

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5228155号
(P5228155)

(45) 発行日 平成25年7月3日(2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月29日(2013.3.29)

(51) Int. Cl. F 1
B 6 2 B 3/02 (2006.01) B 6 2 B 3/02 E
B 6 2 B 3/00 (2006.01) B 6 2 B 3/00 G

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2007-124329 (P2007-124329)	(73) 特許権者	304027349
(22) 出願日	平成19年5月9日(2007.5.9)		国立大学法人豊橋技術科学大学
(65) 公開番号	特開2008-279838 (P2008-279838A)		愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
(43) 公開日	平成20年11月20日(2008.11.20)	(72) 発明者	寺嶋 一彦
審査請求日	平成22年5月6日(2010.5.6)		愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
			国立大学法人豊橋技術 科学大学内
		(72) 発明者	ウルバノ グティレス ジュアン バルタ ザル
			愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
			国立大学法人豊橋技術 科学大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 全方向移動型パワーアシスト装置および全方向移動型パワーアシスト装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

パワーアシストを利用した車輪駆動装置において、操作を行う者が所望する装置の動作方向を装置に伝達するための情報入力と装置の軌跡情報表示を行うための画像表示部を備えたインターフェイス部と、インターフェイス部から入力された操作者の意図に基づき伝達された動作方向を教師信号として装置の動作方向の推論を行う方向推論部を備えることを特徴とする装置。

【請求項2】

前記方向推論部がファジィニューラルネットワークを用いて装置の動作方向を推論することを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記インターフェイス部が、実際に装置が動作した軌跡を表示することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パワーアシストを利用した車輪駆動装置の操作性向上を図る装置およびその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

パワーアシストとは、操作者が物体を移動しようとする際、操作する力に基づいて駆動力を発生させ、操作者の負担を軽減する技術である。

【 0 0 0 3 】

わが国では、全人口あたりの65歳以上の割合が急増し、高齢化社会が進行しており、介護者の負担を軽減する車椅子の開発などが求められている。そのような中、パワーアシストを車輪駆動に利用した装置は、人力を補助して、重い物や人などを乗せて移動できる特徴から、車椅子など介護の分野で広く使用されている。

【 0 0 0 4 】

特許文献1は、操作者が操作する力を元に駆動力を計算するパワーアシスト装置を備え、全方向に移動できる台車である。

10

【 0 0 0 5 】

特許文献2は、車体に設けられた介助用の手押しハンドルとモータの駆動によって動作するパワーアシスト技術を利用した車椅子であり、操舵用のバーハンドルの高さ調整可能とし、操作性を向上させたものである。

【 0 0 0 6 】

特許文献3は、作業者の好みに応じて、作業者が体感する仮想質量、仮想粘性係数、仮想ばね定数を変更することで、快適にパワーアシスト装置を用いた作業を行うことができるパワーアシスト装置である。

【 特許文献1 】 特開2001-233219公報

20

【 特許文献2 】 特開2002-153517公報

【 特許文献3 】 特開2005-154047公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献1や特許文献2、特許文献3では、パワーアシスト技術を用いて操作者が操作力を加えるとき、装置の重心位置の認識に個人差があること及び力をセンサに対して人間の意思の通り正確に加えることできないことなどにより、操作者が意図していない方向に装置が動作してしまうという課題を抱えている。

【 0 0 0 8 】

本発明では、パワーアシストを利用した車輪駆動装置の操作者が操作するときの癖にあわせて動作方向を推論することでユーザーフレンドリなパワーアシスト装置を提供することを課題とする。

30

【 0 0 0 9 】

また、上記のようにパワーアシストを利用した車輪駆動装置の動作方向を推論するとき、操作者が自らの意思を推論部に伝えるための分かりやすいインターフェイスを兼ね備えた装置を提供することも課題となる。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

以上の課題を解決するため、本発明者は鋭意検討を重ねた結果、次の発明を完成させるに至った。

40

【 0 0 1 1 】

第一の発明は、パワーアシスト技術を利用する車輪駆動装置において、操作を行う者が所望する装置の動作方向を装置に伝達するためのインターフェース部と同インターフェース部から伝達された動作方向を教師信号として装置の動作方向の推論を行う方向推論部を備えることを特徴とする装置である。

