

手を用いたウィンドウ操作が可能な AR アプリケーションの開発

旭川工業高等専門学校 ○丸山 翼、戸村 豊明

要旨

従来の AR アプリケーションでは、キーボードやマウス等の既存の入力装置を用いているため、直感性を伴う操作が困難である。そこで本研究では、ユーザの手をアプリケーションに対する入力として用いることにより、ユーザの直感的な操作を実現する。具体的には、ユーザの手の動作を画像処理で認識することにより、マーカ上に表示された 3D モデルやウィンドウに対する操作を可能とする AR アプリケーションの開発を行う。

1. はじめに

拡張現実感(AR: Augmented Reality)とは、図 1(a)に示すようなマーカを、カメラ画像から画像処理によって検出し、図 1(b)のように、マーカ上に 3DCG を重ねて表示する技術である。

近年、AR を用いた多くのアプリケーションが開発されているが、これらの多くはキーボードやマウス等の入力装置を用いているため、直感性を伴う操作が困難である。そこで、これを実現する例としてユーザの手を用いる手法が提案され、実際多くの研究[1]が行われている。

そこで本研究では、アプリケーションに対する入力としてユーザの手を用いることにより、直感的な操作を実現する AR アプリケーションの開発を行う。本アプリケーションでは PC に接続された Web カメラと HMD を用いて、画像処理によって手を認識した後、手の形状モデルの作成と、手の奥行き推定を行う。次に、これらを用いることにより、AR で表示した 3D モデルやウィンドウをユーザが直接操作することを可能とする。ここで、AR で表示したウィンドウとは、図 2(a)に示すようなデスクトップ上に表示されたウィンドウを、図 2(b)に示すようにマーカ上に表示したものである。本研究では図 2(b)のウィンドウをユーザの手でタッチすることにより、図 2(a)のウィンドウを操作することを可能とする。

2. 手の形状モデルを用いた入力の実現

2.1 入力画像からの指先計算

本研究では、画像処理によって手の形状モデルを作成し、これを用いることによりユーザの手の動作を判定し、AR で表示した 3D モデルやウィンドウの操作を実現する。本研究では、手の形状モデルの作成の前段階として Web カメラから得た入力画像から手の指先計算[2]を行う。指先計算の手順を以下に示す。

1. Web カメラから入力画像を取得する。
2. 入力画像に対し、肌色抽出処理を行う。
3. 抽出した複数の肌色領域から、面積が最大の肌色領域を手領域とする。
4. 得られた手領域の輪郭と近似輪郭を抽出する。
5. 抽出した近似輪郭を用いて凹部と凸部を抽出する。
6. 手順 4 で抽出した手の輪郭における、抽出した凸部の座標における曲率を計算する。
7. 計算した曲率が事前に定められた閾値以上である凸部の座標を指先の座標とする。

なお、手順 2 における肌色抽出処理では、修正 HSV 表色系[3]を使用している。ここで、手順 4 における手領域画像の輪郭、および近似輪郭を図 3 に示す。図 3(a)が手領域の輪郭であり、図 3(b)が手領域の近似輪郭である。本研究ではこのように 2 種類の輪郭を用いることにより、適切な手の形状モデルの作成に必要な指先座標の計算を実現する。

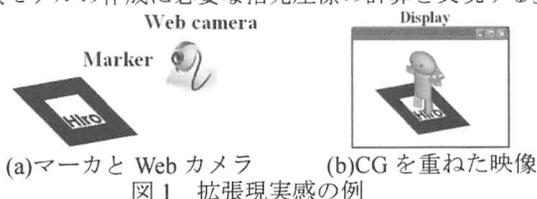
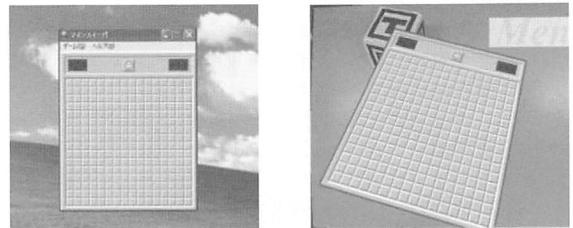
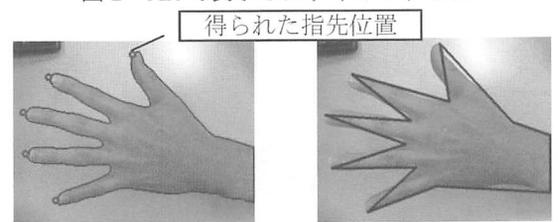


