

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5785664号
(P5785664)

(45) 発行日 平成27年9月30日(2015.9.30)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl. F I
G 0 6 T 7 / 0 0 (2006.01) G 0 6 T 7 / 0 0 3 0 0 D

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-532201 (P2014-532201)	(73) 特許権者	591003943 インテル・コーポレーション
(86) (22) 出願日	平成23年9月30日(2011.9.30)		アメリカ合衆国 95054 カリフォル ニア州・サンタクララ・ミッション カレ ッジ ブレーバード・2200
(65) 公表番号	特表2014-528135 (P2014-528135A)	(74) 代理人	110000877 龍華国際特許業務法人
(43) 公表日	平成26年10月23日(2014.10.23)	(72) 発明者	フ、ウェイ アメリカ合衆国 95054 カリフォル ニア州・サンタクララ・ミッション カレ ッジ ブレーバード・2200 インテル ・コーポレーション内
(86) 国際出願番号	PCT/CN2011/001661		
(87) 国際公開番号	W02013/044418		
(87) 国際公開日	平成25年4月4日(2013.4.4)		
審査請求日	平成26年4月25日(2014.4.25)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 深度画像における人の頭部の検出

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像において人の頭部を検出する方法であって、
深度画像を受信することと、

前記深度画像のピクセルにテンプレートを適用することであって、前記深度画像における人の頭部のロケーションを決定することと、を含み、

前記テンプレートは、円形状領域と、該円形状領域を取り囲む第1の環形状領域とを含み、前記円形状領域は、第1の複数の深度値を指定し、前記第1の環形状領域は、第2の複数の深度値を指定し、該第2の複数の深度値は、前記第1の複数の深度値よりも大きな深度値を含み、

前記テンプレートを前記深度画像のピクセルに適用することは、前記深度画像内の複数の前景ピクセルの各々について、前記テンプレートの深度値を、前記前景ピクセルを取り囲む近傍の一群のピクセルの深度値と比較することにより、前記テンプレートを前記深度画像内の複数の前景ピクセルとマッチングすることを含む、

方法。

【請求項 2】

前記テンプレートは、前記第1の環形状領域を取り囲む第2の環形状領域を指定し、該第2の環形状領域は、第3の複数の深度値を指定し、該第3の複数の深度値は、前記第2の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

10

20

前記第 1 の複数の深度値は、前記テンプレートにおける前記円形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、前記第 2 の複数の深度値は、前記テンプレートにおける前記第 1 の環状形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、前記第 3 の複数の深度値は、前記テンプレートにおける前記第 2 の環状形状領域内に存在する点にのみ関連付けられている、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の環状形状領域の半径は、前記円形状領域の半径の 1.25 倍の値を有し、前記第 2 の環状形状領域の半径は、前記第 1 の環状形状領域の前記半径の前記値の 1.25 倍の値を有する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記テンプレートの深度値を前記近傍の一群のピクセルの深度値と比較することは、前記前景ピクセルの第 1 の一群の近傍ピクセルを前記円形状領域に関連付けるとともに、前記前景ピクセルの第 2 の一群の近傍ピクセルを前記第 1 の環状形状領域に関連付けることと、前記第 1 の一群の近傍ピクセルの深度値を前記円形状領域の深度値と比較することと、前記第 2 の一群の近傍ピクセルの深度値を前記第 1 の環状形状領域の深度値と比較することと、を含む、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記深度画像における前記人の頭部の前記ロケーションを決定することは、前記人の頭部に関連付けられた前記深度画像の前景ピクセルを決定することと、前記前景ピクセル上にセンタリングされた円の半径を決定することとを含む、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

人の頭部を検出するシステムであって、深度画像を受信することと、前記深度画像のピクセルにテンプレートを適用して、前記深度画像における人の頭部のロケーションを決定する処理手段を備え、前記テンプレートは、円形状領域と、該円形状領域を取り囲む第 1 の環状形状領域とを含み、前記円形状領域は、第 1 の複数の深度値を指定し、前記第 1 の環状形状領域は、第 2 の複数の深度値を指定し、該第 2 の複数の深度値は、前記第 1 の複数の深度値よりも大きな深度値を含み、前記テンプレートを前記深度画像のピクセルに適用することは、前記深度画像内の複数の前景ピクセルの各々について、前記テンプレートの深度値を、前記前景ピクセルを取り囲む近傍の一群のピクセルの深度値と比較することにより、前記テンプレートを前記深度画像内の複数の前景ピクセルとマッチングすることを含む、システム。

【請求項 8】

前記テンプレートは、前記第 1 の環状形状領域を取り囲む第 2 の環状形状領域を指定し、該第 2 の環状形状領域は、第 3 の複数の深度値を指定し、該第 3 の複数の深度値は、前記第 2 の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記第 1 の複数の深度値は、前記テンプレートにおける前記円形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、前記第 2 の複数の深度値は、前記テンプレートにおける前記第 1 の環状形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、前記第 3 の複数の深度値は、前記テンプレートにおける前記第 2 の環状形状領域内に存在する点にのみ関連付けられている、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記第 1 の環状形状領域の半径は、前記円形状領域の半径の 1.25 倍の値を有し、

10

20

30

40

50

前記第 2 の環状形状領域の半径は、前記第 1 の環状形状領域の前記半径の前記値の 1 . 2 5 倍の値を有する、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 1 1】

前記テンプレートの深度値を前記近傍の一群のピクセルの深度値と比較するために、前記処理手段は、

前記前景ピクセルの第 1 の一群の近傍ピクセルを前記円形形状領域に関連付け、

前記前景ピクセルの第 2 の一群の近傍ピクセルを前記第 1 の環状形状領域に関連付け、

前記第 1 の一群の近傍ピクセルの深度値を前記円形形状領域の深度値と比較し、

前記第 2 の一群の近傍ピクセルの深度値を前記第 1 の環状形状領域の深度値と比較する

、

請求項 7 から 1 0 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 2】

前記深度画像における前記人の頭部の前記ロケーションを決定することは、前記人の頭部に関連付けられた前記深度画像の前景ピクセルを決定することと、前記前景ピクセル上にセンタリングされた円の半径を決定することを含む、請求項 7 から 1 1 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 3】

前記深度画像を記憶するデータベースを更に備える請求項 7 から 1 2 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 1 4】

コンピュータにより実行されることにより、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の方法を実行するコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

深度撮像技術は、ここ数年の間に劇的に進歩した。深度画像内のピクセルは、強度又は色という尺度ではなく、シーンにおける校正された深度を示す。深度画像は、人間等の物体のより正確な検出を可能にする。さらに、人の頭部の検出又は定位は、肩、胴、腕、及び脚等の画像内の人体の他の部分の検出を助けることができる。

