

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-18459  
(P2016-18459A)

(43) 公開日 平成28年2月1日(2016.2.1)

(51) Int. Cl.	F I			テーマコード (参考)
<b>G06F 3/01 (2006.01)</b>	G06F 3/01	310C	5E555	
<b>G06T 7/00 (2006.01)</b>	G06T 7/00	C	5L096	
<b>G06T 7/20 (2006.01)</b>	G06T 7/20	300A		

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2014-141806 (P2014-141806)  
(22) 出願日 平成26年7月9日 (2014.7.9)

(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74) 代理人 100126240  
弁理士 阿部 琢磨  
(74) 代理人 100124442  
弁理士 黒岩 創吾  
(72) 発明者 久保山 英生  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
ノン株式会社内  
Fターム(参考) 5E555 AA11 BA02 BB38 BC01 CA42  
CB66 EA22 FA30  
5L096 AA09 BA08 CA04 CA27 DA02  
FA06 FA26 FA59 FA60 FA66  
FA69 FA76 GA08 GA51 HA01  
HA08 JA09

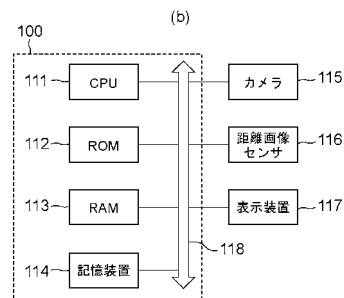
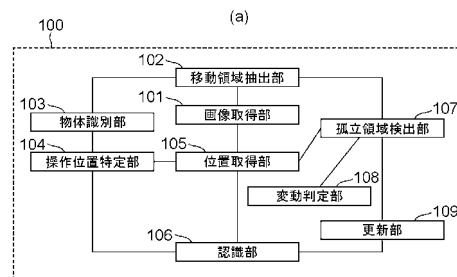
(54) 【発明の名称】 画像処理装置、その制御方法、プログラム、及び記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 操作対象面が変形可能なシステムで、三次元位置の計測に基づいて物体がタッチ対象面に接触したことを検出する場合に、ユーザの作業に合わせて操作対象面の三次元位置情報を更新することを目的とする。

【解決手段】 本発明に係る画像処理装置は、操作面を背景の一部とする空間内の三次元の位置情報が反映された入力画像を取得する画像取得部101、前記取得された入力画像と、前記空間のうち背景を示す情報とに基づいて、前記入力画像から前記背景の前景に存在する物体が写る領域を抽出する領域抽出部102、前記抽出された領域のうち前記入力画像における所定の閉領域を形成する境界線に接しない孤立領域内に反映された位置情報を用いて、前記背景を示す情報を更新する更新部109、前記抽出された領域のうち前記孤立領域ではない領域に反映された位置情報に基づいて、所定の指示物体を用いて入力される指示を認識する認識部106を備える。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

操作面を背景の一部とする空間内の三次元の位置情報が反映された入力画像を取得する画像取得手段と、

前記画像取得手段によって取得された入力画像と、前記空間のうち背景を示す情報とに基づいて、前記入力画像から前記背景の前景に存在する物体が写る領域を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記入力画像における所定の閉領域を形成する境界線に接しない孤立領域内に反映された位置情報を用いて、前記背景を示す情報を更新する更新手段と、

前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記孤立領域ではない領域に反映された位置情報に基づいて、所定の指示物体を用いて入力される指示を認識する認識手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 2】**

前記認識手段は、前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記孤立領域ではない領域に反映された位置情報と、前記背景を示す情報とによって示される、前記所定の指示物体と前記操作面との近接状態に基づいて、前記所定の指示物体による、前記操作面への接触を検出することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

**【請求項 3】**

前記画像取得手段は、距離画像センサから前記空間内の被写体までの距離を示す画素値を有する距離画像を前記入力画像として取得することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

**【請求項 4】**

前記抽出手段は、前記画像取得手段が取得した入力画像に反映された距離情報から、前記背景を示す距離情報を差し引くことによって、前記背景の前景に存在する物体が写る領域を抽出することを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

**【請求項 5】**

前記更新手段は、前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記孤立領域内に反映された距離情報を合成することで、前記背景を示す距離情報を更新することを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

**【請求項 6】**

前記操作面は、テーブルトップインタフェースシステムにおけるテーブル面であって、前記更新手段は、前記孤立領域を、前記テーブルに載置された立体物に対応する領域であるとみなし、前記テーブル面及び前記立体物が前記操作面を成すように、前記操作面の高さを示す位置情報を更新することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

**【請求項 7】**

前記所定の境界線は、前記入力画像に写る前記操作面の輪郭に相当し、

前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記入力画像において、前記操作面の輪郭に接しない領域を、前記孤立領域として検出する検出手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

**【請求項 8】**

前記更新手段は、前記入力画像のうち、前記検出手段が検出した孤立領域内に反映された位置情報が、直前までの所定時間において、最後に検出されていた孤立領域内に反映された位置情報から変化した場合、前記背景を示す情報のうち、前記孤立領域に対応する部分を示す情報を初期状態に戻すことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

**【請求項 9】**

前記更新手段は、前記検出手段が検出した孤立領域内に反映された位置情報が、直前までの所定時間において、最後に検出されていた孤立領域内に反映された位置情報から変化

10

20

30

40

50

し、かつ、前記検出手段が検出した孤立領域が、前記最後に検出されていた孤立領域と接している場合に、前記背景を示す情報のうち、前記孤立領域に対応する部分を示す情報を初期状態に戻すことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

前記画像取得手段によって取得された入力画像から、前記孤立領域内の一部について、三次元の位置情報が取得されなかった場合、前記孤立領域内から取得される三次元の位置情報による補間を行う補間手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 11】

前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記孤立領域ではない領域の形状に基づいて、前記所定の指示物体によって指示される操作位置を特定する特定手段を更に備え、

前記認識手段は、前記特定手段によって特定された前記操作位置の三次元の位置情報に基づいて、前記指示を認識することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記孤立領域ではない領域の形状に基づいて、前記所定の指示物体によって指示される操作位置を特定する特定手段を更に備え、

前記更新手段は、前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記入力画像における所定の閉領域を形成する境界線に接しない孤立領域内に反映された位置情報を、前記操作面の三次元形状の一部として前記背景を示す情報を更新し、

前記認識手段は、前記特定手段によって特定された前記操作位置の三次元の位置情報と、前記操作面の三次元形状とが、前記所定の指示物体が前記操作面に所定の距離より近いことを示す場合に、前記所定の指示物体による前記操作面への接触を検出することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

コンピュータに読み込ませ実行させることによって、前記コンピュータを、請求項 1 に記載された情報処理装置として機能させるためのプログラム。

【請求項 14】

請求項 13 に記載されたプログラムが格納されたコンピュータが読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 15】

画像取得手段により、操作面を背景の一部とする空間内の三次元の位置情報が反映された入力画像を取得する画像取得工程と、

抽出手段により、前記画像取得工程において取得された入力画像と、前記空間のうち背景を示す情報とに基づいて、前記入力画像から前記背景の前景に存在する物体が写る領域を抽出する抽出工程と、

更新手段により、前記抽出工程において抽出された領域のうち、前記入力画像における所定の閉領域を形成する境界線に接しない孤立領域内に反映された位置情報を用いて、前記背景を示す情報を更新する更新工程と、

認識手段により、前記抽出工程において抽出された領域のうち、前記孤立領域ではない領域に反映された位置情報に基づいて、所定の指示物体を用いて入力される指示を認識する認識工程とを有することを特徴とする画像処理装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像から抽出された移動領域に基づいてユーザ操作を検出する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

可視光カメラや赤外線カメラや距離画像センサによって得られた画像から、ユーザの手

10

20

30

40

50

など特定の物体が写る領域を抽出し、その動きや位置に応じてジェスチャによるUI（ユーザインターフェース）操作を認識する技術が広まりつつある。テーブル面に画像やUIを映し出し、接触することによってそれら进行操作するテーブルトップインタフェースにも、タッチパネルによる接触検出に拠らず、物体の三次元位置の計測に基づいて操作を認識する技術が使用され始めている。

【0003】

特許文献1は、カメラで撮像した映像のフレーム間差分に基づいてユーザの手を検出し、投影されたUI部品に対するジェスチャ操作を認識するシステムが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】特開2013-257686号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

三次元位置の計測に基づいて物体がタッチ対象面に接触したことを検出するには、タッチ対象面と物体との間の距離を計測し、当該距離が予め設定された閾値よりも小さい場合を、タッチ対象面がタッチされているとみなすことが多い。

【0006】

三次元計測によって操作を認識するシステムの利点の一つは、タッチ操作の対象として設定可能な面がタッチパネル上に限定されないことである。つまり、任意の壁面や、テーブル上に載置された立体物の表面に対する接触を検出し、操作として認識することができる。しかしながら、テーブル上で立体物が載置されたり移動されたりした場合、タッチ対象面の三次元形状が変形するため、三次元位置情報を更新する必要がある。変形を加える度に、システムに対して三次元位置情報の更新を明示的に指示することは、ユーザにとってわずらわしい作業となる。

20

【0007】

本発明は、上記課題を考慮したものであり、操作対象面が変形可能なシステムにおいて、ユーザの作業に合わせて操作対象面の三次元位置情報を更新することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0008】

