

# 仮想的なスティックを用いた 大画面スマートフォンの効率的な片手操作手法 Efficient One-Handed Operation of a Large-Screen Smartphone by Using a Virtual Stick

平沼 一輝

Kazuki Hiranuma

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

E-mail: kazuki.hiranuma.3c@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

*When smartphones began to spread, their screens were relatively small, and it was easy for users to operate them even with one hand. However, smartphones are becoming larger in recent years. With both hands, users can operate them without inconvenience, but they often want to operate them with one hand, for example, when they use an umbrella. When their fingers cannot reach some screen area, they need to adjust the position where they hold with one hand. This operation is troublesome for them. To solve this inconvenience, this paper proposes introducing a virtual stick. This allows users to comfortably operate the entire area of the screen with one hand. When a user moves a cursor in the direction of sliding the stick and taps around the stick, it will behave as if the position of the cursor is tapped. Also, the longer the sliding distance is from the center of the stick, the higher the speed of the cursor. Therefore, it is possible to shorten the operation time when operating a position is far away. To experimentally evaluate the proposed method, an application was created, and the trial times and error rates of subjects were measured. After the experiment, questionnaires about the subjects' hand fatigue, comfort, and intuitiveness were conducted.*

## 1. はじめに

スマートフォンが普及し始めた頃は画面が小さく、たいていの操作は片手で行うことができた。近年はスマートフォンが大きくなる傾向にある。それでも両手を使えば不自由なく画面の全領域を操作することができる。しかし、実際は電車のつり革につかまりながらの操作や、傘を差しながらの操作など、片手のみで操作することがある。この場合、基本的に操作は親指しか使うことができない。そのため、多くの人は画面上部を操作するときに、端末を保持する位置を変えるという煩わしい動作をしなければならない。そのため、画面の全領域を快適に操作するのは難しいと考えられる。しかし、画面が大きいと得られる情報が多い、文字が見やすいなどの利点が多いため、小型のスマートフォンが再び普及することは考えにくい。

本研究では片手で画面の全領域を快適に操作するために仮想的なスティック（以降、仮想スティック）を導入する。仮想スティックをスライドさせた方向にカーソルが動き、仮想スティックの領域内をタップするとカーソルの座標がタップされたように動作する。指が届く範囲は直接操作し、届かない範囲はこの仮想スティックを用いて操作することで画面の全領域を片手で操作することができる。起動方法はダブルタップである。仮想スティックを評価するためにアプリケーションを作成して実験をし、試行時間とエラー率を計測した。比較として仮想スティックを用いない実験も行う。実験後は被験者に手の疲労、快適さ、直感的に操作できたか、仮想スティックの感想についてアンケートを実施した。試行時間とエラー率の全体平均は仮想スティックを用いないほうが良い結果となったが、アンケートに関しては全体的に仮想スティックを用いたほうが良い結果となった。

## 2. 関連研究

端末の片手操作を効率的に行うための研究がいくつか存在する。TouchOver [1]は、画面下部にて発生したタッチイベントを画面上部に転送するものである。画面上部ではTouchOver、画面下部では直接操作をして画面の全領域を操作することを可能としている。課題としては、画面の一部領域でスマートフォンの保持する位置を変えなければならない場合があるという点が挙げられる。

ExtendedThumb [2]は、実際の親指のドラッグ方向に移動していく仮想の親指であり、実際の親指を操作すると仮想の親指が操作されるように動作する。課題としては、起動して一度操作し終わるとカーソルが消えるため、連続した操作をする場合に毎回起動しなければならない点が挙げられる。

MagStick [3]は親指の動きと逆方向に移動し、ターゲットの座標に近づいたときにそのターゲットに吸い付くカーソルである。課題としてはタッチアップが行われた際、カーソルのある位置に対してポインティングが行われるのみであり、ドラッグ操作やロングタップ操作を行うことができない点が挙げられる。

