

片手操作時の端末背面における人差し指を用いたタッチ入力拡張手法の提案

清 佑輔* 船越 南斗† 志築 文太郎‡

概要. スマートフォンの片手操作時には、入力語彙が限られるという問題がある。我々はスマートフォンの背面における人差し指を用いたタッチ入力拡張手法を提案する。この手法では、親指を用いたタッチ入力時に、人差し指の3次元的な向きおよび動作を検出し、その結果を用いて入力を拡張する。また、人差し指と端末の向きを基に片手操作状態を検出することにより、提案手法は片手操作時にのみタッチ入力を拡張する。

1 はじめに

スマートフォン（以降、端末）の片手操作時には、複数本の指を用いたタッチジェスチャの実行が困難であることから、入力語彙が限られるという問題がある [1]。そこで、我々は端末背面における人差し指を用いたタッチ入力拡張手法を提案する。この手法では、親指を用いたタッチ入力時に、人差し指の3次元的な向きおよび動作を検出し、その結果を用いて入力を拡張する（図1）。この実現のために、我々は、IMU センサボードを搭載した指輪型デバイスを作製し、人差し指の向きおよび動作の検出に用いた（図2）。また、片手操作でない場合の誤作動を防ぐため、人差し指と端末の向きを基に片手操作状態を検出するようにした。これにより提案手法は片手操作時にのみタッチ入力を拡張する。

2 関連研究

指の動作を用いたタッチ入力拡張手法が研究されている。Touch+Finger [4] は、タッチ入力時に利用しない指によるジェスチャを用いた手法であり、識別したジェスチャを基に入力を拡張する。この手法では、ジェスチャの識別に、人差し指のタッチ時における親指と中指のトラッキングを用いる。我々は、提案手法において、端末を把持しながら実行できる入力を実現するため、親指のタッチ時における人差し指のトラッキングを用いる。

片手操作時に実行可能な入力として端末背面における入力が研究されている。CamTrackPoint [5] は、端末背面のカメラ上に物理モジュールを設置したインタフェースであり、カメラを用いてモジュール操作をトラッキングする。Hakoda ら [3] は、フォトリフレクタと穴が配置されたハードウェアを端末背面に装着し、人差し指を用いた穴への操作を検出するシステムを示している。これらの研究における端

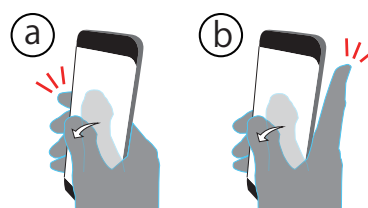


図 1. 端末背面における人差し指を用いたスワイプジェスチャの拡張例：通常のスワイプダウン (a) とピンチアウトとなるスワイプダウン (b)。

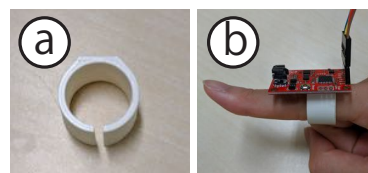


図 2. 人差し指に装着される指輪型デバイス：3D プリントした指輪 (a) とデバイスの全体像 (b)。

末への入力は端末背面上の2次元的な領域にて行われる一方で、我々の提案手法は人差し指の向きおよび動作を用いた3次元的な入力領域を持つ。

端末に対する把持姿勢を識別する方法も研究されている。iRotateGrasp [2] は、背面および側面に44個の静電容量式センサを設置した端末を用いるシステムである。静電容量式センサにより端末に触れている手の位置を検出することによって、把持姿勢を識別する。一方、我々の提案手法においては、タッチ入力時の人差し指と端末の向きを基に把持姿勢を推定する。

3 実装

提案手法を検証するためにプロトタイプシステムを実装した。本実装では、スマートフォンとして Galaxy S7 edge (Samsung, Android 8.0.0) を利用した。このスマートフォンはBluetooth経由でPCに接続され、タッチイベントの発火時に、スマートフォン内のセンサから取得した3軸加速度および3軸磁束密度の両者を用いて3軸回転角を算出、送信する。また、人差し指のトラッキングのために、3Dプリントした指輪（図2a）とIMUセンサボード

Copyright is held by the author(s).

* 筑波大学情報メディア創成学類

† 筑波大学コンピュータサイエンス専攻

‡ 筑波大学システム情報系

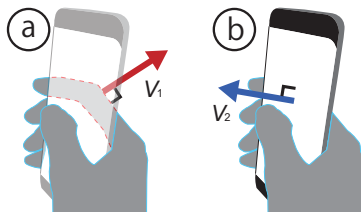


図 3. 端末の向きと人差し指の向きを表すベクトル：人差し指の甲に垂直な方向を示すベクトル V_1 (a) とスマートフォンの画面に垂直な方向を示すベクトル V_2 (b)。

