

(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2009-83759

(P2009-83759A)

(43) 公開日 平成21年4月23日(2009.4.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 2 K 17/00 (2006.01)	B 6 2 K 17/00	3 D 0 1 2
B 6 2 K 3/00 (2006.01)	B 6 2 K 3/00	
B 6 2 J 99/00 (2009.01)	B 6 2 J 39/00 J	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2007-258443 (P2007-258443)	(71) 出願人	591261509 株式会社エクス・リサーチ 東京都千代田区外神田2丁目19番12号
(22) 出願日	平成19年10月2日(2007.10.2)	(74) 代理人	100116207 弁理士 青木 俊明
		(74) 代理人	100089635 弁理士 清水 守
		(74) 代理人	100096426 弁理士 川合 誠
		(72) 発明者	土井 克則 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクス・リサーチ内
		Fターム(参考)	3D012 BB00

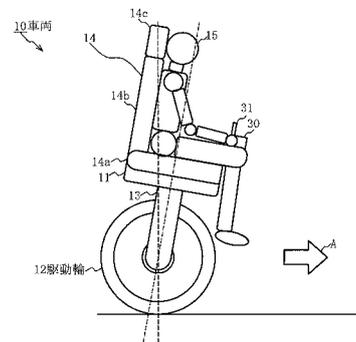
(54) 【発明の名称】 車両

(57) 【要約】

【課題】 障害物との接触を識別すると路面勾(こう)配の推定値を修正することによって、障害物との接触に起因する誤差分を推定値から除去し、誤った登坂トルクが付与されることを防止して、障害物に接触したときにも安定した走行状態及び安定した姿勢制御を実現することができるようにする。

【解決手段】 回転可能に車体に取り付けられた駆動輪12と、該駆動輪12に付与する駆動トルクを制御して前記車体の姿勢を制御する車両制御装置とを有し、該車両制御装置は、定期的に路面勾配を推定する勾配推定手段と、障害物と接触したか否かを識別する接触識別手段と、該接触識別手段が障害物との接触を認識すると、前記勾配推定手段が推定した路面勾配前記障害物との接触前に推定した路面勾配に修正する推定値修正手段とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転可能に車体に取り付けられた駆動輪と、
該駆動輪に付与する駆動トルクを制御して前記車体の姿勢を制御する車両制御装置とを有し、

該車両制御装置は、

路面勾配を推定する勾配推定手段と、

障害物と接触したか否かを識別する接触識別手段と、

該接触識別手段が障害物との接触を認識すると、前記勾配推定手段が推定した路面勾配前記障害物との接触前に推定した路面勾配に修正する推定値修正手段とを備える

ことを特徴とする車両。

10

【請求項 2】

前記車両制御装置は、前記勾配推定手段が推定した路面勾配を記憶する勾配記憶手段を備え、

前記推定値修正手段は、前記接触識別手段が障害物との接触を認識すると、前記勾配推定手段が推定した路面勾配を、前記障害物との接触前に前記勾配記憶手段が記憶した路面勾配に修正する請求項 1 に記載の車両。

【請求項 3】

前記勾配記憶手段は、直近の過去の所定時間内に前記勾配推定手段が推定した路面勾配を常に記憶する請求項 2 に記載の車両。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、倒立振り子の姿勢制御を利用した車両に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、倒立振り子の姿勢制御を利用した車両に関する技術が提案されている。例えば、同軸上に配置された 2 つの駆動輪を有し、運転者の重心移動による車体の姿勢変化を感知して駆動する車両、球体状の単一の駆動輪により車体の姿勢を制御しながら移動する車両等の技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

30

【0003】

この場合、センサで車体のバランスや動作の状態を検出し、回転体の動作を制御して車両を停止又は移動させるようになっている。

【特許文献 1】特開 2004 - 129435 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、前記従来 of 車両においては、走行中に障害物に接触したときに、安定した走行状態を維持したり、安定した姿勢を維持したりすることができなかった。車両が障害物に接触すると、路面勾（こう）配を推定する手段であるオブザーバが、それを坂道であると誤認識してしまい、障害物を押すような駆動トルクが付加されることがある。この場合、障害物又は車体を損傷させる可能性がある。

40

【0005】

本発明は、前記従来 of 車両の問題点を解決して、障害物との接触を認識すると、障害物との接触に起因する誤差分を路面勾配の推定値から除去することによって、路面勾配の推定値を修正し、誤った登坂トルクが付与されることを防止して、障害物に接触したときにも安定した走行状態及び安定した姿勢制御を実現することができ、安全性の高い車両を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

50

そのために、本発明の車両においては、回転可能に車体に取り付けられた駆動輪と、該駆動輪に付与する駆動トルクを制御して前記車体の姿勢を制御する車両制御装置とを有し、該車両制御装置は、定期的に路面勾配を推定する勾配推定手段と、障害物と接触したか否かを識別する接触識別手段と、該接触識別手段が障害物との接触を認識すると、前記勾配推定手段が推定した路面勾配から前記障害物との接触に起因する誤差分を除去して、前記路面勾配を修正する推定値修正手段とを備える。

【0007】

本発明の他の車両においては、さらに、前記推定値修正手段は、前記接触識別手段が障害物との接触を認識すると、前記勾配推定手段が推定した路面勾配を、前記障害物との接触前に前記勾配推定手段が推定した路面勾配に修正する。

10

【0008】

本発明の更に他の車両においては、さらに、前記車両制御装置は、前記勾配推定手段が推定した路面勾配を記憶する勾配記憶手段を備え、前記推定値修正手段は、前記接触識別手段が障害物との接触を認識すると、前記勾配推定手段が推定した路面勾配を、前記障害物との接触前に前記勾配記憶手段が記憶した路面勾配に修正する。

【0009】

本発明の更に他の車両においては、さらに、前記勾配記憶手段は、直近の過去の所定時間内に前記勾配推定手段が推定した路面勾配を常に記憶する。

【発明の効果】

【0010】

請求項1の構成によれば、障害物との接触に起因する誤差分を推定値から除去するので、誤った登坂トルクが付与されることを防止することができ、障害物や車両を損傷させることがない。

20

【0011】

請求項2の構成によれば、本来の路面勾配が推定されるので、坂道の上で障害物と接触しても、登坂トルクがなくなることがないので、登坂での走行を続けることができる。

【0012】

請求項3の構成によれば、障害物と接触する前の路面勾配の推定値を用いるので、適切に、確実に、かつ簡単に路面勾配を修正することができ、車両の安全性を高めることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】

図1は本発明の第1の実施の形態における車両の構成を示す概略図であり乗員が搭乗した状態で加速前進している状態を示す図、図2は本発明の第1の実施の形態における車両の制御システムの構成を示すブロック図である。

【0015】

図において、10は、本実施の形態における車両であり、車体の本体部11、駆動輪12、支持部13及び乗員15が搭乗する搭乗部14を有し、倒立振り子の姿勢制御を利用して車体の姿勢を制御する。そして、前記車両10は、車体を前後に傾斜させることができるようになっている。図1に示される例においては、車両10は矢印Aで示される方向に加速中であり、車体が進行方向前方に向かって傾斜した状態が示されている。

40

【0016】

前記駆動輪12は、車体の一部である支持部13によって回転可能に支持され、駆動アクチュエータとしての駆動モータ52によって駆動される。なお、駆動輪12の軸は図1の図面に垂直な方向に延在し、駆動輪12はその軸を中心に回転する。また、前記駆動輪12は、単数であっても複数であってもよいが、複数である場合、同軸上に並列に配設される。本実施の形態においては、駆動輪12が2つであるものとして説明する。この場合、各駆動輪12は個別の駆動モータ52によって独立して駆動される。なお、駆動アクチ

50

ューエータとしては、例えば、油圧モータ、内燃機関等を使用することもできるが、ここでは、電気モータである駆動モータ52を使用するものとして説明する。

【0017】

また、車体の一部である本体部11は、支持部13によって下方から支持され、駆動輪12の上方に位置する。そして、本体部11には、能動重量部として機能する搭乗部14が、車両10の前後方向に本体部11に対して相対的に並進可能となるように、換言すると、車体回転円の接線方向に相対的に移動可能となるように、取り付けられている。

【0018】

ここで、能動重量部は、ある程度の質量を備え、本体部11に対して並進する、すなわち、前後に移動させることによって、車両10の重心位置を能動的に補正するものである。そして、能動重量部は、必ずしも搭乗部14である必要はなく、例えば、バッテリー等の重量のある周辺機器を並進可能に本体部11に対して取り付けられた装置であってもよいし、ウェイト、錘(おもり)、バランス等の専用の重量部材を並進可能に本体部11に対して取り付けられた装置であってもよい。また、搭乗部14、重量のある周辺機器、専用の重量部材等を併用するものであってもよい。

【0019】

本実施の形態においては、説明の都合上、乗員15が搭乗した状態の搭乗部14が能動重量部として機能する例について説明するが、搭乗部14には必ずしも乗員15が搭乗している必要はなく、例えば、車両10がリモートコントロールによって操縦される場合には、搭乗部14に乗員15が搭乗していなくてもよいし、乗員15に代えて、貨物が積載

【0020】

前記搭乗部14は、乗用車、バス等の自動車に使用されるシートと同様のものであり、座面部14a、背もたれ部14b及びヘッドレスト14cを備え、図示されない移動機構を介して本体部11に取り付けられている。

【0021】

前記移動機構は、リニアガイド装置等の低抵抗の直線移動機構、及び、能動重量部アクチュエータとしての能動重量部モータ62を備え、該能動重量部モータ62によって搭乗部14を駆動し、本体部11に対して進行方向に前後させるようになっている。なお、能動重量部アクチュエータとしては、例えば、油圧モータ、リニアモータ等を使用することもできるが、ここでは、回転式の電気モータである能動重量部モータ62を使用するものとして説明する。

