

加速度およびタッチパネルへの入力情報を用いた携帯端末の持ち手・打ち手判別

Recognition of smartphone operating style using acceleration and touch information

萩谷 俊幸† 上向 俊晃† 加藤 恒夫†
Toshiyuki Hagiya Toshiaki Uemukai Tsuneo Kato

1. はじめに

近年、タッチパネルを備えた携帯端末が増加している。このような端末は片手で操作されることも多いが、ディスプレイの大型化に伴い、手から遠い位置のボタンに届きにくいことも多い。そこで、操作性改善の一つとして、操作する手に応じてボタン配置を自動で切り替える手段を考える。本研究では、操作する手に応じた操作性改善のために、ユーザが無意識に行う操作の中で、持ち手と打ち手を判別する。具体的には、パスワードロックを解除するための 2 種類の動作、タッチ操作およびスライド操作における加速度情報とタッチパネルへの入力情報を用いて持ち手と打ち手を判別する。

2. 従来研究

携帯端末に搭載されている加速度センサのみを用いてユーザの動作を判別する研究として、Jin らは、電話や文字入力などの 17 種類の動作を判別している [1]。

また、携帯端末の持ち方を判別する研究は、Kim らにより、加速度情報と、携帯端末背面に配置したタッチセンサに触れた持ち手の形状情報から操作方法を判別する研究が行われている [2]。しかし、持ち手の左右の判別は行っておらず、また、現状では背面にタッチセンサを搭載している携帯端末は未だ一般的ではない。

Panasonic 製携帯端末のスピードセレクト[3]という機能では、ロック解除画面において、ユーザが画面下部の左右に表示された 2 つの 1/4 円弧の一方をなぞるとロック解除し、なぞった円弧が表示されていた方向に片寄ったホーム画面を表示する。ただし、この機能はユーザが意識して入力を行う必要があり、また左右 2 パタンしか考慮されていない。

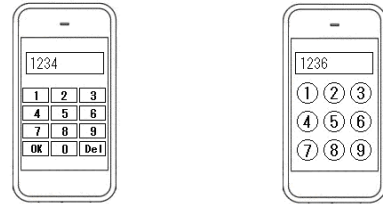
3. 提案手法

本研究では、携帯端末に搭載されているデバイスを用い、ユーザが無意識に行うパスワードロック解除操作から持ち手と打ち手を判別する。パスワードロック解除操作は、図 1 に示す (i) タッチ操作および (ii) スライド操作の 2 種類とする。タッチ操作は画面上の数字に触れることで 4 桁の数字列を入力する操作であり、スライド操作は画面上の隣合った数字をなぞることで 3~5 桁の数字列を入力する操作である。

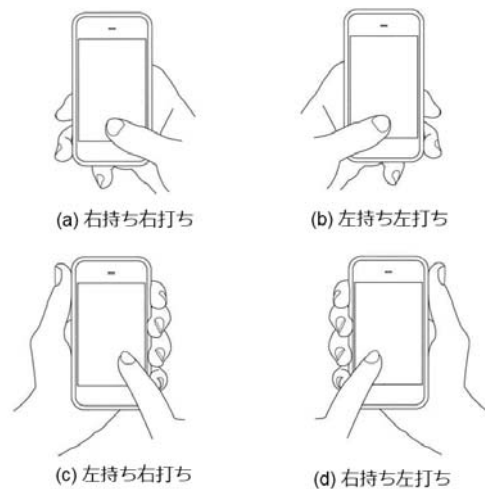
判別する持ち手と打ち手の操作方法は、図 2 に示す (a) 右持ち右打ち、(b) 左持ち左打ち、(c) 左持ち右打ち、(d) 右持ち左打ちの 4 パタンである。このうち (a) および (b) は片手操作、(c) および (d) は両手操作に相当する。

提案手法では、図 1 の 2 種類の操作画面で行われる動作から得られる加速度情報とタッチパネルへの入力情報を元に、図 2 の 4 パタンの操作方法の中から 1 つを判別する。

†株式会社 KDDI 研究所 KDDI R&D Laboratories Inc.



