

## フレームタップ操作によるタブレット入力拡張方式の検討

中島 崇之<sup>†</sup>      三浦 元喜<sup>‡</sup>

タッチパネルセンサを搭載したスマートフォンやタブレット型コンピュータが日常的に使われるようになってきた。これらのデバイスは画面上部タップによるスクロールや上部スワイプによる通知表示など、いくつかのイディオム的な便利な操作を提供しているが、画面サイズや物理的なボタン数の制約により、新たな機能を追加することが難しい。そこで我々は、デバイス画面の周囲に仮想的なボタンの存在を想定し、そこへのタップ操作を認識して追加機能に割り当てるフレームタップ方式を提案する。フレームタップ操作は本体の動きを誘引するため、内蔵されている加速度センサやジャイロセンサを使用した検出が可能である。我々は提案手法の実現可能性を検証するため、実際のデバイスから得られるデータを取得した。その結果、本体四隅へのダブルタップについては、ジャイロセンサの値を用いた簡便な処理により検出可能であることを確認した。

### Examining Frame Tapping Recognition for Extending Input Method of Tablet Computers

TAKAYUKI NAKASHIMA<sup>†</sup>      MOTOKI MIURA<sup>‡</sup>

Smart phones and tablet computers with a touch-panel display are becoming popular in these days. These devices already provide several “idiomatic” operations such as tapping upper part to scroll and swipe down to show notifications. These idioms are convenient, but it is difficult to add extra operations due to the limited screen size and physical buttons of the tablet devices. In order to provide better and straightforward extra idiomatic operations, we propose a method to extend input method by assuming virtual buttons on the frame of tablet devices. Since tapping operations onto the virtual buttons cause typical movements of the device, they can be recognized by internal accelerometers and gyroscope sensors. We examined the possibilities of our “frame-tapping” input method by capturing actual device data, and we confirmed that double-tapping of four corners could be recognized by simple handling of gyroscope sensor outputs.

#### 1. はじめに

スマートフォンやタブレット型コンピュータが普及したことで、タッチパネルの使用が日常的となってきた。タッチパネルの特徴はその扱いやすさにある。画面をタッチすることで選択、スワイプやフリックすることでドラックやページ移動など、直観的な入力が可能となっている。

通常スマートフォンやタブレット型コンピュータに新しい機能を追加するには、画面内に操作可能なオブジェクトを配置する必要がある。しかし、スマートフォンやタブレット型コンピュータは画面が狭く、画面内に操作可能なオブジェクトを追加すると他の情報表示領域が限られるため、必要な機能を追加しにくい。この問題を解決し、限られたスペースを有効活用しながら機能を追加するために、これまでタッチパネルと筐体との境界部分やボタン等に特別な機能を割り当て

ることが行われてきた。例えば、iOS や Android など画面上部の境界をタップすると一番上にスクロールする機能や、ホームボタンのダブルタップでカメラやオーディオプレーヤの制御画面を起動する機能、画面上部から下方向に向かってスワイプすると「通知画面」を表示する機能、四本または五本指で左右にスワイプするとアプリケーションが切り替わる機能などである。このような機能に対する操作は、ユーザがその操作を知覚する必要があるという点では一種の「イディオム」であるといえる。イディオムをむやみに増やすことはユーザの混乱を招くおそれがあるが、適切に設計されたイディオムであればユーザにとってタブレット型コンピュータの使い勝手を向上させることができる。しかし、従来のタブレット型コンピュータにおいては操作可能なボタンの数や画面の領域は限られており、さらなる機能を追加する場合に適切な操作をマッピングできなくなると考えられる。そこで我々は、物理的なセンサやデバイスを追加することなく、実現可能なイディオムを多様化させる手法として、タッチパネルセンサ付きタブレット、スマートフォンの画面

<sup>†</sup> 九州工業大学 工学部 総合システム工学科  
Integrated System Engineering, Kyushu Institute of Technology

<sup>‡</sup> 九州工業大学 基礎科学研究系  
Faculty of Basic Sciences, Kyushu Institute of Technology

周囲（外枠部分）でのタップ動作検出手法を提案し、その有効性について検討する。

## 2. コンセプト

我々は、従来のスマートフォンやタブレット型コンピュータのタッチパネルセンサ付き画面の外部に、現実には存在していない仮想的なボタンを配置し、そこへのタップ動作を検出する方式を提案する。この仮想的なボタンの操作に対して機能を割り当てることで、スマートフォンやタブレットの操作を多様化し、ユーザビリティを向上させることを目的とする。

