

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

Kento Matsui¹, Hiroto Aida², Yo Motoya¹, and Mitsunori Miki²

¹Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto, Japan

²Department of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto, Japan

Abstract—本研究では、スマートフォンやタブレット端末に内蔵されている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について検討する。照度センサを用いて取得した照度値の変化からハンドジェスチャを検知し、決定木学習を用いて分類する。これにより、モバイル端末上でのハンドジェスチャによる直感的な操作を実現する。ハンドジェスチャ認識に関する研究の多くは、カメラ画像を用いて行われているが、画像解析を行うためジェスチャ認識に必要な計算量が多くなる。また、プライバシーについて考慮する必要がある。カメラ画像でなく照度センサでの明暗変化を用いることで、少ない計算量でハンドジェスチャが認識でき、より軽量なアプリケーションが実現できる。また、プライバシーについても考慮する必要がなくなる。精度検証実験の結果、平均 95% の認識率で 5 種類のハンドジェスチャを認識することができた。また、未知のユーザおよび未知の光環境に対する汎用性を確認することができた。

1. 序論

近年、直感的な操作が可能である NUI (Natural User Interface) が注目を集めている。NUI は、直感的な動作での操作が可能なユーザインタフェースであり、タッチ操作や音声操作のような動作を用いたコンピュータとのインタラクションを実現する。また NUI の中でも特に、ジェスチャインタフェースに関する研究は広く行われており、多くの研究者が様々なジェスチャ認識手法を提案している [1][2][3]。Kinect[4] や Leap Motion[5] などに代表される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んでいる。ジェスチャ認識の技術は、エンターテインメント分野や医療分野など様々な分野において積極的に活用されている [6][7][8]。

一方、近年のモバイル端末の急速な普及に伴い、これら端末のセンサ情報を活用した研究が増えている。スマートフォンやタブレット端末には、近接センサや加速度センサ、および地軸センサなど多種多様なセンサが組み込まれており、これらセンサは、ユーザの行動推定や屋内位置推定など様々な研究やサービスに活用されている。

モバイル端末を用いた研究においても、ジェスチャインタフェースに関する研究が行われている。その中でも、手の動きを認識するハンドジェスチャインタフェースに関する研究が広く行われており、机を擦るジェスチャを加速度センサやマイクを用いて認識する手法 [10]、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 [11] など、様々な認識手法が提案されている。しかしながら、これら手法は、モバイル端末以外に追加のデバイスを必要とする、またはカメラ画像を用いてジェスチャ認識を行うために計算量が多くなる、などの課題点が挙げられる。

本論文では、モバイル端末に内蔵された照度センサ（以下、内蔵照度センサと称す）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 Hand Gesture Interface using Light-dark changes in a Illuminance sensor (HGI/LI) を提案し、HGI/LI のハンドジェスチャ認識精度を検証する。また、被験者実験を行い、HGI/LI のユーザビリティを評価する。

2. モバイル端末を用いたハンドジェスチャインタフェース

近年、モバイル端末を用いたハンドジェスチャインタフェースに関する研究が活発に行われている。SideSwipe[9]では、4 本のアンテナを搭載した回路基板をスマートフォンの裏側に取り付け、GSM 信号を用いてハンドジェスチャを検知および認識する。これにより、端末の上だけでなく端末周囲のハンドジェスチャの認識を実現する。また、SurfaceLink[10] は、スマートフォンに内蔵された加速度センサ、振動モータ、スピーカおよびマイクを用いてジェスチャを認識する。これにより、同机上面に存在する複数デバイス間の情報の共有および交換を実現する。

しかし、これらの研究は、ハンドジェスチャを認識するためにモバイル端末以外に追加の装置が必要となる。そのため、追加の装置が高価である場合はシステムの導入コストが高くなる。また、各手法において実現できるジェスチャの種類や精度および用途にもよるが、追加の装置が低価であっても、汎用製品化したモバイル端末を用いる利点を考慮するとモバイル端末のみで完結する手法が望まれる。本論文で提案する HGI/LI は、ハンドジェスチャを認識するために、単一のモバイル端末のみを用いる。

