

スマートフォンにおける片手操作と両手操作の判別

○上島 佳佑, 上野 秀剛
奈良工業高等専門学校 情報工学科

Determination of one-hand control and two-hand control on smartphone

○Keisuke UEJIMA, Hidetake UWANO
Department of Information, Nara National Collage of Technology

Abstract: Rapid growth of smartphones user brings the diverse users who operate the smartphone in many ways. In this paper, we propose a method to distinguish how the users operate a smartphone for adaptive user interface. We focus two major operation method; i) hold the smartphone by one hand, and operate by the same hand's thumb, ii) hold the smartphone by one hand, and operate by other hand's forefinger. The proposed method measures three metrics during the operation by build-in sensors; angles of the smartphone, the area of the finger touching a screen, and a pressure of the finger. Result of the experiment reveals significant different between the finger pressure in One-handed operation and Two-handed operation.

Keywords: Smartphone, Touch screen, The angle of smartphone, Size of finger and Finger pressure

キーワード: スマートフォン, タッチスクリーン, 本体の傾き, 指の接触面積, 指の圧力

1. はじめに

近年, スマートフォンの普及により, 多くのユーザが日常的にスマートフォンを利用するようになった. スマートフォンには様々なアプリケーションがインストールされており, 電話・メールといった基本的な機能だけでなく, Web ブラウザやエディタ, スケジュール管理ソフトなど, 様々な用途に利用される. そういった機能に対する操作方法は, 指でスクリーンに直接触れる直感的なものが大部分を占め, その操作性の改善に関する研究が広く行われている[1-5].

小笠原らは, 小型画面では表示領域のスクロールが多くなり煩雑であるという問題に対して, 抵抗膜式のタッチスクリーンに加わる力の重心を求め, 操作がスタイラスペンで行われているか, あるいは指で行われているかを判断し, 通常の操作とスクロール操作を切り替える手法を提案した[1].

Roudaut らは, タッチスクリーンではキーボードショートカットが利用できず作業効率が落ちるという問題に対し, タッチスクリーン上の指の接触の変化を求めることで, 指先の動きを判断して機能呼び出す操作方法を提案している[3].

これらの研究で着目されているのはタッチスクリーンに対する入力方法のみであり, 判断の指標として, スマートフォン本体の保持の仕方や本体の状態などの要素は活用されていない.

また, Karlson らは, スマートフォンの持ち方には片手持ちと両手持ちがあり, そのどちらも広く利用されているという調査結果を報告しており[6], 両方の操作を考慮することが必要であると考え.

そこで本研究では, スマートフォンの操作方法が個人の特性や使用する状況により異なる点に着目する. スマートフォンの持ち方, すなわち操作するときにタッチスクリーンやハードウェアボタンに触れる手と, 本体そのものを保持する手の組み合わせは複数考えられる. 一方ソフトウェア上ではユーザインタフェース(以下, UI)や機能を, 持ち方に適した状態に変更できない, あるいは適した状態にするために, ユーザが自身で設定を細かく変更しなければならないという問題がある.

例えば, a)両手で操作を行うために適した設定のソフトウェアを片手で操作すると, 触れることが難しい領域が発生する, b)片手で複数の指を用いる操作を行うことは容易でない, などが考えられる. これらの問題は, i)設定を変更することなくすばやく情報を確認したい場合や, ii)利き手(日常的に操作に用いる手)が荷物などで塞がった状態で操作したい場合など, 日常生活の中でも頻繁に発生すると考えられる. これらの問題を解決することで, Web ページ閲覧の効率や, スマートフォンの操作性の向上を見込める.

そこで, 実際に広く利用されている持ち方である「片手持ち」と「両手持ち」に着目し, スマートフォンの状態や操作履歴を元に持ち方を判別する手法の開発を試みる. 具体的には, 多くのスマートフォンに内蔵されている加速度センサやタッチスクリーンの入力状況から, 片手持ちと両手持ちの特徴の違いを明らかにして, 閾値を求める. この閾値を元に, ユーザが機器をどのように持っているかをソフトウェアで判断し, UI を動的に変更することで操作の補助を実現することを目標とする.

