

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5948149号
(P5948149)

(45) 発行日 平成28年7月6日(2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月10日(2016.6.10)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 G 5/04 (2013.01) A 6 1 G 5/04 7 0 9

請求項の数 12 (全 23 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2012-119492 (P2012-119492) | (73) 特許権者 | 503092180 |
| (22) 出願日 | 平成24年5月25日 (2012.5.25) | | 学校法人関西学院 |
| (65) 公開番号 | 特開2013-244156 (P2013-244156A) | | 兵庫県西宮市上ヶ原一番町1番155号 |
| (43) 公開日 | 平成25年12月9日 (2013.12.9) | (74) 代理人 | 100104444 |
| 審査請求日 | 平成26年12月5日 (2014.12.5) | | 弁理士 上羽 秀敏 |
| | | (74) 代理人 | 100112715 |
| | | | 弁理士 松山 隆夫 |
| | | (74) 代理人 | 100125704 |
| | | | 弁理士 坂根 剛 |
| | | (74) 代理人 | 100120662 |
| | | | 弁理士 川上 桂子 |
| | | (72) 発明者 | 中後 大輔 |
| | | | 兵庫県三田市学園二丁目一番地 関西学院 大学理工学部内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 漕ぎ動作判定に基づく制御を行う車椅子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

搭乗者の漕ぎ動作に応じて回転する左車輪及び右車輪を備える車椅子であって、
前記左車輪の速度を取得する第1速度取得部と、
前記右車輪の速度を取得する第2速度取得部と、
前記第1速度取得部により取得された左車輪の速度の変化を、前記搭乗者の所定の漕ぎ動作によって生じると予測される前記左車輪及び前記右車輪の速度の予測変化と比較することにより、前記搭乗者が前記左車輪を漕いだか否かを判定し、前記第2取得部により取得された右車輪の速度の変化を前記予測変化と比較することにより、前記搭乗者が前記右車輪を漕いだか否かを判定する漕ぎ動作判定部と、

前記漕ぎ動作判定部による判定結果に応じて、前記左車輪及び前記右車輪の少なくとも一方の回転を制御する回転制御部とを備える車椅子。

【請求項2】

請求項1に記載の車椅子であって、
前記回転制御部は、前記漕ぎ動作判定部により前記搭乗者が前記左車輪及び前記右車輪を漕いでいないと判定された場合、前記左車輪及び前記右車輪の回転を停止させる、車椅子。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の車椅子であって、さらに、
前記漕ぎ動作判定部により前記搭乗者が前記左車輪及び前記右車輪を漕いだと判定され

10

20

た場合、前記漕ぎ動作が開始された後の前記左車輪及び前記右車輪の平均速度を推定する両側速度推定部を備え、

前記回転制御部は、前記推定された左車輪の平均速度と前記推定された右車輪の平均速度とを用いて、前記左車輪及び前記右車輪の少なくとも一方の回転を制御する、車椅子。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の車椅子であって、

前記回転制御部は、前記取得された左車輪の速度と前記取得された右車輪の速度との実測比が、前記推定された左車輪の平均速度と前記推定された右車輪の平均速度との基準比に一致するように、前記左車輪及び前記右車輪の少なくとも一方の回転を制御する、車椅子。

10

【請求項 5】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の車椅子であって、さらに、

前記漕ぎ動作判定部により前記搭乗者が前記左車輪及び前記右車輪の一方を漕いだと判定された場合、前記漕ぎ動作が開始された後の当該一方の車輪の平均速度を推定する片側速度推定部を備え、

前記回転制御部は、前記取得された左車輪の速度と前記取得された右車輪の速度との実測比が、前記推定された一方の車輪の平均速度と前記漕ぎ動作が開始されたときの他方の車輪の速度との基準比に一致するように、前記左車輪及び前記右車輪の回転を制御する、車椅子。

【請求項 6】

20

請求項 4 又は請求項 5 に記載の車椅子であって、さらに、

前記実測比を前記基準比と比較し、その比較結果に基づいて、前記左車輪及び前記右車輪のいずれを制御するかを決定する制御対象決定部を備え、

前記回転制御部は、前記制御対象決定部により決定された車輪の回転を制御する、車椅子。

【請求項 7】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の車椅子であって、さらに、

前記漕ぎ動作判定部により前記搭乗者が前記左車輪及び前記右車輪の一方を漕いだと判定された場合、前記漕ぎ動作が開始された後の当該一方の車輪の平均速度を推定する片側速度推定部を備え、

30

前記回転制御部は、前記一方の車輪の速度が前記速度推定部により推定された平均速度となるように、前記一方の車輪の回転を制御する、車椅子。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の車椅子であって、

前記回転制御部は、他方の車輪の速度が、前記搭乗者が漕ぎ動作を開始したときの速度となるように、前記他方の車輪の回転を制御する、車椅子。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれか 1 項に記載の車椅子であって、さらに、

前記車椅子の前後方向の加速度を取得する加速度取得部を備え、

前記漕ぎ動作判定部は、前記加速度取得部により前方向の加速度が所定期間継続して取得された場合、前記搭乗者が前記左車輪及び前記右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する、車椅子。

40

【請求項 10】

請求項 1 に記載の車椅子であって、

前記漕ぎ動作判定部は、

前記取得された左車輪の速度の変化と前記予測変化との第 1 相違度を算出し、前記取得された右車輪の速度の変化と前記予測変化との第 2 相違度を算出する相違度算出部と、

前記算出された第 1 相違度が所定の範囲に存在する場合、前記搭乗者が前記左車輪を漕いだと判定し、前記算出された第 2 相違度が前記所定の範囲に存在する場合、前記搭乗者が前記右車輪を漕いだと判定する相違度比較部とを含む、車椅子。

50

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の車椅子であって、

前記相違度算出部は、複数の予測変化を取得し、前記第 1 相違度及び前記第 2 相違度を予測変化ごとに算出し、

前記相違度比較部は、各予測変化に対応する第 1 相違度のうち最小の第 1 相違度が前記所定の範囲に存在する場合、前記搭乗者が前記左車輪を漕いだと判定し、各予測変化に対応する第 2 相違度のうち最小の第 2 相違度が前記所定の範囲に存在する場合、前記搭乗者が前記右車輪を漕いだと判定する、車椅子。

【請求項 1 2】

搭乗者の漕ぎ動作に応じて回転する左車輪及び右車輪を備える車椅子に搭載され前記左車輪及び右車輪の回転を制御する制御装置、として動作するコンピュータに、

前記左車輪の速度を取得するステップと、

前記右車輪の速度を取得するステップと、

前記取得された左車輪の速度の変化を、前記搭乗者の所定の漕ぎ動作によって生じると予測される前記左車輪及び前記右車輪の速度の予測変化と比較することにより、前記搭乗者が前記左車輪を漕いだか否かを判定するステップと、

前記取得された右車輪の速度の変化を前記予測変化と比較することにより、前記搭乗者が前記右車輪を漕いだか否かを判定するステップと、

前記左車輪を漕いだか否かの判定結果及び前記右車輪を漕いだか否かの判定結果に応じて、前記左車輪の回転及び前記右車輪の少なくとも一方の回転を制御するステップとを実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車椅子に関し、さらに詳しくは、搭乗者の漕ぎ動作に応じて回転する左車輪及び右車輪を備える車椅子に関する。

【背景技術】

【0002】

車椅子は、歩行が困難な高齢者、障害者の移動を補助するために用いられる。車椅子の搭乗者は、車輪に取り付けられたハンドリムを操作することにより、車椅子を前後方向に動かすことができる。搭乗者は、左車輪の回転速度と右車輪の回転速度とを調整することによって、車椅子を旋回させることができる。

【0003】

車椅子が斜面上を水平に移動する場合、車椅子が、搭乗者の意図に反して下方方向に移動する現象（片流れ現象）が発生する。たとえば、歩道が車道に向かって傾斜している場合、車椅子は、搭乗者の意図に関係なく、歩道から車道の方へ移動する。このように、搭乗者が、車椅子を意図通りに動かせないことがある。

【0004】

特許文献 1 には、左車輪及び右車輪にそれぞれ組み込まれたパウダブレーキを制御することによって、目標経路に沿って移動することができるパッシブ型移動台車が記載されている。しかし、特許文献 1 には、目標経路を設定する方法が具体的に記載されていない。

【0005】

非特許文献 1 には、搭乗者が車椅子を漕いだときに発生する入力トルクの最大値と、入力トルクが最大値に達するまでの時間とを用いて、車椅子の走行軌道を推定することが記載されている。しかし、非特許文献 1 に記載されている方法は、搭乗者が車椅子を漕ぎ始めてから、入力トルクが最大値に達するまで、車椅子の走行軌道を制御することができない。

【0006】

また、非特許文献 1 に記載されている方法は、搭乗者が車椅子を操作することを前提としている。非特許文献 1 では、重力など、搭乗者の漕ぎ動作以外の要因によって車椅子が

