

タッチインターフェースを用いた指の種類識別

熊澤 秀一*, 長谷川 達人**, 南保 英孝*, 木村 春彦*

金沢大学*, 東京医療保健大学**,

概要: 近年タッチスクリーンを用いて操作を行うタッチインターフェースが普及しているが,既存のタッチインターフェースでは,タッチした指の種類は認識できない.これはマウスやキーボードなどの別のデバイスに比べて操作性が劣るという,タッチインターフェースに介在する課題の一つだと言える.我々はこの課題を解決するためにタッチインターフェースから得られるタッチスクリーン情報や加速度センサ値を用いて,タッチスクリーンに触れた指の種類を識別する手法を開発する.指の種類を識別することで,タッチインターフェースにおける入力要素数の増加が実現でき,個人認証,画面の非目視操作への応用などが可能になる.その実現に向け,19名の被験者に対して各指毎の操作ログを収集する実験を行った.本稿では,その実験内容,実験結果そして考察を行った結果を報告する.

Classification of the Type of Finger Using an Interactive Surfaces

SHUICHI KUMAZAWA*, TATSUHITO HASEGAWA**,
HIDETAKA NAMBO*, HARUHIKO KIMURA*

KANAZAWA UNIVERSITY*, TOKYO HEALTH CARE UNIVERSITY**

1. はじめに

近年,高い演算能力や高速な通信技術,多様で高感度のセンサを併せ持った携帯電話であるスマートフォンのシェアが急速に拡大してきた.スマートフォンは汎用型の OS を搭載し,高度な技術を持つ技術者だけでなく,そうでない人々にもアプリの開発が可能な多種多様なソフトウェアを利用者が後から容易に端末に追加することが可能であるという特徴がある.そして,このスマートフォンは携帯型としては高度な技術が使われているゲームや手軽にコミュニケーションができる SNS などのアプリケーションの助勢もあり,国内,国外ともに急速に普及しており,今後も更なる普及が予想される.スマートフォンの最も大きな特徴と言えるのが,指で画面に触れることによる操作を可能にしたタッチスクリーンである.従来の入力機器であるマウスやキーボードなどと比較して,画面に直接触れて操作が行えるという直感的な操作が可能なタッチスクリーンは,その優れた操作性とスマートフォン普及の牽引により今ではタッチスクリーンを搭載した端末であるタッチインターフェースとして急速に普及している.

しかし,タッチインターフェースには従来の入力機器などに比べて入力要素数の不足しているため,入力要素の充実が課題として存在する.例えば,一般的なマウスでは決定を行う左クリックやオプションメニューを表示する右クリック,閲覧しているページを上下左右にスクロール可能なホイールが搭載されている.さらに追加でボタンを設けることで入力要素を増やしている機器も存在し,マウスひと

つで入力できる情報は多大であると言える.一方で,タッチインターフェースでは「指が画面に触れた」「指が画面から離れた」の二値のみの入力要素であると言える.このタッチインターフェースにおける入力要素数の不足が使用者に余分な操作を強いることや,ストレス増加などの悪影響に繋がることが危惧される.この対処として,タッチスクリーンに触れた複数の数を認識する「マルチタッチ」や,液晶ディスプレイに搭載された感圧センサで画面に触れた指がタッチスクリーンに加える力の強さを感知し入力要素に加えることができる「感圧タッチ」が存在する.

そこで本研究では,指の種類に着目し,タッチスクリーンに触れた指の種類が左右 10 本指のどの指に該当するのかを識別する.それによって,指の違いを入力情報のひとつとして加えるという従来とは異なる視点からこの課題の解決の可能性を検討する.