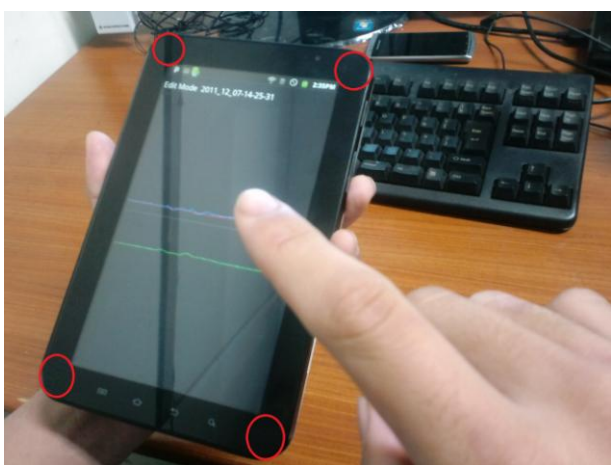


図1 操作例および仮想ボタンの位置

図1は実際にタブレット型コンピュータを操作しているときの様子であり、画面四隅の赤い丸で囲まれた部分を仮想的なボタンとする。

なお、本研究において提案する、タッチパネルセンサ付き画面外でのタップ動作、およびその手法のことを、縁や枠を叩くという意味で、以下では「フレームタップ」と呼称することにする。

### 2.1 フレームタップ検出方法

フレームタップの動作を検出する手法として、我々はデバイスに当初から組み込まれているセンサを利用する。最近のスマートフォンやタブレット型コンピュータにはタッチパネルセンサや照度センサをはじめ、多くのセンサが組み込まれている。その中でも、我々は3軸加速度センサとジャイロセンサを使用する。

フレームタップはタブレットの端をタップするため、本体に大きな回転や振動が発生する。タブレットは手に持って使うため、持ち方やタップの仕方によって得られる波形も大きく変わってくる。またタブレット型コンピュータの機種によって、センサの内蔵位置も異なるため、得られるセンサデータも異なることが予想

される。今回は提案するフレームタップ手法の実現可能性を調査するため、実験機である GALAXY Tab におけるデータを取得し、それを解析した。解析結果と考察については4章で述べる。

### 2.2 フレームタップに割り当てる機能の例

フレームタップ動作に割り当てる機能の具体例について以下に示す。

#### 2.2.1 フレームタップスクロール

フレームタップではタッチパネルセンサ付き画面のタップ動作と異なり、自分の指で画面を覆い隠す心配がない。タップする画面外部のフレームの位置を特定し、その方向に画面をスクロールさせる。これにより、画面を見ながらのスクロールが可能となる。また、強めのダブルタップなど特殊な動きによって長大な Web ページにおける閲覧箇所を一番上や一番下までジャンプさせることも考えられる。

#### 2.2.2 個人認証

仮想ボタンに対するダブルタップ操作で得られるデータについては、タップの間隔や強さなどの個人差が出てくることが考えられる。この違いを個人認証に用いることも考えられる。

## 3. 関連研究

### 3.1 物理的センサデバイス追加

従来、PDA や携帯電話等の、小型であるため効果的な入力手法が限られる情報機器について、自然なふるまいをセンシングする方法が多々提案されてきた。たとえば、すでに多くのスマートフォンやタブレット型コンピュータに実装されている、加速度センサによって傾きを判別し、自動で画面の向きを変更するというものである。

過去に行われてきた研究の大きな流れの一つとして、本体に物理的なセンサデバイスを追加して、上記の目的を達成するアプローチがある。Hinckley らは、本体に赤外線距離センサ、傾きセンサ、タッチセンサを追加して、周辺状況に対応して自動でモード切り替えを行う手法を提案し、プロトタイプを作成している[1]。現在では一般的となっている傾きによる画面向きの変更や、近接センサを利用した利用状態の検出もこの研究で提案されていた手法である。

椎尾らは、表示コンテンツのスクロール操作と編集操作を直感的に切り替える手段として、「文鎮メタファ」にもとづくインタフェース手法を提案している[2]。本体下部にタッチセンサを追加し、タッチセンサに手のひらを接触させていれば画面は固定され拡大

