

明 細 書

発明の名称：

電動アシスト移動体に使用するためのセンサ、電動アシストユニット、電動アシスト移動体、および、トルク検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、電動アシスト移動体においてトルクを検出するための技術に関する。

背景技術

[0002] ペダルの踏力によって生じる駆動力を、モータ駆動力によって生じる駆動力（アシスト力）で補助可能な電動アシスト自転車知られている。一般的に、電動アシスト自転車では、センサによってペダル踏力（トルク）、車速およびクランク角度が検出され、制御装置が、センサの検出結果に基づいて最適なアシスト比（踏み力とアシスト力との比）を決定し、決定されたアシスト比に基づいてモータを制御する（例えば、下記の特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-254592号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述した特許文献1では、ペダル踏力、車速およびクランク角度は、2つのセンサによって検出される。すなわち、ペダル踏力が1つのトルクセンサによって検出され、車速およびクランク角度が他の1つのセンサによって検出される。トルクセンサは、ラチェット駒を収容するための凹部が形成されたラチェット駒部と、ドライブシャフトに固定された支持ディスクと、それらの間に配置される皿ばねと、駒部に取り付けられたリング状の永久磁石と、永久磁石の磁場を検出するためのホール素子と、を備えている。自転車の

ユーザがペダル踏力を与えると、回転力が駒部に伝達される。このとき、ラチェット駒は、駒部からペダル踏力に対応する第1の力を与えられ、ラチェット駒の先端部がラチェット歯に当接して、第1の力をラチェット歯に伝達しようとする。一方、ラチェット歯が形成されたラチェット歯部は、スプロケットに連結されており、ラチェット駒の先端部は、駆動のための負荷による第2の力をラチェット歯から受ける。つまり、ラチェット駒は、その両端に反対向きの力である第1の力および第2の力を受ける。その結果、ラチェット駒が回転して立ち上がる。このラチェット駒の立ち上がりによって、駒部は、軸線方向内側に移動し、皿ばねを押し込む。皿ばねは、これに対抗して、弾性を駒部に作用させる。そして、駒部は、皿ばねの弾性力と、駒部を軸線方向に移動させるペダル踏力を反映した力と、が釣り合う地点で停止する。かかる駒部の移動に伴い、駒部に取り付けられた永久磁石も移動し、その結果、永久磁石とホール素子との距離が変化する。かかる距離の変化に伴う磁場の変化を検出することによって、ペダル踏力（トルク）が検出される。

[0005] しかしながら、上述のトルクセンサでは、皿ばねが変位する分だけ、ユーザが踏力を与えてから自転車が動き出すまでに、時間差が生じる。このため、ユーザのペダルの踏み込みに対する自転車の応答性の向上が望まれる。また、皿ばねの分だけ、トルクセンサが軸線方向に大きくなるので、センサの小型化が望まれる。さらに、センサの小型化、コスト低減、製造工数の低減などの観点から、1つのセンサによって、ペダル踏力、車速およびクランク角度の全てを検出できることが望ましい。さらに、センサの感度は、良好であることが望まれる。これらの要望は、電動アシスト自転車に限らず、人力によって生じる駆動力を電力によって生じる駆動力で補助可能な種々の電動アシスト移動体に共通する。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、例えば、以下の形態として実現することが可能である。

[0007] 本発明の第1の形態によれば、人力によって生じる第1の駆動力を電力によって生じる第2の駆動力で補助可能な電動アシスト移動体に使用するためのセンサが提供される。このセンサは、周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第1の磁石であって、電動アシスト移動体のドライブシャフトとともに回転するように配置された第1の磁石と、周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第2の磁石であって、第1の磁石と同軸に配置され、ドライブシャフトとともに回転するように配置された第2の磁石と、第1の磁石の磁界を検出するための、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一对の第1のホール素子と、第2の磁石の磁界を検出するための、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一对の第2のホール素子と、ドライブシャフトが回転する際のトルクによって周方向に歪むように構成された歪み部であって、歪みによって、第1の磁石と第2の磁石との周方向の相対位置を変化させるように配置された歪み部と、を備える。

[0008] かかるセンサによれば、第1のホール素子または第2のホール素子の検出結果に基づいて、すなわち、ドライブシャフトの回転に伴って第1または第2のホール素子で検出される磁界の変化に基づいて、ドライブシャフトの回転角度を検出することができる。また、磁界の変化の周期に基づいて、ドライブシャフトの回転速度を検出することができる。さらに、歪み部の歪みによって生じる、第1のホール素子の検出結果に基づいて定まる回転角度と、第2のホール素子の検出結果に基づいて定まる回転角度と、の差分、すなわち、第1の磁石と第2の磁石との回転角度差は、ドライブシャフトのトルクと相関がある。このため、当該回転角度差に基づいて、ドライブシャフトのトルクを検出することができる。以上のように、第1の形態のセンサは、1つのセンサによって、トルクと回転角度と回転速度（電動アシスト移動体の移動速度）とを検出することができる。また、第1の形態のセンサは、軸線方向に伸縮するばねを使用しないので、ユーザが第1の駆動力を電動アシスト移動体に与える操作に対する応答性に優れるとともに、コンパクトである

