

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2023年9月28日(28.09.2023)

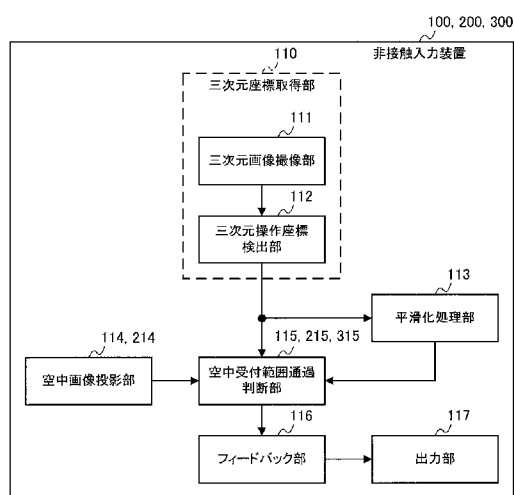


(10) 国際公開番号  
WO 2023/181237 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06F 3/0346 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/013860
- (22) 国際出願日: 2022年3月24日(24.03.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:津田 圭一(TSUDA Keiichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 菊田 勇人(KIKUTA Hayato); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 常道 大智(TSUNEMICHI Daichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山形 洋一, 外 (YAMAGATA Yoichi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目16番2号 甲田ビル4階 特許業務法人 山形・佐藤特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

(54) Title: CONTACTLESS INPUT DEVICE AND CONTACTLESS INPUT METHOD

(54) 発明の名称: 非接触入力装置及び非接触入力方法



- 100, 200, 300 Contactless input device
- 110 Three-dimensional coordinate acquisition unit
- 111 Three-dimensional image capturing unit
- 112 Three-dimensional operation coordinate detection unit
- 113 Smoothing processing unit
- 114, 214 Airspace image projection unit
- 115, 215, 315 Airspace reception range passage determination unit
- 116 Feedback unit
- 117 Output unit

(57) Abstract: A contactless input device (100) comprises: a three-dimensional operation coordinate detection unit (112) that detects a plurality of three-dimensional operation coordinates by sequentially detecting three-dimensional operation coordinates that are three-axis coordinates of a command input object, which is an object that inputs a command, in a predetermined space; a smoothing processing unit (113) that calculates smoothed three-dimensional operation coordinates by performing smoothing using a first number of three-dimensional operation coordinates among the plurality of three-dimensional operation coordinates, the first number being a predetermined number equal to or larger than two; and an airspace reception range passage determination unit (115) that uses the smoothed three-dimensional operation coordinates to identify passage coordinates that are coordinates through which the command input object has passed through an airspace reception range, the airspace reception range being a range defined in advance in the predetermined space.

WO 2023/181237 A1

TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約：非接触入力装置 (100) は、指示を入力する物体である指示入力物体の、予め定められた空間における三軸の座標である三次元操作座標を順次検出することで、複数の三次元操作座標を検出する三次元操作座標検出部 (112) と、複数の三次元操作座標に含まれる、予め定められた二以上の数である第一の数の三次元操作座標を用いて平滑化を行うことで、平滑化三次元操作座標を算出する平滑化処理部 (113) と、平滑化三次元操作座標を用いて、その空間において予め定められた範囲である空中受付範囲を指示入力物体が通過した座標である通過座標を特定する空中受付範囲通過判断部 (115) と、を備える。

## 明 細 書

**発明の名称**：非接触入力装置及び非接触入力方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、非接触入力装置及び非接触入力方法に関する。

### 背景技術

[0002] 空中の特定の範囲に、ボタン等の様々な入力領域を含む実像の面を投影し、その面に対する、指等の操作手段の進入を検知し、その操作手段が進入した座標に従って、様々な動作を行う装置が存在する（例えば、特許文献1を参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-133284号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来の技術では、空中の操作手段として検出される座標には一般に時変のノイズが加わり、検出原理により大小はあるが、その座標は、小刻みに振動する。この振動を除去しなければ、検出座標の精度が低下する。

[0005] そこで、本開示の一又は複数の態様は、非接触で操作を入力する際において、操作手段が検出される際のノイズを除去して、精度よくその座標を検出できるようにすることを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様に係る非接触入力装置は、指示を入力する物体である指示入力物体の、予め定められた空間における三軸の座標である三次元操作座標を順次検出することで、複数の三次元操作座標を検出する三次元操作座標検出部と、前記複数の三次元操作座標に含まれる、予め定められた二以上の数である第一の数の三次元操作座標を用いて平滑化を行うことで、平滑化三次

元操作座標を算出する平滑化処理部と、前記平滑化三次元操作座標を用いて、前記空間において予め定められた範囲である空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した座標である通過座標を特定する通過判断部と、を備えることを特徴とする。

[0007] 本開示の一態様に係る非接触入力方法は、指示を入力する物体である指示入力物体の、予め定められた空間における三軸の座標である三次元操作座標を順次検出することで、複数の三次元操作座標を検出し、前記複数の三次元操作座標に含まれる、予め定められた二以上の数である第一の数の三次元操作座標を用いて平滑化を行うことで、平滑化三次元操作座標を算出し、前記平滑化三次元操作座標を用いて、前記空間において予め定められた範囲である空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した座標である通過座標を特定することを特徴とする。

### 発明の効果

[0008] 本開示の一又は複数の態様によれば、非接触で操作を入力する際において、操作手段が検出される際のノイズを除去して、精度よくその座標を検出することができる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1～4に係る非接触入力装置の外観を示す斜視図である。  
[図2]実施の形態1～3における非接触入力装置の構成を概略的に示すブロック図である。  
[図3] (A)～(D)は、三次元操作座標の検出方法を説明するための概略図である。  
[図4]撮像機座標系を説明するための概略図である。  
[図5]撮像機座標系と、空中受付範囲座標系との対応関係を説明するための概略図である。  
[図6] (A)及び(B)は、ハードウェア構成例を示すブロック図である。  
[図7]実施の形態1において指示入力物体が一つの空中受付範囲を通過したか否かを判断する動作を示すフローチャートである。

[図8] (A) ~ (C) は、通過判断及び座標判断の相違を詳細に説明するためのグラフである。

[図9] (A) ~ (C) は、通過判断及び座標判断を行うための値を説明するためのグラフである。

[図10] 空中受付範囲を説明するための斜視図である。

[図11] 空中受付範囲への入力により、処理を特定する動作を示すフローチャートである。

[図12] チャタリングが生じる状況を説明するためのグラフである。

[図13] チャタリングを解消する方法を説明するためのグラフである。

[図14] 実施の形態2における投影画像を示す概略図である。

[図15] 実施の形態2における空中受付範囲の付近をy軸に垂直な面で切断した図である。

[図16] 実施の形態2において、指示入力物体が一つの空中受付範囲を通過したかを判断する動作を示すフローチャートである。

[図17] 実施の形態2における空中受付範囲の変形例を示す概略図である。

[図18] (A) ~ (C) は、実施の形態3における空中受付範囲通過判断部の動作を詳細に説明するためのグラフである。

[図19] (A) 及び (B) は、2段カスケード型IIRフィルタの構成を示す概略図である。

[図20] 2段カスケード型IIRフィルタの群遅延特性を示すグラフである。

[図21] 実施の形態4における非接触入力装置の構成を概略的に示すブロック図である。

[図22] 実施の形態4において指示入力物体が一つの空中受付範囲を通過したかを判断する動作を示すフローチャートである。

[図23] (A) ~ (C) は、空中受付範囲通過判断部の動作を説明するためのグラフである。

### 発明を実施するための形態

[0010] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1に係る非接触入力装置100の外観を示す斜視図である。

非接触入力装置100は、筐体101の内部に搭載された機構により、予め定められた空間に空中画像102を投影する。空中画像102を投影する機構に関しては、公知の技術が使用されればよいため、その詳細な説明は省略する。公知の技術としては、例えば、筐体101内にディスプレイが搭載され、再帰性反射材と、ハーフミラーとを用いて、空間にディスプレイから出る光を再結像させることで、空中画像102を投影することができる。なお、この投影を行う機構に関しては、別の手段が用いられてもよい。

[0011] 空中画像102の中には、空中入力受付面であるボタン103a、103b、103cが表示されている。ボタン103a、103b、103cのそれぞれには、非接触入力装置100への指示内容が割り当てられている。ここでは、ボタン103aには「決定」の指示、ボタン103bには「キャンセル」の指示、ボタン103cには「設定」の指示が割り当てられている。

なお、各々のボタン103a、103b、103cを区別する必要がない場合には、ボタン103a、103b、103cの一つをボタン103という。

[0012] また、ボタン103a、103b、103cのそれぞれには、ユーザからの指示の入力を受け付ける範囲である空中受付範囲が対応付けられている。例えば、ボタン103aに対応付けられている空中受付範囲内に、指等の指示入力物体が入った場合に、非接触入力装置100は、そのボタン103aに割り当てられている内容の指示が入力されたものと判断する。指示入力物体は、指示を入力する物体であり、指示を入力するために用いられる。例えば、指示入力物体は、指、又は、棒等の突起物である。

[0013] なお、空中受付範囲は、空中画像102の一部であってもよい。また、空中受付範囲は、例えば、対応付けられているボタン103からオフセットされていたり、対応付けられているボタン103から傾斜していたり、対応付けられているボタン103に対して曲がっていたり等のように、空中画像1

02に表せているボタン103と一致していなくてもよい。さらに、空中受付範囲は、平面又は曲面のほか、三次元的な厚みのある形状、例えば、直方体又は球体等であってもよい。

[0014] 非接触入力装置100のユーザは、指等の指示入力物体を、指示したい内容のボタン103に対応付けられている空中受付範囲に進入させることで、非接触入力装置100に対して指示を行う。この指示入力物体が空中受付範囲に進入したか否かの検出は、非接触入力装置100の筐体101に据え付けられ、ボタン103a、103b、103cに対応付けられている空中受付範囲を撮像範囲に含む画像撮像機104を用いて行われる。

[0015] 画像撮像機104は、三次元画像を撮影できる検知装置である。画像撮像機104は、例えば、TOF (Time Of Flight) 方式による三次元撮像機である。但し、TOF方式による三次元撮像機は、一例にすぎず、画像撮像機104は、例えば、二眼ステレオカメラ、アクティブステレオ方式のカメラ又はLiDAR等、三次元情報を取得できる検知装置であれば、どのような装置であってもよい。

[0016] 非接触入力装置100は、指示が行われた際、ユーザに対するフィードバックとして、スピーカ105から操作受付音を出力する。実施の形態1においてはフィードバックを音で行っているが、これは一例にすぎず、例えば、光、振動若しくは超音波を指に対して放射することで与える疑似的な触感等、又は、これらの組み合わせにより、フィードバックが行われてもよい。

[0017] 図2は、実施の形態1における非接触入力装置100の構成を概略的に示すブロック図である。

非接触入力装置100は、三次元座標取得部110と、平滑化处理部113と、空中画像投影部114と、空中受付範囲通過判断部115と、フィードバック部116と、出力部117とを備える。

[0018] 三次元座標取得部110は、指示入力物体の三次元座標である三次元操作座標を取得する。

三次元座標取得部110は、三次元画像撮像部111と、三次元操作座標

検出部 112 とを備える。

[0019] 三次元画像撮像部 111 は、図 1 における画像撮像機 104 により実現される機能部である。三次元画像撮像部 111 は、三次元画像 IM を撮像し、その三次元画像 IM を三次元操作座標検出部 112 に与える。

具体的には、三次元画像撮像部 111 は、後述する空中画像投影部 114 が投影する空中画像が含まれるように、予め定められた空間の三次元の画像である三次元画像 IM を出力する。

[0020] 三次元操作座標検出部 112 は、三次元画像 IM から、指示入力物体の三軸の座標である三次元操作座標 C を検出する。

ここでは、三次元操作座標検出部 112 は、指示入力物体の三次元操作座標 C を順次検出することで、時刻の異なる複数の三次元操作座標 C を検出する。

[0021] 図 3 (A) ~ (D) は、三次元操作座標 C の検出方法を説明するための概略図である。

図 3 (A) は、三次元画像 IM を示す。ここでの三次元画像 IM は、横軸 X 及び縦軸 Y で示され、ピクセルの濃淡が画像撮像機 104 からの距離を示す距離画像であるものとする。ここで、三次元画像 IM では、距離は、輝度が大きいピクセルほど画像撮像機 104 から近いことを示す。

[0022] 図 3 (B) は、図 3 (A) に示されている三次元画像 IM を二値化することで生成された二値化三次元画像 IM # 1 を示す。

三次元操作座標検出部 112 は、三次元画像 IM に対して二値化を施すことで、二値化三次元画像 IM # 1 を生成する。二値化は、指等の指示入力物体の点と、それ以外の点とを区別するために行われる。そのため、そのような区別を適切に行うことができるように、閾値が決定されているものとする。例えば、図 1 に示されているように、画像撮像機 104 が下向きに設置される場合、閾値は、ボタン 103 a、103 b、103 c のそれぞれに対応する空中受付範囲のうちの最遠端より遠く、地面より近い値に設定されるのが望ましい。

[0023] 次に、三次元操作座標検出部 112 は、二値化三次元画像 IM#1 に対して、ノイズ除去を行うことで、ノイズ除去三次元画像 IM#2 を生成する。

図 3 (C) は、ノイズ除去三次元画像 IM#2 を示す概略図である。

距離画像には一般に比較的大きなノイズが載る。このため、図 3 (B) に示されている二値化三次元画像 IM#1 にも細かいノイズが多数載っている。これに対して、閉領域として検出する最低面積をある程度大きくすることで、三次元操作座標検出部 112 は、図 3 (C) に示されているノイズ除去三次元画像 IM#2 のように、ノイズを除去している。なお、ノイズ除去の方法としては、他にもメジアンフィルタを用いる方法、又は、クロージング後にオープニングを行う方法等、さまざまな方法が適用可能である。

[0024] 次に、三次元操作座標検出部 112 は、図 3 (D) に示されているように、ノイズ除去三次元画像 IM#2 から、指示入力物体である指の先端検出を行う。ここでは、Y 軸のマイナス側が空中面のユーザ側であり、Y 軸のプラス側が筐体 101 側であるものとする。このため、指は、Y 軸のマイナス側からプラス側に進入するため、指の先端は、検出された閉領域のうち、単に Y 軸の座標が最も小さい点となる。図 3 (D) では、この点がバツテンの記号で示されている。

[0025] 以上により、先端点の X 座標及び Y 座標が決定される。さらにこの点の距離は、もとの三次元画像 IM における (X, Y) ピクセルの輝度から得られる深度 Z となるため、三次元座標 (X, Y, Z) が定まる。

[0026] 次に、三次元操作座標検出部 112 は、三次元座標 (X, Y, Z) を、三次元画像撮像部 111 を原点とする座標系である撮像機座標系で表現する。撮像機座標系は、図 4 に示されているように、三次元画像撮像部 111 として用いられる画像撮像機 104 のレンズ 104 a の光軸の先端を原点とし、長軸側を  $x_c$  軸、短軸側を  $y_c$  軸、光軸方向を  $z_c$  軸とした座標系である。一般的な非テレセントリックな光学系では、撮像エリアは、放射状に広がるため、同じ X 座標又は Y 座標に対して、Z 座標が違った場合、 $x_c$  又は  $y_c$  の値は、異なった値となる。

[0027] 図4に示されているように、水平画角を $\alpha$ 、垂直画角を $\beta$ 、Xの範囲を $(-X_{max}, X_{max})$ 、Yの範囲を $(-Y_{max}, Y_{max})$ とすると、撮像画像の指先座標である三次元座標 $(X, Y, Z)$ を、撮像機座標系の座標である撮像三次元座標 $(x_c, y_c, z_c)$ に、以下の(1)式で変換することができる。

[数1]

$$\begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{XZ}{X_{max}} \tan \frac{\alpha}{2} \\ \frac{YZ}{Y_{max}} \tan \frac{\beta}{2} \\ Z \end{pmatrix}$$

(1)

[0028] 以上のような、撮像三次元座標への変換方法は、一例であり、パターンマッチング又は学習器による方法等、他に様々な方法が適用可能である。

[0029] このようにして得られた撮像三次元座標 $(x_c, y_c, z_c)$ は、撮像機座標系と空中受付範囲の座標系が異なる場合には、さらに変換が必要となる。この変換を、撮像機座標系で表された撮像三次元座標 $(x_c, y_c, z_c)$ を、 $x$ 軸、 $y$ 軸及び $z$ 軸を有する空中受付範囲座標系で表された三次元操作座標 $C$ に変換すると定義する。

[0030] 図5は、撮像機座標系と、空中受付範囲座標系との対応関係を説明するための概略図である。

なお、この変換は、空中受付範囲 $R$ の数だけ行われるが、図5においては、説明を簡単にするため、一つの空中受付範囲 $R1$ だけを表している。

[0031] 図5では、具体例として、あるボタン103に紐付いている空中受付範囲 $R1$ を $(|x| < x_{max}, |y| < y_{max}, z = 0)$ とする。空中受付範囲座標系の原点を撮像機座標での $(x_{c0}, y_{c0}, z_{c0})$ 、 $x_c$ 軸周りの回転を $\theta$ 、 $y_c$ 軸周りの回転を $\phi$ 、 $z_c$ 軸周りの回転を $\psi$ とした場合、下記の(2)式を用いて、撮像三次元座標 $(x_c, y_c, z_c)$ を、空中受付範囲座標系の三次元操作座標 $C$ である $(x, y, z)$ に変換することができる。

[数2]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_c - x_{c0} \\ y_c - y_{c0} \\ z_c - z_{c0} \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0032] なお、撮像機座標系から空中受付範囲座標系への変換は、前述のように空中受付範囲R毎に行う必要があるが、空中受付範囲Rの法線方向を共通とすることで、コストの高い回転計算を共通化し、演算量を削減することもできる。

[0033] 図2に戻り、平滑化処理部113は、複数の三次元操作座標Cに含まれる、予め定められた二以上の数である第一の数の三次元操作座標Cを用いて平滑化を行うことで、平滑化三次元操作座標SCを算出する。