【 0 0 1 2 】

第二の発明は、前記方向推論部がファジィニューラルネットワークを用いて装置の動作方向を推論することを特徴とする第一の発明に記載の装置である。

【 0 0 1 3 】

50

第三の発明は、前記インターフェース部が情報入力と装置の軌跡情報表示を行うための画像表示部と画像表示部から入力された情報を方向情報へ変換し、方向推論部へ情報を伝達する情報変換部からなることを特徴とする第一の発明または第二の発明に記載の装置である。

【0014】

第四の発明は、パワーアシスト技術を利用する車輪駆動装置の制御方法において、使用者が所望するパワーアシスト装置の動作方向を教師信号として装置の動作方向の推論を行うことを特徴する方法である。

【0015】

第五の発明は、前記動作方向の推論が、ファジィニューラルネットワークを用いて行うことを特徴とする第四の発明に記載の方法である。

10

【0016】

第六の発明は、前記発明において、使用者が所望する装置の動作方向を、画像表示装置から入力し、その入力情報を教師信号として与え、さらに実際に装置が動作した軌跡を表示することを特徴する方法である。

【発明の効果】

【0017】

上記本発明の装置および方法によれば、インターフェース部を通じて、操作者が所望する動作方向を方向推論の教師信号として与え、これをもとに操作者が真に操作したい方向を学習することで、個人の癖により操作者が意図しない動作方向に装置が動くことを防ぐことができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

次に、本発明の実施形態について説明するが、本発明の技術的範囲は、これらの実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を変更することなく様々な形態で実施することが出来る。

【0019】

本発明の実施形態の一様は、図1のように、操作者の操作力を検出し、これを操作速度に変換するパワーアシストコントローラ、操作者の動作方向を方向推論部に伝達するためのインターフェース部であるタッチパネル、パワーアシストコントローラより入力された動作速度の方向をタッチパネルよりの教師信号を元に、ファジィニューラルネットワークを用いて推論する方向推論部、そして、装置が動作するときの振動を抑えるための制振部、そして実際の車輪部からなる。

30

【0020】

以下、詳細な説明を行う。図1記載のパワーアシストコントローラは、数1のような操作者が加えた操作力を速度に変換する。ここで、 f_x はx軸方向の操作力、 f_y はy軸方向の操作力を示し、 m_z はz軸周りに操作するモーメントを示す。

【0021】

【数1】

$$F = [f_x, f_y, m_z]^T$$

40

【0022】

このとき、パワーアシスト手法として、力に比例した速度を発生させるような、速度制御手法を用いることが望ましい。これは、搭乗者の負荷が変化しても加えた力に応じた速度を得ることができ、操作者が同じ操作力で操作できるからである。また、このような速度制御手法を用いると、斜面においても、力を加えなければ速度指令値が零であるため、車輪がロックされることにより、重力により滑り落ちることは無いという利点もある。

【0023】

操作力から装置の速度に変換する際、ニュートンの第二法則から明らかなように、操作力は加速度に対応しており、歩行による振動や手振れなど押す力が振動的であることは当然であるといえる。装置は速度制御を行っているため、パワーアシストコントローラには積

50

分要素が必要である。単純な積分のみのコントローラの場合、操作者が操作力を加えている途中で手を離れたときに、その瞬間の速度指令値を保持してしまい、動作し続けてしまう。そのため、加速度に比例する項、即ち速度に粘性特性を持たせることにより、介助者が手を離れたとき、自然に停止するようにする。

【 0 0 2 4 】

上記を満たす、質量を m 、粘性摩擦係数を c とおき、 X 軸方向の力 f_x [N] から X 軸方向の速度 v_x^p [m / s]、 Y 軸方向の力 f_y [N] から Y 軸方向の速度 v_y^p [m / s]、 Z 軸周りのモーメント m_z [Nm] から Z 軸周りの角速度 ω_z^p [rad / s] を求めるパワーアシストコントローラは、ラプラス変換した s 領域で以下のように表される。

10

【 0 0 2 5 】

【 数 2 】

$$\begin{bmatrix} V_x^p \\ V_y^p \\ \omega_z^p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{K_{vx}}{T_{vxs}+1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{K_{vy}}{T_{vys}+1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{K_{az}}{T_{vaz}+1} \end{bmatrix}$$

