

(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2013-209077

(P2013-209077A)

(43) 公開日 平成25年10月10日(2013.10.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 6 2 M 6/45 (2010.01)	B 6 2 M 6/45	
B 6 2 M 1/10 (2010.01)	B 6 2 M 1/10	Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2012-171094 (P2012-171094)
 (22) 出願日 平成24年8月1日 (2012.8.1)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-39983 (P2012-39983)
 (32) 優先日 平成24年2月27日 (2012.2.27)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100092772
 弁理士 阪本 清孝
 (74) 代理人 100084870
 弁理士 田中 香樹
 (74) 代理人 100119688
 弁理士 田邊 壽二
 (72) 発明者 橋本 将之
 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社
 本田技術研究所内

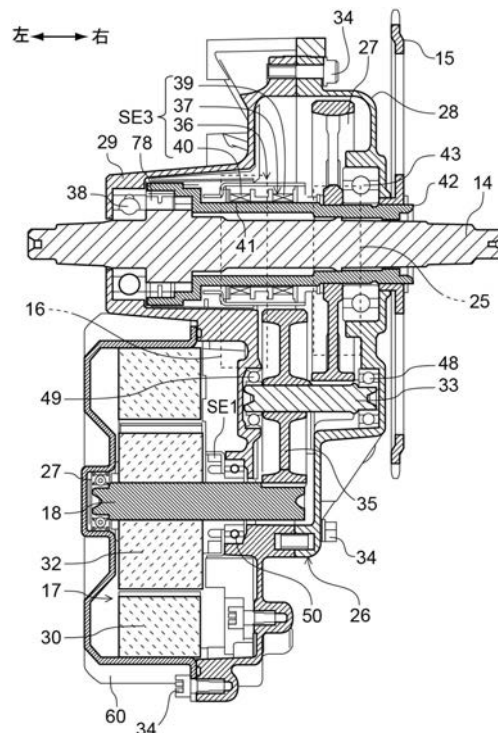
(54) 【発明の名称】 電動アシスト自転車

(57) 【要約】

【課題】 小さなペダル踏力が加わっている走行時にも回生発電が実行できるようにした電動アシスト自転車を提供する。

【解決手段】 ペダル13L、13Rに入力される踏力を検出するペダル踏力センサSE3と、該ペダル踏力センサSE3の出力に応じて駆動力の補助を行うモータ17とを有する電動アシスト自転車1において、モータ17を制御するモータ制御部16と電動アシスト自転車1の車体の加速度aに基づいて路面の下り勾配を推定する下り勾配推定手段80とを具備する。モータ制御部16は、下り勾配推定手段80によって路面が下り勾配であると推定されるとモータ17を発電機として機能させて回生発電を行う。下り勾配推定手段80は、加速度aが降坂回生開始閾値a1を超え、かつペダル踏力センサSE3によって検知されるペダル踏力Qがアシスト開始閾値Q1を下回っている場合に路面が下り勾配であると推定する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ペダル（13L，13R）に入力される踏力を検出するペダル踏力センサ（SE3）と、該ペダル踏力センサ（37）の出力に応じて駆動力の補助を行うモータ（17）とを有する電動アシスト自転車（1）において、

前記モータ（17）を制御するモータ制御部（16）と、

前記電動アシスト自転車（1）の車体の加速度（a）に基づいて路面の下り勾配を推定する下り勾配推定手段（80）とを具備し、

前記モータ制御部（16）は、前記下り勾配推定手段（80）によって路面が下り勾配であると推定されると前記モータ（17）を発電機として機能させて回生発電を行い、

前記下り勾配推定手段（80）は、前記加速度（a）が降坂回生開始閾値（a1）を超え、かつ前記ペダル踏力センサ（SE3）によって検知されるペダル踏力（Q）がアシスト開始閾値（Q1）を下回っている場合に、路面が下り勾配であると推定することを特徴とする電動アシスト自転車。

【請求項 2】

前記モータ（17）は、前記ペダル（13L，13R）への入力がない惰性走行時にも駆動輪（WR）から伝達される回転駆動力によって被動回転されるように構成されており、

前記車体の加速度（a）は、前記モータ（17）の回転速度を検知するモータ回転速度センサ（SE1）の出力に基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 に記載の電動アシスト自転車。

【請求項 3】

前記制御部（16）は、下り勾配の度合いにかかわらず前記車体の加速度（a）が一定に保たれるように前記回生発電の回生量を変化させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電動アシスト自転車。

【請求項 4】

前記下り勾配推定手段（80）によって、前記加速度（a）に応じた少なくとも 1 つの上限車速が設定されており、

前記モータ制御部（16）は、前記上限車速を超えないように回生発電の回生量を変化させることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の電動アシスト自転車。

【請求項 5】

前記車体の加速度（a）は、前輪（WF）または後輪（WR）の車軸に設けられた車速センサ（SE2）の出力に基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 に記載の電動アシスト自転車。

【請求項 6】

前記モータ制御部（16）は、前記電動アシスト自転車（1）のブレーキ操作を検知するためのブレーキスイッチ（SW）がオフで、かつ加速度（a）が前記降坂回生開始閾値（a1）を超えると、路面が下り勾配であると推定し、前記回生発電を降坂回生発電として実行することを特徴とする請求項 1 に記載の電動アシスト自転車。

【請求項 7】

前記モータ制御部（16）は、前記ブレーキスイッチ（SW）がオンで、かつ車速（V）がブレーキ回生開始閾値（V1）を超えると、前記降坂回生発電より発電量の大きなブレーキ回生発電を実行することを特徴とする請求項 6 に記載の電動アシスト自転車。

【請求項 8】

前記下り勾配推定手段（80）は、前記加速度（a）が前記降坂回生開始閾値（a1）より小さい閾値（a3）を超えた状態が所定時間（n）継続し、かつ前記ペダル踏力センサ（SE3）によって検知されるペダル踏力（Q）がアシスト開始閾値（Q1）を下回っている場合においても、路面が下り勾配であると推定することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の電動アシスト自転車。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動アシスト自転車に係り、特に、制動時や下り坂走行時にモータを発電機として機能させて回生発電を実行できるようにした電動アシスト自転車に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、人力によるペダル踏力を検知してモータによる駆動力補助を行う電動アシスト自転車において、制動時や下り坂走行時等にモータを発電機として作動させて回生発電を行い、この発生電力でバッテリーを充電することで1回の充電による走行距離を伸ばすようにした構成が知られている。

10

特許文献1には、回生発電の実行条件にペダル踏力がゼロであることを含むほか、ブレーキ操作量、ブレーキ操作量の変化量および車速に応じて回生量の大きさを変化させるようにした電動アシスト自転車が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3882993号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

ところで、特許文献1に記載された技術では、ペダル踏力がゼロであることを回生発電の実行条件に含むため、ペダル踏力が検知されている限り回生発電が実行されないこととなる。しかしながら、実際の走行においては、下り坂や平坦地であっても比較的小さなペダル踏力によってペダルを漕ぎながら走行することが多いため、回生発電に有効な走行状態にもかかわらず回生発電が実行されないことがあるという課題があった。

【0005】

本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決し、小さなペダル踏力が加わっている走行時にも回生発電が実行できるようにした電動アシスト自転車を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

前記目的を達成するために、本発明は、ペダル(13L, 13R)に入力される踏力を検出するペダル踏力センサ(SE3)と、該ペダル踏力センサ(37)の出力に応じて駆動力の補助を行うモータ(17)とを有する電動アシスト自転車(1)において、前記モータ(17)を制御するモータ制御部(16)と、前記電動アシスト自転車(1)の車体の加速度(a)に基づいて路面の下り勾配を推定する下り勾配推定手段(80)とを具備し、前記モータ制御部(16)は、前記下り勾配推定手段(80)によって路面が下り勾配であると推定されると前記モータ(17)を発電機として機能させて回生発電を行い、前記下り勾配推定手段(80)は、前記加速度(a)が降坂回生開始閾値(a1)を超え、かつ前記ペダル踏力センサ(SE3)によって検知されるペダル踏力(Q)がアシスト開始閾値(Q1)を下回っている場合に、路面が下り勾配であると推定する点に第1の特徴がある。

