(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2023-57066
(P2023-57066A)
(43)公開日　令和5年4月20日(2023.4.20)

(51)国際特許分類		FI		テーマコード（参考）
Ｂ６０Ｗ　30/02　(2012.01)		Ｂ６０Ｗ	30/02	３Ｄ２４１
Ｂ６０Ｔ　8/1761(2006.01)		Ｂ６０Ｔ	8/1761	３Ｄ２４６

審査請求　未請求　請求項の数　15　ＯＬ　外国語出願　（全16頁）

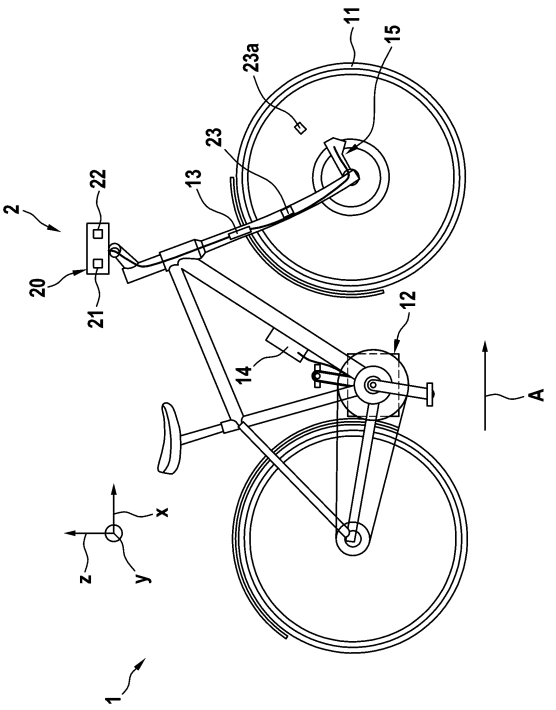
(21)出願番号　特願2022-162267(P2022-162267)
(22)出願日　令和4年10月7日(2022.10.7)
(31)優先権主張番号　10 2021 211 390.7
(32)優先日　令和3年10月8日(2021.10.8)
(33)優先権主張国・地域又は機関
ドイツ(DE)

(71)出願人　591245473
ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミト・ベシュレンクテル・ハフツング
ＲＯＢＥＲＴ　ＢＯＳＣＨ　ＧＭＢＨ
ドイツ連邦共和国　７０４４２　シュトゥットガルト　ポストファッハ　３０　０２２０
(74)代理人　100118902
弁理士　山本 修
(74)代理人　100196508
弁理士　松尾 淳一
(74)代理人　100147991
弁理士　鳥居 健一
(74)代理人　100201743
弁理士　井上 和真

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　二輪車を駆動するための方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】二輪車の非常に正確な運動変数を決定し、駆動ユニットおよび／またはアンチロックブレーキシステムを高精度に制御するために使用でき、特に単純で安価な方法を提供する。
【解決手段】方法は、回転速度センサ２１によって二輪車１の特に３次元の回転速度の検出を行うステップと、加速度センサ２２によって二輪車１の加速度値の検出を行うステップと、検出された回転速度に基づいて二輪車１の運動状態の推定を行うステップであって、運動状態が推定加速度値、推定速度および推定走行距離に関する推定値を含むステップと、検出された加速度値に基づいて、推定運動状態の第１の補正を行うステップと、補正された推定運動状態に基づいて、二輪車１の瞬時の操舵角の決定を行うステップと、決定された瞬時の操舵角に応じて二輪車１の駆動ユニット１２および／またはアンチロックブレーキシステム１３を動作させるステップとを含む。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
二輪車（１）を駆動するための方法であって、
前記二輪車（１）が、駆動ユニット（１２）およびセンサシステム（２）を含み、
前記センサシステム（２）が、回転速度センサ（２１）、加速度センサ（２２）および車輪回転数センサ（２３）を含み、
前記車輪回転数センサ（２３）が、前記二輪車（１）の車輪（１１）の１回転ごとに少なくとも１つの測定パルスを検出するように構成されており、
当該方法は、
前記回転速度センサ（２１）によって、前記二輪車（１）の特に３次元の回転速度の検出（５１）を行うステップと、
前記加速度センサ（２２）によって、前記二輪車（１）の加速度値の検出（５２）を行うステップと、
前記検出がなされた回転速度に基づいて、前記二輪車（１）の運動状態の推定（５３）を行うステップであって、前記運動状態が、推定加速度値、推定速度および推定走行距離に関する推定値を含む、ステップと、
前記検出がなされた加速度値に基づいて、前記推定運動状態の第１の補正（５４）を行うステップと、
前記補正がされた推定運動状態に基づいて、前記二輪車（１）の瞬時の操舵角（δ）の決定（５６）を行うステップと、
前記決定がされた瞬時の操舵角（δ）に応じて、前記二輪車（１）の前記駆動ユニット（１２）および／またはアンチロックブレーキシステム（１３）を動作させる（５８）ステップと
を含む方法。
【請求項２】
前記駆動ユニット（１２）を動作させる（５８）ステップは、前記駆動ユニット（１２）の駆動トルクを適合させるステップを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記駆動ユニット（１２）の前記駆動トルクは、前記操舵角に応じた所定の駆動トルク曲線（３５）を含むルックアップテーブル（３０）に基づいて適合させられる、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記駆動トルク曲線（３５）は、所定の最大操舵角（３６）まで、特に最大１０°まで一定であり、
前記駆動トルク曲線（３５）は、前記所定の最大操舵角（３６）よりも大きい操舵角（δ）では、前記操舵角（δ）に線形に依存する、請求項３に記載の方法。
【請求項５】
前記二輪車（１）が位置する道路の瞬時の勾配の決定を行うステップをさらに含み、
前記駆動ユニット（１２）の前記駆動トルクは、さらに、前記勾配に応じて適合させられる、
請求項２から４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項６】
前記アンチロックブレーキシステム（１３）を動作させる（５８）ステップは、前記二輪車（１）のブレーキシステムでのブレーキ圧を適合させるステップを含む、請求項１から５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７】
前記ブレーキ圧を適合させることは、前記ブレーキ圧の圧力勾配、特に前記圧力勾配の感度係数および／または最大圧力の調整を含む、請求項６に記載の方法。
【請求項８】
前記ブレーキ圧を適合させることは、前記二輪車（１）の制動中のタイヤスリップの制

