

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5243795号
(P5243795)

(45) 発行日 平成25年7月24日 (2013. 7. 24)

(24) 登録日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 3 C 17/12 (2006. 01)

A 6 3 C 17/12

A 6 3 C 17/26 (2006. 01)

A 6 3 C 17/26

B 6 2 K 3/00 (2006. 01)

B 6 2 K 3/00

B 6 2 K 17/00 (2006. 01)

B 6 2 K 17/00

B 6 0 L 15/20 (2006. 01)

B 6 0 L 15/20

J

請求項の数 5 (全 28 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-531470 (P2007-531470)
 (86) (22) 出願日 平成17年9月13日 (2005. 9. 13)
 (65) 公表番号 特表2008-513055 (P2008-513055A)
 (43) 公表日 平成20年5月1日 (2008. 5. 1)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/032797
 (87) 国際公開番号 W02006/031917
 (87) 国際公開日 平成18年3月23日 (2006. 3. 23)
 審査請求日 平成20年9月10日 (2008. 9. 10)
 (31) 優先権主張番号 10/939, 955
 (32) 優先日 平成16年9月13日 (2004. 9. 13)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 594010009
 デカ・プロダクツ・リミテッド・パートナ
 ーシップ
 アメリカ合衆国 ニューハンプシャー O
 3 1 0 1 - 1 1 2 9, マンチェスター,
 コマーシャル ストリート 3 4 0
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (74) 代理人 100062409
 弁理士 安村 高明
 (74) 代理人 100113413
 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 使用者の位置に基づく個人輸送機器の制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの主要接地要素と使用者を支持するシャシーとを有する輸送機器の制御装置であって、該輸送機器は回転角によって特徴付けられ、

該制御装置は、

a. 使用者の検知された体の方向に基づく、所望のヨー角方向および所望のヨー角速度の該使用者による指定を受け取る入力部であって、該入力部は、該シャシーに旋回可能に結合されたシャフトを含み、該シャフトは、該シャシー上の体の方向を変化させることによって、該シャシーに対する該シャフトの角度を該使用者が変動させることが可能であるように、該使用者に接触する、入力部と、

b. 指定されたヨー角方向と指定されたヨー角速度とを達成する過程において該輸送機器のバランスを維持する態様で、該シャシーに対する該シャフトの角度と、ピッチエラーに基づくピッチ指令信号とに少なくとも基づいて、指令信号を生成する処理装置であって、該シャシーに対する該シャフトの角度は、該使用者によって指定されたヨー角方向と該使用者によって指定されたヨー角速度とに比例している、処理装置と

を備え、

該ヨー角方向は、該使用者の左方向または右方向である、制御装置。

【請求項 2】

前記所望の方向の入力が、使用者によって指定された前方または後方を含む、請求項 1 に記載の制御装置。

【請求項 3】

前記使用者によって指定されたヨー角の値と瞬間的なヨー角の値との差分をとることに
より、ヨー角誤差値を生成する加算器をさらに含み、前記処理装置によって生成されたヨ
ー角指令信号は、該ヨー角誤差値に少なくとも部分的に基づいている、請求項 1 に記載の
制御装置。

【請求項 4】

前記シャフトは、側方に配置された 2 つの車輪の回転を特徴付ける軸を横断する平面に
配置されている、請求項 1 に記載の制御装置。

【請求項 5】

前記シャフトは、ハンドルバーを含む、請求項 1 に記載の制御装置。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は個人輸送機器の制御、特に使用者の位置や方向に基づく、この輸送機器（いく
つかの接地要素を有する）の方向または速度のいずれかに関する入力を使用者に与える装
置および方法に関係している。

【背景技術】**【0002】**

動的安定な輸送機器とは、輸送機器が作動している間、その輸送機器の安定性を能動的
に維持する制御システムを有する個人輸送機器をいう。制御システムは、輸送機器の方向
の連続的な検知、安定性維持のための修正動作の決定、および車輪モーターに対する修正
動作の指令により、輸送機器の安定性を維持する。

20

【0003】

安定な踏み跡を維持する車両にとって、一方で操縦を制御することと、車両の前進を制
御することとを連結することは、通常の路面状況において、転回進路の際に接地し続ける
車輪により安定性が維持されるので、関心事ではない。しかしながら、輸送機器のバラン
スの保持においては、1 つかそれ以上の車輪に適用されるいずれのトルクも輸送機器の安
定性に影響を与える。操縦とバランス制御機構を連結することは特許文献 1 の主題の 1 つ
である。バランスのとれた車両の操縦要件と、人間の制御とを直観的かつ自然に統合する
ことで有利に与えられる方向入力が本発明の主題である。

30

【特許文献 1】米国特許第 6,789,640 号明細書

【発明の開示】**【課題を解決するための手段】****【0004】**

（発明の要旨）

本発明の好ましい実施形態によれば、移動したい方向や輸送機器の方向の入力を使用者
に与えるために使用され得る制御装置が提供される。制御装置は検知された使用者の体
の向きに基づく値を使用者による指定として受けるために入力部を有する。

【0005】

使用者が指定した入力は、多様な入力様式（超音波による体位置感知、足部の力の感知
、ハンドルバーの傾斜、アクティブハンドルバー、体位置の機器的な測定、および線形滑
動体の方向入力を含む）のいずれを用いても、使用者により伝達され得る。

40

【0006】

輸送機器が 1 つかそれ以上の接地要素においてバランスのとれた動作が可能な本発明の
実施形態において、入力は使用者の移動したい方向または検知された使用者の体の方向に
基づく望ましい速度を、使用者による指定として受け取ることで与えられる。処理装置は
少なくとも使用者の指定した方向と、指定した方向と速度が達成される間に、輸送機器の
バランスを維持するような様式におけるピッチエラーに基づくピッチ指令信号と関連する
速度の値とに基づく指令信号を発生させる。所望の方向の入力はまた使用者の指定したヨ
ー角の値、ヨー角速度、または前方／後方を含み得る。

50

【 0 0 0 7 】

本発明の他の様々な実施形態において、制御装置は、処理装置により発生したヨー角の指令信号がヨー角の誤差に少なくとも部分的に基づくように、ヨー角の誤差を発生させるために、瞬間のヨー角と使用者が指定したヨー角との差を計算する加算器を有する。使用者の指定を受け取る入力は、使用者の方向を検知するように配置された圧力センサー、使用者の方向を検知するように配置された超音波センサー、または使用者を支持する土台に配置され使用者の体重分布を検知するための力センサーを含み得る。さらに他の実施形態において、使用者の指定を受け取る入力は、側面に配置された2つの車輪の回転を特徴づける軸を横断する面に配置されたシャフトを含み、所望する方向と速度はシャフトの方向に基づき指定される。

10

【 0 0 0 8 】

本発明のさらなる実施形態によると、バランスのとれた輸送機器はハンドルバーを含み得、制御装置はさらに、輸送機器の側方加速度と横転角の少なくとも1つに基づいてハンドルバーの位置取りをする動力付きの支点を有し得る。特に、制御装置は、ハンドルバーの位置が第1の車輪速度の二乗と第2の車輪速度の二乗との差に実質的に釣り合うように指令を与える位置ループを有し得る。

【 0 0 0 9 】

さらに本発明の他の実施形態によると、装置は車両の側方加速度による側方の不安定性を軽減するような様式で、乗り手が車両上で位置取りをすることを促進するように提供される。装置は所望する走行方向を乗り手による指定として受け取る入力部と少なくとも現在の車両の側方加速度に基づく、望ましい瞬間的な体の方向を乗り手に反映させる指示手段を有する。指示手段は車両に対して旋回できるようなハンドルバーを含み得る。ハンドルバーは車両の回転に応答して駆動される。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

(詳細な記載)

車輪の作動を統御する制御ループの作動を別にして車輪が静止することができないが、1つかそれ以上の車輪において作動が可能であれば、個人輸送機器は「バランスがとれている」と述べられ得る。バランスのとれた個人輸送機器は、静力学的な安定性を欠くが、動力学的にはバランスがとれている。このような個人輸送機器と、地面もしくはその他の下に横たわる表面とを接触させルーティン作動中に傾斜に関して輸送機器に対して最低限支持する車輪もしくは他の接地要素を本明細書では「主要接地要素」という。

30

【 0 0 1 1 】

図1は、数字10により全体的に示されており、米国特許第6,302,230号に詳細に記載されているバランスのとれた個人輸送機器を、本発明が有利に適用され得る装置の実例として示す。対象8は支持土台12上に立ち、土台12に据え付けられたハンドル16上のグリップ14を握っている。制御ループは、対象の傾斜が、以下で論じられるように、図2に略式的に描かれるモータードライブによって機軸22について車輪20に対するトルクの適用を引き起こすように提供され得、それにより輸送機器の加速度を発生させる。しかしながら、輸送機器10は静力学的に不安定であり、そして動力学的な安定性を維持するための制御ループが作動しない状態では、輸送機器10は典型的な方向付けの作動がもはや可能でない。この記載と、添付される請求項に用いられる「安定性」とは、システムが、作動位置から、任意の関係で離れるように摂動する場合にも自然に戻るという作動位置の機器的な状況をいう。

40

【 0 0 1 2 】

異なる数の車輪または他の接地部材が、変化する用途に特別に見合うように行った本発明の様々な実施形態において有利に用いられ得る。従って、本発明の範囲内において、接地部材の数は1つまたはそれ以上の任意の数であり得る。車輪の作動を統御する制御ループの作動を別として車輪が安定して静止することができないが、1つかそれ以上の車輪(または他の接地要素)において作動が可能であるならば、個人輸送機器は「バランスがと

50

れた」動作をしていると述べられ得る。このような個人輸送機器と、地面またはその他の下に横たわる表面とを接触させ、ルーティン作動中に傾斜に関して輸送機器を最低限支持する車輪または他の接地要素を本明細書において、「主要接地要素」という。輸送機器 10 のような輸送機器は、ゴルフカートや宅配業の車両のような移動式作業土台やレクリエーション用の車両として有利に用いられ得る。