【0002】

色に基づく方法及び顔検出器に基づく方法のような人の頭部の位置を特定する現在の手法のほとんどは、色情報又はグレースケール強度情報のいずれかを利用する。その上、顔検出技法は、被写体がカメラの方を向いていないときは役に立たない。肌色検出技法は、身体の他の部分を突き止めるのに役立つ場合があるが、そのような技法は、変動する照明に適應するのが困難である。深度情報にのみ基づいた人体部分検出における最近の試みは、被写体の両手が握られているとき及び/又は被写体の頭部が別の身体部分によって部分的に若しくは完全に遮られているとき(例えば、被写体が前かがみになっているときに起こる場合がある)に問題となる。加えて、物体検出器をトレーニングするのに、従来の深度に基づく技法は、取得するのが困難である詳細な 3 D の人の姿勢画像を必要とする傾向がある。

【0003】

本明細書において説明されるマテリアルは、添付した図において、限定としてではなく例として示されている。説明を簡単かつ明瞭にするために、図に示した要素は、必ずしも一律の縮尺で描かれているものではない。例えば、幾つかの要素の寸法は、明瞭にするために、他の要素に比べて誇張されている場合がある。さらに、適切と考えられる場合には、対応する要素又は類似の要素を示すのに、参照符号が図の間で繰り返されている。

【図面の簡単な説明】

【0004】

【図 1】一例示の頭部検出システムの説明図である。

【0005】

10

20

30

40

50

【図2】一例示の頭部検出プロセスのフローチャートである。

【0006】

【図3】一例示の頭部検出テンプレートを示す図である。

【0007】

【図4】一例示の頭部検出モデルの説明図である。

【図5】一例示の頭部検出テンプレートを示す図である。

【0008】

【図6】一例示の頭部検出プロセスのフローチャートである。

【0009】

【図7】一例示のシステムの説明図であり、上記の図は全て、本開示の少なくとも幾つかの実施態様に従って構成されている。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

ここでは、同封された図を参照して1つ若しくは複数の実施形態又は実施態様を説明する。特定の構成及び装置が論述されるが、これは、例示の目的でのみなされていることが理解されるべきである。当業者であれば、この説明の趣旨及び範囲から逸脱することなく他の構成及び配置を用いることができることを認識するであろう。本明細書において説明する技法及び/又は配置は、本明細書において説明するもの以外の他の様々なシステム及びアプリケーションにおいても用いることができることが当業者には明らかであろう。

【0011】

20

以下の説明は、例えば、システムオンチップ(SoC)アーキテクチャ等のアーキテクチャにおいて顕在化させることができる様々な実施態様を記載しているが、本明細書において説明する技法及び/又は装置の実施態様は、特定のアーキテクチャ及び/又はコンピューティングシステムに制限されるものではなく、同様の目的の任意のアーキテクチャ及び/又はコンピューティングシステムによって実施することができる。例えば複数の集積回路(IC)チップ及び/又はパッケージを用いる、例えば様々なアーキテクチャ、及び/又はセットトップボックス、スマートフォン等の様々なコンピューティングデバイス及び/又はコンシューマ家電(CE)デバイスが、本明細書において説明する技法及び/又は装置を実施することができる。さらに、以下の説明は、システム構成要素のロジックの実施態様、タイプ、及び相互関係、ロジックの分割/統合の選択肢等の多数の特定の詳細を記載している場合があるが、特許請求される主題は、そのような特定の詳細がなくても実施することができる。それ以外の場合に、例えば、制御構造及び全ソフトウェア命令シーケンス等の幾つかのマテリアルは、本明細書に開示するマテリアルを分かりにくくしないように詳細に示されていない場合がある。

30

【0012】

本明細書に開示するマテリアルは、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、又はそれらの任意の組み合わせで実施することができる。本明細書に開示するマテリアルは、1つ又は複数のプロセッサが読み出して実行することができる機械可読媒体上に記憶された命令として実施することもできる。機械可読媒体は、機械(例えば、コンピューティングデバイス)によって可読な形態で情報を記憶又は伝送するための任意の媒体及び/又はメカニズムを含むことができる。例えば、機械可読媒体は、読み出し専用メモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、電気的形態、光学的形態、音響的形態、又は他の形態の伝播信号(例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号等)等を含むことができる。

40

【0013】

本明細書において「1つの実施態様」、「一実施態様」、「一例示の実施態様」等というとき、これは、説明される実施態様が、特定の特徵、構造、又は特性を含む場合があるが、あらゆる実施態様が、その特定の特徵、構造、又は特性を必ずしも含むとは限らないことを示す。その上、そのようなフレーズは、必ずしも同じ実施態様を指しているとは限らない。さらに、特定の特徵、構造、又は特性が一実施態様に関して説明されているとき

50

、本明細書において明示的に説明されているか否かを問わず、他の実施態様に関してもそのような特徴、構造、又は特性が有効であることが当業者には知られていると考えられる。

【0014】

図1は、本開示による一例示のシステム100を示している。様々な実施態様では、システム100は、頭部検出モジュール102、データベース104、及びネットワーク106を備えることができる。以下でより詳細に説明するように、検出モジュール(HDM)102は、前景部分110(例えば、人間の画像の形態)、及び背景部分112を含む深度画像108を受信することができる。様々な実施態様では、様々なよく知られた技法(例えば、Azriel Rosenfeld及びJohn L. Pfaltz「Sequential Operations in Digital Picture Processing」(J. ACM, vol. 13, no. 4, pp. 471-494, October 1966)参照)を用いて深度画像108を前処理し、画像108を前景部分110及び背景部分112にセグメンテーションしておくことができ、及び/又は前景部分110を人体の画像として識別しておくことができる。

10

【0015】

様々な実施態様では、HDM102は、深度画像108及び頭部テンプレート114を受信することができる。HDM102は、次に、以下でより詳細に説明する頭部検出プロセスを適用して、テンプレート114を用いて深度画像108内の人の頭部を検出してその位置を特定することができる。様々な実施態様では、HDM102は、深度画像108を直接受信することができ、深度画像108をネットワーク106を介して受信することができ、及び/又は深度画像108をデータベース104から直接若しくはネットワーク106を介して受信することができる。同様の可能性は、頭部テンプレートの受信にも当てはまる。様々な実施態様では、HDM102は、データベース104に直接又はネットワーク106を介して記憶される、検出された頭部の中心に対応する深度画像内のピクセルロケーションと、検出された頭部の半径値とを含む、頭部検出プロセスの結果を提供することができる。