御を含む、請求項６または７に記載の方法。
【請求項９】
前記補正がされた推定運動状態に基づいて、前記二輪車（１）の瞬時の速度、および／または、前記二輪車（１）が走行した距離の決定（５７）を行うステップをさらに含む、請求項１から８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０】
前記車輪回転数センサ（２３）によって検出された前記測定パルスに基づいて、前記推定運動状態の第２の補正（５５）を行うステップさらに含む、請求項１から９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１１】
前記第２の補正（５５）は、前記二輪車（１）が走行した距離に関する補正値ｙ２と、前記二輪車（１）が走行した距離に関する以前の値ｘ５，ｏｌｄと、前記二輪車（１）の車輪（１１）の半径ｒとを用いて、

ｙ２＝［ｘ５，ｏｌｄ＋２πｒ］

との式に基づいて行われる、請求項５に記載の方法。
【請求項１２】
前記補正がなされた推定運動状態に基づいて、前記二輪車（１）の運動変数、すなわちロール角、ピッチ角、長手方向加速度、および走行距離のうちの１つまたは複数が決定される、請求項１から１１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１３】
前記第１の補正（５４）は、非線形カルマンフィルタを用いて行われる、請求項１から１２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１４】
前記二輪車（１）の前記運動状態の前記推定（５３）は、
ロール角ｘ１、ピッチ角ｘ２、長手方向加速度ｘ３、長手方向速度ｘ４および走行距離ｘ５を有する状態ベクトル
【数１】

$$\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \\ x5 \end{bmatrix}$$

とともに、３次元回転速度ｕ１、ｕ２およびｕ３を有する入力ベクトル
【数２】

$$\boldsymbol{u} = \begin{bmatrix} u1 \\ u2 \\ u3 \end{bmatrix}$$

を用いて、
【数３】

$$\dot{\boldsymbol{x}} = \begin{bmatrix} u1 + \tan(x2)\sin(x1)\ u2 + \tan(x2)\cos(x1)\,u3 \\ \cos(x1)\ u2 - \sin(x1)u3 \\ 0 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix}$$

とのシステム方程式に基づいて行われ、
前記二輪車（１）の前記運動状態の前記推定（５３）は、前記システム方程式
【数４】
$\dot{x}$

の積分の計算に基づいて行われ、
前記二輪車（１）の前記運動状態の前記推定（５３）は、さらに、前記二輪車（１）のヨーレート
【数５】
$\dot{\psi}$

とともに前記二輪車（１）の前記推定加速度値ｙ１を用いて、
【数６】

$$\boldsymbol{Rx} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(x1) & \sin(x1) \end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{Ry} = \begin{bmatrix} \cos(x2) & 0 & -\sin(x2) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(x2) & 0 & \cos(x2) \end{bmatrix},$$

$$\dot{\psi} = \frac{(u2\ \sin(x1) + u3\ \cos(x1))}{\cos(x2)},$$

$$\boldsymbol{y1} = \boldsymbol{Rx}\,\boldsymbol{Ry} \begin{bmatrix} x3 \\ -x4\,\dot{\psi} \\ g \end{bmatrix}.$$

との式に基づいて行われる、請求項１から１３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５】
駆動ユニット（１２）と、
アンチロックブレーキシステム（１３）と、
回転速度センサ（２１）、加速度センサ（２２）、および車輪回転数センサ（２３）を含むセンサシステム（２）と、
前記駆動ユニット（１２）および前記アンチロックブレーキシステム（１３）を制御可能に動作させるように構成され、請求項１から１４のいずれか一項に記載の方法を実施するように構成されている制御装置（２０）と
を含む二輪車、特に電動自転車。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、二輪車を駆動するための方法および二輪車に関する。
【背景技術】
【０００２】
駆動ユニットおよびアンチロックブレーキシステムを備える二輪車が知られている。ここで、駆動ユニットおよびアンチロックブレーキシステムの制御は、二輪車の速度などの運動変数に応じて少なくとも一部行われることが多い。そのような運動変数は通常、二輪車のセンサシステムによって検出される。さらに、二輪車の速度、走行距離、加速度および回転速度などの運動変数を検出することができるセンサシステムも知られている。ここで、特に自転車の場合、速度の検出は、いわゆるリード（Ｒｅｅｄ）センサによって行わ

れることが多い。その場合、通常は、自転車の車輪に磁石が固定される。自転車のフレームに固定されたマグネットセンサによって、車輪の１回転ごとのパルスが検出され、パルスの周波数および車輪円周に基づいて自転車の速度が決定される。その際、コスト、単純さ、および重量の理由から、車輪に１つだけの磁石を備えるただ１つのシングルパルスセンサが使用されることが多い。しかし、これにより、特に低速において大きな度合いで精度が低くなることがよくある。マルチパルスセンサによって精度を高めることも知られているが、それにより、複雑さ、コスト、および重量も増加する。