【0013】

本明細書中で用いられている用語「傾斜」とは、ある瞬間における地面上でシステムを支持する接地要素の回転の中心とシステムの重心とを通る線の局所的な垂直方向に対する角度のことをいう。用語「システム」は、車両が移動する際に乗る表面に対する接地要素の動作により動かされる全質量をいう。

10

【0014】

この記載と添付する請求項において用いられる「安定性」とは、システムが、任意の関係で作動位置から離れるように摂動する場合に自然に戻るといった作動位置の機器的な状況をいう。

【0015】

個人輸送機器のヨー角制御システムの入力を使用者に与える機構は、米国特許出願公開第 10 / 308,850 号に詳細に記載されている。そこで記載され図 3A - 3C に示されているように、輸送機器に乗っている使用者は、図 3B に詳細に示したヨー角グリップアセンブリ 800 を回転させることでヨー角制御装置 502 (図 2 に示されている) に対するヨー角制御入力を与え得る。

20

【0016】

図 2 は、サマー 522 において、現在のヨー角の誤差 ψ_{err} を得るために、所望のヨー角の値 $\psi_{desired}$ に対する現在のヨー角の値 ψ の差分をとることを描いている。所望のヨー角の値 $\psi_{desired}$ が使用者の入力により得られ、その値による様々な実施形態が本明細書に記載されている。現在のヨー角の値 ψ は、車輪速度の微分、慣性の感知などのような様々な状態の評価から導かれる。ヨー角の誤差から導かれるヨー角指令は、例えば米国特許第 6,288,505 号に記載された様々な処理アルゴリズムに従って、モーター制御装置 72 により与えられ、左右のモーター 28 と 30 にそれぞれ適用される。

【0017】

図 3A を特に参照すると、ユーザーインターフェイス 14 の 1 つの実施形態は、対になる中空のストーク 802 をどちらの側にも 1 つ有し、そのどちらもヨー角グリップアセンブリ 800 を支持するために交換できるように役立ち得る。従って、ヨー角は中心制御シャフト 16 におけるどちらかの側の指定された手 (右か左) により有利に制御され得る。ヨー角グリップアセンブリ 800 は、ストーク 802 と同軸の軸 806 に対して回転するヨー角グリップ 804 を含む。パネダンパー 808 は、ヨー角グリップ 804 の回転に対する抵抗力を与え、グリップ 804 を中心の中立な位置に戻す。ヨー角グリップ 804 は少なくとも 1 個の磁石 810 を含み (好ましい実施形態に従う、磁石 2 個の場合を図 3B に示した)、軸 806 に対する回転によって、グリップ 804 の回転方向がストーク 802 から突き出して配置されたセンサーユニット 812 (図 3C に示した) によって感知される。従って、ユーザーインターフェイス 14 は、固定されたヨー角グリップ 814 により、その末端部を密封され、統合され密封されたユーザーインターフェイスの性質は、ヨー角制御入力によって危険にさらされない。センサーユニット 812 は、フェイルセーフ作動を確実にするために、好ましくはリダンダントなホール効果センサーを含み得る。他の磁氣的なセンサーも本発明の範囲において使用され得る。

30

40

【0018】

図 4 は本発明のある実施形態に従う、ヨー角フィードバック制御システムのブロック線図を示す。ラテラルアクセルスケール関数 42 は、高い車輪速度および高い求心加速度の際にヨー角入力 40 の効果を軽減する。指令されたヨー角速度を調節するために用いられるフィードバック 44 は、ヨー角位置を維持するためにヨー角位置項 45、ヨー角速度を 0 に調節することを試みる速度二乗項 46、および使用者に反応するより良いヨー角指令

50

を提供するために用いられるフィードフォワード項 4 9 を含む。

【 0 0 1 9 】

図 4 から、フィードフォワード項 4 9 は、反応システムを提供する目的で迅速な操作に対して支配的でなければならないことは明らかである。速度二乗フィードバック 4 6 は線形制御理論から導かれ、非線形ヨー角減衰の提供に対して効果を有する。

【 0 0 2 0 】

使用者の方向的または速度的な入力を指定するツイスト式グリップ入力装置のいくつかの代案をこれから記載する。

【 0 0 2 1 】

(体位置感知)

本発明の様々な実施形態に従う、乗り手の体位置を検知する装置が、輸送機器の前方 / 後方の動作または操縦を制御するために用いられる。本発明の様々な実施形態によれば、ヨー角の制御の目的で、センサーは乗り手の腰部または肩部が、図 5 A に上から概略的に示すように、真正面に整列するか、または側方向 5 1 に平行移動もしくは回転し、片方の肩を前方 5 2 方向に突き出し、反対の肩が後方 5 3 方向に突き出しているかを、検知する。これらの略式図は独立的に、または方向入力を与えるために用いられ得る。

【 0 0 2 2 】

車両のヨー角または前方 / 後方の動作を制御するための体位置感知の方法は、本発明の範囲であり、添付する特許請求の範囲内である。図 5 B を参照して記載される、本発明の 1 つの実施形態は乗り手 8 との機器的接触を必然的に伴う。パッド 5 4 は、ヨーク 5 5 に備え付けられ、感知した使用者の腰部の位置の変化に基づいてヨー角制御装置に信号を送信する圧力変換器を含む。使用者の位置を検知する他の方法は、光学的または超音波的な検知に依存し得るもので、その例を図 5 C および 5 D を参照して記載する。

【 0 0 2 3 】

ある実施形態において、超音波ビーコンを乗り手に装着させ、マシンに備え付けた受信機のアレイは乗り手の位置を検知する。飛行時間の情報は送信機から各受信機の間において得られ、マシンの中心に対する使用者の側方の位置を計算するために用いられる。マシンを右に回転させるために、使用者が右に傾斜し、左に回転させるのも同様に行う。体の動作を輸送機器の制御に変換する機構の直観的なアピールに加えて、米国特許第 6 , 3 0 2 , 2 3 0 号に記載された分類の、個人輸送機器の前方 - 後方動作制御の場合に、体制御様式は、高速度回転に対して正確に使用者の重心 (C G : C e n t e r o f g r a v i t y) を有利に位置付ける。

【 0 0 2 4 】

図 5 A および 5 B に参照として記載した、体の傾斜システムは、送信ビーコン、受信アレイおよび処理電子機器という 3 つの区別可能な機器的成分からなる。本発明の 1 つの実施形態において、乗り手に超音波 (U S : U l t r a s o n i c) / R F 送信ビーコンを装着させ、輸送機器のハンドルバーの下にインターフェイス電子機器に沿って、超音波受信機のアレイと R F 受信機を備え付ける。各種の超音波送受信機が用いられ得、これらは N o r f o r k , E n g l a n d の D e v a n t e c h L t d . から供給された。送信ビーコンは D e r l i n (登録商標) のアセタール樹脂の小片に、標準周波数 4 0 k H z の超音波送信機を 3 個、9 0 度および $\pm 4 5$ 度の角度を持つように備え付けている。これは約 1 6 0 度の音のコーンを生じる。ドライバ電子機器は、送信機の背後に埋めたプリント回路基板上に備え付けられ、小さな R F 送信機は下に備え付けられる。無線電話のベルトクリップで送信機を使用者に備え付け、一方で電力はバッテリーから供給する。

【 0 0 2 5 】

受信アレイは、様々な場所に据え付けた、受信機を有するバーである。超音波受信機も D e r l i n (登録商標) の小片に備え付け、電子機器を各場所のバーの背後に配置する。受信コーンの規模を拡大するために、各場所において、2 個の超音波受信機を用い、1 個は真正面を向くように備え付け、もう一方は真正面から 4 5 度の角度を向くように備え付ける。機器外のセンサーにおいて、4 5 度受信機は内側を、機器内の受信機において、

10

20

30

40

50

45度受信機は外側を向くように配置する。これにより、乗り手がマシンの中心にいるが、乗り手が右側に移動して右側の2つのセンサーが占領されたとき、および同様に乗り手が左に移動したときに、機器外の2つの受信機（左右）を位置取りに用いることが可能になる。

【0026】

Devantech Model SRF-04のような超音波距離計は、送受信機の機能と回路網の両方を提供し得るが、改良も本発明の範囲内である。ビーコン部分は1つの基板上に3つのドライバーを固定している。加えて、送信機基板に存在するマイクロコントローラーのコードにより、基板の連続送信を可能にする。

【0027】

コンピューターのインターフェイスとして設計された基板は、Devantechの基板と同型のマイクロコントローラーを備えたブレッドボードであった。この基板の機能は、RFパルスと超音波パルスの到着時間差を表す方形波を作り出し（波はRFパルスが到着すると高くなり、USパルスが到着すると低くなる）、正確にコンピューター回路にこの波を干渉させることである。ラジオ波は光速で進行し、音波は音速で進行するので、このスキームは結果として精度の高い超音波の飛行時間（TOF: time of flight）の信号を示す。

【0028】

図5Dを参照すると、コンピューターのシャシーに存在するカウンタータイマー基板が送信機から4個の受信機への4つのTOFを表す4つの波形を受信しており、400kHzのクロックを用いると、各パルスの持続時間が決まる（400kHzクロックのカウントによって）。この情報はこれから距離計算のアルゴリズムおよび追加処理においては通過される。

【0029】

バランスのとれた輸送機器が、任意の有意な速度で走行している場合に、回転による求心加速度に対抗する目的で、乗り手が指令された回転を行うために傾斜する必要がある。このマシンはマシンを回転させるために体位置センサーを使用する。乗り手がマシンの中心にいるとき、回転の入力は発生しない。乗り手が左に傾いたとき、左回転が指令され、右回転の場合も同様である。従って、使用者のCGが適宜配置されるまで、回転を開始しない。さらに、使用者の正確なCG位置を知ることによって（乗り手のウェストに送信機を配置することによって）、システムは使用者が車輪速度/回転速度を理論上は体に働く力を正確に相殺する角度に一致させることが可能である。したがって、回転量は乗り手のCGの位置と車輪速度に対して調整される。

