

プロジェクタとカメラを用いた“どこでもスイッチ” “Everywhere Switch” by Projector and Camera

野崎 陽†

AKIRA NOZAKI

中島 克人‡

KATSUTO NAKAJIMA

1 はじめに

現代の部屋はテレビやエアコン等のリモコンで遠隔操作が可能な器機で溢れている。しかし、これらのリモコンにはバッテリー切れや磨耗による操作感の悪化といったハードウェア上の問題や、紛失や携帯していなければならないといった運用上の問題がある。

そこで我々はプロジェクタとカメラを用いて自動的に投影箇所を発見し、タッチボタンのリモコンを投影しタッチを認識するシステム「どこでもスイッチ」を提案する。

本稿においては、どこでもスイッチで必要となる投影箇所の発見機能の提案と、タッチ判定機能の提案およびその評価を行う。

2 提案手法

図1にシステムの構成図、図2にシステム全体の処理の流れを示す。

「投影可能箇所の発見」とは、リモコンボタン（以後、単にボタン）の投影に適する単色で平面な場所をカメラによって取得された画像から自動的に発見する機能である。スイッチのタッチ判定は、プロジェクタによって投影されたボタンに使用者が指で触れることで、ボタン領域に出来る指の影をカメラで観測することで認識する。

以下に各処理の詳細を述べる。

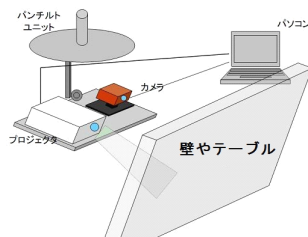


図1 どこでもスイッチの構成図

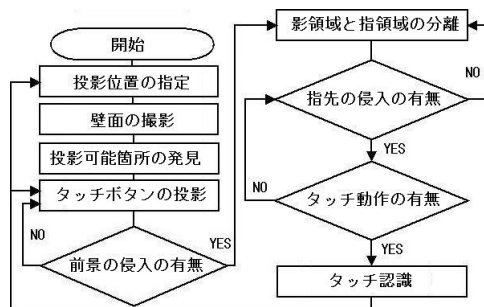


図2 システム全体の処理の流れ

2.1 投影箇所の発見

カメラの入力画像を、予め設定した大きさの正方形のブロックで分割し、ブロック毎のRGBの各値における分散の値を算出し、各値が全て閾値以下で、かつ、明度が一定

以上のブロックを、投影に適した平板な領域として、候補ブロックとする。次に、投影するボタン群に応じた大きさと形状を確保できるように類似色の候補ブロックを結合する。

なお、結合する候補ブロック群の中心は、ユーザが手招きなどのジェスチャーで指定する事を考えている。

2.2 タッチ判定手法

まず背景差分法を用いてボタン領域内に進入した前景を抽出する。次に前景が手か影かを判別し、手であるならば指先かどうかを判別する。指先ならば、それによって生じる影の画素数のとの比率を算出し、タッチ判定を行う。タッチ判定には、指先の停止でタッチと見なす手法[1]やカメラ画像に加えてタッチ音を補助的に用いる手法[2]が報告されているが、本提案ではカメラからの画像のみでタッチ判定する手法を提案する。

2.2.1 手と影の分離

タッチ動作を行う前の指は図3(a)のようにプロジェクタの光が当たって照らされた手領域と投影光によって生じた影領域に分かれる。予備実験により、明るい環境下では明度よりも彩度の方が影の分類に適している事が判ったため、彩度の低い領域を影領域としての分離する。彩度の閾値は判別分析法[2]を用いて求める。影の分離はカメラ入力に対して毎フレーム行う。

この手法は図3(a)のようなタッチを行う前の状態には有効である。しかし、図3(b)のようなタッチ中の状態においては影領域が限りなく小さくなってしまい、判別分析法の前提条件となる2つのクラスが存在する状態ではなくなってしまう。このため手領域と影領域を分離する適切な閾値を得られなくなる。そこで、指がボタン領域に入りつつある時には判別分析法によって閾値を更新し、前景量の増加が止まるか、前景中の彩度の分散がある一定量以下になると閾値を更新しないこととする。

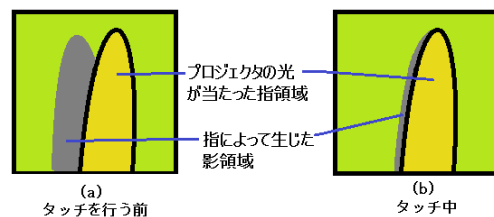


図3 プロジェクタ投影下の指と影

2.2.2 ボタン進入判定

ボタン領域に侵入した手領域が操作を意図した指先なのかを判定するために、図4に示すような、ボタンを囲む4つの辺における手指領域の侵入状態を解析する。本提案においては、1辺から進入する場合(図4のa)は指先がボタン領域内に有り、対面の2辺(同e)、3辺(同f)、4辺(同g)は指先が外に有ることが判る。隣り合う2辺(同b,c,d)からの進入の場合は、以下の2つのテストで判断する。

- ・侵入する2辺の間の頂点が手領域でなければ(同c)、指先はボタン領域外

† 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

- 各辺における手領域との交差点と2辺の間の頂点でできる三角形内(図5参照)の画素数が、ボタン領域内の手領域の画素数よりも小さいならば(同b), 指先はボタン領域内。

