlled Power Steering : 電子制御式パワーステアリング装置)、V G R S (Variable Gear Ratio Steering : 可変ギア比ステアリング装置)、A R S (Active Rear Steering : 後輪操舵装置) 又は S B W (Steer By Wire : 電子制御舵角可変装置) 等の各種操舵機構を備えた車両における、例えば L K A (Lean Keep Assist : レーンキープアシスト) 等の走行支援装置の技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

この種の装置として、電動式パワーステアリング装置と転舵角可変装置とを使用してレーンキープ走行を行わしめるものが提案されている(例えば、特許文献 1 参照)。特許文献 1 に開示された車両の操舵制御装置(以下、「従来の技術」と称する)によれば、レーンキープ走行時、曲率半径に基づく目標舵角が得られるように電動式パワーステアリング装置を制御すると共に走行路に対する車両の横方向位置やヨー角のずれを転舵角可変装置によって制御することにより、車両を目標走行経路に沿って良好に走行させることが可能であるとされている。

10

20

30

40

50

【0003】

尚、車両を目標走行経路に沿って走行させるための目標転舵角 t_1 と、車両の挙動を規範状態に近づけるための目標転舵角 t_s とに基づいて目標転舵角 t を設定するものが公知である（例えば、特許文献2参照）。

【0004】

また、ヨー角が大きくなる程、目標可変転舵角を補正する補正量を大きくするものが公知である（例えば、特許文献3参照）。

【0005】

【特許文献1】特開2007-160998号公報

【特許文献2】特開2006-143101号公報

【特許文献3】特開2008-137612号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

操舵輪に直接的に又は間接的に何某かの駆動力を付与することによって舵角を変化させ目標路への追従を図るに際しては、操舵輪を含む操舵系からの反力がステアリングホイールに作用し、極端な場合にはステアリングホイールが逆操舵されることがある。また、ドライバが与える操舵トルクを補助する補助トルクを操舵系に付与することによって舵角を変化させ得る構成においては、ステアリングホイールはドライバの意思とは無関係に操作されることになるため、高い確率でドライバが違和感を覚え得る。即ち、目標路に対する追従を単一の操舵機構により実現することは一般的に困難である。

【0007】

一方、上記従来の技術では、電動式パワーステアリング装置及び舵角可変装置といった複数の操舵機構が使用されているものの、単に各機構が独立してレーンキープに係る制御の一部を負担しているに過ぎないため、例えば電動式パワーステアリング装置により曲率半径に基づく目標舵角を実現しようとした場合には上記違和感の発生が避けられず、また舵角可変装置により横方向位置やヨー角のずれを制御しようとした場合には、ステアリングホイールに対する反力の影響が車両の挙動に影響を与え得る。

【0008】

尚、上記違和感の発生に関し補足すれば、この種の違和感は、ドライバの不要な操舵操作を招来する可能性が高いから、車両の挙動の不安定化を招き得る。また、例えば上記舵角可変装置等を利用して単位操舵角当たりの舵角を大きくした場合、相対的に目標舵角を得るのに要する操舵角を減少側に補正することが可能となり得るが、このように単位操舵角当たりの舵角を大きくしてしまうと、ドライバの意思によりなされる操舵操作に対して舵角が大きく変化して車両の口バスト性が低下するから、結局は車両の挙動の不安定化を招き得る。このように、従来の技術には、車両を目標走行路に追従させるに際して車両の挙動が不安定になりかねないという技術的な問題点がある。

【0009】

本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたものであり、車両挙動の不安定化を招くことなく車両を目標走行路に追従させ得る車両の走行支援装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した課題を解決するため、本発明に係る車両の走行支援装置は、ステアリングホイールを介して操舵入力軸に付与される操舵トルクを補助可能な操舵トルク補助手段と、操舵輪と連結された操舵出力軸を前記操舵入力軸に対し相対回転させることにより前記操舵入力軸の回転角たる操舵角と前記操舵輪の回転角たる舵角との関係を変化させることが可能な舵角可変手段とを備えた車両の走行支援装置であって、前記車両を目標走行路に追従させるための、前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち一方に対応する第1制御目標値を設定する第1設定手段と、前記設定された第1制御目標値に基づいて前記一方

10

20

30

40

50

を制御する第1制御手段と、前記一方の制御により前記車両を前記目標走行路に追従させるに際し生じる前記車両の挙動変化が抑制されるように前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち他方に対応する第2制御目標値を設定する第2設定手段と、前記設定された第2制御目標値に基づいて前記他方を制御する第2制御手段とを具備し、前記第1設定手段は、前記第1制御目標値として目標補助トルクを設定し、前記第1制御手段は、該設定された目標補助トルクに基づいて前記操舵トルク補助手段を制御し、前記第2設定手段は、前記第2制御目標値として、前記目標走行路に対する追従がなされない時と較べて減少するように前記操舵角に対する前記操舵出力軸の回転角を規定する操舵伝達比を設定し、前記第2制御手段は、該設定された操舵伝達比に基づいて前記舵角可変手段を制御することを特徴とする。

10

【0011】

本発明に係る車両には、操舵トルク補助手段と舵角可変手段とが少なくとも備わる。

【0012】

本発明に係る操舵トルク補助手段とは、ステアリングホイール（一般的に「ハンドル」とも称される）に直接的に又は間接的に連結される操舵入力軸に対しドライバから付与される人為的な操舵入力に相当するドライバ操舵トルクを補助可能な手段を包括する概念である。この際、操舵トルク補助手段におけるドライバ操舵トルクの補助態様は、直接的及び間接的の別を問わず、また少なくとも設置スペース、コスト、耐久性或いは信頼性等に基づいた実質的な制約（そのような制約が存在するとして）の範囲内において自由であってよい趣旨である。

20

【0013】

即ち、操舵トルク補助手段は、操舵入力軸に対し操舵トルクを直接補助する補助トルクを付与する構成を採ってもよいし、操舵入力軸に直接的に又は間接的に連結される操舵出力軸にこの種の補助トルクを付与する構成を有してもよいし、操舵系がラック&ピニオン式の操舵伝達機構を採用する場合において、ラックバーと噛合するピニオンギアの回転を補助する補助トルクを付与可能な構成を有してもよいし、或いはラックバーに対し当該ラックバーの往復運動を補助する駆動力を付与可能に構成されてもよい。操舵トルク補助手段によれば、各種伝達機構及び各種軸体等を含む物理的或いは機械的な伝達経路を経由して、最終的には操舵入力軸に対し操舵トルクが付与される形となるため、ドライバの操舵負担を軽減することも、またドライバに代わってステアリングホイールを保舵することも、或いはドライバの操舵操作とは無関係に操舵入力軸を回転させることも可能である。

30

【0014】

一方、本発明に係る舵角可変手段は、操舵入力軸の回転角たる操舵角と操舵輪の回転角たる舵角との関係を、操舵入力軸に対し操舵出力軸をモータ等の駆動手段から供給されるモータトルク等の駆動力により相対回転させることによって、段階的に又は連続的に可変とし得る物理的、機械的、電気的又は磁気的な各種装置を包括する概念である。即ち、舵角可変手段によれば、操舵角と舵角との関係が一義的に規定されず、例えば操舵角と舵角との比を変化させることが可能となる。或いは、操舵角に無関係に舵角を変化させることが可能となる。舵角可変手段は、例えば、好適な一形態としてVGRS等として構成されてもよい。

40

このような舵角可変手段の構成によれば、操舵角に対する操舵出力軸の回転角を規定する操舵伝達比（即ち、操舵伝達比の大小は、一の操舵角に対する舵角の大小に夫々対応する）が、比較的自由的な範囲で制御可能となる。

【0015】

本発明に係る車両の走行支援装置によれば、その動作時には、例えばECU（Electronic Control Unit：電子制御ユニット）等の各種処理ユニット、各種コントローラ或いはマイコン装置等各種コンピュータシステム等の形態を採り得る第1設定手段により第1制御目標値が設定される。

【0016】

第1制御目標値は、操舵トルク補助手段及び舵角可変手段のうち一方に対応する制御目

50

標値であって、車両を目標走行路に追従させるための制御目標値であり、その設定に際しては、公知の各種アルゴリズムを適用可能である。例えば、車載カメラ等により撮像された目標走行路の画像に基づいて、目標走行路の曲率、目標走行路を規定する白線等と車両との位置偏差及びヨー偏差等が算出又は推定され、それらに基づいて目標走行路に対し車両を追従させるための目標横加速度が算出又は推定される等した後に、これら算出又は推定された目標横加速度に基づいて、例えば操舵トルク補助手段から出力すべき補助トルクの目標値としての目標補助トルク、或いは舵角可変手段により実現すべき舵角変化量の目標値としての目標舵角等として、第1制御目標値が設定されてもよい。

【0017】

第1制御目標値が設定されると、例えばECU等の各種処理ユニット、各種コントローラ或いはマイコン装置等各種コンピュータシステム等の形態を採り得る第1制御手段により、この設定された第1制御目標値に基づいて、この設定された第1制御目標値に対応する一方が制御される。即ち、本発明に係る車両の走行支援装置によれば、操舵トルク補助手段と舵角可変手段とのうち一方が、目標走行路に対し車両を追従させるための主たるシステム（以下、適宜「メインシステム」と称する）として機能する。

10

【0018】

ここで、この種のメインシステムとして操舵トルク補助手段を使用するにせよ舵角可変手段を使用するにせよ、目標走行路への追従に際しては、先述したように違和感の発生やロバスト性の低下等に起因して車両挙動が不安定となり易い。

【0019】

20

そこで、本発明に係る車両の走行支援装置によれば、上記一方に対応する他方が、この種の車両挙動の不安定化を抑制する抑制手段として、上記一方と協調的に制御される。即ち、本発明に係る車両の走行支援装置によれば、その動作時には、例えばECU等の各種処理ユニット、各種コントローラ或いはマイコン装置等各種コンピュータシステム等の形態を採り得る第2設定手段により、上記一方の制御により車両を目標走行路に追従させるに際し生じる車両の挙動変化が抑制されるように他方に対応する第2制御目標値が設定される。更に、第2制御目標値が設定されると、例えばECU等の各種処理ユニット、各種コントローラ或いはマイコン装置等各種コンピュータシステム等の形態を採り得る第2制御手段により、この設定された第2制御目標値に基づいて他方が制御される。

【0020】

30

このため、本発明に係る車両の走行支援装置によれば、操舵トルク補助手段と舵角可変手段とのうちいずれをメインシステムとして使用しても、目標走行路への追従が図られるに際して生じ得る車両の挙動変化が、抑制手段として作用する他方の制御により緩和され、理想的には相殺される。即ち、車両を目標走行路に追従させるに際して車両の挙動を安定させることが可能となるのである。