(i) タッチ操作画面 (ii) スライド操作画面
図 1 タッチ操作およびスライド操作画面



(a) 右持ち右打ち (b) 左持ち左打ち
(c) 左持ち右打ち (d) 右持ち左打ち
図 2 持ち手と打ち手の操作方法

判別のための識別器には SVM を用いる。

4. 実験内容

4.1 データ収集

被験者には、(a) および (b) の片手操作 2 パタンと、(c) または (d) のうち利き手を打ち手とした両手操作 1 パタンの計 3 パタンの操作方法で入力してもらった。(a) と (b) の操作は利き手によらず通常でも行い得るが、両手操作の利き手とは反対の手を打ち手とした操作は、通常行わない操作であり、打ち手のぶれが大きくなるためデータ収集の対象外とした。

被験者は、各操作方法により、タッチ操作画面で各 40 通り、スライド操作画面で各 22 通りの数字列の入力をした。各操作方法において、入力中の「3 軸加速度」をサンプリング周波数 100Hz で取得し、「2 次元タッチ座標」と「反応したボタンの中心座標」を、タッチ操作では画面にタッチした時に取得、スライド操作ではタッチ時およびスライドにより数字が入力される反応領域に指が達した時に取得した。被験者は 21~33 歳までの男性 10 名、女性 4 名の計 14 名だった。そのうち右利きは男性 7 名、女性 2 名の計 9 名であった。用いた携帯端末は Nexus S である。

4.2 学習および判別方法

4.1 節で得られたデータを元に SVM 識別器を学習した、特徴量として、加速度情報とタッチパネルへの入力情報を用いた。加速度情報に関する特徴量は「3 軸加速度」と 3 軸加速度から算出したタッチ前後 n 秒間の「平均」、「分散」、「相関係数」各 3 次元ずつの計 12 次元とした。タッチパネルへの入力情報に関する特徴量は、「タッチ座標」、「直前のタッチ座標」、「タッチ座標と押したボタンの中心位置との差分」の計 6 次元とした。3 軸加速度は重力加速度を含む値を用いた。

以上の特徴量のうち、加速度情報 12 次元のみを用いる場合を特徴ベクトル A とし、加速度情報とタッチパネルへの入力情報の 18 次元を用いる場合を特徴ベクトル B として比較した。前述の n は予備実験より $n=0.15$ とした。

識別器は線形 SVM の 1vs1 法を用い、一人のデータを評価用とし、残り 13 人のデータを学習用データとして用いる交差確認法によりオープンデータに対する評価を行った。操作方法の判別は、入力された数字 1 桁ずつ SVM により 4 パタンの操作方法から判別し、数字列の入力完了後に多数決で最終的な操作方法を決定した。多数決で決定できない場合は判別不可とした。

4.3 実験結果および考察

4.3.1 タッチ操作における判別性能

表 1 にタッチ操作における 2 種類の特徴ベクトルでの判別率を示す。特徴ベクトル B での判別率は平均 80.1% であり、どの操作方法においても、A より B の方が高い判別率を示しているため、タッチパネルの入力情報が判別に有効であることがわかる。これは、同じ数字を入力する場合でも打ち手によりタッチ位置の分布が異なり、右手が打ち手の場合は右に、左手が打ち手の場合は左に分布が偏る傾向が見られたためと思われる。特に操作方法(c)と(d)の両手操作では A と比べ 10% 以上向上している。これらの要因として、(c)と(d)では 3 軸加速度の変化が少なく加速度情報に大きな差異が見られないために、タッチパネルへの入力情報が大きく寄与したことが考えられる。

次に、表 2 に示す、特徴ベクトル B の判別結果の分類を見ると、判別誤りは「判別不可」が最も大きいことがわかる。特に 4 桁の数字のうち 2 桁では正解で、残り 2 桁が誤りというものが多かった。単純な多数決で判別するのではなく、サポートベクトルとの距離を考慮するなどして判別すれば判別できる可能性があると思われる。