【発明の概要】

【０００３】

上記に対し、請求項１の特徴を備える本発明による方法は、二輪車の非常に正確な運動変数を決定し、駆動ユニットおよび／またはアンチロックブレーキシステムを高精度に制御するために使用することができ、特に単純で安価な手法によって特徴付けられるものである。特に、ここで、非常に低速でも高い精度を達成することができる。本発明によれば、これは、二輪車を駆動するための方法であって、その二輪車が、駆動ユニット、好ましくはアンチロックブレーキシステム、およびセンサシステムを含む方法によって達成される。好ましくは、駆動ユニットは電動機である。センサシステムは、回転速度センサ、加速度センサ、および車輪回転数センサを有する。ここで、車輪回転数センサは特に回転センサであり、二輪車の車輪の１回転ごとに少なくとも１つの測定パルスを検出するように構成されている。好ましくは、車輪回転数センサは、車輪に固定されて車輪と共に回転する精密な１つの磁石と、特に磁石が通過するときに正確に１つの測定パルスを検出する受信器とを有するシングルパルス型リードセンサである。

【０００４】

ここで、この方法は、

－回転速度センサによって、二輪車の特に３次元の回転速度の検出を行うステップと、

－加速度センサによって、二輪車の加速度値を検出するステップと、

－検出された回転速度に基づいて、二輪車の運動状態を推定するステップであって、当該運動状態が、推定加速度値、推定速度および推定走行距離に関する推定値を含む、ステップと、

－検出された加速度値に基づいて、推定運動状態の第１の補正を行うステップと、

－補正がなされた推定運動状態に基づいて、二輪車の瞬時の操舵角（ステアリング角）を決定するステップと、

－決定された瞬時の操舵角に応じて、駆動ユニットおよび／またはアンチロックブレーキシステムを動作させるステップと

を含む。

【０００５】

特に、それぞれのパラメータ、すなわち推定加速度値、推定速度および推定走行距離の決定または計算された値が、推定値とみなされる。言い換えると、特に、好ましくは対応する測定単位をもつ数値が推定値とみなされる。特に、運動状態は、この種のパラメータごとにそれぞれ１つの個別の推定値を含む。特に、推定値は、この方法によって反復的に最適化され、それに基づいて所望のパラメータを決定することができる。

【０００６】

好ましくは、回転速度センサによって３次元回転速度が検出され、３次元回転速度は、それぞれ、特に走行方向に合わせられた長手方向軸と、鉛直な高さ方向軸と、長手方向軸および高さ方向軸に対して垂直なピッチ軸の周りの回転速度とを含む。

【０００７】

言い換えると、この方法では、回転速度センサによって、特に３次元の回転速度が検出され、これらに基づいて、二輪車の、推定速度および推定走行距離などのさらなる運動変数も含む、全体の運動状態が推定される。次いで、この推定運動状態は、加速度センサにより追加で得られる加速度値に基づいて、特に推定加速度値と実際の加速度値との比較に基づいて補正される。特に、ここで、推定加速度値は、既存の測定加速度値に基づいて直

接補正することができる。同時に、好ましくはこの補正ステップに基づいて、運動状態のさらなる運動変数、例えば推定速度および推定走行距離が補正される。次いで、補正された運動状態に基づいて、二輪車の瞬時の操舵角を決定することができる。

【０００８】

ここでは、操舵角は、例えば地面上の高さ方向軸に対して垂直な面に投影された、二輪車の長手方向と二輪車の前輪とがなす角度であると考えられる。

【０００９】

好ましくは、操舵角は常に絶対値として決定される。これは、左方または右方へ車輪を向けることが、それぞれ操舵角の特定の正の値をもたらすことを意味する。

【００１０】

したがって、この方法は、比較的単純で安価なセンサ構成を使用して、自転車の運動に関する特に広範で正確な運動変数を決定することができることによって特徴付けられるものである。特に、ここで、低速においても正確で高精度の操舵角を検出するために、複雑で高価なセンサシステムをなくすことができ、これは自転車での使用で特に有利に働く。

【００１１】

したがって、正確で高精度の操舵角の使用により、特に正確で、様々な条件に最適に適合するような駆動ユニットおよび／またはアンチロックブレーキシステムの動作を行うことができる。特に、小さい半径を有するカーブの走行時、および／または特に低速での制動操作時に、ここで例えば危険な走行状況を回避できるように、特に正確に適合させることができる。

【００１２】

なお、操舵角に応じた動作の場合、駆動ユニットのみで、アンチロックブレーキシステムなしで二輪車は構成されていてもよいことに留意するべきである。

【００１３】

従属請求項は、本発明の好ましい発展形態を含む。

【００１４】

好ましくは、この方法は、決定された瞬時の操舵角に応じて駆動ユニットを動作させるときに、駆動ユニットの駆動トルクを適合させるステップをさらに含む。これは、二輪車が電動自転車であるときに特に有利であり、駆動ユニットは、電動自転車の運転者による人力のペダル踏力をアシストするために使用される駆動トルクを生成するために提供される。言い換えると、ここで、操舵角に応じたアシストが提供され得る。瞬時の操舵角に応じて駆動トルクを適合させることによって、現在の走行動作、例えばカーブまたは方向転換操作には適合しない駆動トルクによる制御性の低下または危険な状況が生じることを特に確実に回避することができる。これに関して、この方法では、例えば１０°以上の高い操舵角の場合に、最大許容駆動トルクの低下が生じることが特に有利である。

【００１５】

特に好ましくは、駆動トルクは、ルックアップテーブルに基づいて適合させられ、ルックアップテーブルは、操舵角に応じた所定の駆動トルク曲線を含む。それにより、操舵角に応じたアシストが、特に簡単にかつ安価に提供され得る。

【００１６】

好ましくは、ルックアップテーブルは、駆動トルク曲線が所定の最大操舵角、好ましくは最大１０°まで一定であるように構成されている。所定の最大操舵角よりも大きい操舵角では、駆動トルク曲線は、好ましくは操舵角が増加するにつれて駆動トルクが低下するように、操舵角に線形に依存する。それにより、特に有利で快適な走行動作を提供することができ、このことは、小さい操舵角では最大の駆動性能を可能にし、より大きい操舵角では駆動トルクを確実に減少させて、危険な走行状況を回避することができる。

