

プロジェクタとカメラを用いた仮想タッチスクリーンの機能および精度向上 Improving Function and Accuracy of Projector-Camera-base Virtual Touch Screen

本間 昂[†] 中島 克人[†]
Takashi Homma Katsuto Nakajima

1. はじめに

公共スペースでの案内板や対話型の電子看板などへの応用を目的に、我々はプロジェクタとカメラによる大画面向けの安価な仮想タッチスクリーンシステムを提案している[1].

本稿では、システムの設置環境における照度変動に対しても高い精度を保つためのタッチ判定手法と、タッチパネルとしての機能向上を目的とするスクロール機能について報告する。

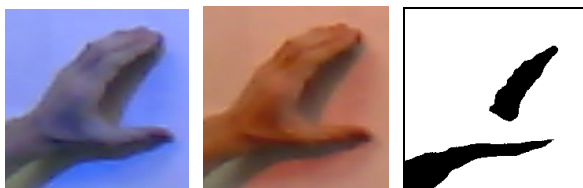
2. 提案手法

2.1 タッチ判定

プロジェクタとカメラを用いる仮想タッチスクリーンの場合、タッチ時における影の増減でタッチを判定することが考えられるが、大画面のシステムを設置するような環境では照度の日中変動への対処が重要であることから、安定した影抽出手法が望まれる。

仮想タッチスクリーン上の仮想ボタン領域への手指の侵入は背景差分法で判定するのが簡単であるが、抽出される前景には手指とその影が含まれる。そこで、我々はボタンの色を一時的に変化させて、前景中から影領域だけを抽出することとした。

図1に示すように、仮想ボタン上にある一定以上の大きさの前景が現れ、それが停止すると、システムはボタン色を変更し、変更前後の画像の差分を求める。もし、その差分の大きい領域がボタン全面に広がっていれば、手指がボタンをタッチ中であり、その影が小さいと見なされる。もし差分の少ない領域が大きければ、影の面積が大きくなり、タッチ前であることが判る。



(a) 変更前 (b) 変更後 (c) 影領域

図1 投影光変更による影領域の抽出

なお、日照変動に対応するため、前景がない状態において、ボタン領域の背景画像は徐々に更新することとしている。

2.2 スクロール機能

タッチスクリーンの機能向上の一環として、前節のタ

[†] 東京電機大学大学院未来科学研究科
Graduate School of Science and Technology for Future Life,
Tokyo Denki University

ッチボタン機能をベースとして、スクロール機能を実装した。本機能においては、スクロール領域全体で背景差分による前景抽出を行う。即ち、ボタンの無いスクロール領域だけの画像(Bとする)と、ボタン色でスクロール領域全体を覆った画像(Aとする)の2つを背景画像として使い、入力画像(Cとする)との間で、

(CとBの差分)かつ(CとAの差分)

によって前景を求める。前景中の影の抽出は、最初にスクロールボタンをタッチした際のみ、ボタン色変更によって行い、スクロール中は行わない。スクロール中は

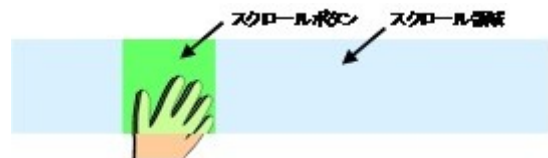


図2 スクロール領域とスクロールボタン

前景の重心位置のみを追跡し、前景量が一定以下となることでスクロールボタンを離れたと判断する。

2.3 処理フロー

図3に仮想タッチスクリーンの全体の処理フローを示す。初期化では、チェスボードキャリブレーション[2]により、カメラ画像におけるタッチボタンの初期位置を決定し、ボタンの背景画像を取得する。システムが稼働し始めると、カメラ入力とタッチボタン処理を繰り返す。スクロール処理はタッチボタンがタッチされている間、1フレーム毎に行われる。

3. 評価

大きなスクリーンへの応用のための本システムの実用上の課題は環境光の変化に対する安定性と、機能および

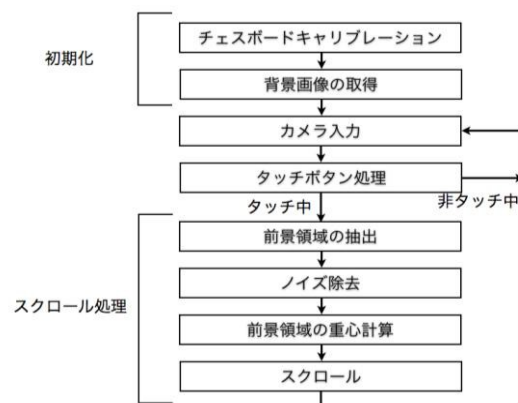


図3 仮想タッチスクリーンの処理フロー

反応時間などのユーザビリティである。我々はこれら进行评估するため、(1)タッチ検出率、および、(2)スクロールバーの追従性能の2つを計測した。2つの計測時の機材の設置位置を図3に示す。スクリーンにはホワイトボードを、プロジェクタはEpson EB-X12(最大2,800lm)を、カメラはSony PlayStationEye(VGA60fps)を使用した。カメラは図4の俯角に加えて、スクリーン中心線上から、この図の紙面に垂直方向に50cm手前に設置した。PCの性能は8GB 3.1GHz (Intel Core i5-2400)で、メモリは8GBである。ボタン色はGreen(R=0, G=255, B=0)、変更ボタン色はMagenta(R=255, G=0, B=255)とした。