40

【0007】

また、前記モータ(17)は、前記ペダル(13L, 13R)への入力がない惰性走行時にも駆動輪(WR)から伝達される回転駆動力によって被動回転されるように構成されており、前記車体の加速度(a)は、前記モータ(17)の回転速度を検知するモータ回転速度センサ(SE1)の出力に基づいて算出される点に第2の特徴がある。

【0008】

また、前記制御部(16)は、下り勾配の度合いにかかわらず前記車体の加速度(a)が一定に保たれるように前記回生発電の回生量を変化させる点に第3の特徴がある。

【0009】

50

また、前記下り勾配推定手段(80)によって、前記加速度(a)に応じた少なくとも1つの上限車速が設定されており、前記モータ制御部(16)は、前記上限車速を超えないように回生発電の回生量を変化させる点に第4の特徴がある。

【0010】

また、前記車体の加速度(a)は、前輪(WF)または後輪(WR)の車軸に設けられた車速センサ(SE2)の出力に基づいて算出される点に第5の特徴がある。

【0011】

また、前記モータ制御部(16)は、前記電動アシスト自転車(1)のブレーキ操作を検知するためのブレーキスイッチ(SW)がオフで、かつ加速度(a)が前記降坂回生開始閾値(a1)を超えると、路面が下り勾配であると推定し、前記回生発電を降坂回生発電として実行する点に第6の特徴がある。

10

【0012】

また、前記モータ制御部(16)は、前記ブレーキスイッチ(SW)がオンで、かつ車速(V)がブレーキ回生開始閾値(V1)を超えると、前記降坂回生発電より発電量の大きなブレーキ回生発電を実行する点に第7の特徴がある。

【0013】

さらに、前記下り勾配推定手段(80)は、前記加速度(a)が前記降坂回生開始閾値(a1)より小さい閾値(a3)を超えた状態が所定時間(n)継続し、かつ前記ペダル踏力センサ(SE3)によって検知されるペダル踏力(Q)がアシスト開始閾値(Q1)を下回っている場合においても、路面が下り勾配であると推定する点に第8の特徴がある。

20

【発明の効果】

【0014】

第1の特徴によれば、モータを制御するモータ制御部と、電動アシスト自転車の車体の加速度に基づいて路面の下り勾配を推定する下り勾配推定手段とを具備し、モータ制御部は、下り勾配推定手段によって路面が下り勾配であると推定されるとモータを発電機として機能させて回生発電を行い、下り勾配推定手段は、加速度が降坂回生開始閾値を超え、かつペダル踏力センサによって検知されるペダル踏力がアシスト開始閾値を下回っている場合に、路面が下り勾配であると推定するので、下り坂や平坦地を惰性走行中にペダルを漕ぎながら走行することが多いという自転車運転の実情に沿って、ペダル踏力が比較的小さい場合には回生発電制御を実行することができ、エネルギー効率の向上を図ることができる。

30

【0015】

第2の特徴によれば、モータは、ペダルへの入力がない惰性走行時にも駆動輪から伝達される回転駆動力によって被動回転されるように構成されており、車体の加速度は、モータの回転速度を検知するモータ回転速度センサの出力に基づいて算出されるので、モータ回転速度センサに車速センサの機能を兼用させて、部品点数の低減および構成の簡略化を図ることができる。

【0016】

第3の特徴によれば、制御部は、下り勾配の度合いにかかわらず車体の加速度が一定に保たれるように前記回生発電の回生量を変化させるので、回生発電に伴うモータ回転抵抗を用いて、下り勾配の度合いにかかわらず降坂時の加速度を一定にすることができる。

40

【0017】

第4の特徴によれば、下り勾配推定手段によって、加速度に応じた少なくとも1つの上限車速が設定されており、モータ制御部は、上限車速を超えないように回生発電の回生量を変化させるので、回生発電に伴うモータ回転抵抗を用いて、下り勾配の度合いにかかわらず所定の車速を保って降坂走行を実行することができる。

【0018】

第5の特徴によれば、車体の加速度は、前輪または後輪の車軸に設けられた車速センサの出力に基づいて算出されるので、簡単な構成によって車体の加速度を検知することがで

50

きる。

【0019】

第6の特徴によれば、モータ制御部は、電動アシスト自転車のブレーキ操作を検知するためのブレーキスイッチがオフで、かつ加速度が降坂回生開始閾値を超えると、路面が下り勾配であると推定し、回生発電を降坂回生発電として実行するので、下り勾配等を惰性走行している状態を容易に検知して、適切な回生発電を実行することが可能となる。また、降坂回生発電の条件に、乗員が感覚的に把握しやすい加速度を用いることで、加速度やペダル踏力によって変化しやすい車速を回生発電開始のトリガとする場合に比して、乗員の感性に沿った回生発電の開始タイミングを得ることが容易となる。

【0020】

第7の特徴によれば、モータ制御部は、ブレーキスイッチがオンで、かつ車速がブレーキ回生開始閾値を超えると、降坂回生発電より発電量の大きなブレーキ回生発電を実行するので、乗員の減速意志に応じて、降坂回生発電より強い回生ブレーキ発電を実行することが可能となる。

【0021】

第8の特徴によれば、下り勾配推定手段は、加速度が降坂回生開始閾値より小さい閾値を超えた状態が所定時間継続し、かつペダル踏力センサによって検知されるペダル踏力がアシスト開始閾値を下回っている場合においても、路面が下り勾配であると推定するので、降坂回生開始閾値より小さい加速度が検出された場合でもあっても、これが継続出力された場合には降坂判定を実行することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一実施形態に係る電動アシスト自転車の左側面図である。

【図2】電動アシスト自転車の要部を示す左側面図である。

【図3】電動アシスト自転車の要部を示す右側面図である。

【図4】図3のA-A線断面図である。

【図5】アシスト/回生制御を実行するモータ制御部およびその周辺の構成を示すブロック図である。

【図6】アシスト/回生制御の全体構成を示す状態遷移図である。

【図7】アシスト/回生制御の手順を示すフローチャートである。

【図8】規定トルクフル出力制御の流れを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、図面を参照して本発明の好ましい実施の形態について詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る電動アシスト自転車1の左側面図である。図2は、図1の電動アシスト自転車1の要部を示す左側面図であり、図3は同右側面図であり、図4は図3のA-A線断面図である。

【0024】

電動アシスト自転車1は、車体前方に位置するヘッドパイプ3と、該ヘッドパイプ3から後方かつ下方に延びるダウンフレーム2と、ダウンフレーム2の後端から上方に立ち上がるシートパイプ6とを備える。ヘッドパイプ3には、下方に延びるフロントフォーク5が操舵可能に接続されており、このフロントフォーク5の下端に前輪WFが軸支されている。ヘッドパイプ3の上端にはハンドル4が設けられており、ハンドル4の両端には、前後輪のブレーキレバー44が左右一対で取り付けられている。ブレーキレバー44の支持部には、ブレーキ操作を検知するためのブレーキスイッチSWが設けられている。

【0025】

ダウンフレーム2の後端には、後方に延びるリヤフォーク11が配設されており、このリヤフォーク11の後端に後輪WRが軸支されている。また、シートパイプ6の上部とリヤフォーク11の後部との間に、左右一対のステー10が配設されている。

【0026】

10

20

30

40

50

ダウンフレーム 2 およびリヤフォーク 1 1 は、アシスト駆動ユニット 2 4 を支持している。シートパイプ 6 には、シート 7 の上下位置を調整可能とするシートポスト 8 が支持されている。シートパイプ 6 の後方には、アシスト駆動ユニット 2 4 に電力を供給するバッテリー 9 が、シートパイプ 6 のステー 2 0 に対して着脱可能に取り付けられている。

【 0 0 2 7 】

車幅方向に延びるクランク軸 1 4 は、アシスト駆動ユニット 2 4 およびスプロケット 1 5 を貫通して配設されている。クランク軸 1 4 の両側には、ペダル 1 3 L を有するクランク 1 2 L と、ペダル 1 3 R を有するクランク 1 2 R とが固定されており、運転者がペダル 1 3 L , 1 3 R を漕ぐことにより、クランク軸 1 4 に回転トルクが与えられる。クランク軸 1 4 は、筒状の中空部材 4 2 の内側にワンウェイクラッチ 7 8 (図 3 参照) を介して回