。なお、センサの出力は、トルク、回転角度および回転速度そのものであってもよいし、これらに対応する他の物理量（例えば、磁界検出値）であってもよい。

[0009] 本発明の第2の形態によれば、第1の形態において、少なくとも一对の第1のホール素子の各々は、周方向に90度の角度をなすように配置され、少なくとも一对の第2のホール素子の各々は、周方向に90度の角度をなすように配置される。かかる形態によれば、回転角度を容易に検出することができる。

[0010] 本発明の第3の形態によれば、第1または第2の形態において、第1のホール素子および第2のホール素子は、それぞれ、複数対で構成される。かかる形態によれば、複数対の検出結果に基づいて、回転のぶれが吸収された回転角度を検出することができ、その結果、センサの検出精度が高まる。

[0011] 本発明の第4の形態によれば、第1ないし第3のいずれかの形態において、歪み部は、ラチェット駒が取り付けられるように構成されたラチェットホルダと、ラチェット歯部が形成されたラチェットギアと、を有するラチェット機構のうちのラチェットホルダの少なくとも一部分である。かかる形態によれば、電動アシスト移動体の一部分であるラチェット機構のラチェットホルダを歪み部としても利用することができる。したがって、センサ専用の歪み部を設ける場合と比べて、センサを小型化することができる。

[0012] 本発明の第5の形態によれば、第4の形態において、ラチェットホルダは、内側に貫通穴が形成された環状の内周部と、内周部から径方向外側に向けて突出した第1の突出部と、を有する内側部位と、内周部から径方向に間隔を隔てて内周部を取り囲む外周部であって、ラチェット駒が取り付けられる外周部と、外周部から径方向内側に向けて突出した第2の突出部であって、周方向において第1の突出部から間隔を隔てて配置される第2の突出部と、を有する外側部位と、第1の突出部と第2の突出部とによって周方向に挟持される弾性部材と、を備える。内側部位および外側部位は、同軸に周方向に相対移動可能に構成される。かかる形態によれば、第1の突出部と第2の突

出部との間で弾性部材が圧縮されることによって第1の磁石と第2の磁石との回転角度差が生じる。つまり、弾性部材以外には歪みが生じないので、耐久性に優れている。

[0013] 本発明の第6の形態によれば、第4の形態において、ラチェットホルダは、内側に貫通穴が形成された環状の内周部と、内周部から径方向に間隔を隔てて内周部を取り囲む外周部であって、ラチェット駒が取り付けられる外周部と、内周部と外周部との間を連結する複数の連結部であって、互いに間隔を隔てて設けられた複数の連結部と、を備える。かかる形態によれば、連結部によって、ラチェットホルダの周方向の剛性が低減され、当該ラチェットホルダが周方向に歪みやすくなる。その結果、トルク検出の感度が向上する。

[0014] 本発明の第7の形態によれば、第6の形態において、連結部は、径方向に対して交差する方向に延在する。かかる形態によれば、ラチェットホルダの周方向の剛性がいっそう低減される。その結果、トルク検出の感度がいっそう向上する。

[0015] 本発明の第8の形態によれば、第6または第7の形態において、外周部の径方向の幅は、連結部が延在する方向と直交する方向における連結部の幅よりも小さい。かかる形態によれば、ラチェットホルダに所定の程度以上のトルクが作用した場合、幅が相対的に小さい外周部が径方向外側に向けて膨らむので、ラチェットホルダが所定の程度以上に歪まない。したがって、ラチェットホルダに大きなトルクが作用しても、ラチェットホルダの破壊が抑制される。

[0016] 本発明の第9の形態によれば、第6ないし第8のいずれかの形態において、連結部は、弾性材料によって形成される。かかる形態によれば、ラチェットホルダが周方向にいっそう歪みやすくなり、トルク検出の感度がいっそう向上する。

[0017] 本発明の第10の形態によれば、第1ないし第3のいずれかの形態において、センサは、ドライブシャフトの周囲に固定されるように構成された筒状

部材をさらに備える。第1の磁石は、筒状部材の一端側に配置され、第2の磁石は、筒状部材の他端側に配置される。かかる形態によっても、第1ないし第3の形態の効果を好適に奏する。

[0018] 本発明の第11の形態によれば、電動アシストユニットが提供される。この電動アシストユニットは、第1ないし第10のいずれかの形態のセンサと、第2の駆動力を発生させるためのモータと、センサによる検出結果に基づいてモータを制御するように構成された制御装置と、を備える。本発明の第12の形態によれば、第11の形態の電動アシストユニットを備える電動アシスト移動体が提供される。これらの形態によれば、第1ないし第10の形態と同様の効果を奏する。