2. 関連研究

本研究の目的である指の種類を識別する研究を,タッチインターフェース以外の手段を用いて識別を行った研究も含め調査した.画像処理を用いた指の種類を識別を試みた研究[1]では,手の中心軸から各指への角度を求めることにより指の種類を識別の研究を行ったが,隣接する指の種類を識別することは困難であると結論付けている.テーブル上部のカメラで各指に塗料したカラーマーカーを撮影することにより指の種類を識別する研究[2]では,姿勢によって指の種類が困難であることが示唆された.しかし,実際の利用を想定したアプリケーション例を示したことで,指の違

いを入力として用いるタッチインターフェース向けのインタラクション手法の潜在能力と将来の可能性を示した。

また、セキュリティ入力装置として赤外線カメラを用いて手形状の認識を行った研究[3]がある。指の開閉距離や指の太さをパラメーターとして識別を行うことで、およそ 90% の確率で指の種類の識別に成功している。また、赤外線カメラを使用したものとして Leap Motion Controller という手のジェスチャーによる操作が行えるデバイスが Leap Motion 社から販売されている。赤外線 LED に照らされた手や指を 2 基の赤外線カメラで撮影することにより 3D 空間での手や指の位置、指の種類を割り出すことができる。

関連研究の調査を行った結果、赤外線を用いることで実用可能な精度の高い指の種類識別が行えることがわかった。従って、タッチインターフェースにおいても赤外線を利用したデバイスと連携させることで、指の種類を入力として用いることが可能であるといえる。

3. 本研究の目的

本研究では、特殊な機器を必要とせずタッチインターフェース上において指の種類を識別することを目的としている。従って、関連研究に比べ特殊な機器を必要としないという点で高い新規性を有すると考えられる。また、タッチインターフェースは汎用性の高い端末であるため、タッチインターフェースのみを用いて指の種類を識別することは汎用性という点でも優れていると言える。さらに、入力情報不足を補うための対策であるマルチタッチの持つ、面積が小さいタッチスクリーンでは快適に行えないという問題点に対しても、指の種類識別によって解消できると言える。このようにタッチインターフェースから得られる情報からそれぞれの指の動きの特徴の違いを見出し指の種類を識別するという研究はこれまでに類似した研究が存在しないため、本研究はタッチインターフェースのみを用いて指の種類識別を行うための基礎研究と位置づけられる。

指の種類を入力情報として加えることによる有効性は、主に三つ考えられる。一つ目は各指への機能の割り当てによる利便性の向上である。普段インターフェースの操作に使用しないような指に、プロセスに手間がかかる操作を割り当てることで即時操作を行うことが可能となる。例えば、非利き手の小指でタッチインターフェースをタッチすることで頻繁に利用するタクシー会社に即時通話を発信すること、また利き手の薬指でタッチスクリーン上に触れ上下に動かすことでタッチスクリーンの照度を調整することというような、本来ならば複数の操作を行う必要がある操作を瞬時に行うことが可能となる。二つ目は非目視操作である。上述した各指毎への機能の割り当てにより、ディスプレイを目視しなくても操作を行いたい指でタッチスクリーンに触れることでその操作を行うことができるため、自動車の運転中やカバンやポケットにデバイスが入っている状態でも、

簡単な操作であればディスプレイを目視することなく操作を行うことができる。三つ目は個人認証である。各指毎の特徴に個人差があれば新たな個人認証の手法として応用することも可能だと考えられる。

4. 提案手法

本研究ではタッチインターフェースから取得することができる情報から機械学習により指の種類の識別する。

4.1 対象とする操作

指の種類の識別を行う操作は複数の指を使った操作であるマルチタッチは除き、ひとつの指を使って操作を行うシングルタッチを対象とする。その中でも以下の種類を対象とした。

- 1) タップ（指で画面に触れてすぐ離す）
- 2) 上スワイプ（指で画面に触れて上方向に数センチ移動させて画面から離す）
- 3) 下スワイプ（指で画面に触れて下方向に数センチ移動させて画面から離す）

実験時に、タッチインターフェースの使用に不慣れな被験者にも、比較的馴染みのあると思われるタッチインターフェースを操作する上で代表的な操作を選択した。

4.2 対象とするタッチインターフェース

本研究が対象とするタッチインターフェースは静電容量の変化を感知することで画面に指が触れた位置を検出する静電容量方式のタッチスクリーンであり、3 軸加速度センサ、ジャイロスコープ、感圧センサを搭載したものとする。これらのセンサから二次元タッチ座標、時間、加速度値（3 軸）、重力成分加速度値（3 軸）、角速度値（3 軸）、感圧値を取得し、特徴量へと再計算することでデータセットを作成する。