例えば、平滑化処理部113は、三次元操作座標Cを時間方向に平滑化し、その結果を平滑化三次元操作座標SCとして空中受付範囲通過判断部115に与える。本実施の形態での平滑化方法は、7タップの移動平均による平滑化とする。時刻tにおける(x, y, z)をx(t)、y(t)及びz(t)とし、平滑化処理部113は、下記の(3)式により平滑化三次元操作座標SCを算出する。

[数3]

$$\begin{pmatrix} \tilde{x}(t) \\ \tilde{y}(t) \\ \tilde{z}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{7} \sum_{k=0}^6 x(t-k) \\ \frac{1}{7} \sum_{k=0}^6 y(t-k) \\ \frac{1}{7} \sum_{k=0}^6 z(t-k) \end{pmatrix}$$

(3)

[0034] なお、本実施の形態では、平滑化の手段として移動平均フィルタが用いられているが、本実施の形態は、このような例に限定されない。平滑化の手段は、平滑化フィルタとして窓関数法等の別の係数のFIR (Finite Impulse Response) デジタルフィルタ又はIIR (Infinite Impulse Response) デジタルフィルタ等を用いる手段等、様々な手段が適用可能である。

[0035] 空中画像投影部 114 は、予め定められた空間に、空中受付範囲に対応付けられている部分を有する空中画像を投影する。例えば、空中画像投影部 114 は、図 1 に示されているような空中画像 102 を投影する。空中画像 102 では、空中受付範囲に対応付けられている部分は、ボタン 130a ~ 130c である。空中画像を投影する技術については、公知の技術が使用されればよい。

ここで、空中画像投影部 114 は、空中受付範囲座標系で空中受付範囲 R を示す空中受付範囲情報を空中受付範囲通過判断部 115 に与える。

[0036] 空中受付範囲通過判断部 115 は、三次元操作座標 C と、空中画像投影部 114 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体の一例である指が空中受付範囲 R を通過したか否かを判断する通過判断部である。そして、空中受付範囲通過判断部 115 は、その判断結果を示す通過判断結果 P をフィードバック部 116 に与える。

[0037] ここでは、空中受付範囲通過判断部 115 は、三次元操作座標 C を入力とする関数の出力が、空中受付範囲 R において予め定められた値となるように予め定められた関数を用いて、空中受付範囲 R を指示入力物体が通過したか否かを判断する。例えば、空中受付範囲通過判断部 115 は、複数の三次元操作座標を、順次、その関数に入力し、その関数の出力がその値よりも大きくなった場合又は小さくなった場合に、空中受付範囲 R を指示入力物体が通過したか否かを判断することができる。

[0038] 具体的には、空中受付範囲通過判断部 115 は、空中受付範囲 R 上の点が、 $f(x, y, z) = 0$  を満たす関数  $f(x, y, z)$  を設定する。これにより、 $f(x, y, z)$  が正から負に、又は、負から正に移る際に、必ず  $f(x, y, z) = 0$  として設定されている空中受付範囲 R を通過することとなる。従って、空中受付範囲通過判断部 115 は、三次元操作座標 C を入力した  $f(x, y, z)$  の値を確認することにより、言い換えると、三次元操作座標 C を用いて、空中受付範囲を指示入力物体が通過したか否かを判断することができる。

実施の形態1では、空中受付範囲Rが $f(x, y, z) = z$ となる平面であるものとして説明する。

[0039] また、空中受付範囲通過判断部115は、平滑化三次元操作座標SCを用いて、空中受付範囲Rを指示入力物体が通過した座標である通過座標を特定する。

具体的には、空中受付範囲通過判断部115は、平滑化処理部113からの平滑化三次元操作座標SCにより、指示入力物体である指が、空中受付範囲Rのどの座標を通過したかを示す通過座標CSCを特定する。

[0040] ここで、通過座標CSCは、三次元操作座標Cから、指示入力物体の一例である指が、その空中受付範囲Rを通過したと判断された時刻tにおいて、上記の(3)式で求められるx軸の値とy軸の値とにより構成される。

[0041] さらに、空中受付範囲通過判断部115は、特定された通過座標CSCが空中受付範囲Rにある場合に、その空中受付範囲Rを指示入力物体が通過した、言い換えると、その空中受付範囲Rに入力が行われたと判断する。

[0042] 例えば、空中受付範囲通過判断部115は、三軸の内、空中受付範囲Rに交差する方向に延びる第一の軸の値を、三次元操作座標Cから特定する。空中受付範囲通過判断部115は、その特定された値を用いて、その空中受付範囲Rを指示入力物体が通過した時刻を特定する。空中受付範囲通過判断部115は、その三軸から第一の軸を除いた第二の軸及び第三の軸の、特定された時刻における値を通過座標CSCとして平滑化三次元操作座標SCから特定する。そして、空中受付範囲通過判断部115は、その通過座標CSCが、空中受付範囲R内にある場合に、その空中受付範囲Rに入力が行われたと判断する。ここでは、第一の軸はz軸であり、第二の軸及び第三の軸はx軸及びy軸である。

[0043] フィードバック部116は、通過判断結果Pを参照し、判断が真、言い換えると、指示入力物体が空中受付範囲Rを通過したことを示す場合には、フィードバックを行う。具体的には、フィードバック部116は、例えば、スピーカ105としての出力部117から操作受付音を出力させる。

[0044] 出力部117は、フィードバック部116からの指示に応じて、非接触入力装置100の外部への出力を行う。フィードバック部116は、指示入力物体が、空中受付範囲Rを通過する際に指示を行う。

ここでは、出力部117は、ユーザへのフィードバックを出力する。例えば、出力部117が、図1に示されているスピーカ105である場合には、出力部117は、操作受付音を出力する。

なお、出力部117は、音を出力するスピーカ105に限定されるものではなく、ディスプレイ等の他の手段であってもよい。また、出力部117は、指示入力物体に触感を与える超音波を出力してもよい。

[0045] 以上に記載された三次元操作座標検出部112、平滑化処理部113、空中受付範囲通過判断部115及びフィードバック部116の一部又は全部は、例えば、図6(A)に示されているように、メモリ10と、メモリ10に格納されているプログラムを実行するCPU(Central Processing Unit)等のプロセッサ11とにより構成することができる。このようなプログラムは、ネットワークを通じて提供されてもよく、また、記録媒体に記録されて提供されてもよい。即ち、このようなプログラムは、例えば、プログラムプロダクトとして提供されてもよい。

[0046] また、三次元操作座標検出部112、平滑化処理部113、空中受付範囲通過判断部115及びフィードバック部116の一部又は全部は、例えば、図6(B)に示されているように、単回路、複合回路、プログラムで動作するプロセッサ、プログラムで動作する並列プロセッサ、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)又はFPGA(Field Programmable Gate Array)等の処理回路12で構成することもできる。

以上のように、三次元操作座標検出部112、平滑化処理部113、空中受付範囲通過判断部115及びフィードバック部116は、処理回路網により実現することができる。

[0047] 図7は、実施の形態1において、指示入力物体が一つの空中受付範囲Rを

通過したかを判断する動作を示すフローチャートである。

ここでは、空中受付範囲Rが、図5に示されているように、空中受付範囲R1 ( $|x| < x_{max}$ ,  $|y| < y_{max}$ ,  $z = 0$ ) となっているものとする。

[0048] まず、空中受付範囲通過判断部115は、三次元操作座標Cの内の時刻  $t-1$  におけるz座標の値である  $z(t-1)$  が正又は0、かつ、三次元操作座標Cの内の時刻  $t$  におけるz座標の値である  $z(t)$  が負であるか否かを判断する(S10)。

なお、フレームレートが30フレーム毎秒の場合、時刻  $t-1$  と、時刻  $t$  との時間差は、一フレーム分の時間差である  $1/30$  秒である。

[0049] これは、図5に示されているように、空中受付範囲座標系において、空中受付範囲R1上に原点が設けられ、空中受付範囲R1の垂直線の上方が正となり、指示入力物体が空中受付範囲R1を上から下に通過することで指示の入力が行われることになっているためである。このため、空中受付範囲R1は、 $z = 0$ となる平面となる。

[0050] これは、いわゆる  $z(t)$  の立ち下がりに該当する。ここで注意が必要なのは、判断に用いられている値は、平滑化前の値である三次元操作座標Cであることである。これは、平滑化三次元操作座標SCは、誤差が低減されている代償として遅延があるため、平滑化三次元操作座標SCを用いてしまうと、判断も遅延してしまうためである。一方、反応の即時性が機器の性能として重要であるため、ここでは、三次元操作座標Cが用いられている。

[0051] 次に、空中受付範囲通過判断部115は、平滑化三次元操作座標SC内の時刻  $t$  におけるx座標の値を平滑化した値及びy座標の値を平滑化した値である通過座標CSCが、下記の(4)式及び(5)式を満たすか否かを判断する(S11)。

[数4]

$$|\widetilde{x(t)}| < x_{max}$$

(4)

[数5]

$$\left| \widetilde{y(t)} \right| < y_{max}$$

(5)

[0052] (4)式及び(5)式の両方が満たされる場合(S11でYes)には、処理はステップS12に進み、(4)式及び(5)式の少なくとも何れか一方が満たされない場合(S11でNo)には、処理はステップS13に進む。

[0053] ステップS12では、空中受付範囲通過判断部115は、指示入力物体が対象となる一つの空中受付範囲Rを通過したと判断する。

一方、ステップS13では、空中受付範囲通過判断部115は、指示入力物体が対象となる一つの空中受付範囲Rを通過しなかったと判断する。

[0054] なお、空中受付範囲Rが複数設けられている場合には、以上のフローチャートを、全ての空中受付範囲Rに対して行うことにより、空中受付範囲通過判断部115は、どの空中受付範囲Rを指示入力物体が通過したかを特定することができる。

[0055] ここで、ステップS11での判断は、平滑化三次元操作座標SCが空中受付範囲R内にあるか否かを判断していることになる。これは、例えば、画面上のどのボタン103が押されたのかを特定する判断であり、実質的な解像度を上げるためには、高精度な座標である平滑化三次元操作座標SCを用いる必要がある。その代償として遅延が生じるが、現実的に本実施の形態のような非接触入力装置100のユーザが空中のボタン103を操作する際は、ボタン103に垂直の向きに指を動かす傾向があることがわかっており、この方向に指を動かす際にはx座標及びy座標は、ほぼ一定になるため、多少の遅延は問題とならない。

[0056] このように、通過判断と、座標判断とで異なった平滑化戦略が有効であるのは、通過判断は、通過の有無という二値的な判断であり、一方、座標判断は、画面上の座標の数だけ判断結果のバリエーションがあるという、いわば

多值的な判断だからである。

[0057] 図8 (A) ~ (C) は、以上のような、通過判断及び座標判断の相違を詳細に説明するためのグラフである。

[0058] 図8 (A) は、空中受付範囲座標系における、実際の指の動きのx軸の値と、三次元操作座標Cのx軸の値と、平滑化三次元操作座標SCのx軸の値との時系列を示すグラフである。図8 (A) の横軸は時刻を示し、その縦軸はx軸の値を示す。

[0059] 図8 (B) は、空中受付範囲座標系における、実際の指の動きのy軸の値と、三次元操作座標Cのy軸の値と、平滑化三次元操作座標SCのy軸の値との時系列を示すグラフである。図8 (B) の横軸は時刻を示し、その縦軸はy軸の値を示す。

[0060] 図8 (C) は、空中受付範囲座標系における、実際の指の動きのz軸の値と、三次元操作座標Cのz軸の値と、平滑化三次元操作座標SCのz軸の値との時系列を示すグラフである。図8 (C) の横軸は時刻を示し、その縦軸はz軸の値を示す。

[0061] 図8 (A) ~ (C) に示されているグラフにおいて、実線は、実際の指の座標としての真の値であり、破線は、計測される三次元操作座標Cの値であり、二重線は、三次元操作座標Cの値を平滑化した平滑化三次元操作座標SCの値である。

[0062] 図8 (A) ~ (C) に示されているように、破線で示されている三次元操作座標Cの値は、実線で示されている真の値と比べて、誤差が加わり、振動している。二重線で示されている平滑化三次元操作座標SCの値は、破線で示されている三次元操作座標Cの値と比べて、誤差が緩和されているが、実線で示されている真の値と比べて、三フレーム程度の遅延が生じている。

[0063] ここで、図7に示されているステップS10の条件が満たされる (S10でYes) のは、図8 (C) の破線で示されているように、三次元操作座標Cにおけるz軸の値が立ち下がる  $t = 15$  の時である。

そして、ステップS11では、 $t = 15$  における平滑化三次元操作座標S

Cのx軸の値及びy軸の値が用いられて判断が行われる。

[0064] 以上の関係を示したのが、図9(A)～(C)のグラフである。

さらに、このボタン103上のどの座標を通ったかを示す、通過座標CSCも、平滑化三次元操作座標SCの値が適用される。

[0065] この通過座標CSCの用途としては、例えば、空中受付範囲Rに対応する空中画面がワークシートになっており、その中に多数のセルがあるような場合のセル選択に用いることができる。また、クレジットカードのサイン欄のような描画を行う領域が空中受付範囲Rである場合でも、通過座標CSCの軌跡により、サインを特定することができる。さらに、画面内にいくつかのボタン103があるような場合でも、図10に示されているように、画面全体を一つの空中受付範囲Rでカバーし、その中のどのボタン103が押されたかを判別することができる。

[0066] これら平滑化された値には、上記のように三フレーム程度の遅延があることがグラフ上からわかるが、前述のように三次元操作座標Cにおけるz軸の値が立ち下がる際には、三次元操作座標Cにおけるx軸の値及びy軸の値はあまり変動することがなく、実用的には問題ない。

[0067] なお、図9では、三次元操作座標Cにおけるz軸の値の立下り時に、三次元操作座標Cにおけるx軸の値及びy軸の値が変動しているが、これは遅延をわかりやすく表現するために、意図的に操作を加えた値に過ぎず、いずれにせよ問題ではない。

[0068] 空中受付範囲通過判断部115は、このようにして空中受付範囲Rの通過の有無を、通過判断結果Pとして特定する。また、空中受付範囲通過判断部115は、空中受付範囲Rの中のどの座標を通過したかを示す通過座標CSCも特定する。

[0069] 実施の形態1では、通過座標CSCは、立下りが観測された瞬間 $t = 15$ のx軸の値及びy軸の値としているが、実施の形態1は、このような例に限定されるものではない。

通過座標CSCは、例えば、下記の(6)式のように、前時刻 $t = 14$ と

の加重平均であってもよい。

[数6]

$$\left( \frac{\tilde{x}(14) + \tilde{x}(15)}{2}, \frac{\tilde{y}(14) + \tilde{y}(15)}{2} \right)$$

(6)

[0070] さらに、通過座標CSCは、さらに、下記の(7)式のように、 $t = 15$ における $z$ 座標による重みづけを加味することで得られる値であってもよい。

[数7]

$$\left( \frac{|z(15)|\tilde{x}(14) + |z(14)|\tilde{x}(15)}{2(z(14) + z(15))}, \frac{|z(15)|\tilde{y}(14) + |z(14)|\tilde{y}(15)}{2(z(14) + z(15))} \right)$$

(7)

[0071] なお、ここでは指示入力物体として指を挙げたが、棒等の他の手段が用いられてもよい。さらに、指示入力物体としての指と、それ以外の物体との区別が容易でない、又は、そのような区別が必要ない場合、三次元座標取得部110及び空中受付範囲通過判断部115は、何らかの物体が進入されれば、操作が受け付けられたと判断してもよい。これは、指示入力物体として任意の突起物を許容するという意味になる。

[0072] なお、画面全体を一つの空中受付範囲Rでカバーする場合、図11に示されているようなフローにより、どの処理が行われるのかを決定することができる。

[0073] 図11は、空中受付範囲Rへの入力により、処理を特定する動作を示すフローチャートである。

[0074] まず、空中受付範囲通過判断部115は、図7のステップS10及びS11と同様の判断により、指示入力物体が空中受付範囲Rを通過したか否かを判断する(S20)。そして、指示入力物体が空中受付範囲Rを通過した場合には、処理はステップS21に進む。

[0075] ステップS21では、空中受付範囲通過判断部115は、通過座標CSC

が、例えば、「決定」ボタン103aに割り当てられている範囲内にあるか否かを判断する。通過座標CSCが「決定」ボタン103aに割り当てられている範囲内にある場合（S21でYes）には、処理はステップS22に進み、通過座標CSCが「決定」ボタン103aに割り当てられている範囲内でない場合（S21でNo）には、処理はステップS23に進む。

[0076] ステップS22では、空中受付範囲通過判断部115は、「決定」に割り当てられている処理を実行する。

[0077] ステップS23では、空中受付範囲通過判断部115は、通過座標CSCが、例えば、「キャンセル」ボタン103bに割り当てられている範囲内にあるか否かを判断する。通過座標CSCが「キャンセル」ボタン103bに割り当てられている範囲内にある場合（S23でYes）には、処理はステップS24に進み、通過座標CSCが「キャンセル」ボタン103bに割り当てられている範囲内でない場合（S23でNo）には、処理はステップS25に進む。

[0078] ステップS24では、空中受付範囲通過判断部115は、処理をキャンセルする。

[0079] ステップS25では、空中受付範囲通過判断部115は、通過座標CSCが、例えば、「設定」ボタン103cに割り当てられている範囲内にあるか否かを判断する。通過座標CSCが「設定」ボタン103cに割り当てられている範囲内にある場合（S25でYes）には、処理はステップS26に進み、通過座標CSCが「設定」ボタン103cに割り当てられている範囲内でない場合（S25でNo）には、処理は終了する。

[0080] ステップS26では、空中受付範囲通過判断部115は、「設定」に割り当てられている処理を実行する。

[0081] 以上に記載した実施の形態1では、ボタン103の押下時、言い換えると、三次元操作座標Cにおけるz軸の値の立ち下がり瞬間を操作の瞬間としていたが、実施の形態1は、このような例に限定されない。例えば、三次元操作座標Cにおけるz軸の値の立ち上がり瞬間が操作の瞬間と判断されて

もよい。

[0082] また、実施の形態 1 では、先に指先検知を行い、次に、撮像機座標系から空中受付範囲座標系への座標変換を行ったが、実施の形態 1 は、このような例に限定されない。例えば、空中受付範囲 R の座標を、事前に空中受付範囲座標系から撮像機座標系に逆変換しておいてもよい。この場合、撮像機座標系で、空中受付範囲 R の通過及び通過したときの座標が判断されればよい。