【0030】

本発明によれば、1個の超音波送信機からの飛行時間（TOF）情報は、少なくとも2個の超音波受信機に伝達される。飛行時間はRFの受信パルスの端と、USの受信パルスの端との差から計算された。音速は（マシンの作動中において）実質的に一定であるから、距離は送信機から受信機までかかった飛行時間から計算可能である。中心からと各場所からの受信機の既知の距離を用いた余弦法則を、側方における送信機の位置を計算するために用いる。リダンダントな受信機により、側方の配置は独特であり、高度およびパーからの前方/後方の距離による変化の影響を（この変化が視線距離（LOS: line of sight）の減少でなければ）受けることがない。

【0031】

（足部の力）

本発明の別の実施形態によると、踏み板上の力センサーを用いることで乗り手の体重分布を感知し、ヨー角の制御入力を輸送機器に対して与える。操縦する目的で、乗り手は所望する回転方向に傾斜する。右に傾斜すると右に回転、左に傾斜すると左に回転する。踏み板に配置された多くの力センサーを含む基礎システムから、多くの変化を導くことが可能である。

【0032】

P C B 基板は力センサーに対する全ての信号状況を与える。センサー信号は、0 から 5 ボルトのアナログ信号として P C B 基板からの出力である。増幅器上の予備の A / D 入力 は 8 個のアナログ信号を読み、各センサーのソフトウェアに対する 8 ビットのカウンタを提供するために用いられる。

【 0 0 3 3 】

実施および検査された主要な変化は、踏み板における左のセンサーと右のセンサーを用いる。人物が右に傾斜すると、右センサーの信号が大きくなり、右回転を示す。人物が左に傾斜すると、左センサーの信号が大きくなり、左回転を示す。剛体の平板の 4 隅で力の分布の測定が可能ないように、特別な踏み板を構築した。

【 0 0 3 4 】

結果としてシステムは低速度での操縦性において非常に有利であり、乗り手はツイスト式グリップヨー角入力より、このヨー角入力において熟練度が上がり得る。システムが擾乱をより良く取り扱うことが可能な装置のバンド幅と知覚されるシステムの反応性との間で妥協がなされる。

【 0 0 3 5 】

自然な動向として、個人輸送機器を回転する際に、使用者が回転の方向に体重を移動する傾向がある。これは、回転によって生じた求心力によって人物が輸送機器の外側に押し出される傾向があることに起因する。同様の使用者の動向が 3 輪または 4 輪の全地形型車両 (A T V : a l l t e r r a i n v e h i c l e) に乗車した際に求められる。結果として、使用者に正しい位置取りをするように促進する、自然な回転の入力は、使用者が体重を右側に移動する際に右に回転することである。この形態において、使用者は右側に回転する際に理想的な位置取りをする。

【 0 0 3 6 】

スキーヤーやスケーターは左側に回転する際に、右足を押し出す傾向がある。これは、足を使用して、右から左に彼らの体重の分布を移動することに起因している。本発明の個人輸送機器において、使用者は体重を右から左に移動する必要がある際に彼らの足を用いず、ハンドルバーを入力装置として使用する。もし、サインが、スキーヤーやスケーターが好む、右に傾いて左に回転することに順応することに対して反対であれば、不安定なシステムが生じる。使用者が右側に傾いた際に、輸送機器が左に回転すると、求心力により使用者はより右側に押し出され、さらに左回転の指令が発生することになる。

【 0 0 3 7 】

図 6 A を参照すると、力感知の要素は、10 セント硬貨ほどの大きさの円内に柔軟なリボンの終端に配置されている。センサーに力が加わらなければ、抵抗力は約 800 モームである。センサーに 100 l b s の重さが加われば、出力は約 200 モームである。信号に条件を付けるために、演算増幅器は作動可能な増幅器と作動可能なアンチエイリアシングフィルターを作り出すために用いられた。増幅器の目的は、抵抗の変化と釣り合う出力を生成することである。フィルターの目的は、測定される値が 50 H z より大きくなると測定を中止することである。符号変換器は、抵抗の変化と釣り合うような出力を生み出す理由で用いられる。逆ローパスフィルターは、電圧が元の 0 ~ 5 ボルトの間に戻るように、アンチエイリアシングフィルターとして用いられる。+ / - 12 ボルトの供給は演算増幅器の線形安全領域内に止まるように、演算増幅器に動力を与えるために用いられる。

【 0 0 3 8 】

センサーは図 6 A に示されるように、金属製の足板の下に各隅に 1 個ずつ配置されている。上部の金属製の板は、4 個のセンサーのそれぞれを押すための硬い表面を提供しながら、標準の乗り手を検知するボタンを押すことを可能にする。金属製の板を図 6 B に示す。

【 0 0 3 9 】

センサー測定から制御システムに送られるヨー角指令までの、ヨー角指令全般を、図 6 C に示す。

【 0 0 4 0 】

使用者はしばしば、その場に静止している間もわずかに体重を移動させるので、デッドバンドがセンサー処理に追加される。図 6 D に示したように、デッドバンド 48 は、わずかなヨー角入力に対してヨー角指令を生じさせない、ゼロヨー角入力領域を提供する。

【 0 0 4 1 】

センサーからのヨー角指令を計算するために、以下の式を使用する。

【 0 0 4 2 】

【 数 1 】

$$\dot{\psi}_{cmd} = \frac{(\text{右前} + \text{右後})}{2} - \frac{(\text{左前} + \text{左後})}{2}$$

10

ここで、 $\dot{\psi}_{cmd}$ はヨー角の指令される変化率に値する。

【 0 0 4 3 】

各センサーが 0 ボルトを与えると、すなわち上部に重さがかかっていない 0 がカウントされ、5 ボルトを与えると満載 255 がカウントされる。40 カウント付近のデッドバンドは、十分に円滑な制御に、快適さを感じさせる十分な余地を提供する。さらに、フィルターは約 0.5 Hz から約 3.0 Hz までに大体集中した通過域を持つ指令信号をフィルターするために使用され得る。

【 0 0 4 4 】

逆進の際に、ヨー角指令を発生させるために同様の方程式を用いた場合、結果としてシステムは正のフィードバックを有する。反対に、輸送機器が「S 回転」を実行する際に使用者が右側に傾いた場合、輸送機器は左に回転して、使用者を右側に押し出すような、使用者に対する求心力を生じさせる。この問題を解決するために、「C 回転」が実施され得る。輸送機器が逆進を開始する際に、ランプ関数がヨー角指令を逆行させるために用いられる。定位置で回転した場合に一貫した回転運動を保持するために、逆進した際はランプがヨー角指令方向の切り換えのみを行う。図 6 E は車輪速度の関数として逆にヨー角指令を切り換えるためのランプ関数を示している。rampRev 関数はヨー角速度指令を変更するために用いられ、以下のように表される。

20

【 0 0 4 5 】

【 数 2 】

$$\dot{\psi}_{cmd} = \dot{\psi}_{cmd} + 2 \cdot \text{rampRevLPF} \cdot \dot{\psi}_{cmd}$$

30

rampRev 信号は 5.0 Hz においてランプの効果を円滑にするために、ローパスフィルターがかけられる。

【 0 0 4 6 】

(図 3 A に示した) ブレーキスイッチ 7 のようなブレーキスイッチは、それが押された際にヨー角指令を消すために接続され得る。ボタンが押されると、ヨー角指令倍数に 0 が適用され、他方で、ボタンを解放するとヨー角指令倍数に 1 が適用される。0.5 Hz ローパスフィルターはオンとオフとの移行を円滑にするために用いられる。

【 0 0 4 7 】

(ハンドルバーの傾斜)

40

優良な方向入力装置の主要な特性の 1 つが、側方加速度を管理しながら方向入力を提供する能力である。高い側方加速度での回転は、落下したり、輸送機器をひっくり返したりしないように、使用者に回転中に傾斜することを要求する。最良の方向入力装置は、方向入力を指令している際に、使用者に体を適切に位置取りさせることを要求する。図 3 を参照し、前述したツイスト式グリップヨー角入力は、回転軸の方向およびノブとハンドルの組み合わせの設計を通じて適切な体の位置取りを促進する。しかしながら、操縦者の技法に依存したぎくしゃくした入力も可能である。

【 0 0 4 8 】

適切な体の位置取りを促進する別の方法は、1 つかそれ以上のハンドルバーをジョイスティックにすることである。マシンの基礎近くのバーを旋回させることによって、使用者

50

は高速度で使用者自身の体を動かすことが可能で、単にハンドルバーを握りながら入力を指令しているだけである。適切に調整されると、回転開始の際に、既に使用者の体が側方加速度に反応する位置取りをしており、不適切に調節された回転を減らせる。

【 0 0 4 9 】

ハンドルバーの傾斜機器において、ヨー角入力は、ハンドルバーのシャシーに対する角度に釣り合う。人物はくるぶしを基点に回転すると、最も安定して傾けるので、好ましくは、バーの動作が自然と使用者の体の動きを追いかけられるように、回転軸を輸送機器の接地モジュール上にできるだけ低く備え付ける。言い換えれば、低い回転ハンドルバーにより体の運動を追跡する。この実施形態において、ヨー角の入力は、標準的な個人輸送機器のアルゴリズムを用いることでヨー角指令に変換され、そしてそれは、低速度において固定されたゲインをヨー角入力に適用するが、高速度においては、ヨー角速度の代わりに側方加速度に対応するヨー角の入力を行うためにゲインを調整する。所望する傾斜の角度がおおまかに側方加速度と釣り合うので、これはハンドルバー傾斜装置とともに良く作用する。結果はとても自然な入力方法で、ここで使用者が傾斜させることにより右または左を「考え」、マシンが続く。

$$\Psi_{c m d} = K (\Phi_{H B} - \Phi_{R o l l})$$

ここで、Kは定数、

$\Phi_{H B}$ は土台に対するハンドルバーの角度、

$\Phi_{R o l l}$ は重力加速度に対する土台の傾斜、

$\Psi_{c m d}$ はヨー角指令である。

【 0 0 5 0 】

本発明の他の実施形態は、傾けて、または水平に備え付けられた回転ハンドルバーを有し得る。傾斜した回転軸を持つマシンにおいて、接触する土地や表面に対する回転軸の角度は興味深い回転力学を提供した。特に回転軸は、傾斜路または平坦な土地での回転力学に影響を与え得る。好ましくは、マシンは低く水平な回転軸を有する。水平な回転軸であれば、回転中の体の運動を容易に追跡できる。