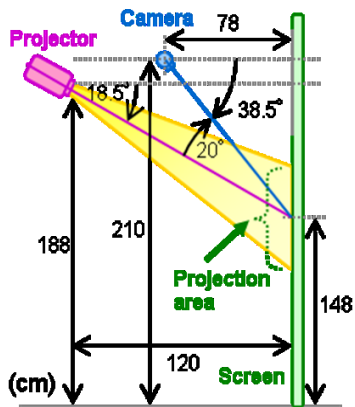


図4 機材の設置位置

3.1 タッチ判定精度

タッチボタンのユーザビリティ評価の一環として、タッチの判定精度を計測した。男性5人の被験者に、システムがタッチを検出するかどうかを気にせず、タッチボタンに40回自由にタッチしてもらった。異なる明るさ(132lx, 14lx)とタッチボタンの大きさ(85mmと120mm)を組み合わせて、これを合計で4回繰り返す。

表1 タッチ判定精度。

タッチ判定の精度 (%)	明環境 (132 lx)	暗環境 (14 lx)
ボタンサイズ = 85 mm 四方		
(a) 色変更に失敗	9.5	15.0
(b) 色変更画像獲得失敗	15.0	27.5
(c) 判定失敗	1.0	14.5
ボタンサイズ = 120 mm 四方		
(a)色変更に失敗	12.0	15.0
(b)色変更画像獲得失敗	15.5	19.5
(c) 判定失敗	1.0	2.5

表1は検出の失敗率の結果を示す。(a)と(b)の結果はユーザの手を動かす速度が速すぎたことを意味し、システムの反応が遅いということを示している。ユーザから見て、(b)はボタン色の変更をシステムの反応として知覚しているだけに、本システムで解決すべき大きな課題であ

る。一方、(c)の結果は提案手法が正確に動作し照度変動への耐性を示している。ただし、暗環境下でのボタンが小さい際の失敗の低減は課題の1つである。

なお、ユーザのタッチからシステムが投影ボタン色の変更をするまでの反応時間は約330ミリ秒である。

3.2 スクロールバーの追従速度

この評価試験では、システムの指示に従って、5人の被験者(男性3, 女性2)に、スクロールバーを左右に連続で動かして貰う。1回の評価で左右に20回とし、明環境2回、暗環境2回の合計4回行った。テストのためのこのシステムは、参加者がスクロールバーを動作し、目標位置で止めるまで、目標位置を固定して表示し続ける。目標位置に1秒間ハンドルが収まった後、直ちにシステムは次の目標位置を示す。スクロール領域は10分割し、その中でシステムは次の目標位置をランダムに選び決定する。スクロール領域はLight Blue(R=178, G=203, B=228)である。

表2は全参加者の各ハンドル動作1回の平均操作時間を示している。この結果から、案内板などで画面をスクロ

表2 スクロールバーの操作性

スクロールバーの操作性	明環境 (210 lx)	暗環境 (50 lx)
平均操作時間(秒)	2.07	1.86

ールするには十分な追従性能であると考えている。

4. 今後の課題

実用的で安価なプロジェクターカメラシステムの1つとして、我々はタッチボタンとタッチスクロールバーを持つ大きな仮想タッチスクリーンを提案した。これは平坦で白もしくは淡い壁のような平面があれば、プロジェクタ、カメラ、および、PCだけで構成できる。

仮想ボタンへのタッチは、タッチで生じる手の影領域の大きさにより判定される。影領域はボタン色を一瞬異なる色で点滅することで、抽出する。このアルゴリズムでは、システムの周辺における緩やかな照明変動に耐性が高い。加えて、プロジェクタとカメラの光学的キャリブレーションや調整を必要としない。

しかしながら、幾つかの課題が残されている。例えば、ボタンの投影色変更による影領域抽出の精度向上、影領域抽出における、変化したか否かの基準となる閾値の自動調整、殆ど全てのボタン領域を覆う大きな影に対する不必要な色変更の点滅回数の一層の減少、また、環境光の突然の変化に対する復旧などである。

参考文献

- [1] 加島隆博, 中島克人, "プロジェクタとカメラによるタッチスクリーンのタッチ精度向上", 映像情報メディア学会映像表現&コンピュータグラフィックス研究会/画像電子学会第251回研究会, 2010-7.
- [2] Z.Zhang, "A flexible new technique for camera calibration", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.11(2000).