[0019] 本発明の第13の形態によれば、人力によって生じる第1の駆動力を電力によって生じる第2の駆動力で補助可能な電動アシスト移動体において、センサを使用して第1の駆動力のトルクを検出する方法が提供される。この方法は、電動アシスト移動体のドライブシャフトとともに回転するように配置された、周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第1の磁石の磁界を、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一对の第1のホール素子によって検知する工程と、ドライブシャフトとともに回転するように配置された、周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第2の磁石の磁界を、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一对の第2のホール素子によって検知する工程と、ドライブシャフトが回転する際のトルクによって周方向に歪む歪み部によって生じる角度差であって、第1のホール素子による検知結果に基づいて定まるドライブシャフトの回転角度と、第2のホール素子による検知結果に基づいて定まるドライブシャフトの回転角度と、の角度差に基づいて、第1の駆動力のトルクを検出する工程と、を備える。かかる方法によれば、第1の形態と同様に、応答性に優れたトルク検出を行える。また、センサを小型化できる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の一実施例としての電動アシスト自転車を示す概略図である。

[図2]電動アシスト自転車のモータの周辺を示す概略図である。

[図3]電動アシストユニットの構成を示す断面図である。

[図4]センサの構成を示す説明図である。

[図5]トルクによるラチェットホルダの歪みによって生じる第1の磁石と第2の磁石との回転角度差を示す説明図である。

[図6]センサの原理を示す模式図である。

[図7]第1の磁石および第2の磁石の回転角度を示す説明図である。

[図8]ラチェット機構の別の構成を示す説明図である。

[図9]センサの別の構成を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0021] A. 第1実施例：

図1は、本発明の一実施例としての電動アシスト自転車10の概略構成を示す。電動アシスト自転車10は、自転車本体20と、電動アシストユニット35と、を備えている。自転車本体20は、車体フレーム21とハンドル22とサドル23と前輪24と後輪25とを備えている。

[0022] 車体フレーム21の中央下端には、ドライブシャフト26が回転可能に支承され、その左右両端部には、ペダルクランク27を介してペダル28が取り付けられている。ドライブシャフト26には、電動アシスト自転車10の前進方向に相当する矢印A1の方向の回転力のみを伝達するためのラチェット機構40（図1では図示省略、図3参照）を介して、スプロケット29がドライブシャフト26と同軸に取り付けられている。このスプロケット29と、後輪25の中央部に設けられた後輪動力機構31との間には無端のチェーン32がかけられている。

[0023] 電動アシストユニット35は、センサ50（図1では図示省略、後述する図3参照）と、モータ90とを備えている。センサ50は、電動アシスト自転車10に関する所定の物理量を検出するために設けられる。かかる物理量には、ペダル28の踏力（トルク）と、電動アシスト自転車10の車速と、ペダルクランク27の回転角度と、が含まれる。センサ50の詳細について

は後述する。

[0024] モータ90は、人力、すなわち、ユーザがペダル28を踏む踏力によって生じる駆動力を補助するための駆動力（アシスト力）を提供するために設けられる。モータ90によって生じる駆動力は、ギア（図示省略）を介して、ペダル28の踏力をスプロケット29に伝達するための伝達ギアに作用する。これによって、踏力とアシスト力とが合成されて、踏力が補助される。

[0025] かかる電動アシスト自転車10では、モータ90によるアシスト力は、次のようにして決定される。まず、センサ50によって、ペダル28の踏力（トルク）と、電動アシスト自転車10の車速と、ペダルクランク27の回転角度と、が検出される。次に、その検出結果に基づいて所定のアルゴリズムが実行され、最適なアシスト比が決定される。そして、決定されたアシスト比に基づいてモータが制御される。かかるアルゴリズムとしては、種々の公知のアルゴリズムを使用できる。

[0026] 図2は、モータ90が電動アシスト自転車10に取り付けられた状態を示している。本実施例では、モータ90は、電動アシスト自転車10に着脱可能に取り付けられる。また、モータ90には、制御装置91が内蔵されている。制御装置91は、例えば、CPUとメモリとを有するマイクロコンピュータとして構成される。メモリには、上述したアルゴリズムが格納されており、CPUは、当該アルゴリズムを実行する。モータ90を電動アシスト自転車10に取り付けると、制御装置91とセンサ50とが電氣的に接続される。

[0027] 図3は、電動アシストユニット35の構成を示す断面図である。センサ50は、第1の磁石51と、第2の磁石52と、二対の第1のホール素子53（以下、一対の第1のホール素子53a, 53bおよび一対の第1のホール素子53c, 53dとも呼ぶ。図3では、第1のホール素子53a, 53cのみ図示されている）と、二対の第2のホール素子54（以下、一対の第2のホール素子54a, 54bおよび一対の第2のホール素子54c, 54dとも呼ぶ。図3では、第2のホール素子54a, 54cのみ図示されている）

）と、センサ回路５５と、を備えている。本実施例では、ラチェット機構４０の一部分は、センサ５０の構成要素としても機能する。第１のホール素子５３および第２のホール素子５４は、それぞれ一対であってもよいし、三対以上であってもよい。