画面全体のレイアウトを変えるような手法も存在する。ReachabilityはiPhoneに実装されている機能であり、ホー

ムボタンをダブルタップすることによって画面を下半分へ移動させる。これにより指の届かない範囲を片手で操作することができる。IndexAccess2 [4]は端末背面に設置したタッチパネルを人差し指の操作によって画面表示全体を移動し、対象を親指が届く位置まで引き寄せることで操作を可能にする手法である。Loop Touch [5]は端末の表面に触れている親指と背面に触れている人差し指の相対位置が近づくようなジェスチャを行うことにより、画面自体をループさせて操作対象を親指の近くに移動させる手法である。これら3つの手法は、画面のレイアウト自体を変えてしまうため、直感的な操作はしにくいことが考えられる。

### 3. 提案手法

#### 3.1. 仮想スティック

端末の片手操作を快適に行うために、本研究では仮想スティックを提案する。仮想スティックをスライドさせた方向にカーソルが動き(図1a)、仮想スティックの領域内をタップするとカーソルの座標がタップされたように動作する(図1b)。直感的に操作できるかをポイントと考え、画面のレイアウトを変えないような手法とした。スティック操作はスマートフォンゲームなどでよく用いられるため、より直感的に操作することができると期待される。

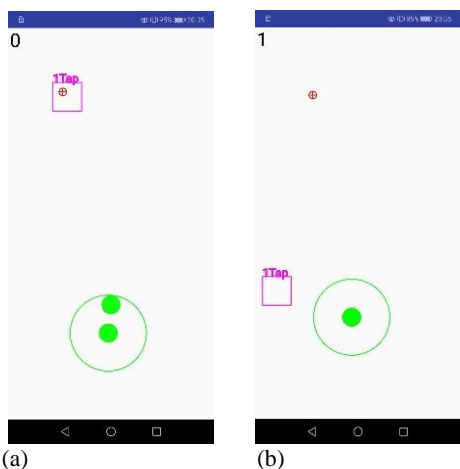


図1 仮想スティックの操作 (a):カーソルを動かす様子 (b):仮想スティックをタップした様子

#### 3.2. 仮想スティックの機能

仮想スティックは大きく分けて3つの機能がある。1つ目は仮想スティックとしての基本機能である。仮想スティックは、スライドさせた距離が仮想スティックの中心から離れているほどカーソルの速度が上がる。つまり、カーソルをゆっくり操作したい場合は中心から近い位置、素早く操作したい場合は中心から遠い位置へスライドする。一般的なスティックのように、仮想スティックの半径よりも大きい距離にはスライドすることができないようになっている。

2つ目はタップ等の拡張的機能である。仮想スティックの領域内をタップするとカーソルの位置がタップされたように動作する。タップだけでなく、ダブルタップ、ロングタップ、テキスト選択を想定したドラッグ&ドロップにも対応している。これにより多くの場面で仮想スティックを使うことができる。

3つ目は起動と透明化機能である。仮想スティックはダブルタップで起動する。起動時におけるカーソルの位置は仮想スティックの中心である。操作をしないときは仮想スティックがだんだんと透明になり、約2秒で完全に透明になる。完全に透明になる前に仮想スティック内に触れるとそのまま連続して操作でき、仮想スティック外に触れるとその座標に仮想スティックが移動して調整ができる。これにより、毎回仮想スティックを起動しなくて済むため、ストレスを軽減できる。また、仮想スティック内から下方向にフリックすると一瞬で仮想スティックが透明になる。仮想スティックとターゲットが重なって画面が見えにくくなった場合にこの機能を利用する。

### 4. 実装

提案した機能を有したプロトタイプの実験アプリケーションを作成した。使用言語はJava、開発環境はAndroid Studio、使用端末はHUAWEI P20 liteである。

