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

特許第5146540号
(P5146540)

(45)発行日　平成25年2月20日(2013.2.20)　(24)登録日　平成24年12月7日(2012.12.7)

(51)Int.Cl.		F I		
B62D 6/00	(2006.01)	B62D	6/00	
B62D 5/04	(2006.01)	B62D	5/04	
B62D 7/14	(2006.01)	B62D	7/14	A
B62D 113/00	(2006.01)	B62D	113:00	

請求項の数 8　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2010-542451 (P2010-542451)
(86)(22)出願日　平成21年8月25日(2009.8.25)
(86)国際出願番号　PCT/JP2009/064799
(87)国際公開番号　WO2011/024259
(87)国際公開日　平成23年3月3日(2011.3.3)
審査請求日　平成22年10月25日(2010.10.25)

(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
(74)代理人　100104765
弁理士　江上　達夫
(74)代理人　100099645
弁理士　山本　晃司
(74)代理人　100107331
弁理士　中村　聡延
(72)発明者　藤田　好隆
愛知県豊田市トヨタ町１番地　トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者　廣瀬　太郎
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】操舵制御装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
前輪及び後輪を独立に操舵可能な操舵機構を備えた車両において、前記車両の挙動を抑制するように前記操舵機構を制御する操舵制御装置であって、
前記前輪の舵角と前記後輪の舵角とが逆相となるように、且つ、前記前輪の舵角速度が前記後輪の舵角速度よりも高くなるように、前記操舵機構を制御する制御手段を備えることを特徴とする操舵制御装置。
【請求項２】
前記車両の挙動を抑制するように、前記前輪の目標舵角である目標前輪舵角及び前記後輪の目標舵角であって前記目標前輪舵角とは逆相である目標後輪舵角を特定する目標舵角特定手段を更に備え、
前記制御手段は、前記前輪が前輪舵角速度で前記目標前輪舵角となるように且つ前記後輪が前記前輪舵角速度よりも低い後輪舵角速度で前記目標後輪舵角となるように、前記操舵機構を制御する
請求項１に記載の操舵制御装置。
【請求項３】
前記目標前輪舵角及び前記目標後輪舵角に基づいて、前記前輪の目標舵角速度である目標前輪舵角速度及び前記後輪の目標舵角速度である目標後輪舵角速度を特定する目標舵角速度特定手段と、
前記目標後輪舵角速度を低減させ、該低減させる速度量に応じて前記目標前輪舵角速度

を増加させる目標舵角速度更新手段と
を更に備える請求項１又は２に記載の操舵制御装置。
【請求項４】
前記制御手段は、前記後輪舵角速度が上限値以下となるように且つ前記後輪舵角速度が前記上限値を超える分に応じて前記前輪舵角速度が増加するように前記操舵機構を制御する請求項２に記載の操舵制御装置。
【請求項５】
前記制御手段は、前記車両の挙動を抑制する目標ヨーモーメント及び目標横力の少なくとも一方が前記車両に生じるように、前記操舵機構を制御する請求項１から３のいずれか一項に記載の操舵制御装置。
【請求項６】
前輪及び後輪を独立に操舵可能な操舵機構を備えた車両において、前記車両の挙動を抑制するように前記操舵機構を制御する操舵制御装置であって、
前記前輪の目標舵角である目標前輪舵角及び前記後輪の目標舵角であって前記目標前輪舵角とは逆相である目標後輪舵角を特定する目標舵角特定手段と、
前記特定された目標後輪舵角を低減させると共に前記特定された目標前輪舵角を増加させることにより、前記特定された目標前輪舵角及び目標後輪舵角を更新する目標舵角更新手段と、
前記更新された目標前輪舵角及び目標後輪舵角に基づいて前記操舵機構を制御する制御手段と
を備えることを特徴とする操舵制御装置。
【請求項７】
前記目標舵角更新手段は、前記特定された目標後輪舵角を低減させる量に応じて前記特定された目標前輪舵角を増加させる請求項６に記載の操舵制御装置。
【請求項８】
前記目標舵角更新手段は、前記前輪の舵角に対する前記車両に発生する横力の伝達関数と前記後輪の舵角に対する前記車両に発生する横力の伝達関数との比であって２次の項が削除されたものを含む制御関数に基づいて、前記特定された目標後輪舵角を低減させる量を決定する請求項７に記載の操舵制御装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、前後輪を操舵可能な四輪操舵（4 Wheel Steering：４ＷＳ）機構を備えた車両において、前後輪の操舵を制御する操舵制御装置の技術分野に関する。
【背景技術】
【０００２】
この種の操舵制御装置として、４ＷＳ機構を備えた車両において、前輪に対して後輪を逆相に操舵するものが知られている（例えば特許文献１及び２参照）。
【０００３】
例えば特許文献１には、車両旋回初期時に、後輪を前輪に対して過渡的に逆相に操舵する技術が開示されている。例えば特許文献２には、前後輪の舵角を制御するための伝達関数について、２次の項を削除して１次の項のみを含むように近似することにより、システムの簡素化を図る技術が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開平５－１３９３２５号公報
【特許文献２】特開平３－６７７８２号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】