4.3 特徴量

端末に搭載された各センサの値から求める特徴量（1）～（15）を以下に示す。それぞれの特徴量を求めるのに用いるセンサ、計算方法、特徴量の次元をまとめたものを次ページの表 1 に示す。この特徴量が用いられたデータセットを元にデータマイニングツール Weka を用いて学習を行い、指の種類を識別する。

- (1) 操作距離[point]
- (2) 操作時間[s]
- (3) 操作速度[point/s]
- (4) 操作角度[radian]
- (5) 加速度値平均[mG]
- (6) 加速度値標準偏差[mG]
- (7) 重力成分加速度値平均[mG]
- (8) 重力成分加速度値標準偏差[mG]
- (9) 角速度値平均[mG]
- (10) 角速度値標準偏差[mG]
- (11) 感圧値平均
- (12) 感圧値標準偏差

- (13) タッチ座標共分散
- (14) タッチ座標相関関数
- (15) p形フーリエ記述子の振幅スペクトル

Index	センサ	計算方法	次元
(1)	タッチスクリーン	始点と終点の距離	1
(2)	〃	開始と終了の時間差	1
(3)	〃	距離を時間で除算	1
(4)	〃	水平軸と終点のなす角度	1
(5)	加速度センサ	HPF 処理, 平均	3(x, y, z, 軸)
(6)	〃	HPF 処理, 標準偏差	3(x, y, z, 軸)
(7)	〃	LPF 処理, 平均	3(x, y, z, 軸)
(8)	〃	LPF 処理, 標準偏差	3(x, y, z, 軸)
(9)	ジャイロ스코ープ	平均	3(x, y, z, 軸)
(10)	〃	標準偏差	3(x, y, z, 軸)
(11)	感圧センサ	平均	1
(12)	〃	標準偏差	1
(13)	タッチスクリーン	共分散	1
(14)	〃	相関関数	1
(15)	〃	p形フーリエ記述子の振幅スペクトル	31

表1 各特徴量の情報

4.4 共分散,相関関数,p形フーリエ記述子

特徴量 (9) ~ (11) は最小二乗法による近似曲線を用いて以下に示す数式 (1) ~ (4) で求める。(9), (10) は近似して得られた曲線中の点を抜き出し2変数(x,y)として曲線中の点の関係性を表す特徴量として数式 (1) を用いて共分散 S_{xy} を,数式 (2) を用いて相関関数 R_{xy} を求める。(11) の p形フーリエ記述子は平面上の曲線を周波数領域で記述することで曲線の概形を表現する方法である。以下に p形フーリエ記述子を求める数式を示す。平面上の曲線を折線図形に近似し複素平面と捉え,折線図形上の二つのベクトルのなす角を用いて,全曲率関数を定める。数式 (3) は全曲率関数を用いて定めた複素数置換数 W_i である。これを曲線の p 表現と呼び,この p 表現を離散フーリエ変換した複素関数 C_k が数式 (4) であり,曲線の p

形フーリエ記述子と呼ぶ。項数は本研究では実験用のソフトウェアが快適に操作できる最適な項数として31個に設定した。この p形フーリエ記述子の振幅スペクトル p_k を数式 (5) で求め特徴量とした。式中の a_k, b_k は p形フーリエ記述子の実数項係数と虚数項係数である。

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (1)$$

$$R_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \frac{(X_i - \bar{X})}{X \text{の標準偏差}} * \frac{(Y_i - \bar{Y})}{Y \text{の標準偏差}} \quad (2)$$

$$W_i = e^{j\theta_i} = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{|Z_{i+1} - Z_i|} \quad (3)$$

$$C_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} W_i e^{-j\frac{2\pi ki}{N}} \quad (4)$$

$$p_k = \sqrt{(a_k^2 + b_k^2)} \quad (5)$$

4.5 操作別特徴量

本研究では,操作毎に得られる情報量に偏りがあるため,操作を二種類に分け識別の際に用いる特徴量を区別した。操作毎に用いる特徴量を表2に示す。基本的に一点のみしか座標情報が無いタップ操作では共分散や相関関数,p形フーリエ記述子の特徴量として用いることに意味がないと判断した。逆に上下スワイプ操作では座標情報が多様であるため,これらの特徴量がより正確な識別を行うことを可能とすることが期待される。

タップ	上下スワイプ
操作距離	操作距離
操作時間	操作時間
操作角度	操作角度
加速度値	加速度値
重力成分加速度値	重力成分加速度値
角速度	角速度
感圧値	感圧値
	共分散
	相関関数
	p形フーリエ記述子

表2 識別する際に用いる操作別特徴量

5. 実験

本章では,前章で述べた各特徴量により指の種類の識別の可能性を確認するために,タッチインターフェースの操作データを収集し提案手法を評価する実験を行った.