上記課題を解決するため、本発明に係る画像処理装置は、操作面を背景の一部とする空間内の三次元の位置情報が反映された入力画像を取得する画像取得手段と、前記画像取得手段によって取得された入力画像と、前記空間のうち背景を示す情報とに基づいて、前記入力画像から前記背景の前景に存在する物体が写る領域を抽出する抽出手段と、前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記入力画像における所定の閉領域を形成する境界線に接しない孤立領域内に反映された位置情報を用いて、前記背景を示す情報を更新する更新手段と、前記抽出手段によって抽出された領域のうち、前記孤立領域ではない領域に反映された位置情報に基づいて、所定の指示物体を用いて入力される指示を認識する認識手段とを備える。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、操作対象面が変形可能なシステムにおいて、ユーザの作業に合わせて操作対象面の三次元位置情報を更新することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施例に係る画像処理装置の機能構成及びハードウェア構成を表すブロック図。

【図2】第1の実施例に係る画像処理装置を設置したテーブルトップインタフェースの外観と定義される位置情報の一例を表す図。

50

【図 3】操作面に載置された立体物とユーザの手の状況の一例を表す図。

【図 4】第 1 の実施例に係る画像処理装置が実行する操作面の高さ情報を取得する処理の一例を表すフローチャート。

【図 5】背景差分手法により移動領域が抽出される処理において扱われる画像の一例を表す図。

【図 6】第 1 の実施例において孤立領域を検出する画像処理の具体例を表す図。

【図 7】第 1 の実施例において立体物を操作面の一部として合成する画像処理の具体例を表す図である。

【図 8】第 1 の実施例に係る画像処理装置が実行する孤立領域の変動を判定する処理の一例を表すフローチャート。

【図 9】第 1 の実施例における、孤立領域が変動する場合に取得される距離画像の一例を表す図。

【図 10】第 1 の実施例における、載置された複数の立体物のうち一つが取り除かれる場合の画像処理の具体例を表す図。

【図 11】第 1 の実施例における、載置された立体物がゆっくりと動かされた場合の画像処理の具体例を表す図。

【図 12】第 1 の実施例における、既に載置された立体物の上にもう一つ立体物が重ねられる場合の画像処理の具体例を表す図である。

【図 13】第 1 の実施例における、重ねられた二つの立体物のうち、上の立体物が取り除かれる場合の画像処理の具体例を表す図。

【図 14】第 1 の実施例における、既に載置された立体物の領域が広がる場合の画像処理の具体例を表す図。

【図 15】第 1 の実施例における、既に載置された立体物の領域が狭まる場合の画像処理の具体例を表す図。

【図 16】変形例 3 における、立体物の一部の距離情報が検出されない場合の画像処理の具体例を表す図。

【図 17】第 1 の実施例に係る画像処理装置が実行する距離情報の補間処理の一例を表すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明に係る実施例の情報処理を、図面を参照して詳細に説明する。なお、実施例に記載する構成は例示であり、本発明の範囲をそれら構成に限定する趣旨のものではない。

【0012】

< 第 1 の実施例 >

図 1 (a) は、第 1 の実施例に係る画像処理装置の機能構成の一例を表す図である。

【0013】

画像取得部 101 は、距離画像センサ 116 が撮像した距離画像を入力画像として取得する。移動領域抽出部 102 は、画像取得部 101 が取得した入力画像から、移動する物体が写る領域を移動領域として抽出する。なお、移動する物体には、少なくともユーザの手などジェスチャ操作の入力に用いられる物体が含まれることが想定されるが、ユーザが本や紙など物体を把持している場合には、それらを含む全体が写る範囲が移動領域として抽出される。

【0014】

物体識別部 103 は、移動領域抽出部 102 によって抽出された移動領域が、所定の認識対象であるかを識別する。本実施例では、ジェスチャ操作に用いられるユーザの手を所定の認識対象として識別する。ただし本実施例は、ユーザの手に限らず、その他の身体の部位やスタイラス等が指示物体として用いられる場合にも適用可能である。操作位置特定部 104 は、指示物体によって示される操作位置を特定する。本実施例では、ユーザの指先位置を特定する。位置取得部 105 は、入力画像の各画素から得られる情報を三次元座

10

20

30

40

50

標空間における位置情報に変換する。認識部 106 は、位置取得部 105 が取得した三次元位置に基づいて、指示物体を用いて入力されるユーザからの指示を認識する認識部である。本実施例の認識部 106 は、少なくとも、ユーザが手を使って行う操作面へのタッチ操作を検出し、タッチされた位置に表示されたオブジェクトに対応する指示を認識する。例えば、タッチされた位置に表示されたオブジェクトを選択状態としたり、オブジェクトに関連付けられたコマンドを実行させたりする指示である。さらに、認識部 106 には、ユーザの手の形状や動きに基づいて、タッチを伴わないジェスチャ操作を認識させることも可能である。

#### 【0015】

孤立領域検出部 107 は、移動領域抽出部 102 が抽出した移動領域のうち、孤立した領域を検出する。本実施例において、移動領域が孤立しているとは、入力画像において、当該移動領域が、操作面の輪郭に接していないことを意味する。ここで操作面とは、タッチ操作の対象となる面であって、例えば、テーブルトップインタフェースの場合はテーブル上面である。ただしテーブル上面よりも距離画像センサ 116 の画角が小さい場合は、画角内を操作面として扱う。以下では、操作面の直上に存在する空間を操作エリアという。本実施例では、ユーザは操作エリアの外から中に手を差し入れて操作を行うため、ユーザの手などの指示物体は、かならず操作面の輪郭を跨ぐように存在する。つまり、指示物体に対応する移動領域は、画像上では必ず操作面の輪郭に接する。一方、操作面の輪郭に接しない孤立した領域は、指示物体ではないとみなすことができる。

#### 【0016】

変動判定部 108 は、孤立領域検出部 107 によって検出された孤立領域が変動したか否かを判定する変動判定部である。更新部 109 は、孤立領域検出部 107 が検出した孤立領域内の三次元位置情報を用いて操作面の情報を更新する。本実施例では、孤立領域内の高さ情報を、操作面の高さを定義する情報に合成することで、例えば、初期状態の操作面に対して立体物が載置されるなどした場合に、立体物に対するタッチを検出することを可能とする。

#### 【0017】

これらの各機能部は、CPU (中央処理装置) 111 が、ROM 112 に格納されたプログラムを RAM 113 に展開し、後述する各フローチャートに従った処理を実行することで実現されている。各機能部を、上記 CPU 111 を用いたソフトウェア処理の代替としてハードウェアを構成する場合には、ここで説明する各機能部の処理に対応させた演算部や回路を構成すればよい。

#### 【0018】

図 1 (b) は、本実施例に係る画像処理装置 100 を含むテーブルトップインタフェースのハードウェア構成図である。CPU 111 は、画像処理装置 100 の制御プログラムを実行して各種処理のための演算や論理判断などを行い、システムバス 118 に接続された各構成要素を制御する。ROM 112 は、プログラムメモリであって、後述する各種処理手順を含む CPU 111 による制御のためのプログラムを格納する。RAM 113 は、CPU 111 のワークエリア、エラー処理時のデータの退避領域、上記制御プログラムのロード領域などを提供するために用いられる。記憶装置 114 は本実施形態に係るデータやプログラムを記憶しておくためのハードディスクや接続された外部記憶装置などであり、画像処理装置 100 が利用する各種データを格納する。

#### 【0019】

カメラ 115 は、可視光の画像を取得する可視光カメラである。距離画像センサ 116 は、画角に含む各画素までの距離情報を反映した距離画像を撮像する距離画像センサである。距離情報を得る方式は、赤外光等の光を投射してその反射時間によって測定するものや、パターン光を照射してその形状から距離を計測するもの、あるいはステレオカメラ等、どのようなものでも良い。本実施例では、環境光やテーブル面の表示の影響が小さい赤外パターン投影方式を用いる。また、距離画像センサ 116 が可視光カメラ 115 の機能を兼ねていても良い。表示装置 117 は、UI や情報などの画像を表示するためのディス

10

20

30

40

50

プレイ、プロジェクタ等のである。本実施形態では、液晶プロジェクタが表示装置 117 として用いられる。

#### 【0020】

なお本実施例では、カメラ 115、距離画像センサ 116、表示装置 117 はそれぞれ画像処理装置 100 に入出力用のインタフェースを介して接続された外部装置であり、画像処理装置 100 と協同して情報処理システムを構成する。ただし、これらのデバイスは、画像処理装置 100 に一体化されていても構わない。

#### 【0021】

図 2 ( a ) は、第 1 の実施例に係る画像処理装置 100 を設置したテーブルトップインタフェースシステムの外観と位置情報の定義の一例を表す図である。平板 201 はテーブルトップインタフェースのテーブル部分であり、ユーザは、平板 201 をタッチすることでタッチ操作が可能である。本実施例では、平板 201 の上面が、初期状態における操作面である。ただし本実施例に係るテーブルトップインタフェースシステムでは、平板 201 の上に立体物 202 を載置することにより、立体物 202 が操作面の一部に合成され、立体物 202 に対するタッチ操作を受け付けることが可能となる。距離画像センサ 116 は、平板 201 上の空間を撮像することで、センサから空間内の被写体表面までの距離が画素値に反映された距離画像を得て、画像処理装置 100 に入力する。なお図 2 入力画像 a のシステムにおいて、ユーザの手を追跡し、ジェスチャ操作などを認識する場合には、可視光カメラ 115 で撮像した可視光画像から、手が写る肌色部分を検出するという手法も存在する。しかしながら本実施例では、液晶プロジェクタによる画像の投影を行う影響で、平板 201 上にあるユーザの手の色が、可視光撮像では変色し、肌色検出では正確に検出されない場合がある。そこで本実施例では、プロジェクタによる投影光の影響を受け難いように、赤外光の反射パターン（もしくは反射時間）によって距離情報を取得する距離画像センサ 116 によって得られる、センサから平板 201 までの距離に基づいて、ユーザの手を検出する。