【０００５】
上述したような前輪に対して後輪を逆相に操舵する場合おいて、例えば車両の走行中に左右輪で制動力の差が発生した場合などに車両に生じるヨーモーメント及び横力と定常的に釣り合うようなヨーモーメント及び横力が発生するように前後輪の目標舵角を算出し、この目標舵角になるように前後輪を夫々制御すると、前輪側と後輪側との応答特性の違いなどに起因して、前後輪の舵角が目標舵角になるまでの過渡期間中にはヨーモーメント或いは横力の釣り合いが保たれず、車両の安定性が悪化してしまうおそれがあるという技術的問題点がある。
【０００６】
本発明は、例えば上述した従来の問題点に鑑みなされたものであり、４ＷＳ機構を備えた車両において、操舵制御の過渡期間における車両の安定性を向上させることが可能な操舵制御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】
【０００７】
本発明に係る第１の操舵制御装置は上記課題を解決するために、前輪及び後輪を独立に操舵可能な操舵機構を備えた車両において、前記車両の挙動を抑制するように前記操舵機構を制御する操舵制御装置であって、前記前輪の舵角と前記後輪の舵角とが逆相となるように、且つ、前記前輪の舵角速度が前記後輪の舵角速度よりも高くなるように、前記操舵機構を制御する制御手段を備える。
【０００８】
本発明に係る第１の操舵制御装置は、前輪及び後輪を独立に操舵可能な例えば四輪操舵（４ＷＳ）機構等の操舵機構を備えた車両に設けられ、該車両の挙動を抑制するように（例えば、該車両に目標ヨーモーメント及び目標横力の少なくとも一方が生じるように）、操舵機構を制御する。
【０００９】
本発明に係る第１の操舵制御装置によれば、その動作時には、前輪の舵角と後輪の舵角とが逆相となるように、制御手段によって操舵機構が制御されることにより、車両の挙動が抑制される。
【００１０】
本発明では特に、制御手段は、前輪の舵角速度が後輪の舵角速度よりも高くなるように、操舵機構を制御する。よって、操舵機構における前輪側と後輪側との応答特性の違いなどに起因して、操舵制御の過渡期間（例えば、前輪及び後輪がそれぞれ目標前輪舵角及び目標後輪舵角になるまでの過渡期間）中に車両の安定性が悪化してしまうことを抑制或いは防止できる。言い換えれば、本発明では特に、制御手段は、後輪が操舵される後輪舵角速度（或いは「後輪操舵速度」と呼ぶこともできる）が、前輪が操舵される前輪舵角速度（或いは「前輪操舵速度」と呼ぶこともできる）よりも低くなるように操舵機構を制御するので、後輪が操舵されることにより車両に不要なヨーモーメント或いは横力が発生してしまうことを抑制でき、操舵制御の過渡期間における車両の安定性を向上させることができる。
【００１１】
以上説明したように、本発明に係る第１の操舵制御装置によれば、例えば四輪操舵（４ＷＳ）機構等の操舵機構を備えた車両において、操舵制御の過渡期間における車両の安定性を向上させることができる。
【００１２】
本発明に係る第１の操舵制御装置の一態様では、前記車両の挙動を抑制するように、前記前輪の目標舵角である目標前輪舵角及び前記後輪の目標舵角であって前記目標前輪舵角とは逆相である目標後輪舵角を特定する目標舵角特定手段を更に備え、前記制御手段は、前記前輪が前輪舵角速度で前記目標前輪舵角となるように且つ前記後輪が前記前輪舵角速度よりも低い後輪舵角速度で前記目標後輪舵角となるように、前記操舵機構を制御する。
【００１３】

この態様によれば、目標舵角特定手段は、車両の挙動を抑制するように（例えば、車両の左輪と右輪とで制動力に差が発生することにより、車両にモーメントが発生する場合には、そのモーメーンと釣り合う目標ヨーモーメントを車両に発生させるように）、目標前輪舵角及び目標後輪舵角を特定する。制御手段は、前輪及び後輪がそれぞれ目標前輪舵角及び目標後輪舵角となるように、操舵機構を制御する。

【００１４】

この態様では特に、制御手段は、前輪が前輪舵角速度で目標前輪舵角となるように且つ後輪が前輪舵角速度よりも低い後輪舵角速度で目標後輪舵角となるように、操舵機構を制御する。よって、操舵機構における前輪側と後輪側との応答特性の違いなどに起因して、操舵制御の過渡期間中に車両の安定性が悪化してしまうことを確実に抑制或いは防止できる。

【００１５】

本発明に係る第１の操舵制御装置の他の態様では、前記目標前輪舵角及び前記目標後輪舵角に基づいて、前記前輪の目標舵角速度である目標前輪舵角速度及び前記後輪の目標舵角速度である目標後輪舵角速度を特定する目標舵角速度特定手段と、前記目標後輪舵角速度を低減させ、該低減させる速度量に応じて前記目標前輪舵角速度を増加させる目標舵角速度更新手段とを更に備える。

【００１６】

この態様によれば、車両の挙動を抑制するように、目標前輪舵角速度及び目標後輪舵角速度が目標舵角速度特定手段によって特定され、該特定された目標前輪舵角速度及び目標後輪舵角速度が目標舵角速度更新手段によって更新される。

【００１７】

この態様では特に、目標舵角速度更新手段は、目標後輪舵角速度を低減させ、該低減させる速度量に応じて目標前輪舵角速度を増加させるので、操舵機構における前輪側と後輪側との応答特性の違いなどに起因して、操舵制御の過渡期間中に車両の安定性が悪化してしまうことを確実に抑制或いは防止できる。

【００１８】

本発明に係る第１の操舵制御装置の他の態様では、前記制御手段は、前記後輪舵角速度が上限値以下となるように且つ前記後輪舵角速度が前記上限値を超える分に応じて前記前輪舵角速度が増加するように前記操舵機構を制御する。

【００１９】

この態様によれば、後輪舵角速度が上限値以下となるように操舵機構が制御手段によって制御されるので、後輪が上限値よりも高い舵角速度で操舵されることにより車両に不要なヨーモーメント或いは横力が発生してしまうことを確実に抑制或いは防止できる。更に、後輪舵角速度が上限値を超える分に応じて前輪舵角速度が増加するように操舵機構が制御手段によって制御されるので、例えば車両に目標ヨーモーメント及び目標横力の少なくとも一方をより確実に生じさせることができ、車両の挙動を確実に抑制できる。これらの結果、操舵制御の過渡期間における車両の安定性をより一層向上させることができる。

【００２０】

尚、「前記後輪舵角速度が前記上限値を超える分」は、後輪舵角速度が上限値以下となるように後輪の舵角が制御されることにより後輪の舵角が目標後輪舵角に対して不足する分を意味する。この態様では、制御手段は、目標後輪舵角に対して後輪の舵角が不足する分を前輪の舵角に換算して、該換算した舵角分だけ前輪の舵角が増加するように前輪舵角速度を増加させる。