本稿の構成は以下の通りである. 2 章では, 本研究で用いるスマートフォンや, 片手持ちと両手持ち, 判別に用いる手法

などの定義について述べる。3章では、実際に被験者を伴って行った実験について述べる。4章では、被験者実験の結果得られたデータについて考察を行う。5章では、本稿の総括と今後の展望について述べる。

2. スマートフォン

本研究で扱うスマートフォンとは、通信機能を持ち、入力の大部分をタッチスクリーンで行う小型のデバイスを指す。

スマートフォンには、静電容量式のタッチスクリーンを備えたものと、抵抗膜式(感圧式)のタッチスクリーンを備えたものがある。近年では多点検出が可能な静電容量式のもの主流となっており、本研究でも静電容量式のを対象として研究を行う。

2.1 片手持ちと両手持ち

本研究では、スマートフォンを保持する手と操作する手の組み合わせを、片手持ちと両手持ちの二つに大別する。本研究における片手持ちと両手持ちの定義を以下に述べる。

・片手持ち

スマートフォンを左右どちらかの手で保持し、同じ手の親指で操作している状態と定義する。

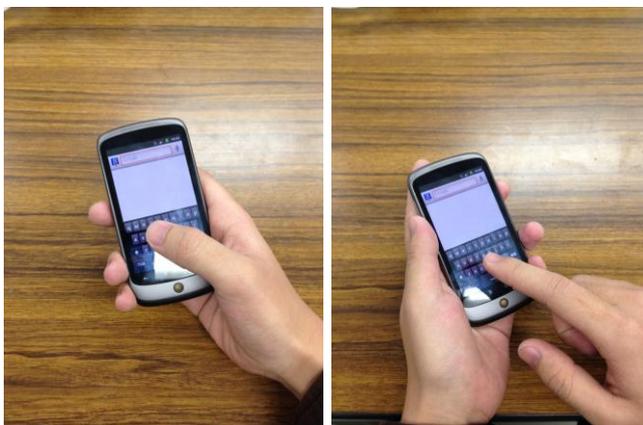
・両手持ち

スマートフォンを左右どちらかの手で保持し、もう一方の手の人差し指で操作している状態と定義する。

片手持ち、両手持ちそれぞれの持ち方の様子を、図1に示す。

本研究の着目点として、この二つには、それぞれ何らかの特徴が見られると考える。

例えば片手持ちであれば、a)保持と操作を同じ手で行うた



a)片手持ち

b)両手持ち

図1: 片手持ちと両手持ちの様子

め、より安定した持ち方にするために両手持ちに比べ本体が水平状態に近づく、b)両手で保持して人差し指で操作する場合に比べ、親指で操作するために指の接触面積が大きくなる、c)親指と手のひらで本体を挟むように操作するため、タッチスクリーンへの圧力が大きくなるなどの関係があると推測できる。

そこで、これらの要素から持ち方の特定するための指標を得る方法を検討する。

2.2 判別に用いる指標

本研究では、スマートフォンの持ち方により大きな変化があると考えられる要素として、a)スマートフォン本体の傾き(X,Y,Z軸)、b)指の接触面積、c)タッチスクリーンへの圧力の3つの指標を計測し、持ち方の違いによる値の変化を分析する。

なお、取得できる精度や数値の意味は端末の種類により変化するが、本研究では被験者実験に用いた端末を基準にして述べていく。

図2に、実験に使用した端末と、値を取得する各センサの概要を示す。図中の矢印は、X,Y,Z軸それぞれが値を取得する角度を概略で示すものである。

2.2.1 本体の傾き(X,Y,Z軸)

スマートフォン本体の傾きを、本体を中心にX,Y,Zの三軸をとり、計測したものと定義する。片手持ちの状態において、安定して保持するために端末が水平状態に近づくことで値に大きな変化があると考えられる。

X, Y, Z軸の値は、内蔵された方位センサを利用して取得する。

X軸の値は、水平状態の端末に対し、垂直な軸を中心とした回転の角度を指す。北を0とし、東を90、南を180、西を270として取る。

Y軸の値は、水平状態の端末に対し、横向き軸を中心



図2: 実験機器とセンサの概要

とした回転(ピッチ)の角度を指す。水平状態を 0 とし、本体を垂直に立てると-90、逆さの状態にすると 90、裏向きの状態にすると-180 を取る。

Z軸の値は、水平状態の端末に対し、縦向きの軸を中心とした回転(ロール)の角度を指す。水平状態を 0 とし、左肩を上にするると 90、右肩を上にするると-90、裏向きの状態にするると 0 を取る。