10

20

30

40

50

移動することが考慮されていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第4411415号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】「躍度最小軌道に基づくパワーアシスト車椅子の走行制御法」, 電気学会論文誌C 125巻7号 1133~1139ページ、関 弘和, 杉本 武明, 多田隈 進著、一般社団法人 電気学会、2005年

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の目的は、搭乗者の漕ぎ動作以外の要因によって車椅子が移動する場合であっても、車輪の回転を制御できる車椅子を提供することである。

【課題を解決するための手段及び効果】

【0010】

本発明の車椅子は、搭乗者の漕ぎ動作に応じて回転する左車輪及び右車輪を備える。本発明の車椅子は、第1速度取得部と、第2速度取得部と、漕ぎ動作判定部と、回転制御部とを備える。第1速度取得部は、左車輪の速度を取得する。第2速度取得部は、右車輪の速度を取得する。漕ぎ動作判定部は、第1速度取得部により取得された左車輪の速度と、第2速度取得部により取得された右車輪の速度とに基づいて、搭乗者が左車輪及び右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する。回転制御部は、漕ぎ動作判定部による判定結果に応じて、左車輪及び右車輪の少なくとも一方の回転を制御する。

20

【0011】

本発明によれば、漕ぎ動作判定部は、左車輪の速度と右車輪の速度とに基づいて、搭乗者が左車輪及び右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する。回転制御部は、判定結果に応じて、左車輪及び右車輪の少なくとも一方の回転を制御する。これにより、搭乗者の漕ぎ動作以外の要因によって車椅子が移動する場合であっても、車輪の回転を制御することができる。

30

【0012】

好ましくは、回転制御部は、漕ぎ動作判定部により搭乗者が左車輪及び右車輪を漕いでいないと判定された場合、左車輪及び右車輪の回転を停止させる。

【0013】

本発明によれば、搭乗者が左車輪及び右車輪を漕いでいないと判定された場合、車椅子が停止する。これにより、車椅子が搭乗者の意図に反する動きをすることを防止できる。

【0014】

好ましくは、本発明の車椅子はさらに、両側速度推定部を備える。両側速度推定部は、漕ぎ動作判定部により搭乗者が左車輪及び右車輪を漕いだと判定された場合、漕ぎ動作が開始された後の左車輪及び右車輪の平均速度を推定する。回転制御部は、推定された左車輪の平均速度と推定された右車輪の平均速度とを用いて、左車輪及び右車輪の少なくとも一方の回転を制御する。

40

【0015】

本発明によれば、搭乗者が左車輪及び右車輪を漕いだと判定された場合、左車輪及び右車輪の平均速度が推定される。回転制御部は、左車輪及び右車輪の平均速度を用いて、左車輪及び右車輪の回転を制御する。これにより、搭乗者の意図する軌道に沿って車椅子を走行させることができる。

【0016】

好ましくは、回転制御部は、取得された左車輪の速度と取得された右車輪の速度との実測比が、推定された左車輪の平均速度と推定された右車輪の平均速度との基準比に一致す

50

るように、左車輪及び右車輪の少なくとも一方の回転を制御する。これにより、搭乗者の意図する旋回半径に沿って車椅子を走行させることができる。

【0017】

本発明によれば、左車輪及び右車輪の回転が、左車輪の速度と右車輪の速度との実測比が、左車輪の平均速度と右車輪の平均速度との基準比に一致するように制御される。これにより、搭乗者の意図する軌道に沿って車椅子を走行させることができる。

【0018】

好ましくは、本発明の車椅子はさらに、片側速度推定部を備える。片側速度推定部は、漕ぎ動作判定部により搭乗者が左車輪及び右車輪の一方を漕いだと判定された場合、漕ぎ動作が開始された後の当該一方の車輪の平均速度を推定する。回転制御部は、取得された左車輪の速度と取得された右車輪の速度との実測比が、推定された一方の車輪の平均速度と漕ぎ動作が開始されたときの他方の車輪の速度との基準比に一致するように、左車輪及び右車輪の回転を制御する。

10

【0019】

本発明によれば、搭乗者が一方の車輪を漕いだと判定された場合、一方の車輪の平均速度と、漕ぎ動作が開始されたときの他方の車輪との速度との基準比に基づいて、左車輪及び右車輪が制御される。これにより、搭乗者が一方の車輪のみを漕いだときであっても、搭乗者の意図する軌道に沿って車椅子を走行させることができる。

【0020】

好ましくは、本発明の車椅子はさらに、制御対象決定部を備える。制御対象決定部は、実測比を基準比と比較し、その比較結果に基づいて、左車輪及び右車輪のいずれを制御するかを決定する。回転制御部は、制御対象決定部により決定された車輪の回転を制御する。

20

【0021】

本発明によれば、回転制御部は、実測比を基準比と比較した結果に基づいて、左車輪及び右車輪のいずれか一方の回転を制御する。これにより、実測比を基準比に速やかに近づけることができる。

【0022】

好ましくは、本発明の車椅子はさらに、片側速度推定部を備える。片側速度推定部は、漕ぎ動作判定部により搭乗者が左車輪及び右車輪の一方を漕いだと判定された場合、漕ぎ動作が開始された後の当該一方の車輪の平均速度を推定する。回転制御部は、一方の車輪の速度が速度推定部により推定された平均速度となるように、一方の車輪の回転を制御する。

30

【0023】

本発明によれば、搭乗者が左車輪及び右車輪の一方を漕いだと判定された場合、一方の車輪の平均速度が推定される。一方の車輪の回転は、推定された平均速度となるように制御される。これにより、搭乗者が意図的に一方の車輪のみを漕いだ場合であっても、搭乗者の意図する軌道に沿って車椅子を走行させることができる。

【0024】

好ましくは、回転制御部は、他方の車輪の速度が、搭乗者が漕ぎ動作を開始したときの速度となるように、他方の車輪の回転を制御する。

40

【0025】

本発明によれば、他方の車輪の速度を、搭乗者が漕ぎ動作を開始したときの速度に維持される。このため、一方の車輪の回転のみを制御する場合に比べて、搭乗者の意図する軌道に沿って車椅子を走行させることが容易となる。

【0026】

好ましくは、本発明の車椅子はさらに、加速度取得部を備える。加速度取得部は、車椅子の前後方向の加速度を取得する。漕ぎ動作判定部は、加速度取得部により前方向の加速度が所定期間継続して取得された場合、搭乗者が左車輪及び右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する。

50

【0027】

本発明によれば、漕ぎ動作判定部は、前方向の加速度が所定期間継続して取得された場合、搭乗者が左車輪及び右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する。左車輪及び右車輪の速度が変化するたびに、搭乗者が左車輪及び右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定することがないため、左車輪及び右車輪の回転を安定的に制御できる。

【0028】

好ましくは、漕ぎ動作判定部は、取得された左車輪の速度の変化を、搭乗者の所定の漕ぎ動作によって生じると予測される左車輪及び右車輪の速度の予測変化と比較することにより、搭乗者が左車輪を漕いだか否かを判定し、取得された右車輪の速度の変化を前記予測変化と比較することにより、搭乗者が前記右車輪を漕いだか否かを判定する。

10

【0029】

本発明によれば、漕ぎ動作判定部は、左車輪及び右車輪の速度の変化を予測変化と比較することにより、搭乗者が左車輪を漕いだか否かを判定し、搭乗者が右車輪を漕いだか否かを判定する。これにより、左車輪に対する漕ぎ動作の有無と、右車輪に対する漕ぎ動作の有無を個別に判定できる。

【0030】

好ましくは、漕ぎ動作判定部は、相違度算出部と、相違度比較部とを備える。相違度算出部は、取得された左車輪の速度の変化と予測変化との第1相違度を算出し、取得された右車輪の速度の変化と予測変化との第2相違度を算出する。相違度比較部は、算出された第1相違度が所定の範囲に存在する場合、搭乗者が左車輪を漕いだと判定し、算出された第2相違度が所定の範囲に存在する場合、搭乗者が右車輪を漕いだと判定する。

20

【0031】

本発明によれば、搭乗者が左車輪を漕いだか否かが、左車輪の速度の変化と予測変化との第2相違度に基づいて判定される。搭乗者が右車輪を漕いだか否かが、右車輪の速度の変化と予測変化との第2相違度に基づいて判定される。これにより、左車輪に対する漕ぎ動作の有無と、右車輪に対する漕ぎ動作の有無とを高い精度で判定できる。

【0032】

好ましくは、相違度算出部は、複数の予測変化を取得し、第1相違度及び第2相違度を予測変化ごとに算出する。相違度比較部は、各予測変化に対応する第1相違度のうち最小の第1相違度が所定の範囲に存在する場合、搭乗者が左車輪を漕いだと判定し、各予測変化に対応する第2相違度のうち最小の第2相違度が所定の範囲に存在する場合、搭乗者が右車輪を漕いだと判定する。

30

【0033】

本発明によれば、第1相違度及び第2相違度を予測変化ごとに算出し、最小の第1相違度及び最小の第2相違度を用いて、搭乗者が左車輪及び右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する。これにより、搭乗者が左車輪及び右車輪の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する精度を向上させることができる。