【0022】

リニアガイド装置は、例えば、本体部11に取り付けられている案内レールと、搭乗部14に取り付けられ、案内レールに沿ってスライドするキャリッジと、案内レールとキャリッジとの間に介在するボール、コロ等の転動体を備える。そして、案内レールには、その左右側面部に2本の軌道溝が長手方向に沿って直線状に形成されている。また、キャリッジの断面はコ字状に形成され、その対向する2つの側面部内側には、2本の軌道溝が、案内レールの軌道溝と各々対向するように形成されている。転動体は、軌道溝の間に組み込まれており、案内レールとキャリッジとの相対的直線運動に伴って軌道溝内を転動するようになっている。なお、キャリッジには、軌道溝の両端をつなぐ戻し通路が形成されており、転動体は軌道溝及び戻し通路を循環するようになっている。

【0023】

また、リニアガイド装置は、該リニアガイド装置の動きを締結するブレーキ又はクラッチを備える。車両10が停車しているときのように搭乗部14の動作が不要であるときには、ブレーキによって案内レールにキャリッジを固定することで、本体部11と搭乗部14との相対的位置関係を保持する。そして、動作が必要であるときには、このブレーキを解除し、本体部11側の基準位置と搭乗部14側の基準位置との距離が所定値となるように制御される。

【0024】

10

20

30

40

50

前記搭乗部 14 の脇（わき）には、目標走行状態取得装置としてのジョイスティック 31 を備える入力装置 30 が配設されている。乗員 15 は、操縦装置であるジョイスティック 31 を操作することによって、車両 10 を操縦する、すなわち、車両 10 の加速、減速、旋回、その場回転、停止、制動等の走行指令を入力するようになっている。なお、乗員 15 が操作して走行指令を入力することができる装置であれば、ジョイスティック 31 に代えて他の装置、例えば、ジョグダイヤル、タッチパネル、押しボタン等の装置を目標走行状態取得装置として使用することもできる。

【0025】

なお、車両 10 がリモートコントロールによって操縦される場合には、前記ジョイスティック 31 に代えて、コントローラからの走行指令を有線又は無線で受信する受信装置を目標走行状態取得装置として使用することができる。また、車両 10 があらかじめ決められた走行指令データに従って自動走行する場合には、前記ジョイスティック 31 に代えて、半導体メモリ、ハードディスク等の記憶媒体に記憶された走行指令データを読み取るデータ読取り装置を目標走行状態取得装置として使用することができる。

10

【0026】

また、車両 10 は、車両制御装置としての制御 ECU (Electronic Control Unit) 20 を有し、該制御 ECU 20 は、主制御 ECU 21、駆動輪制御 ECU 22 及び能動重量部制御 ECU 23 を備える。前記制御 ECU 20 並びに主制御 ECU 21、駆動輪制御 ECU 22 及び能動重量部制御 ECU 23 は、CPU、MPU 等の演算手段、磁気ディスク、半導体メモリ等の記憶手段、入出力インターフェイス等を備え、車両 10 の各部の動作を制御するコンピュータシステムであり、例えば、本体部 11 に配設されるが、支持部 13 や搭乗部 14 に配設されていてもよい。また、前記主制御 ECU 21、駆動輪制御 ECU 22 及び能動重量部制御 ECU 23 は、それぞれ、別個に構成されていてもよいし、一体に構成されていてもよい。

20

【0027】

そして、主制御 ECU 21 は、駆動輪制御 ECU 22、駆動輪センサ 51 及び駆動モータ 52 とともに、駆動輪 12 の動作を制御する駆動輪制御システム 50 の一部として機能する。前記駆動輪センサ 51 は、レゾルバ、エンコーダ等から成り、駆動輪回転状態計測装置として機能し、駆動輪 12 の回転状態を示す駆動輪回転角及び / 又は回転角速度を検出し、主制御 ECU 21 に送信する。また、該主制御 ECU 21 は、駆動トルク指令値を駆動輪制御 ECU 22 に送信し、該駆動輪制御 ECU 22 は、受信した駆動トルク指令値に相当する入力電圧を駆動モータ 52 に供給する。そして、該駆動モータ 52 は、入力電圧に従って駆動輪 12 に駆動トルクを付与し、これにより、駆動アクチュエータとして機能する。

30

【0028】

また、主制御 ECU 21 は、能動重量部制御 ECU 23、能動重量部センサ 61 及び能動重量部モータ 62 とともに、能動重量部である搭乗部 14 の動作を制御する能動重量部制御システム 60 の一部として機能する。前記能動重量部センサ 61 は、エンコーダ等から成り、能動重量部移動状態計測装置として機能し、搭乗部 14 の移動状態を示す能動重量部位置及び / 又は移動速度を検出し、主制御 ECU 21 に送信する。また、該主制御 ECU 21 は、能動重量部推力指令値を能動重量部制御 ECU 23 に送信し、該能動重量部制御 ECU 23 は、受信した能動重量部推力指令値に相当する入力電圧を能動重量部モータ 62 に供給する。そして、該能動重量部モータ 62 は、入力電圧に従って搭乗部 14 を並進移動させる推力を搭乗部 14 に付与し、これにより、能動重量部アクチュエータとして機能する。

40

【0029】

さらに、主制御 ECU 21 は、駆動輪制御 ECU 22、能動重量部制御 ECU 23、車体傾斜センサ 41、駆動モータ 52 及び能動重量部モータ 62 とともに、車体の姿勢を制御する車体制御システム 40 の一部として機能する。前記車体傾斜センサ 41 は、加速度センサ、ジャイロセンサ等から成り、車体傾斜状態計測装置として機能し、車体の傾斜状

50

態を示す車体傾斜角及び／又は傾斜角速度を検出し、主制御 ECU 2 1 に送信する。そして、該主制御 ECU 2 1 は、駆動トルク指令値を駆動輪制御 ECU 2 2 に送信し、能動重量部推力指令値を能動重量部制御 ECU 2 3 に送信する。

【 0 0 3 0 】

なお、主制御 ECU 2 1 には、入力装置 3 0 のジョイスティック 3 1 から走行指令が入力される。そして、該主制御 ECU 2 1 は、駆動トルク指令値を駆動輪制御 ECU 2 2 に送信し、能動重量部推力指令値を能動重量部制御 ECU 2 3 に送信する。

【 0 0 3 1 】

また、前記制御 ECU 2 0 は、車両 1 0 の走行状態及び車体姿勢の時間変化に基づいて路面勾配を推定する勾配推定手段として機能する。また、目標走行状態及び路面勾配に応じて目標とする車体姿勢、すなわち、車体傾斜状態及び／又は能動重量部移動状態を決定する目標車体姿勢決定手段として機能する。さらに、各センサによって取得した車両 1 0 の走行状態及び車体姿勢、並びに、目標走行状態、目標車体姿勢及び路面勾配に応じて各アクチュエータの出力を決定するアクチュエータ出力決定手段として機能する。さらに、車両 1 0 の前後方向の路面勾配を取得する路面勾配取得手段として機能する。さらに、路面勾配に応じて付加する駆動トルクを決定する登坂トルク決定手段として機能する。さらに、登坂トルクに応じて、車体の重心補正量を決定する重心補正量決定手段として機能する。

10

【 0 0 3 2 】

なお、各センサは、複数の状態量を取得するものであってもよい。例えば、車体傾斜センサ 4 1 として加速度センサとジャイロセンサとを併用し、両者の計測値から車体傾斜角と傾斜角速度とを決定するようにしてもよい。

20

【 0 0 3 3 】

次に、前記構成の車両 1 0 の動作について説明する。まず、走行及び姿勢制御処理の概要について説明する。

【 0 0 3 4 】

図 3 は本発明の第 1 の実施の形態における坂道上での車両の動作を示す概略図、図 4 は本発明の第 1 の実施の形態における車両の走行及び姿勢制御処理の動作を示すフローチャートである。なお、図 3 (a) は比較のための従来技術による動作例を示し、図 3 (b) は本実施の形態による動作を示している。

30

【 0 0 3 5 】

本実施の形態においては、搭乗部 1 4 が能動重量部として機能し、図 3 (b) に示されるように、並進させる、すなわち、前後に移動させることによって、車両 1 0 の重心位置を能動的に補正するようになっている。これにより、坂道で車両 1 0 を停止させるために、すなわち、該車両 1 0 が下り方向に移動しないように駆動輪 1 2 に駆動トルクを付与し、その反作用である反トルクが車体に作用しても、車体の下り方向に傾いてしまうことがない。また、坂道を走行する場合にも、車体の下り方向に傾いてしまうことがなく、安定して走行することができる。

【 0 0 3 6 】

これに対し、仮に、「背景技術」の項で説明した従来車両のように、路面勾配に応じた重心位置補正を行わない場合、図 3 (a) に示されるように、坂道で車両 1 0 を停止させるべく駆動輪 1 2 に付与した駆動トルクの反作用、すなわち、反トルクが車体に作用するので、車体の下り方向に傾いてしまう。そして、坂道を走行する場合にも、安定した車体姿勢及び走行の制御を行うことができない。

40

【 0 0 3 7 】

そこで、本実施の形態においては、走行及び姿勢制御処理を実行することによって、路面勾配に関わらず、車両 1 0 は安定して停止及び走行することができるようになっている。

【 0 0 3 8 】

走行及び姿勢制御処理において、制御 ECU 2 0 は、まず、状態量の取得処理を実行し

50

(ステップS1)、各センサ、すなわち、駆動輪センサ51、車体傾斜センサ41及び能動重量部センサ61によって、駆動輪12の回転状態、車体の傾斜状態及び搭乗部14の移動状態を取得する。

