(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3682590号
(P3682590)
(45)発行日　平成17年8月10日(2005.8.10)　(24)登録日　平成17年6月3日(2005.6.3)

(51)Int.Cl.[7]　F I
B62M 23/02　B62M 23/02　N

請求項の数 12　(全 34 頁)

(21)出願番号　特願平8-357768
(22)出願日　平成8年12月27日(1996.12.27)
(65)公開番号　特開平10-35576
(43)公開日　平成10年2月10日(1998.2.10)
審査請求日　平成14年8月7日(2002.8.7)
(31)優先権主張番号　特願平8-153037
(32)優先日　平成8年5月24日(1996.5.24)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川６丁目７番３５号
(74)代理人　100069051
弁理士　小松　祐治
(72)発明者　林　俊郎
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　名苗　裕一
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　林　広佳
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】移動装置と移動制御方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
操作者の操作により移動の際に回転する回転部を備え、移動するための力の一部を補助するようになっている移動装置において、
操作者の操作により回転力が発生する被操作部と該被操作部の回転力が伝達されて回転する駆動輪と、
回転部に対して非接触で回転部から得られる速度情報に基づいて走行状態を把握する走行情報把握手段と、
走行情報把握手段から得られる速度情報に基づいて操作者が与えようとする速度変化情報（加速度情報）に見合った動力を補助する動力補助手段と、
動力補助手段に通電するためのバッテリと、
移動装置の傾斜状態を把握する傾斜情報把握手段（傾斜センサ）と、を備え、
上記走行情報把握手段から得られる速度情報と上記傾斜情報把握手段から得られる傾斜情報とに基づき定速状態においてその速度を維持するために必要な動力値（以下、「定速走行動力値」という。）を求め、
上記速度情報から算出された加速度情報に基づき加速状態においてその加速をするために必要な動力値（以下、「加速走行動力値」という。）を求め、
上記定速走行動力値と上記加速走行動力値とを加算して、上記動力補助手段により補助する動力の量（以下、「アシスト量」という。）を決定するようにし、
上記駆動輪の回転と上記被操作部の回転とが同期したとき又は同期した状態から上記被

操作部の回転が上回ったときに、上記動力補助手段による補助が行われるようにした
ことを特徴とする移動装置。
【請求項２】
移動装置の制動を行なうブレーキ手段を備え、
該ブレーキ手段が操作されたときに、上記動力補助手段による補助が解除されるようにした
ことを特徴とする請求項１に記載の移動装置。
【請求項３】
操作者の操作により回転力が発生する被操作部と、
該被操作部の回転力が伝達されて回転する駆動輪とを備え、
該駆動輪の回転と上記被操作部の回転とが同期したとき又は同期した状態から被操作部の回転が上回ったときに、上記動力補助手段による補助が行われるようにした
ことを特徴とする請求項２に記載の移動装置。
【請求項４】
上記被操作部の操作によらずに移動装置を移動させる場合において、強制的に動力補助手段による補助が為されるアシストモードを設定した
ことを特徴とする請求項１に記載の移動装置。
【請求項５】
上記被操作部の操作によらずに移動装置を移動させる場合において、強制的に動力補助手段による補助が為されるアシストモードを設定した
ことを特徴とする請求項３に記載の移動装置。
【請求項６】
移動装置が下り路面を走行する際には、動力補助手段が電磁ブレーキとして機能するようにした
ことを特徴とする請求項１に記載の移動装置。
【請求項７】
移動装置が下り路面を走行する際には、動力補助手段が電磁ブレーキとして機能するようにした
ことを特徴とする請求項２に記載の移動装置。
【請求項８】
移動装置が下り路面を走行する際には、動力補助手段が電磁ブレーキとして機能するようにした
ことを特徴とする請求項１に記載の移動装置。
【請求項９】
移動装置が下り路面を走行する際には、動力補助手段が電磁ブレーキとして機能するようにした
ことを特徴とする請求項３に記載の移動装置。
【請求項１０】
移動装置が下り路面を走行する際には、動力補助手段が電磁ブレーキとして機能するようにした
ことを特徴とする請求項４に記載の移動装置。
【請求項１１】
移動装置が下り路面を走行する際には、動力補助手段が電磁ブレーキとして機能するようにした
ことを特徴とする請求項５に記載の移動装置。
【請求項１２】
操作者の操作により移動の際に回転する回転部を備え、移動するための力の一部を補助する移動制御方法において、
走行情報把握手段が、回転部から非接触で得られる速度情報に基づいて走行状態を把握して、

バッテリからの通電により、走行情報把握手段から得られる速度情報に基づいて、操作者が与えようとする速度変化情報（加速度情報）に見合った動力を補助して走行する、
ことを特徴とする移動制御方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、操作者が与える移動するための力の一部を、バッテリからの通電により補助するようになっている移動装置と移動制御方法の改良に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

移動装置として、たとえば自転車を例に挙げると、操作者は自転車のサドルに座り、操作者の踏力を用いて、ペダル、クランク、チェーン等の駆動伝達部を介して後輪を駆動することで走行できる。

【０００３】

ところで、このように操作者が踏力を与えて自転車で走行する場合に、平坦な道であれば苦労はしないが、登り坂に差しかかると、操作者の踏力だけではなかなか登り切れず、特に登り坂が急で長いと途中で自転車を降りなければならないという問題がある。

【０００４】

操作者の踏力を補助するためのモータを備えた自転車が提案されている。従来のこのような自転車は、電気自転車とも呼ばれており、操作者の踏力は、クランク軸、チェーンあるいは主軸に組み込んだ図４６に示す機械的なトルクセンサ１により検出している。そして機械的なトルクセンサ１の踏力信号２は、制御部３において、ペダルの回転センサ４からのペダルの回転を確認した段階で、踏力信号２に基づく操作者の踏力トルクの１／２を算出して、踏力（人力）の１／２をモータが常に補助（アシスト）している。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、このような機械的なトルクセンサ１を用いると、次のような問題がある。

【０００６】

機械的な要素を含む機械的なトルクセンサ１は、大型であり上述したようなクランク軸、チェーンあるいは主軸等に対して組み込むことが非常に難しく、その構造が複雑である。また機械的なトルクセンサは重量が重い。機械的なトルクセンサ１は、操作者の踏力の一部を消費し、かつモータの発生動力の一部をも消費してしまうので、走行効率が良くない。

【０００７】

機械的なトルクセンサ１は、機械的な遅れが生じるので、操作者の踏力をリアルタイムに検出してそしてモータを作動して踏力（人力）のアシストを直ぐに開始することができないという問題がある。

【０００８】

そこで本発明は上記課題を解消し、動力の消費をなくして効率よく走行でき、適切な踏力の補助をリアルタイムで行うことができ、軽量化が図れる移動装置と移動制御方法を提供することを目的としている。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

上記目的は、本発明にあっては、操作者の操作により移動の際に回転する回転部を備え、移動するための力の一部を補助するようになっている移動装置において、操作者の操作により回転力が発生する被操作部と該被操作部の回転力が伝達されて回転する駆動輪と、回転部に対して非接触で回転部から得られる速度情報に基づいて走行状態を把握する走行情報把握手段と、走行情報把握手段から得られる速度情報に基づいて操作者が与えようとする速度変化情報（加速度情報）に見合った動力を補助する動力補助手段と、動力補助手段に通電するためのバッテリと、移動装置の傾斜状態を把握する傾斜情報把握手段（傾斜

センサ）と、を備え、走行情報把握手段から得られる速度情報と傾斜情報把握手段から得られる傾斜情報とに基づき定速状態においてその速度を維持するために必要な動力値（定速走行動力値）を求め、速度情報から算出された加速度情報に基づき加速状態においてその加速をするために必要な動力値（加速走行動力値）を求め、定速走行動力値と加速走行動力値とを加算して、動力補助手段により補助する動力の量（アシスト量）を決定するようにし、駆動輪の回転と被操作部の回転とが同期したとき又は同期した状態から被操作部の回転が上回ったときに、動力補助手段による補助が行われるようにした移動装置により、達成される。

【００１０】

本発明では、移動装置が操作者の操作により移動に用いられる場合に、この移動装置は回転部を備え、移動するための力の一部を補助するようになっている。

【００１１】

従来用いられている機械的なトルクセンサを用いずに、リアルタイムで操作者が与える移動するための力の一部を補助するために、走行情報把握手段は、回転部に対して非接触で回転部から得られる速度情報に基づいて走行状態を把握する。

【００１２】

そして動力補助手段は、走行情報把握手段から得られる速度情報に基づいて、操作者が与えようとする速度変化情報（加速度情報）に見合った動力を補助する。

【００１３】

このようにすることで、走行情報把握手段は、回転部に対して非接触で速度情報に基づいて走行状態を把握することができるので、回転手段の動力の一部を消費してしまうようなことはない。そして走行情報把握手段から得られる操作者が与えようとする速度情報に基づいて、動力補助手段がその速度変化情報に見合った動力を補助するので、操作者の与える移動するための力の一部をリアルタイムで補助することができる。しかも従来の機械的なトルクセンサが本発明では不要であるので、移動装置自体の軽量化を図ることができる。

【００１４】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。

【００１５】

なお、以下に述べる実施の形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

【００１６】

図１は、本発明の移動装置の好ましい実施の形態として、電気自転車の一例を示している。

【００１７】

図１の電気自転車は、フレーム１１、ハンドル１２、握り１３、クランク１４、サドル１５、前輪１６、後輪１７、ギヤ１８ａ、ギヤ１８ｂ、走行情報把握手段である制御手段１００、動力補助手段３０等を備えている。制御手段１００は、フレーム１１およびクランク１４の付近に配置されている。動力補助手段３０は、図１の実施の形態では後輪１７に配置されている。クランク１４、前輪１６、後輪１７、ギヤ１８ａ，１８ｂは、走行時の回転部である。また、クランク１４は、操作者の操作により回転が発生する被操作部となっており、該被操作部の回転は後輪１７に伝達され、該後輪１７が電気自転車１０００を移動させるための駆動輪として機能する。

【００１８】

フレーム１１の三角形の空間部分の空間には、取付プレート２１が設けられている。この取付プレート２１は、バッテリ４０、制御手段１００および傾斜センサ９０等が配置されている。

【００１９】

大径のギヤ１８ａと小径の１８ｂには、動力を伝達するためのチェーン１８ｃが設けられている。図１の電気自転車１０００は、たとえば車重が２０Ｋｇ程度であり、バッテリ４０は取付プレート２１から取外し可能になっている。このバッテリ４０は家庭用の商用電源１００Ｖで充電可能である。動力補助手段３０が、操作者の踏力の一部をアシストした状態で、電気自転車１０００はたとえば７０ｋｍまで走行可能である。バッテリ４０は、一例として約４時間で満充電可能であり、このバッテリ容量はたとえば２８．８Ｖ－５Ａｈ（１４４Ｗｈ）程度である。そのバッテリ４０の重さは、たとえば１．３ｋｇと軽いものである。

【００２０】

図２は、図１の動力補助手段３０および制御手段（走行情報把握手段）１００、傾斜センサ９０（傾斜情報把握手段）等を含んだ電気自転車１０００の統合制御部２０００を示している。図３は図２の統合制御部２０００における電気自転車１０００の制御イメージを示している。

【００２１】

まず図３を参照すると、速度センサ１１０、傾斜センサ９０、クランク回転センサ１２０、前ブレーキセンサ１３０、後ブレーキセンサ１４０からのそれぞれの信号に基づいて、制御手段１００が、電気自転車の走行状態を把握し、そして制御手段１００が速度センサ１１０からの速度信号ＶＳに基づいて速度変化情報（加速度情報）を合成し、これにより、制御手段１００は動力補助手段３０に対して、操作者（ライダー）の意思に忠実なパワーアシストを実現させるようになっている。

【００２２】

そのために先ず、速度情報と傾斜情報から、一般式により、その時点における走行動力（Ｐ）を算出して、かかる走行動力情報と加速度情報とを加えてリアルタイムなアシスト量を決定する。

【００２３】

速度情報と傾斜情報とから、その時点における走行動力（Ｐ）を一般式により算出することができるが、ここで算出された走行動力（Ｐ）は、その時点において電気自転車１０００をその速度で走行させるのに必要な力でしかない。

【００２４】

そこで、上述のように、速度信号ＶＳに基づいて速度変化情報（加速度情報）を求め、この加速度情報に基づく走行動力の値（加速走行動力値）と上記算出した走行動力の値（定速走行動力値）とを加えることで、操作者の意思を電気自転車１０００の走行に反映させることができる。

【００２５】

具体的には、ある時点（微少時間）において、速度情報から加速度情報を算出することで、操作者が加速しようとしているのか減速しようとしているのかを判断することができ、例えば、加速しようとしているときはアシスト量を増加する。また、例えば、同じ加速度情報であっても、その時の走行速度が遅いときはアシスト量を大きく、速いときはアシスト量を小さくして低速時における走行性を高めたり、さらに、路面の傾斜状態が大きいときは、加速度情報がマイナスになった場合（減速状態）でもそのアシスト量を大きくすることにより、登り坂での走行性を高めたりすることができる。

【００２６】

このような速度情報、傾斜情報、加速度情報を用いて、アシスト量を決定するには、各種の状況（速度情報、傾斜情報、加速度情報から得られる状況）に対応した計算式を用意し、その状況に対応した計算式により各別に算出しても良く、或いは、予め、算出されたデータをテーブルに格納しておき、各状況に対応したテーブルデータに基づいてアシスト量を決定するようにしても良い。

【００２７】

まず図２において、制御手段（走行情報把握手段）１００の中央演算処理装置１０１は、バスを介してデジタル入出力部１０２、カウンタ１０３、アナログ入力部（アナログ／デ

ジタル変換部）１０４、ＰＷＭ信号生成ロジック部１０９のＰＷＭ（パルス幅変調）データ部１０５に接続されている。

【００２８】

クロック発生部１０６はカウンタ１０３と中央演算処理装置１０１にシステム動作の基準用のシステムクロックを与える。

【００２９】

アナログ入力部１０４は、傾斜センサ９０、電流センサ１５０、温度センサ１６０からのアナログ信号を受けてデジタル変換する。

【００３０】

カウンタ１０３は、クロック発生部１０６からのシステムクロックに基づいて、ＰＷＭデータ部１０５に対してＰＷＭクロックφ（１／１２８キャリア）を与える。ＰＷＭデータ部１０５は、チャンネルｃｈ０～チャンネルｃｈ３のカウンタユニット１０５ａ～１０５ｋを有し、チャンネルｃｈ３はチャンネルｃｈ０～チャンネルｃｈ２の値をクリアするためのカウンタリセットを備えている。

【００３１】

ＰＷＭデータ部１０５のチャンネルｃｈ０～チャンネルｃｈ２のカウンタユニット１０５ａ～１０５ｃは、カウンタユニット１０５ｄ，１０５ｅ，１０５ｆおよびアイソレーション用のフォトカプラ１０５ｇ，１０５ｈ，１０５ｉを介して３相モータ３１のドライバパワー段１７０に接続されている。このパワー段１７０は、３相モータ３１のＵ相，Ｖ相，Ｗ相をそれぞれＰＷＭ制御して適宜通電する。

