

モバイル端末とプロジェクタを用いた仮想的なタッチ操作手法の提案

相馬 啓佑

Keisuke SOMA

1 背景

現在、複数人での情報共有や話し合いを目的とした多くの場所には備え付けのプロジェクタが設置してある。これにより、一つの映像を大画面で見ることができ、効率の良い情報共有が可能となっている。

一方、近年、会議室のような情報共有の場だけでなくエンターテインメントコンテンツとしても机上面に映像を表示させ直接タッチ操作をするテーブルトップ型のデバイスの研究が盛んに行われている。しかしながら、それらの研究のほとんどは大型のタッチスクリーンや、外部カメラといった専用の機器が必要となるため、現在の会議室といった場に導入するにはほとんど至っていない。そこで我々は、情報共有の場での利用を想定し、机上面に映像を投影し専用機器無しで仮想的にタッチ操作することが可能なシステムを提案する。

2 モバイル端末とプロジェクタを用いた仮想的なタッチ操作手法

我々が本稿で提案する手法はプロジェクタとモバイル端末のみを用いてプロジェクタの投影面を仮想的にタッチ操作可能にするものである。また、プロジェクタは図のように天井から机上面に投影することを前提としている。

2.1 位置推定方法

現在研究がされている多くのシステムでは赤外線センサや深度カメラを用いることでタッチ操作部分を測定している。しかし、提案システムではモバイル端末をプロジェクタの投影面に直接配置し操作を行うため、投影面のどの位置にモバイル端末が配置してあるのかを推定する必要がある。そこで、我々はモバイル端末内蔵のカメラを用いることでモバイル端末のみで位置の推定を行った。

提案手法では、モバイル端末は机上面において操作することを前提としているため、端末内蔵のフロントカメラで天井に設置したプロジェクタを撮影することが可能である。その撮影画像からプロジェクタの光源のみを抽出し、画像内の光源の座標からモバイル端末自身の位置を推定する。

はじめに、プロジェクタの光源の抽出方法について述べる。プロジェクタの光源は他の部分に比べ格段に明る

い。そのため、露出を絞って撮影することにより光源の部分のみが極端に明るい画像を撮影することが可能である。しかしながら、撮影レンズによる反射光によって撮影画像内部に光源とは別に小さな光が映り込む場合がある。それらの光はプロジェクタの光源よりも小さくなる。このことから、提案手法では撮影画像を式 (1) を用いてグレースケール化し、その後、式 (2) を用いて二値化し、白く残った部分の中でもっとも大きな箇所を光源として判定した。

次に、画像中の光源部の位置からモバイル端末を推定する方法について述べる。式 (3) を用いて、二値化した画像上の光源の位置からモバイル端末の位置を決定する。本手法ではプロジェクタは天井に設置していることを前提としているため、投影面の大きさは一定である。このことから、投影面の縦を H 、横幅を W とするとモバイル端末の位置 (x,y) は投影面の左下を $(0,0)$ とした座標系で式 (3) と式 (4) のように計算することができる。これらにより、モバイル端末のフロントカメラのみを用いてモバイル端末の位置を推定することができる。

$$I_g = (I_o(r) + I_o(g) + I_o(b))/3 \quad (1)$$

$$I_b = \begin{cases} 255(I_g > T) \\ 0(I_g \leq T) \end{cases} \quad (2)$$

$$x = I_b(x)W/P(W) \quad (3)$$

$$y = I_b(y)H/P(H) \quad (4)$$

$I_o(r, g, b)$: Original RGB value

I_g : Gray scale image

I_b : Binarization image

H : Height of the projection surface

W : Width of the projection surface

$P(W)$: Width of Pixel

$P(H)$: Height of Pixel

2.2 端末の方向に対する位置推定の補正

先に述べた位置推定方法では、図??のように投影面の上下の向きと同じ方向に設置してある場合のみでしか正しく動作しない。しかし、モバイル端末を図??の向きのまま操作することは非常に困難である。そこで、モバイル端末の向きに関わらず動作させるために平面的な回転