Song[11] らは、スマートフォンに内蔵された RGB カメラを用いてジェスチャの認識を行い、タッチ操作と組み合わせることで、モバイル端末でのインタラクションを拡張している。ランダムフォレストをベースとしたアルゴリズムを用いて、頑健なジェスチャ認識を実現している。しかし、カメラ画像を用いてハンドジェスチャを認識する場合、画像を解析する際に必要な計算量が多く、モバイル端末のバッテリー持続時間を考慮する必要がある。また、カ

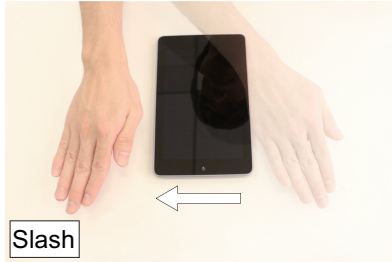


Fig. 1: Slash gesture

メラ画像を使用する際は、プライバシーについて考慮する必要がある。

HGI/LI は、内蔵照度センサを用い、少ない計算量でハンドジェスチャ認識を行う。これにより、より軽量のアプリケーションが実現可能となる。また、カメラ画像を用いた手法とは異なり、プライバシーについても考慮する必要がなくなる。

3. 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

3.1 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基本概念

スマートフォンやタブレット端末には、近接センサおよび加速度センサなどの多種多様なセンサが搭載されている。照度センサもまた、端末のディスプレイ輝度の調節を目的に、モバイル端末に内蔵されている。本研究では、この内蔵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実現する。HGI/LI を提案する。HGI/LI は、照度センサから照度情報を取得し、取得した照度値の変化から特徴を抽出し、決定木学習から得た分類モデルを用いて 5 種類のジェスチャに分類することで、モバイル端末上でのハンドジェスチャによる直感的な操作を実現する。

3.2 ハンドジェスチャの種類

HGI/LI は、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 つのハンドジェスチャを認識する。各ハンドジェスチャの図を Fig. 1 に示す。

Roll ジェスチャは、内蔵照度センサの上で手を一回転させる動作である。Slash ジェスチャは、手を水平方向に移動させる動作である。Up ジェスチャは、手を押し出しながら上げる動作である。Down ジェスチャは、手を下げながら手前に引く動作である。Hide ジェスチャは、照度センサを手で隠す動作である。他のジェスチャに比べて照度値の変化幅が大きく、照度値がほぼ 0 となる。

3.3 ハンドジェスチャ認識アルゴリズム

ハンドジェスチャ認識アルゴリズムを以下に示した後、各ステップについて説明する。

- 1) 内蔵照度センサ上での照度変化を検知し、照度値を取得する
- 2) 閾値以上の照度変化が生じた場合、その地点から再び照度値が元の照度値にて安定するまでのデータセットを取得する
- 3) 取得したデータセットから特徴を抽出し、操作モード切り替え用ジェスチャまたは外乱に分類する
- 4) モード切り替え用ジェスチャに分類された場合は操作モードに移行してステップ (5) に進み、外乱に分類された場合はステップ (1) に戻る
- 5) ステップ (1) 同様、内蔵照度センサ上での照度変化を検知し、照度値を取得する
- 6) ステップ (2) 同様、閾値以上の照度変化が生じた場合、その地点から再び照度値が元の照度値にて安定するまでのデータセットを取得する
- 7) 取得したデータセットから特徴を抽出し、操作モード切替用ジェスチャおよびその他ハンドジェスチャに分類する
- 8) 操作モード切り替え用ジェスチャに分類された場合は操作モードから抜けてステップ (1) に戻り、その他ハンドジェスチャに分類された場合はそれぞれのハンドジェスチャに割り当てられた処理を実行する
- 9) モード切り替え用ジェスチャを認識するまでステップ (5) - (8) を繰り返す

