

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6269316号
(P6269316)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl. F I
G06F 3/01 (2006.01) G O 6 F 3/01 5 7 0
G06F 3/0346 (2013.01) G O 6 F 3/0346 4 2 5

請求項の数 15 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2014-104322 (P2014-104322)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成26年5月20日 (2014.5.20)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2015-149051 (P2015-149051A)	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
(43) 公開日	平成27年8月20日 (2015.8.20)		
審査請求日	平成29年2月6日 (2017.2.6)	(74) 代理人	100133570 弁理士 ▲徳▼永 民雄
(31) 優先権主張番号	特願2014-1987 (P2014-1987)	(72) 発明者	山田 萌 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(32) 優先日	平成26年1月8日 (2014.1.8)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	審査官	原 秀人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 入力装置、入力方法および入力プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ユーザの身体の一部に装着され、制御装置に指令を入力する入力装置であって、前記入力装置に固定された第1の座標系での角速度および加速度を取得するセンサユニットと、

前記ユーザの基準姿勢において、第2の座標系を設定する基準姿勢設定部と、

前記第1の座標系での前記加速度を用いて、前記第1の座標系における前記角速度を、前記第2の座標系における角速度に変換する回転行列を算出する回転行列算出部と、

前記第2の座標系における前記角速度を用いて、前記第2の座標系における特徴量を算出する特徴量算出部と、

前記特徴量を用いて前記指令を特定する指令特定部と、

前記指令を前記制御装置に送信する送信部と、

を含む入力装置。

【請求項2】

前記回転行列算出部は、前記ユーザの身体の前記一部とは異なる部位に固定され、第3の座標系での第2の加速度を取得し、前記第2の加速度に基づいて前記第3の座標系から前記第2の座標系への回転角度を算出する計測装置から受信した前記回転角度を用いて、回転行列への補正を計算する、請求項1に記載の入力装置。

【請求項3】

前記計測装置は、取得した前記第3の座標系での前記第2の加速度の時間変化の高周波

成分を除去し、前記第 3 の座標系における前記第 2 の加速度から前記第 2 の座標系への回転角度を算出する、請求項 2 に記載の入力装置。

【請求項 4】

さらに、前記基準姿勢を設定するタイミングを指定するためのスイッチを含む、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の入力装置。

【請求項 5】

前記基準姿勢設定部は、前記ユーザが動作を開始するときに前記基準姿勢を設定する、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の入力装置。

【請求項 6】

前記第 2 の座標系のうちの一つの軸は、重力方向と一致する、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の入力装置。 10

【請求項 7】

前記特徴量は、前記第 2 の座標系の 2 つの軸周りの回転角度に相当する第 1 の回転角度と第 2 の回転角度から算出される、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の入力装置。

【請求項 8】

前記回転行列算出部は、前記第 2 の座標系に対する前記第 1 の座標系の各軸周りのオイラー角を用いて、前記回転行列を算出する、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の入力装置。

【請求項 9】

前記特徴量算出部は、前記第 2 の座標系における前記角速度を用いて、前記第 2 の座標系における軸周りの回転角度に関する量を特徴量として算出する、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の入力装置。 20

【請求項 10】

前記指令特定部は、前記特徴量から任意の数の前記指令の候補から一つを選択する、請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の入力装置。

【請求項 11】

前記指令特定部は、前記指令の候補の数を動的に変化させる、請求項 10 に記載の入力装置。

【請求項 12】

前記入力装置が固定される前記ユーザの身体の一部は、手、足、首のいずれかである、請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の入力装置。 30

【請求項 13】

前記計測装置は、前記ユーザの心臓から肺の間の胸の一部、または首から上の部分に固定される、請求項 2 乃至 12 のいずれか一項に記載の入力装置。

【請求項 14】

コンピュータにより実行される、制御装置に指令を入力する入力方法であって、ユーザの身体の一部に装着される入力装置に固定された第 1 の座標系での角速度および加速度を取得することと、

前記ユーザの基準姿勢において、第 2 の座標系を設定することと、

前記第 1 の座標系での前記加速度を用いて、前記第 1 の座標系における前記角速度を、前記第 2 の座標系における角速度に変換する回転行列を算出することと、 40

前記第 2 の座標系における前記角速度を用いて、前記第 2 の座標系における特徴量を算出することと、

前記特徴量を用いて前記指令を特定することと、

前記指令を前記制御装置に送信することと、

を含む入力方法。

【請求項 15】

コンピュータに実行させる、制御装置に指令を入力する入力プログラムであって、

ユーザの身体の一部に装着される入力装置に固定された第 1 の座標系での角速度および加速度を取得し、 50

前記ユーザの基準姿勢において、第2の座標系を設定し、
 前記第1の座標系での前記加速度を用いて、前記第1の座標系における前記角速度を、
 前記第2の座標系における角速度に変換する回転行列を算出し、
 前記第2の座標系における前記角速度を用いて、前記第2の座標系における特徴量を算
 出し、
 前記特徴量を用いて前記指令を特定し、
 前記指令を前記制御装置に送信する
 処理をコンピュータに実行させることを特徴とする入力プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、入力装置、入力方法および入力プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

タッチパネルを用いる端末を操作するためにユーザは、その端末の出力を表示する画面
 と対面し、キーボードやマウスを操作したり指で画面を触りながら操作する。つまり、タ
 ッチパネルを用いる端末への入力では、ユーザはタッチパネルに直接接触する必要があり、
 自由な手の位置や姿勢で端末を操作することができない。

【0003】

そこで、加速度や角速度を計測できる装置を身体に装着もしくは手に保持し、上肢の動
 きによって携帯端末や周辺機器を操作する方法が開発されている。

20

【0004】

そのような技術として、ユーザの動きを撮像した画像から、ユーザの手と前腕の方向ベ
 クトルの向きの変化に相当する角度を検出し、頁めくりの動作が行われたかどうかを判定
 する装置が知られている（たとえば、特許文献1）。このような技術では、ユーザは、入
 力のための装置の操作を覚える必要がなく、頁めくりの際の普通の動作をするだけで、装
 置に対応制御を行わせることができる。

【0005】

また、ユーザの手の位置を撮像し、たとえば胸の中心位置など所定のポイントからの相
 対距離、相対角度で表現し、それら相対位置、相対角度を入力装置のカーソルの位置に対
 応付ける技術が知られている（たとえば、特許文献2）。このような技術によれば、アル
 ファベットから構成される文字のグループからの文字の選択、複数の機能からの機能の選
 択など、項目のグループからの項目の選択を容易に行うことができる。

30

【0006】

また、ユーザがゲーム機の操作装置であるコントローラを把持してゲームを実行し、コ
 ントローラのボタンを押すことでコントローラの基準姿勢を再設定する技術が知られてい
 る（たとえば、特許文献3）。この技術では、コントローラは角速度センサを内蔵し、ゲ
 ーム機に角速度センサで検出した角速度の検出信号を出力する。角速度センサの検出信号
 は、コントローラに設定された三次元直交座標系における各座標軸の周りをコントローラ
 が回転する角速度を検出した信号である。ゲーム機は、この検出信号から、コントローラ
 の基準姿勢からの回転角を検出し、回転角の変化に基づいて制御を行う。このような技術
 によれば、たとえば、角速度の積分値に角速度センサによるドリフトによる誤差が蓄積し
 、検出される回転角が時間の経過と共に不正確になり、ゲーム機のディスプレイに表示さ
 れるキャラクタやオブジェクトの動きを適切に制御できなくなることを避けることができ
 る。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2012-242901号公報

【特許文献2】特表2010-534895号公報

50

【特許文献3】国際公報第2011/122214号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、身体動作を開始する部位の先端、たとえば手、足先、頭の位置や姿勢を検知し入力を行う技術では、ユーザの方向感覚と対応づけられる操作がずれるため、ユーザに違和感を与え、ユーザは操作の学習に多大な労力を強いる可能性があるという問題がある。また、運動時の加速度から姿勢角を算出する方法では、ノイズによる誤差が発生しやすいという問題がある。

【0009】

よって、一つの側面として、本発明は、ユーザの方向感覚に合った操作入力を可能にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

ユーザの身体の一部に装着され、制御装置に指令を入力する入力装置が提供される。入力装置は、前記入力装置に固定された第1の座標系での角速度および加速度を取得するセンサユニットと、前記ユーザの基準姿勢において、第2の座標系を設定する基準姿勢設定部と、前記第1の座標系での前記加速度を用いて、前記第1の座標系における前記角速度を、前記第2の座標系における角速度に変換する回転行列を算出する回転行列算出部と、前記第2の座標系における前記角速度を用いて、前記第2の座標系における特徴量を算出する特徴量算出部と、前記特徴量を用いて前記指令を特定する指令特定部と、前記指令を前記制御装置に送信する送信部と、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

ユーザの方向感覚に合った操作入力を可能にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態の入力装置の構成の例を示す図である。

【図2】基準姿勢を設定する背屈検知スイッチの例を示す図である。

【図3】身体の部位の分類の例を示す図である。

【図4】基準姿勢において設定される直交座標系の例を示す図である。

【図5】オイラー角 α を説明するための図である。

【図6】オイラー角 β を説明するための図である。

【図7A】人が手を下ろしたときの姿勢の例を示す図である。

【図7B】人が片手を挙げたときの姿勢の例を示す図である。

【図8】オイラー角 γ の設定の例を示す図である。

【図9】回転行列の要素 x 、 y 、 z を説明するための図である。

【図10】回転角度 θ の積分を説明するための図である。

【図11】回転角度 ϕ を説明するための図である。

【図12】回転角度 ψ を説明するための図である。

【図13】関節を中心とした回転の例を示す図である。

【図14】基準姿勢における直交座標系における図13の動作を示す図である。

【図15】足首に設定された座標系の例を示す図である。

【図16】首に設定された座標系の例を示す図である。

【図17】補助特徴量の例としての手首と肘を通るベクトルを示す図である。

【図18】動作と指令の関係の例を示す図である。

【図19A】2択の場合の動作と指令の関係の例を示す図である。

【図19B】4択の場合の動作と指令の関係の例を示す図である。

【図19C】6択の場合の動作と指令の関係の例を示す図である。

【図20】あるユーザに対する動作と指令の関係の最適化を説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図 2 1】あるユーザに対する動作と指令の関係の最適化を説明するための図である。

【図 2 2】歩行中のジェスチャ認識率の例を示す図である。

【図 2 3】入力装置の構成の例を示す図である。

【図 2 4】第 1 実施形態の入力装置における処理の流れの例を示す図である。

【図 2 5】第 2 実施形態の入力装置の例をユーザが装着した様子を説明するための図である。

【図 2 6】第 2 実施形態の入力装置の例の機能ブロック図の例を示す図である。

【図 2 7 A】基準姿勢における直交座標系の例を示す図である。

【図 2 7 B】基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の例を示す図である。

【図 2 8】第 2 実施形態の入力装置の別の例の機能ブロック図の例を示す図である。

10

【図 2 9 A】基準姿勢における直交座標系の別の例を示す図である。

【図 2 9 B】基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の別の例を示す図である。

【図 3 0】基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の例を示す図である。

【図 3 1 A】ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合に測定される角速度の時間変化の例を示す図である。

【図 3 1 B】ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合に測定される角速度の時間変化の例を示す図である。

【図 3 2 A】ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合の補正後の角速度の時間変化の例を示す図である。

【図 3 2 B】ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合の補正後の角速度の時間変化の例を示す図である。

20

【図 3 3】第 2 実施形態の入力装置における処理の流れの例を示す図である。

【図 3 4】第 2 実施形態の計測装置における処理の流れの例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して、実施形態のウェアラブル入力装置、入力方法および入力プログラムについて説明する。

【0014】

< 第 1 実施形態 >

<< 入力装置 >>

30

図 1 は、情報処理装置 10 の概略を示している。情報処理装置 10 は、入力装置 20 と制御装置 30 を含む。情報処理装置 10 の例としては、汎用のパーソナルコンピュータ、ゲーム機、業務支援やエンターテイメント向けの機器、人の健康や身体状態の診断装置等であり得る。

