

フロントカメラを用いたスマートフォンのポインティング操作 Pointing Operation for a Smartphone Using Its Front Camera

田之井 智矢

Tomoya Tanoi

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

E-mail: tomoya.tanoi.8t@stu.hosei.ac.jp

Abstract

In recent years, with the spread of smartphones, touch operation has become common. However, touch operation has a problem of hiding smartphone screens under users' fingers. This causes another problem that it is difficult for users to perform fine operation with smartphones. This paper proposes a method for using the front camera of a smartphone to tackle the difficulty of fine operation. The proposed method tracks a fingertip to realize a function like a mouse pointer without hiding the screen. The method detects the color of the marker attached to the fingertip and displays the pointer on the screen. After pointing a target, the user performs touch operation with the button at the bottom of the screen. The paper presents an experiment for evaluating the proposed method. The experiment compares normal touch operation and the proposed method by measuring the time and the accuracy of drawing the same shapes as the displayed shapes. The result of the experiment shows that the touch operation was superior in terms of the operation time, but that the proposed method was superior in terms of the accuracy. This method is applicable to operations such as copying that a user can easily perform by selecting a range of text.

1. はじめに

近年、スマートデバイスのシェアの拡大により、タッチパネルによる操作が爆発的に普及した。タッチ操作とは、ユーザーの指でデバイスの画面に直接触れることで操作する手法のことである。目的の対象に触れるだけで思うように操作することのできるこの手法は誰にでも理解しやすく、速度においても優れた手法であると言える。しかし、タッチ操作だけでは不便なシチュエーションも少なくはない。例えば、文章の中から特定の文字列を範囲選択してコピーしたいときなどにおいて、指で対象範囲が邪魔されたり、簡単な作図などを Word や Excel の中で行う際にも、小さい図形の作成において指が画面を隠したりしてしまい、作業が煩わしく感じる。スマートフォンで行うことのできる作業が今後も増えていくと、このような微細な作業を要する場面も増えていくと考えられる。その場合には指で行うタッチ操作だけでは操作の限界が来ると考えられる。

本研究では、小さい対象をタッチする時や、小さい動きが要求される操作を行う際に指が隠れて操作しにくくなってしまふ点を課題として扱う。提案手法は、近年のスマートフォンには搭載されているフロントカメラにユーザーの指を映し、認識、追跡をすることで画面上に表示されたポインタを自在に操作できるようにするものである。このポインタ操作を実現することにより、画面から指が離れた状態で操作をすることになるため、画面が常に十分に見えた状態で作業を行うことができる。また、微細な作業も指に邪魔されずに行うことができる。

2. 関連研究

カメラを用いた新しい操作方法に関する研究は、以前からいくつか行われている。Pfeuffer ら [1]は、タブレットデバイスの基本操作に加えて画面の凝視を認識することによる操作の拡大の提案を行った。また、Clarke ら [2]は、様々なカメラに対応することのできる様、web カメラを用いた自由なオブジェクトをポインティングデバイスとして認識し、扱うことのできる手法である MatchPoint を提案している。スマートフォンのフロントカメラを用いた研究として、Yang ら [3]は、スマートフォンのフロントカメラ部分に特殊な装置を装着し、フロントカメラの視野を拡大することで様々な機能の拡張をする提案を行った。Boring ら [4]は、スクリーンに映された映像をスマートフォンのカメラに映すことでスマートフォンからのタッチによってスクリーンの映像を操作できる手法を提案した。

3. 提案手法

提案する手法は一般的なスマートフォンに搭載されているフロントカメラを用いてユーザーの指を認識し、指の動きに合わせたポインタ操作を実現するものである。ポインタ操作とは、フロントカメラによって認識した指の動きを追跡することでスマートフォン上に指に合わせて動くカーソルを表示し、マウスのポインタと似た様な動きを実現する機能である。タッチ操作はスマートフォンと指が密着していることが不可欠であり、画面の一部が指によって隠されてしまうため、微細な操作を要求される際に不便を感じることもある。フロントカメラを用いたポインタ操作では指を直接スマートフォンに密着させる必要がない。

主な操作方法は、利き手でスマートデバイスを持った状態で、もう片方の手の指をフロントカメラ前に配置し、

カメラに写っている指を動かすことで画面上のポインタの操作を行うものである(図1左)。ポインタを用いて対象をポイントした後のタッチ操作は画面下部に設置されているボタンを持っている方の手でタッチする。ドラッグ操作を行う場合も同様にしてボタンをタッチしながら指を動かすことで実現することができる。また、この機能はオンオフ切り替えることができ、タッチに用いるボタンと同様の位置にオンオフを切り替えるためのボタンが配置されており、これをタッチすることでポインティング操作の行使を選択することができる。ポインティング操作を使用しない場合は通常通りのタッチ操作が可能であり、状況に合わせて使い分けていく(図1右)。