【００３２】

デジタル入出力部１０２には、アシストボタン１８０、前ブレーキセンサ１３０，後ブレーキセンサ１４０、クランク回転センサ１２０、温度センサ１６０等が、アイソレーション用のフォトカプラ１８０ａを介して接続されている。３相モータ３１の速度センサ１１０が、アイソレーション用のフォトカプラ１１０ａを介してデジタル入出力部１０２に接続されている。

【００３３】

図４の回路ブロック図では、図２の回路ブロック図に対して更にバッテリ４０を含めた図であり、バッテリ４０、制御手段１００、モータ基板３２等を示している。

【００３４】

制御手段１００は、中央演算処理装置１０１とメイン基板１０８を有している。

【００３５】

中央演算処理装置１０１に対しては、速度センサ１１０、傾斜センサ９０、クランク回転センサ（クランク軸速度センサともいう）１２０、前ブレーキセンサ１３０、後ブレーキセンサ１４０が関連している。傾斜センサ９０はメイン基板１０８に配置されており、ＤＣ－ＤＣ変換器１０８ａは、バッテリ４０からの電圧を５Ｖに設定して中央演算処理装置１０１に与える。またメイン基板１０８のＤＣ－ＤＣ変換器１０８ｂはバッテリ４０からの電圧を１２Ｖに設定してモータ基板３２側に送ることができる。

【００３６】

図４の３つの速度センサ１１０は、後で説明するがモータ基板３２に設けられており、モータ回転角信号ＣＳを、中央演算処理装置１０１側に送ることができる。中央演算処理装置１０１は、このモータ回転角信号ＣＳに基づいて、モータのロータの速度信号ＶＳを生成でき、かつこの速度信号ＶＳから加速度情報（速度変化情報）ＡＳを合成することができる。

【００３７】

モータ基板３２は、上述した速度センサ１１０、温度センサ１６０、誘起電圧検出部３２ａおよび３つの駆動用コイルＣ１～Ｃ３を有している。メイン基板１０８のパワー段１７０は、これら３つのコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３（Ｕ相，Ｖ相，Ｗ相に相当）に対して駆動電圧を供給する。

【００３８】

次に、図２のパワー段１７０はエラー信号１７０ｅをアイソレーション用のフォトカプラ１７０ｆを介してデジタル入出力部１０２に送ることができる。中央演算処理装置１０１は、パワー段１７０に異常が生じるとこのエラー信号１７０ｅを受けて、直ちに３相モータ３１を停止させる。

【００３９】

図２のアシストボタン１８０は、操作者がオン／オフ操作するプッシュスイッチであり、アシストボタン１８０をオンするとアシストモードとなる。そして、たとえば図１の電気自転車１０００を操作者が押して歩く際に、段差等を乗り越えるとき等の必要時に３相モータ３１を作動して、図１の後輪１７に対して補助動力を与えてアシストさせる。たとえば操作者が電気自転車１０００を押して歩く際に、その車速が２．５ｋｍ／ｈ以下の時のみにモータ３１を動作させることができる。このようにすることで、操作者は電気自転車１０００を押して歩く際に、段差等の障害が生じて電気自転車１０００を押しにくくなっても必要に応じて軽く押して行くことができる。

【００４０】

次に図２の前ブレーキセンサ１３０と後ブレーキセンサ１４０について説明する。

【００４１】

図５は図１の電気自転車１０００の平面図であり、ハンドル１２には前ブレーキレバー１２ａと後ブレーキレバー１２ｂを有している。前ブレーキレバー１２ａは、前輪１６の回転を停止する前ブレーキ１２ｃを操作し、後ブレーキレバー１２ｂは後輪１７の後ブレーキ１２ｄを操作するものであり、これら前ブレーキ１２ｃ及び後ろブレーキ１２ｄは電気自転車１０００の制動を行なうブレーキ手段として機能する。

【００４２】

図６に示すように、たとえば後ブレーキレバー１２ｂにはマイクロスイッチのような後ブレーキセンサ１４０が設けられている。操作者がレバー１２ｂを矢印Ｈ方向に操作することで、後ブレーキセンサ１４０がオンする。そして操作者が後ブレーキレバー１２ｂを離すと後ブレーキセンサ１４０はオフする。

【００４３】

同様にして操作者が前ブレーキ１２ａを操作すると、前ブレーキセンサ１３０はオンし、前ブレーキレバー１２ａを離すと、前ブレーキセンサ１３０はオフする。このように、前ブレーキレバー１２ａあるいは後ブレーキレバー１２ｂを用いて前ブレーキ１２ｃあるいは後ブレーキ１２ｄを操作したかどうかは、この前ブレーキセンサ１３０あるいは後ブレーキセンサ１４０のブレーキ信号に基づいて図２の中央演算処理装置１０１が判断する。つまりこれらのセンサ１３０，１４０のオン信号を検出することで、操作者が電気自転車１０００を止めたい意思があるかどうかを中央演算処理装置１０１が判断することができる。

【００４４】

なお図７は、前ブレーキセンサおよび後ブレーキセンサの別の実施の形態を示しており、図７の実施の形態では、マイクロスイッチに代えてポテンショメータ１３０ａあるいは１４０ａを用いている。ポテンショメータ１３０ａ，１４０ａは、レバーの角度θに応じた大きさのブレーキ信号を出す。

【００４５】

次に、図２の傾斜情報把握手段としての傾斜センサ９０について説明する。傾斜センサ９０は、図１の取付プレート２１に設定されているが、この傾斜センサ９０は、図８と図９に示すような構造である。傾斜センサ９０は鉄基板９１に対して軸受９２を介して、振り子９９が回転可能に支持されている。軸受９２は焼結メタルもしくは樹脂の軸受であり、鉄基板９１には磁界検出用のホール素子９４が取付けられている。

【００４６】

振り子９９は、ヨーク９８とボス９６および軸９７を有している。軸９７はボス９６にはめ込まれており、ボス９６はヨーク９８を保持している。軸９７はＥリング９３により軸受９２に取付けられている。ヨーク９８はマグネット９５を備えておりこのヨーク９８は

磁性材料で作られている。

【００４７】

マグネット９５は図１０に示すように、Ｎ極９５ａとＳ極９５ｂを有している。図９のホール素子９４は、マグネット９５のＮ極９５ａとＳ極９５ｂの磁界の変化を、振り子９９がＲ方向に移動することで検出する。

【００４８】

この振り子９９がＲ方向に傾斜する角度はプラスマイナスθで図８に示しているが、この振り子９９の傾斜角度θは、図１の電気自転車１０００の前輪１６と後輪１７を結ぶ線に対して垂直方向の線ＶＬに対する傾斜角度である。たとえば登り坂の場合には振り子９９が＋θ方向に傾斜し、下り坂の場合には振り子９９は－θ方向に傾斜する。つまり、図１１に示すように、ホール素子９５の出力は＋θ方向の傾斜に対して直線的に減少し、－θ方向の傾斜に対して直線的に上昇していくように設定されている。ホール素子９４の出力は傾斜信号ＩＮＳとして制御手段１００側に送られる。

【００４９】

次に、図１２と図１３および図１４を参照して、図１と図２のクランク回転センサ１２０について説明する。

【００５０】

クランク回転センサ１２０は、図１の自転車のクランク軸１４ａに対応して配置されている。図１２に示すようにクランク軸１４ａは２つのペダル１４ｂ，１４ｂを有している。クランク軸１４ａのギヤ１８ａに対しては、反射板１２１が固定されている。この反射板１２１は、図１３に示すようにミラー部分１２２と無反射部分１２３を交互に円周方向に配置している。この反射板１２１は円板状の反射板であるが、この反射板１２１のミラー部分１２２および無反射部分１２３は各々２４個あり、反射板１２１に対応するようにして、受発光部１２４が設けられている。

【００５１】

この受発光部１２４は、たとえば図１４に示すように、発光部１２４ａと受光部１２４ｂを備えており、発光部１２４ａはたとえば発光ダイオードで受光部１２４ｂはフォトトランジスタである。発光部１２４ａが発光する光Ｌは、ミラー部分１２２で反射して戻り光ＬＲとなり、戻り光ＬＲは受光部１２４ｂで受光できる。つまり光Ｌはミラー部分１２２が受光部１２４ｂに対面した場合に、戻り光ＬＲを受光部１２４ｂに送ることができる。これにより、クランク回転センサ１２０は、クランク軸１４ａに一体となった反射板１２１の回転数に対応するクランク回転信号ＣＲＳを制御手段１００に出力することができる。

【００５２】

なお、検出距離の長い図１４の受発光部を用いると、反射板１２１が反っていた場合であっても、距離変動の影響を避けることができる。また外乱となる光も多いことから、必要に応じて受発光部１２４からのクランク回転信号ＣＲＳを受ける制御手段１００の電気回路部分において、大きめのヒステリシスを持たせることが望ましい。

【００５３】

図９の傾斜センサ９０から制御手段１００側に送られる傾斜信号ＩＮＳは、電気自転車１０００の走行路面における傾きを検出するために、振り子９９の傾きを利用しているが、その傾斜信号ＩＮＳはアナログ値であり、図２のようにデジタル入出力部１０２でデジタル変換を行う必要がある。

【００５４】

また図１３の反射板１２１は、クランク用のギヤ１８ａに対して貼付けて設けることができる。受発光部１２４の受光部１２４ｂから得られるクランク回転信号ＣＲＳは、図２のカウンタ１０３でカウントして計測する。具体的には、図１３のミラー部分１２２は、一周について２４個備えているので、図１４の受光部１２４ｂはクランク用のギヤ１８ａの一回転に伴い２４のクランク回転信号ＣＲＳを出力する。図１の動力補助手段３０のモータ３１がクランク１４と同期して回転している場合には、図１のクランク用のギヤ１８ａ

と後輪１７のギヤ１８ｂのギヤ比はたとえば４４：１６なので、モータ３１の方が２．７５倍速く回転することになる。なおモータ３１のアシストは、通常操作者がペダルをこいでモータ３１とクランク１４が同期している場合及び後述するようにクランク１４の回転がモータの回転を上回る場合に働く。

【００５５】

また、この実施例においては、モータ３１が後輪を直接回転させるいわゆるダイレクトモータとして構成されているため、モータ３１とクランク１４との同期等によりモータで後輪１７を直接アシストするようにしているが、モータでクランクの回転をアシストする場合、あるいは、モータで前輪の回転をアシストする場合においては、後輪とクランクとの同期等によりモータによるアシストを行うようにすればよい。

【００５６】

次に、図２のモータ３１の構造、速度センサ１１０、電流センサ１５０および温度センサ１６０について順次説明していく。

【００５７】

図１５は、図２のモータ３１および各種センサの付近をより詳しく示している。

【００５８】

中央演算処理装置１０１は、傾斜センサ９０から傾斜信号ＩＮＳを受け、前ブレーキセンサ１３０から前ブレーキ信号ＦＢＳを受け、後ブレーキセンサ１４０からは後ブレーキ信号ＢＢＳを受け、クランク回転センサ１２０からクランク回転信号ＣＲＳを受け、そしてモータ３１の速度センサ１１０から速度信号ＶＳを得ることができる。この速度センサ１１０の他に、モータ３１は、温度センサ１６０とロータ位置センサ１９９を有している。更に、モータ３１と中央演算処理装置１０１の間には電流センサ１５０が設けられている。

【００５９】

モータ３１の構造は、図１６と図１７に示しており、外側のロータＲＴが回転し内側のステータＳＴが停止しているアウターロータ型の３相のブラシレスモータである。このモータ３１は図１に示すように後輪１７のシャフト５１に対応して設けられている。従って図１の電気自転車１０００は後輪駆動型の自転車である。シャフト５１は、図１のフレーム１１に対してネジ１１ａにより固定されている。

【００６０】

まずモータ３１のステータＳＴについて説明する。モータ３１のステータＳＴは、シャフト５１に対して一体となっている鉄芯５３、ステータホルダ６３を有し、その他に放熱器６４、モータ基板３２等を備えている。

【００６１】

ステータＳＴ側のシャフト５１のフランジ５１ａには、ネジ５１ｂを用いて鉄芯５３が固定されている。鉄芯５３にはコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３が巻かれている。このコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３は、図１９に示すような鉄芯歯部５３ｅに所定のパターンで巻かれているが、途中の鉄芯歯部５３ｅには、逆起電圧検出用のコイル５３ｄが設けられている。これらのコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３は、後述するロータＲＴのロータマグネット５６に対して周方向（ロータＲＴの回転方向）に対向して配置されている。

【００６２】

図２０および図１６に示すモータ基板３２は、ロータＲＴのハウジングキャップ５８の反射板６７に対面するように配置されている。図２１のモータ基板３２には、速度センサ１１０が設けられている。この速度センサ１１０は、フォトリフレクタともいい、図２１に示すように、円形状のモータ基板３２の円周方向に沿って３つ所定間隔をおいて設けられている。モータ基板３２は図１６に示すように鉄芯５３に対してネジ５３ｆにより基板ホルダー５３ｇを用いて固定されている。

【００６３】

図２１のモータ基板３２の給電線押さえ板３２ｈは給電線３２ｊを押さえている。この給電線３２ｊは、図１５の３つのコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３に対してパワー段１７０から給電

する給電線である。モータ基板３２の信号線押さえ板３２ｋは、３本の信号線３２ｍを押さえている。この信号線３２ｍは、速度センサ１１０と図１５の中央演算処理装置１０１を接続する信号線である。

【００６４】

図２１のモータ基板３２には温度センサ１６０が設けられている。この温度センサ１６０は、モータ３１のコイル内部に挿入したセンサ（ダイオード）であり、その温度センサ１６０の電圧を比較して、温度が上がって設定値を超えたら温度センサ１６０は図１５の中央演算処理装置１０１に対して温度検出信号を出力する。中央演算処理装置１０１は、これを受けてモータ３１に異常が生じたと判断しモータ３１に対する通電を停止して駆動を止める。なお、停止後、温度センサ１６０が検出する温度が所定値より下がった場合には、ヒステリシスを用いた別系統の信号が出されるので、それを受けてモータ３１の駆動が再開する。

【００６５】

この温度センサ１６０の温度検出信号は、図２に示すようにアナログ入力部１０４においてアナログ／デジタル変換されて、温度信号ＴＳ（図１５参照）として取り込まれる。

【００６６】

図２１の３つの速度センサ１１０は、図１６のロータＲＴのハウジングキャップ５８に取付けられた反射板６７に対面している。この反射板６７は、図２２のように２４個のミラー部分６７ａとの無反射部分６７ｂが交互に設けられたものであり、円周方向に沿って形成されている。各速度センサ１１０は、発光部１１１と受光部１１２を備えている。発光部１１１の光Ｌは、反射板６７のミラー部分６７ａで反射して戻り光ＬＲとなり受光部１１２に受光できる。従って、速度センサ１１０は、非接触で光学的に、図２２の反射板６７のミラー部分６７ａのみの有無を検出することで、図１６のモータ３１のロータＲＴの回転にともなう速度信号ＶＳを図１５のように中央演算処理装置１０１に送ることができる。