【0015】

図 1 の例では、入力装置 20 は、ユーザの右手の手首に装着されている。

図 1 に示されているように、入力装置 20 は、センサユニット 202、基準姿勢設定部 204、回転行列算出部 206、特徴量算出部 208、指令特定部 210、および送信部 212 を含む。

【0016】

40

また、入力装置 20 は、センサユニット 22、マイクロプロセッシングユニット (MPU) 24、通信器 26、固定具 28、基準姿勢設定スイッチ 29 を含んでいる。入力装置 20 の基準姿勢設定スイッチ 29 は、基準姿勢を設定するために用いられ得る。また、図 2 に示されているように、基準姿勢設定スイッチ 29 は、背屈検知スイッチ 29 であってもよい。背屈検知スイッチ 29 は、ユーザの手首を手の甲側へ曲げることによって押すことができる。そして、背屈検知スイッチ 29 が押されたとき、基準姿勢を設定しても良い。また、背屈検知スイッチ 29 が押されてから所定の時間、たとえば、2 秒、5 秒などの経過した時刻におけるユーザの姿勢を基準姿勢と設定しても良い。

【0017】

基準姿勢設定部 204、回転行列算出部 206、特徴量算出部 208、指令特定部 21

50

0の各部は、MPU24とMPU24を制御するコンピュータプログラムによって構成され得る。

また、通信器26は、送信部212を構成し得る。

【0018】

図3に示されているように、身体部位を「頭部」、「腕部」、「脚部」に分類する。

頭部は、首から上の部分と、下はお腹まで含んでも良い。腕部は、肩から先の腕の部分であり得る。脚部は、股関節から先の足の部分であり得る。

【0019】

以下の実施形態では、3軸角速度および3軸加速度センサを備えた入力装置20をユーザの手に保持もしくは手首に装着し、開始時の手首の位置や姿勢によらない上肢の運動に伴う特徴量を算出し、この特徴量に基づき、装置を制御する指令を選択する。当然ながら必要であれば他の補助特徴量と併用してもよい。

【0020】

センサユニット22(センサユニット202)は、角速度および加速度を取得する。センサユニット22(センサユニット202)は、角速度センサおよび加速度センサを含んでも良い。以下では、センサユニット22は、角速度センサおよび加速度センサの両方を含んでいる例を用いて説明するが、どちらか一方でも以下で説明する機能を有することができるのであれば、角速度センサおよび加速度センサの両方を含む必要はない。また、角速度センサおよび/または加速度センサは、入力装置20とは別に用意され、センサユニット22は、それら角速度センサおよび/または加速度センサから、角速度および加速度を取得しても良い。この場合、角速度センサおよび/または加速度センサは、入力装置20とは別に、身体の一部、手首、足首等に装着され、入力装置20は、ユーザが着ている服の胸ポケットに入れたり、ベルトやサスペンダに装着されても良い。

【0021】

センサユニット22(202)は角速度センサおよび加速度センサ以外のセンサから角速度および加速度を取得しても良い。たとえば、ジャイロセンサ、電子コンパス、カメラ、筋電位センサ等の少なくとも一つを用いて構成されていても良い。

【0022】

マイクロプロセッシングユニット(MPU)24は、センサユニット22で検出された角速度および加速度を用いて、入力指令を作成する。

【0023】

図4に示されているように基準姿勢設定部204は、まず、動作開始時の姿勢を基準姿勢とし、その基準姿勢において直交座標系x-y-zを設定する。

【0024】

基準姿勢を設定するタイミングの事例には、ユーザの身体が所定の関節姿勢もしくは生理的状态になったときや、ユーザが所定の身体運動を終えたとき、ユーザが所定の操作を装置に行ったときなどが含まれる。

【0025】

ユーザの身体が所定の関節姿勢もしくは生理的状态になったときの例には、背屈角度が基準値を超えた、両唇が離れた、手を握った、心拍数が基準値を超えたときが含まれ得る。ユーザの身体が所定の関節姿勢もしくは生理的状态になったかどうかを判定するために、センサユニット22(202)には、背屈角度を計測するためのセンサ、心拍数を計測するためのセンサが備えられても良い。また入力装置20は、ユーザの両唇が離れているかどうか、ユーザが手を握っているかどうかを判定するために必要なデータを外部から受信しても良い。たとえば、ユーザの画像を受信しても良い。また入力装置20は、角速度センサおよび加速度センサの測定データを用いて、これらの判定を行っても良い。

【0026】

ユーザが所定の身体運動を終えたときの例には、手先で二回以上円を描いた、拳を三回以上握った、三秒以上まぶたを閉じたなどが含まれ得る。入力装置20は、ユーザがこれらの動作を行ったかどうかを判定するために必要なデータを外部から受信しても良い。た

10

20

30

40

50

例えば、ユーザの画像を受信しても良い。また入力装置 20 は、角速度センサおよび加速度センサの測定データを用いて、これらの判定を行っても良い。

【0027】

ユーザが所定の操作を装置に行ったときの例には、スイッチを押したとき、ダイヤルを所定の位置まで回した、基準値を超える電圧を与えたときが含まれ得る。特に、入力装置 20 の基準姿勢設定スイッチ 29 が押されたときに、基準姿勢を設定しても良い。また、入力装置 20 の基準姿勢設定スイッチ 29 は、基準設定を行うタイミングを入力するためのスイッチであっても良い。

【0028】

手に保持もしくは手首に装着した装置に固定される座標系は、座標系 $u - v - w$ とすると、 z 軸は、 u 、 v 、 w と同じ座標原点を通り、重力ベクトルと平行かつ逆向きの軸である。 x 軸は、 u 、 v 、 w と同じ座標原点を通り、 z 軸と v 軸に直行する軸であり、 y 軸は u 、 v 、 w と同じ座標原点を通り、 z 軸と x 軸に直行する軸である。この場合、 x 、 y 軸は u 、 w 軸の重力ベクトルに対する傾き（腕のねじり）によらず水平面上にある。

10

【0029】

回転行列算出部 206 は、 $x - y - z$ 座標系（第 2 の座標系と呼ぶこともある）に対する $u - v - w$ 座標系（第 1 の座標系と呼ぶこともある）の x 、 y 、 z 各軸周りのオイラー角 θ 、 ψ 、 ϕ をセンサユニット 22 の加速度センサの値より算出する。

【0030】

図 5 はオイラー角 θ を説明するための図である。

20

加速度センサの観測値には、重力加速度と慣性加速度（動いたことによる加速度）が含まれる。基準姿勢において静止していることを仮定すれば、観測値と重力加速度は一致する。観測値と重力加速度は一致しない場合は、ローパスフィルタを用いて、重力加速度成分のみを算出し、重力加速度の u 、 v 、 w 成分をそれぞれ、 a_u 、 a_v 、 a_w とする。

【0031】

重力加速度 G の向きを z 軸のマイナス方向と一致させる。 $x - y - z$ 座標系に対する $u - v - w$ 座標系の x 軸周りのオイラー角 θ は、

【数 1】

$$\theta = \sin^{-1} \frac{a_v}{G}$$

30

で定義される。

【0032】

図 6 は、オイラー角 ψ を説明するための図である。

重力加速度の u 、 w 成分をそれぞれ、 a_u 、 a_w とする。すると、 $x - y - z$ 座標系に対する $u - v - w$ 座標系の y 軸周りのオイラー角 ψ は、

【数 2】

$$\psi = \tan^{-1} \frac{a_u}{a_w}$$

40

で定義される。

【0033】

$x - y - z$ 座標系に対する $u - v - w$ 座標系の z 軸周りのオイラー角 ϕ は、基準姿勢では常に 0 である。

【0034】

回転行列算出部 206 は、オイラー角 θ 、 ψ 、 ϕ を一回の計算で決定してもよいし、複数回の平均をとるなどして求めてもよい。

【0035】

ところで、オイラー角 θ が $\pm 90^\circ$ 付近では、 a_u 、 a_w の両方とも微小になるため、

50

オイラー角 を正確に算出できないことがある。

【 0 0 3 6 】

しかし図 7 A、7 B に示されているように、人間の身体の特性上、自然に手を降ろした状態においては、手の平を体に着けた状態、上げた状態では、手の平を外に向けた状態になる可能性が高い。図 7 A は、人が手を下ろしたときの姿勢の例を示す図、図 7 B は、人が片手を挙げたときの姿勢の例を示す図である。図 7 A のように、人は一般に、自然に手を降ろした状態においては、手のひらは脚部の腿と対抗する向きを取りやすい。また、図 7 B のように、人は一般に、上げた状態では、手のひらを身体の前方方向に向きやすい。したがって、したがって、 が閾値を超えた場合、図 8 のように を設定する。すなわち、 $\sim \pm 90^\circ$ [deg] のとき、 $= +90^\circ$ とする。

10

【 0 0 3 7 】

また回転行列算出部 2 0 6 は、オイラー角 ψ 、 θ 、 ϕ より $u - v - w$ 座標系における角速度を $x - y - z$ 座標系に変換する回転行列 R を算出する。このとき、手首の姿勢は上肢の運動により変化するため、定期的を取得した角速度センサの値より回転行列 R を更新する。

【 0 0 3 8 】

回転行列 R は、オイラー角 ψ 、 θ 、 ϕ より次のように定義される。

【数 3】

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad 20$$

【 0 0 3 9 】

図 9 は回転行列の要素 x 、 y 、 z を説明するための図である。つまり、 x 、 y 、 z 軸周りの角速度をそれぞれ、 ω_x 、 ω_y 、 ω_z 、 u 、 v 、 w 軸周りの角速度をそれぞれ、 ω_u 、 ω_v 、 ω_w とする。すると、 u 、 v 、 w から x 、 y 、 z への変換は、

【数 4】

$$\begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \omega_u \\ \omega_v \\ \omega_w \end{bmatrix}$$

となる。

【 0 0 4 0 】

回転行列算出部 2 0 6 は、適宜、回転行列 R の更新を行う。重力加速度から姿勢を求める方法は、ノイズや運動中の慣性加速度による影響を受けやすい。そこで、各軸の角速度から回転行列 R を更新する。

40

【 0 0 4 1 】

たとえば、オイラー角を更新し、回転行列 R を再計算する方法では次のようにする。

時刻 $t = n \times dt$ における角速度をそれぞれ、 $\omega_x(n)$ 、 $\omega_y(n)$ 、 $\omega_z(n)$ とする。時刻 $t = n \times dt$ におけるオイラー角をそれぞれ、 $\psi(n)$ 、 $\theta(n)$ 、 $\phi(n)$ とする。同様に、時刻 $t = (n - 1) \times dt$ におけるオイラー角をそれぞれ、 $\psi(n - 1)$ 、 $\theta(n - 1)$ 、 $\phi(n - 1)$ とする。ここで、 dt は、サンプリング周期、すなわち前の角速度取得から今の角速度取得までの時間差である。すると、時刻 $t = n \times dt$ におけるオイラー角 $\psi(n)$ 、 $\theta(n)$ 、 $\phi(n)$ は、

【数 5】

$$\begin{bmatrix} \theta(n) \\ \psi(n) \\ \phi(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta(n-1) \\ \psi(n-1) \\ \phi(n-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_x(n) \\ \omega_y(n) \\ \omega_z(n) \end{bmatrix} dt$$

によって求めることができる。

【0042】

x 軸周りの回転角度 θ と、z 軸周りの回転角度 ϕ をそれぞれ、

10

【数 6】

$$\eta_x = \int \omega_x dt$$

$$\eta_z = \int \omega_z dt$$

によって定義する。定式は、離散系では、

【数 7】

$$\eta_x = \eta_x(0) + \sum \frac{(\omega_x(n) + \omega_x(n-1)) \cdot dt}{2}$$

20

$$\eta_z = \eta_z(0) + \sum \frac{(\omega_z(n) + \omega_z(n-1)) \cdot dt}{2}$$

によって定義する。 $\theta(0)$ 、 $\phi(0)$ はそれぞれ、初期値である。図 10 は、回転角度 ϕ の積分を説明するための図である。上式の右辺第 2 項は、図 10 の網掛けの部分を示している。