このアプリケーションの実装段階で3人に実際に使用してもらい、特に以下の3点の仕様を決定した。

- カーソルの速度上昇の割合を距離に応じて一定倍率で変えるようにした。これにより急激にカーソルの速度が上がることがなくなり、操作性が向上することが期待できる。
- カーソル描画で転送されている座標がわかりやすいようにカーソル内にプラスマークを描画した。
- カーソルを動かす距離を減らすために、仮想スティックの位置を調整した際にカーソルの位置を仮想スティックの中心にリセットしないようにした。

さらに実験をするためのアプリケーションを2種類作成した。1つ目は仮想スティックを用いる実験アプリケーションで、もう1つは比較実験用で仮想スティックを用いない、直接タッチで行う実験アプリケーションである。

### 5. 実験

#### 5.1. 被験者とタスク

普段スマートフォンを使用している10人に協力してもらった。左手で操作する人が6人、右手で操作する人が4人であった。

実験をするにあたり、以下のような制約を被験者に課した。

- 操作は片手の親指のみで行う。
- 端末の持ち方をできるだけ統一するために、端末の側面を1本以上の指で支えるようにする。
- 端末を持つ手の肘から先を机などで支えることがないようにする。

- 直接タッチの実験時、ターゲットに指が届かない場合は、端末を持っている手のみを用いて保持する位置をずらす。

実験開始時、仮想スティックの仕様と実験中の制約を被験者に説明する。実験時はタップする位置をアイコンで指定する。ターゲットのサイズは使用端末のアプリアイコンの大きさに倣って9ミリ×9ミリである。テストにはタップ、ダブルタップ、ロングタップ、テキスト選択を模したドラッグ&ドロップの4種類を組み込む。試行は1セット40回である。スタート画面(図2a)で緑色の領域をタップするとテストが始まる。ターゲットが出現する位置は、画面を40分割し、毎回ランダムな順番で1回ずつ出現するようにした。初めの10回はタップ、次がダブルタップ、ロングタップ、ドラッグ&ドロップと続く。実験中のドラッグ&ドロップの画面を図2bに示す。何も書いていないターゲットをロングタップするとそのターゲットが塗りつぶされる(図2c)。この状態でDropの座標へターゲットを動かし、その座標で離すと1試行終わった状態になる。

仮想スティックを用いたテスト(以下、適用時)に加え、比較対象として仮想スティックを用いないテスト(以下、非適用時)も行う。仮想スティックに慣れるために適用時を1セット練習してもらった後、これら2つのテストを4セットずつ行う。1セットごとに最大30秒休憩することができ、被験者のタイミングで次の1セットに移ってもらう。操作に慣れて試行時間が偏ってしまうことを防ぐため、適用時から始める人と非適用時から始める人を同じ人数にした。

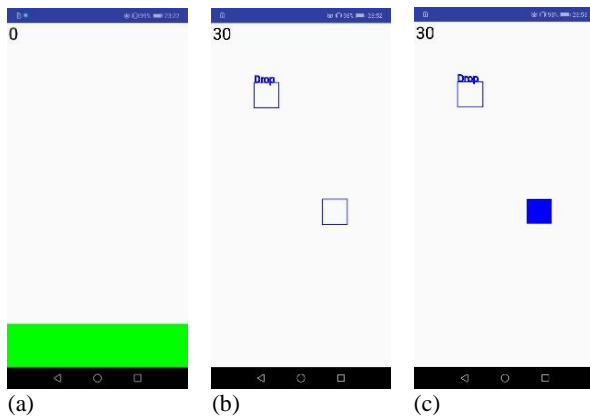


図2 実験中の画面 (a):スタート画面 (b):ドラッグ&ドロップの画面(塗りつぶし前) (c):ドラッグ&ドロップの画面(塗りつぶし後)

実験中は1試行ごとの試行時間とエラーの回数を記録する。ここでのエラーとは、指定されたジェスチャ操作ができていない場合と、ターゲット外をタップした場合のことを指す。

実験後に7段階のリッカート尺度を用いたアンケートを行った。設問は4つある。1つ目は手の疲労について(1:非常に疲れる, 7:全く疲れない), 2つ目は操作の快適さ(1:全く快適でない, 7:非常に快適)である。