【 0 0 2 6 】

ここで、 K は 軸方向のゲイン、 T は 軸方向のコントローラの時定数を示す。

【 0 0 2 7 】

図 1 記載のタッチパネルは、情報入力と軌跡出力用の画像表示装置と入力された情報を方向推論部へ伝達する装置からなるものであり、操作者が操作したい意思を方向推論部に教師信号として伝達するインターフェース部である。さらに、このとき、装置が実際に動作した軌跡を表示できる機能が備わっていれば望ましい。同インターフェース部としては、例えば、キーボードとディスプレイの組み合わせなど他の意思伝達ができるデバイスであれば、この限りではない。しかしながら、タッチパネルは、以下の理由からもっともふさわしい意思伝達デバイスであると考えられる。

20

(1) 視覚的に意思データを与えることが可能である。

(2) 意思入力を促す G U I (Graphical User Interface) を作成するのみでインターフェース部が構築できる。

(3) 装置が実際に動作した軌跡の表示が可能である。

30

【 0 0 2 8 】

タッチパネルでは、並進移動での角度の指定、右回転、左回転を指示できるようにする。例えば、並進移動データ取得モードに設定し、チューニングしたい角度を与えたい場合は、タッチパネル画面上の部分タッチすることにより、操作したい角度の大きさをグラフィカルに表示し、操作者に対してすぐに与えた角度を確認できるようにする。

【 0 0 2 9 】

また、左右回転を指示する場合は、どちらの方向に回転させればよいか確認できるようにグラフィカル表示し、容易にデータ取得できるように構成する。

【 0 0 3 0 】

図 1 記載の方向推論部は、操作者が真に操作したい方向を推論するためのものであり、望ましくは、ファジィニューラルネットワークを用いて行う。この方向推論部が必要な理由は、以下の通りである。

40

【 0 0 3 1 】

方向推論を行わず、パワーアシストを用いて装置を並進移動（左真横並進移動）させる場合を考える。このとき、人間は実際に装置のパワーアシストを行う際、装置の重心を動かしたい方向に力を加えようとする。重心位置の認識は人間によって異なり、装置を動かしながら探っていくことにより見つける。従って、力の加え始めは個人の感覚で重心位置を決定し、力を加えるため、装置の重心位置とセンサの中心軸がずれていると、センサに人間の意図しない入力（左真横方向の力と左回転モーメント）が入り、これが操作性の劣化を招く。ここで、右手の操作力を f_R [N]、左手の操作力を f_L [N]、センサ中心と

50

ハンドグリップまでのX軸方向の距離を L_1 [m]、センサ中心とハンドグリップまでのY軸方向の距離を L_2 [m]、装置重心からハンドグリップまでのX軸方向の距離を L_{omw} とすると、(f_R と f_L は同じ大きさとしている)において、装置重心に作用する力 F_{omw} は、下記ようになる。

【0032】

【数3】

$$F_{omw} = \begin{bmatrix} f_{x_{omw}} \\ f_{y_{omw}} \\ m_{z_{omw}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2f_R \cos(\tan^{-1} \frac{L_{omw}}{L_2}) \\ 0 \end{bmatrix}$$

【0033】

ここで、 $f_{x_{omw}}$ は装置重心に作用するX軸方向の力[N]、 $f_{y_{omw}}$ はOMW重心に作用するY軸方向の力[N]、 $m_{z_{omw}}$ はOMW重心に作用するZ軸周りのモーメント[Nm]であり、Y軸方向にのみ力が作用していることがわかる。また、センサ中心に作用する力 F_{sensor} は、以下ようになる。

【0034】

【数4】

$$F_{sensor} = \begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ m_{z_{omw}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2f_R \cos(\tan^{-1} \frac{L_{omw}}{L_2} - \tan^{-1} \frac{L_1}{L_2}) \cos(\tan^{-1} \frac{L_1}{L_2}) \\ 2f_R \sin(\tan^{-1} \frac{L_{omw}}{L_2} - \tan^{-1} \frac{L_1}{L_2}) \sqrt{L_1^2 + L_2^2} \end{bmatrix}$$

【0035】

ここで、 f_x はセンサ中心に作用するX軸方向の力[N]、 f_y はセンサ中心に作用するY軸方向の力[N]、 m_z はセンサ中心に作用するZ軸周りのモーメント[Nm]であり、人間の意思と反する m_z がセンサに入力されてしまうため、操作性が悪化することがわかる。

