

1次元タッチセンサを用いたジェスチャ認識の検討

A Study of Gesture Recognition using One Dimensional Touch Sensor

川又 武典
Takenori Kawamata

岡田 康裕
Yasuhiro Okada

1. まえがき

近年、携帯電話の多機能化が進み、煩雑なメニュー操作を行わず簡便な操作で各種機能が使用可能な操作性のよい端末の実現が課題となっている。携帯電話における入力・操作インタフェースを向上する手法として、携帯電話のカメラを用いて指の動きを検出することにより文字や図形の入力を行うもの^[1]があるが、1)片手で操作ができない、2)照明条件の影響を受けやすい、などの課題がある。そこで、今回は片手で操作が可能なタッチセンサを用いたジェスチャ認識について検討を行った。ここで、ノート PC などでは、2次元のタッチセンサを用いたジェスチャによる機能呼び出しなどが実現されているが、携帯電話においては実装上の制約が大きいため、2次元のタッチセンサの搭載は困難である。そこで、携帯電話の側面に実装面積の小さい1次元のタッチセンサを搭載し、タッチセンサ上の1次元の指の動きを認識するジェスチャ認識方式を開発することにより、各種機能のジェスチャによる簡便な呼び出しを実現した。

本発表では、開発したジェスチャ認識方式、及び性能評価結果などについて報告する。

2. タッチセンサとジェスチャ形状

2.1 配置



図1. タッチセンサの配置

今回の検討は、図1に示すように、携帯電話の側面に薄型でかつ低反応荷重(250mN)なスイッチ6個からなる1次元のタッチセンサを配置することにより行った。単純なスイッチで構成することにより、接続のための専用ASICが不要で、消費電力も抑えることができる。また、通常のタッチセンサと異なり、複数点の同時検出も可能である。

2.2 スイッチピッチの検討

指操作において安定して座標点を検出可能にするためには、スイッチのピッチは、図2に示すように、指の接触面の最小サイズより小さくする必要がある。今回のタッチセンサの操作は、親指以外にも人差し指での操作が想定されるため、より接触面の小さい人差し指での操作を基準にピッチの検討を行った。ここで、図3に示すよ

三菱電機(株) 情報技術総合研究所, Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corp.

うに、人差し指の接触面の長さを第1関節の半分、第1関節は指の長さ全体の約1/6と仮定し、日本人の人差し指の長さの統計値を基準にピッチを決定した。具体的には、携帯電話の使用頻度が高い16歳~40歳台までの男女においては、人差し指の長さの平均値は64.9mm~70.6mm、最小値は39mmである^[2]。これより、最小値を基準にすると、人差し指の接触面の最小サイズは、6.5mmとなるので、ピッチはこれより小さくすることが必要となる。本知見より、今回のセンサにおけるピッチは、接触時の反応を確実なものとするため4mmとした。

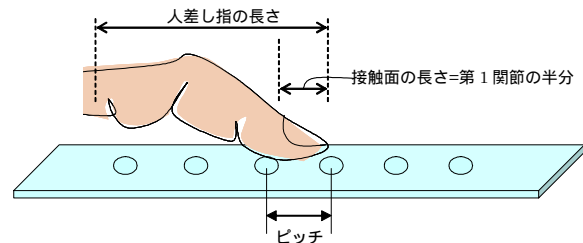


図2. スイッチピッチの検討

2.3 センサの長さ

図1のように右手持ちでの操作を考えた場合、持ち方を変えずに操作するためには、親指の第1関節のみの動きが自然である。したがって、可動範囲も親指の第1関節の長さにはほぼ等しいと考え、センサの長さは男性の親指第1関節の長さの平均値である30mmとした^[2]。

2.4 ジェスチャ形状

今回のジェスチャ認識では、待ち受け画面でタッチセンサ上を指でなぞることにより、対応する機能の呼び出しをダイレクトに行く。そのため、ジェスチャ形状を決定する上で以下の2つの点を考慮し、図3に示すような11種類のジェスチャ形状とした。

(1) ブラインド操作が可能なこと
センサ上の絶対位置を意識するようなジェスチャ形状としないこと。

(2) ジェスチャ以外の誤動作を抑えること

図1に示したように携帯電話の側面にタッチセンサを配置しているため、待ち受け画面における携帯電話の保持、ボタン操作など、ジェスチャ操作以外の場合にもセンサの入力は生

じる。このため、1つのストロークで、かつ単純な形状のジェスチャは使用しないこととした。

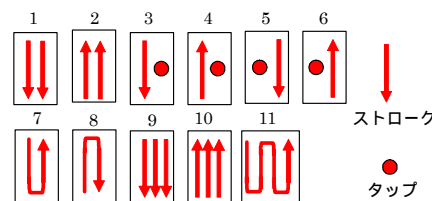


図3. ジェスチャ形状(11種類)