【００２１】

本発明に係る第１の操舵制御装置の他の態様では、前記制御手段は、前記車両の挙動を抑制する目標ヨーモーメント及び目標横力の少なくとも一方が前記車両に生じるように、前記操舵機構を制御する。

【００２２】

この態様によれば、車両に目標ヨーモーメント及び目標横力の少なくとも一方を生じさ

せることにより、車両の挙動を抑制できる。

【００２３】

本発明に係る第２の操舵制御装置は上記課題を解決するために、前輪及び後輪を独立に操舵可能な操舵機構を備えた車両において、前記車両の挙動を抑制するように前記操舵機構を制御する操舵制御装置であって、前記前輪の目標舵角である目標前輪舵角及び前記後輪の目標舵角であって前記目標前輪舵角とは逆相である目標後輪舵角を特定する目標舵角特定手段と、前記特定された目標後輪舵角を低減させると共に前記特定された目標前輪舵角を増加させることにより、前記特定された目標前輪舵角及び目標後輪舵角を更新する目標舵角更新手段と、前記更新された目標前輪舵角及び目標後輪舵角に基づいて前記操舵機構を制御する制御手段とを備える。

【００２４】

本発明に係る第２の操舵制御装置は、前輪及び後輪を独立に操舵可能な例えば四輪操舵（４ＷＳ）機構等の操舵機構を備えた車両に設けられ、該車両の挙動を抑制するように（例えば、該車両に目標ヨーモーメント及び目標横力の少なくとも一方が生じるように）、操舵機構を制御する。

【００２５】

本発明に係る第２の操舵制御装置によれば、その動作時には、車両の挙動を抑制するように（例えば車両の挙動を抑制する目標ヨーモーメント及び目標横力の少なくとも一方に基づいて）、目標前輪舵角及び目標後輪舵角が目標舵角特定手段によって特定される。該特定された目標前輪舵角及び目標後輪舵角は目標舵角更新手段によって更新され、該更新された目標前輪舵角及び目標後輪舵角に基づいて操舵機構が制御手段によって制御される。

【００２６】

本発明では特に、目標舵角更新手段は、特定された目標後輪舵角を低減させると共に特定された目標前輪舵角を増加させることにより、特定された目標前輪舵角及び目標後輪舵角を更新する。例えば、目標舵角更新手段は、目標舵角特定手段によって特定された目標後輪舵角を低減させると共に、該目標後輪舵角の低減量に応じて、目標舵角特定手段によって特定された目標前輪舵角を増加させることにより、目標前輪舵角及び目標後輪舵角を更新する。このように更新された目標前輪舵角及び目標後輪舵角に基づいて操舵機構が制御手段によって制御されることで、更新前の（即ち、目標舵角特定手段によって特定された）目標前輪舵角及び目標後輪舵角に基づいて操舵機構が制御される場合と比較して、後輪が操舵される後輪舵角速度が低くなり、前輪が操舵される前輪舵角速度が高くなる。

【００２７】

よって、操舵機構における前輪側と後輪側との応答特性の違いなどに起因して、前輪及び後輪がそれぞれ目標前輪舵角及び目標後輪舵角になるまでの過渡期間（即ち、操舵制御の過渡期間）中に車両の安定性が悪化してしまうことを抑制或いは防止できる。言い換えれば、本発明では特に、制御手段は、目標舵角更新手段によって更新された目標前輪舵角及び目標後輪舵角に基づいて、後輪舵角速度が前輪舵角速度よりも低くなるように操舵機構を制御するので、後輪が操舵されることにより車両に不要なヨーモーメント或いは横力が発生してしまうことを抑制でき、操舵制御の過渡期間における車両の安定性を向上させることができる。

【００２８】

以上説明したように、本発明に係る第２の操舵制御装置によれば、例えば四輪操舵（４ＷＳ）機構等の操舵機構を備えた車両において、操舵制御の過渡期間における車両の安定性を向上させることができる。

【００２９】

本発明に係る第２の操舵制御装置の一態様では、前記目標舵角更新手段は、前記特定された目標後輪舵角を低減させる量に応じて前記特定された目標前輪舵角を増加させる。

【００３０】

この態様によれば、操舵制御の過渡期間において、例えば車両に目標ヨーモーメント及

び目標横力の少なくとも一方をより確実に生じさせることができ、車両の挙動を確実に抑制できる。よって、操舵制御の過渡期間における車両の安定性をより一層向上させることができる。

【００３１】

上述した目標舵角更新手段が、前記特定された目標後輪舵角を低減させる量に応じて前記特定された目標前輪舵角を増加させる態様では、前記目標舵角更新手段は、前記前輪の舵角に対する前記車両に発生する横力の伝達関数と前記後輪の舵角に対する前記車両に発生する横力の伝達関数との比であって２次の項が削除されたものを含む制御関数に基づいて、前記特定された目標後輪舵角を低減させる量を決定する。

【００３２】

この場合には、例えばコンピュータシステムの一部として構成される目標舵角更新手段による、目標舵角特定手段によって特定された目標後輪舵角を低減させる量を決定するための演算量を低減することができる。従って、目標舵角特定手段によって特定された目標後輪舵角を低減させる量を目標舵角更新手段によって速やかに決定することができる。更に、当該操舵制御装置の構成を簡略化することも可能となる。

【００３３】

本発明の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】

【００３４】

【図１】本実施形態に係る車両の構成を概念的に示すブロック図である。

【図２】制動力左右差が発生することにより車両に発生するモーメントを概念的に示す模式図である。

【図３】目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒを説明するための模式図である。

【図４】本実施形態に係る操舵制御を説明するためのブロック線図である。

【図５】本実施形態に係る操舵制御における、前輪目標舵角及び後輪目標舵角の経時変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００３５】