や縮小となり、接触がなければ画面はスクロールされる。片手で紙への筆記を行う場合と同等の自然なインタフェースを実現している。その他の手法として、Heoらは、iPod touchに全体を覆うフレームを取り付け、フレーム内の圧力センサで画面に対する垂直方向および画面水平方向に指で加える力を検出し、Webブラウザのタブ切り替えやスクロールに応用する方法を提案している[6]。これらの研究は小型デバイスの機能を自然に拡張している点で有意義であるが、こうした手法を実現するためには本体に物理的なセンサやデバイスを追加する必要がある。小型・軽量を特徴とする情報端末にセンサを追加することは、本来の利点を縮小してしまうことにつながるため注意が必要であると考えている。

### 3.2 Fat Finger 問題

タブレットやスマートフォンのようなタッチパネルセンサを主に使用するデバイスが抱える問題として、指で画面を覆い隠すという点が挙げられる。これは直観的な入力の実現とトレードオフの関係にあるが、これを解決しようとする研究も行われてきた。

Baudischらは、将来的に極小の画面を持つデバイスが一般化したときのインタラクション手法として、本体の背面から指で操作する方式 nanoTouch を提案している[3]。このコンセプトの有効性を確認するために、小型のタッチスクリーンを取り付けたデバイスを作成し、評価実験を行っている。

岩淵らは、背面インタラクションにおける指の位置を正確に視認するため、透明なインタラクティブディスプレイのプロトタイプを製作し、有用なアプリケーションや新たなインタラクションの可能性を検討している[4]。画面が透明であることで背面からの操作が簡単になっているが、透明であるため、背面から画面を他人に見られる可能性や、環境によって視認性に影響がでる場合がある。

### 3.3 静電容量変化を伴う部材の利用

Yuらは、タブレット本体の周囲に挟みこんだ状態で使用する無電源ボタン入力デバイス Clip-on Gadgets とツールキットを提案している[5]。iPod Touch等の静電容量式のタッチパネルを使用しているデバイスに装着し、指を触れてボタンを押すと、タッチパネルセンサのわずかな外周部(3mm~5mm)に接した端子を通じてタッチパネルの反応を引き出すことができる性質を利用している。青木らも複数導電部をもつ枠型物理オブジェクトを介したタブレット操作を提案し、円形デバイスの回転や移動、複数のデバイスの区別等を

簡易で安価な方法で実現している[7]。

これらのタブレットのタッチパネルセンサの特性を利用して、無電源、簡易でかつ安価な部材をつかって操作性を拡張する研究は、タッチパネルの進化に伴い、今後も盛んに行われることが予想される。しかし、これらの方式はわずかながらも部材の配置により画面を占有してしまうため、現在のスマートフォンやタブレット型コンピュータが備える小型の画面を最大限に活用するという点では制約となりうる。我々は、既存のデバイスが標準的に備えているセンサを最大限に利用し、画面を極力覆い隠さずに拡張することをねらいとしている。

### 3.4 加速度センサを利用したデバイス本体および操作状況の把握

これまでに述べた研究は本体にセンサデバイスを追加したり、特殊な部材を追加したりすることで機能拡張を実現している。しかし、近年スマートフォンやタブレットに標準的に組み込まれている加速度センサやアクチュエータを活用する研究も多い。

菅原らは、携帯電話が置かれている状況のうち、特に静止状態に着目し、机上にあるか手で持っているかといった状況を推定することを目的として、3軸加速度センサとPWM制御振動モータを用いたアクティブセンシング方式を提案している[8]。これにより静止した携帯電話がどういった状況に置かれているのかを高精度で判別することが可能となる。また河内らは携帯電話の身体上での格納場所判定機能のスマートフォン上への実装と応用システムの開発を行っている[9]。3軸加速度センサが示す加速度変動を解析することにより、端末が身体上の5カ所の既定場所のうちどこに格納されているかを判定することが可能となっている。萩谷らは、パスワードロック解除時のタッチパネル操作と、その際の加速度情報を用いて、持ち手と打ち手を判別する手法を提案している[10]。また石原らは加速度情報を個人認証に応用している[12]。このように、加速度情報を高度に利用して状況把握を行ったり、ユーザビリティ向上につなげたりする研究は数多く、こうした要求に対応した動作判別ライブラリを構築する試みもなされている[11]。我々のねらいは加速度情報を駆使して、画面外のデバイス本体上に実際には存在しない仮想的な「ボタン」を設定し、それをタップしたりクリックしたりしたときの動作を検出し、操作性向上に役立てる点にある。また本体に標準的に備え付けられるようになったジャイロセンサも組み合わせ、可能な限り仮想ボタンの精度を高めることを