30

【0043】

図 11 は、回転角度 θ を説明するための図、図 12 は回転角度 ϕ を説明するための図である。

【0044】

図 11 に示されているように、回転角度 θ は、ユーザの腕を身体の軸と垂直方向に伸びる x 軸の周りに回転させる動作によって生成される。図 12 に示されているように、回転角度 ϕ は、ユーザの腕を水平面内で動かす動作によって生成される。

【0045】

図 13 は、関節を中心とした回転の例を示す図であり、図 14 は基準姿勢における直交座標系における図 13 の動作を示す図である。

40

【0046】

人の上肢動作を計測するためには、ユーザの手首に入力装置 20 を装着し、自然な上下左右方向へと手首を移動させる。その結果、図 11 に示されるように、x 軸周りの回転が上下、z 軸周りの回転が左右に対応していることが明らかとなる。基準姿勢において x - y - z 座標系を定義すれば、どの開始位置であっても x 軸と z 軸周りの回転は人の上下左右と感覚的に一致させることができる。

【0047】

上の例では、腕に入力装置 20 を装着したが、入力装置 20 を装着する身体の部位は腕に限定されない。例えば、図 15 に示されているように足首に装着しても良いし、図 16 に示されているように、頭に装着しても良い。

50

【 0 0 4 8 】

また特徴量算出部 2 0 8 は、 $x - y - z$ 座標系に変換した角速度を積分し、 x 軸および z 軸周りの回転角度 α_x 、 α_z を算出し、これを特徴量とする。

【 0 0 4 9 】

上では、ユーザの手首に装着された計測装置 2 0 によってユーザの動作を計測し、 x 軸および z 軸周りの回転角度 α_x 、 α_z を特徴量として算出した。しかしながら、回転角度 α_x 、 α_z に加えて、補助特徴量と呼ばれる量を検出し、指令の特定に用いても良い。

【 0 0 5 0 】

補助特徴量の例には、

- ・ベクトル v の方向への手首の移動量もしくはその時間変化（速度、加速度）
- ・手首をひねる角度もしくはその時間変化
- ・手の開閉
- ・手首の角度もしくはその時間変化
- ・スイッチのオン / オフ
- ・ダイヤルや曲げセンサなどのアナログ操作量もしくはその時間変化

等が含まれ得る。図 1 7 は、補助特徴量の例としての手首と肘を通るベクトルを示す図である。

【 0 0 5 1 】

指令特定部 2 1 0 は、特徴量算出部 2 0 8 で算出された特徴量から、機器の操作のための指令を特定する。たとえば、情報処理装置 1 0 がカラオケ装置の場合、回転角度 α_x と α_z の比に関する指標 α :

【 数 8 】

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\eta_x}{\eta_z} \right)$$

を用いて、機器の音量の上下、曲の選択に割り当ててもよい。

【 0 0 5 2 】

また、回転角度 α_x と α_z を変数変換を用いてマウスカーソル位置に対応付け、上肢動作によってパソコンのカーソルを操作可能としても良い。

【 0 0 5 3 】

さらに、回転角度 α_x と α_z の軌跡を用いて手書き文字を認識しても良い。さらに、たとえば、回転角度 α_x に応じて画像の拡大縮小、回転角度 α_z に応じて画像の回転を行っても良い。

【 0 0 5 4 】

図 1 8 は、動作と指令の関係の例を示す図である。

図 1 8 に示されている例では、回転角度 α_x と α_z の比に関する指標 α の大きさによって、上下左右のいずれかの指令を特定する。

【 0 0 5 5 】

たとえば、指標 α が、 T_{su} より大きく、且つ T_{eu} より小さい場合は、指令特定部 2 1 0 は上肢動作を「上」という指令に対応させても良い。指標 α が、 T_{sd} より小さく、且つ T_{ed} より大きい場合は、指令特定部 2 1 0 は上肢動作を「下」という指令に対応させても良い。指標 α が、 T_{sl} より小さく、且つ T_{el} より大きい場合は、指令特定部 2 1 0 は上肢動作を「左」という指令に対応させても良い。指標 α が、 T_{sr} より小さく、且つ T_{er} より大きい場合は、指令特定部 2 1 0 は上肢動作を「右」という指令に対応させても良い。

【 0 0 5 6 】

図 1 9 A は 2 択の場合の動作と指令の関係の例を示す図、図 1 9 B は 4 択の場合の動作と指令の関係の例を示す図、図 1 9 C は 6 択の場合の動作と指令の関係の例を示す図であ

10

20

30

40

50

る。

【0057】

図19Aのように2択の場合には、入力装置20が装着されている手首を左右のどちらに動かすかによって、その2つの選択肢の一つを決定しても良い。図19Aの下の図において、縦軸は回転角度 x 、横軸は回転角度 z であっても良い。

【0058】

図19Aでは、回転角度 z が0 [deg] 近傍を除いて、 $x - z$ 平面は2つの領域に分割されている。分割されたそれぞれの領域には、制御装置30を制御するための指令が付与されている。

【0059】

図19B、図9Cのように、4択、6択の場合は、指標の値によって、選択肢の一つを決定しても良い。図19B、図9Cの下の図において、縦軸は回転角度 x 、横軸は回転角度 z であっても良い。

【0060】

図19Bでは $x - z$ 平面は4つの領域に、図19Cでは $x - z$ 平面は6つの領域に分割されている。分割されたそれぞれの領域には、制御装置30を制御するための指令が付与されている。

【0061】

また、選択肢の数は、制御対象、基準姿勢、現在の姿勢、角速度の分布等に基づき、動的に変更しても良い。

【0062】

図20、図21は、あるユーザに対する動作と指令の関係の最適化を説明するための図である。

【0063】

図20に示されているように、ユーザに動かす方向は指示して、上下左右に手首を動かして貰うことによって、方向とユーザの動きの対応を学習することができる。そして、図21に示されているように、各方向へ動かした際の方向角度を算出し、この結果をもとに最適な閾値を決定しても良い。これによって、特定のユーザの動作の癖に合った閾値を設定することができる。

【0064】

たとえば図19A～19Cでは、分割された領域の大きさはほぼ同等であった。しかしながら指令特定部210は、 $x - z$ 平面を不均一に分割しても良い。

【0065】

図21は、 $x - z$ 平面を不均一に分割する方法を説明する図である。

あるユーザに対して、そのユーザが取る姿勢の頻度を、ある方向角度における発生回数としてカウントし、その分布に沿うように $x - z$ 平面を不均一に分割しても良い。

【0066】

送信部212は、指令特定部210で作成された指令を制御装置30に送信する。

このように、ユーザの身体の一部、たとえば手、足、首のいずれかに装着され、制御装置30に指令を入力する入力装置20が提供される。

【0067】

センサユニット202は、入力装置20に固定された第1の座標系である $u - v - w$ 座標系での角速度および加速度を取得する。

【0068】

基準姿勢設定部204は、ユーザの姿勢の基準である基準姿勢において、第2の座標系である $x - y - z$ 座標系を設定する。

【0069】

回転行列算出部206は、第1の座標系である $u - v - w$ 座標系での加速度を用いて、第1の座標系である $u - v - w$ 座標系における角速度を、第2の座標系、すなわち $x - y - z$ 座標系における角速度に変換する回転行列を算出する。第2の座標系すなわち $x - y$

10

20

30

40

50

- z 座標系のうちの一つの軸は、重力方向と一致しても良い。また回転行列は、第 2 の座標系、x - y - z 座標系に対する第 1 の座標系、u - v - w 座標系の各軸周りのオイラー角を用いて算出されても良い。

【 0 0 7 0 】

特徴量算出部 2 0 8 は、第 2 の座標系、つまり x - y - z 座標系における角速度を用いて、第 2 の座標系、x - y - z 座標系における特徴量を算出する。特徴量は、前記第 2 の座標系、すなわち x - y - z 座標系の 2 つの軸周りの回転角度に相当する第 1 の回転角度と第 2 の回転角度から算出されても良い。また第 2 の座標系、x - y - z 座標系における角速度を用いて、第 2 の座標系、x - y - z 座標系における軸周りの回転角度に関する特徴量を算出してても良い。

10

【 0 0 7 1 】

指令特定部 2 1 0 は、特徴量を用いて指令を特定する。指令特定部 2 1 0 は、特徴量から任意の数の前記指令の候補から一つを選択しても良い。また指令特定部 2 1 0 は、指令の候補の数を動的に変化させても良い。

【 0 0 7 2 】

送信部 2 1 2 は、指令を送信して、装置に入力する。

入力装置 2 0 は、さらに、基準姿勢を設定するタイミングを指定するためのスイッチ 2 9 を含み得る。

【 0 0 7 3 】

また、基準姿勢設定部 2 0 4 は、ユーザが動作を開始するときに前記基準姿勢を設定しても良い。

20

【 0 0 7 4 】

入力装置 2 0 と制御装置 3 0 は、有線または無線で電氣的に接続されている。図 1 に示されている例では、入力装置 2 0 と制御装置 3 0 は Bluetooth (登録商標) に基づいて情報の遣り取りが行われる。

【 0 0 7 5 】

図 1 に示されているように、制御装置 3 0 は、スマートフォンでも良いし、パソコンでも良い。制御装置 3 0 には、出力装置 3 8 が接続されていても良い。出力装置 3 8 は例えば、スピーカであり得る。

【 0 0 7 6 】

制御装置 3 0 は、通信器 3 2、中央処理装置 (CPU) 3 4、メモリ (RAM) 3 6 を含み得る。

30

【 0 0 7 7 】

通信器 3 2 は、入力装置 2 0 から指令を受信する。

中央処理装置 (CPU) 3 4 は、通信器 3 2 で受けた指令に基づいて、所定の処理を行う。RAM 3 6 には、CPU 3 4 の動作を規定するコンピュータプログラムが記憶されていてても良い。

【 0 0 7 8 】

CPU 3 6 による処理の結果は、出力装置 3 8 からユーザに向けて出力される。出力装置 3 8 は、たとえば、ディスプレイ、スピーカ等であり得る。ディスプレイやスピーカ等の出力装置 3 8 は、身体に装着する装置、たとえば入力装置 2 0 に統合され、一体化されても良い。また、ディスプレイやスピーカ等の出力装置 3 8 は、入力装置 2 0 とは別に、身体に装着されても良い。

40

【 0 0 7 9 】

図 2 2 は、歩行中のジェスチャ認識率の例を示す図である。

ジェスチャとして、上下左右 4 種類、実験回数は各ジェスチャ 5 回ずつ、計 2 0 回であった。図 2 2 に示されているように、静止した状態での認識率は 1 0 0 % であった。また、歩行中でも認識率は 9 5 % であり、非常に高いことが分かる。

【 0 0 8 0 】

このように、入力装置 2 0 は、身体に装着もしくは手や足に保持した入力装置から取得

50

できるセンサ情報を人の感覚に合った座標系へと変換し、装置を制御するための指令を選択するので、ユーザが自由な身体の位置や姿勢において装置の操作を可能にすることができる。

【0081】

上記のように構成された入力装置20を用いることによって、自由な身体の位置と姿勢から身体動作を開始することができるため、ユーザの利便性を高めることができる。また、入力装置20を用いることによって、身体動作の開始位置や姿勢によらず人間の自然な動きと操作を一致させることができるため、ユーザの学習負荷を低減することができる。さらに、入力装置20を用いることによって、2つの連続的な特徴量が提供されるため、音量の調整、ポインタの移動などアナログ的な操作にも対応づけることができる。また、10
入力装置20では、基準姿勢におけるオイラー角の決定以外には加速度センサを利用しないため、ノイズや動作による慣性成分の影響を軽減することができる。また、入力装置20では、基準姿勢決定後は角速度センサのみ回転角度を求めめるため、通常の歩行のように体全体が並進移動をしている状態であっても、極端な回転を伴わない場合においてはその影響を受けないという利点を有する。

