

モバイル端末内蔵センサを用いた明暗変化によるハンドジェスチャ認識手法

山下 大輔

Daisuke YAMASHITA

1 はじめに

近年、コンピュータの直感的な操作としてジェスチャ認識に注目が集まっている。専用のジェスチャ認識機器のみでなく、モバイル端末を用いたジェスチャ認識の研究がある^{1, 2)}。しかし、追加機器の必要性や、カメラの使用による消費電力やプライバシーの問題などの課題がある。本研究では、モバイル端末内蔵の照度センサを用いたハンドジェスチャ認識手法を提案する。端末表面の明暗変化を取得して、ハンドジェスチャ認識を行う。また、モバイル端末内蔵の近接センサを用いて、ハンドジェスチャ認識における外乱対策を行う。手が近づいた場合の照度変化のみをハンドジェスチャとして分類することで、ハンドジェスチャ以外の要因で起こる照度変化の誤認識を防ぐ。

モバイル端末内蔵のセンサを用いることで、追加の機器を必要とせず、消費電力やプライバシーを考慮したハンドジェスチャ認識を実現した。本研究で提案するハンドジェスチャ認識は、訓練データを用いた学習によって行う。提案手法における認識精度の検証を行い、正確なハンドジェスチャ認識を可能であることを確かめた。タッチ操作が容易ではない状況や画面の確認が不要な状況において有効に活用可能なハンドジェスチャ操作対応のアプリケーションを実現した。

2 内蔵センサによるハンドジェスチャ認識

2.1 明暗変化を用いたハンドジェスチャ認識

モバイル端末内蔵の照度センサを用いたハンドジェスチャ認識手法を提案する。提案手法は、内蔵照度センサから得た照度情報を用いる。照度は明るさを示す指標であり単位はルクス (lx) である。内蔵照度センサを用いて、手を動かした際に生じる照度変化を検知してハンドジェスチャ認識を行う。ハンドジェスチャ実行時における照度変化の特徴から複数のハンドジェスチャを分類可能である。提案手法で認識するハンドジェスチャは以下の5種類である。手の動きのイメージ Fig. 1 に示す。

- HIDE : 照度センサ部分を手で覆う動作
- ROLL : 手を1回転させる動作
- UP : 手を手前から奥に振り上げる動作
- DOWN : 手を奥から手前に振り下げる動作
- SLASH : 手を横にスライドさせる動作

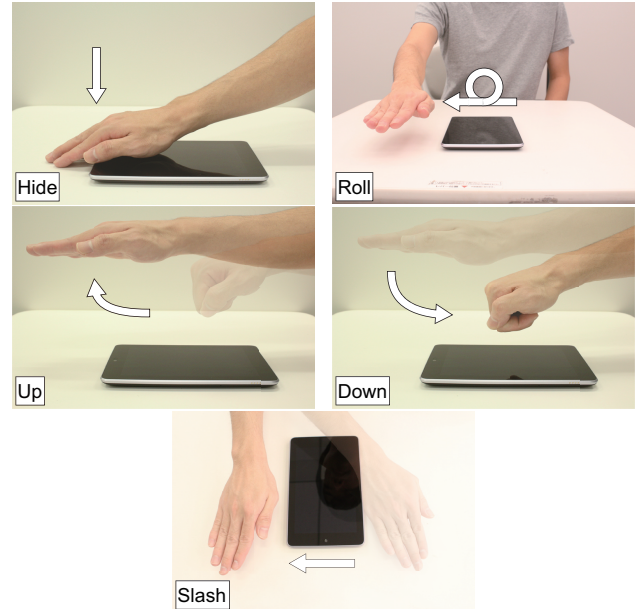


Fig. 1 5種類のハンドジェスチャ

ハンドジェスチャを端末付近で実行することで、内蔵近接センサによる検知が可能である。手の近づきを検知することで、ハンドジェスチャ以外の要因で生じる照度変化の誤認識を防止可能である。

2.2 ハンドジェスチャによる照度変化

提案手法で認識するハンドジェスチャは照度変化に特徴がある。5種類のハンドジェスチャ実行時の照度変化データを収集して学習する。決定木学習に用いる特徴量は、照度変化を表す波の深さ D 、照度変化を表す波の傾き S 、ジェスチャの実行時間 T 、照度変化を表す波の数 W の4種類である。それぞれの算出式を以下に示す。

$$D = A/I \quad (1)$$

$$S = A/T_s - A/T_e \quad (2)$$

$$T = T_s + T_e \quad (3)$$

$$W = \sum_{t=1}^T y_t \quad (4)$$

$$y_t = \begin{cases} 1 & (l_t - l_{t-1} < 0, l_{t+1} - l_t \geq 0) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

A : 照度の変化量, I : 現在照度 [lx]

T_s : 照度変化を表す波が最深部に達するまでの時間 [ms]

T_e : 照度変化を表す波が最深部に達してからの時間 [ms]

l_t : 時間 t における照度値 [lx] (ただし, $0 \leq t \leq T$)