[0028] ラチェット機構４０は、ラチェット駒４３が取り付けられるように構成されたラチェットホルダ４１と、ラチェット歯部４４が形成されたラチェットギア４２と、を備えている。ラチェット機構４０は、ドライブシャフト２６の周囲に取り付けられている。周知の通り、ラチェット機構４０は、ドライブシャフト２６が矢印Ａ１の方向に回転する際には、ラチェット駒４３がラチェットギア４２のラチェット歯部４４に係止することによって、ドライブシャフト２６の回転力をラチェットホルダ４１およびラチェット駒４３を介してラチェットギア４２に伝達し、さらに、スプロケット２９に伝達する。ドライブシャフト２６が矢印Ａ１と反対の方向に回転する際には、ラチェット駒４３は、ラチェット歯部４４に係止されないで、ドライブシャフト２６の回転力は、スプロケット２９には伝達されない。

[0029] 第１の磁石５１は、リング状の形状を有している。この第１の磁石５１は、周方向に沿ってＮ極とＳ極とが形成された２極の磁石である。本実施例では、第１の磁石５１は、ドライブシャフト２６の周囲に設けられたボス５６の周囲に固定されている。このため、第１の磁石５１は、ドライブシャフト２６の回転とともにドライブシャフト２６と同軸に回転する。第２の磁石５２は、リング状の形状を有している。この第２の磁石５２は、周方向に沿ってＮ極とＳ極とが形成された２極の磁石である。この第２の磁石５２は、第１の磁石５１と同軸に配置される。本実施例では、第２の磁石５２の直径は、第１の磁石５１の直径よりも大きい。このため、第２の磁石５２は、第１の磁石５１の径方向外側に配置される。本実施例では、第２の磁石５２は、第２の磁石５２を保持する例えば金属製の磁石ホルダ（図示省略）を介してラチェットホルダ４１（より具体的には、外周部４７（図４（ａ）参照））に固定されている。固定方法には、例えば、かしめやスポット溶接を使用す

ることができる。このため、第2の磁石52は、ドライブシャフト26が矢印A1（図1参照）の方向に回転する際に、ドライブシャフト26の回転とともにドライブシャフト26と同軸に回転する。

[0030] 二対の第1のホール素子53は、第1の磁石51の磁界を検出するために設けられている。一对（2つ）の第1のホール素子53a, 53bは、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される（後述する図6参照）。本実施例では、第1のホール素子53a, 53bは、周方向に90度の角度をなすように配置されている。同様に、他の一对の第1のホール素子53c, 53dは、周方向に90度の角度をなすように配置されている。つまり、4つの第1のホール素子53a～53dは、周方向に等間隔に配置されている。二対の第2のホール素子54は、第2の磁石52の磁界を検出するために設けられている。一对（2つ）の第2のホール素子54a, 54bは、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される（後述する図6参照）。本実施例では、第2のホール素子54a, 54bは、周方向に90度の角度をなすように配置されている。同様に、他の一对の第2のホール素子54c, 54dは、周方向に90度の角度をなすように配置されている。つまり、4つの第2のホール素子54a～54dは、周方向に等間隔に配置されている。このように、90度の角度をなすように一对のホール素子を配置にすることによって、後述する回転角度差 $\Delta\theta$ の計算が行いやすくなる。ただし、一对の第1のホール素子53, 54は、任意の角度で配置され得る。これらの二対の第1のホール素子53および二対の第2のホール素子54は、スプロケット29の回転によって周方向の位置が変化することがないように、電動アシスト自転車10の固定部位に取り付けられている。より具体的には、二対の第1のホール素子53および二対の第2のホール素子54は、センサ回路55を保持するセンサ回路ホルダに保持されている（図4（b）では、ホール素子53, 54とセンサ回路ホルダとを一体的に簡略表示している）。また、本実施例では、第1の磁石51および第2の磁石52は、それらの極性の周方向の位置が完全に一致するように配置されている。ただし、これらの極性は、周方向

にずれていてもよい。

[0031] センサ回路 55 は、二対の第 1 のホール素子 53 および二対の第 2 のホール素子 54 からの出力に基づいて、ペダル 28 の踏力（トルク）と、電動アシスト自転車 10 の車速と、ペダルクランク 27 の回転角度と、のそれぞれに対応する信号を制御装置 91 に出力する。また、センサ回路 55 は、不揮発性のメモリを備えている。このメモリには、二対の第 1 のホール素子 53 および二対の第 2 のホール素子 54 の検出結果から、トルク値（あるいは、トルク値に換算可能な値）を算出するための情報が格納されている（詳細は後述する）。

[0032] 図 4 は、センサ 50 の構成を示す説明図である。図 4（a）は、ドライブシャフト 26 の軸線方向においてラチェット機構 40 をスプロケット 29 側から見た図であり、図 4（b）は、図 4（a）の断面図である。図 4（b）は、既に説明した図 3 に示したセンサ 50 の周辺の拡大図でもある。図 4（a）に示すように、ラチェット機構 40 のラチェットホルダ 41 は、内周部 45 と、外周部 47 と、複数の連結部 46 と、を備えている。内周部 45 は、その内側に貫通穴が形成された環状の形状を有している。内周部 45 の貫通穴には、ドライブシャフト 26 が配置される。外周部 47 は、内周部 45 から径方向に間隔を隔てて内周部 45 を取り囲んでいる。この外周部 47 にラチェット駒 43 が取り付けられている。複数の連結部 46 は、互いに間隔を隔てられて設けられている。この複数の連結部 46 は、内周部 45 と外周部 47 との間を連結する。複数の連結部 46 の間には、空隙 48 が形成されている。なお、複数の連結部 46 の間は、空隙 48 が形成される代わりに、連結部 46 よりも厚みが小さい部位が形成されていてもよい。