以下、本発明の実施形態について図を参照しつつ説明する。

【００３６】

先ず、本実施形態に係る操舵制御装置が適用された車両の構成について、図１を参照して説明する。

【００３７】

図１は、本実施形態に係る車両の構成を概念的に示すブロック図である。尚、図１では、本実施形態に係る車両における、本実施形態に係る操舵制御装置に関連する部分の構成を主に示している。

【００３８】

図１において、本実施形態に係る車両１０は、左前輪Ｆｌ及び右前輪Ｆｒ（以下、これらを適宜「前輪Ｆ」と略称する）と、左後輪Ｒｌ及び右後輪Ｒｒ（以下、これらを適宜「後輪Ｒ」と略称する）と、四輪操舵機構２００と、ＥＣＵ１００とを備えている。

【００３９】

ＥＣＵ１００は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＯＭ（Read Only Memory）及びＲＡＭ（Random Access Memory）を備え、車両１０の動作全体を制御することが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「操舵制御装置」の一例として機能する。尚、ＥＣＵ１００は、本発明に係る「制御手段」、「目標舵角特定手段」及び「目標舵角更新手段」の各々の一例として機能する一体の電子制御ユニットであるが、本発明に係るこれら各手段の物理的、機械的及び電気的な構成は、これに限定されるものではなく、例えば複数の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。

【００４０】

四輪操舵機構２００は、本発明に係る「操舵機構」の一例であり、ステアリングホイール２１０と、ステアリングシャフト２２０と、操舵角センサ２４０と、前輪用アクチュエータ２５０と、前輪用操舵シャフト２６０と、後輪用アクチュエータ２７０と、後輪用操舵シャフト２８０とを備えており、前輪Ｆ及び後輪Ｒを独立に操舵可能に構成されている。

【００４１】

ステアリングホイール２１０は、ドライバによる操舵入力が可能に構成された物理的な操作手段である。

【００４２】

ステアリングシャフト２２０は、一端部がステアリングホイール２１０に連結され、ステアリングホイール２１０の回転に連動して回転可能に構成された軸体である。

【００４３】

操舵角センサ２４０は、ステアリングホイール２１０のステアリング量たる操舵角を検出することが可能に構成されたセンサである。操舵角センサ２４０は、ＥＣＵ１００と電気的に接続されており、検出された操舵角は、一定又は不定の周期でＥＣＵ１００により把握される構成となっている。

【００４４】

前輪用アクチュエータ２５０は、左前輪Ｆｌ及び右前輪Ｆｒを相互に連結する前輪用操舵シャフト２６０を図中左右方向に運動させることにより、前輪Ｆを操舵することが可能に構成されている。前輪用アクチュエータ２５０は、ＥＣＵ１００と電気的に接続されており、前輪Ｆの舵角は、ＥＣＵ１００により制御される構成となっている。尚、補足すると、前輪用アクチュエータ２５０は、ＥＣＵ１００による制御下で、前輪用操舵シャフト２６０に対し図中左右方向に駆動力を付与する。前輪用操舵シャフト２６０が左右方向に変位した場合、タイロッド及びナックル等を介して前輪用操舵シャフト２６０に連結された左前輪Ｆｌ及び右前輪Ｆｒは、同一方向に回頭する。

【００４５】

後輪用アクチュエータ２７０は、左後輪Ｒｌ及び右後輪Ｒｒを相互に連結する後輪用操舵シャフト２８０を図中左右方向に運動させることにより、後輪Ｒを操舵することが可能に構成されている。後輪用アクチュエータ２７０は、ＥＣＵ１００と電気的に接続されており、後輪Ｒの舵角は、ＥＣＵ１００により制御される構成となっている。尚、補足すると、後輪用アクチュエータ２７０は、ＥＣＵ１００による制御下で、後輪用操舵シャフト２８０に対し図中左右方向に駆動力を付与する。後輪用操舵シャフト２８０が左右方向に変位した場合、タイロッド及びナックル等を介して後輪用操舵シャフト２８０に連結された左前輪Ｆｌ及び右前輪Ｆｒは、同一方向に回頭する。

【００４６】

次に、本実施形態に係る操舵制御装置として機能するＥＣＵ１００による操舵制御について、図２から図４を参照して説明する。

【００４７】

以下では、左輪（即ち、左前輪Ｆｌ及び左後輪Ｒｌ）と右輪（即ち、右前輪Ｆｒ及び右後輪Ｒｒ）とで路面状態が異なるために、左輪と右輪とで制動力に差が発生した場合における、ＥＣＵ１００による操舵制御を例として説明する。尚、以下では、左輪と右輪とで発生した制動力の差を「制動力左右差」と適宜称する。

【００４８】

図２は、制動力左右差が発生することにより車両に発生するモーメントを概念的に示す模式図である。

【００４９】

図２において、車両１０の走行中に、ドライバによるブレーキ操作によって、左前輪Ｆｌに制動力Ｆｌ_Ｆｘが作用し、右前輪Ｆｒに制動力Ｆｒ_Ｆｘが作用し、左後輪Ｒｌに制動力Ｒｌ_Ｆｘが作用し、右後輪Ｒｒに制動力Ｒｒ_Ｆｘが作用した場合、制動力左右差ΔＦｘは、以下の式（１）で表すことができる。尚、図２では、右輪に作用する制動力Ｆｒ

_Ｆｘ及びＲｒ_Ｆｘが、左輪に作用する制動力Ｆｌ_Ｆｘ及びＲｌ_Ｆｘよりも大きい場合を例として示している。

【００５０】

ΔＦｘ＝（Ｆｒ_Ｆｘ＋Ｒｒ_Ｆｘ）－（Ｆｌ_Ｆｘ＋Ｒｌ_Ｆｘ）　…（１）

また、この制動力左右差ΔＦｘによって発生する車両１０の重心Ｇ回りのモーメントＭｂは、以下の式（２）で表すことができる。

【００５１】

Ｍｂ＝ΔＦｘ／（Ｔｒｅａｄ／２）　…（２）

ここで、Ｔｒｅａｄは、左輪と右輪との間の距離である。

【００５２】

図３は、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒを説明するための模式図である。

【００５３】

図３において、ＥＣＵ１００は、制動力左右差ΔＦｘによって発生するモーメントＭｂを打ち消し、且つ、車両１０に横力が発生しないように、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒを特定する。