HGI/LI はまず、内蔵照度センサ上での照度変化を検知し、照度値を取得する。照度値を取得する際、照明の点灯光度を一定に保っている場合であってもセンサの取得値にゆらぎが生じるが、予備実験の結果から閾値を設定することで対応する。照度値の変化幅が閾値以下である場合は、照明の点灯光度が一定に保たれ、かつハンドジェスチャが行われていない状態であると判断する。また、照度値の変化幅が閾値以上である場合、その地点から照度値が再び一定に保たれるまでのデータセットを取得する。取得したデータセットから特徴を抽出し、抽出した特徴および事前に機械学習によって得た分類モデルを用いて、ハンドジェスチャの認識を行う。なお、HGI/LI における特徴抽出およびハンドジェスチャの分類方法の詳細については、次節で述べる。

ステップ (3), (8) およびステップ (9) について述べる。照度センサの明暗変化を用いてハンドジェスチャ認識を行う場合、他の手法同様、外乱について検討する必要がある。照度センサは、端末の傾きによる明暗の変化を検知し、また人や資料の影などによる影響も受ける。本インタフェースでは、ハンドジェスチャ認識の精度を上げるため、操作モードを用意した。操作モードは、ステップ (5) からステップ (9) にあたる。操作モード切り替え用ジェスチャを用いて操作モードに入った後、その他のハンドジェスチャによる操作を可能とする。なお、本研究では、操作モード切り替え用ジェスチャとして Hide ジェスチャを採

用する。Hide ジェスチャによる操作を行う際、照度値の変化幅が大きく照度値がほぼ 0 となるため、その他のハンドジェスチャだけでなく、外乱との分類も可能であると考えられる。

HGI/LI では、光環境の変化についても考慮する必要がある。光環境の変化は、ユーザが光環境の異なる部屋に移動した場合、または調光可能な照明を使用している環境において照明の点灯光度を変更した場合に生じる。なお、ここでの光環境とは、照度環境を指す。これは、照度値の変化幅が一定時間以上閾値以下で安定した場合に、その時点で検知しようとしていたデータセットをリセットし、ステップ (2) の場合はステップ (1)、ステップ (6) の場合はステップ (5) に戻ることで対応できる。

3.4 特徴抽出およびハンドジェスチャの分類

ハンドジェスチャによる操作を実行すると、内蔵照度センサ上の照度値が変化し、照度値の波が生じる。この波をデータセットとして取得し、そこから特徴を抽出する。

HGI/LI では、照度値の波の数、および式 (1) - (3) に示す特徴 D , S , T_t の計 4 種類の特徴を抽出し、ハンドジェスチャを分類する。

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

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

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

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]

分類には、決定木学習を用いる。決定木は、根ノード、分割ノードおよび葉ノードによって構成される。根ノードから分類を開始し、それぞれの分割ノードは、学習結果に基づいて入力値を子ノードの一つに振り分け、これを葉ノードまで繰り返すことで分類を行う。

決定木学習は、分類精度の高い手法ではないが、人間にも理解しやすく、可読性が高いという特徴を持っており、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。

4. ハンドジェスチャ認識精度検証

4.1 実験概要

HGI/LI 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。実験環境を Fig. 2、実験風景を Fig. 3 に示す。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。照明器

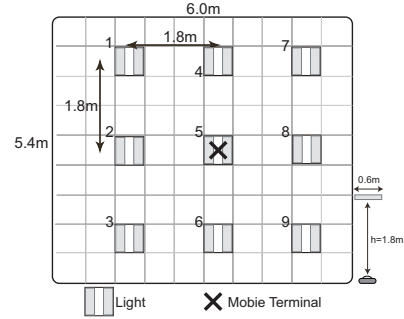


Fig. 2: Experimental environment



Fig. 3: Experimental situation on the recognition accuracy

具の設置間隔は、一般的なオフィスと同じ 1.8 m である。被験者は、23~24 歳の学生 7 名とした。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 3 章に示した 5 種類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。これを計 10 回繰り返す。つまり、7 (被験者数) \times 5 (ジェスチャの種類) \times 10 (繰り返し回数) \times 4 (照度パターン数) = 1400 個のデータを収集し、精度検証の評価に用いる。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。