【００１７】

さらに好ましくは、この方法は、二輪車が位置する道路の瞬時の勾配の決定を行うステップをさらに含む。駆動トルクは、ここで、決定された勾配に応じてさらに適合させられる。特に、ここで、駆動トルクは、例えば二輪車が上っている上りの急勾配において少な

くとも所定の最小駆動トルクが提供されるように、勾配に応じて適合させられる。これにより、操舵角に応じたアシストは、急勾配での快適な走行が妨げられるほど駆動トルクを低下させることを防ぐことができる。

【００１８】

好ましくは、この方法は、瞬時の操舵角に応じてアンチロックブレーキシステムを動作させるときに、二輪車の好ましくは液圧のブレーキシステムでのブレーキ圧を適合させるステップをさらに含む。有利には、ここで、アンチロックブレーキ動作中、ブレーキ圧、特に最大ブレーキ圧は、操舵角が大きいときまたは増加しているときに低下するように適合させられる。これは、アンチロックブレーキシステムによるブレーキ圧の調整時に、特に効率的で同時に安全な制動操作を可能にするために操舵角がさらに考慮に入れられることを意味する。

【００１９】

特に好ましくは、ブレーキ圧の適合は、特にアンチロックブレーキ動作中のブレーキ圧の圧力勾配、すなわち経時的なブレーキ圧の変化の調整を含む。特に好ましくは、ここで、圧力勾配の感度係数および／または最大圧力の調整が行われる。これにより、二輪車の現在の走行条件へのアンチロックブレーキ動作を特に細かく適合させることが可能になる。

【００２０】

好ましくは、ブレーキ圧を適合させることは、二輪車の制動中のタイヤスリップの制御をさらに含む。これにより、地面および二輪車の現在の走行条件に最適に適合した、さらなるアンチロックブレーキ制御を可能にすることができる。

【００２１】

さらに好ましくは、この方法は、補正された運動状態に基づいて、二輪車の瞬時の速度、および／または、二輪車が走行した距離を決定するステップをさらに含む。好ましくは、ここで、駆動ユニットおよび／またはアンチロックブレーキシステムの動作は、さらに、二輪車の決定された瞬時の速度に応じて、および／または二輪車が走行した距離に応じて行われ得る。

【００２２】

好ましくは、この方法は、車輪回転数センサによって検出された測定パルスに基づいて運動状態の第２の補正を行うステップをさらに含む。好ましくは、第２の補正は、車輪回転数センサによって検出された測定パルスが生じるたびに行われる。これにより、車輪回転数センサによって検出された測定パルスによって、そのような測定パルスが生じるときにはいつでも、特に正確なデータが利用可能になり、運動状態の最適化に使用され得るので、運動変数の決定の特に高い精度が実現され得る。

【００２３】

特に好ましくは、第２の補正は、ｙ２＝［ｘ５，ｏｌｄ＋２πｒ］との式に基づいて行われる。ここで、ｙ２は、二輪車が走行した距離に関する補正値であり、ｘ５，ｏｌｄは、二輪車が走行した距離に関する古い、すなわち時間的に以前の値であり、ｒは、二輪車の車輪の半径である。ここで、特に、ｙ２は、運動状態の推定走行距離である。言い換えると、車輪回転数センサの測定パルスが生じる各時点で、運動状態の推定走行距離が、車輪回転数センサによる正確な測定値によって置き換えられる。

【００２４】

好ましくは、補正された運動状態に基づいて、二輪車の運動変数、すなわちロール角、ピッチ角、および長手方向加速度のうちの１つまたは複数が決定される。これにより、二輪車の現在の前進運動に関する特に正確な情報が得られ得る。

【００２５】

さらに好ましくは、第１の補正は、非線形カルマンフィルタを用いて行われる。これにより、運動状態の特に効率的で正確な補正が容易に行われ得る。

【００２６】

好ましくは、二輪車の運動状態の評価は、状態ベクトル

【数１】

$$x = \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \\ x5 \end{bmatrix}$$

とともに、入力ベクトル

【数２】

$$u = \begin{bmatrix} u1 \\ u2 \\ u3 \end{bmatrix}$$

を用いて、以下のシステム方程式に基づいて行われる。

【数３】

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} u1 + \tan(x2)\sin(x1)\ u2 + \tan(x2)\cos(x1)u3 \\ \cos(x1)\ u2 - \sin(x1)u3 \\ 0 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix}$$

【００２７】

特に、ここで、入力ベクトルｕは、システム方程式

【数４】

$\dot{x}$

の入力とみなされ得る。ここで、ｘ１はロール角、ｘ２はピッチ角、ｘ３は長手方向加速度、ｘ４は長手方向速度、ｘ５は走行距離である。さらに、ｕ１、ｕ２およびｕ３は、３次元の回転速度である。特に、ここで、システム方程式

【数５】

$\dot{x}$

は、運動状態の時間変化量に相当する。

【００２８】

好ましくは、二輪車の運動状態の推定は、システム方程式

【数６】

$\dot{x}$

の積分の計算に基づいて行われる。特に、ここで、システム方程式の積分後、対応して得られた運動状態の成分は、加速度値、速度、および走行距離に関する推定値として直接使用され得る。

【００２９】

さらに好ましくは、二輪車の運動状態の推定は、さらに、次の式に基づいて行われる。

【数７】

$$\boldsymbol{Rx} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(x1) & \sin(x1) \end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{Ry} = \begin{bmatrix} \cos(x2) & 0 & -\sin(x2) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(x2) & 0 & \cos(x2) \end{bmatrix},$$

$$\dot{\psi} = \frac{(u2\ \sin(x1) + u3\ \cos(x1))}{\cos(x2)},$$

$$\boldsymbol{y1} = \boldsymbol{Rx}\,\boldsymbol{Ry} \begin{bmatrix} x3 \\ -x4\,\dot{\psi} \\ g \end{bmatrix}.$$

