

(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2014-198501

(P2014-198501A)

(43) 公開日 平成26年10月23日(2014.10.23)

(51) Int.Cl.

B 6 2 K 17/00 (2006.01)**B 6 2 K 3/00 (2006.01)**

F 1

B 6 2 K 17/00

B 6 2 K 3/00

テーマコード (参考)

3 D 2 1 2

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2013-74051 (P2013-74051)
 (22) 出願日 平成25年3月29日 (2013. 3. 29)

(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 110000800
 特許業務法人創成国際特許事務所
 (72) 発明者 荒木 真
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 長谷川 誠
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 小橋 慎一郎
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 倒立振り型車両

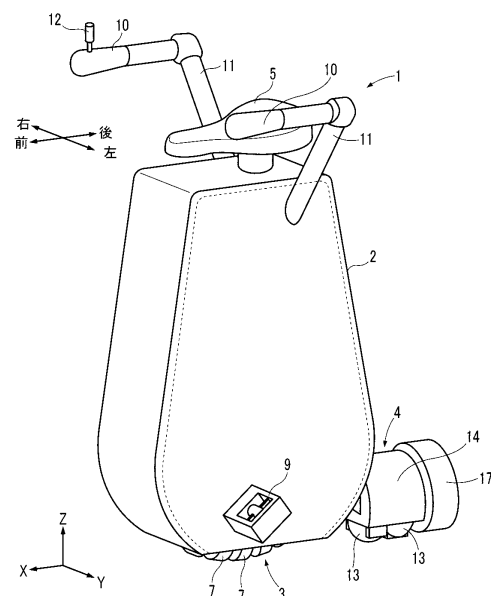
(57) 【要約】

【課題】車両の操縦性や快適性をより高めることができる倒立振り型車両を提供する。

【解決手段】アクチュエータ装置8により駆動される移動動作部3を有する倒立振り型車両1の制御装置21は、乗員搭乗部5に搭乗している乗員と車両1との全体重心の位置を、車両1の所定種類の状態から認識される乗員の重心の移動の要求方向に、バランス状態の位置からずらすようにアクチュエータ装置8を制御する。

【選択図】 図1

FIG.1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

床面上を全方位に移動可能に構成された移動動作部（３）と、該移動動作部を駆動するアクチュエータ装置（８）と、前記移動動作部（３）及びアクチュエータ装置（８ a, ８ b）が組み付けられた基体（２）と、鉛直方向に対して傾動自在に前記基体（２）に組み付けられた乗員搭乗部（５）と、前記乗員搭乗部（５）の傾動状態を検知する傾動状態検知部（２ ２）と、少なくとも該傾動状態検知部（２ ２）により検知された前記乗員搭乗部（５）の傾動状態に応じて、前記乗員搭乗部（５）に搭乗している乗員と当該倒立振子型車両との全体重心の位置のバランスをとるように前記アクチュエータ装置（８ a, ８ b）の動作を制御するように構成された制御装置（２ １）とを備える倒立振子型車両であって

10

、
前記乗員搭乗部（５）に搭乗している乗員の重心の移動要求を認識するための当該倒立振子型車両の所定種類の状態を検知する車両状態検知部（２ ３, ３ ５ b, ３ ４ c1）を備えており、

前記制御装置（２ １）は、前記乗員搭乗部（５）に搭乗している乗員と当該倒立振子型車両との全体重心の位置を、前記車両状態検知部（２ ３, ３ ５ b, ３ ４ c1）により検知された状態から認識される前記乗員の重心の移動の要求方向に該全体重心のバランス状態の位置からずらすように前記アクチュエータ装置（８ a, ８ b）を制御するように構成されていることを特徴とする倒立振子型車両。

20

【請求項 2】

請求項 1 記載の倒立振子型車両において、

前記車両状態検知部（２ ３, ３ ５ b, ３ ４ c1）が検知する前記所定種類の状態は、前記乗員搭乗部（５）に搭乗している乗員による当該倒立振子型車両の旋回要求の指令と、当該倒立振子型車両の実際のヨーレートの計測値と、前記乗員搭乗部（５）に搭乗している乗員が、自身の重心を前記乗員搭乗部（５）に対して相対的にずらすことに起因して発生する前記全体重心の前記乗員搭乗部（５）に対する相対的な移動量である全体重心移動量と、該全体重心移動量の時間的変化率とのうちの少なくともいずれか 1 つを含むことを特徴とする倒立振子型車両。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の倒立振子型車両において、

30

前記制御装置（２ １）は、前記車両状態検知部（２ ３, ３ ５ b, ３ ４ c1）により検知された状態に応じて、又は、該状態と当該倒立振子型車両の代表点の移動速度とに応じて前記全体重心の前記バランス状態の位置からのずらし量を変化させるように前記アクチュエータ装置（８ a, ８ b）を制御するように構成されていることを特徴とする倒立振子型車両。

【請求項 4】

請求項 2 記載の倒立振子型車両において、

前記車両状態検知部（２ ３, ３ ５ b, ３ ４ c1）が検知する前記所定種類の状態は、前記旋回要求の指令又は前記ヨーレートの計測値を含んでおり、

40

前記制御装置（２ １）は、該旋回要求の指令により示される当該倒立振子型車両のヨーレートの要求値の大きさ、又は前記ヨーレートの計測値の大きさが大きいほど、前記全体重心の前記バランス状態の位置からのずらし量を当該倒立振子型車両の旋回半径の中心側に向かって大きくするように、前記アクチュエータ装置（８ a, ８ b）を制御するように構成されていることを特徴とする倒立振子型車両。

【請求項 5】

請求項 2 記載の倒立振子型車両において、

前記車両状態検知部（２ ３, ３ ５ b, ３ ４ c1）が検知する前記所定種類の状態は、前記全体重心移動量又は該全体重心移動量の時間的変化率を含んでおり、

前記制御装置（２ １）は、前記全体重心移動量の大きさが大きいほど、又は該全体重心移動量の時間的変化率の大きさが大きいほど、前記全体重心の位置のずらし量を、該全体

50

重心移動量と同じ向き、又は該全体重心移動量の時間的変化率と同じ向きに大きくするように、前記アクチュエータ装置（８a、８b）を制御するように構成されていることを特徴とする倒立振子型車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、床面上を全方位に移動可能に構成されている倒立振子型車両に関する。

【背景技術】

【０００２】

床面上を全方位に移動可能に構成されている移動動作部と、鉛直方向に対して傾動自在な傾動部を有する倒立振子型車両が従来より知られている（例えば特許文献１を参照）。 10

【０００３】

この種の倒立振子型車両は、乗り物として利用する場合、上記傾動部に乗員搭乗部が備えられる。そして、乗員が搭乗した乗員搭乗部の傾動等に応じて移動動作部をアクチュエータ装置により駆動することで、車両の移動が行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２０１１－０６３２４１号公報

【発明の概要】 20

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

乗員搭乗部を有する倒立振子型車両（以降、単に車両ということがある）は、基本的には、車両の非旋回時には、乗員搭乗部に搭乗した乗員と車両との全体重心が、移動動作部に作用する接地荷重の作用線上に位置する状態（換言すれば、上記全体重心が接地荷重の作用中心点（所謂、床反力中心点）の直上に位置する状態。ただし、車両の旋回時には、遠心力を考慮した動力学的なつりあい状態。以降、これらの状態を総称的にバランス状態ということがある）を定常的な収束目標として移動動作部の移動を制御することが望ましいと考えられる。

【０００６】 30

しかるに、全体重心を常時、バランス状態に収束させるように移動動作部の移動を制御すると、以下に示すように、車両の操縦性や乗り心地が損なわれる場合があることが本願発明者の各種実験、検討によって判明した。

【０００７】

すなわち、乗員は、通常、車両の動きに合わせて、自身の重心を乗員搭乗部に対して相対的に移動させようとする。例えば、車両を旋回させる場合、あるいは、車両を比較的素早く並進移動させるような場合には、乗員は、車両の旋回半径の中心側、あるいは、車両の並進移動の向きと同じ側に自身の重心を乗員搭乗部に対して相対的に移動させようとする。

【０００８】 40

しかしながら、全体重心を常時、バランス状態に収束させるように移動動作部の移動を制御すると、全体重心がバランス状態に保たれるように移動動作部の移動が行われるために、乗員が自身の重心を動かそうとした向きと逆向きに車両の重心が動くように乗員搭乗部が傾動した状態となる。

【０００９】

このため、乗員は、自身の重心の動きが車両の重心の動きによって相殺されてしまったように感じて、車両の操縦や乗り心地に違和感を覚えることがある。

【００１０】

本発明はかかる背景に鑑みてなされたものであり、車両の操縦性や快適性をより高めることができる倒立振子型車両を提供することを目的とする。 50

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の倒立振子型車両は、かかる目的を達成するために、床面上を全方位に移動可能に構成された移動動作部と、該移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、前記移動動作部及びアクチュエータ装置が組み付けられた基体と、鉛直方向に対して傾動自在に前記基体に組み付けられた乗員搭乗部と、前記乗員搭乗部の傾動状態を検知する傾動状態検知部と、少なくとも該傾動状態検知部により検知された前記乗員搭乗部の傾動状態に応じて、前記乗員搭乗部に搭乗している乗員と当該倒立振子型車両との全体重心の位置のバランスをとるように前記アクチュエータ装置の動作を制御するように構成された制御装置とを備える倒立振子型車両であって、

10

前記乗員搭乗部に搭乗している乗員の重心の移動要求を認識するための当該倒立振子型車両の所定種類の状態を検知する車両状態検知部を備えており、

前記制御装置は、前記乗員搭乗部に搭乗している乗員と当該倒立振子型車両との全体重心の位置を、前記車両状態検知部により検知された状態から認識される前記乗員の重心の移動の要求方向に該全体重心のバランス状態の位置からずらすように前記アクチュエータ装置を制御するように構成されていることを特徴とする（第1発明）。

【0012】

なお、本発明において、「全体重心のバランス状態」というのは、倒立振子型車両の非旋回時には、乗員搭乗部に搭乗している乗員と倒立振子型車両（以降、単に車両ということがある）との全体重心の位置が、移動動作部に作用する接地荷重の作用線上にある状態

20

【0013】

上記第1発明によれば、前記制御装置は、前記全体重心の位置を、前記車両状態検知部により検知された状態から認識される前記乗員の重心の移動の要求方向に該全体重心のバランス状態の位置からずらすように前記アクチュエータ装置を制御する。

【0014】

このため、乗員は、自身の重心の動きが前記全体重心の動きに反映されて、それに応じて前記移動動作部の移動が制御されることを体感的に容易に認識することができる。ひいては、乗員は、自身の身体の動き（ひいては、自身の重心の動き）による車両の移動操縦を行い易くなる。従って、第1発明によれば、車両の操縦性や快適性をより高めることができる。

30

【0015】

上記第1発明では、前記車両状態検知部が検知する前記所定種類の状態は、例えば、前記乗員搭乗部に搭乗している乗員による当該倒立振子型車両の旋回要求の指令と、当該倒立振子型車両の実際のヨーレートの計測値と、前記乗員搭乗部に搭乗している乗員が、自身の重心を前記乗員搭乗部に対して相対的にずらすことに起因して発生する前記全体重心の前記乗員搭乗部に対する相対的な移動量である全体重心ずれ量と、該全体重心ずれ量の時間的変化率とのうちの少なくともいずれか1つを含むことが好ましい（第2発明）。

【0016】

なお、上記旋回要求の指令は、車両の旋回動作を行うための指令（前記制御装置に対する指令）を意味している。該指令としては、例えば前記乗員が、自身の身体を動かすことに応じて前記制御装置又は適宜の検出器（乗員の身体の動きに感応する検出器）により生成される指令を採用することができる。

40

【0017】

上記第2発明において、前記所定種類の状態が、前記乗員搭乗部に搭乗している乗員による当該倒立振子型車両の旋回要求の指令、あるいは、当該倒立振子型車両の実際のヨーレートの計測値を含む場合には、車両の旋回動作時に、前記全体重心の位置をバランス状態の位置からずらすことができる。例えば、車両の旋回動作における該車両の旋回半径の中心側に向かう方向を前記乗員の重心の移動の要求方向として、該全体重心の位置を、バランス状態の位置から該要求方向にずらすことができる。これにより、乗員による車両の

50

旋回操作をしやすくなるという効果を奏する。

【0018】

また、前記所定種類の状態が、前記全体重心移動量、又は該全体重心移動量の時間的変化率を含む場合には、車両の加減速時、あるいは、旋回動作時等に、前記全体重心をバランス状態の位置からずらすことができる。例えば、前記全体重心移動量、又は該全体重心の時間的変化率と同じ向きを前記乗員の重心の移動の要求方向として、該全体重心の位置を、バランス状態の位置から該要求方向にずらすことができる。これにより、乗員による車両の操作をしやすくなるという効果を奏する。

【0019】

また、前記第1発明又は第2発明では、前記制御装置は、前記車両状態検知部により検知された状態に応じて、又は、該状態と当該倒立振り子型車両の代表点の移動速度とに応じて前記全体重心の前記バランス状態の位置からのずらし量を変化させるように前記アクチュエータ装置を制御するように構成されていることが好ましい（第3発明）。

【0020】

この第3発明によれば、前記全体重心の位置のバランス状態の位置からのずらし量を、車両の前記所定種類の状態に適したずらし量、あるいは、該状態と車両の代表点（例えば基体又は乗員搭乗部に対して固定された点、あるいは、前記全体重心）の移動速度とに適したずらし量にすることができる。

【0021】

上記第2発明では、前記車両状態検知部が検知する前記所定種類の状態が、前記旋回要求の指令又は前記ヨーレートの計測値を含んでいる場合には、前記制御装置は、該旋回要求の指令により示される当該倒立振り子型車両のヨーレートの要求値の大きさ、又は前記ヨーレートの指令値の大きさが大きいほど、前記全体重心の前記バランス状態の位置からのずらし量を当該倒立振り子型車両の旋回半径の中心側に向かって大きくするように、前記アクチュエータ装置を制御するように構成されていることが好ましい（第4発明）。

【0022】

この第4発明によれば車両の旋回動作時の遠心力の大きさに合わせて全体重心の位置をバランス状態の位置からずらすことで、車両の操作のしやすさを向上できる。

【0023】

また、前記第2発明では、前記車両状態検知部が検知する前記所定種類の状態が、前記全体重心移動量又は該全体重心移動量の時間的変化率を含んでいる場合には、前記制御装置は、前記全体重心移動量の大きさが大きいほど、又は該全体重心移動量の時間的変化率の大きさが大きいほど、前記全体重心の位置のずらし量を、該全体重心移動量と同じ向き、又は該全体重心移動量の時間的変化率と同じ向きに大きくするように、前記アクチュエータ装置を制御するように構成されていることが好ましい（第5発明）。

【0024】

この第5発明によれば、車両の加減速に伴う慣性力の大きさに合わせて、該全体重心の位置をバランス状態の位置からずらすことで、あるいは、車両の旋回動作時の遠心力の大きさに合わせて、該全体重心の位置をバランス状態の位置からずらすことで、車両の操作のしやすさを向上できる。

【0025】

補足すると、以上説明した第1～第5発明では、前記全体重心の位置を、バランス状態の位置からずらすように前記アクチュエータ装置を制御することは、例えば次のような構成により実現することが可能である。

【0026】

すなわち、前記制御装置は、例えば前記全体重心を前記バランス状態の位置からずらした状態での前記乗員搭乗部の目標傾斜角度と、前記傾斜状態検知部により検知された前記乗員搭乗部の傾斜状態により示される該乗員搭乗部の実際の傾斜角度の観測値との偏差に応じて、該偏差をゼロに収束させるように、前記アクチュエータ装置を作動させるための操作量（制御入力）を決定し、該操作量に応じて前記アクチュエータ装置を制御するよう

10

20

30

40

50

に構成される。該操作量としては、例えば、該アクチュエータ装置による移動動作部の駆動力又は該移動動作部の移動加速度等を採用することができる。

【0027】

また、前記全体重心移動量は、例えば、後述の図7のブロック図に示す如き演算によって、逐次推定することができる。すなわち、前記全体重心の移動速度の第1推定値と、第2推定値との偏差に、あらかじめ定めた所定値のゲインを乗じることによって、前記全体重心移動量の推定値を、実際の値に収束させるように逐次決定することができる。

【0028】

より具体的には、車両の前後方向（例えば乗員搭乗部に搭乗した乗員の前後方向）における前記全体重心の移動速度の第1推定値及び第2推定値をそれぞれ、 Vb_estm1_x 、 Vb_estm2_x 、車両の左右方向（例えば乗員搭乗部に搭乗した乗員の左右方向）における前記全体重心の移動速度の第1推定値及び第2推定値をそれぞれ、 Vb_estm1_y 、 Vb_estm2_y と表記したとき、前後方向における第1推定値 Vb_estm1_x 及び左右方向における第1推定値 Vb_estm1_y は、それぞれ次式（A x）、（A y）により運動学的に算出される推定値である。また、前後方向における第2推定値 Vb_estm2_x 及び左右方向における第2推定値 Vb_estm2_y は、それぞれ次式（B x）、（B y）により動力的に算出される全体重心の前後方向の移動加速度 DVb_estm_x 、左右方向の移動加速度 DVb_estm_y を積分することにより算出される移動速度の推定値である。