#### 【0022】

表示装置 117 は液晶プロジェクタであって、平板 201 上に、タッチ操作の対象となる UI 部品など各種情報を含む表示画像を投影する。可視光カメラ 115 は、平板 201 を含む範囲を俯瞰した可視光画像を撮像する。画像処理装置 100 は、カメラ 115 による撮像画像に含まれる所定の物体（紙媒体や本などのドキュメントや立体物）部分の画像を、読み取り画像として取得することで書画カメラとして機能することができる。本実施例では、ユーザは表示装置 117 によって操作面に投影された画像に対してタッチ、空間ジェスチャ等の操作を行う。ただし、表示装置 117 は、例えば、平板 201 はディスプレイとして表示出力することが可能な液晶ディスプレイ装置であってもかまわない。

#### 【0023】

本実施例では、操作面上の三次元空間に図 2 ( a ) に示す x、y、z 軸を定義し、位置情報を扱う。ここでは一例として、点 203 を原点とし、テーブル上面に平行な二次元が x、y 平面、テーブル上面に直交し上方に伸びる方向を z 軸の正方向としている。なお、本実施例では、z 軸方向は、世界座標系での高さ方向に相当するため、操作面の三次元位置（三次元形状）の情報のことを差して、高さに関する情報、高さ情報という場合もある。対応またユーザの手 204 は、ユーザがタッチ操作やジェスチャ操作を行うために用いる指示物体の一例である。

#### 【0024】

図 2 ( b ) は、画像処理装置 100 に入力される距離画像の一例であるとする。領域 205 は、ユーザの手 204 に対応する移動領域であり、侵入位置 206 は、移動領域 205 が、画像の四辺（画角の端部分）と交差する位置である。本実施例のシステムでは、ユーザの顔や動体が直接距離画像に写ることはないため、移動領域が画像の四辺と交差する位置を、侵入位置として検出し、ユーザが存在する位置に対応する情報とみなす。そして本実施例では、移動領域 205 のうち、侵入位置 206 から最も遠い点を、ユーザの指先に相当する操作位置 207 として特定する。ただし、操作位置 207 の特定方法は、これ

10

20

30

40

50

に限らず、例えば手の五指を検出して各指の先端のいずれかを操作位置としても良いし、あるいは手の平の重心を操作位置として求めることもできる。本実施例のシステムの場合、図2(a)に示す距離画像センサ116からユーザの指先までの距離Dが、図2(b)の距離画像の、操作位置207に対応するピクセルの画素値に反映される。そこで本実施例では、距離画像中の操作位置(x, y)と距離Dを表す画素値から、三次元座標(X, Y, Z)へ変換する変換行列によって、三次元位置を取得する。この変換行列は距離画像センサ116が固定された時に予めキャリブレーションによって求めておく。画像処理装置100は、このような変換により、ユーザの手204が写る手領域及び、指先に相当する操作位置207の三次元位置を取得し、指先が操作面に触れたか否か等、操作の検出を行う。

10

**【0025】**

なお、本実施例では、表示装置117と平板201の位置関係は、テーブル301の中心と表示装置117によって投影される表示画面の中心が一致し、テーブル301上面の9割以上の範囲に対して画像投影が可能であるように固定されるとする。ただし、平板201への投影が可能であれば、表示装置117の筐体自体は、必ずしもテーブル301の上方に設置されていなくても構わない。同様に距離画像センサ116も、高さ方向(z軸方向)の距離情報を取得することが可能であれば、筐体が設置される位置は、テーブル301の上方に限らない。

**【0026】**

本実施例では、初期状態における操作面である平板201の上面に、物体を載置することにより、当該物体に対するタッチ操作を受け付けることが可能となる。この時、載置されたものが紙など厚みのない物体であれば、ユーザの指などが操作面に接触したか否かを判定する高さ閾値は、初期状態の操作面に対する接触を検出する場合と同一で構わない。しかし、立体物202のように厚みのある物体の場合は、操作面の定義(高さの定義)を更新する必要がある。

20

**【0027】**

図3は、操作面に載置された立体物とユーザの手の状況の一例を表す図である。図3は、平板201の周囲のzx平面に平行な断面図と、距離画像センサ116で立体物202が載置された平板201状態を撮像した距離画像(xy平面に相当する)とを、x軸を揃えて上下に対応させている。本実施例では、平板201に立体物202が載置されたことにより、タッチ操作の対象となる操作面の三次元形状の定義(高さの定義)を更新する。本実施例では、ユーザの手301のうち指先の部分と、操作面との近接状態を距離に基づいて検出し、所定の距離の閾値よりも近接している場合に、前記操作面がタッチ操作のために接触されたと認識する。具体的には、まず画像処理装置100は、ユーザの手301のうち指先の位置を、操作位置302として検出する。そして、入力画像に基づいて得られる操作位置302の高さ(z座標)が、初期状態の操作面に対する高さの閾値303よりも低ければ、ユーザの手301が平板201をタッチしたと認識する。ただし、立体物202が載置された場合、立体物202の部分では、操作面の高さが立体物202の高さの分高く変形するのに応じて、立体物の表面の高さに基づく高さ閾値304を設定し、立体物に対する接触を認識する。

30

40

**【0028】**

図3の下図に示す距離画像は、色が濃い(点の密度が高い)ほど距離画像センサ116に近い、つまり高さが高い(z座標が大きい)ことを表す。以下、図面において距離画像を示す場合は全て同様である。立体物202が載置された場合、平板201上では、立体物202が存在しない範囲305に対するタッチの検出は高さ閾値303、立体物202が存在する範囲306に対するタッチの検出は高さ閾値304による閾値処理によって検出される。なお、本実施例のように、操作面に載置された立体物を背景の一部とみなす処理は、立体物に対するタッチを認識しないシステムであっても、距離画像から、ユーザの手などの指示物体を、背景と区別して抽出する上で有効である。

**【0029】**

50



図4は、本実施例に係る画像処理装置が実行する操作面の高さ情報を取得する処理の一例を表すフローチャートである。本実施例では、画像処理装置100に対し、距離画像センサ116から、1フレーム分の距離画像の入力信号が通知されたことに応じて、CPU111により図4のフローチャートの処理が開始される。本実施例の距離画像センサ116は、所定周期毎に距離画像の撮像を繰り返しており、図4のフローチャートは、1フレームに相当する距離画像が入力される毎に繰り返し実行されるとする。ただし、フレームレートはシステムの処理能力に合わせて適宜設定されればよい。

#### 【0030】

ステップS401では、画像取得部101が、距離画像センサ116が撮像した距離画像を、入力画像として取得する。ステップS402では、移動領域抽出部102が、入力画像に含まれる移動領域を抽出する。本実施例では移動領域を背景差分により検出する。

10

#### 【0031】

ここで、図5を参照して背景差分手法により移動領域が抽出される処理の概要を説明する。図5は、背景差分手法により、移動領域が抽出される処理に係る距離画像の一例を表し、(a)、(b)のそれぞれで左の列が入力画像、中央が背景画像、右列が入力画像と背景画像の差分画像である。背景画像は、操作面を撮像した距離画像であって、操作面の高さ情報が反映されている。図5(a)は初期状態を表し、背景画像aは平板201が撮像された距離画像に相当する。図5(b)は、平板201に立体物202が載置された状態を表し、背景画像bは、初期状態の背景画像aに対し、立体物202の高さが合成されている。なお初期状態の背景画像aは、距離画像センサ116が固定された時点か、画像処理装置100が起動された直後にキャリブレーションとして取得され、保持されているとする。

20

#### 【0032】

背景差分手法とは、入力画像から背景画像を差し引くことによって、背景よりも手前の前景部分に存在する物体が写る領域を抽出する方法である。図2のシステムの場合は、操作面よりも上の空間に存在する物体が写る領域が抽出対象となる。図5(a)の状態の場合、移動領域抽出部102は、入力画像aと背景画像aとの差分をとることにより、差分画像aを取得する。差分画像aでは、入力画像のうち、操作面上に存在するユーザの手が写る部分が抽出されている。静止した背景の情報を利用して、前景にある移動可能な物体の画像情報を抽出するので、差分画像に抽出される領域のことを「移動領域」という。移動領域として抽出される領域に写る物体が、実際に移動しているかどうかは問わない。本実施例では、立体物202が載置されると、後述の処理で背景画像が更新される。背景画像の更新後の図5(b)の状態では、移動領域抽出部102は、入力画像bと背景画像bの差分をとることにより、差分画像bを取得することで、移動領域を抽出する。背景画像を更新することにより、立体物が背景に存在する場合にも、ユーザの手だけを移動領域として抽出することができる。ステップS402において、移動領域抽出部102は、抽出した移動領域を示す情報をRAM113に保持する。

30

#### 【0033】

次にステップS403で、移動領域抽出部102が、RAM113に保持した情報を参照し、1以上の移動領域が抽出されたかを判定する。1以上の移動領域が抽出されたと判定される場合(ステップS403でYes)、ステップS404に進む。1以上の移動領域が抽出されていないと判定される場合(ステップS403でNo)、ステップS405に進む。

40

#### 【0034】

ステップS404では、孤立領域検出部107が、抽出された1以上の移動領域のそれぞれについて、操作エリア内で孤立しているか否かを判定することで、孤立領域を検出する。ここで、図6を参照して、孤立領域を検出する画像処理の具体例を説明する。図6(a)は、ユーザが手602で立体物603を持って操作エリアに挿入し平板601上に置く段階を表しており、左図がそのときの入力画像、右図が抽出される移動領域604の輪郭を現す図である。破線605は、操作面の輪郭に相当する孤立判定境界であり、本実施