図 1 拡張現実感の例



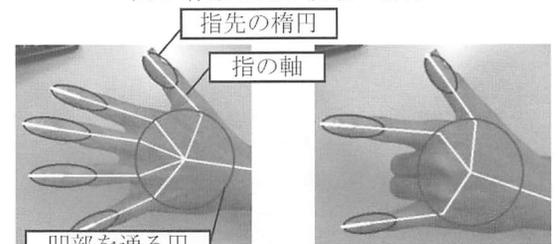
(a) デスクトップに表示 (b) マーカ上に表示

図 2 AR で表示したウィンドウの例



(a) 手領域の輪郭 (b) 手領域の近似輪郭

図 3 作成した手領域の輪郭



(a) 手を開いた形状 (b) 任意の手形状

図 4 作成した手の形状モデル

2.2 手の形状モデルの作成

本研究では、指先の計算後、指先の楕円と指の軸からなる手の形状モデルの作成を行う。その手順を以下に示す。

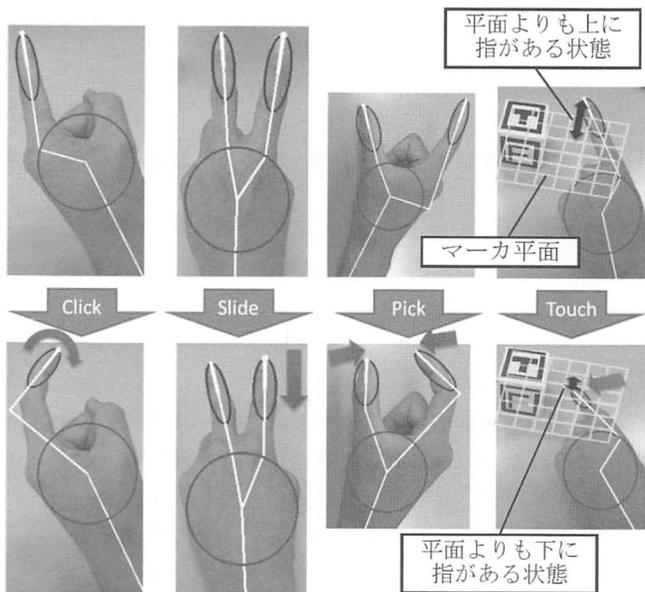
1. 前節で計算した指先の輪郭に対し、楕円近似を行う[2]。
2. 手の重心を中心とし、前節で抽出した凹部を通る円を計算する。
3. 手順 1 で近似した楕円の長軸を含む直線と、手順 2 で計算した円との交点を計算する。
4. 手順 3 で計算した交点を始点とし、前節で計算した指先座標を終点とした線分を計算し、これを指の軸とする。

ここで、上記の手順により作成された指先の楕円と指の軸からなる手の形状モデルの例を図 4 に示す。本研究ではこの手の形状モデルを用いることにより、ユーザの手の動作判定を行い、手を用いた入力を実現する。

2.3 手の形状モデルを用いた手の奥行き推定

本研究では手の形状モデルの作成後、指先の楕円の面積変化を用いることにより、手の奥行き推定を行う。予備実験より、指先の楕円面積の平方根と手の奥行き位置の間には反比例の関係があると明らかになっているため、事前に登録しておいたユーザの手の面積と、得られた指先の楕円面積との比を用いることにより、手の奥行き推定を実現する。

本研究では、手の奥行き推定を行うことにより、手のタッチ動作を実現する。タッチ動作については次節に述べる。



(a)Click 動作 (b)Slide 動作 (c)Pick 動作 (d)Touch 動作
図 5 基本的な手の動作

2.4 手の形状モデルを用いた動作判定

本研究では、2.2 節で作成した手の形状モデルと前節で述べた手の奥行き推定を用いることにより、ユーザの手の動作判定を行う。ユーザの手の動作は様々な動作が考えられるが、本研究では図 5 に示すクリック・スライド・ピック・タッチ動作を実現する。

本研究におけるクリック動作とは図 5(a)に示すような指先の曲げ動作であり、前数フレームにおける人差し指の軸の角度変化を用いることにより判定する。スライド動作は図 5(b)に示すような 2 本の指を下げる動作であり、2 本の指の軸が平行であることと、指先の座標の前数フレームにおける変化を用いることにより判定する。また、本研究では物体を掴む動作としてピック動作を考える。ピック動作とは図 5(c)に示すように、2 本の指で物体を挟むような動作であり、指先を近似した 2 つの楕円中心間の距離、および 2 本の指の軸の角度の変化を用いることにより判定する。タッチ動作とは図 5(d)のようにマーカ平面をタッチする動作であり、手の奥行き推定により得られた指先の 3 次元位置と、マーカ平面との距離の変化を用いることにより判定する。具体的には、指がマーカ平面よりも上にある状態から、下にある状態へ変化する動作をタッチ動作とみなす。