【0036】

また、右回転の場合も装置の重心位置を右回転させようとハンドルに力を加えるため、センサには左真横方向の力と右回転モーメントが入力され操作性の劣化を招く。

【0037】

以上のことから、方向推論を用いて、人間が意図したパワーアシスト動作になるように推論を行う必要がある。

【0038】

方向推論部は、ファジィ推論で記述されることが望ましい。これは、経験的な知識をif-then形式のように言語表現として扱えること、知識を並列に配置することが可能なこと、

ルールの前件部とは必ずしも一致しない事実から結論を導くことが可であること、曖昧な表現が可能であること、必ずしも理論的に厳密でなくても可であることなどの利点があるためである。

【0039】

本発明に好適なファジィ推論は、図2に示すif-thenルールで記述される。なお、図2において、 f_R は右手操作力[N]、 f_L は左手操作力[N]、 f_x はX軸方向の操作力[N]、 f_y はY軸方向の操作力[N]、 m_z はZ軸周りのモーメント[Nm]、 v_x^P はパワーアシストコントローラにより生成されたX軸方向の速度指令値[m/s]、 v_y^P はパワーアシストコントローラにより生成されたY軸方向の速度指令値[m/s]、 ω^P はパワーアシストコントローラにより生成されたZ軸周りの角速度指令値[rad/s]、 v_y^F は方向推論より生成されたY軸方向の速度指令値[m/s]、 ω^F は方向推論により生成されたZ軸周りの角速度指令値[rad/s]をそれぞれ表わしている。

【0040】

ファジィ理論を使って方向推論を行う場合、ファジィ集合への帰属度を示すメンバーシップ関数をどのように構築するかが重要となる。メンバーシップ関数は、操作者の個人の特

10

20

30

40

50

性に影響されるので、各個人ごとに最適なものにチューニングする必要がある。本発明の発明者らは、以下のようなファジィ理論を用いた方向推論方法を考案した。まず、ファジィ推論における前件部メンバーシップ関数を以下のように表す。

【0041】

【数5】

$$f(x_i[a_1, c_1, a_2, c_2]) = \frac{1}{1 + e^{-a_1(n-1)}} - \frac{1}{1 + e^{-a_2(n-2)}}$$

【0042】

数5のa1、c1、a2、c2の4つのパラメータを変更するだけで、正、0、負の関数の形状をあらわすことができる。

10

【0043】

また、ファジィ推論部の後件部のメンバーシップ関数を以下のようにする。なお、このメンバーシップ関数に関するテーブルを図3、4、5に示す。

【0044】

【数6】

$$f(x, y) = Ax + By + C$$

【0045】

前件部の4つのパラメータと後件部のA、B、Cのパラメータを、タッチパネルより入力された操作者が真に操作したい方向を教師信号として、図6に示すニューラルネットワークを用いて学習することで、操作者の意思を反映した最適な操作方向のファジィ推論を実現した。ニューラルネットワークは、バックプロパゲーション型であり、出力部は最小二乗法で行っている。

20

【0046】

図1に示す制振部は、HSAコントローラから構成され、これは、本発明者らにより、考案されたハイブリッド整形法に基づいて設計されている。制振部を設けることで、装置が動作するときに発生する不快な振動を抑制し、よりユーザにやさしいパワーアシスト装置を実現できる。これは、特に介護分野において重要となる。

【0047】

制振部に使用されているアルゴリズムは本発明者らの先行研究である特許文献4や非特許文献1と同じものを使用しているが、このアルゴリズムをパワーアシスト装置に適用したのは、初めての試みである。このアルゴリズムは、

30

- (1) コントローラの選択
- (2) 設計仕様の定式化
- (3) 最適化問題の定式化
- (4) コントローラの算出

からなる。

【特許文献4】特開2002-351551公報

【非特許文献1】“時間、周波数仕様を考慮したハイブリッド整形法による制振起動制御”，矢野賢一、小黒直樹、寺嶋一彦、計測自動制御学会論文Vol37, No5, 2001

40

【0048】

以下、制振部におけるアルゴリズムの各ステップに関する説明を行う。前記、(1)コントローラを選択のステップは、比例ゲイン、積分ゲイン、微分ゲイン、ローパス特性、ハイパス特性、ノッチ特性、バンドパス特性など付加したい特性を元にコントローラを選択する。

