

テーブルトップシステムのアプリケーション利用時における プロジェクタおよびモバイル端末を用いた操作位置推定手法

中原 孝輔

Kosuke NAKAHARA

1 はじめに

近年、テーブルトップシステムへの関心が高まっている。テーブルトップシステムとは、水平に設置した映像に対してユーザが直感的な操作を行うシステムのことである。複数人で1つの情報を閲覧・操作することが可能なため、会議や受付窓口での情報共有におけるコミュニケーションの円滑化や、ゲームや音楽といったエンターテインメント分野での新たなインタラクション創造を目的とした研究が行われている。

しかし、テーブルトップシステムは大型かつ高性能なディスプレイを必要とすることから、実環境への導入には大きなコストがかかるといった課題がある。導入コストの課題を解決するために、大型ディスプレイではなくプロジェクタを用いた研究が盛んである^{1) 2)}。プロジェクタを用いた研究の多くは、深度カメラや赤外線カメラといった専用の特殊機器を用いることで導入コストを抑えたテーブルトップシステムを実現する。しかしながら、テーブルトップシステムの構築に専用の特殊機器が必要になるといった課題が存在する。

本研究では専用の特殊機器を用いずに、一般的なプロジェクタとモバイル端末を用いて、実環境への導入が容易なテーブルトップシステムを提案する。提案手法においての操作はモバイル端末上でを行い、モバイル端末の位置推定を行うことで、モバイル端末をインタフェースとした仮想的なタッチ操作が可能となる。

2 プロジェクタおよびモバイル端末を用いた仮想的なテーブルトップシステム

2.1 システム概要

システムの構成図を Fig. 1 に示す。Fig. 1 のようにプロジェクタの投影面にモバイル端末を配置し、任意の操作位置へモバイル端末を移動する。モバイル端末は内蔵のフロントカメラを用いてプロジェクタの光源を撮影し、撮影画像に映る光源の位置から端末の位置推定を行う。

タッチ操作はすべてモバイル端末の画面上で行う。モバイル端末上で行った操作内容を推定位置情報とともにサーバへ送信する。サーバで受信した情報をアプリケーションへ転送し、投影映像に操作内容を反映する。

プロジェクタとモバイル端末を用いて、操作位置を推

定することにより、専用の特殊機器を用いずにテーブルトップシステムの構築が可能となる。そのため、実環境への導入が容易となる。

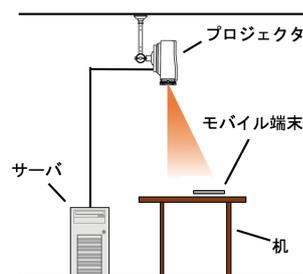


Fig. 1 提案システムの構成図

2.2 提案手法の操作位置推定手法

提案手法ではプロジェクタの光源をモバイル端末の内蔵フロントカメラで撮影し、光源の位置からモバイル端末の位置を推定する。投影面上に配置したモバイル端末と撮影画像に写るプロジェクタ光源の位置関係図を Fig. 2 に示す。Fig. 2 のようにモバイル端末を投影面左上に配置すると、撮影画像ではプロジェクタの光源が右下に映る。また、モバイル端末を投影面右下に配置した場合には、撮影画像ではプロジェクタの光源が左側中央に映る。

Fig. 2 に示す通り撮影画像内の赤枠をプロジェクタの投影面と対応させて考える。この時、プロジェクタの光源の位置と投影面上のモバイル端末の位置は、撮影画像内の赤枠の中心点を基準にすると画像内の光源の位置と点対称関係となる。この対応関係を用いることでモバイル端末の位置推定が可能となる。



Fig. 2 モバイル端末とプロジェクタ光源の位置関係

3 提案システムにおける操作性の検証

3.1 本実験で用いるアプリケーション

実利用での操作を想定した実験用アプリケーションを作成する。実験用アプリケーションは、投影面の任意の位置に円形のオブジェクトを表示する。以後、円形のオブジェクトを操作対象と呼ぶこととする。操作対象に対して操作を行い、操作が成功すると表示が消える。操作対象の表示位置はランダムに決定し、大きさは実験者が設定する。