これらの設問は非適用時と適用時の両方について回答してもらった。3つ目は直感的に操作できたか(1:全くできない, 7:非常によくできた)である。この設問は適用時についてのみである。4つ目の設問は仮想スティックの感想についてである。

## 5.2. 実験結果

### 5.2.1. 試行時間

平均試行時間についての実験結果を図3に示す。非適用時は1セット目から順に2554ms, 2339ms, 2142ms, 2234msであった。適用時は1セット目から順に3254ms, 3123ms, 3011ms, 2588msであった。また、全試行の平均試行時間は非適用時が2367ms, 適用時が2996msであった。

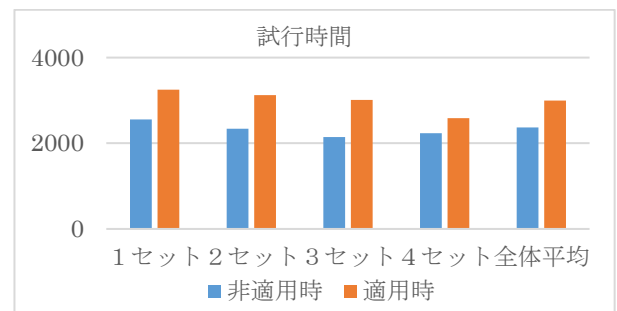


図3 試行時間

### 5.2.2. エラー率

平均エラー率についての実験結果を図4に示す。非適用時は1セット目から順に0.119, 0.144, 0.122, 0.133であった。適用時は1セット目から順に0.168, 0.173, 0.177, 0.129であった。また全試行の平均エラー率は非適用時が0.129, 適用時が0.162であった。

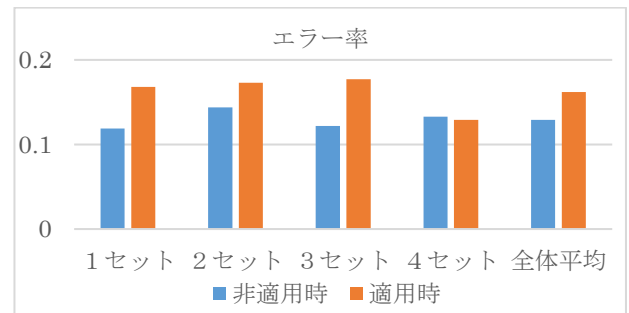


図4 エラー率

### 5.2.3. アンケート

手の疲労についてのリッカート評価の平均値は、非適用時は2.1で、適用時が5.1であった。快適さについては、非適用時が2.7で、適用時が5.0であった。これら2つについてはt検定を行った。平均、分散、p値を表1に示す。手の疲労、快適さの両方で適用時と非適用時の間に有意差があった( $p < 0.05$ )。仮想スティックについてのみ

の設問である，直感的に操作できたかについてのリッカート評価の平均値は 5.0 であった。

表 1 t 検定の結果

手の疲労	快適さ		平均	分散	p値
	非適用時	適用時			
平均	2.1	5.1	2.7	1.11	0.02
分散	0.99	0.99	3.34	1.11	
p値	0.00		0.02		

次は仮想スティックの感想についてである。良かった意見としては，仮想スティックが残った状態でターゲットを直接タッチできる場所が良い，遠距離へのドラッグなど指の移動が大きい操作や複雑な操作時は使いやすい，疲労感なく好きな座標をタッチできる，慣れれば素早く使えるようになりそう，アイデアが良いなどの意見があった。

課題や改善すべき点としては，カーソルの微調整が難しい，時々カーソルが手で隠れてしまう，カーソルの初期位置は画面上部のほうが良い，カーソルの速度を人によって調整できたほうが良い，仮想スティックを素早くスライドさせるとマウスのようにカーソルが動くようにしてほしい，仮想スティックを起動するときにダブルタップは少し面倒であるなどの意見があった。