50

例では、操作面の縁と一致しているとするが、操作面を包含する大きさにするなど大小関係を持たせても良い。孤立判定境界として用いる境界線は、入力画像に写る所定の閉領域を形成するものであればよく、例えば、入力画像自体の四辺や、操作面の内側に定義された所定の境界線を、孤立領域か否かを判定する境界として用いても構わない。ただし、ユーザが平板601上に、操作する目的で一般的な立体物を置く場合に、立体物が接してしまわないように十分な大きさを設定するとよい。

#### 【0035】

孤立領域検出部107は、孤立判定境界605に、各移動領域が接するか否かによって、検出された移動領域の中から、孤立領域を検出する。例えば、図6(a)の場合、移動領域604は、孤立判定境界605に接しているため、孤立領域として検出されない。一方、図6(b)は、ユーザが立体物603を平板601上に置く動作を終え、立体物603から手602を離れた段階を表しており、左図がそのときの入力画像、右図が抽出される移動領域604の輪郭を現す図である。図6(b)の場合、移動領域606と移動領域607が抽出されるが、そのうち移動領域607は、孤立判定境界605に接しない。そのため、孤立領域検出部107は、移動領域607を、孤立領域として検出するし、その情報をRAM113に保持する。なお、ステップS402において複数の移動領域が抽出された場合、それぞれにID番号をインクリメントしながら処理を繰り返すことで、全ての移動領域について、孤立しているか否かを判定する。ただし図4では、繰り返し処理については省略し、1つの移動領域について行われる処理を説明する。

10

#### 【0036】

移動領域が孤立していると判定された場合(ステップS404でYes)、処理はステップS405に進む。一方、移動領域が孤立していると判定された場合(ステップS404でNo)、処理はステップS409に進む。

20

#### 【0037】

ステップS405では、孤立領域検出部107が、過去所定のNフレーム分の入力画像において、連続して同一の孤立領域が検出されたかを判定する。つまりステップS405では、連続Nフレームに対応する所定の時間の間、同じ孤立領域が検出され続けたかを判定する。過去Nフレーム分の情報は、RAM113に保持された情報を参照することで判定する。Nフレーム分の入力画像において、連続して同一の孤立領域が検出されたと判定される場合(ステップS405でYes)、ステップS406に進む。Nフレーム連続して同一の孤立領域が検出されてはいないと判定される場合(ステップS405でNo)、ステップS413に進む。

30

#### 【0038】

ステップS406では、孤立領域検出部107が、検出された孤立領域を、立体物として特定する。以下では、立体物として特定された孤立領域を、立体物領域という。ステップS405およびS406の処理は、紙など厚みのない物体が操作エリア内で浮いた状態にあることで、一時的に高さを持つように検出された場合には、操作面の高さ情報を更新する処理を省略するための判定処理である。ステップS407では、位置取得部105が、立体物領域の各画素値から高さ方向に対応する位置情報を取得する。ステップS408では、更新部109が、立体物領域の高さ方向の位置情報に基づいて、立体物の三次元形状を、操作面の三次元形状の情報に合成する。すなわち、この後に実行される移動領域の検出処理で用いる背景画像を、合成した操作面の距離画像に置き換える。

40

#### 【0039】

ここで、図7は、立体物を操作面の一部として合成する画像処理の具体例を表す図です。図7を参照し、ステップS408で実行される合成処理の詳細を説明する。図7(a)は、図6(b)と同じ状態での入力画像であり、図7(b)は、図7(a)の入力画像から抽出された移動領域であり、領域607が孤立領域として検出される。本実施例では、位置取得部105が、領域607が所定時間の間検出され続けたことに応じて、立体物領域として特定されるので、領域607部分の三次元位置情報が取得される。図7(c)は、この時取得される三次元位置情報(高さ方向の距離情報)を距離画像として表したもの

50

である。本実施例では、入力画像は距離画像センサ 116 で取得した距離画像であるため、図 7 (c) は、入力画像である図 7 (a) の孤立領域部分の画素値と一致する。なお、本実施例において、孤立領域 607 部分の三次元位置情報は、ステップ S 405 で N フレーム連続検出をカウントした最後のフレームから取得するとする。ただし本実施例は、N フレームのうち最後のフレームに限らず、例えば N フレームの孤立領域の論理和から三次元位置情報を取得してもよい。図 7 (d) は、認識部 106 が、予め保持する初期状態の操作面の三次元位置情報を表す画像 (背景画像) であり、移動領域がない場合に得られる入力画像と一致する。図 7 (e) は、ステップ S 408 において、更新部 109 が図 7 (c)、図 7 (d) を合成した操作面の三次元位置情報である。図 7 (c) の距離画像のうち孤立領域検出部 107 が検出した立体物の領域の高さ方向の位置情報で、図 7 (d) の同一範囲の高さ情報が置き換えられている。ステップ S 408 の処理の段階では、立体物は操作エリア内で孤立していることが保証されている。つまり、画像中において、立体物は手から離れていて、手によって隠されている可能性は考慮する必要がない。従ってステップ S 408 では、手の干渉を受けずに操作面の三次元位置情報を更新できる。

10

20

30

40

50

#### 【0040】

一方、ステップ S 404 において移動領域が孤立していない場合、ステップ S 409 において、物体識別部 103 が、検出された移動領域が、所定の指示物体らしい形状であるかを判定する。操作物らしい形状か否かは、移動領域の大きさ、縦横比などの形状や、モデルマッチングなどによって判定する。所定の指示物体はユーザの手であるとする場合、人の手らしい形状は全て指示物体として検出されるように判定の条件を設けてもよし、あるいは所定のポーズをとっている手だけが指示物体として検出されるように条件を設けることもできる。本実施例では、ユーザの手が、人差し指だけを伸ばした指さし姿勢である場合に、所定の指示物体らしいと判定されるように条件を用意する。物体識別部 103 が、移動領域は所定の指示物体らしい形状であると判定した場合 (ステップ S 409 で Yes)、ステップ S 410 に進む。移動領域は所定の指示物体らしい形状ではないと判定した場合 (ステップ S 409 で No)、ステップ S 415 に進む。

#### 【0041】

ステップ S 410 では、操作位置特定部 104 が、指示物体の操作位置を検出する。本実施例では、図 2 で示したように、平板上に定義された座標軸に基づいて、ユーザの手の指先の位置を、x、y 座標で示された位置情報として特定する。ステップ S 411 では、位置取得部 105 が操作位置の、三次元位置を取得する。本実施例では、距離画像中の情報を、図 2 に示した座標の定義に沿って変換し、ユーザの指先位置の三次元座標 (X, Y, Z) を取得する。ステップ S 412 では、認識部 106 が、取得された三次元位置に基づいて、操作物の操作を検出する。その一例としては、図 3 で示すように、操作位置 302 の高さが、初期の操作面の高さの閾値 303、あるいは立体物 202 に基づいて操作面を更新した閾値 304 の高さを下回るか否かに基づいて、操作面へのタッチを検出する。また、タッチしている間に操作位置を動かすことによるドラッグや二つの操作位置によるズーム、回転等を検出しても良い。ステップ S 413 では、変動判定部 108 が、立体物領域が変動したかを判定する。立体物領域が変動するとは、検出済みの立体物に、取り除かれた、移動した、形状が変わったなどを含む変化があった場合に、立体物領域内の距離情報に変化が生じることである。

#### 【0042】

ここで、図 8 のフローチャートを参照して、ステップ S 413 で実行される、立体物領域が変動したかを判定する処理の詳細を説明する。まずステップ S 801 において、変動判定部 108 は、過去所定時間内に、入力画像から立体物を検出していたか否かを判定する。立体物を検出していたと判定される場合 (ステップ S 801 で Yes)、ステップ S 802 に進む。立体物を検出していなかったと判定される場合 (ステップ S 801 で No)、変動が検出されることはないので、ステップ S 805 に進み、立体物領域は変動していないと判定して、メインフローに戻る。

#### 【0043】

ステップS 8 0 2では、変動判定部1 0 8が、立体物領域の一部の高さが変化したか否かを検出する。これは、立体物にx y平面での移動が発生したか否かを判定するための処理である。具体的には、前のフレームの入力画像から抽出された立体物部分の高さ方向の位置情報と、最新のフレーム（現時刻）の入力画像から抽出された立体物部分の高さ方向の位置情報とを比較し、高さが変化した部分の割合を判定する。

#### 【0 0 4 4】

図9は、ステップS 8 0 2において検出される、立体物領域の変動の一例を表す図である。図9において、波線の領域9 0 1は、直前まで立体物が存在した領域であり、ここでは前フレームの入力画像から孤立領域検出部1 0 7が検出した孤立領域である。現時刻までの間に、ユーザが立体物を動かしたことにより、最新のフレームにおいて、立体物領域は領域9 0 2に移動している。入力画像同士の比較によれば、領域9 0 1内の一部の高さが、立体物の高さから平板2 0 1の高さまで低くなったように検出される。変動判定部1 0 8は、前フレームで孤立領域検出部1 0 7が検出した立体物領域9 0 1のx y平面での面積に対して、高さが低くなった、あるいは大きくなった部分（領域9 0 1から領域9 0 2との重複部分を除いた部分）の面積の割合を取得する。そして取得した割合が、所定の割合P %より大きいかを判定する。なお、検出済みの立体物領域の一部の高さが高くなった場合は、別の移動領域が重なった可能性があるため、単一の物体についての変動とは限らないが、本実施例では、単一の物体が移動した場合と同じ処理で検出する。立体物領域の一部の高さが変化すると判定される場合（ステップS 8 0 2でYes）、ステップS 8 0 3に進む。一方、立体物領域の一部の高さが変化していないと判定される場合（ステップS 8 0 2でNo）、ステップS 8 0 4に進む。