【００５４】

具体的には、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒは、以下の式（３）及び（４）から特定され、式（５）及び（６）で表すことができる。

【００５５】

Ｍｂ＝２・Ｋｆ・βｆ・Ｌｆ－２・Ｋｒ・βｒ・Ｌｒ　…（３）

Ｋｆ・βｆ＋Ｋｒ・βｒ＝０　…（４）

βｆ＝－Ｍｂ／｛２・（Ｌ・Ｋｆ）｝　…（５）

βｒ＝　Ｍｂ／｛２・（Ｌ・Ｋｒ）｝　…（６）

ここで、Ｋｆは、前輪Ｆのコーナーリングパワーであり、Ｋｒは、後輪Ｒのコーナーリングパワーであり、Ｌｆは、前輪用操舵シャフト２６０と重心Ｇとの距離であり、Ｌｒは、後輪用操舵シャフト２８０と重心Ｇとの距離であり、Ｌは、前輪用操舵シャフト２６０と後輪用操舵シャフト２８０との距離である。尚、式Ｌ＝Ｌｆ＋Ｌｒが成立する。

【００５６】

上記式（３）は、前輪Ｆ及び後輪Ｒがそれぞれ目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒとなることにより発生するヨーモーメントが、制動力左右差ΔＦｘによって発生するモーメントＭｂと釣り合うことを示す運動方程式である。また、上記式（４）は、前輪Ｆ及び後輪Ｒがそれぞれ目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒとなることにより車両１０に発生する横力（或いはコーナーリングフォース）が、ゼロ（零）であることを示す運動方程式である。つまり、本実施形態では、制動力左右差ΔＦｘによって発生するモーメントＭｂと釣り合うモーメント（即ち、モーメントＭｂと同じ大きさで逆向きのモーメント）を目標ヨーモーメントとし、且つ、ゼロを目標横力として、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒがＥＣＵ１００によって特定される。即ち、制動力左右差ΔＦｘに起因する車両の挙動を抑制するように、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒがＥＣＵ１００によって特定される。尚、後述するように、ＥＣＵ１００は、この特定した目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒを更新する。

【００５７】

上記式（５）及び（６）に示されるように、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒは、互いに逆相である。即ち、図３に示すように、前輪Ｆと後輪Ｒとは、進行方向に対して互いに逆方向に回頭するように操舵される。

【００５８】

図４は、本実施形態に係る操舵制御装置として機能するＥＣＵによる操舵制御を説明するためのブロック線図である。

【００５９】

図４において、ＥＣＵ１００は、制動力左右差ΔＦｘによって発生するモーメントＭｂと釣り合うモーメントを目標ヨーモーメントとして、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角

βｒを特定する。具体的には、ＥＣＵ１００は、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒをそれぞれモーメントＭｂに対する比例要素Ｋ２及びＫ３によって特定する。ここで、比例要素Ｋ２及びＫ３は以下の式（７）及び（８）で表される。

【００６０】

Ｋ２＝－１／（２・Ｋｆ・Ｌ）　　…（７）

Ｋ３＝　１／（２・Ｋｒ・Ｌ）　　…（８）

言い換えれば、比例要素Ｋ２は、上記式（５）におけるモーメントＭｂに対する目標前輪舵角βｆの比を示す比例定数であり、比例要素Ｋ３は、上記式（６）におけるモーメントＭｂに対する目標後輪舵角βｒの比を示す比例定数である。つまり、ＥＣＵ１００は、制動力左右差ΔＦｘによって発生するモーメントＭｂと釣り合うモーメントを目標ヨーモーメントとして、先ず、上記式（５）及び（６）に基づいて、目標前輪舵角βｆ及び目標後輪舵角βｒを特定する。

【００６１】

本実施形態では特に、ＥＣＵ１００は、目標後輪舵角βｒを低減させることにより目標後輪舵角βｒを更新し（更新後の目標後輪舵角をβｒ’とする）、目標前輪舵角βｆを増加させることにより目標前輪舵角βｆ（更新後の目標前輪舵角をβｆ’とする）を更新する。

【００６２】

具体的には、ＥＣＵ１００は、目標後輪舵角βｒを、以下の式（９）に示す伝達関数Ｐ（ｓ）で表されるフィルタによって更新して目標後輪舵角βｒ’にする。尚、伝達関数Ｐ（ｓ）は本発明に係る「制御関数」の一例である。伝達関数Ｐ（ｓ）の導出方法については後述する。また、式　βｒ’＝Ｐ（ｓ）・βｒが成立する。

【００６３】

【数１】

$$P(s)=\frac{Kr-Kf}{Kr}\cdot\frac{1}{1+\dfrac{Kf}{Kr}\cdot\dfrac{G2(s)}{G1(s)}}$$

【００６４】

…（９）

ここで、ｓは、ラプラス演算子であり、Ｇ１（ｓ）は、前輪舵角δｆに対する横力Ｇｙの伝達関数であり、Ｇ２（ｓ）は、後輪舵角δｒに対する横力Ｇｙの伝達関数である。伝達関数Ｇ１（s）及びＧ２（s)はそれぞれ以下の式（１０）及び（１１）で表される。

【００６５】

【数２】

$$G1(s)=\frac{Gy}{\delta f}=\frac{V\cdot\left(2\cdot Kf\cdot s^2+\dfrac{4}{V}\cdot L\cdot Lr\cdot Kf\cdot s+4\cdot L\cdot Kf\cdot Kr\right)}{m\cdot V\cdot I\cdot s^2+\left\{2\cdot m\cdot\left(Lf^2\cdot Kf+Lr^2\cdot Kr\right)+2\cdot I\cdot(Kf+Kr)\right\}\cdot s+\left\{\dfrac{4}{V}\cdot L^2\cdot Kf\cdot Kr-2\cdot m\cdot V\cdot(Lf\cdot Kf-Lr\cdot Kr)\right\}}$$