【0039】

次に、制御ECU20は、路面勾配の取得処理を実行し(ステップS2)、状態量の取得処理で取得した状態量、すなわち、駆動輪12の回転状態、車体の傾斜状態及び搭乗部14の移動状態と、各アクチュエータの出力値、すなわち、駆動モータ52及び能動重量部モータ62の出力値とに基づき、オブザーバによって路面勾配を推定する。ここで、前記オブザーバは、力学的なモデルに基づいて、制御系の内部状態を観測する方法であり、ワイヤードロジック又はソフトロジックで構成される。

10

【0040】

次に、制御ECU20は、目標走行状態の決定処理を実行し(ステップS3)、ジョイスティック31の操作量に基づいて、車両10の加速度の目標値、及び、駆動輪12の回転角速度の目標値を決定する。

【0041】

次に、制御ECU20は、目標車体姿勢の決定処理を実行し(ステップS4)、路面勾配の取得処理によって取得された路面勾配と、目標走行状態の決定処理によって決定された車両10の加速度の目標値とに基づいて、車体姿勢の目標値、すなわち、車体傾斜角及び能動重量部位置の目標値を決定する。

【0042】

20

最後に、制御ECU20は、アクチュエータ出力の決定処理を実行し(ステップS5)、状態量の取得処理によって取得された各状態量、路面勾配の取得処理によって取得された路面勾配、目標走行状態の決定処理によって決定された目標走行状態、及び、目標車体姿勢の決定処理によって決定された目標車体姿勢に基づいて、各アクチュエータの出力、すなわち、駆動モータ52及び能動重量部モータ62の出力を決定する。

【0043】

次に、走行及び姿勢制御処理の詳細について説明する。まず、状態量の取得処理について説明する。

【0044】

図5は本発明の第1の実施の形態における車両の力学モデル及びそのパラメータを示す図、図6は本発明の第1の実施の形態における状態量の取得処理の動作を示すフローチャートである。

30

【0045】

本実施の形態においては、状態量やパラメータを次のような記号によって表す。なお、図5には状態量やパラメータの一部が示されている。

- w : 駆動輪回転角 [rad]
- θ_1 : 車体傾斜角(鉛直軸基準) [rad]
- s : 能動重量部位置(車体中心点基準) [m]
- w : 駆動トルク(2つの駆動輪の合計) [Nm]
- S_s : 能動重量部推力 [N]
- g : 重力加速度 [m/s^2]
- α : 路面勾配 [rad]
- m_w : 駆動輪質量(2つの駆動輪の合計) [kg]
- R_w : 駆動輪接地半径 [m]
- I_w : 駆動輪慣性モーメント(2つの駆動輪の合計) [kgm^2]
- D_w : 駆動輪回転に対する粘性減衰係数 [Nms/rad]
- m_1 : 車体質量(能動重量部を含む) [kg]
- l_1 : 車体重心距離(車軸から) [m]
- I_1 : 車体慣性モーメント(重心周り) [kgm^2]
- D_1 : 車体傾斜に対する粘性減衰係数 [Nms/rad]

40

50

m_s : 能動重量部質量 [k g]

l_s : 能動重量部重心距離 (車軸から) [m]

I_s : 能動重量部慣性モーメント (重心周り) [k g m²]

D_s : 能動重量部並進に対する粘性減衰係数 [N m s / r a d]

状態量の取得処理において、主制御 ECU 21 は、まず、センサから各状態量を取得する (ステップ S 1 - 1) 。この場合、駆動輪センサ 5 1 から駆動輪回転角 θ_w 及び / 又は回転角速度 $\dot{\theta}_w$ を取得し、車体傾斜センサ 4 1 から車体傾斜角 θ_1 及び / 又は傾斜角速度 $\dot{\theta}_1$ を取得し、能動重量部センサ 6 1 から能動重量部位置 λ_s 及び / 又は移動速度 $\dot{\lambda}_s$ を取得する。

続いて、主制御 ECU 21 は、残りの状態量を算出する (ステップ S 1 - 2) 。この場合、取得した状態量を時間微分又は時間積分することにより、残りの状態量を算出する。例えば、取得した状態量が駆動輪回転角 θ_w 、車体傾斜角 θ_1 及び能動重量部位置 λ_s である場合には、これらを時間微分することにより、回転角速度 $\dot{\theta}_w$ 、傾斜角速度 $\dot{\theta}_1$ 及び移動速度 $\dot{\lambda}_s$ を得ることができる。また、例えば、取得した状態量が回転角速度 $\dot{\theta}_w$ 、傾斜角速度 $\dot{\theta}_1$ 及び移動速度 $\dot{\lambda}_s$ である場合には、これらを時間積分することにより、駆動輪回転角 θ_w 、車体傾斜角 θ_1 及び能動重量部位置 λ_s を得ることができる。

【 0 0 4 6 】

次に、路面勾配の取得処理について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 7 は本発明の第 1 の実施の形態における路面勾配の取得処理の動作を示すフローチャートである。

【 0 0 4 8 】

路面勾配の取得処理において、主制御 ECU 21 は、路面勾配 を推定する (ステップ S 2 - 1) 。この場合、状態量の取得処理で取得した各状態量と、前回 (一つ前の時間ステップ) の走行及び姿勢制御処理におけるアクチュエータ出力の決定処理で決定した各アクチュエータの出力とに基づき、次の式 (1) により、路面勾配 を推定する。

【 0 0 4 9 】

【数 1】

$$\eta = \frac{I}{Mg} \left\{ \frac{\tau_w}{R_w} - \left(\tilde{M} R_w \ddot{\theta}_w + m_1 \ell_1 \ddot{\theta}_1 + m_s \ddot{\lambda}_s \right) \right\} \quad \dots \text{式 (1)}$$

ここで、 $M = m_1 + m_w$ 、 $\tilde{M} = M + \frac{I_w}{R_w^2}$ である。

また、加速度 $\ddot{\theta}_w$ 、 $\ddot{\theta}_1$ 及び $\ddot{\lambda}_s$ は、回転角速度 $\dot{\theta}_w$ 、傾斜角速度 $\dot{\theta}_1$ 及び移動速度 $\dot{\lambda}_s$ の時間微分によって求められる。

10

なお、前記式(1)において、左辺に右辺の分母を乗じたもの、すなわち、 $Mg\eta$ は外力を表している。

また、 $\frac{\tau_w}{R_w}$ は駆動力を表し、 $\left(\tilde{M} R_w \ddot{\theta}_w + m_1 \ell_1 \ddot{\theta}_1 + m_s \ddot{\lambda}_s \right)$ は慣性力を表している。

20

さらに、 $\tilde{M} R_w \ddot{\theta}_w$ は駆動輪並進慣性力を表し、 $m_1 \ell_1 \ddot{\theta}_1$ は車体傾斜慣性力を表し、

$m_s \ddot{\lambda}_s$ は能動重量部移動慣性力を表している。

【0050】

このように、本実施の形態においては、駆動モータ52が出力する駆動トルクと、状態量としての駆動輪回転角加速度、車体傾斜角加速度及び能動重量部移動加速度とに基づいて路面勾配を推定する。この場合、駆動輪12の回転状態を示す駆動輪回転角加速度だけでなく、車体の姿勢変化を示す車体傾斜角加速度及び能動重量部移動加速度をも考慮している。すなわち、倒立振り子の姿勢制御を利用した、いわゆる倒立型車両に特有の要素である車体の姿勢変化を考慮している。

30

【0051】

従来においては、駆動トルクと駆動輪回転角加速度とに基づいて路面勾配を推定するため、特に車体の姿勢が変化しているとき、路面勾配の推定値に大きな誤差が生じることがあった。しかし、本実施の形態においては、車体の姿勢変化を示す車体傾斜角加速度及び能動重量部移動加速度をも考慮して路面勾配を推定するので、大きな誤差が生じることがなく、極めて高い精度で路面勾配を推定することができる。

【0052】

一般的に、倒立型車両では、駆動輪と相対的に車体の重心が前後に移動するので、駆動輪が停止していても、車両の重心が前後に移動することがある。したがって、重心の加速度と駆動力、あるいは、駆動トルクとから路面勾配を高い精度で推定するためには、このような影響を考慮する必要がある。一般的な倒立型車両においては、車両全体に対する車体の重量比率が高いので、特に車両停止時には、このような影響が大きくなる。

40

【0053】

なお、路面勾配の値にローパスフィルタをかけることによって、推定値の高周波成分を除去することもできる。この場合、推定に時間遅れが生じるが、高周波成分に起因する振動を抑制することができる。

【0054】

本実施の形態においては、駆動力、慣性力及び路面勾配による重力成分を考慮しているが、駆動輪12の転がり抵抗や回転軸の摩擦による粘性抵抗、あるいは、車両10に作用

50

する空気抵抗などを副次的な影響として考慮してもよい。

【 0 0 5 5 】

また、本実施の形態においては、駆動輪 1 2 の回転運動に関する線形モデルを使用しているが、より正確な非線形モデルを使用してもよいし、車体傾斜運動や能動重量部並進運動についてのモデルを使用してもよい。なお、非線形モデルについては、マップの形式で関数を適用することもできる。

【 0 0 5 6 】

さらに、計算の簡略化のために、車体姿勢の変化を考慮しなくてもよい。

【 0 0 5 7 】

次に、目標走行状態の決定処理について説明する。

10

【 0 0 5 8 】

図 8 は本発明の第 1 の実施の形態における目標走行状態の決定処理の動作を示すフローチャートである。

【 0 0 5 9 】

目標走行状態の決定処理において、主制御 ECU 2 1 は、まず、操縦操作量を取得する（ステップ S 3 - 1）。この場合、乗員 1 5 が、車両 1 0 の加速、減速、旋回、その場回転、停止、制動等の走行指令を入力するために操作したジョイスティック 3 1 の操作量を取得する。