【0034】

本発明のプログラムは、本発明の車椅子が備える制御装置に用いられる。

【図面の簡単な説明】

40

【0035】

【図1】本発明の実施の形態による車椅子の背面図である。

【図2】図1に示す車椅子の左側面図である。

【図3】図1に示す車椅子の上面図である。

【図4】図1に示す制御装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図5A】図1に示す車椅子を搭乗者が漕いだときにおける左車輪の速度の変化を示す図である。

【図5B】図1に示す車椅子を搭乗者が漕いだときにおける右車輪の速度の変化を示す図である。

【図6】図4に示す速度検出プログラムのフローチャートである。

50

【図 7】図 4 に示す車椅子制御プログラムのフローチャートである。

【図 8】図 5 A に示す左車輪の速度の変化を拡大したグラフである。

【図 9】図 7 に示すマッチング処理のフローチャートである。

【図 10】図 1 に示す車椅子と旋回半径との関係を示す図である。

【図 11】図 7 に示す軌道制御処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、図面を参照し、本発明の実施の形態を詳しく説明する。図中同一又は相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0037】

{ 車椅子の構造 }

図 1 は、本実施の形態による車椅子 1 の背面図である。図 2 は、車椅子 1 の左側面図である。図 3 は、車椅子 1 の上面図である。図 1 ~ 図 3 を参照して、車椅子 1 は、ブレーキ 17 a , 17 b が左車輪 12 a 及び右車輪 12 b にそれぞれ取り付けられたパッシブ型車椅子である。車椅子 1 は、ブレーキ 17 a , 17 b を用いて左車輪 12 a 及び右車輪 12 b の回転を制御することにより、走行経路を制御できる。

【0038】

車椅子 1 は、シート 11 と、左車輪 12 a と、右車輪 12 b と、ハンドリム 13 a , 13 b と、キャスト 14 a , 14 b と、フレーム 15 と、回転角センサ 16 a , 16 b と、ブレーキ 17 a , 17 b と、制御装置 2 とを備える。

【0039】

フレーム 15 は、車椅子 1 の本体を形成する。フレーム 15 には、シート 11 と、左車輪 12 a と、右車輪 12 b と、キャスト 14 a , 14 b とが取り付けられる。左車輪 12 a は、車椅子 1 の左後輪である。右車輪 12 b は、車椅子 1 の右後輪である。ハンドリム 13 a は、左車輪 12 a の外側に取り付けられる。ハンドリム 13 b は、右車輪 12 b の外側に取り付けられる。キャスト 14 a は、車椅子 1 の左前輪である。キャスト 14 b は、車椅子 1 の右前輪である。

【0040】

搭乗者は、シート 11 に座り、ハンドリム 13 a , 13 b を回すことにより、車椅子 1 を前後に移動させる。すなわち、搭乗者は、ハンドリム 13 a を回すことにより、左車輪 12 a を漕ぐことができ、ハンドリム 13 b を回すことにより、右車輪 12 b を漕ぐことができる。

【0041】

回転角センサ 16 a は、左車輪 12 a の回転軸に取り付けられ、左車輪 12 a の回転位置を検出する。回転角センサ 16 b は、右車輪 12 b の回転軸に取り付けられ、右車輪 12 b の回転位置を検出する。ブレーキ 17 a は、左車輪 12 a に取り付けられ、左車輪 12 a の回転を抑制するためのブレーキトルクを発生させる。ブレーキ 17 b は、右車輪 12 b に取り付けられ、右車輪 12 b の回転を抑制するためのブレーキトルクを発生させる。回転角センサ 16 a , 16 b と、ブレーキ 17 a , 17 b とは、図示しない配線によって、制御装置 2 と接続される。

【0042】

制御装置 2 は、左車輪 12 a 及び右車輪 12 b の速度の変化に応じて、ブレーキ 17 a , 17 b を制御する装置である。制御装置 2 は、シート 11 の下に取り付けられる。制御装置 2 は、たとえば、マイクロコンピュータである。制御装置 2 の詳細については、後述する。

【0043】

{ 制御装置 2 の構成 }

図 4 は、制御装置 2 の構成を示す機能ブロック図である。図 4 を参照して、制御装置 2 は、CPU (Central Processing Unit) 21 と、RAM (Random Access Memory) 22 と、インタフェース 23 と、フラッシュメモリ 24 とを備える。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

C P U 2 1 は、フラッシュメモリ 2 4 に格納されたプログラムを実行する。R A M 2 2 は、制御装置 2 のメインメモリである。C P U 2 1 は、プログラムを R A M 2 2 にロードし、ロードされたプログラムを実行して制御装置 2 を制御する。

【 0 0 4 5 】

フラッシュメモリ 2 4 は、書き換え可能な不揮発性の半導体メモリであり、車椅子制御プログラム 3 と、速度検出プログラム 4 と、複数のモデル化データ 5 と、左速度データ 6 と、右速度データ 7 とを格納する。フラッシュメモリ 2 4 に格納される各種データは、プログラムの動作に応じて、R A M 2 2 にロードされる。

【 0 0 4 6 】

車椅子制御プログラム 3 は、速度検出プログラム 4 により取得される左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の速度に基づいて、搭乗者が左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する。車椅子制御プログラム 3 は、判定結果に応じて、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方を制御する。

【 0 0 4 7 】

速度検出プログラム 4 は、回転角センサ 1 6 a から出力される回転位置に基づいて、左車輪 1 2 a の速度を取得し、回転角センサ 1 6 b から出力される回転位置に基づいて、右車輪 1 2 b の速度を取得する。速度検出プログラム 4 は、角速度を検出してもよいし、車輪の接線方向の速度（以下、「線速度」と呼ぶ。）を取得してもよい。以下、特に説明のない限り、速度検出プログラム 4 が、線速度を検出する場合を説明する。図 2 を参照して、速度 V_L は、速度検出プログラム 4 により取得された左車輪 1 2 a の線速度であり、速度 V_R は、速度検出プログラム 4 により取得された右車輪 1 2 b の線速度である。

【 0 0 4 8 】

モデル化データ 5 は、搭乗者の所定の漕ぎ動作によって生じると予測される速度 V_L , V_R の変化（予測変化）を記録したデータである。各モデル化データ 5 は、互いに異なる複数種類の漕ぎ動作に対応する予測変化を記録している。モデル化データ 5 の詳細は、後述する。

【 0 0 4 9 】

左速度データ 6 は、速度検出プログラム 4 に取得された速度 V_L を時系列に記録したデータである。右速度データ 7 は、速度検出プログラム 4 に取得された速度 V_R を時系列に記録したデータである。

【 0 0 5 0 】

{ 制御装置 2 の動作の概略 }

以下、制御装置 2 の動作の概略を説明する。

【 0 0 5 1 】

制御装置 2 は、回転角センサ 1 6 a から入力される左車輪 1 2 a の回転位置に基づいて、速度 V_L を取得する。制御装置 2 は、回転角センサ 1 6 b から入力される右車輪 1 2 b の回転位置に基づいて、速度 V_R を取得する。

【 0 0 5 2 】

制御装置 2 は、速度 V_L の変化とモデル化データ 5 に記録された予測変化との相違度を左車輪 1 2 a の相違度として算出する。左車輪 1 2 a の相違度が所定の範囲に存在する場合、制御装置 2 は、搭乗者が左車輪 1 2 a を漕いだと判定する。同様に、制御装置 2 は、速度 V_R の変化と予測変化との相違度を右車輪 1 2 b の相違度として算出する。右車輪 1 2 b の相違度が所定の範囲に存在する場合、制御装置 2 は、搭乗者が右車輪 1 2 b を漕いだと判定する。

【 0 0 5 3 】

制御装置 2 は、判定結果に応じて、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方の回転を制御する。たとえば、制御装置 2 は、左車輪 1 2 a の回転を制御する場合、ブレーキ 1 7 a のブレーキトルクを調整する。ブレーキ 1 7 a , 1 7 b のブレーキトルクを調整することにより、車椅子 1 の走行経路を制御することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

このように、制御装置 2 は、速度 V_L 、 V_R の変化に基づいて、搭乗者が左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する。制御装置 2 は、判定結果に応じて左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方の回転を制御する。これにより、漕ぎ動作以外の要因で車椅子 1 が移動する場合であっても、車椅子 1 の動きを制御することができる。

【 0 0 5 5 】

たとえば、制御装置 2 は、搭乗者が左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b を漕いでいないと判定した場合、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の回転を停止させる。搭乗者が車椅子 1 を漕いでいないにもかかわらず、車椅子 1 が動き始めた場合（車椅子 1 が斜面を下り始めた場合など）に、車椅子 1 を強制的に停止させることができる。

