

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-112238  
(P2013-112238A)

(43) 公開日 平成25年6月10日 (2013.6.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>B 6 2 K 5/10 (2013.01)</b>	B 6 2 K 5/04 C	3 D O 1 1
<b>B 6 2 K 21/00 (2006.01)</b>	B 6 2 K 21/00	3 D O 1 3

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2011-261238 (P2011-261238)	(71) 出願人	591261509 株式会社エクス・リサーチ 東京都千代田区外神田2丁目19番12号
(22) 出願日	平成23年11月30日 (2011.11.30)	(74) 代理人	100116207 弁理士 青木 俊明
		(74) 代理人	100089635 弁理士 清水 守
		(74) 代理人	100096426 弁理士 川合 誠
		(72) 発明者	山本 伸司 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクス・リサーチ内
		(72) 発明者	林 弘毅 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクス・リサーチ内 最終頁に続く

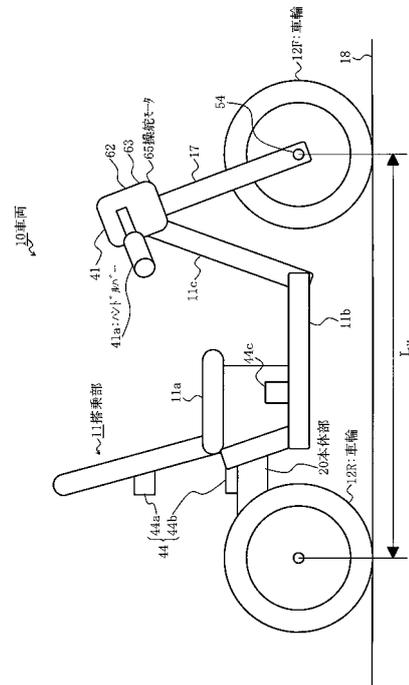
(54) 【発明の名称】 車両

(57) 【要約】

【課題】トレッドが狭い場合や、重心位置が高い場合や、操舵速度が速い場合であっても、スムーズに車体を旋回方向内側に傾斜させることができるので、車体の安定を維持することができ、また、旋回性能を向上させることができるとともに、乗員が違和感を感じることなく、乗り心地がよく、安定した走行状態を実現することができるようにする。

【解決手段】互いに連結された操舵部及び本体部を備える車体と、車体を操舵する操舵可能な操舵輪と、操舵不能な非操舵輪と、操舵部又は本体部を旋回方向に傾斜させる傾斜用アクチュエータ装置と、操舵装置から入力された操舵指令情報に基づいて操舵輪の操舵角を変化させる操舵用アクチュエータ装置とを有し、操舵指令情報の入力に対する操舵角の変化に遅れが生じるように操舵用アクチュエータ装置を制御する。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

互いに連結された操舵部及び本体部を備える車体と、  
前記操舵部に回転可能に取り付けられた車輪であって、前記車体を操舵する操舵可能な操舵輪と、

前記本体部に回転可能に取り付けられた車輪であって、操舵不能な非操舵輪と、  
操舵指令情報を入力する操舵装置と、

前記操舵部又は本体部を旋回方向に傾斜させる傾斜用アクチュエータ装置と、

前記操舵装置から入力された操舵指令情報に基づいて前記操舵輪の操舵角を変化させる操舵用アクチュエータ装置と、

前記傾斜用アクチュエータ装置及び操舵用アクチュエータ装置を制御する制御装置とを有し、

該制御装置は、前記操舵指令情報の入力に対する前記操舵角の変化に遅れが生じるように前記操舵用アクチュエータ装置を制御するとともに、前記操舵角の変化に先行して前記操舵部又は本体部が傾斜するように前記傾斜用アクチュエータ装置を制御することを特徴とする車両。

## 【請求項 2】

前記制御装置は、前記操舵指令情報の入力と車速とから、車体に作用する横加速度の予測値を算出し、該横加速度の予測値に基づくフィードフォワード制御を行って前記操舵部又は本体部を傾斜させる請求項 1 に記載の車両。

## 【請求項 3】

前記遅れは、一次遅れである請求項 1 又は 2 に記載の車両。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、少なくとも左右一対の車輪を有する車両に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、エネルギー資源の枯渇問題に鑑み、車両の省燃費化が強く要求されている。その一方で、車両の低価格化等から、車両の保有者が増大し、1人が1台の車両を保有する傾向にある。そのため、例えば、4人乗りの車両を運転者1人のみが運転することで、エネルギーが無駄に消費されるという問題点があった。車両の小型化による省燃費化としては、車両を1人乗りの三輪車又は四輪車として構成する形態が最も効率的であるといえる。

## 【0003】

しかし、走行状態によっては、車両の安定性が低下してしまうことがある。そこで、車体を横方向に傾斜させることによって、旋回時の車両の安定性を向上させる技術が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2008-155671号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、前記従来車両においては、旋回性能を向上させるために、車体を旋回方向内側に傾斜させることができるようになっているが、旋回方向外側に向けて作用する遠心力の影響によって、トレッドが狭い場合や、重心位置が高い場合や、操舵（だ）速度が速い場合には、車両の安定性が低下しやすく、乗員が不快に感じたり、不安を抱いたりしてしまうことがある。

## 【0006】

10

20

30

40

50

本発明は、前記従来の車両の問題点を解決して、操舵指令情報の入力に対する操舵輪の操舵角の変化に遅れを生じさせることによって、トレッドが狭い場合や、重心位置が高い場合や、操舵速度が速い場合であっても、スムーズに車体を旋回方向に傾斜させることができるので、車体の安定性を維持することができ、また、旋回性能を向上させることができるとともに、乗員が違和感を感じることなく、乗り心地がよく、安定した走行状態を実現することができる安全性の高い車両を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

そのために、本発明の車両においては、互いに連結された操舵部及び本体部を備える車体と、前記操舵部に回転可能に取り付けられた車輪であって、前記車体を操舵する操舵可能な操舵輪と、前記本体部に回転可能に取り付けられた車輪であって、操舵不能な非操舵輪と、操舵指令情報を入力する操舵装置と、前記操舵部又は本体部を旋回方向に傾斜させる傾斜用アクチュエータ装置と、前記操舵装置から入力された操舵指令情報に基づいて前記操舵輪の操舵角を変化させる操舵用アクチュエータ装置と、前記傾斜用アクチュエータ装置及び操舵用アクチュエータ装置を制御する制御装置とを有し、該制御装置は、前記操舵指令情報の入力に対する前記操舵角の変化に遅れが生じるように前記操舵用アクチュエータ装置を制御するとともに、前記操舵角の変化に先行して前記操舵部又は本体部が傾斜するように前記傾斜用アクチュエータ装置を制御する。

10

【発明の効果】

【0008】

請求項1の構成によれば、操舵初期に、操舵輪の操舵角が変化し始める前に、車体を旋回方向に傾斜させ始めるので、スムーズに車体を旋回方向に傾斜させることができ、操縦性や危機回避性能を犠牲とすることなしに、車体の安定性を維持することができる。

20

【0009】

請求項2及び3の構成によれば、適切な傾斜角度で車体を旋回方向に傾斜させることができ、旋回を開始したり終了したりするときのような横加速度の変化が大きいときに、制御遅れの発生を確実に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態における車両の構成を示す右側面図である。

30

【図2】本発明の実施の形態における車両のリンク機構の構成を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態における車両の構成を示す背面図である。

【図4】本発明の実施の形態における車体傾斜制御システムの構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の実施の形態における旋回走行時の車体の傾斜動作を説明する力学モデルを示す図である。

【図6】本発明の実施の形態における旋回走行時の車体の傾斜動作における操舵角の一次遅れの影響を説明する図である。

【図7】本発明の実施の形態における制御系のブロック図である。

【図8】本発明の実施の形態における横加速度演算処理の動作を示すフローチャートである。

40

【図9】本発明の実施の形態におけるリンク角速度推定処理の動作を示すフローチャートである。

【図10】本発明の実施の形態におけるハンドル角の微分処理のサブルーチンを示すフローチャートである。

【図11】本発明の実施の形態におけるフィルタ処理のサブルーチンを示すフローチャートである。

【図12】本発明の実施の形態における傾斜制御処理の動作を示すフローチャートである。

【図13】本発明の実施の形態における操舵制御処理の動作を示すフローチャートである。

50

。

【図14】本発明の実施の形態におけるリンクモータ制御処理の動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0012】

図1は本発明の実施の形態における車両の構成を示す右側面図、図2は本発明の実施の形態における車両のリンク機構の構成を示す図、図3は本発明の実施の形態における車両の構成を示す背面図である。なお、図3において、(a)は車体が直立している状態を示す図、(b)は車体が傾斜している状態を示す図である。