(9 Degrees of Freedom - Razor IMU, SparkFun, SEN-10736) から構成される指輪型デバイスを作製した (図 2b)。人差し指に装着された指輪型デバイスは PC に USB 経由で接続され、IMU センサボード上のセンサから取得した 3 軸加速度および 3 軸磁束密度の両者を用いて 3 軸回転角を算出し、50 Hz にて送信する。

片手操作状態において、スマートフォンの操作を行う手の人差し指は端末背面に位置する。このとき、人差し指の甲に垂直な方向を示すベクトル V_1 (図 3a) とスマートフォンの画面に垂直な方向を示すベクトル V_2 (図 3b) のなす角は 90° 以上になる。そこで、指輪型デバイスおよびスマートフォンのそれぞれの回転角を基に V_1 および V_2 を算出し、それらのなす角により片手操作状態を識別するソフトウェアを作成した (図 4)。本ソフトウェアは、 V_1 と V_2 のなす角が 90° 以上ならば片手操作状態と判定する。

本システムの動作手順を示す。スマートフォンにてタッチ入力が行われた時、PC 上のソフトウェアは片手操作状態の識別を行う。ここで、片手操作状態が検出された場合、指輪型デバイスおよびスマートフォンのそれぞれの回転角およびセンサ値を基に人差し指のジェスチャを識別し、ジェスチャに応じた入力を実行する。片手操作状態が検出されなかった場合は、通常のタッチジェスチャを実行する。

4 応用例

提案手法の応用例として、スワイプジェスチャの拡張を示す。片手操作時において、ピンチジェスチャを行うことは困難である。そのため、片手操作にて地図や文書を閲覧するには、把持姿勢の変更が強いられる。そこで、人差し指が端末から十分に離れた状態におけるスワイプダウンをピンチアウト、スワイプアップをピンチインとした (図 1)。なお、人差し指が端末に近い状態においてこれらが入力された場合には、通常のスワイプジェスチャとなる。人差し指が端末から十分に離れた状態は、 V_1 と V_2 のなす角により推定できる。これは、片手把持時の V_1 と V_2 のなす角は、人差し指と端末が離れると小さくなり、近づくとき大きくなるためである。この入力拡張により、ユーザは片手操作時においてもピンチジェスチャに相当する入力を行うことができる。

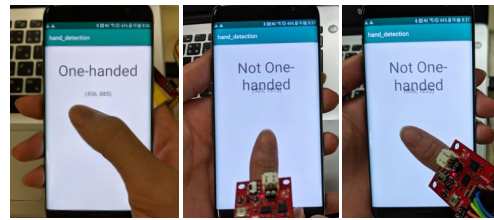


図 4. 片手操作状態を識別する様子。

5 議論

提案手法では、人差し指のトラッキングに IMU センサボードで取得した 3 軸磁束密度を利用している。しかし、スマートフォンが磁気を発するため、人差し指が端末に近づいた際、正確にトラッキングできないことがあった。また、スマートフォンの回転角は加速度に大きく依存する。そのため、端末を激しく動かしながらの入力もしくは強いタップ時においては、回転角が正しく取得できない場合がある。これらの課題を解決するために、回転角を補正する必要がある。

6 おわりに

片手操作時の端末背面における人差し指を用いたタッチ入力拡張手法として、IMU センサボードを取り付けた指輪型デバイスとスマートフォンのそれぞれのセンサを利用したシステムを示した。

今後は指輪型デバイスおよびスマートフォンの回転角を補正するために、角速度または追加のセンサを用いる。また、利用可能な人差し指ジェスチャの種類を追加し、その利用例を検討する。これらの実装を行ったのち、片手操作状態検出手法の調査および人差し指ジェスチャ識別の精度、ユーザの異なる体勢における提案手法の性能を調査する。

参考文献

- [1] S. Boring, D. Ledo, X. A. Chen, N. Marquardt, A. Tang, and S. Greenberg. The Fat Thumb: Using the Thumb's Contact Size for Single-handed Mobile Interaction. *MobileHCI '12*, pp. 39–48.
- [2] L.-P. Cheng, M. H. Lee, C.-Y. Wu, F.-I. Hsiao, Y.-T. Liu, H.-S. Liang, Y.-C. Chiu, M.-S. Lee, and M. Y. Chen. iRotateGrasp: Automatic Screen Rotation Based on Grasp of Mobile Devices. *CHI '13*, pp. 3051–3054.
- [3] H. Hakoda, Y. Fukatsu, B. Shizuki, and J. Tanaka. Back-of-Device Interaction Based on the Range of Motion of the Index Finger. *OzCHI '15*, pp. 202–206.
- [4] H. Lim, J. Chung, C. Oh, S. Park, J. Lee, and B. Suh. Touch+Finger: Extending Touch-based User Interface Capabilities with “Idle” Finger Gestures in the Air. *UIST '18*, pp. 335–346.
- [5] W. Yamada, H. Manabe, and D. Ikeda. Cam-TrackPoint: Camera-Based Pointing Stick Using Transmitted Light Through Finger. *UIST '18*, pp. 313–320.