10

20

#### 【0 0 4 5】

ステップS 8 0 3では、変動判定部1 0 8が、最新フレームの入力画像から立体物領域の中に、前フレームまでに検出していたうち最後の立体物領域と少なくとも一部が接している孤立領域があるか否かを判定する。なおこの「接している場合」の意味には、包含関係にある場合を含む。最新フレームの立体物領域が、前フレームまでに検出していたうち最後の立体物領域と、少なくとも一部で接していると判定される場合（ステップS 8 0 3でYes）、ステップS 8 0 4に進む。最新フレームの立体物領域が、前フレームまでに検出していたうち最後の立体物領域と接していないと判定される場合（ステップS 8 0 3でNo）、ステップS 8 0 5に進み、立体物の変動していないと判定して、メインフローに戻る。

30

#### 【0 0 4 6】

ステップS 8 0 4では、変動判定部1 0 8が、立体物領域が変動したと判定する。ステップS 8 0 3において、過去所定時間内に検出した立体物領域と最新の立体物領域が接しているか否かを判定するのは、同一の立体物が移動、もしくは変形した場合には、連続して検出される立体物同士は接触した状態で現れるからである。

#### 【0 0 4 7】

ステップS 4 1 3において、上述した判定基準により、立体物領域が変動したと判定した場合（ステップS 4 1 3でYes）、処理はステップS 4 1 4に進む。ステップS 4 1 4においては、更新部1 0 9が、立体物の部分の操作面の三次元位置（高さを定義する情報）を、初期状態にリセットしてステップS 4 1 5に進む。図7の例では、ステップS 4 0 8で更新した図7（e）の操作面情報を、図7（d）に戻す。一方、ステップS 4 1 3で立体物領域が変動していないと判定した場合（ステップS 4 1 3でNo）、ステップS 4 1 4を経由せず、ステップS 4 1 5に進む。ステップS 4 1 5では、画像処理装置1 0 0の処理の終了が指示されたかを判定し、終了されていなければ、ステップS 4 0 1に戻る。

40

#### 【0 0 4 8】

なお、本実施例では、ステップS 4 1 4において更新部1 0 9は、立体物領域のうち、少なくとも、立体物領域が変動した領域に対応する操作面の高さ情報を初期化する。ここで、図10を参照して、ステップS 4 1 3及びS 4 1 4の処理を具体的に説明する。図1

50

0 は、載置された複数の立体物のうち一つが取り除かれる場合の画像処理の具体例を表す図である。図 10 ( a ) は複数の立体物が置かれた場合に、更新部 109 がステップ S 408 において更新した操作面を表す距離画像 ( 背景画像 ) である。領域 1001、領域 1002 は、孤立領域検出部 107 が入力画像から検出した二つの孤立領域に応じて合成された部分である。図 10 ( b ) は、ユーザが右側の立体物を動かした時の入力画像を表す図である。ここで変動判定部 108 は、波線 1003 の孤立領域の高さが低くなったことから、ステップ S 802 で、領域 1003 部分の変動を検出する。図 10 ( c ) は、更新部 109 が孤立領域の変動に基づいて元に戻した操作面を表す距離画像である。更新部 109 は、変動を検出した孤立領域 1002 に対応する操作面のみを元の三次元位置情報に戻し、孤立領域 1001 に対応する操作面はそのまま維持する。

10

**【 0049 】**

以上説明したように、本実施例では、操作エリアに立体物が差し入れられ、そのまま載置された場合、三次元位置の計測に基づいて、立体物の高さ情報を操作面の高さ情報に更新する。これにより、ユーザは立体物に対するタッチ操作を検出可能となる。

**【 0050 】**

ただし上述した例は、ステップ S 405 において、N フレーム連続して孤立領域を検出した判定することで、高さをもつ立体物 ( 高さ閾値の変更が必要な立体物 ) が載置されたと判断した。しかしながら入力画像を取得するフレームレートによっては、ステップ S 405 を省略することもできる。あるいはステップ S 405 で、N フレームの間、孤立領域が移動していないかどうかを重心位置座標などに基づいて判定し、移動していない時のみ立体物を検出するようにしてもよい。また、本実施例では、ステップ S 408 において一旦更新した操作面の情報に対して、ステップ S 413 で立体物領域の変動があったと判定された場合は、少なくとも一部を初期化する処理を行った。しかしながら、ステップ S 406 において、立体物領域が特定された時点で、当該立体物領域に変動があったかを判定し、その結果を反映した更新処理を行う順序に変形しても構わない。

20

**【 0051 】**

次に、図 11 ~ 図 15 を参照し、ステップ S 803 において、検出済みの立体物領域と接している立体物領域の検出に基づいて立体物が除去されたことを検知し、立体物領域部分の操作面情報を初期化することの効果をも、より詳細に説明する。

**【 0052 】**

図 11 は、載置された立体物がゆっくりと動かされた場合の画像処理の具体例を表す図である。なお、図 11 ~ 15 では、全て左の列が入力画像、中央が背景画像、右列が入力画像と背景画像の差分画像に対応する。

30

**【 0053 】**

図 11 では、( a ) ユーザが立体物を操作エリアに差し入れて載置し、( b ) 一旦手を離れた段階、再び立体物に触れた段階、( c ) 少し位置を動かした段階、( d ) 再び手を離れた段階という状態変化を説明する。図 11 ( a ) では、入力画像 a と、初期状態の背景画像 a の背景差分に基づいて、ステップ S 406 において、差分画像 a のうち、孤立判定境界に接しない孤立領域 1101 が立体物として特定される。これにより、ステップ S 408 において、背景画像 a に孤立領域 1101 が合成され、操作面の高さ情報としての背景画像は、図 11 ( b ) の背景画像 b に更新される。図 11 ( b ) では、入力画像 b と、合成された背景画像 b の背景差分に基づき、ステップ S 406 において、差分画像 b から孤立領域 1102 が検出される。また、領域 1103 は、前の段階 ( a ) において、立体物があった領域 1101 内で、その高さが操作面まで下がった領域である。

40

**【 0054 】**

ここで領域 1103 の大きさが閾値 P % ( 領域 1101 に対する大きさの比率 ) を超える場合は、ステップ S 802 において、孤立領域の高さの変化があったと判定される。ただし、立体物が、連続するフレーム間で、孤立領域の大きさの変化が閾値を超えない程度にゆっくりと動かされた場合は、高さの変化を検出できない場合がある。

**【 0055 】**

50

そこで本実施例では、ステップS 8 0 3において、孤立領域1 1 0 2が前フレームで検出されていた孤立領域1 1 0 1に接していることに基づいて、立体物が変動したと判定される。それに応じて更新部1 0 9が、ステップS 4 1 4により、立体物があつた部分の操作面を初期化する。次の段階で操作面の三次元位置情報として用いられるのは立体物部分が初期化された背景画像cとなる。図1 1 ( c )では、入力画像cと背景画像cの差分から、孤立領域が検出されないので、背景画像はそのまま維持される。つまり、背景画像dは背景画像cと同じものである。図1 1 ( d )の段階で、再びユーザが手を離れたことにより、入力画像dと背景画像dの差分から、孤立領域1 1 0 4が検出され、立体物として特定される。

**【 0 0 5 6 】**

以上のように、ステップS 8 0 2の処理で、立体物領域内の高さの変化に基づいて、立体物にx y平面内での移動があるか判定する際、所定の割合Pの値をどのように厳しくしても、その閾値を越えない速度での移動は検出できない。その結果、残像部分が立体物領域として検出されてしまう。そこで本実施例では、さらにステップS 8 0 3において、前後のフレームから検出される立体物領域の位置に基づいて、該領域が残像であるかを判定し、残像部分では操作面を初期化する処理を行う。これにより、実際に存在する立体物を検出し、正確に操作面情報を定義できる。また、ステップS 8 0 3だけで、同一の立体物の移動を判定しようとする、立体物が小さい場合や素早く立体物を移動した場合に、前後のフレームの立体物が離れてしまい、誤検出の原因となる場合がある。このような課題を解決するため、本実施例では、ステップS 8 0 2とステップS 8 0 3の両方で立体物の移動を検出する。ただし、フレームレート等の条件によっては、いずれかを省略することもできる。

**【 0 0 5 7 】**

また、立体物領域の変動を判定する際にステップS 8 0 3の処理を利用する事は、立体物が移動した場合だけでなく、その形状が変化した場合にも、操作面の情報を適切に更新するために有効である。

**【 0 0 5 8 】**

図1 2は、既に載置された立体物の上にもう一つ立体物が重ねられる場合の画像処理の具体例を表す図である。図1 2では、( a )ユーザが第1の立体物を操作エリアに差し入れて載置し手を離れた段階、( b )その上に第2の立体物をさらに載置した段階、( c )再び手を離れた段階、( d )最終的に操作面情報が更新される段階という状態変化を説明する。