10

【 0 0 2 8 】

アシスト駆動ユニット 2 4 は、その筐体としてのケース 2 6 の内部に、ブラシレスモータ (以下、単にモータと示すこともある) 1 7 と、モータ 1 7 を駆動させる駆動ドライバ 2 5 と、後述するペダル踏力センサの出力値に基づいて駆動ドライバ 2 5 の P W M 制御を行うコントローラ 1 6 と、モータ 1 7 の駆動軸 1 8 と噛み合っ

20

【 0 0 2 9 】

モータ 1 7 の駆動軸 1 8 には、モータ 1 7 の回転速度を検知するモータ回転速度センサ S E 1 が設けられている。また、前輪 W F の車軸には車速センサ S E 2 が設けられており、クランク軸 1 4 には運転者によるペダル踏力を検知するペダル踏力センサ S E 3 が設けられている。モータ回転速度センサ S E 1 は、モータ 1 7 の駆動軸 1 8 の外周部に設けられた磁石およびホール I C からなる。また、ペダル踏力センサ S E 3 は、クランク軸 1 4 の外周部に配設された磁歪式のトルクセンサ 3 7 (図 4 参照) からなる。なお、車速セン

30

【 0 0 3 0 】

モータ制御部としてのコントローラ 1 6 は、トルクセンサ 3 7 によって検出された回転トルク値から運転者が鉛直方向にペダル 1 3 L 、 1 3 R を踏む力を算出し、この踏み力と電動アシスト自転車 1 の車速に応じたアシスト比とによって定められるアシストトルクが発生するように、モータ 1 7 の駆動ドライバ 2 5 を P W M 制御する。

【 0 0 3 1 】

駆動ドライバ 2 5 は、U 相、V 相および W 相からなる 3 相のスイッチング素子を有する。コントローラ 1 6 は、所定のデューティ比で U V W 相の各スイッチング素子をオン・オフ制御することで駆動ドライバ 2 5 を P W M 制御する。駆動ドライバ 2 5 は、この P W M 制御によりバッテリー 9 の直流電力を 3 相交流電力に変換して、モータ 1 7 の U 相、V 相および W 相の各ステータコイルに通電する。

40

【 0 0 3 2 】

モータ 1 7 が発生したアシストトルクは、駆動軸 1 8 および駆動ギヤ 4 8 を介して出力軸 3 3 に伝達される。出力軸 3 3 に伝達されたアシストトルクは、出力ギヤ 2 7 を介してクランク軸 1 4 の中空部材 4 2 に伝達される。これにより、運転者がクランク軸 1 4 に与えた回転トルクおよびモータ 1 7 が与えたアシストトルクの合力が、チェーン 2 2 を介して後輪側のスプロケット 2 3 に伝達されることとなる。

【 0 0 3 3 】

モータ 1 7 は、円周方向に交互に配置された例えば 8 個の N 極および S 極の永久磁石を

50

有するロータ32と、該ロータ32の外周部を覆うように径方向で対向配置され、ロータ32を回転させる回転磁界を発生する3相のステータ巻線を有する例えば12個のステータ30とを備える。駆動軸18はロータ32に固定され、これと一体に回転する。

【0034】

アシスト駆動ユニット24は、ワンウェイクラッチ78の作用によって、ペダル13L, 13Rを前進方向(正方向)に漕いだ場合にはスプロケット15を回転させ、ペダル13L, 13Rを逆方向に漕いだ場合にはスプロケット15を回転させない機構を有する。

【0035】

ワンウェイクラッチ78は、クランク軸14と、クランク軸14の外周に挿嵌される中空部材42との間に設けられている。クランク軸14の図示右端側は、ベアリング38によってケース26の右側ケース半体29に軸支されている。中空部材42の図示左端側は、ベアリング43によってケース26の左側ケース半体28に軸支されている。中空部材42の左端側の外周部には、スプロケット15を固定するためのスプラインが形成されている。

10

【0036】

正方向にペダル13L, 13Rが漕がれると、クランク軸14が回転すると共に、ワンウェイクラッチ78が係合して中空部材42が回転する。一方、正方向と反対方向にペダル13L, 13Rが漕がれると、クランク軸14は回転するが、ワンウェイクラッチ78が空転して中空部材42は回転しない。また、後輪WRの回転によってスプロケット15が従動回転される場合は、モータ17は従動回転するものの、この従動回転による動力はペダル13L, 13Rに伝わらないこととなる。

20

【0037】

トルクセンサ37は、中空部材42の外周部分に支持部材36によって支持されており、中空部材42には磁性膜41が設けられている。支持部材36は、トルクセンサ37が磁性膜41に対向し、かつ中空部材42と相対回転可能となるようにトルクセンサ37を支持する。トルクセンサ37は、中空部材42が回転することで発生する磁歪によって生じる各検出コイル39, 40のインダクタンスの変化を電圧に変換してコントローラ16に出力する。トルクセンサ37は、所定の周期で回転トルク値を検出する。

【0038】

モータ17の回転速度を検出するモータ回転速度センサSE1は、モータ17の駆動軸18に固定された磁石と、この磁石の通過状態を検出するホールICとから構成されている。モータ17を保護するカバー60は、モータ17の外周に沿って配設される複数のボルト34によってケース26に取り付けられている。モータ17の駆動軸18は、ロータ32の左右の位置で、モータカバー60に固定されるベアリング27および右側ケース半体29に固定されるベアリング50によって回転自在に軸支されている。

30

【0039】

モータ17は、クランク軸14の車体前方かつ下方でトルクセンサ37と区画された空間に収納配置されている。駆動ドライバ25およびコントローラ16は、トルクセンサ37の車体下方でケース26の壁面に固定されている。

【0040】

モータ17の駆動軸18と出力軸33との間は、常時動力が伝達されるように構成されており、後輪WRが従動回転する際にはモータ17も従動回転することとなる。これにより、制動時、下り坂および平坦な路面を惰性走行する際等に、モータ17を発電機として作動させて回生発電を実行することが可能となる。

40

【0041】

図5は、アシスト/回生制御を実行するモータ制御部およびその周辺の構成を示すブロック図である。モータ制御部(コントローラ)16には、モータ回転数センサSE1(ホールICおよび磁石)、車速センサSE2、ペダル踏力センサSE3(トルクセンサ37)からのセンサ情報およびブレーキスイッチSWからの情報がそれぞれ入力される。モータ制御部16は、これらの情報に基づいて、モータ17を発動機として駆動してアシスト

50

トルクを与える一方、モータ17を発電機として駆動して回生発電し、この発電によりバッテリー9を充電する制御を実行できるように構成されている。

【0042】

モータ制御部16には、下り勾配推定手段80、状態判定手段81およびタイマ82が含まれている。下り坂勾配推定手段80は、各センサ情報に基づいて、電動アシスト自転車1が走行中の路面が下り勾配か否か、または、下り勾配である場合にはその勾配度合いを推定する機能を有する。また、状態判定手段81は、各センサ情報およびブレーキ情報に基づいて、モータ17の制御状態を判定する機能を有する。タイマ82は、各種時間を計測するものであり、例えば、モータ回転速度センサSE1を構成するホールICから出力されるパルス信号情報に基づいてモータ17の回転速度を算出するための時間情報を得

10

【0043】

図6は、アシスト/回生制御の全体構成を示す状態遷移図である。モータ17の制御状態は、大きく分けてアシスト領域Aと回生領域Bとから構成されている。アシスト領域Aには、アシスト状態A1が含まれる。アシスト状態A1は、ペダル踏力に応じた駆動カアシストを行う制御状態である。

【0044】

また、回生領域Bには、スタンバイ状態B1、ブレーキ回生状態B2および降坂回生状態B3が含まれている。スタンバイ状態B1は、駆動カアシストおよび回生発電のいずれも実行されない状態に相当する。また、ブレーキ回生状態B2は、ブレーキスイッチSW