【0082】

図23は実施形態の入力装置20の構成の例を示す図である。

このコンピュータ100は、Central Processing Unit (CPU) 102、Read Only Memory (ROM) 104、Random Access Memory (RAM) 106、およびインターフェース108を備えている。20
なお、これらの構成要素はバスライン114を介して接続されており、CPU102の管理の下で各種のデータを相互に授受することができる。インターフェース108には、センサ110と送信器112が接続されている。

【0083】

Central Processing Unit (CPU) 102は、このコンピュータ100全体の動作を制御する演算処理装置であり、コンピュータ100の制御処理部として機能する。

【0084】

Read Only Memory (ROM) 104は、所定の基本制御プログラムが予め記録されている読み出し専用半導体メモリである。CPU102は、この基本制御プログラムをコンピュータ100の起動時に読み出して実行することにより、このコンピュータ100の各構成要素の動作制御が可能になる。30

【0085】

Random Access Memory (RAM) 106は、CPU102が各種の制御プログラムを実行する際に、必要に応じて作業用記憶領域として使用する、随時書き込み読み出し可能な半導体メモリである。

【0086】

インターフェース108は、このコンピュータ100に接続される各種機器との間での各種情報の授受の管理を行う。40

【0087】

センサ110は、角速度センサ、加速度センサであり得る。

送信器112は、CPU102の演算の結果を、電気信号として外部に送信し得る。

【0088】

また、図示されていないが、インターフェイス108には、図1のスイッチ29が接続されていても良い。

【0089】

このようなコンピュータ100を用いて入力装置20を構成するには、例えば、上述の各処理部における処理をCPU102に行わせるための制御プログラムを作成する。作成された制御プログラムはROM104またはRAM106に予め格納しておく。そして、CPU102に所定の指示を与えてこの制御プログラムを読み出させて実行させる。こう 50

することで、情報処理装置が備えている機能がCPU102により提供される。

【0090】

図1に示されている入力装置20は、センサユニット202、基準姿勢設定部204、回転行列算出部206、特徴量算出部208、指令特定部210、および送信部212を含んでいる。しかしながら、基準姿勢設定部204、回転行列算出部206、特徴量算出部208、指令特定部210の一部または全部は制御装置30に備えられていても良い。

【0091】

また、入力装置20と制御装置30は一体であっても良い。この場合、入力装置20の送信部212と制御装置30の通信器32は省略し得る。

さらに、入力装置20と制御装置30と出力装置38は一体であっても良い。

10

【0092】

<<入力処理>>

図24は、第1実施形態における入力の処理の流れの例を示す図である。

【0093】

また、入力装置20が図23に示されているような汎用コンピュータ100である場合には、下記の説明は、そのような処理を行う制御プログラムを定義する。すなわち、以下では、下記に説明する処理を汎用コンピュータに行わせる制御プログラムの説明でもある。

【0094】

処理が開始されるとS10で入力装置20のセンサユニット202は、加速度と角速度を取得する。

20

【0095】

この際、入力装置20の基準姿勢設定部204で動作開始時の姿勢を基準姿勢とし、その基準姿勢において直交座標系x-y-zを設定しても良い。

【0096】

次のS12で入力装置20の回転行列算出部206は、回転行列Rを算出済みであるかどうかを判定する。もし本判定の結果が“ Yes ”、すなわち回転行列Rを算出済みである場合には、処理はS14に進む。また、もし本判定の結果が“ No ”、すなわち回転行列Rを算出済みでない場合には、処理はS16に進む。

【0097】

30

S14で入力装置20の回転行列算出部206は、角速度から回転行列の更新を行う。

たとえば、時刻 $t = n \times dt$ における角速度をそれぞれ、 $\omega_x(n)$ 、 $\omega_y(n)$ 、 $\omega_z(n)$ とする。時刻 $t = n \times dt$ におけるオイラー角をそれぞれ、 $\theta(n)$ 、 $\psi(n)$ 、 $\phi(n)$ とする。同様に、時刻 $t = (n-1) \times dt$ におけるオイラー角をそれぞれ、 $\theta(n-1)$ 、 $\psi(n-1)$ 、 $\phi(n-1)$ とする。ここで、 dt は、サンプリング周期、すなわち前の角速度取得から今の角速度取得までの時間差である。すると、時刻 $t = n \times dt$ におけるオイラー角 $\theta(n)$ 、 $\psi(n)$ 、 $\phi(n)$ は、

【数9】

$$\begin{bmatrix} \theta(n) \\ \psi(n) \\ \phi(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta(n-1) \\ \psi(n-1) \\ \phi(n-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_x(n) \\ \omega_y(n) \\ \omega_z(n) \end{bmatrix} dt$$

40

によって求めることができる。これらの更新されたオイラー角 $\theta(n)$ 、 $\psi(n)$ 、 $\phi(n)$ を用いて、回転行列Rを、

【数 1 0】

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

のように更新することができる。S 1 4 の処理が終了すると、S 2 0 に進む。

【0 0 9 8】

S 1 6 で入力装置 2 0 の回転行列算出部 2 0 6 は、加速度よりオイラー角 θ 、 ψ 、 ϕ を計算する。 10

【0 0 9 9】

重力加速度 G の向きを z 軸のマイナス方向と一致させる。入力装置 2 0 の回転行列算出部 2 0 6 は、 $x - y - z$ 座標系に対する $u - v - w$ 座標系の x 軸周りのオイラー角 θ を、

【数 1 1】

$$\theta = \sin^{-1} \frac{a_v}{G}$$

のように計算する。

【0 1 0 0】

また、重力加速度の u 、 w 成分をそれぞれ、 a_u 、 a_w とする。すると、入力装置 2 0 の回転行列算出部 2 0 6 は、 $x - y - z$ 座標系に対する $u - v - w$ 座標系の y 軸周りのオイラー角 ψ を、 20

【数 1 2】

$$\psi = \tan^{-1} \frac{a_u}{a_w}$$

のように計算する。S 1 6 の処理が終了すると、S 1 8 に進む。

【0 1 0 1】

S 1 8 で入力装置 2 0 の回転行列算出部 2 0 6 はオイラー角 θ 、 ψ 、 ϕ より $u - v - w$ 座標系における角速度を $x - y - z$ 座標系に変換する回転行列 R を計算する。これらのオイラー角 θ 、 ψ 、 ϕ を用いて、回転行列 R は、S 1 4 で用いた等式から算出することができる。S 1 8 の処理が終了すると、処理は S 2 0 に進む。 30

【0 1 0 2】

S 2 0 で入力装置 2 0 の回転行列算出部 2 0 6 は、回転行列 R を用いて、 $u - v - w$ 座標系における角速度を $x - y - z$ 座標系に変換する。たとえば、 $u - v - w$ 座標系における角速度を ω_u 、 ω_v 、 ω_w から $x - y - z$ 座標系における角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z への変換は、

【数 1 3】

$$\begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \omega_u \\ \omega_v \\ \omega_w \end{bmatrix}$$

によって計算し得る。S 2 0 の処理が終了すると、処理は S 2 2 に進む。

【0 1 0 3】

S 2 2 で入力装置 2 0 の特徴量算出部 2 0 8 は、角速度を積分し、回転角度 α_x 、 α_z を算出する。たとえば、特徴量算出部 2 0 8 は、 x 軸周りの回転角度 α_x 、 z 軸周りの回 50

転角度 z をそれぞれ、

【数 1 4】

$$\eta_x = \eta_x(0) + \sum \frac{(\omega_x(n) + \omega_x(n-1)) \cdot dt}{2}$$

$$\eta_z = \eta_z(0) + \sum \frac{(\omega_z(n) + \omega_z(n-1)) \cdot dt}{2}$$

10

から算出する。S 2 2 の処理が終了すると、処理は S 2 4 に進む。

【0 1 0 4】

S 2 4 で入力装置 2 0 の指令特定部 2 1 0 は、特徴量である回転角度 x 、 z の値から指令を特定する。

【0 1 0 5】

たとえば、図 1 8 に関連して説明したように、入力装置 2 0 の指令特定部 2 1 0 は、回転角度 x 、 z の値から「上」、「下」、「右」、「左」のうちの一つを選択する。S 2 4 の処理が終了すると、処理は S 2 6 に進む。

【0 1 0 6】

S 2 6 で入力装置 2 0 の送信部 2 1 2 は、S 2 4 で特定された指令を送信する。

20

上記のような処理を行うことによって、身体に装着もしくは手や足に保持した入力装置から取得できるセンサ情報を人の感覚に合った座標系へと変換し、装置を制御するための指令を選択するので、ユーザが自由な身体の位置や姿勢において装置の操作を可能にすることができる。

【0 1 0 7】

上記のような処理を行うことによって、自由な身体の位置と姿勢から身体動作を開始することができるため、ユーザの利便性を高めることができる。また、入力装置 2 0 を用いることによって、身体動作の開始位置や姿勢によらず人間の自然な動きと操作を一致させることができるため、ユーザの学習負荷を低減することができる。さらに、上記のような処理を行うことによって、2 つの連続的な特徴量が提供されるため、音量の調整、ポイントの移動などアナログ的な操作にも対応づけることができる。また、上記のような処理では、基準姿勢におけるオイラー角の決定以外には加速度センサを利用しないため、ノイズや動作による慣性成分の影響を軽減することができる。また、上記のような処理では、基準姿勢決定後は角速度センサのみ回転角度を求めるため、通常の歩行のように体全体が並進移動をしている状態であっても、極端な回転を伴わない場合においてはその影響を受けないという利点を有する。

30

【0 1 0 8】

< 第 2 実施形態 >

前実施形態の情報処理装置 1 0 は、ユーザの手首等、ユーザの腕から先の部位に装着される入力装置 2 0 を含んでいた。本実施形態の情報処理装置 2 0 0、2 1 0、2 2 0 は、

40

【0 1 0 9】

<< 入力装置 >>

図 2 5 は、第 2 実施形態の入力装置の例をユーザが装着した様子を説明するための図で

50

ある。

【0110】

図25に示されている情報処理装置200は、ユーザの手首等、ユーザの腕から先の部位に装着される入力装置40、頭部に装着される計測装置50、胸に装着される計測装置60を含んでいる。

【0111】

以下では、ユーザの心臓から肺の間の胸の一部を胸部（または単に胸）、または首から上の部分を頭部（または単に頭）と呼ぶことがある。

【0112】

入力装置40は、図1に示されている入力装置20と類似の構成である。入力装置20は、前述のようにセンサユニット202として角速度センサ、加速度センサを含み、センサユニット202を用いて得られた情報から回転行列算出部206で回転行列を算出していた。しかし、本実施形態の入力装置40は、自身が有する角速度センサ、加速度センサを用いて得られた情報に加え、計測装置50、60で得られた情報を用いて、回転行列を補正する機能を含んでいる。

10

【0113】

計測装置50、60は、加速度センサ、地磁気センサ等であっても良い。また、図25では、頭部に装着される計測装置50、胸に装着される計測装置60の両方が示されているが、どちらか一方のみが用いられてもよい。

【0114】

図26は、第2実施形態の入力装置の例の機能ブロック図の例を示す図である。

図26に示されている情報処理装置210は、ユーザの手首等、ユーザの腕から先の部位に装着される入力装置40、制御装置30、たとえばユーザの頭部等、首から上に装着される計測装置50を含んでいる。入力装置40と制御装置30は互いに有線、または無線で電氣的に接続されている。また計測装置50と制御装置30は互いに有線、または無線で電氣的に接続されている。もちろん、計測装置50と入力装置40互いに有線、または無線で電氣的に接続されていても良い。