目的としている。

## 4. 実験

センサやデバイスを追加せずに新しい機能を追加するため、タブレット型コンピュータに初めから組み込まれている加速度センサとジャイロセンサを用いて、本体の姿勢変化や動きからフレームタップ手法におけるタップ位置を推定するための実験を行った。

なお、実験機として、SAMSUNG 社の GALAXY Tab を使用する。

### 4.1 実験条件

実際に日常生活を行う中で加速度センサ、ジャイロセンサを使った動作を認識するためには、デバイスの持ち方、タップの行い方、使う人の動き等、イレギュラーを引き起こす要素が多数存在する。しかし、本実験においては、こういった不確定要素をなるべく取り除くため、以下の条件の下、実験を行う。

- ① 座った状態であるべく動かずに行う。
- ② タブレット本体を背面から左手で包み込むように持つ(図2左)。
- ③ 右手の人差し指で表面から押すようにタップする。

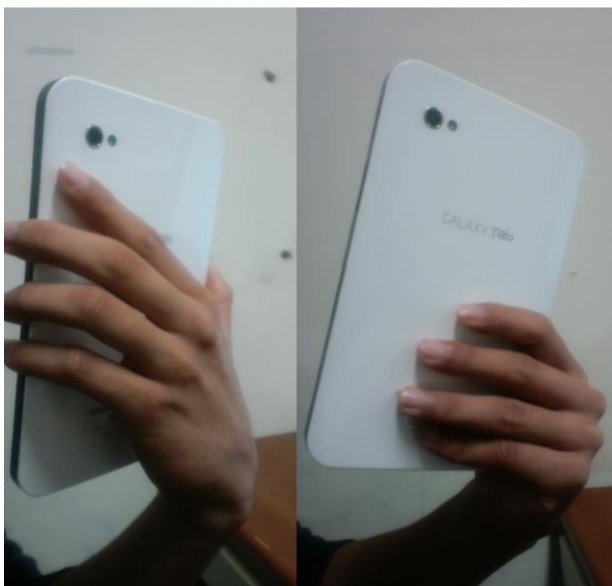


図2 実験におけるタブレット型コンピュータの持ち方  
(左：適切な持ち方の例，右：不適切な持ち方の例)

まず、①は座った状態ということで、立って歩きまわるなど、あらかじめ防ぐことのできる不確定要素を取り除く。次に、②は持ち方一つでセンサから得られる値が大きく変わってくる。四隅をタップする際に、図2右のように持ち手がタップする場所の背面にあり、

押さえられている場合は、振動の大半を持ち手が吸収してしまい、認識に利用できるセンサデータが得られない。そこで、持ち手は図2左のように、本体を包み込むようにして把持し、できるだけ自由度を高く保つことが必要である。最後に③だが、タップの方向によって同じ位置のタップでもまったく異なるデータが返ってくる。そういった不確定要素を防ぐために、統一したタップ方法で実験を行う。

実験では被験者として3人の学生から四隅をそれぞれ10回ずつ、計120個のデータを収集した。実験における測定動作はダブルタップのみとし、データ収集時間は3000ミリ秒とした。

### 4.2 実験結果

実験により取得したデータの一部を Microsoft Excel によってグラフ化したものを図3から図6に示す。グラフは加速度と角度の2軸折れ線グラフとなっている。

左側縦軸は加速度であり、単位は  $m/s^2$  である。ただし、水平面上に置いてあるときに  $0m/s^2$  となるように z 軸のみ重力の分 ( $9.8m/s^2$ ) 差し引いている。加速度の波形は点線であり、緑色が x 軸、赤色が y 軸、紺色が z 軸で表示されている。

右側縦軸は角度であり、単位は  $^\circ$  である。ただし、ヨー角は方位の北を  $0^\circ$  と基準にしており、北から時計回りに  $360^\circ$  測定する。波形は実線であり、水色がピッチ (x 軸回転)、黄色がロール (y 軸回転)、紫色がヨー (z 軸回転) で表示されている。横軸は時間であり、単位はミリ秒 (ms) である。なお、以下のグラフでは3秒間の計測結果を示している。