10

【0013】

図において、10は、本実施の形態における車両であり、車体の駆動部としての本体部20と、乗員が搭乗して操舵する操舵部としての搭乗部11と、車体の前方において幅方向の中心に配設された前輪である操舵可能な操舵輪としての車輪12Fと、後輪として後方に配設された駆動輪であって操舵不能な非操舵輪としての左側の車輪12L及び右側の車輪12Rとを有する。さらに、前記車両10は、車体を左右に傾斜させる、すなわち、リーンさせるためのリーン機構、すなわち、車体傾斜機構として、左右の車輪12L及び12Rを支持するリンク機構30と、該リンク機構30を作動させるアクチュエータである傾斜用アクチュエータ装置としてのリンクモータ25とを有する。なお、前記車両10は、前輪が左右二輪であって後輪が一輪の三輪車であってもよいし、前輪及び後輪が左右二輪の四輪車であってもよいが、本実施の形態においては、図に示されるように、前輪が一輪であって後輪が左右二輪の三輪車である場合について説明する。また、操舵輪が駆動輪として機能してもよいが、本実施の形態においては、操舵輪は駆動輪として機能しないものとして説明する。

20

【0014】

旋回時には、左右の車輪12L及び12Rの路面18に対する角度、すなわち、キャンパ角を変化させるとともに、搭乗部11及び本体部20を含む車体を旋回内輪側へ傾斜させることによって、旋回性能の向上と乗員の快適性の確保とを図ることができるようになる。すなわち、前記車両10は車体を横方向(左右方向)にも傾斜させることができる。なお、図2及び3(a)に示される例においては、左右の車輪12L及び12Rは路面18に対して直立している、すなわち、キャンパ角が0度になっている。また、図3(b)に示される例においては、左右の車輪12L及び12Rは路面18に対して右方向に傾斜している、すなわち、キャンパ角が付与されている。

30

【0015】

前記リンク機構30は、左側の車輪12L及び該車輪12Lに駆動力を付与する電気モータ等から成る左側の回転駆動装置51Lを支持する左側の縦リンクユニット33Lと、右側の車輪12R及び該車輪12Rに駆動力を付与する電気モータ等から成る右側の回転駆動装置51Rを支持する右側の縦リンクユニット33Rと、左右の縦リンクユニット33L及び33Rの上端同士を連結する上側の横リンクユニット31Uと、左右の縦リンクユニット33L及び33Rの下端同士を連結する下側の横リンクユニット31Dと、本体部20に上端が固定され、上下に延在する中央縦部材21とを有する。また、左右の縦リンクユニット33L及び33Rと上下の横リンクユニット31U及び31Dとは回転可能に連結されている。さらに、上下の横リンクユニット31U及び31Dは、その中央部で中央縦部材21と回転可能に連結されている。なお、左右の車輪12L及び12R、左右の回転駆動装置51L及び51R、左右の縦リンクユニット33L及び33R、並びに、上下の横リンクユニット31U及び31Dを統合的に説明する場合には、車輪12、回転駆動装置51、縦リンクユニット33及び横リンクユニット31として説明する。

40

【0016】

そして、駆動用アクチュエータ装置としての前記回転駆動装置51は、いわゆるインホ

50

イールモータであって、固定子としてのボディが縦リンクユニット 3 3 に固定され、前記ボディに回転可能に取り付けられた回転子としての回転軸が車輪 1 2 の軸に接続され、前記回転軸の回転によって車輪 1 2 を回転させる。なお、前記回転駆動装置 5 1 は、インホイールモータ以外の種類のモータであってもよい。

【 0 0 1 7 】

また、前記リンクモータ 2 5 は、電気モータ等を含む回転式の電動アクチュエータであって、固定子としての円筒状のボディと、該ボディに回転可能に取り付けられた回転子としての回転軸とを備えるものであり、前記ボディが取付フランジ 2 2 を介して本体部 2 0 に固定され、前記回転軸がリンク機構 3 0 の上側の横リンクユニット 3 1 U に固定されている。なお、リンクモータ 2 5 の回転軸は、本体部 2 0 を傾斜させる傾斜軸として機能し、中央縦部材 2 1 と上側の横リンクユニット 3 1 U との連結部分の回転軸と同軸になっている。そして、リンクモータ 2 5 を駆動して回転軸をボディに対して回転させると、本体部 2 0 及び該本体部 2 0 に固定された中央縦部材 2 1 に対して上側の横リンクユニット 3 1 U が回動し、リンク機構 3 0 が作動する、すなわち、屈伸する。これにより、本体部 2 0 を傾斜させることができる。なお、リンクモータ 2 5 は、その回転軸が本体部 2 0 及び中央縦部材 2 1 に固定され、そのボディが上側の横リンクユニット 3 1 U に固定されていてもよい。

10

【 0 0 1 8 】

また、リンクモータ 2 5 は、リンク機構 3 0 のリンク角の変化を検出するリンク角センサ 2 5 a を備える。該リンク角センサ 2 5 a は、リンクモータ 2 5 においてボディに対する回転軸の回転角を検出する回転角センサであって、例えば、レゾルバ、エンコーダ等から成る。前述のように、リンクモータ 2 5 を駆動して回転軸をボディに対して回転させると、本体部 2 0 及び該本体部 2 0 に固定された中央縦部材 2 1 に対して上側の横リンクユニット 3 1 U が回動するのであるから、ボディに対する回転軸の回転角を検出することによって、中央縦部材 2 1 に対する上側の横リンクユニット 3 1 U の角度の変化、すなわち、リンク角の変化を検出することができる。

20

【 0 0 1 9 】

なお、リンクモータ 2 5 は、回転軸をボディに対して回転不能に固定する図示されないロック機構を備える。該ロック機構は、メカニカルな機構であって、回転軸をボディに対して回転不能に固定している間には電力を消費しないものであることが望ましい。前記ロック機構によって、回転軸をボディに対して所定の角度で回転不能に固定することができる。

30

【 0 0 2 0 】

前記搭乗部 1 1 は、本体部 2 0 の前端に図示されない連結部を介して連結される。該連結部は、搭乗部 1 1 と本体部 2 0 とを所定の方向に相対的に変位可能に連結する機能を有していてもよい。

【 0 0 2 1 】

また、前記搭乗部 1 1 は、座席 1 1 a、フットレスト 1 1 b 及び風よけ部 1 1 c を備える。前記座席 1 1 a は、車両 1 0 の走行中に乗員が着座するための部位である。また、前記フットレスト 1 1 b は、乗員の足部を支持するための部位であり、座席 1 1 a の前方側（図 1 における右側）下方に配設される。

40

【 0 0 2 2 】

さらに、搭乗部 1 1 の後方若しくは下方又は本体部 2 0 には、図示されないバッテリー装置が配設されている。該バッテリー装置は、回転駆動装置 5 1 及びリンクモータ 2 5 のエネルギー供給源である。また、搭乗部 1 1 の後方若しくは下方又は本体部 2 0 には、図示されない制御装置、インバータ装置、各種センサ等が収納されている。

【 0 0 2 3 】

そして、座席 1 1 a の前方には、操縦装置 4 1 が配設されている。該操縦装置 4 1 には、乗員が操作して操舵方向、操舵角等の操舵指令情報を入力する操舵装置としてのハンドルバー 4 1 a、速度メータ等のメータ、インジケータ、スイッチ等の操縦に必要な部材が

50

配設されている。乗員は、前記ハンドルバー 4 1 a 及びその他の部材を操作して、車両 1 0 の走行状態（例えば、進行方向、走行速度、旋回方向、旋回半径等）を指示する。なお、前記操舵装置として、ハンドルバー 4 1 a に代えて他の装置、例えば、ステアリングホイール、ジョグダイヤル、タッチパネル、押しボタン等の装置を使用することもできる。

#### 【0024】

なお、車輪 1 2 F は、サスペンション装置（懸架装置）の一部である前輪フォーク 1 7 を介して搭乗部 1 1 に接続されている。前記サスペンション装置は、例えば、一般的なオートバイ、自転車等において使用されている前輪用のサスペンション装置と同様の装置であり、前記前輪フォーク 1 7 は、例えば、スプリングを内蔵したテレスコピックタイプのフォークである。そして、一般的なオートバイ、自転車等の場合と同様に、乗員によるハンドルバー 4 1 a の操作に応じて操舵輪としての車輪 1 2 F は操舵角を変化させ、これにより、車両 1 0 の進行方向が変化する。

10

#### 【0025】

具体的には、前記ハンドルバー 4 1 a は、図示されない操舵軸部材の上端に接続され、該操舵軸部材の上端は、搭乗部 1 1 が備える図示されないフレーム部材に対して回転可能に取り付けられている。前記操舵軸部材は、上端が下端よりも後方に位置するように斜めに傾斜した状態で、前記フレーム部材に取り付けられている。そして、前記操舵軸部材の上端のフレーム部材に対する回転角、すなわち、乗員がハンドルバー 4 1 a を操作して入力した操舵角指令値としてのハンドル角は、入力操舵角検出手段としてのハンドル角センサ 6 2 によって検出される。該ハンドル角センサ 6 2 は、例えば、エンコーダ等から成る。