2.2.2 指の接触面積

スマートフォン本体のタッチスクリーン上で、操作を行っている指が画面に触れている面積と定義する。両手持ちの状態では用いる人差し指に比べ、片手持ちで用いる親指の大きさはより大きく、また指の腹を用いて操作を行うことになるため、接触面積が大きくなる傾向があると考えられる。

指の接触面積の値は、タッチスクリーン上のセンサが、指が触れている範囲を円として取得する。

2.2.3 タッチスクリーンへの圧力

スマートフォン上のタッチスクリーンに対し、指が加える力の大きさと定義する。保持と操作を別々の手で行う両手持ちに対し、挟むように保持する片手持ちでは画面に加わる力が大きくなる傾向があると考えられる。

タッチスクリーンへの圧力の値は、タッチスクリーン上のセンサに指が触れている点から加わる力を取得する。

2.3 スマートフォンの操作

本研究では、スマートフォンのタッチスクリーンに対する入力方法として、以下に示すフリック操作、スワイプ操作、タップ操作の三つを計測する。

2.3.1 フリック操作

フリック(Flick)操作のイメージを図 3 に示す。この操作は、画面上の一点を押下し、そのまま指を動かして離す操作である。マウス操作におけるドラッグに相当し、スマートフォンでのフリック入力キーボードによる文字入力に用いられる。

2.3.2 スワイプ操作

スワイプ(Swipe)操作のイメージを図 4 に示す。この操作は、画面上で素早く大きく指を滑らせる操作である。スマートフォン独自の操作であり、ページ送りや表示領域外への画面のスクロールなどに用いられる。

2.3.3 タップ操作

タップ(Tap)操作のイメージを図 5 に示す。この操作は、画面上の一点を押下し、そのまま指を離す操作である。マウス操作におけるクリックに相当し、タッチスクリーン上に表示されたボタンの押下や、Webページ閲覧中の文章リンクの決定などといった、オブジェクトの選択に用いられる。

3. 被験者実験

3.1 ソフトウェアツール

2.4 節で述べた要素を取得するために、Android 上で動作するアプリケーションとしてソフトウェアツールを作成し、被験者実験を行う。ソフトウェアツールは、各センサの値が変化するとき、その値をログファイルに書き込む。

また、タッチスクリーン上に画像を表示する機能を備えており、フリック(8 種)、スワイプ(4 種)、タップ(8 種)の順に画像を表示することで、被験者の入力を補助する。画像は指がタッチ