20

【0115】

計測装置50は、センサユニット52、マイクロプロセッシングユニット(MPU)54、通信器56を含む。

30

【0116】

センサユニット52は、重力方向を取得する。センサユニット52は、加速度センサ、地磁気センサ等であっても良い。以下では、センサユニット52は、加速度センサの両方を含んでいる例を用いて説明するが、計測装置50とは別に用意され、センサユニット52は、加速度センサから、加速度を取得しても良い。この場合、加速度センサは、入力装置20とは別に、頭部に装着され得る。MPU54は、センサユニット52で得られた加速度に関する情報から、高周波成分を除去するフィルタリングを行う。本実施形態ではセンサユニット52で得られた計測値から高周波成分を除去したが、別途、フィルタを設置して高周波成分を除去しても良い。これによって、手の震えや、微小な手の動きのようなノイズ成分を除去することができる。

40

【0117】

さらに、計測装置50のMPU54は、以下のように角度、の算出を行う。

図27Aは、基準姿勢における直交座標系の例を示す図であり、図27Bは、基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の例を示す図である。図27Bのように頭部が重力ベクトルと平行ではなく、傾いている場合、その重力ベクトルからの傾き分だけt軸を補正する。

【0118】

手に保持もしくは手首に装着した装置に固定される座標系は、u-v-w座標系（第1の座標系と呼ぶこともある）とすると、z軸は、u、v、wと同じ座標原点を通り、重力ベクトルと平行かつ逆向きの軸である。x軸は、u、v、wと同じ座標原点を通り、z軸

50

と v 軸に直行する軸であり、 y 軸は u 、 v 、 w と同じ座標原点を通り、 z 軸と x 軸に直行する軸である。この場合、 x 、 y 軸は u 、 w 軸の重力ベクトルに対する傾き（腕のねじり）によらず水平面上にある。このようにして構成される $x - y - z$ 座標系を第 2 の座標系と呼ぶこともある。

【0119】

図 27A に示されているように、計測装置 50 では重力方向が計測され、重力と反対方向に t 軸、目の前方の方向が s 軸、 t 軸と s 軸に直交するように r 軸が設定される。このようにして構成される $r - s - t$ 座標系を第 3 の座標系と呼ぶこともある。

【0120】

s 軸と t 軸で張られる $s - t$ 平面内で、 s 軸と重力方向がなす角を α とする。重力加速度ベクトルの大きさを G 、 s 軸方向の加速度ベクトルの大きさを a_s とすると、角度 α は

【数 15】

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{a_s}{G}$$

のように計算される。

【0121】

また、 r 軸と t 軸で張られる $r - t$ 平面内で、 r 軸と重力方向がなす角を β とする。重力加速度ベクトルの大きさを G 、 r 軸方向の加速度ベクトルの大きさを a_r とすると、角度 β は、

【数 16】

$$\beta = \sin^{-1} \frac{a_r}{G}$$

のように計算される。

【0122】

計測装置 50 の MPU 52 で算出された角度 α 、 β は、通信器 56 から送信される。

本例では、角度 α 、 β は計測装置 50 の MPU 52 で算出したが、制御装置にて頭の姿勢に基づき、角度 α 、 β を算出しても良い。

【0123】

計測装置 50 は、定期的に計測を行っても良いし、入力装置 40 からの要求に応じて、計測をしても良い。計測装置 50 が入力装置 40 からの要求に応じて、計測をする場合には、頭側の加速度センサは動作周波数が遅いものでもよい。これにより、計測装置 50 のコストを下げることができる。

【0124】

入力装置 40 は、図 1 に示されている入力装置 20 と同様、センサユニット、マイクロプロセッシングユニット (MPU)、通信器、固定具、基準姿勢設定スイッチを含んでいる。入力装置 40 の基準姿勢設定スイッチは、基準姿勢を設定するために用いられ得る。また、基準姿勢設定スイッチが、背屈検知スイッチであってもよいのは、前実施形態と同様である。また、背屈検知スイッチは、ユーザの手首を手の甲側へ曲げることによって押すことができる。そして、背屈検知スイッチが押されたとき、基準姿勢を設定しても良い。また、背屈検知スイッチが押されてから所定の時間、たとえば、2 秒、5 秒などの経過した時刻におけるユーザの姿勢を基準姿勢と設定しても良い。

【0125】

センサユニット 402 は、図 1 に示されている入力装置 20 のセンサユニット 202 と同様の構成を有するので、詳細な説明を省略する。センサユニット 402 は、角速度および加速度を取得する

基準姿勢設定部 404 は、図 1 に示されている入力装置 20 の基準姿勢設定部 204 と同様の構成を有するので、詳細な説明を省略する。基準姿勢設定部 404 は、動作開始時

10

20

30

40

50

の姿勢を基準姿勢とし、その基準姿勢において直交座標系 $x - y - z$ を設定する。

【0126】

回転行列算出部406は、 $x - y - z$ 座標系に対する $u - v - w$ 座標系の x 、 y 、 z 各軸周りのオイラー角 ψ 、 θ 、 ϕ をセンサユニット52の加速度センサの値より算出する。回転行列算出部406は、適宜、回転行列 R の更新を行う。重力加速度から姿勢を求める方法は、ノイズや運動中の慣性加速度による影響を受けやすい。そこで、各軸の角速度から回転行列 R を更新しても良い。回転行列算出部406は、図1に示されている入力装置20の回転行列算出部206と同様の構成を有するので、詳細な説明を省略する。

【0127】

回転行列算出部406は、オイラー角 ψ 、 θ 、 ϕ より $u - v - w$ 座標系における角速度を $x - y - z$ 座標系に変換する回転行列 R を算出する。回転行列 R は、オイラー角 ψ 、 θ 、 ϕ より次のように定義される。

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

となる。

【0128】

また、回転行列算出部406は、計測装置50から送られた角度 α 、 β に関する情報を用いて、角速度を補正する。ここで補正のための回転行列 R_c を、

【数18】

$$R_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

で定義する。この補正のための回転行列 R_c を用いて、 u 、 v 、 w から x 、 y 、 z への変換は、

【数19】

$$\begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = R_c R \begin{bmatrix} \omega_u \\ \omega_v \\ \omega_w \end{bmatrix}$$

となる。上式から分かるように、 R_c による回転は、 R による回転に対する補正として働く。

【0129】

特徴量算出部408は、 $x - y - z$ 座標系に変換した角速度を積分し、 x 軸および z 軸周りの回転角度 α_x 、 α_z を算出し、これを特徴量とする。回転角度 α_x 、 α_z は、前実施形態と同様、

【数 2 0】

$$\eta_x = \int \omega_x dt$$

$$\eta_z = \int \omega_z dt$$

によって算出され得る。特徴量算出部 4 0 8 は、図 1 に示されている入力装置 2 0 の特徴量算出部 2 0 8 と同様の構成を有するので、詳細な説明を省略する。前実施形態と同様、回転角度 x 、 z に加えて、補助特徴量と呼ばれる量を検出し、指令の特定に用いても良い。

10

【 0 1 3 0】

指令特定部 4 1 0 は、特徴量算出部 4 0 8 で算出された特徴量から、機器の操作のための指令を特定する。指令特定部 4 1 0 は、図 1 に示されている入力装置 2 0 の指令特定部 2 1 0 と同様の構成を有するので、詳細な説明を省略する。

【 0 1 3 1】

送信部 4 1 2 は、指令特定部 4 1 0 で作成された指令を制御装置 3 0 に送信する。送信部 4 1 2 は、図 1 に示されている入力装置 2 0 の送信部 2 1 2 と同様の構成を有するので、詳細な説明を省略する。

【 0 1 3 2】

制御装置 3 0 については、既に説明をしたので、詳細な説明を省略する。

20

上の計測装置 5 0 では加速度のみを計測したが、角速度を併用して姿勢推定を行ってもよい。そのための手法としては、第 1 実施形態で説明した、手の回転行列の更新と同様の方法を用いても良い。

【 0 1 3 3】

このように、入力装置 4 0 とは別に、頭部に計測装置 5 0 を装着し、計測装置 5 0 で得られた情報を用いて、 $x - y - z$ 座標系における角速度を補正することによって、ユーザが自由な身体の位置や姿勢においてよりユーザの感覚に合った装置の操作を行うことができる。特に、上の例では、頭に計測装置 5 0 が装着されているので、目で見える像に合った感覚で装置を操作することができる。

30

【 0 1 3 4】

図 2 8 は第 2 実施形態の入力装置の別の例の機能ブロック図の例を示す図である。

図 2 8 に示されている例では、手と胸に装着された装置が通信を行い、胸の姿勢に基づき、座標系を補正する。補正後のセンサデータを制御装置に送信する。ここで、手側と胸側のセンサ取得周期は異なってもよい。たとえば、胸に装着した計測装置での計測の周期を遅くし、消費電力を抑えても良いし、胸に装着した計測装置も手首に装着した入力装置と同じ、早い周期で計測し、姿勢をリアルタイムに推定しても良い。

【 0 1 3 5】

図 2 8 に示されている情報処理装置 2 2 0 は、ユーザの手首等、ユーザの腕から先の部位に装着される入力装置 4 0、制御装置 3 0、たとえばユーザの胸に装着される計測装置 6 0 を含んでいる。図 2 8 に示されている情報処理装置 2 2 0 は、図 2 6 に示されている情報処理装置 2 1 0 におけるユーザの頭部等、首から上に装着される計測装置 5 0 の代わりに、たとえばユーザの胸に装着される計測装置 6 0 を含んでいる。

40

【 0 1 3 6】

計測装置 6 0 は、センサユニット 6 2、マイクロプロセッシングユニット (MPU) 6 4、通信器 6 6 を含む。

【 0 1 3 7】

センサユニット 6 2 は、重力方向を取得する。センサユニット 6 2 は、加速度センサ、地磁気センサ等であっても良い。以下では、センサユニット 6 2 は、加速度センサの両方を含んでいる例を用いて説明するが、計測装置 6 0 とは別に用意され、センサユニット 6

50

2 は、加速度センサから、加速度を取得しても良い。この場合、加速度センサは、入力装置 20 とは別に、頭部に装着され得る。MPU64 は、センサユニット 52 で得られた加速度に関する情報から、高周波成分を除去するフィルタリングを行う。本実施形態ではセンサユニット 62 で得られた計測値から高周波成分を除去したが、別途、フィルタを設置して高周波成分を除去しても良い。

さらに、計測装置 60 の MPU64 は、以下のように角度 α の算出を行う。

【0138】

図 29A は、基準姿勢における直交座標系の例を示す図であり、図 29B は、基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の例を示す図である。

【0139】

手に保持もしくは手首に装着した装置に固定される座標系は、 $u-v-w$ 座標系とすると、 z 軸は、 u 、 v 、 w と同じ座標原点を通り、重力ベクトルと平行かつ逆向きの軸である。 x 軸は、 u 、 v 、 w と同じ座標原点を通り、 z 軸と v 軸に直行する軸であり、 y 軸は u 、 v 、 w と同じ座標原点を通り、 z 軸と x 軸に直行する軸である。この場合、 x 、 y 軸は u 、 w 軸の重力ベクトルに対する傾き（腕のねじり）によらず水平面上にある。

【0140】

図 29A に示されているように、計測装置 60 では重力方向が計測され、重力と反対方向に n 軸、胸の前方の方向が m 軸、 n 軸と m 軸に直交するように l 軸が設定される。このようにして構成される $l-m-n$ 座標系も第 3 の座標系と呼ぶこともある。

【0141】

m 軸と n 軸で張られる $m-n$ 平面内で、 m 軸と重力方向がなす角を α とする。重力加速度ベクトルの大きさを G 、 m 軸方向の加速度ベクトルの大きさを a_m とすると、角度 α は、