20

【0016】

様々な実施態様では、深度画像108は、クロミナンス強度データ値及び/又はルミナンス強度データ値と、深度データ値とを指定するピクセルを含むモノクロ深度画像又はカラー深度画像とすることができる。例えば、深度画像は、画像ピクセル位置(x, y)における画像強度値(例えば、ルミナンス値)の2次元(2D)アレイを含むことができ、各ピクセル位置は深度(z)値も含む。さらに、深度画像108は、任意の解像度及び/又はアスペクト比を有することができる。本開示は、深度画像108に関連付けられたどの特定のデータフォーマット、画像解像度、画像アスペクト比等にも限定されるものではない。加えて、ネットワーク106は、任意のタイプのネットワークとすることができ、無線及び/又は有線のネットワーク技術の任意の組み合わせを含むことができる。例えば、非限定的な例では、ネットワーク106は、インターネット等のワイドエリアネットワーク(WAN)と組み合わせた1つ又は複数の無線ローカルエリアネットワーク(LAN)を含むことができる。

30

【0017】

HDM102は、任意のコンピューティングシステムによって提供することができる。例えば、深度画像108のキャプチャも行ったコンピューティングシステムが、HDM102を提供することができる。他の実施態様では、HDM102は、画像108をキャプチャした任意のデバイスに対してリモートとすることができる。例えば、リモートサーバーコンピューティングシステムの1つ又は複数のプロセッサコアが、HDM102を提供することができる。さらに、ハードウェアロジック、ソフトウェアロジック、及び/又はファームウェアロジック、又はそれらの任意の組み合わせを含む任意のタイプのロジックが、HDM102を提供することができる。

40

【0018】

図2は、本開示の様々な実施態様による、深度画像において頭部を検出するための一例

50

示のプロセス200のフロー図を示している。プロセス200は、図2のブロック202、204、206、208、210、及び212のうちの1つ又は複数によって示される1つ又は複数の動作、機能、又はアクションを含むことができる。非限定的な例として、本明細書では、プロセス200は、図1の例示のシステム100を参照して説明される。

【0019】

プロセス200は、深度画像108内の前景ピクセルを選択することができるブロック202において開始することができる。例えば、図1を参照すると、ブロック202の深度画像108をよく知られた技法を用いて前処理して、深度画像のピクセルを、背景部分112又は前景部分110のいずれかに属するものとして指定しておくことができる。加えて、この前処理は、部分110を人体として識別しておくことができる。このように、

10

【0020】

ブロック204において、ブロック202において選択された前景ピクセルが身体境界に隣接しているか否かについての判断を行うことができる。例えば、図1において、身体境界線120内に存在するピクセル118は、前景ピクセルとして指定されるのに対して、身体境界線120の外側に存在するピクセル122は、背景ピクセルとして指定される。次に、ブロック204は、選択された前景ピクセルが身体境界の近くにあるか又は身体境界に接しているか否かを判断することを含むことができる。様々な非限定的な実施態様では、ブロック202において選択された前景ピクセルを身体境界から離れたピクセルが

20

【0021】

ブロック204の結果、ブロック202において選択されたピクセルが身体境界に隣接していると判断された場合、プロセス200は、ブロック202にループバックすることができ、次の前景ピクセルを選択することができ、そのピクセルを用いて、ブロック204の別の反復に着手することができる。一方、ブロック204の結果、ブロック202において選択されたピクセルが身体境界に隣接していないと判断された場合、プロセス200は、ブロック206に続くことができ、このブロックにおいて、選択された前景ピクセルに頭部テンプレート114を適用してテンプレートマッチングを実行することができる。

30

【0022】

様々な実施態様では、ブロック206において適用された頭部テンプレート114は、当該テンプレート内の各点が深度画像内の1つのピクセルロケーションに対応するように、深度画像108のピクセルアレイのピッチと一致するピッチ及び向きを有する点のアレイを含むことができる。他の実施態様では、頭部テンプレート114のピッチは、深度画像のピッチの整数倍とすることができる。加えて、頭部テンプレートは、任意のサイズ及び/又は形状を有することができる。

【0023】

さらに、頭部テンプレートのサイズは、頭部テンプレート114が深度画像108に適用されるように適合することができる。例えば、以下の非限定的な例示の実施態様では、頭部テンプレート114は、画像108に適用されるとき、深度画像108内の9つのピクセルロケーションに及ぶのに十分な初期直径を有するとともに合計53個の点を有する直径の円形状アレイとして説明することができるが、頭部テンプレート114は、任意の数のピクセルに及ぶことができるように直径が変化することができる。図3は、本開示の様々な実施態様による一例示の頭部テンプレート114の全体形状300を示している。この例では、テンプレート114は、形状が円形であり、53個の点302(中心点304を含む)のアレイを含むような初期半径Rを有する。ここで、アレイ302は、画像108のピクセルアレイと同じピッチ及び向きを有する。

40

【0024】

様々な実施態様では、頭部テンプレート114は、投影モデルを基準にして作成するこ

50

とができる。例えば、図4は、本開示の様々な実施態様による基準投影モデル400を示している。図4は、モデル400の2つのビュー402及び404を示している。ビュー402では、半径Rを有するとともに人の頭部をモデル化した球形物体406が、例えば、深度画像108の画像平面を表すビュー平面408に対して側面から見たように示されている。ビュー404では、物体406は、ビュー平面410の視点から示されている。ビュー402及び404の双方において、縦座標Z（ビュー平面410に対して直交している）は、ビュー平面410からの増加する深度又距離を表す。

【0025】

図4は、物体406の表面上の幾つかの点A、B、及びCと、ビュー平面410上のこれらの点の対応する投影A'、B'、及びC'を示している。点Cは、ビュー平面410 10
に対する物体406上の最も近い点を表し、点Aは、最も遠い可視点を表し、点Bは、点Aと点Cとの間の中間の深度又は距離を有するロケーションを表している。投影点B'とC'との間の距離はrによって示されている。距離AA'がMであると仮定すると、距離CC'はM-Rであり、B'に関連付けられた深度値は、以下の式を用いて計算することができる。

【数1】

$$B'_{depth} = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{R} \quad (1)$$

式(1)を用いると、深度画像のビュー平面410上に投影された球の表面上の任意の 20
点の深度、したがって、深度画像ビュー平面上のその点の投影に関連付けられた深度値を決定することができる。