【 0 0 5 1 】

さらに他の本発明の実施形態によると、参照点に対する走行方向によって、回転するハンドルバーは輸送機器の前部または後部のいずれかに備え付けられ得る。後部に備え付けられた回転するハンドルバーの構造と、加えて手足の1本をハンドルバーに結び付けられ、使用者が膝のような体の他の部分によって輸送機器を操縦することが可能になる。さらに、使用者が乗車しているときといないときに、傾斜操縦を不可能にする性質も含み得る。乗車していたりしていなかったりする間に、輸送機器が回転したり使用者から離れたりしないように、土台に使用者が部分的に乗っているかいないかを輸送機器が決定する際に、その性質を実行し得る。

【 0 0 5 2 】

傾斜するハンドルバーに提供するために見合った様々な機構の第一を、図7Aを参照して記載する。ハンドルバー700の動作は、土台12とハンドルバー700とに中枢として組み合わせられた平行な連結バー702によって、個人輸送機器10の前進する方向を実質的に横断するような平面に制約される。ハンドルバーの動作も、中心位置から偏せられているか、および/またはバネ704または衝撃緩衝装置のいずれかによって減衰されている。図7Bに示された代わりの実施形態において、ハンドルバー700は、屈曲部708によって輸送機器10の土台12に組み合わせられ、さらに前進方向を横断する面にハンドルバーの動作は実質的に制約され、土台12の面において、または近辺で仮想の回転軸上に集中した弧上でハンドルバーが傾けることができるようにし得る。図7Aおよび図7Bの実施形態のどちらか一方において、1つかそれ以上のセンサー710は、ハンドルバー700の位置、もしくは輸送機器のその他の部分と、垂直方向または接地モジュールに対して固定された方向のどちらか一方において組み合わせられた部材702の位置を検知する。センサー710は、例えば制御シャフト16に沿うように配置されたロードセルであり得る。さらに、ハンドルバーに組み合わせられた、バネまたは衝撃緩衝装置は、所望で

あれば、輸送機器の回転速度を制限するために用い得る。

【0053】

好ましくは、ハンドルバーの動作は中心位置から偏らせられない。ハンドルバーが中心位置から偏らせられていない実施形態において、中心位置付近に先行荷重はなく、従って使用者は的確かつ正確に輸送機器を操縦することが可能である。

【0054】

図7Cに描かれた実施形態において、2分割されたハンドルバー部分720および722は、使用者8が傾斜することにより、輸送機器の土台12に対して別々に動作させ得る。示された実施形態において、各ハンドルバー部分の位置は、バネまたは別の方法によって、それぞれのスリーブ724および726の範囲内において指定された「中立な」高さ10に偏らせられる。相対的な高さのオフセットは、他の使用者入力様式と関連して記載されたとおり、回転の制御のためにヨー角制御装置に送信される。

【0055】

さらに、支持ストーク16に対するハンドルバー700の時計回りの方向730および反時計回りの方向732における回転を感知してヨー角制御装置502（図2に示されている）に対する使用者入力を送信する信号を発生する、本発明のさらなる実施形態が図7Dに描かれている。衝撃吸収装置734は、好ましくは、旋回できるようにシャフト16に組み合わせられたハンドルバー700内部に構築する。

【0056】

本発明のさらなる実施形態に従う、ハンドルバー傾斜装置は図7Eに示される旋回軸機構20を特徴付ける。旋回軸70はバネが定常状態および先行荷重の双方において調節可能で、固定された $\pm 15^\circ$ の動作範囲を有する。好ましくは、旋回軸は無制限の動作範囲を有する。旋回軸は接地モジュールシャシー26上に可能な限り低く備え付けられ、ハンドル16は機構の回転部分に備え付けられる。対になる衝撃緩衝装置74は付加的に減衰性および剛性を提供し得る。衝撃緩衝装置74は、動作範囲内において制御シャフト16に対する垂直性を最大限にするために水平からわずかにずらして備え付けられる。

【0057】

衝撃はバネ定数と減衰双方において調節可能である。バネ定数は衝撃空気だめを加圧することにより、調節可能である。衝撃調節は、衝撃に対して内部のオフィスサイズ（office size）30を変えるノブを用いてなされる。衝撃緩衝装置74は図7Fに示される。旋回機構の内部はカムとバネ荷重従動節である。カムはバネ従動節を圧縮し、回復バネ力を生じる。バネ定数を変えるために、異なるカムが旋回軸において代用され、いくつかのベルビルバネが交換される場合もある。先行荷重はネジを用いることで外部から調節され、ネジはベルビルバネのスタックの位置を合わせるために楔を移動させる。様々な剛性の度合いは相互交換可能なカムにより提供され得る。

【0058】

設置された強い剛性のカムおよび大気圧における衝撃緩衝装置により、先行荷重はハンドルバーで測定するとおおよそ81bsである。おおよそ40ポンドの力が最大15°の走行を行うためにハンドルバーを偏向させる必要がある。

【0059】

ハンドルバー傾斜制御において対応すべき1つの問題は、地形感度の影響である。もし、マシンが障害物を乗り越えたり荒れた地形を走行したりすると、使用者の位置の変化が、結果としてシステムに意図していないヨー角の入力を引き起こしてしまうため、マシンや乗り手のシステムに回転擾乱を加えてしまう。立っている人物の体の全体的な傾斜に依存するヨー角の制御様式は、たとえばツイスト式グリップによるヨー角制御に比べて、地形に対してより高感度になる傾向にある。

【0060】

この回転感度に対抗するために、回転補償アルゴリズムが用いられ得る。このようなアルゴリズムにおいて、重力加速度に対するハンドルバーの角度のヨー角入力を生み出すことで、シャシーの回転角の補償をするために、ヨー角入力は修正される。土台よりも重力50

加速度に対して体位置を維持することの方が使用者にとって容易であるため、この方式は回転擾乱の拒絶を容易にする。

【0061】

本発明の特定の実施形態に従う、地形感度を軽減する方法は、シャシーの回転角に基づくヨー角入力をフィルタリングするアルゴリズムを使用する。瞬間的な回転速度、ここではRoll Rateという、は例えば米国特許第6,332,103号に記載されているようなPitch State Estimatorから手軽に得ることができ、それは1つかそれ以上のジャイロスコープ、1つの傾斜計、もしくは上記の組み合わせに基づいて、輸送機器の方向を導く。大きな回転トランジェントは乗り手を加速させ、もし回転トランジェントが乗り手を通じてヨー角制御機構と強く組み合わせられれば、意図していないヨー角入力を引き起こし得る。

10

【0062】

解決法には、直進時に地形を拒絶する、回転時に地形を拒絶するという、2つの区別できる部分があり、1つ目は2つ目の特別な場合である。大きな回転速度の期間にヨー角を無効にすることによって、固定された方向における動作の解決をし、回転を操縦動作と切り離すためにさらなる入力を要求する。

【0063】

未知の入力は乗り手からの「意図された」ヨー角入力の推定値であり、すなわち、例えば20'円の周囲を乗車するという意図である。この情報は直接得られるものではないが、ヨー角入力の履歴から推定することは有用である。データを単純にローパスフィルタリングすることにより、ヨー角入力の推定値が与えられる。しかしながら、乗り手に伝えるべき反応の遅れを引き起こす。他方、もしローパスフィルターをかけられたデータが、高回転速度が示されたときのみ用いられれば、乗り手は遅れに気付きにくい。そのとき、本発明の好ましい実施形態に従う、アルゴリズムは、直接のヨー角入力と強く、フィルターがかけられたバージョンとの間で回転速度を制御されたミキサーを用いる。

20

【0064】

伝達関数がヨー角信号と組み合わせられる回転速度の量のモデルとなる。それは、ヨー角入力の設計、乗り手の能力および乗り手がどのようにヨー角入力を握っているかを含む様々な変数を用いる関数である。この混合方法を用いることで、伝達関数は調整の間、かなり無視することができるか、最小限に抑えることができる。

30

【0065】

4つの主な調整ポイントは以下になる。ミキサーが、フィルターのかけられたバージョンをどのくらい速く回すか、ミキサーがどれくらい速く戻るか、混合の開始と終わりとのしきい値は何か、およびヨー角入力におけるローパスフィルター(LPF: low pass filter)のコーナー周波数である。混合のしきい値を設定することにより除去され得る指令されていないヨー角の量を制限する。高く設定すると、より多くの指令されていないヨー角が存在し、低く設定すると、より多くの正しくないトリップがあり、乗り手がヨー角信号において時刻遅延に気付く。LPF周波数の設定もトレードオフを有する。もし、ヨー角に過度に強いフィルターをかければ、気付くことが可能な遅延や、過去のものとの組み合わせられたヨー角トランジェントが生じる。過度に低く設定すると、ミキサーがトランジェントを除去する能力が減少する。

40

【0066】

今、図7Gを参照すると、ミキサーブロックは以下のように定義される。

$$yaw\ command = F * Yaw\ Input + (1 - F) * Yaw\ Filter\ d$$

ここで、Fは連続的に0.0と1.0との間で信号を変化させる、ミキサー関数である。

【0067】

本発明の様々なさらなる実施形態に従う、シャフトに対する乗り手の体の再配置をするための反応を行っている間に、意図していないヨー角の制御は減少させられる。ハンドルバーにおける回転の中心は、使用者がいかなる変位を起こすことなくバー上で側方に引っ

50

ることができるように再配置され得る。図 7 H に示された、他の実施形態において、シャフト 16 は 2 組の自由度において自由に動かすことができる。使用者は、彼らがバーに対して反応する必要がある際は、ギア 78 をかみ合わせ 1 つの D O F を制限することによりバーを固定することが可能である。ヨー角指令は、軸に対するシャフト 16 のトルクおよび垂直方向に対するシャフト 16 の動作から導かれる入力線の線形またはその他の混合物を含み得る。