3. ジェスチャ認識方式

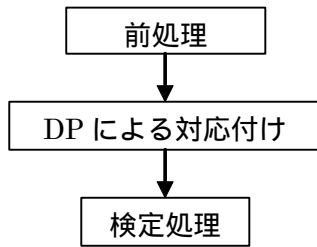


図4. ジェスチャ認識方式

により対応付け、得られた対応付けの候補について妥当性を検証する検定処理を行い、最終的な認識結果を確定・出力する。

3.1 前処理

時系列 (10ms 間隔) で得られる 6 個のスイッチの ON/OFF 情報を座標情報 (0~10) に変換すると共に、指の空間での動きを含めて一筆書き表現する。次に、座標情報を基に大きさ 1 の方向ベクトル (指が接触した状態での下方向、上方向のベクトル、指が浮いた状態での下方向、上方向のベクトル) に変換する。

3.2 DP による対応付け

前処理で得られた入力パターンの方向ベクトル列と、各ジェスチャ形状の標準パターンの方向ベクトル列とを数式 1 を用いた DP マッチングにより対応付けを行い、評価値が小さいものから 3 つを対応付け結果の候補として出力する。

$$h(i, j) = \min \begin{cases} h(i-1, j-1) + 2 \times d(i, j) \\ h(i-1, j) + d(i, j) + DP_PENALTY \\ h(i, j-1) + d(i, j) + DP_PENALTY \end{cases}$$

$$d(i, j) = |f(i) - g(j)|$$

$h(i, j): (i, j)$ における評価値

$d(i, j):$ 入力パターンの方向ベクトル $f(i)$ と標準パターンの方向ベクトル $g(j)$ の距離

・・・数式 1

3.3 検定処理

DP マッチングの結果得られた 3 つの候補に対して、対応付け結果から得られる特徴点 (端点、屈曲点) 情報、各座標点における接触幅情報 (指幅) 及び時間情報から、対応付け結果の妥当性の検証を行う。検定内容は以下の 3 つである。

- (1) 特徴点間の長さ情報 (ストローク、タップ)
- (2) 接触幅の時間的な変位 (タップ)
- (3) 特徴点間の時間情報 (ストローク、タップ)

4. 評価結果

4.1 データ収集

今回のジェスチャを初めて使う被験者 22 名に対して、以下の順番で評価サンプルの収集を行った。

(1) 学習モード: 入力したジェスチャが正しく認識できたか否かを被験者に提示しながら収集。被験者が確実に入力できるようになったと判断した時点で終了。但し、被験者によっては必ずしも正しく認識できるまで学習を行っていない (7 回の試行で 1205 サンプル)。

(2) 評価モード: (1) の学習の終了後に、入力したジェスチャが正しく認識できたか否かを被験者に提示せずに収集。各ジェスチャ形状について 5 サンプルずつ収集 (合計 1210 サンプル)。

また、ジェスチャ以外をジェスチャとして認識する誤動作率の評価を行うために、待ち受け画面のボタン押し操作などにおけるジェスチャ以外の入力サンプルの収集も行った (232 サンプル)。

4.2 検定処理の効果

4.1 の評価モードで収集したサンプル、及びジェスチャ以外のサンプルを用い、検定処理を行う場合、行わない場合の認識率、誤読率 (他のジェスチャに誤認識する率)、棄却率、誤動作率を表 1 に示す。

表 1. 評価結果 (%)

検定処理	認識率	誤読率	棄却率	誤動作率
なし	93.6	5.4	1.0	47.0
あり	94.5	0.7	4.9	0.0

表 1 から判るように、検定処理を行わない場合 (DP の評価値での棄却のみ) は、誤読及び誤動作が多く発生するが、検定処理を行うことにより誤読、誤動作を抑えることが可能なが判る。

4.3 学習の効果

また、学習による効果を明らかにするため、4.1 の学習モードで収集したサンプルにおける試行回数毎の認識性能を表 2 に示す。なお、途中で入力を終了した被験者のそれ以降の試行は正しく認識できたものとしている。

表 2. 学習効果 (%)

試行回数	認識率	誤読率	棄却率
1 回目	82.3	3.9	13.9
2 回目	83.5	4.3	12.1
3 回目	85.7	2.2	12.1
4 回目	89.6	1.7	8.7
5 回目	91.3	2.2	6.5
6 回目	93.1	0.9	6.1
7 回目	94.4	0.9	4.8

表 2 に示すように、試行回数が増加する程、認識率が向上し、学習効果があることが判る。また、試行回数別では、約半数の被験者が 5 回の試行で学習を終了している。

5. 今後の予定

今後は、より操作し易いジェスチャ形状の検討を行うと共に、認識方式の改良により、誤読率、棄却率の低減を図る予定である。

[参考文献]

- [1] 大上他 “携帯機器向け入力インタフェースの開発” 第 61 回情報学全大, 2000, 4V-3
- [2] 「日本人の人体計測データ」, (社) 人間生活工学研究所センター, 1997