**【 0 0 5 9 】**

図1 2 ( a )では、入力画像aと、初期状態の背景画像aの背景差分に基づいて、ステップS 4 0 6において、差分画像aのうち、孤立判定境界に接しない孤立領域1 2 0 1が立体物として特定される。これにより、ステップS 4 0 8において、背景画像aに孤立領域1 2 0 1が合成され、操作面の高さ情報としての背景画像は、図1 2 ( b )の背景画像bに更新される。図1 2 ( b )では、入力画像bと、合成された背景画像bの背景差分によって抽出される移動領域に、孤立領域は含まれない(ステップS 4 0 4でNo)。また、移動領域は指さし姿勢の手の形状でもないことから(ステップS 4 0 9でNo)、そのまま処理はステップS 4 0 1に戻る。図1 2 ( c )では、入力画像cと、合成された背景画像c(背景画像bと同一)の背景差分に基づいて、ステップS 4 0 6において、差分画像cから孤立領域1 2 0 2が立体物として特定される。このとき、過去所定時間(例えば3フレーム分の時間)内に、立体物領域として領域1 2 0 1が検出されていた(ステップS 8 0 1でYes)。領域1 2 0 1に、領域1 2 0 2は包含されるので(ステップS 8 0 3でYes)、ステップS 8 0 4で、立体物領域が変動したと判定される。従って、孤立領域が検出されている部分の操作面の情報は初期化され、次に背景差分をとるときの背景が、背景画像dに更新される。図1 2 ( d )では、入力画像dと背景画像dの背景差分に基づいて、差分画像dのように、第1の立体物と第2の立体物が一体として検出され、新たに立体物領域1 2 0 3が検出され、背景画像が更新される。

10

20

30

40

50

## 【0060】

さらに、図13は、重ねられた二つの立体物のうち、上の立体物が取り除かれる場合の画像処理の具体例を表す図である。図12(d)の状態に後続して得られる状態変化を表しているとする。図13では、(a)第1及び第2の立体物から手を離れた段階、(b)第2の立体物を取り除くために触れた段階、(c)第2の立体物を持ち上げた段階、(d)第2の立体物を第1の立体物から離れた段階という状態変化を説明する。図13(a)の背景画像aは、図12(d)での処理によって更新された背景画像である。入力画像aと背景画像aの差分から、孤立領域は検出されない。図13(b)で、ユーザの手を立体物領域に重ねるが、背景画像b(背景画像aと同一)に立体物が含まれているため、入力画像bと背景画像bの差分から、孤立領域は検出されない。図13(c)の段階で、入力画像cのように、ユーザは第2の立体物の位置をずらす。従って、入力画像cと背景画像c(背景画像bと同一)との背景差分では、手と第2の立体物一部が一体となった移動領域が検出される。このとき、領域1302は、最後に検出されていた立体物領域(図12の領域1203に相当)のうち、高さが低くなった部分である。領域1203に対する領域1302の割合が、所定割合P%以上であって(ステップS802でYes)、領域1203と領域1302は接する(ステップS803でYes)ので、ステップS804で、立体物領域が変動したと判定される。従って背景画像は初期化され、図12(d)で背景差分では背景画像dが使用される。図12(d)では、入力画像dと背景画像dとの背景差分に基づいて、第1の立体物に対応する立体物領域1302が検出され、これにより背景画像が更新される。なお、ステップS802の処理を変形して、第2の立体物の変動部分の領域1301が、手を含む(孤立していない)移動領域と分かれた時点で孤立領域を検出してステップS803に移行し、直前の立体物領域1203と接するか否かで変動を判定してもよい。

10

20

## 【0061】

以上のように、本実施例では、複数の立体物を重ねたり取り除いたりしてその操作面形状が変わる場合は、一旦操作面を初期化し、立体物領域が孤立した時点で操作面の高さを取得し直す。このように、入力画像のうち、立体物の残像である可能性が高い部分での背景を平板の高さまで下げておくことで、立体物が既に無い空間にユーザの手が挿入されることによって生じるタッチ操作の誤検出を低減することが可能となる。

30

## 【0062】

次に、図14は、既に載置された立体物の領域が広がる場合の画像処理の具体例を表す図である。図14では、(a)ユーザが厚みのある本を操作エリアに差し入れて載置し手を離れた段階、(b)ユーザが本を開き始めた段階、(c)本を開き、手を離れた段階、(d)最終的に操作面情報が更新される段階という状態変化を説明する。

40

## 【0063】

図14の入力画像aは、立体物を置いた時の入力画像であり、背景画像aはその時点で画像処理装置が保持する操作面画像である。図14の差分画像aは、入力画像aから移動領域抽出部102による移動領域の検出画像である。この差分画像aにおいて、孤立領域検出部107が、孤立判定境界に接しない孤立領域1401を立体物として検出する。図14(a)では、入力画像aと、初期状態の背景画像aの背景差分に基づいて、差分画像aのうち、孤立判定境界に接しない孤立領域1401が立体物として特定される。これにより、背景画像が、図14(b)の背景画像bに更新される。図14(b)では、入力画像bと、合成された背景画像bの背景差分によって抽出される移動領域に、孤立領域は含まれない。差分領域bでは、ユーザの手と本のうち開かれた部分が、一体として移動領域として検出される。図14(c)では、入力画像cと、背景画像c(背景画像bと同一)の背景差分に基づいて、差分画像cから立体物領域1402が特定される。立体物領域1402は、直前まで検出されていた立体物領域1401と接することから(ステップS803でYes)、立体物領域が変動したと判定される。これに伴い更新部109は操作面画像を図14(d)の背景画像dのように初期化する。図14(d)では、入力画像と背景画像dの背景差分に基づいて、差分画像dから、本全体に対応する立体物領域140

40

50

3 検出される。これにより本は閉じた状態から開いた状態に変わった状態で、新たに操作面の一部に合成され、背景画像が更新される。

【0064】

また図15は、既に載置された立体物の領域が狭まる場合の画像処理の具体例を表す図である。図15では、(a)ユーザが開いた状態の本を操作エリアに載置した段階、(b)ユーザが本のページをめくり閉じ始めた段階、(c)本が閉じられている途中段階、(d)本が閉じられ、手が離れた段階という状態変化を説明する。入力画像aと背景画像aの差分に基づいて、差分画像aから、立体物領域1501が検出される。これにより、背景画像が図15(b)の背景画像bに更新され、ユーザは本に対してタッチ操作などを行うことができるようになる。図15(b)では、入力画像bと背景画像bの差分に基づいて、差分画像bから、ページをめくるユーザの手と、めくられている本の一部が一体となった移動領域が抽出され、孤立領域は検出されない。図15(c)では、入力画像cと背景画像c(背景画像bと同一)との背景差分に基づいて、差分画像cから移動領域が検出される。波線で囲われた領域1502は、直前まで検出されていた立体物領域1501のうち、高さが立体物の高さより低くなった領域である。領域1502の孤立領域1501に対する割合が所定P%に達し(ステップS802でYes)、領域1502と孤立領域1501が接していることから(ステップS803でYes)、ステップS804で、立体物領域は変動したと判定される。図13の場合と同様に、割合の閾値P%の処理の代わりに、領域1502の部分が、移動領域と離れた時点で検出された孤立領域が、直前の立体物領域と接するかを判定する処理に置き換えてもよい。立体物領域の変動があったことから、立体物部分の操作面の三次元位置情報が初期化され、背景画像が図15(d)の背景画像dのように更新される。図15(d)では、入力画像dと背景画像dの背景差分に基づいて、差分画像dから立体物領域1503が検出され、背景画像が更新される。背景画像は操作面の高さ情報を示すため、更新の結果、画像処理装置100では、本に対するタッチ操作を受け付け可能となる。

10

20

【0065】

以上のように、本実施例では、背景差分手法によって抽出した移動領域のうち、操作エリアで孤立している領域を検出し、当該領域の三次元形状を操作面の三次元形状に合成する。これにより、予め用意された操作面だけでなく、ユーザが任意に操作エリアに挿入した立体物に対してのタッチ操作を認識することが可能となる。また、背景差分法を距離情報の次元で行うため、前景に存在する物体と、背景とがいずれも静止していたとしても、前景に存在する物体を移動領域として安定して抽出することができる。また、既に検出済みの立体物が移動したり形状が変化するなど変動した場合は、操作面のうち立体物が存在した部分の三次元位置情報を初期化し、変動が終了した段階で改めて背景を更新する。これにより、変動前の操作面の形状に影響されたタッチ操作の誤検出を低減し、最新の立体物形状に合わせたタッチ操作が検出可能となる。

30

【0066】

第1の実施例では指示物体の一例として、予めユーザの手、及び指先が認識対象として登録されている場合を説明した。しかしながら、本実施例は、例えば差し棒やスタイラスペンのような操作器具を用いる場合にも適用可能である。その場合には、図4のフローチャートのステップS409で物体識別部103は、移動領域が、所定の細さ、あるいは所定の鋭角や形状を有する物体かどうかを判定し、ステップS410で操作位置特定部104は、操作器具の先端部分を操作位置として特定する。

40

【0067】

また前述の通り、認識部106が検出する操作は操作面へのタッチに限らずどのような操作でも良い。ただし本発明は立体物に基づいて操作面の高さを更新するため、操作面からの高さによって変化する操作の認識時に、より高い効果を奏する。例えば操作面に対する高さに基づいて表示されたUIの大きさ、形状を変形させるような操作の認識時に、操作面に対する高さを取得する場合にも利用可能である。また、本実施例では、図2のようなテーブルトップインタフェースの例を挙げたため、操作面の三次元位置情報と、操作位

50



値の三次元位置の関係は、操作面からの高さ閾値の判定として説明した。しかしながら本発明は、例えばホワイトボードや壁などを操作面とするシステムにも適用可能であり、z軸が高さ方向ではなく、鉛直方向に対して角度を有していても構わない。なおここでz軸とは、距離画像センサ116から操作エリア内の各点への距離に支配的な方向の座標軸である。このような場合、変動判定部108はステップS802で孤立領域の変動を検出する時には、一部の領域の高さが低くなるのではなく距離画像センサから遠い(あるいは近い)方向へ変動する事を検出する事になる。

