

モバイル端末の照度センサでの明暗変化を用いた ハンドジェスチャインタフェースの検討

本谷 陽

Yo MOTOYA

1 はじめに

近年、直感的な操作が可能なジェスチャインタフェースに関する研究が注目を集めている。Kinect や Leap Motion などのジェスチャ認識可能なデバイスの開発および商用化も進み、インタラクションをより容易かつ自然なものにしようとする試みが活発に行われている。

また、近年のモバイル端末の急速な普及に伴い、モバイル端末を用いたハンドジェスチャ認識に関する研究が増えている。加速度センサやマイクを用いて机を擦るジェスチャを認識する手法¹⁾、モバイル端末の RGB カメラを用いてハンドジェスチャを認識する手法²⁾ など、様々なハンドジェスチャ認識手法が提案されている。しかしながら、これらの手法は、モバイル端末以外に追加のデバイスを必要とする、またカメラ画像を用いる場合はプライバシーに対する考慮を必要とする、などの課題点が挙げられる。

本研究では、モバイル端末に内蔵された照度センサでの明暗変化を用いたハンドジェスチャインタフェースを提案し、提案インタフェースにおけるハンドジェスチャの認識精度を評価する。

2 モバイル端末の照度センサでの明暗変化を用いたハンドジェスチャインタフェース

2.1 提案インタフェースの概要

スマートフォンやタブレット端末には、端末のディスプレイ輝度の調節を目的に、照度センサが内蔵されている。提案インタフェースは、この内蔵照度センサから照度情報を取得し、照度値の変化から特徴を抽出する。そして、事前に決定木学習を行って得た決定木を用いてハンドジェスチャを分類する。なお提案インタフェースでは、Fig. 1 に示す Hide ジェスチャ、Roll ジェスチャ、Up ジェスチャ、Down ジェスチャ、および Slash ジェスチャの 5 種類のハンドジェスチャを認識する。

2.2 ハンドジェスチャ認識手法

ハンドジェスチャによる操作を実行すると、モバイル端末上の照度値が変化し、照度値の波が生じる。この波のデータセットを取得し、取得したデータセットから照度値の波の数および式(1)-(3)に示す波の深さ D 、波

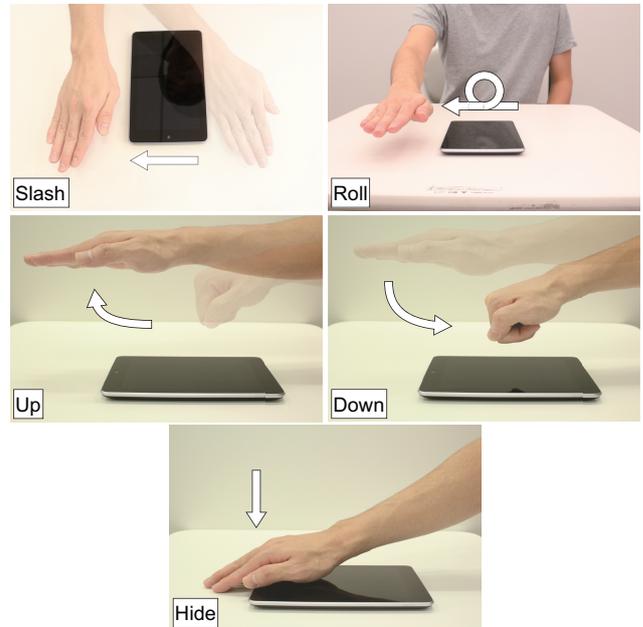


Fig. 1 Hand gestures of the proposed interface

の傾き S 、ジェスチャの実行時間 T_t の計 4 種類の特徴を抽出し、ハンドジェスチャの分類を行う。

$$D = \frac{A}{I} \quad (1)$$

$$S = \left| \frac{A}{T_s} \right| - \frac{A}{T_e} \quad (2)$$

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

A : 波の振幅, I : 現在の照度環境 [lx]

T_s : 波の開始地点から最深地点までの時間 [ms]

T_e : 波の最深地点から終了地点までの時間 [ms]

ハンドジェスチャの分類には、決定木学習を用いる。決定木学習は、分類精度の高い手法ではないが可読性が高く、最も広く利用されている学習手法のひとつである。また他の学習手法と比較して、分類する際に必要な計算量が少なく、分類速度が速いという特徴がある。本研究では、前述した 4 つの特徴に基づいた浅い決定木を用いてハンドジェスチャを分類することで、より少ない計算量でハンドジェスチャを認識する。提案インタフェースは、特にバッテリー制限のあるモバイル端末において有効なインタフェースである。