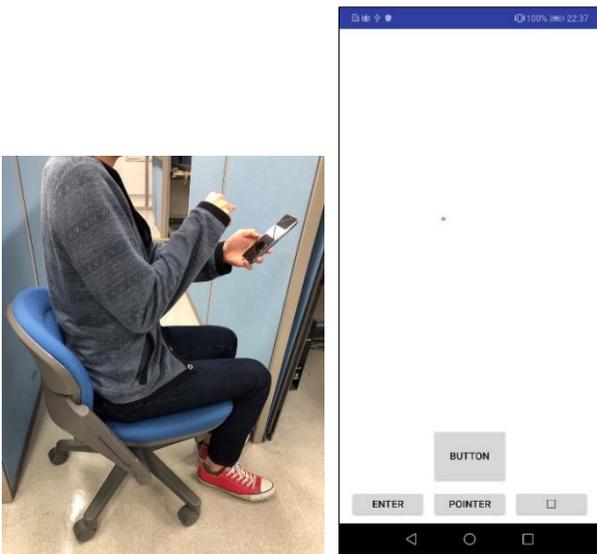


図1 使用している様子(左)と提案する手法のアプリケーションの画面(右)。「BUTTON」と書かれたボタンをタッチすることでポイントした対象のタッチ、ドラッグを行うことができる。「POINTER」と書かれたボタンを押すとポインタが消え、タッチによる操作に切り替わる。

本研究では具体的な使用例として、ポインティングを用いた作図機能を提案する。この機能は楕円と矩形を作図するものである。画面右下にある円または矩形のボタンをタッチし、どちらの作図を行うかを選択する。作図の仕様は楕円と矩形でほぼ同じで、ドラッグの開始点から終点までの対角線の長さが斜辺となる長方形が生成される(図2左)。楕円の作図であった場合はその長方形の全ての辺に接する形の円または楕円が(図2右)、矩形の場合は生成された長方形そのものが表示される。作図を行いたい際に、ポインタ機能を用いて開始点までポインタを移動させる。その後、タッチボタンを長押ししながらポインタを移動させることで作図を行うことができる。タッチボタンを離すと、その時点で形成されている図形が確定し、描画される。

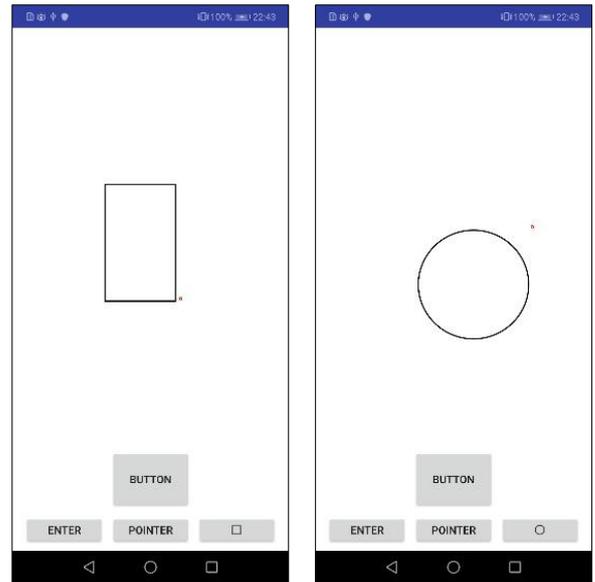


図2 作図機能を使用している様子。「BUTTON」と書かれたタッチボタンを押しながらポインタを動かすことにより矩形(左)と楕円(右)の作図を行うことができる。画面右下にあるボタンを押すと、矩形と楕円の切り替えを行うことができる。

4. 応用

本研究で提案した手法は主にタッチでは難しい細かい操作を安定して行える様にするための手法であるが、これを応用していくことにより、操作の安定だけでなくスマートフォンにおける様々な機能の拡張を見込むことができる。

4.1. スマートフォンの遠隔操作機能

フロントカメラで指の追跡だけでなく、指の動きによるジェスチャを認識できるようにすることで、本研究では画面内に設置したボタンで行っていたタッチ、ドラッグの操作を、タッチパネルを用いることなく実現することができる。これにより、スマートフォンに全く触れることなく操作、作業を行うことが可能となる。