20

#### 【0026】

また、前記操舵軸部材の上端と下端との間には、操舵用アクチュエータ装置としての操舵モータ 6 5 が配設されており、該操舵モータ 6 5 が、前記ハンドル角センサ 6 2 によって検出されたハンドル角に基づいて、前記操舵軸部材の下端を回転させる。なお、該操舵軸部材の下端は、前記フレーム部材に対して回転可能に取り付けられ、かつ、前輪フォーク 1 7 の上端に接続されている。そして、前記操舵軸部材の下端の前記フレーム部材に対する回転角、すなわち、操舵モータ 6 5 が出力し、前輪フォーク 1 7 を介して車輪 1 2 F に伝達される操舵角は、出力操舵角検出手段としての操舵角センサ 6 3 によって検出される。該操舵角センサ 6 3 は、例えば、操舵モータ 6 5 においてボディに対する回転軸の回転角を検出する回転角センサであって、レゾルバ、エンコーダ等から成る。なお、前輪である車輪 1 2 F の車軸と後輪である左右の車輪 1 2 L 及び 1 2 R の車軸との距離、すなわち、ホイールベースは  $L_H$  である。

30

#### 【0027】

さらに、車輪 1 2 F の車軸を支持する前輪フォーク 1 7 の下端には、車両 1 0 の走行速度である車速を検出する車速検出手段としての車速センサ 5 4 が配設されている。該車速センサ 5 4 は、車輪 1 2 F の回転速度に基づいて車速を検出するセンサであり、例えば、エンコーダ等から成る。

#### 【0028】

本実施の形態において、車両 1 0 は横加速度センサ 4 4 を有する。該横加速度センサ 4 4 は、一般的な加速度センサ、ジャイロセンサ等から成るセンサであって、車両 1 0 の横加速度、すなわち、車体の幅方向としての横方向（図 3 における左右方向）の加速度を検出する。

40

#### 【0029】

車両 1 0 は、旋回時に車体を旋回内側に傾斜させて安定させるので、車体を傾斜させることによって、旋回時の旋回外側への遠心力と重力とが釣り合うような角度になるように制御される。このような制御を行うことによって、例えば、路面 1 8 が進行方向と垂直な方向（進行方向に対する左右方向）に傾斜していたとしても、常に車体を水平に保つことが可能になる。これにより、車体及び乗員には、見かけ上、常に重力が鉛直下向きにかかっていることになり、違和感が低減され、また、車両 1 0 の安定性が向上する。

50

## 【 0 0 3 0 】

そこで、本実施の形態においては、傾斜する車体の横方向の加速度を検出するために、横加速度センサ 4 4 を車体に取り付け、横加速度センサ 4 4 の出力がゼロとなるようにフィードバック制御を行う。これにより、旋回時に作用する遠心力と重力とが釣り合う傾斜角まで、車体を傾斜させることができる。また、進行方向と垂直な方向に路面 1 8 が傾斜している場合でも、車体が鉛直になる傾斜角となるように制御することができる。なお、前記横加速度センサ 4 4 は、車体の幅方向の中心、すなわち、車体の縦方向軸線上に位置するように配設されている。

## 【 0 0 3 1 】

しかし、横加速度センサ 4 4 が 1 つであると、不要加速度成分をも検出してしまうことがある。例えば、車両 1 0 の走行中、路面 1 8 の窪（くぼ）みに左右の車輪 1 2 L 及び 1 2 R のいずれか一方のみが落下する場合があります。この場合、車体が傾斜するので、横加速度センサ 4 4 は、周方向に変位し、周方向の加速度を検出することになる。つまり、遠心力や重力に直接由来しない加速度成分、すなわち、不要加速度成分が検出されてしまう。

10

## 【 0 0 3 2 】

また、車両 1 0 は、例えば、車輪 1 2 L 及び 1 2 R のタイヤ部分のように弾性を備え、ばねとして機能する部分を含み、また、各部材の接続部等に不可避免的なガタが含まれる。そのため、横加速度センサ 4 4 は、不可避免的なガタやばねを介して車体に取り付けられていると考えられるので、ガタやばねの変位によって生じる加速度をも不要加速度成分として検出してしまう。

20

## 【 0 0 3 3 】

このような不要加速度成分は、車体傾斜制御システムの制御性を悪化させる可能性がある。例えば、車体傾斜制御システムの制御ゲインを大きくすると、不要加速度成分に起因する制御系の振動、発散等が発生するので、応答性を向上させようとしても制御ゲインを大きくすることができなくなってしまう。

## 【 0 0 3 4 】

そこで、本実施の形態においては、横加速度センサ 4 4 が複数であって、互いに異なる高さに配設されている。図 1 及び 3 に示される例において、横加速度センサ 4 4 は、第 1 横加速度センサ 4 4 a 及び第 2 横加速度センサ 4 4 b の 2 つであって、第 1 横加速度センサ 4 4 a と第 2 横加速度センサ 4 4 b とは互いに異なる高さ位置に配設されている。第 1 横加速度センサ 4 4 a 及び第 2 横加速度センサ 4 4 b の位置を適切に選択することで、効果的に不要加速度成分を取り除くことができる。

30

## 【 0 0 3 5 】

具体的には、図 3 ( a ) に示されるように、第 1 横加速度センサ 4 4 a は、搭乗部 1 1 の背面において、路面 1 8 からの距離、すなわち、高さが  $L_1$  の位置に配設されている。また、第 2 横加速度センサ 4 4 b は、搭乗部 1 1 の背面又は本体部 2 0 の上面において、路面 1 8 からの距離、すなわち、高さが  $L_2$  の位置に配設されている。なお、 $L_1 > L_2$  である。そして、旋回走行時に、図 3 ( b ) に示されるように、車体を旋回内側（図において右側）に傾けた状態で旋回すると、第 1 横加速度センサ 4 4 a は、横方向の加速度を検出して検出値  $a_1$  を出力し、第 2 横加速度センサ 4 4 b は、横方向の加速度を検出して検出値  $a_2$  を出力する。なお、車体が傾く際の傾斜運動の中心、すなわち、ロール中心は、厳密には路面 1 8 よりわずかに下方に位置するが、実際には、概略路面 1 8 と等しい位置であると考えられる。

40

## 【 0 0 3 6 】

前記第 1 横加速度センサ 4 4 a 及び第 2 横加速度センサ 4 4 b は、ともに、十分に剛性の高い部材に取り付けられることが望ましい。また、 $L_1$  と  $L_2$  との差は、小さいと検出値  $a_1$  及び  $a_2$  の差が小さくなるので、十分に大きいこと、例えば、0.3 [m] 以上、とすることが望ましい。さらに、前記第 1 横加速度センサ 4 4 a 及び第 2 横加速度センサ 4 4 b は、ともに、リンク機構 3 0 よりも上方に配設されることが望ましい。さらに、車

50

体がサスペンション等のばねで支持されている場合、前記第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bは、ともに、いわゆる「ばね上」に配設されることが望ましい。さらに、前記第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bは、ともに、前輪である車輪12Fの車軸と後輪である左右の車輪12L及び12Rの車軸との間に配設されることが望ましい。さらに、前記第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bは、ともに、可能な限り乗員の近くに配設されることが望ましい。さらに、前記第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bは、ともに、上側から観て進行方向に延在する車体の中心軸上に位置すること、すなわち、進行方向に関してオフセットされないことが望ましい。

#### 【0037】

本実施の形態においては、車体の傾斜運動の角速度を検出するロールレートセンサ44cが配設されている。具体的には、該ロールレートセンサ44cは、上側から観て進行方向に延在する車体の中心軸上に位置すること、すなわち、進行方向に関してオフセットされないことが望ましく、例えば、座席11aとフットレスト11bとの間に配設される。

#### 【0038】

なお、前記ロールレートセンサ44cは、一般的なロールレートセンサであって、例えば、ジャイロセンサを、路面18と垂直方向の面内での回転角速度を検出することができるように取り付けられたものである。

#### 【0039】

また、本実施の形態における車両10は、制御装置の一部としての車体傾斜制御システムを有する。該車体傾斜制御システムは、一種のコンピュータシステムであり、ECU(Electronic Control Unit)等から成る傾斜制御装置及び操舵制御装置を備える。前記傾斜制御装置は、プロセッサ等の演算手段、磁気ディスク、半導体メモリ等の記憶手段、入出力インターフェイス等を備え、リンク角センサ25a、第1横加速度センサ44a、第2横加速度センサ44b、ロールレートセンサ44c、車速センサ54、ハンドル角センサ62及びリンクモータ25に接続されている。そして、前記傾斜制御装置は、リンクモータ25を作動させるためのトルク指令値を出力する。また、前記操舵制御装置は、プロセッサ等の演算手段、磁気ディスク、半導体メモリ等の記憶手段、入出力インターフェイス等を備え、ハンドル角センサ62、操舵角センサ63、車速センサ54及び操舵モータ65に接続されている。そして、前記操舵制御装置は、操舵モータ65を作動させるための制御パルスを出力する。なお、前記傾斜制御装置と操舵制御装置とは相互に接続されている。また、前記傾斜制御装置及び操舵制御装置は、必ずしも別個に構成される必要はなく、一体的に構成されたものであってもよい。

