

モバイル端末内蔵の照度センサを用いた 複数端末間におけるハンドジェスチャ操作手法の検討

松井 健人

Kento MATSUI

1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレット端末の普及、またスマートウォッチの登場により個人が所有するモバイル端末（以下、端末）の台数が増加している。そのため、写真の共有といった複数端末間の連携に対して需要が高まっている。それに伴い、直感的な操作によって複数端末間での連携を実現する研究が行われている^{1, 2, 3)}。しかし、加速度センサを用いた手法¹⁾においては端末を動かすため画面が見づらい、マイクロフォンを用いた手法²⁾では音声認識を用いるため雑音に弱い、イメージセンサを用いた手法³⁾では画像処理を行うため計算量が多くなるといった問題点がある。

そこで本論文では、モバイル端末内蔵の照度センサを用い複数端末間の連携を実現するハンドジェスチャ操作手法を提案する。また、提案手法を評価するために検証実験を行う。

2 提案手法

2.1 提案手法の概要

提案手法は、特殊なデバイスを追加することなく、端末内蔵の照度センサを用いてハンドジェスチャを認識することにより、複数端末間の直感的な操作を実現する。一般的なモバイル端末には、端末のディスプレイ輝度調節のために照度センサが内蔵されている。提案手法では、端末の上でハンドジェスチャを行うと一定に収束していた照度センサの取得する値に変化が発生する。そしてハンドジェスチャが終了すると、また一定の値に収束する。この照度値が変化し始めてからある一定の値に収束するまでの照度値の履歴から特徴量を抽出し、決定木学習を行うことでハンドジェスチャを認識する。

2.2 識別可能なハンドジェスチャ

提案手法は、2 台の端末間でのジェスチャを認識する。先にジェスチャ開始する端末を開始端末、次にジェスチャを認識する端末を終了端末と呼ぶ。提案手法は、SLIDE ジェスチャ、RISE ジェスチャ、FALL ジェスチャの 3 種類のジェスチャを認識することができる。各ハンドジェスチャのイメージを Fig. 1 に示す。また 2 端末間でハンドジェスチャを行う場合、Fig. 2 に示すような 3 つ

のパターンが考えられる。

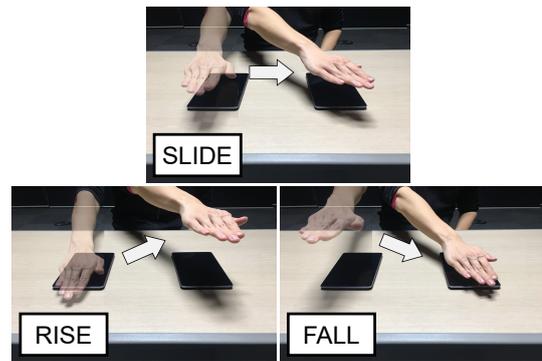


Fig. 1 ハンドジェスチャの種類

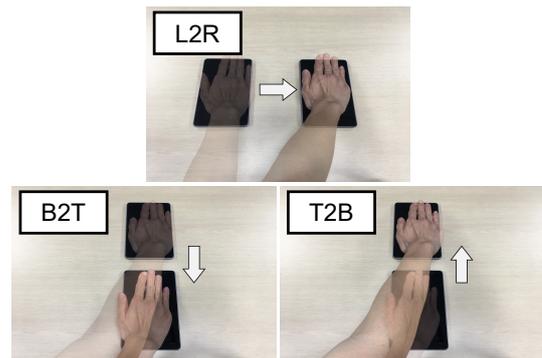


Fig. 2 端末の配置パターン

提案手法は、3 種類のパターンにおける 3 種類のジェスチャ、つまり 9 種類のパターンを識別可能である。それぞれのジェスチャの名称を Table 1 に示す。

Table 1 ジェスチャの名前

	SLIDE	RISE	FALL
L2R	SLIDE.L2R	RISE.L2R	FALL.L2R
B2T	SLIDE.B2T	RISE.B2T	FALL.B2T
T2B	SLIDE.T2B	RISE.T2B	FALL.T2B

2.3 提案手法のアルゴリズム

複数端末上でハンドジェスチャを行うと、それぞれの端末において照度波形が生じる。提案手法では、発生した照度波形から特徴量を抽出し、その特徴量を基に学習してハンドジェスチャの認識を行う。提案手法では、まず各端末において照度波形から以下の情報を取得する。

- T_s : 照度波形の開始地点における時間
- T_e : 照度波形の終了地点における時間
- I_{med} : 照度波形の開始前と終了後の照度値の中央値
- I_{min} : 照度波形内の照度値の最小値
- T_{min} : 照度波形内の照度値の最小値が発生した時間