【数 21】

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{a_m}{G}$$

のように計算される。

【0142】

また、 l 軸と n 軸で張られる $l-n$ 平面内で、 l 軸と重力方向がなす角を β とする。重力加速度ベクトルの大きさを G 、 l 軸方向の加速度ベクトルの大きさを a_l とすると、角度 β は、下式で計算される。

【数 22】

$$\beta = \sin^{-1} \frac{a_l}{G}$$

【0143】

計測装置 60 の MPU62 で算出された角度 α 、 β に関する情報は、通信器 56 から送信される。

【0144】

入力装置 40、制御装置 30 の構成については既に説明した通りであるので、詳細な説明を省略する。

【0145】

本例において、計測装置 60 は、定期的に計測を行っても良いし、入力装置 40 からの要求に応じて計測をしても良い。計測装置 60 が入力装置 40 からの要求に応じて、計測をする場合には、頭側の加速度センサは動作周波数が遅いものでもよい。これにより、計測装置 60 のコストを下げることができる。

【0146】

このように、入力装置 40 とは別に、胸部に計測装置 60 を装着し、計測装置 50 で得

10

20

30

40

50

られた情報を用いて、 $x - y - z$ 座標系における角速度を補正することによって、ユーザが自由な身体の位置や姿勢においてよりユーザの感覚に合った装置の操作を行うことができる。特に、上の例では、胸に計測装置60が装着されているので、体の向きに合った感覚で、装置を操作することができる。

【0147】

また、上記実施形態では、角度 θ_x 、 θ_y の計算を計測装置50、60で行ったが、制御装置30または入力装置40で行っても良い。角度 θ_x 、 θ_y の計算を制御装置30で行う場合、制御装置30は、計測装置50、60で得られた角度を受け取り、角度 θ_x 、 θ_y を計算し、入力装置40に送信しても良い。角度 θ_x 、 θ_y の計算を入力装置40で行う場合、入力装置40は、計測装置50、60で得られた角度を受け取り、角度 θ_x 、 θ_y を計算しても良い。

10

【0148】

ここで、第2実施形態の情報処理装置210、220を用いたときの、角速度が補正される様子を説明する。

【0149】

図30は、基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の例を示す図である。

図30に示されているように、ユーザは前後方向の後ろ側に傾いている。

【0150】

図31Aは、ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合に測定される角速度の時間変化の例を示す図、図31Bは、ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合に測定される角速度の時間変化の例を示す図である。図32Aは、ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合の補正後の角速度の時間変化の例を示す図、図32Bは、ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合の補正後の角速度の時間変化の例を示す図である。

20

【0151】

図31Aは、ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合に測定される角速度 ω_w の時間変化、図31Bは、角速度 ω_v の時間変化を示している。これは、図30の n 軸周りに手首を回転された場合に相当する。いずれのカーブも、時間が経過するに連れ、単調に増加し、時刻 t_0 でピーク ω_w^0 、 ω_v^0 を取ったあと、単調に減少している。

【0152】

図32Aは、ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合の補正後の角速度 ω_z の時間変化、図32Bは、補正後の角速度 ω_y の時間変化を示している。図32Aに示されているように、 z 方向の角運動量 L_z は、やはり単調に増加し、時刻 t_0 でピーク L_z^0 を取るが、このピーク値 L_z^0 は、 ω_w^0 、 ω_v^0 より大きい。そして、 t_0 より後の時間では、角運動量 L_z は単調に減少する。図32Bに示されているように、補正後の角速度 ω_y の時間の変化を示すカーブはほとんどフラットであり、ピーク値 ω_y^0 は、 ω_w^0 、 ω_v^0 より小さい。補正後の角速度のカーブを見ると、ユーザが手を左右に運動させたことがより明確に分かる。

30

【0153】

上述の入力装置210、220は、図23に示されているようなコンピュータ100によって実現可能である。

40

【0154】

<<入力処理>>

図33は、第2実施形態の入力装置における処理の流れの例を示す図である。

【0155】

入力装置40が図23に示されているような汎用コンピュータ100である場合には、下記の説明は、そのような処理を行う制御プログラムを定義する。すなわち、以下では、下記に説明する処理を汎用コンピュータに行わせる制御プログラムの説明でもある。

【0156】

処理が開始されるとS40で入力装置40のセンサユニット402は、加速度と角速度を取得する。

50

【 0 1 5 7 】

この際、入力装置 4 0 の基準姿勢設定部 4 0 4 で動作開始時の姿勢を基準姿勢とし、その基準姿勢において直交座標系 x - y - z を設定しても良い。

【 0 1 5 8 】

次の S 4 2 で入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、回転行列 R を算出済みであるかどうかを判定する。もし本判定の結果が “ Y e s ”、すなわち回転行列 R を算出済みである場合には、処理は S 4 4 に進む。また、もし本判定の結果が “ N o ”、すなわち回転行列 R を算出済みでない場合には、処理は S 4 6 に進む。

【 0 1 5 9 】

S 4 4 で入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、角速度から回転行列の更新を行う。

たとえば、時刻 $t = n \times dt$ における角速度をそれぞれ、 $\omega_x(n)$ 、 $\omega_y(n)$ 、 $\omega_z(n)$ とする。時刻 $t = n \times dt$ におけるオイラー角をそれぞれ、 $\theta(n)$ 、 $\psi(n)$ 、 $\phi(n)$ とする。同様に、時刻 $t = (n - 1) \times dt$ におけるオイラー角をそれぞれ、 $\theta(n - 1)$ 、 $\psi(n - 1)$ 、 $\phi(n - 1)$ とする。ここで、 dt は、サンプリング周期、すなわち前の角速度取得から今の角速度取得までの時間差である。すると、時刻 $t = n \times dt$ におけるオイラー角 $\theta(n)$ 、 $\psi(n)$ 、 $\phi(n)$ は、

【数 2 3】

$$\begin{bmatrix} \theta(n) \\ \psi(n) \\ \phi(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta(n-1) \\ \psi(n-1) \\ \phi(n-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_x(n) \\ \omega_y(n) \\ \omega_z(n) \end{bmatrix} dt$$

によって求めることができる。これらの更新されたオイラー角 $\theta(n)$ 、 $\psi(n)$ 、 $\phi(n)$ を用いて、回転行列 R を、

【数 2 4】

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

のように更新することができる。S 2 4 の処理が終了すると、S 5 0 に進む。

【 0 1 6 0 】

S 4 6 で入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、加速度よりオイラー角 θ 、 ψ 、 ϕ を計算する。

【 0 1 6 1 】

重力加速度 G の向きを z 軸のマイナス方向と一致させる。入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、x - y - z 座標系に対する u - v - w 座標系の x 軸周りのオイラー角 θ を、

【数 2 5】

$$\theta = \sin^{-1} \frac{a_v}{G}$$

のように計算する。

【 0 1 6 2 】

また、重力加速度の u、w 成分をそれぞれ、 a_u 、 a_w とする。すると、入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、x - y - z 座標系に対する u - v - w 座標系の y 軸周りのオイラー角 ψ を、

10

20

30

40

【数 2 6】

$$\psi = \tan^{-1} \frac{a_u}{a_w}$$

のように計算する。S 4 6 の処理が終了すると、S 4 8 に進む。

【0 1 6 3】

S 4 8 で入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 はオイラー角 α 、 β 、 γ より u - v - w 座標系における角速度を x - y - z 座標系に変換する回転行列 R を計算する。これらのオイラー角 α 、 β 、 γ を用いて、回転行列 R は、S 4 4 で用いた等式から算出することができる。S 4 8 の処理が終了すると、処理は S 5 0 に進む。 10

【0 1 6 4】

S 5 0 で入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、回転行列 R を用いて、u - v - w 座標系における角速度を x - y - z 座標系に変換する。たとえば、u - v - w 座標系における角速度を ω_u 、 ω_v 、 ω_w から x - y - z 座標系における角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z への変換は、

【数 2 7】

$$\begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \omega_u \\ \omega_v \\ \omega_w \end{bmatrix} \quad 20$$

によって計算し得る。S 5 0 の処理が終了すると、処理は S 5 2 に進む。

【0 1 6 5】

S 5 2 で入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、胸部または頭部に装着した計測装置 6 0、5 0 から補正のための角度 α 、 β を取得する。

【0 1 6 6】

上述のように、計測装置 5 0、6 0 は、入力装置 4 0 からの要求に応じて角度 α 、 β に関する情報を入力装置 4 0 に向けて送信しても良いし、定期的に角度 α 、 β に関する情報を入力装置 4 0 に向けて送信しても良い。前者の場合、入力装置 4 0 から要求があったときのみ計測装置 5 0、6 0 を動作させることで、消費電力や処理量を抑えることができる。 30

【0 1 6 7】

次の S 5 4 で入力装置 4 0 の回転行列算出部 4 0 6 は、

【数 2 8】

$$R_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \quad 40$$

として、

【数 2 9】

$$\begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = R_c R \begin{bmatrix} \omega_u \\ \omega_v \\ \omega_w \end{bmatrix} \quad 50$$

から $x - y - z$ 座標系での角速度 \dot{x} 、 \dot{y} 、 \dot{z} を得る。上式から分かるように、 R_c による回転は、 R による回転に対する補正として働く。 $S54$ の処理が終了すると、 $S56$ に進む。

【0168】

$S56$ で入力装置40の特徴量算出部408は、角速度を積分し、回転角度 x 、 z を算出する。 $S56$ の処理が終了すると、処理は $S58$ に進む。

【0169】

$S58$ で入力装置20の指令特定部210は、特徴量である回転角度 x 、 z の値から指令を特定する。

【0170】

たとえば、図18に関連して説明したように、入力装置40の指令特定部410は、回転角度 x 、 z の値から「上」、「下」、「右」、「左」のうちの一つを選択する。 $S58$ の処理が終了すると、処理は $S60$ に進む。

【0171】

$S60$ で入力装置40の送信部412は、 $S58$ で特定された指令を送信する。

上記のような処理を行うことによって、身体に装着もしくは手や足に保持した入力装置から取得できるセンサ情報を人の感覚に合った座標系へと変換し、装置を制御するための指令を選択するので、ユーザが自由な身体の位置や姿勢において装置の操作を可能にすることができる。

【0172】

図34は、第2実施形態の計測装置における処理の流れの例を示す図である。

処理が開始されると、 $S70$ で計測装置50、60のセンサユニット52、62は、加速度を取得する。 $S70$ の処理は、入力装置40からの要求に応じて開始されても良いし、定期的に開始されても良い。 $S70$ の処理が終了すると、 $S72$ に進む。

【0173】

$S72$ で計測装置50、60のMPU54、64は、センサユニット52で得られた加速度に関する情報から、高周波成分を除去するフィルタリングを行う。本実施形態ではセンサユニット52で得られた計測値から高周波成分を除去したが、別途、フィルタを設置して高周波成分を除去しても良い。これによって、手の震えや、微小な手の動きのようなノイズ成分を除去することができる。 $S72$ の処理が終了すると、 $S74$ に進む。

【0174】

$S74$ で計測装置50、60のMPU54、64は、角度 α を算出する。

たとえば、図29Aに示されているように、計測装置60では重力方向が計測され、重力と反対方向に n 軸、胸の前方の方向が m 軸、 n 軸と m 軸に直交するように l 軸が設定される。

【0175】

m 軸と n 軸で張られる $m - n$ 平面内で、 m 軸と重力方向がなす角を α とする。重力加速度ベクトルの大きさを G 、 m 軸方向の加速度ベクトルの大きさを a_m とすると、角度 α は、

【数30】

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{a_m}{G}$$

のように計算される。

【0176】

また、 l 軸と n 軸で張られる $l - n$ 平面内で、 l 軸と重力方向がなす角を β とする。重力加速度ベクトルの大きさを G 、 l 軸方向の加速度ベクトルの大きさを a_l とすると、角度 β は、下式で計算される。