【００６６】

…（１０）

【００６７】

【数３】

$$G2(s)=\frac{Gy}{\delta r}=\frac{V\cdot\left(2\cdot Kr\cdot s^2+\dfrac{4}{V}\cdot L\cdot Lr\cdot Kf\cdot s-4\cdot L\cdot Kf\cdot Kr\right)}{m\cdot V\cdot I\cdot s^2+\left\{2\cdot m\cdot\left(Lf^2\cdot Kf+Lr^2\cdot Kr\right)+2\cdot I\cdot(Kf+Kr)\right\}\cdot s+\left\{\dfrac{4}{V}\cdot L^2\cdot Kf\cdot Kr-2\cdot m\cdot V\cdot(Lf\cdot Kf-Lr\cdot Kr)\right\}}$$

【００６８】

…（１１）
ここで、ｍは車両重量であり、Ｖは車速であり、Ｉはヨー角慣性モーメントである。
【００６９】
更に、ＥＣＵ１００は、目標前輪舵角βｆを、更新前後の目標後輪舵角の差（即ち、目標後輪舵角βｒとβｒ’との差）に応じて増加させることにより更新して目標前輪舵角βｆ’にする。具体的には、図４に示したブロック線図で表されるように、以下の式（１２）に基づいて更新する。
【００７０】
βｆ’＝βｆ＋Ｋ４・（βｒ－βｒ’）＝｛Ｋ２＋Ｋ４・（１－Ｐ（ｓ））・Ｋ３｝・Ｍｂ　　…（１２）
ここで、比例要素Ｋ４は、以下の式（１３）で表される。
【００７１】
Ｋ４＝－Ｋｒ／Ｋｆ　　…（１３）
比例要素Ｋ４は、前輪Ｆと後輪Ｒとのコーナーリングパワーの比で表され、更新前後の目標後輪舵角の差を、目標前輪舵角に追加すべき舵角に変換するためのものである。
【００７２】
ＥＣＵ１００は、前輪Ｆ及び後輪Ｒがそれぞれこのように更新された目標前輪舵角βｆ’及び目標後輪舵角βｒ’となるように、四輪操舵機構２００を制御する。
【００７３】
ここで、上記式（９）を参照して上述した伝達関数Ｐ（ｓ)の導出方法について説明する。
【００７４】
図４を参照した上述した操舵制御では、前輪舵角によって発生する横力Ｇｙｆ、及び後輪舵角によって発生する横力Ｇｙｒは、それぞれ以下の式（１４）及び（１５）で表される。
【００７５】
Ｇｙｆ＝（Ｋ２＋Ｋ４・（１－Ｐ（ｓ））・Ｋ３）・Ｇ１（ｓ）・Ｍｂ　　…（１４）
Ｇｙｒ＝Ｋ３・Ｐ（ｓ）・Ｇ２（ｓ）・Ｍｂ　　…（１５）
また、この際に車両１０に発生する横力Ｇｙは、横力Ｇｙｆと横力Ｇｙｒとの和であり、以下の式（１６）で表される。
【００７６】
Ｇｙ＝Ｇｙｆ＋Ｇｙｒ　　…（１６）
他方、仮に車両１０が前輪Ｆのみを操舵する二輪操舵（２ＷＳ）である場合において、制動力左右差ΔＦｘによって発生するモーメントＭｂと釣り合うモーメントが発生するように前輪を操舵する際に車両１０に発生する横力Ｇｙ２ｗｓは、以下の式（１７）で表される。
【００７７】
Ｇｙ２ｗｓ＝Ｋ１・Ｇ１（ｓ）・Ｍｂ　　…（１７）
ここで、Ｋ１は、以下の式（１８）で表される。
【００７８】
Ｋ１＝－（Ｋｆ＋Ｋｒ）／（２・Ｌ・Ｋｆ・Ｋｒ）　　…（１８）
本実施形態では、車両１０に発生する横力Ｇｙが、横力Ｇｙ２ｗｓに等しくなるものとして伝達関数Ｐ（ｓ）を導出する。即ち、Ｇｙｆ＋Ｇｙｒ＝Ｇｙ２ｗｓとして、上記式（１４）から（１８）に基づいて、伝達関数Ｐ（ｓ)を上記式（９）のように導出することができる。
【００７９】
次に、図５を参照して、ＥＣＵ１００による操舵制御について説明を加える。
【００８０】
図５は、本実施形態に係る操舵制御における、前輪目標舵角及び後輪目標舵角の経時変

化の一例を示すグラフである。

【００８１】

図５では、曲線Ｌ_βｆが目標前輪舵角βｆの経時変化の一例を示し、曲線Ｌ_βｒが目標後輪舵角βｒの経時変化の一例を示している。また、図５では、直線Ｌ_βｆ０及び直線Ｌ_βｒ０は、仮に、図４を参照して上述した操舵制御において、伝達関数Ｐ（ｓ）で表されるフィルタ及び比例要素Ｋ４が無い場合における目標前輪舵角及び目標後輪舵角（即ち、上記式（５）で表される目標前輪舵角βｆ（以下、「定常目標前輪舵角βｆ０」と適宜称する）及び上記式（６）で表される目標後輪舵角βｒ（以下、「定常目標後輪舵角βｒ０」と適宜称する））をそれぞれ表している。定常目標前輪舵角βｆ０及び定常目標後輪舵角βｒ０は、それぞれ、車両１０におけるモーメント及び横力の定常的な釣り合いを実現可能な目標前輪舵角及び目標後輪舵角である。また、図５における期間Ｔ１は、操舵制御の開始時における前輪アクチュエータ２５０と後輪アクチュエータ２７０の立ち上がり時間等を考慮した遅延期間である。