【0029】

$$\begin{aligned} Vb_estm1_x &= Vw1_act_x + h \cdot \omega b_act_x && \cdots \cdots (A\ x) \\ Vb_estm1_y &= Vw1_act_y + h \cdot \omega b_act_y && \cdots \cdots (A\ y) \\ DVb_estm_x &= (\theta b_act_x \cdot (h - r_x) + Ofst_estm_x(k-1)) \cdot (g / h) \\ &\quad + Vb_estm1_y \cdot \omega z_act && \cdots \cdots (B\ x) \\ DVb_estm_y &= (\theta b_act_y \cdot (h - r_y) + Ofst_estm_y(k-1)) \cdot (g / h) \\ &\quad - Vb_estm1_x \cdot \omega z_act && \cdots \cdots (B\ y) \end{aligned}$$

ただし、

$Vw1_act_x$ ：移動動作部の前後方向の移動速度の観測値

$Vw1_act_y$ ：移動動作部の左右方向の移動速度の観測値

h ：全体重心の床面からの高さとしてあらかじめ定められた値

ωb_act_x ：乗員搭乗部の左右方向の軸周り方向の傾動の角速度の観測値

ωb_act_y ：乗員搭乗部の前後方向の軸周り方向の傾動の角速度の観測値

θb_act_x ：乗員搭乗部の左右方向の軸周り方向の傾斜角度（鉛直方向に対する傾斜角）

の観測値

θb_act_y ：乗員搭乗部の前後方向の軸周り方向の傾斜角度（鉛直方向に対する傾斜角）

の観測値

r_x ：乗員搭乗部の左右方向の軸周り方向の傾動中心の床面からの高さ

r_y ：乗員搭乗部の前後方向の軸周り方向の傾動中心の床面からの高さ

$Ofst_estm_x(k-1)$ ：算出済の前後方向の全体重心移動量の推定値のうちの最新値

$Ofst_estm_y(k-1)$ ：算出済の左右方向の全体重心移動量の推定値のうちの最新値

g ：重力加速度定数

Vb_estm1_x ：前記式（A x）により算出される全体重心の前後方向の移動速度の推定値

Vb_estm1_y ：前記式（A y）により算出される全体重心の左右方向の移動速度の推定値

ωz_act ：車両のヨー軸周り方向の角速度

そして、前後方向における全体重心移動量は、前後方向における全体重心の移動速度の第1推定値 Vb_estm1_x と第2推定値 Vb_estm2_x との偏差に、あらかじめ定めた所定値のゲインを乗じることによって算出することができる。同様に、左右方向における全体重心移動量は、左右方向における全体重心の移動速度の第1推定値 Vb_estm1_y と第2推定値 Vb_estm2_y との偏差に、あらかじめ定めた所定値のゲインを乗じることによって算出することができる。

【0030】

なお、本明細書において、移動速度等の任意の状態量の「観測値」は、適宜のセンサによる該状態量の実際の値の検出値（計測値）、あるいは、該状態量と一定の相関関係を有する1つ以上の状態量の検出値から該相関関係に基づいて得られる推定値、あるいは、該状態量の実際の値と一致もしくはほぼ一致すると見なすことができる擬似的な推定値を意味する。該擬似的な推定値としては、該状態量の目標値を用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の第1実施形態の倒立振子型車両の外観斜視図。

【図2】第1実施形態の倒立振子型車両の側面図。

【図3】第1実施形態の倒立振子型車両の制御のための構成を示すブロック図。

【図4】図3に示す第1制御処理部の処理を示すブロック線図。

【図5】図3に示す第1制御処理部の処理に用いる倒立振子モデルを説明するための図。

【図6】図5の倒立振子モデルに関する挙動を示すブロック線図。

【図7】図4に示す重心ずれ推定部の処理を示すブロック線図。

【図8】図4に示す重心調整部の処理を示すブロック線図。

【図9】図3に示す第2制御処理部の処理を示すブロック線図。

【図10】図10（a）、（b）は、第1実施形態の倒立振子型車両の作動状態の例を示す図。

【図11】図11（a）、（b）はそれぞれ本発明の第2実施形態、第3実施形態における第2制御処理部の要部の処理を示すブロック線図。

【発明を実施するための形態】

【0032】

〔第1実施形態〕

本発明の第1実施形態を図1～図10を参照して説明する。図1及び図2に示すように本実施形態の倒立振子型車両1（以降、単に車両1ということがある）は、基体2と、床面上を移動可能な第1の移動動作部3及び第2の移動動作部4と、乗員が搭乗する乗員搭乗部5とを備える。

【0033】

第1の移動動作部3は、本発明における移動動作部に相当するものである。この第1の移動動作部3は、図2に示す円環状の芯体6（以下、環状芯体6という）と、この環状芯体6の円周方向（軸心周り方向）に等角度間隔で並ぶようにして該環状芯体6に装着された複数の円環状のローラ7とを備える。各ローラ7は、その回転軸心を環状芯体6の円周方向に向けて環状芯体6に外挿されている。そして、各ローラ7は、環状芯体6の軸心周りに該環状芯体6と一体に回転可能とされていると共に、該環状芯体6の横断面の中心軸（環状芯体6の軸心を中心とする円周軸）周りに回転可能とされている。

【0034】

これらの環状芯体6及び複数のローラ7を有する第1の移動動作部3は、環状芯体6の軸心を床面と平行に向けた状態で、ローラ7（環状芯体6の下部に位置するローラ7）を介して床面上に接地される。この接地状態で、環状芯体6をその軸心周りに回転駆動することで、環状芯体6及び各ローラ7の全体が輪転し、それにより第1の移動動作部3が環状芯体6の軸心と直交する方向に床面上を移動するようになっている。また、上記接地状態で、各ローラ7をその回転軸心周りに回転駆動することで、第1の移動動作部3が、環状芯体6の軸心方向に移動するようになっている。

【0035】

さらに、環状芯体6の回転駆動と各ローラ7の回転駆動とを行なうことで、環状芯体6の軸心と直交する方向と、環状芯体6の軸心方向とに対して傾斜した方向に第1の移動動作部3が移動するようになっている。

【0036】

これにより、第1の移動動作部3は、床面上を全方向に移動することが可能となっている。以降の説明では、図1及び図2に示す如く、第1の移動動作部3の移動方向のうち、環状芯体6の軸心と直交する方向をX軸方向、該環状芯体6の軸心方向をY軸方向とし、鉛直方向をZ軸方向とする。なお、前方向をX軸の正方向、左方向をY軸の正方向、上方向をZ軸の正方向とする。

10

【0037】

基体2には、上記第1の移動動作部3が組み付けられている。より詳しくは、基体2は、床面に接地させた第1の移動動作部3の下部を除く部分の周囲を覆うように設けられている。そして、この基体2に第1の移動動作部3の環状芯体6が、その軸心周りに回転自在に支持されている。

【0038】

この場合、基体2は、第1の移動動作部3の環状芯体6の軸心を支点として、その軸心周りに（Y軸周りに）傾動自在とされていると共に、第1の移動動作部3と共に床面に対して傾くことで、第1の移動動作部3の接地部を支点として、環状芯体6の軸心と直交するX軸周りに傾動自在とされている。従って、基体2は、鉛直方向に対して2軸周りに傾動自在とされている。

20

【0039】

また、基体2の内部には、図2に示す如く、第1の移動動作部3を移動させる駆動力を発生する第1のアクチュエータ装置8が搭載されている。この第1のアクチュエータ装置8は、環状芯体6を回転駆動するアクチュエータとしての電動モータ8aと、各ローラ7を回転駆動するアクチュエータとしての電動モータ8bとから構成される。そして、電動モータ8a、8bは、それぞれ図示を省略する動力伝達機構を介して環状芯体6、各ローラ7に回転駆動力を付与するようにしている。なお、該動力伝達機構は公知の構造のものでよい。

【0040】

なお、第1の移動動作部3は、上記の構造と異なる構造のものであってもよい。例えば、第1の移動動作部3及びその駆動系の構造として、PCT国際公開公報WO/2008/132778、あるいは、PCT国際公開公報WO/2008/132779にて本願出願人が提案した構造のものを採用してもよい。

30

【0041】

また、基体2には、乗員搭乗部5が組み付けられている。この乗員搭乗部5は、乗員が着座するシートにより構成されており、その基体2の上端部に固定されている。そして、乗員は、その前後方向をX軸方向、左右方向をY軸方向に向けて、乗員搭乗部5に着座することが可能となっている。また、乗員搭乗部5（シート）は、基体2に固定されているので、該基体2と一体に鉛直方向に対して傾動自在とされている。

40

【0042】

補足すると、第1の移動動作部3及び基体2は傾動しない（ピッチ方向及びロール方向の姿勢がほぼ一定に保たれる）ように構成されていてもよい。この場合、乗員搭乗部5が基体2にボールジョイント等を介して傾動自在に支持されるように構成されていてもよい。

【0043】

基体2には、さらに乗員搭乗部5に着座した乗員がその足を載せる一対の足載せ部9、9と、該乗員が把持する一対の把持部10、10とが組み付けられている。

【0044】

足載せ部9、9は、基体2の両側部の下部に突設されている。なお、図1及び図2では

50

、一方側（右側）の足載せ部 9 の図示は省略されている。

【0045】

また、把持部 10, 10 は、乗員搭乗部 5 の両側に X 軸方向（前後方向）に延在して配置されたバー状のものであり、それぞれ、基体 2 から延設されたロッド 11 を介して基体 2 に固定されている。そして、把持部 10, 10 のうちの一方の把持部 10（図では右側の把持部 10）には、操作器としてのジョイスティック 12 が取り付けられている。

【0046】

このジョイスティック 12 は、前後方向（X 軸方向）及び左右方向（Y 軸方向）に揺動操作可能とされている。そして、該ジョイスティック 12 は、その前後方向（X 軸方向）の揺動量及びその揺動の向き（前向き又は後向き）を示す操作信号を、車両 1 を前方又は後方に移動させる前進・後進指令として出力し、左右方向（Y 軸方向）の揺動量及びその揺動の向き（右向き又は左向き）を示す操作信号を、車両 1 を左右方向に移動させる横移動指令として出力する。

【0047】

第 2 の移動動作部 4 は、本実施形態では、所謂、オムニホイールにより構成されている。第 2 の移動動作部 4 としてのオムニホイールは、同軸心の一对の環状芯体（図示省略）と、各環状芯体に、回転軸心を該環状芯体の円周方向に向けて回転自在に外挿された複数の樽状のローラ 13 とを備える公知の構造のものである。

【0048】

この場合、第 2 の移動動作部 4 は、その一对の環状芯体の軸心を X 軸方向（前後方向）に向けて第 1 の移動動作部 3 の後方に配置され、ローラ 13 を介して床面に接地されている。

【0049】

なお、上記一对の環状芯体の一方側のローラ 13 と、他方側のローラ 13 とは、該環状芯体の周方向に位相をずらして配置されており、該一对の環状芯体の回転時に、該一对の環状芯体の一方側のローラ 13 と、他方側のローラ 13 とのうちのいずれか一方が床面に接地するようになっている。

【0050】

上記オムニホイールにより構成された第 2 の移動動作部 4 は、基体 2 に連結されている。より詳しくは、第 2 の移動動作部 4 は、オムニホイール（一对の環状芯体及び複数のローラ 13 の全体）の上部側の部分を覆う筐体 14 を備えており、この筐体 14 にオムニホイールの一对の環状芯体とその軸心周りに回転自在に軸支されている。さらに、筐体 14 から基体 2 側に延設されたアーム 15 が、前記第 1 の移動動作部 3 の環状芯体 6 の軸心周りに揺動し得るように基体 2 に軸支されている。これにより、第 2 の移動動作部 4 が、アーム 15 を介して基体 2 に連結されている。

【0051】

そして、第 2 の移動動作部 4 は、アーム 15 の揺動によって前記第 1 の移動動作部 3 の環状芯体 6 の軸心周りに基体 2 に対して揺動自在とされ、これにより、第 1 の移動動作部 3 と第 2 の移動動作部 4 との両方を接地させたまま、乗員搭乗部 5 を基体 2 と共に Y 軸周りに傾動させることが可能となっている。

【0052】

なお、アーム 15 を第 1 の移動動作部 3 の環状芯体 6 の軸心部に軸支して、第 1 の移動動作部 3 に第 2 の移動動作部 4 をアーム 15 を介して連結するようにしてもよい。

【0053】

また、基体 2 には、アーム 15 の揺動範囲を制限する一对のストッパ 16, 16 が設けられており、該アーム 15 は、ストッパ 16, 16 の間の範囲内で揺動することが可能となっている。これにより、第 1 の移動動作部 3 の環状芯体 6 の軸心周りでの第 2 の移動動作部 4 の揺動範囲、ひいては、基体 2 及び乗員搭乗部 5 の X 軸周りの傾動範囲が制限され、該基体 2 及び乗員搭乗部 5 が乗員の後ろ側に過大に傾くのが防止されるようになっている。

10

20

30

40

50

【0054】

なお、第2の移動動作部4は、床面に押し付けられるようにバネにより付勢されていてもよい。

【0055】

上記の如く第2の移動動作部4は、その一对の環状芯体の回転と、ローラ13の回転とのうちの一方又は両方を行なうことで、第1の移動動作部3と同様に、床面上をX軸方向及びY軸方向を含む全方向に移動することが可能となっている。詳しくは、環状芯体の回転によって、第2の移動動作部4がY軸方向（左右方向）に移動可能とされ、ローラ13の回転によって、X軸方向（前後方向）に移動可能とされている。

【0056】

また、第2の移動動作部4の筐体14には、第2の移動動作部4を駆動する第2のアクチュエータ装置としての電動モータ17を取り付けられている。この電動モータ17は、第2の移動動作部4の一对の環状芯体を回転駆動するように該一对の環状芯体に連結されている。

【0057】

従って、本実施形態では、第2の移動動作部4のX軸方向での移動は、第1の移動動作部3のX軸方向での移動に追従して従動的に行なわれ、第2の移動動作部4のY軸方向での移動は、電動モータ17により第2の移動動作部4の一对の環状芯体を回転駆動することで行なわれるようになっている。

【0058】

補足すると、第2の移動動作部4は、第1の移動動作部3と同様の構造のものであってもよい。

【0059】

以上が本実施形態における車両1の機構的な構成である。

【0060】

図1及び図2での図示は省略したが、本実施形態の車両1の基体2には、該車両1の動作制御（第1の移動動作部3及び第2の移動動作部4の動作制御）のための構成として、図3に示す如く、CPU、RAM、ROM等を含む電子回路ユニットにより構成された制御装置21と、鉛直方向に対する乗員搭乗部5の傾斜角度（基体2の傾斜角度）を計測するための傾斜センサ22と、車両1のヨー軸周りの角速度を計測するためのヨーレートセンサ23とが搭載されている。

【0061】

制御装置21には、前記ジョイスティック12の出力と、傾斜センサ22及びヨーレートセンサ23の検出信号とが入力されるようになっている。

【0062】

なお、制御装置21は、相互に通信可能な複数の電子回路ユニットにより構成されていてもよい。

【0063】

上記傾斜センサ22は、本発明における傾動状態検知部に相当するものであり、加速度センサとジャイロセンサ等の角速度センサとにより構成される。そして、制御装置21は、これらの加速度センサ及び角速度センサの検出信号から、乗員搭乗部5の傾斜角度（換言すれば基体2の傾斜角度）の計測値を公知の手法を用いて取得する。その手法としては、例えば特許4181113号にて本願出願人が提案した手法を採用することができる。

【0064】

なお、本実施形態における乗員搭乗部5の傾斜角度（又は基体2の傾斜角度）というのは、より詳しくは、車両1と、その乗員搭乗部5に既定の姿勢（標準姿勢）で搭乗した乗員とを併せた全体の重心が、第1の移動動作部3の接地部の直上（鉛直方向上方）に位置する状態での乗員搭乗部5（又は基体2）の姿勢を基準（ゼロ）とする傾斜角度（X軸周り方向の傾斜角度とY軸周り方向の傾斜角度との組）である。

【0065】

また、ヨーレートセンサ 23 は、ジャイロセンサ等の角速度センサにより構成される。そして、制御装置 21 は、その検出信号に基づいて、車両 1 のヨー軸周りの角速度の計測値を取得する。

【0066】

また、制御装置 21 は、実装されるプログラム等により実現される機能（ソフトウェアにより実現される機能）又はハードウェアにより構成される機能として、上記の如く計測値を取得する機能の他、第 1 のアクチュエータ装置 8 を構成する電動モータ 8a、8b を制御することで第 1 の移動動作部 3 の移動動作を制御する第 1 制御処理部 24 と、第 2 のアクチュエータ装置としての電動モータ 17 を制御することで第 2 の移動動作部 4 の移動動作を制御する第 2 制御処理部 25 と備える。

10

【0067】

第 1 制御処理部 24 は、後述する演算処理を実行することで、第 1 の移動動作部 3 の移動速度（詳しくは、X 軸方向の並進速度と Y 軸方向の並進速度との組）の目標値である第 1 目標速度を逐次算出し、第 1 の移動動作部 3 の実際の移動速度を、第 1 目標速度に一致させるように電動モータ 8a、8b の回転速度を制御する。

【0068】

この場合、電動モータ 8a、8b のそれぞれの回転速度と、第 1 の移動動作部 3 の実際の移動速度との間の関係はあらかじめ定められており、第 1 の移動動作部 3 の第 1 目標速度に応じて、各電動モータ 8a、8b の回転速度の目標値が規定されるようになっている。そして、電動モータ 8a、8b の回転速度を第 1 目標速度に応じて規定される目標値にフィードバック制御することで、第 1 の移動動作部 3 の実際の移動速度が、第 1 目標速度に制御される。

20

【0069】

また、第 2 制御処理部 25 は、後述する演算処理を実行することで、第 2 の移動動作部 4 の移動速度（詳しくは、Y 軸方向の並進速度）の目標値である第 2 目標速度を逐次算出し、Y 軸方向での第 2 の移動動作部 4 の実際の移動速度を、第 2 目標速度に一致させるように電動モータ 17 の回転速度を制御する。