10

20

30

40

【数 3 1】

$$\beta = \sin^{-1} \frac{a_l}{G}$$

計測装置 5 0 の場合も同様である。S 7 4 の処理が終了すると、S 7 6 に進む。

【 0 1 7 7 】

S 7 6 で計測装置 5 0、6 0 の通信器 5 2、6 2 は、S 7 4 で得られた角度、 β に関する情報を送信する。

【 0 1 7 8 】

このように、入力装置 4 0 とは別に、胸部に計測装置 6 0 を装着し、計測装置 5 0 で得られた情報を用いて、x - y - z 座標系における角速度を補正することによって、ユーザが自由な身体の位置や姿勢においてよりユーザの感覚に合った装置の操作を行うことができる。特に、上の例では、胸に計測装置 6 0 が装着されているので、体の向きに合った感覚で、装置を操作することができる。

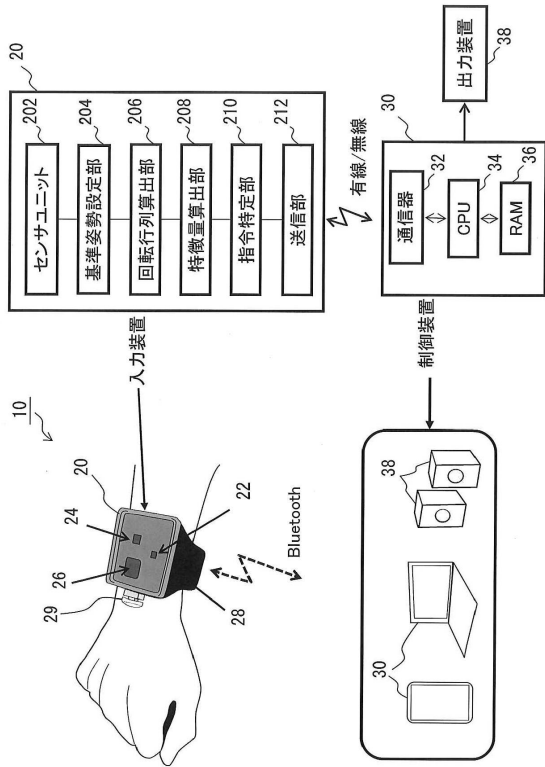
【符号の説明】

【 0 1 7 9 】

1 0	情報処理装置	
2 0	入力装置	
2 2	センサユニット	10
2 4	マイクロプロセッシングユニット (M P U)	
2 6	通信器	
2 8	固定具	
2 9	基準姿勢設定スイッチ	
2 0 2、4 0 2	センサユニット	
2 0 4、4 0 4	基準姿勢設定部	
2 0 6、4 0 6	回転行列算出部	
2 0 8、4 0 8	特徴量算出部	
2 1 0、4 1 0	指令特定部	
2 1 2、4 1 2	送信部	30
3 0	制御装置	
3 2	通信器	
3 4	中央処理装置 (C P U)	
3 6	R a n d o m A c c e s s M e m o r y (R A M)	
3 8	出力装置	
5 0、6 0	計測装置	
5 2、6 2	センサユニット	
5 4、6 4	マイクロプロセッシングユニット (M P U)	
5 6、6 6	通信器	