【００８２】

図５において、本実施形態ではＥＣＵ１００が図４を参照して上述した操舵制御行うので、操舵制御の過渡期間では、目標後輪舵角βｒは、定常目標後輪舵角βｒ０よりも小さな値から定常目標後輪舵角βｒ０に向かって徐々に大きくなっていき（曲線Ｌ_βｒを参照）、目標前輪舵角βｆは、定常目標前輪舵角βｆ０よりも大きな値から定常目標前輪舵角βｆ０に向かって徐々に小さくなっていく（曲線Ｌ_βｆを参照）。尚、図５では、目標後輪舵角は、目標前輪舵角と逆相であることを示すために負の値として表されている。目標後輪舵角が大きい（或いは小さい）とはその絶対値が大きい（或いは小さい）ことを意味する。

【００８３】

言い換えれば、本実施形態ではＥＣＵ１００は、後輪Ｒが操舵される後輪舵角速度が相対的に低くなり、前輪Ｆが操舵される前輪舵角速度が相対的に高くなるように、四輪操舵機構２００を制御する。

【００８４】

よって、四輪操舵機構２００における前輪アクチュエータ２５０と後輪アクチュエータ２７０との応答特性の違いなどに起因して、前輪Ｆ及び後輪Ｒがそれぞれ定常目標前輪舵角βｆ０及び定常目標後輪舵角βｒ０になるまでの過渡期間（即ち、操舵制御の過渡期間）中に車両１０の安定性が悪化してしまうことを抑制或いは防止できる。例えば、前輪アクチュエータ２５０と後輪アクチュエータ２７０との応答特性の違いなどに起因して、後輪舵角速度が前輪舵角速度よりも高くなった場合などに、後輪Ｒの操舵によって、制動力左右差ΔＦｘによって発生するモーメントＭｂと同じ方向に不要なモーメントが発生してしまうことを抑制或いは防止できる。

【００８５】

言い換えれば、本実施形態では特に、ＥＣＵ１００は、更新された目標前輪舵角βｆ’及び目標後輪舵角βｒ’に基づいて、後輪舵角速度が前輪舵角速度よりも低くなるように四輪操舵機構２００を制御するので、後輪Ｒが操舵されることにより車両１０に不要なヨーモーメント或いは横力が発生してしまうことを抑制でき、操舵制御の過渡期間における車両１０の安定性を向上させることができる。

【００８６】

以上説明したように、本実施形態によれば、四輪操舵機構２００を備えた車両１０において、操舵制御の過渡期間における車両１０の安定性を向上させることができる。

【００８７】

＜第１変形例＞

上述した伝達関数Ｐ（ｓ)においてラプラス演算子の２次の項を削除してもよい。即ち、上記式（９）に示されるように伝達関数Ｐ（ｓ）に含まれる、上記式（１０）で表される伝達関数Ｇ１（s)と上記式（１１）で表される伝達関数Ｇ２（ｓ）との比Ｇ１（ｓ）／Ｇ２（ｓ）を以下の式（１９）のように近似してもよい。

【００８８】
【数４】

$$\frac{G2(s)}{G1(s)}=\frac{\frac{4}{V}\cdot L\cdot Lr\cdot Kf\cdot s-4\cdot L\cdot Kf\cdot Kr}{\frac{4}{V}\cdot L\cdot Lr\cdot Kf\cdot s+4\cdot L\cdot Kf\cdot Kr}$$

【００８９】
…（１９）
この場合には、ＥＣＵ１００による目標前輪舵角及び目標後輪舵角の更新に係る演算量を低減することができ、該更新に係る演算速度を向上させることができる。このような演算速度の向上は、実践上大変有利である。
【００９０】
＜第２変形例＞
図４において、ＥＣＵ１００は、上述した伝達関数Ｐ（ｓ)及び比例要素Ｋ４を用いた目標前輪舵角及び目標後輪舵角の更新に加えて或いは代えて、後輪舵角速度が上限値以下となるように且つ後輪舵角速度がその上限値を超える分に応じて前輪舵角速度が増加するように、目標前輪舵角及び目標後輪舵角の更新を行ってもよい。
【００９１】
この場合には、後輪舵角速度が上限値以下となるように四輪操舵機構２００がＥＣＵ１００によって制御されるので、後輪Ｒが上限値よりも高い舵角速度で操舵されることにより車両１０に不要なヨーモーメント或いは横力が発生してしまうことを確実に抑制或いは防止できる。更に、後輪舵角速度が上限値を超える分に応じて前輪舵角速度が増加するように四輪操舵機構２００がＥＣＵ１００によって制御されるので、操舵制御の過渡期間においても車両１０に目標ヨーモーメントをより確実に生じさせることができる。これらの結果、操舵制御の過渡期間における車両１０の安定性をより一層向上させることができる。
【００９２】
＜第３変形例＞
図１及び図５において、ＥＣＵ１００は、定常目標前輪舵角βｆ０及び定常目標後輪舵角βｒ０に基づいて、目標前輪舵角速度及び目標後輪舵角速度を特定した後、この特定した目標後輪舵角速度を一部低減させ、この低減させる一部（即ち、低減させる舵角速度量）に応じて目標前輪舵角速度を増加させてもよい。即ち、ＥＣＵ１００は、定常目標前輪舵角βｆ０及び定常目標後輪舵角βｒ０に基づいて、目標前輪舵角速度及び目標後輪舵角速度を特定した後、この特定した目標後輪舵角速度の一部を目標前輪舵角速度に加えてもよい（つまり、特定した前輪側及び後輪側の目標舵角速度について後輪側の一部を、前輪側の目標舵角速度に換算して前輪側に譲渡することで、前輪側及び後輪側の目標舵角速度を更新してもよい）。これにより、前輪及び後輪が、後輪よりも前輪が高い舵角速度で、それぞれ定常目標前輪舵角βｆ０及び定常目標後輪舵角βｒ０となるように、四輪操舵機構２００がＥＣＵ１００によって制御される。よって、四輪操舵機構２００における前輪側と後輪側との応答特性の違いなどに起因して、操舵制御の過渡期間中に車両１０の安定性が悪化してしまうことを抑制或いは防止できる。
【００９３】
本発明は、上述した実施形態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操舵制御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】
【００９４】
本発明は、前後輪を操舵可能な四輪操舵機構を備えた車両において、前後輪の操舵を制