【0021】

ここで特に、本発明に係る車両の走行支援装置は、操舵トルク補助手段と舵角可変手段とをこの種の車両挙動の安定化を図るべく相互に協調して作動させる点において、公知である如何なる技術思想に対しても顕著に有利である。即ち、この種の技術思想を有さない旧来の技術思想の範疇では、操舵トルク補助手段を含め舵角の制御を可能とする手段が複数存在しようが、一の手段が作動することにより車両挙動に及ぼされる影響を想定していないことに起因して、例え一の手段が作動することにより直接的に生じる一次的な影響（例えば、上述した、ドライバの意思と無関係なステアリング操作の発生）を抑制し得たとしても（例えば、この場合、操舵角に対する舵角の変化量を大きくする等）、それによって二次的な或いは更に多次的な車両挙動の不安定化（例えば、ドライバの操舵入力に対する舵角の変化量が大きくなることによる車両挙動のロバスト性の低下）が生じ得る。即ち、結局のところ車両の挙動を何ら改善することができないのである。

40

【0024】

ここで、本発明に係る車両の走行支援装置によれば、操舵トルク補助手段をメインシステムとして目標走行路に対する追従が図られるに際して、第2設定手段により、第2制御

50

目標値の少なくとも一部として、上述した操舵伝達比が、目標走行路に対する非追従時と較べて減少側で設定される。

【0025】

即ち、本発明に係る車両の走行支援装置によれば、係る非追従時と較べて、操舵角に対する操舵出力軸の回転角（一義的に舵角である）の変化の度合いが小さくなるため、目標走行路に対し車両を追従させている期間中に、ステアリングホイールに対しドライバが然るべき理由を伴って（例えば、緊急回避又は緊急操作等）操舵入力を与えられたとしても、或いは不可抗力等によりドライバの意思と無関係に操舵入力となされたとしても、舵角に与える影響が相対的に緩和される。即ち、車両挙動を相対的に安定たらしめることが可能となるのである。

10

【0026】

本発明に係る車両の走行支援装置の一の態様では、前記第1設定手段は、前記第1制御目標値として目標補助トルクを設定し、前記第1制御手段は、該設定された目標補助トルクに基づいて前記操舵トルク補助手段を制御し、前記第2設定手段は、前記第2制御目標値として、前記車両を前記目標走行路に追従させるのに要する前記操舵角が減少するように前記操舵入力軸に対する前記操舵出力軸の目標相対回転角を設定し、前記第2制御手段は、該設定された目標相対回転角に基づいて前記舵角可変手段を制御する。

【0027】

操舵入力軸に対し操舵出力軸をモータ等の駆動手段から供給されるモータトルク等の駆動力により相対回転させることによって、操舵角と舵角との関係を変化させることが可能な、例えばVGRS等の形態を採り得る舵角可変手段の構成によれば、上述したように操舵角に対する操舵出力軸の回転角を規定する操舵伝達比（即ち、操舵伝達比の大小は、一の操舵角に対する舵角の大小に夫々対応する）が比較的自由的な範囲で制御可能となることに加えて、この種の操舵伝達比とは無関係に操舵出力軸を回転させることもまた可能である。即ち、操舵角の変化を伴う操舵入力無くとも、舵角を変化させることが可能である。

20

【0028】

この態様によれば、第2設定手段は、第2制御目標値として、車両を目標走行路に追従させるのに要する操舵角が減少するように操舵出力軸の目標相対回転角を設定し、この設定された目標相対回転角に基づいて第2制御手段により舵角可変手段が制御される。その結果、操舵出力軸は操舵入力軸に対し、この目標相対回転角に相当する分だけ相対回転する。

30

【0029】

ここで、操舵出力軸は、操舵入力軸に対して相対回転するに過ぎず、操舵出力軸が第2制御手段により回転駆動される際に、操舵入力軸に対する動力伝達は生じない。従って、この態様によれば、操舵トルク補助手段による補助トルク等の付与によって目標走行路への追従が図られる期間における操舵角の変化が抑制される。即ち、ドライバ側から見た場合に、操舵操作を伴わないにもかかわらずステアリングホイールが操作されるといった違和感が好適に緩和される。この種の違和感の緩和は、ドライバの心理負担を緩和させるため、ドライバによる不要な操舵操作の発生を抑制する。即ち、結果的に車両の挙動を安定させることが可能となるのである。

40

【0030】

ここで特に、第2設定手段が、第2制御目標値として、この種の目標相対回転角に加えて、上述した操舵伝達比の設定（非追従時に対する減少側での設定）を行った場合、係る目標相対回転角の設定により操舵角を低減させつつ、ドライバの操舵入力が舵角変化に与える影響を低減することが可能となるため実践上極めて有益である。

【0031】

目標相対回転角が設定される本発明に係る車両の走行支援装置の一の態様では、前記第2設定手段は、前記車両の走行条件に応じて前記目標相対回転角を設定する。

【0032】

50

車両の運転条件や環境条件等を包括する概念としての走行条件が異なれば、操舵出力軸に必要とされる相対回転角もまた異なり得る。この態様によれば、車両の走行条件に応じて目標相対回転角が設定されるため、操舵出力軸の相対回転が場合によりかえって車両の挙動を不安定化させるといった懸念を払拭することが可能となる。この種の走行条件の選定及びそれに応じた目標相対回転角の設定に係る実践的な態様は、例えば、予め実験的に、経験的に、理論的に又はシミュレーション等に基づいて、運動力学的見地或いは人間工学的見地から、車両挙動を何らこの種の配慮がなされない場合と較べて幾らかなり安定化させ得るように適宜定められてよい趣旨である。

【 0 0 3 3 】

尚、この態様では、前記第 2 設定手段は、前記目標走行路の曲率が大きい程前記操舵角の減少量が減少するように、前記目標相対回転角を設定してもよい。

10

【 0 0 3 4 】

ドライバ側の視点に立てば、目標走行路の曲率（即ち、目標走行路の仮想半径の逆数であり、大きい程目標走行が急激に湾曲していることを意味する）が大きい程、ステアリングホイールの操作量は大きくなる方が自然であり、例えば操舵角がゼロであるにもかかわらず車両が旋回したのでは、違和感の発生は避け難い。このように、目標走行路の曲率に応じて目標相対回転角が設定されることにより、ドライバに違和感を覚えさせることなく目標走行路への追従をより高精度に行なうことが可能となる。

【 0 0 3 5 】

また、この態様では、前記第 2 設定手段は、前記車両の速度が高い程前記操舵角の減少量が減少するように、前記目標相対回転角を設定してもよい。

20

【 0 0 3 6 】

車両の速度（以下、適宜「車速」と称する）が高ければ、単位操舵角当たりの横加速度は大きくなる。従って、車速に対し操舵角の減少量を固定すると、例えば高車速領域において車両が目標走行路を逸脱し、実操舵方向が必要とされる操舵方向と逆になりかねない。或いはこのような高車速領域における不具合を回避すれば、低車速領域において目標走行路への追従速度が低下しかねない。即ち、いずれにせよ車両挙動の安定化が妨げられる。従って、このように、車速に応じて目標相対回転角が設定されることにより、車両挙動の不安定化を抑制しつつ目標走行路への追従を高精度に行うことが可能となる。

【 0 0 3 7 】

上述した課題を解決するため、本発明に係る他の車両の走行支援装置は、ステアリングホイールを介して操舵入力軸に付与される操舵トルクを補助可能な操舵トルク補助手段と、

30

操舵輪と連結された操舵出力軸を前記操舵入力軸に対し相対回転させることにより前記操舵入力軸の回転角たる操舵角と前記操舵輪の回転角たる舵角との関係を変化させることが可能な舵角可変手段とを備えた車両の走行支援装置であって、前記車両を目標走行路に追従させるための、前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち一方に対応する第 1 制御目標値を設定する第 1 設定手段と、前記設定された第 1 制御目標値に基づいて前記一方を制御する第 1 制御手段と、前記一方の制御により前記車両を前記目標走行路に追従させるに際し生じる前記車両の挙動変化が抑制されるように前記操舵トルク補助手段及び前記舵角可変手段のうち他方に対応する第 2 制御目標値を設定する第 2 設定手段と、前記設定された第 2 制御目標値に基づいて前記他方を制御する第 2 制御手段とを具備し、前記第 1 設定手段は、前記第 1 制御目標値として、目標舵角を設定し、且つ前記目標走行路に対する追従がなされない時と較べて減少するように前記操舵角に対する前記操舵出力軸の回転角を規定する操舵伝達比を設定し、前記第 1 制御手段は、該設定された目標舵角及び操舵伝達比に基づいて前記舵角可変手段を制御し、前記第 2 設定手段は、前記第 2 制御目標値として、前記目標舵角に基づいた舵角可変手段の制御に伴って前記ステアリングホイールに加わる反力トルクが相殺されるように目標補助トルクを設定し、前記第 2 制御手段は、該設定された目標補助トルクに基づいて前記操舵トルク補助手段を制御することを特徴とする。

40

【 0 0 3 8 】

50

本発明の他の車両の走行支援装置によれば、上述した本発明の車両の走行支援装置の構成において、第1制御目標値として、車両を目標走行路へ追従させるための目標舵角が設定され、且つ目標走行路に対する追従がなされない時と較べて減少するように操舵伝達比が設定され、係る設定された目標舵角及び操舵伝達比に基づいて舵角可変手段が制御される。即ち、上述した本発明の車両の走行支援装置とは逆に、舵角可変手段がメインシステムとして機能し、目標走行路への追従が図られる。

【0039】

ここで、舵角可変手段により舵角を変化させる場合、直接的にせよ間接的にせよ操舵輪に連結され得る操舵入力軸（尚、舵角可変手段の制御対象としての操舵輪が後輪である場合、好適には操舵入力軸は操舵輪に連結されないものの、好適には車両の通常の操舵を担い得る転舵輪としての前輪は、操舵入力軸と連結され得る）には、然るべき反力トルクが加わる。操舵入力軸側でこの反力トルクが負担されない場合、ステアリングホイールと比較すれば明らかに慣性重量及びフリクション等が大きい操舵系を支点として、ステアリングホイールがこの反力トルクにより逆方向に回転駆動される。この際、ドライバがステアリングホイールを保舵していれば、舵角可変手段の動作としては問題ないものの、ドライバは、車両の旋回方向と逆方向へ作用する反力トルクの影響により、例えば、左にハンドルを切っているにもかかわらず車両が右旋回している等といった、極めて不自然な操舵感を覚えることになる。

【0040】

そこで、この態様によれば、車両挙動の変動を抑制すべく作用する操舵トルク補助手段が、このステアリングホイールに加わる反力トルクを相殺すべく第2設定手段により設定される第2制御目標値としての目標補助トルクに基づいて駆動制御され、少なくとも何らかの種の反力トルクの補償制御がなされない場合と較べて、幾らかなりステアリングホイールに加わる反力トルクが低減される。或いは、理想的にはこの種の反力トルクが完全に相殺される。従って、少なくともドライバがステアリングホイールを保舵した際の違和感が軽減され、理想的には、ドライバが全く保舵を行わない、所謂手放し状態であっても車両を目標走行路へ追従させることが可能となる。また、この際、目標補助トルクは、あくまで目標走行路への追従に際して生じる反力トルクを軽減するのであり、ドライバが自身の意思でステアリングホイールを操作することにより生じる操舵トルクには何らの影響も及ばない。従って、操舵フィールの低下が生じることも無い。

