

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 YAMASHITA

1 はじめに

近年、人間の身振りや手振りなどのジェスチャ認識に関する研究が多く、様々なジェスチャ認識手法がある。ジェスチャ認識専用機器の発達のみでなく、モバイル端末を用いたジェスチャ認識に注目が集まっている^{1, 2)}。我々は、モバイル端末内蔵の照度センサを用いたハンドジェスチャ認識の研究を行っている。モバイル端末内蔵の照度センサを用いることで、追加の機器を必要とせず、消費電力やプライバシーも考慮したハンドジェスチャ認識を実現する。しかし、モバイル端末内蔵の照度センサを用いたハンドジェスチャ認識には課題がある。照度変化を検知するための閾値や、照度収束を確認する時間とハンドジェスチャ認識精度の関係を明らかにする必要がある。また、ハンドジェスチャによる手の動き以外の原因で生じる照度変化に対策し、誤認識を防ぐ必要がある。

本研究では、照度情報を用いたハンドジェスチャ認識における開始および終了条件について検証する。ハンドジェスチャ認識の開始とハンドジェスチャ実行後の照度収束を判定する照度変化量の基準値と、照度変化が一定以下の状態であることを確認する時間をそれぞれ変更し、認識精度を確認する。また、ハンドジェスチャによる手の動き以外の原因で生じる照度変化への対策として、近接センサを併用する。近接センサは、多くのモバイル端末に内蔵しており、物体の近づきを検知可能である。近接センサを併用することで、手が端末に近づいたときの照度変化のみをハンドジェスチャ実行時のものとして認識する。ユーザは、近接センサが反応する範囲まで手を近づけてハンドジェスチャを実行する必要があるため、近接センサが反応する範囲でハンドジェスチャを行った際の照度履歴を収集し、認識精度を確認する。

2 照度情報を用いたジェスチャ認識

我々が研究するハンドジェスチャ認識では、モバイル端末内蔵の照度センサから得た照度情報を用いる。照度は、明るさを示す指標であり単位はルクス (lx) である。照度センサを用いて、手を動かした際に生じる照度変化を検知してハンドジェスチャ認識を行う。ハンドジェスチャ実行時における照度変化の特徴からハンドジェスチャを分類可能である。

ハンドジェスチャ認識の際には、モバイル端末を平面な机の上に置く。ユーザは、机の上に置いたモバイル端末に手をかざすようにしてハンドジェスチャを行う。ハンドジェスチャ認識の開始とハンドジェスチャ実行後の照度収束を判定する照度変化量の基準を閾値とする。モバイル端末は内蔵照度センサにより照度を取得しており、閾値以上

の照度変化を検知すると照度の記録をはじめめる。照度変化が続いている間は記録を継続し、照度変化が閾値以下の状態で一定時間続くと記録を終了する。照度変化が閾値以下の状態であることを確認する時間を照度収束確認時間とする。記録した連続する照度値のデータセットが一回のハンドジェスチャを表す。記録したデータセットの特徴量から HIDE, ROLL, UP, DOWN, SLASH の 5 種類のハンドジェスチャを分類する。特徴量は、照度変化を表す波の深さ、照度変化を表す波の傾き、ジェスチャの実行時間、照度変化を表す波の数の 4 種類である。照度変化を検知してから、照度が収束して分類を行うまでが一回のハンドジェスチャ認識の流れとなる。

3 照度情報を用いたジェスチャ認識手法の課題

3.1 ジェスチャ認識の開始および終了条件

ハンドジェスチャ認識を行うにあたり、ハンドジェスチャ開始時の照度変化および終了時の照度収束を検知する。ハンドジェスチャ実行時の手の動き以外の原因による照度変化が生じる可能性を考慮すると、ハンドジェスチャ実行時の照度変化を取得するためには適切な閾値を設定する必要がある。また、認識する 5 種類のハンドジェスチャのなかには、照度が一度低下し、上昇した後、もう一度低下するような照度変化を示すものがある。このようなハンドジェスチャを実行した際の照度変化を正しく取得するために、ハンドジェスチャ実行後の照度収束を確認する時間が必要となる。照度収束確認時間は、大きく設定するとハンドジェスチャ認識にかかる時間が増加する。ハンドジェスチャ実行中にも関わらず照度取得を中断する可能性を考慮し、正しく設定する必要がある。

3.2 ジェスチャ実行時以外の照度変化による誤認識

照度情報を用いたハンドジェスチャ認識手法は、ハンドジェスチャ実行時の照度変化を用いる。照度は、ハンドジェスチャ実行時の手の動き以外の原因でも変化する。端末付近におけるジェスチャ以外の動きや、外光の明るさ変化をハンドジェスチャと誤認識する可能性がある。ハンドジェスチャ実行時の照度変化を高い認識率で分類可能であったとしても、ハンドジェスチャ以外の原因で頻繁に誤認識を起こしてしまうと現実的な利用状況における活用は容易ではない。本研究では、モバイル端末内蔵の近接センサを用いて誤認識に対応する。モバイル端末内蔵の近接センサは、通話時に顔が端末に近づいたことを検知し、頬が画面に触れることによるタッチ操作の誤検知を防ぐ目的で搭載する。この近接センサをハンドジェスチャ認識時に併用することで、手が近づいたときの照度変化のみをハンドジェスチャ実行時のものとして分類する。