【 0 0 6 0 】

続いて、主制御 ECU 2 1 は、取得したジョイスティック 3 1 の操作量に基づいて、車両加速度の目標値を決定する（ステップ S 3 - 2）。例えば、ジョイスティック 3 1 の前後方向への操作量に比例した値を車両加速度の目標値とする。

20

【 0 0 6 1 】

続いて、主制御 ECU 2 1 は、決定した車両加速度の目標値から、駆動輪回転角速度の目標値を算出する（ステップ S 3 - 3）。例えば、車両加速度の目標値を時間積分し、駆動輪接地半径 R_w で除した値を駆動輪回転角速度の目標値とする。

【 0 0 6 2 】

次に、目標車体姿勢の決定処理について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 9 は本発明の第 1 の実施の形態における能動重量部位置の目標値及び車体傾斜角の目標値の変化を示すグラフ、図 1 0 は本発明の第 1 の実施の形態における目標車体姿勢の決定処理の動作を示すフローチャートである。

30

【 0 0 6 4 】

目標車体姿勢の決定処理において、主制御 ECU 2 1 は、まず、能動重量部位置の目標値及び車体傾斜角の目標値を決定する（ステップ S 4 - 1）。この場合、目標走行状態の決定処理によって決定された車両加速度の目標値と、路面勾配の取得処理によって取得された路面勾配 とに基づき、次の式（ 2 ）及び（ 3 ）により、能動重量部位置の目標値及び車体傾斜角の目標値を決定する。

【 0 0 6 5 】

【数 2】

車両加速度の目標値を α^* [G] とすると、能動重量部位置の目標値 $\lambda_{s,\alpha}^*$ は次の式 (2) で表される。

$$\lambda_{s,\alpha}^* = \begin{cases} -\lambda_{s,Max} & \left(\lambda_{s,\alpha}^* + \lambda_{s,\eta} \leq -\lambda_{s,Max} \right) \\ \lambda_{s,\alpha}^* + \lambda_{s,\eta} & \left(-\lambda_{s,Max} < \lambda_{s,\alpha}^* + \lambda_{s,\eta} < \lambda_{s,Max} \right) \\ \lambda_{s,Max} & \left(\lambda_{s,\alpha}^* + \lambda_{s,\eta} \geq \lambda_{s,Max} \right) \end{cases} \quad \dots \text{式 (2)}$$

10

ここで、 $\lambda_{s,\alpha}^* = \frac{m_I \ell_I + \widetilde{MR}_W}{m_S} \alpha^*$ 、 $\lambda_{s,\eta} = \frac{MR_W}{m_S} \eta$ である。

また、 $\lambda_{s,Max}$ は、能動重量部移動限界であり、能動重量部である搭乗部 14 を移動させる移動機構の構造等により、あらかじめ設定されている。

さらに、 $\lambda_{s,\alpha}^*$ は、車両加速度に伴う慣性力と駆動モータ反トルクとに対して車体のバランスをとるために必要な能動重量部移動量、すなわち、車両 10 の加減速による影響を打ち消す移動量である。

20

一方、 $\lambda_{s,\eta}$ は、路面勾配 η に応じた登坂トルクの反トルクに対して車体のバランスをとるのに必要な能動重量部移動量、すなわち、路面勾配 η による影響を打ち消す移動量である。

30

【 0 0 6 6 】

【数 3】

車体傾斜角の目標値 θ_{i}^{*} は、次の式 (3) で表される。

$$\theta_{i}^{*} = \begin{cases} \theta_{i,\alpha}^{*} + \theta_{i,\eta} + \theta_{S,Max} & (\lambda_{S,\alpha}^{*} + \lambda_{S,\eta} \leq -\lambda_{S,Max}) \\ 0 & (-\lambda_{S,Max} < \lambda_{S,\alpha}^{*} + \lambda_{S,\eta} < \lambda_{S,Max}) \\ \theta_{i,\alpha}^{*} + \theta_{i,\eta} - \theta_{S,Max} & (\lambda_{S,\alpha}^{*} + \lambda_{S,\eta} \geq \lambda_{S,Max}) \end{cases} \quad \dots \text{式 (3)}$$

$$\text{ここで、 } \theta_{i,\alpha}^{*} = \frac{m_1 \ell_1 + MR_W}{m_1 \ell_1} \alpha^{*}, \quad \theta_{i,\eta} = \frac{MR_W}{m_1 \ell_1} \eta, \quad \theta_{S,Max} = \frac{m_S \lambda_{S,Max}}{m_1 \ell_1} \text{ で}$$

ある。

$\theta_{S,Max}$ は、能動重量部である搭乗部 14 を能動重量部移動限界 $\lambda_{S,Max}$ まで移動させた効果を車体傾斜角に換算した値であり、搭乗部 14 が動いた分を減算する部分である。

また、 $\theta_{i,\alpha}^{*}$ は、車両加速度に伴う慣性力と駆動モータ反トルクとに対して車体のバランスをとるために必要な車体傾斜角、すなわち、車両 10 の加減速による影響を打ち消す傾斜角である。

一方、 $\theta_{i,\eta}$ は、路面勾配 η に応じた登板トルクの反トルクに対して車体のバランスをとるのに必要な車体傾斜角、すなわち、路面勾配 η による影響を打ち消す傾斜角である。

【0067】

続いて、主制御 ECU 21 は、残りの目標値を算出する (ステップ S4-2)。すなわち、各目標値を時間微分又は時間積分することにより、駆動輪回転角、車体傾斜角速度及び能動重量部移動速度の目標値を算出する。

【0068】

このように、本実施の形態においては、車両加速度に伴って車体に作用する慣性力及び駆動モータ反トルクだけでなく、路面勾配 η に応じた登板トルクに伴って車体に作用する反トルクも考慮して、車体姿勢の目標値、すなわち、能動重量部位置の目標値及び車体傾斜角の目標値を決定する。

【0069】

このとき、車体に作用して車体を傾斜させようとするトルク、すなわち、車体傾斜トルクを重力の作用によって打ち消すように、車体の重心を移動させる。例えば、車両 10 が加速するとき及び坂を上るときには、搭乗部 14 を前方へ移動させ、あるいは、さらに車体を前方へ傾ける。また、車両 10 が減速するとき及び坂を下るときには、搭乗部 14 を後方へ移動させ、あるいは、さらに車体を後方へ傾ける。

【0070】

本実施の形態においては、図 9 に示されるように、まず、車体を傾斜させずに搭乗部 14 を移動させ、該搭乗部 14 が能動重量部移動限界に達すると、車体の傾斜を開始させる

10

20

30

40

50

。そのため、細かい加減速に対しては車体が前後に傾かないので、乗員 15 にとっての乗り心地が向上する。また、格別な急勾配でなければ、坂道の上でも車体が直立状態を維持するので、乗員 15 にとっての視界の確保が容易となる。さらに、格別な急勾配でなければ、坂道の上でも車体が大きく傾斜することがないので、車体の一部が路面に当接することが防止される。

【0071】

なお、本実施の形態においては、能動重量部移動限界が前方と後方とで等しい場合を想定しているが、前方と後方とで異なる場合には、各々の限界に応じて、車体の傾斜の有無を切り替えるようにしてもよい。例えば、加速性能よりも制動性能を高く設定する場合、後方の能動重量部移動限界を前方よりも遠くに設定する必要がある。

10

【0072】

また、本実施の形態においては、加速度が低いときや勾配が緩やかなときには、搭乗部 14 の移動だけで対応させているが、その車体傾斜トルクの一部又は全部を車体の傾斜で対応させてもよい。車体を傾斜させることにより、乗員 15 に作用する前後方向の力を軽減することができる。

【0073】

さらに、本実施の形態においては、線形化した力学モデルに基づいた式を使用しているが、より正確な非線形モデルや粘性抵抗を考慮したモデルに基づいた式を使用してもよい。なお、式が非線形になる場合には、マップの形式で関数を適用することもできる。

20

【0074】

次に、アクチュエータ出力の決定処理について説明する。

【0075】

図 11 は本発明の第 1 の実施の形態におけるアクチュエータ出力の決定処理の動作を示すフローチャートである。

【0076】

アクチュエータ出力の決定処理において、主制御 ECU 21 は、まず、各アクチュエータのフィードフォワード出力を決定する（ステップ S5-1）。この場合、各目標値と路面勾配 とから、後述の式（4）により駆動モータ 52 のフィードフォワード出力を決定し、また、同じく後述の式（5）により能動重量部モータ 62 のフィードフォワード出力を決定する。

30

【0077】

【数 4】

駆動モータ 52 のフィードフォワード出力 τ_{WF} は、次の式（4）で表される。

$$\tau_{WF} = \widetilde{MR}_w g \alpha^* + MR_w g \eta \quad \dots \text{式 (4)}$$

$\widetilde{MR}_w g \alpha^*$ は、車両加速度の目標値 α^* を実現するのに必要な駆動トルクを示し、

40

$MR_w g \eta$ は、路面勾配 η の坂道で停止するための駆動トルク、すなわち、登坂トルクを示している。

【0078】

このように、路面勾配 に応じた登坂トルクを自動的に付加することにより、つまり、路面勾配 に応じて駆動トルクを補正することにより、坂道であっても、平地と同様の操縦感覚を提供することができる。すなわち、坂道で停止した後、乗員 15 がジョイスティック 31 から手を放しても、車両 10 は動くことがない。また、坂道の上であっても、ジョイスティック 31 の一定の操縦操作に対して、平地と同様の加減速を行うことができる。