3.2 実験概要

提案手法を用いたテーブルトップシステムの仮想的なタッチ操作手法の操作性を評価する検証実験を行う。提案システムの操作性を操作精度とユーザビリティという2つの観点から評価を行う。被験者に実験用アプリケーション上で、指示した操作を実施する。その後、アンケート調査を行い、ユーザビリティを評価する。また、操作精度はユーザが行う操作の成功した回数を数え、操作成功率を求めることで評価する。

以下に具体的な実験手順を記す。被験者はランダムに表示された操作対象に対して、タップ、ドラッグ、ピンチイン、ピンチアウトの4種類の操作を行う。操作対象の半径を25 mm, 50 mm, 100 mm, の3種類とする。操作回数はそれぞれの操作内容、それぞれの操作対象の大きさに対して5回ずつ、合計で被験者1人あたり60回の操作を行う。また、実験後に被験者に対してアンケート調査を行う。

実験に用いたモバイル端末は iPod touch であり、プロジェクタは QUMI Q5 である。机の真上からプロジェクタを投影し、モバイル端末は机上面の任意の位置に配置する。この時の投影面の大きさは横 1000 mm, 縦 600 mm である。被験者は成人の男性 4 名である。

3.3 実験結果

操作対象の大きさごとの操作成功率を Table 1 に示す。

Table 1 操作対象の大きさごとの操作成功率

操作対象の大きさ	操作成功率 [%]
25 mm	28.8
50 mm	76.3
100 mm	90.0

Table 1 より、操作対象が 100 mm の場合には操作成功率は 90.0% を超えていることがわかる。この結果をもとに、被験者はこの操作精度で実際に満足に操作が行えているのかどうかをアンケートを用いたユーザビリティ評価にて検証する。

操作対象の大きさごとの操作満足度をアンケートにて調査した。回答は5段階で、1が満足に行えなかった、5が満足に行えたという基準に基づいて回答を求めた。アンケートの回答結果の平均値を Table 2 に示す。

Table 2 操作対象の大きさごとの操作満足度の平均値

操作対象の大きさ	操作満足度
25 mm	1.5
50 mm	3.5
100 mm	4.3

Table 2 より、操作対象の大きさが 100 mm 以上ある場合には満足に操作が行えているということがわかる。よって、Table 1 と Table 2 の結果から、操作対象が 100 mm 以上ある場合には高い操作性があるといえる。

また、アンケートの自由回答では「普段から使い慣れている機器であったため使いやすかった」といった意見や「操作対象の大きさが小さいと操作ミスが多くなるのが気になった」といった意見が得られた。システムの基本的な操作には肯定的な意見が得られたが、操作対象の大きさ次第では位置推定誤差の影響を受け、ユーザビリティが下がってしまうことがわかった。

4 結論

端末内蔵カメラとプロジェクタによる操作位置推定手法により、専用の特殊機器が必要となるという既存研究における課題を解決するテーブルトップシステムを提案した。提案システムを構築し、操作性の検証を行った。操作対象の大きさが 100 mm の場合は操作成功率 90% を達成し、操作対象の大きさ次第では十分に操作性があるということがわかった。

今回構築したシステムの操作位置推定手法では、操作性が確認された操作対象の半径は 100 mm であった。実利用を踏まえると、操作性が確保される操作対象の半径をさらに小さくすることができれば、提案手法の汎用性が向上すると考える。そのため、今後は操作位置推定精度を向上する手法を検討する。

参考文献

- 1) Harrison C Xiao R and Hudson S.E. Worldkit:rapid and easy creation of ad-hoc interactive applications on everyday surfaces. In *In Proceedings of ACM Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 879–888. ACM, 2013.
- 2) Jurgen Zauner Michael Haller Mark Billinghurst Manuela Waldner, Jorg Hauber. Tangible tiles: Design and evaluation of a tangible user interface in a collaborative tabletop setup. In *In Proceedings of Annual Conference of the Australian Computer Human Interaction Special Interest Group*, pp. 151–158. OZCHI, 2006.