20

(以下、ブレーキSWと示すこともある)がオンされたことをトリガとして実行される回生発電制御状態に相当する。そして、降坂回生状態B3は、ブレーキ操作を伴わない下り坂や惰性走行の際に実行される回生発電制御状態に相当する。

【0045】

まず、電動アシスト自転車1の電源をオンにしたとき、モータ17の制御状態はスタンバイ状態B1にある。このスタンバイ状態B1において、ブレーキSWがオフで、かつペダル踏力センサSE3によって検知されたセンサトルク値Qが予め定められたアシスト開始閾値Q1以上となると、制御状態がアシスト状態A1に切り替わって駆動カアシスト制御が開始される。なお、アシスト状態A1への移行は、スタンバイ状態B1のみならず、ブレーキ回生状態B2および降坂回生状態B3を含んだ全体、すなわち、回生領域Bにある状態において同じ条件で実行される。そして、アシスト状態A1において、ブレーキSWがオンにされるか、または、センサトルク値Tがアシスト開始閾値Q1を下回ると、制御状態はスタンバイ状態B1に移行し、駆動カアシスト制御が終了する。

30

【0046】

次に、スタンバイ状態B1において、ブレーキSWがオンで、かつ車速Vがブレーキ回生開始閾値V1を超えると、制御状態がブレーキ回生状態B2に切り替わって回生発電制御が開始される。スタンバイ状態B1からブレーキ回生状態B2への移行条件にブレーキSWのオンを含めることで、乗員の減速意志に応じて、降坂回生発電より強い回生ブレーキ発電を実行することが可能となる。そして、ブレーキ回生状態B2において、ブレーキSWがオフにされるか、または、車速Vがブレーキ回生終了閾値V2以下になると、制御状態はスタンバイ状態B1に戻り、回生発電制御が終了する。なお、閾値V1およびV2は、 $V1 > V2$ の関係に設定されている。

40

【0047】

また、スタンバイ状態B1において、ブレーキSWがオフで、かつ加速度aが降坂回生開始閾値a1を超えると、制御状態が降坂回生状態B3に切り替わって回生発電制御が開始される。換言すれば、モータ制御部16は、電動アシスト自転車1の電源をオンにされていれば、ペダル踏力センサSE3によって検知されたセンサトルク値Qがアシスト開始閾値Q1を下回った状態で、かつブレーキSWがオフで、さらに加速度aが降坂回生開始閾値a1を超えると路面が下り勾配であると推定し、これに応じて回生発電を実行することとなる。この降坂回生発電は、ブレーキ回生発電に比して発電量および回生ブレーキ量

50

が小さい回生発電として設定される。

【0048】

さらに、本実施形態では、スタンバイ状態 B 1 から降坂回生状態 B 3 へ切り替わる条件に、「ブレーキ SW がオフで、かつ加速度 a が降坂回生開始閾値 a_1 より小さな閾値 a_3 を超えた状態で所定時間 n が経過したこと」を加えることができる。これにより、B 1 から B 3 へ切り替わる条件は、「ブレーキ SW がオフで、かつ加速度 a が降坂回生開始閾値 a_1 を超えること」、または、「ブレーキ SW がオフで、かつ加速度 a が降坂回生開始閾値 a_1 より小さな閾値 a_3 を超えた状態で所定時間 n が経過したこと」となる。

【0049】

この閾値 a_3 とタイマ 8 2 (図 5 参照) で計測される経過時間 n (例えば、5 秒) とを用いる判定は、降坂判定の正確性を高めるために設定される。具体的には、降坂回生開始閾値 a_1 より小さい加速度が検出された場合でもあっても条件付きで降坂判定を行うことを可能にすると共に、平地等を走行中に乗員がペダルをこぐのをやめるたびに降坂判定が行われてしまうことを防止することが可能となる。

10

【0050】

平地等を走行中に乗員がペダルをこぐのをやめるたびに降坂判定が行われることは、本実施形態に係るアシスト駆動ユニット 2 4 の構造に起因する。前記したように、アシスト駆動ユニット 2 4 は、ワンウェイクラッチ 7 8 の作用によって、ペダル 1 3 L, 1 3 R を前進方向 (正方向) に漕いだ場合にはスプロケット 1 5 を回転させ、ペダル 1 3 L, 1 3 R を逆方向に漕いだ場合にはスプロケット 1 5 を回転させないように構成されている。また、後輪 WR の回転によってスプロケット 1 5 が従動回転される場合は、モータ 1 7 は従動回転するものの、この従動回転による動力はペダル 1 3 L, 1 3 R に伝えないことで回生発電を可能としている。一方、電動アシスト自転車 1 の車速は、モータ 1 7 の回転数に基づいて算出するように設定されている。

20

【0051】

以上の構成を有するアシスト駆動ユニット 2 4 において、平地等を走行中に乗員がペダルをこぐのをやめると、モータアシストがオンからオフに瞬時に切り替わる一方、モータ軸と駆動系との間にはラッシュが存在するため、モータ軸の停止後、駆動系の回転によってこのラッシュが詰まってモータ軸の連れ回しが始まるまでに若干のタイムラグが生じることとなる。すなわち、モータ軸が停止状態から連れ回し状態に移行する際にモータ軸に加速度が生じるため、降坂判定の条件をペダル踏力の有無および加速度の増加判定のみとした場合には、この加速度によって降坂判定がされる可能性がある。

30

【0052】

そこで、本実施形態では、B 1 から B 3 へ切り替わる条件に、「ブレーキ SW がオフで、かつ加速度 a が閾値 a_3 を超えた状態で所定時間 n が経過したこと」を加えることで、ペダルをこぐのをやめるために降坂判定が行われてしまうことを防止しているのである。ここで、降坂回生開始閾値 $a_1 > 閾値 a_3$ に設定されており、また、閾値 a_3 は、平地等を走行中に乗員がペダルをこぐのをやめた際に検知される可能性のある加速度より小さい値に設定されている。これにより、駆動系のラッシュに起因する瞬発的な加速度による降坂判定が回避できると共に、加速度より小さい閾値 a_3 であってもこれが継続出力された場合には降坂判定を実行することが可能となる。

40

【0053】

以上より、本実施形態に係るアシスト駆動ユニットは、下り勾配等を惰性走行している状態を容易に検知して、適切な回生発電を実行することが可能となる。さらに、降坂回生発電の条件として、乗員が感覚的に把握しやすい加速度を用いるため、加速度やペダル踏力によって変化しやすい車速を回生発電開始の条件とする場合に比して、乗員の感性に沿った回生発電の開始タイミングを得ることが容易となる。

【0054】

そして、降坂回生状態 B 3 において、ブレーキ SW がオフで、かつ加速度 a が降坂回生終了閾値 a_2 以下になると、制御状態はスタンバイ状態 B 1 に戻り、回生発電制御が終了

50

する。なお、閾値 a_1 および a_2 は、 $a_1 > a_2$ の関係に設定されている。

【0055】

上記した設定によれば、下り坂や平坦地での惰性走行時に乗員がペダルを漕いでいた場合であっても、ペダル踏力がアシスト開始閾値 Q_1 より小さければ、加速度 a に基づいて下り勾配判定を行って、回生発電制御を実行することが可能となる。すなわち、図4に示した下り勾配推定手段80は、加速度 a が降坂回生開始閾値 a_1 を超えることで路面が下り勾配であると推定し、このとき、乗員がペダルを漕ぐことでセンサトルク値 Q が出力されていても、このセンサトルク値 T がアシスト開始閾値 Q_1 より小さければ、下り勾配であると判定して回生発電制御を実行することとなる。

【0056】

図7は、アシスト/回生制御の手順を示すフローチャートである。ステップS1では、状態判定手段81(図5参照)によって制御状態の状態判定処理が実行される。ステップS2では、スタンバイ状態B1であるか否かが判定され、肯定判定されるとステップS3に進んで、スタンバイトルク演算が実行される。スタンバイトルクは、例えば、ゼロまたは略ゼロに設定することができる。

【0057】

ステップS2で否定判定される、すなわち、スタンバイ状態B1ではない場合には、ステップS7に進んで、アシスト状態A1であるか否かが判定され、肯定判定されるとステップS8に進んで、アシストトルクの演算が実行される。アシストトルクの演算は、予め設定されたデータテーブルを用いて行うことができる。アシストトルクは、例えば、ペダル踏力の増大に応じて大きくなるように設定されている。