#### 【0040】

前記傾斜制御装置は、旋回走行の際には、フィードバック制御及びフィードフォワード制御を行い、車体の傾斜角度が、横加速度センサ44が検出する横加速度の値がゼロとなる角度になるように、リンクモータ25を作動させる。つまり、旋回外側への遠心力と重力とが釣り合っ、横方向の加速度成分がゼロとなる角度になるように、車体の傾斜角度を制御する。これにより、車体及び搭乗部11に搭乗している乗員には、車体の縦方向軸線と平行な方向の力が作用することとなる。したがって、車体の安定性を維持することができ、また、旋回性能を向上させることができる。

#### 【0041】

また、傾斜方向への外乱を受けたときには、車体の傾斜角度の変化のうちの外乱による部分を抽出し、残余の部分に対しては通常モードで車体の傾斜角度を制御するとともに、抽出した部分に対しては外乱対応モードで車体の傾斜角度を制御する。したがって、外乱を受けたときでも、車体の安定性を維持することができる。また、乗員が違和感を感じるものがなく、乗り心地が向上する。

#### 【0042】

さらに、本実施の形態においては、操舵指令情報の入力に対する操舵輪の操舵角の変化に遅れを生じさせることにより、操舵角の変化に先行して、旋回方向に車体を傾斜させる

10

20

30

40

50

。つまり、乗員がハンドルバー 4 1 a を操作して入力した操舵角指令値としてのハンドル角の変化に対して操舵輪である車輪 1 2 F の操舵角が遅れて変化する。

【 0 0 4 3 】

これにより、操舵初期（乗員がハンドルバー 4 1 a を操作し始めた時、つまり、ハンドルを切り始めた時）に、操舵輪としての車輪 1 2 F の操舵角が変化し始める前に、操舵方向（ハンドルを切った方向）に向けて車体が傾斜し始める。そのため、スムーズに車体を旋回方向に傾斜させることができる。つまり、操舵初期において操舵輪としての車輪 1 2 F の操舵角の変化に先行して、旋回方向に向けて車体の重心を移動させることができるので、スムーズに車体を旋回方向に傾斜させることができる。

【 0 0 4 4 】

また、操舵指令情報の入力と車速とから、車体に作用する横加速度の予測値を算出し、該横加速度の予測値に基づくフィードフォワード制御を行ってリンクモータ 2 5 を作動させ、車体の傾斜を制御する。これにより、適切な傾斜角度で車体を旋回方向に傾斜させることができ、旋回開始時や終了時のような横加速度の変化が大きい状態でも、制御遅れが発生することがない。

【 0 0 4 5 】

このような操舵制御を行うことなしに車体傾斜制御を行うと、例えば、トレッド（左右の車輪 1 2 L 及び 1 2 R の接地点間の距離）が狭い場合や、車両 1 0 の重心位置が高い場合や、操舵速度（ハンドルを切る速度）が速い場合には、旋回によって発生する遠心力が旋回方向と反対方向に車体を傾斜させる力として作用するので、旋回方向に車体を傾斜させにくく、車両 1 0 の安定性が低下することがある。もっとも、操舵輪としての車輪 1 2 F の操舵角の速度又は加速度を低下させれば、遠心力を抑制して、スムーズに車体を旋回方向に傾斜させることができるので、車体の安定性を維持することができる。しかし、この場合、車両 1 0 の運動性能が低下するので、操縦性が悪化するとともに、危機回避性能も低下してしまう。

【 0 0 4 6 】

これに対して、本実施の形態においては、前述のように、操舵初期において操舵輪としての車輪 1 2 F の操舵角が変化し始める前に、旋回方向に向けて車体が傾斜し始めるので、スムーズに車体を旋回方向に傾斜させることができ、操縦性や危機回避性能を犠牲とすることなしに、車体の安定性を維持することができる。

【 0 0 4 7 】

次に、前記車体傾斜制御システムの構成について説明する。

【 0 0 4 8 】

図 4 は本発明の実施の形態における車体傾斜制御システムの構成を示すブロック図である。

【 0 0 4 9 】

図において、4 6 は傾斜制御装置としての傾斜制御 E C U であり、リンク角センサ 2 5 a、第 1 横加速度センサ 4 4 a、第 2 横加速度センサ 4 4 b、ロールレートセンサ 4 4 c、車速センサ 5 4、ハンドル角センサ 6 2 及びリンクモータ 2 5 に接続されている。また、前記傾斜制御 E C U 4 6 は、横加速度演算部 4 8、リンク角速度推定部 5 0、外乱演算部 4 3、傾斜制御部 4 7 及びリンクモータ制御部 4 2 を備える。

【 0 0 5 0 】

また、6 1 は操舵制御装置としての操舵制御 E C U であり、ハンドル角センサ 6 2、操舵角センサ 6 3、車速センサ 5 4 及び操舵モータ 6 5 に接続されている。さらに、前記操舵制御 E C U 6 1 は、操舵制御部 6 6 及び操舵モータ制御部 6 7 を備える。

【 0 0 5 1 】

ここで、前記横加速度演算部 4 8 は、第 1 横加速度センサ 4 4 a 及び第 2 横加速度センサ 4 4 b が検出した横加速度に基づいて合成横加速度を算出する。また、前記リンク角速度推定部 5 0 は、ハンドル角センサ 6 2 が検出したハンドル角、及び、車速センサ 5 4 が検出した車速に基づいてリンク角速度予測値を算出する。さらに、前記外乱演算部 4 3 は

10

20

30

40

50

、ロールレートセンサ 44c が検出した車体の傾斜運動の角速度としてのロールレート、及び、リンク角センサ 25a が検出したリンク角に基づいて外乱分のロールレートを算出する。

【0052】

そして、前記傾斜制御部 47 は、横加速度演算部 48 が算出した合成横加速度、リンク角速度推定部 50 が算出したリンク角速度予測値、及び、外乱演算部 43 が算出した外乱分のロールレートに基づいて、制御値としての速度指令値を演算して出力する。さらに、前記リンクモータ制御部 42 は、傾斜制御部 47 が出力した速度指令値、及び、操舵制御部 66 が出力した操舵輪操舵角指令値に基づいてリンクモータ 25 を作動させるための制御値としてのトルク指令値を出力する。

10

【0053】

また、前記操舵制御部 66 は、ハンドル角センサ 62 が検出したハンドル角、及び、車速センサ 54 が検出した車速に基づいて、制御値としての操舵輪操舵角指令値を演算して出力する。前記操舵モータ制御部 67 は、操舵角センサ 63 が検出した操舵角、及び、操舵制御部 66 が出力した操舵輪操舵角指令値に基づいて操舵モータ 65 を作動させるための制御値としての制御パルスを出力する。

【0054】

次に、前記構成の車両 10 の動作について説明する。まず、旋回走行における車体傾斜制御処理の動作の概略について説明する。

【0055】

図 5 は本発明の実施の形態における旋回走行時の車体の傾斜動作を説明する力学モデルを示す図、図 6 は本発明の実施の形態における旋回走行時の車体の傾斜動作における操舵角の一次遅れの影響を説明する図である。なお、図 6 において、(a-1) ~ (a-3) は一次遅れがない場合の車体の経時変化を示す図、(b-1) ~ (b-3) は一次遅れがある場合の車体の経時変化を示す図である。

20

【0056】

本実施の形態において、車体傾斜制御システムは、旋回走行が開始されると、車体傾斜制御処理を開始する。姿勢制御が行われることで、車両 10 は、リンク機構 30 によって、旋回走行時には、図 3 (b) に示されるように、車体を旋回内側 (図において右側) に傾けた状態で旋回する。また、旋回走行時には、旋回外側への遠心力が車体に作用するとともに、車体を旋回内側に傾けたことによって重力の横方向成分が発生する。そして、横加速度演算部 48 は、横加速度演算処理を実行し、合成横加速度  $a$  を算出して傾斜制御部 47 に出力する。すると、該傾斜制御部 47 は、フィードバック制御を行い、合成横加速度  $a$  の値がゼロとなるような制御値としての速度指令値を出力する。そして、リンクモータ制御部 42 は、傾斜制御部 47 が出力した速度指令値に基づいてトルク指令値をリンクモータ 25 に出力する。

30

【0057】

また、図 5 において、44A は車体において第 1 横加速度センサ 44a の配設された位置を示す第 1 センサ位置であり、44B は車体において第 2 横加速度センサ 44b の配設された位置を示す第 2 センサ位置である。