50

【 0 0 7 9 】

【 数 5 】

能動重量部モータ 6 2 のフィードフォワード出力 $S_{S,FF}$ は、次の式 (5) で表される。

$$S_{S,FF} = m_S g \theta_j^* + m_S g \alpha^* \quad \dots \text{式(5)}$$

$m_S g \theta_j^*$ は、車体傾斜角の目標値 θ_j^* に対して搭乗部 1 4 を目標位置に留めるのに必要な搭乗部推力を示し、 $m_S g \alpha^*$ は、車両加速度の目標値 α^* に伴う慣性力に対して搭乗部 1 4 を目標位置に留めるのに必要な搭乗部推力を示している。

10

【 0 0 8 0 】

このように、本実施の形態においては、理論的にフィードフォワード出力を与えることによって、より高精度な制御を実現する。

【 0 0 8 1 】

なお、必要に応じて、フィードフォワード出力を省略することもできる。この場合、フィードバック制御により、定常偏差を伴いつつ、フィードフォワード出力に近い値が間接的に与えられる。また、前記定常偏差は、積分ゲインを適用することによって低減させることができる。

【 0 0 8 2 】

続いて、主制御 ECU 2 1 は、各アクチュエータのフィードバック出力を決定する (ステップ S 5 - 2)。この場合、各目標値と実際の状態量との偏差から、後述の式 (6) により駆動モータ 5 2 のフィードバック出力を決定し、また、同じく後述の式 (7) により能動重量部モータ 6 2 のフィードバック出力を決定する。

20

【 0 0 8 3 】

【数 6】

駆動モータ 5 2 のフィードバック出力 $\tau_{w,FB}$ は、次の式 (6) で表される。

$$\begin{aligned} \tau_{w,FB} = & -K_{w1}(\theta_w - \theta_w^*) - K_{w2}(\dot{\theta}_w - \dot{\theta}_w^*) - K_{w3}(\theta_l - \theta_l^*) \\ & - K_{w4}(\dot{\theta}_l - \dot{\theta}_l^*) - K_{w5}(\lambda_s - \lambda_s^*) - K_{w6}(\dot{\lambda}_s - \dot{\lambda}_s^*) \quad \dots \text{式 (6)} \end{aligned}$$

ここで、 $K_{w1} \sim K_{w6}$ は、フィードバックゲインであり、その値としては、例えば、最適レギュレータの値をあらかじめ設定しておくものとする。なお、* は目標値であることを示している。

10

また、能動重量部モータ 6 2 のフィードバック出力 $S_{s,FB}$ は、次の式 (7) で表される。

$$\begin{aligned} S_{s,FB} = & -K_{s1}(\theta_w - \theta_w^*) - K_{s2}(\dot{\theta}_w - \dot{\theta}_w^*) - K_{s3}(\theta_l - \theta_l^*) \\ & - K_{s4}(\dot{\theta}_l - \dot{\theta}_l^*) - K_{s5}(\lambda_s - \lambda_s^*) - K_{s6}(\dot{\lambda}_s - \dot{\lambda}_s^*) \quad \dots \text{式 (7)} \end{aligned}$$

20

ここで、 $K_{s1} \sim K_{s6}$ は、フィードバックゲインであり、その値としては、例えば、最適レギュレータの値をあらかじめ設定しておくものとする。なお、* は目標値であることを示している。

【0084】

なお、スライディングモード制御等の非線形のフィードバック制御を導入することもできる。また、より簡単な制御として、 K_{w2} 、 K_{w3} 及び K_{s5} を除くフィードバックゲインのいくつかをゼロとしてもよい。さらに、定常偏差をなくすために、積分ゲインを導入してもよい。

30

【0085】

最後に、主制御 ECU 2 1 は、各要素制御システムに指令値を与える (ステップ S 5 - 3)。この場合、主制御 ECU 2 1 は、前述のように決定したフィードフォワード出力とフィードバック出力との和を駆動トルク指令値及び能動重量部推力指令値として、駆動輪制御 ECU 2 2 及び能動重量部制御 ECU 2 3 に送信する。

【0086】

このように、本実施の形態においては、路面勾配 γ をオブザーバによって推定し、登坂トルクを与えるとともに、搭乗部 1 4 を上り側に移動させる。そのため、坂道で車体を直立に保持することができ、急勾配にも対応することができる。また、路面勾配 γ を計測する装置が不要となり、構造を簡素化してコストを低減することができる。

40

【0087】

さらに、車体の姿勢を示す車体傾斜角 ϕ 及び能動重量部位置 s をも考慮して路面勾配 γ を推定するので、大きな誤差が生じることなく、極めて高い精度で路面勾配 γ を推定することができる。

【0088】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。なお、第 1 の実施の形態と同じ構造を有するものについては、同じ符号を付与することによってその説明を省略する。また、前記第 1 の実施の形態と同じ動作及び同じ効果についても、その説明を省略する。

【0089】

50

図 1 2 は本発明の第 2 の実施の形態における目標走行状態の決定処理の動作を示すフローチャートである。

【 0 0 9 0 】

前記第 1 の実施の形態においては、駆動輪 1 2 の回転状態、車体の傾斜状態及び搭乗部 1 4 の移動状態と、駆動モータ 5 2 及び能動重量部モータ 6 2 の出力値とに基づき、オブザーバによって路面勾配を推定する。そして、車体が障害物に接触すると、オブザーバが、それを坂道であると誤認識してしまい、障害物を押すような駆動トルクが付加されることがある。そのため、車体が障害物に接触したときに、障害物又は車体を損傷させる可能性がある。

【 0 0 9 1 】

一般に、路面勾配は、車体に作用する慣性力（車体重心の加速度）と駆動力の大きさから推定される。具体的には、車両運動の路面に平行な成分を考慮し、車体に作用する慣性力と釣り合う外力は、駆動力及び車体に作用する重力の路面に平行な成分のみで構成される、という仮定に基づいて路面勾配を推定する。このとき、重力以外の外力、例えば、障害物に接触したときの障害物からの反力が作用すると、路面勾配を推定する手段は、前記反力を重力の作用、すなわち、上り方向の大きな路面勾配による作用であると認識する。そして、認識した路面勾配に応じた登坂トルクを付加するので、車両 1 0 は障害物を押すような動作を行うことになる。

【 0 0 9 2 】

そこで、本実施の形態においては、路面勾配の推定値と車両速度の時間変化とに基づいて障害物との接触を識別する。具体的には、障害物と接触したときの路面勾配の推定値及び車両速度の典型的なパターンと比較して、障害物との接触であるか否かを判断する。

【 0 0 9 3 】

そして、障害物との接触であると判断した場合には、路面勾配の推定値を修正する。それに加えて、車両加速度の目標値を制限し、障害物に向かって駆動することを防止する。

【 0 0 9 4 】

そのために、車両制御装置としての制御 E C U 2 0 は、路面勾配を推定する勾配推定手段、障害物と接触したか否かを識別する接触識別手段、路面勾配を記憶する勾配記憶手段、及び、路面勾配を修正する推定値修正手段として機能する。なお、主制御 E C U 2 1 は、前述の動作を所定の周期で繰り返し、例えば、1 0 0 [μ s e c] 毎に行い、定期的に路面勾配を推定する。

【 0 0 9 5 】

これにより、障害物に接触したときにも安定した走行状態及び安定した姿勢制御を実現できる。そして、車両 1 0 の安全性を更に高めることができる。

【 0 0 9 6 】

なお、本実施の形態における車両 1 0 の構成については、前記第 1 の実施の形態と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 0 9 7 】

次に、本実施の形態における走行及び姿勢制御処理の詳細について説明する。なお、状態量の取得処理、路面勾配の取得処理、目標車体姿勢の決定処理及びアクチュエータ出力の決定処理については、前記第 1 の実施の形態と同様であるので、説明を省略し、目標走行状態の決定処理についてのみ説明する。

【 0 0 9 8 】

目標走行状態の決定処理において、主制御 E C U 2 1 は、まず、操縦操作量を取得する（ステップ S 3 - 1 1）。この場合、乗員 1 5 が、車両 1 0 の加速、減速、旋回、その場回転、停止、制動等の走行指令を入力するために操作したジョイスティック 3 1 の操作量を取得する。

【 0 0 9 9 】

続いて、主制御 E C U 2 1 は、取得したジョイスティック 3 1 の操作量に基づいて、車両加速度の目標値を決定する（ステップ S 3 - 1 2）。例えば、ジョイスティック 3 1 の

10

20

30

40

50

前後方向への操作量に比例した値を車両加速度の目標値とする。

【0100】

続いて、主制御 ECU 21 は、障害物接触判定及び対応制御処理を実行し（ステップ S3 - 13）、障害物と接触状態にあるか否かを判定し、障害物と接触状態にある場合には、路面勾配の推定値と車両加速度の目標値を修正する。

【0101】

続いて、主制御 ECU 21 は、決定した車両加速度の目標値から、駆動輪回転角速度の目標値を算出する（ステップ S3 - 14）。例えば、車両加速度の目標値を時間積分し、駆動輪接地半径 R_w で除した値を駆動輪回転角速度の目標値とする。

【0102】

次に、障害物接触判定及び対応制御処理について説明する。

【0103】

図 13 は本発明の第 2 の実施の形態における障害物接触のときの路面勾配の推定値の時間変化の典型パターンを示す図、図 14 は本発明の第 2 の実施の形態における障害物接触のときの駆動輪回転角速度の時間変化の典型パターンを示す図、図 15 は本発明の第 2 の実施の形態における障害物接触判定及び対応制御処理の動作を示すフローチャートである。

【0104】

障害物接触判定及び対応制御処理において、主制御 ECU 21 は、まず、第 2 フラグ（flag 2）がオンであるか否か、すなわち、flag 2 = 1 であるか否かを判断する（