【0070】

この場合、第 1 の移動動作部 3 の場合と同様に、電動モータ 17 の回転速度と、Y 軸方向での第 2 の移動動作部 4 の実際の移動速度との間の関係はあらかじめ定められており、第 2 の移動動作部 4 の第 2 目標速度に応じて、電動モータ 17 の回転速度の目標値が規定されるようになっている。そして、電動モータ 17 の回転速度を第 2 目標速度に応じて規定される目標値にフィードバック制御することで、Y 軸方向での第 2 の移動動作部 4 の実際の移動速度が、第 2 目標速度に制御される。

30

【0071】

補足すると、本実施形態では、第 2 の移動動作部 4 の X 軸方向での移動は、第 1 の移動動作部 3 の X 軸方向の移動に追従して従動的に行なわれる。このため、X 軸方向での第 2 の移動動作部 4 の移動速度の目標値を設定する必要はない。

【0072】

次に、上記第 1 制御処理部 24 及び第 2 制御処理部 25 の処理をさらに詳細に説明する。まず、図 4～図 8 を参照して第 1 制御処理部 24 の処理を説明する。

40

【0073】

第 1 制御処理部 24 は、図 4 に示すように、その主要な機能部として、ジョイスティック 12 から入力される指令（旋回指令及び前進・後進指令）を車両 1 の X 軸方向（前後方向）及び Y 軸方向（左右方向）の速度指令に変換する操作指令変換部 31 と、車両 1 とその乗員搭乗部 5 に搭乗した乗員とを併せた全体の重心（以降、車両系全体重心という）の目標速度を決定する重心目標速度決定部 32 と、車両系全体重心の速度を推定する重心速度推定部 33 と、推定した車両系全体重心の速度を目標速度に追従させつつ、乗員搭乗部 5 の姿勢（基体 2 の姿勢）を制御するように第 1 の移動動作部 3 の移動速度の目標値を決定する姿勢制御演算部 34 とを備える。そして、第 1 制御処理部 24 は、これらの各機能

50

部の処理を、制御装置 2 1 の所定の演算処理周期で実行する。

【0074】

なお、本実施形態では、車両系全体重心というのは、車両 1 の代表点の一例としての意味を持つものである。従って、車両系全体重心の速度というのは、車両 1 の代表点の移動速度を意味するものである。また、車両系全体重心は、本発明における全体重心に相当するものである。

【0075】

ここで、第 1 制御処理部 2 4 の各機能部の処理を具体的に説明する前に、その処理の基礎となる事項を説明しておく。車両系全体重心の動力学的な挙動（詳しくは、Y 軸方向から見た挙動と、X 軸方向から見た挙動）は、近似的に、図 5 に示すような倒立振子モデルの挙動により表現される。第 1 制御処理部 2 4 の処理のアルゴリズムは、この挙動を基礎として構築されている。

【0076】

なお、図 5 の参照符号を含めて、以降の説明では、添え字 “_x” は Y 軸方向から見た場合の変数等の参照符号を意味し、添え字 “_y” は X 軸方向から見た場合の変数等の参照符号を意味する。また、図 5 では、Y 軸方向から見た場合の倒立振子モデルと、X 軸方向から見た場合の倒立振子モデルとを併せて図示するために、Y 軸方向から見た場合の変数の参照符号に括弧を付さないものとし、X 軸方向から見た場合の変数の参照符号に括弧を付している。

【0077】

Y 軸方向から見た車両系全体重心の挙動を表す倒立振子モデルは、Y 軸方向と平行な回転軸心を有して床面上を輪転自在な仮想的な車輪 6 1_x（以降、仮想車輪 6 1_x という）と、該仮想車輪 6 1_x の回転中心から延設されて、該仮想車輪 6 1_x の回転軸周りに（Y 軸周り方向に）揺動自在なロッド 6 2_x と、このロッド 6 2_x の先端部（上端部）である基準部 Ps_x に連結された質点 Ga_x とを備える。

【0078】

この倒立振子モデルでは、質点 Ga_x の運動が、Y 軸方向から見た車両系全体重心の運動に相当し、鉛直方向に対するロッド 6 2_x の傾斜角度 θ_{b_x} （Y 軸周り方向の傾斜角度）が、乗員搭乗部 5（又は基体 2）の Y 軸周り方向の傾斜角度に一致するものとされる。また、第 1 の移動動作部 3 の X 軸方向の並進運動が、仮想車輪 6 1_x の輪転による X 軸方向の並進運動に相当するものとされる。

【0079】

そして、仮想車輪 6 1_x の半径 r_x と、基準部 Ps_x 及び質点 Ga_x の床面からの高さ h_x とは、あらかじめ設定された既定値（一定値）とされる。なお r_x は、換言すれば、乗員搭乗部 5（又は基体 2）の Y 軸周り方向の傾動中心の床面からの高さに相当する。この r_x は、本実施形態では、第 1 の移動動作部 3 の環状芯体 6 の中心軸と接地面との距離に相当する。

【0080】

同様に、X 軸方向から見た車両系全体重心の挙動を表す倒立振子モデルは、X 軸方向と平行な回転軸心を有して床面上を輪転自在な仮想的な車輪 6 1_y（以降、仮想車輪 6 1_y という）と、該仮想車輪 6 1_y の回転中心から延設されて、該仮想車輪 6 1_y の回転軸周りに（X 軸周り方向に）揺動自在なロッド 6 2_y と、このロッド 6 2_y の先端部（上端部）である基準部 Ps_y に連結された質点 Ga_y とを備える。

【0081】

この倒立振子モデルでは、質点 Ga_y の運動が、X 軸方向から見た車両系全体重心の運動に相当し、鉛直方向に対するロッド 6 2_y の傾斜角度 θ_{b_y} （X 軸周り方向の傾斜角度）が、乗員搭乗部 5（又は基体 2）の X 軸周り方向の傾斜角度に一致するものとされる。また、第 1 の移動動作部 3 の Y 軸方向の並進運動が、仮想車輪 6 1_y の輪転による Y 軸方向の並進運動に相当するものとされる。

【0082】

10

20

30

40

50

そして、仮想車輪 6 1_y の半径 r_y と、基準部 Ps_y 及び質点 Ga_y の床面からの高さ h_y とは、あらかじめ設定された既定値（一定値）とされる。なお r_y は、換言すれば、乗員搭乗部 5（又は基体 2）の X 軸周り方向の傾動中心の床面からの高さに相当する。この r_y は、本実施形態では、第 1 の移動動作部 3 のローラ 7 の半径に相当する。また、X 軸方向で見た基準部 Ps_y 及び質点 Ga_y の床面からの高さ h_y は、Y 軸方向で見た基準部 Ps_x 及び質点 Ga_x の床面からの高さ h_x と同じである。そこで、以降、 $h_x = h_y = h$ とおく。

【0083】

ここで、Y 軸方向から見た場合の上記基準部 Ps_x と質点 Ga_x との位置関係について補足すると、基準部 Ps_x の位置は、乗員搭乗部 5 に搭乗（着座）した乗員が、該乗員搭乗部 5 に対して不動であると仮定した場合における車両系全体重心の位置に相当している。従って、この場合には、質点 Ga_x の位置は、基準部 Ps_x の位置に一致する。このことは、X 軸方向から見た場合の上記基準部 Ps_y と質点 Ga_y との位置関係についても同様である。

【0084】

ただし、実際には、乗員搭乗部 5 に搭乗した乗員が、その上体等を乗員搭乗部 5（又は基体 2）に対して動かすことで、実際の車両系全体重心の X 軸方向の位置及び Y 軸方向の位置は、一般には、それぞれ基準部 Ps_x 、 Ps_y の位置から横方向にずれることとなる。このため、図 5 では、質点 Ga_x 、 Ga_y の位置をそれぞれ、基準部 Ps_x 、 Ps_y の位置からずらした状態で図示している。

【0085】

上記のような倒立振子モデルで表現される車両系全体重心の挙動は、次式（1 a）、（1 b）、（2 a）、（2 b）により表現される。この場合、式（1 a）、（1 b）は、Y 軸方向で見た挙動、式（2 a）、（2 b）は、X 軸方向で見た挙動を表している。

【0086】

$$Vb_x = Vw1_x + h \cdot \omega b_x \quad \cdots \cdots (1 a)$$

$$dVb_x/dt = (g/h) \cdot (\theta b_x \cdot (h - r_x) + Ofst_x) + \omega z \cdot Vb_y \quad \cdots \cdots (1 b)$$

$$Vb_y = Vw1_y + h_y \cdot \omega b_y \quad \cdots \cdots (2 a)$$

$$dVb_y/dt = (g/h) \cdot (\theta b_y \cdot (h - r_y) + Ofst_y) - \omega z \cdot Vb_x \quad \cdots \cdots (2 b)$$

ここで、 Vb_x は、車両系全体重心の X 軸方向の速度（並進速度）、 $Vw1_x$ は、仮想車輪 6 1_x の X 軸方向の移動速度（並進速度）、 θb_x は乗員搭乗部 5（又は基体 2）の Y 軸周り方向の傾斜角度、 ωb_x は θb_x の時間的变化率（ $= d\theta b_x/dt$ ）、 $Ofst_x$ は車両系全体重心の X 軸方向の位置（質点 Ga_x の X 軸方向の位置）の、前記基準部 Ps_x の位置からの X 軸方向のずれ量、 Vb_y は、車両系全体重心の Y 軸方向の速度（並進速度）、 $Vw1_y$ は、仮想車輪 6 1_y の Y 軸方向の移動速度（並進速度） θb_y は乗員搭乗部 5（又は基体 2）の X 軸周り方向の傾斜角度、 ωb_y は θb_y の時間的变化率（ $= d\theta b_y/dt$ ）、 $Ofst_y$ は車両系全体重心の Y 軸方向の位置（質点 Ga_y の Y 軸方向の位置）の、前記基準部 Ps_y の位置からの Y 軸方向のずれ量である。また、 ωz は車両 1 の旋回時のヨーレート（ヨー軸周り方向の角速度）、 g は重力加速度定数である。なお、 θb_x 、 ωb_x の正方向は、車両系全体重心が X 軸の正方向（前向き）に傾く方向、 θb_y 、 ωb_y の正方向は、車両系全体重心が Y 軸の正方向（左向き）に傾く方向である。また、 ωz の正方向は、車両 1 を上方から見た場合に、反時計周り方向である。

【0087】

なお、 Vb_x 、 Vb_y はそれぞれ、前記基準部 Ps_x の X 軸方向の移動速度、前記基準部 Ps_y の Y 軸方向の移動速度に一致する。

【0088】

式（1 a）の右辺第 2 項（ $= h \cdot \omega b_x$ ）は、乗員搭乗部 5 の Y 軸周り方向の傾動によって生じる基準部 Ps_x の X 軸方向の並進速度成分、式（2 a）右辺第 2 項（ $= h \cdot \omega b_y$ ）は、乗員搭乗部 5 の X 軸周り方向の傾動によって生じる基準部 Ps_y の Y 軸方向の並進

速度成分である。

【0089】

補足すると、式(1a)における V_{w1_x} は、詳しくは、ロッド62_xに対する（換言すれば乗員搭乗部5又は基体2に対する）相対的な仮想車輪61_xの周速度である。このため、 V_{w1_x} には、床面に対する仮想車輪61_xの接地点のX軸方向の移動速度（床面に対する第1の移動動作部3の接地点のX軸方向の移動速度）の加えて、ロッド62_xの傾動に伴う速度成分（ $= r_{_x} \cdot \omega_{b_x}$ ）が含まれている。このことは、式(2a)における V_{w1_y} についても同様である。

【0090】

また、式(1b)の右辺の第1項は、車両系全体重心のX軸方向の位置（質点 G_{a_x} のX軸方向の位置）の、仮想車輪61_xの接地部（Y軸方向から見た第1の移動動作部3の接地部）の鉛直上方位置からのずれ量（ $= \theta_{b_x} \cdot (h - r_{_x}) + Ofst_x$ ）に応じて仮想車輪61_xの接地部に作用する床反力（図5のF）のX軸方向成分（図5の $F_{_x}$ ）によって車両系全体重心に発生するX軸方向の加速度成分、式(1b)の右辺の第2項は、 ω_z のヨーレートでの旋回時に車両1に作用する遠心力によって発生するX軸方向の加速度成分である。

【0091】

同様に、式(2b)の右辺の第1項は、車両系全体重心のY軸方向の位置（質点 G_{a_y} のY軸方向の位置）の、仮想車輪61_yの接地部（X軸方向から見た第1の移動動作部3の接地部）の鉛直上方位置からのずれ量（ $= \theta_{b_y} \cdot (h - r_{_y}) + Ofst_y$ ）に応じて仮想車輪61_yの接地部に作用する床反力（図5のF）のY軸方向成分（図5の $F_{_y}$ ）によって車両系全体重心に発生するY軸方向の加速度成分、式(2b)の右辺の第2項は、 ω_z のヨーレートでの旋回時に車両1に作用する遠心力によって発生するY軸方向の加速度成分である。

【0092】

上記の如く、式(1a)、(1b)により表現される挙動（X軸方向で見た挙動）は、ブロック線図で表現すると、図6に示すように表される。図中の $1/s$ は積分演算を表している。

【0093】

そして、図6における参照符号Aを付した演算部の処理が、式(1a)の関係式に該当しており、参照符号Bを付した演算部の処理が、式(1b)の関係式に該当している。

【0094】

なお、図6中の $h \cdot \theta_{b_x}$ は、近似的には、図5に示した $Diff_x$ に一致する。

【0095】

一方、式(2a)、(2b)により表現される挙動（Y軸方向で見た挙動）を表現するブロック線図は、図6中の添え字“_x”を“_y”に置き換え、参照符号Cを付した加算器への入力の一つである図中下側の加速度成分（遠心力によって発生する加速度成分）の符号“+”を“-”に置き換えることによって得られる。

【0096】

本実施形態では、第1制御処理部24の処理のアルゴリズムは、上記の如く車両系全体重心の基準部 P_{s_x} 、 P_{s_y} からのずれ量と、遠心力とを考慮した車両系全体重心の挙動モデル（倒立振子モデル）に基づいて構築されている。

【0097】

以上を前提として、第1制御処理部24の処理をより具体的に説明する。なお、以降の説明では、Y軸方向から見た挙動に関する変数の値と、X軸方向から見た挙動に関する変数の値との組を添え字“_xy”を付加して表記する場合がある。

【0098】

図4を参照して、第1制御処理部24は、制御装置21の各演算処理周期において、まず、操作指令変換部31の処理と、前記重心速度推定部33の処理とを実行する。

【0099】

10

20

30

40

50

操作指令変換部 31 は、ジョイスティック 12 から与えられる前進・後進指令（ジョイスティック 12 の X 軸方向での揺動量とその揺動の向きを示す操作信号）又は横移動指令（ジョイスティック 12 の Y 軸方向での揺動量とその揺動の向きを示す操作信号）に応じて第 1 の移動動作部 3 の移動速度（並進速度）の基本指令値である基本速度指令 V_{js_xy} を決定する。

【0100】

この場合、基本速度指令 V_{js_xy} のうち、X 軸方向の基本速度指令 V_{js_x} は、前進・後進指令に応じて決定される。具体的には、前進・後進指令により示されるジョイスティック 12 の揺動量が、前方側への揺動量である場合には、X 軸方向の基本速度指令 V_{js_x} を車両 1 の前進方向への速度指令とし、ジョイスティック 12 の揺動量が、後方側への揺動量である場合には、X 軸方向の基本速度指令 V_{js_x} を車両 1 の後進方向への速度指令とする。また、この場合、X 軸方向の基本速度指令 V_{js_x} の大きさは、ジョイスティック 12 の前方側又は後方側への揺動量が大きいほど、既定の上限値以下で、大きくなるように決定される。

【0101】

なお、ジョイスティック 12 の前方側又は後方側への揺動量が十分に微小なものとなる所定の範囲を不感帯域として、その不感帯域内の揺動量では、X 軸方向の基本速度指令 V_{js_x} をゼロに設定するようにしてもよい。

【0102】

また、基本速度指令 V_{js_xy} のうち、Y 軸方向の基本速度指令 V_{js_y} は、横移動指令に応じて決定される。具体的には、横移動指令により示されるジョイスティック 12 の揺動量が、右向きへの揺動量である場合には、Y 軸方向の基本速度指令 V_{js_y} を車両 1 の右向きへの速度指令とし、ジョイスティック 12 の揺動量が、左向きへの揺動量である場合には、Y 軸方向の基本速度指令 V_{js_y} を車両 1 の左向きへの速度指令とする。この場合、Y 軸方向の基本速度指令 V_{js_y} の大きさは、ジョイスティック 12 の右向き又は左向きへの揺動量が大きいほど、既定の上限値以下で、大きくなるように決定される。

【0103】

なお、基本速度指令 V_{js_y} の大きさは、ジョイスティック 12 の右向き又は左向きへの揺動量が十分に微小なものとなる所定の範囲を不感帯域として、その不感帯域内の揺動量では、Y 軸方向の基本速度指令 V_{js_y} をゼロに設定するようにしてもよい。

【0104】

また、ジョイスティック 12 が前後方向（X 軸方向）及び Y 軸方向（左右方向）の両方に操作されている場合には、Y 軸方向の基本速度指令 V_{js_y} の大きさを、ジョイスティック 12 の前後方向の揺動量又は X 軸方向の基本速度指令 V_{js_x} に応じて変化させるようにしてもよい。