また、認識精度検証実験を行うにあたり、予備実験として、実験に用いるモバイル端末の内蔵照度センサの性能検証実験を行った。

4.2 実験に用いる内蔵照度センサの性能検証

内蔵照度センサの性能検証実験では、内蔵照度センサの取得値と照度計を用いて計測した照度値を比較する実験、および内蔵照度センサの反応性能を評価する実験を行った。なお、本研究ではモバイル端末として、タブレット端末である Nexus 7 (2012 年モデル) を用いた。

内蔵照度センサの取得値と照度計の測定値の比較実験では、照度計およびモバイル端末を机上面に設置し、直上の照明を 1 灯だけ点灯して行った。実験には、256 段階での調光が可能な照明器具を用いて、各段階における明るさを内蔵照度センサおよび照度計を用いて計測した。計測には、照度計として ANA-F11 (東京光電製) を用い、内蔵

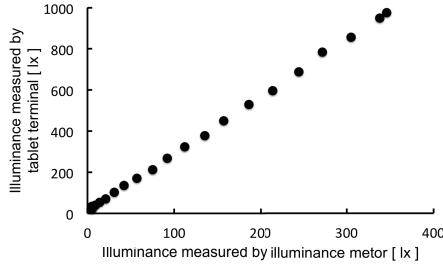


Fig. 4: Comparison of illuminance values mesured by mobile terminal and illuminance meter

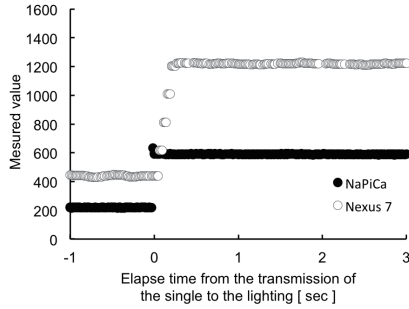


Fig. 5: Reaction performance of a built-in illuminance sensor

照度センサの出力値は、タブレット端末に対して著者が作成したアプリケーションにより取得した。

内蔵照度センサの取得値と照度計の測定値を比較した図を Fig. 4 に示す。なお、結果を見やすくするためにプロット数を減らして示している。実験の結果、内蔵照度センサの取得値は、照度計の測定値と比べて大きな値を示したが、照度計の測定値との間に線形性が確認できた。

内蔵照度センサの反応性能検証実験では、内蔵照度センサが照度値を取得する時間の間隔および正しい値に収束するまでにかかる時間について検証した。前述した内蔵照度センサの取得値と照度計の測定値の比較実験と同様に、モバイル端末を机上面に設置し、直上の照明を1灯だけ点灯して実験を行った。

実験では、まず照明を最大点灯光度の30%で点灯し、後に照明を最大点灯光度の90%に上げることで、調光信号を照明に送信した時点から、内蔵照度センサの取得値が一定値に収束するまでの時間を測定した。また、正確な照度変化を測定するため、Panasonic 社製の NaPiCa 照度センサ [12] による照度値の測定も同時に行った。なお本センサは、約 1.2 ms 間隔で照度値の取得が可能である。

実験結果を、Fig. 5 に示す。横軸は調光信号を照明に送信した時刻からの経過時間、縦軸は内蔵照度センサの取得値を示している。実験の結果、内蔵照度センサは約 50 ms 間隔での照度情報を取得し、調光信号を照明に送信してから照度値が一定値に収束するまでには、約 200 ms の時間を要することがわかった。

4.3 実験結果

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つのパターンで行う。

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一人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、ある被験者1人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。LOSOCV 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、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。

全被験者のデータを用いた LOOCV の結果を Table 1, その他の結果を Table 2 に示す。Table 1 は、全てのハンドジェスチャの認識率を混同行列で示している。また、Table 2 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: Confusion matrix for 5 recognized gestures(LOOCV)

	Hide	Roll	Up	Down	Slash
Hide	96.8 %	0.0 %	2.1 %	1.1 %	0.0 %
Roll	0.0 %	95.4 %	2.9 %	1.4 %	0.4 %
Up	0.7 %	0.0 %	94.3 %	0.4 %	4.6 %
Down	1.4 %	0.0 %	1.4 %	93.6 %	3.6 %
Slash	0.0 %	0.0 %	3.2 %	0.4 %	96.4 %