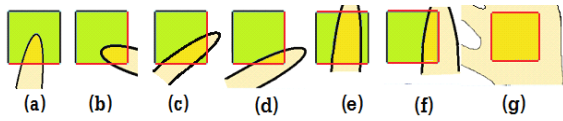


図4 手のボタン領域の侵入パターン

辺上の手領域との交差点と2辺の間の頂点でできる三角形



図5 各辺における手領域との交差点と2辺の間の頂点でできる三角形

2.2.3 タッチ判定

図3(a,b)で示すように、ボタン領域内の影領域の指領域に対する比率は、タッチを行う前の状態に比べてタッチ中は減少するという特徴がある。そこで、この比率の変化をタッチの判定に用いる。

実際のボタン操作のように、押し込み動作がある場合のみをタッチとして判定するために2つの閾値を用いる。即ち、影比率が高い方の閾値(閾値 a)を超えた後に、低い方の閾値(閾値 b)を下回ったときにのみ、タッチしたと判定する。ボタン領域に指領域が侵入してからタッチ動作に至るまでの影領域の比率の変化と閾値の関係を図6に示す。

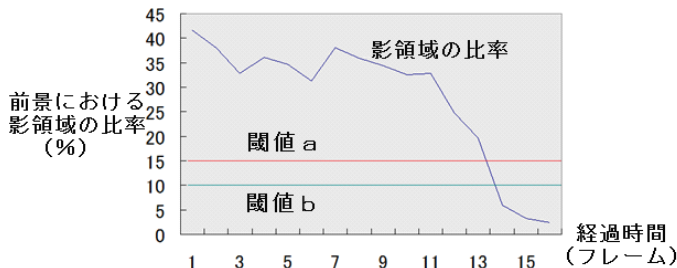


図6 タッチ動作に至るまでの影比率のグラフ

3 タッチ判定手法の評価

本提案におけるタッチ判定手法の前提となる、影の分離精度を評価した。表1に実験環境を示す。

表1 実験環境

カメラ	Panasonic HDC-SD5
プロジェクタ	EPSON EB-X12
投影面までの距離	400 cm

3.1 彩度による影の分離評価

カメラをプロジェクタ右横 50 cm に設置した際の、ボタン領域への右, 右下, 下, 左下, 左方向それぞれからのタッチ状態 (投影面から 0cm) とタッチ前状態 (投影面から 3cm) の指によってできる影の分離精度を評価した。照度条件は明環境 (250 lux) と暗環境 (15 lux) の2種とした。

分離精度とは、手と影を人手で分離した真値における影の画素数を100%としたときの比率である。結果を表2に示す。表2の分離精度の後ろの括弧内の値は、前景(指と影)に対する分離された影の比率を示す。

図7は評価に用いた画像の一例である。図7(a)はタッチ前の前景(白い部分が指と影), (b)は(a)の影分離結果(白い

部分が指で灰色の部分が影), (c)タッチ中の前景(白い部分), (d) (c)の影分離結果(灰色部分が殆ど無い)を示している。

表2 影の分離精度と前景に対する影の比率

指の 進入方向	明環境 (250 lux)		暗環境 (15 lux)	
	指から投影面までの距離			
	0cm	3cm	0cm	3cm
右	0% (0%)	0% (0%)	0% (0%)	0% (0%)
右下	0% (0%)	59% (19%)	0% (0%)	76% (25%)
下	0% (0%)	89% (22%)	0% (0%)	91% (25%)
左下	0% (0%)	83% (27%)	0% (0%)	75% (20%)
左	0% (0%)	62% (49%)	0% (0%)	77% (10%)

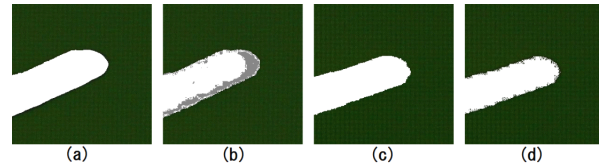


図7 入力画像と影分離結果の例

3.2 考察

表2から、指の侵入角度に影響されるものの、彩度に基づく影領域の分離によって、指がタッチ中か否かの区別が出来る見通しを得た。照度条件によって、分離される影領域が影響を受ける主な要因は、明環境では蛍光灯等の照明光がプロジェクタ光に対して相対的に強かったこと、そして、暗環境ではプロジェクタの光が十分に届かず、指領域と影領域の彩度に想定していたほどの差が生じなかったことであると考えられる。しかし、タッチ状態 (投影面から 0cm) での影の誤抽出が殆ど無いため、タッチ前状態 (投影面から 3cm) との明確な差が生じており、タッチ判定には十分利用可であると考えられる。なお、今回の評価における「右からの指の侵入」のように、カメラとの位置関係によっては、タッチ前の状態でも指の影検出は困難なため、今後はこれを踏まえた対策もしくは運用を工夫する必要があると考える。

4 まとめ

本稿では、どこでもスイッチを実現するための投影箇所を決定する機能とタッチ判定手法の提案および評価を行った。また、プロジェクタを天井近くに設置し、400 cm 程度離れた壁や机に投影したスイッチにおいても、分離した影の情報を用いてボタンタッチの判定が行える見通しを実験により得た。今後は実用に向けて、さらに多様な条件での対応を可能にすべく、改善を行っていく予定である。

参考文献

- [1] Hiroki Goto, Yuzo Kawasaki, Akio Nakamura, "Development of an Information Projection Interface Using a Projector-Camera System", 19th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication
- [2] 土屋太二, "家電操作のための投影型リモコンシステム", 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻修士論文, 2011
- [3] 大津展之, "判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法", 信学会論, D-J63, No. 4, pp. 349-356, 1980