40

【0058】

第 1 横加速度センサ 44a 及び第 2 横加速度センサ 44b が検出してその検出値を出力する加速度は、1 旋回時に車体に作用する遠心力、2 車体を旋回内側に傾けたことによって発生する重力の横方向成分、3 左右の車輪 12L 及び 12R のいずれか一方のみが路面 18 の窪みに落下することによる車体の傾斜、ガタやばねの変位等により第 1 横加速度センサ 44a 及び第 2 横加速度センサ 44b が周方向に変位することによって生じる加速度、並びに、4 リンクモータ 25 の作動又はその反作用により第 1 横加速度センサ 44a 及び第 2 横加速度センサ 44b が周方向に変位することによって生じる加速度、の 4 つであると考えられる。これら 4 つの加速度のうち、前記 1 及び 2 は、第 1 横加速度センサ 44a 及び第 2 横加速度センサ 44b の高さ、すなわち、 $L_1$  及び

50

$L_2$  と無関係である。一方、前記 3 及び 4 は、周方向に変位することによって生じる加速度であるから、ロール中心からの距離に比例する、すなわち、概略  $L_1$  及び  $L_2$  に比例する。

【0059】

ここで、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bが検出してその検出値を出力する 3 の加速度を  $a_{x1}$  及び  $a_{x2}$  とし、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bが検出してその検出値を出力する 4 の加速度を  $a_{M1}$  及び  $a_{M2}$  とする。また、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bが検出してその検出値を出力する 1 の加速度を  $a_T$  とし、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bが検出してその検出値を出力する 2 の加速度を  $a_G$  とする。なお、前記 1 及び 2 は、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bの高さに無関係なので、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bの検出値は等しい。

10

【0060】

そして、左右の車輪12L及び12Rのいずれか一方のみが路面18の窪みに落下することによる車体の傾斜、ガタやばねの変位等による周方向の変位の角速度を  $R$  とし、その角加速度を  $R'$  とする。また、リンクモータ25の作動又はその反作用による周方向の変位の角速度を  $M$  とし、その角加速度を  $M'$  とする。なお、角速度  $M$  又は角加速度  $M'$  は、リンク角センサ25aの検出値から取得することができる。

【0061】

すると、 $a_{x1} = L_1 R'$ 、 $a_{x2} = L_2 R'$ 、 $a_{M1} = L_1 M'$ 、 $a_{M2} = L_2 M'$  となる。

20

【0062】

また、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bが検出して出力する加速度の検出値を  $a_1$  及び  $a_2$  とすると、 $a_1$  及び  $a_2$  は、4つの加速度 1 ~ 4 の合計であるから、次の式(1)及び(2)で表される。

$$a_1 = a_T + a_G + L_1 R' + L_1 M' \quad \dots \text{式(1)}$$

$$a_2 = a_T + a_G + L_2 R' + L_2 M' \quad \dots \text{式(2)}$$

そして、式(1)から式(2)を減算すると、次の式(3)を得ることができる。

$$a_1 - a_2 = (L_1 - L_2) R' + (L_1 - L_2) M' \quad \dots \text{式(3)}$$

30

ここで、 $L_1$  及び  $L_2$  の値は、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bの高さであるから既知である。また、 $M'$  の値は、リンクモータ25の角速度  $M$  の微分値であるから既知である。すると、前記式(3)の右辺においては、第1項の  $R'$  の値のみが未知であり、他の値はすべて既知である。したがって、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bの検出値  $a_1$  及び  $a_2$  から、 $R'$  の値を得ることが可能である。つまり、第1横加速度センサ44a及び第2横加速度センサ44bの検出値  $a_1$  及び  $a_2$  に基づいて、不要加速度成分を取り除くことができる。

【0063】

ところで、操舵指令情報の入力に対する操舵輪の操舵角の変化に一次遅れが生じない場合、すなわち、乗員がハンドルバー41aを操作して入力した操舵角指令値としてのハンドル角の変化に対して、全く遅れることなく、操舵輪である車輪12Fの操舵角が変化する場合には、図6(a-1)~(a-3)に示されるように、車体の姿勢が変化してしまうことが考えられる。

40

【0064】

なお、図6において、車両10は、模式的に描画され、車輪12F、12L及び12Rのみが示されている。また、Mは車両10の重心であり、aは重心Mに作用する横加速度であり、合成横加速度aに等しいと考えられる。

【0065】

例えば、乗員が右方向に旋回しようとしてハンドルバー41aを急激に操作した状態、すなわち、右方向に急ハンドルを切った状態を想定する。この状態で、ハンドルバー41

50

aのハンドル角の変化と車輪12Fの操舵角の変化との間に一次遅れがないとすると、直ちに車輪12Fの操舵角が変化する(図6(a-1))。その結果、車体が旋回を開始して遠心力としての横加速度aが立ち上がる、すなわち、発生する。すると、傾斜制御ECU46の傾斜制御部47は、合成横加速度aの値がゼロとなるような制御値をリンクモータ制御部42に対して出力し、該リンクモータ制御部42はそれに応じてリンクモータ25を作動させ、リンク機構30の作動を開始させる(図6(a-2))。

【0066】

しかし、急ハンドルの結果、車体が急旋回しているため、横加速度aは、急激に立ち上がって大きな値となり、リンク機構30を作動させて車体を旋回内側(図6における右側)に傾けようとしても、車体を傾けることが不可能となる。横加速度aが非常に大きな場合には、リンク機構30を作動させても、車体がむしろ旋回外側(図6における左側)に傾いてしまうことも考えられる(図6(a-3))。そうすると、車両10の安定性が低下し、乗員が不快に感じたり、不安を抱いたりしてしまう。

【0067】

これに対し、本実施の形態においては、操舵指令情報の入力に対する操舵輪の操舵角の変化に一次遅れを生じさせる、すなわち、乗員がハンドルバー41aを操作して入力した操舵角指令値としてのハンドル角の変化に対して、操舵輪である車輪12Fの操舵角が遅れて変化するようになっているので、図6(b-1)~(b-3)に示されるように、車体の姿勢が変化する。

【0068】

操舵指令情報の入力に対する操舵輪の操舵角の変化に一次遅れが生じない場合と同様に、乗員が右方向に旋回しようとしてハンドルバー41aを急激に操作した状態、すなわち、右方向に急ハンドルを切った状態を想定する。この状態で、ハンドルバー41aのハンドル角の変化と車輪12Fの操舵角の変化との間に一次遅れがあるので、車輪12Fの操舵角は変化しない(図6(b-1))。つまり、一次遅れの期間は、車体が旋回を開始しないので、遠心力としての横加速度aが立ち上がらない、すなわち、発生しない。

【0069】

一方、操舵制御ECU61の操舵制御部66は、ハンドル角センサ62が検出したハンドル角に応じた制御値をリンクモータ制御部42に対して出力し、該リンクモータ制御部42はそれに応じてリンクモータ25を作動させ、リンク機構30の作動を開始させる(図6(b-2))。すると、リンク機構30の作動が開始されることによって、車体が旋回内側(図6における右側)に傾き始める。その後、車輪12Fの操舵角が変化し始める(図6(b-3))。

【0070】

このように、本実施の形態においては、旋回による遠心力としての横加速度aが立ち上がる前に車体を旋回内側に傾けることができるので、車両10の安定性が低下することなく、旋回性能を向上させることができる。

【0071】

次に、旋回走行における車体傾斜制御処理の動作の一部である横加速度演算処理の動作について説明する。

【0072】

図7は本発明の実施の形態における制御系のブロック図、図8は本発明の実施の形態における横加速度演算処理の動作を示すフローチャートである。

【0073】

本実施の形態における車体傾斜制御処理では、図7に示されるような傾斜制御ECU46による傾斜制御と操舵制御ECU61による操舵制御とを組み合わせた制御が行われる。なお、傾斜制御ECU46による傾斜制御は、フィードバック制御とフィードフォワード制御とを組み合わせた制御である。

【0074】

図7において、 $f_1$ は後述される式(6)で表される伝達関数であり、 $G_p$ 及び $G_{yD}$ は

10

20

30

40

50

比例制御動作の制御ゲインであり、LPFはローパスフィルタであり、 $s$ は微分素子であり、 $G(s)$ は一次遅れ動作を生成する伝達関数である。また、 $f_2$ は後述される式(10)で表されるリンク角速度予測値である。

【0075】

なお、車体傾斜制御処理は、車両10の電源が投入されている間、車体傾斜制御システムによって繰り返し所定の制御周期 $T_s$ (例えば、5[msec])で実行される処理であり、旋回時において、旋回性能の向上と乗員の快適性の確保とを図る処理である。