10

【 0 0 5 6 】

また、制御装置 2 は、搭乗者が左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b を漕いだと判定した場合、搭乗者が漕ぎ動作を開始した後の左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の平均速度を推定する。制御装置 2 は、速度 V_L と速度 V_R との比（実測比）が、推定された左車輪 1 2 a の平均速度と推定された右車輪 1 2 b の平均速度との比（基準比）に一致するように、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の回転を制御する。すなわち、制御装置 2 は、車椅子 1 が、基準比に基づいて定められる旋回半径に沿って曲がることができるように、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の回転を制御する。これにより、制御装置 2 は、搭乗者の意図する経路に沿って、車椅子 1 を移動させることができる。

20

【 0 0 5 7 】

{ 漕ぎ動作の判定の原理 }

以下、搭乗者が左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方を漕いだか否かを判定する原理を説明する。制御装置 2 は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b が漕がれたか否かを車輪ごとに個別に判定する。以下、左車輪 1 2 a を例にして説明する。

【 0 0 5 8 】

左車輪 1 2 a の位置を示すパラメータとして、 $x(t)$ を定義する。 $x(t)$ は、時刻 t における、車椅子 1 が移動する平面 1 0 0（図 3 参照）上での左車輪 1 2 a の位置（左車輪 1 2 a の重心の位置）を示す。

【 0 0 5 9 】

本実施の形態では、躍度最小軌道モデルを搭乗者の漕ぎ動作に適用する。制御装置 2 は、速度 V_L の変化を、躍度最小軌道モデルにより得られる車輪の速度変化と比較することによって、搭乗者が左車輪 1 2 a を漕いだか否かを判定する。なお、躍度最小軌道モデルにより得られる車輪の速度変化は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b で共通である。

30

【 0 0 6 0 】

躍度最小軌道モデルにおいて、 $x(t)$ は、(式 1) に示すように、評価関数 C_j を最小にする関数として定義される。(式 1) において、 t_f は、漕ぎ動作に要する時間である。 $d^3(x)/dt^3$ は、躍度である。

【 数 1 】

$$C_j = \int_0^{t_f} \left(\frac{d^3 x(t)}{dt^3} \right)^2 dt \quad \dots(\text{式 1})$$

40

【 0 0 6 1 】

評価関数 C_j が最小となる極値を有する場合、 $x(t)$ は、オイラーポアソン方程式を満たすため、 $x(t)$ は、(式 2) で表わされる。(式 2) より、 $x(t)$ は、5 次式で表わされる。

【数2】

$$\frac{d^6 x(t)}{dt^6} = 0 \quad \dots(\text{式}2)$$

【0062】

次に、 $x(t)$ を(式2)から求めるための条件を設定する。搭乗者が、停止している車椅子1を漕ぎ、所望の位置に車椅子1を停止させると仮定する。つまり、搭乗者は、左車輪12aを回転させる動作と、左車輪12aの回転を停止させる動作とを、連続して行う。この仮定に基づいて、搭乗者が漕ぎ動作を開始したとき($t = 0$)における左車輪12aの位置を x_0 と設定し、搭乗者が漕ぎ動作を終了したとき($t = t_f$)における左車輪12aの位置を x_f と設定する。漕ぎ動作の開始時($t = 0$)及び終了時($t = t_f$)における、左車輪12aの速度及び接線方向の加速度を0に設定する。

10

【0063】

(式2)をこれらの設定の下で解くことにより、 $x(t)$ は、(式3)、(式4)で表わされる。

【数3】

$$x(\tau) = x_0 + (x_f - x_0)(6\tau^5 - 15\tau^4 + 10\tau^3) \quad \dots(\text{式}3)$$

20

【数4】

$$\tau = \frac{t}{t_f} \quad \dots(\text{式}4)$$

【0064】

(式3)及び(式4)において、 x_0 、 x_f 、 t_f が、漕ぎ動作を特定するためのパラメータとなる。(式3)及び(式4)により示される車椅子1の予測軌道(躍度最小軌道モデルに基づく軌道)を $x(x_f, t_f)(t)$ と定義する。また、左車輪12aの実際の軌道(実測軌道)を $x_{real}(t)$ と定義する。下記(式5)に示すように、実測軌道 $x_{real}(t)$ を予測軌道 $x(x_f, t_f)(t)$ から差し引いた値の絶対値を積分する。(式5)により得られる積分値は、実測軌道が予測軌道と相違する度合いを示す。

30

【数5】

$$c(x_f, t_f) = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t^2} |x(x_f, t_f)(t) - x_{real}(t)| dt \quad \dots(\text{式}5)$$

【0065】

積分値が予め定められた基準値よりも小さい場合、実測軌道が予測軌道に整合すると判定される。つまり、左車輪12aは、漕ぎ動作により移動したと判定される。積分値が基準値以上である場合、実測軌道は、予測軌道と整合しないと判定される。つまり、左車輪12aは、漕ぎ動作以外の要因により移動したと判定される。

40

【0066】

各モデル化データ5に記録される左車輪12aの速度の変化(予測変化)を、上述した予測軌道から計算することができる。したがって、(式5)において、予測軌道 $x(x_f, t_f)(t)$ を予測変化に置き換え、実測軌道 $x_{real}(t)$ を速度 V_L の変化に置き換えることにより、積分値は、速度 V_L の変化と予測変化との相違度を示す。速度 V_L の変化と予測変化との相違度に基づいて、速度 V_L が漕ぎ動作により変化したか否かを判定することができる。

【0067】

様々な x_f 、 t_f を設定することにより、互いに異なる複数の予測軌道を計算できる。つまり、搭乗者が左車輪12aを強く漕いだり、弱い力でゆっくり漕いだりした場合など

50

、搭乗者の様々な動作に応じた複数の予測軌道を計算できる。これらの予測軌道から、搭乗者の様々な動作に応じた複数の予測変化を計算できる。このようにして計算された複数の予測変化が、各モデル化データ5に記録される。

【0068】

制御装置2は、複数のモデル化データ5を用いて、搭乗者が左車輪12aを漕いだか否かを判定する。制御装置2は、各モデル化データ5を用いて算出された複数の左車輪12aの相違度の中で、最小の相違度を選択する。最小の相違度がしきい値よりも小さければ、制御装置2は、搭乗者が左車輪12aを漕いだと判定する。

【0069】

制御装置2は、搭乗者が右車輪12bを漕いだか否かを判定するときにも、左車輪12aと共通のモデル化データ5を使用する。右車輪12bの物理特性(半径など)は、左車輪12aの物理的特性が同じであるため、左車輪12aと同じ予測軌道が得られるためである。

10

【0070】

{実測変化と予測変化との比較}

図5A及び図5Bは、漕ぎ動作により車椅子1が右旋回したときにおける各車輪の速度の変化を示すグラフである。図5Aは、左車輪12aの速度 V_L の変化を示す。図5Bは、右車輪12bの速度 V_R の変化を示す。図5A及び図5Bにおいて、速度 V_L 、 V_R を実線で示し、予測変化を破線で示す。

【0071】

20

図5A及び図5Bを参照して、車椅子1が右旋回しているため、速度 V_L が、速度 V_R よりも大きくなる。また、速度 V_L 、 V_R が、予測変化にほぼ整合している。

【0072】

なお、図5Aを参照して、1.75~3.0秒の期間において、速度 V_L が、予測変化を上回る傾向にある。この理由は、躍度最小軌道モデルにおいて、搭乗者が左車輪12aを停止させる動作を行うことが考慮されているのに対して、実際の車椅子1の操作では、搭乗者が、車椅子1を漕ぐたびに、車輪を停止させることがないためである。図5Bを参照して、実測変化は、全ての期間において、予測変化を下回る傾向にある。この理由は、搭乗者が、車椅子1を右旋回させるために、右車輪12bの回転を抑制しようとしているためであると考えられる。

30

【0073】

制御装置2は、速度 V_L 、 V_R の立ち上がり期間(図5A及び図5Bに示す例では、0.1~0.2秒の期間)に、速度 V_L 、 V_R を予測変化と比較して相違度を算出する。この期間では、速度 V_L 、 V_R は、予測変化にほぼ一致しているため、制御装置2は、速度 V_L 、 V_R が漕ぎ動作により変化したか否かを高い精度で判定できる。

【0074】

なお、搭乗者が左車輪12a及び右車輪12bを漕いで車椅子1を直進させる場合、速度 V_L 、 V_R の比は、ほぼ1対1となる。速度 V_L 、 V_R は、同一の予測変化に整合する。

【0075】

40

以下、制御装置2の動作について詳しく説明する。

【0076】

{各車輪の速度及び車椅子1の加速度の算出}

図6は、速度検出プログラム4のフローチャートである。以下、図6を参照して、速度検出プログラム4を実行する制御装置2の動作を説明する。

【0077】

制御装置2は、左車輪12aの回転位置が回転角センサ16aから入力された場合(ステップS21においてYes)、入力された回転位置に基づいて、速度 V_L を計算する(ステップS22)。具体的には、制御装置2は、直前に入力された回転位置と、新たに入力された回転位置とから、左車輪12aの回転角の変化を算出する。制御装置2は、算出

50

された回転角の変化と、回転位置との入力間隔と、左車輪 1 2 a の半径とから、速度 V_L を算出する。制御装置 2 は、算出された速度 V_L を左速度データ 6 に記録する（ステップ S 2 3）。