【0058】

また、ステップS7で否定判定されると、ステップS9に進んで、ブレーキ回生状態B2であるか否かが判定され、肯定判定されるとステップS10に進んで、ブレーキ回生トルクの演算が実行される。ブレーキ回生トルクの演算は、予め設定されたデータテーブルを用いて行うことができる。ブレーキ回生トルクは、例えば、車速が大きいほど大きく、また、ブレーキ操作量が大きいほど大きくなるように設定することができる。

【0059】

また、ステップS9で否定判定されると、ステップS11に進んで、降坂回生状態B3であるか否かが判定され、肯定判定されるとステップS12に進んで、降坂回生トルクの演算が実行される。降坂回生トルクの演算は、予め設定されたデータテーブルを用いて行うことができる。降坂回生トルクは、例えば、加速度が大きいほど、また、車速が大きいほど大きくなるように設定することができる。また、降坂回生トルクは、降坂時の加速度が一定となるように決定したり、また、加速度に応じて設定される上限車速が維持されるように設定することができる。これらの制御は、モータ回転速度センサSE1や車速センサSE2の出力に基づいたフィードバック制御によって実行可能となる。さらに、ペダル踏力のアシスト開始閾値 Q_1 を、加速度または車速に応じて増減させるようにしたデータテーブルを備えてもよい。なお、ステップS11で否定判定されると、状態判定処理が未確定としてステップS4に進む。

【0060】

フローチャートに戻って、ステップS4では、再びアシスト状態A1であるか否かが判定され、肯定判定されると、ステップS5において、アシストトルクに上限値制限等を付加するフィルタ・リミッタ処理が実行されて、一連の制御を終了する。一方、ステップS4で否定判定されると、回生トルクの上限値制限等を付加するフィルタ・リミッタ処理が実行されて、一連の制御を終了する。なお、アシストトルクおよび回生トルクの上限値規制は、例えば、各国の法規制等に合わせて設定することができる。

【0061】

図8は、規定トルクフル出力制御の流れを示すグラフである。電動アシスト自転車1の駆動力アシストの手法として、規定トルクフル出力制御を適用することができる。これは、アシスト駆動ユニットの出力に制限がかけられることで、本来出力したいアシストトル

10

20

30

40

50

クのすべてが出力できない場合に、出力制限に係る部分をその前後に割り振ることで、自然な出力特性で運転者の負担低減を拡大できるようにした制御手法である。

【0062】

このグラフでは、運転者がペダルを漕ぐことで発生するクランクトルク Q_c を実線で示し、このクランクトルク Q_c に応じて出力されるアシストトルク Q_a を太い実線で示している。クランクトルク Q_c は、時刻 t_1 、 t_3 、 t_6 に訪れる頂点が徐々に大きくなるように発生しており、アシストトルク Q_a もこれに応じて増大している。

【0063】

しかしながら、このグラフの例では、アシストトルク Q_a に出力制限 Q_s が設けられているため、これを超えるアシストトルク Q_a を出力できず、時刻 $t_2 \sim t_4$ までの期間 T_1 の間の出力が制限される。規定トルクフル出力制御とは、この出力制限期間中に本来出力されるべきだった仕事量 W_1 を、時刻 $t_4 \sim t_5$ の補助駆動力追加期間 T_2 に、クランクトルク Q_c に割り振って上乗せすることでアシストトルクを補うものである。

10

【0064】

この制御方法によれば、カットされた上限部分の仕事量(W_1 、 W_2)を、クランクトルク Q_c に沿って時間軸方向に上乗せトルク H_1 、 H_2 を上乗せすることができるので、本来出力したかったアシストトルクを有効活用することができる。

【0065】

なお、駆動力アシストを開始するペダル踏力のアシスト開始閾値 Q_1 の設定、ブレーキ回生開始閾値 V_1 、ブレーキ回生終了閾値 V_2 、降坂回生開始閾値 a_1 および降坂回生終了閾値 a_2 の設定等は、上記実施形態に限られず、種々の変更が可能である。本発明に係る電動アシスト自転車における制御手法は、三輪自転車等の種々の車両に適用される駆動力アシスト装置に適用することが可能である。

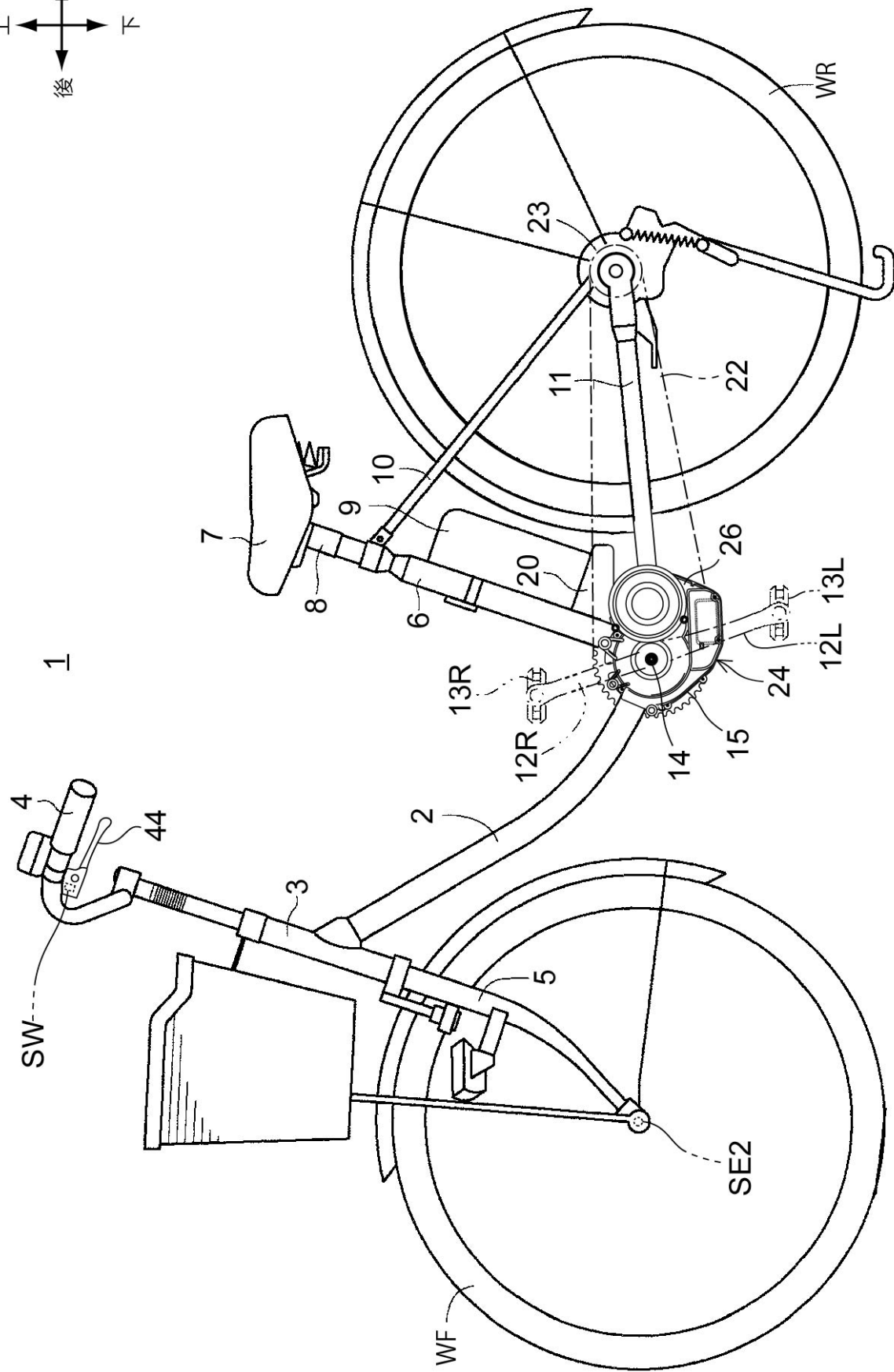
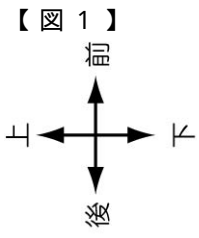
20