[0083] また、複数回の操作を許容する場合、三次元操作座標 C における z 軸の値の誤差による生ずる振動により、ユーザが一度の操作しか意図としていなくても複数回の操作が行われたと判断される、いわゆるチャタリングが生じる。例えば、三次元操作座標 C における z 軸の値が、図 12 に示されているグラフのように推移する場合、本来の指が通過したタイミングである時刻  $t = 15$  のほかに、 $t = 17$  でも誤って指が通過したと判断されてしまう。このような事態を防ぐために、三次元操作座標 C における z 軸の値の立ち下がり、言い換えると、正側から負側への閾値と、その立ち上がり、言い換えると負側から正側への閾値とを変えることが有効である。具体的には、空中受付範囲 R を指示入力物体が通過したことを検出する閾値と、空中受付範囲 R を指示入力物体が通過した後に、指示入力物体が平面を通過する前の側に戻ったことを検出する閾値とを異なるものとすればよい。

[0084] これを具体的に示したのが図 13 に示されているグラフである。ここで三次元操作座標 C における z 軸の値である  $z(t)$  の推移は、図 12 に示されているグラフと同じであるが、立ち下がりの閾値は「0」、立ち上がりの閾値は「1」に設定されている。

これにより、時刻  $t = 15$  までは、閾値は「0」であり、立ち下がりが観測された時刻  $t = 15$  よりも後は、閾値は「1」に代わる。これにより、図 12 で存在した時刻  $t = 17$  におけるチャタリングは解消されている。この閾値「1」は、立ち上がりが観測される時刻  $t = 25$  で再度「0」に戻る。

[0085] 実施の形態 2

図 1 に示されているように、実施の形態 2 に係る非接触入力装置 200 も

、実施の形態 1 に係る非接触入力装置 100 と同様に、筐体 101 の内部に搭載された機構により、空中に空中画像 102 を投影する。

そして、非接触入力装置 200 は、空中画像 102 に含まれているボタン 103 a、103 b、103 c への操作を、画像撮像機 104 を用いて検出し、操作が行われたことをスピーカ 105 で通知する。

[0086] 図 2 に示されているように、実施の形態 2 における非接触入力装置 200 は、三次元座標取得部 110 と、平滑化処理部 113 と、空中画像投影部 214 と、空中受付範囲通過判断部 215 と、フィードバック部 116 と、出力部 117 とを備える。

[0087] 実施の形態 2 における非接触入力装置 200 の三次元座標取得部 110、平滑化処理部 113、フィードバック部 116 及び出力部 117 は、実施の形態 1 における非接触入力装置 100 の三次元座標取得部 110、平滑化処理部 113、フィードバック部 116 及び出力部 117 と同様である。

但し、実施の形態 2 においては、空中画像投影部 214 が空中受付範囲 R を空中受付範囲通過判断部 215 に与え、空中受付範囲通過判断部 215 は、三次元操作座標検出部 112 から三次元操作座標 C を受け取り、平滑化処理部 113 から平滑化三次元操作座標 SC を受け取り、通過判定結果 P をフィードバック部 116 に与え、通過座標 CSC を出力部 117 に出力する。

[0088] 空中画像投影部 214 は、図 14 に示されているような球面の一部である曲面を空中に投影する。実施の形態 2 における空中受付範囲 R は、その曲面と一致するものとする。なお、図 14 に示されている空中受付範囲 R は、視覚的に形状を捉えやすくするためにメッシュをかけて表示されている。

[0089] この球面の一部である曲面の形状の空中受付範囲 R は、ユーザインターフェースとして、平面より優れている点がある。例えば、ユーザは、空中受付範囲 R の中心付近で非接触入力装置 200 を操作することが一般的だと考えられるが、空中受付範囲 R が、実施の形態 1 のように平面であると、空中受付範囲 R の中央と、その端とでは、ユーザから空中受付範囲までの距離が大きく異なってしまう。一方、空中受付範囲 R を曲面にすると、その距離の差

を解消又は軽減することができる。但し、図14に示されている空中受付範囲Rは、実施の形態1との相違を強調するため誇張されており、実用上はもう少し曲率の高い、言い換えると、平坦な空中受付範囲Rが有用である。

[0090] 空中受付範囲通過判断部215は、空中受付範囲Rを、空中受付範囲Rを含む面を示す関数  $f(x, y, z) = 0$  で表し、さらに空中受付範囲中座標を示す関数  $g_x(x, y, z)$  及び  $g_y(x, y, z)$  で表した際の、 $g_x(x, y, z)$  及び  $g_y(x, y, z)$  の制限で空中受付範囲Rを限定する。

[0091] まず、実施の形態2における空中受付範囲Rは、球面の一部であるため、 $f(x, y, z)$  は、球面を示す関数で表される。具体的には、球面の中心を  $(x_r, y_r, z_r)$ 、その半径を  $d$  とすると、 $f(x, y, z) = (x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2 - d^2$  である。

[0092] また、 $g_x(x, y, z)$  を、図15に示されている弧ABの長さとする。なお、図15は、空中受付範囲Rの付近を  $y$  軸に垂直な面で切断した図である。

ここで、弧の長さの式から、弧ABの長さは  $d\theta$  である。ただし、 $\theta$  は斜辺が  $d$ 、対辺が  $x - x_r$  であることから、下記の(8)式が成立する。

[数8]

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{x - x_r}{d} \right) \quad (8)$$

[0093] 言い換えると、下記の(9)式が成立する。

[数9]

$$g_x(x, y, z) = d \sin^{-1} \left( \frac{x - x_r}{d} \right) \quad (9)$$

[0094] 同様に、 $g_y$  も、下記の(10)式が成立する。

[数10]

$$g_y(x, y, z) = d \sin^{-1} \left( \frac{y - y_r}{d} \right) \quad (10)$$

[0095] ここでは、座標  $(x, y, z)$  が空中受付範囲 R 上にあることが仮定されている。従って、より厳密には、 $g_x$  及び  $g_y$  は、 $(x, y, z)$  と球の中心を結んだ線と  $f(x)$  の交点にて  $(x, y, z)$  を置き換え、下記の (11) 式及び (12) 式が成立する。

[数11]

$$g_x(x, y, z) = d \sin^{-1} \left[ \left\{ \frac{xd + x_r \left( \sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2} - d \right)}{\sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2}} - x_r \right\} / d \right] \quad (11)$$

[数12]

$$g_y(x, y, z) = d \sin^{-1} \left[ \left\{ \frac{yd + y_r \left( \sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2} - d \right)}{\sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2}} - y_r \right\} / d \right] \quad (12)$$

[0096] しかしながら、現実的に  $g_x$  及び  $g_y$  が用いられるのは、後述するように、指示入力物体が  $f(x, y, z)$  を横切った瞬間であり、座標  $(x, y, z)$  は、球面に十分近いため、(11) 式及び (12) 式に変えて、(9) 式及び (10) 式が用いられても、大きな違いとはならない。

[0097] 以上のように、空中受付範囲 R 中の座標を定め、その座標領域の制限を  $|g_x(x, y, z)| < x_{max}$ 、 $|g_y(x, y, z)| < y_{max}$ 、 $z > 0$  とすることで、図 14 に示されているような球面の一部である空中受付範囲 R を表現できる。

[0098] さらに簡略化するなら、逆正弦関数は、角度が小さい範囲では  $\sin^{-1} x = x$  と近似できるため、(9) 式及び (10) 式をさらに簡略化し、 $g_x(x, y, z) = x - x_r$ 、 $g_y(x, y, z) = y - y_r$  としてもよい。

[0099] これらの式を踏まえ、実施の形態 2 における空中受付範囲通過判断部 2 1 5 は、三次元操作座標 C と、空中画像投影部 1 1 4 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体の一例である指が空中受付範囲 R を通過したか否かを判断する。そして、空中受付範囲通過判断部 2 1 5 は、その判断結果を示す通過判断結果 P をフィードバック部 1 1 6 に与える。

[0100] ここで、空中受付範囲通過判断部 2 1 5 は、空中受付範囲 R 上の点が、 $f(x, y, z) = 0$  を満たす関数  $f(x, y, z)$  を設定する。これにより、 $f(x, y, z)$  が正から負に、又は、負から正に移る際に、必ず  $f(x, y, z) = 0$  として設定されている空中受付範囲 R を通過することとなる。従って、空中受付範囲通過判断部 2 1 5 は、 $f(x, y, z)$  の値を確認することにより、空中受付範囲を指示入力物体が通過したか否かを判断することができる。

実施の形態 2 では、空中受付範囲 R が、図 1 4 に示されているような、球面の一部である。

[0101] また、空中受付範囲通過判断部 2 1 5 は、平滑化三次元操作座標 S C を用いて、空中受付範囲 R を指示入力物体が通過した座標である通過座標を特定する。

具体的には、空中受付範囲通過判断部 2 1 5 は、平滑化処理部 1 1 3 からの平滑化三次元操作座標 S C により、指示入力物体である指が、空中受付範囲 R のどの座標を通過したかを示す通過座標 C S C を特定する。

[0102] ここで、通過座標 C S C は、三次元操作座標 C から、指示入力物体の一例である指が、その空中受付範囲 R を通過したと判断された時刻 t における平滑化三次元操作座標 S C における x 軸の値と、y 軸の値と、z 軸の値とにより構成される。

[0103] さらに、空中受付範囲通過判断部 2 1 5 は、特定された通過座標 C S C が空中受付範囲 R にある場合に、その空中受付範囲 R を指示入力物体が通過した、言い換えると、その空中受付範囲 R に入力が行われたと判断する。

[0104] 図16は、実施の形態2において、指示入力物体が一つの空中受付範囲Rを通過したかを判断する動作を示すフローチャートである。

[0105] まず、空中受付範囲通過判断部215は、時刻 $t-1$ における関数 $f$ の値である $f(x(t-1), y(t-1), z(t-1))$ が負、かつ、時刻 $t$ における関数 $f$ の値である $f(x(t), y(t), z(t))$ が正又は0であるか否かを判断する(S30)。

[0106] これは、いわゆる、 $f(x(t), y(t), z(t))$ の立ち上がりに該当する。この方法で判定が可能なのは、 $f(x_1, y_1, z_1) < 0$ であるような点 $(x_1, y_1, z_1)$ と、 $f(x_2, y_2, z_2) > 0$ であるような点 $(x_2, y_2, z_2)$ は、面 $f(x, y, z) = 0$ に関して逆側の位置に存在するからである。なお、ここで判定に用いているのは平滑化前の値、すなわち三次元操作座標Cであることが重要なのは、実施の形態1と同様である。

[0107] 次に、空中受付範囲通過判断部215は、平滑化三次元操作座標SC内の時刻 $t$ における $x$ 座標の値を平滑化した値、 $y$ 座標の値を平滑化した値及び $z$ 座標の値を平滑化した値である通過座標CSCが、下記の(13)式及び(14)式を満たすか否かを判断する(S31)。

[数13]

$$\left| g_x(\widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)}) \right| < x_{max} \quad (13)$$

[数14]

$$\left| g_y(\widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)}) \right| < y_{max} \quad (14)$$

[0108] (13)式及び(14)式の両方が満たされる場合(S31でYes)には、処理はステップS32に進み、(13)式及び(14)式の少なくとも何れか一方が満たされない場合(S31でNo)には、処理はステップS33に進む。

[0109] ステップS32では、空中受付範囲通過判断部315は、指示入力物体が対象となる一つの空中受付範囲Rを通過したと判断する。ここで、通過座標のx座標及びy座標は、下記の(15)式のようになる。

[数15]

$$\left( g_x \left( \widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)} \right), g_y \left( \widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)} \right) \right) \quad (15)$$

一方、ステップS33では、空中受付範囲通過判断部315は、指示入力物体が対象となる一つの空中受付範囲Rを通過しなかったと判断する。

[0110] なお、空中受付範囲Rが複数設けられている場合には、以上のフローチャートを、全ての空中受付範囲Rに対して行うことにより、空中受付範囲通過判断部315は、どの空中受付範囲Rを指示入力物体が通過したかを特定することができる。

[0111] 以上に記載された実施の形態2では、空中受付範囲Rが球面の一部であったが、空中受付範囲Rを示す関数 $f(x, y, z)$ を任意の、空中受付範囲座標系 $x, y, z$ を媒介変数とする形状としても、同様に実施できる。

[0112] 例えば、空中受付範囲Rは、図17に示されているように、中心を $(x_c, y_c, z_c)$ とし、 $x, y, z$ 軸方向の長さがそれぞれ $x_l, y_l, z_l$ であるような直方体の形状にする際には、関数 $f$ は、下記の(16)式のようにすればよい。

[数16]

$$f(x, y, z) = \max \left( |x - x_c| - \frac{x_l}{2}, |y - y_c| - \frac{y_l}{2}, |z - z_c| - \frac{z_l}{2} \right) \quad (16)$$

[0113] また、図示は省略するが、空中受付範囲Rが放物面である場合には、関数 $f$ は、下記の(17)式のようにすればよい。

[数17]

$$f(x, y, z) = \frac{(x - x_r)^2}{a^2} + \frac{(y - y_r)^2}{b^2} - (z - z_r)$$

(17)

ここで、 $x_r$ 及び $y_r$ は、定点であり、 $z_r$ は、対応する放物線の定直線を含む底面である。

[0114] このように、 $f(x, y, z)$ は、双曲面等の多項式であってもよく、三角多項式等で表される形状であってもよく、可微分性も不問であるため、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 又はそれらを組み合わせた多項式の値を媒介変数とするテーブルのような形であってもよく、二つ又はそれ以上の平面の組み合わせ、いわゆるポリゴンであってもよい。なお、前述の直方体は、ポリゴンの一例である。

[0115] また、実施の形態1は、実施の形態2に含まれる特別な場合である。すなわち、実施の形態1は、実施の形態2において、 $f(x, y, z) = -z$ のように、 $x$ 、 $y$ の項がなく、 $z$ の1次の項のみで示される形状であり、 $g_x(x, y, z) = x + C_2$ 、 $g_y(x, y, z) = y + C_3$  ( $C_2$ 、 $C_3$ は定数)のように、 $g_x$ は $y$ 、 $z$ の項がなく、 $x$ の1次の項のみで示される形状、 $g_y$ は $z$ 、 $x$ の項がなく、 $y$ の1次の項のみで示される形状である。

[0116] 実施の形態3.

図1に示されているように、実施の形態3に係る非接触入力装置300も、実施の形態1に係る非接触入力装置100と同様に、筐体101の内部に搭載された機構により、空中に空中画像102を投影する。

そして、非接触入力装置300は、空中画像102に含まれているボタン103a、103b、103cへの操作を、画像撮像機104を用いて検出し、操作が行われたことをスピーカ105で通知する。

[0117] 図2に示されているように、実施の形態3における非接触入力装置300は、三次元座標取得部110と、平滑化处理部113と、空中画像投影部114と、空中受付範囲通過判断部315と、フィードバック部116と、出力部117とを備える。

[0118] 実施の形態3における非接触入力装置300の三次元座標取得部110、平滑化处理部113、空中画像投影部114、フィードバック部116及び出力部117は、実施の形態1における非接触入力装置100の三次元座標

取得部 110、平滑化処理部 113、空中画像投影部 114、フィードバック部 116 及び出力部 117 と同様である。

[0119] 実施の形態 3 における空中受付範囲通過判断部 315 は、三次元操作座標検出部 112 から三次元操作座標 C を、空中画像投影部 114 から空中受付範囲 R を、平滑化処理部 113 から平滑化三次元操作座標 SC をそれぞれ受け取り、フィードバック部 116 に通過判断結果 P を与え、通過座標 CSC を特定する。

[0120] 空中受付範囲通過判断部 315 は、実施の形態 1 と同様に、三次元操作座標 C と、空中画像投影部 114 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体の一例である指が空中受付範囲 R を通過したか否かを判断する。そして、空中受付範囲通過判断部 315 は、その判断結果を示す通過判断結果 P をフィードバック部 116 に与える。

[0121] 実施の形態 3 における空中受付範囲通過判断部 315 は、平滑化処理部 113 からの平滑化三次元操作座標 SC により、指示入力物体である指が空中受付範囲 R のどの座標を通過したかを示す通過座標 CSC を特定する。ここで、通過座標 CSC は、三次元操作座標 C と、空中画像投影部 114 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体の一例である指が空中受付範囲 R を通過したと判断された時刻  $t$  から予め定められた遅延時間  $D$  遅れた時刻  $t + D$  において、上記の (3) 式で求められる  $x$  軸の値と、 $y$  軸の値とを、その時刻  $t$  における通過座標 CSC として特定する。

[0122] さらに、空中受付範囲通過判断部 315 は、複数の空中受付範囲 R が設定されている場合に、特定された通過座標 CSC と、空中画像投影部 114 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体である指が複数の空中受付範囲 R 内のどの空中受付範囲 R を通過したかを判断する。

[0123] 言い換えると、実施の形態 3 では、空中受付範囲通過判断部 315 は、三軸の内、空中受付範囲 R に交差する方向に延びる第一の軸の値を、三次元操作座標 C から特定し、その特定された値を用いて、空中受付範囲 R を指示入

力物体が通過した時刻を特定する。空中受付範囲通過判断部 215 は、その三軸から第一の軸を除いた第二の軸及び第三の軸の、その特定された時刻よりも遅い時刻である遅延時刻における値を通過座標  $CSC$  として平滑化三次元操作座標  $SC$  から特定する。そして、空中受付範囲通過判断部 215 は、通過座標  $CSC$  が空中受付範囲  $R$  内にある場合に、その空中受付範囲  $R$  に入力が行われたと判断する。

[0124] ここで、遅延時刻は、平滑化処理部 113 が平滑化三次元操作座標を算出するための時間である遅延時間以下の時間を、その特定された時刻に加えた時刻であればよい。

例えば、平滑化処理部 113 が線形位相フィルタを用いて平滑化を行う場合には、遅延時間として、その線形位相フィルタの群遅延の値が用いられればよい。

[0125] なお、実施の形態 3 でも、フィードバック部 116 は、実施の形態 1 と同様に、通過判断結果  $P$  が真になった時刻に出力される。これにより、ユーザは、早期に操作への対応を受け取ることができるようになる。