【 0 0 6 8 】

もう 1 つの方法として、力またはトルクの入力が用いられ得る。側方の力のロードセルは使用者が、それを再配置するためにバーにトルクを与えることを可能にする。同様に、トルクのかかった感度のいいバーは、使用者がバー上で側方に引っ張れるように提供され得る。

10

【 0 0 6 9 】

ハンドルバー傾斜制御において対応すべき別の問題は、後方動作または逆進の際に回転することの影響である。上記した通り、「S 回転」や「C 回転」を実行するために、ヨー角指令の方向を切り換えることにより、システムは後方動作中の傾斜回転を取り扱い得る。好ましくは、システムは「S 回転」を実行する。システムは、後方動作を行っている間に傾斜操作の動作感度を下げることにより、回転力学のさらなる補償をし得る。逆進の間に傾斜操作の動作感度を下げるとは、ヨー角指令を発生させる式と同じ式を用いることで有利に円滑化でき、結果としてシステムは正のフィードバックを有する。

【 0 0 7 0 】

20

本発明の範囲において、図 3 A ~ 3 C に描いたような回転式のヨー角制御入力装置とともに、任意の前述したこれらの実施形態は結合させ得る。この配置において回転式制御は低速度ヨー角に対して用いられ、傾斜装置は高速度において側方加速度を指令するために用いられる。

【 0 0 7 1 】

(アクティブハンドルバー)

本発明のさらに進んだ実施形態に従う、アクティブハンドルバーシステムは、シャシーに対するハンドルバーの角度のアクティブな制御を提供する。ハンドルバーは動力付きの旋回軸上に備え付けられる。ハンドルバーは、シャシーの側方加速度および回転角度に基づき、シャシーに対して位置付けられる。使用者がハンドルバーと良好な組み合わせを維持していれば、バーは側方の安定性を向上させるように彼らの体を位置付ける補助を提供する。熟練した使用者は、ほとんど側方に力を及ぼすこともなく、自動的にバーと傾斜する。しかしながら、予期していない障害物または回転が実行される場合、アクティブバーは、経験豊富な操作者にすら補助を提供することが可能である。このシステムも斜面において、横断している際および巧みに回転をしている間の双方で特に有用である。

30

【 0 0 7 2 】

使用者を最も安定させるために、バーは、側方加速度と重力加速度の合成ベクトルに平行に位置取られるべきである。ここで記載したシステムにおいて、側方加速度は、その他に得られるいかなる状態推定量情報を操作することなく、車輪の速度のみを用いて決定された。側方加速度は次の式で与えられる。

40

$$a_{lat} = \omega v$$

ここで ω はヨー角速度で v は輸送機器の速度である。 ω は車輪 (V_l および V_r) 速度の差と車輪の軌道 T に基づいている。

【 0 0 7 3 】

【 数 3 】

$$\omega = \frac{V_l - V_r}{T}$$

v は車輪速度の平均により決定される。

【 0 0 7 4 】

【数 4】

$$\omega = \frac{V_l + V_r}{2}$$

これらの式を組み合わせることで以下が与えられる。

【0075】

【数 5】

$$a_{lat} = \frac{V_l - V_r}{T} \cdot \frac{V_l + V_r}{2} = \frac{V_l^2 - V_r^2}{2T}$$

微小角度において $\tan(a_{lat}) \approx a_{lat}$ であるので、垂直からのバーの位置は、各車輪速度の二乗の差に釣り合う。この配置はシャシーの回転角を追加することにより補償されるべきであり、そしてそれは側方加速度と重力加速度に起因するベクトルの和に基づいてハンドルバーの位置取りを生じさせる。

10

【0076】

アクティブハンドルバーの作動は以下にさらに記載する。使用者が、図 3 A ~ 3 C に示されるような回転式ヨー角入力部でヨー角を指令する。使用者は、アクティブバーが、ハンドルバーと腕との強い組み合わせにより使用者の位置取りを補助することを認め得るか、またはより緩い組み合わせを維持し、フィードバックを提供するためにアクティブバーを用いる。別の実施形態において、使用者は好ましくは図 8 A ~ 8 C に示されているようにハンドルバーの傾斜によってヨー角を指令する。図 8 A ~ 8 C は回転および回転イベントに対するハンドルバーの反応を示す。図 8 C における、使用者の脚とハンドルバーの配置に注意する。

20

【0077】

図 9 A および図 9 B は、動力付き旋回軸の基本的な機器的ハードウェアのレイアウトを示す。動力付き旋回軸は、電気モーター 90 によって動力を与えられた調和的駆動削減ユニット 92 によって構成されている。駆動の出力は、アダプター 94 を通して制御シャフトと組み合わせられる。動力付き旋回軸はシャシー 12 と制御シャフト 16 との間にトルクを発生させ（図 8 A に示した）、そしてそれはアクティブハンドルバーシステムにより要求される位置制御を提供するために制御され得る。調和的駆動は、非常にコンパクトな高削減比率のギアセットで、それは効果的で後退可能である。それは「ウェーブジェネレーター」と呼ばれる楕円形のベアリングを用いることで、「回転スプライン」と呼ばれる、より大きく剛体のギア内部周辺の「屈曲スプライン」と呼ばれる、わずかに小さな屈曲性のギア 96 を「歩かせる」ために働く。適切な調和的駆動は H a u p p a u g e , N Y の H D S y s t e m s , I n c . から得ることが可能で、添付される頁に記載される。

30

【0078】

アクティブハンドルバーシステムは車輪を制御するために標準的なアルゴリズムを用いる。ハンドルバーは車輪速度の二乗差に釣り合うような位置取りを指令する位置ループによって制御される。理論的なゲインは計算され、適切に固定された点ユニットに変換されるけれども、実際には経験的に決定された。

【0079】

40

位置ループは、フィードバックのためにモーターエンコーダーを用いた標準的な P I D ループである。調整する目標は良好なランブ追跡、最小限の修正時間、および最小限のオーバーシュートである。ループは修正された三角波を用いることで調整された。

【0080】

ハンドルバー制御装置は開始位置としてゼロ（中心）位置を用いた。使用者はバーの位置取りおよび開始時に中心で握らなければならなかった。絶対位置のフィードバックはバーが自ら中心になれるように提供され得る。

【0081】

いくつかのフィルタリングおよびデッドバンディングによりモーターに指令を与える以前の指令が行われた。特定の実施形態において、フィルターをかけることは車輪速度によ

50

るいかなるノイズをも除去するために最終的に必要であり、デッドバンディングは、わずかに傾斜した地形で定位置回転したときにバーを静止した状態にするために用いられた。1 Hzで1次フィルタリングされた側方加速度の推定値には、第1のゲイン（典型的には0.001の次数）が掛けられ、回転角が追加されることで修正された回転には第2のゲイン（典型的には0.15の次数）が掛けられる。後ほど、ソフトウェアがデッドバンドを生じさせ、後の補償で最大のモーター位置指令（典型的には400カウント）の15%にした。最終的な結果を0.2 Hzのフィルターを用いてフィルターをかけた。このフィルターは、デッドバンドにて導入された膝に丸みを付け、ハンドルバーの移動を減速するために用いられ得る。

【0082】

10

（体位置のさらなる機器的な感知）

本発明の他の実施形態に従う、乗り手の体もしくは1つまたはそれ以上の部分の位置は、個人輸送機器のヨー角または前方／後方の動作の指令をするための手段として機器的に感知され得る。そのような実施形態の1つが図5Bに参照として記載されている。図10Aに参照された、そのようなもう1つの実施形態に従うと、体位置の感知は、くるぶしの線に沿う旋回軸912を通じて右膝の動作を追跡する装置910により達成される。旋回軸912は、電位差計914に備え付けられ、電位差計のゲインによって膝の動作の範囲が適切に調節される。制御装置は、地形による入力異常が原因であると意味される乗り手の動作を区別する。乗り手は回転したいと望む方向に体を移動させることでヨー角入力を指令し、個人輸送機器の熟練した乗り手が行うように、パワーベースの求心加速度によって、彼の足が彼の下から引っ張られることを防ぐために、重心を回転の内側方向にむけて移動する。

20

【0083】

ヨー角入力装置は、右くるぶしを通る縦方向の軸に対して回転するものとして右膝の動作を記録することで体位置の追跡をする。乗り手は、膝のちょうど下の脛上部周辺に密着するカフ910を通じて装置とともに相互動作する。カフは高さ調節可能で、不快感を受けないようにきっちりと実装することを可能にするパッドがついている。カフはアームを通じて足の前の旋回軸に据え付けられており、シャシーに対して軸が、くるぶしを通る縦方向に走るように配置されている。（Dreyfuss Associates編「The Measure of Man and Woman」からの人体計測データは、平均的な乗り手の履く靴において、くるぶしの旋回軸が底板から、およそ4"であることを示唆する。）電位差計は、図3A～3Cに参照した上記のツイスト式グリップヨー角入力装置に非常に良く似た様式の、アームの角度を記録する。

30

【0084】

機器的な体位置によるヨー角入力装置は、図10Bに参照として記載した、センタリング機構と合体している。センタリング機構920は、乗り手が機構に接触していないときには装置を中立の（ヨー角入力がない）位置に戻り、使用者に中立的な位置配置として、触覚的なフィードバックを提供する。先行荷重（ワッシャーを加えるかまたは差し引くかで調節可能）は、乗り手が、装置を中心から移動させるために1kgの力を及ぼす必要がある場合に設定された。最大限走行（各方向において25°）において、乗り手はおよそ2kgの力を受ける。

40

【0085】

電位差計が配置される旋回軸に加え、くるぶしの高さにおいて、第1の軸に対して垂直な別のコード化されていない軸が存在する。それは、アクティブな走行中に乗り手が膝とくるぶしを曲げる際に、カフが膝と一緒に動けるようにする。ねじりバネはこのコード化されていない軸において、カフが乗り手に対してしっかりと押し付けられ続けるようにするために働く。バネは先行荷重されておらず、乗り手が、典型的な乗車姿勢（荷重されていない位置の25°前方）において膝に1.5kg、最大前進走行（50°）において3kgの力を受けるように、1°あたりおよそ20kg/mmを生じさせる。最大前進走行において、乗り手に前方の膝の圧力を通じて、シャシーに対するピッチトルクの指令を可