#### 【0068】

##### <実施例2>

実施例1では、画像処理装置100は、距離画像センサ116が撮像した距離画像に基づいて、操作面の三次元形状を取得するものである。それに対して実施例2として、立体物の一部に、距離画像センサ116が距離情報を取得できない範囲が存在した場合でも、その領域に対する操作を実現可能とする場合を説明する。実施例2に係る情報処理システムの外観、ハードウェア構成および機能の構成は、実施例1において図1及び図2を参照して説明したものの同様であるため、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

#### 【0069】

距離画像センサ116のセンサの固有の特性(赤外線、ステレオカメラ等)など、入力画像である距離画像には一部、位置情報が正確に取得できない領域が発生する事がある。ここで図16は、立体物の一部の距離情報が検出されない場合の画像処理の具体例を表す図である。図16(a)はこの場合の入力画像であって、領域1601は入力画像から検出される孤立領域、領域1602は初期状態での操作面である平板201の範囲である。また、領域1603は、移動領域に含まれるが、距離情報を距離画像センサ116から取得出来なかった領域である。この領域は距離情報がないため、更新部109が操作面をこの領域に更新してしまうと、その領域で操作ができなくなる。

#### 【0070】

図17は、距離情報が欠落した領域1603の距離情報を補間する補間処理の一例を表すフローチャートである。実施例2では、ステップS402で移動領域抽出部102が、移動領域を検出したあとに、図17のフローチャートの処理を開始する。まずステップS1701で、移動領域抽出部102が、検出した移動領域に対応する入力画像の画素を1つ選択する処理を行う。ステップS1702で、移動領域抽出部102が、走査している画素A画素Aが距離情報を持つかを判定する。距離情報があると判定された場合(ステップS1702でNo)、ステップS1705に進む。距離情報がないと判定された場合(ステップS1702でYes)、ステップS1703へ進む。ステップS1703では、移動領域抽出部102が、画素Aと同一の移動領域の中で、距離情報を持ち最も近い画素Bを探索する。ステップS1704では、その画素Bの距離の値を画素Aの距離の値にセットする。そしてステップS1705で移動領域中の全ての画素を走査したか否か確認し、未処理の画素があればS1701に戻りその画素を走査する。未処理の画素がなければ処理を終了し、メインフローのステップS404に進む。

#### 【0071】

以上のようにして補間処理を行った画像を図16(b)に示す。1604は距離情報がない領域1603の距離情報が保管された移動領域である。この移動領域1604に基づいて孤立領域検出部107が孤立領域を検出し、更新部109が操作面画像を合成する事で、立体物の中で距離情報が得られなかった領域についても操作する事が可能となる。

#### 【0072】

##### <その他の実施形態>

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。プログラムを供給するための記憶媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディ

10

20

30

40

50

スク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM、DVDなどを用いることができる。

【0073】

また、コンピュータが読み出したプログラムを実行することにより、前述した実施例の機能が実現されるだけではない。そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOperating System(OS)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施例の機能が実現される場合も含まれる。

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに接続された機能拡張ユニットのメモリに書きこまれた後、その機能拡張ユニットのCPUが実際の処理の一部または全部を行い、前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれる。

10

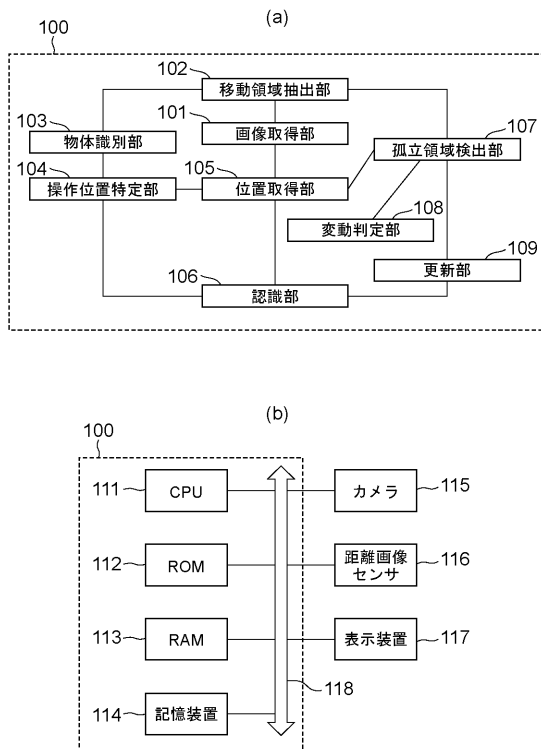
【符号の説明】

【0074】

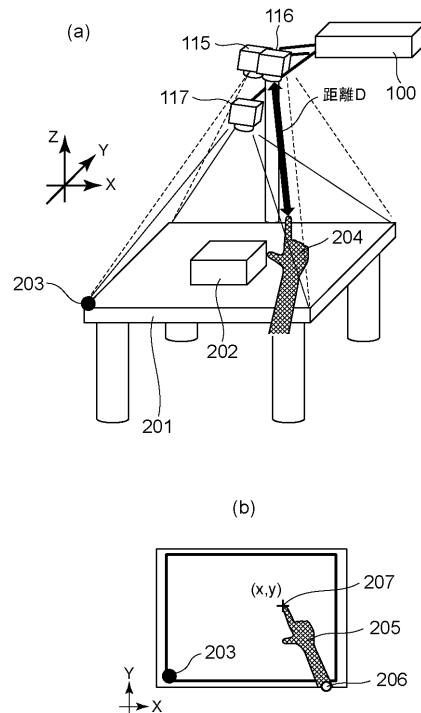
- 101 画像取得部
- 102 移動領域抽出部
- 103 物体識別部
- 104 操作位置特定部
- 105 位置取得部
- 106 認識部
- 107 孤立領域検出部
- 108 変動判定部
- 109 更新部