【００３０】
ここで、
【数８】
$\dot{\psi}$

は、二輪車のヨーレートであり、ｙ１は、二輪車の推定加速度値ｙ１である。特に、長手方向軸の周りでの二輪車の回転速さがヨーレートとみなされる。特に、ここで、第１の補正は、推定加速度値ｙ１が補正されることによって行われる。
【００３１】
好ましくは、方法は、推定運動状態に基づいて二輪車の停止の決定を行うステップをさらに含む。好ましくは、ここでさらに、停止、走行、および移行の合計３つの走行モードが区別され得る。好ましくは、走行モードは、例えば推定速度など所定の閾値に基づいて決定され得る。これにより、二輪車の現在の走行状態に関する情報が、特に簡単にかつ一意に得られ得る。さらに、停止などの決定された走行状態は、運動状態の決定の精度を高めるための方法のさらなる最適化を実施することができるように使用され得る。
【００３２】
さらに好ましくは、この方法は、
－車輪回転数センサによって、少なくとも所定の期間にわたって測定パルスが検出されないとき、または車両の停止が決定されたときに、状態ベクトルｘおよびシステム方程式
【数９】
$\dot{x}$

を、
【数１０】
$x = \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \end{bmatrix}$ および

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} u1 + \tan(x2)\sin(x1)\ u2 + \tan(x2)\cos(x1)\,u3 \\ \cos(x1)\ u2 - \sin(x1)u3 \end{bmatrix}$$

という状態に減縮するステップと、
－車輪回転数センサによって測定パルスが改めて検出されるとき、状態ベクトルｘおよびシステム方程式
【数１１】
$\dot{x}$

を、減縮前の元の状態に拡張するステップとを含む方法である。
【００３３】
これは、停止時、または別の理由で車輪回転数センサが測定パルスを検出しないとき、状態ベクトルｘおよびシステム方程式
【数１２】
$\dot{x}$

がそれぞれ初期の２つの状態に減縮されることを意味する。これにより、速度信号がないために補正が可能でないときに生じる可能性がある、運動状態の推定値のずれを回避することができる。
【００３４】
好ましくは、操舵角δの決定は、二輪車のヨーレート
【数１３】
$\dot{\psi}$

と、ホイールベースＬおよび長手方向速度ｘ４とを用いて、
【数１４】
$$\delta = \arctan\left(\frac{\dot{\psi} L}{x4}\right)$$

との式に基づいて行われる。
【００３５】
特に、ホイールベースは、二輪車の２つのホイールハブまたは車軸間の距離に対応する。好ましくは、ここでさらに、分母の表現が値０にならないようにこの式の計算を行うことが意図され、それにより数値的な問題の発生を回避する。好ましくは、このために、長手方向速度ｘ４を用いて決定された最小速度が使用される。好ましくは、操舵角の計算は、二輪車の走行が識別されている間にのみ行われ、特に二輪車の停止が識別されている場合には行われない。
【００３６】
さらに、本発明は、駆動ユニットと、アンチロックブレーキシステムと、回転速度センサ、加速度センサおよび車輪回転数センサを有するセンサシステムとを含む二輪車を提供する。さらに、二輪車は、上述した二輪車を駆動するための方法を実施するように構成された制御装置を含む。さらに、制御装置は、駆動ユニットおよびアンチロックブレーキシステムを制御可能に動作させるように構成されている。好ましくは、車輪回転数センサは、車輪に固定されて車輪と共に回転する正確に１つの磁石を有するシングルパルスリードセンサである。ここで、二輪車は、特に単純で安価なセンサシステムの構造で、高い時間分解能および高い精度で運動変数を決定することができることによって特徴付けられるものである。これらの運動変数に基づいて、ここで、特に正確で、最適に適合された駆動ユニットおよび／またはアンチロックブレーキシステムの動作が行われ得る。
【００３７】
好ましくは、二輪車は、電気駆動の、特におよび／または駆動可能な自転車として構成され、特に電動自転車と呼ぶこともできる。
【００３８】
以下、本発明を、図面と共に例示的実施形態に基づいて説明する。図面において、機能的に同一の構成部品は、それぞれ同一の参照符号によって表されている。
【図面の簡単な説明】
【００３９】
【図１】センサシステムと、本発明の好ましい例示的実施形態による方法を実施するための制御装置とを備える二輪車の簡略概略図である。