Table 2: Results of Per User, LOSOCV, and LOIOCV

	Hide	Roll	Up	Down	Slash	Average
Per User	97.5 %	98.6 %	91.8 %	98.2 %	96.4 %	96.5 %
LOSOCV	95.4 %	96.1 %	90.0 %	96.8 %	91.8 %	94.0 %
LOIOCV	96.1 %	98.2 %	94.3 %	97.9 %	95.4 %	96.4 %

Table 1 より、HGI/LI では平均で 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%以上の高い精度でハンドジェスチャを認識していることがわかる。また、Table 2 より、全ジェスチャにおいて、Per User は 91.8%以上、LOSOCV は 90%以上、および LOIOCV は 94.3%以上の高い精度でジェスチャ进行分类していることがわかる。

4.4 考察

本実験で集めた 1400 個のデータを用いて作成した決定木を Fig. 6 に示し、HGI/LI においてハンドジェスチャ認識精度が下がる原因について述べる。

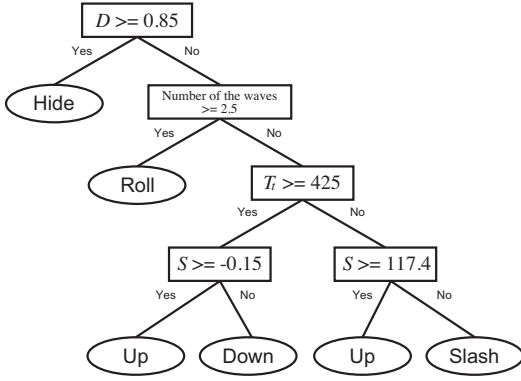


Fig. 6: Decision tree with 1400 data collected in the experiment on recognition accuracy(D , S , and T_t is explained in Section 3.4 as Expression 1 - 3)

本研究で用いているタブレット端末では、正しい値に収束するまでに約 200 ms の時間を要する。また、Fig. 6 より、Hide ジェスチャとその他ジェスチャの分類は、特徴 D によって行われていることがわかる。そのため、ジェスチャの実行速度が速く、照度値が下がりきる前にジェスチャを終えた場合、Hide ジェスチャをその他のジェスチャと誤認識する場合があると考えられる。指を開いている場合も同様に、照度値が下がりきらず、誤認識に繋がる場合があると考えられる。

Table 1 より、Up ジェスチャおよび Down ジェスチャを Slash ジェスチャであると誤認識する確率が、その他の誤認識率と比較して高いことがわかる。また Fig. 6 より、HGI/LI において、Up ジェスチャおよび Down ジェスチャと Slash ジェスチャの分類は、その大部分が特徴 T_t によって行われていることが確認できる。そのため、これは Up ジェスチャもしくは Down ジェスチャの実行速度が速いがために生じた誤認識だと考えられる。また、Slash ジェスチャを丁寧に行い過ぎることによりジェスチャ速度が遅くなるため、Up ジェスチャおよび Down ジェスチャと誤認識が生じると考えられる。

LOSOVCV の結果、被験者ごとのデータを用いた LOOCV よりも認識率が低かったが、平均 94.0% と高い正確性を示している。この結果から、HGI/LI は未知のユーザに対する高い汎用性があると考えられる。しかしながら、LOSOVCV は、ある特定の被験者のデータをテストデータとした場合の認識率が、全ジェスチャの平均で 80.5% と低く、特に Slash ジェスチャの認識率が低く、60.0% しかなかった。

一方 LOOCV の結果は、全ジェスチャの平均で 95.4%、Slash ジェスチャの認識率は 96.4% であった。LOOCV では高い認識率を示していることから、学習データに実際のユーザのデータを含めることで、高い認識率が確保できると考えられる。

また LOIOCV の結果、平均 96.4% と高い正確性を示していることから、実際に HGI/LI を使用する環境の照度値が、300 lx から 1000 lx の間であれば HGI/LI 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。