表 1 タッチ操作での判別率

操作方法	総試行回数	A(%)	B(%)
(a)	560	79.8	84.3
(b)	560	81.4	85.4
(c)	360	70.5	80.6
(d)	200	40.0	70.0
平均	-	68.0	80.1

表 2 タッチ操作での特徴ベクトル B の判別結果

操作方法	判別結果(%)				
	(a)	(b)	(c)	(d)	判別不可
(a)	84.3	3.6	1.6	0.2	10.3
(b)	3.0	85.4	1.1	3.0	7.5
(c)	6.6	2.8	80.6	0.0	10.0
(d)	0.5	17.0	2.5	70.0	10.0

4.3.2 スライド操作における判別性能

表 3 にスライド操作における 2 種類の特徴ベクトルでの判別率を示す。両特徴ベクトルとも判別率は平均 80% 程度を示しており、大きな差異は見られず、判別には加速度情報の寄与が大きいと考えられる。また、タッチ操作の結果と比較すると A での(c)と(d)の判別率は高い値を示している。両手操作ではタッチ操作と同様に、3 軸加速度の変化は少なかったが、携帯端末を体の正面に向けて持つのではなく、指を動かしやすいように持ち手を打ち手側に傾けて操作する傾向があったために(c)と(d)で 3 軸加速度に差異が生じ、判別率が向上したと考えられる。

最後に、表 4 に特徴ベクトル B の判別結果の分類を示す。片手操作の判別誤りは、もう一方の片手操作に誤ることが最も多い。これは指のスライド方向によっては両者に加速度情報に差異が生じにくいとめと考えられる。また両手操作の場合、同じ打ち手の片手操作に誤る場合が最も多い。これは、前述の通りユーザは携帯端末の画面を打ち手側に傾けて操作する傾向があるため、同じ打ち手で類似した加速度情報を示したことが要因だと思われる。

表 3 スライド操作での判別率

操作方法	総試行回数	A(%)	B(%)
(a)	308	82.4	82.5
(b)	308	75.3	77.6
(c)	198	86.9	87.4
(d)	110	77.2	77.3
平均	-	80.5	81.2

表 4 スライド操作での特徴ベクトル B の判別結果

操作方法	判別結果(%)				
	(a)	(b)	(c)	(d)	判別不可
(a)	82.5	9.1	4.5	0.3	3.6
(b)	14.0	77.6	2.6	3.9	1.9
(c)	8.6	2.5	87.4	0.0	1.5
(d)	6.4	15.4	0.0	77.3	0.9

5. おわりに

本論文では、タッチパネルを備えた携帯端末のパスワードロック解除場面におけるタッチ操作およびスライド操作の 2 動作に対して、加速度情報とタッチパネルへの入力情報を用いて持ち手、打ち手の判別を行った。

その結果、タッチ操作では平均 80.1%、スライド操作では平均 81.2%の精度で判別することができた。また、タッチ操作においては加速度情報のみの特徴ベクトルと比べ、タッチパネルへの入力情報を加えた特徴ベクトルを用いた判別は平均 12.1%高い判別率を示し、タッチパネルへの入力情報が判別に有効であることが確認できた。

今後はより精度の高い判別をするために特徴量の解析、および判別に適した場面の検討を行う予定である。

参考文献

- [1] Zhenyu He, Lianwen Jin, "Gesture recognition based on 3D accelerometer for cell phones interaction", IEEE Circuits and Systems, 217-220, 2008.
- [2] Kee Eung Kim, Wook Chang et al, "Hand Grip Pattern Recognition for Mobile User Interfaces", Proceedings of The National Conference on Artificial Intelligence, Part 2, 1789-1794, 2006
- [3] <http://panasonic.jp/mobile/smartphone/003p/function/>