## 6. 議論

### 6.1. 実験結果について

試行時間については全体的には適用時よりも非適用時のほうが短いという結果になった。考えられる原因としては仮想スティックの仕様に慣れていないことや，ターゲットが遠い場合にカーソルを動かすのに時間がかかってしまうことが挙げられる。しかし適用時はだんだん試行時間が短くなっていくため，さらに試行を重ねれば試行時間が短くなることを期待できる。

エラー率については全体的には非適用時のほうが低いという結果となった。考えられる原因としてはカーソルの微調整が難しいことなどが挙げられる。非適用時のみを見るとエラー率が高くなったり低くなったりと試行を重ねてもエラー率はあまり変化がなかった。適用時は 3 セットまではエラー率が非適用時よりも高かったが 4 セット目でエラー率が非適用時よりも低い結果となった。このことから，さらに試行を重ねるごとにエラー率が低くなることを期待できる。

### 6.2. アンケートについて

手の疲労，快適さの両方で適用時のほうがリッカート評価の平均点が高い結果となった。t 検定で有意差があることから，手の疲労と快適さに関して非適用時よりも適用時のほうが優れている。

仮想スティックが直感的に操作できたかのアンケートについての平均点は 5.0 であった。この設問における「5」は「ややできた」という評価であるため，仮想スティックは直観的に操作しやすく，慣れるための時間は比較的短いと考えられる。

## 6.3. 今後の課題

アンケートの改善すべき点で多かったのがカーソルについてである。まず，速度の感じ方が人によって異なったため，カーソルの速度と仮想スティックの大きさを変えられるようにするのが良いと考えられる。カーソルの微調整が難しいという意見があったことに対しては，カーソルの最低速度のみを遅くして対処できる。また，仮想スティックは主に画面上部に対して用いることが想定されているので，カーソルの初期位置を画面上部にすれば試行時間の短縮につながると考えられる。

次に考えるべき点はスティック操作についてである。この仮想スティックは中心からの距離によってカーソルの速度が決まる。そのため，中心から離れた位置を開始地点としてスライドさせると急激にカーソルの速度が上がってしまうことがあった。改善点としては，スライドさせるときに触れた座標を開始地点として，ここからスライドさせた距離に応じてカーソルの速度を決めるのが良いと考えられる。

## 7. おわりに

本研究では大画面スマートフォンの効率的な片手操作手法として仮想スティックを提案した。これは仮想スティックをスライドさせるとカーソルが動き，仮想スティックの領域内をタップするとカーソルの座標がタップされたように動作するものである。試行時間とエラー率は非適用時のほうが良い結果となった。しかし，適用時は試行を重ねるごとに試行時間とエラー率ともに良くなっているため，さらに試行を重ねれば非適用時との差は小さくなることを期待できる。手の疲労の軽さや快適さは適用時のほうが優れている結果となった。また，仮想スティックは直観的に操作できたという意見が多かった。

## 文 献

- [1] 大西主紗，志築文太郎，田中二郎，“大画面を備える携帯情報端末を安定して操作するための片手親指操作手法,” コンピュータソフトウェア, vol. 33, no. 1, pp. 78-90, 2016.
- [2] J. Lai and D. Zhang, "ExtendedThumb: A Motion-Based Virtual Thumb for Improving One-Handed Target Acquisition on Touch-Screen Mobile Devices," *CHI Extended Abstracts*, pp. 1825-1830, 2014.
- [3] A. Roudaut, S. Huot and E. Lecolinet, "Tap-Tap and MagStick: Improving One-handed Target Acquisition on Small Touch-screens," *Proc. AVI*, pp. 146-153, 2008.
- [4] 日高詩織，馬場哲晃，“IndexAccess2: 大画面スマートフォンにおける片手操作性を向上する背面インタフェース,” インタクション論文集, pp. 496-501, 2018.
- [5] 土佐伸一郎，田中二郎，“LoopTouch: 画面ループを用いたモバイル端末片手操作手法,” インタクション論文集, pp. 496-501, 2013.