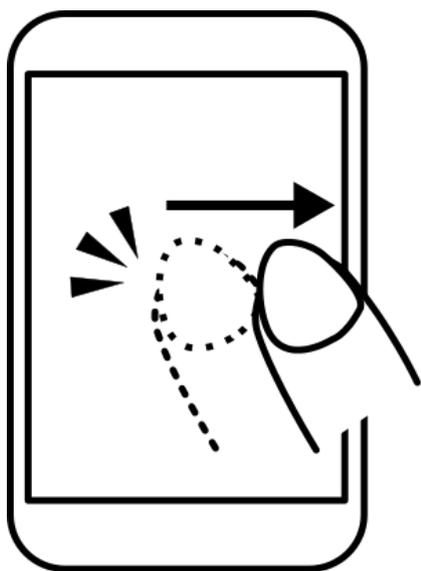


図 3:フリック

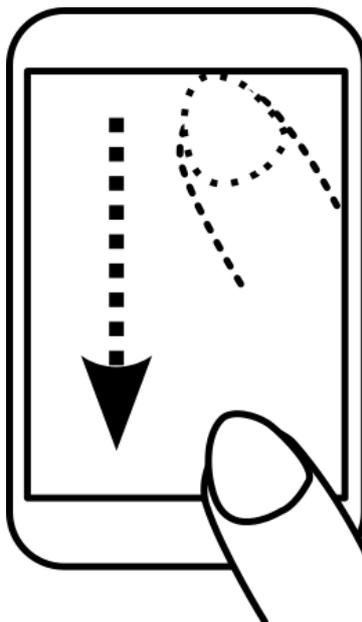


図 4:スワイプ

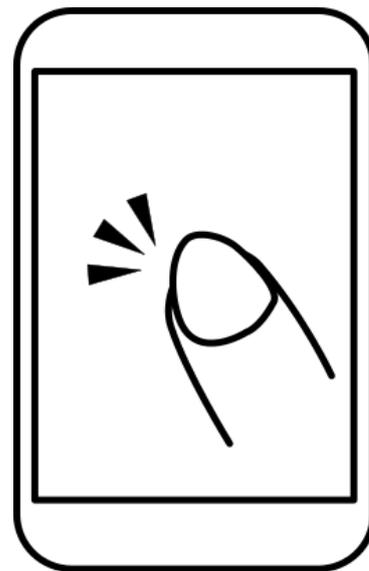


図 5:タップ

スクリーンから離れた際に切り替わり、すべてのタスクが完了するとプログラムが終了するようになっている。

なお、本体の傾きの値は、方位センサの値を取得する API を利用し、指の接触面積やタッチスクリーンへの圧力も同様に、対応した API を利用して取得する。

3.2 実験機器

実験用端末として、Android2.3 を搭載した HTC 社製の『Nexus One』を使用する(端末の概観は図 1 を参照)。

3.3 被験者

実験は奈良工業高等専門学校に所属する、15～19 歳の男性 9 名女性 1 名、計 10 名を対象に行った。

うち 9 名は右利き、1 名は左利きであった。スマートフォンを利用した経験は、半年未満の者が 2 名、半年以上 1 年未満の者が 2 名、1 年半以上 2 年未満の者が 2 名、日常的に利用していない者が 4 名であった。

なお、今回の実験においては、保持する手と操作する手の組み合わせ以外は制限を設けずに行った。被験者には自らの利き手に関わらず、被験者自身がスマートフォンを使用する際に自然に用いる方法で保持するよう指示した。

3.4 実験タスク

実験を行うにあたり、端末上に表示される画像に従って操作を行うよう被験者に指示した。

まず、アプリケーションを立ち上げた状態で、片手持ちで操作するように被験者に指示し、スマートフォンを手渡した。

被験者はタッチスクリーンが上向きとなる状態で保持し、タッチスクリーンに視線を向けた姿勢で実験を行った。

タスク完了後、著者が被験者からスマートフォンを受け取り、アプリケーションの終了を確認した。その後、再度アプリケーションを立ち上げ、両手持ちで操作するように指示した上で被験者に手渡した。被験者は片手持ちの場合と同様に、タッチスクリーンが上向きとなる状態で保持し、タッチスクリーンに視線を向けた姿勢で実験を行った。

なお、本体の傾きは方位センサを用いて取得するため、被験者がむやみに身体の向きを変えないよう、椅子に座った状態で行った。各操作のタスクについて、詳細を以下に示す。

(1) フリック操作

実際に実験に用いた画像のうちの一つを図 6 に示す。画面中央に表示された小さな円の内側から外側の大きな円の外側まで、矢印の方向へ指を押下したまま動かす操作を 8 方向に対して行わせた。小さな円のサイズは Yong らによる研究[7]を参考に、画面上で 10mm となるよう作成し、表示される矢印の方向の順は、実験タスクごとにランダムに変化させた。

(2) スワイプ操作

実際に実験に用いた画像のうちの一つを図 7 に示す。画面上に表示された大きな矢印が指す方向へ、画面上の任意の点から大きく指を滑らせる操作を 4 方向に対して行わせた。表示される矢印の方向の順は、実験タスクごとにランダムに変化させた。