【0026】

しかしながら、一般に、深度画像における人の頭部の中心部分の方が画像ビュー平面に近く、頭部の周縁部分の方がビュー平面から幾分遠いこと、及び画像の背景部分（例えば、頭部でない身体部分、背景物体等）の方が、ビュー平面から更に離れていることを認識することができる。これを考慮に入れると、様々な実施態様による頭部テンプレートは、各円に関連付けられた異なる深度値を有する3つの同心領域を含むように指定することができる。

【0027】

例えば、様々な実施態様では、頭部テンプレート207の構造は、3つの同心円形状領域及び/又は環状形状領域のセットとして指定することができる。図5は、本開示の様々な実施態様による深度画像平面の視点から見た頭部テンプレートモデル500を示している。例えば、頭部テンプレート114は、頭部テンプレートモデル500に基づくことができる。図5に示すように、頭部テンプレートモデル500は、円内部領域（IR）502、環状形状中央領域（MR）504、及び環状形状外部領域（OR）506の3つの領域を備える。

【0028】

一般に、人の頭部は、80mm～150mmの範囲の半径R_Hを有することができる。画像ビュー平面における頭部の半径の投影は、R_pで示すことができる。モデル500に 40
おいて、内部領域IRは、頭部の中心を表し、R_c = (4/5)・R_pの半径を有し、環状形状中央領域MRは、頭部の周縁領域を表し、環状形状外部領域ORは、頭部に隣接する領域を表し、(5/4)・R_pの半径を有する。換言すれば、領域MRは、領域IRの半径の1.25倍の大きさの半径を有することができ、さらに、領域ORは、領域MRの半径の1.25倍の大きさの半径を有することができる。

【0029】

M(x, y)がモデルの中心を表すものとする、M(i, j)は、M(x, y)までの距離を

【数 2】

$$d = \sqrt{(i-x)^2 + (j-y)^2}$$

によって提供することができるモデル上の点を表す。以下の式は、異なる領域 IR、MR、及び OR 内の任意の点 M (i , j) の深度値を決定するのに用いることができる。

【数 3】

$$M(i,j) \in IR \text{ の場合: } \left\{ \frac{\sum_{d \leq R_c} \sqrt{R_p^2 - d^2} / R_p}{\text{Num}(IR) \cdot \left(\sum_{d \leq R_c} \left(\sqrt{R_p^2 - d^2} / R_p \right) + \sum_{R_c < d \leq R_p} \left(\sqrt{R_p^2 - d^2} / R_p \right) \right)} \right\} \quad (2)$$

10

$$M(i,j) \in MR \text{ の場合: } \left\{ \frac{\sum_{R_c < d \leq R_p} \left(\sqrt{R_p^2 - d^2} / R_p \right)}{\text{Num}(MR) \cdot \left(\sum_{d \leq R_c} \left(\sqrt{R_p^2 - d^2} / R_p \right) + \sum_{R_c < d \leq R_p} \left(\sqrt{R_p^2 - d^2} / R_p \right) \right)} \right\} \quad (3)$$

$$M(i,j) \in OR \text{ の場合: } \frac{-1}{\text{Num}(OR)} \quad (4)$$

20

式中、Num (X) は、対応する領域 X 内のテンプレート点の総数を表す。

【0030】

ブロック 206 の論述を続けると、テンプレートマッチングは、頭部テンプレートを選択されたピクセルロケーション (例えば、テンプレートモデルにおける点 M (x , y) に対応する) 上にセンタリングし、次いで、選択されたピクセルの近傍のピクセルの深度値を、それぞれ式 (2)、(3)、及び (4) を用いて求められた異なる領域 IR (502)、MR (504)、及び OR (506) 内のテンプレート深度値と比較することによって、頭部テンプレートを選択された前景ピクセルに適用することを含むことができる。

【0031】

図 6 は、本開示の様々な実施態様によるプロセス 200 のブロック 206 のフロー図 600 を更に詳細に示している。プロセス 600 は、図 6 のブロック 602、604、606、608、及び 610 のうちの 1 つ又は複数によって示されているような 1 つ又は複数の動作、機能、又は行為を含むことができる。

30

【0032】

プロセス 600 は、頭部テンプレート 114 を選択された前景ピクセル 601 上にセンタリングすることができるブロック 602 において開始することができる。ブロック 604 において、前景ピクセル 601 (以下、I (i , j) で示す) について、テンプレート半径を最小値 (min R) から最大値 (max R) に所定のステップサイズで変更させ、以下の式を用いてサンプル半径 R_p を決定することができる。

【数4】

$$d = \sqrt{(i-x)^2 + (j-y)^2}$$

$$th_{inner} = \frac{\left(\sum_{d \leq R_c} I(i,j) \right)}{Num(IR)}$$

$$th_{mid} = \frac{\left(\sum_{R_c < d \leq R_p} I(i,j) \right)}{Num(MR)}$$

$$th = \frac{(th_{inner} \cdot Num(IR) + th_{mid} \cdot Num(MR))}{(Num(IR) + Num(MR))} \quad (5)$$

10

式中、閾値 th_{inner} 、 th_{mid} 、及び th の値が、サンプル半径を決定する。

【0033】

ブロック604において求められたサンプル半径を用いると、プロセス600は、選択された前景ピクセルの近傍のピクセル（ピクセル

【数5】

$$\left\{ (i,j) \mid \sqrt{(i-x)^2 + (j-y)^2} \leq R_p + R_p/4 \right\}$$

に対応する)を異なるテンプレート領域に関連付けるか又は異なるテンプレート領域間に分割することができるブロック606に続くことができる。様々な実施態様では、ブロック606は、以下の式を用いて着手することができる。

20

【数6】

$$IR_p = \{ I(i,j) \mid d \leq R_c \ \& \ I(i,j) > th_{inner} \}$$

$$MR_p = \{ I(i,j) \mid R_c < d \leq R_p \ \& \ I(i,j) \geq th \}$$

$$OR_p = \{ I(i,j) \mid R_p < d \leq (R_p + R_p/4) \ \& \ I(i,j) \geq th \}$$

(6)

【0034】

ブロック608において、マッチングスコアは、複数の異なる領域に関連付けられたテンプレート深度値と、選択された前景ピクセル及び式(6)を用いて領域に関連付けられた近傍ピクセルの深度値とに基づいて決定することができる。様々な実施態様では、ブロック608は、以下の式を用いて着手することができる。

30

【数7】

$$H(x,y) = \left(\begin{array}{l} \sum_{I(i,j) \in IR_p} I(i,j) \cdot depth(M(x,y)) + \sum_{I(i,j) \in MR_p} I(i,j) \cdot depth(M(x,y)) \\ + \sum_{I(i,j) \in OR_p} I(i,j) \cdot depth(M(x,y)) \end{array} \right) / SUM \quad (7)$$