[0033] かかるラチェット機構 40 は、空隙 48 を有しているので、空隙 48 を有さない従来のラチェット機構と比べて、ラチェットホルダ 41 の周方向の剛性が小さい。このため、内周部 45 の貫通穴に配置されたドライブシャフト 26 が回転した際に、ラチェットホルダ 41（より具体的には、連結部 46 および外周部 47）が周方向に歪みやすい。つまり、ドライブシャフト 26

の回転角度に対して、この歪みの分だけ回転角度差が生じた状態で、外周部 47 が回転することになる。上述したとおり、第 2 の磁石 52 は、外周部 47 に固定されているので、この歪みの影響を受けないボス 56 に固定されている第 1 の磁石 51 と、歪みの影響を受ける第 2 の磁石 52 と、の間には、回転角度差が生じる。このように、連結部 46 および外周部 47 は、ドライブシャフトが回転する際のトルクによって周方向に歪むように構成されており、当該歪みによって、第 1 の磁石 51 と第 2 の磁石 52 との周方向の相対位置を変化させる歪み部として機能する。ラチェットホルダ 41 の一部分をセンサの構成要素（歪み部）としても利用することによって、センサ専用の歪み部を設ける場合と比べて、センサ 50、ひいては、電動アシスト自転車 10 が小型化および軽量化される。なお、上述の通り、第 2 の磁石 52 が外周部 47 に固定されることによって、連結部 46 の歪みを、第 1 の磁石 51 と第 2 の磁石 52 との回転角度差に正確に反映することができる。ただし、第 2 の磁石 52 は、ラチェットギア 42 に固定されてもよい。かかる構成によっても、連結部 46 の歪みを、第 1 の磁石 51 と第 2 の磁石 52 との回転角度差にある程度反映することができる。あるいは、ドライブシャフト 26 の回転力が、外周部 47 が完全に歪んだ後にラチェットギア 42 に伝達される場合には、連結部 46 の歪みを、第 1 の磁石 51 と第 2 の磁石 52 との回転角度差に正確に反映することができる。

[0034] 図 5 は、上述したラチェットホルダ 41 の歪みによって生じる第 1 の磁石 51 と第 2 の磁石 52 との回転角度差を示している。図 5 において、第 1 の磁石 51 および第 2 の磁石 52 のハッチング部分は N 極を表しており、ハッチングのない部分は S 極を表している。また、図 5 (a) は、無負荷時のラチェット機構 40 を示しており、図 5 (b) は、矢印 A1 の方向（図 1 参照）に負荷がかけられた時のラチェット機構 40 を示している。図示するように、負荷時には、ラチェットホルダ 41 の歪みによって、無負荷時と比べて、第 1 の磁石 51 と第 2 の磁石 52 との間に回転角度差 $\Delta \theta$ が生じている（図 5 (b) では、図示を簡略化するために、ラチェットホルダ 41 を歪んで

いない状態で示している)。センサ50は、かかる回転角度差 $\Delta\theta$ を、第1のホール素子53および第2のホール素子54を用いて検出し、その結果に基づいて、トルクの検出を行う。

[0035] 本実施例においては、図4および図5に示すように、連結部46は、径方向に対して交差する方向に延在する。交差する方向は、一定の方向であってもよいし、位置に応じて変化してもよい。例えば、連結部46は、湾曲した形状を有していてもよい。かかる構成によれば、連結部46が径方向に延在する構成と比べて、ラチェットホルダ41の周方向の剛性がいっそう低減される。その結果、トルク検出の感度がいっそう向上する。本実施例では、連結部46は、その内側端部の周方向の位置が、外側端部の周方向の位置よりも、矢印A1の方向（すなわち、ドライブシャフト26の回転力がラチェットギア42に伝達される場合の回転方向）に関して進んだ位置にある（周方向において、外側端部から内側端部に向かう方向が、矢印A1の方向と一致する）。かかる構成によれば、連結部46がいっそう歪みやすくなり、トルク検出の感度がいっそう向上する。さらに、連結部46は、弾性材料（例えば、ばね鋼）によって形成されてもよい。この場合、ラチェットホルダ41が周方向にいっそう歪みやすくなる。

[0036] さらに、本実施例においては、図4および図5に示すように、外周部47の径方向の幅は、連結部46が延在する方向と直交する方向における連結部46の幅よりも小さい。かかる構成によれば、ラチェットホルダ41に所定の程度以上のトルクが作用した場合、幅が相対的に小さい外周部47が径方向外側に向けて膨らむ。このため、ラチェットホルダ41が所定の程度以上に周方向に歪まない。その結果、ラチェットホルダ41に大きなトルクが作用した場合でも、ラチェットホルダ41の破壊が抑制される。