【 0 0 7 8 】

一方、制御装置 2 は、左車輪 1 2 a の回転位置が入力されない場合（ステップ S 2 1 において N o ）、右車輪 1 2 b の回転位置が回転角センサ 1 6 b から入力されたか否かを確認する（ステップ S 2 4）。右車輪 1 2 b の回転位置が入力されない場合（ステップ S 2 4 において N o ）、制御装置 2 は、ステップ S 2 1 に戻る。

【 0 0 7 9 】

制御装置 2 は、右車輪 1 2 b の回転位置が入力された場合（ステップ S 2 4 において Y e s ）、速度 V_R を算出する（ステップ S 2 5）。ステップ S 2 5 の処理は、ステップ S 2 2 の処理と同様である。制御装置 2 は、算出された速度 V_R を、右速度データ 7 に記録する（ステップ S 2 6）。

【 0 0 8 0 】

制御装置 2 は、ステップ S 2 3 又はステップ S 2 6 の後に、車椅子 1 の加速度を算出する（ステップ S 2 7）。具体的には、制御装置 2 は、左速度データ 6 に記録された過去 2 つの速度から、左車輪 1 2 a の矢印 A 方向（図 3 参照）の加速度を算出する。同様に、右車輪 1 2 b の加速度が算出される。制御装置 2 は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の加速度の平均値を、車椅子 1 の加速度として算出する。車椅子 1 の加速度は、R A M 2 2 に時系列に記録される。

【 0 0 8 1 】

制御装置 2 は、車椅子 1 の加速度を算出した後に、ステップ S 2 1 に戻る。制御装置 2 は、電源が入力されている間、ステップ S 2 1 ~ S 2 7 の処理を繰り返し実行する。

【 0 0 8 2 】

{ 車輪の回転制御 }

図 7 は、車椅子制御プログラム 3 のフローチャートである。以下、図 7 を参照して、車椅子制御プログラム 3 を実行する制御装置 2 の動作を説明する。制御装置 2 は、車椅子 1 が停止しているときに、車椅子制御プログラム 3 を開始すると仮定する。また、制御装置 2 は、車椅子制御プログラム 3 と並行して、速度検出プログラム 4 を実行している。

【 0 0 8 3 】

制御装置 2 は、R A M 2 2 に記録された加速度を参照して、車椅子 1 の前方向（矢印 A 方向）の加速度が t_1 の期間継続して検出されたか否かを確認する（ステップ S 1）。

t_1 は、たとえば、0 . 1 秒である。

【 0 0 8 4 】

前方向の加速度が継続して検出された場合（ステップ S 1 において Y e s ）、制御装置 2 は、搭乗者が車椅子 1 を漕いだ可能性があると判断し、ブレーキを解除する（ステップ S 2）。具体的には、制御装置 2 は、ブレーキの解除を指示する制御信号を、ブレーキ 1 7 a , 1 7 b に出力する。これにより、制御装置 2 は、ブレーキ 1 7 a , 1 7 b の影響を受けることなく、速度 V_L , V_R を検出できる。

【 0 0 8 5 】

制御装置 2 は、マッチング処理（ステップ S 3）を実行することにより、複数のモデル化データ 5 に記録された予測変化の中から、速度 V_L の変化に最も整合する予測変化と、速度 V_R の変化に最も整合する予測変化とを決定する。

【 0 0 8 6 】

次に、制御装置 2 は、マッチング処理（ステップ S 3）の結果に基づいて、搭乗者が車椅子 1 を漕いだか否かを判定する（ステップ S 4）。搭乗者が車椅子 1 を漕いだと判定された場合、制御装置 2 は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方の回転を制御する軌道制御処理を実行する（ステップ S 5）。これにより、制御装置 2 は、搭乗者の意図に応じた軌道に沿って、車椅子 1 を走行させることができる。搭乗者が車椅子 1 を漕いでいないと判定された場合、制御装置 2 は、車椅子 1 を緊急停止させる（ステップ S 4 5

10

20

30

40

50

)。漕ぎ動作判定処理（ステップS4）の詳細は、後述する。

【0087】

制御装置2は、前方向の加速度を t_1 の期間継続して検出するまで（ステップS6においてYes）、軌道制御処理（ステップS5）を繰り返し実行する。搭乗者が車椅子1を漕ぐなどして、前方向への加速が新たに検出された場合（ステップS6においてYes）、制御装置2は、搭乗者が車椅子1を新たに漕いだかどうかを判定するために、ステップS2に戻る。

【0088】

以下、車椅子制御プログラム3の各ステップを詳しく説明する。

【0089】

{ マッチング処理（ステップS3） }

図8は、図5Aに示すグラフの拡大図であり、0～0.5秒の期間の速度 V_L の変化を示している。図8を参照して、期間 t_1 （0～0.1秒）は、前方向の加速度を検出するための期間である（ステップS1、図7参照）。0.1秒よりも後の期間において、ブレーキ17a, 17bは、解除される（ステップS2）。制御装置2は、期間 t_1 以降の車輪の速度を用いて、相違度を算出する。

【0090】

図9は、マッチング処理（ステップS3）のフローチャートである。制御装置2は、期間 t_2 における速度 V_L を左速度データ6から取得し、期間 t_2 における速度 V_R を右速度データ7から取得する（ステップS31）。また、制御装置2は、複数のモデル化データ5をフラッシュメモリ24からRAM22にロードすることにより、複数のモデル化データ5を取得する。ブレーキ17a, 17bは、既に解除されているため（ステップS2）、期間 t_2 における速度 V_L , V_R は、ブレーキの影響を受けていない。

【0091】

制御装置2は、全てのモデル化データ5を用いて相違度を計算したか否かを確認する（ステップS32）。制御装置2は、全てのモデル化データ5を使用していない場合（ステップS32においてNo）、相違度の計算に使用していないモデル化データ5を選択する（ステップS33）。

【0092】

制御装置2は、期間 t_2 における速度 V_L の変化と、選択されたモデル化データ5に記録されている予測変化との相違度を計算する（ステップS34）。モデル化データ5には、期間 t_2 （ $t = 0.1 \sim 0.2$ 秒）に対応する予測変化が記録されている。制御装置2は、速度 V_L を予測変化から差し引いた値の絶対値を合計することにより、相違度を算出する。制御装置2は、期間 t_2 における速度 V_R の変化と、選択されたモデル化データ5に記録されている予測変化との相違度を計算する（ステップS35）。ステップS35の処理は、速度 V_R が用いられる点を除き、ステップS34と同様である。

【0093】

制御装置2は、全てのモデル化データ5を使用するまで（ステップS32においてYes）、ステップS33～S35を繰り返す。これにより、複数の左車輪12aの相違度と、複数の右車輪12bの相違度とが計算される。

【0094】

制御装置2は、全てのモデル化データ5を使用した場合（ステップS32においてYes）、複数の左車輪12aの相違度の中から、最小の相違度（以下、「左最小相違度」と呼ぶ。）を選択する（ステップS36）。制御装置2は、複数の右車輪12bの相違度の中から、最小の相違度（以下、「右最小相違度」と呼ぶ。）を選択する。

【0095】

{ 漕ぎ動作判定処理（ステップS4） }

以下、図7を参照して、漕ぎ動作判定処理（ステップS4）を説明する。制御装置2は、マッチング処理（ステップS3）により選択された左最小相違度及び右最小相違度を、予め設定されたしきい値と比較する（ステップS41～S43）。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 6 】

左最小相違度及び右最小相違度の両者がしきい値以上である場合（ステップ S 4 1 において Y e s ）、制御装置 2 は、速度 V_L , V_R の変化が躍度最小軌道モデルに整合しないと判断する。制御装置 2 は、速度 V_L , V_R が搭乗者の漕ぎ動作以外の要因により変化したと判断し、車椅子 1 を緊急停止させる（ステップ S 4 5 ）。制御装置 2 は、最大のブレーキトルクを指示する信号をブレーキ 1 7 a , 1 7 b に出力する。

【 0 0 9 7 】

右最小相違度のみがしきい値以上である場合（ステップ S 4 1 において N o 、ステップ S 4 2 において Y e s ）、制御装置 2 は、搭乗者が左車輪 1 2 a のみを漕いだと判定し、ステップ S 4 6 を実行する。左最小相違度のみがしきい値以上である場合（ステップ S 4 1 において N o 、ステップ S 4 2 において N o 、ステップ S 4 3 において Y e s ）、制御装置 2 は、搭乗者が右車輪 1 2 b のみを漕いだと判定し、ステップ S 4 7 を実行する。ステップ S 4 6 , S 4 7 の詳細は、後述する。

10

【 0 0 9 8 】

左最小相違度及び右最小相違度の両者がしきい値よりも小さい場合（ステップ S 4 1 において N o 、ステップ S 4 2 において N o 、ステップ S 4 3 において N o ）、制御装置 2 は、搭乗者が左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b を漕いだと判定する。制御装置 2 は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の平均速度を推定し、基準比を算出する（ステップ S 4 4 ）。基準比は、推定された左車輪 1 2 a の平均速度と、推定された右車輪 1 2 b の平均速度との比である。