【0041】

本発明に係る他の車両の走行支援装置の一の態様では、前記操舵輪は、操舵出力軸を介して前記操舵入力軸に連結された前輪であり、前記第2設定手段は、前記操舵出力軸の運動に起因する第1部分反力トルク、前記操舵トルク補助手段の運動に起因する第2部分反力トルク及び前記操舵輪からの軸力に起因する第3部分反力トルクのうち少なくとも一部が相殺されるように前記目標補助トルクを設定する。

【0042】

舵角可変手段が目標走行路への追従に係るメインシステムとして機能する場合において、舵角可変手段が舵角の制御対象とする操舵輪が、操舵出力軸を介して操舵入力軸に連結された前輪である場合、上述した反力トルクは、操舵出力軸の運動に起因する第1部分反力トルク、操舵トルク補助手段の運動に起因する第2部分反力トルク、及び前輪が路面と接触していることにより生じる軸力に起因する第3部分反力トルクにより規定され得る。

【0043】

従って、これらのうち少なくとも一部、望ましくは全てが相殺されるように目標補助トルクが設定されることにより、舵角可変手段により車両を目標走行路へ追従させるにあたってステアリングホイールへ加わる反力トルクのみを効果的に低減することが可能となり、車両挙動の安定化を図る上で実践上極めて有益である。

【0044】

尚、この態様では、前記第2設定手段は、前記第1部分反力トルクに対応する目標補助トルクを、(1)前記操舵輪の角加速度と同一の符合を有し且つ前記操舵出力軸の慣性の

10

20

30

40

50

影響を補正する第1慣性補正項、(2)前記操舵出力輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵出力軸の粘性の影響を補正する第1粘性補正項、及び(3)前記操舵輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵出力軸の摩擦の影響を補正する第1摩擦補正項を含むように設定してもよい。

【0045】

第1部分反力トルクは、主として操舵出力軸の慣性、粘性及び摩擦に基づいて規定され得る。従って、これらに基づいて第1部分反力トルクを相殺し得る目標補助トルクを正確に決定することが可能となる。

【0046】

また、この態様では、前記第2設定手段は、前記第2部分反力トルクに対応する目標補助トルクを、(1)前記操舵輪の角加速度と同一の符合を有し且つ前記操舵トルク補助手段の慣性の影響を補正する第2慣性補正項、(2)前記操舵輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵トルク補助手段の粘性の影響を補正する第2粘性補正項、及び(3)前記操舵輪の角速度と同一の符合を有し且つ前記操舵トルク補助手段の摩擦の影響を補正する第2摩擦補正項を含むように設定してもよい。

10

【0047】

第2部分反力トルクは、主として操舵トルク補助手段の慣性、粘性及び摩擦に基づいて規定され得る。従って、これらに基づいて第2部分反力トルクを相殺し得る目標補助トルクを正確に決定することが可能となる。

【0048】

更に、この態様では、前記第2設定手段は、前記第3部分反力トルクに対応する目標補助トルクを、前記軸力の応答遅延を考慮し且つ前記舵角と同一の符合を有するように設定してもよい。

20

【0049】

操舵輪の軸力が実際にステアリングホイールに反力トルクの一成分として伝達されるまでには、車両の走行条件や車両構造等に応じて定まり得る時間的な応答遅延が存在する。従って、係る応答遅延に基づいて第3部分反力トルクを相殺し得る目標補助トルクを正確に決定することが可能となる。

【0050】

本発明に係る他の車両の走行支援装置の他の態様では、前記操舵輪は、前記操舵入力軸に連結されない後輪であり、前記第2設定手段は、前記軸力の応答遅延を考慮し前記操舵輪からの軸力に起因する反力トルクが相殺されるように前記舵角と異なる符合を有する前記目標補助トルクを設定する。

30

【0051】

舵角可変手段が舵角の制御対象とする操舵輪が、操舵入力軸と機械的に連結されない後輪である場合(無論、前輪の舵角も、好適には少なくともドライバによる通常の操舵操作に応じて変化するが、この場合、目標走行路への車両の追従とは無関係である。但し、舵角可変手段の制御対象が前後輪いずれをも含む場合には、無論上述した前輪の軸力に対応する目標補助トルクが設定され得る)、車両の走行条件や車両構造等に応じて定まり得る時間的な応答遅延を考慮することにより、ステアリングホイールに作用する反力トルクを相殺し得る目標補助トルクを正確に決定することが可能となる。

40

【0052】

特に、このように後輪を制御対象とする舵角可変手段を目標走行路への追従に係るメインシステムとして使用した場合、操舵トルク補助手段からの補助トルク等の付与により相殺すべき反力トルクに、上述した操舵出力軸及び操舵トルク補助手段の運動に起因する成分は含まれない。従って、目標補助トルクの設定が比較的簡便に行われ得る。但し、前輪と後輪とでは、舵角の示す方向に対する軸力の作用方向が逆である。従って、この態様においては、舵角と異なる符合を有する補助トルクが付与されるように(即ち、右(左)転舵であれば補助トルクが左(右)回転方向に作用するように)目標補助トルクが設定される。

50

【 0 0 5 3 】

本発明のこのような作用及び他の利得は次に説明する実施形態から明らかにされる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 4 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に係る車両の構成を概念的に表してなる概略構成図である。

【 図 2 】 第 1 実施形態に係り、図 1 の車両においてなされる L K A 制御のフローチャートである。

【 図 3 】 第 1 実施形態に係り、目標横加速度 $G Y T G$ と L K A 基本目標角 $L K B$ との関係を表す模式図である。

10

【 図 4 】 第 1 実施形態に係り、曲率 R と調整ゲイン $K 2$ との関係を表す模式図である。

【 図 5 】 第 1 実施形態に係る E P S 制御のフローチャートである。

【 図 6 】 第 1 実施形態に係り、E P S 基本目標トルク $T B A S E$ とドライバ操舵トルク $M T$ との関係を表す模式図である。

【 図 7 】 第 1 実施形態に係る V G R S 制御のフローチャートである。

【 図 8 】 第 1 実施形態に係り、操舵伝達比 $K 1$ と車速 V との関係を表す模式図である。

【 図 9 】 本発明の第 2 実施形態に係る L K A 制御のフローチャートである。

【 図 1 0 】 第 2 実施形態に係り、L K A 用前輪目標舵角 $L K A_F R$ と目標横加速度 $G Y T G$ との関係を表す模式図である。

【 図 1 1 】 第 2 実施形態に係る V G R S 制御のフローチャートである。

20

【 図 1 2 】 第 2 実施形態に係り、慣性補正トルク $T 1$ と操舵輪の角加速度との関係を示す模式図である。

【 図 1 3 】 第 2 実施形態に係り、粘性補正トルク $T 2$ と操舵輪の角速度との関係を示す模式図である。

【 図 1 4 】 第 2 実施形態に係り、摩擦補正トルク $T 3$ と操舵輪の角加速度との関係を示す模式図である。

【 図 1 5 】 第 2 実施形態に係り、軸力補正トルク $T 4$ と L K A 用前輪目標舵角補正值 $f L K A_F R$ との関係を示す模式図である。

【 図 1 6 】 本発明の第 3 実施形態に係る車両 3 0 の基本的な構成を概念的に表してなる概略構成図である。

30

【 図 1 7 】 第 3 実施形態に係る L K A 制御のフローチャートである。

【 図 1 8 】 第 3 実施形態に係り、L K A 用後輪目標舵角 $L K A_R R$ と目標横加速度 $G Y T G$ との関係を表す模式図である。

【 図 1 9 】 第 3 実施形態に係り、軸力補正トルク $T 5$ と L K A 用後輪目標舵角補正值 $f L K A_R R$ との関係を示す模式図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

F L、F R ... 車輪、1 0 ... 車両、1 1 ... ステアリングホイール、1 2 ... アップーステアリングシャフト、1 3 ... ロアステアリングシャフト、1 4 ... ピニオンギア、1 6 ... 操舵トルクセンサ、1 7 ... 操舵角センサ、1 8 ... 回転角センサ、1 0 0 ... E C U、2 0 0 ... V G R S アクチュエータ、3 0 0 ... V G R S 駆動装置、4 0 0 ... E P S アクチュエータ、5 0 0 ... E P S 駆動装置。

40

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 5 6 】

以下、適宜図面を参照して本発明の車両の走行支援装置に係る各種実施形態について説明する。

< 第 1 実施形態 >

< 実施形態の構成 >

始めに、図 1 を参照して、本発明の第 1 実施形態に係る車両 1 0 の構成について説明する。ここに、図 1 は、車両 1 0 の基本的な構成を概念的に表してなる概略構成図である。

50

【0057】

図1において、車両10は、操舵輪として左右一対の前輪FL及びFRを備え、これら前輪が転舵することにより所望の方向に進行可能に構成されている。車両10は、ECU100、VGRSアクチュエータ200、VGRS駆動装置300、EPSアクチュエータ400及びEPS駆動装置500を備える。

【0058】

ECU100は、夫々不図示のCPU(Central Processing Unit)、ROM(Read Only Memory)及びRAM(Random Access Memory)を備え、車両10の動作全体を制御可能に構成された電子制御ユニットであり、本発明に係る「車両の走行支援装置」の一例である。ECU100は、ROMに格納された制御プログラムに従って、後述するLKA制御、EPS制御及びVGRS制御を夫々実行可能に構成されている。

10

【0059】

尚、ECU100は、本発明に係る「第1設定手段」、「第1制御手段」、「第2設定手段」及び「第2制御手段」の夫々一例として機能するように構成された一体の電子制御ユニットであり、これら各手段に係る動作は、全てECU100によって実行されるように構成されている。但し、本発明に係るこれら各手段の物理的、機械的及び電氣的な構成はこれに限定されるものではなく、例えばこれら各手段は、複数のECU、各種処理ユニット、各種コントローラ或いはマイコン装置等各種コンピュータシステム等として構成されていてもよい。

【0060】

20

車両10では、ステアリングホイール11を介してドライバより与えられる操舵入力が、ステアリングホイール11と同軸回転可能に連結され、ステアリングホイール11と同一方向に回転可能な軸体たるアップステアリングシャフト12に伝達される。アップステアリングシャフト12は、本発明に係る「操舵入力軸」の一例である。アップステアリングシャフト12は、その下流側の端部においてVGRSアクチュエータ200に連結されている。

【0061】

VGRSアクチュエータ200は、ハウジング201、VGRSモータ202及び減速機構203を備えた、本発明に係る「舵角可変手段」の一例である。

【0062】

30

ハウジング201は、VGRSモータ202及び減速機構203を収容してなるVGRSアクチュエータ200の筐体である。ハウジング201には、前述したアップステアリングシャフト12の下流側の端部が固定されており、ハウジング201は、アップステアリングシャフト12と一体に回転可能となっている。

【0063】

VGRSモータ202は、回転子たるロータ202a、固定子たるステータ202b及び駆動力の出力軸たる回転軸202cを有するDCブラシレスモータである。ステータ202bは、ハウジング201内部に固定されており、ロータ202aは、ハウジング201内部で回転可能に保持されている。回転軸202cは、ロータ202aと同軸回転可能に固定されており、その下流側の端部が減速機構203に連結されている。