【符号の説明】

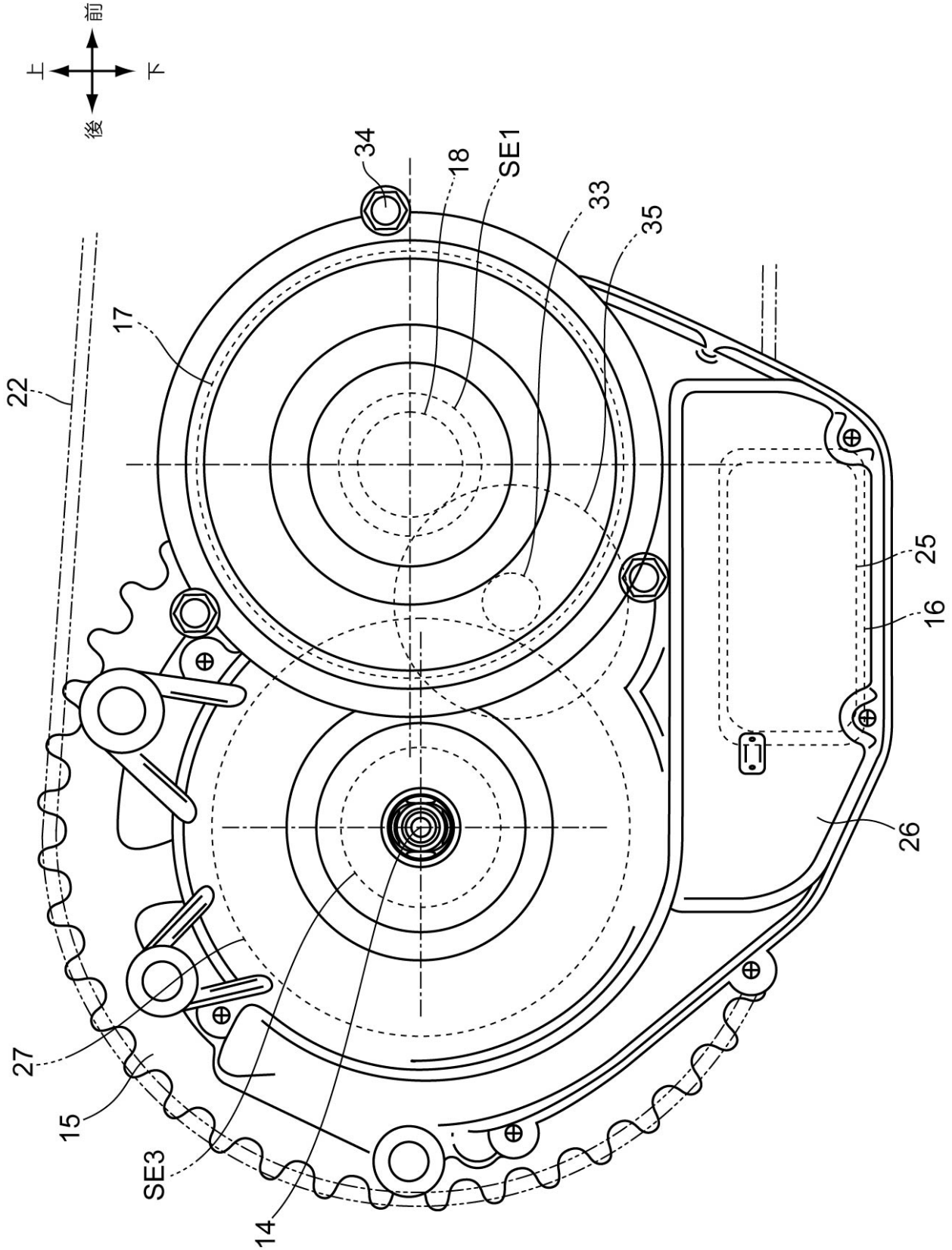
【0066】

1 ... 電動アシスト自転車、9 ... バッテリ、13L、13R ... ペダル、14 ... クランク軸、16 ... コントローラ(モータ制御部)、17 ... モータ、24 ... アシスト駆動ユニット、26 ... ケース、80 ... 下り勾配推定手段、81 ... 状態判定手段、82 ... タイマ、SE1 ... モータ回転速度センサ(ホールICおよび磁石)、SE2 ... 車速センサ、SE3 ... ペダル踏力センサ(トルクセンサ37)、SW ... ブレーキスイッチ、WF ... 前輪、WR ... 後輪、A ... アシスト領域、A1 ... アシスト状態、B ... 回生領域、B1 ... スタンバイ状態、B2 ... ブレーキ回生状態、B3 ... 降坂回生状態、 a_1 ... 降坂回生開始閾値、 a_3 ... 閾値、 Q_1 ... アシスト開始閾値

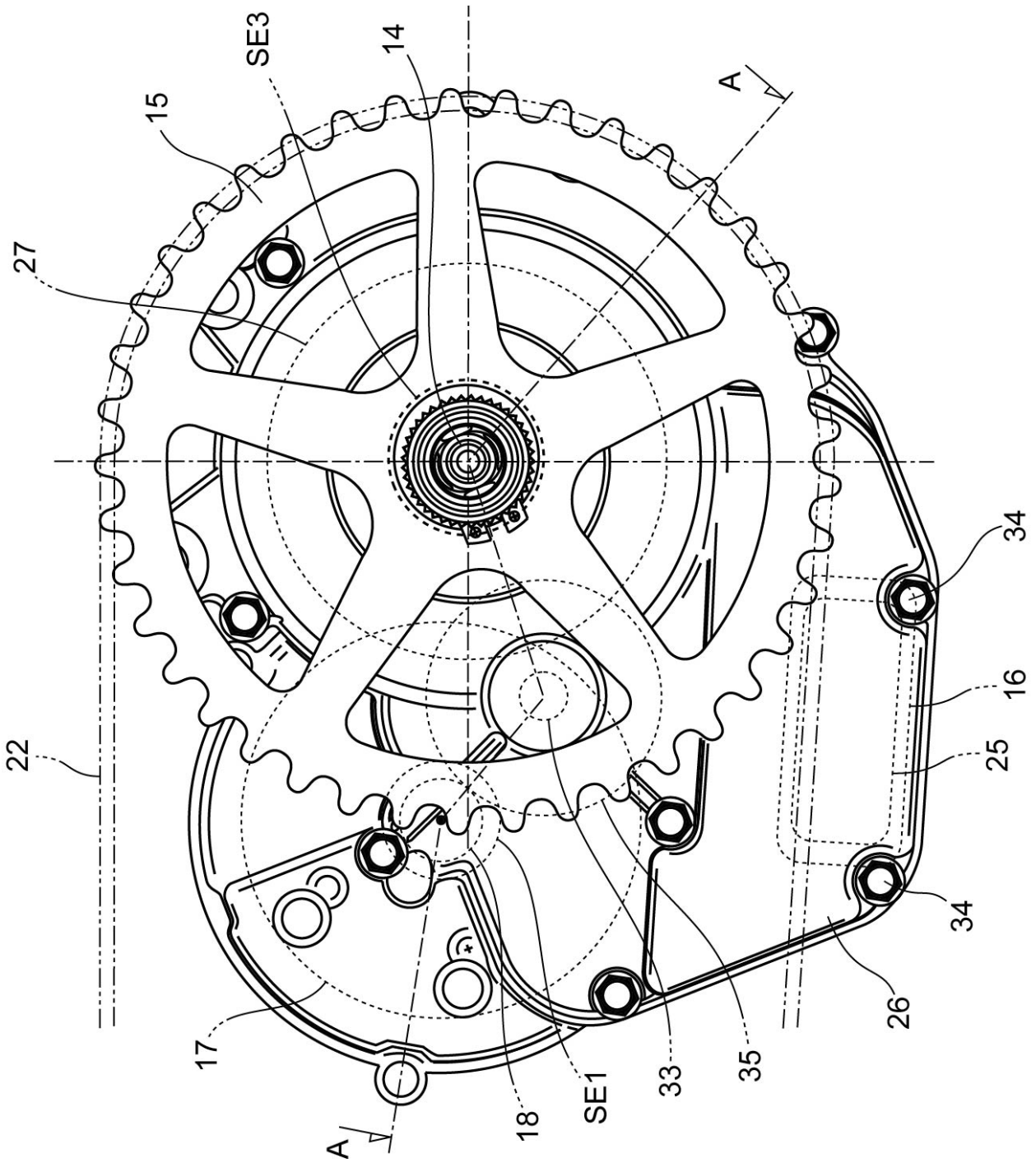
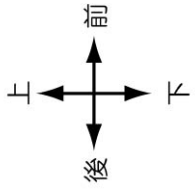
30



