

複数のモバイル端末における照度センサを用いたハンドジェスチャ認識手法の検討

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といったモバイル端末が普及し、個人が所有するモバイル端末の台数が増加している。そのため、モバイル端末で撮影した写真を別のモバイル端末に送信する、モバイル端末を別のモバイル端末を操作するといったモバイル端末間での連携に対して需要が高まっている。

しかし、端末間での連携を行うためには、端末間でネットワークを構築する必要があり、端末同士をペアリングしなければならない。例えば、Bluetooth を利用する場合、使用する端末の周辺にある多くの端末が表示されたリストの中から、ペアリングしたい端末を探し出して選択する必要がある。

そこで、このモバイル端末間でのペアリングをより直感的に行う手法が研究されている [1–11]。それらの研究の多くは、モバイル端末に内蔵されているセンサを用いている。例えば、イメージセンサを用いた手法 [1, 2]、加速度センサを用いた手法 [3, 4]、マイクロフォンを用いた手法 [5–7] などがある。その他にも、特殊なペンドバイスをを用いた手法 [8, 9]、特定の端末に内蔵されているホバー機能を用いた手法、同時に画面をタップする手法 [11] がある。これらの手法に対して、本研究では、モバイル端末に内蔵されている照度センサを用いて直感的なペアリングを実現する。

先行研究により、照度センサを用いてジェスチャ認識が出来ることがわかっている [12]。そこで、本研究では、複数のモバイル端末においてジェスチャ認識を行いより直感的なペアリング手法を検討するとともに新たなジェスチャについて検証する。

2 複数のモバイル端末における照度センサを用いたハンドジェスチャ認識手法

本研究では、モバイル端末に内蔵された照度センサを用いてジェスチャ認識を行い、複数のモバイル端末間での協調動作を行う。先行研究より、モバイル端末内蔵の照度センサを用いたジェスチャ認識では、Slash, Up, Down, Roll, Hide の 5 種類のジェスチャを平均 95.3% で認識できることがわかっている [12]。

そこで、本研究では、このジェスチャ認識を複数のモバイル端末で行うことで、ペアリングやデータ送信等を直感的に行う手法を検討する。また、複数のモバイル端末を用いることにより利用できる照度センサの数が増えるため、認識できるジェスチャの種類が増えると考えられる。そのため、新たなジェスチャを検討するとともにそれらのジェスチャの精度検証を行う。

3 検証実験

3.1 内蔵照度センサの性能検証実験

複数のモバイル端末におけるジェスチャ認識の精度検証実験に用いるモバイル端末の性能を調査するために、内蔵照度センサの性能検証実験を行った。本実験では、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を行った。本実験の使用機器は、モバイル端末としてスマートフォン 4 台とタブレット 2 台、調光可能な照明 3 灯と照度計 1 台である。スマートフォンには、Samsung 製の Galaxy S5, Galaxy S6 edge および Sony 製の Xperia Z3, Xperia Z5 の 4 台を用いた。タブレットには、Google と ASUS が共同開発した Nexus 7 2012, Nexus 7 2013 の 2 台を用いた。また照度計は、東京光電製の ANA-F11 であり、照明は、256 段階で調光可能なパナソニック製の LED 照明である。

本実験では、照度計および 6 台のモバイル端末を天井から 1.65 m 離れた机上面に設置し、直上の照明と周囲の照明 2 灯の計 3 灯を 256 段階で調光した。そして、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。実験結果を Fig. 1 に示す。横軸は照度計の計測値、縦軸は内蔵照度センサの取得値を示している。

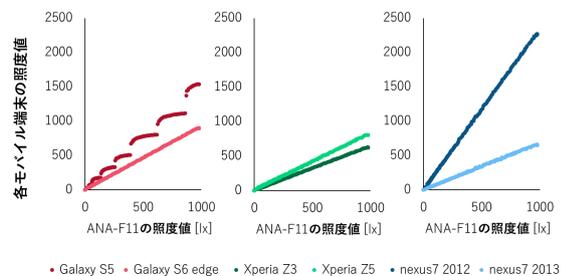


Fig.1 内蔵照度センサと照度計の比較

Fig. 1 より、Galaxy S6 edge, Xperia Z3, Xperia Z5 および Nexus 7 2013 では、照度計の測定値よりも小さく、また Nexus 7 2012 では照度計の測定値よりも大きくなるものの線形性が確認できた。しかし、Galaxy S5 では、照度計の測定値との間に線形性が確認できなかった。

3.2 複数端末におけるジェスチャ認識精度検証

複数のモバイル端末においてジェスチャ認識の精度検証実験を行った。本実験では、複数のモバイル端末それぞれにおいて精度検証実験を行った。本実験で使用機器は、3.1 節と同様のスマートフォン 4 台とタブレット 2 台、調光可能な照明 3 灯と照度計 1 台である。

本実験では、照度が 600 lx の机上面にモバイル端末を

設置して行った . 6 台のモバイル端末 1 台ごとに 5 種類のジェスチャを 10 回ずつ行い , 計 300 個のデータを取得した . ジェスチャ認識精度検証の評価には , モバイル端末ごとのデータを用いた LOOCV による評価および全ての端末のデータを用いた Leave-one-out Cross Validation (LOOCV) による評価の 2 つのパターンで評価を行った . モバイル端末ごとのデータを用いた LOOCV による結果を Table 1 , 全てのモバイル端末のデータを用いた LOOCV の結果を Table 2 に示す . また , 表の値は各ジェスチャの認識率を示す .

