

スマートフォンにおける明暗変化を用いた片手操作支援手法の提案

山下 大輔
Daisuke Yamahita

1 はじめに

近年、スマートフォンの普及が進んでいる。現在普及しているスマートフォンの多くは、基本的な操作方法をタッチ操作としている。しかし、日常生活のなかでタッチ操作が容易に行えない状況が想定できる。例えば、冬場に手袋を装着した状態ではタッチ操作を行うことは容易ではない。タッチ操作に対応した手袋も存在するが、特定の手袋を用意する必要がある。また、タクシーやバスの運転手のように手袋の装着が義務付けられているような職業も存在する。広く普及し、多くの人々が利用するスマートフォンは、特殊な状況においても操作性を確保する必要がある。

本研究では、タッチ操作が容易に行えない状況における操作方法として、スマートフォン内蔵の照度センサを利用する。提案手法は、手袋を装着しているときにタッチ操作が容易に行えない状況において、スマートフォンの片手操作を支援する。片手でスマートフォンを利用する状況において、照度変化から特定のジェスチャを認識する。ジェスチャは、親指の動きや、端末の特定の動きである。照度センサを用いて取得した照度情報から 4 種類の動作を分類する。ジェスチャ認識を行うにあたり、実際にジェスチャを行った際の照度変化を訓練データとして収集し、ジェスチャを分類する決定木を作成した。提案するジェスチャ認識手法において、未知のデータ、未知のユーザ、未知の環境に対して有効性を検証した。

2 スマートフォンを用いたジェスチャ認識

タッチ操作以外の入力方法を提案する研究として、スマートフォンを用いたジェスチャ認識に関する研究がある。Side Swipe¹⁾ では、モバイル端末に内蔵されているカメラを利用してジェスチャ認識を行う。カメラを用いて取得した情報に対して画像処理を行うことで 6 種類のジェスチャを認識可能とした。ジェスチャ認識を用いることでスマートフォンの操作性を拡張した。しかし、片方の手でスマートフォンを持ち、もう片方のジェスチャを行っている手にカメラを向ける必要がある。

Surface Link²⁾ は、スマートフォン内蔵の加速度センサ、振動モータ、スピーカに外部マイクを追加で使用する。この手法を用いることで、複数の端末間の机の上をなぞるようなジェスチャを認識可能である。しかし、追加デバイスとして外部マイクを必要とすることや、複数台の端末を机の上に置いて使用するため、利用状況が限られてしまう。本研究では、端末内蔵の照度センサを用いてジェスチャ認識を行い、スマートフォンにおける片手操作を支援する手法を提案する。

3 明暗変化を用いた片手操作支援手法

3.1 照度センサを用いたジェスチャ認識

スマートフォン内蔵の照度センサを用いて、ユーザの親指の動きや端末の動きなどのジェスチャを認識する手法を提案する。スマートフォン内蔵の照度センサは、端末表面の明るさを照度として取得し、画面の輝度調整を行うために搭載している。照度とは、明るさを表す指標であり単位は lx である。スマートフォン内蔵の照度センサから、ユーザの親指や端末を動かした際の照度履歴を取得する。取得したデータが表す照度変化の特徴からジェスチャの分類を行う。提案手法で認識するジェスチャは以下の 4 種類であり、Fig. 1 に各ジェスチャのイメージを示す。

- Press : 照度センサ部分を長押しする動作
- Trace : 照度センサ付近を指でなぞる動作
- Tap : 照度センサ部分を指で 3 度叩く動作
- Snap : 端末を軽くて手前に弾く動作

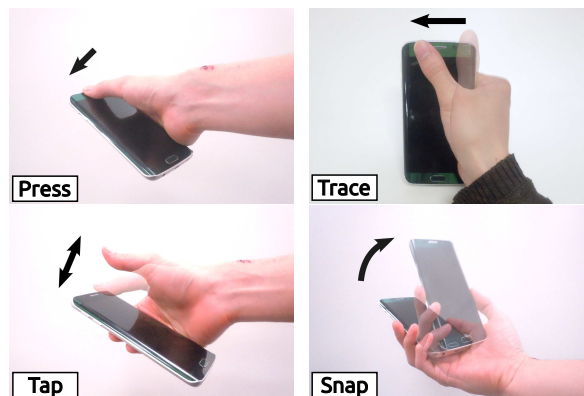


Fig.1 4 種類のジェスチャのイメージ

3.2 ジェスチャによる照度変化

4 種類のジェスチャは、それぞれ照度変化に特徴がある。ジェスチャの分類を行うにあたり、訓練データを収集して各ジェスチャの特徴を抽出した。抽出した特徴をもとにジェスチャの分類のための決定木を作成した。実際にジェスチャの分類に用いた特徴は以下の 3 つである。

- 照度変化を表す波の数
- 照度変化を表す波の深さ
- ジェスチャの実行時間

照度変化を表す波の数は、Tap を分類する際に用いる。照度センサ部分を 3 度叩く動作を行うことで、小刻みに明暗変化が起きることが Tap の特徴である。照度変化を