40

【0064】

減速機構203は、差動回転可能な複数の回転要素(サンギア、キャリア及びリングギア)を有する遊星歯車機構である。この複数の回転要素のうち、第1の回転要素たるサンギアは、VGRSモータ202の回転軸202cに連結されており、また、第2の回転要素たるキャリアは、ハウジング201に連結されている。そして第3の回転要素たるリングギアが、本発明に係る「操舵出力軸」の一例たるロアステアリングシャフト13に連結されている。

【0065】

このような構成を有する減速機構203によれば、ステアリングホイール11の操作量に応じたアップステアリングシャフト12の回転速度(即ち、キャリアに連結されたハウ

50

ジング 201 の回転速度)と、VGRSモータ 202 の回転速度(即ち、サンギアに連結された回転軸 202c の回転速度)とにより、残余の一回転要素たるリングギアに連結されたロアステアリングシャフト 13 の回転速度が一義的に決定される。この際、回転要素相互間の差動作用により、VGRSモータ 202 の回転速度を増減制御することによって、ロアステアリングシャフト 13 の回転速度を増減制御することが可能となる。即ち、VGRSモータ 202 及び減速機構 203 の作用により、アップーステアリングシャフト 12 とロアステアリングシャフト 13 とは相対回転可能である。また、減速機構 203 における各回転要素の構成上、VGRSモータ 202 の回転速度は、各回転要素相互間のギア比に応じて定まる所定の減速比に従って減速された状態でロアステアリングシャフト 13 に伝達される。

10

【0066】

このように、車両 10 では、アップーステアリングシャフト 12 とロアステアリングシャフト 13 とが相対回転可能であることによって、アップーステアリングシャフト 12 の回転量たる操舵角 MA と、ロアステアリングシャフト 13 の回転量に応じて一義的に定まる(後述するラックアンドピニオン機構のギア比も関係する)操舵輪たる前輪の舵角 s_t との比たる操舵伝達比が、予め定められた範囲で連続的に可変となる。

【0067】

尚、減速機構 204 は、ここに例示した遊星歯車機構のみならず、他の態様(例えば、アップーステアリングシャフト 12 及びロアステアリングシャフト 13 に夫々歯数の異なるギアを連結し、各ギアと一部分で接する可撓性のギアを設置すると共に、係る可撓性ギアを、波動発生器を介して伝達されるモータトルクにより回転させることによって、アップーステアリングシャフト 12 とロアステアリングシャフト 13 とを相対回転させる態様等)を有していてもよいし、遊星歯車機構であれ上記と異なる物理的、機械的、又は機構的態様を有していてもよい。

20

【0068】

VGRS 駆動装置 300 は、VGRSモータ 202 のステータ 202b に対し通電可能に構成された、PWM 回路、トランジスタ回路及びインバータ等を含む電気駆動回路である。VGRS 駆動装置 300 は、図示せぬバッテリーと電気的に接続されており、当該バッテリーから供給される電力により VGRSモータ 202 に駆動電圧を供給することが可能に構成されている。また、VGRS 駆動装置 300 は、ECU 100 と電気的に接続されており、その動作は ECU 100 により制御される構成となっている。尚、VGRS 駆動装置 300 は、VGRS アクチュエータ 200 と共に、本発明に係る「舵角可変手段」の一例を構成している。

30

【0069】

ロアステアリングシャフト 13 の回転は、ラックアンドピニオン機構に伝達される。ラックアンドピニオン機構は、ロアステアリングシャフト 13 の下流側端部に接続されたピニオンギア 14 及び当該ピニオンギアのギア歯と噛合するギア歯が形成されたラックバー 15 を含む操舵力伝達機構であり、ピニオンギア 14 の回転がラックバー 15 の図中左右方向の運動に変換されることにより、ラックバー 15 の両端部に連結されたタイロッド及びナックル(符号省略)を介して操舵力が各操舵輪に伝達される構成となっている。即ち、車両 10 では所謂ラックアンドピニオン式の操舵方式が実現されている。

40

【0070】

EPS アクチュエータ 400 は、永久磁石が付設されてなる回転子たる不図示のロータと、当該ロータを取り囲む固定子であるステータとを含む DC ブラシレスモータとしての EPS モータを備えた、本発明に係る「操舵トルク補助手段」の一例である。この EPS モータは、EPS 駆動装置 500 を介した当該ステータへの通電により EPS モータ内に形成される回転磁界の作用によってロータが回転することにより、その回転方向にアシストトルク TA を発生可能に構成されている。

【0071】

一方、EPS モータの回転軸たるモータ軸には、不図示の減速ギアが固定されており、

50

この減速ギアはまた、ピニオンギア14と噛合している。このため、EPSモータから発せられるアシストトルクTAは、ピニオンギア14の回転をアシストするアシストトルクとして機能する。ピニオンギア14は、先に述べたようにロアステアリングシャフト13に連結されており、ロアステアリングシャフト13は、VGRSアクチュエータ200を介してアップステアリングシャフト12に連結されている。従って、アップステアリングシャフト12に加えられるドライバ操舵トルクMTは、アシストトルクTAにより適宜アシストされた形でラックバー15に伝達され、ドライバの操舵負担が軽減される構成となっている。

【0072】

EPS駆動装置500は、EPSモータのステータに対し通電可能に構成された、PWM回路、トランジスタ回路及びインバータ等を含む電気駆動回路である。EPS駆動装置500は、図示せぬバッテリーと電氣的に接続されており、当該バッテリーから供給される電力によりEPSモータに駆動電圧を供給することが可能に構成されている。また、EPS駆動装置500は、ECU100と電氣的に接続されており、その動作はECU100により制御される構成となっている。尚、EPS駆動装置500は、EPSアクチュエータ400と共に、本発明に係る「操舵トルク補助手段」の一例を構成している。

【0073】

尚、本発明に係る「操舵力付与手段」の態様は、ここに例示するものに限定されず、例えば、EPSモータから出力されるアシストトルクTAは、不図示の減速ギアによる回転速度の減速を伴って、直接ロアステアリングシャフト13に伝達されてもよいし、ラックバー16aの往復運動をアシストする力として付与されてもよい。即ち、EPSモータ400から出力されるアシストトルクTAが、最終的に各操舵輪を操舵させる操舵力の少なくとも一部として供され得る限りにおいて、本発明に係る操舵トルク補助手段の具体的構成は何ら限定されない趣旨である。

【0074】

一方、車両10には、操舵トルクセンサ16、操舵角センサ17及び回転センサ18を含む各種センサが備わっている。

【0075】

操舵トルクセンサ16は、ドライバからステアリングホイール11を介して与えられるドライバ操舵トルクMTを検出可能に構成されたセンサである。より具体的に説明すると、アップステアリングシャフト12は、上流部と下流部とに分割されており、図示せぬトーションバーにより相互に連結された構成を有している。係るトーションバーの上流側及び下流側の両端部には、回転位相差検出用のリングが固定されている。このトーションバーは、車両10のドライバがステアリングホイール11を操作した際にアップステアリングシャフト12の上流部を介して伝達される操舵トルク（即ち、ドライバ操舵トルクMT）に応じてその回転方向に捩れる構成となっており、係る捩れを生じさせつつ下流部に操舵トルクを伝達可能に構成されている。従って、操舵トルクの伝達に際して、先に述べた回転位相差検出用のリング相互間には回転位相差が発生する。操舵トルクセンサ16は、係る回転位相差を検出すると共に、係る回転位相差を操舵トルクに換算して操舵トルクMTに対応する電気信号として出力可能に構成されている。また、操舵トルクセンサ16は、ECU100と電氣的に接続されており、検出された操舵トルクMTは、ECU100により一定又は不定の周期で参照される構成となっている。

【0076】

操舵角センサ17は、アップステアリングシャフト12の回転量を表す操舵角MAを検出可能に構成された角度センサである。操舵角センサ17は、ECU100と電氣的に接続されており、検出された操舵角MAは、ECU100により一定又は不定の周期で参照される構成となっている。

【0077】

回転センサ18は、VGRSアクチュエータ200におけるハウジング201（即ち、回転角と言うならばアップステアリングシャフト12と同等である）とロアステアリン

10

20

30

40

50

グシャフト13との回転位相差を検出可能に構成されたロータリーエンコーダである。回転センサ18は、ECU100と電氣的に接続されており、検出された回転位相差は、ECU100により一定又は不定の周期で参照される構成となっている。

【0078】

車速センサ19は、車両10の速度たる車速Vを検出可能に構成されたセンサである。車速センサ19は、ECU100と電氣的に接続されており、検出された車速Vは、ECU100により一定又は不定の周期で参照される構成となっている。

【0079】

車載カメラ20は、車両10のフロントノーズに設置され、車両10の前方における所定領域を撮像可能に構成された撮像装置である。車載カメラ20は、ECU100と電氣的に接続されており、撮像された前方領域は、画像データとしてECU100に一定又は不定の周期で送出される構成となっている。ECU100は、この画像データを解析し、後述するLKA制御に必要な各種データを取得することが可能である。

10

【0080】

<実施形態の動作>

以下、適宜図面を参照し、本実施形態の動作について説明する。

【0081】

始めに、図2を参照し、ECU100により実行されるLKA制御の詳細について説明する。ここに、図2は、LKA制御のフローチャートである。尚、LKA制御は、車両10を目標走行路(レーン)に追従させる制御であり、車両10が有する走行支援システムの一部を実現する制御である。

20

【0082】

図2において、ECU100は、車両10に備わる各種スイッチ類の操作信号、各種フラグ及び上記各種センサに係るセンサ信号等を含む各種信号を読み込む(ステップS101)と共に、予め車両10の車室内に設置されたLKA制御発動用の操作ボタンがドライバにより操作される等した結果としてLKAモードが選択されているか否かを判別する(ステップS102)。LKAモードが選択されていない場合(ステップS102:NO)、ECU100は、処理をステップS101に戻す。

【0083】

LKAモードが選択されている場合(ステップS102:YES)、ECU100は、車載カメラ20から送出される画像データに基づいて、LKAの目標走行路を規定する白線(白色である必要はない)が検出されているか否かを判別する(ステップS103)白線が検出されていない場合(ステップS103:NO)、目標走行路が規定され得ないため、ECU100は、処理をステップS101に戻す。一方、白線が検出されている場合(ステップS103:YES)、ECU100は、車両10を目標走行路に追従させるに際して必要となる各種路面情報を算出する(ステップS104)。

30

【0084】

ステップS104においては、目標走行路の曲率R(即ち、半径の逆数である)、白線と車両10との横方向の偏差Y及び白線と車両10とのヨー角偏差が算出される。尚、この種の目標走行路への追従制御に要する情報の算出態様は、公知の画像認識アルゴリズムを含む各種態様を適用可能であり、また発明の本質部分との相関も薄いため、ここでは触れないこととする。

40

【0085】

これら各種路面情報が算出されると、ECU100は、車両10を目標走行路へ追従させるために必要となる目標横加速度GYTGを算出する(ステップS105)。尚、目標横加速度GYTGも、公知の各種アルゴリズム或いは演算式に従って算出可能である。或いは、ECU100は、予めROM等の然るべき記憶手段に、上記曲率R、横方向偏差Y及びヨー角偏差をパラメータとする目標横加速度マップを保持し、適宜該当する値を選択することにより目標横加速度GYTGを算出(この種の選択もまた算出の一態様である)してもよい。