[0037] 図6は、センサ50の検出原理を示す模式図である。図6(a)は、一对の第1のホール素子53a, 54bを用いて、2極の第1の磁石51の回転角度を検出する様子を示している。図6(b)は、一对の第2のホール素子54a, 54bを用いて、2極の第2の磁石52の回転角度を検出する様子

を示している。ドライブシャフト26の回転に伴って、第1の磁石51および第2の磁石52が回転すると、第1の磁石51および第2の磁石52の回転角度に応じて、第1のホール素子53a, 54bおよびホール素子54a, 54bで検出される磁界の強さが変化する。この変化に基づいて、第1の磁石51および第2の磁石52のそれぞれの回転角度（実際の回転角度）を検出することができる。この検出された2つの回転角度の差を上述した回転角度差 $\Delta\theta$ として取得することができる。

[0038] 図7は、第1の磁石51および第2の磁石52の回転角度を示している。波形W1は、第2の磁石52の回転角度を表し、波形W2は、第1の磁石51の回転角度を表している。この2つの波形から回転角度差 $\Delta\theta$ を求めることができる。かかる計算は、センサ回路55によって実行される。

[0039] 本実施例においては、第1のホール素子53および第2のホール素子54は、それぞれ、二対用意されているから、一對ごとに上述した波形が得られることになる。本実施例では、これらの二対の波形を平均することによって、回転角度差 $\Delta\theta$ を算出する。かかる構成によれば、回転のぶれが吸収された回転角度を検出することができる。その結果、センサ50の検出精度が高まる。

[0040] こうして得られる回転角度差 $\Delta\theta$ とトルクとの対応関係を事前に測定して、その測定結果をセンサ回路55のメモリに記憶しておけば、センサ回路55は、当該対応関係を参照して、回転角度差 $\Delta\theta$ に基づいてトルク値を算出することができる。また、センサ回路55は、第1のホール素子53および第2のホール素子54のいずれかの検出結果に基づいて、ドライブシャフト26の回転角度（図7（b）において波形W1または波形W2として表されている）を検出することができる。さらに、センサ回路55は、この回転角度の周期に基づいて、ドライブシャフト26の回転速度を検出することができる。このように、センサ50は、トルクと回転角度と回転速度とを検出することができる。つまり、1つのセンサでこれらの3つの値を検出することができる。また、従来のトルクセンサのように、軸線方向に伸縮するばねを

使用しないので、踏力に対する応答性に優れるとともに、コンパクトである。センサ回路 55 は、トルク、回転角度および回転速度そのものを制御装置 91 に出力してもよいし、これらに対応する他の物理量（例えば、磁界検出値、または、中間的な計算値）を制御装置 91 に出力し、制御装置 91 においてトルク、回転角度および回転速度が求められてもよい。

[0041] B. 第 2 実施例：

本発明の第 2 実施例について、以下に説明する。第 2 実施例は、電動アシスト自転車 10 が上述したラチェット機構 40 に代えて、ラチェット機構 140 を備えている点のみが第 1 実施例と異なっており、その他の点については第 1 実施例と同じである。図 8 は、本発明の第 2 実施例としてのラチェット機構 140 の構成を示している。図 8 において、第 1 実施例（図 4）と同一の構成要素については、図 4 と同一の符号を付して説明を省略する。

[0042] ラチェット機構 140 は、第 1 実施例のラチェットホルダ 41 に代えて、ラチェットホルダ 141 を備えている。ラチェットホルダ 141 は、内周部位 144 と外周部位 147 とを備えている。内周部位 144 は、内周部 142 と第 1 の突出部 143 とを備えている。内周部 142 は、その内側に貫通穴が形成された環状の形状を有している。内周部 142 の貫通穴には、ドライブシャフト 26 が配置される。第 1 の突出部 143 は、内周部 142 から径方向外側に向けて突出している。本実施例では、3 つの第 1 の突出部 143 が周方向に等間隔に配置されている。第 1 の突出部 143 には、第 1 の突出部 143 を軸線方向に貫通する貫通穴 148 が形成されている。

[0043] 外周部位 147 は、外周部 145 と第 2 の突出部 146 とを備えている。外周部 145 は、内周部 142 から径方向に間隔を隔てて内周部 142 を取り囲んでいる。この内周部 142 には、ラチェット駒 43 が取り付けられる。第 2 の突出部 146 は、外周部 145 から径方向内側に向けて突出している。第 2 の突出部 146 は、第 1 の突出部 143 と同じ数設けられており、本実施例では、3 つの第 2 の突出部 146 が周方向に等間隔に配置されている。第 2 の突出部 146 は、第 1 の突出部 143 と周方向に間隔を隔てて配