【００６７】

３つの速度センサ１１０，１１０，１１０は、図２３に示すように、ゼロクロス点ＺＣの検出の時間間隔ＩＴを、図２のカウンタ１０３で計測している。具体的には、モータ３１のロータＲＴの１回転について、２４サイクル×６回のゼロクロス点があるので、これをシステムクロックでカウントしている。なお、３つの速度センサ１１０の間にはばらつきが含まれていることがあるために、内部では６回の移動平均を計算することで、３つのセンサ１１０のばらつきをキャンセルしている。図２のＰＷＭ信号作成ロジック部１０９は、図２３の速度センサの出力１１０（ａ），（ｂ），（ｃ）に基づいて、矩形波の速度センサ出力（ｕ），（ｖ），（ｗ）を得ている。

【００６８】

図２４は、この速度センサ出力１１０（ｕ），（ｖ），（ｗ）に対応して、図２のＰＷＭ信号作成ロジック部１０９が形成したコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３に対応するＵ相，Ｖ相，Ｗ相のスイッチングタイミングの一例を示している。

【００６９】

図２５は、ＰＷＭ信号作成ロジック部１０９が図１５のドライバ１７０に対するＰＷＭ信号の波形例を示している。図２のＰＷＭデータ部１０５のユニット１０５ａ～１０５ｃは、Ｕ相，Ｖ相，Ｗ相の各相に対応しており、それぞれ図２５のようなデューティーで駆動することができる。

【００７０】

次に、図１５と図２の電流センサ１５０は、ＧＮＤ側のセンス抵抗（たとえば０．５オーム）に生じる両端の電圧を、図２のアナログ入力部１０４に取り込んでアナログ／デジタル変換することで、電流に変換する。このように電流センサが必要なのは、次の理由からである。

【００７１】

（１）突入電流に制限をかけることで、バッテリーや駆動回路素子の拡大電流定格を低く

押えられる。特にリチウムイオンバッテリーの信頼性向上に有効である。また瞬間的な制限であるのでアシスト効果の低下は影響ない。

【００７２】

（２）モータの異常検出ができる。

【００７３】

図１６のモータ基板３２において、給電線３２ｊは、放熱器６４に設けられた封止チューブ６６を用いて、外部から給電線押さえ板３２ｈを介してモータ基板３２に接続されている。この封止チューブ６６は、モータ３１の内部と外部との間をシールするものであり、コイル給電線３２ｊが外に引っ張られると、封止チューブ６６が、放熱器６４の穴６４ａに締まり、これ以外外側へは出ない。つまり封止チューブ６６は、内側部分が外側部分に比べて径が大きくなっており、コイル給電線３２ｊが外側方向Ｘ１方向に引っ張られたとしても、封止チューブ６６はこれ以上出ないようになっている。コイル給電線３２ｊは、ハウジングキャップ５８と接触しないように給電線押さえ板３２ｈで固定されている。

【００７４】

図１６のステータホルダ６３は、たとえばアルミニウム製であり、放熱器６４もたとえばアルミニウム製である。放熱器６４は放熱用のフィン６４ｃを有している。フィン６４ｃは図１７に示すように、電気自転車１００の進行方向ＦＦ方向に複数枚形成されている。このようにステータホルダ６３と放熱器６４を放熱性のよい材料で作ることにより、ステータＳＴのコイル（Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３）と鉄芯５３付近で生じる熱を、外部に簡単に放熱して排除することができる。

【００７５】

次に、モータ３１のロータＲＴについて説明する。

【００７６】

図１６のハウジングキャップ５８はネジ５８ｎを用いてハウジング５５に対して固定されている。ハウジング５５とハウジングキャップ５８はステータＳＴを収容するための収容部材を構成している。ハウジングキャップ５８とハウジング５５は、すでに述べたステータＳＴを収容している。ハウジング５５は穴５５ｈを有しており、この穴５５ｈにはシャフト５１が非接触で通っている。ハウジング５５はベアリング５２、５２ｂを介してステータＳＴに回転可能に支持されている。ハウジングキャップ５８は、モータ基板３２のモータシールド板３２ｓに対面しており、ベアリング５２ｂを受けている。つまりハウジング５５とハウジングキャップ５８は、たった２つのベアリング５２、５２ｂによりステータＳＴ側のシャフト５１に対して回転可能に支持されている。ハウジング５５は、図２６と図２７のように図１の後輪１７の各スポーク１７ｐに対して取付けられている。従ってロータＲＴは後輪１７と一体に回転する。ハウジング５５とハウジングキャップ５８は、ステータＳＴをほぼ囲っており、シャフト５１はフレーム１１に固定されている。

【００７７】

ハウジング５５の内側には、ネジ２２ｄによりロータヨークとして働くロータケース５４が設けられている。このロータケース５４には、一方向に着磁された短冊状の焼結ネオジマグネットのようなロータマグネットであるマグネット５６が配置されている。そのマグネット５６の配列状態は図１９と図２８に示している。つまりマグネット５６はロータケース５４の内周囲方向に沿って４８枚挿入してロータケース５４に対して接着されており、Ｎ極５６ａとＳ極５６ｂの組み合わせが２４組設けられている。各マグネット５６はロータＲＴの鉄芯５３に所定の間隔をおいて対面している。つまり、ロータＲＴのマグネット５６とロータケース５４と、ステータＳＴのコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３と鉄芯５３等は磁気回路を形成している。そしてマグネット５６はコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３と所定間隔をおいて周方向に沿って対面している。

【００７８】

図２７と図１９に示すように、鉄芯５３にはスキュー角を設定している。このようにスキューをかけて斜めに設定しているのは、コギングトルク（所謂トルク変動）を防ぐためである。

【００７９】
なお、図１９に示すように各相（Ｕ，Ｖ，Ｗ相）に対して１スロット分逆起電圧検出コイル５３ｄを巻き、この逆起電圧検出コイル５３ｄは受発光部１１０の代わりにコイルの通電タイミングを取るセンサとして用いることも勿論できる。この場合には、センサレスドライブと同等の機能を有しているが、用途として起動が問題にならないというメリットがある。すなわち、電気自転車が完全に停止状態では、逆起電圧検出コイル５３ｄには、通電タイミングを取る出力は発生しないが、操作者（ライダー）が運転を始める場合、自転車を動かすか、ペダルをこぐ為、検出コイル５３ｄに出力が発生し、モータの通電タイミングが得られ、センサレスドライブに特有の起動時の迷いがないからである。
【００８０】
図１６のモータ３１を組立てる際には、熱伝導性のよいアルミニウム製のステータホルダ６３は、シャフト５１に圧入する。シャフト５１のフランジ５１ａに対して、鉄芯５３と基板ホルダ５３ｇをネジ５１ｂで共締めする。この時鉄芯５３とステータホルダ６３は、十分に熱結合させる。
【００８１】
基板ホルダ５３ｇに対してモータシールド板３２ｓをネジ５３ｆで固定する。モータシールド板３２ｓに対してモータ基板３２を角度調整しながらネジ５３ｐで固定する。
【００８２】
その角度は、フォトリフレクタである受発光部１１０の反射板６７による信号がコイル（Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３）の通電タイミングになるようにする。マグネット５６の極数と反射板６７の歯数（ミラー部分の数）は等しくなるようになっている。放熱器６４はシャフト５１に挿入して、モータシールド板３２ｓに密着させて、コイル（Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３）からの輻射熱がモータ基板３２に伝わりにくくする。これによりモータ基板３２を熱から保護することができる。
【００８３】
またステータホルダ６３を通じてコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３や鉄芯５３の熱をも逃がすことができる。ただしコイルの耐熱が２００℃程度であるのに対して、モータ基板３２上の半導体は８０℃程度なので、温度勾配がつくようにステータホルダ６３とモータシールド板３２ｓとの間にスペーサを入れる方法もある。
【００８４】
ロータＲＴはステータＳＴに対してベアリング５２，５２ｂで回転可能に支持されているが、ロータＲＴはハウジング５５とハウジングキャップ５８により両側から挟み込んでネジ５８ｎで固定している。この場合に両者の間にパッキンを挟むことも考えられる。
【００８５】
本実施の形態のホイールインモータとも呼ばれるモータ３１は、上述したアウターロータ型のブレシレスモータであり、このモータ３１を用いることにより、次のようなメリットがある。
【００８６】
（１）図１６のように、ロータＲＴのハウジング５５とハウジングキャップ５８は、たった２つのベアリング５２、５２ｂを用いて、ロータＲＴの両側位置において、ステータＳＴ側のシャフト５１と放熱器６４に対して回転可能に支持している。従って、シャフト５１の軸方向に関して、モータ３１の幅を小さくすることができ、しかも回転時のロータＲＴの荷重を左右バランス良く受けることができる。
【００８７】
（２）ホイールともいう図１６の収容部材を構成するロータＲＴのハウジング５５とハウジングキャップ５８は、図１の電気自転車１０００の後輪１７に対してスポーク１７ｂを用いてダイレクトに固定されているので、ロータＲＴが生じる駆動回転力を後輪１７に対して直接与えることができる。しかもステータＳＴはロータＲＴ内に配置され、かつロータＲＴは後輪１７内に配置されていることから、図１のように外観デザイン上すっきりしたものにできる。

【００８８】
（３）ステータＳＴの鉄芯５３は、直接シャフト５１に固定するので、構造が簡単である。
【００８９】
（４）モータ３１の駆動コイル付近での発熱は、放熱器６４、ステータホルダ６３、シャフト５１を通じて外部に放散することができるとともに、ハウジング５５とハウジングキャップ５８も熱を外部に放散することができることから、このモータ３１には特別な冷却手段が不要である。
【００９０】
（５）モータ３１のコイル部分を備えるステータＳＴは、ロータＲＴのハウジング５５とハウジングキャップ５８（収容部材）内に密封した形で収容されているので、ステータＳＴとロータＲＴの内部を防水と防塵できる。
【００９１】
（６）ロータＲＴのマグネット５６が、ハウジング５５の外形部に近い内周面に配置されており、発生トルクをハウジング５５の最外形部分で得ることができることから、必要とする発生トルクが得られればロータＲＴの最外形寸法をできる限り小さくでき、厚みも小さくできることから、図１の車輪１７内に納めるモータ３１の重量が軽くできる。そして、低速で大きいトルクが得られる。
【００９２】
次に、図２９および図３０を参照して、モータ３１に関連して設けられているモータの機能切り換え制御手段３０００を説明する。この機能切り換え制御手段３０００は、コイルカットリレー部（第１の切り換え部）２００と充電回路用リレー部（第２の切り換え部）２５０、バッテリ４０、バッテリの充電回路３００、パワー段１７０等を有している。
【００９３】
コイルカットリレー部２００は、モータ３１のコイルＣ２，Ｃ３の一端部と、モータドライバパワー段１７０の間をオン／オフするためのリレー部である。
【００９４】
また充電回路用リレー部２５０は、コイルＣ２，Ｃ３と、バッテリ（２次電池）４０の充電回路３００との間を電気的にオン／オフするリレーである。
【００９５】
コイルカットリレー部２００はモータ３１がアシスト用に駆動している場合に接続しており、中央演算処理回路１０１からは制御信号ＣＳＳが与えられると、コイルＣ２，Ｃ３とパワー段１７０との間をオンする。そうでなくて、制御信号ＣＳＳが与えられないとコイルカットリレー部２００はオフとなる。
【００９６】
一方充電回路用リレー部２５０は、充電制御信号ＰＳＳによりオンでき、充電制御信号ＰＳＳが与えられないと充電回路用リレー部２５０はオフとなる。
【００９７】
図３０は、路面走行状況と２つのリレー部２００，２５０のオン／オフ状況の一例を示している。走行路面が登りである場合には、図２９のコイルカットリレー部２００はオンとなり充電回路用リレー部２５０はオフとなる。走行路面が平坦であり慣性走行ができる場合には、コイルカットリレー部２００はオフとなり充電回路用リレー部２５０もオフとなる。
【００９８】
走行路面が下りである場合には、コイルカットリレー部２００がオフとなり充電回路用リレー部２５０はオンになる。これにより走行路面が下りである場合には、モータ３１はその電気自転車の下り走行により発電機として機能する。つまり、図１２の後輪１７の回転とともに図１６のモータ３１のロータＲＴがステータＳＴに対して回転することから、鉄芯５３のコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３に誘導電力が生じる。したがって、モータ３１が発電機として機能したときの誘導電力は、充電回路用リレー部２５０を介してバッテリの充電回

路３００を経てバッテリ４０に対して充電することができる。尚、後述する電気自転車１０００の動作においては走行路面が下りで、かつ、後ブレーキレバー１２ｂを操作して、後ブレーキセンサ１４０をオンした状態において上記充電回路用リレー部２５０がオンして、充電が行われるようになっている。

【００９９】

このようにすることで、走行しながらバッテリの充電電力が増加でき、より長い距離の走行ができる。

【０１００】

次に、図１に示すバッテリ４０について説明する。

【０１０１】

繰り返して充電の可能な２次電池として、たとえば最も好ましくはリチウムイオン電池を採用している。このリチウムイオン電池は、リチウムをドープ・脱ドープできる炭素質材料を負極として、リチウムと遷移金属の複合酸化物を正極とし、非水溶媒に電解質を加えた非水電解液を用いている２次電池である。

【０１０２】

リチウムイオン電池は充電が可能な電池でありニッケル－カドミウム電池に代わる有力な電池である。図３１は、リチウムイオン電池と、鉛電池およびニッケル－カドミウム電池の放電特性を示している。図３１の縦軸が電池の電圧を示し、横軸が時間経過を示している。リチウムイオン電池の放電特性は、特に電池容量が少くなると時間の経過とともに比較的大きな傾斜をもって低下していく。そしてリチウムイオン電池の初期の電圧は４Ｖ以上であり電圧が高く、電圧が低下していっても３Ｖ程度までである。

【０１０３】

これに対して鉛電池は初期の電圧が２Ｖ程度であり時間経過とともにあまり電圧の変化がなく、ニッケル－カドミウム電池は初期の電圧が１．数Ｖ程度であり、やはり電圧の変化が少ない。従って、リチウムイオン電池は、他の鉛電池やニッケル－カドミウム電池に比べて、特に電池容量が少なくなると経時変化による電圧の変化を把握し易いので、リチウムイオン電池の初期電圧たとえば４．２Ｖから終止電圧２．７Ｖ程度までなだらかに電圧が降下することを利用して、その電圧の降下は電池の残量にほぼ比例することから、リチウムイオン電池の残量の検知が簡単に行えるというメリットがある。

【０１０４】

このようなリチウムイオン電池は、エネルギー密度が高く、図３１に示したように電圧が他の種類の２次電池に比べて高く、しかも無公害な電池である。

【０１０５】

図３２はリチウムイオン電池の作動原理を示しており、正極４１ａ、負極４２ａ、＋の集電体４１、－の集電体４２およびセパレータ４３を有している。これらの集電体４１，４２およびセパレータ４３は容器４４の電解液４５の中に配置されている。リチウムイオン４６はセパレータ４３を通り集電体４２（負極４２ａ）側に向かうことで充電をする。これに対してリチウムイオン４６が負極４２ａ）側に向かうことで充電をする。これに対してリチウムイオン４６が負極４２ａからセパレータ４３を通り正極４１ａ側に向かうとき放電を起こす。

【０１０６】

図３３は、リチウムイオン電池のバッテリ４０の残量を測定して、図１の電気自転車が後どの位走行可能であるかの距離を推定して表示するための残量走行距離表示装置７００の一例を示している。