50

能にする停止がある。

【0086】

下に横たわる地形の変化によって、乗り手の体位置が意図したヨー角入力に必ずしも相関しない状況がある。1つは、乗り手がバランスを保つために上向きに傾斜するために必要な時間の際に、側斜面を横断する状況である。別の状況は、1つの車輪で障害物に衝突する際に、乗り手が直立している間に、マシンが鋭く回転してしまい得る状況である。双方の状況の間、電位差計は体位置がマシンに対して移動していることを記録し、それは通常ヨー角指令として解釈される。地形によって生じた体位置は、体位置をヨー角に変換するシステムに対する挑戦を表し、これらの状況を緩めるステップが取られる。以下で議論するシステムは、上述の地形によって生じるヨー角入力を側斜面および唐突な車輪衝撃における分割されたアルゴリズムによって処理する。

10

【0087】

体位置から導かれたヨー角入力とマシンにおいて、体が自然に重力加速度と重なるようになる傾向と回転角との差を補償することが必要になる。この唯一の例外は、体と一列に並ぶようにヨー角入力を保つ、乗り手の自然な傾向を克服するためにヨー角入力上に十分な復元力が存在する場合である。

【0088】

ヨー角入力の回転補償をするために、計算が行われる必要がある。この計算はヨー角入力と組み合わされる回転角の量を計測することを必然的に伴う。次式は回転補償されたヨー角入力を計算するために用いられる。

20

$$\text{roll compensated yaw input} = \text{yaw input} - (\text{Gain_RollContributionToYawInput} * \text{roll})$$

たとえば、 $\text{Gain_RollContributionToYawInput} = (1.44 / 1.0)$ ここで、回転1カウントはヨー角1.44カウントを与える。

【0089】

本発明の他の実施形態に従って、乗り手は、現在の膝の位置を中立にリセットするボタンを押し得る。センタリング装置においては計測可能な反発はないけれども、機構はセンタリング装置の先行荷重を克服する前に屈曲させることが可能である。ヨー角を指令しないどの方向においても、これは約1°の膝の動作に変換される。これは先行荷重に対する構造の硬さを増加することで軽減させられる。膝のカフと膝との間の緩いフィットは、信号を生み出さない1~2°の動作をさらに追加する。さらに、電位差計はヒステリシスを示し得、それはソフトウェアのデッドバンドを追加することにより補償され得る。デッドバンドは、乗り手に少量の動作を認める利点を有し、それは疲労を軽減する。しかしながら、正確性とスラロームの実行はデッドバンドにより損なわれる。使用者によって調節可能または速度に対する感度がいいデッドバンドも具体化され得る。

30

【0090】

2本の脚の1本の動作を測定における本来備わっている非対称性の補償のために、非対称性ゲインが有用になり得る。体位置がヨー角入力を決定するので、速度における側方加速度に対する乗り手の位置の適切なマッピングが、この装置において手による操縦装置よりも重要になる。

40

【0091】

図10Cに参照として記載した、本発明の他の実施形態に従って、2つの鋼製の「ウィスカー」930（おおよそ50cmで35cm離れている）がおおよその腰の高さにおいて提供される。左または右に傾斜することでウィスカーを押し、電位差計をひねる（ゲインはソフトウェアにおいて2倍される）。ウィスカーの長さは、後方および前方に傾斜する間に、乗り手が装置から抜け出ず、ヨー角入力能力を失わない程度が好まれる。

【0092】

図10Dに参照として記載した、本発明の他の実施形態は、シャシーのどちらの側にも取り付けられたハンドグリップ942に付属する2つの胴体位置センサー940を用いる

50

。平らな板 9 4 4 (おおよそ 6 0 c m の長さで間隔は調節可能) が、ウェスト上部の体位置を、ウェスト部を曲げることによって達成される体の傾斜とみなすために乗り手の胸郭におけるどちらの側の傾斜シャフトにも据え付けられている。回転の縦方向の軸は、その他の設計においては存在すると考えられ得る、傾斜感応性のゲインを有利に除去する。

【 0 0 9 3 】

(線形滑動体による方向入力)

「線形滑動体」による方向入力装置は、せん断力に感応の個人輸送機器の操縦手法である。装置は回転の最中に見られる側方加速度に直接的に一致するマシンの側方向に滑動可能な土台を有する。

【 0 0 9 4 】

回転の間、使用者は参照の車体フレームにおいて側方加速度を感じる。側方加速度は、使用者と車両との間にせん断力を引き起こし、それは踏み板とハンドルバーを通じて反応させる。使用者はこの力に反応する 2 点を有するので、一方が、もう一方を通じて駆動される方向の入力として用いられ得る。この実行において、使用者はハンドルバー上で反応する。線形滑動機構は、土台の変位を通じてこの反応を測定し、方向の指令として用いる。この入力方法は、使用者がハンドルバーから離れて反応することにより組み合わせを調節して、側方加速度と直接組み合わせられる。側方加速度がゼロである場合、使用者はハンドルバー上で側方に押すことにより方向入力を生み出すことが可能である。ゼロでない加速度において、使用者のハンドルバーの力は、入力を生み出すために側方加速力に追加される。

【 0 0 9 5 】

線形滑動機構は足部のマットアセンブリーの代わりに、個人輸送機器のシャシーの一番上に設置するように設計された。板が変位可能なように踏み板領域を存在させることにより、余白が少なくなる。土台は制御シャフト基礎周辺を覆っている。最大の土台の移動は約 + / - 1 インチである。踏み板機構 9 5 0 を図 1 1 に示す。

【 0 0 9 6 】

アセンブリーは滑動の基板を捕まえる 4 つのブロックによって人間輸送機器の土台に固定されている。ブロックは、乗り手を検知するスイッチを動かすために、アセンブリーが垂直に移動できるようにしている。アセンブリー単体の重量はスイッチを動かすのに十分であるので、2 つのボールプランジャーと釣り合わされる。これらは、乗り手が輸送機器上にいる際だけ、乗り手を検知するスイッチが動くことを保証する。

【 0 0 9 7 】

上部土台は 1 / 2 インチの線形ボールベアリングに載せられており、同様にそれは下部土台に備え付けられたグランドロッドに載せられている。バネと停止の配置が、先行荷重された中心力を与える。

【 0 0 9 8 】

線形の電位差計は土台の位置をアナログ電圧に変換し、それが図 3 に参照され上記したツイスト式グリップの実施形態と関連して使用される電位差計の代わりとなるユーザーインターフェイスの回路基板に対する入力である。

【 0 0 9 9 】

線形滑動ヨー角入力の作動アルゴリズムは、ヨー角ゲインの極性が反対であるにもかかわらず、米国特許第 6 , 7 8 9 , 6 4 0 号に詳細に記載された、ツイスト式グリップヨー角入力の場合と同一である。

【 0 1 0 0 】

本発明の実施形態のいくつかは、記載された装置に関わっている。1 つの実施形態において、個々の旋回可能な踏み板は、せん断感応で、板の表面上部、好ましくは表面から 4 ~ 6 インチ上部の点において旋回する。これは側方加速度の組み合わせを許すが、使用者に足またはくるぶしの回転を通じる組み合わせを安定させる能力を与える。

【 0 1 0 1 】

あるいは、線形滑動体がハンドルバーの方に動かされ得る。これは使用者に、入力を指

10

20

30

40

50

令することなく、脚を用いて、側方加速度に反応することを認める。しかしながら、側方加速度の多くは脚部において反応するので、側方加速度の組み合わせは線形滑動体がハンドルバーに対して動くことにより大きく損なわれる。記載された本発明の実施形態は単に模範的であることを意図したものであり、数値的な変更および修正は当業者にとって明らかである。特に、本明細書に記載した制御装置と方向および速度の制御方法の多くは、バランスのとれた個人輸送機器でない個人輸送機器に対して有利に適用され得る。バランスのとれている輸送機器は、前述の記載および米国特許第6,789,640号において議論されているように、ヨー角とバランス制御との連結のために特別な要求を提示する。このような全ての変更や修正は、添付するいかなる請求項において定義されたものでも本発明の範囲である。

10

【図面の簡単な説明】

【0102】

前述した本発明の特徴は、以下に挙げる詳細な記述を参照することにより、より容易に理解することができる。参照に添付する図面は以下ようになる。

【図1】図1は、本発明が有利に適用され得る、米国特許第6,302,230号に詳細に記載された個人輸送機器を示している。

【図2】図2は、本発明が有利に適用され得る、システム構造における、ヨー角指令の連続的な入出力を表すブロック図を示している。

【図3A】図3Aは、本発明の実施形態に従う、個人輸送機器のユーザーインターフェイスを接続したヨー角制御グリップを示すヨー角制御機構の部品分解図である。

20

【図3B】図3Bは、図3Aのヨー角制御グリップの詳細な分解図を示している。

【図3C】図3Cは、図3Aのヨー角制御機構の一体化されたヨー角制御センサーの図を示している。

【図4】図4は、本発明の実施形態に従う、ヨー角フィードバック制御システムの略式的なブロック図を示している。

【図5A】図5Aは、それぞれ、同等に荷重をかけた場合、左側に傾けた場合、および反時計回りに回転させた場合における乗り手の略式上面図である。

【図5B】図5Bは、本発明の実施形態に従う、ヨー角を制御するために乗り手の方向変化を検知するための腰部環の正面図である。

【図5C】図5Cは、本発明の様々な実施形態に従う、超音波送受信機の配置略式図である。

30

【図5D】図5Dは、図4Aに描かれた本発明の実施形態の成分によって送受信された超音波信号の波形タイミング表示である。

【図6A】図6Aは、本発明の様々な実施形態に従う、足部力の圧力センサーの配置を示している、圧力板を取り除いた個人輸送機器の土台の上面図である。

【図6B】図6Bは、図6Aに描かれた本発明の実施形態における、使用者による力の適用のための圧力板の図である。

【図6C】図6Cは、本発明の実施形態に従う、図6Aの足部力センサーからのヨー角指令信号の展開を略式的に描いたものである。

【図6D】図6Dは、ヨー角入力関数としての、指令におけるデッドバンドを示す。

40

【図6E】図6Eは、車輪の速度の関数として逆にヨー角指令を切り換えるためのランプ関数を示す。

【図7A】図7Aは、本発明の実施形態に従う、個人輸送機器に対する制御入力のためのハンドルバー傾斜装置を示す。

【図7B】図7Bは、本発明の実施形態に従う、個人輸送機器に対する制御入力のための、接地モジュールと制御ストークを連結する屈曲部を備えるハンドルバー傾斜装置を示す。