4 閾値および照度収束確認時間の検証

4.1 実験概要

ハンドジェスチャ認識の開始終了条件における閾値と照度収束確認時間が認識精度に与える影響を検証する。実験に用いたモバイル端末は Nexus 7 である。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。被験者は、23~24 歳の学生 7 名とした。訓練データ収集において被験者は、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 300 lx, 500 lx, 700 lx, および 1000 lx に変更して実験を行った。7 名の被験者が 4 パターンの照明環境で 5 種類のハンドジェスチャを 10 回ずつ繰り返すことで合計 1400 のデータを収集した。

4.2 実験結果

ハンドジェスチャ認識の開始終了条件における閾値と照度収束確認時間が認識精度に与える影響について検証する。閾値および照度収束確認時間を変更した場合における一個抜き交差検証結果の平均を Table 1 に示す。Table 1 における閾値は、現在照度に対する照度の変化幅を示す。Table 1 から、認識精度が最も高く、照度収束確認時間が小さい組み合わせは、閾値が現在照度の 5%、照度収束確認時間が 800 ミリ秒であり、認識精度は平均 95.4% となる。

Table1 閾値および照度収束確認時間の検証結果

		Illuminance convergence completed time [ms]							
		300	400	500	600	700	800	900	1000
Threshold [%]	3	88.9	92.4	94.4	94.8	95.2	94.9	94.7	94.7
	4	88.5	92.3	93.9	94.5	94.5	94.4	94.2	94.2
	5	87.4	91.8	93.4	94.3	94.6	95.4	95.4	95.4
	6	86.5	90.3	92.5	92.8	93.5	94.9	95.4	95.4
	7	84.2	88.8	91.2	91.6	92.8	94.1	95.1	95.1
	8	83.1	87.5	90.2	91.4	92.3	93.7	94.7	94.7

Table 1 から、閾値を大きく設定すると細かい照度変化を取得することができず、認識精度が低下する。また、照度収束確認時間を大きく設定すると認識精度が高くなるが上限がある。すべての閾値において照度収束時間が 900 ミリ秒を超えると認識精度は変化しない。Table 1 において、閾値が 3% および 4% の場合に、照度収束確認時間が 700 ミリ秒を超えると認識精度が低下している。これは、照度収束確認時間の増加に伴い、ハンドジェスチャ以外で閾値以上の照度変化を誤認識したことが原因である。閾値はハンドジェスチャ以外の照度変化を検知しない範囲で小さく設定するほど認識精度が高くなる。照度収束確認時間は、大きく設定するほど認識精度が高まり、小さく設定するほどハンドジェスチャ認識にかかる時間が短くなる。

5 近接センサ併用時のジェスチャ認識精度検証

5.1 実験概要

ハンドジェスチャ以外の原因で生じる誤検知を防ぐため、近接センサを併用する。近接センサを併用した際のハ

ンドジェスチャ認識精度を検証する。実験に用いたモバイル端末は Galaxy S6 edge である。Galaxy S6 edge に内蔵する近接センサは 5cm 以上近づいているかどうかを判定可能である。被験者は、近接センサが反応する範囲に手が近づくようにハンドジェスチャを実行する。実験は、閾値および照度収束確認時間の検証実験と同じ環境で行った。1 名の被験者が机上面の照度を 300 lx, 500 lx, 700 lx, および 1000 lx に設定した環境で 5 種類のハンドジェスチャを 20 回ずつ実行し、400 のデータを収集した。

5.2 実験結果

収集した 400 のデータをテストデータとして交差検証を行う。訓練データには閾値および照度収束確認時間の検証における 1400 のデータを用いる。検証を行うにあたり、ハンドジェスチャ開始終了条件における閾値を現在照度の 5%、照度収束確認時間を 800 ミリ秒とした。交差検証を行った結果を Table 2 に示す。Table 2 より、平均 93.5% でハンドジェスチャを分類している。検証結果から、近接センサを併用した場合においても、照度センサのみを用いた場合と同様に認識が可能である。したがって、近接センサの併用は、照度情報を用いたハンドジェスチャ認識における堅牢性の向上に有効である。

Table2 近接センサ併用時の認識精度検証結果

	Hide	Roll	Up	Down	Slash
Hide	100.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Roll	0.0 %	100.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Up	7.5 %	0.0 %	77.5 %	15.0 %	0.0 %
Down	0.0 %	0.0 %	0.0 %	100.0 %	0.0 %
Slash	0.0 %	0.0 %	1.3 %	8.7 %	90.0 %

6 結論と今後の展望

照度情報を用いたハンドジェスチャ認識において、開始終了条件の検証を行った。ハンドジェスチャ開始時の照度変化および終了時の照度収束を検知するための閾値および照度収束確認時間について検証を行い、ハンドジェスチャ認識精度との関係を明らかにした。また、近接センサを併用することで、ハンドジェスチャ実行時の手の動き以外の原因で起こる照度変化を誤認識することの少ないハンドジェスチャ認識を実現した。近接センサ併用時の照度データを収集して簡単な検証を行うことで、有効に活用可能である可能性を示した。今後は、近接センサの併用について、複数の被験者に対して検証を行う。また、モバイル端末内蔵の近接センサの精度がハンドジェスチャ認識精度に与える影響について調査する。

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