40

式中、

【数8】

$$SUM = \sum_{I(i,j) \in IR_p} I(i,j) + \sum_{I(i,j) \in MR_p} I(i,j) + \sum_{I(i,j) \in OR_p} I(i,j) \quad (8)$$

である。プロセス600は、次に、マッチングスコア ($H(x,y)$) 及びサンプルテンプレート半径 (R_p) を選択された前景ピクセル601用に提供することができるブロック610において終了することができる。

【0035】

図2の論述に戻って、プロセス200は、ブロック206においてテンプレートマッチングを実行すると、処理するための追加の前景ピクセルを選択するか否かの判断を伴う

50

ロック 208 に続くことができる。例えば、プロセス 200 は、深度画像 108 内の全ての前景ピクセルについて着手することができる。したがって、処理するための追加の前景ピクセルが残っている場合、ブロック 208 の結果、判断は肯定的になる場合があり、プロセス 200 は、ループバックして、別の前景ピクセルについてブロック 202 ~ 206 に着手することができる。

【0036】

一方、ブロック 208 の結果、判断が否定的になった場合、プロセス 200 は、ブロック 210 に続くことができ、このブロックにおいて、頭部のロケーション及び半径を識別することができる。様々な実施態様では、ブロック 210 は、ブロック 206 において処理された前景ピクセルごとに求められた全てのマッチングスコア ($H(x, y)$) を比較

10

【数 9】

$$H = \max_{(x,y) \in I, R_p \in [\min R, \max R]} (H(x,y)) \quad (9)$$

検出された頭部のロケーションの中心は、この場合、最も高い又は最もよく一致したスコアを有する前景ピクセルのロケーションに対応することができ、関連付けられた半径 R_p は、検出された頭部の半径に対応し得る。

【0037】

プロセス 200 は、次に、頭部のロケーション及び半径の値を記憶することができるブロック 212 において終了することができる。例えば、頭部検出モジュール 102 は、ブロック 202 ~ 210 に着手すると、頭部のロケーション及び半径の値をデータベース 104 に記憶することができる。

20

【0038】

様々な実施態様では、プロセス 200 は、深度画像の前景部分にわたってテンプレートをスキャンすることによって、一連の前景ピクセルに対して実行することができる。幾つかの実施態様では、そのようなスキャンは、画像の各前景ピクセルをスキャンすることを含むことができる。他の実施態様では、そのようなスキャンは、一部の前景ピクセルのみが処理されるスパースグリッド手法を用いて着手することができる。例えば、様々な非限定的な例では、1つおきの前景ピクセルのみ、5つごとの前景ピクセルのみ、10個ごとの前景ピクセルのみ等を、プロセス 200 を用いてサンプリング又は処理することができる。

30

【0039】

図 2 及び図 6 に示すような例示のプロセス 200 及び 600 の実施態様は、示された順序で図示した全てのブロックを行うことを含むことができるが、本開示は、この点に限定されるものではなく、様々な例では、プロセス 200 及び 600 の実施態様は、図示した全てのブロックのサブセットのみを行うこと、及び / 又は示したものと異なる順序で行うことを含むことができる。

【0040】

加えて、図 2 及び図 6 のプロセス及び / 又はブロックのうちの任意の 1 つ又は複数は、1 つ又は複数のコンピュータープログラム製品によって提供される命令にตอบสนองして行うことができる。そのようなプログラム製品は、例えば、1 つ又は複数のプロセッサコアによって実行されると、本明細書において説明した機能を提供することができる命令を提供する信号担持媒体を含むことができる。コンピュータープログラム製品は、任意の形式のコンピューター可読媒体において提供することができる。したがって、例えば、1 つ又は複数のプロセッサコアを含むプロセッサは、コンピューター可読媒体によってプロセッサに搬送される命令にตอบสนองして、図 2 及び図 6 に示すブロックのうちの 1 つ又は複数を行うことができる。

40

【0041】

図 7 は、本開示による一例示のシステム 700 を示している。システム 700 は、本明

50

細書において議論した様々な機能の一部又は全てを実行するのに用いることができ、本開示の様々な実施態様による、本明細書において開示したプロセスを実施することができる任意のデバイス又はデバイスの集合体を備えることができる。例えば、システム700は、デスクトップ、移動コンピューター又はタブレットコンピューター、スマートフォン、セットトップボックス等のコンピューティングプラットフォーム又はデバイスの選択された構成要素を含むことができるが、本開示は、この点に限定されるものではない。幾つかの実施態様では、システム700は、CEデバイス用のIntel（登録商標）アーキテクチャ（IA）に基づくコンピューティングプラットフォーム又はSoCとすることができる。本明細書において説明した実施態様は、本開示の範囲から逸脱することなく、代替の処理システムとともに用いることができることが当業者によって容易に認識されるであろう。

10

【0042】

システム700は、1つ又は複数のプロセッサコア704を有するプロセッサ702を備える。プロセッサコア704は、少なくとも部分的にソフトウェアを実行し及び/又はデータ信号を処理することができる任意のタイプのプロセッサロジックとすることができる。様々な例では、プロセッサコア704は、CISCプロセッサコア、RISCマイクロプロセッサコア、VLIWマイクロプロセッサコア、及び/又は命令セットの任意の組み合わせを実装する任意の数のプロセッサコア、又はデジタル信号プロセッサ若しくはマイクロコントローラー等の他の任意のプロセッサデバイスを含むことができる。

【0043】

プロセッサ702は、例えば、ディスプレイプロセッサ708及び/又はグラフィックスプロセッサ710によって受信された命令を制御信号及び/又はマイクロコードエントリーポイントにデコードするのに用いることができるデコーダー706も備える。コア（複数の場合もある）704とは別個の構成要素としてシステム700に示されているが、当業者であれば、コア（複数の場合もある）704のうちの1つ又は複数が、デコーダー706、ディスプレイプロセッサ708、及び/又はグラフィックスプロセッサ710を実施することができることを認識することができる。幾つかの実施態様では、プロセッサ702は、図2及び図6に関して説明した例示のプロセスを含む、本明細書において説明したプロセスのうちの任意のものを行うように構成することができる。さらに、制御信号及び/又はマイクロコードエントリーポイントにตอบสนองして、デコーダー706、ディスプレイプロセッサ708、及び/又はグラフィックスプロセッサ710は、対応する動作を実行することができる。