【0105】

前記重心速度推定部 33 は、前記倒立振子モデルにおける前記式（1a）、（2a）に表される幾何学的な（運動学的な）関係式に基づいて、車両系全体重心の速度の推定値 $V_{b_estml_xy}$ を算出する。

【0106】

具体的には、図 4 のブロック図で示す如く、第 1 の移動動作部 3 の実際の並進速度 $V_{w1_act_xy}$ の値と、乗員搭乗部 5 の傾斜角度 θ_{b_xy} の実際の時間的变化率（傾斜角速度） $\omega_{b_act_xy}$ に、車両系全体重心の高さ h を乗じてなる値とを加え合せることにより、車両系全体重心の速度の推定値 $V_{b_estml_xy}$ を算出する。

【0107】

すなわち、車両系全体重心の X 軸方向の速度の推定値 $V_{b_estml_x}$ と Y 軸方向の速度の推定値 $V_{b_estml_y}$ とがそれぞれ、次式（3a）、（3b）により算出される。

【0108】

$$V_{b_estml_x} = V_{w1_act_x} + h \cdot \omega_{b_act_x} \quad \cdots \cdots (3a)$$

10

20

30

40

50

$$Vb_estm1_y = Vw1_act_y + h \cdot \omega b_act_y \quad \dots \dots (3b)$$

ただし、車両系全体重心の位置の基準部 P_{s_xy} の位置からの前記ずれ量 $Ofst_xy$ （以降、重心ずれ量 $Ofst_xy$ という）の時間的変化率は、 Vb_estm1_xy に比べて十分に小さく無視できるものとした。

【0109】

この場合、上記演算における $Vw1_act_x$ 、 $Vw1_act_y$ の値としては、本実施形態では、前回の演算処理周期で姿勢制御演算部 34 により決定された第 1 の移動動作部 3 の移動速度の目標値 $Vw1_cmd_x$ 、 $Vw1_cmd_y$ （前回値）が用いられる。

【0110】

ただし、例えば、電動モータ 8a、8b のそれぞれの回転速度をロータリエンコーダ等の回転速度センサにより検出し、それらの検出値から推定した $Vw1_act_x$ 、 $Vw1_act_y$ の最新値（換言すれば、 $Vw1_act_x$ 、 $Vw1_act_y$ の計測値の最新値）を式（3a）、（3b）の演算に用いるようにしてもよい。

【0111】

また、 ωb_act_x 、 ωb_act_y の値としては、本実施形態では、前記傾斜センサ 22 の検出信号に基づく乗員搭乗部 5 の傾斜角度 θb の計測値の時間的変化率の最新値（換言すれば、 ωb_act_x 、 ωb_act_y の計測値の最新値）が用いられる。

【0112】

補足すると、式（3a）、（3b）は、それぞれ前記式（Ax）、（Ay）と同じ式である。

【0113】

第 1 制御処理部 24 は上記の如く操作指令変換部 31 及び重心速度推定部 33 の処理を実行した後、次に、図 4 に示す重心ずれ推定部 35a の処理を実行することで、前記重心ずれ量 $Ofst_xy$ の推定値である重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ を決定する。なお、重心ずれ量 $Ofst_xy$ は、本発明における全体重心移動量に相当するものである。

【0114】

この重心ずれ推定部 35a の処理は、図 7 のブロック線図により示される処理である。なお、図 7 は、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ のうちの X 軸方向の重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_x$ の決定処理を代表的に表している。また、以降の説明では、重心速度推定部 33 により算出された車両系全体重心の速度の推定値 Vb_estm1_x 、 Vb_estm1_y をそれぞれ第 1 推定値 Vb_estm1_x 、 Vb_estm1_y ということがある。

【0115】

図 7 の処理を具体的に説明すると、重心ずれ推定部 35a は、傾斜センサ 22 の検出信号から得られた乗員搭乗部 5 の Y 軸周り方向の実際の傾斜角度 θb_act_x の計測値（最新値）と、ヨーレートセンサ 23 の検出信号から得られた車両 1 の実際のヨーレート ωz_act の計測値（最新値）と、重心速度推定部 33 により算出された車両系全体重心の Y 軸方向の速度の第 1 推定値 Vb_estm1_y （最新値）と、前回の演算処理周期で決定した X 軸方向の重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_x$ （前回値）とを用いて、前記式（1b）の右辺の演算処理を演算部 35a1 で実行することにより、車両系全体重心の X 軸方向の並進加速度の推定値 DVb_estm_x を算出する。

【0116】

さらに重心ずれ推定部 35a は、車両系全体重心の X 軸方向の並進加速度の推定値 DVb_estm_x を積分する処理を演算部 35a2 で実行することにより、車両系全体重心の X 軸方向の速度の第 2 推定値 Vb_estm2_x を算出する。

【0117】

次いで、重心ずれ推定部 35a は、車両系全体重心の X 軸方向の速度の第 2 推定値 Vb_estm2_x （最新値）と、第 1 推定値 Vb_estm1_x （最新値）との偏差を算出する処理を演算部 35a3 で実行する。

【0118】

10

20

30

40

50

さらに、重心ずれ推定部 35 a は、この偏差に所定値のゲイン ($-K_p$) を乗じる処理を演算部 35 a4 で実行することにより、X 軸方向の重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_x$ の最新値を決定する。

【0119】

Y 軸方向の重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_y$ の決定処理も上記と同様に実行される。具体的には、この決定処理を示すブロック線図は、図 7 中の添え字 “_x” と “_y” とを入れ替え、加算器 35 a5 への入力の一つである図中右側の加速度成分（遠心力によって発生する加速度成分）の符号 “+” を “-” に置き換えることによって得られる。

【0120】

このような重心ずれ推定部 35 a の処理によって、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ を逐次更新しつつ決定することによって、 $Ofst_estm_xy$ を実際の値に収束させるように決定することができる。

10

【0121】

第 1 制御処理部 24 は、次に、図 4 に示す重心ずれ影響量算出部 35 b の処理を実行することによって、重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ を算出する。

【0122】

重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ は、後述する姿勢制御演算部 34 において、車両系全体重心の位置が倒立振子モデルにおける前記基準部 Ps_xy の位置からずれることを考慮せずにフィードバック制御を行った場合の車両系全体重心の目標速度に対する実際の重心速度のずれを表す。

20

【0123】

具体的には、この重心ずれ影響量算出部 35 b は、新たに決定された重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ の各成分に、 $(K_{th_xy} / (h - r_{xy})) / K_{vb_xy}$ という値を乗じることにより、前記重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ を算出する。

【0124】

なお、 K_{th_xy} は、後述する姿勢制御演算部 34 の処理において、乗員搭乗部 5 の傾斜角度をゼロ (目標傾斜角度) に近づけるように機能する操作量成分を決定するためのゲイン値である。また、 K_{vb_xy} は、後述する姿勢制御演算部 34 の処理において、車両系全体重心の目標速度 Vb_cmd_xy と該車両系全体重心の速度の第 1 推定値 Vb_estm1_xy との偏差をゼロに近づけるように機能する操作量成分を決定するためのゲイン値である。

30

【0125】

第 1 制御処理部 24 は、次に、図 4 に示す重心目標速度決定部 32 の処理を実行することによって、前記操作指令変換部 31 により決定された基本速度指令 Vjs_xy と、前記重心ずれ影響量算出部 35 b により決定された重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ とに基づいて、制限後重心目標速度 Vb_cmd_xy を算出する。

【0126】

重心目標速度決定部 32 は、まず、図 4 に示す処理部 32 c の処理を実行する。この処理部 32 c は、重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ の値に関する不感帯処理とリミット処理とを実行することで、車両系全体重心の速度の目標値のうちの重心ずれに応じた成分としての目標重心速度加算量 $Vb_cmd_by_ofs_xy$ を決定する。

40

【0127】

具体的には、本実施形態では、重心目標速度決定部 32 は、X 軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_x$ の大きさがゼロ近辺の所定の範囲である不感帯域内の値 (比較的ゼロに近い値) である場合には、X 軸方向の目標重心速度加算量 $Vb_cmd_by_ofs_x$ をゼロにする。

【0128】

また、重心目標速度決定部 32 は、X 軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_x$ の大きさが不感帯域内から逸脱した値である場合には、X 軸方向の目標重心速度加算量 $Vb_cmd_by_ofs_x$ を、 $Vofs_x$ と同極性で、その大きさが、 $Vofs_x$ の大きさの増加に伴い大きくなるように決定する。ただし、目標重心速度加算量 $Vb_cmd_by_ofs_x$ の値は、所定の上限値 (> 0) と下限値 (≤ 0) との間の範囲内に制限される。

50

【0129】

Y軸方向の目標重心速度加算量 $Vb_cmd_by_ofs_y$ の決定処理も上記と同様である。

【0130】

次いで、重心目標速度決定部32は、前記操作指令変換部31により決定された基本速度指令 Vjs_xy の各成分に目標重心速度加算量 $Vb_cmd_by_ofs_xy$ の各成分を加え合わせてなる目標速度 Vl_xy を決定する処理を図4に示す処理部32dで実行する。すなわち、 $Vl_x = Vjs_x + Vb_cmd_by_ofs_x$ 、 $Vl_y = Vjs_y + Vb_cmd_by_ofs_y$ という処理によって、 Vl_xy (Vl_x と Vl_y との組)を決定する。

【0131】

さらに、重心目標速度決定部32は、処理部32eの処理を実行する。この処理部32eでは、第1の移動動作部3のアクチュエータ装置8としての電動モータ8a、8bのそれぞれの回転速度を、所定の許容範囲から逸脱させることのないようにするために、目標速度 Vl_x と Vl_y との組み合わせを制限してなる車両系全体重心の目標速度としての制限後重心目標速度 Vb_cmd_xy (Vb_cmd_x 、 Vb_cmd_y の組)を決定するリミット処理が実行される。

10

【0132】

この場合、処理部32dで求められた目標速度 Vl_x 、 Vl_y の組が、目標速度 Vl_x の値を縦軸、目標速度 Vl_y の値を横軸とする座標系上で所定の領域(例えば8角形状の領域)内に在る場合には、その目標速度 Vl_xy がそのまま制限後重心目標速度 Vb_cmd_xy として決定される。

20

【0133】

また、処理部32dで求められた目標速度 Vl_x 、 Vl_y の組が、上記座標系上の所定の領域から逸脱している場合には、該所定の領域の境界上の組に制限したものが、制限後重心目標速度 Vb_cmd_xy として決定される。

【0134】

以上のごとく、前記基本速度指令 Vjs_xy と、前記重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ (または、重心ずれ量)とに基づいて、重心目標速度 Vb_cmd_xy が決定されるので、乗員は、操作器の操作(ジョイスティック12の操作)と、乗員の身体の姿勢の変化(体重移動)によって、車両1を操縦することができる。

【0135】

以上の如く重心目標速度決定部32の処理を実行した後、第1制御処理部24は、次に、姿勢制御演算部34の処理を実行する。この姿勢制御演算部34は、図4のブロック線図で示す処理によって、第1の移動動作部3の移動速度(並進速度)の目標値である第1目標速度 $Vw1_cmd_xy$ を決定する。

30

【0136】

より詳しくは、姿勢制御演算部34は、まず、前記制限後重心目標速度 Vb_cmd_xy の各成分から、重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ の各成分を減じる処理を演算部34bで実行することにより重心ずれ補償後目標速度 $Vb_cmpn_cmd_xy$ (最新値)を決定する。

【0137】

次いで、姿勢制御演算部34は、重心調整部34cの処理を実行することで、車両系全体重心の位置を調整するための重心操作量として、乗員搭乗部5の傾斜角度 θb の補正量である傾斜補正量 θb_cmpn_xy を算出する。

40

【0138】

この場合、重心調整部34cは、図8のブロック線図で示す処理によって、傾斜補正量 θb_cmpn_xy を算出する。

【0139】

具体的には、重心調整部34cは、まず、前記重心ずれ影響量算出部35bにより算出された重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ の時間的变化率(微分値)に応じた第1補正量成分 θb_cmpn1_xy と、該重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ に応じた第2補正量成分 θb_cmpn2_xy と、ヨーレートセンサ23の検出信号から得られた車両1の実際のヨーレート ωz_act の計測値に応じ

50

た第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_y}$ を算出する。

【0140】

この場合、第1補正量成分 $\theta_{b_cmpn1_xy}$ のうちのY軸周り方向の成分 $\theta_{b_cmpn1_x}$ は、重心ずれ影響量算出部35bにより逐次算出されたX軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_x$ から処理部34c1で算出した $Vofs_x$ の微分値 $DVofs_x$ (最新値) に、処理部34c2で所定値のゲイン $K1$ を乗じることにより算出される。第1補正量成分 $\theta_{b_cmpn1_xy}$ のうちのX軸周り方向の成分 $\theta_{b_cmpn1_y}$ も上記と同様に算出される。

【0141】

また、第2補正量成分 $\theta_{b_cmpn2_xy}$ のうちのY軸周り方向の成分 $\theta_{b_cmpn2_x}$ は、重心ずれ影響量算出部35bにより逐次算出されたX軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_x$ (最新値) に処理部34c3で不感帯処理及びリミット処理を施した値 $Vofs_lim_x$ に、処理部34c4で所定値のゲイン $K2$ を乗じることにより算出される。

10

【0142】

上記処理部34c3では、X軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_x$ の大きさがゼロ近辺の所定の範囲である不感帯域内の値 (比較的ゼロに近い値) である場合には、 $Vofs_lim_x$ がゼロとされる。

【0143】

また、X軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_x$ の大きさが不感帯域内から逸脱した値である場合には、 $Vofs_lim_x$ を、 $Vofs_x$ と同極性で、その大きさが、 $Vofs_x$ の大きさの増加に伴い大きくなるように決定する。ただし、 $Vofs_lim_x$ の値は、所定の上限値 (> 0) と下限値 (< 0) との間の範囲内に制限される。

20

【0144】

第2補正量成分 $\theta_{b_cmpn2_xy}$ のうちのX軸周り方向の成分 $\theta_{b_cmpn2_y}$ も上記と同様に算出される。

【0145】

また、第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_y}$ は、X軸周りの方向の成分であり、本実施形態では、Y軸周り方向の第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_x}$ はゼロとされる。そして、X軸周りの方向の第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_y}$ は、車両1の実際のヨーレート ω_{z_act} の計測値 (最新値) に処理部34c5で不感帯処理及びリミット処理を施した値 $\omega_{z_act_lim}$ に、処理部34c6で所定値のゲイン $K3$ を乗じることにより算出される。

30

【0146】

上記処理部34c5の処理では、ヨーレート ω_{z_act} の計測値の大きさがゼロ近辺の所定の範囲である不感帯域内の値 (比較的ゼロに近い値) である場合には、 $\omega_{z_act_lim}$ がゼロとされる。

【0147】

また、ヨーレート ω_{z_act} の計測値の大きさが不感帯域内から逸脱した値である場合には、 $\omega_{z_act_lim}$ を、 ω_{z_act} と同極性で、その大きさが、 ω_{z_act} の大きさの増加に伴い大きくなるように決定する。ただし、 $\omega_{z_act_lim}$ の値は、所定の上限値 (> 0) と下限値 (< 0) との間の範囲内に制限される。

【0148】

40

なお、処理部34c6の処理は、処理部34c5の処理に含めるようにしてもよい。

【0149】

重心調整部34cは、以上の如く算出した第1補正量成分 $\theta_{b_cmpn1_xy}$ と第2補正量成分 $\theta_{b_cmpn2_xy}$ と第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_y}$ とを処理部34c7で加え合わせることで、傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ を算出する。

【0150】

補足すると、重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ は、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ に比例する。従って、本実施形態では、第1補正量成分 $\theta_{b_cmpn1_xy}$ は、結果的に重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ の時間的変化率に応じて決定されることとなる。同様に、第2補正量成分 $\theta_{b_cmpn2_xy}$ は、結果的に重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ に応じて決定されることとな

50

る。ただし、Vofs_xyの代わりに、Ofst_estm_xyを用いて、第1補正量成分 θb_cmpn1_x 、第2補正量成分 θb_cmpn2_y を決定するようにしてもよい。

【0151】

また、処理部34c2、34c4、34c6の処理は、それぞれ、処理部34c1、処理部34c3、処理部34c5の処理に含まれるようにしてもよい。

【0152】

また、上記ゲインK1、K2、K3の極性について補足すると、ゲインK1の極性は、第1補正量成分 θb_cmpn1_x 、 θb_cmpn1_y の極性が、それぞれ重心ずれ量推定値Ofst_estm_x、Ofst_estm_yの時間的変化率の極性と逆極性になるように設定されている。

【0153】

同様に、ゲインK2の極性は、第2補正量成分 θb_cmpn2_x 、 θb_cmpn2_y の極性が、それぞれ重心ずれ量推定値Ofst_estm_x、Ofst_estm_yの極性と逆極性になるように設定されている。

【0154】

さらに、ゲインK3の極性は、 ωz_act が上方から見て反時計周りの向きである場合に、第3補正量成分 θb_cmpn3_y の極性が負の値となり、 ωz_act が上方から見て時計周りの向きである場合に、第3補正量成分 θb_cmpn3_y 極性が正の値となるように設定されている。

【0155】

また、本実施形態と本発明との対応関係について補足すると、本実施形態では、重心ずれ影響量Vofs_xy（又は重心ずれ量推定値Ofst_estm_xy）と、その時間的変化率（微分値）と、ヨーレート ωz_act の計測値とが本発明における車両の所定種類の状態に相当する。従って、重心ずれ影響量算出部35b（又は重心ずれ推定部35a）とヨーレートセンサ23と、処理部34c1とが本発明における車両状態検知部に相当する。