【０１０７】

この残量走行距離表示装置７００は、たとえば図１のハンドル１２の付近あるいは取付プレート２１等に取付けることができる。残量走行距離表示装置７００はモータ３１および制御手段１００に対して接続端子７０１，７０２を介して接続されている。

【０１０８】

残量走行距離表示装置７００は、バッテリ４０の充放電制御回路４８に対して接続端子７

０３，７０４を介して接続されている。接続端子７０３，７０１の間には電流検出器７０６が設けられている。この電流検出器７０６は充放電制御回路４８からモータ３１側に流れる電流値を検出している。この電流値は、電流の時間平均値算出部７９９において、電流の時間平均値が算出される。そして電流の時間平均値は、メモリ７０８に記憶される。

【０１０９】

一方、接続端子７０３は電圧検出器７０７に接続されている。この電圧検出器７０７は、充放電制御回路４８から得られるバッテリ４０の電圧値を検出する。

【０１１０】

電圧検出器７０７は、図３１で示したように、初期電圧の４．２Ｖ程度から最終的な電圧の２．７Ｖ程度まで変化するのを検出する。電圧検出器７０７で検出されたバッテリ４０の電圧はメモリ７０８に記憶される。

【０１１１】

メモリ７０８は、電流の時間平均値に対するバッテリ４０の残容量と、モータ３１による走行可能距離のデータとの関係を示すテーブルを格納している。従って電流の時間平均値と電圧値の値により、メモリ７０８が持っているテーブルの値に基づいて、残量距離は、残量距離表示部７０９において表示する。

【０１１２】

この残量距離表示部７０９は、図３４に示すように、たとえばデジタル的に残量走行距離を表示することができる。あるいは図３５に示すように、残量距離表示部７０９は、４つのＬＥＤ（発光ダイオード）７１０，７１１，７１２，７１３の点灯あるいは消灯により残量走行距離の表示をアナログ的にすることができる。たとえば、ＬＥＤ７１０が点灯すると、残量走行距離は１～５Ｋｍであると表示でき、ＬＥＤ７１１が点灯すると残量走行距離が６～１９Ｋｍであると表示でき、ＬＥＤ７１２が点灯すると残量走行距離は１１～３０Ｋｍであり、ＬＥＤ７１３が点灯すると残量走行距離は３１～７０Ｋｍであると表示できる。

【０１１３】

図３１で示したように、満充電の電圧が４．２Ｖであり、放電終止の時の電圧が２．７Ｖである場合に、電気自転車１００のバッテリ４２、バッテリ４０の残量に対して電圧が、検出可能な程度に単調減少をする特性を有する２次電池を用いている。

【０１１４】

たとえば、図３３の電圧検出器７０７は、アナログ／デジタル変換器を用いており、バッテリ４０の満充電から放電終止の範囲内、すなわち図３１のリチウムイオン電池の曲線で示す範囲内でバッテリ４０の電圧を測定できる。電圧検出器７０７が検出する電圧をアナログ／デジタル変換器を用いてメモリ７０８に与える場合には、概ね満充電４．２Ｖから放電終止２．７Ｖの範囲で、バッテリ４０の残量に対応する電圧がバッテリ４０の電圧の１／１００以上で単調減少するのが好ましい。

【０１１５】

ところで、図３３のバッテリ４０と充放電制御回路４８からなるバッテリパック４９は、残量走行距離表示装置７００から取り外すことが可能である。また残量走行距離表示装置７００は、電気自転車１０００の取付プレート２１から接続端子７０１，７０２を介して取り外すこともできる。従って残量走行距離表示装置７００は、そのまま室内に持ち込んだ場合であっても、単独でバッテリ４０の残量走行距離表示を行うことができる。

【０１１６】

上述したように、図３３において残量走行距離表示装置７００を接続端子７０１，７０２で電動自転車１０００側から取り外すことができるようになると、複数個の同じ残量走行距離表示装置７００を用いる場合や家庭内で電灯線を用いてバッテリ４０を充電している途中であっても、電気自転車１０００に対して残量走行距離表示装置７００を設定することなく残量走行距離表示を行うことができるので便利である。

【０１１７】

なお、残量距離表示部７０９は、図３４あるいは図３５以外の、たとえば可動コイル型の

指針型電圧計等を用いることも勿論できる。また、残量距離表示７０９は、残量距離の他にリチウムイオン電池の残容量自体を表示するようにしてもよい。

【０１１８】

次に上述した電気自転車１０００の動作を説明する。

【０１１９】

図３６は図１の電気自転車１０００の動作を示すメインルーチンである。図３６において、メインルーチンがスタートすると、図２の中央演算処理装置１０１はデジタル入出力部１０２やＰＷＭ信号作成ロジック部１０９等の初期化、その他の部分の初期化を行う（ステップＳＴ１）。

【０１２０】

図３６のステップＳＴ２において、駆動パターンのセットサブルーチンに移る。この駆動パターンのセットサブルーチンは図３７に示しており、駆動パターンセットサブルーチンがスタートすると、ステップＳＴ２－１ではセンサパターンの読取りを行う。このセンサパターンの読取りとは、図２１の３つの速度センサ１１０が図２２の反射板６７のミラー部分６７ａのパターンを読取ることであり、このようにすることで、モータ３１のマグネット５６とコイルＣ１，Ｃ２，Ｃ３の位置関係の把握を行う。

【０１２１】

図３７のステップＳＴ２－２では、モータ３１の駆動パターンを決定する。この駆動パターンの決定では、図２１の速度センサ１１０が反射板６７のパターンを読取ることで次のことを決定する。すなわち、図２４に示す通りこの速度センサ出力のパターンに対応してモータ３１を正しく回転させるコイルの通電パターンが一意に決まるので、これを設定するということである。

【０１２２】

そしてステップＳＴ２－３ではＣＴＣの再設定を行う。このＣＴＣとは、ＰＷＭ信号作成ロジック部１０９を構成するカウンタ１０５ａ～１０５ｋのことである。

【０１２３】

ステップＳＴ２－４ではアーム方向の再設定を行う。このアーム方向の再設定とは、３相モータ３１のパワー段１７０のどのモジュールにＰＷＭ制御信号を入力するかを設定するとういうことである。

【０１２４】

図３７の駆動パターンセットサブルーチンが終了すると、図３６のステップＳＴ３に戻り図２のモータ３１のＰＷＭ制御の準備を開始する。

【０１２５】

図３６のステップＳＴ４では、図２１の３つの速度センサ１１０の図２３におけるゼロクロス点ＺＣのチェックをする。ゼロクロス点のチェックを行う場合には図３８のステップＳＴ５のモータのサブルーチンに移る。モータ３１の速度センサ１１０のチェックを行わない場合には、ステップＳＴ６において、図１３のクランク１４に対して配置されているクランク回転センサ１２０のチェックを行う。

【０１２６】

図３８のステップＳＴ５－１において、図２１の速度センサ１１０が図２２のミラー部分６７ａを検出することでその速度センサ１１０の検出信号は図２のデジタル入出力部１０２を介してカウンタ１０３でカウントされる。ステップＳＴ５－２において図２のカウンタ１０３をリセットし、ステップＳＴ５－３とステップＳＴ５－４において中央演算処理装置１０１が速度計算（Ｖ）を行い速度信号ＶＳを作るとともに、加速度計算（Ａ）を計算して加速度（速度変化）信号ＡＳを作る。図３８のステップＳＴ５－５では図３７の駆動パターンセットサブルーチンに戻り、駆動パターンセットサブルーチンＳＴ２の所定の処理を行う。このように駆動パターンセットサブルーチンＳＴ２に移るのは、図２３のゼロクロスＺＣ点において速度センサ１１０の出力信号のパターンが切り換わるので、図２４より、コイルの通電パターンを切り換える必要があるからである。

【０１２７】

次に、図３６のステップＳＴ６において図１３のクランク１４の回転センサ１２０をチェックする場合には、ステップＳＴ７のクランクサブルーチンに移る。このクランクサブルーチンＳＴ７は図３９に示しており、ステップＳＴ７－１では図１３のクランク回転センサ１２０がミラー部分１２２をクランク１４の回転にともない読取り、図２のデジタル入出力部１０２に入力されてカウンタ１０３がそれをカウントする。図３９のステップＳＴ７－２ではカウンタ１０３がリセットされる。

【０１２８】

そして図３９のステップＳＴ７－３では、図１３のクランク１４が回転する時のクランク速度を先程のカウント値に基づいて計算する。この後図３６のステップＳＴ８に移る。

【０１２９】

図３６のステップＳＴ８では、図２１の温度センサ１６０が、モータ３１の温度をチェックする。この温度センサ１６０の検出する値が所定の温度よりも高温である場合には、図３６のステップＳＴ９の高温処理サブルーチンに移る。

【０１３０】

高温処理サブルーチンＳＴ９は図４０に示しており、この場合にステップＳＴ９－１では中央演算処理装置１０１がコイルカットリレー部２００を遮断することで、パワー段１７０がモータ３１に対して通電するのを停止する。これによりステップＳＴ９－２のように電気自転車１０００はモータ３１による駆動力の補助（アシスト）が０になる。ステップＳＴ９－３では、図２１の温度センサ１６０の検出する温度が所定の温度よりも低くなった場合には、図３６のステップＳＴ１０に移る。

【０１３１】

ステップＳＴ１０は、図２のパワー段１７０の動作チェックを行う。もしパワー段１７０が図２のエラー信号１７０ｅをデジタル入出力部１０２に出力した場合には、中央演算処理装置１０１は図４１のステップＳＴ１１のエラーサブルーチンに移る。この場合にステップＳＴ１１－１のように図１５のコイルカットリレー部２００をオフにすることで、ステップＳＴ１１－２のようにモータ３１による電気自転車１０００の動力の補助（アシスト）を０にする。そしてステップＳＴ１１－３ではエラーフラグを立てて、図３６のステップＳＴ１２でシステムの動作をすべて終了してしまう。

【０１３２】

そうでなく図３６のステップＳＴ１０においてパワー段１７０のエラーが検出されない場合には図４２のアシストサブルーチンＳＴ１３に入る。

【０１３３】

このアシストサブルーチンＳＴ１３は、ステップＳＴ１３－１において、エラーフラグがもし立っている場合には、ステップＳＴ１３－８で図１５のコイルカットリレー部２００をオフにすることでモータ３１の動力の補助（アシスト）をステップＳＴ１３－９で０にして動作を終了してしまう。

【０１３４】

そうでなく図４２のステップＳＴ１３－１でエラーフラグが立っていない場合には、図４２のＳＴ１３－２～ＳＴ１３－７の処理を行う。

【０１３５】

ステップＳＴ１３－２では、図２のアシストボタン１８０を操作者がオンした状態で、かつ電気自転車１０００の速度がたとえば２．５Ｋｍ／ｈを下回る速度である場合には、ステップＳＴ１３－１０において図１５のコイルカットリレー部２００をオンして、ステップＳＴ１３－１１においてアシスト量をＫ（一定値）にする。つまり、電気自転車１０００を操作者が押しながら歩いている状態では時速２．５Ｋｍより速度が低いので、図１５のコイルカットリレー部２００はオンして、一定のアシスト量をモータ３１が電気自転車１０００に対して与える。これにより、操作者は電気自転車１０００をさほど力を入れずに楽に押して歩くことができる。

【０１３６】

図４２のステップＳＴ１３－２において電気自転車１０００の速度が２．５Ｋｍ／ｈ以上

である場合には、ステップＳＴ１３－３でブレーキのチェックをする。
【０１３７】
このブレーキのチェックでは、操作者が図６の前ブレーキレバー１２ａあるいは後ブレーキレバー１２ｂを操作している場合に、図２の前ブレーキセンサ１３０あるいは後ブレーキセンサ１４０の少なくとも一方の信号がデジタル入出力部１０２に与えられるので、中央演算処理装置１０１は、操作者がブレーキ操作をしているかどうかをチェックすることができる。いずれかのブレーキがかかっている場合には、モータ３１のアシスト量をステップＳＴ１３－９において０にする。
【０１３８】
そうでなくブレーキがかかっていない場合には、ステップＳＴ１３－４の傾きチェックに移る。傾きチェックは、図８と図９の傾斜センサ９０が行う。傾きが０を下回るときには、電気自転車１０００が平坦面ではなく下り坂を移動しているので、図４２のステップＳＴ１３－８で中央演算処理装置１０１がコイルカットリレー部２００をオフにしてステップＳＴ１３－９でアシスト量を０にする。
【０１３９】
そうでなく傾きのチェックをした結果角度が０以上であるときには、中央演算処理装置１０１が平坦路あるいは登り坂であると判断しステップＳＴ１３－４からステップＳＴ１３－５に移り、クランクの回転の同期チェックを行う。つまり図１２と図１３のクランク１４を操作者が踏力で操作して回転させているかどうかを見て、モータ３１の回転数がクランク１４の回転数より大きい場合には、モータ３１によるアシストは不要であるとして図１５の中央演算処理装置１０１がコイルカットリレー部２００をステップＳＴ１３－８でオフにしアシスト量を０にする。
【０１４０】
そうでなくモータ３１の回転がクランク１４の回転と同期（同じ）しているかあるいはクランク１４の回転がモータ３１の回転より大きい場合にはステップＳＴ１３－６に移り、電気自転車１０００のスピードのチェックを行う。なお、モータ３１の回転数の検出は、図２１の速度センサ１１０と図２２の反射板６７で行い、クランク１４の回転数の検出は図１３のクランク回転センサ１２０と反射板１２１で行う。
【０１４１】
また、クランク１４の回転がモータ３１の回転より大きい場合とは、ペダルのこぎ始め等の微少時間において、クランク１４の回転がモータ３１の回転を上回ることを意味する。
【０１４２】
図４２のステップＳＴ１３－６のスピードチェックでは、電気自転車１０００の速度が０あるいは２４Ｋｍ／ｈよりも大きい場合には、モータ３１によるアシストは不要であるとして図１５の中央演算処理装置１０１がコイルカットリレー部２００をオフにしアシスト量を０にする。
【０１４３】
そうでなく速度が２４Ｋｍ／ｈと等しいかあるいはそれよりも小さくしかも０でない場合、たとえば速度が１０Ｋｍ／ｈで走行しているとすれば、ステップＳＴ１３－７でアシスト量を計算するサブルーチンに移る。なおアシスト量は、電気自転車１０００の速度、加速度および路面の傾きにより計算できる。
【０１４４】
図４３は、図１の電気自転車１０００が各種モードで走行している場合におけるモータ３１によるアシストのタイミングの一例を示す図である。
【０１４５】
図４３において、モード（Ａ）は０から１２まで書かれており、図４４に示すようにモード０は初期状態、モード１はブレーキ状態、モード２は停止状態、モード３～５は加速走行状態、モード６は慣性走行状態、モード７は一定走行状態、モード８は減速走行状態、モード９とモード１０は下り走行状態、モード１１と１２は登り走行状態を示している。図４３の（Ｂ）～（Ｈ）は、各種部位の動作状態を、モード（Ａ）に対応して示している