【0105】

第 2 フラグは、障害物接触判定の実行状態を示すフラグであり、第 2 フラグオン（flag 2 = 1）の状態は障害物接触対応処理を実行中であることを示し、第 2 フラグオフ（flag 2 = 0）の状態は障害物接触対応処理を実行していないことを示す。

【0106】

また、第 2 フラグは接触判定有効タイムによって管理される。接触判定有効タイムは、接触状態終了判定時刻、すなわち、車両 10 が障害物に接触した後にその状態が解消されたと推定された時刻から現在までの時間 t_2 を計測するタイムであり、接触判定有効タイムの接触判定有効タイムの計測時間 t_2 が所定の値以下であるときには、第 2 フラグをオンにする。つまり、第 2 フラグがオンであることは、前回の障害物接触判定及び対応制御処理において接触状態終了と判定してから一定時間内であることを意味する。

【0107】

そして、第 2 フラグがオンでない場合、すなわち、障害物接触状態にあると判定されたことが一度もない場合、あるいは、前回の障害物接触判定及び対応制御処理において接触状態終了と判定してから一定時間以上経過した場合にのみ、主制御 ECU 21 は、障害物接触判定における第 1 条件の判定を実行する（ステップ S3 - 13 - 2）。

【0108】

該第 1 条件は、路面勾配変化率に基づく動的接触判定であり、路面勾配の推定値の変化率の絶対値があらかじめ設定された接触判定の第 1 閾値より大きいかが否か、すなわち、次の式（8）が成立するか否かに基づいて判定する。

【0109】

10

20

30

40

【数 7】

$$|\dot{\eta}| = \frac{|\eta(t) - \eta(t - T_{\eta})|}{T_{\eta}} > \dot{\eta}_{sh} \quad \dots \text{式 (8)}$$

ここで、 $\eta(t)$ は時刻 t における路面勾配の推定値、 $\dot{\eta}_{sh}$ はあらかじめ設定された接触判定の第1閾値、 T_{η} はあらかじめ設定された時間差分計算の時間刻みである。

【0110】

10

車両10が障害物と接触したとき、及び、坂道を上るときにおける、路面勾配の推定値の典型的な時間変化のパターンを、図13に示す。図13において、実線は障害物と接触したときの路面勾配の推定値の時間変化を示し、点線は坂道を上るとき路面勾配の推定値の時間変化を示している。この両者の特徴的な違いの一つである、障害物接触直後における推定値の急激な変化を、第1条件によって捉える。

【0111】

主制御ECU21は、路面勾配変化率の絶対値が接触判定の第1閾値より大きい場合には障害物に接触した可能性があるとして判定し、動的接触判定有効タイマの計測時間 t_1 をゼロにリセットする($t_1 = 0$)とともに、第1フラグ($flag1$)をオンにして($flag1 = 1$)動的接触判定有効タイマを作動させる(ステップS3-13-3)。

20

【0112】

第1フラグは、障害物静的接触判定処理の実行状態を示すフラグであり、第1フラグオン($flag1 = 1$)の状態は障害物静的接触判定処理が実行中であることを示し、第1フラグオフ($flag1 = 0$)は障害物静的接触判定処理を実行していないことを示す。

【0113】

また、第1フラグは動的接触判定有効タイマによって管理される。動的接触判定有効タイマは、動的接触状態終了判定時刻、すなわち、第1条件によって車両10が動的接触状態にあると推定された時刻から現在までの時間を t_1 を計測するタイマであり、動的接触判定有効タイマの計測時間 t_1 が所定の値以下であるときには、第1フラグをオンにする。つまり、ゼロにリセットするとともに第1フラグをオンにすることは、動的接触状態が終了してからの経過時間の計測を開始することを意味する。

30

【0114】

続いて、主制御ECU21は、障害物接触判定における第2条件の判定を実行する(ステップS3-13-4)。該第2条件は、駆動輪回転角速度偏差に基づく静的接触判定であり、駆動輪回転角速度の実値と目標値の差の絶対値があらかじめ設定された接触判定の第2閾値より大きいかな否か、すなわち、次の式(9)が成立するかな否かに基づいて判定する。

【0115】

なお、障害物接触判定及び対応制御処理の始めににおいて、第2フラグがオンである場合、すなわち、接触状態終了と判定してから一定時間内である場合、主制御ECU21は、障害物接触判定における第1条件の判定を実行することなく、直ちに、障害物接触判定における第2条件の判定を実行する。

40

【0116】

【数 8】

$$|\Delta \dot{\theta}_w| = |\dot{\theta}_w - \dot{\theta}_w^*| > \Delta \dot{\theta}_{w,sh} \quad \dots \text{式 (9)}$$

ここで、 $\dot{\theta}_w$ は駆動輪回転角速度、 $\Delta \dot{\theta}_{w,sh}$ はあらかじめ設定された接触判定の第2閾値である。また、駆動輪回転角速度の目標値 $\dot{\theta}_w^*$ の値は、前回の走行及び姿勢制御処理の制御ステップでの値を使用する。

10

【0117】

なお、車両10が障害物と接触したとき、及び、坂道を上るときにおける、駆動輪回転角度の典型的な時間変化のパターンを、図14に示す。図14において、実線は障害物と接触したときの駆動輪回転角速度の時間変化を示し、点線は坂道を上るとき駆動輪回転角速度の時間変化を示している。この両者の特徴的な違いの一つである、障害物接触時における駆動輪回転角速度（車両速度）の急激な変化を、第2条件によって捉える。

【0118】

主制御ECU21は、駆動輪回転角速度偏差の絶対値が接触判定の第2閾値より大きい場合には障害物に接触した可能性が高いと判定し、障害物接触判定における第3条件の判定を実行する（ステップS3-13-5）。該第3条件は、路面勾配変化量に基づく静的接触判定であり、路面勾配変化量の絶対値があらかじめ設定された接触判定の第3閾値より大きいか否か、すなわち、次の式（10）が成立するか否かに基づいて判定する。

20

【0119】

【数 9】

$$|\delta \eta| = |\eta(t) - \eta(t_0)| > \delta \eta_{sh} \quad \dots \text{式 (10)}$$

ここで、 $\eta(t)$ は時刻 t における路面勾配の推定値、 $\delta \eta_{sh}$ はあらかじめ設定された接触判定の第3閾値、 t_0 は障害物との接触前の参照時刻である。なお、現在から一定時間前までの路面勾配の推定値の時間履歴を常に記憶しておくことにより、第3条件の判定時に、その衝突前の時刻 t_0 における路面勾配の推定値を参照できるようにする。

30

【0120】

そして、主制御ECU21は、路面勾配変化量の絶対値が接触判定の第3閾値より大きい場合には障害物に接触していると判定し、接触判定有効タイマの計測時間 t_2 をゼロにリセットする（ $t_2 = 0$ ）とともに、第2フラグをオンにして（ $flag2 = 1$ ）接触判定有効タイマを作動させる（ステップS3-13-6）。計測時間 t_2 をゼロにリセットするとともに第2フラグをオンにすることは、接触状態が終了してからの経過時間の計測を開始することを意味する。

40

【0121】

続いて、主制御ECU21は、障害物接触対応制御処理を実行して（ステップS3-13-7）、処理を終了する。障害物接触対応制御処理によって、路面勾配の推定値及び車両加速度の目標値が修正される。

【0122】

一方、障害物接触判定における第1条件の判定において路面勾配変化率の絶対値が接触判定の第1閾値以下である場合、主制御ECU21は、車両10が現在動的接触状態ないと判定し、次に、第1フラグがオンであるか否か、すなわち、 $flag1 = 1$ であるか否かを判断する（ステップS3-13-8）。

【0123】

50

そして、第1フラグがオンでない場合、すなわち、障害物動的接触状態にあるを判定されたことが一度もない場合、あるいは、動的接触状態判定終了直後から一定時間以上経過した場合にのみ、主制御ECU21は、そのまま処理を終了する。また、第1フラグがオンである場合、すなわち、動的接触状態終了判定直後から一定時間内である場合、主制御ECU21は、動的接触判定有効タイマの計測時間を t だけ増やす(ステップS3-13-9)、すなわち、計測時間 t_1 を $t_1 + t$ に置き換える($t_1 \leftarrow t_1 + t$)。

【0124】

続いて、主制御ECU21は、動的接触判定有効タイマの計測時間 t_1 が一定時間 $T_{1,Max}$ を経過した($t_1 > T_{1,Max}$)か否かを判断する(ステップS3-13-10)。そして、動的接触判定有効タイマの計測時間 t_1 が一定時間 $T_{1,Max}$ 以下である場合、主制御ECU21は、障害物接触判定における第2条件の判定を実行する。また、動的接触判定有効タイマの計測時間 t_1 が一定時間 $T_{1,Max}$ を経過している場合、主制御ECU21は、第1フラグをオフにして($flag1 = 0$)(ステップS3-13-11)、処理を終了する。

10

【0125】

一方、障害物接触判定における第2条件の判定において駆動輪回転角速度偏差の絶対値があらかじめ設定された接触判定の第2閾値以下である場合、及び、障害物接触判定における第3条件の判定において路面勾配変化量の絶対値があらかじめ設定された接触判定の第3閾値以下である場合、主制御ECU21は、車両10が現在接触状態にないと判定し、次に、第2フラグがオンであるか否か、すなわち、 $flag2 = 1$ であるか否かを判断する(ステップS3-13-12)。