4.2. テキスト範囲選択機能の精度向上

範囲選択機能は、ブラウザや Word を使用している最中に文字列のコピー&ペーストを行いたくなった際に想定した機能である。範囲選択を行いたい際に、ポインタ機能を用い、範囲選択開始点までポインタを移動させる。その後、タッチボタンを押しながらポインタを移動させることで文字列の範囲選択を行うことができる。範囲選択を終了する際にはタッチボタンを離す(図3)。範囲選択をフロントカメラによるポインティングで行うことで、範囲選択の開始点や終了点を指に隠されることなく作業を行うことができる。



図 3 ポインティングによるテキストの範囲選択。「BUTTON」と書かれたボタンを押している間だけテキストの範囲選択ができる。

4.3. 第三者による遠隔ポインティング

スマートフォンを手で持っているユーザー本人ではなく、そのスマートフォンの画面を見ている第三者の指先を認識し、第三者がユーザーの使用している画面の中にポインタを表示させることで、スマートフォンの画面中に第三者による指差しを行うことができる。スマートフォン上でゲームを遊んでいる様子を第三者が見ている時や、スマートフォンの画面上のみで第三者にスライドを見せられている時等、幅広いシチュエーションでの応用が見込まれる。

5. 実験

前項で述べた機能を用いて実験を行った。システムの構築には Android Studio 3.2.1、画像の認識には外部ライブラリとして OpenCV for Android 3.4.3 を用いた。使用した言語は Java、実験に用いた端末は HUAWEI P20 lite である。被験者は 20 代男性 10 人で行った。

5.1. 手順

実験は作図機能を用いたもので、通常のタッチ操作(以下「タッチ」と呼ぶ)と提案手法(以下「ポインティング」と呼ぶ)の 2 種類で行った。まず、操作に慣れてもらうために簡単なチュートリアルを被験者に行ってもらい、タッチ、ポインティングに慣れてもらう。

実験内容は、画面上に緑色の線で表示された図形のガイドに限りなく近い形の作図をするものである。この操作を 1 ステップとする。作図はタッチしてから自在にドラッグ操作を行うことで実行することができ、作図の開始点は原則左上の頂点とし、そこから右下へ伸ばしていく形になる。楕円の場合はガイド図形に開始点のガイドも表示される。1 ステップにつき作図の試行は 1 回、作図

時間の目安は 5~10 秒程度とし、1 度の試行でどれだけの精度の作図を行うことができるかを測定する。被験者の納得のいく図形ができたなら指を離し、被験者は画面左下にある「ENTER」と書かれたボタンを押す(図 4)。ボタンを押した時点で 1 ステップは終了し、次のステップのガイド図形が現れる。この操作をタッチとポインティングそれぞれで 10 ステップずつ行う。10 ステップの内前半の 5 ステップで現れる図形は大きい図形、後半の 5 ステップで現れる図形は指先ほどのサイズの小さい図形がガイドとして提示されるようになっている。以上の 10 ステップのタッチとポインティングの合計 20 ステップを 1 フェイズとし、これを矩形と楕円の事象で 1 フェイズずつ行う。

この実験は作図にかかった時間と、作図を始めた開始点の座標と指を離した終了点の座標がガイド図形とどれだけ離れているかを比較するものである。開始点の比較はタッチ操作の精度、終了点の比較はドラッグ操作の精度比較として扱う。1 ステップの中で最初のドラッグ操作開始から納得のいく図形が完成して「ENTER」ボタンを押すまでにかかった時間と 1 ステップ開始から「ENTER」ボタンを押すまでにかかった時間、作成された図形の開始点と終了点の座標を測定する。被験者の中で、5 人にはタッチの実験を先に行い、残りの 5 人には、ポインティングの実験を先に行った。被験者の休憩の有無は 1 フェイズ終了ごとに確認し、必要に応じて適宜取ってもらう。