。
【０１４６】
まずモード０の初期状態では、メインスイッチがオフまたは図１５のバッテリ４０がバッテリ切れの状態であり、モータはフリー状態であるので、電気自転車１０００は操作者が手で動かして移動したり、通常の自転車として乗ることができる。アシスト量は０である。
【０１４７】
モード１のブレーキ状態では、メインスイッチが図４３（Ｂ）のようにオンされても、モード１では図５の前ブレーキレバー１２ａあるいは後ブレーキレバー１２ｂを操作者が操作しているので、他のセンサよりも前ブレーキセンサ１３０あるいは１４０が優先されることから、図４３（Ｇ）のアシスト量は０である。この時に、たとえばモータ３１のアシスト量を負（モータを逆トルクモードにする）にする事で、モータ３１を電磁ブレーキとして利用して、ブレーキング効果を高めることも可能である。
【０１４８】
図４３のモード２では電気自転車１０００が停止状態でありモータ３１はフリー状態であるために、電気自転車を操作者が手で自由に動かすことができる。
【０１４９】
図４３のモード３～５では加速走行状態を示しており、モード３ではモータ３１とクランク１４が同期した加速状態（１５Ｋｍ／ｈ未満）であるので、モータ３１は必要な仕事量の１／２分だけアシストをする。
【０１５０】
モード４ではモータ３１とクランク１４が同期した加速状態（１５～２４Ｋｍ／ｈ）であり、モータ３１のアシスト量は１／２からそのアシスト割合を漸減する。
【０１５１】
モード５ではモータ３１とクランク１４が同期した加速状態（２４Ｋｍ／ｈ以上）である場合には、モータ３１による後輪へのアシスト量をなくして、モータフリーにする。
【０１５２】
図４４のモード６ではモータ３１とクランク１４が同期していない状態、すなわち操作者がペダルによる踏力を加えるのを停止していて慣性走行している場合に、その速度に限らずモータ３１のアシスト量はなくし、モータはフリー状態である。
【０１５３】
モード７ではモータ３１とクランク１４が同期した一定速度の状態であり、モード３～５における加速走行状態と同様にモータ３１がアシストする。
【０１５４】
モード８では、モータ３１とクランク１４が同期した減速状態であり、モード３～５における加速走行状態と同様にモータ３１がアシストする。
【０１５５】
モード９とモード１０は下り走行状態であり、モータ３１とクランク１４が同期していない状態で下り坂を電気自転車１０００が走行している状態である。従って速度に限らずモータ３１のアシスト量は０であり、モータがフリー状態である。モード１０ではモータ３１とクランク１４が同期した加速状態であり、下り坂を走行している。この場合であっても速度に限らずモータ３１のアシスト量は０でありモータはフリー状態である。
【０１５６】
モード１１と１２では、モータ３１とクランク１４が同期した状態で登り坂を電気自転車１０００が走行している状態である。従って速度に応じたモータ３１のアシスト量に、坂の角度による係数が加わりモータ３１の所定のアシスト量が後輪に加わる。
【０１５７】
モード１２ではモータ３１にクランク１４が同期した状態で急な登り坂を登っている状態である。坂の角度による係数が更に大きくなる。ただし、アシスト量はモータの特性で制限される。

【０１５８】
なお、登り坂の場合には、クランクが一時的にモータに対し同期していなくても、モータ３１（車輪）が止まらない量のアシストは継続される。
【０１５９】
図４４のモード０～１２において、モード３～５の加速時には図４３（Ｄ）のクランク回転センサ１２０が、操作者がペダルを踏んで加速していく状態におけるクランクの速度を検出している。またモード６～１２においてもクランクの速度を検出している。図４３（Ｅ）の速度センサ１１０はモード３～１２において電気自転車１０００の速度を検出している。図４３（Ｆ）の傾斜センサ９０はモード９～１２の下り坂および登り坂で電気自転車１０００の傾斜角度を検出している。図４３（Ｇ）のアシスト量は、モード３，４の加速時と、モード７，８およびモード１１，１２において与えられている。
【０１６０】
図４３（Ｈ）のコイルカットリレー部２００は各モードに対応してモータ３１をオンしたりあるいはオフしている。
【０１６１】
次に、図４５の電気自転車１０００の動作パターンの一例を説明する。図４５（Ａ）は、電気自転車１０００の走行パターンの一例を示しており、平坦路面Ｔ１、登坂路面Ｔ２、平坦路面Ｔ３、下り路面Ｔ４および平坦路面Ｔ５を具体的な一例として示している。
【０１６２】
図４５（Ｂ）は傾斜センサ９０の傾斜信号ＩＮＳを示し、図４５（Ｃ）はクランク回転センサ１２０のクランク回転信号ＣＲＳを示し、図４５（Ｄ）は速度センサ１１０の速度信号ＶＳを示している。図４５（Ｅ）は速度センサ１１０から得られた速度信号ＶＳ、微分することで得られる加速度信号ＡＳを示し、図４５（Ｆ）、（Ｇ）は、後ブレーキと前ブレーキセンサ１３０，１４０のオン／オフ信号を示している。
【０１６３】
図４５（Ｈ）は図１５のコイルカットリレー部（駆動側リレー）２００のオン／オフ信号を示し、図４５（Ｉ）は図１５の充電回路用リレー部２５０のオン／オフ信号を示している。
【０１６４】
また図４５では平坦路面Ｔ１の初めの位置から平坦路面Ｔ３の途中までを区間ＴＬ１で示し、平坦路面Ｔ３の途中から下り路面Ｔ４の途中までを区間ＴＬ２で示し、下り路面Ｔ４の途中から電気自転車１０００が停止する位置までを区間ＴＬ３で示している。
【０１６５】
図４５に示すような電気自転車１０００の走行パターンでは、次のように各部分が動作する。
【０１６６】
図４５（Ａ）の区間ＴＬ１の平坦路面Ｔ１に電気自転車１０００が走行している時には、コイルカットリレー部２００はオンされており、従って図２のモータ３１は後輪１７をアシストする。平坦路面Ｔ１であるので傾斜センサ９０の出力は０であり、操作者は電気自転車１０００のペダルに踏力を与えているのでクランク回転信号ＣＲＳは出ている。速度センサ１１０の速度信号ＶＳとそれに基づく加速度信号ＡＳは、その走行状態に応じて図２の中央演算処理装置１０１に与えられている。
【０１６７】
電気自転車１０００が平坦路面Ｔ１から登坂路面Ｔ２に差し掛かると、操作者のペダルの踏力は増加しかつ傾斜センサ９０が登りである傾斜信号ＩＮＳを出力するとともに速度センサ１１０の速度信号ＶＳがやや低下し加速度信号ＡＳが変動する。
【０１６８】
電気自転車１０００が登坂路面Ｔ２から平坦路面Ｔ３に移ると、操作者の踏力は減少する。次に操作者が踏力を増加すると、電気自転車１０００が加速していき、速度センサ１１０の速度信号ＶＳが増加する。そして平坦路面Ｔ３の途中から操作者はペダルに対する踏

力を大きくかけると、電気自転車の時速が２４Ｋｍ／ｈ以上になるため、区間ＴＬ１の終りの時点ｔ１においてモータ３１のコイルカットリレー部２００がオフになる。つまり区間ＴＬ１から区間ＴＬ２に入った期間ｔ２の間は、コイルカットリレー部２００がオフなのでモータ３１による後輪１７への駆動力のアシストはなくなる。

【０１６９】

そして図４５（Ａ）の下り路面Ｔ４に電気自転車１０００が差し掛かると傾斜センサ９０は下りの傾斜信号ＩＮＳを出力するとともに、操作者はペダルへの踏力を加えるのを中止する。従ってクランクの回転センサ１２０の信号ＣＲＳは時点ｔ３において０になる。電気自転車１０００が下り路面Ｔ４の途中までくると、操作者は時点ｔ４で後輪ブレーキをかける。これにより速度センサ１１０の速度信号ＶＳの値が徐々に低下していき加速度信号ＡＳがマイナスを示す。この時点ｔ４において、図４５（Ｉ）の充電回路用リレー部２５０が中央演算処理装置１０１の指令によりオンする。つまり時点ｔ４では図２のコイルカットリレー部２００がオフの状態で充電回路用リレー部２５０がオンすることから、モータ３１は電動機ではなく発電機として機能し、モータ３１は図１５のバッテリ４０に対して充電を開始する。

【０１７０】

電気自転車１０００が下り路面Ｔ４を下り終えて再び平坦路面Ｔ５に差し掛かった時点ｔ５では、傾斜センサ９０の傾斜信号ＩＮＳは０となり速度センサ１１０の速度信号ＶＳの値も更に小さくなっていく。平坦路面Ｔ５の時点ｔ６において操作者は図４５（Ｆ）、（Ｇ）に示すように前輪および後輪のブレーキを両方ともかける。これによって電気自転車は時点ｔ７において停止する。

【０１７１】

以上のようにして、区間ＴＬ１においてはモータ３１の駆動力の補助を必要とするので、コイルカットリレー部２００はオンになっておりモータ３１は図１の後輪１７をアシストする。そして区間ＴＬ２に至ると、モータ３１の後輪１７へのアシストは不要となるのでコイルカットリレー部２００をオフにすることで、モータ３１の回生電流が流れないので、電気自転車１０００が慣性で走行するのを妨げることがない。そして区間ＴＬ３では下り坂であるので電気自転車１０００は自重で走行していくことからモータ３１を発電機として機能させることができ、バッテリ４０に対して充電を行う。

【０１７２】

ただし区間ＴＬ１でモータ３１をオンして後輪１７に対してアシストするのは、電気自転車１０００が設定速度以下（たとえば２４Ｋｍ／ｈ以下）の場合であり、前後輪のブレーキがオフ状態で、かつクランク回転センサ１２０の信号ＣＲＳが出力されており登り坂もしくは平坦路面である必要がある。

【０１７３】

また区間ＴＬ３ではコイルカットリレー部２００がオフしている状態で後ブレーキをオンすると、後ブレーキセンサ１４０がオンし、後ブレーキ信号ＢＢＳを中央演算処理装置１０１が受け、これにより中央演算処理装置１０１が充電制御信号ＰＳＳを発行して、充電回路用リレー部２５０をオンして、モータ３１が発電機として作用し回生ブレーキおよび充電操作を行うことができる。

【０１７４】

区間ＴＬ３における回生ブレーキ量は、発電機として作用しているモータ３１の回生の電流により制御できる。たとえば図７のポテンショメータ１３０ａあるいは１４０ａの角度を図５の前ブレーキレバー１２ａあるいは後ブレーキレバー１２ｂの角度により設定することで回生の電流値を制御することもできる。

【０１７５】

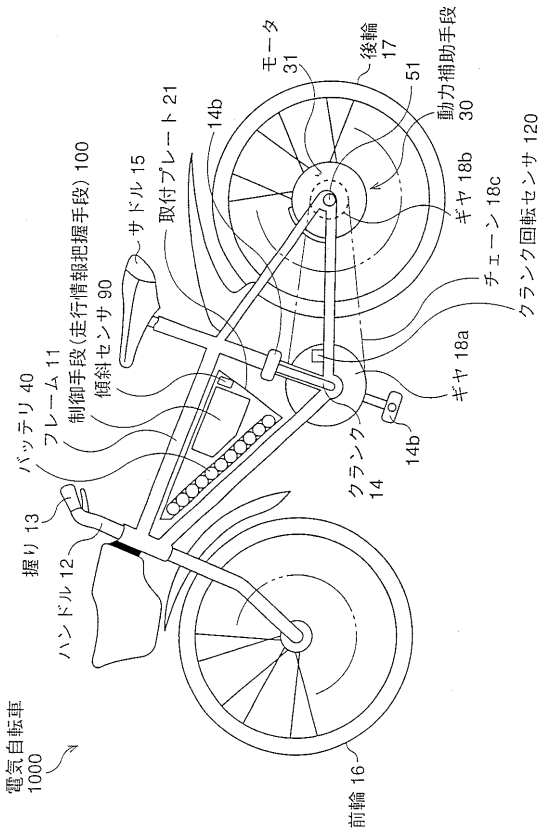
あるいは図６のようにマイクロスイッチのような前ブレーキセンサあるいは後ブレーキセンサ１３０，１４０がオンした時そのブレーキ量を減速状態（負の加速度情報）から検出し、それに見合うたとえば１／２のブレーキ力を発電機として採用するモータ３１に与えることにより電気自転車ブレーキの補助力をなめらかに与えることができる。

【０１７６】
下り坂で減速しない程度にブレーキをかけた時にその時点の速度を維持するようなブレーキ量になるように、発電機として作用するモータ３１を制御することもできる。この時減速しない程度にブレーキを掛けたかどうかは、制御手段１００は傾斜センサ、ブレーキセンサあるいは加速度情報等により認識できる。
【０１７７】
また、モータ３１をアシスト用として用いない時には、図１５のコイルカットリレー部２００をオフにすることで、モータ３１が補助動力として働かない時に走行負荷とならないようにすることができる。
【０１７８】
発電機として作用するモータ３１の回生電流は、速度による発電側の電圧だけではなく、バッテリ４０の残量によっても変わる。そこで安定な制動力を得るために、バッテリ４０に内蔵するＣＰＵからの残量情報により、回生電流のうちの充電に必要な分をバッテリ４０に流し、残りの回生電流を他で消費もしくは補助充電するようにしてもよい。
【０１７９】
なお、後ブレーキは電気自転車の滑らかな減速を目的として用い、フロントブレーキは電気自転車の停止を目的として用いる。これにより速やかに強い逆トルクモードのブレーキ力を後輪もしくは前後輪に発生させて、安定した走行停止を実現することができる。
【０１８０】
本発明の実施の形態では、走行情報把握手段である制御手段１００が、回転手段である後輪１７のモータ３１の速度センサ１１０から得られる速度情報（速度信号ＶＳ）に基づいて走行状態を把握するようになっている。この場合に速度センサ１１０は、回転部である後輪１７のモータ３１のロータＲＴに対して非接触であるので、速度情報を得るのにモータのロータＲＴに機械的なロスを与えることがない。
【０１８１】
そして動力補助手段は、走行情報把握手段である制御手段１００から得られる操作者が与えようとする速度変化情報（加速度情報である加速度信号ＡＳ）、すなわち操作者の意志の推定をして見合った動力を補助するようになっている。このことから、従来の機械的なトルクセンサを用いて操作者が踏力のトルクの１／２を算出してその踏力の１／２をモータでアシストしていた場合と異なり、本発明では電気自転車の回転部分に機械的なロスを与えずにリアルタイムで操作者（ライダー）の意思に忠実なモータ３１による動力の補助（パワーアシスト）を実現することができる。
【０１８２】
また図１６および１７に示すように、後輪１７に対して直結式のダイレクトモータを用いている。つまりモータ３１のロータステータＳＴが直接電気自転車１０００のシャフト（車軸に相当）５１に一体に設けられている。従って、従来用いられている電気自転車ではモータの動力はギヤボックスを介して後輪に伝えられており、ギヤによる動力伝達ロスが生じたり、大型であり重量のかさむという問題があったが、本発明の実施の形態のモータ３１はこれらの点をすべて解消している。
【０１８３】
またモータ３１のロータＲＴは、ステータＳＴに対して外側に位置しており、モータ３１はアウターロータ型のモータである。このアウターロータ型のモータを使用することにより、ロータＲＴは後輪１７のスポーク１７ｐに対して直接接続できるので、構造が簡単であり軽量化できる。
【０１８４】
しかも、モータのステータの駆動コイルに通電するとロータがステータに対して回転して移動装置を動かすのであるが、この際にステータの駆動コイルが発熱しても、その熱は放熱手段であるステータホルダ６３と放熱器６４が外部に放散できる。これにより電動機の故障や不調を防ぐことができる。また、モータが発電機として機能する場合に発熱しても、やはりステータホルダ６３と放熱器６４が外部に放熱できる。