【0076】

車体傾斜制御システムが車体傾斜制御処理を開始すると、横加速度演算部48は、横加速度演算処理を開始し、まず、第1横加速度センサ値 $a_1$ を取得するとともに(ステップS1)、第2横加速度センサ値 $a_2$ を取得する(ステップS2)。そして、横加速度演算部48は、加速度差 $a$ を算出する(ステップS3)。該 $a$ は次の式(4)によって表される。

$$a = a_1 - a_2 \quad \dots \text{式(4)}$$

続いて、横加速度演算部48は、 $L$ 呼出を行うとともに(ステップS4)、 $L_2$ 呼出を行う(ステップS5)。前記 $L$ は次の式(5)によって表される。

$$L = L_1 - L_2 \quad \dots \text{式(5)}$$

続いて、横加速度演算部48は、合成横加速度 $a$ を算出する(ステップS6)。なお、合成横加速度 $a$ は、横加速度センサ44が1つである場合における横加速度センサ値 $a$ に相当する値であって、第1横加速度センサ値 $a_1$ と第2横加速度センサ値 $a_2$ とを合成した値であり、次の式(6)及び(7)によって得られる。

$$a = a_2 - (L_2 / L) a \quad \dots \text{式(6)}$$

$$a = a_1 - (L_1 / L) a \quad \dots \text{式(7)}$$

理論上は、式(6)によっても式(7)によっても、同じ値を得ることができるが、周方向の変位によって生じる加速度はロール中心からの距離に比例するので、実際上は、ロール中心により近い方の横加速度センサ44、すなわち、第2横加速度センサ44bの検出値である $a_2$ を基準にすることが望ましい。そこで、本実施の形態においては、式(6)によって合成横加速度 $a$ を算出することとする。

【0077】

最後に、横加速度演算部48は、傾斜制御部47へ合成横加速度 $a$ を送出して(ステップS7)、横加速度演算処理を終了する。

【0078】

このように、本実施の形態においては、第1横加速度センサ44aと第2横加速度センサ44bとを互いに異なる高さ位置に配設し、第1横加速度センサ値 $a_1$ と第2横加速度センサ値 $a_2$ とを合成した合成横加速度 $a$ を算出し、該合成横加速度 $a$ の値がゼロとなるように、フィードバック制御を行って車体の傾斜角度を制御する。

【0079】

これにより、不要加速度成分を取り除くことができるので、路面状況の影響を受けることがなく、制御系の振動、発散等の発生を防止することができ、車体傾斜制御システムの制御ゲインを大きくして制御の応答性を向上させることができる。

【0080】

なお、本実施の形態においては、横加速度センサ44が2つである場合について説明したが、横加速度センサ44は、複数であって互いに異なる高さに配設されていれば、3つ以上であってもよく、いくつであってもよい。

【0081】

次に、旋回走行におけるリンク角速度を推定するリンク角速度推定処理の動作について説明する。

【0082】

図9は本発明の実施の形態におけるリンク角速度推定処理の動作を示すフローチャート、図10は本発明の実施の形態におけるハンドル角の微分処理のサブルーチンを示すフロ

10

20

30

40

50

ーチャート、図 11 は本発明の実施の形態におけるフィルタ処理のサブルーチンを示すフローチャートである。

【0083】

リンク角速度推定部 50 は、リンク角速度推定処理を開始すると、まず、ハンドル角センサ 62 が検出したハンドル角の値であるハンドル角センサ値 を取得するとともに（ステップ S11）、車速センサ 54 が検出した車速の値である車速センサ値 を取得する（ステップ S12）。前記ハンドル角は、乗員がハンドルバー 41a を操作して入力した操舵角指令値である。

【0084】

そして、リンク角速度推定部 50 は、ハンドル角の微分処理を実行し（ステップ S13）、 を算出する。該 は、ハンドル角を時間微分した値であり、ハンドル角速度に相当する。

10

【0085】

ハンドル角の微分処理において、リンク角速度推定部 50 は、まず、  $\theta_{id}$  呼出を行う（ステップ S13-1）。なお、  $\theta_{id}$  は、前回の車体傾斜制御処理実行時に保存された  $\theta_{id}(t)$  の値である。なお、初期設定においては、  $\theta_{id} = 0$  とされている。

【0086】

続いて、リンク角速度推定部 50 は、制御周期  $T_s$  を取得する（ステップ S13-2）。

【0087】

続いて、リンク角速度推定部 50 は、ハンドル角微分値 を算出する（ステップ S13-3）。 は、次の式（8）によって算出される。

20

$$= (\theta(t) - \theta_{id}) / T_s \quad \cdots \text{式(8)}$$

そして、リンク角速度推定部 50 は、  $\theta_{id} = \theta(t)$  として保存し（ステップ S13-4）、ハンドル角の微分処理を終了する。

【0088】

続いて、リンク角速度推定部 50 は、ハンドル角微分値 に対して、フィルタ処理を実行する（ステップ S14）。

【0089】

フィルタ処理において、リンク角速度推定部 50 は、まず、制御周期  $T_s$  を取得する（ステップ S14-1）。

30

【0090】

続いて、リンク角速度推定部 50 は、カットオフ周波数  $w$  を取得する（ステップ S14-2）。

【0091】

続いて、リンク角速度推定部 50 は、  $\theta_{id}$  呼出を行う（ステップ S14-3）。なお、  $\theta_{id}$  は、前回の車体傾斜制御処理実行時に保存された  $\theta_{id}(t)$  の値である。

【0092】

続いて、リンク角速度推定部 50 は、フィルタ処理されたハンドル角微分値  $\dot{\theta}(t)$  を算出する（ステップ S14-4）。  $\dot{\theta}(t)$  は、次の式（9）によって算出される。

40

$$\dot{\theta}(t) = \theta_{id} / (1 + T_s w) + T_s w \dot{\theta}(t) / (1 + T_s w) \quad \cdots \text{式(9)}$$

該式（9）は、バンドパスフィルタとして一般的に使用される IIR（Infinite Impulse Response）フィルタの式であるが、単純に一次遅れ系のローパスフィルタを用いてもよい。IIR フィルタとしては、例えば、チェビシェフ II 型フィルタを使用してもよいし、その他のフィルタを使用してもよい。また、一般的に使用される FIR（Finite Impulse Response）フィルタを使用してもよい。さらに、バンドパスフィルタのカットオフ周波数（-3 [dB] 周波数）は、10 Hz 以下であることが望ましく、数 [Hz] であることがより望ましい。

【0093】

そして、リンク角速度推定部 50 は、  $\theta_{id} = \dot{\theta}(t)$  として保存し（ステップ S

50

14 - 5)、フィルタ処理を終了する。つまり、今回の車体傾斜制御処理実行時に算出した  $a_{oid}$  の値を  $a_{oid}$  として、記憶手段に保存する。

【0094】

続いて、リンク角速度推定部50は、リンク角速度予測値  $f_2$  を算出する(ステップS15)。ここで、重力を  $g$  とすると、リンク角速度予測値  $f_2$  は、次の式(10)によって算出される。

$$f_2 = d \quad / \quad d t = ( \quad / \quad g ) ( d \quad / \quad d t ) \quad \cdots \text{式(10)}$$

続いて、リンク角速度推定部50は、リンク角速度制御値  $a_f$  を算出する(ステップS16)。リンク角速度制御値  $a_f$  は、次の式(11)によって算出される。

$$a_f = A d \quad / \quad d t \quad \cdots \text{式(11)}$$

ここで、 $A$  は、0 ~ 1の任意の値であり、車両10の構造に応じて決定されるチューニング定数である。

【0095】

最後に、リンク角速度推定部50は、傾斜制御部47へリンク角速度制御値  $a_f$  を送出して(ステップS17)、リンク角速度推定処理を終了する。

【0096】

次に、リンクモータ制御部42へ速度指令値を出力するための傾斜制御処理の動作について説明する。

【0097】

図12は本発明の実施の形態における傾斜制御処理の動作を示すフローチャートである。

【0098】

傾斜制御処理において、傾斜制御部47は、まず、横加速度演算部48から合成横加速度  $a$  を受信する(ステップS21)。

【0099】

続いて、傾斜制御部47は、 $a_{oid}$  呼出を行う(ステップS22)。 $a_{oid}$  は、前回の車体傾斜制御処理実行時に保存された合成横加速度  $a$  である。なお、初期設定においては、 $a_{oid} = 0$  とされている。

【0100】

続いて、傾斜制御部47は、制御周期  $T_s$  を取得し(ステップS23)、 $a$  の微分値を算出する(ステップS24)。ここで、 $a$  の微分値を  $da/dt$  とすると、該  $da/dt$  は次の式(12)によって算出される。

$$da/dt = ( a - a_{oid} ) / T_s \quad \cdots \text{式(12)}$$

そして、傾斜制御部47は、 $a_{oid} = a$  として保存する(ステップS25)。つまり、今回の車体傾斜制御処理実行時に取得した横加速度センサ値  $a$  を  $a_{oid}$  として、記憶手段に保存する。