5.1 実験環境

実験は本実験の趣旨を理解した上で参加を希望した20代の健常な大学生19名(男:15名,女:4名)を対象に行った.被験者のタッチインターフェースの利用経験は,スマートフォンなどのタッチインターフェースを所持し3年以上日常的に使用していた被験者が17名,タッチインターフェースを所持しておらず日常的な使用経験が乏しい被験者が2名であった.実験時には,椅子に着席することのみを被験者には指示し,利用状況の汎用性を高めるために特別な姿勢の制限は設けずに実験を行った.被験者が使用するタッチインターフェースは,実験用のアプリケーションがインストールされた同一のスマートフォンを用いた.実験用のスマートフォンはApple社の「iPhone 6S 16GB」を用いた.

5.2 各セクション内容

データセット作成のための実験は,動作ログを記録しながら3つのセクションに渡って行った.実験の主な流れは,初めに使用する指が指示され,第1セクション→第2セクション→第3セクションまでを,如何なる状況でも指示された指のみで操作を行う.第3セクションの実験が終了したら次の順番の指が指示され,同様に第1セクションから第3セクションまでの実験を指示された指のみの操作で行う.全ての指で同様の実験を行うと実験終了である.実験時は右手親指から始まり,右手中指,・・・右手小指,次に左手親指,左手中指,・・・左手小指という順番で操作する指を指示する.

■ 第1セクション

このセクションで行う基本動作実験では,画面内のランダムな場所にランダムな順番で表示される画像に従って上下方向のSwipe,タップの3種類の動作を行う.例として第1セクション時の端末の画面を図1~3に示す.一つの指で行う操作は,1種類の操作につき4回行う.第一セクションの実験の前に実験で行う操作のチュートリアル画面を同アプリケーションで表示し,被験者が実験の大体の流れを理解するまで練習を行うことができる時間を設けた.このチュートリアルにより,普段からタッチインターフェースを使用していない被験者もスムーズに実験を行えた.その指で3種類の操作を4回行うと第二セクション画面に切り替わる.

■ 第2セクション

このセクションで行う読文実験では,画面に長文が表示される.被験者は画面を上スクロールすることで,文章を読み進めることができる.例として第2セクション時の端

末の画面を図4に示す.文章の内容を被験者に読み込むように仕向けるために,文章を読んだ後に内容確認を行う選択問題に回答するように事前に指示した.被験者は文章を読み,読み終わるとその内容に関する問題に回答する.回答を終えると,第3セクション画面に切り替わる.

■ 第3セクション

このセクションで行うWEBブラウジング実験では,ある質問に対する解答をWEB検索で調べて答える.例として第3セクション時の端末の画面を図5に示す.動作ログの記録は,検索ボックスへの文字入力字はログを記録せず,ページを開くためのタップやページのスクロールの操作時のみ動作ログを記録した.提示された質問の回答をWEBブラウジングによって発見した被験者は次画面で回答を入力すると,第1セクション画面に切り替わり,次に操作を行う指が指示される.全ての指で操作が完了すると,実験終了画面が表示され,実験を終了する.