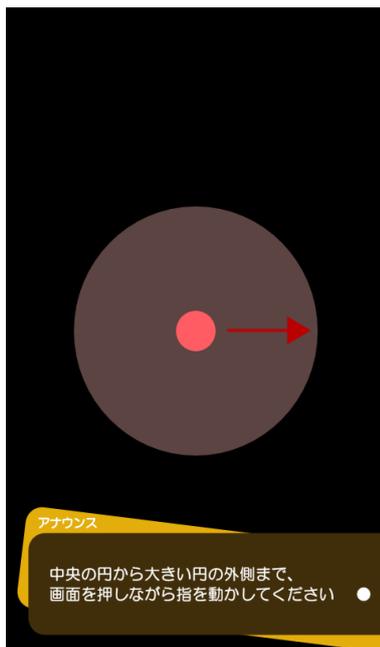


図 6:フリック操作を求める画面

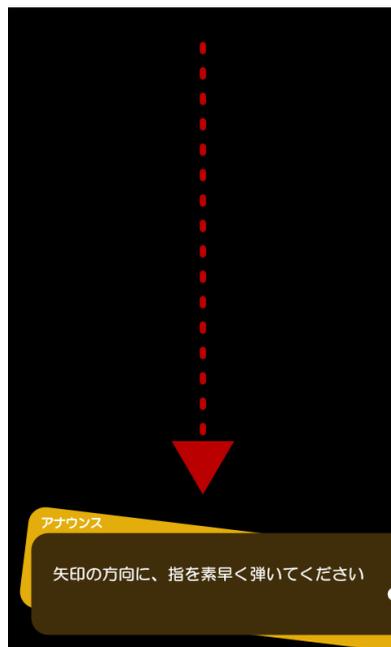


図 7:スワイプ操作を求める画面

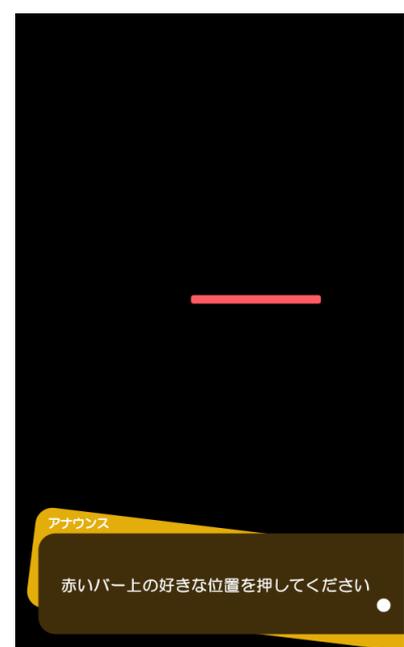


図 8:タップ操作を求める画面

(3) タップ操作

実際に実験に用いた画像のうちの一つを図8に示す。画面に表示されたバー上の任意の位置を指で押し下し、そのまま離す動作を8箇所に対して行わせた。バーの大きさはWebページ閲覧中の文章リンクのサイズを想定し、バーが表示される順は実験タスクごとにランダムに変化させた。

4. 結果

各操作時におけるX,Y,Z軸の値、指の面積、タッチスクリーンへの圧力の値と、t検定(両側検定)の結果を、表1に示す。

表1:各操作で得られた値の平均とp値

		フリック		スワイプ		タップ	
		片手	両手	片手	両手	片手	両手
X軸	平均	198.4	199.9	184.4	201.3	186.7	201.6
	p値	0.891		0.310		0.365	
Y軸	平均	-23.98	-23.61	-23.66	-23.25	-21.42	-22.97
	p値	0.907		0.911		0.664	
Z軸	平均	-3.063	-5.398	-5.188	-6.035	-6.697	-6.211
	p値	0.173		0.579		0.698	
面積	平均	0.098	0.072	0.095	0.078	0.079	0.076
	p値	0.045		0.079		0.265	
圧力	平均	0.363	0.072	0.619	0.501	0.663	0.527
	p値	0.014		0.010		0.001	

4.1 本体の傾き(X,Y,Z軸)

X軸では、スワイプ操作とタッチ操作を両手持ちで行った場合に、片手持ちに比べ平均値が高い傾向が見られた。またZ軸では、フリック操作を片手持ちで行った場合に、両手持ちで行った場合に比べ平均値が高い傾向が見られた。しかし、t検定(両側検定)を行った結果、いずれの操作でも有意な差は見られなかった。

実験前の仮説では、片手持ちの場合より安定して保持するために本体を水平状態に近付けるため、Y軸の値が低くなる傾向が見られると考えた。しかし結果では、Y軸の値はいずれの操作でも持ち方による変化がほとんど無かった。

これは、被験者実験が椅子に座った状態で行われたため、被験者は身体の正面、胸の位置でスマートフォンを操作することになり、片手持ち、両手持ちの間で安定性に差が生じなかったと考えられる。

4.2 指の接触面積

フリック操作とスワイプ操作において、片手持ちで行った場合、両手持ちに比べ平均値が高い傾向が見られた。t検定(両側検定)の結果、フリック操作($p < 0.05$)とスワイプ操作($p < 0.1$)で有意な差が見られた。