[0126] 次に、実施の形態 3 における空中受付範囲通過判断部 315 の動作を、図 18 を用いて説明する。

[0127] 図 18 (A) ~ (C) は、空中受付範囲通過判断部 315 の動作を詳細に説明するためのグラフである。

図 18 (A) ~ (C) のグラフは、図 8 (A) ~ (C) のグラフと同様である。

ここで、遅延時間  $D$  は、3 フレーム分の時間に対応する「3」とする。

[0128] 図 18 (C) に示されているように、時刻  $t = 15$  において、三次元操作座標  $C$  における  $z$  軸の値である  $z(t)$  が立ち下がるため、この瞬間に通過判断結果  $P$  が真となる。しかし、遅延時間  $D$  が「3」であるため、空中受付範囲通過判断部 315 は、この瞬間には、通過座標  $CSC$  を特定しない。

[0129] そして、時刻  $t = 15$  に遅延時間  $D = 3$  を加えた時刻  $t = 18$  において、空中受付範囲通過判断部 315 は、時刻  $t = 18$  における平滑化三次元操作

座標  $S C$  の  $x$  軸の値  $V_x$  及び  $y$  軸の値  $V_y$  を、時刻  $t = 15$  における通過座標  $C S C$  として特定する。

[0130] 遅延時間  $D$  は、7 タップの移動平均フィルタの群遅延をキャンセルする観点から「3」としている。このため、図 18 (A) 及び (C) に示されているように、時刻  $t = 15$  における通過座標  $C S C$  の値 ( $V_x, V_y$ ) は、時刻  $t = 15$  における真の値 ( $R_x, R_y$ ) に近くなる。

[0131] 従って、実施の形態 3 は、通過座標  $C S C$  の値として、より真の値に近い値を利用したい場合に有効である。一方、ユーザへのフィードバックは、受付の瞬間、すなわち時刻  $t = 15$  で行われているため、ユーザにとっては、反応性は良好と感じられる。但し、通過座標  $C S C$  が特定されるのは、遅延時間  $D$  を加味した時刻であるため、通過座標  $C S C$  を用いた処理が必要な場合は、実際の処理時間は短縮されない。

[0132] なお、この際に、ユーザへのフィードバックの継続時間を遅延時間  $D$  以上に設定しておくこと、ユーザにとって、フィードバックが誤りだと感じにくくなるため、より望ましくなる。ユーザへのフィードバックが完了する前に、通過座標  $C S C$  が特定され、実質的な処理を開始することができるからである。

[0133] また、ここでは平滑化フィルタとして移動平均フィルタが用いられているが、例えば、 $I I R$  フィルタのような非線形位相特性をもつ平滑化手法が用いられる場合には、周波数成分毎に遅延時間が違うため、遅延時間  $D$  の決定が難しい。

[0134] 例えば、図 19 (A) 及び (B) は、2 段カスケード型  $I I R$  フィルタの構成を示す概略図である。

また、図 20 は、図 19 (A) 及び (B) に示されている 2 段カスケード型  $I I R$  フィルタの群遅延特性を示すグラフである。

ここでは、図 20 は、画像撮像機 104 のフレームレートが 30 フレーム毎秒の場合である。

[0135] このように、群遅延は周波数により変動するが、最大でも 10 サンプル以

下である。この場合、遅延時間Dは、群遅延特性の最小値以上、かつ、最大値以下、ここでは、0サンプル以上、かつ、10サンプル以下の値とするのが妥当である。例えば、直流成分の群遅延から、遅延時間Dは、7サンプルに対応する時間に設定するのが一つの考え方である。

なお、三次元操作座標Cのサンプリングレートに由来するため、30Hzになる。

[0136] しかし、遅延時間Dを減らすことにより、通過座標CSCを用いた処理が必要な場合の本質的な処理時間を減らすことにもつながるため、遅延時間Dは、「7」より小さい値とすることにもメリットがある。

[0137] さらに、この知見を踏まえるなら、移動平均フィルタ、又は、窓関数法で設計したFIRフィルタのような、線形位相特性のフィルタが用いられている場合も、遅延時間Dを平坦な群遅延よりも小さい値とすることにもメリットがある。例えば、7タップの移動平均フィルタの場合、群遅延である3サンプルより小さい「2」又は「1」とすることもメリットがある。これは、本質的な処理時間と、通過座標CSCの正確性の双方のバランスをとる必要がある場合に有効である。

なお、遅延時間Dが「0」のとき、実施の形態3の動作は実施の形態1と一致する。

[0138] 実施の形態4.

図1に示されているように、実施の形態4に係る非接触入力装置400も、実施の形態1に係る非接触入力装置100と同様に、筐体101の内部に搭載された機構により、空中に空中画像102を投影する。

そして、非接触入力装置400は、空中画像102に含まれているボタン103a、103b、103cへの操作を、画像撮像機104を用いて検出し、操作が行われたことをスピーカ105で通知する。

[0139] 図21は、実施の形態4における非接触入力装置400の構成を概略的に示すブロック図である。

実施の形態4における非接触入力装置400は、三次元座標取得部110

と、平滑化処理部 113 と、空中画像投影部 114 と、空中受付範囲通過判断部 415 と、フィードバック部 116 と、出力部 117 と、低遅延平滑化処理部 418 とを備える。

[0140] 実施の形態 4 における非接触入力装置 400 の三次元座標取得部 110、平滑化処理部 113、空中画像投影部 114、フィードバック部 116 及び出力部 117 は、実施の形態 1 における非接触入力装置 100 の三次元座標取得部 110、平滑化処理部 113、空中画像投影部 114、フィードバック部 116 及び出力部 117 と同様である。

[0141] 低遅延平滑化処理部 418 は、三次元操作座標検出部 112 から三次元操作座標 C を受け取り、平滑化処理部 113 より低遅延の平滑化処理により、三次元操作座標 C を時間方向に平滑化し、その結果を低遅延平滑化三次元操作座標 LSC として空中受付範囲通過判断部 415 に与える。

言い換えると、低遅延平滑化処理部 418 は、平滑化処理部 113 が平滑化三次元操作座標 SC を算出するための時間よりも短い遅延時間で、複数の三次元操作座標 C に含まれる、予め定められた二以上の数である第二の数の三次元操作座標を用いて平滑化を行うことで、低遅延平滑化三次元操作座標 LSC を算出する。

[0142] 平滑化処理部 113 が、上記のように、7 タップの移動平均フィルタにて平滑化を施している場合、例えば、低遅延平滑化処理部 418 は、下記の (18) 式のように、3 タップの移動平均フィルタにて平滑化を施すことで、低遅延平滑化三次元操作座標 LSC を算出する。

[数18]

$$\begin{pmatrix} \check{x}(t) \\ \check{y}(t) \\ \check{z}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \sum_{k=0}^2 x(t-k) \\ \frac{1}{3} \sum_{k=0}^2 y(t-k) \\ \frac{1}{3} \sum_{k=0}^2 z(t-k) \end{pmatrix}$$

(18)

[0143] 実施の形態 4 における空中受付範囲通過判断部 415 は、低遅延平滑化処理部 418 から低遅延平滑化三次元操作座標 LSC を、空中画像投影部 11

4 から空中受付範囲 R を、平滑化処理部 1 1 3 から平滑化三次元操作座標 S C をそれぞれ受け取り、フィードバック部 1 1 6 に通過判断結果 P を与え、通過座標 C S C を特定する。

[0144] 空中受付範囲通過判断部 4 1 5 は、低遅延平滑化三次元操作座標 L S C と、空中画像投影部 1 1 4 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体の一例である指が空中受付範囲 R を通過したか否かを判断する。そして、空中受付範囲通過判断部 4 1 5 は、その判断結果を示す通過判断結果 P をフィードバック部 1 1 6 に与える。

[0145] 例えば、空中受付範囲通過判断部 4 1 5 は、実施の形態 1 と同様に、平滑化処理部 1 1 3 からの平滑化三次元操作座標 S C により、指示入力物体である指が空中受付範囲 R 内のどの座標を通過したかを示す通過座標 C S C を特定する。ここで、通過座標 C S C は、三次元操作座標 C と、空中画像投影部 1 1 4 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体の一例である指が空中受付範囲 R を通過したと判断された時刻 t において、上記の (3) 式で求められる x 軸の値と y 軸の値とにより構成される。

[0146] さらに、空中受付範囲通過判断部 4 1 5 は、実施の形態 1 と同様に、複数の空中受付範囲 R が設定されている場合には、特定された通過座標 C S C と、空中画像投影部 1 1 4 からの空中受付範囲情報で示される空中受付範囲 R とから、指示入力物体である指が複数の空中受付範囲 R 内のどの空中受付範囲 R を通過したかを判断する。

[0147] 言い換えると、実施の形態 4 では、空中受付範囲通過判断部 4 1 5 は、三軸の内、空中受付範囲 R に交差する方向に延びる第一の軸の値を、低遅延平滑化三次元操作座標 L S C から特定し、その特定された値を用いて、空中受付範囲 R を指示入力物体が通過した時刻を特定する。空中受付範囲通過判断部 4 1 5 は、その三軸から第一の軸を除いた第二の軸及び第三の軸の、その特定された時刻における値を通過座標 C S C として平滑化三次元操作座標 S C から特定する。そして、空中受付範囲通過判断部 4 1 5 は、通過座標 C S C が空中受付範囲 R 内にある場合には、その空中受付範囲 R に入力が行われ

たと判断する。

[0148] ここで、低遅延平滑化処理部418は、3タップの移動平均フィルタ以外の方法にて平滑化することも可能である。例えば、窓関数法等によるFIRフィルタ又はIIRフィルタ等を用いることが考えられる。

[0149] 以上に記載された三次元操作座標検出部112、平滑化処理部113、空中受付範囲通過判断部415、フィードバック部116及び低遅延平滑化処理部418の一部又は全部は、例えば、図6(A)に示されているように、メモリ10と、メモリ10に格納されているプログラムを実行するプロセッサ11とにより構成することができる。このようなプログラムは、ネットワークを通じて提供されてもよく、また、記録媒体に記録されて提供されてもよい。即ち、このようなプログラムは、例えば、プログラムプロダクトとして提供されてもよい。

[0150] また、三次元操作座標検出部112、平滑化処理部113、空中受付範囲通過判断部415、フィードバック部116及び低遅延平滑化処理部418の一部又は全部は、例えば、図6(B)に示されているように、処理回路12で構成することもできる。

以上のように、三次元操作座標検出部112、平滑化処理部113、空中受付範囲通過判断部415、フィードバック部116及び低遅延平滑化処理部418は、処理回路網により実現することができる。

[0151] 次に、実施の形態4に係る空中受付範囲通過判断部415の動作を説明する。

図22は、実施の形態4において、指示入力物体が一つの空中受付範囲Rを通過したかを判断する動作を示すフローチャートである。

ここでは、空中受付範囲Rが、図5に示されているように、 $(|x| < x_{max}, |y| < y_{max}, z = 0)$ であるものとする。

また、図22に示されているフローチャートのステップの内、図7に示されているフローチャートのステップと同じ処理を行うステップについては、図7と同じ符号を付す。

[0152] まず、空中受付範囲通過判断部415は、低遅延平滑化三次元操作座標LSCの内の時刻 $t-1$ における $z$ 座標の値が正又は0、かつ、低遅延平滑化三次元操作座標LSCの内の時刻 $t$ における $z$ 座標の値が負であるか否かを判断する(S40)。ステップS40の条件が満たされる場合(S40でYes)には、処理はステップS11に進み、ステップS40の条件が満たされない場合(S40でNo)には、処理はステップS13に進む。

なお、図22のステップS11～S13の処理については、図7のステップS11～S13の処理と同様である。

[0153] 実施の形態1では、平滑化が行われていない三次元操作座標Cの $z$ 軸の値を用いて、その立ち下がりが判断されたが、実施の形態4では、あまり遅延時間が長くない低遅延平滑化三次元操作座標LSCの $z$ 軸の値を用いて、その立ち下がりが判断される。

[0154] 以上の動作を詳細に示したのが図23(A)～(C)である。

図23(A)～(C)は、空中受付範囲通過判断部415の動作を説明するためのグラフである。

[0155] 図23(A)は、空中受付範囲座標系における、実際の指の動きの $x$ 軸の値と、三次元操作座標Cの $x$ 軸の値と、平滑化三次元操作座標SCの $x$ 軸の値との時系列を示すグラフである。図23(A)の横軸は時刻を示し、その縦軸は $x$ 軸の値を示す。

[0156] 図23(B)は、空中受付範囲座標系における、実際の指の動きの $y$ 軸の値と、三次元操作座標Cの $y$ 軸の値と、平滑化三次元操作座標SCの $y$ 軸の値との時系列を示すグラフである。図23(B)の横軸は時刻を示し、その縦軸は $y$ 軸の値を示す。

[0157] 図23(C)は、空中受付範囲座標系における、実際の指の動きの $z$ 軸の値と、三次元操作座標Cの $z$ 軸の値と、低遅延平滑化三次元操作座標LSCの $z$ 軸の値との時系列を示すグラフである。図23(C)の横軸は時刻を示し、その縦軸は $z$ 軸の値を示す。

[0158] 図23(A)～(C)に示されているグラフにおいて、実線は、実際の指

の座標としての真の値であり、破線は、計測される三次元操作座標Cの値である。

図23(A)及び(B)では、二重線は、三次元操作座標Cの値を平滑化した平滑化三次元操作座標SCの値である。一方、図23(C)では、二重線は、三次元操作座標Cの値を低遅延で平滑化した低遅延平滑化三次元操作座標LSCの値である。

[0159] 図23(C)に示されているように、低遅延平滑化三次元操作座標LSCにおけるz軸の値が正から負に立ち下がる時刻は $t = 16$ であり、三次元操作座標Cのz軸の値と比べて、1フレーム分遅延しているが、平滑化三次元操作座標SCのz軸の値が、三次元操作座標Cのz軸の値よりも3フレーム分遅延しているのに比べれば、この遅延は小さい。このため、実施の形態3でも、比較的速やかに通過判断結果Pを出力することができ、ユーザへのフィードバックも比較的速やかに出力することができる。

[0160] さらに、空中受付範囲中通過座標は、平滑化三次元操作座標SCのx軸の値及びy軸の値を用いることができるため、より強い平滑化が施された値を用いることができる。平滑化三次元操作座標SCには、比較的大きな遅延があるため、過去の時刻の指示入力物体の座標を出力してしまう問題がある。しかしながら、実施の形態1と同様に、現実的に、非接触入力装置400のユーザが空中のボタン103を操作する際は、ボタン103に垂直の向きに指を動かす傾向がある。このため、この方向に指を動かす際には、平滑化三次元操作座標SCのx軸の値及びy軸の値は、ほぼ一定となるため、この遅延の大きさが問題になる可能性は低いと考えられる。

[0161] 以上のように、実施の形態1~4によれば、指示入力物体が通過する座標の検出に、平滑化を行った平滑化三次元操作座標SCが用いられるため、操作入力手段の検出時における時変のノイズによる振動を除去することができる。

[0162] しかし、空中の指示入力物体の検出は、一般的にサンプリングレートが低く平滑化アルゴリズムの遅延が相対的に大きくなる。具体例を挙げると、指

示入力物体の位置の検出にフレームレート30フレーム/秒の三次元カメラを用い、平滑化に7タップの移動平均フィルタを用いると、その遅延は100ミリ秒となる。結果、システムの応答速度が遅くなり、またユーザにとっての操作感が悪化する。

そこで、実施の形態1～4では、指示入力物体が、操作を受け付ける範囲を含む平面を通過したか否かを判断する際には、平滑化が行われていない値又は低遅延の平滑化が行われた値を用いることにより、システムの応答性と、検出位置の精度とを両立することができる。

[0163] なお、以上に記載された実施の形態1～4では、空中受付範囲通過判断部115～415は、三次元操作座標C又は低遅延平滑化三次元操作座標LSCのz軸の値に基づいて、通過判断結果Pをフィードバック部116に与えているが、実施の形態1～4は、このような例に限定されない。例えば、空中受付範囲通過判断部115～415は、通過座標CSCが対応範囲内にある場合に、通過判断結果Pをフィードバック部116に与えてもよい。また、空中受付範囲通過判断部115～415は、三次元操作座標C又は低遅延平滑化三次元操作座標LSCのz軸の値が立ち下がった時刻において、三次元操作座標C又は低遅延平滑化三次元操作座標LSCのx軸の値及びy軸の値が対応範囲内にある場合に、通過判断結果Pをフィードバック部116に与えてもよい。

[0164] 以上に記載された実施の形態3及び4では、説明の簡素化のため空中受付範囲Rを平面としたが、実施の形態2と同じように、空中受付範囲Rが、球面、放物面、双曲面等の多項式又は三角多項式等で表される形状の一部であってもよく、可微分性も不問であるため、x、y、z又はそれらを組み合わせた多項式の値を媒介変数とするテーブルのような形であってもよく、二つ又はそれ以上の平面の組み合わせ（例えば直方体又は多面体）、いわゆるポリゴンであってもよいことも、実施の形態2と同様である。

[0165] 例えば、実施の形態4では、空中受付範囲通過判断部415は、低遅延平滑化三次元操作座標LSCを入力とする関数の出力が、空中受付範囲Rにお

いて予め定められた値となるように予め定められた関数を用いて、空中受付範囲Rを指示入力物体が通過したか否かを判断する。ここでは、空中受付範囲通過判断部415は、複数の低遅延平滑化三次元操作座標LSCを、順次、その関数に入力し、その関数の出力がその値よりも大きくなった場合又は小さくなった場合に、空中受付範囲Rを指示入力物体が通過したか否かを判断する。

### 符号の説明

[0166] 100, 200, 300, 400 非接触入力装置、 101 筐体、  
102 空中画像、 103 ボタン、 104 画像撮像機、 105  
スピーカ、 110 三次元座標取得部、 111 三次元画像撮像部、  
112 三次元操作座標検出部、 113 平滑化处理部、 114 空中  
画像投影部、 115, 215, 315, 415 空中受付範囲通過判断部  
、 116 フィードバック部、 117 出力部、 418 低遅延平滑  
化处理部。