置される。このため、内周部位 1 4 4 と外周部位 1 4 7 とは、同軸に周方向に相対移動することができる。

[0044] 内周部位 1 4 4 と外周部位 1 4 7 とは、外周部位 1 4 7 と一体的に形成されたストッパが貫通穴 1 4 8 に挿入されることによって、内周部位 1 4 4 と外周部位 1 4 7 との周方向の相対移動の範囲が制限されている。第 1 の突出部 1 4 3 と第 2 の突出部 1 4 6 との間には、弾性部材 1 6 0 が配置されている。弾性部材 1 6 0 は、第 1 の突出部 1 4 3 と第 2 の突出部 1 4 6 とによって、それらの間に挟持されている。

[0045] かかるラチェット機構 1 4 0 では、図 8 (a) に示す無負荷状態に対して踏力による負荷がかけられると、図 8 (b) に示すように、内周部位 1 4 4 と外周部位 1 4 7 とが周方向に相対移動し、第 1 の突出部 1 4 3 と第 2 の突出部 1 4 6 との間で弾性部材 1 6 0 が圧縮される。これによって、第 1 の磁石 5 1 と第 2 の磁石 5 2 との回転角度差 $\Delta \theta$ が生じる。かかるラチェット機構 1 4 0 は、弾性部材 1 6 0 以外には歪みが生じないので、耐久性に優れている。

[0046] C. 第 3 実施例：

本発明の第 3 実施例について、以下に説明する。第 3 実施例は、センサ 2 5 0 が、回転角度差 $\Delta \theta$ を生じさせる歪み部として、ラチェット機構 4 0 に代えて、筒状部材 2 7 0 を備えている点のみが第 1 実施例と異なっており、その他の点については第 1 実施例と同じである。ラチェット機構は、任意の構成とすることができる。図 9 は、センサ 2 5 0 の概略構成を示している。図 9 において、第 1 実施例と同一の構成要素については、第 1 実施例の各図と同一の符号を付して説明を省略する。

[0047] センサ 2 5 0 は、円筒状の筒状部材 2 7 0 を備えている。この筒状部材 2 7 0 は、ドライブシャフト 2 6 の周囲に取り付けられている。筒状部材 2 7 0 は、ドライブシャフト 2 6 にトルクが生じた場合に、周方向に歪むことができる弾性部材によって形成されている。筒状部材 2 7 0 の一端には、第 1 の磁石 5 1 が取り付けられており、その近傍に、第 1 のホール素子 5 3 a,

53bが配置されている。筒状部材270の他端には、第2の磁石52が取り付けられており、その近傍に、第2のホール素子54a, 54bが配置されている。第1の磁石51は、筒状部材270の歪みの影響を受けないように、電動アシスト自転車10の固定部位に固定されている。かかる構成によっても、第1の磁石51と第2の磁石52との回転角度差 $\Delta\theta$ を好適に生じさせることができる。

[0048] 以上説明した電動アシスト自転車10の構成は、人力によって生じる駆動力を電力によって生じる駆動力で補助可能な種々の電動アシスト移動体に適用することができる。こうした移動体としては、例えば、車椅子、三輪車、荷物用の台車などであってもよい。

[0049] 以上、いくつかの実施例に基づいて本発明の実施の形態について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明には、その等価物が含まれることはもちろんである。また、上述した課題の少なくとも一部を解決できる範囲、または、効果の少なくとも一部を奏する範囲において、特許請求の範囲および明細書に記載された各構成要素の任意の組み合わせ、または、省略が可能である。例えば、ラチェット機構40, 140の構成は、センサ50の他の構成と切り離して、単独で 사용할 ことができる。ラチェット機構40, 140の構成は、歪みを利用してトルクを検出する種々のセンサに利用可能である。

符号の説明

- [0050] 10…電動アシスト自転車
 20…自転車本体
 21…車体フレーム
 22…ハンドル
 23…サドル
 24…前輪

- 2 5 …後輪
- 2 6 …ドライブシャフト
- 2 7 …ペダルクランク
- 2 8 …ペダル
- 2 9 …スプロケット
- 3 1 …後輪動力機構
- 3 2 …チェーン
- 3 5 …電動アシストユニット
- 4 0 …ラチェット機構
- 4 1 …ラチェットホルダ
- 4 2 …ラチェットギア
- 4 3 …ラチェット駒
- 4 4 …ラチェット歯部
- 4 5 …内周部
- 4 6 …連結部
- 4 7 …外周部
- 4 8 …空隙
- 5 0 …センサ
- 5 1 …第 1 の磁石
- 5 2 …第 2 の磁石
- 5 3, 5 3 a ～ 5 3 d …第 1 のホール素子
- 5 4, 5 4 a ～ 5 4 d …第 2 のホール素子
- 5 5 …センサ回路
- 5 6 …ボス
- 9 0 …モータ
- 9 1 …制御装置
- 1 4 0 …ラチェット機構
- 1 4 1 …ラチェットホルダ