実験前の仮説では、片手持ちでは親指の腹で操作するた

め、平均値が高くなると考えた。フリック操作とスワイプ操作では仮説に近い結果が出たが、タップ操作ではほとんど差異は見られなかった。これは、タップ操作で押下する対象が小さく、親指の先で操作を行ったためであると考えられる。

以上より、特定の操作をユーザに求める方法であれば、これらの値を判断指標とできると考える。

4.3 タッチスクリーンへの圧力

いずれの操作においても、片手持ちの場合、両手持ちに比べ平均値が高い傾向が見られた。

t検定(両側検定)の結果、フリック操作($p < 0.05$)、スワイプ操作($p < 0.05$)、タップ操作($p < 0.05$)で有意な差が見られた。

実験前の仮説では、片手持ちでは本体を手で挟むように保持するために、両手持ちよりも圧力の値が高くなる傾向が見られると考えた。結果からも、その仮説を裏付ける傾向があることが分かった。

したがって、これらの値を判断指標として用いることで、持ち方の判断が可能になると考えられる。

5. おわりに

本研究では、スマートフォンを保持している方法を特定し、ユーザのスマートフォン操作を補助するために、スマートフォンに搭載されたセンサを利用することで、持ち方を判断する手法を検討した。

指標とする要素として、スマートフォン本体の傾き、指の接触面積、タッチスクリーンへの圧力に着目し、フリック操作、スワイプ操作、タップ操作を行った際の値の変化を求めるために、被験者実験を行った。

実験の結果、片手持ちと両手持ちそれぞれにおけるタッチスクリーンに掛かる圧力に有意差が見られた。指の接触面積においては、フリック操作、スワイプ操作で有意差が見られた。一方、本体の傾きにおいては、いずれの操作でも有意差は見られなかった。

本研究で提案した手法の特徴は、スマートフォン本体に内蔵されたセンサを用いて得られる値のみを指標としたものであり、特殊な機器を用いる必要がない点である。そのため、ほとんどのスマートフォン用ソフトウェアに対して、容易に適用することができる。

本研究の今後の展望として、この実験で得られたデータを元に、片手操作・両手操作の判別を行うための閾値を設定し、それに従って画面のUIが変化するプログラムを作成した上で、従来手法との比較を行うことが挙げられる。具体的には、画面の圧力を取得する機能を実装し、その値を利用して動的にスクロールバーやリンクボタンの大きさを変更することで、持ち方

に適した UI を提供する Web ブラウザを作成し、Web ページ閲覧における主観的な使いやすさを従来の Web ブラウザと比較する被験者実験を行うことが考えられる。

また、指の接触面積においてもフリック操作で有意な差が見られたことから、スマートフォンのロックを解除する操作の接触面積を取得し、UI を変化させる機能を実装する手法も、発展系のひとつとして検討される。

参考文献

- [1] 小笠原, 佐藤, 布川 : “携帯端末タッチスクリーンにおける指の接触状況に応じた操作切り替え”, 情報処理学会研究報告, pp.91-96 (2008).
- [2] 椎尾, 辻田 : “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 48(3), pp.1221-1228 (2007).
- [3] Roudaut, A., Lecolinet, E. and Guiard, Y. : “Micro-Rolls: Expanding Touch-Screen Input Vocabulary by Distinguishing Rolls vs. Slides of the Thumb”, CHI '09 Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems (2009).
- [4] Roth, V. and Turner, T. : "Bezel Swipe: Conflict-Free Scrolling and Multiple Selection on Mobile Touch Screen Devices", CHI '09 Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems (2009).
- [5] Miyaki, T. and Rekimoto, J. : "GraspZoom: zooming and scrolling control model for single-handed mobile interaction", MobileHCI '09 Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (2009).
- [6] Karlson, A.K., Bederson, B.B., Contreras-Vidal, J.L. : “Understanding Single-handed Mobile Device Interaction”, University of Maryland, HCIL-2006-02 (2006).
- [7] Park, Y.S. and Han, S.H. : "Touch key design for one-handed thumb interaction with a mobile phone : Effects of touch key size and touch key location", International Journal of Industrial Ergonomics, 40, pp.68-76 (2010).