20

【 0 0 9 9 】

左車輪 1 2 a を例にして、平均速度の推定方法を詳しく説明する。各モデル化データ 5 は、躍度最小軌道モデルのパラメータ x_f , t_f を記録している。 x_f は、搭乗者が漕ぎ動作を終了した時刻（ $t = t_f$ ）における車輪の位置である。

【 0 1 0 0 】

制御装置 2 は、左最小相違度に対応するモデル化データ 5 から、 x_f , t_f を抽出する。以下、左最小相違度に対応するモデル化データ 5 から抽出された x_f , t_f を、 x_{L_f} , t_{L_f} と記述する。制御装置 2 は、（式 6）を用いて、左車輪 1 2 a の平均速度 V_{L_est} を推定する。

【 数 6 】

$$V_{L_est} = \frac{x_{L_f}}{t_{L_f}} \dots (\text{式 6})$$

30

【 0 1 0 1 】

同様に、右車輪 1 2 b の平均速度 V_{R_est} は、（式 7）で表わされる。（式 7）において、 x_{R_f} , t_{R_f} は、右最小相違度に対応するモデル化データ 5 から抽出された x_f , t_f である。

【 数 7 】

$$V_{R_est} = \frac{x_{R_f}}{t_{R_f}} \dots (\text{式 7})$$

40

【 0 1 0 2 】

制御装置 2 は、算出された平均速度 V_{L_est} , V_{R_est} を用いて、基準比を算出する。基準比は、（式 8）により求められる。（式 8）において、 D_s は、基準比を示す。平均速度 V_{L_est} , V_{R_est} 及び基準比 D_s は、軌道制御処理（ステップ S 5）で用いられる。

【数 8】

$$D_S = \frac{V_{R_est}}{V_{L_est}} \dots (式 8)$$

【0103】

右最小相違度のみがしきい値以上である場合（ステップ S 4 2 において Yes）、制御装置 2 は、ステップ S 4 6 を実行する。制御装置 2 は、（式 6）を用いて、平均速度 V_{L_est} を推定する。制御装置 2 は、モデル化データ 5 を用いて平均速度 V_{R_est} を推定できない。このため、制御装置 2 は、漕ぎ動作が開始されたとき（ $t = 0$ 秒）の速度 V_R を、平均速度 V_{R_est} に設定する。制御装置 2 は、（式 8）を用いて、基準比 D_s を算出する。なお、制御装置 2 は、平均速度 V_{R_est} として、漕ぎ動作が開始されてから（ $t = 0$ ）、相違度の計算に用いられる速度 V_R の取得が終了するまで（ $t = 0.2$ 秒）のいずれかの速度 V_R を設定すればよい。

10

【0104】

左最小相違度のみがしきい値以上である場合（ステップ S 4 3 において Yes）、制御装置 2 は、ステップ S 4 7 を実行する。制御装置 2 は、（式 7）を用いて、平均速度 V_{R_est} を推定する。制御装置 2 は、モデル化データ 5 を用いて平均速度 V_{L_est} を推定できない。このため、制御装置 2 は、漕ぎ動作が開始されたとき（ $t = 0$ 秒）の速度 V_L を、平均速度 V_{L_est} に設定する。制御装置 2 は、（式 8）を用いて、基準比 D_s を算出する。なお、制御装置 2 は、平均速度 V_{L_est} として、0 ~ 0.2 秒の期間のいずれかの速度 V_L を設定すればよい。

20

【0105】

{ 軌道制御処理（ステップ S 5） }

以下、平均速度 V_{L_est} 、 V_{R_est} が、ステップ S 4 4 の処理により推定された場合を例にして、軌道制御処理（ステップ S 5）を説明する。

【0106】

最初に、搭乗者の意図する軌道を、基準比 D_s に基づいて特定できる原理を説明する。図 10 は、車椅子 1 が左方向に旋回する場合における、速度 V_L 、 V_R と、車椅子 1 の旋回半径 R_a との関係を示す図である。図 10 を参照して、 T は、左車輪 1 2 a と右車輪 1 2 b との距離を示す。図 10 に示す車椅子 1 は、図 3 に示す上面図に対応する。この場合、車椅子 1 の旋回半径 R_a は、（式 9）で表わされる。

30

【数 9】

$$R_a = \frac{T}{2} \cdot \frac{V_R + V_L}{V_R - V_L} \dots (式 9)$$

【0107】

距離 T は固定値であるため、旋回半径 R_a は、速度 V_L 、 V_R に依存する。すなわち、速度 V_L と速度 V_R との比が一定であれば、車椅子 1 は、速度 V_L 又は速度 V_R が変化したとしても、旋回半径 R_a を維持することができる。制御装置 2 は、速度 V_L と速度 V_R との比を基準比に一致させるように、ブレーキ 1 7 a、1 7 b を制御する。これにより、制御装置 2 は、車椅子 1 を、搭乗者の意図する旋回半径 R_a で走行させることができる。

40

【0108】

図 11 は、軌道制御処理（ステップ S 5）のフローチャートである。図 11 を参照して、制御装置 2 は、実測比 D_c を算出する（ステップ S 5 1）。実測比 D_c は、現在の速度 V_L と現在の速度 V_R との比である。実測比 D_c は、（式 10）で表わされる。

【数10】

$$D_C = \frac{V_R}{V_L} \dots(\text{式10})$$

【0109】

制御装置2は、実測比 D_c を基準比 D_s と比較して、左車輪12a及び右車輪12bのいずれを制御するかを決定する(ステップS52)。つまり、制御装置2は、実測比 D_c を基準比 D_s に一致させるためには、左車輪12a及び右車輪12bのいずれにブレーキをかける必要があるかを判定する。

10

【0110】

制御装置2は、基準比 D_s が実測比 D_c よりも大きい場合、速度 V_L が過剰であると判定する。制御装置2は、速度 V_L を抑制するために、ブレーキ17aを制御することを決定する。つまり、左車輪12aが、制御対象として決定される。一方、制御装置2は、基準比 D_s が実測比 D_c よりも小さい場合、速度 V_R が過剰であると判定する。制御装置2は、速度 V_R を抑制するために、ブレーキ17bを制御することを決定する。つまり、右車輪12bが、制御対象として決定される。

【0111】

右車輪12bが制御対象に決定された場合(ステップS53においてYes)、制御装置2は、右車輪12bの目標速度 V_{R_ref} を決定する(ステップS54)。目標速度 V_{R_ref} は、(式11)で表わされる。

20

【数11】

$$\text{if } D_s > D_c, V_{L_ref} = \frac{1}{D_s} \cdot V_{R_ref} \dots(\text{式11})$$

【0112】

(式11)において、速度 V_L が、左車輪12aの目標速度 V_{L_ref} として代入される。速度 V_L を基準比 D_s の逆数に乗算することにより、目標速度 V_{R_ref} を算出することができる。制御装置2は、算出された目標速度 V_{R_ref} を用いて、ブレーキ17bを制御する(ステップS55)。制御装置2は、算出された目標速度 V_{R_ref} に基づいて、ブレーキ17bのブレーキトルクを決定し、決定したブレーキトルクに対応する制御信号をブレーキ17bに出力する。

30

【0113】

一方、左車輪12aが制御対象に決定された場合(ステップS53においてNo)、制御装置2は、目標速度 V_{L_ref} を決定する(ステップS56)。目標速度 V_{L_ref} は、(式12)で表わされる。

【数12】

$$\text{if } D_s < D_c, V_{R_ref} = D_s \cdot V_{L_ref} \dots(\text{式12})$$

40

【0114】

(式12)において、速度 V_R が、目標速度 V_{R_ref} として代入される。速度 V_L を基準比 D_s に乗算することにより、目標速度 V_{L_ref} を算出することができる。制御装置2は、算出された目標速度 V_{L_ref} を用いて、ブレーキ17aを制御する(ステップS57)。制御装置2は、算出された目標速度 V_{L_ref} に基づいて、ブレーキ17aのブレーキトルクを決定し、決定したブレーキトルクに対応する制御信号をブレーキ17aに出力する。

【0115】

前方向の加速度が継続して検出されるまで(ステップS6においてYes, 図6参照)、軌道制御処理(ステップS5)が繰り返し実行される。制御装置2は、フィードバック

50

制御により、実測比 D_c を基準比 D_s に近づけることにより、搭乗者の意図する軌道に沿って、車椅子1を走行させることができる。

【0116】

前方向の加速度が継続して検出された場合、制御装置2は、マッチング処理（ステップS3）を新たに実行する。このとき、マッチング処理を開始（ $t = 0.1$ 秒）するときの速度 V_L, V_R が、モデル化データ5に記録される予測変化の初期速度（ $V = 0$ ）に一致しない場合がある。この場合、制御装置は、 $t = 0.1$ 秒における速度 V_L, V_R を予測変化に加算して、マッチング処理を実行する。