20

【0126】

そして、第2フラグがオンでない場合、すなわち、障害物接触状態にあると判定されたことが一度もない場合、あるいは、接触状態終了判定直後から一定時間以上経過した場合、主制御ECU21は、第1フラグをオンの状態に保持したまま、処理を終了する。また、第2フラグがオンである場合、すなわち、接触状態終了判定直後から一定時間内である場合、主制御ECU21は、接触判定有効タイマの計測時間を t だけ増やす(ステップS3-13-13)、すなわち、計測時間 t_2 を $t_2 + t$ に置き換える($t_2 \leftarrow t_2 + t$)。

【0127】

続いて、主制御ECU21は、接触判定有効タイマの計測時間 t_2 が一定時間 $T_{2,Max}$ を経過した($t_2 > T_{2,Max}$)か否かを判断する(ステップS3-13-14)。そして、接触判定有効タイマの計測時間 t_2 が一定時間 $T_{2,Max}$ 以下である場合、主制御ECU21は、第2条件、あるいは、第3条件を満足していなくても、障害物接触対応制御処理を実行し、処理を終了する。また、接触判定有効タイマの計測時間 t_2 が一定時間 $T_{2,Max}$ を経過している場合、主制御ECU21は、第1フラグ及び第2フラグをオフにして($flag1 = 0$ 、 $flag2 = 0$)(ステップS3-13-15)、処理を終了する。

30

【0128】

このように、障害物接触判定においては、第1条件について判定し、続いて、第2条件及び第3条件について判定する。すなわち、路面勾配変化率に基づく動的接触判定を行い、続いて、駆動輪回転角速度偏差に基づく静的接触判定、及び、路面勾配変化量に基づく静的接触判定を行う。そして、障害物と接触したときの路面勾配の推定値及び駆動輪回転角速度の時間変化に着目し、それらの値及び時間変化の様相が、障害物と接触したときの典型的なパターンに類似している場合に、車両10が障害物と接触状態にあると判定する。

40

【0129】

図15に示されるフローチャートに沿った障害物接触判定及び対応制御処理の動作では、第1条件、第2条件及び第3条件のすべてを満足する場合に、障害物に接触したと判定する。

【0130】

50

第1条件は、前述のように、路面勾配変化率に基づく動的接触判定である。車両10がある一定速度で障害物と接触した場合、その反力を重力の作用と誤認識することで、路面勾配の推定値が急増する。また、障害物に接触した停止状態で加速指令を受けたときも、加速に必要な駆動トルクとともに、その反力や路面勾配の推定値が急増する。そこで、路面勾配の推定値の変化率の絶対値が接触判定の第1閾値を超えた場合には、障害物に接触した可能性があるとして判定し、その後の一定時間 $T_{1,Max}$ において、第2条件及び第3条件の判定を実行する。

【0131】

第2条件は、前述のように、駆動輪回転角速度偏差に基づく静的接触判定である。障害物と接触すると、障害物からの反力により、目標走行速度に比べて車両10の走行速度が低下する。また、障害物に接触した停止状態で加速指令を受けたときも、目標走行速度まで加速することができない。そこで、駆動輪回転角速度の実値と目標値との差、すなわち、駆動輪回転角速度偏差の絶対値が接触判定の第2閾値を超えた場合には、障害物に接触した可能性が高いと判定し、次に第3条件の判定を実行する。

10

【0132】

第3条件は、前述のように、路面勾配変化量に基づく静的接触判定である。車両10が障害物と接触すると、誤推定された路面勾配に対する登坂トルク（駆動輪12の駆動トルク）に応じて、障害物からの反力が車両10に作用するので、路面勾配の推定値は高い値を保持する。そこで、障害物との接触前の時刻 t_0 における路面勾配の推定値と現在の路面勾配の推定値との差、すなわち、路面勾配の推定値の変化量の絶対値が接触判定の第3閾値を超えた場合には、障害物に接触したと判定する。

20

【0133】

そして、障害物に接触したと判定した場合、その後の一定時間 $T_{2,Max}$ は、その判定を変えない。これにより、制御の切り替わりに起因する振動（チャタリング）を防止することができる。

【0134】

ここでは、第1条件、第2条件及び第3条件のすべてを満足する場合に、障害物との接触を識別する、すなわち、障害物と接触したと判定する例について説明したが、前記第1条件、第2条件及び第3条件のいずれか1つ又は2つを満足する場合に、障害物に接触したと判定するようにしてもよい。例えば、第2条件と第3条件のどちらか一方と第1条件を満足した場合に、障害物に接触したと判定するようにしてもよい。また、第2条件及び第3条件を満足していなくても、第1条件のみを満足すれば障害物に接触したと判定するようにしてもよい。

30

【0135】

さらに、前記第1条件、第2条件及び第3条件以外の条件を加えて、障害物接触判定を実行することもできる。例えば、駆動輪回転角速度偏差や車体傾斜角速度偏差の時間変化率が所定の閾値を超えた場合に障害物に接触したと判定する、という条件を加えることによって、接触状態の誤認識率を更に低くすることができる。

【0136】

また、あらかじめ設定した閾値によって各条件についての判定を行う例について説明したが、車両10の走行状態に応じて閾値を変化させることもできる。例えば、障害物に接触する前の車両走行速度の増加とともに、路面勾配変化率や駆動輪回転角速度偏差の閾値を高くすることによって、実際の力学的条件に適した判定を行い、より高精度な認識を実現することができる。

40

【0137】

また、路面勾配の推定値が変化する速度の程度を差分によって評価する例について説明したが、周波数フィルタによりある周波数帯の成分を抽出し、その大小に基づいて判定を行ってもよい。例えば、バンドパスフィルタを用いて低周波帯域の緩やかな変化を無視するとともに、路面の凹凸やセンサ信号のノイズによる高周波成分も取り除くことによって、より高精度な認識を実現することができる。

50

【0138】

次に、障害物接触対応制御処理について説明する。

【0139】

図16は本発明の第2の実施の形態における障害物接触対応制御処理の動作を示すフローチャートである。

【0140】

障害物接触対応制御処理において、主制御ECU21は、まず、路面勾配の推定値の正負に応じて車両加速度の目標値^{*}を修正する(ステップS3-13-7-1)。すなわち、車両10が障害物に向かって加速することができないように、車両加速度の目標値^{*}を制限する。

10

【0141】

続いて、主制御ECU21は、障害物接触による誤差を含む路面勾配の推定値を修正する(ステップS3-13-7-2)。すなわち、路面勾配変化率に基づく障害物動的接触判定の所定時間前である時刻 $t = t_0$ における路面勾配の推定値(t_0)を現在の路面勾配の推定値とする。

【0142】

これにより、車両10が障害物に接触したときにも、安定した走行状態及び安定した姿勢制御を実現することができる。

【0143】

このように、本実施の形態においては、障害物との接触を識別すると、路面勾配の推定値を修正することで、誤った登坂トルクや車体姿勢の目標値が与えられることを防止する。具体的には、前述のように、路面勾配変化率に基づく動的接触判定の所定時間前である時刻 $t = t_0$ における路面勾配の推定値(t_0)を現在の路面勾配の推定値とする。これにより、障害物との接触による誤差の分は取り除かれるが、本来の路面勾配に起因する分は残るので、坂道の上で障害物と接触した場合でも、停止、走行するのに必要な登坂トルク失うことがなく、車両10は安定した状態を保つことができる。なお、障害物との接触前の路面勾配の推定値を参照することができるように、所定の時間における路面勾配の推定値の履歴を常に記憶する。

20

【0144】

また、路面勾配の推定値を修正するとともに、乗員15が要求した車両加速度の目標値^{*}を制限する。すなわち、車両10が障害物に向かって加速することができないように、車両加速度の目標値^{*}を制限する。具体的には、修正前の路面勾配の推定値との差が正である場合、すなわち、障害物が前方にある場合には、車両加速度の目標値^{*}をゼロ以下とする。また、修正前の路面勾配の推定値との差が負である場合、すなわち、障害物が後方にある場合には、車両加速度の目標値^{*}をゼロ以上とする。これにより、乗員15の障害物の未認識や誤操作に起因する状態の悪化を防止することができ、車両10の安全性を更に高めることができる。

30

【0145】

なお、本実施の形態においては、車両加速度の目標値のみを制限するようになっているが、車両速度の目標値を制限してもよい。例えば、走行中に前方の障害物と接触した場合、車両の目標速度をゼロ以下に制限してもよい。この場合、車両10は自動的に急停止するようになる。

40

【0146】

また、障害物との接触判定時に、他の制御を加えて行ってもよい。例えば、乗員15に警告音や警告表示を与えて注意を喚起するようにしてもよい。また、車両10が障害物から自動的に離れるように、例えば、自動的にわずかに後に下がって停まるように、駆動輪回転角速度の目標値のタイムスケジュールを与えてもよい。

【0147】

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

50

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】本発明の第1の実施の形態における車両の構成を示す概略図であり乗員が搭乗した状態で加速前進している状態を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態における車両の制御システムの構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態における坂道上での車両の動作を示す概略図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態における車両の走行及び姿勢制御処理の動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1の実施の形態における車両の力学モデル及びそのパラメータを示す図である。 10

【図6】本発明の第1の実施の形態における状態量の取得処理の動作を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第1の実施の形態における路面勾配の取得処理の動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第1の実施の形態における目標走行状態の決定処理の動作を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第1の実施の形態における能動重量部位置の目標値及び車体傾斜角の目標値の変化を示すグラフである。

【図10】本発明の第1の実施の形態における目標車体姿勢の決定処理の動作を示すフローチャートである。 20

【図11】本発明の第1の実施の形態におけるアクチュエータ出力の決定処理の動作を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第2の実施の形態における目標走行状態の決定処理の動作を示すフローチャートである。