## 請求の範囲

- [請求項1] 指示を入力する物体である指示入力物体の、予め定められた空間における三軸の座標である三次元操作座標を順次検出することで、複数の三次元操作座標を検出する三次元操作座標検出部と、
- 前記複数の三次元操作座標に含まれる、予め定められた二以上の数である第一の数の三次元操作座標を用いて平滑化を行うことで、平滑化三次元操作座標を算出する平滑化処理部と、
- 前記平滑化三次元操作座標を用いて、前記空間において予め定められた範囲である空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した座標である通過座標を特定する通過判断部と、を備えること
- を特徴とする非接触入力装置。
- [請求項2] 前記通過判断部は、前記複数の三次元操作座標を用いて、前記空間において予め定められた範囲である空中受付範囲を前記指示入力物体が通過したか否かを判断すること
- を特徴とする請求項1に記載の非接触入力装置。
- [請求項3] 前記通過判断部は、前記三次元操作座標を入力とする関数の出力が、前記空中受付範囲において予め定められた値となるように予め定められた前記関数を用いて、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過したか否かを判断すること
- を特徴とする請求項2に記載の非接触入力装置。
- [請求項4] 前記通過判断部は、前記複数の三次元操作座標を、順次、前記関数に入力し、前記関数の出力が前記値よりも大きくなった場合又は小さくなった場合に、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過したか否かを判断すること
- を特徴とする請求項3に記載の非接触入力装置。
- [請求項5] 前記平滑化処理部が前記平滑化三次元操作座標を算出するための時間よりも短い遅延時間で、前記複数の三次元操作座標に含まれる、予め定められた二以上の数である第二の数の三次元操作座標を用いて平

滑化を行うことで、低遅延平滑化三次元操作座標を算出する低遅延平滑化処理部をさらに備え、

前記通過判断部は、前記低遅延平滑化三次元操作座標を用いて、前記空間において予め定められた範囲である空中受付範囲を前記指示入力物体が通過したか否かを判断すること

を特徴とする請求項 1 に記載の非接触入力装置。

[請求項6]

前記通過判断部は、前記低遅延平滑化三次元操作座標を入力とする関数の出力が、前記空中受付範囲において予め定められた値となるように予め定められた前記関数を用いて、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過したか否かを判断すること

を特徴とする請求項 5 に記載の非接触入力装置。

[請求項7]

前記通過判断部は、複数の前記低遅延平滑化三次元操作座標を、順次、前記関数に入力し、前記関数の出力が前記値よりも大きくなった場合又は小さくなった場合に、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過したか否かを判断すること

を特徴とする請求項 6 に記載の非接触入力装置。

[請求項8]

前記通過判断部は、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した場合には、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した時刻を特定し、前記特定された時刻における前記平滑化三次元操作座標を前記通過座標として特定し、前記通過座標が前記空中受付範囲内にある場合に、前記空中受付範囲への入力が行われたと判断すること

を特徴とする請求項 2 から 7 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

[請求項9]

前記通過判断部は、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した場合には、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した時刻を特定し、前記特定された時刻よりも遅い時刻である遅延時刻における前記平滑化三次元操作座標を前記通過座標として特定し、前記通過座標が前記空中受付範囲にある場合に、前記空中受付範囲への入力が行

われたと判断すること

を特徴とする請求項 2 から 7 の何れか一項に記載の非接触入力装置

。

[請求項10] 前記遅延時刻は、前記平滑化処理部が前記平滑化三次元操作座標を算出するための時間である遅延時間以下の時間を前記特定された時刻に加えた時刻であること

を特徴とする請求項 9 に記載の非接触入力装置。

[請求項11] 前記平滑化処理部は、線形位相フィルタを用いて前記平滑化を行い

、

前記遅延時間は、前記線形位相フィルタの群遅延の値であること

を特徴とする請求項 10 に記載の非接触入力装置。

[請求項12] 前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した際に、前記非接触入力装置の外部に出力を行う出力部をさらに備えること

を特徴とする請求項 2 から 11 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

[請求項13] 前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した際に、前記非接触入力装置の外部に出力を行う出力部をさらに備え、

前記出力部は、前記出力を、少なくとも前記遅延時刻まで継続すること

を特徴とする請求項 9 から 11 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

[請求項14] 前記出力が音であること

を特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の非接触入力装置。

[請求項15] 前記出力が触感を与える超音波であること

を特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の非接触入力装置。

[請求項16] 前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過したことを検出する閾値と、前記空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した後に、前記指示入力物体が前記空中受付範囲を通過する前の側に戻ったことを検出

する閾値とが異なっていること

を特徴とする請求項 2 から 15 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

[請求項17] 前記空間に、前記空中受付範囲に対応付けられている部分を有する空中画像を投影する空中画像投影部をさらに備えること

を特徴とする請求項 2 から 16 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

[請求項18] 前記空中受付範囲が含まれるように、前記空間の三次元画像を出力する三次元画像撮像部をさらに備え、

前記三次元操作座標検出部は、前記三次元画像から前記複数の三次元操作座標を検出すること

を特徴とする請求項 2 から 17 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

[請求項19] 前記指示入力物体が指であること

を特徴とする請求項 1 から 18 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

[請求項20] 前記指示入力物体が突起物であること

を特徴とする請求項 1 から 18 の何れか一項に記載の非接触入力装置。

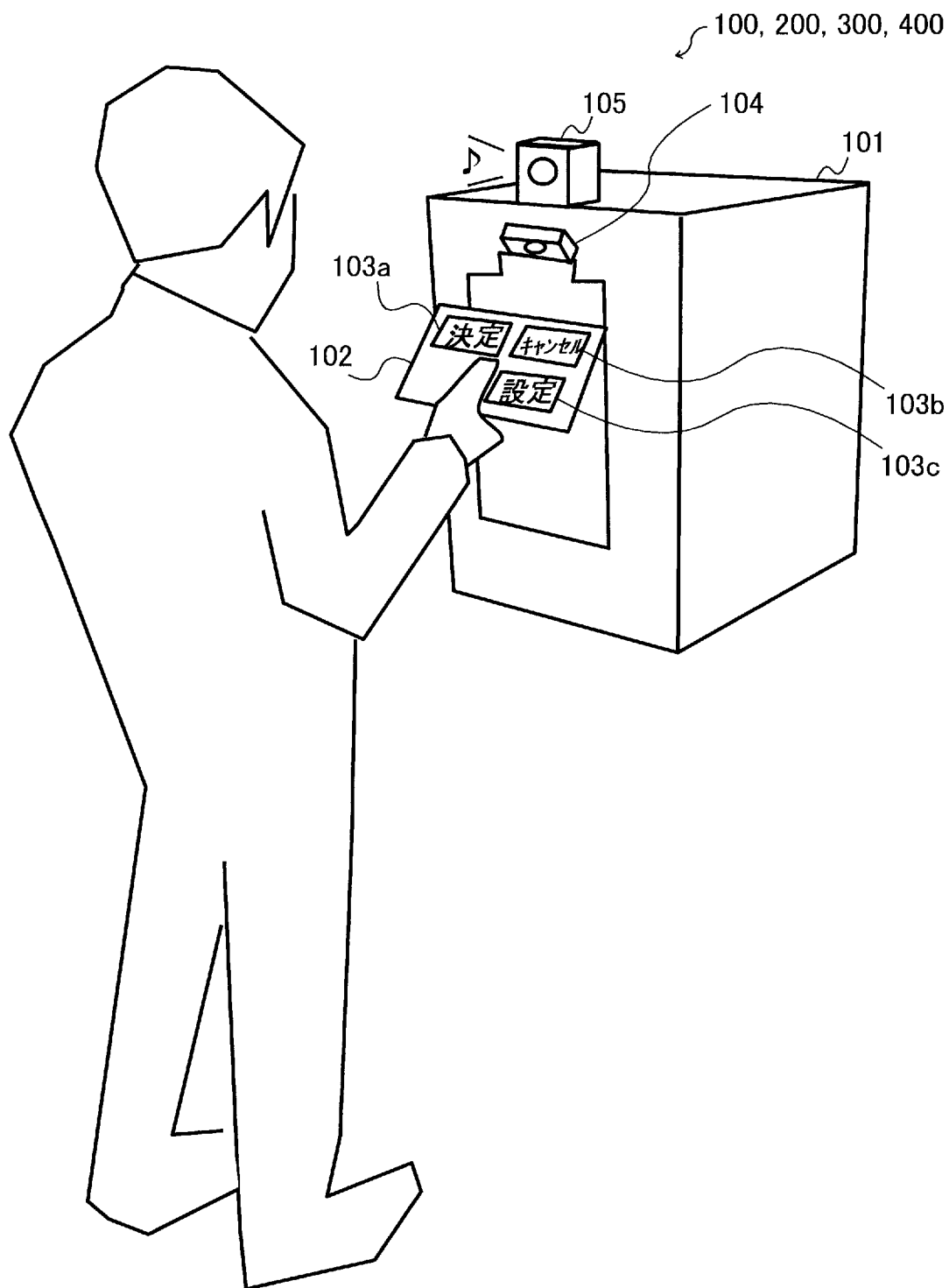
[請求項21] 指示を入力する物体である指示入力物体の、予め定められた空間における三軸の座標である三次元操作座標を順次検出することで、複数の三次元操作座標を検出し、

前記複数の三次元操作座標に含まれる、予め定められた二以上の数である第一の数の三次元操作座標を用いて平滑化を行うことで、平滑化三次元操作座標を算出し、

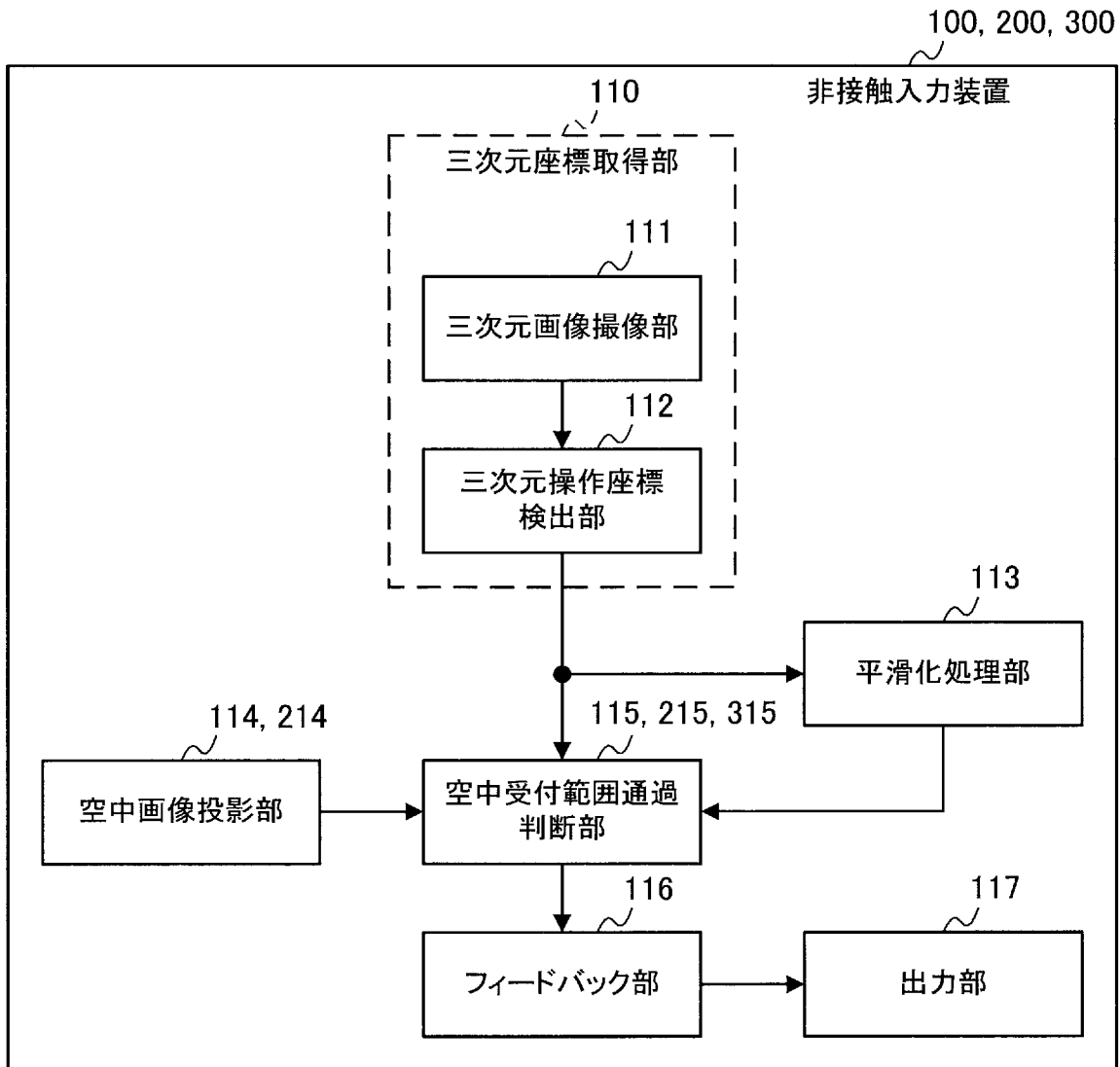
前記平滑化三次元操作座標を用いて、前記空間において予め定められた範囲である空中受付範囲を前記指示入力物体が通過した座標である通過座標を特定すること

を特徴とする非接触入力方法。

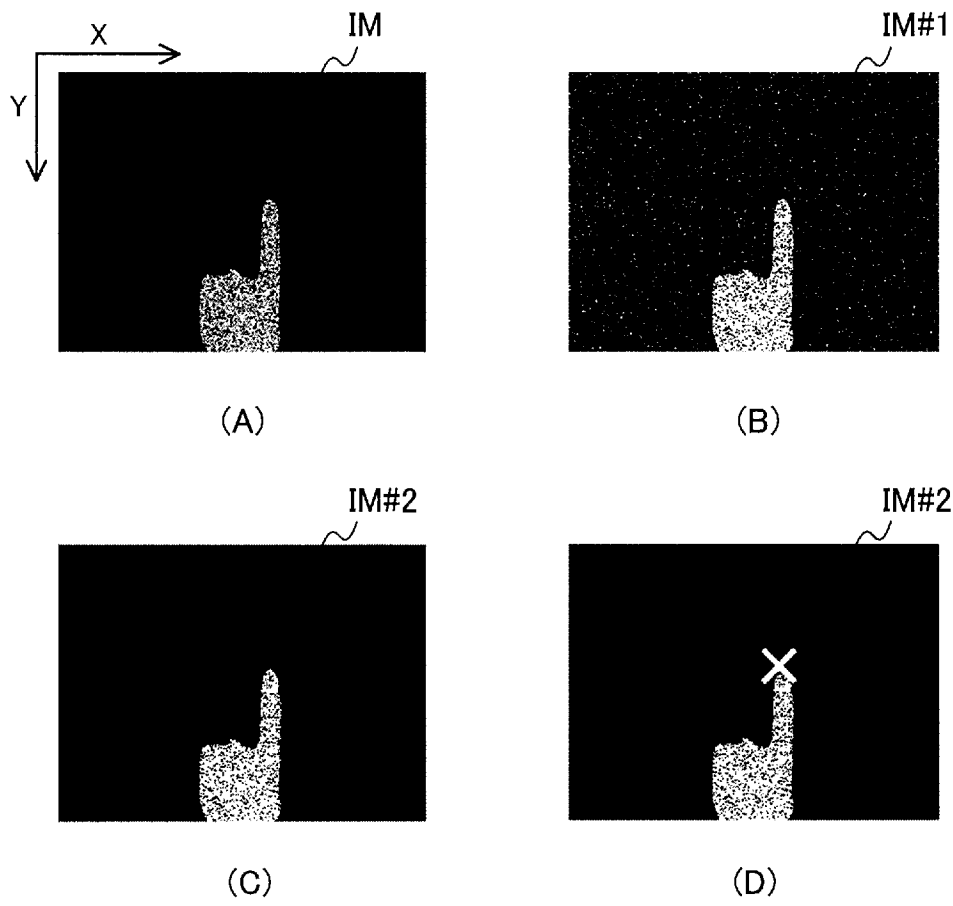
[図1]



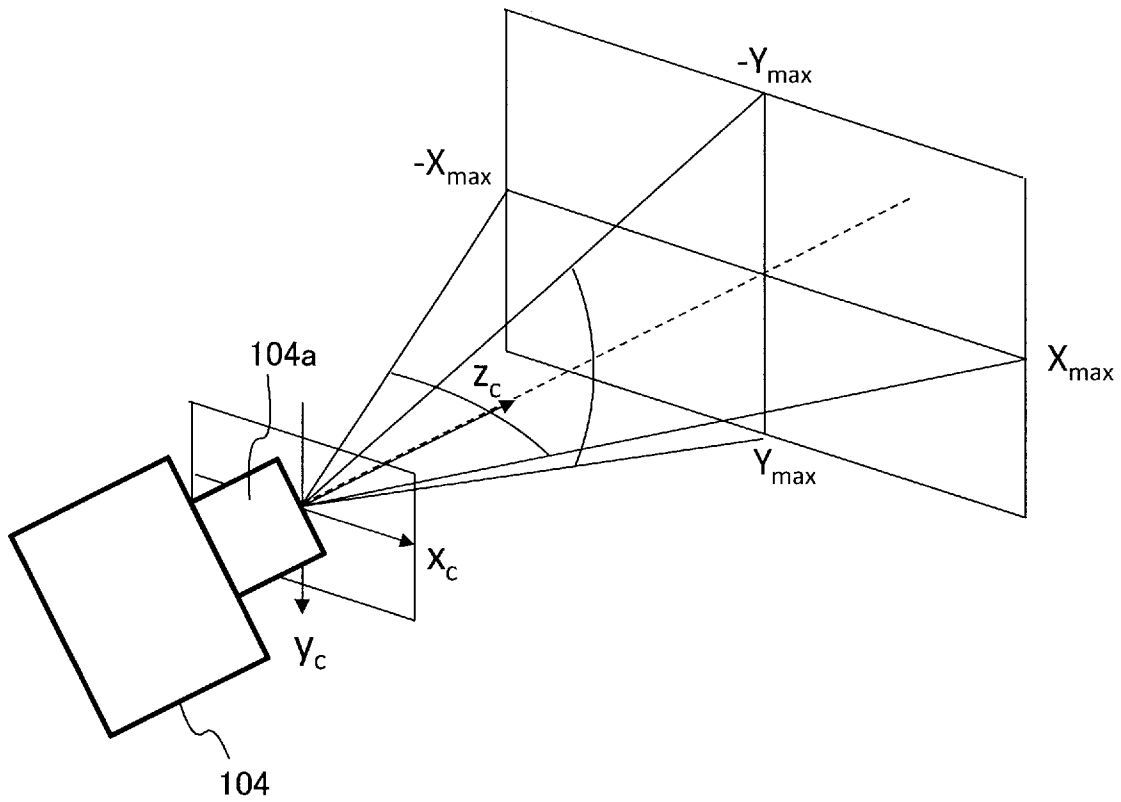
[図2]