本研究で開発した AR アプリケーションではこれらの手の動作を判定することにより、AR で表示した 3D モデルやウィンドウの操作を行う。

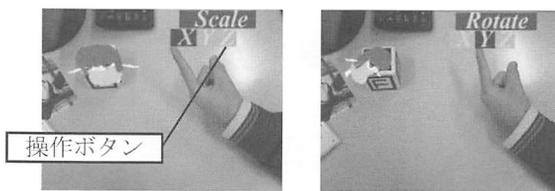
3. 本研究で開発した AR アプリケーション

3.1 手の形状モデルを用いた、3D モデルの操作

本研究で開発した AR アプリケーションは、AR で表示した 3D モデルやウィンドウを手で直感的に操作することを目的とする。本アプリケーションにおける 3D モデルの操作方法は、ユーザの手で操作ボタンを選択する方法と、3D モデルを手のピック動作で直接操作する方法がある。図 6、図 7、図 8 に実行例を示す。

図 6 はユーザの手で操作ボタンを選択することにより、3D モデルを操作する例である。図 5(a)で示した手によるクリック動作で操作ボタンを選択することにより、X、Y、Z 軸に対するモデルの拡大縮小・回転・平行移動が可能である。図 6(a)は X 軸方向への拡大縮小を行った例であり、図 6(b)は Y 軸周りの回転を行った例である。

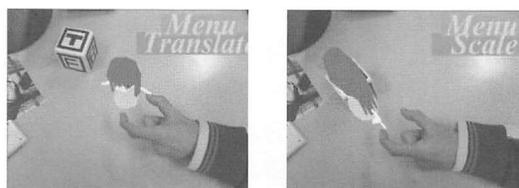
また、これらの操作ボタンは、図 5(b)で示した手のスライド動作によりスライドさせることが可能である。実行例を図 7 に示す。図 7(a)のような複数ボタンを、手のスライド動作によりスライドさせることにより、図 7(b)のように最前面のボタンが変化する。



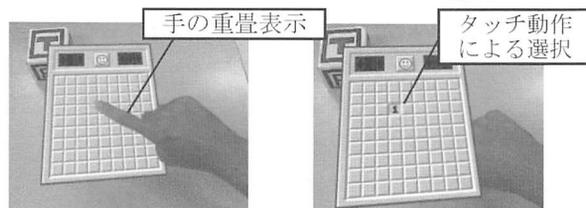
(a) X 軸方向の拡大縮小 (b) Y 軸周りの回転
図 6 手のクリック動作によるモデルの操作



(a)複数ボタン (b)ボタンのスライド
図 7 手のスライド動作によるボタン操作



(a)モデルの平行移動 (b)モデルの拡大
図 8 手のピック動作によるモデルの操作



(a)マインスイーパーの表示例 (b)タッチ動作による操作
図 9 手のタッチ動作によるウィンドウの操作

図 8 はモデルを手のピック動作で直接操作する例である。図 5(c)で示した手のピック動作を行うことにより、指でつまんだ方向へのモデルの拡大縮小・平行移動が可能である。図 8(a)は平行移動の例であり、図 8(b)は拡大の例である。

3.2 手の奥行き推定による、ウィンドウの操作

本研究で開発したアプリケーションは、図 5(d)に示した手のタッチ動作を行うことにより、図 2(b)に示したマーカ上に表示したウィンドウの操作を可能とする。図 9 に実行例を示す。図 9(a)のように、マーカ上に表示されたウィンドウに対し手のタッチ動作を行うことにより、元のウィンドウに対してマウスイベントを送り、図 9(b)のようにウィンドウをユーザの手で操作することが可能となる。なお、図 9(a)において、マーカ平面よりも手が上にある様子を確認するために、手の重畳表示を行っている。

4. まとめと今後の課題

本研究では、画像処理を用いてユーザの手を認識することにより、ユーザの直感的な操作を実現する AR アプリケーションを開発した。今後は手の形状モデルの精度向上、および手の動作判定の精度向上について行う予定である。

参考文献

- [1]蔵田武志、大隈隆史、奥沼正克、坂上勝彦：ビジュアルウェアラブルが可能にする拡張現実環境に適したインターフェイス、信学技報、PRMU2000-156, pp.69-76 (2001)
- [2]Taehee Lee, Tobias Hollerer: Handy AR: Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking, Proc. 11th IEEE Int'l Symp. Wearable Computers (ISWC '07), pp. 83-90, 2007.
- [3]松橋聡、藤本研司、中村納、南敏：顔領域抽出に有効な修正 HSV 表色系の提案、テレビジョン学会誌 49(6), pp.787-797(1995).