50

【0086】

目標横加速度GYTGが算出されると、処理は二系統に分岐する。即ち、一方の処理において、ECU100は、LKA目標アシストトルクTLKを算出し(ステップS105)、該算出されたLKA目標アシストトルクTLKをフラッシュメモリやRAM等の書き換え可能な然るべき記憶手段に記憶させる(ステップS107)。LKA目標アシストトルクTLKは、予めROMに格納された、目標横加速度GYTGと車速VとをパラメータとするLKA目標アシストトルクマップに規定されており、ECU100は当該マップから該当する数値を選択することによりLKA目標アシストトルクTLKを算出する。尚、LKA目標アシストトルクTLKは、本発明に係る「第1制御目標値」の一例であり、「目標補助トルク」の一例である。

10

【0087】

また、他方の処理において、ECU100は、目標横加速度GYTGに基づいてLKA基本目標角LKBを算出し(ステップS108)、続いて曲率Rに基づいて調整ゲインK2を算出する(ステップS109)。更に、ECU100は、下記(1)式に従って、LKA補正目標角LKを算出する(ステップS110)。尚、LKA補正目標角LKは、本発明に係る「第2制御目標値」の一例であり、また本発明に係る「目標相対回転角」の一例である。LKA補正目標角LKが算出されると、ECU100は、この算出されたLKA補正目標角LKをRAM或いはフラッシュメモリ等の記憶手段に記憶させる(ステップS111)。

20

【0088】

$$LK = LKB \times K2 \cdots (1)$$

ここで、図3を参照し、目標横加速度GYTGとLKA基本目標角LKBとの関係について説明する。ここに、図3は、目標横加速度GYTGとLKA基本目標角LKBとの関係を表す模式図である。

【0089】

図3において、縦軸にはLKA基本目標角LKBが表され、横軸には目標横加速度GYTGが表されている。ここで、目標横加速度GYTG=0に相当する原点ラインの左側の領域は、車両左方向に対応する目標横加速度であり、同様に右側の領域は車両右方向に対応する横加速度を表す。また、LKA基本目標角LKB=0に相当する原点ラインの上側の領域は、車両右方向の舵角に対応しており、同様に下側の領域は車両左方向の舵角に対応している。従って、LKA基本目標角LKBは、係る原点ラインを境にして対称な特性となる。LKA基本目標角LKBは、目標横加速度GYTG=0付近の不感帯を除けば、目標横加速度GYTGに対し絶対値がリニアに増加する特性となる。

30

【0090】

一方、図3には、車速V=V1、V2(V2>V1)及びV3(V3>V2)なる三種類の車速Vに対するLKA基本目標角LKBの特性が、夫々図示鎖線、破線及び実線にて例示される。図示より明らかなように、LKA基本目標角LKBは、車速が高い程減少側で設定される。これは、車速が高い程、舵角に対し発生する横加速度の度合いが大きくなるためであり、係る設定動作は、本発明に係る「車両の速度が高い程操舵角の減少量が減少するように目標相対回転角を設定する」動作の一例である。

40

【0091】

尚、ECU100のROMには、予め図3に示す関係を数値化してなるLKA基本目標角マップが格納されており(無論、パラメータ値としての車速Vはより精細である)、ステップS108においては、係るLKA基本目標角マップから該当する値が選択される。

【0092】

ここで、図4を参照し、曲率Rと調整ゲインK2との関係について説明する。ここに、図4は、曲率Rと調整ゲインK2との関係を表す模式図である。

【0093】

図4において、縦軸には調整ゲインK2が表され、横軸には目標走行路の曲率Rが表されている。従って、図中右側へ向う程、目標走行路は急激に湾曲している(即ち、急カー

50

ブである)ことになる。図示するように、調整ゲイン K_2 は、1未満の領域で設定され、曲率 R が大きい程(即ち、急カーブ程)小さく設定される。これは、曲率が大きい程、ステアリングホイール11の操舵が許容される(ドライバから見て違和感が生じない)ためであり、係る設定動作は、本発明に係る「目標走行路の曲率が大きい程操舵角の減少量が減少するように目標相対回転角を設定する」動作の一例である。

【0094】

尚、ECU100のROMには、予め図4に示す関係を数値化してなる調整ゲインマップが格納されており、ステップS109においては、係る調整ゲインマップから該当する値が選択される。

【0095】

図2に戻り、ステップS107及びステップS111において夫々LKA目標アシストトルク T_{LK} 及びLKA補正目標角 LK が算出されると、処理はステップS101に戻される。LKA制御はこのように実行される。一方、目標走行路への車両10の実際の追従動作は、EPS制御により実現される。ここで、図5を参照し、EPS制御の詳細について説明する。ここに、図5はEPS制御のフローチャートである。尚、同図において、図2と重複する箇所には同一の符号を付してその説明を適宜省略することとする。

【0096】

図5において、ECU100は、各種信号を読み込んだ後(ステップS101)、ドライバ操舵トルク M_T 及び車速 V を取得する(ステップS201)。続いて、ECU100は、この取得されたドライバ操舵トルク M_T 及び車速 V に基づいて、EPSアクチュエータ400のEPSモータから出力すべきアシストトルク T_A の基本値であるEPS基本目標トルク T_{BASE} を算出する(ステップS202)。

【0097】

ここで、図6を参照し、EPS基本目標トルク T_{BASE} とドライバ操舵トルク M_T との関係について説明する。ここに、図6は、EPS基本目標トルク T_{BASE} とドライバ操舵トルク M_T との関係を表す模式図である。

【0098】

図6において、縦軸にはEPS基本目標トルク T_{BASE} が表され、横軸にはドライバ操舵トルク M_T が表されている。尚、ドライバ操舵トルク $M_T = 0$ に相当する原点ラインの左側の領域は、車両左側への操舵操作に対応しており、同様に右側の領域は、車両右側の操舵操作に対応している。従って、図中EPS基本目標トルク T_{BASE} は、係る原点ラインを境に対称な特性となる。

【0099】

一方、図6には、車速 $V = V_1$ 、 V_2 ($V_2 > V_1$)及び V_3 ($V_3 > V_2$)なる三種類の車速 V に対するEPS基本目標トルク T_{BASE} の特性が、夫々図示実線、破線及び鎖線にて例示される。図示より明らかなように、EPS基本目標トルク T_{BASE} は、車速が高い程減少側で設定される。これは、車速が高い程、必要な横加速度を得るための舵角が小さくなるためであり、高車速側でステアリングホイール11の操舵に要する力を大きく(即ち、所謂ハンドルが重い状態である)することにより、ドライバの過度な操作を防止して車両10の挙動の安定化が図られるのである。尚、ECU100のROMには、予め図6に示す関係を数値化してなるEPS基本目標トルクマップが格納されており(無論、パラメータ値としての車速 V はより精細である)、ステップS202においては、係るEPS基本目標トルクマップから該当する値が選択される。

【0100】

図5に戻り、ECU100は、ステップS202において算出されたEPS基本目標トルク T_{BASE} と、先に算出され記憶されているLKA目標アシストトルク T_{LK} とに基づいて、下記(2)式に従ってEPS最終目標トルク T_{TG} を算出する(ステップS203)。

【0101】

$$T_{TG} = T_{BASE} + T_{LK} \cdots (2)$$

10

20

30

40

50

E P S 最終目標トルク T T G が算出されると、E C U 1 0 0 は、この算出された E P S 最終目標トルク T T G に基づいて E P S 駆動装置 5 0 0 を制御し、E P S アクチュエータ 4 0 0 の E P S モータから、この E P S 最終目標トルク T T G に対応するアシストトルク T A を出力させる (ステップ S 2 0 4)。ステップ S 2 0 4 が実行されると、処理はステップ S 1 0 1 に戻される。

【 0 1 0 2 】

このように、本実施形態では、E P S アクチュエータ 4 0 0 が、車両 1 0 を目標走行路に追従させるためのメインシステムとして機能し、ドライバの操舵操作に対応する通常のアシストトルクに加えて、車両 1 0 を目標走行路へ追従させるための L K A 目標アシストトルク T L K が出力される。

10

【 0 1 0 3 】

一方、E P S アクチュエータ 4 0 0 は、ステアリングホイール 1 1 の操舵角と操舵輪の舵角との関係を変化させるものではないから、E P S アクチュエータ 4 0 0 からのアシストトルクの付与により目標走行路への追従がなされる場合、舵角の変化に応じてステアリングホイール 1 1 がドライバの意思とは無関係に操舵される。このため、ドライバが違和感を覚え、ドライバ側の不要な操舵操作を誘発する可能性が生じ得る。そこで、本実施形態では、このように E P S アクチュエータ 4 0 0 により車両 1 0 を目標走行路へ追従させるに際しての挙動変化を、V G R S 制御によって補償している。

【 0 1 0 4 】

ここで、図 7 を参照し、V G R S 制御の詳細について説明する。ここに、図 7 は、V G R S 制御のフローチャートである。尚、同図において、図 2 と重複する箇所には同一の符合を付してその説明を適宜省略することとする。

20

【 0 1 0 5 】

図 7 において、各種信号を読み込むと (ステップ S 1 0 1)、E C U 1 0 0 は、車速 V 及び操舵角 M A を取得する (ステップ S 3 0 1) と共に、取得したこれらに基づいて、下記 (3) 式に従い、アッパーステアリングシャフト 1 2 の回転角たる操舵角 M A に対するロアステアリングシャフト 1 3 の相対回転角の基本値である V G R S 基本目標角 V G を算出する (ステップ S 3 0 2)。

【 0 1 0 6 】

$$V G = K 1 \times M A \cdots (3)$$

30

上記式 (3) において、K 1 は、操舵角 M A に対するロアステアリングシャフト 1 3 の回転角を規定する操舵伝達比であり車速 V に応じて可変な数値である。ここで、図 8 を参照し、操舵伝達比 K 1 と車速 V との関係について説明する。ここに、図 8 は、操舵伝達比 K 1 と車速 V との関係を表す模式図である。

【 0 1 0 7 】

図 8 において、操舵伝達比 K 1 は、中車速領域の車速 V t h において 0 (即ち、アッパーステアリングシャフト 1 2 とロアステアリングシャフト 1 3 との回転比が 1 : 1) となり、V t h よりも低車速側では 0 より大きく、高車速側では 0 未満となる。即ち、低車速側程、小さい操舵角で大きい舵角が得られる構成となっている。これは、既に述べたように、高車速側程、舵角に対する横加速度が大きくなることに起因する。

40

【 0 1 0 8 】

図 7 に戻り、E C U 1 0 0 は更に、この算出された V G R S 基本目標角 V G と、先に算出され記憶されている L K A 補正目標角 L K とに基づいて、式 (4) に従って V G R S 最終目標角 T G F を算出する (ステップ S 3 0 3)。

【 0 1 0 9 】

$$T G F = V G + L K \cdots (4)$$

V G R S 最終目標角 T G F が算出されると、E C U 1 0 0 は、この算出された V G R S 最終目標角 T G F に基づいて V G R S 駆動装置 3 0 0 を制御し、V G R S アクチュエータ 2 0 0 の V G R S モータ 2 0 2 を、この V G R S 最終目標角 T G F に対応する分回転させる (ステップ S 3 0 4)。ステップ S 3 0 4 が実行されると、処理はステップ S 1