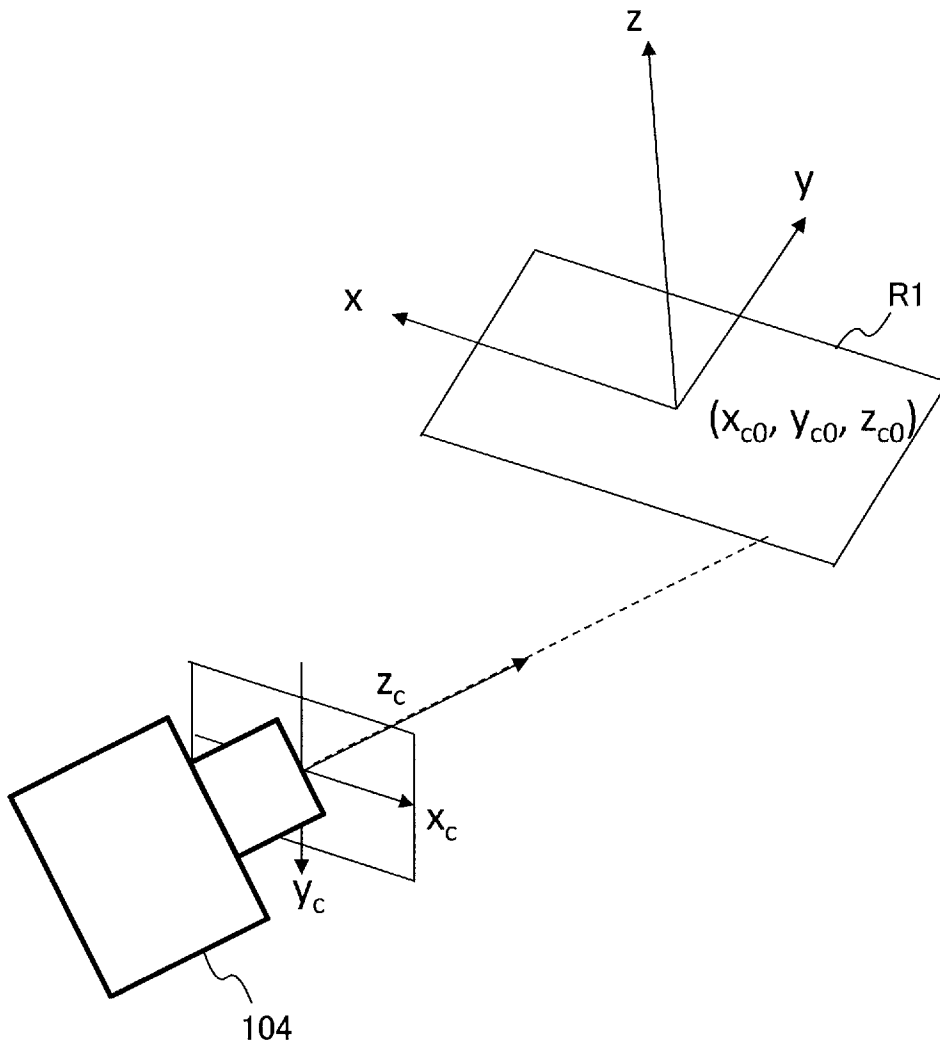
[図3]



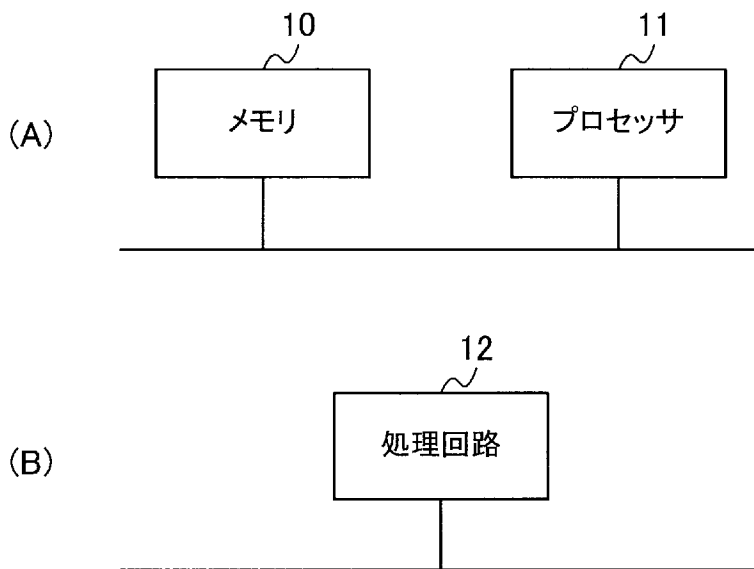
[図4]



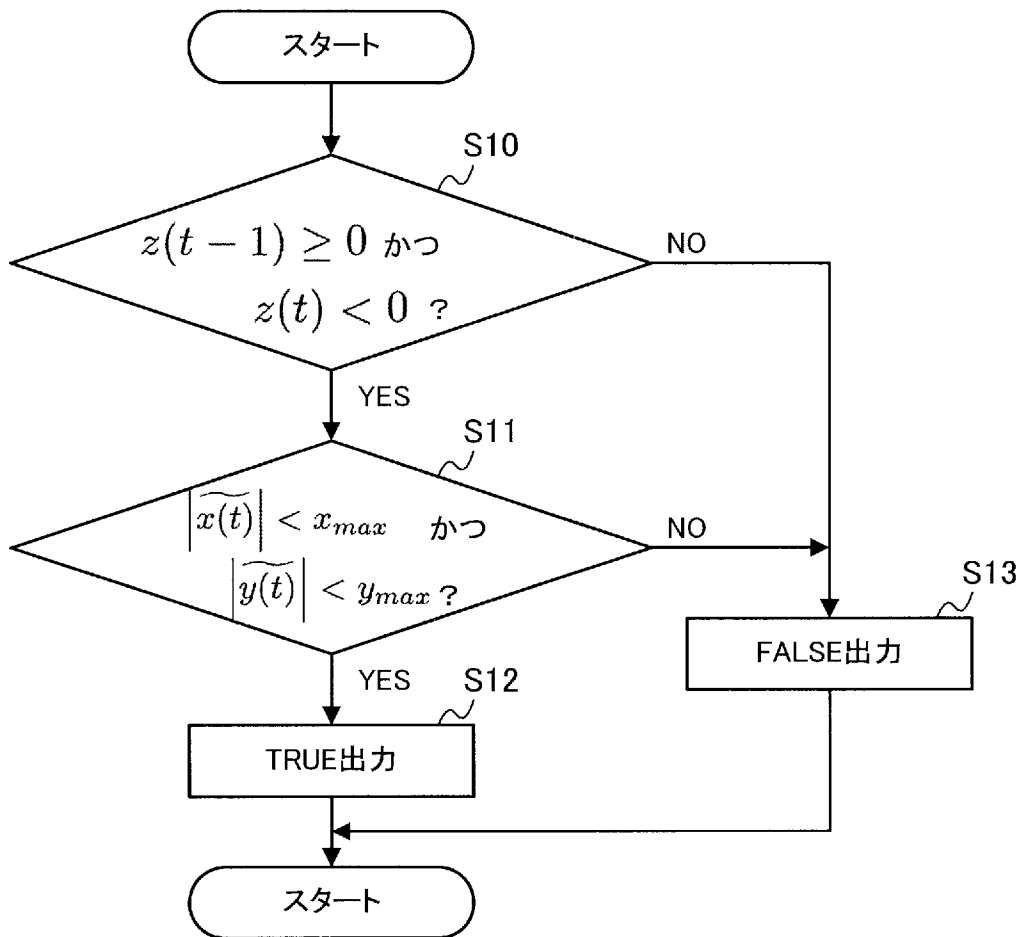
[図5]



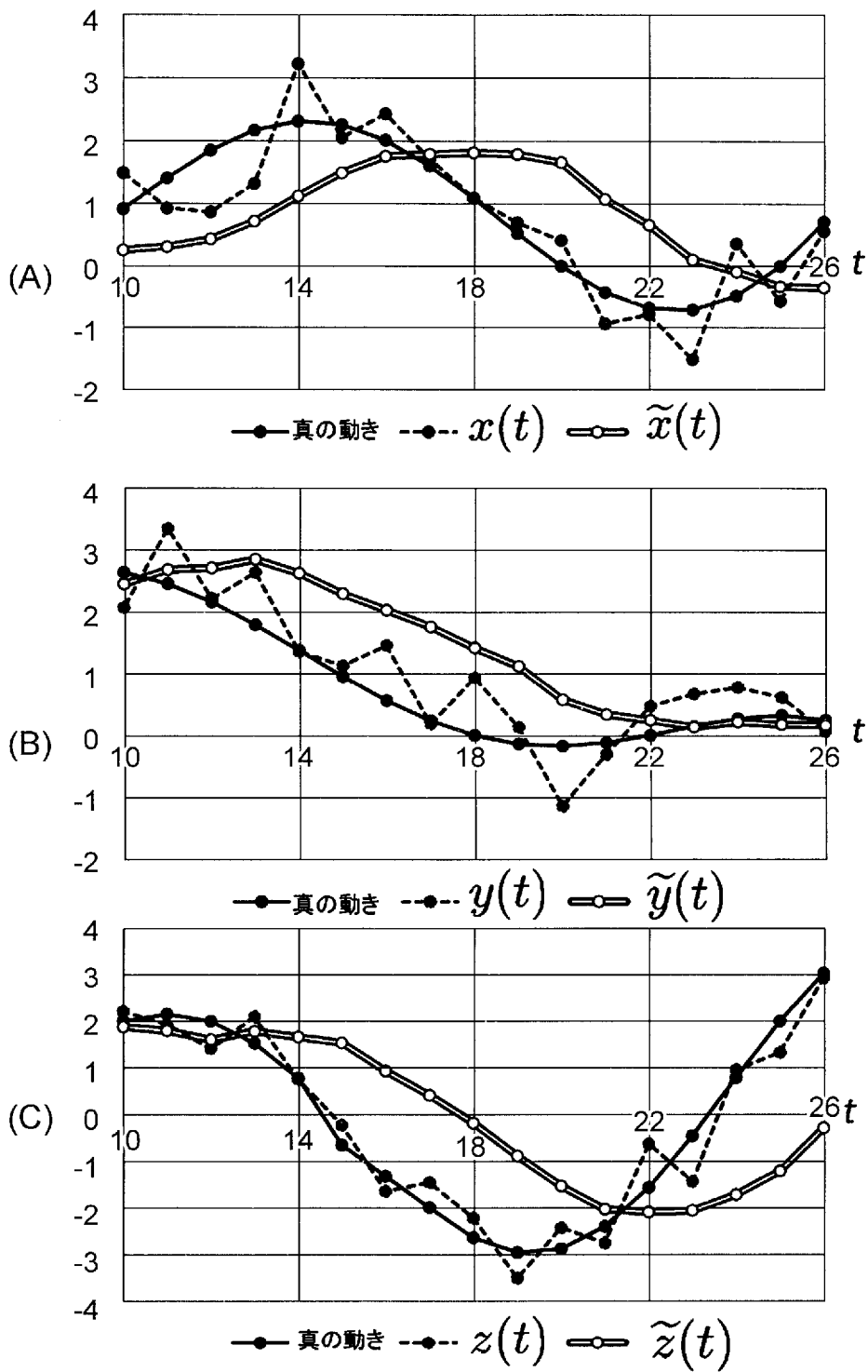
[図6]



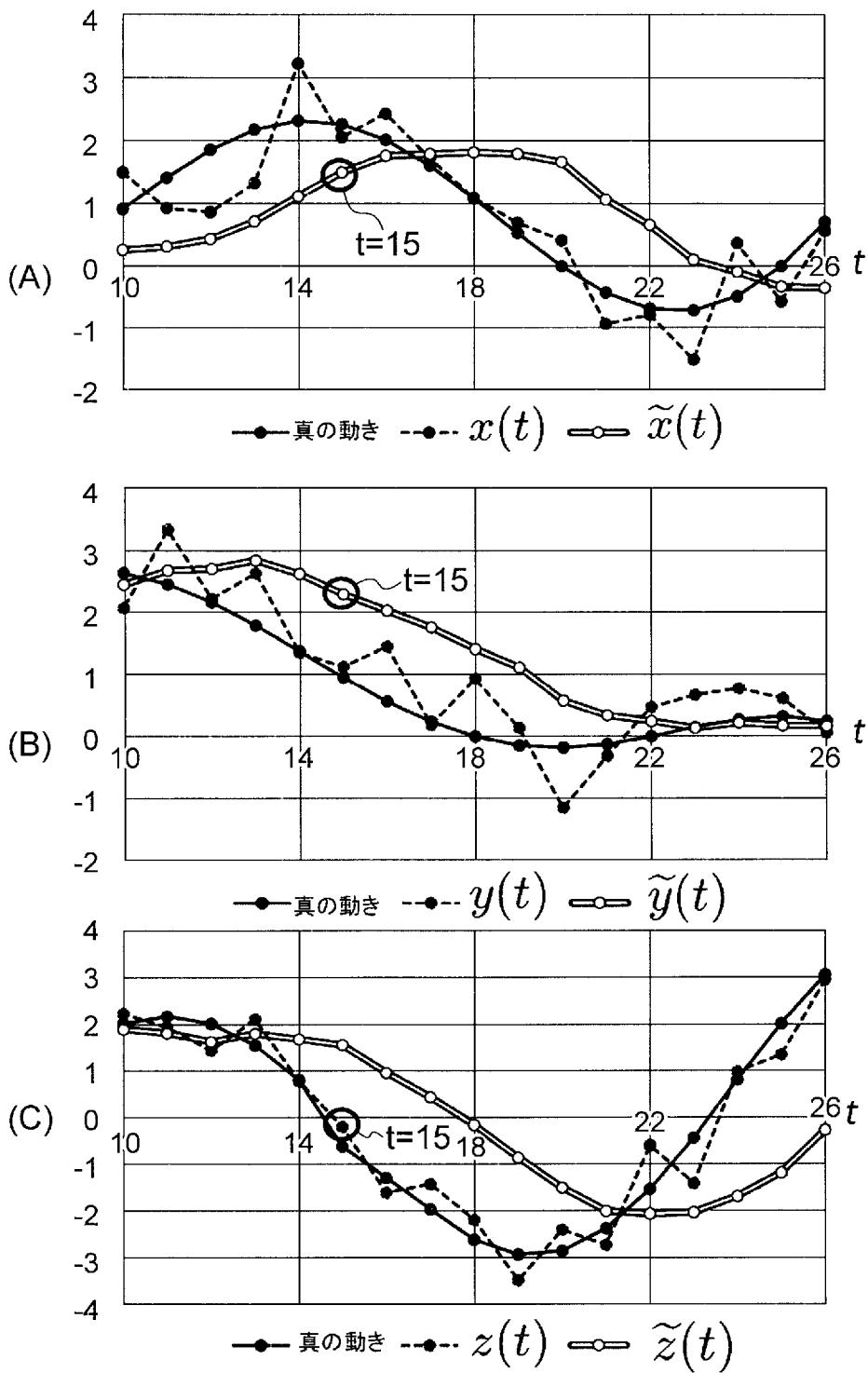
[図7]



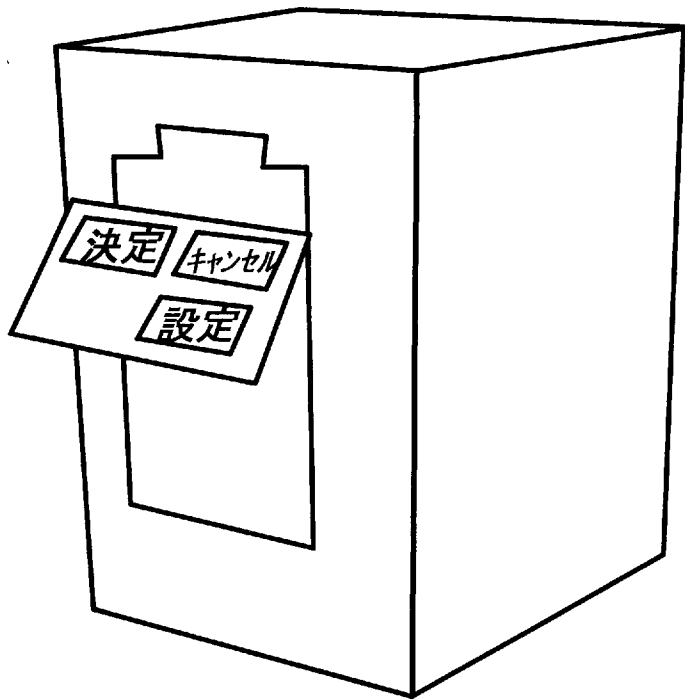
[図8]