20

30

【0044】

処理コア（複数の場合もある）704、デコーダー706、ディスプレイプロセッサ708、及び/又はグラフィックスプロセッサ710は、システム相互接続716を通じて互いに及び/又は様々な他のシステムデバイスと通信可能に及び/又は動作可能に結合することができる。これらの様々な他のシステムデバイスは、例えば、メモリコントローラー714、オーディオコントローラー718、及び/又は周辺装置720を含むことができるが、これらに限定されるものではない。周辺装置720は、例えば、統一シリアルバス（USB：unified serial bus）ホストポート、周辺機器相互接続（PCI）エクスプレスポート、シリアル周辺インターフェース（SPI）インターフェース、拡張バス、及び/又は他の周辺装置を含むことができる。図7は、相互接続716によってデコーダー706並びにプロセッサ708及び710に結合されたものとしてメモリコントローラー714を示しているが、様々な実施態様では、メモリコントローラー714は、デコーダー706、ディスプレイプロセッサ708、及び/又はグラフィックスプロセッサ710に直接結合することができる。

40

【0045】

幾つかの実施態様では、システム700は、図7に図示していない様々なI/OデバイスとI/Oバス（同様に図示せず）を介して通信することができる。そのようなI/Oデバイスは、例えば、ユニバーサル非同期受信機/送信機（UART）デバイス、USBデ

50

バイス、I/O拡張インターフェース、又は他のI/Oデバイスを含むことができるが、これらに限定されるものではない。様々な実施態様では、システム700は、移動通信、ネットワーク通信、及び/又は無線通信を行うためのシステムの少なくとも一部分を表すことができる。

【0046】

システム900は、メモリ712を更に備えることができる。メモリ712は、ダイナミックランダムアクセスメモリ(DRAM)デバイス、スタティックランダムアクセスメモリ(SRAM)デバイス、フラッシュメモリデバイス、又は他のメモリデバイス等の1つ又は複数のディスクリットメモリ構成要素とすることができる。図7は、プロセッサ702の外部のものとしてメモリ712を示しているが、様々な実施態様では、メモリ712は、プロセッサ702の内部とすることができる。メモリ712は、図2及び図6に関して説明した例示のプロセスを含む、本明細書において説明したプロセスのうちの任意のものを行う際に、プロセッサ702が実行することができるデータ信号によって表される命令及び/又はデータを記憶することができる。例えば、メモリ712は頭部テンプレート深度値、検出された頭部のロケーション及び半径、等を記憶することができる。幾つかの実施態様では、メモリ712は、システムメモリ部分及びディスプレイメモリ部分を含むことができる。

【0047】

本明細書において記載された或る特定の特徴を様々な実施態様に関して説明してきたが、この説明は、限定的な意味に解釈されることを意図するものではない。したがって、本開示が関係する技術分野の当業者に明らかである、本明細書において説明した実施態様及び他の実施態様の様々な変更は、本開示の趣旨及び範囲内にあるとみなされる。ここで、本発明の実施態様の例を示す。

[項目1]

画像において人の頭部を検出するコンピューターにより実行される方法であって、深度画像を受信することと、深度画像のピクセルにテンプレートを適用することであって、深度画像における人の頭部のロケーションを決定することと、を含み、テンプレートは、円形状領域と、該円形状領域を取り囲む第1の環形状領域とを含み、円形状領域は、第1の複数の深度値を指定し、第1の環形状領域は、第2の複数の深度値を指定し、該第2の複数の深度値は、第1の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、方法。

[項目2]

テンプレートは、第1の環形状領域を取り囲む第2の環形状領域を指定し、該第2の環形状領域は、第3の複数の深度値を指定し、該第3の複数の深度値は、第2の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、項目1に記載の方法。

[項目3]

第1の複数の深度値は、テンプレートにおける円形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、第2の複数の深度値は、テンプレートにおける第1の環形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、第3の複数の深度値は、テンプレートにおける第2の環形状領域内に存在する点にのみ関連付けられている、項目2に記載の方法。

[項目4]

第1の環形状領域の半径は、円形状領域の半径の1.25倍の値を有し、第2の環形状領域の半径は、第1の環形状領域の半径の値の1.25倍の値を有する、項目2に記載の方法。

[項目5]

第1の環形状領域は、円形状領域に対して同心円状に配置されている、項目1に記載の方法。

[項目6]

テンプレートを深度画像のピクセルに適用することは、テンプレートを深度画像内の複

数の前景ピクセルとマッチングすることを含む、項目 1 に記載の方法。

[項目 7]

テンプレートを深度画像内の複数の前景ピクセルとマッチングすることは、前景ピクセルのスパースグリッドにわたってテンプレートをスキャンすることを含む、項目 6 に記載の方法。

[項目 8]

テンプレートを複数の前景ピクセルとマッチングすることは、各前景ピクセルについて、テンプレートの深度値を、前景ピクセルを取り囲む近傍の一群のピクセルの深度値と比較することを含む、項目 6 に記載の方法。

[項目 9]

テンプレートの深度値を近傍の一群のピクセルの深度値と比較することは、前景ピクセルの第 1 の一群の近傍ピクセルを円形状領域に関連付けるとともに、前景ピクセルの第 2 の一群の近傍ピクセルを第 1 の環状形状領域に関連付けることと、第 1 の一群の近傍ピクセルの深度値を円形状領域の深度値と比較することと、第 2 の一群の近傍ピクセルの深度値を第 1 の環状形状領域の深度値と比較することと、を含む、項目 8 に記載の方法。

[項目 10]

深度画像における人の頭部のロケーションを決定することは、人の頭部に関連付けられた深度画像の前景ピクセルを決定することと、前景ピクセル上にセンタリングされた円の半径を決定することとを含む、項目 1 に記載の方法。

[項目 11]

システムであって、プロセッサと、該プロセッサに結合されたメモリと備え、該メモリ内の命令は、深度画像を受信することと、深度画像のピクセルにテンプレートを適用して、深度画像における人の頭部のロケーションを決定する、適用することと、を行うようにプロセッサを構成し、テンプレートは、円形状領域と、該円形状領域を取り囲む第 1 の環状形状領域とを含み、円形状領域は、第 1 の複数の深度値を指定し、第 1 の環状形状領域は、第 2 の複数の深度値を指定し、該第 2 の複数の深度値は、第 1 の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、システム。

[項目 12]

テンプレートは、第 1 の環状形状領域を取り囲む第 2 の環状形状領域を指定し、該第 2 の環状形状領域は、第 3 の複数の深度値を指定し、該第 3 の複数の深度値は、第 2 の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、項目 11 に記載のシステム。

[項目 13]