3 ハンドジェスチャ認識精度の検証

ハンドジェスチャ認識において、訓練データを収集してハンドジェスチャ認識精度を検証する。実験端末として Galaxy S6 edge を用いた。被験者は 23~25 歳の学生 6 名である。LED 照明 9 灯の中央の照明直下に机を設置し、机上面の照度を調節して複数の照明環境で実験を行った。机上面の照度を 300 lx, 500 lx, 700 lx, および 1000 lx に変更して実験を行った。Galaxy S6 edge の内蔵近接センサは、8 cm 以内の物体を検知可能である。被験者には、ハンドジェスチャ実行時に 1 度は端末の 8 cm 以内に手を近づけるように指示し、約 5 分間のレクチャを行った。

訓練データの収集において被験者は、5 種類のハンドジェスチャを実行する。6 名の被験者が 4 パターンの照明環境で 5 種類のハンドジェスチャを 10 回ずつ繰り返すことで合計 1200 のデータを収集した。1200 のデータを用いて 3 種類の交差検証を行う。1 個抜き交差検証の結果を Table 1 に示す。また、未知のユーザに対する検証結果を Table 2 に、未知の照明環境に対する検証結果を Table 3 にそれぞれ示す。

Table 1 1 個抜き交差検証交差検証結果

	Hide	Roll	Up	Down	Slash
Hide	89.1 %	0.0 %	3.8 %	2.1 %	5 %
Roll	0.0 %	95.4 %	2.5 %	0.8 %	1.3 %
Up	1.3 %	0.8 %	94.6 %	0.4 %	2.9 %
Down	4.2 %	0.4 %	4.2 %	88.3 %	2.9 %
Slash	0.0 %	0.0 %	1.3 %	0.0 %	98.7 %

Table 2 未知のユーザに対する認識精度の検証結果

Hide	Roll	Up	Down	Slash
82.9 %	95.4 %	91.7 %	87.9 %	98.7 %

Table 3 未知の照明環境に対する認識精度の検証結果

Hide	Roll	Up	Down	Slash
85.8 %	95.4 %	90.4 %	88.3 %	98.7 %

Table 1 より、平均 93.2 % で 5 種類のハンドジェスチャを分類している。また、Table 2, Table 3 より、未知のユーザに対する検証において平均 91.3 %、未知の照明環境に対する検証において平均 91.8 % でハンドジェスチャを分類している。しかし、HIDE および DOWN のハンドジェスチャにおいては、他のハンドジェスチャと比較して認識精度が低い。内蔵近接センサによる外乱対策は、端末に対して手を近づけることを要求するため、すべてのハンドジェスチャにおいて照度が低くなる傾向

がある。特に手を振り下ろす動作である DOWN は端末との距離調整が容易ではなく、HIDE に似た動作になったと考えられる。HIDE を除いた 4 種類のハンドジェスチャに限定した場合の 1 個抜き交差検証結果を Table 4 に示す。

Table 4 ハンドジェスチャ 4 種類の検証結果

	Roll	Up	Down	Slash
Roll	95.4 %	2.5 %	0.8 %	1.3 %
Up	0.8 %	95.8 %	0.4 %	2.9 %
Down	0.4 %	4.2 %	92.5 %	2.9 %
Slash	0.0 %	1.3 %	0.0 %	98.7 %

Table 4 より、平均 95.6 % で 4 種類のハンドジェスチャを分類可能である。内蔵近接センサを用いた外乱対策を併用する際のハンドジェスチャ認識は、内蔵照度センサのみを用いたハンドジェスチャ認識に対して精度が低い。しかし、ハンドジェスチャの種類を限定することで内蔵照度センサのみを用いたハンドジェスチャ認識と同等以上の認識精度を実現可能である。外乱の有無、操作に必要なハンドジェスチャの種類、要求されるハンドジェスチャ認識精度など、状況に合わせてハンドジェスチャ認識手法を変更することで様々な状況で活用可能である。

4 結論

モバイル端末内蔵センサを用いたハンドジェスチャ認識手法を提案した。追加デバイスを必要とせず、プライバシーを考慮したハンドジェスチャ認識手法である。内蔵照度センサは画面輝度の自動調整に、内蔵近接センサは通話時等の誤作動防止にそれぞれ利用する。常時動作するセンサのみを用いることで、消費電力への影響が小さいハンドジェスチャ認識手法を実現した。

内蔵照度センサから得た照度情報をもとにハンドジェスチャを認識する手法を考案し、検証した。5 種類のハンドジェスチャについて、訓練データを用いた学習により作成した決定木によって分類する。1 個抜き交差検証の結果、平均 93.2% の認識精度を確認した。外乱対策、ハンドジェスチャ数、認識精度などから必要な機能を優先することで異なる状況に適応可能である。

参考文献

- 1) Song J. and Sörös Gábor and Pece F. and Fanello S. R. and Izadi S. and Keskin C. and Hilliges O., "In-air Gestures Around Unmodified Mobile Devices," In Proc UIST 2014, pp.319-329
- 2) Goel M. and Lee B. and Aumi I. T. Md. and Patel S. and Borriello G. and Hibino S. and Begole J., "SurfaceLink: Using Inertial and Acoustic Sensing to Enable Multi-device Interaction on a Surface," In Proc CHI 2014, pp.1387-1396