【図2】

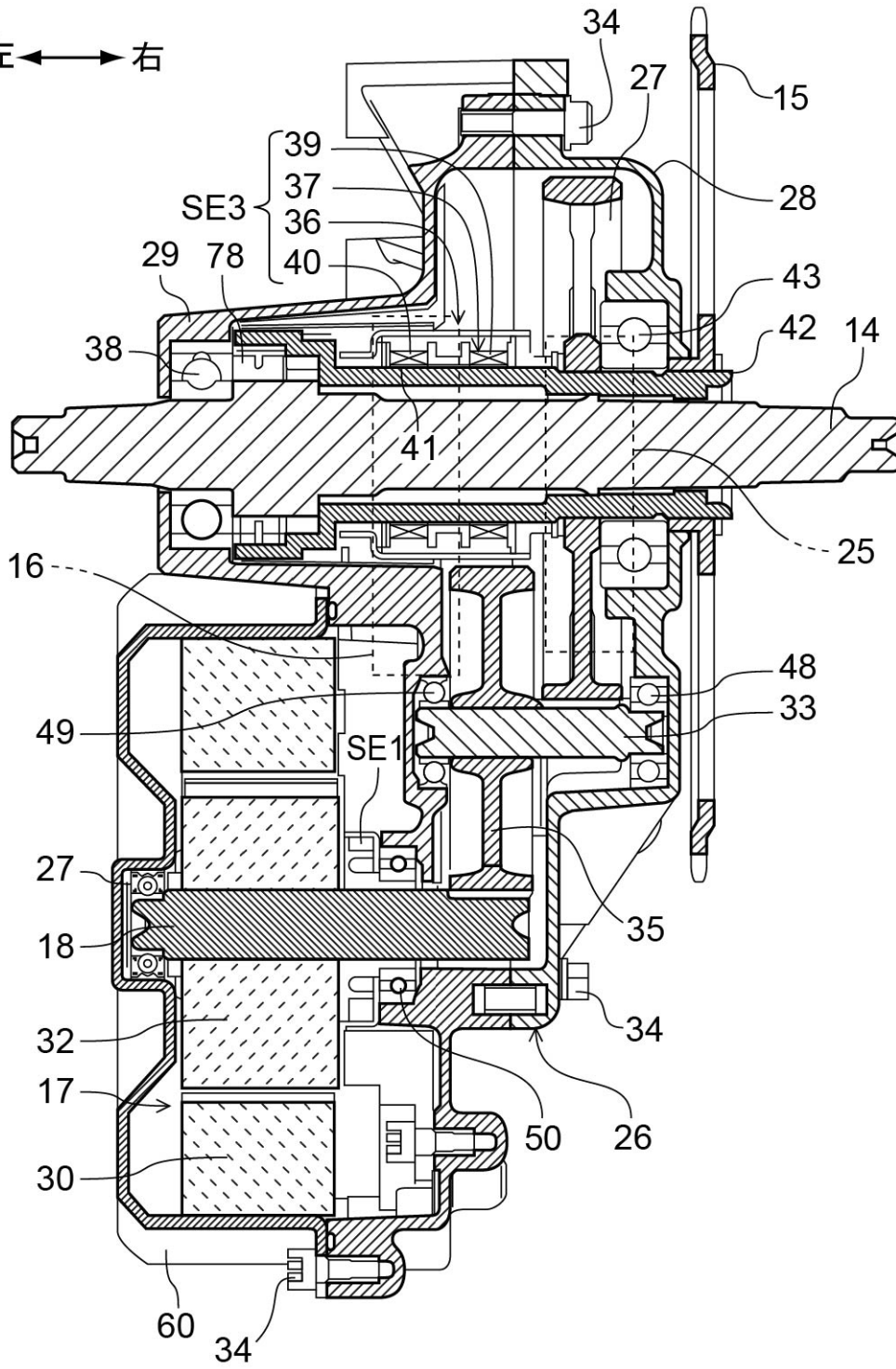


【 図 3 】

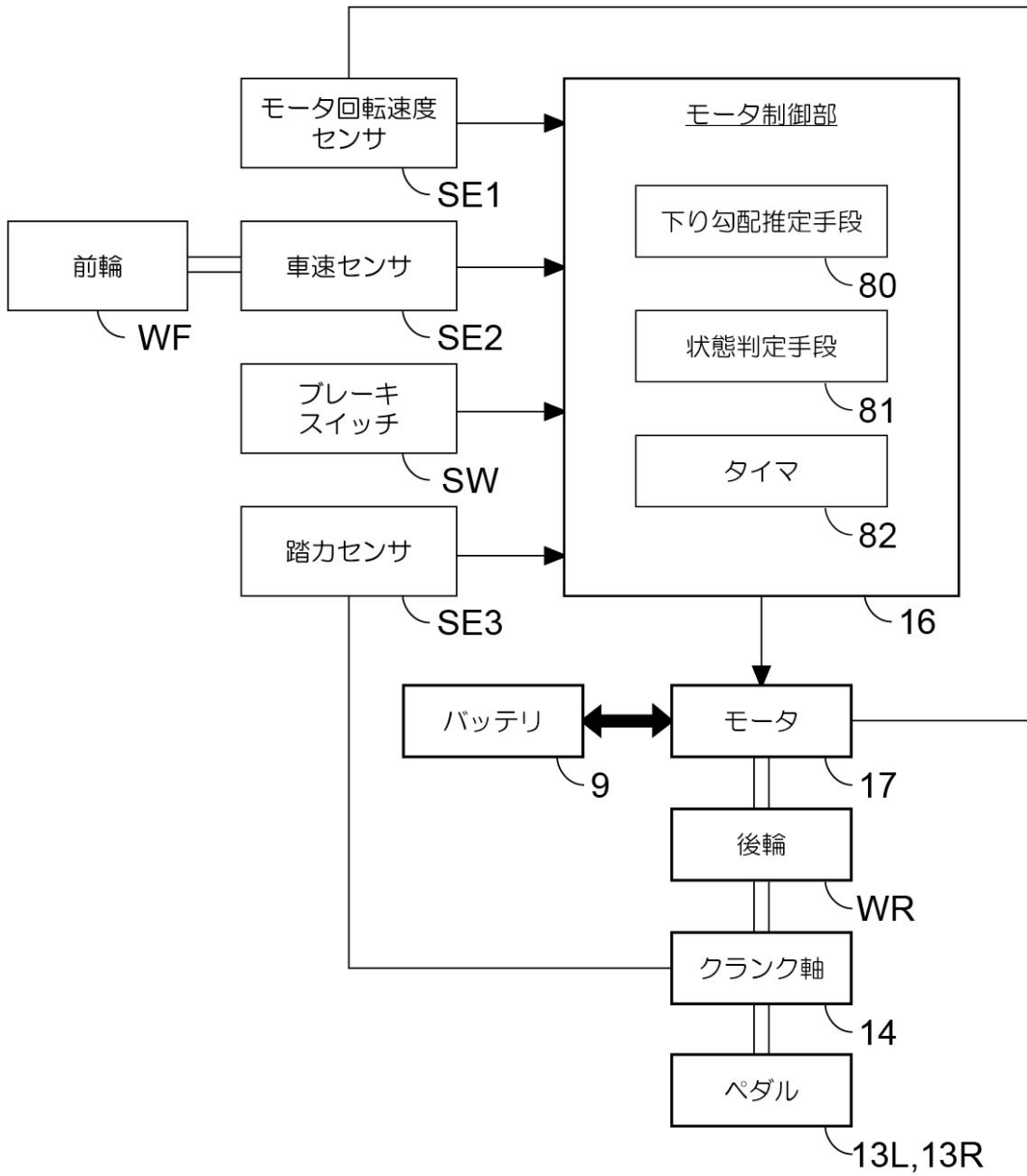


【図4】

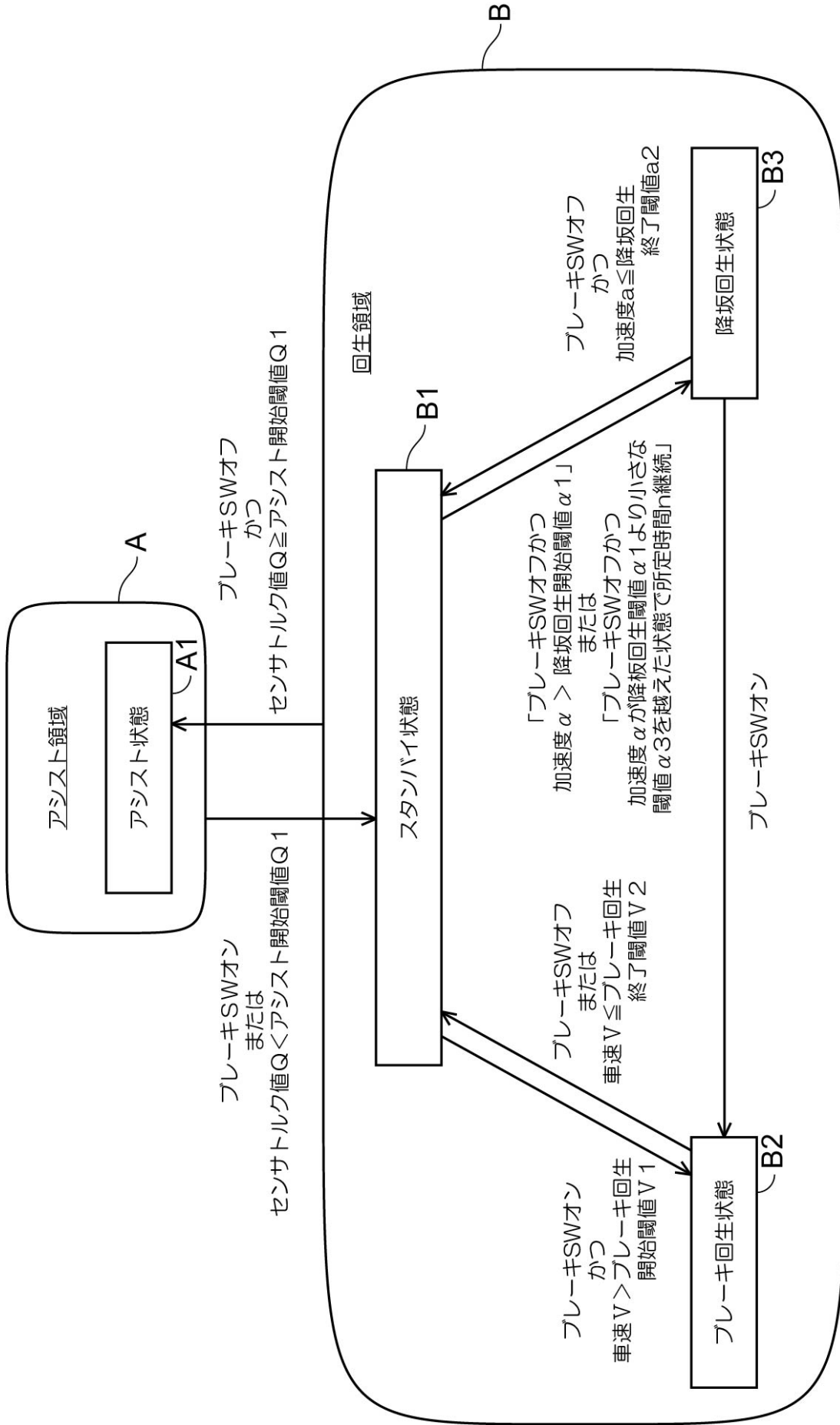