1 4 2 …内周部

1 4 3 …第 1 の突出部

1 4 4 …内周部位

1 4 5 …外周部

1 4 6 …第 2 の突出部

1 4 7 …外周部位

1 4 8 …貫通穴

1 6 0 …弾性部材

2 5 0 …センサ

2 7 0 …筒状部材

請求の範囲

- [請求項1] 人力によって生じる第1の駆動力を電力によって生じる第2の駆動力で補助可能な電動アシスト移動体に使用するためのセンサであって、
- 周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第1の磁石であって、前記電動アシスト移動体のドライブシャフトとともに回転するように配置された第1の磁石と、
- 周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第2の磁石であって、前記第1の磁石と同軸に配置され、前記ドライブシャフトとともに回転するように配置された第2の磁石と、
- 前記第1の磁石の磁界を検出するための、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一対の第1のホール素子と、
- 前記第2の磁石の磁界を検出するための、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一対の第2のホール素子と、
- 前記ドライブシャフトが回転する際のトルクによって周方向に歪むように構成された歪み部であって、該歪みによって、前記第1の磁石と前記第2の磁石との周方向の相対位置を変化させるように配置された歪み部と
- を備えたセンサ。
- [請求項2] 請求項1に記載のセンサであって、
- 前記少なくとも一対の第1のホール素子の各々は、周方向に90度の角度をなすように配置され、
- 前記少なくとも一対の第2のホール素子の各々は、周方向に90度の角度をなすように配置された
- センサ。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載のセンサであって、
- 前記第1のホール素子および前記第2のホール素子は、それぞれ、複数対で構成される

センサ。

[請求項4]

請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載のセンサであって、
前記歪み部は、ラチェット駒が取り付けられるように構成されたラ
チェットホルダと、ラチェット歯部が形成されたラチェットギアと、
を有するラチェット機構のうちの前記ラチェットホルダの少なくとも
一部分である

センサ。

[請求項5]

請求項4に記載のセンサであって、
前記ラチェットホルダは、
内側に貫通穴が形成された環状の内周部と、該内周部から径方向
外側に向けて突出した第1の突出部と、を有する内側部位と、
前記内周部から径方向に間隔を隔てて該内周部を取り囲む外周部
であって、前記ラチェット駒が取り付けられる外周部と、該外周部か
ら径方向内側に向けて突出した第2の突出部であって、周方向におい
て前記第1の突出部から間隔を隔てて配置される第2の突出部と、を
有する外側部位と、

前記第1の突出部と前記第2の突出部とによって周方向に挟持さ
れる弾性部材と

を備え、

前記内側部位および前記外側部位は、同軸に周方向に相対移動可能
に構成された

センサ。

[請求項6]

請求項4に記載のセンサであって、
前記ラチェットホルダは、
内側に貫通穴が形成された環状の内周部と、
前記内周部から径方向に間隔を隔てて該内周部を取り囲む外周部
であって、前記ラチェット駒が取り付けられる外周部と、
前記内周部と前記外周部との間を連結する複数の連結部であって

、互いに間隔を隔てて設けられた複数の連結部と
を備える
センサ。

[請求項7] 請求項6に記載のセンサであって、
前記連結部は、径方向に対して交差する方向に延在する
センサ。

[請求項8] 請求項6または請求項7に記載のセンサであって、
前記外周部の径方向の幅は、前記連結部が延在する方向と直交する
方向における該連結部の幅よりも小さい
センサ。

[請求項9] 請求項6ないし請求項8のいずれか一項に記載のセンサであって、
前記連結部は、弾性材料によって形成された
センサ。

[請求項10] 請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載のセンサであって、
ドライブシャフトの周囲に固定されるように構成された筒状部材を
さらに備え、
前記第1の磁石は、前記筒状部材の一端側に配置され、前記第2の
磁石は、前記筒状部材の他端側に配置された
センサ。

[請求項11] 電動アシストユニットであって、
請求項1ないし請求項10のいずれか一項に記載のセンサと、
前記第2の駆動力を発生させるためのモータと、
前記センサによる検出結果に基づいて前記モータを制御するように
構成された制御装置と
を備えた電動アシストユニット。

[請求項12] 請求項11に記載の電動アシストユニットを備える電動アシスト移
動体。

[請求項13] 人力によって生じる第1の駆動力を電力によって生じる第2の駆動

力で補助可能な電動アシスト移動体において、センサを使用して前記第1の駆動力のトルクを検出する方法であって、

前記電動アシスト移動体のドライブシャフトとともに回転するように配置された、周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第1の磁石の磁界を、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一对の第1のホール素子によって検知する工程と、

前記ドライブシャフトとともに回転するように配置された、周方向に沿ってN極とS極とが形成されたリング状の第2の磁石の磁界を、周方向に互いに間隔が隔てられて配置される少なくとも一对の第2のホール素子によって検知する工程と、

前記ドライブシャフトが回転する際のトルクによって周方向に歪む歪み部によって生じる角度差であって、前記第1のホール素子による検知結果に基づいて定まる前記ドライブシャフトの回転角度と、前記第2のホール素子による検知結果に基づいて定まる前記ドライブシャフトの回転角度と、の角度差に基づいて、前記第1の駆動力のトルクを検出する工程と

を備える方法。