に対して補正処理を行った。

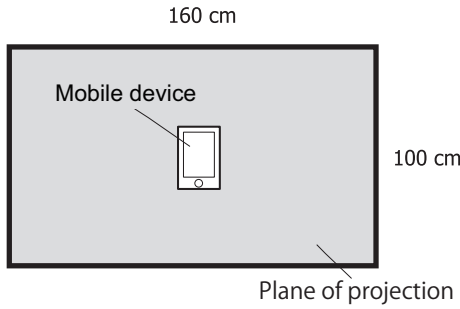


Fig. 1 投影面における端末の配置図

まず、図??の上方向を基準として左回りの回転角を θ とした。なお、この角度はモバイル端末内蔵の地磁気計を用いることで測定した。次に、先ほどで行った位置推定結果の (x,y) に式 (5) の通り、アフィン変換を行った。これにより、机上面においてモバイル端末の向きに関係なく、位置推定を行うことが可能となる。では、モバイル端末を机上面で移動させるため、二次元空間でモバイル端末の回転することによって、画像上のプロジェクタの光源の位置が変化するため補正を行う必要がある。

$$(x, y) = AB \quad (5)$$

$$A = \begin{pmatrix} x & y & 1 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

θ : Angle of rotation

3 検証実験

3.1 実験手順

我々は予備実験で得た情報をもとに位置推定精度の検証実験を行った。検証実験で用いた機器は予備実験と同様の vivitek 社の QUMI Q5 プロジェクタと iPhone 5s を使用した。実験環境も同様である。また、投影面の大きさは 1600 mm × 900 mm とした。

まず、投影面と撮影画像との対応付けを行うため、投影面の左上と右下にモバイル端末を配置し、端末内蔵フロントカメラを用いてプロジェクタを撮影した。次に、投影面の中心で直角 (0°) にした状態から投影面を 9 分割しその 9 つの位置に移動させた時の推定位置を計測した。プロジェクタの 9 つの位置それぞれで 10 回を 1 セットとし、端末の角度は $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ の 5 つの場合において検証実験を行った。また、モバイル端末の角度を測定するために、端末内蔵のジャイロセンサを用いた。

3.2 実験結果と考察

Fig. ??は各ポジションごとの推定結果を平均したグラフである。この図から、 $(x,y)=(800,0)$ の位置を中心に放射状に誤差が広がっていることがわかる。この原因として、撮影画像内の光源の形が大きく関係していると考えられる。光源と端末の位置関係は端末が投影面上方向に移動するにしたがって撮影角度が急になる。これにより、撮影画像は楕円状に変化する。しかし本稿では光源が常に円になると想定して行っているため誤差が生じていると考えられる。

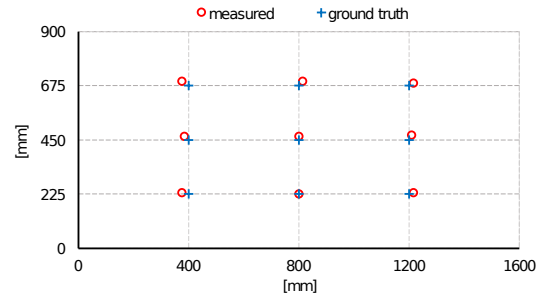


Fig. 2 Average of position accuracy

4 結論

本稿では、机上面に投影したプロジェクタの投影面をモバイル端末を用いてタッチ操作をするためのシステムを提案した。提案システムにおける投影画面上にあるモバイル端末内蔵のカメラを用いて、画像内のプロジェクタの光源の位置から端末の位置を推定する手法を提案した。この位置推定手法は画像データと端末角度を用いており、端末角度の測定にはジャイロセンサを用いているため累積誤差が生じるという問題点がある。そのため、今後はある特定の位置において端末を操作を行うことで累積誤差を初期化する方法を検討している。また、端末を操作するときの腕による影を対処する必要があると考えている。

参考文献

- 1) Leigh, Sang-won and Schoessler, Philipp and Heibeck, Felix and Maes, Pattie and Ishii, Hiroshi, "THAW: Tangible Interaction with See-Through Augmentation for Smartphones on Computer Screens," Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction,
- 2) Haque, Faizan and Nancel, Mathieu and Vogel, Daniel, "Myopoint: Pointing and Clicking Using Forearm Mounted Electromyography and Inertial Motion Sensors," Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems,
- 3) "Touchjet Pond: Turn Any Surface Into A Touchscreen,"