左 ← → 右



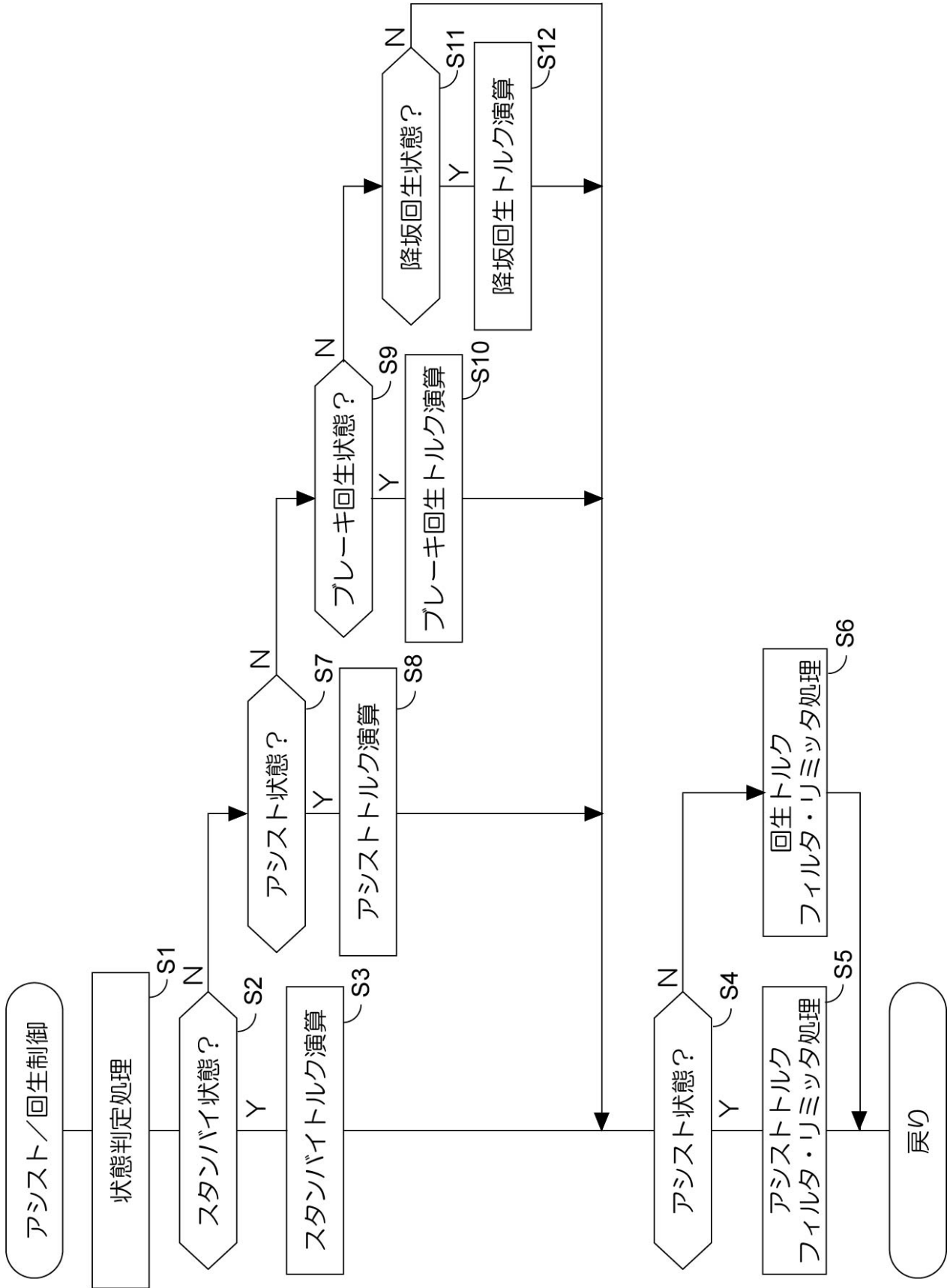
【図5】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