【図7C】図7Cは、本発明の実施形態に従う、個人輸送機器に対する制御入力のための、別々のハンドルを備えるさらなるハンドルバー傾斜装置を示す。

【図7D】図7Dは、本発明の実施形態に従う、個人輸送機器に対する制御入力のための

50

、回転式ハンドルバー装置を示す。

【図 7 E】図 7 E は、本発明の実施形態に従う、個人輸送機器に対する制御入力のためのハンドルバー傾斜装置を示す。

【図 7 F】図 7 F は、図 7 A に描かれた本発明の実施形態において用いられる衝撃緩衝装置とダンパー調節を示す。

【図 7 G】図 7 G は、本発明の実施形態に従う、ヨー角入力と回転情報を結合するミキサーブロックのブロック略式図である。

【図 7 H】図 7 H は、本発明の実施形態に従う、ハンドルバーの回転自由度を固定する、ハンドルバーベアリングとデタントを示す。

【図 8 A】図 8 A は、本発明の実施形態に従う、アクティブハンドルバーの横転擾乱に対する反応を示している。

10

【図 8 B】図 8 B および図 8 C は、本発明の実施形態に従う、アクティブハンドルバーの高速度での回転時における反応の正面図および背面図を示している。

【図 8 C】図 8 B および図 8 C は、本発明の実施形態に従う、アクティブハンドルバーの高速度での回転時における反応の正面図および背面図を示している。

【図 9 A】図 9 A および図 9 B は、図 8 A ~ 図 8 C の動力付きハンドルバーの実施形態の基本的な機械的ハードウェアレイアウトを示している。

【図 9 B】図 9 A および図 9 B は、図 8 A ~ 図 8 C の動力付きハンドルバーの実施形態の基本的な機械的ハードウェアレイアウトを示している。

【図 10 A】図 10 A は、本発明の実施形態に従う、個人輸送機器への操縦入力を提供するための膝部センサーの正面図を示している。

20

【図 10 B】図 10 B は、図 10 A の膝部センサーに関連して用いられるセンタリング機構を示している。

【図 10 C】図 10 C は、本発明の実施形態に従う、ヨー角の入力を使用者に与えるための腰部位置センサーを示している。

【図 10 D】図 10 D は、本発明の実施形態に従う、ヨー角の入力を使用者に与える胴体位置センサーを示している。

【図 11】図 11 は、本発明のさらに別の実施形態に従う、線形滑動踏み板の機構を描いている。

【図 5 D】

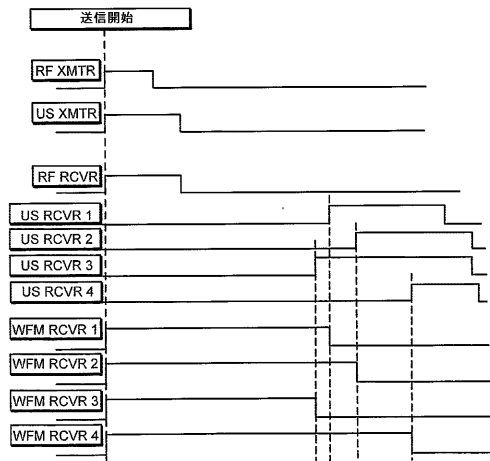


FIG. 5D

【図 6 B】

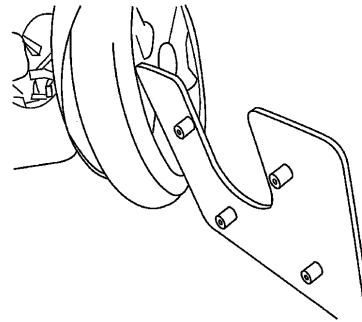


FIG. 6B

【図 6 A】

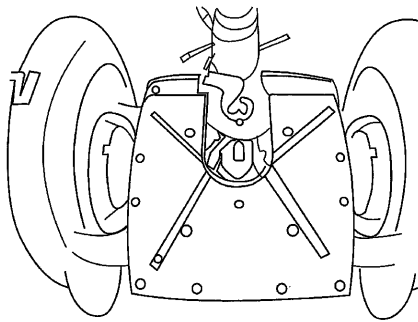


FIG. 6A

【図 6 C】

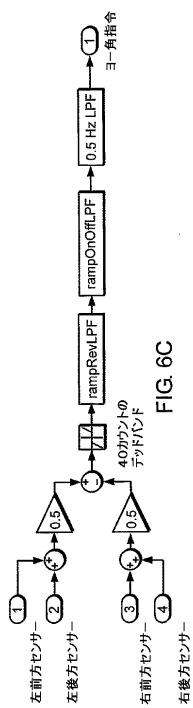


FIG. 6C

【図 6 D】

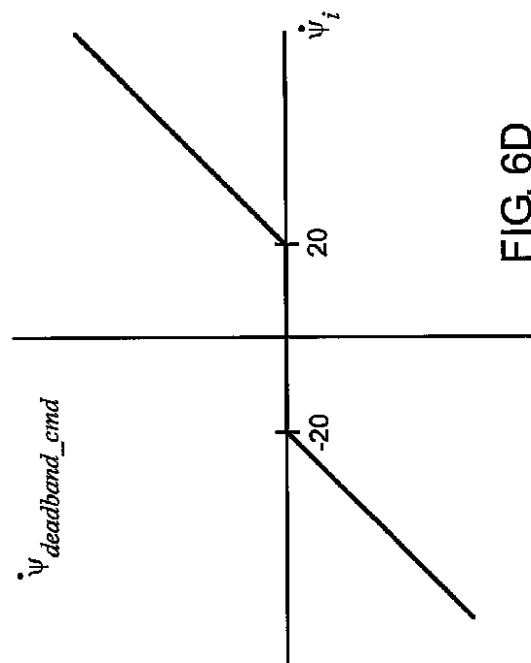
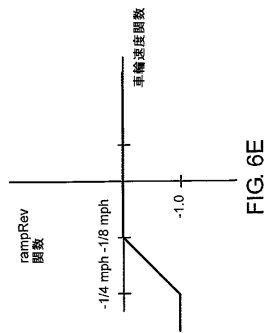