【0049】

前記、(2)設計仕様の定式化のステップでは、時間領域および周波数領域での設計仕様をペナルティ関数により表現する。

【0050】

前記、(3)最適化問題の定式化のステップでは、ペナルティ項を加えた制約付の最適化

50

問題を定式化する。

【0051】

前記、(4)コントローラの算出のステップでは、得られた最適化問題をシンプレックス法を用いて解き、コントローラのパラメータを決定する。

【0052】

図1に示す車輪部は、車輪とその速度検出装置(6軸力覚センサなど)、および操舵用のハンドルからなる。

【実施例】

【0053】

本発明を実施例にもとづき更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

【0054】

本発明を全方向車椅子に適用し、ファジィ推論を用いて方向推論を行うとき、特定の人メンバーシップ関数のパラメータをニューラルネットワークで学習させ、他の人に用いたときの操作特性の結果を図7に、斜め上45度に動作させたい場合についてファジィ推論を用いて方向推論を行うとき、個人ごとにメンバーシップ関数のパラメータをニューラルネットワークで学習させたときの操作特性の結果を図8に示す。

【0055】

結果から、本発明の特性である、個人ごとにファジィパラメータをチューニングした図8のほうが、操作特性がよいことが分かる。また、左右並進、直進、回転などの数条件を学習させるのに、5分程度で実行でき、その後は、構築されたコントローラで、操作者が自分の癖で運転しても、操作者の意思通り動くので実用的である。

【産業上の利用可能性】

【0056】

パワーアシスト装置は、車椅子などの介護の分野で今後、需要が広がることが確実である。介護の分野で使用される装置に要求されるのは、被介護者に優しく、また、介護者の負担を少なくすることである。その意味で、本発明は、介護者である操作者の個人特性を加味して、装置を動作させたい方向に動かすことを可能にし、さらに、被介護者に不快にならないよう動作時の振動を抑えることも行う点から、介護分野での普及が見込まれる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本発明の概念図を示す。

【図2】方向推論をファジィ推論を用いて行う場合のif-thenルール

【図3】方向推論をファジィ推論を用いて行う場合のx方向速度のメンバーシップ関数

【図4】方向推論をファジィ推論を用いて行う場合のy方向速度のメンバーシップ関数

【図5】方向推論をファジィ推論を用いて行う場合の回転方向のメンバーシップ関数

【図6】ファジィニューラルネットワークのブロック図

【図7】特定の人に最適チューニングしたパラメータを他の人に用いたときの操作結果

【図8】各個人ごとにチューニングしたパラメータを利用したときの操作結果

【符号の説明】

【0058】

なし

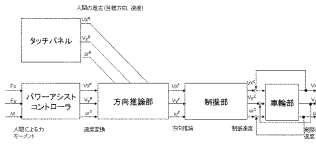
10

20

30

40

【 図 1 】



【 図 2 】

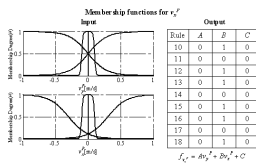
Fuzzy rule for v_y^F and ω^F

Rule	Antecedents	Consequents
1	If $VyM(v_y^P < 0)$ and $\omega N(\omega^P < 0)$, then $\omega^F < 0$	
2	If $VyZ(v_y^P = 0)$ and $\omega N(\omega^P < 0)$, then $\omega^F < 0$	
3	If $VyP(v_y^P > 0)$ and $\omega N(\omega^P < 0)$, then $v_y^F > 0$	
4	If $VyM(v_y^P < 0)$ and $\omega Z(\omega^P = 0)$, then $v_y^F < 0$	
5	If $VyZ(v_y^P = 0)$ and $\omega Z(\omega^P = 0)$, then 0	
6	If $VyP(v_y^P > 0)$ and $\omega Z(\omega^P = 0)$, then $v_y^F > 0$	
7	If $VyM(v_y^P < 0)$ and $\omega P(\omega^P > 0)$, then $v_y^F < 0$	
8	If $VyZ(v_y^P = 0)$ and $\omega P(\omega^P > 0)$, then $\omega^F > 0$	
9	If $VyP(v_y^P > 0)$ and $\omega P(\omega^P > 0)$, then $\omega^F > 0$	