Table 1 モバイル端末ごとの LOOCV の結果

	Slash	Up	Down	Roll	Hide
Galaxy S5	100	100	100	100	100
Galaxy S6 edge	100	100	100	100	100
Xperia Z3	100	100	90	100	100
Xperia Z5	95	100	100	100	100
Nexus 7 2012	100	100	100	100	100
Nexus 7 2013	95	100	100	100	100

Table 2 全てのモバイル端末による LOOCV の結果

	Slash	Up	Down	Roll	Hide
Slash	95.0	1.7	0	1.7	1.7
Up	0.0	96.7	1.7	1.7	0.0
Down	1.7	1.7	96.7	0.0	0.0
Roll	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
Hide	0.0	1.7	0.0	0.0	98.3

Table 1 より , モバイル端末ごとのジェスチャ認識率は , Galaxy S5 , Galaxy S6 edge , Nexus 7 2012 で平均 100 % であり , Xperia Z5 , Nexus 7 2013 で平均 99 % , 最も低い Xperia Z3 でも平均 98 % と非常に高い認識率であることがわかった . しかし本実験では , 被験者数が少なかったため , 今後被験者数を増やすことで認識率が下がると考えている .

また , Table 2 より , 複数のモバイル端末を混合していてもハンドジェスチャの認識率は平均 97.0 % , 最低でも 96.7 % と高い認識率を保てることがわかった . これは , 認識アルゴリズムにおいて , 絶対的な値ではなく , 相対的な値を用いていることが要因だと考えられる .

4 今後の展望

本実験では被験者数が少なかったため , 今後は被験者の数を増やし再度実験したいと考えている . また , スマートフォン 4 台 , タブレット 2 台で実験を行っていたが , これらのモバイル端末に関しても増やしたい . 本研究では , 複数のモバイル端末の協調動作について着目したいと考えているので , より直感的なペアリング手法やデータ送信手法を検討するとともに新しいジェスチャについて検証したい .

参考文献

- 1) Shaun K Kane, Daniel Avrahami, Jacob O Wobbrock, Beverly Harrison, Adam D Rea, Matthai Philipose, and Anthony LaMarca. Bonfire: a nomadic system for hybrid laptop-tabletop interaction. In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 129–138. ACM, 2009.
- 2) Jie Song, Gábor Sörös, Fabrizio Pece, Sean Ryan Fanello, Shahram Izadi, Cem Keskin, and Otmar Hilliges. In-air gestures around unmodified mobile devices. In *Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 319–329. ACM, 2014.
- 3) 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.
- 4) Koji Yatani, Koiti Tamura, Keiichi Hiroki, Masanori Sugimoto, and Hiromichi Hashizume. Toss-it: intuitive information transfer techniques for mobile devices. In *CHI'05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1881–1884. ACM, 2005.
- 5) Md Tanvir Islam Aumi, Sidhant Gupta, Mayank Goel, Eric Larson, and Shwetak Patel. Doplink: using the doppler effect for multi-device interaction. In *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing*, pp. 583–586. ACM, 2013.
- 6) 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.
- 7) Mayank Goel, Brendan Lee, Md Tanvir Islam Aumi, Shwetak Patel, Gaetano Borriello, Stacie Hibino, and Bo Begole. Surfcelink: using inertial and acoustic sensing to enable multi-device interaction on a surface. In *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pp. 1387–1396. ACM, 2014.
- 8) Jun Rekimoto. Pick-and-drop: a direct manipulation technique for multiple computer environments. In *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 31–39. ACM, 1997.
- 9) Masa Ogata, Yuta Sugiura, Hirota Osawa, and Michita Imai. Flashtouch: data communication through touchscreens. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2321–2324. ACM, 2013.
- 10) Takuro Kuribara, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. Hoverlink: Joint interactions using hover sensing capability. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1651–1656. ACM, 2015.
- 11) Jun Rekimoto. Synctap: synchronous user operation for spontaneous network connection. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 8, No. 2, pp. 126–134, 2004.
- 12) Kento Matsui, Hiroto Aida, Hikaru Ichikawa, Hiroki Murakami, and Mitsunori Miki. Hand gesture interface using light-dark changes in an illuminance meter built in mobile devices. In *Proceedings of the International Conference on Wireless Networks (ICWN)*, p. 32. The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), 2015.