50

01に戻される。

【0110】

このように、本実施形態に係るVGRS制御によれば、通常のVGRSの目標角に対し、LKA補正目標角LKが別途付加されるため、先のEPS制御により車両10を目標走行路へ追従させるに際した操舵角MAの変化を抑制することが可能となる。このため、ドライバに与える違和感が軽減され、ドライバの心理的負担を軽減することが可能となつて、車両10の挙動を安定させることが可能となるのである。

【0111】

一方、このようにLKA補正目標角LKにより、操舵角MAの変化が抑制される点に鑑みれば、本実施形態に係るVGRS制御において操舵角MAを低減するにあたり、操舵角MAに対するロアステアリングシャフト13の回転角の変化特性（即ち、操舵伝達比K1）を変化させる必要はない。このため、操舵伝達比K1を大きくして、EPS制御によって生じる舵角の変化が操舵角に与える影響を低減する必要はなくなり、このような措置を講じた場合に生じる、ドライバ操舵に対する舵角の変化の増加が車両挙動を不安定化させるといった問題も好適に解決される。更に言えば、LKA補正目標角LKによって、操舵角MAの変化を抑制し得る点に鑑みれば、操舵伝達比K1を、この種の目標走行路への追従がなされない場合と較べて減少させ、LKA制御の実行中においてドライバの操舵操作が舵角に与える影響をより低下させてもよい。

<第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態として、第1実施形態とは異なるLKA制御について説明する。始めに、図9を参照し、本実施形態に係るLKA制御の詳細について説明する。ここに、図9は、第2実施形態に係るLKA制御のフローチャートである。尚、同図において、図2と重複する箇所には同一の符号を付してその説明を適宜省略することとする。また、第2実施形態に係る車両構成は、第1実施形態に係る車両10と相違ないものとする。

【0112】

図9において、目標横加速度GYTGを算出すると（ステップS105）、ECU100は、この算出された目標横加速度GYTGに基づいて、LKA用前輪目標舵角LKA__FRを算出する（ステップS401）。LKA用前輪目標舵角LKA__FRが算出されると、ECU100は、算出されたLKA用前輪目標舵角LKA__FRを然るべき記憶手段に記憶させる（ステップS402）。尚、LKA用前輪目標舵角LKA__FRは、本発明に係る「第1制御目標値」の他の一例である。

【0113】

ここで、図10を参照し、LKA用前輪目標舵角LKA__FRと目標横加速度GYTGとの関係について説明する。ここに、図10は、LKA用前輪目標舵角LKA__FRと目標横加速度GYTGとの関係を表す模式図である。

【0114】

図10において、LKA用前輪目標舵角LKA__FRは、左旋回時と右旋回時とで同様の特性を有し、目標横加速度GYTG=0付近の不感帯領域を除いて、基本的に目標横加速度GYTGに対しリニアに増加する増加関数となる。

【0115】

また、図10には、一例として車速V1、V2（V2>V1）及びV3（V3>V2）に対するLKA用前輪目標角LKA__FRの特性が、夫々図示実線、破線及び鎖線として示されている。図示するように、LKA用前輪目標角LKA__FRは、目標横加速度GYTGを一定とした場合に、車速が高い程小さく設定される。

【0116】

尚、ECU100のROMには、予め図10に示す関係を数値化してなるLKA用前輪目標舵角マップが格納されており、ステップS401においては、係るLKA用前輪目標角マップから該当する値が選択される。

【0117】

10

20

30

40

50

ここで、図11を参照し、第2実施形態に係るVGRS制御の詳細について説明する。ここに、図11は、第2実施形態に係るVGRS制御のフローチャートである。尚、同図において、図7と重複する箇所には同一の符号を付してその説明を適宜省略することとする。

【0118】

図11において、VGRS基本目標角 VG を算出すると、ECU100は、LKA制御において算出され記憶されたLKA用前輪目標舵角 LKA_FR に基づいて、第1実施形態と同様のLKA補正目標角 LK を算出する(ステップS501)。ここで、本実施形態では、VGRSアクチュエータ200をメインシステムとして車両10を目標走行路へ追従させる構成を採る。従って、操舵輪たる各前輪の操舵角をLKA補正目標角 LK に換算する必要がある。ステップS501に係る処理は、係る換算処理に相当し、ラック&ピニオン機構のギア比に基づいて数値演算処理の結果として算出される。

10

【0119】

LKA用前輪目標舵角 LKA_FR に基づいてLKA補正目標角 LK が算出されると、ECU100は第1実施形態と同様にVGRS最終目標角 TGF を算出し(ステップS303)、VGRSモータ202を駆動する(ステップS304)。第2実施形態に係るVGRS制御は以上のように実行される。このように、第2実施形態においては、VGRSアクチュエータ200による舵角制御により車両10を目標走行路に追従させることが可能となる。

【0120】

20

一方、VGRSアクチュエータ200は、EPSアクチュエータ400と異なり、アッパーステアリングシャフト12とロアステアリングシャフト13との連結部位に設置されており、車両10に対しては固定された状態にない。従って、ドライバがステアリングホイール11を保舵しない手放し状態において上述したLKA補正目標角 LK に相当する舵角制御を行おうとすると、ロアステアリングシャフト13、EPSアクチュエータ400、或いは操舵輪からの反力トルクによって、操舵輪が回転する代わりに、ステアリングホイール11が、本来目標とする舵角方向とは逆方向に操舵されてしまう。或いは、保舵されているとしたところで、ドライバは、この反力により車両10の旋回方向と逆向きにステアリングホイール11を気っているかの如き違和感を覚えることとなる。そこで、本実施形態では、係る舵角制御による目標走行路への追従に際して生じる反力トルクの影響が、EPS制御によって補償される。

30

【0121】

図9に戻り、LKA用前輪目標舵角 LKA_FR が算出されると、ECU100は、この種の反力トルクのうちロアステアリングシャフト13及びEPSアクチュエータ400の慣性に起因する成分を補正する慣性補正トルク $T1$ を算出する(ステップS403)。尚、慣性補正トルク $T1$ は、本発明に係る「第1慣性補正項」及び「第2慣性補正項」の和に相当しており、操舵輪の角加速度に基づいて設定される。尚、操舵輪の角加速度とは、即ち操舵角の二回微分値であり、この場合の操舵角とは、VGRS制御により実現されたLKA用前輪目標舵角 LKA_FR である。

【0122】

40

また、ECU100は、慣性補正トルク $T1$ の算出と並行して、この種の反力トルクのうちロアステアリングシャフト13及びEPSアクチュエータ400の粘性に起因する成分を補正する粘性補正トルク $T2$ を算出し(ステップS404)、またこの種の反力トルクのうちロアステアリングシャフト13及びEPSアクチュエータ400の摩擦に起因する成分を補正する摩擦補正トルク $T3$ を算出する(ステップS405)。尚、粘性補正トルク $T2$ は、本発明に係る「第1粘性補正項」及び「第2粘性補正項」の和に相当しており、摩擦補正トルク $T3$ は、本発明に係る「第1摩擦補正項」及び「第2摩擦補正項」の和に相当している。これらは、操舵輪の角速度に基づいて設定される。尚、操舵輪の角速度とは、即ち、VGRS制御により実現されたLKA用前輪目標舵角 LKA_FR の微分値である。

50

【 0 1 2 3 】

ECU100は更に、これら補正トルクの算出と並行して、この種の反力トルクのうち、操舵輪たる前輪からの軸力に起因する成分を補正する軸力補正トルク T_4 を算出する(ステップS406)。軸力補正トルク T_4 は、本発明に係る「第3部分反力トルクに対応する目標補助トルク」の一例に相当しており、操舵輪の角度、即ち舵角に基づいて設定される。尚、操舵輪からの軸力は、上記慣性、粘性及び摩擦に対応する各項とは異なり、車両10の構成上、操舵輪が操舵された時点よりも遅れてステアリングホイール11に到達する。従って、この種の車両運動を考慮して軸力補正トルク T_4 を決定しないと、軸力補正トルク T_4 は、相殺すべき軸力成分に対し過剰又は不足し、反力トルクを必ずしも十分に軽減することができない。そこで、ECU100は、軸力補正トルク T_4 を算出するにあたっては、LKA用前輪目標舵角 LKA_FR に対し、係る時間応答を考慮したフィルタ処理を実行し、LKA用前輪目標舵角補正值 $fLKA_FR$ を算出する。軸力補正トルク T_4 は、このLKA用前輪目標舵角補正值 $fLKA_FR$ に基づいて設定される。

10

【 0 1 2 4 】

ステップS403、S404、S405及びS406を経ると、ECU100は、下記(5)式に従ってLKA目標アシストトルク TLK を算出する(ステップS407)。第2実施形態に係るEPS制御では、このLKA目標アシストトルク TLK が第1実施形態と異なるのみであるため、図示は省略する。尚、本実施形態に係るLKA目標アシストトルク TLK は、本発明に係る「第2制御目標値」の一例であり、「目標補助トルク」の一例である。

20

【 0 1 2 5 】

$$TLK = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \cdots (5)$$

ここで、図12乃至図15を適宜参照し、これら各補正トルクの特性について説明する。ここに、図12は、慣性補正トルク T_1 と操舵輪の角加速度との関係を示す模式図であり、図13は、粘性補正トルク T_2 と操舵輪の角速度との関係を示す模式図であり、図14は、摩擦補正トルク T_3 と操舵輪の角加速度との関係を示す模式図であり、図15は、軸力補正トルク T_4 とLKA用前輪目標舵角補正值 $fLKA_FR$ との関係を示す模式図である。

【 0 1 2 6 】

図12において、縦軸には慣性補正トルク T_1 が示されており、横軸には操舵輪の角加速度 LKA_FR'' (尚、「''」は、二回微分処理を表すものとする)が示される。図示するように、慣性補正トルク T_1 は、右旋回時と左旋回時とで対称な特性を有し、 $LKA_FR'' = 0$ 付近の不感帯領域と、飽和領域とを除けば、 LKA_FR'' に対しリニアに増加する特性を有する。

30

【 0 1 2 7 】

図13において、縦軸には粘性補正トルク T_2 が示されており、横軸には操舵輪の角速度 LKA_FR' (尚、「'」は、微分処理を表すものとする)が示される。図示するように、粘性補正トルク T_2 は、右旋回時と左旋回時とで対称な特性を有し、 $LKA_FR' = 0$ 付近の不感帯領域と、飽和領域とを除けば、 LKA_FR' に対しリニアに増加する特性を有する。

40

【 0 1 2 8 】

図14において、縦軸には摩擦補正トルク T_3 が示されており、横軸には操舵輪の角速度 LKA_FR' が示される。図示するように、摩擦補正トルク T_3 は、右旋回時と左旋回時とで対象な特性を有し、 $LKA_FR' = 0$ 付近の不感帯領域を除けば、 LKA_FR' に対し一定値を採る。