FIG. 6D

【図 6 E】



【図 7 A】

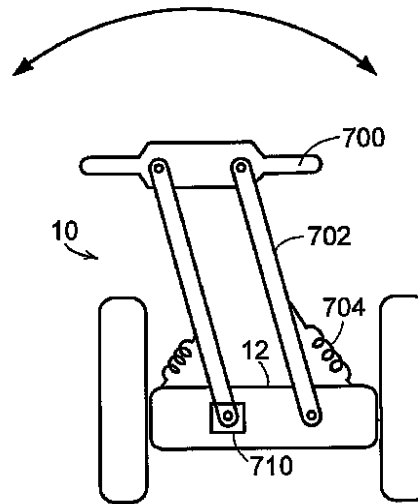


FIG. 7A

【図 7 B】

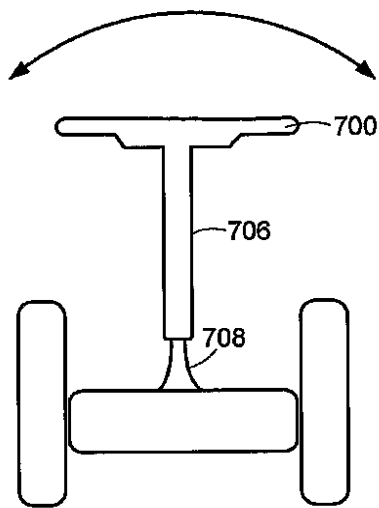


FIG. 7B

【図 7 C】

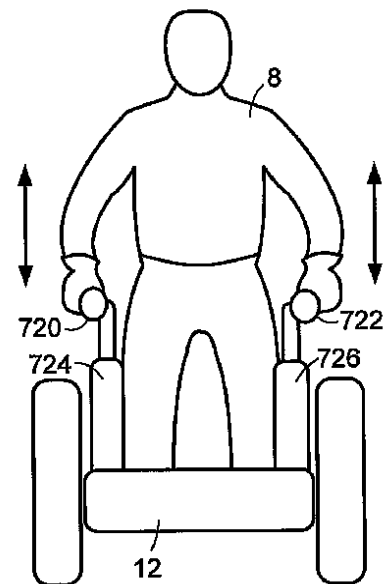


FIG. 7C

【図 7 D】

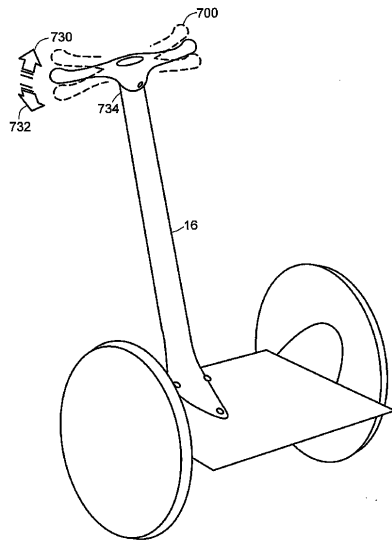


FIG. 7D

【図 7 E】

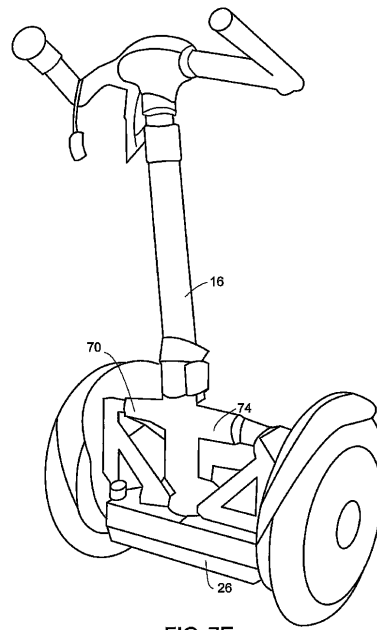


FIG. 7E

【図 7 F】

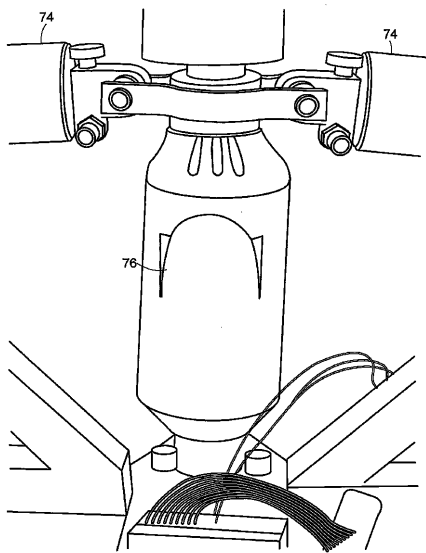


FIG. 7F

【図 7 G】

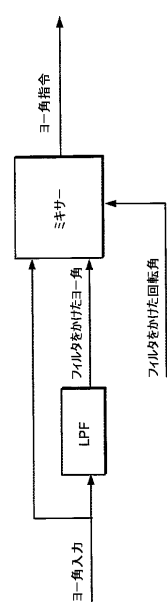


FIG. 7G

【図 7 H】

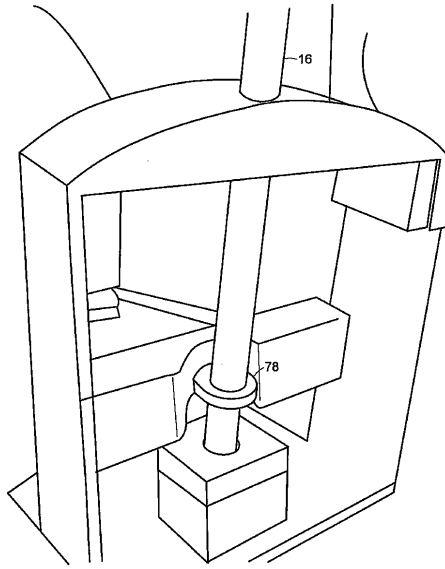


FIG. 7H

【図 8 A】

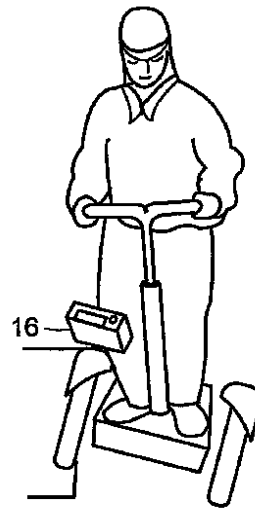


FIG. 8A

【図 8 B】

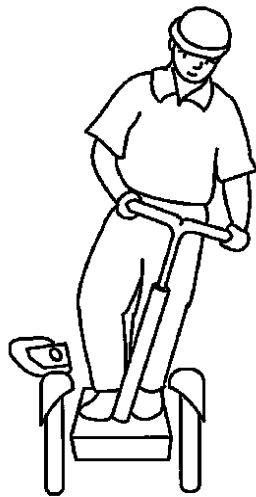


FIG. 8B

【図 8 C】



FIG. 8C

【図 9 A】

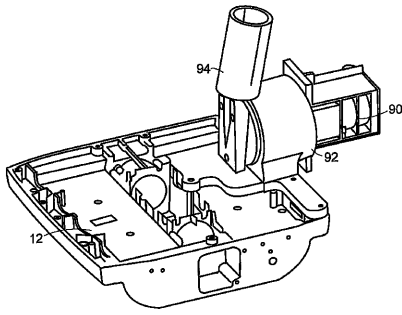


FIG. 9A

【図 9 B】

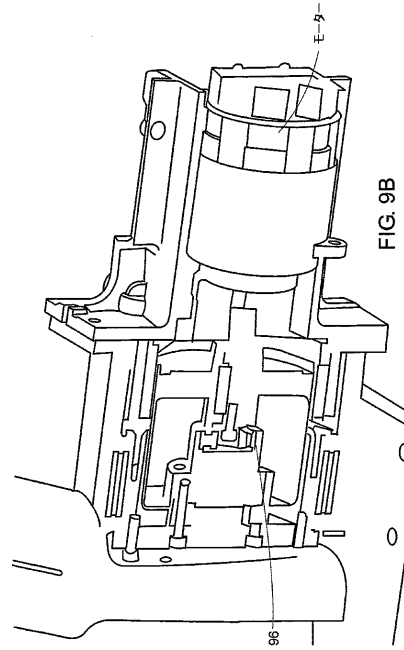


FIG. 9B

【図 10 A】

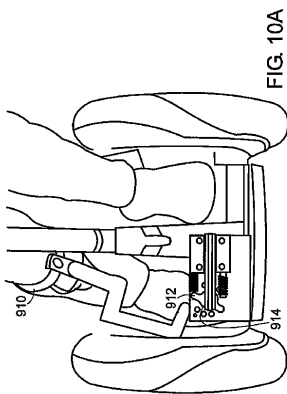


FIG. 10A

【図 10 B】

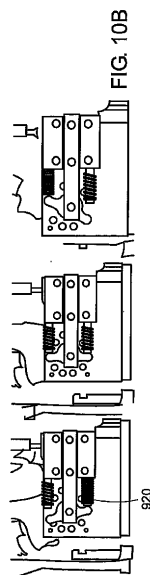


FIG. 10B

【図10C】

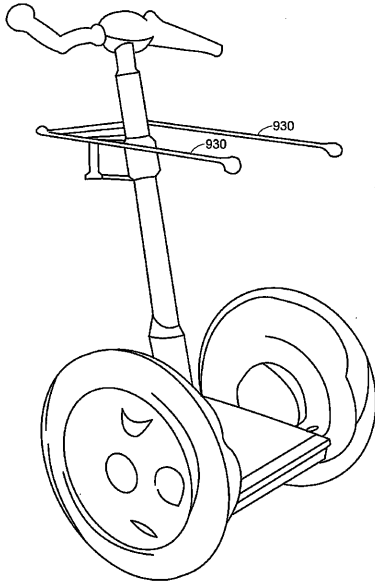


FIG. 10C

【図10D】

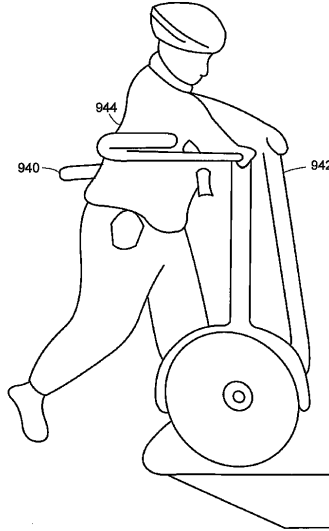


FIG. 10D

【図11】

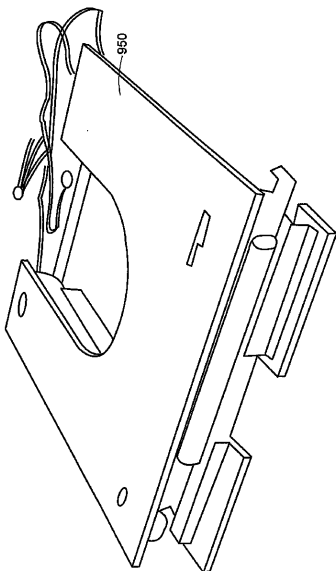


FIG. 11

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 6 2 M 23/02 (2010.01) B 6 2 M 23/02

- (72)発明者 カーメン, ディーン
 アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03110, ベッドフォード, ウェストウィンド
 ライブ 15
- (72)発明者 アンプロジ, ロバート アール.
 アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03104, マンチェスター, アラー ストリート
 141
- (72)発明者 ダットーロ, ジェームス ジェイ.
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02144, サマービル, オーチャード ストリート
 96, アpartment 2
- (72)発明者 ダガン, ロバート ジェイ.
 アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03110, ベッドフォード, マウンテン ロード
 19
- (72)発明者 フィールド, ダグラス ジェイ.
 アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03043, フランシスタウン, ピー.オー. ボッ
 クス 272
- (72)発明者 ハイッツマン, リチャード カート
 アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03304, ボー, ロギング ヒル ロード 32
- (72)発明者 マッケンブリッジ, マシュー エム.
 アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03110, ベッドフォード, ストーンヘンジ ロード
 11
- (72)発明者 モレル, ジョン ビー.
 アメリカ合衆国 バージニア 02186, ウォレントン, ボラドビュー アベニュー 58
 4
- (72)発明者 ピエモンテ, マイケル ディー.
 アメリカ合衆国 メリーランド 21108, ミラービル, レッド マグノリア コート 3
 25
- (72)発明者 ロサスコ, リチャード ジェイ.
 アメリカ合衆国 メリーランド 21108, ミラービル, レッド マグノリア コート 3
 25

審査官 大澤 元成

- (56)参考文献 特開平08-133170(JP,A)
 米国特許出願公開第2004/0007399(US,A1)
 特表2003-502002(JP,A)
 特開2004-074814(JP,A)
 米国特許出願公開第2004/0055796(US,A1)
 特表2004-500271(JP,A)
 特開2005-22631(JP,A)
 特開2006-1385(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A63C 17/00
 B60L 15/20
 B62K 3/00

B 6 2 K 1 7 / 0 0
B 6 2 D 5 7 / 0 0
B 6 2 M 2 3 / 0 2