各端末におけるそれぞれの情報を比較することで、下記の式 (1) - (7) に示す特徴量 S, E, T, A, WD, WA を抽出する。

$$S = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{|T_{s1} - T_{e1}| + |T_{s2} - T_{e2}|} \quad (1)$$

$$E = \frac{T_{e1} - T_{e2}}{|T_{s1} - T_{e1}| + |T_{s2} - T_{e2}|} \quad (2)$$

$$T = \frac{|T_{s1} - T_{e1}|}{|T_{s2} - T_{e2}|} \quad (3)$$

$$A = \frac{I_{med2} (I_{med1} - I_{min1})}{I_{med1} (I_{med2} - I_{min2})} \quad (4)$$

$$DR = \frac{I_{med} - I_{min}}{I_{min}} \quad (5)$$

$$WD = \frac{I_{med} - I_{min}}{I_{med} (T_{min} - T_s)} \quad (6)$$

$$WA = \frac{I_{med} - I_{min}}{I_{med} (T_t - T_{min})} \quad (7)$$

IllumiConnect は、9 種類のハンドジェスチャ認識を行うために照度波形から抽出した特徴量を基に決定木学習を行う。決定木学習は、計算量が少なく、分類速度が速いという特徴がある。

3 提案手法 の評価

3.1 ハンドジェスチャ認識精度の検証実験概要

提案手法におけるハンドジェスチャ認識精度の検証実験では、5 人の被験者が 9 種類のジェスチャをそれぞれ 10 回ずつ行う。取得したデータを基に決定木学習を行い、ハンドジェスチャ認識精度の検証を行う。

使用機器は、モバイル端末としてタブレット端末、また調光可能な照明および照度計である。タブレット端末には、Nexus 7 を 2 台用いる。モバイル端末 2 台を机上面に 300 mm 離して設置する。調光可能な照明には、シャープ製の LED 照明を 9 台、照度計には、東京光電製の ANA-F11 を 1 台用いる。照明から鉛直下向きに机を設置し、机上面が 500 lx になるように照明を調光する。また、被験者は 23 ~ 24 歳の学生 5 名である。実験環境を Fig. 3 に示す。

3.2 ハンドジェスチャ認識精度の検証実験結果

ハンドジェスチャの精度検証を行うために、Leave-One-Out Cross-Validation(LOOCV) を用いて評価を行

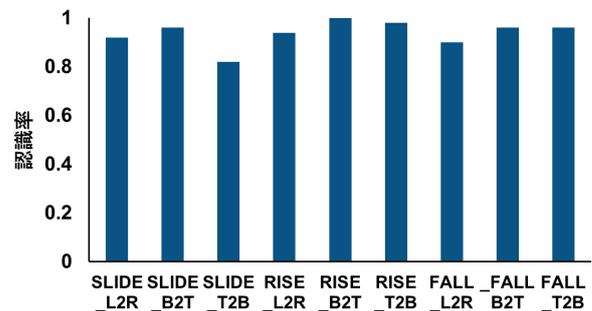
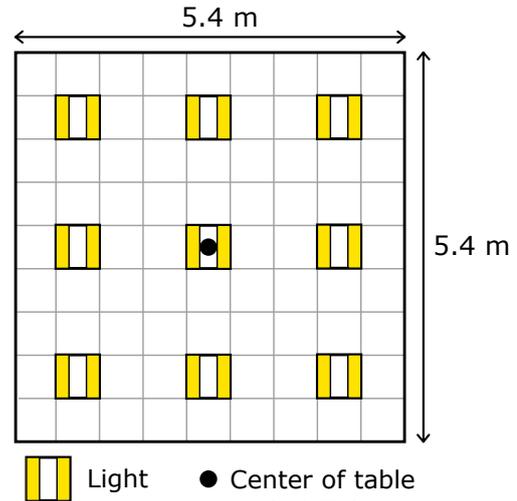


Fig. 4 ハンドジェスチャ認識率

う。LOOCV によるハンドジェスチャ認識率を Fig. 4 に示す。

Fig. 4 より、ハンドジェスチャ認識精度の平均は 94 % と高精度であり、最も低精度であった SLIDE_T2B においても 82 % で認識可能である。そのため提案手法は、全てのハンドジェスチャを高い精度で認識可能であることがわかる。このことから、提案手法はファイル共有といったアプリケーションでの利用が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) Ken Hinckley. Synchronous gestures for multiple persons and computers. In *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 149–158. ACM, 2003.
- 2) Ke-Yu Chen, Daniel Ashbrook, Mayank Goel, Sung-Hyuck Lee, and Shwetak Patel. Airlink: sharing files between multiple devices using in-air gestures. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 565–569. ACM, 2014.
- 3) Sang-won Leigh, Philipp Schoessler, Felix Heibeck, Pattie Maes, and Hiroshi Ishii. Thaw: tangible interaction with see-through augmentation for smartphones on computer screens. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 89–96. ACM, 2015.