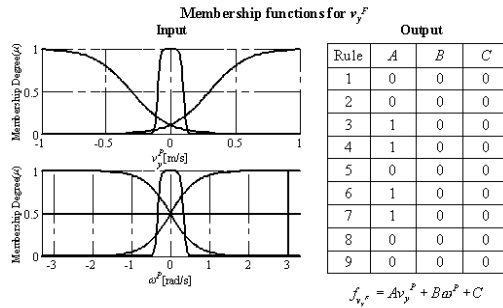
Fuzzy rule for v_x^F

Rule	Antecedents	Consequents
10	If $VyM(v_y^P < 0)$ and $VxM(v_x^P < 0)$, then $v_x^F < 0$	
11	If $VyM(v_y^P < 0)$ and $VxZ(v_x^P = 0)$, then 0	
12	If $VyM(v_y^P < 0)$ and $VxP(v_x^P > 0)$, then $v_x^F > 0$	
13	If $VyZ(v_y^P = 0)$ and $VxM(v_x^P < 0)$, then $v_x^F < 0$	
14	If $VyZ(v_y^P = 0)$ and $VxZ(v_x^P = 0)$, then 0	
15	If $VyZ(v_y^P = 0)$ and $VxP(v_x^P > 0)$, then $v_x^F > 0$	
16	If $VyP(v_y^P > 0)$ and $VxM(v_x^P < 0)$, then $v_x^F < 0$	
17	If $VyP(v_y^P > 0)$ and $VxZ(v_x^P = 0)$, then 0	
18	If $VyP(v_y^P > 0)$ and $VxP(v_x^P > 0)$, then $v_x^F > 0$	

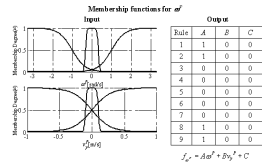
【 図 3 】



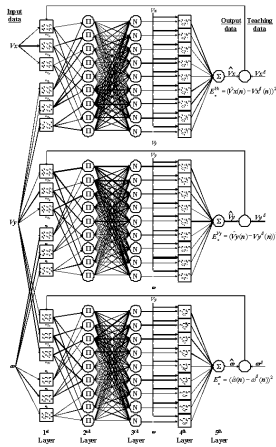
【 図 4 】



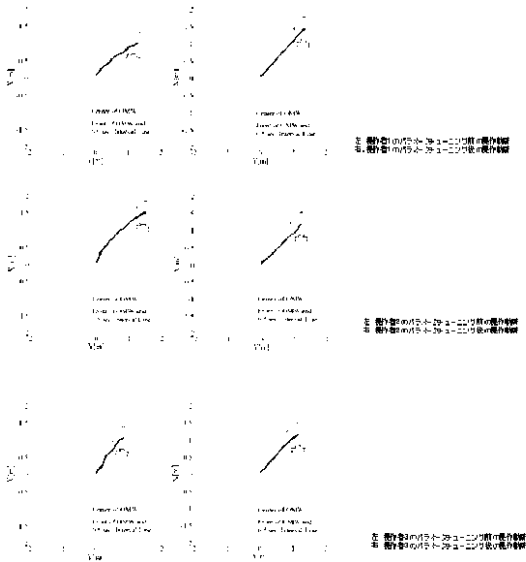
【 図 5 】



【 図 6 】

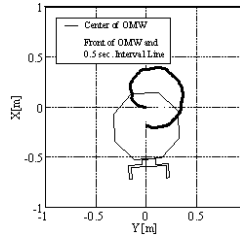


【 図 8 】

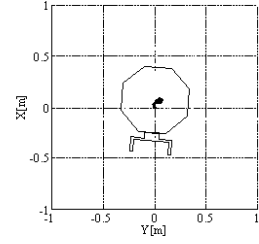


【 図 7 】

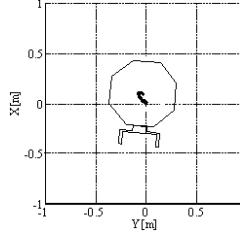
Without directional reasoning



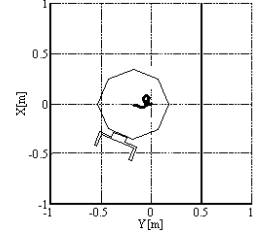
Attendant 1



Attendant 2



Attendant 3



フロントページの続き

(72)発明者 北村 創

愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

国立大学法人豊橋技術科学大学内

審査官 鈴木 孝幸

(56)参考文献 特表2008-521704(JP,A)

特開2001-097221(JP,A)

特開2006-322839(JP,A)

特開平10-264825(JP,A)

特開2004-120875(JP,A)

特開平11-171038(JP,A)

特開2001-119425(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B62B 1/00-5/06