Fig. 7: Experimental situation on the usability evaluation

5. ユーザビリティ評価

5.1 実験概要

本章では、22~24 歳の学生 8 名に対して被験者実験を行い、HGI/LI における各ハンドジェスチャのユーザビリティを評価する。また、実験後に被験者に対してアンケートおよびインタビューを行い、HGI/LI について考える。

本実験ではまず、被験者に対して約 5 分間のデモンストレーションを行った。そして、実際に被験者に HGI/LI を利用してもらい、それぞれのジェスチャに対する主観的なアンケートおよびインタビューを行った。アンケートは 5 段階リッカート尺度で構成されており、各ジェスチャの容易性に対する評価を行った。実験環境は、前章の精度検証実験と同じである。照度環境は 700 lx とした。実験風景を Fig. 7 に示す。

5.2 実験に用いるアプリケーション

ユーザビリティ評価を行うため、HGI/LI を実装し、ジェスチャの分類結果を PC のディスプレイに表示するアプリケーションを作成した。本アプリケーションにおいて、Hide ジェスチャを操作モード切り替え用ジェスチャに採用した。そのため、アプリケーションを作成する前に、Hide ジェスチャとその他外乱との分類を行うための予備実験を行った。予備実験は、Fig 2 に示す実験環境で行った。

予備実験ではまず、3 人の被験者に協力してもらい、ジェスチャ認識に影響を与える外乱データを集めた。本実験では、以下の動作を行った際に生じる照度変化を外乱データとして集めた。

- タブレットのディスプレイを覗き込む動作
- その場で起立し着席する動作
- 離席する動作
- 着席する動作
- 机の横を通り過ぎる動作
- 紙をタブレットの上を通過させる動作
- タブレットを傾ける動作

動作速度を変化させながら上記動作を 5 回ずつ、3 人の被験者に繰り返してもらった。つまり、3 (被験者数) × 7 (動作の種類) × 5 (繰り返し回数) = 105 個のデータ集めた。そして、前章で集めた照度環境 700 lx における Hide ジェスチャのデータとこの外乱データを用いて学習を行い、決定木を作成した。

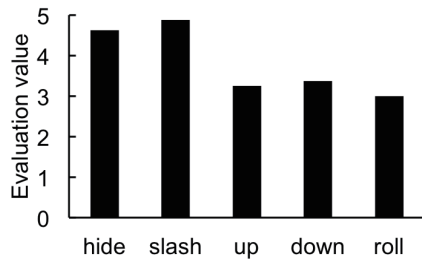


Fig. 8: Evaluation for easiness of each gestures

本アプリケーションでは、この決定木を用いて、操作モード切り替え用ジェスチャとその他乱データを分類する。また、作成したアプリケーションでの各ジェスチャの分類は、前章の実験で示した 1400 個のデータを基に作成した決定木を用いて行う。

5.3 実験結果および考察

実験の結果、単一の内蔵照度センサのみを用いて、5 種類のハンドジェスチャを認識することに対して興味を示した被験者が多かった。また、HGI/LI を触り始めたばかりの時点では、複数回誤認識を繰り返す被験者もいたが、HGI/LI の仕組みを学習すると、スムーズにジェスチャを行えるようになった。チュートリアルを用意すれば、HGI/LI は多くのユーザに利用可能なインタフェースだと考えられる。

次に、各ジェスチャの容易性に関するアンケート結果を Fig. 8 に示す。Fig. 8 より、Hide ジェスチャおよび Slash ジェスチャは高い評価を得ているのに対して、その他 3 種類のジェスチャの評価は 4 未満であることがわかる。Up ジェスチャおよび Down ジェスチャに関しては、肘、手首、および指を同時に動かすことが少し大変である、手を引いたり手を押し出すといった奥行きのある動作が大変だと感じる、といったコメントがあった。Roll ジェスチャに関しては、インタラクションタイムが長い、左右だけでなく上下の動きを含む動作は面倒であるというコメントがあった。また Roll ジェスチャは、手で円を描きながら内蔵照度センサの上を 1.5 回往復する動作であり、照度値の波の数を用いて、その他ジェスチャと分類されている。そのため、ユーザの手が内蔵照度センサの上を 3 回通りすぎなければ、その他ジェスチャと誤認識する。これを難易度が高いと感じた被験者が複数人いた。今後、これらの意見を踏まえて、HGI/LI を利用した具体的アプリケーションを作成し、操作対象が同じであるその他インタフェースと比較した実験を行った上で、再度ユーザビリティを評価する必要があると考える。