3 ハンドジェスチャ認識精度検証

3.1 実験概要

提案インタフェースのハンドジェスチャ認識精度について、検証実験を行った。被験者は、23～24歳の学生7名とし、実験を行う前に、それぞれのジェスチャについて約5分間のレクチャを被験者に対して行った後、実験を行った。

実験では、第2章に示した5つのジェスチャを実行する。また、照度環境を4パターン用意し、机上面の照度を1000 lx, 700 lx, 500 lx, および300 lxに変更して実験を行った。これを10回繰り返し、計1400個のデータを集め、精度検証の評価に用いた。なお、学習や疲労によるデータの偏りが生じないように、それぞれのジェスチャをランダムに指示し、照度環境をランダムに変更して実験を行った。

3.2 実験環境および使用端末

本実験は、LED照明9灯の中央の照明直下に机を設置し、机上面にモバイル端末を置いて実験を行った。実験環境をFig. 2に示す。

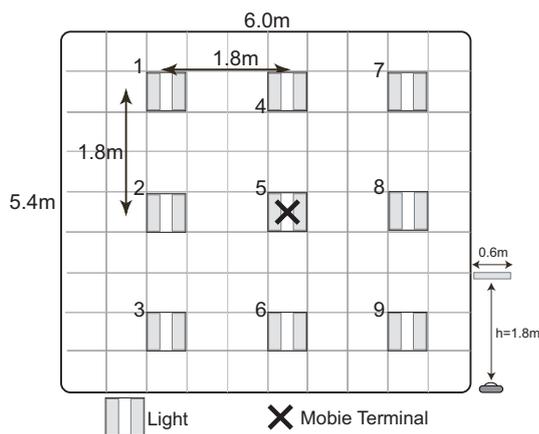


Fig. 2 Experimental environment

本研究では、タブレット端末である Nexus 7 を用いた。予備実験の結果、Nexus 7 の照度取得速度は約 50 ms, 反応速度は約 200 ms であった。なお、ここでの反応速度とは、机上面の照度値が変化したときに、モバイル端末の照度センサの取得値が正しい照度値に収束するまでの時間を示す。

3.3 実験結果および考察

評価は、全被験者のデータを用いた Leave-one-out Cross Validation (LOOCV) による評価、被験者ごとのデータを用いた LOOCV による評価、Leave-one-subject-out Cross Validation (LOSOCV) による評価、および Leave-one-illuminance-out Cross Validation (LOIOCV) による評価の4種類を行う。

被験者ごとのデータを用いた LOOCV は、テストデー

タおよび訓練データの両方を1名の被験者のデータのみで構成し、被験者ごとの分類精度を評価する。LOSOCV は、被験者ごとにデータを分割し、被験者1名のデータをテストデータ、その他の被験者のデータを訓練データとする。LOIOCV による評価を行うことで、未知のユーザに対する汎用性を評価する。LOIOCV は、照度環境ごとにデータを分割し、あるひとつの照度環境におけるデータをテストデータ、その他の照度環境におけるデータを訓練データとする。LOIOCV による評価を行うことで、未知の照度環境に対する汎用性を評価する。

LOOCV, 被験者ごとのデータを用いた LOOCV, LOSOCV, および LOIOCV の結果を Table 1 に示す。なお、Table 1 における Per User は、被験者ごとのデータを用いた場合の LOOCV の結果を指す。

Table 1 Experimental results (Units of values in the table is %)

	Hide	Roll	Up	Down	Slash
LOOCV	96.8	95.4	94.3	93.6	96.4
Per User	97.5	98.6	91.8	98.2	96.4
LOSOCV	95.4	96.1	90.0	96.8	91.8
LOIOCV	96.1	98.2	94.3	97.9	95.4

Table 1 より、提案インタフェースが高い認識率でハンドジェスチャを認識していることがわかる。平均で 95.3% と高い正確性を示し、それぞれのジェスチャにおいても全て 93.6% 以上の精度を示している。

被験者ごとのデータを用いた LOOCV は、全ハンドジェスチャにおいて 91.8% 以上、LOSOCV は 90% 以上の認識率でハンドジェスチャを認識していることがわかる。LOSOCV の結果、被験者ごとのデータを用いた LOOCV の結果よりも認識率が低かったが、平均 94.3% と高い正確性を確認した。この結果から、提案インタフェースは未知のユーザに対して汎用性があることがわかる。

LOIOCV の結果、平均 96.4% と高い正確性を確認した。そのため、実際に提案インタフェースを使用する環境の照度値が、本実験で用意した照度環境と異なる場合であっても、300 lx から 1000 lx の間であれば提案インタフェースでのハンドジェスチャによる操作が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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