実験を行うにあたり、「タップは表面から押すように行う」と条件付けした。これによりジャイロセンサの特性上、方位を調べるヨー角は反応が得にくいと考えられ、測定結果からも同様のことが言えた。逆に、ロール角とピッチ角はタップに対して大きな反応を示した。

実験データを解析すると x 軸加速度とロール角、z 軸加速度とピッチ角がそれぞれ非常に似た変化を示していることが確認された。

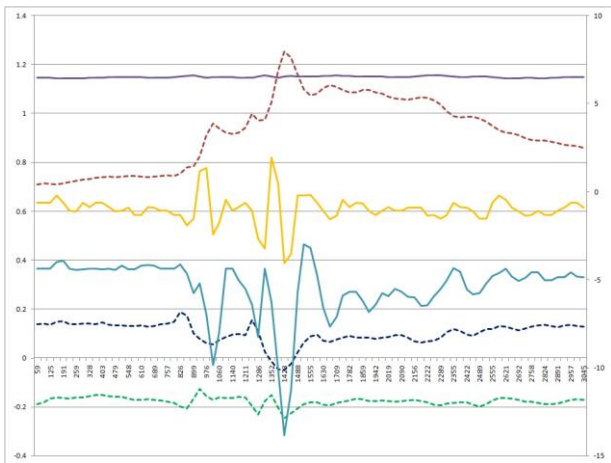


図3 左下タップの波形

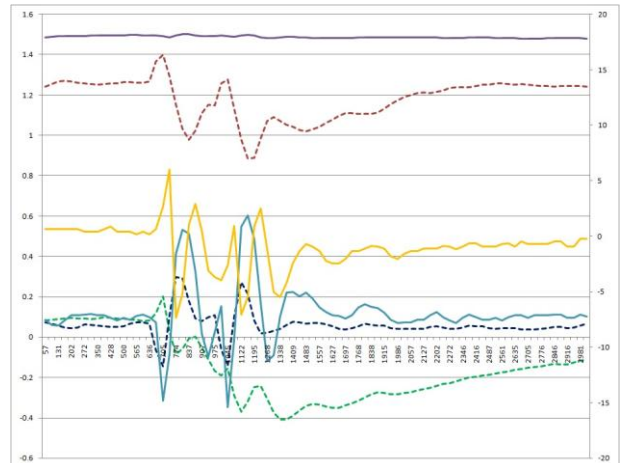


図6 右上タップの波形

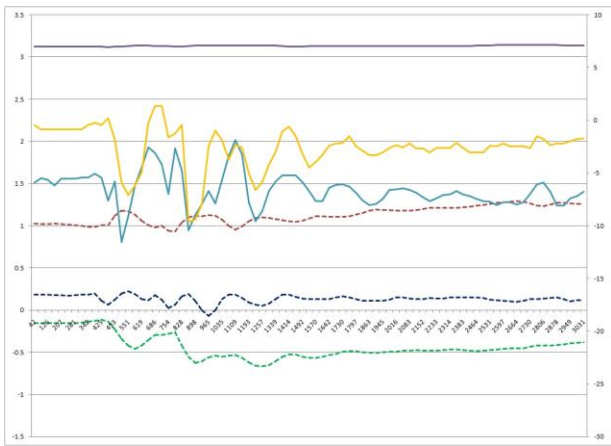


図4 右下タップの波形

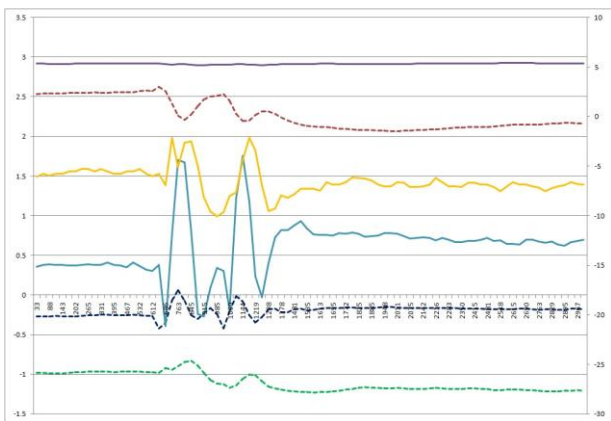


図5 左上タップの波形

反応の大きなピッチ角，ロール角を中心に解析を進めると，以下の共通する特徴が検出された。

- 上側をタップするとピッチ角がプラス方向に振れ，下側をタップするとピッチ角がマイナス方向に振れる。
- 右側をタップするとロール角がマイナス方向に振れ，左側をタップするとロール角がプラス方向に振れる。