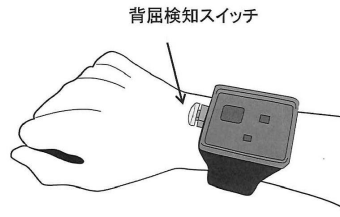
【図1】

第1実施形態の入力装置の構成の例を示す図



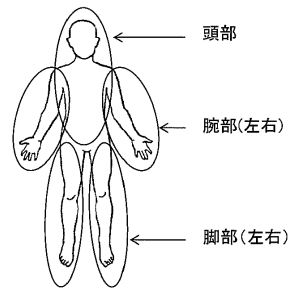
【図2】

基準姿勢を設定する背屈検知スイッチの例を示す図



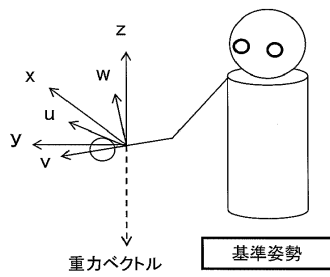
【図3】

身体の部位の分類の例を示す図



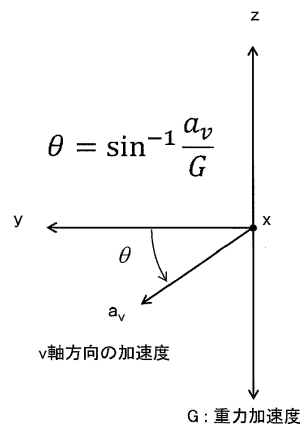
【図4】

基準姿勢において設定される直交座標系の例を示す図



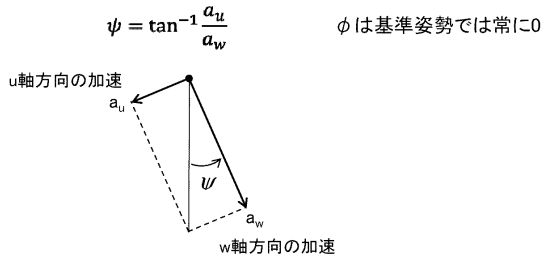
【図5】

オイラー角θを説明するための図



【図 6】

オイラー角 ψ を説明するための図



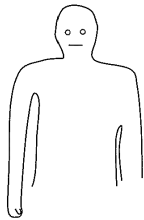
【図 7 B】

人が片手を挙げたときの姿勢の例を示す図



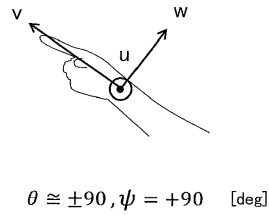
【図 7 A】

人が手を下ろしたときの姿勢の例を示す図



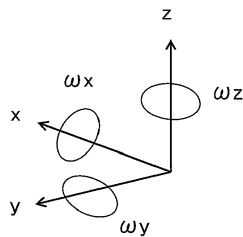
【図 8】

オイラー角 ψ の設定の例を示す図



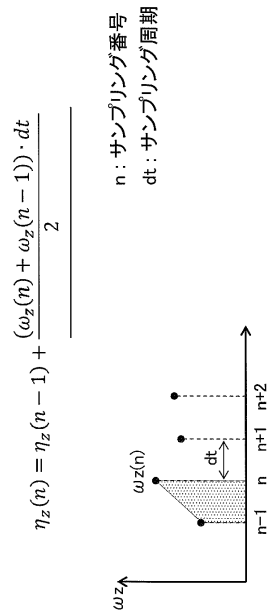
【図 9】

回転行列の要素 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ を説明するための図



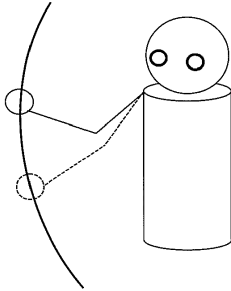
【図 10】

回転角度 η_z の積分を説明するための図



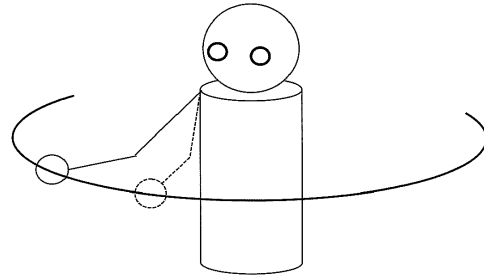
【図 1 1】

回転角度 η_x を説明するための図



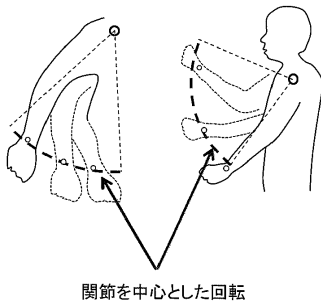
【図 1 2】

回転角度 η_z を説明するための図



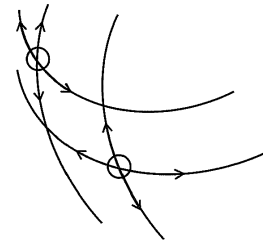
【図 1 3】

関節を中心とした回転の例を示す図



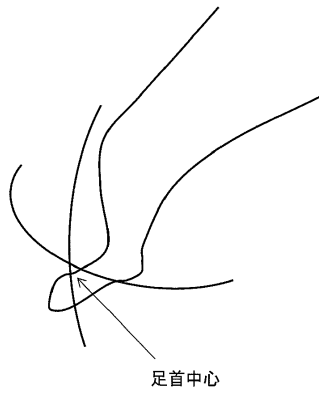
【図 1 4】

基準姿勢における直交座標系における
図13の動作を示す図



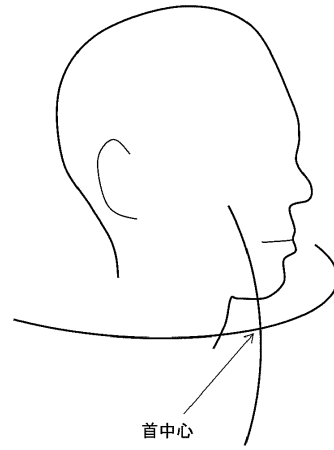
【図15】

足首に設定された座標系の例を示す図



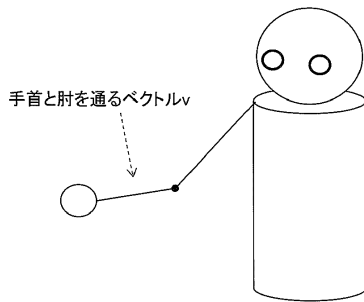
【図16】

首に設定された座標系の例を示す図



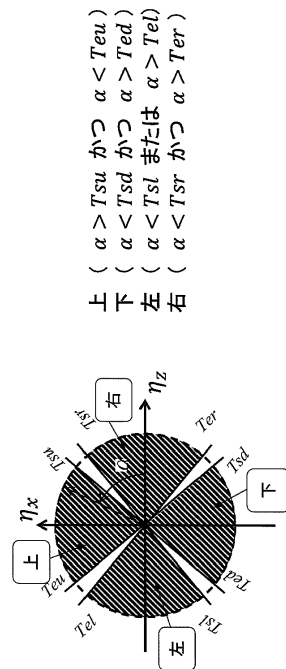
【図17】

補助特徴量の例としての手首と肘を通るベクトルを示す図



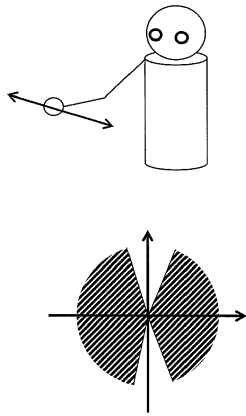
【図18】

動作と指令の関係の例を示す図



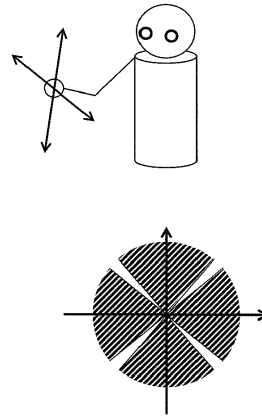
【図 19 A】

2択の場合の動作と指令の関係の例を示す図



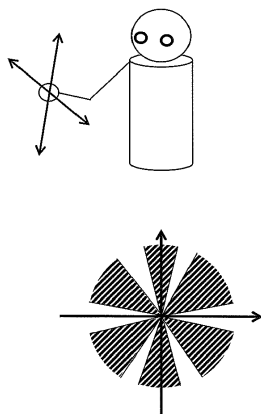
【図 19 B】

4択の場合の動作と指令の関係の例を示す図



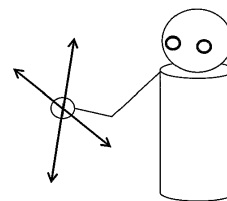
【図 19 C】

6択の場合の動作と指令の関係の例を示す図



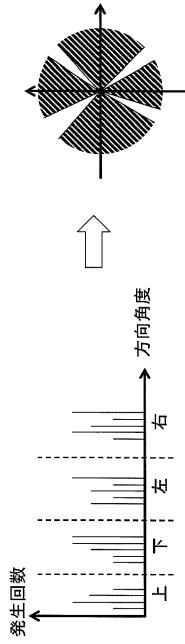
【図 20】

あるユーザに対する動作と指令の関係の最適化を説明するための図



【図 2 1】

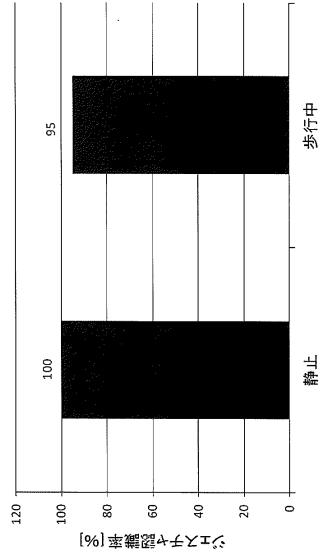
あるユーザに対する動作と指令の関係の最適化を説明するための図



【図 2 2】

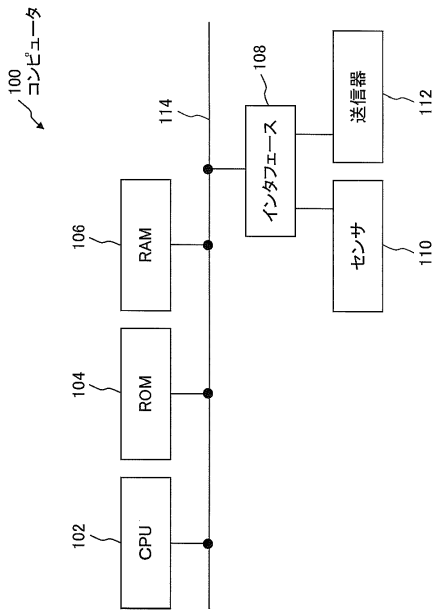
歩行中のジェスチャ認識率の例を示す図

ジェスチャ: 4種類(上/下/左/右)
実験回数: 各ジェスチャ5回×4種類=20回



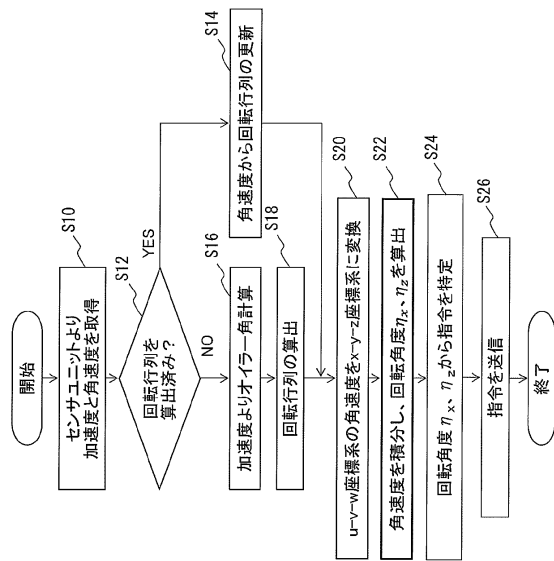
【図 2 3】

入力装置の構成の例を示す図



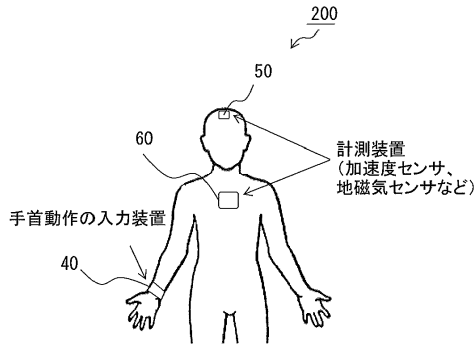
【図 2 4】

第1実施形態の入力装置における処理の流れの例を示す図



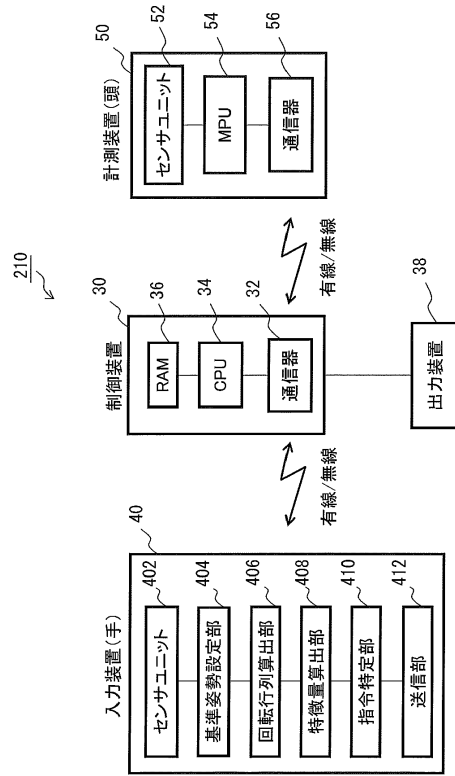
【図 25】

第2実施形態の入力装置の例をユーザが装着した様子を説明するための図



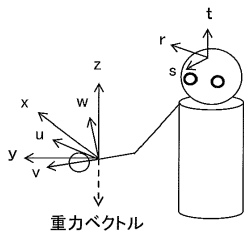
【図 26】

第2実施形態の入力装置の例の機能ブロック図の例を示す図



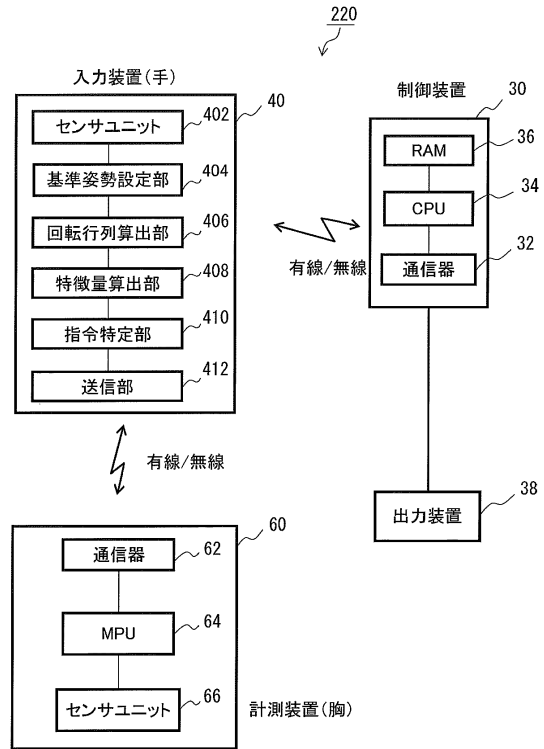
【図 27 A】

基準姿勢における直交座標系の例を示す図



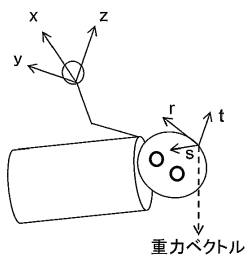
【図 28】

第2実施形態の入力装置の別の例の機能ブロック図の例を示す図



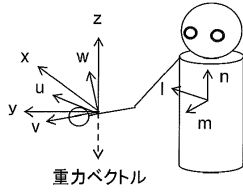
【図 27 B】

基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の例を示す図



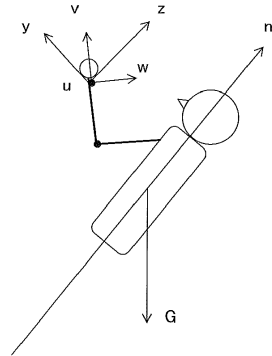
【図 29 A】

基準姿勢における直交座標系の別の例を示す図



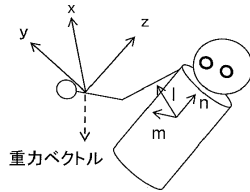
【図 30】

基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の例を示す図



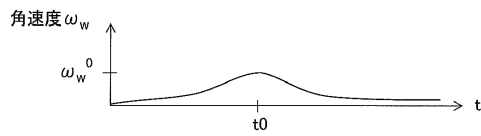
【図 29 B】

基準姿勢からずれた姿勢における直交座標系の別の例を示す図



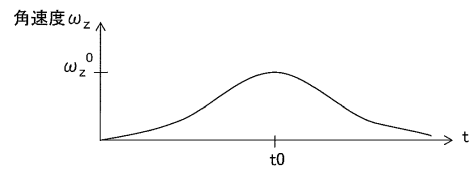
【図 31 A】

ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合に測定される角速度の時間変化の例を示す図



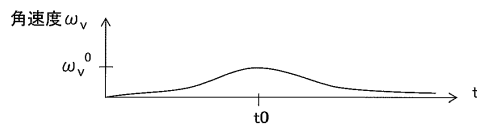
【図 32 A】

ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合の補正後の角速度の時間変化の例を示す図



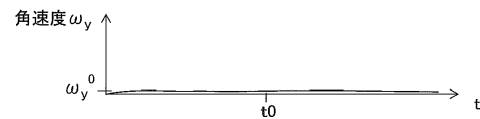
【図 31 B】

ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合に測定される角速度の時間変化の例を示す図



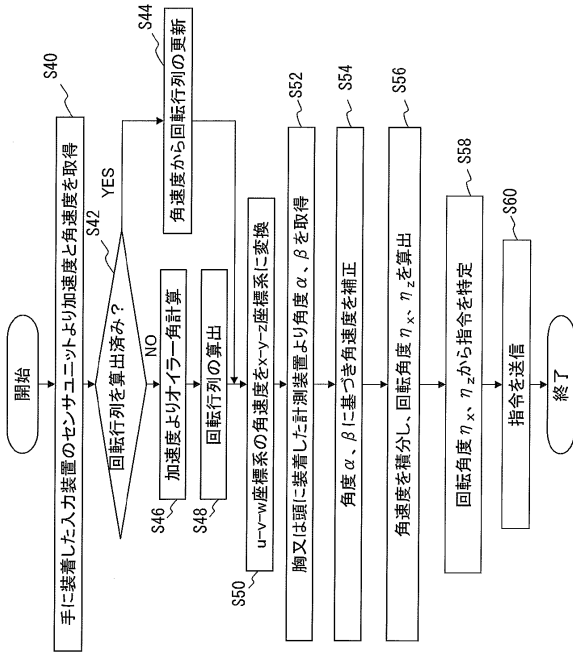
【図 32 B】

ユーザの体の軸回りに手先を回転させた場合の補正後の角速度の時間変化の例を示す図



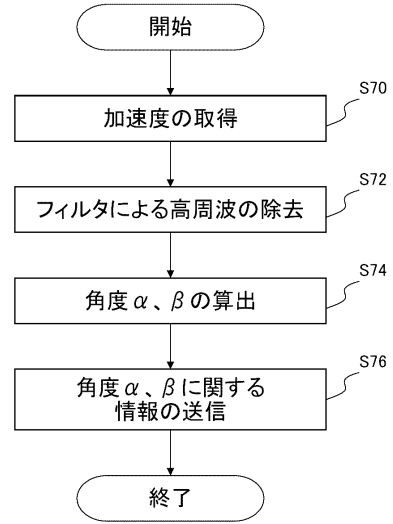
【図 3 3】

第2実施形態の入力装置における処理の流れの例を示す図



【図 3 4】

第2実施形態の計測装置における処理の流れの例を示す図



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-128617(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0154387(US,A1)
国際公開第2009/072471(WO,A1)
米国特許出願公開第2010/0259477(US,A1)
特開2013-106768(JP,A)
特開2010-246109(JP,A)
特開2012-239762(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0302345(US,A1)
米国特許出願公開第2013/0021246(US,A1)
特開2008-046849(JP,A)
特開2000-353046(JP,A)
特開2010-176659(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 3/01
G06F 3/0346