【0156】

図4の説明に戻って、次に、姿勢制御演算部34は、上記演算部34bと、重心調整部34cと、積分演算を行う積分演算部34aとを除く演算部の処理によって、第1の移動動作部3の接地点の並進加速度の目標値である目標並進加速度DVw1_cmd_xyのうちのX軸方向の目標並進加速度DVw1_cmd_xと、Y軸方向の目標並進加速度DVw1_cmd_yとをそれぞれ次式(4a)、(4b)の演算により算出する。

【0157】

$$\begin{aligned} DVw1_cmd_x = & Kvb_x \cdot (Vb_cmpn_cmd_x - Vb_estm1_x) \\ & - Kth_x \cdot (\theta b_act_x + \theta b_cmpn_x) \\ & - Kw_x \cdot \omega b_act_x \quad \dots\dots (4a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DVw1_cmd_y = & Kvb_y \cdot (Vb_cmpn_cmd_y - Vb_estm1_y) \\ & - Kth_y \cdot (\theta b_act_y + \theta b_cmpn_y) \\ & - Kw_y \cdot \omega b_act_y \quad \dots\dots (4b) \end{aligned}$$

式(4a)、(4b)におけるKvb_xy、Kth_xy、Kw_xyはあらかじめ設定された所定のゲイン値である。

【0158】

また、式(4a)の右辺の第1項は、車両系全体重心のX軸方向の重心ずれ補償後目標速度Vb_cmpn_cmd_xy（最新値）と第1推定値Vb_estm1_x（最新値）との偏差に応じたフィードバック操作量成分、第2項は、乗員搭乗部5のY軸周り方向の実際の傾斜角度 θb_act_x の計測値（最新値）を傾斜補正量 θb_cmpn_x により補正した値（ $= \theta b_act_x + \theta b_cmpn_x$ ）に応じたフィードバック操作量成分、第3項は、乗員搭乗部5のY軸周り方向の実際の傾斜角速度 ωb_act_x の計測値（最新値）に応じたフィードバック操作量成分である。そして、X軸方向の目標並進加速度DVw1_cmd_xは、これらのフィードバック操作量成分の合成操作量として算出される。

【0159】

同様に、式(4b)の右辺の第1項は、車両系全体重心のY軸方向の重心ずれ補償後目標速度 $V_{b_cmpn_cmd_y}$ (最新値)と第1推定値 $V_{b_estm1_y}$ (最新値)との偏差に応じたフィードバック操作量成分、第2項は、乗員搭乗部5のX軸周り方向の実際の傾斜角度 $\theta_{b_act_y}$ の計測値(最新値)を傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_y}$ により補正した値($=\theta_{b_act_y}+\theta_{b_cmpn_y}$)に応じたフィードバック操作量成分、第3項は、乗員搭乗部5のX軸周り方向の実際の傾斜角速度 $\omega_{b_act_y}$ の計測値(最新値)に応じたフィードバック操作量成分である。そして、Y軸方向の目標並進加速度 $DV_{w1_cmd_y}$ は、これらのフィードバック操作量成分の合成操作量として算出される。

【0160】

次いで、姿勢制御演算部34は、積分演算部34aによって、目標並進加速度 $DV_{w1_cmd_xy}$ の各成分を積分することによって、第1の移動動作部3の第1目標速度 $V_{w1_cmd_xy}$ (最新値)を決定する。

【0161】

そして、第1制御処理部24は、上記の如く決定した第1目標速度 $V_{w1_cmd_xy}$ にしたがって第1の移動動作部3のアクチュエータ装置8としての電動モータ8a、8bを制御する。より詳しくは、第1制御処理部24は、第1目標速度 $V_{w1_cmd_xy}$ により規定される各電動モータ8a、8bの回転速度の目標値に、実際の回転速度(計測値)を追従させるように、フィードバック制御処理により各電動モータ8a、8bの電流指令値を決定し、この電流指令値に従って、各電動モータ8a、8bの通電を行なう。

【0162】

以上の処理により、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ がゼロもしくはゼロに近い値(詳しくは、図8の処理部34c3における不感帯域の値)で一定に維持されており、且つ、車両1の実際ヨーレート ω_{z_zct} がゼロもしくはそれに近い値(詳しくは、図8の処理部34c5における不感帯域の値)となっている状況では、傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ がゼロとなる。

【0163】

この状況では、重心目標速度 $V_{b_cmd_xy}$ が一定である場合、図10(a)に例示する如く車両系全体重心 G_a が第1の移動動作部3の接地点の真上に存在する状態(換言すれば、車両系全体重心が第1の移動動作部3に作用する接地荷重(鉛直方向の路面反力)の作用線 L_g 上に存在する状態)で、車両系全体重心の実際の移動速度(第1推定値 $V_{b_estm1_xy}$)が $V_{b_cmd_xy}$ に一致する状態を、収束目標として第1の移動動作部3の目標並進加速度 $DV_{w1_cmd_xy}$ 、ひいては、第1目標速度 $V_{w1_cmd_xy}$ が逐次決定される。

【0164】

この場合、車両1の非旋回時には、車両系全体重心が第1の移動動作部3の接地点の真上に存在する状態(車両系全体重心が第1の移動動作部3に作用する接地荷重(鉛直方向の路面反力)の作用線 L_g 上に存在する状態)は、乗員搭乗部5の実際の傾斜角度 $\theta_{b_act_xy}$ が $-Ofst_estm_xy/(h-r_xy)$ となる状態である。車両1の非旋回時には、この状態が、本発明におけるバランス状態に相当する状態である。補足すると、車両1の旋回時におけるバランス状態は、遠心力を考慮した動力的なつり合い状態であり、この状態で車両系全体重心の位置は接地荷重の作用線 L_g 上の位置から水平方向にずれた位置となる。

【0165】

なお、図10(a)では、 $Ofst_estm_xy=0$ である。また、図10中の G_p 、 G_v はそれぞれ、乗員単独の重心、車両1単独の重心を示している。

【0166】

一方、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ の時間的変化率がゼロでない場合、あるいは、 $Ofst_estm_xy$ の大きさが比較的大きなものとなった場合(詳しくは、 $Ofst_estm_xy$ が図8の処理部34c3における不感帯域から逸脱した場合)、あるいは、車両1の実際ヨーレート ω_{z_zct} の大きさが比較的大きなものとなった場合(詳しくは、 ω_{z_act} が図8の処理

10

20

30

40

50

部 3 4 c5における不感帯域から逸脱した場合) には、傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ がゼロでない値となる。

【0167】

この状況では、重心目標速度 $V_{b_cmd_xy}$ が一定である場合、図 10 (b) に例示する如く車両系全体重心 G_a の位置がバランス状態の位置 (図示例では、第 1 の移動動作部 3 の接地点の真上 (第 1 の移動動作部 3 に作用する接地荷重の作用線 L_g 上) の位置) から横方向にずれた状態で、車両系全体重心の実際の移動速度 (第 1 推定値 $V_{b_estm1_xy}$) が $V_{b_cmd_xy}$ に一致する状態を、収束目標として第 1 の移動動作部 3 の目標並進加速度 $DV_{w1_cmd_xy}$ 、ひいては、第 1 目標速度 $V_{w1_cmd_xy}$ が逐次決定される。

【0168】

10

この場合、車両系全体重心 G_a の位置がバランス状態の位置 (ここでは、第 1 の移動動作部 3 の接地点の真上 (第 1 の移動動作部 3 に作用する接地荷重の作用線 L_g 上) の位置) から横方向にずれた状態というのは、より詳しくは、乗員搭乗部 5 の実際の傾斜角度 $\theta_{b_act_xy}$ を傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ で補正してなる値 ($= \theta_{b_act_xy} + \theta_{b_cmpn_xy}$) が $-Ofst_estm_xy / (h - r_xy)$ に一致する状態 (換言すれば、実際の傾斜角度 $\theta_{b_act_xy}$ が、 $-(\theta_{b_cmpn_xy} + Ofst_estm_xy / (h - r_xy))$ に一致する状態) である。

【0169】

補足すると、前記式 (4 a), (4 b) において、 $V_{b_cmpn_cmd_x} = V_{b_cmd_x} - V_{ofs_x} = V_{b_cmd_x} - (K_{th_x} / (h - r_x)) \cdot (1 / K_{vb_x}) \cdot Ofst_estm_x$ 、及び、 $V_{b_cmpn_cmd_y} = V_{b_cmd_y} - V_{ofs_y} = V_{b_cmd_y} - (K_{th_y} / (h - r_y)) \cdot (1 / K_{vb_y}) \cdot Ofst_estm_y$ であるから、式 (4 a), (4 b) はそれぞれ、次式 (4 a)', (4 b)' に書き換えることができる。

20

【0170】

$$\begin{aligned} DV_{w1_cmd_x} = & K_{vb_x} \cdot (V_{b_cmd_x} - V_{b_estm1_x}) \\ & - K_{th_x} \cdot (Ofst_estm_x / (h - r_x) + \theta_{b_cmpn_x} + \theta_{b_act_x}) \\ & - K_{w_x} \cdot \omega_{b_act_x} \quad \dots\dots (4 a)' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DV_{w1_cmd_y} = & K_{vb_y} \cdot (V_{b_cmd_y} - V_{b_estm1_y}) \\ & - K_{th_y} \cdot (Ofst_estm_y / (h - r_y) + \theta_{b_cmpn_y} + \theta_{b_act_y}) \\ & - K_{w_y} \cdot \omega_{b_act_y} \quad \dots\dots (4 b)' \end{aligned}$$

30

この場合、式 (4 a)', (4 b)' の右辺第 2 項は、X 軸方向及び Y 軸方向における実際の車両系全体重心の位置が、第 1 の移動動作部 3 の接地点の直上の位置から X 軸方向及び Y 軸方向にそれぞれ、 $\theta_{b_cmpn_x} \cdot (h - r_x)$ 、 $\theta_{b_cmpn_y} \cdot (h - r_y)$ だけずらした位置に収束するようにするためのフィードバック操作量成分としての意味を持つ。該フィードバック操作量成分は換言すれば、乗員搭乗部 5 の実際の傾斜角度 $\theta_{b_act_xy}$ が、車両系全体重心の位置をずらした状態での目標傾斜角度 ($-(Ofst_estm_xy / (h - r_xy)) + \theta_{b_cmpn_xy}$) に収束するようにするためのフィードバック操作量成分としての意味を持つ。

40

【0171】

以上が、本実施形態における第 1 制御処理部 2 4 の処理の詳細である。

【0172】

次に、前記第 2 制御処理部 2 5 の処理を図 9 を参照して説明する。第 2 制御処理部 2 5 は、その処理を概略的に言えば、車両系全体重心等の車両 1 の代表点もしくは第 1 の移動動作部 3 の Y 軸方向 (乗員の左右方向) における実際の運動状態もしくは目標の運動状態、又は該運動状態に関する乗員の動作状態に基づいて、車両 1 を旋回させることの要求 (以降、旋回要求という) の有無、あるいは該旋回要求の度合いを判断する。

【0173】

本実施形態では、旋回要求の有無、あるいは該旋回要求の度合いを判断する指標として

50

、前記重心速度推定部 33 で算出される車両系全体重心の Y 軸方向の移動速度の推定値 $V_{b_estml_y}$ が用いられる。なお、 $V_{b_estml_y}$ は、前記基準部 P_{s_y} の Y 軸方向の移動速度に一致するので、乗員搭乗部 5（又は基体 2）に対して固定された代表点の Y 軸方向の移動速度の観測値としての意味を持つものである。

【0174】

そして、第 2 制御処理部 25 は、旋回要求が有ると判断される場合には、車両 1 の旋回を行なわせるために、第 2 の移動動作部 4 の Y 軸方向の第 2 目標速度 $V_{w2_cmd_y}$ を、第 1 の移動動作部 3 の Y 軸方向の第 1 目標速度 $V_{w1_cmd_y}$ と異ならせるように決定する。

【0175】

このような第 2 制御処理部 25 の処理は、具体的には次のように行なわれる。すなわち、図 9 を参照して、第 2 制御処理部 25 は、まず、処理部 41 の処理を実行する。処理部 41 には、重心速度推定部 33 で算出される車両系全体重心の Y 軸方向の移動速度の推定値 $V_{b_estml_y}$ （最新値）が入力される。そして、処理部 41 は、 $V_{b_estml_y}$ に応じて、不感帯処理後速度 V_{wla_y} を決定する。

【0176】

ここで、車両 1 の乗員が、車両 1 を右側又は左側に旋回させようとする場合には、通常、乗員は、自身の上体を右側又は左側に傾けることで、自身の重心を車両 1 の右側又は左側にずらすようにする。このとき、前記第 1 制御処理部 24 の制御処理によって決定される第 1 の移動動作部 3 の左右方向の第 1 目標速度 $V_{w1_cmd_y}$ は、基本的には、右向き又は左向きの移動速度となる。

【0177】

ただし、乗員が車両 1 を旋回させることを意図していない場合であっても、乗員の上体のふらつきによって、乗員自身の重心が右側又は左側に多少ずれる場合もある。

【0178】

そこで、処理部 41 は、図 9 中に示すグラフの特性で、不感帯処理後速度 V_{wla_y} を $V_{b_estml_y}$ に応じて決定する。具体的には、 $V_{b_estml_y}$ の絶対値が比較的小さく、 $V_{b_estml_y}$ が、ゼロを中心とする所定範囲 Δa 内の値である場合（ $V_{b_estml_y}$ の絶対値があらかじめ定めた所定値以下である場合）には、処理部 41 は、旋回要求が無いものとみなして、 V_{wla_y} をゼロとする。

【0179】

また、 $V_{b_estml_y}$ の絶対値が比較的大きいものとなっており、 $V_{b_estml_y}$ が、所定範囲 Δa 外の値である場合（ $V_{b_estml_y}$ の絶対値があらかじめ定めた所定値よりも大きい場合）には、処理部 41 は、旋回要求が有るものとみなして、 V_{wla_y} をゼロでない値に設定する。

【0180】

具体的には、処理部 41 は、 V_{wla_y} の絶対値が、既定の上限値以下で、 $V_{b_estml_y}$ の絶対値の増加に伴い増加していくように、 V_{wla_y} を $V_{b_estml_y}$ に応じて決定する。この場合、 V_{wla_y} の極性（向き）は、 $V_{b_estml_y}$ と同じとされる。後述するように、旋回中心を望ましい位置に設定するためには、 $V_{b_estml_y}$ の絶対値の増加に対する V_{wla_y} の絶対値の増加率は 1 が好ましい。すなわち、図 9 のグラフにおける不感帯と飽和領域とを除く領域では傾きは 1 が好ましい。

【0181】

なお、図 9 において、処理部 41 の入力側の括弧付きの参照符号は、後述の変形態様に関するものである。

【0182】

次いで、第 2 制御処理部 25 は、処理部 42 の処理を実行する。この処理部 42 は、 V_{wla_y} を、第 1 の移動動作部 3 の接地部と旋回中心との X 軸方向の距離 L_3 で除算することによって、車両 1 の旋回角速度（ヨー軸周り方向の角速度）の目標値である目標旋回角速度 $\omega_{z_cmd_gc}$ を決定する。この場合、処理部 42 は、上記距離 L_3 を、車両 1 の代表点としての車両系全体重心の X 軸方向の実際の移動速度の推定値 $V_{b_estml_x}$ （最新値）に

10

20

30

40

50

応じて設定する。

【0183】

なお、上記旋回中心は、より詳しくは、第1の移動動作部3と一体に床面上を並進移動する座標系で見た車両1の全体のヨー軸周り方向の回転中心を意味する。

【0184】

本実施形態では、車両1の旋回は、第1の移動動作部3の接地部の後方側（ひいては、乗員搭乗部5に搭乗した乗員の後方側）の床面上の点を旋回中心として、車両1がヨー軸まわり方向に旋回するように行なわれる。そして、その旋回中心と第1の移動動作部3の接地部との間のX軸方向の距離L3は、 Vb_estm1_x がゼロである場合には、旋回中心が第2の移動動作部4の接地部近辺の位置になるように設定される。例えば、L3は、第1の移動動作部3の接地部と第2の移動動作部4の接地部との間の距離に一致もしくはほぼ一致するように設定される。

【0185】

また、 Vb_estm1_x が正の場合、すなわち前への移動である場合、 Vb_estm1_x の大きさ（絶対値）が大きくなるに伴い、旋回中心が第2の移動動作部4の接地部側から、第1の移動動作部3の接地部側に近づいてくるように（ひいては、旋回中心のX軸方向の位置が、乗員搭乗部5に搭乗した乗員の直下の位置（乗員を床面に投影した位置）に近づいてくるように）L3が設定される。すなわち、 Vb_estm1_x の大きさ（絶対値）が大きくなるに伴い、L3が小さくなっていくように設定される。ただし、L3は、既定の下限值（ >0 ）以上の距離に制限される。

【0186】

なお、 Vb_estm1_x が負の場合、すなわち後ろへの移動である場合には、L3は Vb_estm1_x がゼロの場合の値と同一にするか、 Vb_estm1_x の大きさ（絶対値）が大きくなるに伴い、L3が大きくなるように設定されることが好ましい。

【0187】

処理部42は、このように Vb_estm1_x に応じて決定した距離L3によって、 $Vw1a_y$ を除算することにより、目標旋回角速度 ωz_cmd_gc を決定する。なお、 ωz_cmd_gc は、 $Vw1a_y$ が左向きの速度である場合には、左周り（反時計周り）の角速度であり、 $Vw1a_y$ が右向きの速度である場合には、右周り（時計周り）の角速度である。