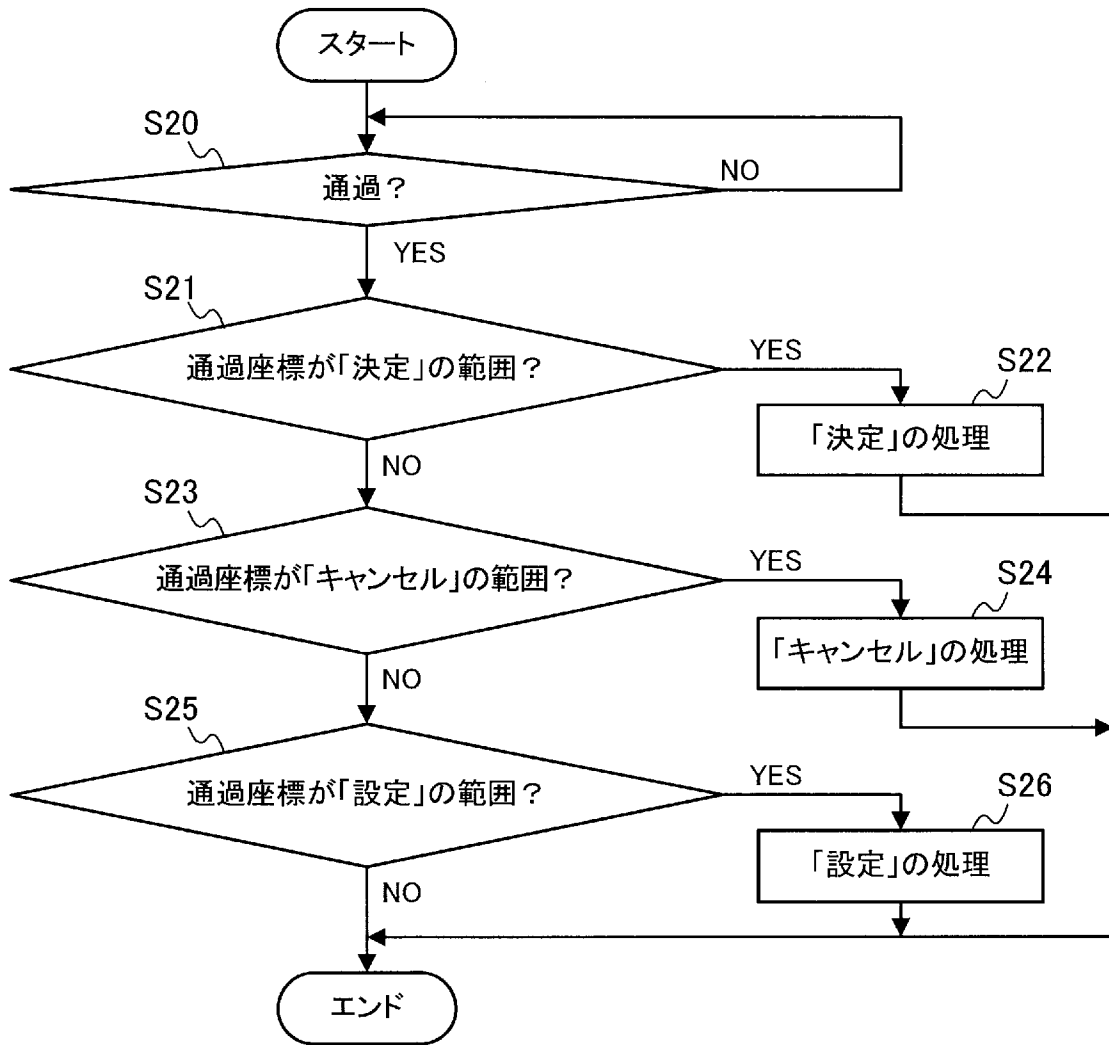
[図9]



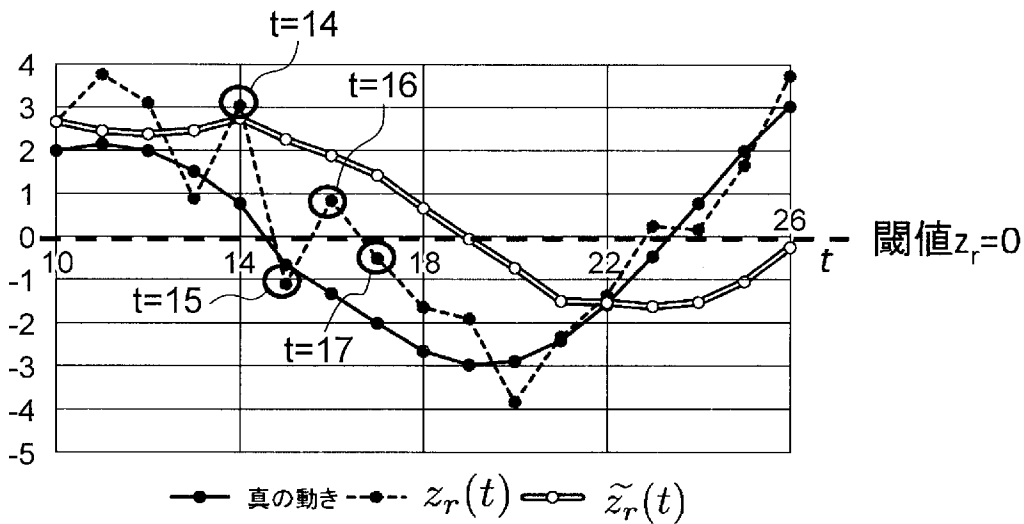
[図10]



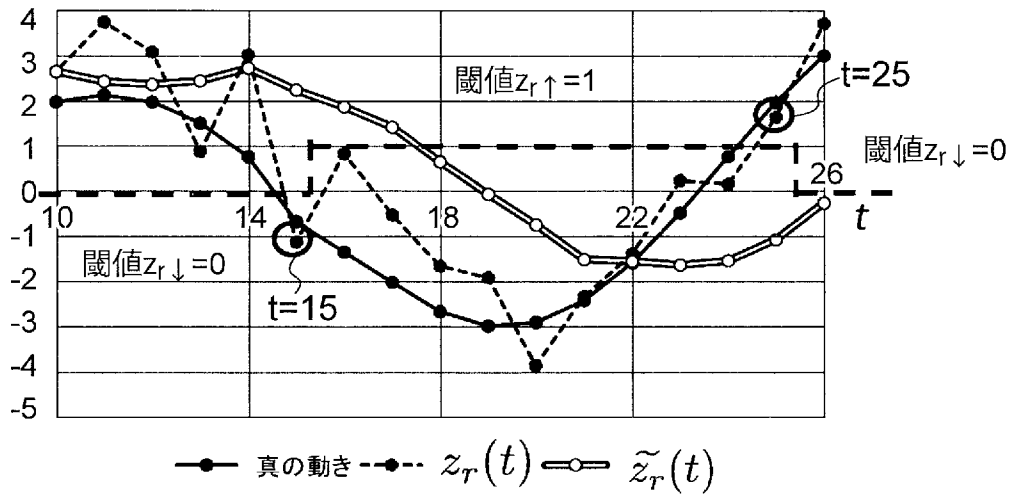
[図11]



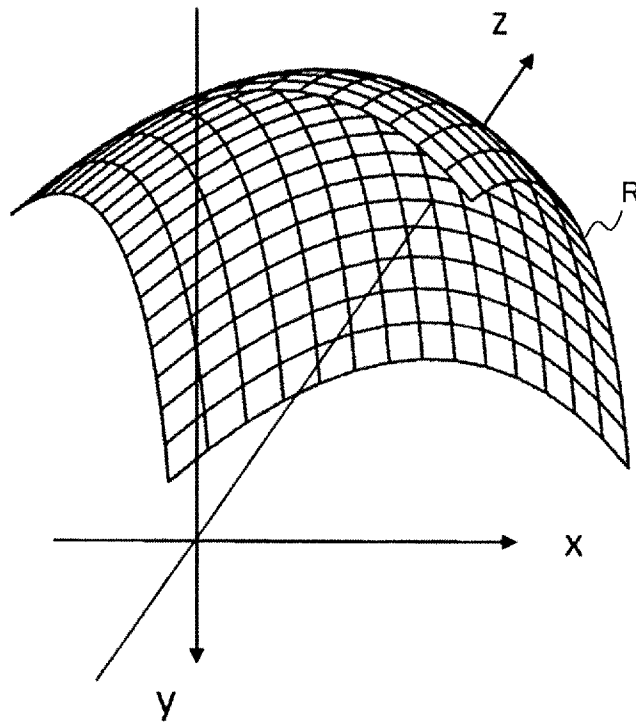
[図12]



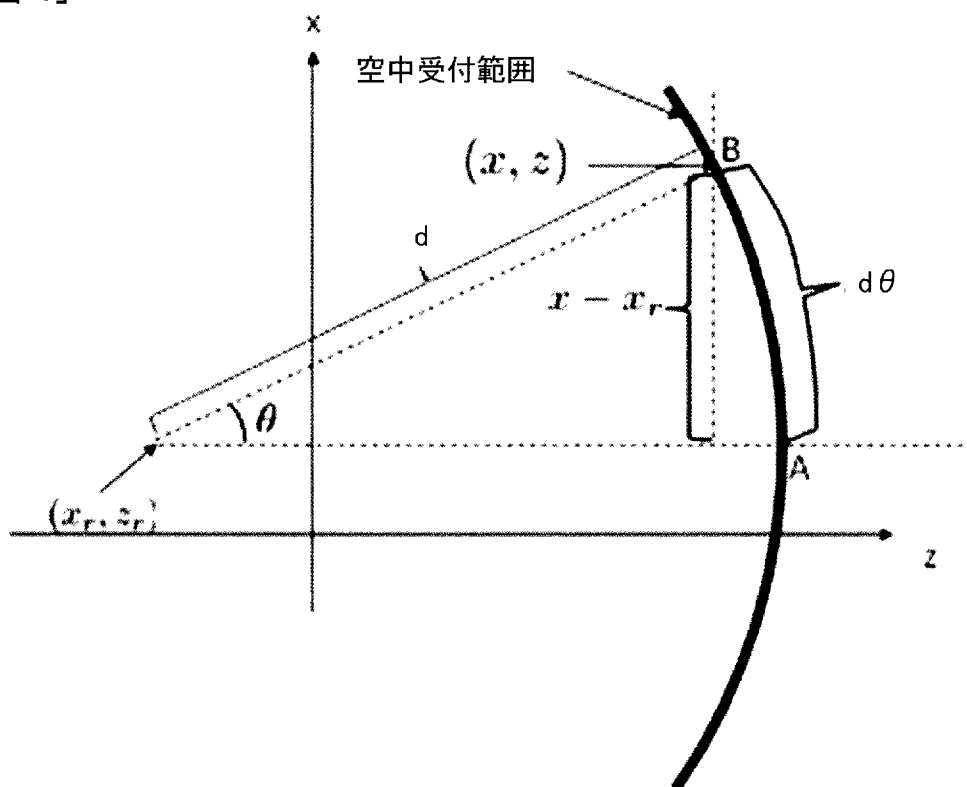
[図13]



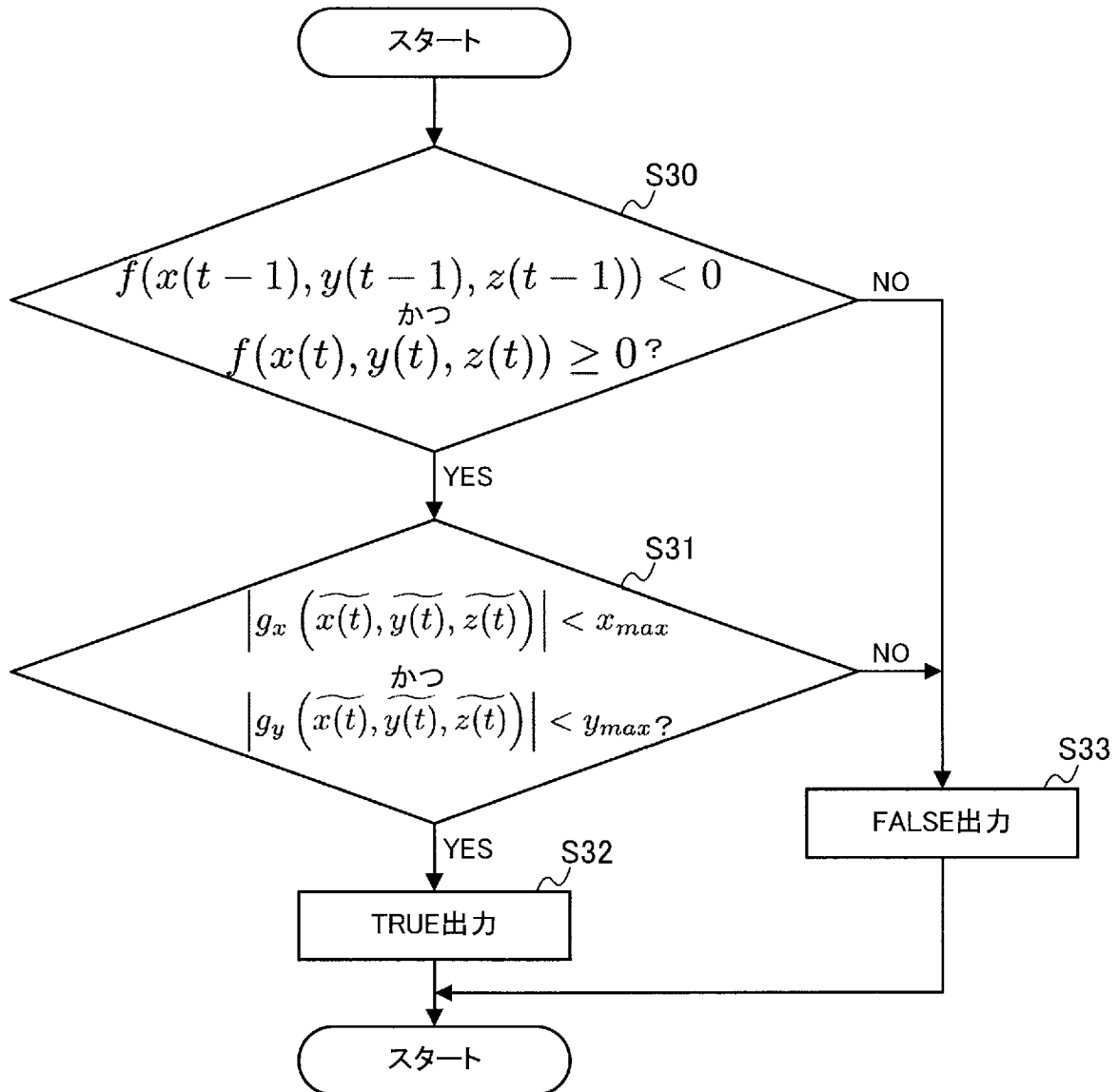
[図14]



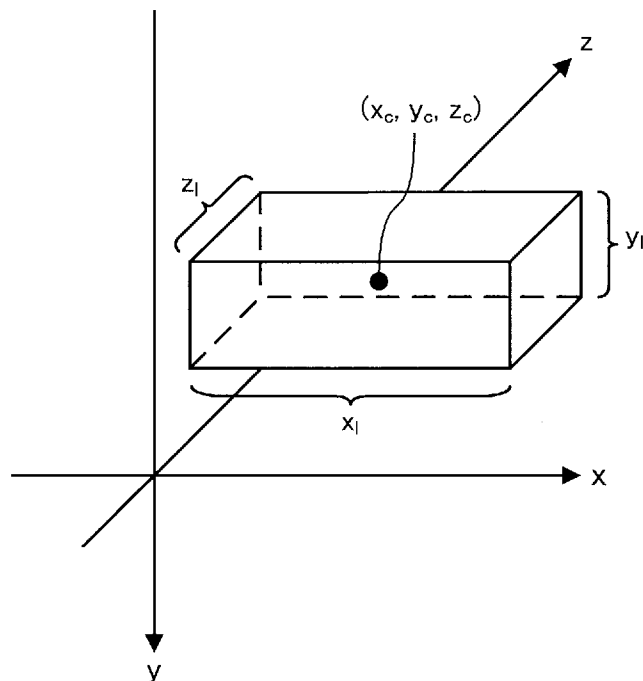
[図15]



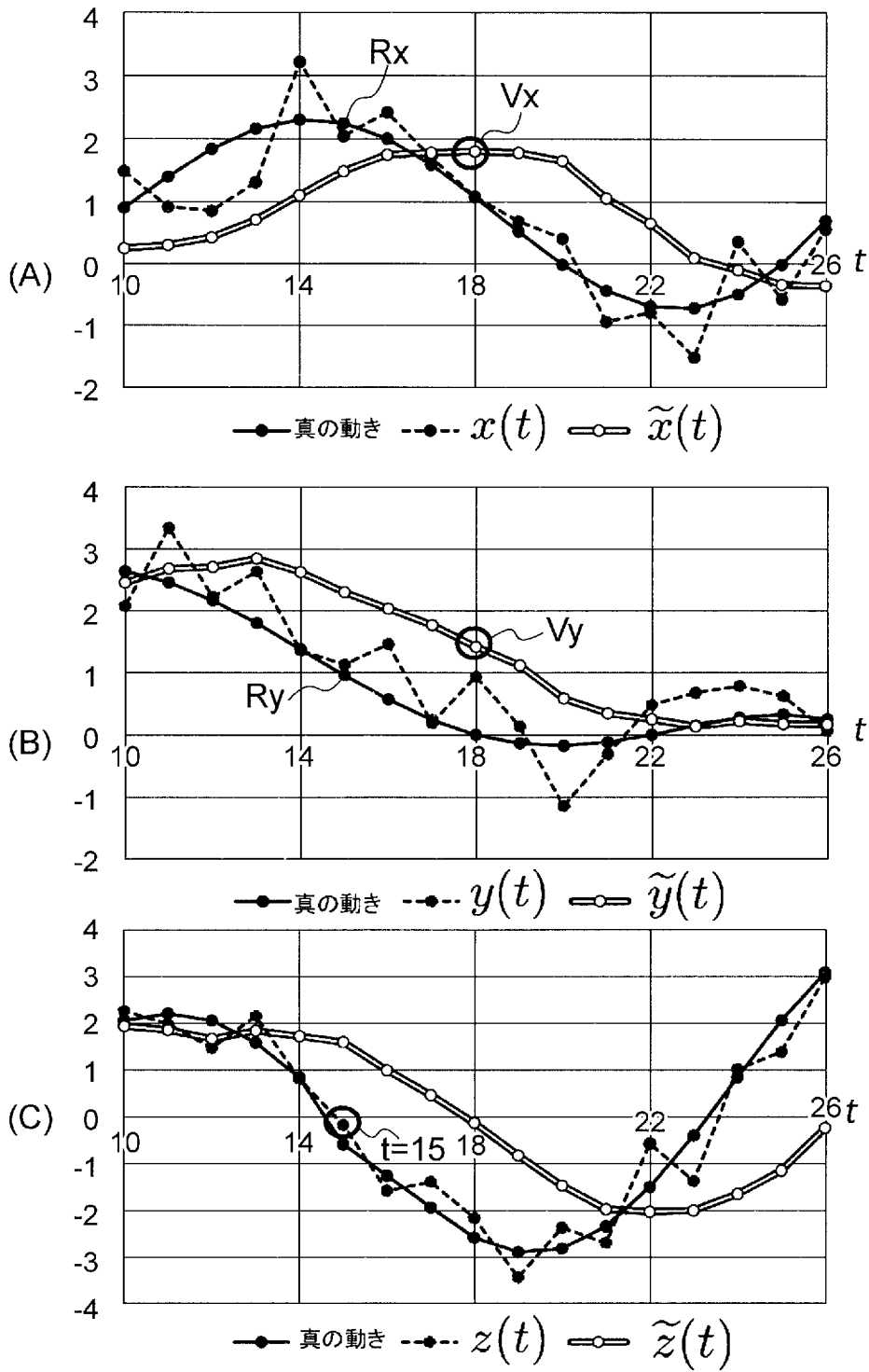
[図16]