【0117】

また、搭乗者が左車輪12aのみを漕いだと判定した場合、搭乗者が右車輪12bのみを漕いだと判定した場合も同様の処理が実行される。これにより、搭乗者が一方の車輪を漕いだ場合であっても、制御装置2は、搭乗者の意図する経路に沿って車椅子1を走行させることができる。車椅子が斜面を水平に走行しているときに、搭乗者が左車輪12a及び右車輪12bのいずれか一方を漕ぐことが考えられる。このような場合に、制御装置2は、実測比 D_c を基準比 D_s に近づけるように、左車輪12a及び右車輪12bの回転を制御することにより、搭乗者の意図に沿った経路で車椅子1を走行させることができる。

【0118】

以上説明したように、制御装置2は、速度 V_L, V_R の変化が躍度最小軌道モデルに整合するかどうかを判定する。これにより、搭乗者が車椅子1を漕いでいないときに、車椅子1が移動を開始したとしても、車椅子1を適切に制御できる。また、制御装置2は、搭乗者が左車輪12a及び右車輪12bの少なくとも一方を漕いだと判定した場合、実測比 D_c を基準比 D_s に近づけるように、左車輪12a及び右車輪12bの少なくとも一方の回転を制御する。これにより、制御装置2は、搭乗者の意図する軌道に沿って、車椅子1を走行させることができる。

【0119】

なお、上記実施の形態において、搭乗者が左車輪12aのみを漕いだと判定した場合（ステップS42においてYes）、又は、搭乗者が右車輪12bのみを漕いだと判定した場合（ステップS43においてYes）、基準比 D_s が算出される例を説明したが、これに限られない。この場合、制御装置2は、搭乗者により漕がれた一方の車輪を平均速度に維持するようにブレーキを制御してもよい。他方の車輪の速度は、ユーザが漕ぎ動作を介したときの速度に維持される。たとえば、搭乗者が車椅子1を左方向に急旋回させる場合、左車輪12aはほとんど回転しないため、基準比 D_s を算出することができないと考えられる。このように、制御装置2は、基準比 D_s を算出することなく、車輪の回転を制御してもよい。

【0120】

上記実施の形態において、車椅子1が、ブレーキ17a, 17bを備える例を説明したが、これに限られない。車椅子1は、ブレーキ17a, 17bに代えて、左車輪12a及び右車輪12bをそれぞれ駆動させるモータを備えてもよい。あるいは、ブレーキ及びモータが、左車輪12a及び右車輪12bのそれぞれに取り付けられてもよい。つまり、制御装置2は、ブレーキ又はモータを制御することにより、左車輪12a及び右車輪12bの回転を制御することができればよい。

【0121】

上記実施の形態において、制御装置2は、マッチング処理（ステップS3）の結果に応じて、緊急停止（ステップS45）又は軌道制御処理（ステップS5）を実行する例を説明したが、これに限られない。たとえば、車椅子制御プログラム3において、軌道制御処理（ステップS5）を省略してもよい。この場合、制御装置2は、左最小相違度及び右最小相違度がしきい値以上である場合に限り（ステップS41においてYes）、左車輪12a及び右車輪12bの回転を制御して、車椅子1を緊急停止させる（ステップS45）。これにより、車椅子1が搭乗者の意図に関係なく動き出すことを防止できる。あるいは、制御装置2は、緊急停止（ステップS45）を省略してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 2 】

上記実施の形態において、制御装置 2 は、回転角センサ 1 6 a , 1 6 b を用いて、速度 V_L , V_R を取得する例を説明したが、これに限られない。制御装置 2 は、回転角センサ 1 6 a , 1 6 b に代えて、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b に角速度センサをそれぞれ取り付けてもよい。この場合であっても、制御装置 2 は、速度 V_L , V_R を取得することができる。

【 0 1 2 3 】

上記実施の形態において、制御装置 2 は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の線速度を用いて、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の回転を制御する例を説明したが、これに限られない。制御装置 2 は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の角速度を用いて、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の回転を制御してもよい。

10

【 0 1 2 4 】

上記実施の形態において、制御装置 2 は、軌道制御処理 (ステップ S 5) を実行するときに、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b のいずれか一方の回転を制御する例を説明した。しかし、制御装置 2 は、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の両者の回転を制御することによって、実測比 D_c を基準比 D_s に近づけてもよい。

【 0 1 2 5 】

上記実施の形態において、制御装置 2 は、左最小相違度及び右最小相違度がしきい値よりも小さい場合 (ステップ S 4 3 において No)、実測比 D_c が基準比 D_s に一致するように、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の一方の車輪の回転を制御する例を説明した (ステップ S 5)。しかし、制御装置 2 は、左最小相違度及び右最小相違度がしきい値よりも小さい場合 (ステップ S 4 3 において No)、軌道制御処理 (ステップ S 5) において、下記の処理を実行してもよい。制御装置 2 は、左車輪 1 2 a の速度 V_L が平均速度 V_{L_est} となるようにブレーキ 1 7 a を制御し、右車輪 1 2 b の速度 V_R が平均速度 V_{R_est} となるようにブレーキ 1 7 b を制御する。すなわち、制御装置 2 は、搭乗者が左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b を漕いだと判定した場合 (ステップ S 4 3 において No)、平均速度 V_{L_est} , V_{R_est} を用いて、左車輪 1 2 a 及び右車輪 1 2 b の少なくとも一方の回転を制御すればよい。

20

【 0 1 2 6 】

上記実施の形態において、予測変化が、躍度最小軌道モデルにより得られる例を説明したが、躍度最小軌道モデル以外のモデルを用いて、予測変化を計算してもよい。つまり、予測変化は、搭乗者の漕ぎ動作をモデル化した関数により得ることができればよい。

30

【 0 1 2 7 】

上記実施の形態において、制御装置 2 は、左車輪 1 2 a の相違度を算出し (ステップ S 3 4)、左車輪 1 2 a の相違度に基づいて、搭乗者が左車輪 1 2 a を漕いだか否かを判定する例を説明した (ステップ S 4)。しかし、制御装置 2 は、相違度を算出する方法以外の方法を用いて、搭乗者が左車輪 1 2 a を漕いだか否かを判定してもよい。たとえば、制御装置 2 は、速度 V_L の変化に整合する予測変化を、最小二乗法を用いて特定することができた場合、搭乗者が左車輪 1 2 a を漕いだと判定してもよい。すなわち、制御装置 2 は、速度 V_L の変化を予測変化と比較することにより、搭乗者が左車輪 1 2 a を漕いだか否かを判定すればよい。右車輪 1 2 b についても同様である。

40

【 0 1 2 8 】

上記実施の形態において、制御装置 2 は、フラッシュメモリ 2 4 に記憶されているモデル化データ 5 を取得する例を説明した。しかし、制御装置 2 は、予め設定された関数を用いて、予測変化を生成してもよい。たとえば、制御装置 2 には、搭乗者の漕ぎ動作をモデル化することにより得られた関数 $f(t)$ が設定されている。制御装置 2 は、期間 t_2 における予測変化を関数 $f(t)$ から生成し、生成した予測変化を速度 V_L , V_R と比較すればよい。この場合、フラッシュメモリ 2 4 は、複数種類の関数 $f(t)$ を記憶してもよい。あるいは、フラッシュメモリ 2 4 は、1つの関数 $f(t)$ を記憶し、関数 $f(t)$ に含まれる定数に関して、様々な値を記憶してもよい。この場合、制御装置 2 は、複数の

50

予測変化を1つの関数 $f(t)$ から取得することができる。

【0129】

上記実施の形態において、車椅子制御プログラム3及び速度検出プログラム4が、マイクロコンピュータにインストールされている例を説明した。これらのプログラムをインストールする方法は、特に限定されない。たとえば、車椅子制御プログラム3は、ネットワークに接続されたサーバからダウンロードされ、マイクロコンピュータにインストールされてもよい。あるいは、車椅子制御プログラム3を記録したコンピュータ読み取り可能な媒体（たとえば、光ディスク、USB (Universal Serial Bus) メモリ、フレキシブルディスクなど）が配布されている場合、車椅子制御プログラム3は、その媒体からマイクロコンピュータにインストールされてもよい。

10

【0130】

上記実施の形態において、制御装置2がマイクロコンピュータである場合を例に説明したが、これに限られない。制御装置2は、ハードウェア回路により構成されてもよい。

【0131】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、上述した実施の形態は本発明を実施するための例示に過ぎない。よって、本発明は上述した実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施の形態を適宜変形して実施することが可能である。