第 1 の複数の深度値は、テンプレートにおける円形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、第 2 の複数の深度値は、テンプレートにおける第 1 の環状形状領域内に存在する点にのみ関連付けられ、第 3 の複数の深度値は、テンプレートにおける第 2 の環状形状領域内に存在する点にのみ関連付けられている、項目 12 に記載のシステム。

[項目 14]

第 1 の環状形状領域の半径は、円形状領域の半径の 1 . 2 5 倍の値を有し、第 2 の環状形状領域の半径は、第 1 の環状形状領域の半径の値の 1 . 2 5 倍の値を有する、項目 12 に記載のシステム。

[項目 15]

第 1 の環状形状領域は、円形状領域に対して同心円状に配置されている、項目 11 に記載のシステム。

[項目 16]

テンプレートを深度画像のピクセルに適用することは、テンプレートを深度画像内の複数の前景ピクセルとマッチングすることを含む、項目 11 に記載のシステム。

[項目 17]

テンプレートを深度画像内の複数の前景ピクセルとマッチングすることは、前景ピクセルのスパースグリッドにわたってテンプレートをスキャンすることを含む、項目 16 に記載のシステム。

[項目 18]

テンプレートを複数の前景ピクセルとマッチングすることは、各前景ピクセルについて、テンプレートの深度値を、前景ピクセルを取り囲む近傍の一群のピクセルの深度値と比較することを含む、項目 16 に記載のシステム。

[項目 19]

テンプレートの深度値を近傍の一群のピクセルの深度値と比較することをプロセッサに行うように構成する命令は、

前景ピクセルの第 1 の一群の近傍ピクセルを円形形状領域に関連付けることと、
前景ピクセルの第 2 の一群の近傍ピクセルを第 1 の環状形状領域に関連付けることと、
第 1 の一群の近傍ピクセルの深度値を円形形状領域の深度値と比較することと、
第 2 の一群の近傍ピクセルの深度値を第 1 の環状形状領域の深度値と比較することと、
を行うようにプロセッサを構成する命令を含む、項目 18 に記載のシステム。

[項目 20]

深度画像における人の頭部のロケーションを決定することは、人の頭部に関連付けられた深度画像の前景ピクセルを決定することと、前景ピクセル上にセンタリングされた円の半径を決定することとを含む、項目 11 に記載のシステム。

[項目 21]

深度画像を記憶するデータベースを更に備える、項目 11 に記載のシステム。

[項目 22]

デバイスであって、
深度画像を受信し、
深度画像のピクセルにテンプレートを適用して、深度画像における人の頭部のロケーションを決定する、頭部検出モジュール (HDM) を備え、テンプレートは、円形形状領域と、該円形形状領域を取り囲む第 1 の環状形状領域とを含み、円形形状領域は、第 1 の複数の深度値を指定し、第 1 の環状形状領域は、第 2 の複数の深度値を指定し、該第 2 の複数の深度値は、第 1 の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、デバイス。

[項目 23]

テンプレートは、第 1 の環状形状領域を取り囲む第 2 の環状形状領域を指定し、該第 2 の環状形状領域は、第 3 の複数の深度値を指定し、該第 3 の複数の深度値は、第 2 の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、項目 22 に記載のデバイス。

[項目 24]

第 1 の環状形状領域の半径は、円形形状領域の半径の 1.25 倍の値を有し、第 2 の環状形状領域の半径は、第 1 の環状形状領域の半径の値の 1.25 倍の値を有する、項目 23 に記載のデバイス。

[項目 25]

テンプレートを深度画像のピクセルに適用するのに、HDM は、
深度画像の前景ピクセルの第 1 の一群の近傍ピクセルを円形形状領域に関連付け、
前景ピクセルの第 2 の一群の近傍ピクセルを第 1 の環状形状領域に関連付け、
第 1 の一群の近傍ピクセルの深度値を円形形状領域の深度値と比較し、
第 2 の一群の近傍ピクセルの深度値を第 1 の環状形状領域の深度値と比較する、
ように構成されている、項目 22 に記載のデバイス。

[項目 26]

コンピュータープログラム製品を含む物品であって、実行されると、
深度画像を受信する命令と、
深度画像のピクセルにテンプレートを適用する命令であって、深度画像における人の頭部のロケーションを求める命令とが記憶され、テンプレートは、円形形状領域と、該円形形状領域を取り囲む第 1 の環状形状領域とを含み、円形形状領域は、第 1 の複数の深度値

10

20

30

40

50

を指定し、第1の環状形状領域は、第2の複数の深度値を指定し、該第2の複数の深度値は、第1の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、コンピュータプログラム製品を含む物品。

[項目27]

テンプレートは、第1の環状形状領域を取り囲む第2の環状形状領域を指定し、該第2の環状形状領域は、第3の複数の深度値を指定し、該第3の複数の深度値は、第2の複数の深度値よりも大きな深度値を含む、項目26に記載の物品。

[項目28]

第1の環状形状領域の半径は、円形状領域の半径の1.25倍の値を有し、第2の環状形状領域の半径は、第1の環状形状領域の半径の値の1.25倍の値を有する、項目27に記載の物品。

[項目29]

深度画像のピクセルにテンプレートを適用する命令は、実行されると、深度画像の前景ピクセルの第1の一群の近傍ピクセルを円形状領域に関連付ける命令と、

前景ピクセルの第2の一群の近傍ピクセルを第1の環状形状領域に関連付ける命令と、第1の一群の近傍ピクセルの深度値を円形状領域の深度値と比較する命令と、

第2の一群の近傍ピクセルの深度値を第1の環状形状領域の深度値と比較する命令と、を含む、項目26に記載の物品。

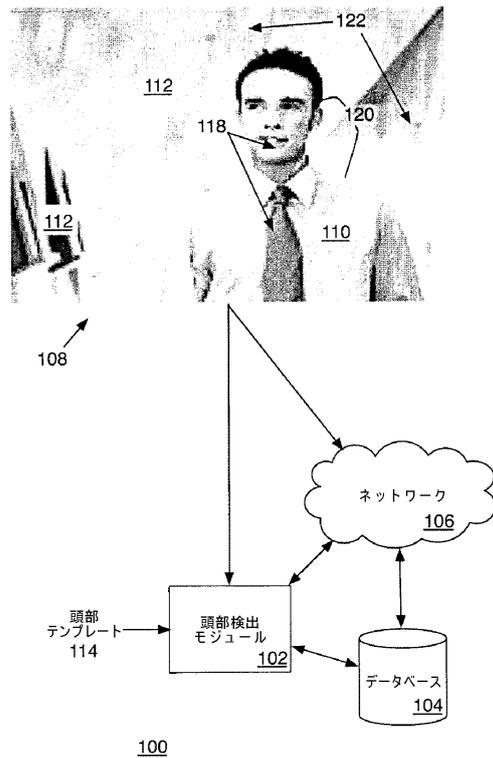
[項目30]