【0101】

続いて、傾斜制御部47は、第1制御値  $U_p$  を算出する(ステップS26)。ここで、比例制御動作の制御ゲイン、すなわち、比例ゲインを  $G_p$  とすると、第1制御値  $U_p$  は次の式(13)によって算出される。

$$U_p = G_p a \quad \cdots \text{式(13)}$$

続いて、傾斜制御部47は、第2制御値  $U_D$  を算出する(ステップS27)。ここで、微分制御動作の制御ゲイン、すなわち、微分時間を  $G_D$  とすると、第2制御値  $U_D$  は次の式(14)によって算出される。

$$U_D = G_D da/dt \quad \cdots \text{式(14)}$$

続いて、傾斜制御部47は、第3制御値  $U$  を算出する(ステップS28)。該第3制御値  $U$  は、第1制御値  $U_p$  と第2制御値  $U_D$  との合計であり、次の式(15)によって算出される。

$$U = U_p + U_D \quad \cdots \text{式(15)}$$

第3制御値  $U$  を算出すると、傾斜制御部47は、リンク角速度推定部50からリンク角

10

20

30

40

50

速度制御値  $a_f$  を受信する（ステップ S 2 9）。

【 0 1 0 2 】

続いて、傾斜制御部 4 7 は、第 4 制御値  $U$  を算出する（ステップ S 3 0）。該第 4 制御値  $U$  は、第 3 制御値  $U$  とリンク角速度制御値  $a_f$  との合計であり、次の式（16）によって算出される。

$$U = U + a_f \quad \dots \text{式 (16)}$$

最後に、傾斜制御部 4 7 は、第 4 制御値  $U$  を速度指令値としてリンクモータ制御部 4 2 へ出力して（ステップ S 3 1）、傾斜制御処理を終了する。

【 0 1 0 3 】

次に、旋回走行における車体制御動作の一部である操舵制御処理の動作について説明する。

【 0 1 0 4 】

図 1 3 は本発明の実施の形態における操舵制御処理の動作を示すフローチャートである。

【 0 1 0 5 】

本実施の形態における操舵制御部 6 6 は、操舵制御処理を開始すると、まず、ハンドル角センサ 6 2 が検出したハンドル角の値であるハンドル角センサ値  $\theta$  を取得する（ステップ S 4 1）。

【 0 1 0 6 】

続いて、操舵制御部 6 6 は、ハンドル角センサ値  $\theta$  に対して、フィルタ処理を実行する（ステップ S 4 2）。該フィルタ処理は、前記リンク角速度推定処理におけるフィルタ処理と同様の、ローパスフィルタによる処理であり、バンドパスフィルタとして一般的に使用される IIR フィルタ又は FIR フィルタを使用することができ、また、一次遅れ系の単純なローパスフィルタを用いてもよい。

【 0 1 0 7 】

続いて、操舵制御部 6 6 は、操舵角目標値  $\delta^*$  を算出する（ステップ S 4 3）。ここで、操舵角目標値  $\delta^*$  は次の式（17）によって算出される。

$$\delta^* = G(s) \cdot \delta \quad \dots \text{式 (17)}$$

なお、伝達関数  $G(s)$  は、連続系の伝達関数なので、そのままでは操舵制御 ECU 6 1 で計算することができない。そのため、例えば、双一次変換等によって、連続系の伝達関数  $G(s)$  は、あらかじめ、離散系の伝達関数  $G(z)$  に変換されて使用される。

【 0 1 0 8 】

前記伝達関数  $G(s)$ （又は  $G(z)$ ）を構成するには次の 2 つの手順がある。第 1 の手順は、一次遅れの伝達関数を準備し、実験的に時定数の値とを調整することである。第 2 の手順は、ナイキストの安定判別の条件を満たすように、一次遅れの伝達関数を前記第 1 の手順で準備した伝達関数に乗じて使用することである。

【 0 1 0 9 】

なお、車速やヨーレートに応じて、動的に（リアルタイムで）時定数の値を変更するようにしてもよい。このときの時定数の値は、例えば、車速やヨーレートに応じて実験的に決定された値を二次元マップとして保持し、該二次元マップを計算に使用してもよい。本実施の形態において、前記時定数の値は、実験等によって設定した値であって、傾斜不足分又はオーバーシュート分がない値（例えば、0.4）に設定し、あらかじめ記憶手段に格納した。

【 0 1 1 0 】

最後に、操舵制御部 6 6 は、算出した操舵角目標値  $\delta^*$  を操舵モータ制御部 6 7 へ出力して（ステップ S 4 4）、操舵制御処理を終了する。

【 0 1 1 1 】

次に、リンクモータ 2 5 へトルク指令値を出力するためのリンクモータ制御処理の動作について説明する。

【 0 1 1 2 】

10

20

30

40

50

図14は本発明の実施の形態におけるリンクモータ制御処理の動作を示すフローチャートである。

【0113】

リンクモータ制御処理において、リンクモータ制御部42は、まず、傾斜制御部47から第4制御値Uを受信する(ステップS51)。

【0114】

続いて、リンクモータ制御部42は、リンク角の角速度、すなわち、リンク角速度を取得する(ステップS52)。該リンク角速度は、リンク角センサ25aが検出したリンク角センサ値を取得し、該リンク角センサ値を時間微分することによって算出される。また、リンクモータ制御部42は、リンク角速度の値を外乱演算部43から取得することもできる。

10

【0115】

続いて、リンクモータ制御部42は、制御誤差としての偏差を算出する(ステップS53)。ここで、偏差を $e$ とすると、該 $e$ は、次の式(18)によって算出される。

$$e = U - \dot{\theta} \quad \dots \text{式(18)}$$

なお、Uは第4制御値Uである。

【0116】

続いて、リンクモータ制御部42は、リンクモータ25を作動させるためのトルク指令値としてのリンクモータ制御値を算出する(ステップS54)。ここで、リンクモータ制御値を $U_M$ とすると、該 $U_M$ は次の式(19)によって算出される。

20

$$U_M = G_{MP} \cdot e \quad \dots \text{式(19)}$$

なお、 $G_{MP}$ はモータ制御比例ゲインであって、 $G_{MP}$ の値は、実験等に基づいて設定された値であり、あらかじめ記憶手段に格納されている。

【0117】

最後に、リンクモータ制御部42は、リンクモータ制御値 $U_M$ をリンクモータ25へ出力して(ステップS55)、リンクモータ制御処理を終了する。

【0118】

ここでは、リンクモータ制御処理が比例制御、すなわち、P制御であるものとして説明したが、PID制御であってもよい。

【0119】

30

このように、本実施の形態においては、操舵指令情報の入力に対する操舵輪の操舵角の変化に遅れを生じさせる。つまり、乗員がハンドルバー41aを操作して入力した操舵角指令値としてのハンドル角の変化に対して操舵輪である車輪12Fの操舵角が遅れて変化するようになっている。

【0120】

これにより、操舵角の変化に先行して、旋回方向に車体を傾斜させることができるので、スムーズに車体を旋回方向に傾斜させることができ、操縦性や危機回避性能を犠牲とすることなしに、車体の安定性を維持することができる。

【0121】

40

さらに、操舵指令情報の入力と車速とから算出した横加速度の予測値に基づくフィードフォワード制御を組み合わせる。つまり、ハンドル角及び車速から算出した横加速度予測値に基づいてリンクモータ25を作動させる。そのため、適切な傾斜角度で車体を旋回方向に傾斜させることができ、また、旋回を開始したり終了したりするときのような横加速度の変化が大きいときに、制御遅れの発生を確実に防止することができる。

【0122】

なお、本実施の形態においては、ハンドルバー41a及び操舵輪としての車輪12Fが上端及び下端に取り付けられた操舵軸部材の途中に操舵用アクチュエータ装置としての操舵モータ65を介在させ、乗員がハンドルバー41aを操作して入力した操舵角指令値としてのハンドル角を入力操舵角検出手段としてのハンドル角センサ62によって検出し、検出されたハンドル角に基づいて操舵モータ65が車輪12Fの操舵角を変化させる、い

50

わゆるステアバイワイヤ構成を採用し、操舵制御処理で遅れの伝達関数を使用することにより、ハンドルバー 4 1 a の操作によって入力されたハンドル角の変化が、遅れを伴って、車輪 1 2 F に操舵角の変化として伝達される場合について説明した。しかし、前記操舵軸部材の途中に、操舵モータ 6 5 に代えて、ばね、ゴム、ダンパ等の弾性部材あるいはそれらの組み合わせを介在させ、前記操舵軸部材の上端に取り付けられたハンドルバー 4 1 a のハンドル角の変化が遅れを伴って前記操舵軸部材の下端に取り付けられた車輪 1 2 F に操舵角の変化として伝達されるようにすることもできる。

【 0 1 2 3 】

また、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々変形させることが可能であり、それらを本発明の範囲から排除するものではない。