【 0 1 2 9 】

図15において、縦軸には軸力補正トルク T_4 が示されており、横軸にはLKA用前輪目標舵角補正值 $fLKA_FR$ が示される。図示するように、軸力補正トルク T_4 は、右旋回時と左旋回時とで対象な特性を有し、 $fLKA_FR = 0$ 付近の不感帯領域と、飽和領域とを除けば、 $fLKA_FR$ に対しリニアに増加する特性を有する。

50

【0130】

また、図15には、一例として車速 V_1 、 V_2 ($V_2 > V_1$) 及び V_3 ($V_3 > V_2$) に対する軸力補正トルク T_4 の特性が、夫々図示実線、破線及び鎖線として示されている。図示するように、軸力補正トルク T_4 は、LKA用前輪目標舵角補正值 f_{LKA_FR} を一定とした場合に、車速が高い程大きく設定される。

【0131】

尚、ECU100のROMには、予め図12乃至図15に示す関係を数値化してなる補正トルクマップが格納されており、上記各ステップにおいては、係る軸力補正トルクマップから該当する値が選択される。以上説明したように、本実施形態によれば、VGRSアクチュエータ200による舵角制御により、操舵輪たる前輪の舵角が、LKA用前輪目標舵角 LKA_FR に制御されるため、車両10を目標走行路に対し好適に追従させることが可能となる。一方で、この種の舵角制御に際してステアリングホイール11に生じる反力トルクは、ステアリング系としてのロアアームシャフト13の慣性、粘性及び摩擦に相当する成分、EPSアクチュエータ400の慣性、粘性及び摩擦に相当する成分並びに車両運動を考慮した操舵輪の軸力を補正する成分からなる各種補正トルク $T_1 \sim T_4$ がEPSアクチュエータ400から出力されることにより低減され、理想的には相殺される。このため、ドライバは、LKA制御期間中に必ずしもステアリングホイール11を保舵する必要はなく、また保舵したとして、上記反力トルクによる操舵フィールの低下を感じることはない。従って、ステアリングホイール11に対する余分な操舵操作が生じることはなく、車両10の挙動を安定に維持することが可能となるのである。

【0132】

尚、本実施形態では、操舵輪の舵角を、舵角の目標値であるLKA用前輪目標舵角 LKA_FR と同等であるとして扱っている。両者の間にはVGRSアクチュエータ200の伝達特性に起因する、またECU100と他の装置との通信速度に起因する時間的なズレがある。この時間的なズレを考慮すれば、上記各種補正トルク $T_1 \sim T_4$ を算出するにあたっての舵角として、目標値たる LKA_FR を使用の方が合理的であり実践的なのである。但し、舵角を直接検出する舵角センサ等を備える場合には、無論操舵輪の舵角そのものに基づいて上記補正トルクを算出してもよく、その場合に実践上何の問題も生じないことは無論言うまでもない。

<第3実施形態>

次に、本発明の第3実施形態について説明する。始めに、図16を参照し、本実施形態に係る車両30の構成について説明する。ここに、図16は、車両30の基本的な構成を概念的に表してなる概略構成図である。尚、同図において、図1と重複する箇所には同一の符号を付してその説明を適宜省略することとする。

【0133】

図16において、車両30は、ステアリングホイール11の操舵角 MA と前輪の舵角との関係を可変とするVGRSアクチュエータ200及びその関連装置を有さず、その代わりに後輪 RL 及び RR の操舵を可能とするARS600を備える点において、第1及び第2実施形態に係る車両10と相違する構成となっている。即ち、本実施形態においては、後輪が本発明に係る「操舵輪」として機能する。但し、前輪は、当然ながらステアリングホイール11に連結されており、通常の意味合いとしては無論操舵輪である。

【0134】

ARS600は、図示せぬパワーシリンダと、パワーシリンダに図示左右方向の往復駆動力を付与するアクチュエータを備え、このアクチュエータから付与される駆動力によって、当該パワーシリンダの両端に連結されたリアステアロッド31を左右方向に所定量駆動させることにより、後輪の舵角を変化させることが可能である。尚、後輪の操舵を可能とする車両構成は、図示のものに限定されず公知の各種態様を採ってよい。

【0135】

車両30においては、ECU100によりLKA制御が実行される。ここで、図17を参照し、第3実施形態に係るLKA制御の詳細について説明する。ここに、図17は、第

10

20

30

40

50

3実施形態に係るLKA制御のフローチャートである。尚、同図において、図2と重複する箇所には、同一の符合を付してその説明を適宜省略することとする。

【0136】

図17において、目標横加速度GYTGを算出すると、ECU100は、この算出された目標横加速度GYTGに基づいてLKA用後輪目標舵角 LKA__RRを算出し(ステップS601)、且つ記憶する(ステップS602)。ここで、図18を参照し、目標横加速度GYTGとLKA用後輪目標舵角 LKA__RRとの関係について説明する。ここに、図18は、LKA用後輪目標舵角 LKA__RRと目標横加速度GYTGとの関係を表す模式図である。

【0137】

図18において、LKA用後輪目標舵角 LKA__RRは、左旋回時と右旋回時とで同様の特性を有し、目標横加速度GYTG = 0付近の不感帯領域を除いて、基本的に目標横加速度GYTGに対しリニアに増加する増加関数となる。但し、後輪は、その操舵方向が前輪と逆相であり、LKA用後輪目標舵角 LKA__RRは、図10に示すLKA用後輪目標舵角 LKA__FRと異なり、左(右)旋回時には右(左)転舵方向へ設定される。

【0138】

また、図18には、一例として車速V1、V2(V2 > V1)及びV3(V3 > V2)に対するLKA用後輪目標角 LKA__RRの特性が、夫々図示実線、破線及び鎖線として示されている。図示するように、LKA用後輪目標角 LKA__RRは、目標横加速度GYTGを一定とした場合に、車速が高い程小さく設定される。これは、フロントステアと同様に、車速が高い程舵角に対する横加速度が大きいためである。

【0139】

尚、ECU100のROMには、予め図18に示す関係を数値化してなるLKA用後輪目標舵角マップが格納されており、ステップS601においては、係るLKA用後輪目標舵角マップから該当する値が選択される。尚、後輪の操舵方向と前輪の操舵方向との関係が、例えば車速に応じて同相と逆相との間で切り替わる場合には、図10と図18とのうち適合する一方の関係が参照されてよい。

【0140】

図17に戻り、ECU100は、このLKA用後輪目標舵角 LKA__RRに基づいて、後輪からの軸力に起因する反力トルクを補正する軸力補正トルクT5を算出し(ステップS603)、この軸力補正トルクT5をLKA目標アシストトルクTLKとして設定する(ステップS604)。尚、後輪からの軸力も、前輪と同様に車両10の構成上、操舵された時点よりも遅れてステアリングホイール11に到達する。従って、この種の車両運動を考慮して軸力補正トルクT5を決定しないと、軸力補正トルクT5は、相殺すべき軸力成分に対し過剰又は不足し、反力トルクを必ずしも十分に軽減することができない。そこで、ECU100は、軸力補正トルクT5を算出するにあたっては、LKA用後輪目標舵角 LKA__RRに対し、係る時間応答を考慮したフィルタ処理を実行し、LKA用後輪目標舵角補正值 fLKA__RRを算出する。軸力補正トルクT5は、このLKA用後輪目標舵角補正值 fLKA__RRに基づいて設定される。

【0141】

ここで、図19を参照し、軸力補正トルクT5とLKA用後輪目標舵角補正值 fLKA__RRとの関係について説明する。ここに、図19は、軸力補正トルクT5とLKA用後輪目標舵角補正值 fLKA__RRとの関係を示す模式図である。尚、同図において、図15と重複する箇所には同一の符合を付してその説明を適宜省略することとする。

【0142】

図19において、縦軸には軸力補正トルクT5が示されており、横軸にはLKA用後輪目標舵角補正值 fLKA__RRが示される。図示するように、軸力補正トルクT5は、右旋回時と左旋回時とで対象な特性を有し、fLKA__RR = 0付近の不感帯領域と、飽和領域とを除けば、fLKA__RRに対しリニアに増加する特性を有する。但し、先述したように、後輪の操舵方向は、車両の旋回方向と逆であり、軸力補正トルクT5もま

10

20

30

40

50

た、図15に示す軸力補正トルク T_4 と対称な特性となる。

【0143】

また、図19には、一例として車速 V_1 、 V_2 ($V_2 > V_1$) 及び V_3 ($V_3 > V_2$) に対する軸力補正トルク T_5 の特性が、夫々図示実線、破線及び鎖線として示されている。図示するように、軸力補正トルク T_5 は、LKA用後輪目標舵角補正值 f_{LKA_R} を一定とした場合に、車速が高い程大きく設定される。これは、舵角を一定とすれば、車速が高い程横加速度が大きいためである。

【0144】

尚、ECU100のROMには、予め図19に示す関係を数値化してなる軸力補正トルクマップが格納されており、ステップS603においては、係る軸力補正トルクマップから該当する値が選択される。

10

【0145】

以上説明したように、本実施形態によれば、目標走行路への追従に後輪の舵角制御を利用する場合であっても、ステアリングシャフト11に作用する反力トルクを相殺することにより、車両の挙動の不安定化を抑制しつつ好適に目標走行路への追従を図ることが可能となる。

【0146】

尚、上記第1及び第2実施形態と、上記第3実施形態に係る車両構成は、相容れないものではなく、例えば、第2実施形態と第3実施形態とを組み合わせ、前後輪の舵角制御により目標走行路への追従が図られてもよい。即ち、この場合、軸力補正トルク T_4 及び T_5 の双方をLKA目標アシストトルク T_{LK} に反映させればよい。

20

【0147】

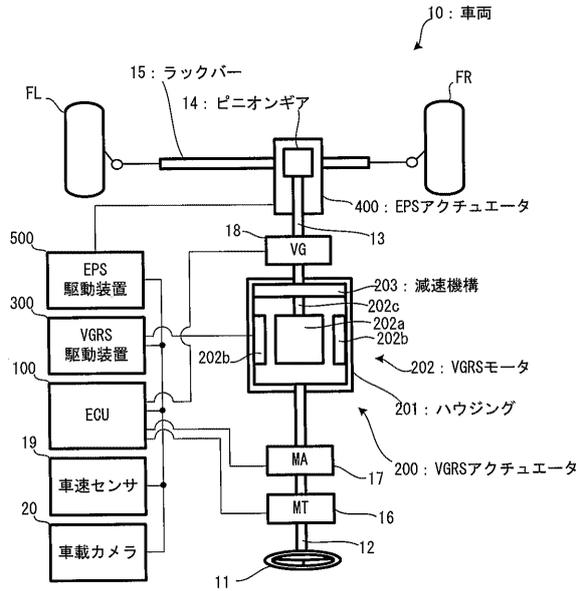
本発明は、上述した実施例に限られるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う車両の操舵支援装置もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【産業上の利用可能性】