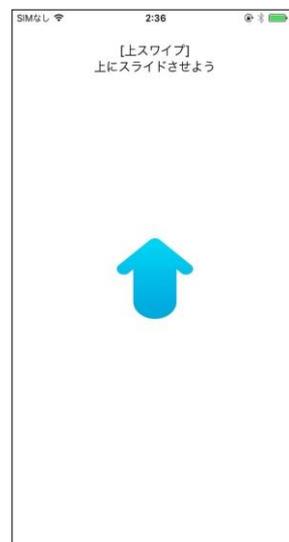


図1 上スワイプ指示画面

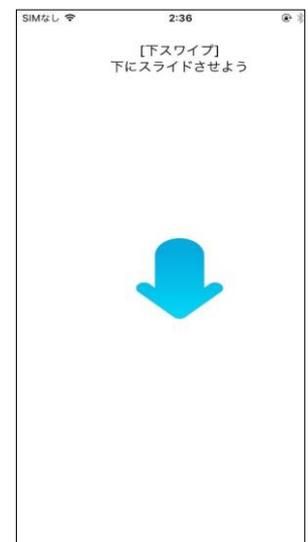


図2 下スワイプ指示画面

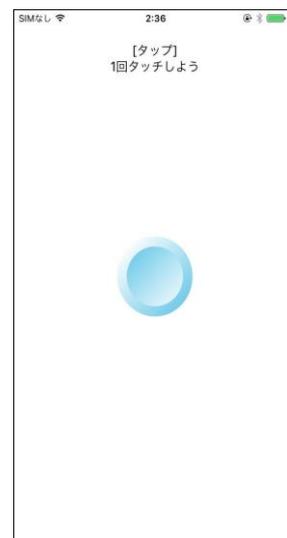


図3 タップ指示画面

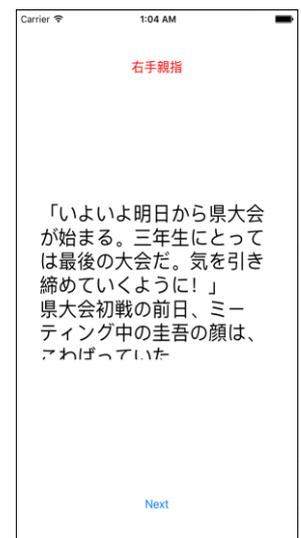


図4 読文実験画面

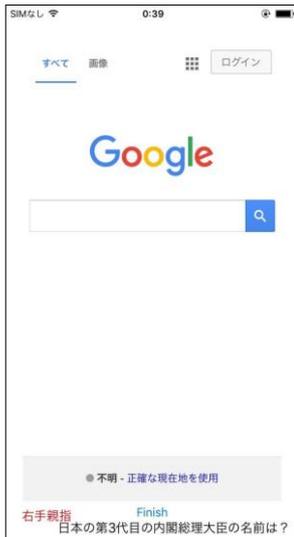


図5 WEB ブラウジング実験画面

5.3 意識との関連性

これら3セクションを左右の指全てで行う。この実験では、すべての指での操作データの取得を主な目的としているが、もう一つの目的は「意識的な操作」と「無意識的な操作」の2種類の操作データを取得することである。第1セクションでは、画面に表示される画像に従い指示された操作を意識的に行うが、第2,第3セクションでは画面に表示された文章を読むために上下にスワイプすることでページをスクロールさせることや、次のアクションを起こすためにボタンをタップすることという日常的に行うようになっている無意識的な操作を行う。3種類の操作毎での指の種類を識別する分析を次章で行うと同時に、意識的に行った操作であるか否かが及ぼす識別への影響も検討する。

6. 実験結果及び考察

6.1 評価方法

実験で取得したデータから特徴量を抽出してデータセットを作成する。作成したデータセットを用いて指の種類識別を行うためにデータマイニングツール Weka による機械学習を行う。識別器には学習や識別の速度が高速であり、目的変数に対する説明変数の重要度の推定が可能な Random Forest[4]を利用する。Random Forest は複数の決定器構造を持ったマルチクラス識別器を構築するアンサンブル学習アルゴリズムであり、大量の決定木を作成し学習を行い、それぞれの決定木が算出した正解を多数決し、最も支持が多かったクラスに分類することで識別を行う。識別の評価方法は被験者全員のデータに対する 10-fold cross-validation (以下 10fold-CV) と Leave-One-Subject-Out-cross-validation (以下 LOSO-CV) ,そして被験者毎のデータに対する cross-validation (以下 CV) を用いる。10fold-CV は標本を 10 個に分割して 9 個を学習データ,1 個を評価データとして扱い,10 回検定を行い推定の平均を得る評価方法である。