表す波の深さは、Trace と Snap の判別に用いる。Trace は照度センサ付近を親指でなぞるため、端末を少し動かす Snap と比べて照度変化が大きくなる。ジェスチャの実行時間は Press の認識に用いる。Press は、照度センサ部分を長押しするため、他のジェスチャに比べて実行時間が長くなる。これらの特徴は、実際の複数のユーザ、複数の照明環境において訓練データ収集実験を行い、収集したデータから抽出した。

4 ジェスチャ認識精度の検証

4.1 実験概要

ジェスチャ実行時の照度変化を訓練データとして収集した。実験協力者は 20 代の学生 6 名、実験端末は Galaxy S6 edge を用いた。実験環境には照明が 9 灯あり、実験協力者は中央の照明の直下でデータの入力を行った。照明環境は、机上面が 300lx, 500lx, 700lx, 1000lx となるような 4 種類の環境である。

4 種類のジェスチャのうち、Press を除いた 3 種類のジェスチャについて訓練データを収集した。収集したデータから、ジェスチャの実行時間を確認した。すべてのデータよりジェスチャ実行時間が長くなるような照度変化を Press として認識する。Press を除く 3 種類のジェスチャについては、収集した訓練データより分類を行うための決定木を作成した。

6 名の実験協力者は、Press を除く 3 種類のジェスチャを 4 種類の環境で 10 回ずつ入力した。したがって、収集した訓練データは合計 720 である。この訓練データに対して交差検証を行い、未知のデータ、未知のユーザ、未知の環境に対してのジェスチャ認識精度を確認した。

4.2 実験結果

実験で収集した訓練データを検証してジェスチャ認識精度を確認した。まず、未知のデータに対する有効性の検証としてすべてのデータに対して、一個抜き交差検証を行った。1 つのデータを抜き出してテストデータとし、残りのデータを訓練データとして、3 種類のジェスチャを正しく分類可能かどうか確かめる。すべてのデータに対して一個抜き交差検証を行った結果を Table 1 に示す。Table 1 から、平均 93.6 % で 3 種類のジェスチャを分類している。検証結果から、提案手法は訓練データに存在しない未知のデータに対して有効である。

Table1 未知のデータに対する認識精度の検証結果

	Tap	Trace	Snap
Tap	94.6 %	1.7 %	3.7 %
Trace	4.6 %	95.0 %	0.4 %
Snap	0.8 %	7.9 %	91.3 %

次に、未知のユーザに対する有効性の検証を行った。6 名の実験協力者のうち、1 人が入力したデータをテストデータとし、残りの実験協力者が入力したデータを訓練データとしてジェスチャ認識精度を確認した。6 名全員のデータ

に対して検証を行った結果を Table 2 に示す。Table 2 から、平均 97.2 % で 3 種類のジェスチャを分類している。検証結果から、提案手法は訓練データに自らのデータが含まれていない未知のユーザに対して有効である。

Table2 未知のユーザに対する認識精度の検証結果

Tap	Trace	Snap
98.3 %	97.9 %	95.4 %

未知の照明環境に対する有効性の検証を行った。照明環境は 4 種類であり、ジェスチャ入力を行っている場所の机上面がそれぞれ 300 lx, 500 lx, 700 lx, 1000 lx となる環境である。同一の照明環境で取得したデータをテストデータとし、残りの照明環境で取得したデータを訓練データとしてジェスチャ認識精度を確認した。4 種類の照明環境すべてに対して検証を行った結果を Table 3 に示す。Table 3 から、平均 97.1 % で 3 種類のジェスチャを分類している。検証結果から、提案手法は訓練データに含まれない未知の照明環境に対して有効である。

Table3 未知の照明環境に対する認識精度の検証結果

Tap	Trace	Snap
98.3 %	97.9 %	95.0 %

5 結論と今後の展望

スマートフォン内蔵の照度センサを利用して、端末表面の明暗変化から 4 種類のジェスチャを分類する手法を提案した。検証の結果、提案手法は未知のデータ、未知のユーザ、未知の照明環境に対して有効である。スマートフォン内蔵の照度センサを利用することで、ジェスチャを行う手にカメラを向けるような手法と比較して片手のみで利用可能とした。提案手法を様々なアプリケーションに対応することで、日常のなかでタッチ操作が容易に行えない状況や、手袋を装着することが義務付けられている職業の人でも簡単に利用可能な操作方法として活用が予想できる。

今後は、提案手法をアプリケーションに対応して実利用を想定した評価を行っていきたいと考える。手袋を装着するような状況を想定した場合、ジェスチャ操作で利用可能に設定するとよいスマートフォンの操作を調査することが必要であると考えられる。また、実利用に向けて、ジェスチャ以外の照度変化に対する堅牢性を確保するための雑音対策を考えていきたい。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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