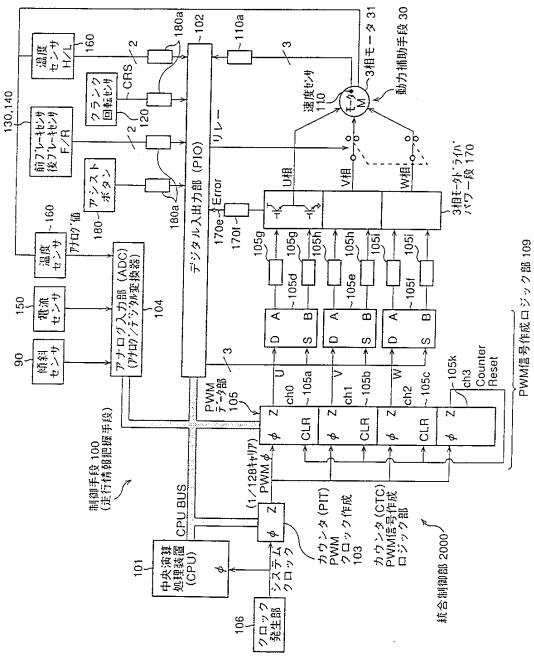
【０１８５】
特にフィンを設けるようにすれば、その放熱効率はさらに向上できる。放熱手段はステータ側に圧入すれば簡単に取付けることができる。このフィンが移動装置の移動方向に平行であれば、移動に際してフィンを効率よく冷却できる。ステータの駆動コイルに通電するための給電線が、外部からステータ側の放熱器６４を通して駆動コイルに通電できるので、給電線の引き回しが容易である。
【０１８６】
本発明における回転部は、後輪と前輪の少なくともいずれか一方であるかあるいはクランク含む概念である。また、本発明の適用が自転車の他に、車イスや運搬車等である場合には、回転部は、補助輪なども含む概念である。
【０１８７】
本発明の実施の形態ではバッテリとして高電圧で使い勝手のよいリチウムイオン２次電池を用いているが、Ｎｉ－ＭＨ（ニッケル－メタルハライド）電池などの他の種類の電池を使用しても勿論構わない。
【０１８８】
リチウムイオン２次電池を用いる場合には、次のような変形例も考えられる。たとえば図３３において電流検出器７０６、電圧検出器７０７あるいは残量距離表示部７０９は、可動コイル型の指針型電圧計を用いて、その検数値を目盛表示板に概略的に指針表示するようにして、操作者により目視で電流値あるいは電圧値および残量距離表示を確認できるようにしてもよい。
【０１８９】
本発明の移動装置は、電気自転車に限らず電動車椅子や電動貨物運搬台車あるいは電動遊具等他の種類の移動装置にも採用できる。
【０１９０】
本発明の実施の形態では、モータが後輪の車軸に対応して配置されているが、これに限らずモータはクランク軸に直接あるいは前輪に直接配置するようにしても勿論構わない。
【０１９１】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明によれば、動力の消費をなくして効率よく走行でき、適切な踏力の補助をリアルタイムで行うことができ、軽量化が図れる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の移動装置の好ましい実施の形態である電気自転車を示す側面図。
【図２】図１の電気自転車の走行情報把握手段（制御手段）とモータを示す図。
【図３】図２の各種センサと走行情報把握手段等を示す図。
【図４】図２の回路において中央演算処理装置、メイン基板およびモータ基板を示す図。
【図５】電気自転車の平面図。
【図６】電気自転車のブレーキ部分を示す図。
【図７】電気自転車のブレーキ部分の他の例を示す図。
【図８】傾斜センサの一例を示す正面図。
【図９】傾斜センサの断面図。
【図１０】傾斜センサの振り子を示す図。
【図１１】傾斜センサの特性を示す図。
【図１２】図１の電気自転車のクランクおよびクランク回転センサを示す平面図。
【図１３】図１２のクランクおよびクランク回転センサを示す側面図。
【図１４】図１３のクランク回転センサの原理を示す図。
【図１５】図２の回路図を別の形態で示したモータの駆動型を示す図。
【図１６】後輪に設けられたアウターロータ型のダイレクトモータの一例を示す断面図。
【図１７】図１６のモータの側面図。
【図１８】モータのステータとモータのロータの一部を示す断面図。
【図１９】モータのステータを示す側面図。

【図２０】モータに設けられたモータのモータ基板等の一部を示す断面図。
【図２１】モータ基板を示す正面図。
【図２２】モータ基板に対面して配置される反射板を示す正面図。
【図２３】モータの速度センサの出力例を示す図。
【図２４】モータの速度センサの出力例とモータのスイッチングタイミングの一例を示す図。
【図２５】モータをＰＷＭ駆動する時のＰＷＭ信号波形の一例を示す図。
【図２６】モータを示す斜視図。
【図２７】モータの分解斜視図。
【図２８】図１９のモータのロータの部分Ｚを拡大して示す図。
【図２９】モータ付近の回路を示す図。
【図３０】モータのコイルカットリレー部と充電回路用リレー部の動作例を示す図。
【図３１】リチウムイオン電池およびその他の種類の電池の放電特性の一例を示す図。
【図３２】リチウムイオン電池の動作原理を示す図。
【図３３】リチウムイオン電池の残量走行距離表示装置の一例を示す回路図。
【図３４】図３３の残量距離表示部の一例を示す図。
【図３５】残量距離表示部の別の実施の形態を示す図。
【図３６】電気自転車のメインルーチンを示す図。
【図３７】図３６の駆動パターンセットサブルーチンを示す図。
【図３８】図３６のモータサブルーチンを示す図。
【図３９】図３６のクランクサブルーチンを示す図。
【図４０】図３６の高温処理サブルーチンを示す図。
【図４１】図３６のドライバエラーサブルーチンを示す図。
【図４２】図３６のアシストサブルーチンを示す図。
【図４３】モータによるアシストのタイミングの一例を示す図。
【図４４】図４３のアシストのタイミングを説明する図。
【図４５】電気自転車の走行パターンの一例を示す図。
【図４６】従来の電気自転車の一例を示す図。
【符号の説明】
１１・・・フレーム、１４・・・クランク（回転部）、１６・・・前輪（回転部）、１７・・・後輪（回転部）、２１・・・取付プレート、３０・・・動力補助手段、３１・・・モータ（動力補助手段）、３２・・・モータ基板、４０・・・バッテリ、９０・・・傾斜センサ、１００・・・制御手段（走行情報把握手段）、１０１・・・中央演算処理装置（ＣＰＵ）、１１０・・・速度センサ、１２０・・・クランク回転センサ、１３０・・・前ブレーキセンサ、１４０・・・後ブレーキセンサ、１５０・・・電流センサ、１６０・・・温度センサ、１８０・・・アシストボタン、２００・・・コイルカットリレー部、２５０・・・充電回路用リレー部、ＣＳ・・・モータ回転角信号、ＶＳ・・・速度信号、ＡＳ・・・加速度情報信号（速度変化信号）、Ｃ１～Ｃ３・・・モータのコイル、ＣＲＳ・・・クランク回転信号、ＩＮＳ・・・傾斜信号

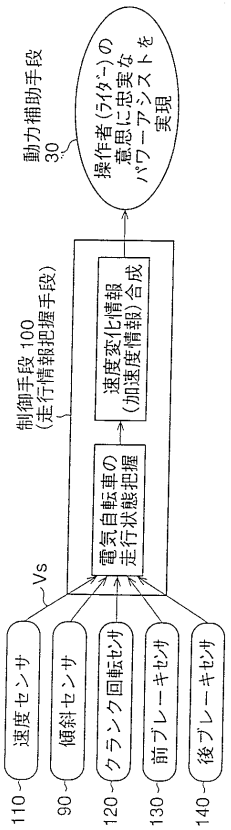
【図１】


電気自転車
1000
前輪 16
ハンドル 12
握り 13
バッテリ 40
フレーム 11
制御手段（走行情報把握手段）100
傾斜センサ 90
サドル 15
取付プレート 21
14b
モータ
31
後輪
17
51
動力補助手段
30
ギヤ 18b
チェーン 18c
クランク回転センサ 120
ギヤ 18a
クランク
14
14b

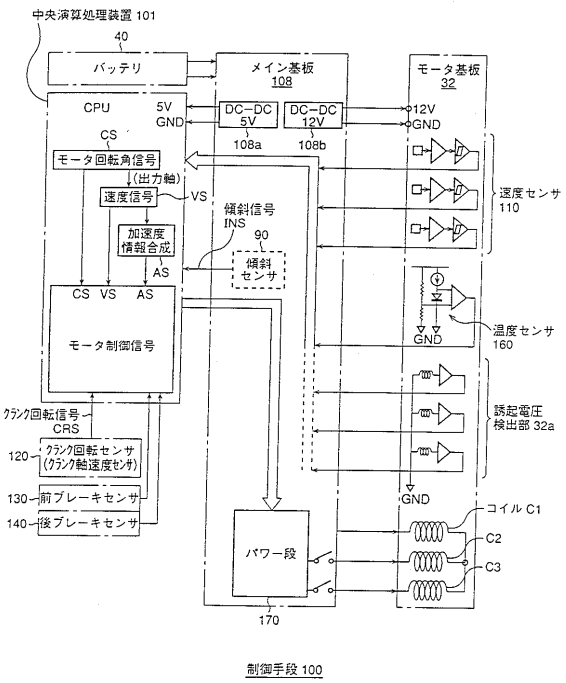
【図２】


温度センサ H/L
前ブレーキセンサ 後ブレーキセンサ F/R
クランク回転センサ
CRS
アシストボタン
温度センサ
電流センサ
傾斜センサ
アナログ入力部（ADC）（アナログ/デジタル変換器）
デジタル入出力部（PIO）
リレー
Error
速度センサ 110
3相モータ 31
動力補助手段 30
3相モータドライバ パワー段 170
PWM信号作成ロジック部 109
PWM データ部 105
CPU BUS
中央演算処理装置（CPU）
システムクロック
クロック発生部
カウンタ（PIT）PWMクロック作成 103
カウンタ（CTC）PWM信号作成ロジック部
統合制御部 2000
制御手段 100（走行情報把握手段）

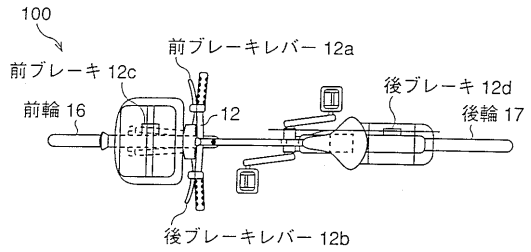
【図３】


動力補助手段
30
操作者（ライダー）の意思に忠実なパワーアシストを実現
制御手段 100（走行情報把握手段）
速度変化情報（加速度情報）合成
電気自転車の走行状態把握
Vs
速度センサ
傾斜センサ
クランク回転センサ
前ブレーキセンサ
後ブレーキセンサ
110
90
120
130
140

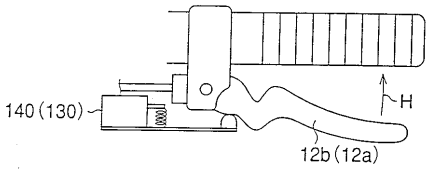
【図４】


中央演算処理装置 101
40
バッテリ
メイン基板
108
モータ基板
32
CPU
5V
GND
DC−DC 5V
DC−DC 12V
12V
GND
108a
108b
CS
モータ回転角信号
（出力軸）
速度信号
VS
加速度情報合成
AS
傾斜信号
INS
90
傾斜センサ
CS VS AS
モータ制御信号
速度センサ
110
温度センサ
160
誘起電圧検出部 32a
クランク回転信号
CRS
120
クランク回転センサ（クランク軸速度センサ）
130
前ブレーキセンサ
140
後ブレーキセンサ
パワー段
170
コイル C1
C2
C3
制御手段 100