【0188】

次いで、第2制御処理部25は、処理部43の処理を実行する。処理部43は、処理部42で決定された目標旋回角速度 ωz_cmd_gc に、第1の移動動作部3の接地部と第2の移動動作部4の接地部との間の既定の距離の（-1）倍の値（ $=-L$ ）を乗じることによって、目標旋回角速度 ωz_cmd_gc で車両1の旋回行なった場合における第2の移動動作部4の、第1の移動動作部3に対するY軸方向の相対移動速度 $\Delta Vw2_cmd_y$ を算出する。

【0189】

このように決定される第2の移動動作部4のY軸方向の相対移動速度 $\Delta Vw2_cmd_y$ は、 $\omega z_cmd_gc=0$ である場合（旋回要求が無い場合）にはゼロとなる。また、 $\Delta Vw2_cmd_y$ は、 ωz_cmd_gc が左周りの旋回角速度である場合には、右向きの速度、 ωz_cmd_gc が右周りの旋回角速度である場合には、左向きの速度である。従って、旋回要求がある場合の $\Delta Vw2_cmd_y$ は、 $Vw1a_y$ 又は Vb_estm1_y と逆向きの速度である。

【0190】

次いで、第2制御処理部25は、処理部44の処理を実行する。この処理部44は、第2の移動動作部4のY軸方向の相対移動速度 $\Delta Vw2_cmd_y$ を、前記第1制御処理部24で決定された第1の移動動作部3のY軸方向の第1目標速度 $Vw1_cmd_y$ （最新値）に加えることにより、第2の移動動作部4のY軸方向の第2目標速度 $Vw2_cmd_y$ の基本値 $Vw2_cmd_a_y$ （最新値）を決定する。

【0191】

次いで、第2制御処理部25は、処理部45の処理を実行する。この処理部45は、第2の移動動作部4のスリップを防止するためのスリップ防止処理を実行することで、第2

10

20

30

40

50

の移動動作部 4 の Y 軸方向の第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ を決定する。

【0192】

この場合、処理部 45 は、基本値 $Vw2_cmda_y$ の絶対値が過大である場合等、第 2 の移動動作部 4 のスリップが発生しやすいと予測される場合に、第 2 の移動動作部 4 の Y 軸方向の第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ を、基本値 $Vw2_cmda_y$ から修正した速度に設定する。そして、処理部 45 は、第 2 の移動動作部 4 のスリップが発生しないと予測される場合には、基本値 $Vw2_cmda_y$ をそのまま第 2 の移動動作部 4 の Y 軸方向の第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ として決定する。

【0193】

なお、第 2 の移動動作部 4 を、バネ等により床面に押し付けるようにした場合等、第 2 の移動動作部 4 と床面との間の摩擦力が十分に確保できるような場合には、処理部 45 の処理を省略するようにしてもよい。

【0194】

そして、第 2 制御処理部 25 は、上記の如く決定した第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ にしたがって第 2 の移動動作部 4 のアクチュエータ装置としての電動モータ 17 を制御する。より詳しくは、第 2 制御処理部 25 は、第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ により規定される電動モータ 17 の回転速度の目標値に、実際の回転速度（計測値）を追従させるように、フィードバック制御処理により電動モータ 17 の電流指令値を決定し、この電流指令値に従って、電動モータ 17 の通電を行なう。

【0195】

第 2 制御処理部 25 の制御処理は、以上の如く実行される。これにより、第 2 の移動動作部 4 の Y 軸方向の第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ は、基本的には、相対移動速度 $\Delta Vw2_cmd_y$ を、第 1 の移動動作部 3 の Y 軸方向の第 1 目標速度 $Vw1_cmd_y$ （最新値）に加えた速度に決定される。

【0196】

この場合、車両系全体重心の Y 軸方向の移動速度の推定値 Vb_estm1_y の絶対値が十分に小さく、旋回要求が無いと判断される状況では、 $\Delta Vw2_cmd_y = 0$ となるので、第 2 の移動動作部 4 の Y 軸方向の第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ は、基本的には、第 1 の移動動作部 3 の Y 軸方向の第 1 目標速度 $Vw1_cmd_y$ と一致するように決定される。

【0197】

一方、車両系全体重心の Y 軸方向の移動速度の推定値 Vb_estm1_y の絶対値が比較的大きく、旋回要求があると判断される状況では、 $\Delta Vw2_cmd_y$ は、 Vb_estm1_y と逆向きの速度に決定される。このため、第 2 の移動動作部 4 の Y 軸方向の第 2 目標速度 $Vw2_cmd_y$ は、基本的には、第 1 の移動動作部 3 の Y 軸方向の第 1 目標速度 $Vw1_cmd_y$ と同じ向きで、 $Vw1_cmd_y$ よりも小さい大きさの速度（ゼロもしくはゼロに近い速度）に決定されるか、又は第 1 の移動動作部 3 の Y 軸方向の第 1 目標速度 $Vw1_cmd_y$ と逆向きの速度に決定される。

【0198】

以上説明した本実施形態の車両 1 では、乗員搭乗部 5 に搭乗した乗員の身体の動きに伴う該乗員搭乗部 5（又は基体 2）の前後方向（X 軸方向）の傾動に応じて、あるいは、ジョイスティック 12 の前後方向の揺動操作に応じて出力される前進・後進指令に応じて X 軸方向での車両 1 の並進移動を行なうことができる。

【0199】

また、乗員搭乗部 5 に搭乗した乗員自身の重心の左右方向の移動（乗員搭乗部 5 に対する相対的な移動）が比較的小さく、車両系全体重心の Y 軸方向の移動速度の推定値 Vb_estm1_y が、ゼロ近辺の所定範囲 Δa 内に収まるような状況では、該乗員搭乗部 5（又は基体 2）の左右方向（Y 軸方向）の微小な傾動に応じて、あるいは、ジョイスティック 12 の左右方向の揺動操作に応じて出力される横移動指令に応じて Y 軸方向での車両 1 の並進移動を行なうことができる。

【0200】

また、これらの並進移動を複合して、X軸方向及びY軸方向に対して傾斜した任意の方向にも車両1の並進移動を行なうこともできる。

【0201】

また、乗員搭乗部5に搭乗した乗員が、自身の重心を左右方向に比較的大きく移動させることによって、車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値 $V_{b_estm1_y}$ が、ゼロ近辺の所定範囲 Δa から逸脱した場合には、第2の移動動作部4のY軸方向の第2目標速度 $V_{w2_cmd_y}$ は、第2の移動動作部4のY軸方向の第1目標速度 $V_{w1_cmd_y}$ から、 $\Delta V_{w2_cmd_y}$ だけずらした速度に決定される。そして、この場合、第2目標速度 $V_{w2_cmd_y}$ は、車両1を第1の移動動作部3の接地部の後方側の旋回中心周りに車両1を旋回させるような速度に決定される。

10

【0202】

このため、乗員は、自身の重心を左右方向に動かすように上体を動かすだけで、車両1を旋回させることができる。また、この場合、乗員が自身の重心を左側に動かせば、左周りに車両1が旋回するようになり、また、乗員が自身の重心を右側に動かせば、右周りに車両1が旋回するようになる。従って、左右方向での乗員の重心の動きと、車両1の旋回方向とが整合する。

【0203】

このため、乗員は、自身の上体の左右方向の動きによって車両1を容易に旋回させることができると共に、その旋回のための操縦操作を容易に習得することができる。

【0204】

また、例えば車両1の停車状態（第1の移動動作部3及び第2の移動動作部4の移動がほぼ停止した状態）で車両1の旋回（方向転換）を行なおうとした場合には、乗員の重量と、車両1の大部分の重量とを支える第1の移動動作部3が左右方向（Y軸方向）に動くこととなるので、第1の移動動作部3に大きな摩擦力が作用するのを防止できる。そのため、車両1の旋回（方向転換）を円滑に行うことができる。

20

【0205】

また、車両1を前方向（X軸の正の方向）に移動させながら、車両1の旋回を行なおうとした場合には、車両1の代表点としての車両系全体重心のX軸方向の移動速度の推定値 $V_{b_estm1_x}$ の大きさ（絶対値）が大きいほど、第1の移動動作部3の接地部と旋回中心との間の距離 L_3 が小さくなるので、乗員は、車両1の旋回時の移動軌道を所望の軌道に沿わせることを容易に行なうことができる。

30

【0206】

また、本実施形態では、第1制御処理部24の重心ずれ推定部35aは、図7に示した処理によって、車両系全体重心の前記重心ずれ量 $Ofst_xy$ を推定する。そのため、該重心ずれ量を精度よく推定することができる。そして、この重心ずれ量 $Ofst_xy$ の推定値 $Ofst_estm_xy$ に応じて、前記した如く車両系全体重心の目標速度（制限後重心目標速度） $V_{b_cmd_xy}$ が決定される。このため、前記重心ずれ量 $Ofst_xy$ が車両1の挙動に及ぼす影響を適切に補償することができる。

【0207】

さらに、本実施形態では、車両1の旋回動作や前進加速等を行うために、乗員搭乗部5に搭乗した乗員が自身の重心を乗員搭乗部5に対して前後方向もしくは左右方向に動かした場合、前記傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ がゼロでない値となる。そして、この状況では、重心目標速度 $V_{b_cmd_xy}$ が一定であっても、車両系全体重心の位置が第1の移動動作部3の接地点の真上（第1の移動動作部3に作用する接地荷重の作用線上）から横方向にずれた状態となるように、第1の移動動作部3の移動が制御される。

40

【0208】

例えば、車両1の旋回時には、図10（b）に示すように、車両系全体重心 G_a が、第1の移動動作部3に作用する接地荷重の作用線 L_g 上の位置から旋回半径の中心側（図10（b）では車両1の前方に向かって右側）にずれるように、車両1の第1の移動動作部3の移動制御が行われる。

50

【0209】

なお、車両系全体重心が、第1の移動動作部3に作用する接地荷重の作用線Lg上の位置からずれる向きは、重心ずれ量推定値Ofst_estm_xy又は重心ずれ量推定値Ofst_estm_xyの時間的変化率と同じ向き、あるいは、車両1の旋回動作における旋回半径の中心に向かう向きとなる。

【0210】

上記のように、車両系全体重心の位置が、第1の移動動作部3に作用する接地荷重の作用線Lg上の位置からずれることで、第1の移動動作部3の移動挙動と車両系全体重心の挙動との整合性が高まる。このため、乗員は、自身の重心の動きが第1の移動動作部3の移動挙動に反映されることを効果的に体感することができる。

10

【0211】

特に、車両1の旋回動作時には、車両系全体重心を、バランス状態の位置から旋回半径の中心に向かってずらすことができる。このため、乗員は、車両1の操縦を行い易くなって、車両1の操作性が高まる。

【0212】

また、本実施形態の車両1では、基体2に対する第2の移動動作部4の揺動量（Y軸周り方向の揺動量）が、前記ストッパ16、16により規定される所定の範囲内に機構的に制限されるので、特に、乗員搭乗部5が、後方側に過剰に傾くのを防止することができる。

【0213】

20

[第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態及び第3実施形態をそれぞれ図11(a)、図11(b)を参照して説明する。なお、第2実施形態及び第3実施形態は、前記第1実施形態と第2制御処理部25の一部の処理のみが相違するものである。従って、第2実施形態及び第3実施形態の説明では、第1実施形態と同一の事項の説明を省略する。

【0214】

また、図11(a)、(b)において、括弧付きの参照符号は、後述の変形態様に関するものである。

【0215】

図11(a)は、第2実施形態において、第2制御処理部25が車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値Vb_estml_yに応じてVwla_y（不感帯処理後速度の目標値）を決定する処理を示している。

30

【0216】

この第2実施形態では、第2制御処理部25は、車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値Vb_estml_yを入力するローカットフィルタ（擬似微分フィルタ）51を備えている。第2制御処理部25は、このローカットフィルタ51の出力（Vb_estml_yにローカット特性のフィルタリング処理を施した値）に処理部52にて所定値のゲインKdを乗じた値を、演算部53にてVb_estml_yに加算する。

【0217】

そして、第2制御処理部25は、Vb_estml_yの代わりに、演算部53の出力を、第1実施形態と同じ処理部41に入力して、該処理部41の処理を第1実施形態と同様に行なうことで、Vwla_yを決定する。すなわち、Vwla_yはVb_estml_yを位相補償回路（フィルタ）に通したものに相当する。

40

【0218】

第2実施形態は、以上説明した以外の事項は第1実施形態と同じである。

【0219】

かかる第2実施形態では、車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値Vb_estml_yの位相補償値（演算部53の出力）と、その時間的変化率に応じたものとなるローカットフィルタ51の出力とに応じてVwla_y、ひいては、目標旋回角速度 $\omega_{z_cmd_gc}$ が決定される。

50

【0220】

このため、乗員の上体の動きに伴う車両系全体重心のY軸方向の移動に対して、車両1の旋回挙動の応答性を高めることができる。

【0221】

次に、図11(b)は、第3実施形態において、第2制御処理部25が車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値 Vb_estm1_y に応じて $Vw1a_y$ (不感帯処理後速度の目標値)を決定する処理を示している。

【0222】

この第3実施形態では、車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値 Vb_estm1_y が第1実施形態と同様に、処理部41に入力されるようになっている。

10

【0223】

また、第3実施形態では、第2制御処理部25は、第2実施形態と同じローカットフィルタ51及び処理部52を備えることに加えて、さらに、処理部52の出力を入力する処理部54を備える。この処理部54は、処理部41と同様の処理を行うものである。

【0224】

具体的には、処理部54の入力値の絶対値が比較的小さく、該入力値が、ゼロを中心とする所定範囲 Δb 内の値である場合(該入力値の絶対値があらかじめ定めた所定値以下である場合)には、処理部54は、出力値をゼロとする。

【0225】

また、処理部54の入力値の絶対値が比較的大きいものとなっており、該入力値が、所定範囲 b 外の値である場合(該入力値の絶対値があらかじめ定めた所定値よりも大きい場合)には、処理部54は、出力値をゼロでない値に設定する。

20

【0226】

具体的には、処理部54は、その出力値の絶対値が、既定の上限値以下で、処理部54の入力値の絶対値の増加に伴い増加していくように、処理部54の入力値に応じて出力値を決定する。この場合、処理部54の出力値の極性(向き)は、入力値と同じとされる。

【0227】

そして、第3実施形態における第2制御処理部25は、処理部41の出力値と、処理部54の出力値とを演算部55で加え合わせることで、 $Vw1a_y$ を決定する。

【0228】

第3実施形態は、以上説明した以外の事項は第1実施形態と同じである。

30

【0229】

かかる第3実施形態では、 $Vw1a_y$ は、車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値 Vb_estm1_y に応じて処理部41により決定された成分と、 Vb_estm1_y の時間的变化率に応じたものとなるローカットフィルタ51の出力に応じて処理部54により決定した成分とを加え合わせることで決定される。

【0230】

このため、第2実施形態と同様に、乗員の上体の動きに伴う車両系全体重心のY軸方向の移動に対して、車両1の旋回挙動の応答性を高めることができる。

【0231】

[変形態様について]

次に、以上説明した各実施形態の変形態様をいくつか説明する。

40

【0232】

前記各実施形態において、目標重心速度 Vb_cmd_xy に、重心ずれ量 $Ofst_estm$ の時間的变化率(微分値)に応じた速度指令成分を付加してもよい。

【0233】

例えば、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ (又はこれに比例する前記重心ずれ影響量 Vo_fs_xy)の時間的变化率、又は、該時間的变化率に所定値のゲインを乗じたものを、付加的な速度指令成分 $Vb2_cmd$ として算出する。そして、この速度指令成分 $Vb2_cmd_xy$ を前記重心目標速度決定部32で算出される目標重心速度 Vb_cmd_xy に加算したものを、 $Vb_$

50

cmd_xyの代わりに姿勢制御演算部34に入力する。

【0234】

この場合には、姿勢制御演算部34では、前記式(4a)、(4b)における $Vb_cmpn_cmd_x$ 、 $Vb_cmpn_cmd_y$ をそれぞれ、 $(Vb_cmd_x + Vb2_cmd_x - Vofs_x)$ 、 $(Vb_cmd_y + Vb2_cmd_y - Vofs_y)$ に置き換えた式、あるいは、前記式(4a)'、(4b)'における Vb_cmd_x 、 Vb_cmd_y をそれぞれ、 $(Vb_cmd_x + Vb2_cmd_x)$ 、 $(Vb_cmd_y + Vb2_cmd_y)$ に置き換えた式によって、第1の移動動作部3の目標並進加速度 $DVw1_cmd_xy$ を算出するようにすればよい。

【0235】

このようにした場合には、乗員の重心の移動に応じた第1の移動動作部3の加減速がより感度よく行われるようになる。その結果、車両1の移動に関する乗員の意思が車両1の挙動により反映されやすくなって、車両1の操作性をより一層高めることができる。

10

【0236】

また、前記各実施形態では、車両1の旋回動作を行いやすくするために、第2の移動動作部4のY軸方向の移動速度を電動モータ17により制御するようにした。これに代えて、車両1の旋回動作を行う場合に、第2の移動動作部4に適宜の制動装置によってY軸方向の制動力を付与するようにしてもよい。

【0237】

このようにした場合には、第2の移動動作部4のY軸方向の速度制御が不要となって、安価な制動装置を採用することができる。なお、この場合、車両1の旋回動作時に第2の移動動作部4に付与する制動力を、前記目標旋回角速度 ωz_cmd_gc 又は第2の移動動作部4のY軸方向の相対移動速度 $\Delta Vw2_cmd_y$ に応じて調整するようにしてもよい。