PC やモバイル端末内のアプリケーションを操作するために、ジェスチャ操作は不要であり、タッチ操作やその他既存のインタフェースを使いたいというコメントがあった。一方で、手が汚れているもしくは濡れているなど、端末に触れたくない状況では、PC やモバイル端末内のアプリケーションもハンドジェスチャを用いて操作したいという意見があった。これらの意見から、ユーザが置かれてい

る状況によっては、普段ハンドジェスチャで操作したいと感じない操作対象に対しても、HGI/LI を利用したいと感じる場合があることがわかる。

6. 結論

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 HGI/LI について検討した。ジェスチャインタフェースに関する研究では、赤外線カメラや深度センサを用いてジェスチャを認識する場合が多いが、専用のデバイスが必要となる。HGI/LI は、近年急速に普及しているモバイル端末に内蔵された照度センサを用いるため、導入コストを抑えることができる。また、HGI/LI は、照度センサでの明暗変化を用い、浅い決定木のみで分類することで計算量を削減し、より軽量なアプリケーションを実現する。

ハンドジェスチャ認識の精度検証実験の結果、HGI/LI は全ジェスチャにおいて 93.6% 以上の高い認識率を示した。照度情報から抽出した 4 種類の特徴に基づいた浅い決定木を用いて、5 つのハンドジェスチャが分類できることがわかった。また、未知のユーザおよび照度環境に対する HGI/LI の汎用性も確認した。

References

- [1] Cohn G. and Morris D. and Pate S. and Tan D., "Humantenna: Using the Body as an Antenna for Real-time Whole-body Interaction," "In Proc CHI 2012, pp.1901-1919
- [2] Gupta S. and Morris D. and Patel S. and Tan D., "Soundwave: Using the Doppler Effect of Sense Gestures," "In Proc CHI 2012, vol.1, no.1322, pp.1911-1914
- [3] Harrison C. and Tan D. and Morris D., "Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface," "In Proc CHI 2010, pp.456-462
- [4] Shotton J. and Fitzgibbon A. and Cook M. et al, "Real-time human pose recognition in parts from single depth images," "In Proc CVPR 2011, pp.189-192
- [5] Leap Motion, <https://www.leapmotion.com/>
- [6] Lee J. and Olwal A. and Ishii H. and Boulanger C., "SpaceTop: Integrating 2D and Spatial 3D Interactions in a See-through Desktop Environment," "In Proc CHI 2013, pp.189-192
- [7] Taylor S. and Keskin C. and Hilliges O. and Izadi S. and Helmes J., "Type-hover-swipe in 96 Bytes: A Motion Sensing Mechanical Keyboard," "In Proc CHI 2014, pp.1695-1704
- [8] Juan W. and Helman S. and Yael E. and Michael G. and Craig F. and Mark S. and Jon H., "A Real-Time Hand Gesture Interface for Medical Visualization Applications," "Applications of Soft Computing, pp.153-162
- [9] Zhao C. and Chen K. and Aumi M. T. I. and Patel S. and Reynolds M. S., "SideSwipe : Detecting in-air Gestures Around Mobile Devices Using Actual GSM Signals," "In Proc UIST 2014, pp.527-534
- [10] 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
- [11] 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
- [12] Panasonic:照度センサ NaPiCa, http://www3.panasonic.biz/ac/download/control/sensor/illuminance/catalog/bltn_jpn_ams.pdf.
- [13] Miki M. and Kuwajima S. and Ikegami H. and Matsushita S. and Azuma Y. and Aida Hiroto., "An Intelligent Lighting System using a Smartphone as an Illuminance Sensor," "In Proc ICAI 2014, pp.548-554