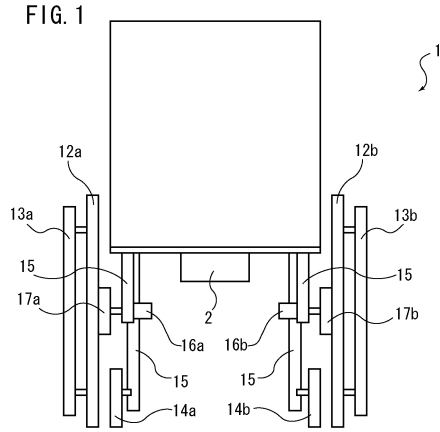
【符号の説明】

【0132】

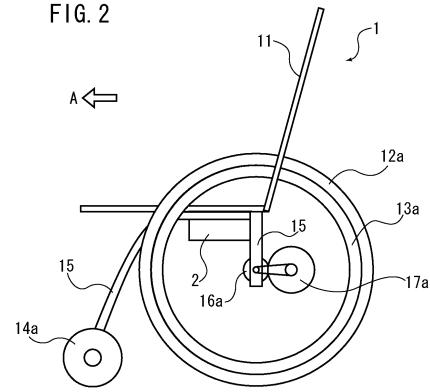
- 1 車椅子
- 2 制御装置
- 3 車椅子制御プログラム
- 4 速度検出プログラム
- 5 モデル化データ
- 12a 左車輪
- 12b 右車輪
- 13a, 13b ハンドリム
- 16a, 16b 回転角センサ
- 17a, 17b ブレーキ

20

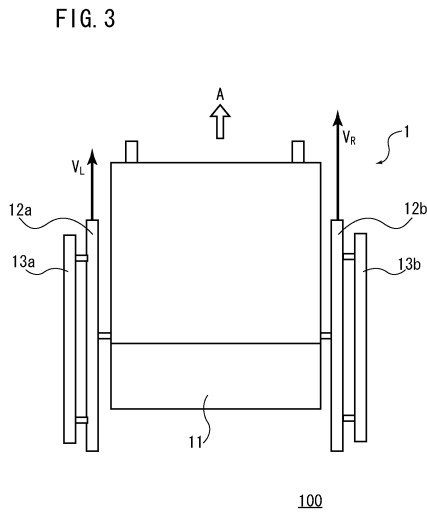
【図1】



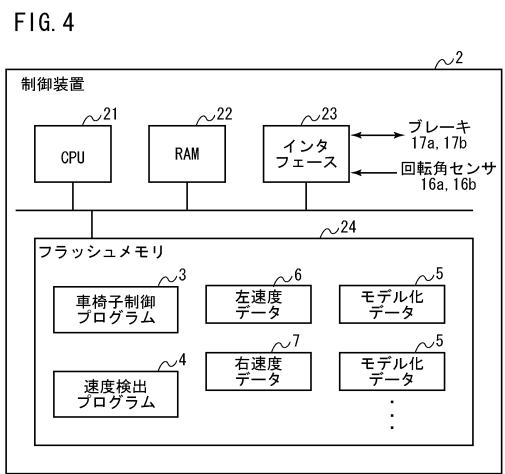
【図2】



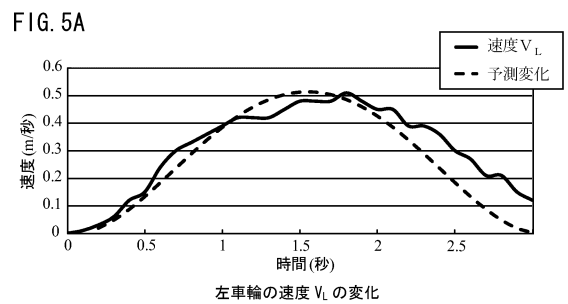
【図3】



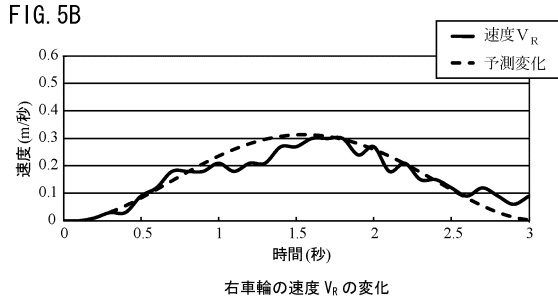
【図4】



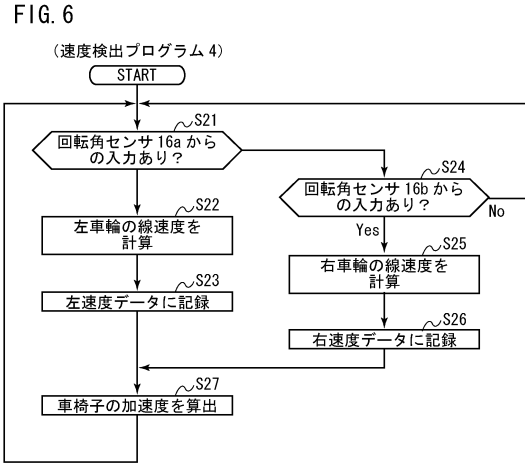
【図5A】



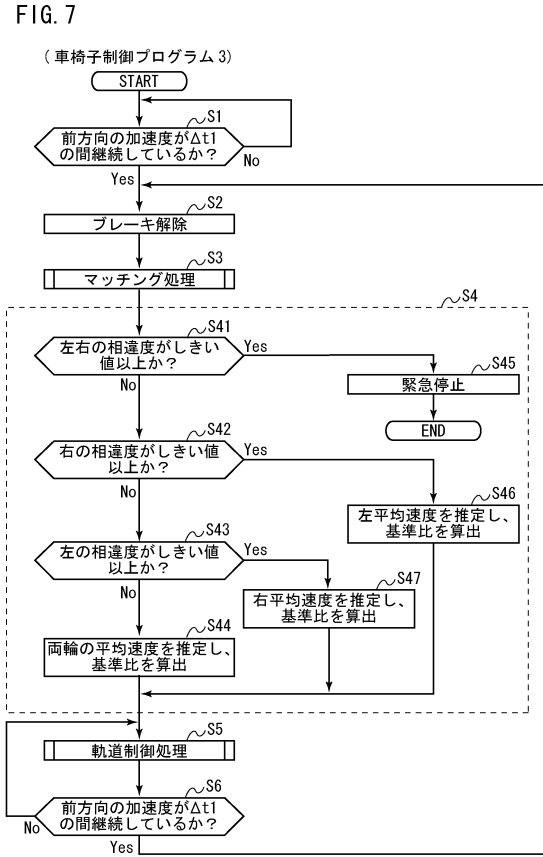
【図5B】



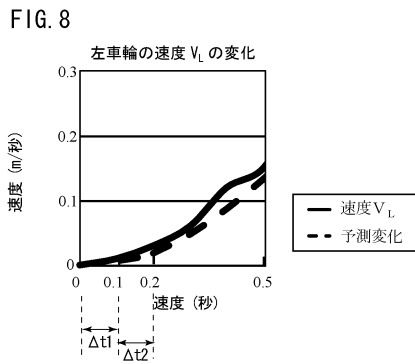
【図6】



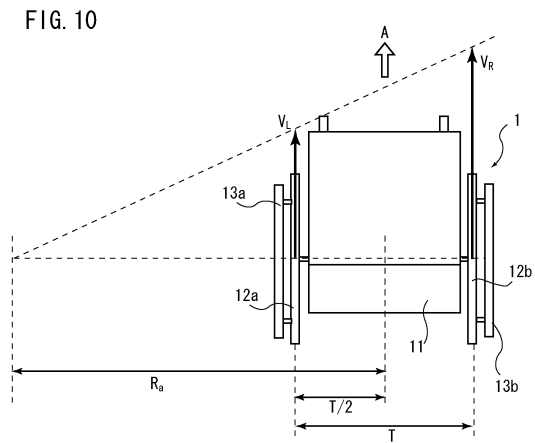
【図7】



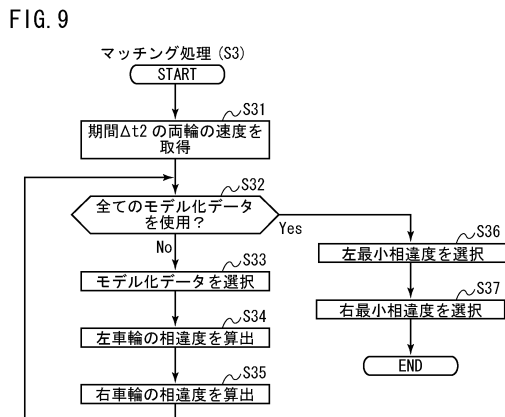
【図8】



【図10】

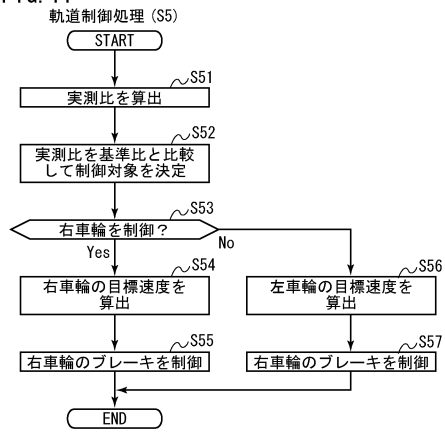


【図9】



【図 11】

FIG. 11



フロントページの続き

審査官 金丸 治之

(56)参考文献 特開平11-047197(JP,A)
特開平11-056917(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61G 5/04