一方で LOSO-CV は標本から 1 つの事例を取り出して評価データ,残りを学習データとし,全事例が 1 回は評価となるように検定を繰り返す評価方法である。評価指標としては F 値 (F-measure) を用いる。F 値は検索結果の中にどの程度正解が含まれるかを示す適合率 (Precision) と,正解の中でどの程度が検索できているのかを示す再現率 (Recall) を用いて数式 (6) で求める。

$$F - measure = \frac{2 \cdot Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (6)$$

6.2 実験結果

19 人分のデータを統合してひとつのデータセットとして 10fold-CV を行った結果の F 値を表 3 に,上下スワイプ・タップの 3 種類のクロス表を表 4~6 に示す。また LOSO-CV による識別結果を表 7 に示す。次に被験者毎の各データに対して CV を行った結果を表 8 に示す。

表 3 10fold-CV識別結果

	上スワイプ	下スワイプ	タップ
F 値	0.709	0.475	0.568

表 4 上スワイプ操作識別時クロス表

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	<-- classified as
758	31	13	11	6	3	1	3	0	1	a = 右手親指
83	409	72	45	12	2	1	2	0	0	b = 右手人差し指
41	61	491	97	29	5	4	3	0	1	c = 右手中指
26	45	90	618	38	1	1	2	1	1	d = 右手薬指
6	28	41	94	396	2	6	5	2	1	e = 右手小指
8	2	3	5	3	140	51	40	14	16	f = 左手親指
7	5	5	16	11	17	511	81	10	14	g = 左手人差し指
7	2	6	0	3	12	99	500	32	18	h = 左手中指
1	1	4	1	3	6	62	81	244	44	i = 左手薬指
11	0	3	4	1	5	28	32	42	228	j = 左手小指

表 5 下スワイプ操作識別時クロス表

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	<-- classified as
257	23	2	11	0	0	9	4	0	2	a = 右手親指
45	142	7	46	6	0	7	0	1	1	b = 右手人差し指
16	38	22	75	7	1	10	1	0	4	c = 右手中指
23	42	8	216	9	1	4	6	0	0	d = 右手薬指
6	19	11	92	53	0	4	3	1	3	e = 右手小指
6	4	1	28	6	27	18	17	6	17	f = 左手親指
17	5	3	18	5	2	163	35	9	7	g = 左手人差し指
12	3	0	17	2	6	56	127	7	14	h = 左手中指
3	3	0	8	5	6	32	48	34	21	i = 左手薬指
16	0	0	14	3	5	16	35	12	60	j = 左手小指

表 6 タップ操作識別時クロス表

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	<-- classified as
240	24	7	9	3	1	2	1	2	4	a = 右手親指
42	159	22	33	8	0	4	5	0	0	b = 右手人差し指
24	48	69	57	12	3	5	2	0	1	c = 右手中指
18	27	23	312	18	5	0	5	1	3	d = 右手薬指
4	10	12	73	102	1	3	4	2	4	e = 右手小指
1	6	5	12	3	69	18	10	17	9	f = 左手親指
2	5	2	4	4	8	122	38	16	5	g = 左手人差し指
1	1	2	5	6	12	38	105	25	16	h = 左手中指
0	2	0	5	0	13	22	39	82	21	i = 左手薬指
9	0	0	7	3	5	14	21	20	79	j = 左手小指

表 7 LOSO-CV識別結果

	上スワイプ	下スワイプ	タップ
F 値	0.698	0.431	0.529

表 8 被験者別 CV 識別結果

	上スワイプ	下スワイプ	タップ
A	0.845	0.685	0.708
B	0.833	0.557	0.664
C	0.792	0.492	0.698
D	0.828	0.503	0.699
E	0.756	0.657	0.682
F	0.902	0.619	0.573
G	0.828	0.622	0.645
H	0.83	0.784	0.711
I	0.805	0.663	0.651
J	0.87	0.654	0.608
K	0.88	0.59	0.571
L	0.783	0.742	0.762
M	0.876	0.683	0.636
N	0.835	0.659	0.608
O	0.803	0.469	0.488
P	0.696	0.61	0.479
Q	0.887	0.629	0.642
R	0.807	0.698	0.6
S	0.875	0.628	0.663
平均	0.828	0.629	0.636