【図２】操舵角（ステアリング角）を説明するための図１の二輪車の別の視点からの図である。
【図３】傾斜姿勢を説明するための図１の二輪車の別の視点からの図である。
【図４】本発明の好ましい例示的実施形態による方法の実施の簡略概略図である。
【図５】本発明の好ましい例示的実施形態による方法の実施時に使用されるルックアップテーブルの簡略概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００４０】
図１は、センサシステム２と、本発明の好ましい例示的実施形態による二輪車１の運動変数を決定する方法を実施するための制御装置２０とを備える二輪車１の簡略概略図を示す。
【００４１】
二輪車１は電動自転車であり、ボトムブラケットの領域に駆動ユニット１２を有し、駆動ユニット１２によって、二輪車１の運転者の人力で生成されたペダル踏力が電動アシストされ得る。ここで、駆動ユニット１２には、電気エネルギー貯蔵装置１４から電気エネルギーが供給される。
【００４２】
さらに、二輪車１は、二輪車１の液圧ブレーキシステム１５を動作させるように構成されたアンチロックブレーキシステム１３を含む。ここで、アンチロックブレーキシステム１３は、アンチロックブレーキ動作で動作可能であり、アンチロックブレーキ動作では、制動操作時に車輪１１のロックを防止するために、アンチロックブレーキシステム１３が液圧ブレーキシステム１５内の液圧ブレーキ圧の圧力調整を行う。アンチロックブレーキシステム１３は、特に制御装置２０に接続されており、制御装置２０によって動作可能である。
【００４３】
制御装置２０は、二輪車１のハンドルバーに配置されており、例えば車載コンピュータの一部であってよい。
【００４４】
センサシステム２は、複数のセンサを含む。詳細には、センサシステム２は、回転速度センサ２１および加速度センサ２２を含み、どちらも制御装置２０に組み込まれている。
【００４５】
回転速度センサ２１によって、走行中の二輪車１の３次元回転速度が検出される。ここで、図１に示されている軸ｘ、ｙ、ｚ（図２および図３も参照）の周りの回転速度がそれぞれ検出される。
【００４６】
ここで、ｘ軸は、二輪車１の直進走行時に走行方向Ａに対して平行な二輪車１の長手方向軸Ｌ（図２参照）に平行である。ｚ軸は、特に地球重力場の重力方向（図示せず）に平行である鉛直な高さ方向軸Ｈ（図３参照）に対応する。ｙ軸は、ｘ軸に垂直であり、ｚ軸にも垂直である。ｙ軸はピッチ軸と呼ぶこともできる。さらに、ｚ軸はヨー軸と呼ばれてもよい。
【００４７】
加速度センサ２２によって、二輪車１の加速度値、好ましくはそれぞれ各軸ｘ、ｙ、ｚに沿った合計３つの加速度値が検出される。
【００４８】
さらに、センサシステム２は、二輪車１の車輪１１の１回転ごとに正確に１つの測定パルスを検出するように回転センサとして構成されたシングルパルス型車輪回転数センサ２３を含む。このために、車輪回転数センサは、例えば車輪１１のスポークに固定された磁石２３ａが通過するたびに、車輪１１の１回転ごとに測定パルスを正確に１回検出するように構成されている。したがって、車輪１１の回転数は、車輪回転数センサ２３によって検出された測定パルスに基づいて決定され得る。

【００４９】
ここで、二輪車１の運動変数として、方法５０によって、二輪車１の瞬時の速度、走行距離、および瞬時の操舵角（ステアリング角）δが決定される。
【００５０】
操舵角δは図２に示されている。ここで、図２は、ｚ軸に沿った二輪車１の図を示す。図２から分かるように、操舵角δは、長手方向軸Ｌと前輪１１とが成す角度に相当する。操舵角δは、直進走行時にはゼロであり、二輪車１により走行されるカーブのカーブ半径が小さくなるほど、それに対応して大きくなる。
【００５１】
二輪車１によるカーブ走行時、二輪車１は、図３に示されるように傾斜姿勢になる。ここで、図３は、二輪車１の傾斜角βを概略的に示す。傾斜角βは、ここでは、二輪車１が高さ方向軸Ｈから傾斜している角度である。
【００５２】
以下、図４を参照して、二輪車１の運動変数の決定によって二輪車２を駆動するための方法５０の実施を述べる。
【００５３】
方法５０において、まず、回転速度センサ２１によって、二輪車１の３次元の回転速度の検出５１が行われる。同時に、加速度センサ２２によって、二輪車１の加速度値の検出５２が行われる。次いで、検出された３次元の回転速度に基づいて、二輪車１の運動状態の推定５３が行われる。
【００５４】
ここで、二輪車１の運動状態は、推定加速度値、推定速度、およびさらには推定走行距離に関する推定値を含む。詳細には、運動状態の推定は、ロール角、ピッチ角、長手方向加速度、長手方向速度、および走行距離といったパラメータを有する状態ベクトルによって行われる。特に、ロール角は、ここでは傾斜角β、すなわち長手方向軸Ｈの周りの二輪車１の偏向または回転に対応する。好ましくは、ピッチ角は、ｙ軸（すなわち長手方向軸Ｈに対して横方向）の周りの二輪車１の偏向または回転に対応する。
【００５５】
その後、状態ベクトルおよび３次元の回転速度を有する入力ベクトルに基づいて、特に状態ベクトルの時間変化量を表すシステム方程式が作成される。
【００５６】
次いで、システム方程式の積分の計算によって、二輪車１の運動状態の推定５３が行われる。これにより、二輪車１の推定運動変数が得られる。
【００５７】
次いで、運動状態の補正ステップ５４、５５が行われる。まず、加速度センサ２２によって実際に検出された加速度値に基づいて、運動状態の第１の補正５４が行われる。
【００５８】
さらに、車輪回転数センサ２３の測定パルスが検出されるたびに、運動状態の第２の補正５５が行われる。詳細には、ここでは、車輪回転数センサ２３によって決定された実際に走行した距離に基づいて、運動状態が補正される。車輪１１の車輪円周にわたる測定パルスの幾何学的関係により、実際に走行した距離が非常に正確に特定され得るので、第２の補正５５によって、運動状態の特に正確な補正ステップが行われ得る。
【００５９】
次いで、補正された運動状態に基づいて、二輪車１の操舵角δの決定５７が行われ得る。
【００６０】
方法５０は、さらに二輪車１の停止を考慮に入れる変形形態（図示せず）で実施され得る。ここでは、推定運動状態に基づいて、二輪車１の停止の決定もさらに行われる。
【００６１】
二輪車１の停止が決定されると、状態ベクトルおよびシステム方程式が初期の２つの状

態に減縮され得る。これにより、第２の補正５５に用いることができる測定パルスがないため、推定運動変数が時間の経過と共にずれることを防ぐことができる。二輪車１が再び前進していることが決定されるとすぐに、または車輪回転数センサ２３によって測定パルスが再び検出されるとすぐに、状態ベクトルおよびシステム方程式は、減縮前の元の状態に再び拡張され、次いですべての運動変数の正確な特定が再び可能となる。