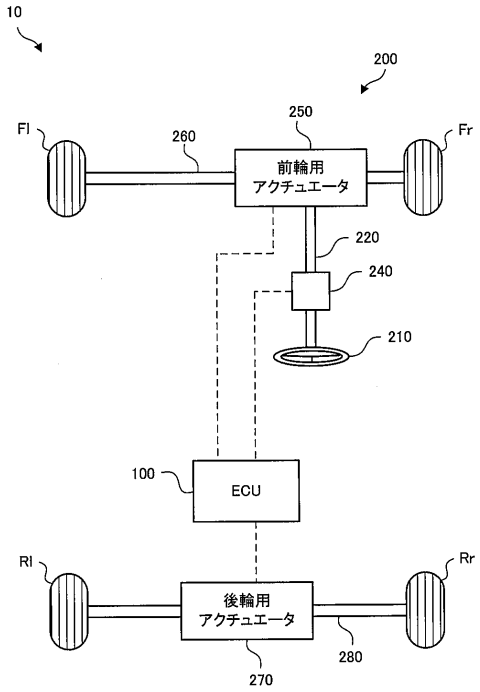
御する操舵制御装置に利用することができる。

【符号の説明】

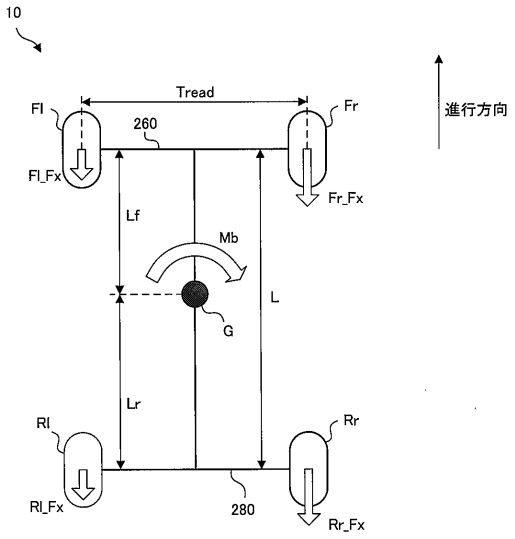
【００９５】

１０　車両
１００　ＥＣＵ
２００　四輪操舵機構
２１０　ステアリングホイール
２２０　ステアリングシャフト
２４０　操舵角センサ
２５０　前輪用アクチュエータ
２６０　前輪用操舵シャフト
２７０　後輪用アクチュエータ
２８０　後輪用操舵シャフト
Ｆｌ　左前輪
Ｆｒ　右前輪
Ｒｌ　左後輪
Ｒｒ　右後輪

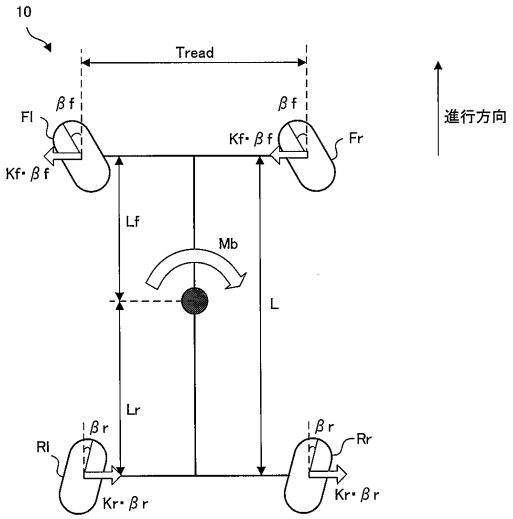
【図１】



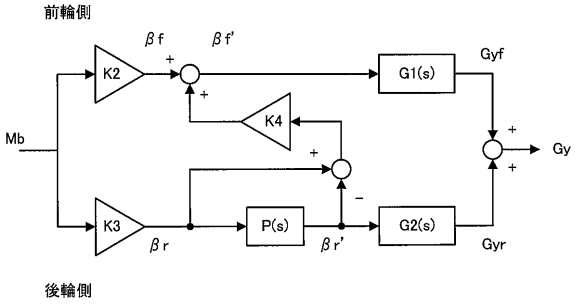
【図２】



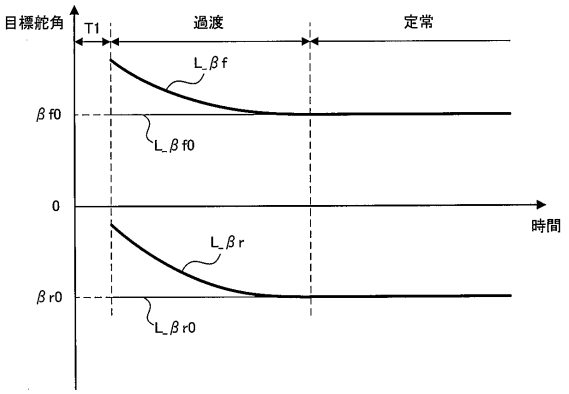
【図３】


10
Tread
βf
βf
Fl
Kf・βf
Kf・βf
Fr
進行方向
Lf
Mb
L
Lr
βr
βr
Rl
Rr
Kr・βr
Kr・βr

【図４】


前輪側
βf
βf'
K2
G1(s)
Gyf
K4
Mb
Gy
K3
P(s)
G2(s)
Gyr
βr
βr'
後輪側

【図５】


目標舵角
T1
過渡
定常
L_βf
βf0
L_βf0
0
時間
L_βr
βr0
L_βr0

フロントページの続き

(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

審査官　佐々木　智洋

(56)参考文献　特開平０１－３０９８７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３７０６６５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１４５１０６（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－０６９４９６（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１２３６１１（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－０３５１４８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B62D　6/00
B62D　5/04
B62D　7/14