【図13】本発明の第2の実施の形態における障害物接触のときの路面勾配の推定値の時間変化の典型パターンを示す図である。

【図14】本発明の第2の実施の形態における障害物接触のときの駆動輪回転角速度の時間変化の典型パターンを示す図である。

【図15】本発明の第2の実施の形態における障害物接触判定及び対応制御処理の動作を示すフローチャートである。 30

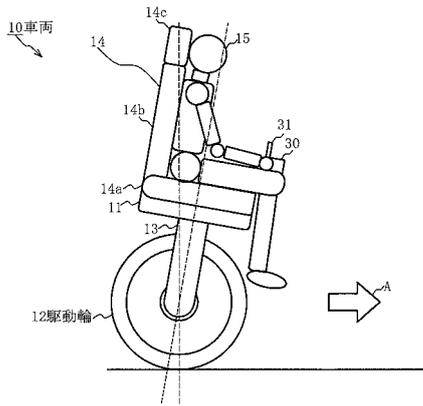
【図16】本発明の第2の実施の形態における障害物接触対応制御処理の動作を示すフローチャートである。

【符号の説明】

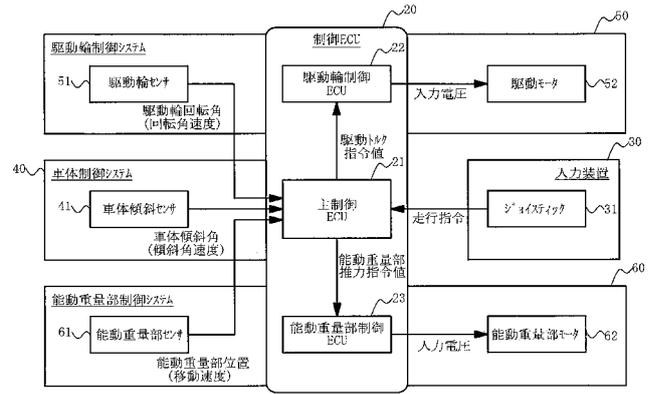
【0149】

10 車両
12 駆動輪
20 制御ECU

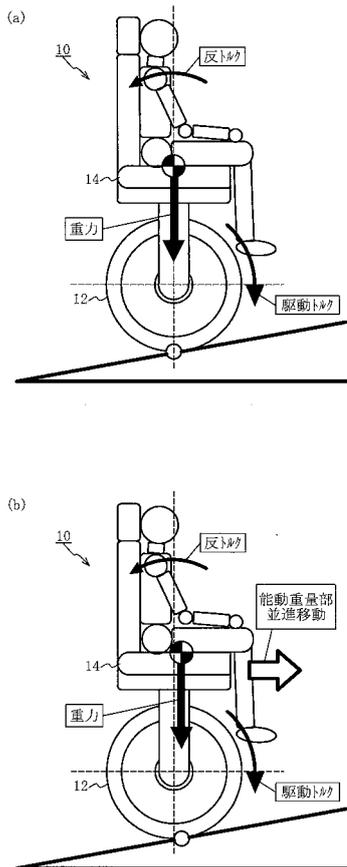
【 図 1 】



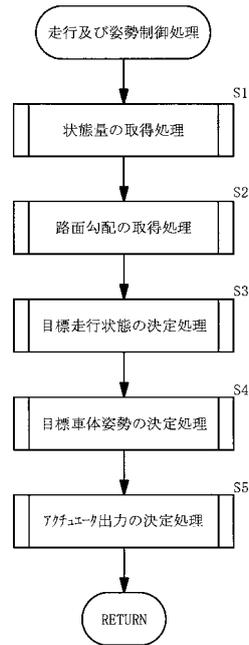
【 図 2 】



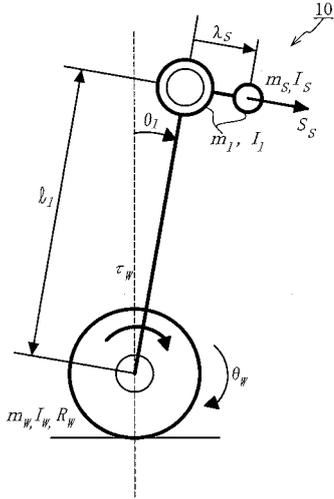
【 図 3 】



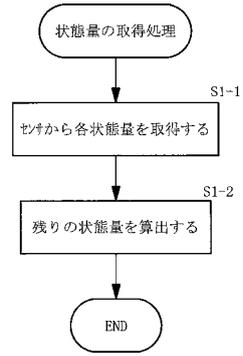
【 図 4 】



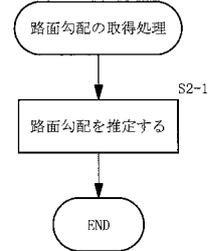
【 図 5 】



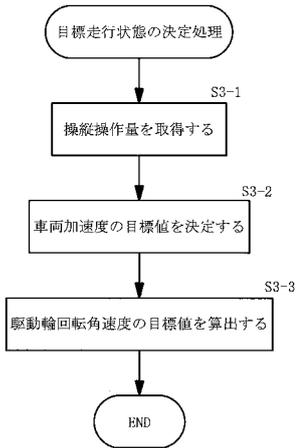
【 図 6 】



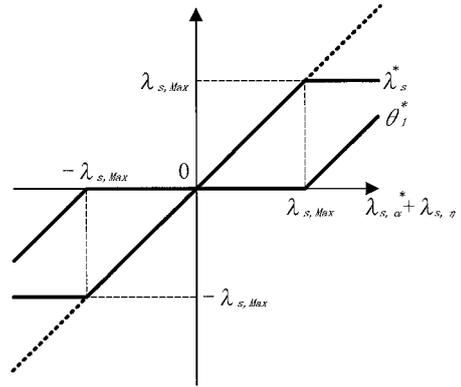
【 図 7 】



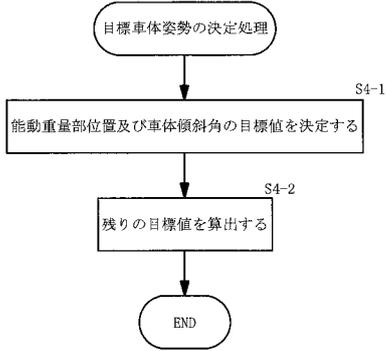
【 図 8 】



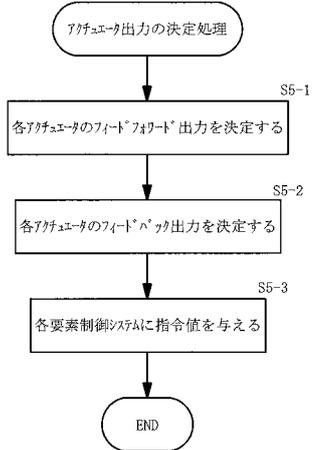
【 図 9 】



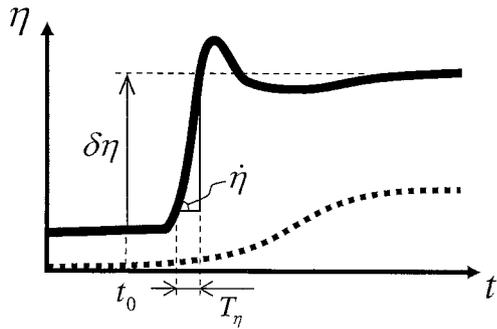
【 図 1 0 】



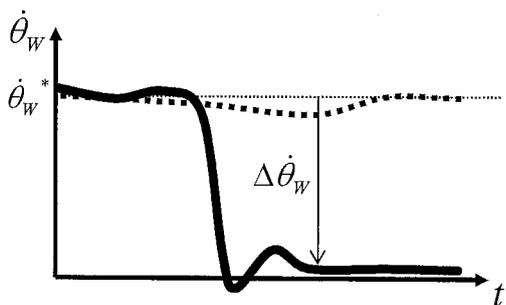
【 図 1 1 】



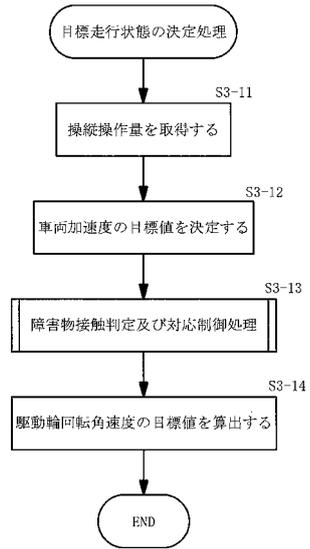
【 図 1 3 】



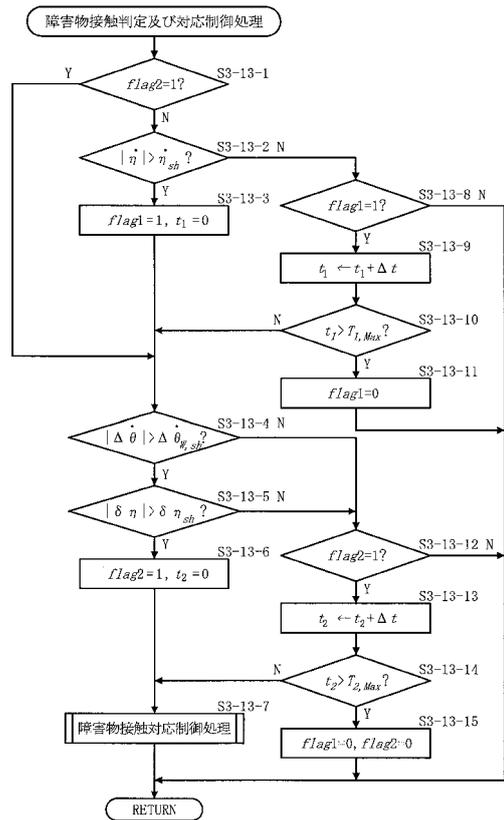
【 図 1 4 】



【 図 1 2 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