【００６２】

二輪車１の停止の代替として、車輪回転数センサ２３からの測定パルスがないことを使用して、状態ベクトルおよび状態方程式を初期の２つの状態に減縮することもできる。

【００６３】

したがって、１回または２回補正された運動状態は、二輪車１の運動変数に関する特に正確な推定値を有する。特に、それにより、補正された運動状態に基づいて、速度など所望の運動変数が任意の時点で読み取られ、例えば二輪車１のさらなるシステムまたは方法に使用され得る。さらに、方法５０により、低速でも正確で確実な測定値を提供することができる回転速度センサ２１および加速度センサ２２の測定値に特に基づいているので、二輪車１の運動変数は、非常に低速でも方法５０によって正確に決定され得る。

【００６４】

決定された運動変数、特に操舵角δは、二輪車１において、以下に述べられるように駆動ユニット１２およびアンチロックブレーキシステム１３の動作５８のために使用される。

【００６５】

ここで、駆動ユニット１２の作動５８は、駆動ユニット１２によって生成される駆動トルクが、決定された瞬時の操舵角δに応じて適合されるように行われる。ここで、駆動トルクの適合は、ルックアップテーブル３０に基づいて行われる。

【００６６】

ルックアップテーブル３０は図５に示されている。ここでは、ルックアップテーブル３０は、操舵角３１に対する駆動トルク３２を示すグラフの形で示されている。ここで、車軸３３において、操舵角δは０°である。

【００６７】

ここで、ルックアップテーブル３０は、決定された操舵角δに応じて設定すべき駆動トルクを定める所定の駆動トルク曲線３５を含む。ここで、駆動トルク曲線３５は、操舵角０°に関して対称である。

【００６８】

図５から分かるように、駆動トルク曲線３５は、領域Ｃ内で一定であり、最大可能駆動トルクを利用可能にすることができる。領域Ｃは、それぞれ破線３６で表される１０°の最大操舵角δまで延びる。

【００６９】

操舵角δが１０°を超える場合、すなわち左右両方向への操舵時、それぞれ領域Ｂが始まる。領域Ｂでは、操舵角δから、駆動トルク曲線３５の線形依存性がある。これは、操舵角δが増加するにつれて、それに比例して最大駆動トルクが減少することを意味する。操舵角δが、点３７での操舵角δ（例えば４５°の操舵角δ）以上になる場合、最大可能駆動トルクはゼロに設定される。これは、少なくとも４５°の操舵角δ以降は、駆動ユニット１２がもはや駆動トルクを全く生成することができないことを意味する。

【００７０】

さらに、二輪車１が位置する道路の瞬時の勾配に応じて駆動ユニット１２の駆動トルクが適合されることが意図され得る。勾配は、例えば、センサシステム２を直接使用して、および／または二輪車２の計算された運動状態に基づいて決定され得る。好ましくは、ここで、所定の勾配を超えると、運転者にとって快適な電動アシスト走行動作を可能にするために駆動ユニット１２の最小駆動トルクが提供される。

【００７１】

さらに、二輪車１を駆動するための方法５０では、決定された瞬時の操舵角δに応じて

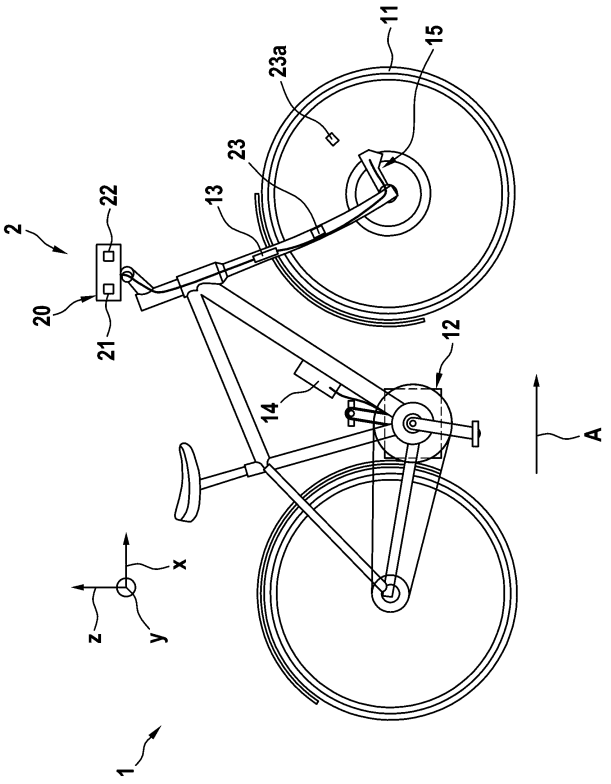
アンチロックブレーキシステム１３を動作させること５８が行われる。ここで、アンチロックブレーキ動作中にアンチロックブレーキシステム１３が液圧ブレーキシステム１５内で生成するブレーキ圧の圧力勾配が、決定された操舵角δに応じて適合させられる。ここで、最適な制動挙動に関して、決定された瞬時の操舵角δに基づいて、アンチロックブレーキシステム１３によって行われる液圧ブレーキシステム１５内での圧力調整中に、圧力勾配の感度係数および最大圧力が適合させられる場合が特に有利である。さらに、二輪車１の制動中、瞬時の操舵角δに応じてタイヤスリップの制御が行われ得る。