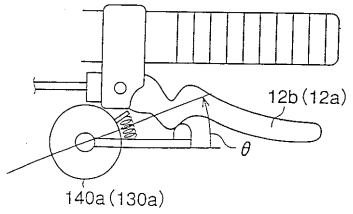
【図５】



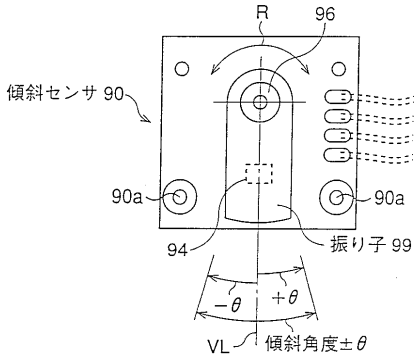
【図６】



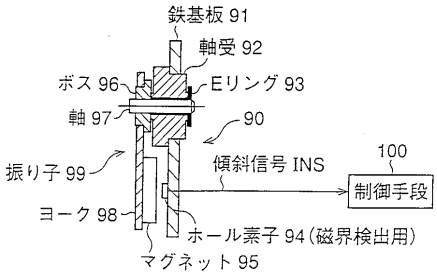
【図７】



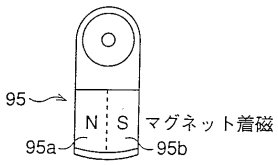
【図８】



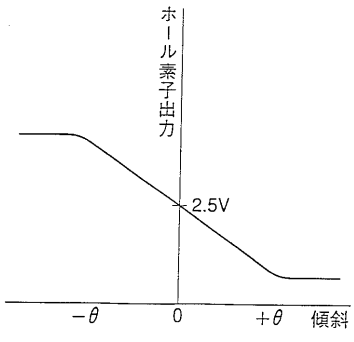
【図９】



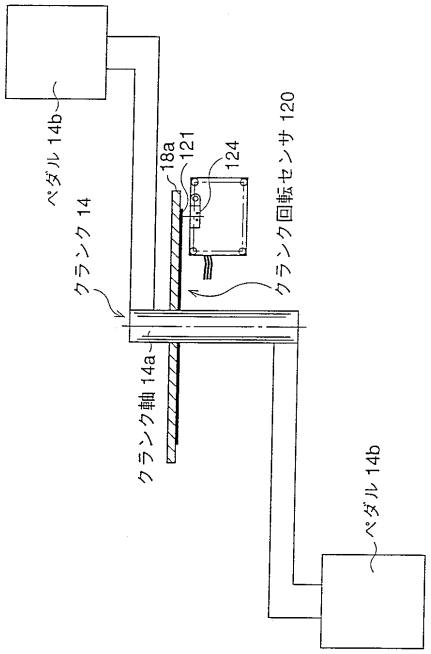
【図１０】



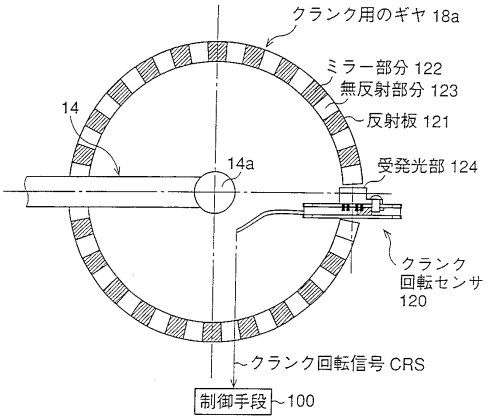
【図１１】



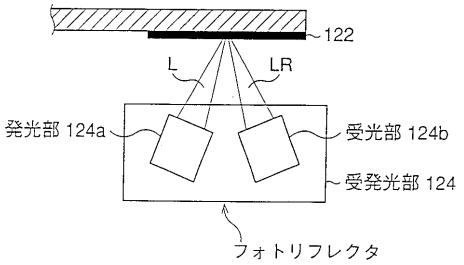
【図１２】



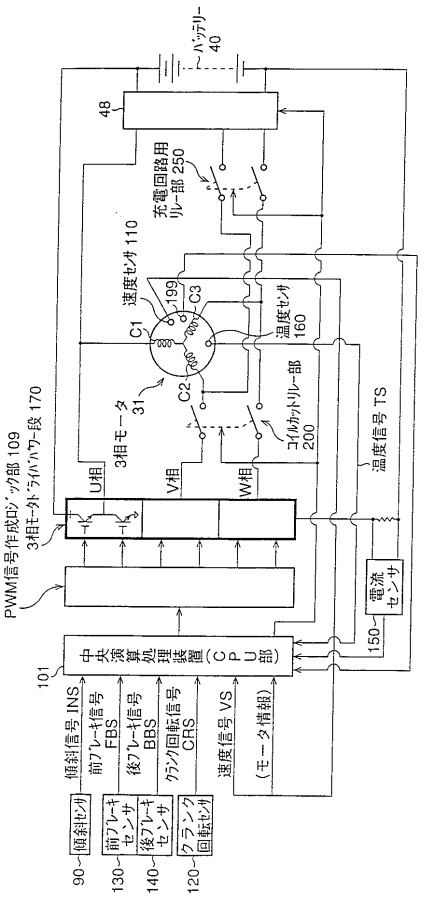
【図１３】



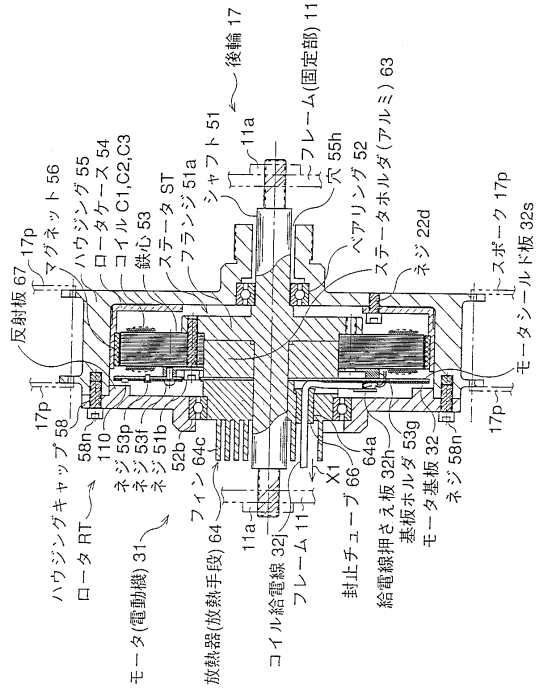
【図１４】



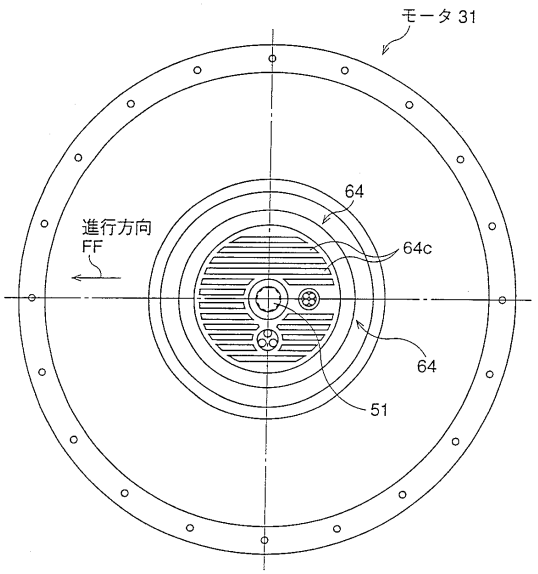
【図１５】



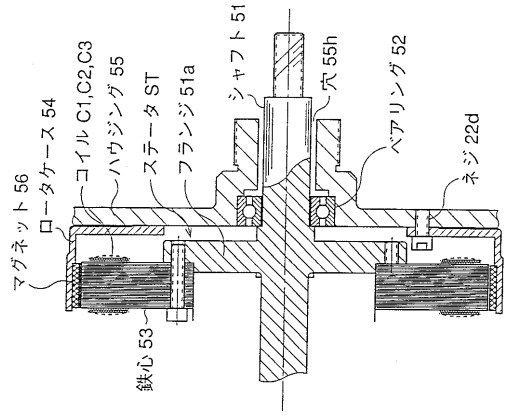
【図１６】



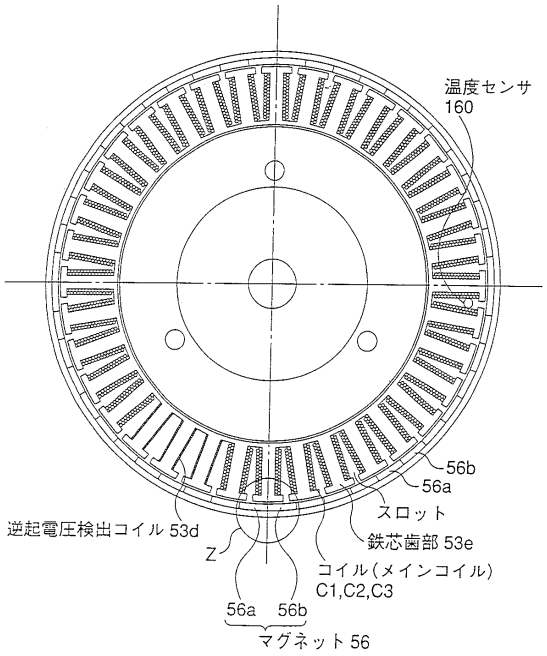
【図１７】



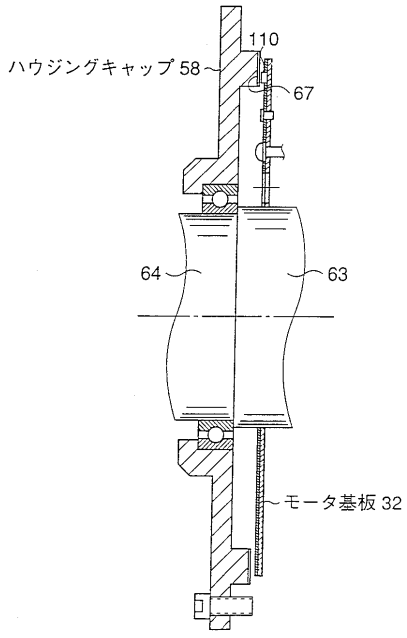
【図１８】



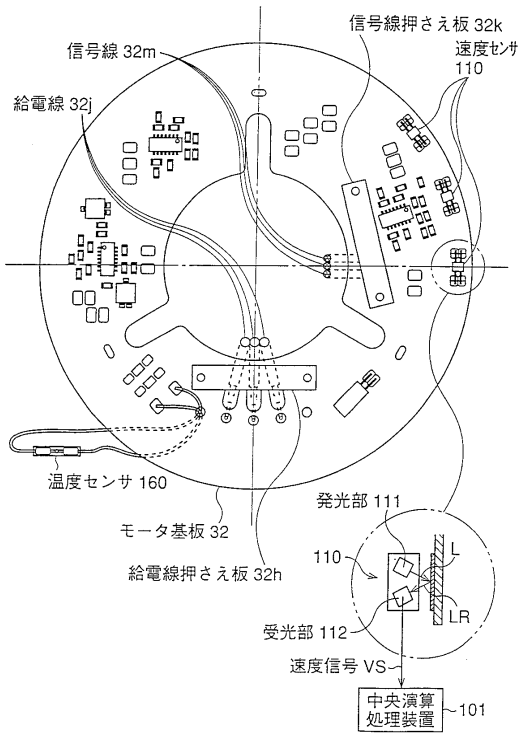
【図１９】



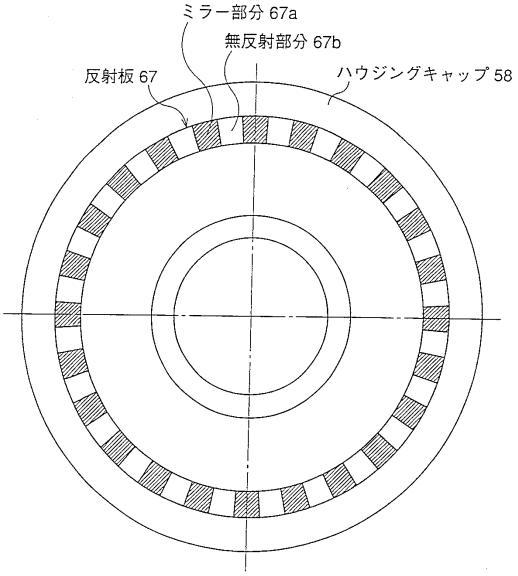
【図２０】



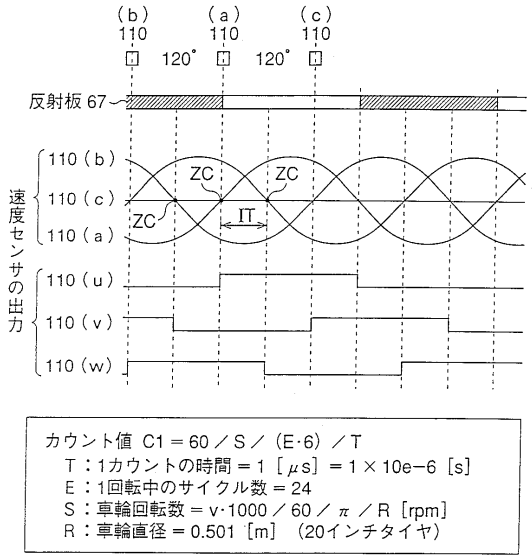
【図２１】



【図２２】

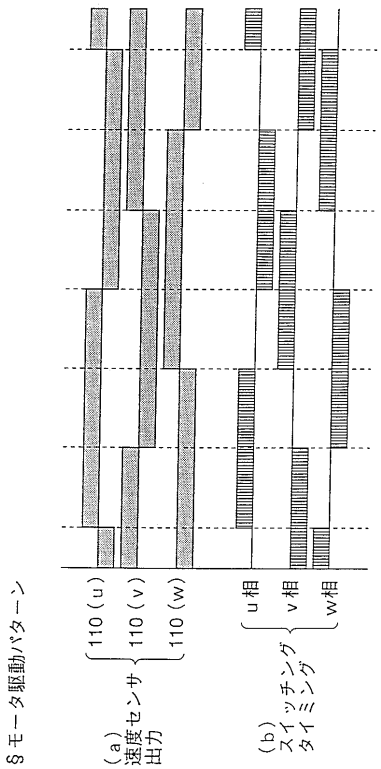


【図２３】

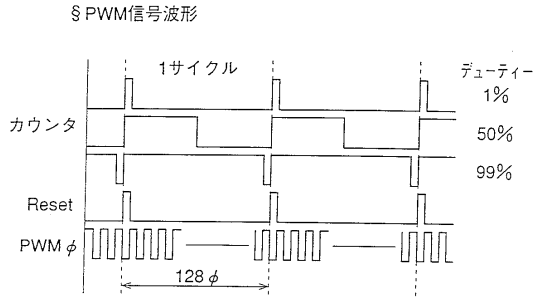


カウント値 C1＝60／S／（E･6）／T
T：1カウントの時間＝1［μs］＝1×10e−6［s］
E：1回転中のサイクル数＝24
S：車輪回転数＝v･1000／60／π／R［rpm］
R：車輪直径＝0.501［m］（20インチタイヤ）

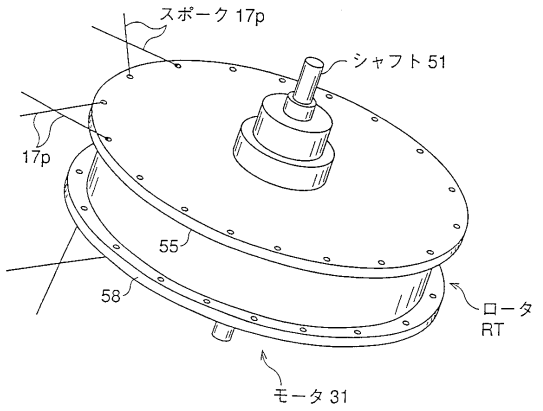
【図２４】



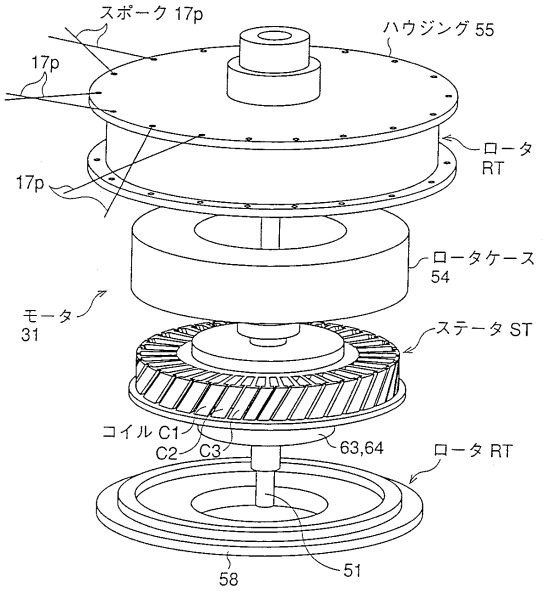
【図２５】



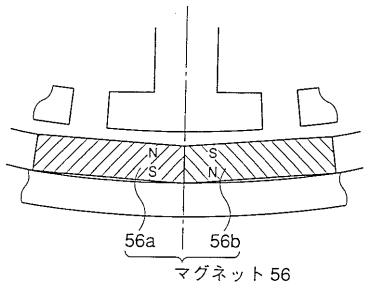
【図２６】



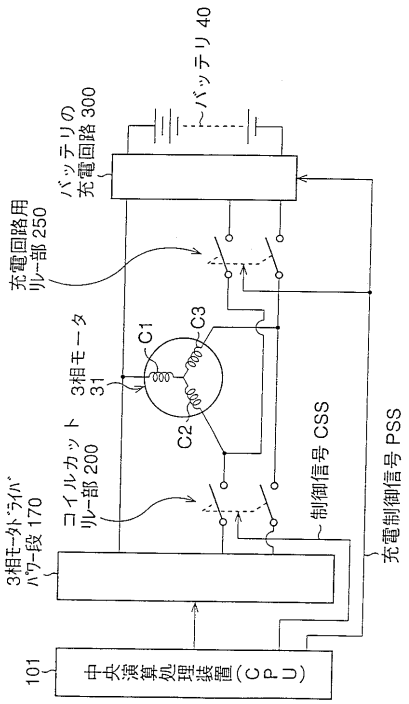
【図２７】



【図２８】



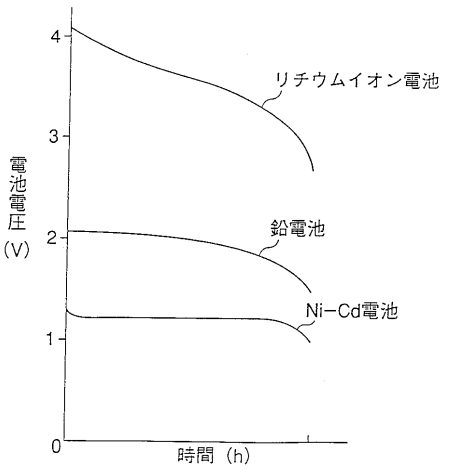
【図２９】



【図３０】

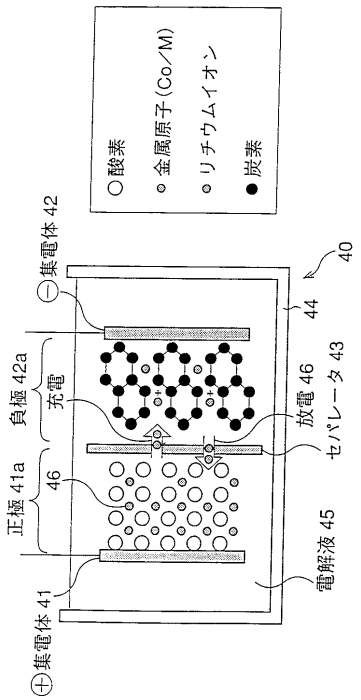
走行路面状況	リレー部の種類	オン／オフ
登り	コイルカットリレー部 充電回路用のリレー部	オン オフ
慣性 (平坦)	コイルカットリレー部 充電回路用のリレー部	オフ オフ
下り	コイルカットリレー部 充電回路用のリレー部	オフ オン