20

【0238】

さらには、第2の移動動作部4に制動力を付与する代わりに、第2の移動動作部4が、X軸方向にだけ第1の移動動作部3に追従して滑らかに移動し、Y軸方向へは、床面からの摩擦力を受けつつ該床面上を滑ることで移動するように構成されていてもよい。例えば、第2の移動動作部は、Y軸方向の回転軸心だけを有するキャスト又はローラにより構成されていてもよい。

【0239】

このようにした場合には、第1の移動動作部3がY軸方向に移動しようとする、第2の移動動作部4が床面から受ける摩擦力によって制動される。この結果、第1の移動動作部3のY軸方向の移動速度と第2の移動動作部4のY軸方向の移動速度との差が生じることで、車両1の旋回動作を行うことができる。また、第2の移動動作部4を駆動したり、制動するアクチュエータ装置が不要となる。

30

【0240】

また、上記のように床面上をY軸方向に滑ることで移動するように構成された第2の移動動作部4を備える車両1では、第2の移動動作部4を、その接地部分の横断面形状(X軸方向で見た横断面形状)が滑らかにラウンドした形状となるように形成しておくことで、第1の移動動作部3のX軸周り方向の傾動に伴い、第2の移動動作部4が滑らかにX軸周り方向に傾動し得るようにしてもよい。

40

【0241】

そして、この場合、車両1の旋回動作時に、X軸周り方向の前記傾斜補正量 θb_cmpn_y 、ひいては、第2の移動動作部4のX軸周りの方向の傾斜角を調整することで、第2の移動動作部4のスリップ率を調整し得るようにしてもよい。

【0242】

例えば、車両1の旋回動作時における車両1の代表点(車両系全体重心等)のX軸方向の移動速度(前進速度)の観測値の大きさが大きいほど、X軸周り方向の傾斜補正量 θb_cmpn_y の大きさを大きくするように該傾斜補正量 θb_cmpn_y を修正する。このような修正は、例えば、前記重心調整部34cで算出された傾斜補正量 θb_cmpn_y に、車両1の代表点のX軸方向の移動速度の観測値に応じて決定したゲインを乗じることで行うことができ

50

る。

【0243】

これにより、車両1の代表点のX軸方向の移動速度（前進速度）の大きさが大きいほど、第2の移動動作部4のX軸周り方向の傾斜角（鉛直方向に対する傾斜角）が大きくなるようにすることができ、ひいては、該第2の移動動作部4のスリップ率を増加させることができる。その結果、車両1の代表点のX軸方向の移動速度（前進速度）の大きさが大きいほど、車両1の旋回半径を大きくすることができる。

【0244】

なお、この場合、第2の移動動作部4のX軸周り方向の傾斜角の大きさが大きいほど、第2の移動動作部4の接地面の曲率半径が小さくなるように第2の移動動作部4を構成してもよい。あるいは、第2の移動動作部4のX軸周り方向の傾斜角が大きいほど、第2の移動動作部4の接地面の摩擦係数が大きくなるように、該第2の移動動作部4の材質が、第2の移動動作部4の接地箇所に応じて変化するようにしてもよい。このようにすることで、第2の移動動作部4のX軸周り方向の傾斜角の大きさが大きいほど、該第2の移動動作部4のスリップ率が増加する度合を高めることができる。

【0245】

補足すると、上記の如く車両1の代表点のX軸方向の移動速度（前進速度）に応じて傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_y}$ を修正する処理は、前記第1～第3実施形態において採用してもよい。すなわち、前記第1～第3実施形態のそれぞれにおいて、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ 及びその時間的变化率と、ヨーレート ω_{z_act} と、車両1の代表点のX軸方向の移動速度とに応じて、傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_y}$ を決定するようにしてもよい。

【0246】

この場合には、車両1の旋回動作時に、車両1の代表点のX軸方向の移動速度（前進速度）の大きさが大きいほど、傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_y}$ の大きさを大きくすることで、車両1に作用する遠心力が大きいほど、車両系全体重心を、バランス状態の位置から旋回半径の中心側にずらすようにすることができる。従って、車両1より高速で移動させながら、車両1の旋回動作を円滑に行うようにすることができる。

【0247】

前記各実施形態において、ヨーレート ω_{z_act} の代わりに、車両1の旋回要求の指令としての前記不感帯処理後速度 V_{w1a_y} 又は目標旋回角速度 $\omega_{z_cmd_gc}$ （ヨーレートの要求値）に応じて、傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ の第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_y}$ を決定するようにしてもよい。

【0248】

また、前記各実施形態において、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ （又は重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ ）と、重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_xy$ （又は重心ずれ影響量 $Vofs_xy$ ）の時間的变化率と、車両1のヨーレート ω_{z_act} の計測値（又は旋回要求の指令）とのうちの1つ又は2つだけに依じて車両系全体重心の位置を調整するようにしてもよい。すなわち、第1補正量成分 $\theta_{b_cmpn1_xy}$ 、第2補正量成分 $\theta_{b_cmpn2_xy}$ 、第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_y}$ のうちの1つを傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ として決定したり、あるいは、第1補正量成分 $\theta_{b_cmpn1_xy}$ 、第2補正量成分 $\theta_{b_cmpn2_xy}$ 、第3補正量成分 $\theta_{b_cmpn3_y}$ のうちの2つを加え合わせたものを傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ として決定するようにしてもよい。

【0249】

また、この場合においても、傾斜補正量 $\theta_{b_cmpn_xy}$ を、車両1の代表点のX軸方向の移動速度に応じて修正するようにしてもよい。

【0250】

また、前記各実施形態では、第2制御処理部25の処理において、旋回要求の有無、あるいは、旋回要求の度合いを判断する指標として、前記重心速度推定部33で算出される車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値 $V_{b_estm1_y}$ を用いるようにした。ただし、旋回要求の有無、あるいは、旋回要求の度合いを判断する指標として、 $V_{b_estm1_y}$ 以外のパラメータを用いるようにしてもよい。

【0251】

例えば、図9、あるいは、図11(a)、(b)の括弧付きの参照符号で示すように、 Vb_estm_y の代わりに、前記第1制御処理部24の重心ずれ影響量算出部35bで算出されるY軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_y$ (もしくは重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_y$)、あるいは、処理部32eで決定されるY軸方向の制限後重心目標速度 Vb_cmd_y 、あるいは、姿勢制御演算部34で決定される第1の移動動作部3のY軸方向の第1目標速度 $Vw1_cmd_y$ 、あるいは、第1の移動動作部3のY軸方向の実際の移動速度 $Vw1_act_y$ の観測値(例えば電動モータ8bの回転速度の検出値から推定される $Vw1_act_y$ の値)を用いて、前記実施形態と同様に、処理部41、42の処理を実行することで、車両1の目標旋回角速度 ωz_cmd_gc を決定するようにしてもよい。

10

【0252】

なお、この場合、処理部41において、その出力値をゼロとする入力パラメータの値の範囲 Δa (該範囲 Δa の上限値及び下限値の大きさ)と、範囲 Δa 外での該入力パラメータの値に変化に対する出力値の変化率とは、一般的には、各種類の入力パラメータ毎に設定される。このことは、図11(b)に示す処理部54においても同様である。

【0253】

Vb_estm_y の代わりの上記の如きパラメータを用いた場合であっても、前記実施形態と同様に、乗員の上体の左右方向の動きに応じて、車両1の旋回を行なわせることができる。

【0254】

20

ここで、 Vb_estm_y の代わりに、前記第1制御処理部24の重心ずれ影響量算出部35bで算出されるY軸方向の重心ずれ影響量 $Vofs_y$ を用いた場合には、該 $Vofs_y$ は、Y軸方向の重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_y$ に比例するので、 $Vofs_y$ の応じて車両1の目標旋回角速度 ωz_cmd_gc を設定するということは、Y軸方向の重心ずれ量推定値 $Ofst_estm_y$ に応じて車両1の目標旋回角速度 ωz_cmd_gc を設定することと同等である。

【0255】

この場合、ジョイスティック12で横移動指令が出力されても、これに応じた旋回は生じないようにできる。

【0256】

また、前記各実施形態では、車両1の旋回時における旋回中心と第1の移動動作部3の接地部との間の距離 $L3$ を、車両系全体重心の前後方向の移動速度の推定値(観測値) Vb_estm_x に応じて変化させるようにしたが、 $L3$ をあらかじめ定めた一定値にするようにしてもよい。

30

【0257】

また、前記第1実施形態では、処理部41の入力パラメータとしての車両系全体重心のY軸方向の移動速度の推定値 Vb_estm_y がゼロ近辺の所定範囲 Δa 内の値である場合に、目標旋回角速度 ωz_cmd_gc をゼロに設定するようにしたが、該入力パラメータが、所定範囲 Δa 内の値である場合にも、車両1を旋回させるように目標旋回角速度 ωz_cmd_gc を設定するようにしてもよい。すなわち、 Δa をゼロにしてもよい。

【0258】

40

また、前記各実施形態では、第2の移動動作部4を第1の移動動作部3の後方側に配置したものを示したが、第2の移動動作部4を例えば、第1の移動動作部3の前方側に配置するようにしてもよい。

【0259】

また、前記各実施形態では、車両1の起動時から一定時間が経過するまでの暖機運転期間に、その後の定常運転期間と比較して車両1の操縦感度を低下させるように制御装置21が構成されていてもよい。車両1の操縦感度低下のため、たとえば、第1制御処理部24を構成する重心目標速度決定部32の処理部32c(図5参照)の不感帯が、暖機運転期間において一時的に広げられる。これにより、暖機運転期間に車両1が動き出す事態が回避されうる。

50

【0260】

車両1に異常が検知された場合、車両1の操縦感度を断続的または連続的に低下させるように制御装置21が構成されていてもよい。これにより、車両1に異常が発生したにもかかわらず、車両1がなおも継続して使用されたためにダメージが大きくなる事態が回避される。異常検知の有無または異常の種類をインジケータに表示させるまたはスピーカから音声出力させるように制御装置21が構成されていてもよい。

【0261】

異常としては、制御装置21のノイズ由来の通信異常などのシステムエラー、車載バッテリーの蓄電量の顕著な低下、車両1の構成部品の過熱、および、車両1の構成部品である電気機器への供給電流過多などがあげられる。車両1の操縦感度低下のため、たとえば、第1制御処理部24を構成する重心目標速度決定部32の処理部32eのX方向およびY方向のリミット値（図5参照）、ならびに、第2制御処理部25を構成する処理部41のY方向のリミット値（図9参照）のうち少なくとも1つが、異常検知後に徐々に0に近づくように調節される。

【0262】

車両1の異常検知後の状態変化に応じて、車両1の操縦感度を元の操縦感度に近づけるように上昇させるように制御装置21が構成されていてもよい。これにより、異常発生後の車両1のメンテナンス場所などへの移動が可能または容易になる。

【0263】

たとえば、バッテリーの蓄電量低下が検知された後、使用者が乗員搭乗部5から降りたことが検知された場合、車両1の操縦感度が上昇されてもよい。車両1の構成部品の過熱が検知された後、当該構成部品の温度が正常温度に低下したことが確認された場合、車両1の操縦感度が上昇されてもよい。車両1の構成部品への供給電流過多が検知された後、当該電流が正常値に復帰したことが確認された場合、車両1の操縦感度が上昇されてもよい。

【0264】

前記各実施形態では前進・後進指令と横移動指令とを出力するための操作器として、ジョイスティック12を用いたが、ジョイスティックの代わりに、トラックボールや、タッチパッドを使用してもよく、あるいは、乗員による接触箇所を検知する荷重センサや、乗員が把持する姿勢センサ等を使用してもよい。あるいは、例えばスマートフォン等の携帯型端末機を操作器として使用するようにすることもできる。

【0265】

また、ジョイスティック12等の操作器を省略したり、あるいは、前進・後進指令だけを出力する操作器を備えるようにしてもよい。

【0266】

また、第2の移動動作部4は、オムニホイール以外の構造、例えば、第1の移動動作部3と同様の構造のものであってもよい。

【0267】

また、乗員による選択スイッチ等の操作によって、乗員が自身の身体を左右方向に動かすことで車両1の旋回を行なうようにすることと、乗員がジョイスティック等の操作器を操作することで車両1の旋回を行なうようにすることとを選択的に行なうようにすることができるようにしてもよい。

【0268】

そして、ジョイスティック等の操作器の操作に応じて車両1の旋回を行う場合、車両1の旋回動作時の目標旋回角速度もしくは第1の移動動作部3のY軸方向の移動速度もしくは旋回半径等を、操作器の操作によって、制御装置21に指定し得るようにしてもよい。

【0269】

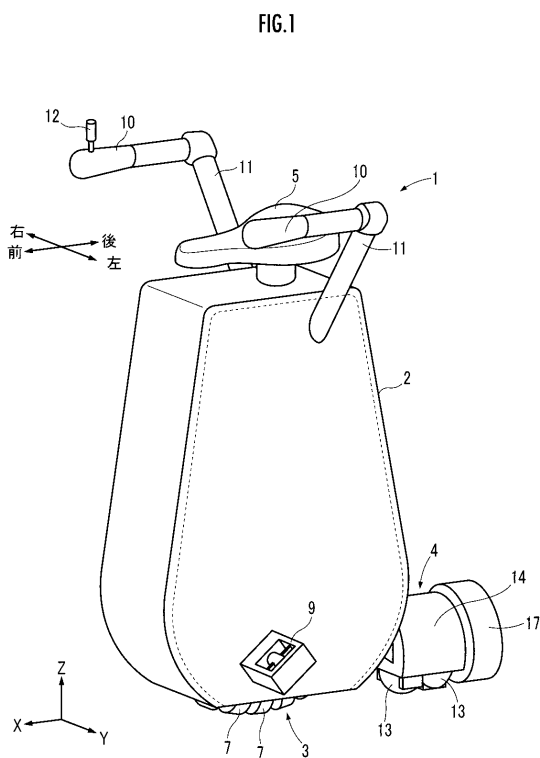
また、倒立振子型車両は、第2の移動動作部4を備えずに、第1の移動動作部3だけを備えるものであってもよい。

【符号の説明】

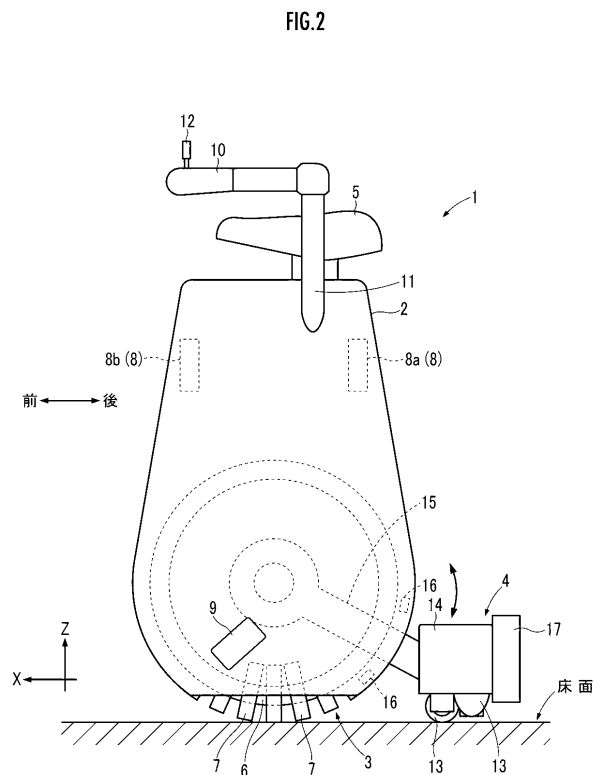
【 0 2 7 0 】

1…倒立振り子型車両、2…基体、3…第1の移動動作部（移動動作部）、5…乗員搭乗部、8（8a，8b）…アクチュエータ装置、21…制御装置、22…傾斜センサ（傾動状態検知部）、23…ヨーレートセンサ（車両状態検知部）、35b…重心ずれ影響量算出部（車両状態検知部）、34c1…処理部（車両状態検知部）。

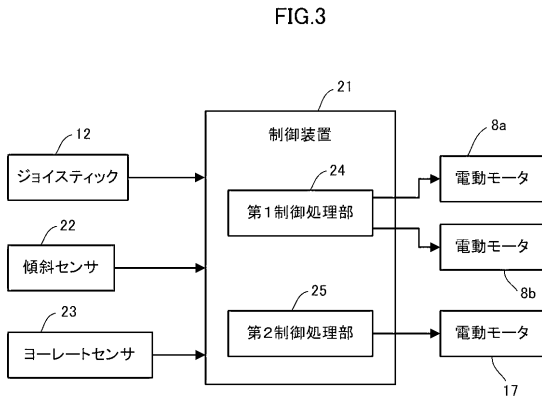
【 図 1 】



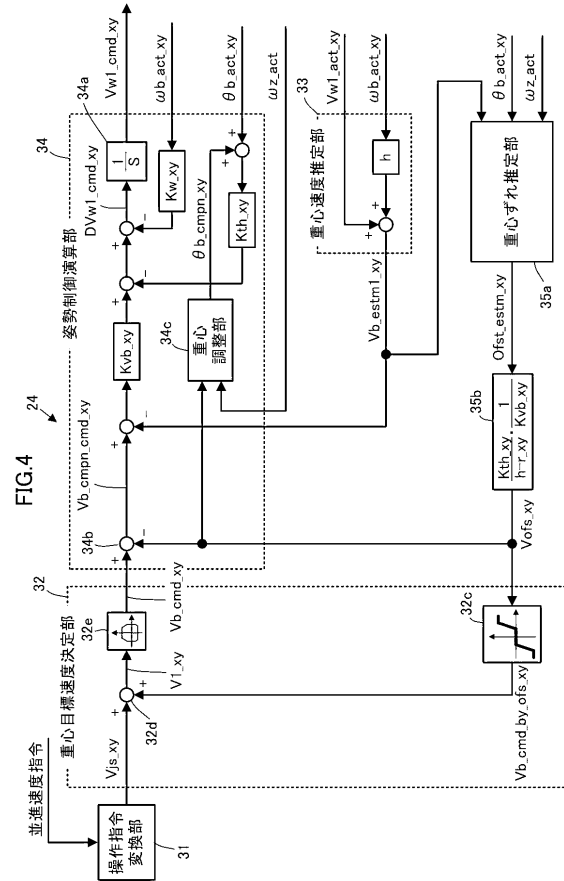
【 図 2 】



【図 3】



【図 4】



【図 11】

FIG.11(a)