識別結果は、上方向のスワイプが最も高い識別精度となった。SNS では過去に投稿した内容がページの下に表示されるということやウェブページでは画面に収まりきらない内容は下に表示されるということなどを例に、タッチインターフェースでは上スワイプによるページのスクロールが最も頻繁に行われる動作なのではないかと考えられ、普段から頻繁に行っている動作においての指の種類の識別の有効性あるのではないかとと思われる。また、被験者全員を統合

したデータよりも個人別のデータで識別を行った時の識別率が良好だったことから、予め使用者の各指での操作データを取得することで、識別精度の高いシステムを使用者に提供できるということ期待される。またクロス表の結果から、指が左右のどちらかを識別することには概ね成功したことがわかる。しかし、正解の指を識別する際に、隣同士にある指のように距離が近い指に誤識別してしまうことがあることがわかる。また、同じ種類の指でも、左右で識別ができていないことから、親指・人差し指・中指・薬指・小指の5種類で特徴がそれぞれ違うのではなく、右手親指・右手人差し指・・・・左手小指の10種類で特徴が違うこともわかる。

6.3 実験セッション別実験結果

次に、10fold-CV, LOSO-CV 共に特に精度の高い結果となった上方向のスワイプについて3種類の実験セッション別での識別を10fold-CVにて行った結果を表9に示す。第2,第3セッションで行った読文,WEB ブラウジング実験での識別率が第1セッションで行った基本動作実験の識別率に比べて極めて高い結果となった。このことから、意識的にただ上方向にスワイプを行うことよりも、現在のページよりも下にある情報を見るためにページを上を送るという自然な無意識的な動作において指の種類の識別が有効なのではないかという期待が持てる。

表 9 上スワイプ操作セッション別10fold-CV識別結果

	第1セッション	第2セッション	第3セッション
F 値	0.473	0.781	0.753

最後に被験者別の上方向へのスワイプデータをさらに実験セッション別に分けたデータで CV を行った結果の平均 F 値を表 10 に示す。識別結果は第1セッション以外のセッションは9割以上という高い識別率となった。中でも第2セッションはほぼ10割に近い識別率であった。この結果から自己データを学習させることができる状況に加えて、日常で頻繁に行う場面での操作という制限された状況において指の種類の識別が高い精度で可能だということがわかる。

表 10 被験者別セッション別上スワイプ操作 CV 識別結果

	第1セッション	第2セッション	第3セッション
平均 F 値	0.702	0.985	0.931

7. おわりに

本研究では、タッチインターフェースにおける入力要素の増加を目的に、タッチインターフェースのみを用いてタ

タッチスクリーンに触れた指の種類を識別することの可能性について調査した。被験者全員のデータを用いる識別と被験者毎のデータを用いる識別を行った結果、指ごとの特徴に一般性はあまり無いが個人性があることを確認した。また、実験の際に得られたデータを状況別に識別を行った結果、利用者の操作時の意識が指の種類にかなりの影響があることがわかった。これらの新たに得られた知見から、自己データを用いて学習させた状態での特定の状況と操作において、タッチインターフェースのみを用いた指の種類を識別を行うことが可能であるということが示された。今後は識別に関わる特徴量の調査を行い、識別精度の向上を目指す。また、タッチスクリーンに複数の指で触れることで操作を行うマルチタッチにおける指の種類識別についても検討する。

参考文献

- [1] 中川 昇平, 深川 大路: 画像処理を利用した指の種類認識, 電子情報通信学会大会講演論文集.IEICE, Vol.2013, No.2, p.158(2013).
- [2] 鈴木 優, 三木 和男, 田中 次郎: 指を識別するタッチインターフェース向けインタラクション手法, 情報処理学会研究報告.HCI, Vol.2011, No.4, pp.1-6(2011).
- [3] 大野 敬弘, 鹿嶋 邪之, 佐藤 公則, 渡邊 睦: 手形状認識によるセキュリティ入力システムに関する研究, 情報処理学会研究報告.CVIM, Vol.2008, No.44, pp.293-300(2008).
- [4] Beriman, L.: Random Forests, Machine Learning, Vol.45, No.1, pp.5-32(2001).