【００７２】

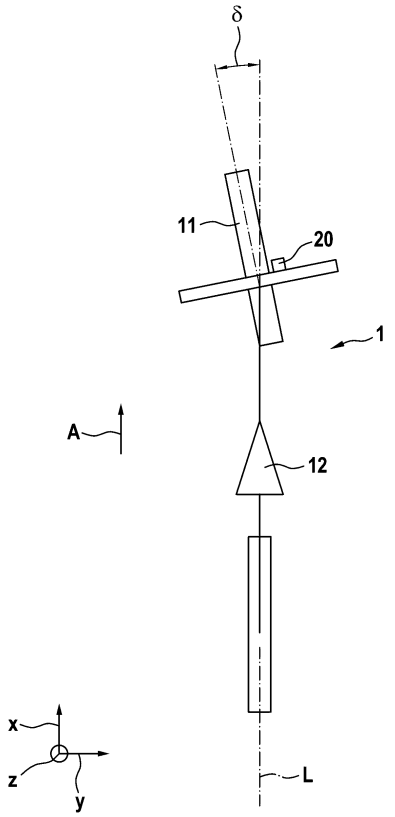
好ましくは、特に簡単な方法では、例えば急カーブにおいて危険な状況を回避するためのブレーキ圧の適合において、操舵角δが増加するにつれて、液圧ブレーキシステム１５で許容される最大ブレーキ圧を低下させることができる。これにより、急カーブで、車輪１１のロックまたは滑動につながる可能性のある強すぎる制動が回避され得る。アンチロックブレーキシステム１３の動作５８のために、運動状態に基づいて推定される操舵角δが使用されることにより、例えば傾斜センサなどの複雑で高価なセンサ構成をなくすことができるので、二輪車１でのカーブ走行に関して最適化されるアンチロックブレーキ動作が特に簡単で安価な手段で提供され得る。

【図面】

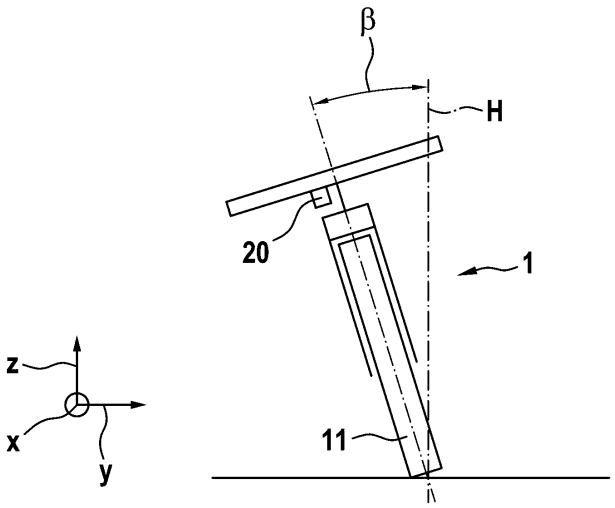
【図１】



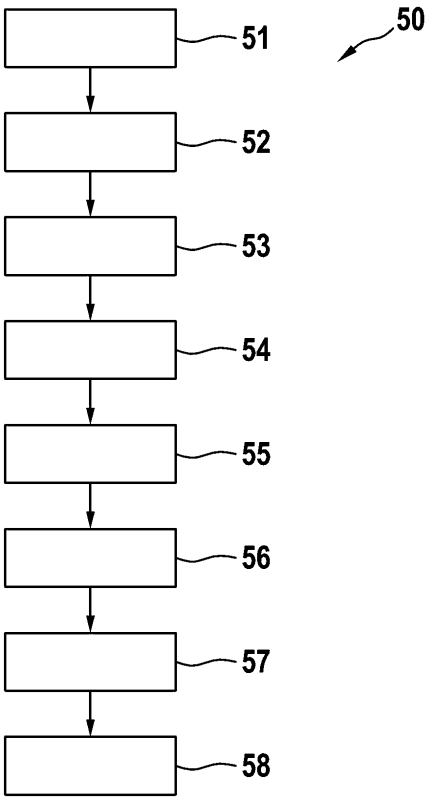
【図２】



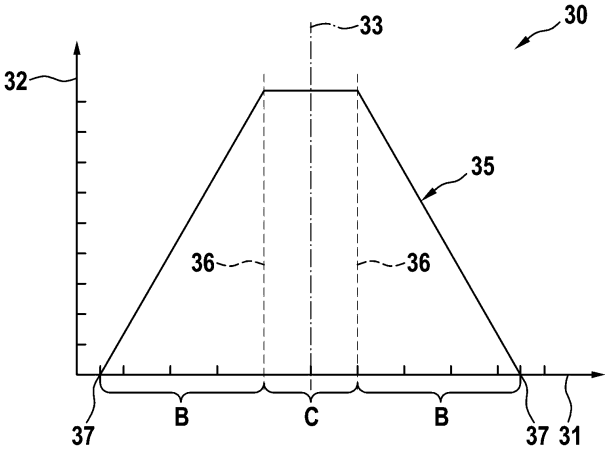
【図３】



【図４】



【図５】



【外国語明細書】
20230570660000027.pdf

フロントページの続き

(72)発明者　アレッサンドロ・モイア
ドイツ国　７１０８８　ホルツガーリンゲン，メギストールシュトラーセ　２８／２
(72)発明者　中村　淳志
新潟県新潟市江南区和田３６２
(72)発明者　ダニエル・バウムゲルトナー
ドイツ国　７２０７２　テュービンゲン，クリストフシュトラーセ　３０／１
(72)発明者　フェリックス・ダウアー
ドイツ国　７２０７４　テュービンゲン，モールシュトラーセ　７６
(72)発明者　ゲオルク・ヴィトマイアー
ドイツ国　７１２２９　レーオンベルク，パラケルススシュトラーセ　４０
(72)発明者　オリバー・マイアー
ドイツ国　７０１８６　シュトゥットガルト，プレッテンベルクシュトラーセ　２６
(72)発明者　ジラス・クルーク
ドイツ国　７１１０６　マクシュタット，シューバルトシュトラーセ　１０
(72)発明者　シュテッフェン・ハイル
ドイツ国　７２７９３　プフリンゲン，ドロッセルベーク　５４

Ｆターム（参考）　3D241　BA18 CA12 CC01 CC17 DB05Z DB09Z DB32Z
3D246　AA11 BA02 CA01 DA01 EA18 GA18 GA22 GB01 GC14 HA13B
HA64A HA86B HA94A JA15 JB02 JB05 JB11 JB28 JB33 LA03Z