これらをまとめたのが表1である。

表1 上下及び左右に対するピッチとロールの特徴

	上下に対するピッチ	左右に対するロール
特徴が 出ている	93/120 [個] 77.5[%]	60/120 [個] 50[%]
逆の特徴が 出ている	5/120 [個] 4.2[%]	20/120 [個] 16.7[%]
特徴無し (判別不能)	22/120 [個] 18.3[%]	40/120 [個] 33.3[%]

表1の通り，上下の判別にはピッチ角のみを使って判断した場合，77.5%判別が可能である。さらに，逆方向の反応は4.2%と比較的低い確率となっている。逆に，左右の判別は50%となっており，高い確率とは言い難い。

本実験により，主にロール角，ピッチ角を用いて，上下左右のタップ動作判別ができる可能性を見出した。

## 5. まとめと将来展望

我々は本実験によりジャイロセンサを用いることで，フレームタップによる四隅の振動の判別が特定の条件下において可能となることを見出した。また，上下の2ヶ所のボタンへのタップ動作識別なら77%の確率

で判別できることがわかった。四隅の判別が可能であるという事は、フレームタップ手法により、現実には存在していない仮想的なボタンに機能を割り当て、スマートフォンやタブレット型コンピュータの操作を多様化させることが可能となるということである。

今後は歩行中や乗車中の操作など、様々な条件下での判別を可能にするため、タップ手法、持ち方の比較とあわせて、頑強な認識手法等の検討を行っていく。

**謝辞** 本研究の一部は科学研究費補助金(23680078および20300046)の支援によるものです。

## 参 考 文 献

- 1) Ken Hinckley, Jeff Pierce, Mike Sinclair, Eric Horvitz: Sensing Techniques for Mobile Interaction, ACM UIST 2000, pp.91-100, (2000)
- 2) 椎尾 一郎, 辻田 眸: 文鎮メタファを利用した小型情報機器向けインタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1221-1228, (2007)
- 3) Baudisch, P. and Chu, G.: Back-of-device interaction allows creating very small touch devices, CHI 2009, pp.1923-1932, (2009).
- 4) 岩渕 正樹, 笥 康明, 苗村 健: 両面タッチ入力可能な透明インタラクティブディスプレイ, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008, pp.1151-1156, (2008).
- 5) Neng-Hao Yu, Sung-Sheng Tsai, I-Chun Hsiao, Dian-Je Tsai, Meng-Han Lee, Mike Y. Chen, Yi-Ping Hung: Clip-on Gadgets: Expanding Multi-touch Interaction Area with Unpowered Tactile Controls, UIST 2011, pp.367-371, (2011)
- 6) Seongkook Heo, Geehyuk Lee: Force Gestures: Augmenting Touch Screen Gestures with Normal and Tangential Forces, UIST 2011, pp.621-626, (2011)
- 7) 青木 良輔, 宮下 広夢, 井原 雅行, 大野 健彦, 千明 裕, 小林 稔, 鏡 慎吾: くるみる: 複数導電部をもつ枠型物理オブジェクトを用いたタブレット操作, 情報処理学会研究報告, (2011)
- 8) 菅原 康太, 白石 陽, 高橋 修, 千葉 雄樹, 小西 勇介, 中尾 敏康: 3軸加速度センサとPWM制御振動モータを用いた携帯電話周辺情報検出, 第8回情報科学技術フォーラム, pp.15-22, (2009)
- 9) 河内 智志, 薛 媛, 藤波 香織: 携帯端末の身体上格納場所判定機能のスマートフォンへの実装, インタラクション 2011 論文集, pp. 531-534, (2011)
- 10) 萩谷 俊幸, 上向 俊晃, 加藤 恒夫: 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, 第10回情報科学技術フォーラム, pp.667-668, (2011)
- 11) 小瀧 陽, 笹倉 万里子: iPod touch の加速度センサによる動作判別ライブラリの構築, 情報処理学会研究報告, (2010)
- 12) 石原 進, 行方 エリキ, 太田 雅敏, 水野 忠則: 端末自体の動きを用いた携帯端末向け個人認証, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2997-3006, (2005).