【図３１】

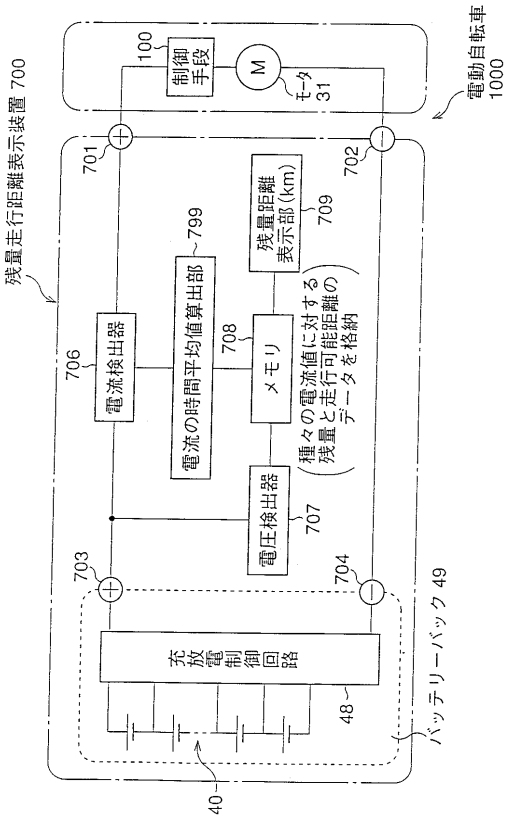


各種電池の放電特性を示す図

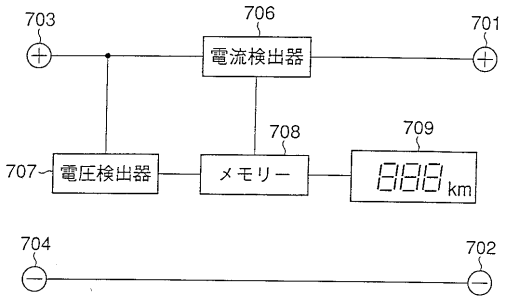
【図３２】



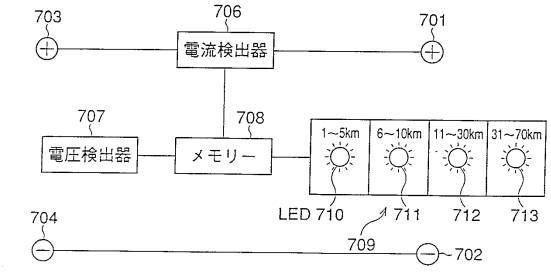
【図３３】



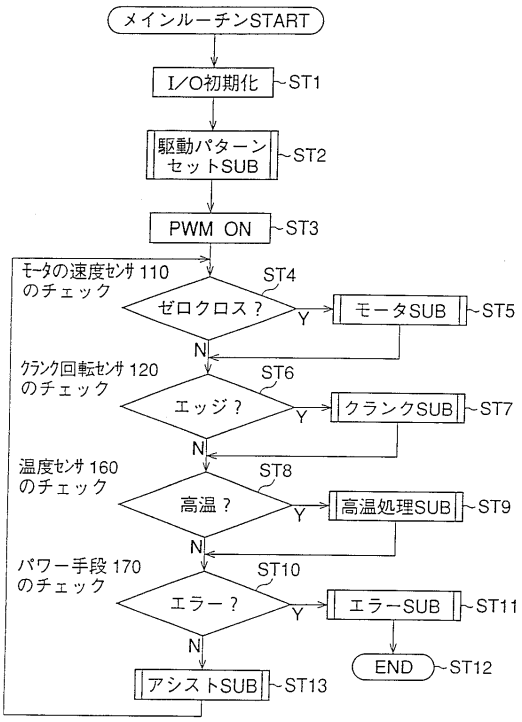
【図３４】



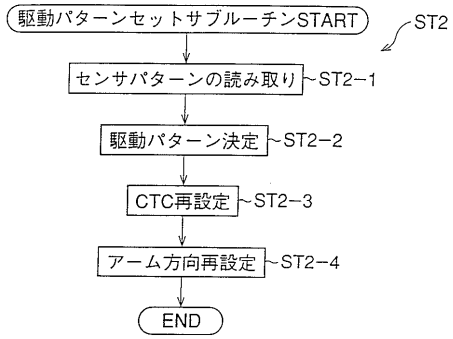
【図３５】



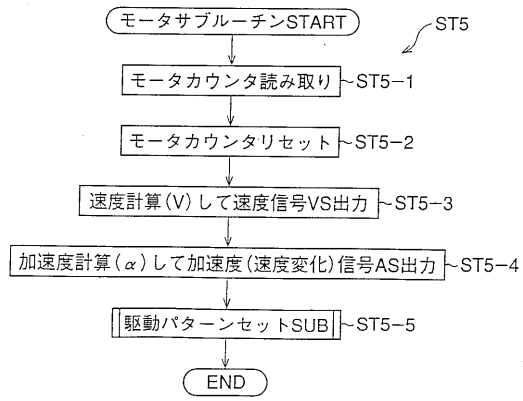
【図３６】



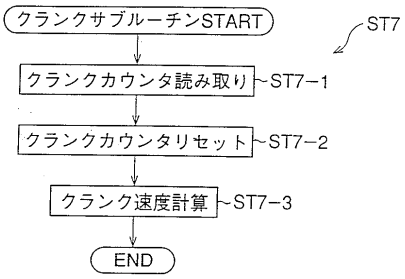
【図３７】



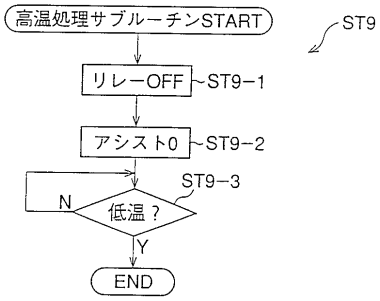
【図３８】



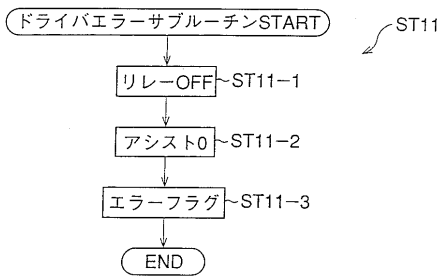
【図３９】



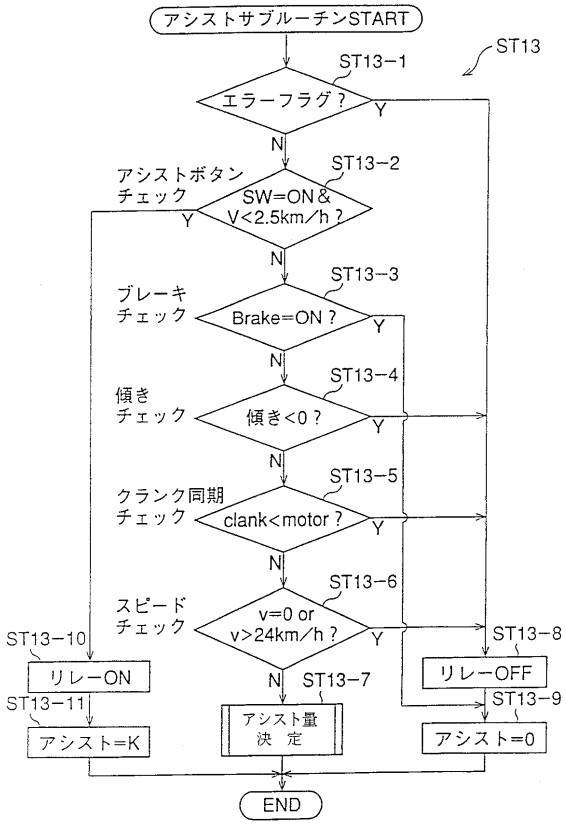
【図４０】



【図４１】

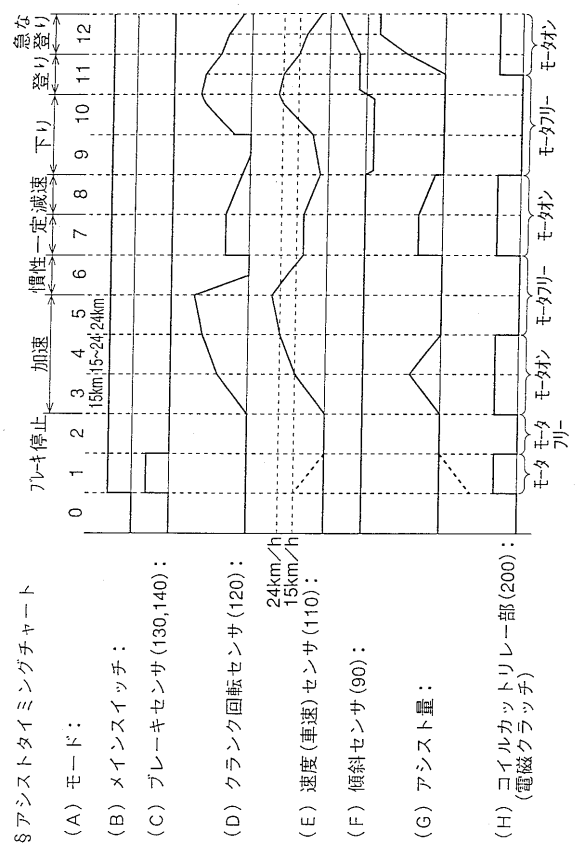


【図４２】



アシスト量の決定は、車速、加速度、路面の傾きにより計算される。

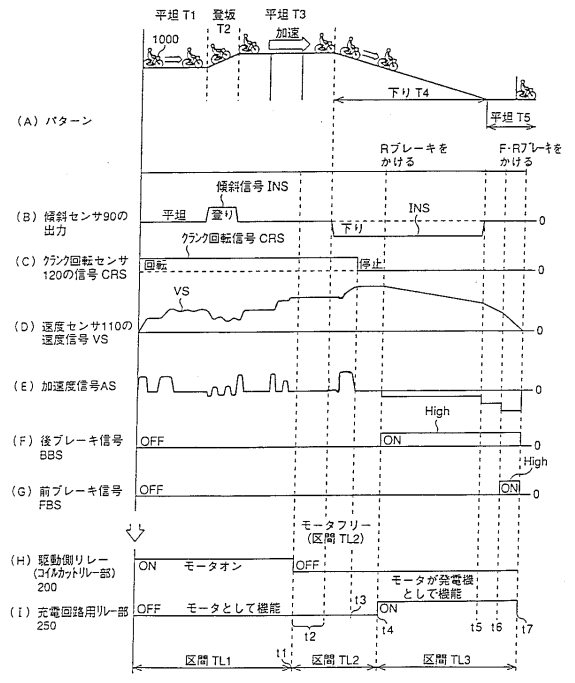
【図４３】



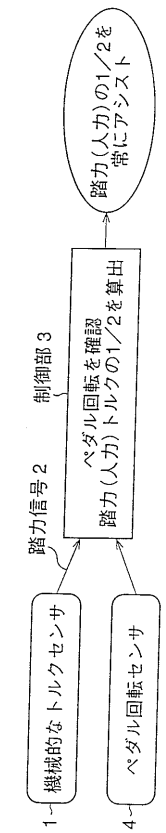
【図４４】

モード	状態
初期状態0	：電源ＯＦＦ（またはバッテリ切れ）状態。→モータはフリー状態のため、自転車を手で動かしたり、通常の自転車として乗ることができる。
ブレーキ状態1	：ブレーキ状態。→他のセンサよりブレーキセンサが優先され、アシスト量を0にする。このときアシスト量を負（モータを逆転させる）にすることで、モータを電磁ブレーキとして利用し、ブレーキング効果を高めることも可能。
停止状態2	：停止状態。→モータはフリー状態のため、自転車を手で自由に動かすことが出来る。
加速走行状態3	：クランクが同期した加速状態（15km/h未満）。→1／2アシスト（必要な仕事量の半分をアシスト）。
4	：クランクが同期した加速状態（15~24km/h）。→1／2アシストからアシスト割合を漸減。
5	：クランクが同期した加速状態（24km/h以上）。→アシストＯＦＦ。モータフリー。
慣性走行状態6	：クランクが同期していない状態（慣性走行）状態。→速度に拘らずアシストＯＦＦ。モータフリー。
一定走行状態7	：クランクが同期した一定速度状態。→加速時と同様のアシスト。
減速走行状態8	：クランクが同期した減速状態。→加速時と同様のアシスト。
下り走行状態9	：クランクが同期していない状態で、下り坂。→速度に拘らずアシストＯＦＦ。モータフリー。
10	：クランクが同期した加速状態で、下り坂。→速度に拘らずアシストＯＦＦ。モータフリー。
登り走行状態11	：クランクが同期した状態で、登り坂。→速度に応じたアシスト量に、坂の角度による係数がかかる。
12	：クランクが同期した状態で、急な登り坂。→坂の角度による係数が大きくなる。 ただし、アシスト量はモータの特性で制限される。 ※：登り坂の場合、クランクが一時的に同期していなくても、モータ（車輪）が止まらない量のアシストは継続される。

【図４５】



【図４６】



フロントページの続き

(72)発明者　片桐　一郎
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　佐藤　直正
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　遠藤　哲雄
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　伊藤　浩之
東京都港区赤坂２－１７－２２　オージャス株式会社内

審査官　金澤　俊郎

(56)参考文献　特開平０８－０９９６８３（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１９６０７０（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２１５２６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
B62M 23/02