深度画像における人の頭部のロケーションを決定することは、人の頭部に関連付けられた深度画像の前景ピクセルを決定することと、前景ピクセル上にセンタリングされた円の半径を決定することとを含む、項目26に記載の物品。

10

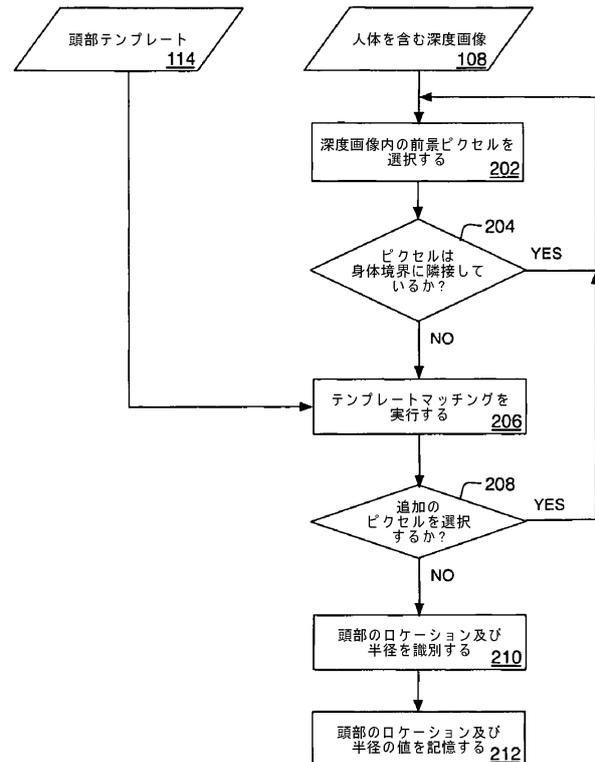
20

【図1】



100

【図2】



200

【 図 3 】

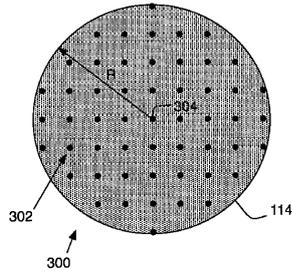
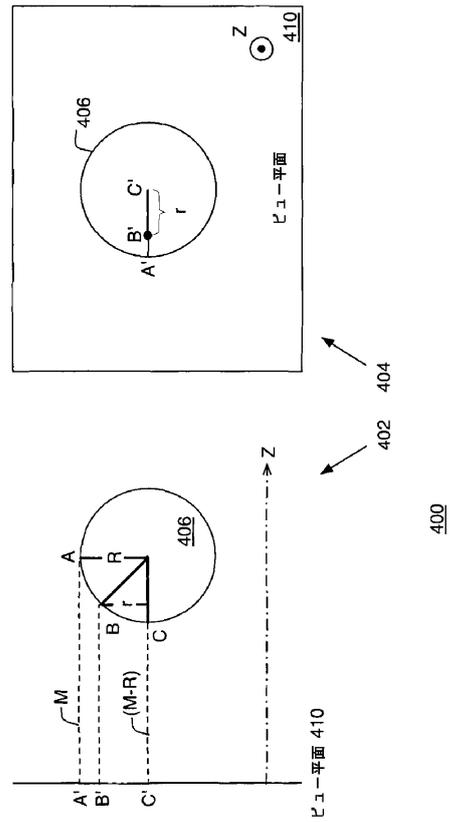


FIG. 3

【 図 4 】



【 図 5 】

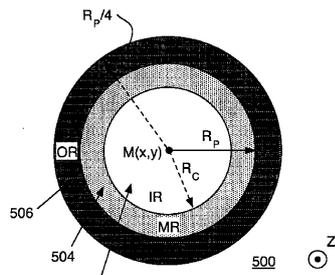
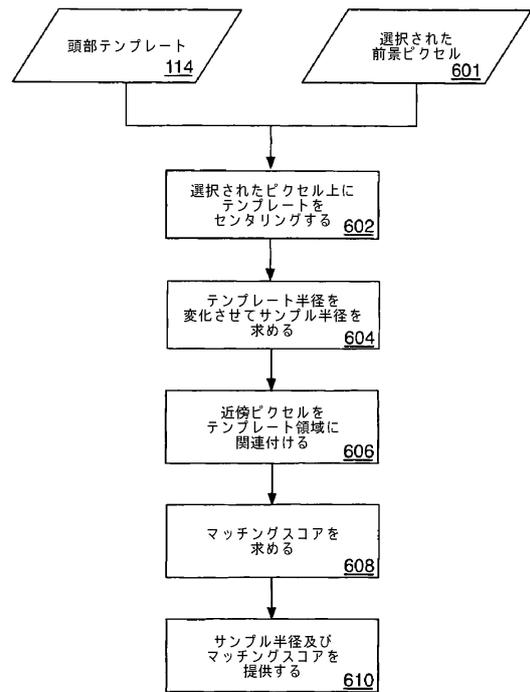
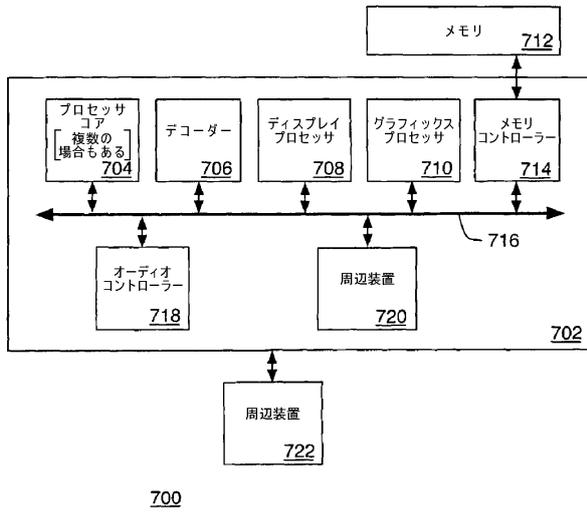


FIG. 5

【 図 6 】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ヘ、ジーシャン

アメリカ合衆国 95054 カリフォルニア州・サンタクララ・ミッション カレッジ ブーレ
バード・2200 インテル・コーポレーション内

審査官 山内 裕史

(56)参考文献 特開2006-185166(JP,A)

特開2006-236184(JP,A)

特開平10-214338(JP,A)

特開2003-057007(JP,A)

特開2003-196656(JP,A)

特開2001-012922(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 7/00