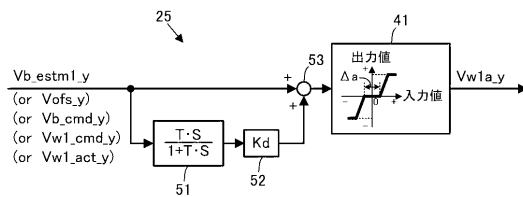


FIG.11(b)

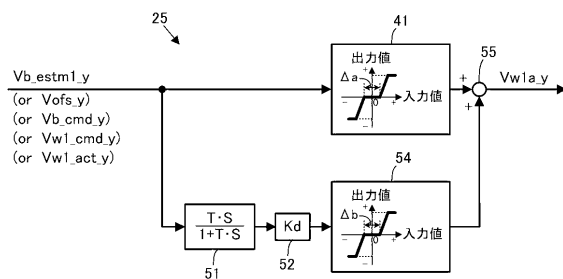


FIG.5

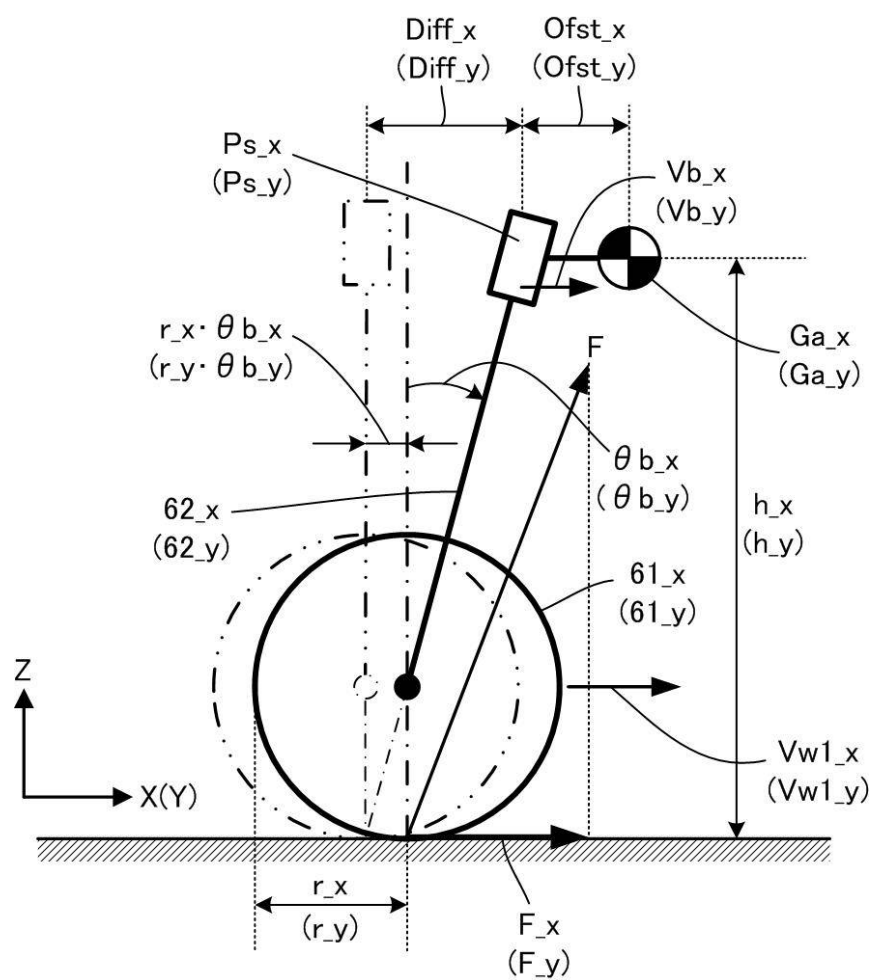
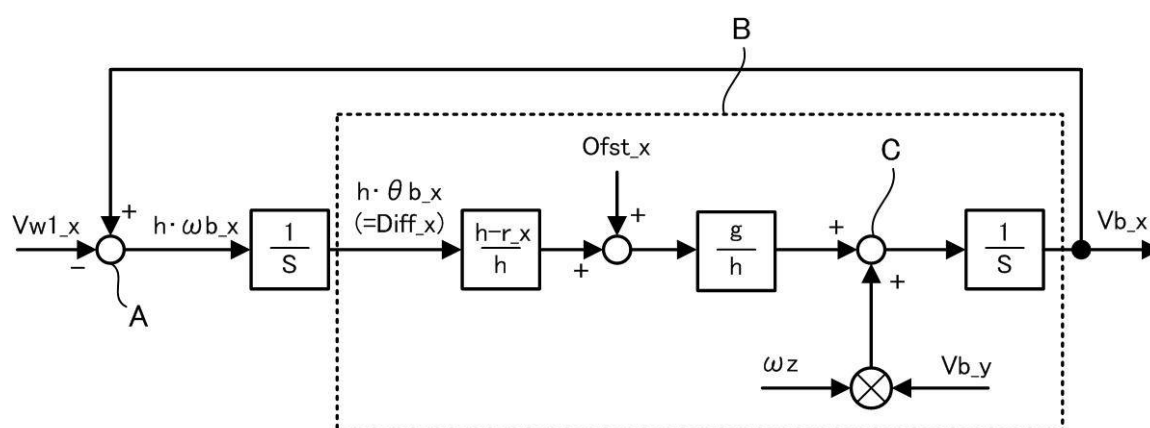
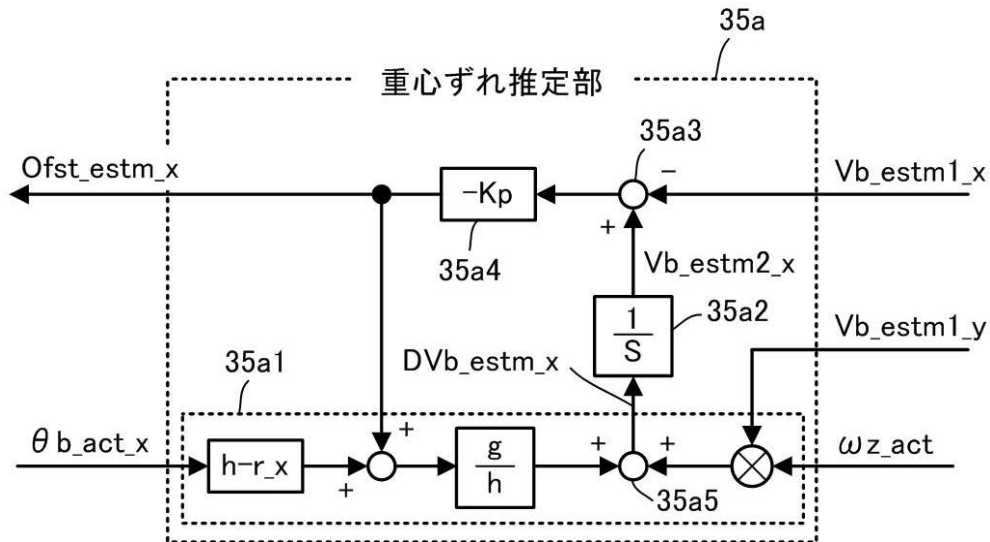


FIG.6



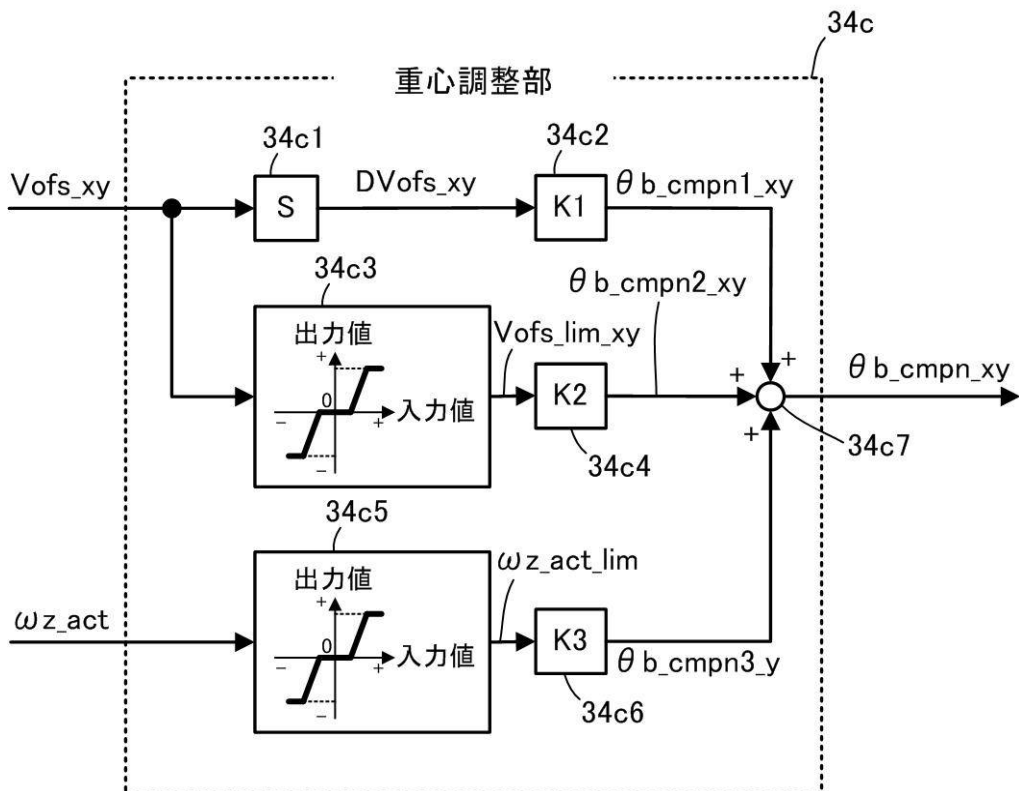
【図 7】

FIG.7



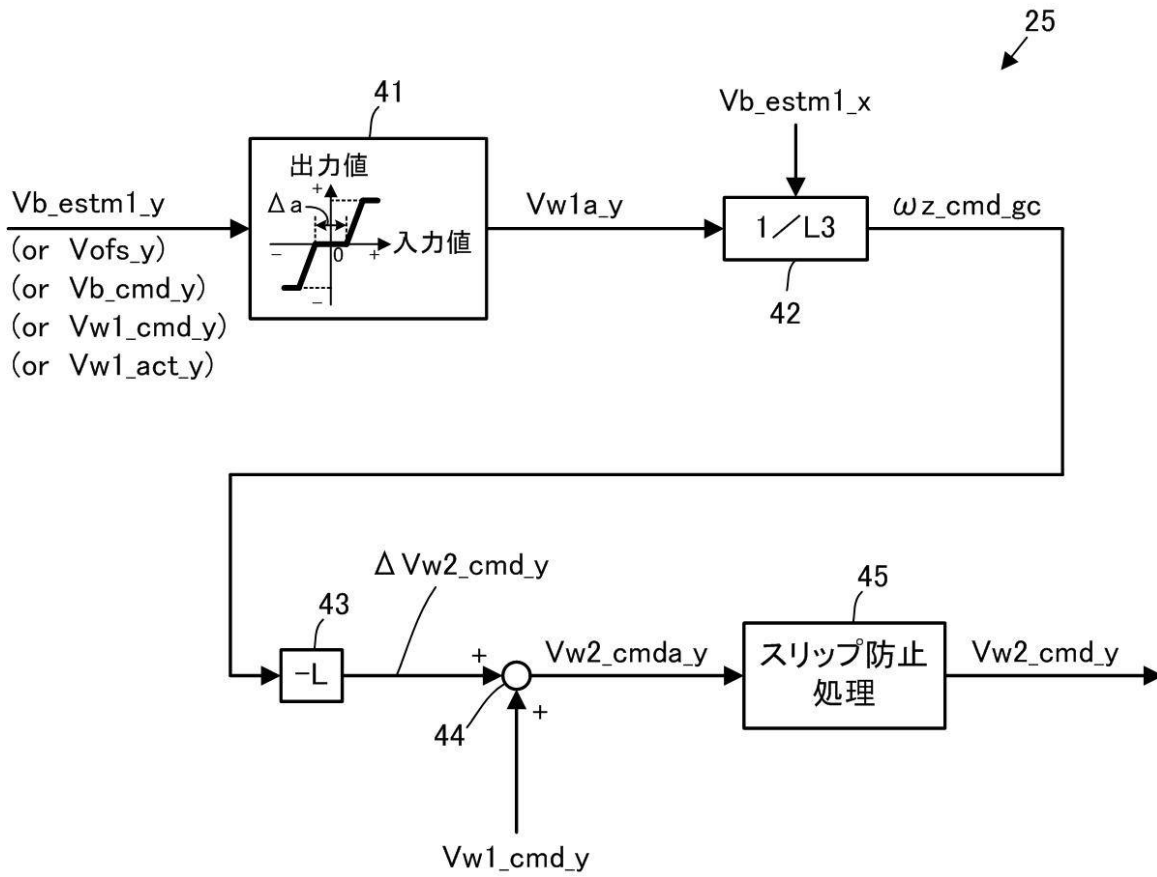
【図 8】

FIG.8



【図 9】

FIG.9



【図 10】

FIG.10(b)

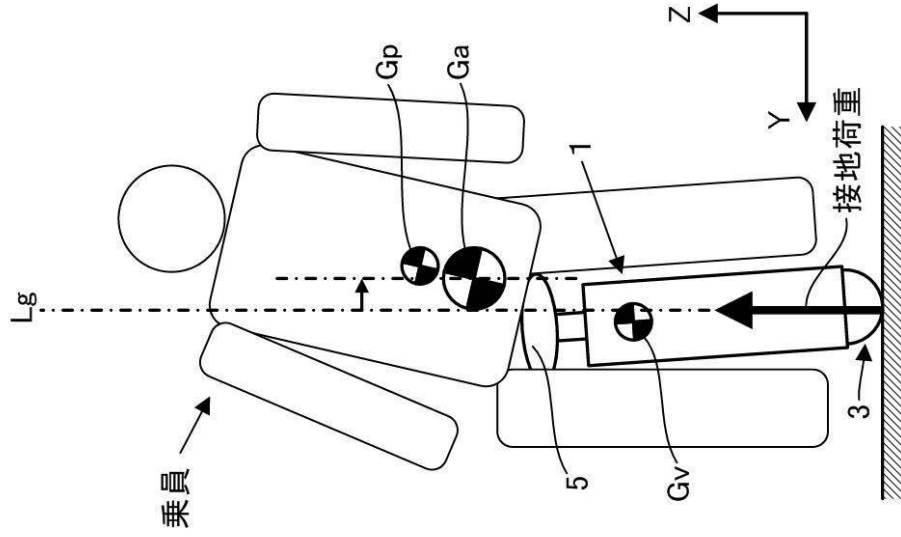
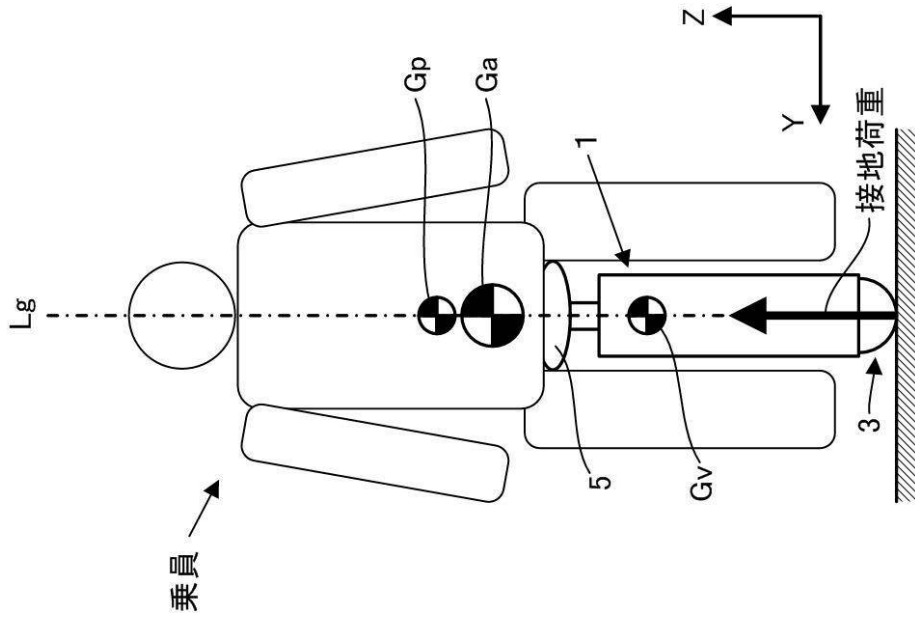


FIG.10(a)



フロントページの続き

(72)発明者 城倉 信也

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3D212 BB10 BB12 BB23 BB32 BB42 BB47 BB54 BB66 BB72 BB74
BB95