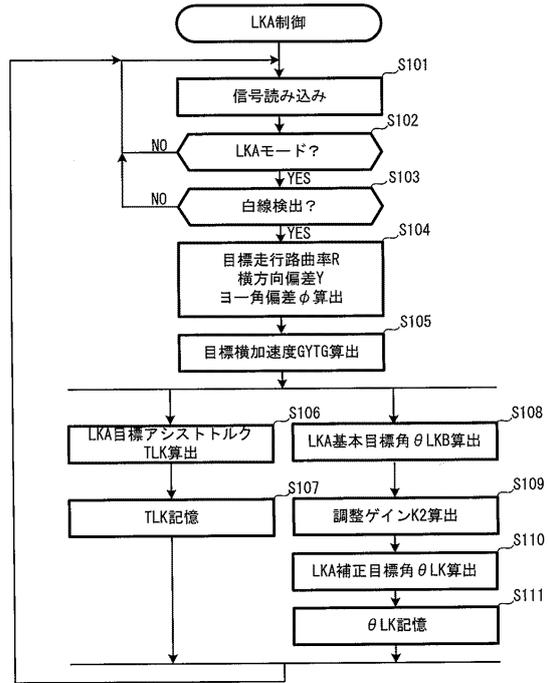
【0148】

本発明は、例えば、車両を目標走行路に追従させるための車両の走行支援装置に利用可能である。

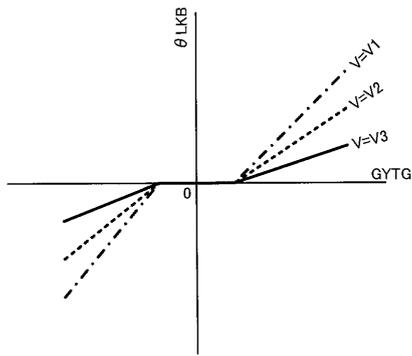
【図1】



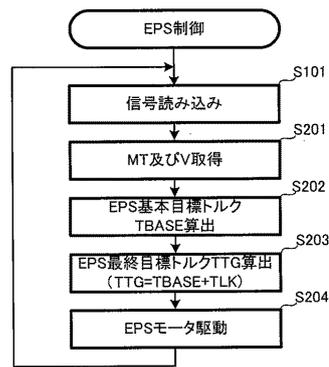
【図2】



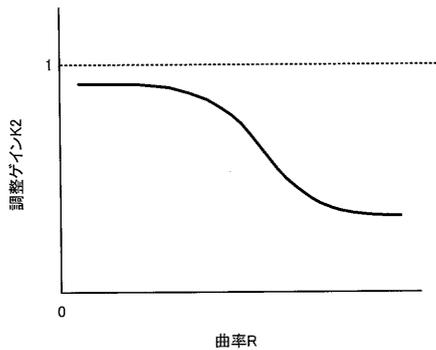
【図3】



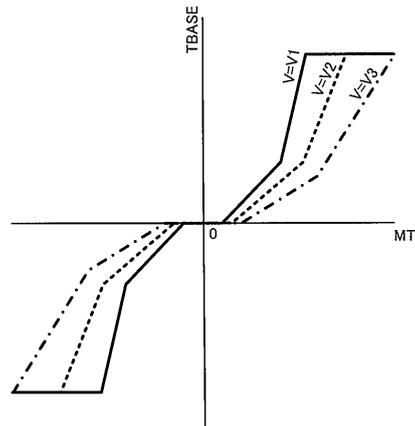
【図5】



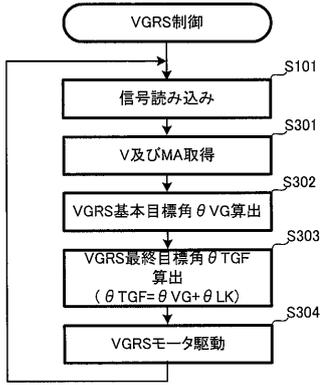
【図4】



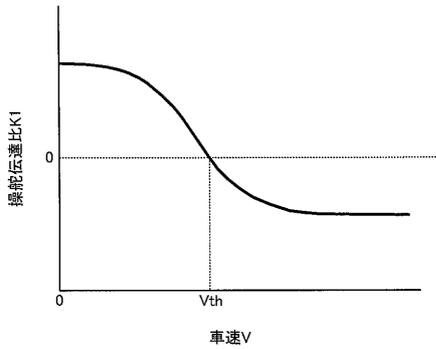
【図6】



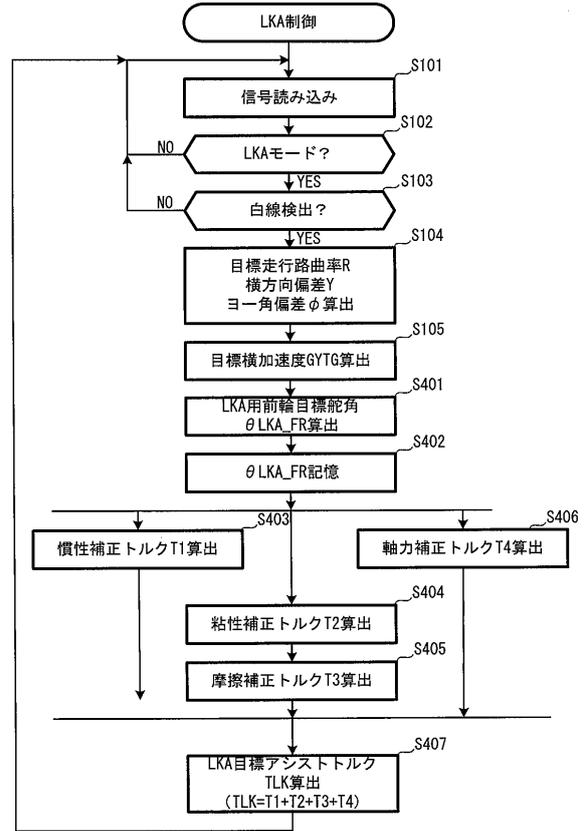
【図7】



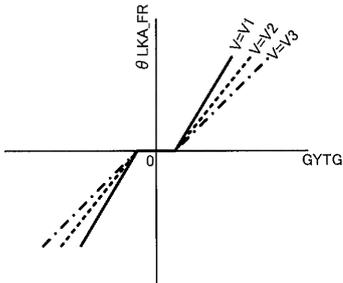
【図8】



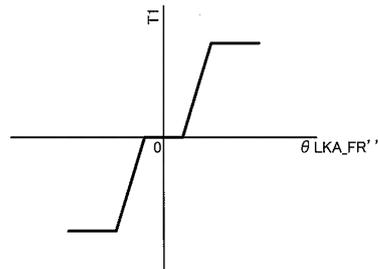
【図9】



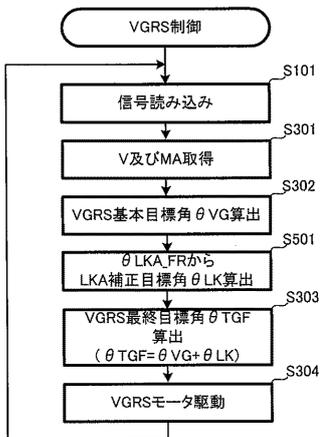
【図10】



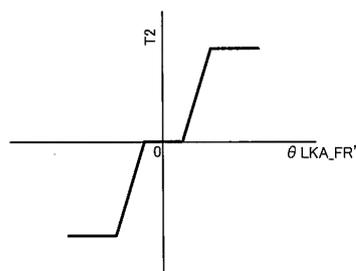
【図12】



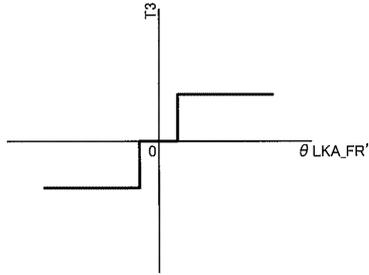
【図11】



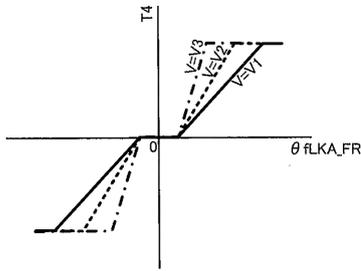
【図13】



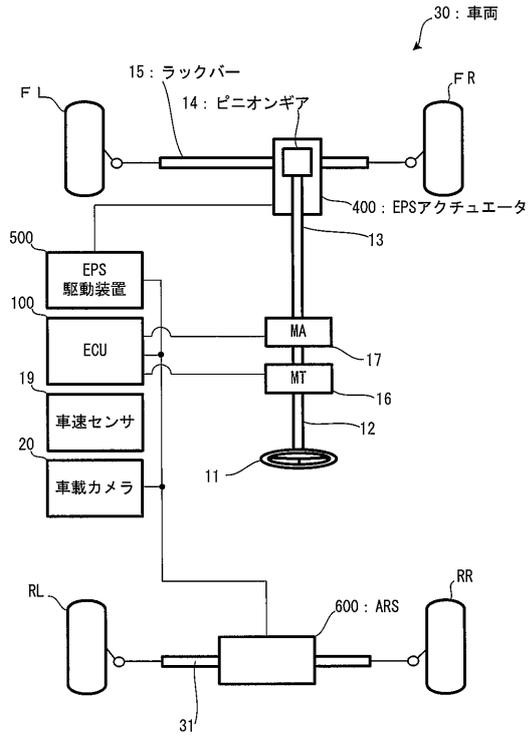
【図14】



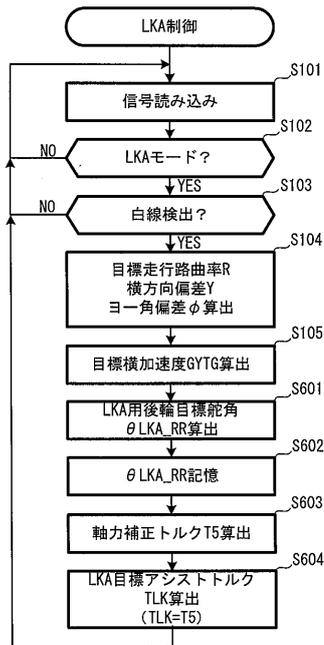
【図15】



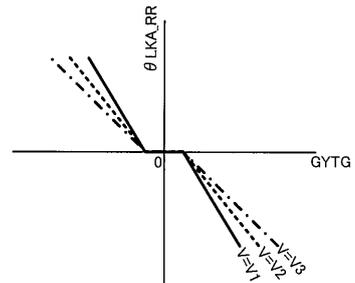
【図16】



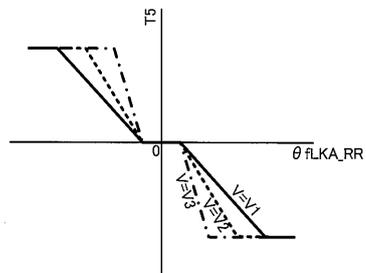
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
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
B 6 2 D 119/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00

審査官 佐々木 智洋

- (56)参考文献 特開2005-153779(JP,A)
特開2005-172528(JP,A)
特開2007-160998(JP,A)
特開2007-302017(JP,A)
特開2008-137612(JP,A)
特開2008-174013(JP,A)
特開2008-120338(JP,A)
特開2008-213522(JP,A)
特開2008-162566(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 2 D	6 / 0 0
B 6 0 R	2 1 / 0 0
B 6 2 D	5 / 0 4
B 6 2 D	7 / 1 4