10

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 2 4 】

本発明は、少なくとも左右一対の車輪を有する車両に利用することができる。

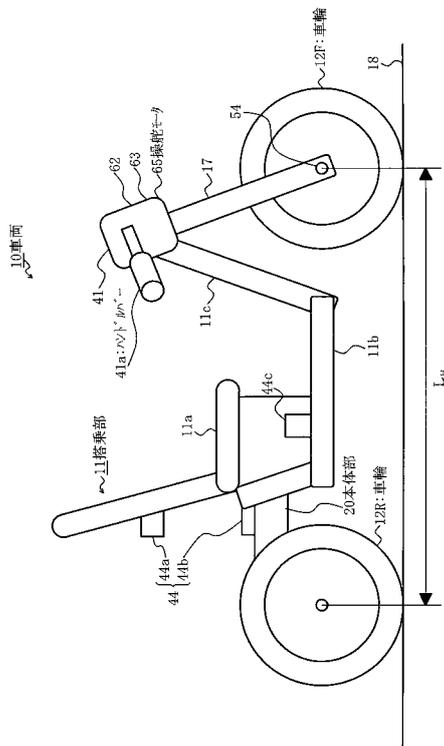
【 符号の説明 】

【 0 1 2 5 】

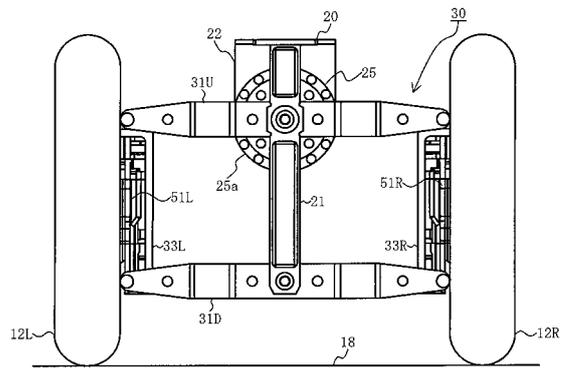
- 1 0 車両
- 1 1 搭乗部
- 1 2 F、1 2 L、1 2 R 車輪
- 2 0 本体部
- 2 5 リンクモータ
- 4 1 a ハンドルバー
- 6 5 操舵モータ

20

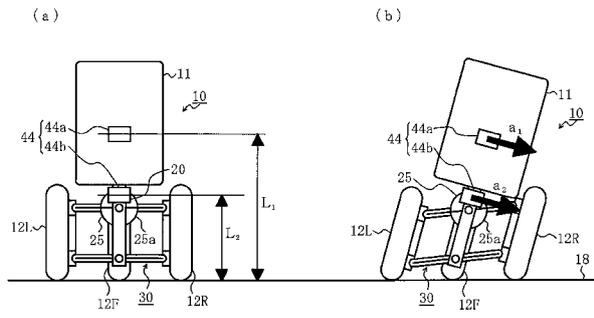
【 図 1 】



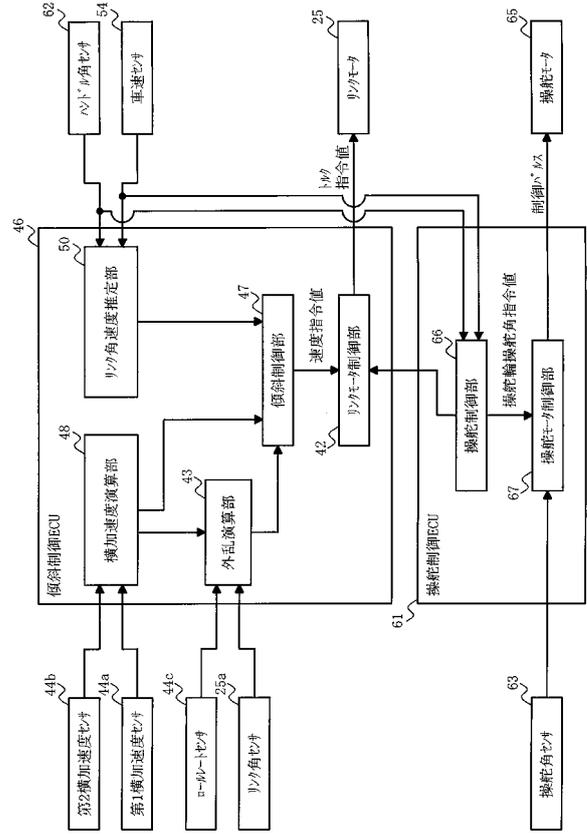
【 図 2 】



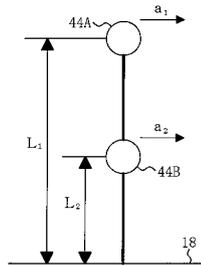
【図3】



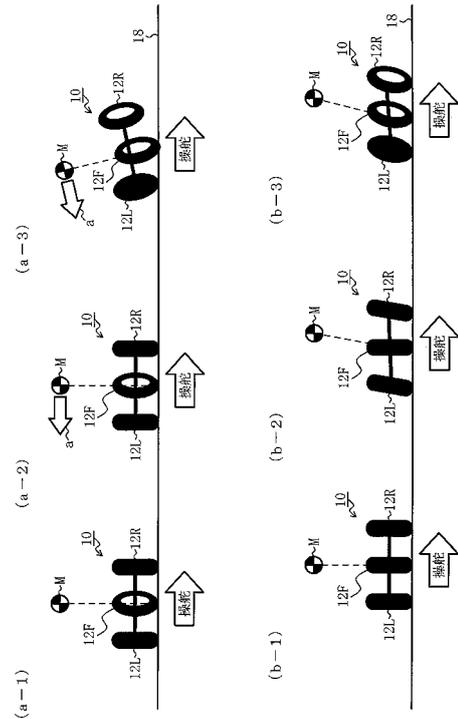
【図4】



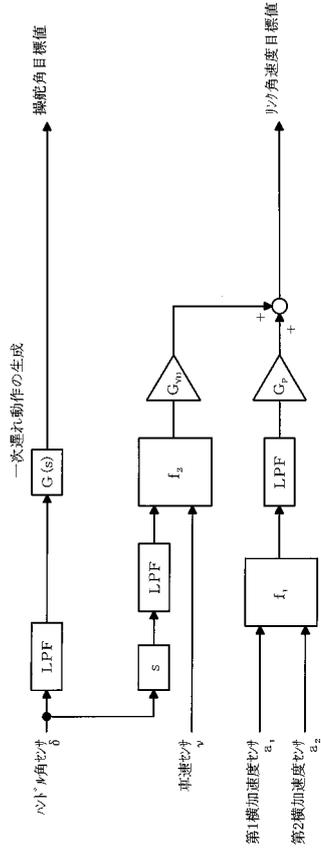
【図5】



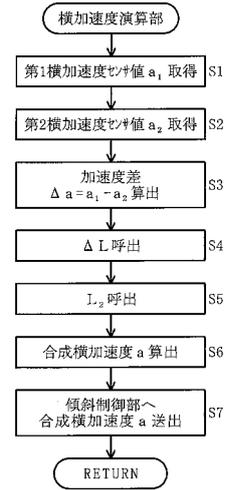
【図6】



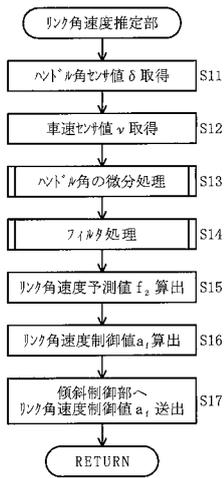
【 図 7 】



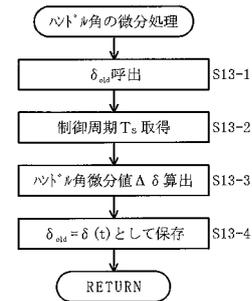
【 図 8 】



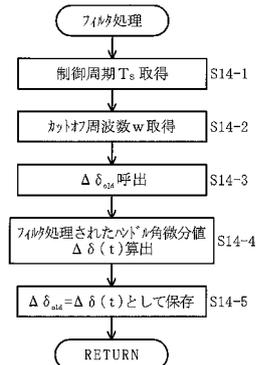
【 図 9 】



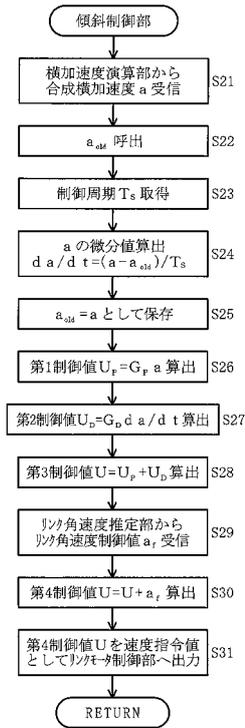
【 図 10 】



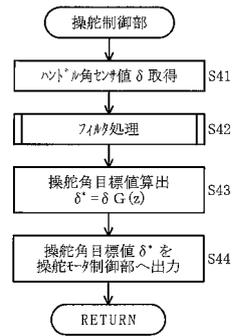
【 図 11 】



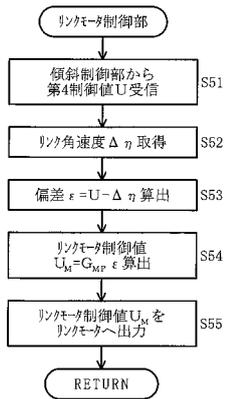
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 高 倉 裕司

東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクス・リサーチ内

Fターム(参考) 3D011 AA05 AC01 AD01 AD04 AD18

3D013 CA05 CA07