[図17]

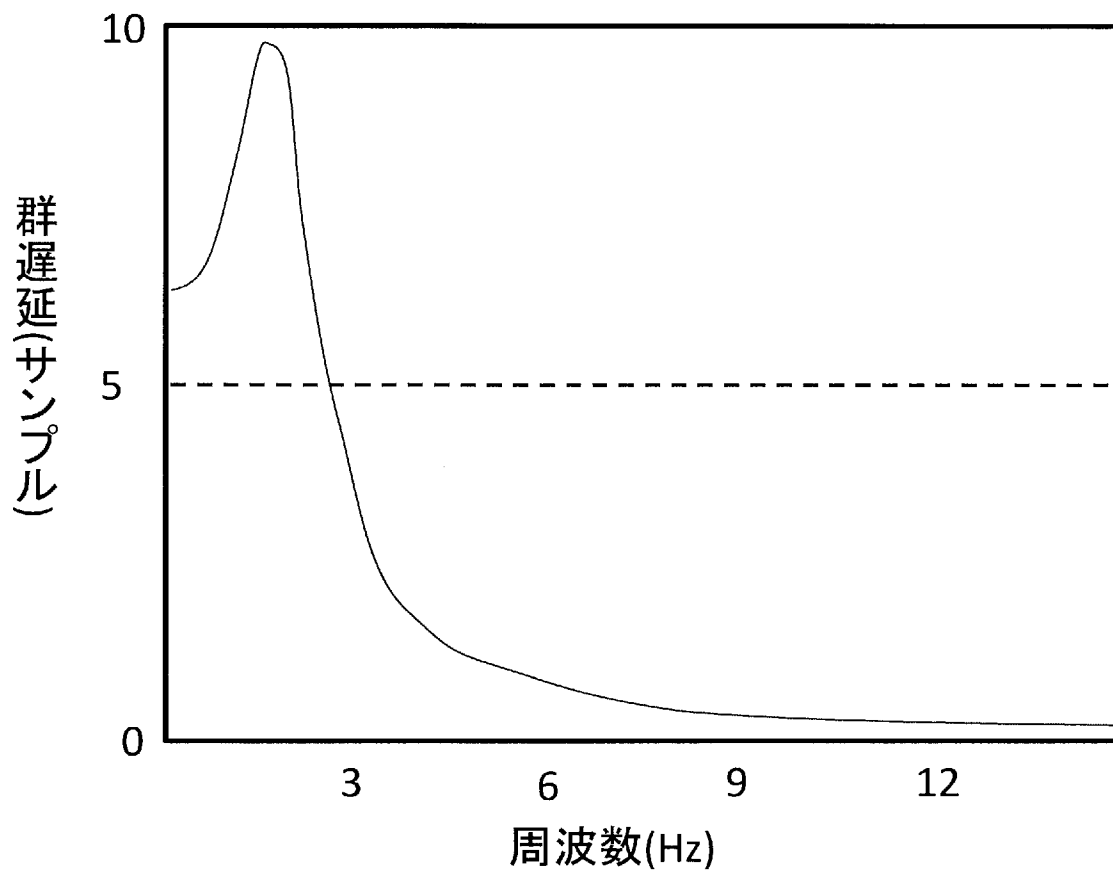


[図18]

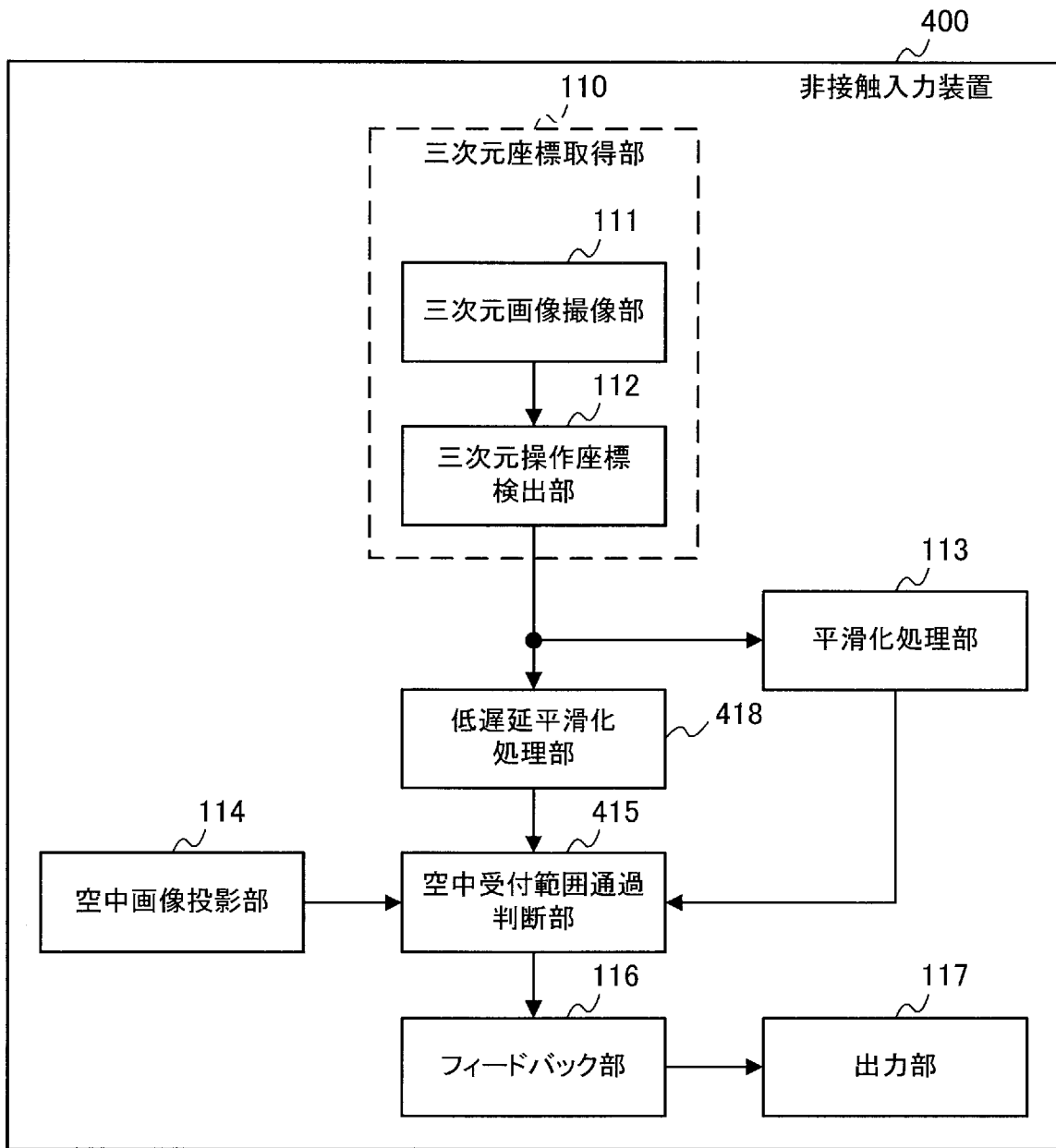




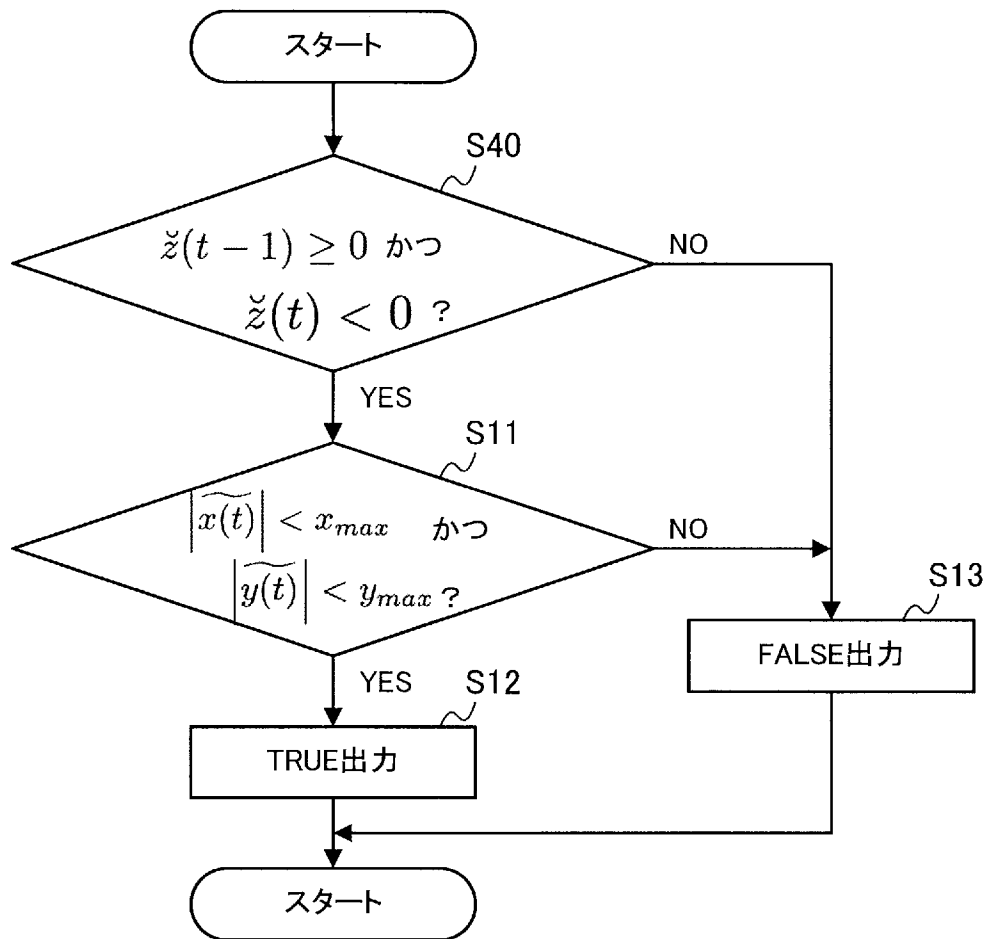
[図20]



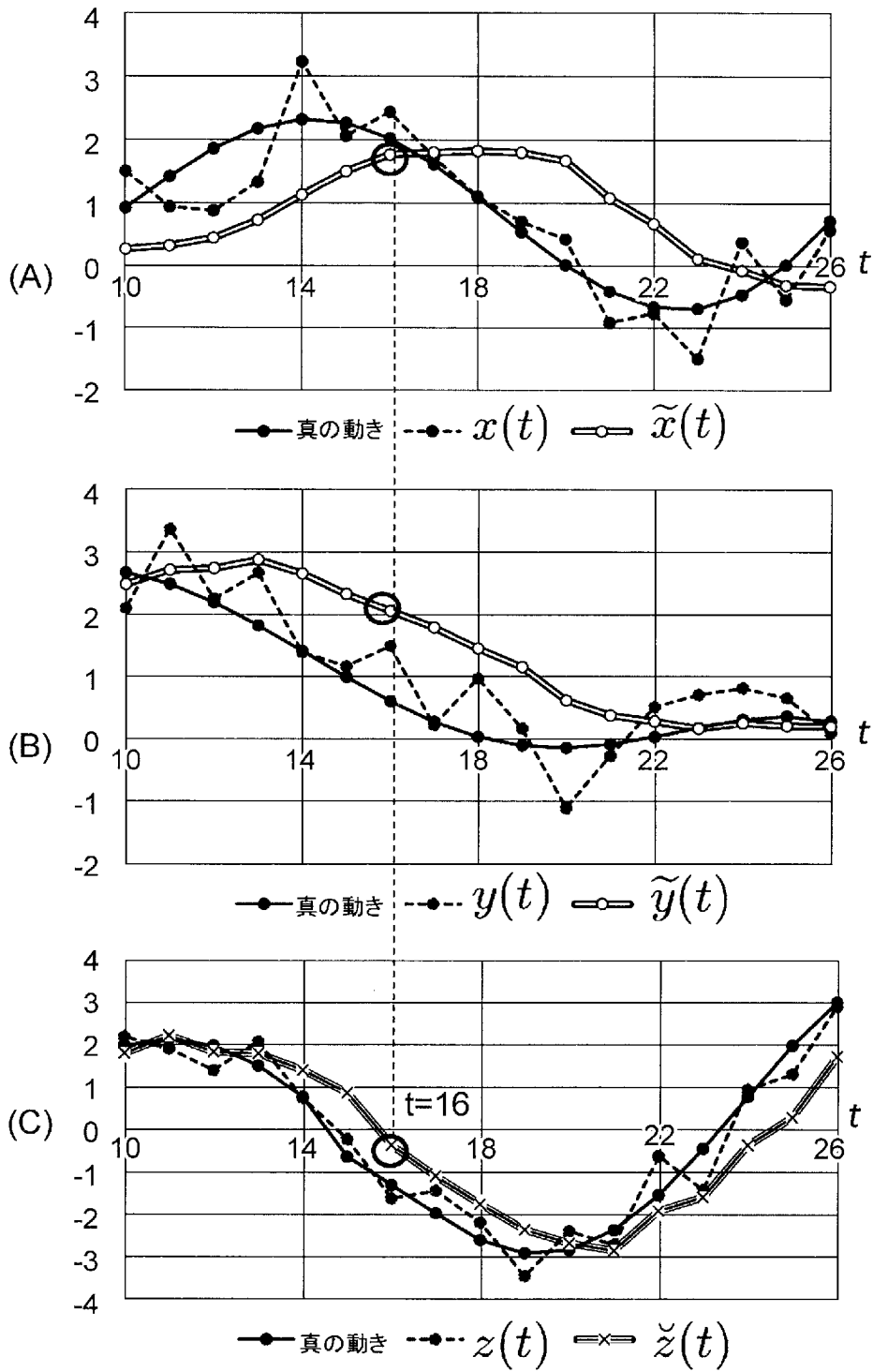
[図21]



[図22]



[図23]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2022/013860**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G06F 3/0346</i> (2013.01)i FI: G06F3/0346 422		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F3/0346		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2018-518784 A (ATHEER, INC.) 12 July 2018 (2018-07-12) paragraphs [0122], [0124], [0150], [0169], fig. 10, 13	1-2, 12, 17, 19-21
Y	paragraphs [0122], [0124], [0150], [0169], fig. 10, 13	14-15
A	entire text, all drawings	3-11, 13, 16, 18
Y	US 10275098 B1 (CLEMENTS Sigmund Lindsay) 30 April 2019 (2019-04-30) column 21, lines 29-29, column 23, lines 20-21	14-15
A	entire text, all drawings	1-13,16-21
A	JP 2014-219938 A (GEIS CO., LTD.) 20 November 2014 (2014-11-20) entire text, all drawings	1-21
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>12 May 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>31 May 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/013860**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2018-518784	A	12 July 2018	WO 2016/187152 A1 paragraphs [0122], [0124], [0150], [0169], fig. 10, 13	
				US 2018/0101278 A1	
				US 2019/0050112 A1	
				US 2020/0278770 A1	
				US 2021/0357073 A1	
				US 2016/0334940 A1	
				EP 3295289 A4	
				CN 107710132 A	
US	10275098	B1	30 April 2019	(Family: none)	
JP	2014-219938	A	20 November 2014	US 2016/0092062 A1 entire text, all drawings	
				WO 2014/181876 A1	
				EP 2996022 A1	
				CN 105190506 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06F 3/0346(2013.01)i FI: G06F3/0346 422		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G06F3/0346		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報	1922 - 1996年	
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年	
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2018-518784 A (アシーア インコーポレイテッド) 12.07.2018 (2018 - 07 - 12) 段落[0122], [0124], [0150], [0169], 図10, 13	1-2, 12, 17, 19-21
Y	段落[0122], [0124], [0150], [0169], 図10, 13	14-15
A	全文, 全図	3-11, 13, 16, 18
Y	US 10275098 B1 (CLEMENTS Sigmund Lindsay) 30.04.2019 (2019 - 04 - 30) 第21欄第28-29行、第23欄第20-21行	14-15
A	全文, 全図	1-13, 16-21
A	JP 2014-219938 A (株式会社ゲツシュ) 20.11.2014 (2014 - 11 - 20) 全文, 全図	1-21
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日	12.05.2022	国際調査報告の発送日 31.05.2022
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  塩屋 雅弘 5E 5879  電話番号 03-3581-1101 内線 3521	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
 PCT/JP2022/013860

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-518784 A	12.07.2018	WO 2016/187152 A1 段落[0122], [0124], [0150], [0169], 図10, 13 US 2018/0101278 A1 US 2019/0050112 A1 US 2020/0278770 A1 US 2021/0357073 A1 US 2016/0334940 A1 EP 3295289 A4 CN 107710132 A	
US 10275098 B1	30.04.2019	(ファミリーなし)	
JP 2014-219938 A	20.11.2014	US 2016/0092062 A1 全文, 全図 WO 2014/181876 A1 EP 2996022 A1 CN 105190506 A	