20

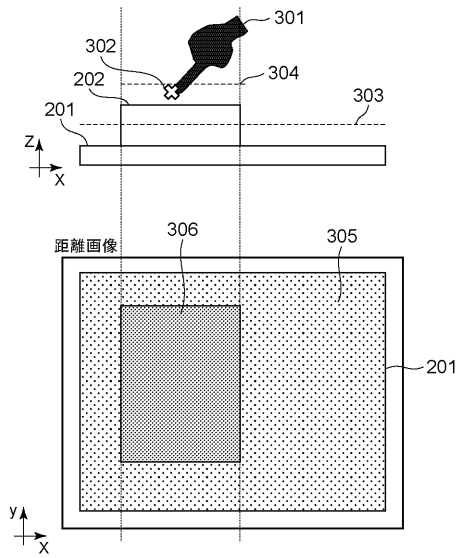
【図1】



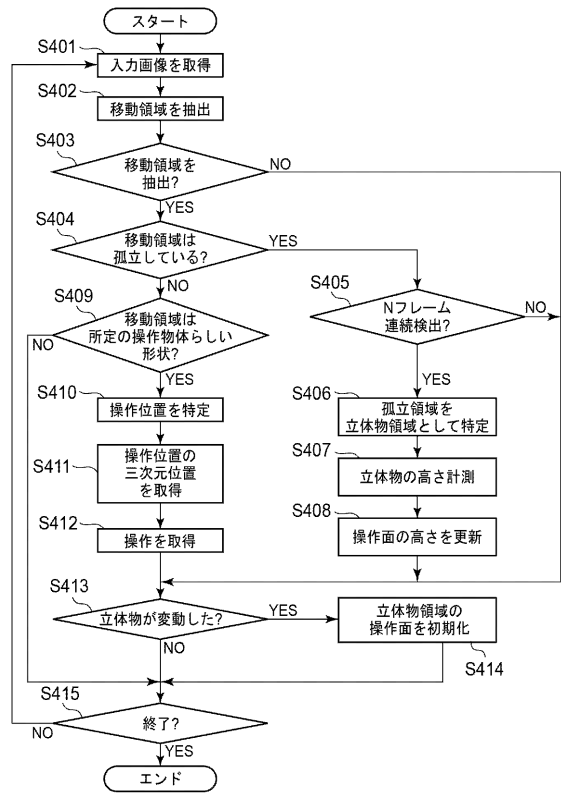
【図2】



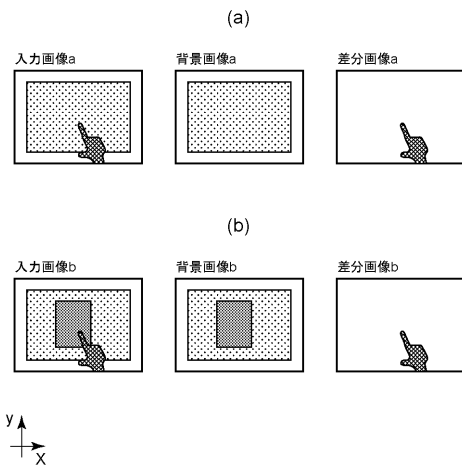
【 図 3 】



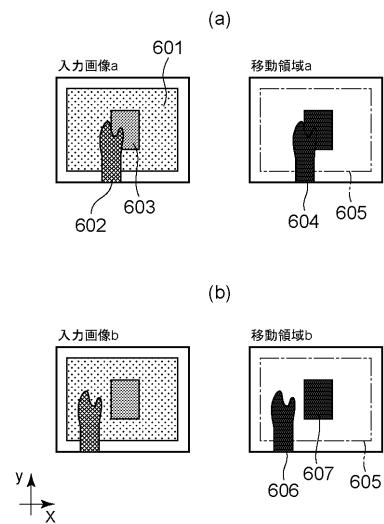
【 図 4 】



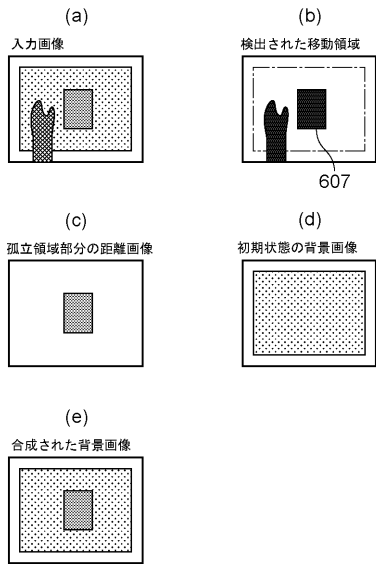
【 図 5 】



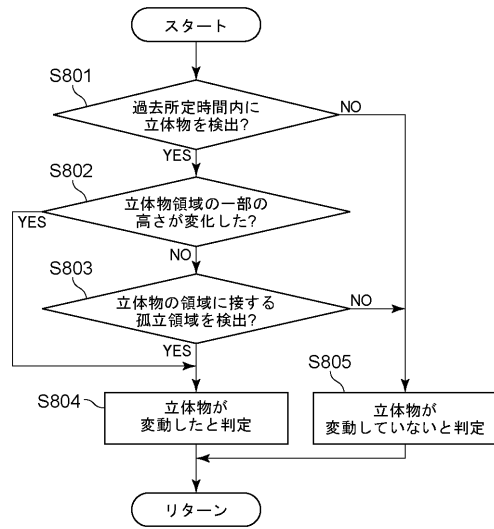
【 図 6 】



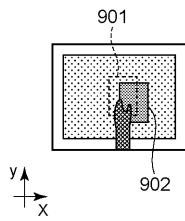
【 図 7 】



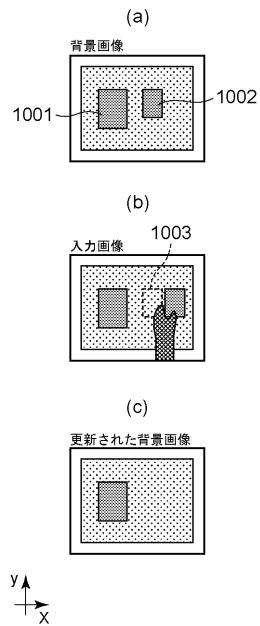
【 図 8 】



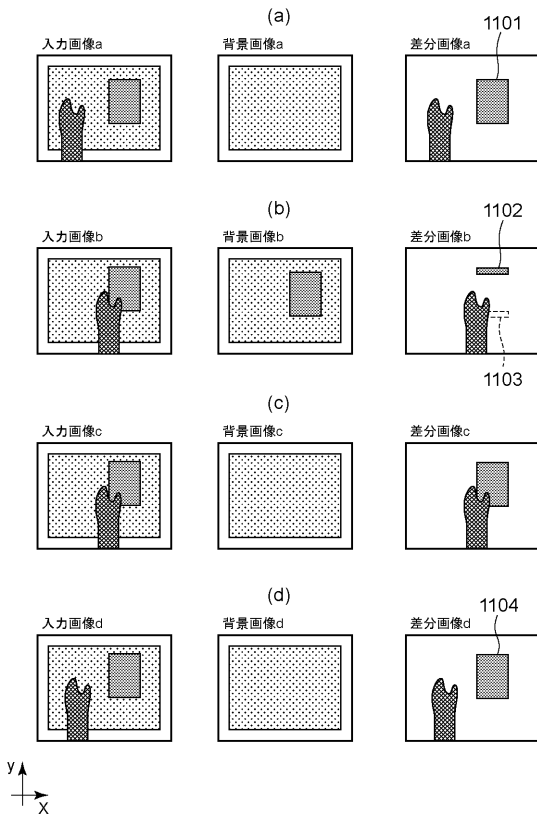
【 図 9 】



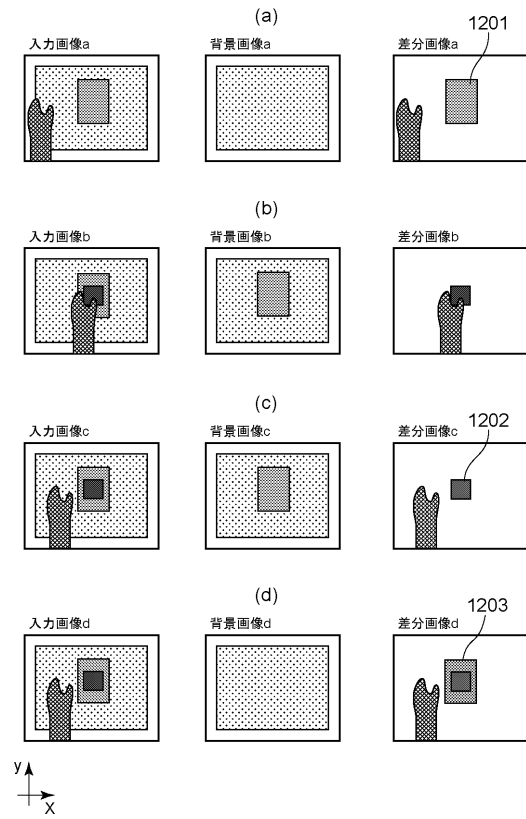
【 図 10 】



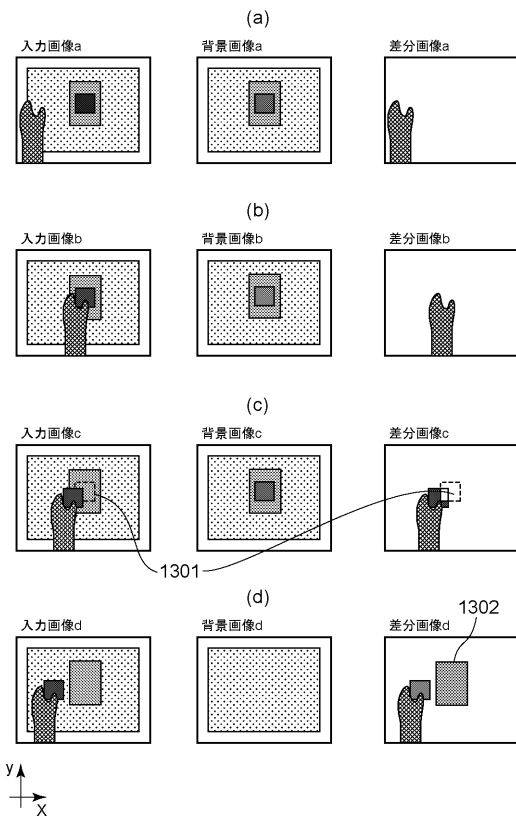
【 図 1 1 】



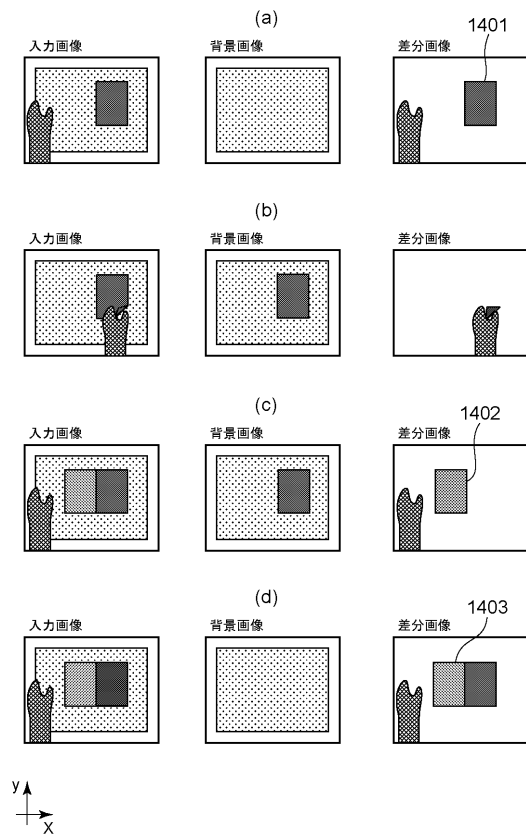
【 図 1 2 】



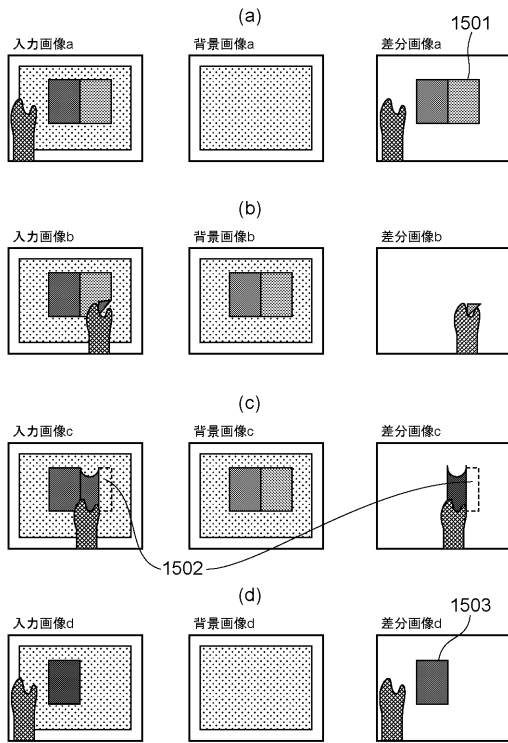
【 図 1 3 】



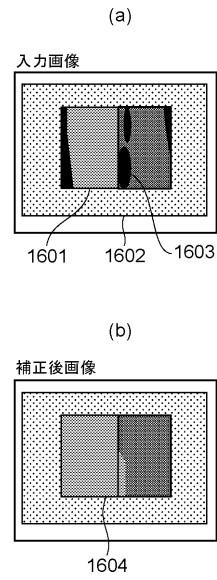
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】