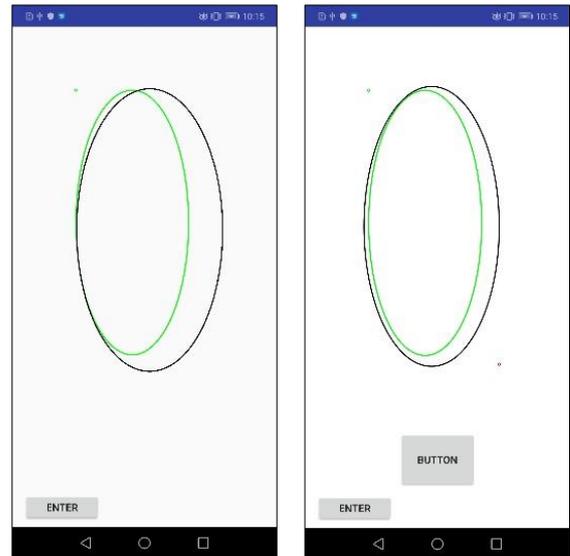


図 4 実験の画面の様子。緑色のガイドの円が描画され、タッチ(左)、ポインティング(右)を用いガイドに沿って黒い線で描画する。図の左上には開始点のガイドが示されている。

5.2. 実験結果と考察

5.2.1. 作図時間

タッチ操作における矩形、楕円の作図にかかった時間、ポインティング操作における矩形、楕円の作図にかかった時間の平均をそれぞれ取った所、タッチ操作における矩形の平均作図時間が 2.039 秒、楕円の平均作図時間が

2.198 秒, ポインティング操作における矩形の平均作図時間が 3.599 秒, 楕円の平均作図時間が 3.577 秒となった. 実験の結果, 作図時間に関してはタッチ操作の方がポインティングよりも優れていた. 対象を触れることのできるタッチ操作の方が明確な目的地点を決めやすく, 結果として作図時間が短くなったと考えられる. 一方ポインティング操作に関しては, ポインタに投影する指先に慎重な操作が要求されたため, 時間がかかったと考えられる.

5.2.2. 図形の誤差距離

作図の開始点の座標とガイド図形の開始点の座標との距離, 作図の終了点の座標とガイド図形の終了点の座標との距離を誤差距離とし, この誤差距離をタッチ操作における矩形, 楕円の作図, ポインティング操作における矩形, 楕円の作図の場合とそれぞれ算出した. 誤差距離に関して, タッチ操作による誤差距離とポインティングによる誤差距離における平均値に有意な差が存在するかを確かめるため, 矩形, 楕円の開始点, 終了点の誤差について有意水準 5% に対応のある t 検定を行った. 検定の結果, 矩形の作図に関しては開始点, 終了点共に「データの平均値に差は無い」という帰無仮説は棄却され, 「タッチとポインティングには有意な差が存在する」となった. 結果を表 1 に示す. 一方楕円形の作図に関しては, 有意な差が存在しない結果となった. 結果を表 2 に示す.

矩形の作図の精度に関しては, 開始点, 終了点共に優れた結果を出すことができたが, 楕円においては優位な結果にはならず, 特に, 作図の終了点においてはタッチ操作に比べて倍以上の誤差を生じた. 考えられる要因としては, 矩形は, 開始点がずれてしまっても明確に合わせるべき縦軸と横軸が表示されるため, 終了点を修正しやすいのに対し, 楕円の作図の際に終了点の正しい座標が被験者にとって認識しづらかったことが挙げられる.

表 1 矩形の作図誤差の平均と t 検定結果

	タッチ(平均)	ポインティング(平均)	t値	p値
開始点	18.1	12.9	1.98	0.0001
終了点	11.6	7.4	1.98	0.0013

表 2 楕円の作図誤差の平均と t 検定結果

	タッチ(平均)	ポインティング(平均)	t値	p値
開始点	14.9	12.9	1.98	0.10628
終了点	8.1	19.0	1.98	0.10636

5.2.3. その他

実験を行うまでの過程にも本提案手法の課題点はいくつか見つかった. まず, 指先の認識がスマートフォンの処理のみでは困難であった点である. 当初, 指先の認識には肌色の追跡を行う方針であったが, フロントカメラを用いている状態でスマートフォンを使用した際, 顔が映りこんでしまうために肌色の認識のみでは挙動が不安定であった. 本研究では指先に色のついたマーカーを付けることで対処しているが, より実用的にするためには

マーカーを付けることなく指先を認識することのできる手法が必要になる.

もう 1 つはスマートフォンに OpenCV による処理を行なった際の処理の重さである. ポインティング操作は, 指先の動きとポインタの動きに誤差のないリアルタイムな処理が要求され, 少しでも動きが遅れると不便さが顕著に表れる. 本研究では, スマートフォン上で OpenCV の処理をしてポインタの表示のみをしている状態でも使用している際に指先の動きとポインタの挙動に多少のラグが常に発生している状態で行っており, 作業時間や精度にブレが出てしまった原因の 1 つだと考えられる. この提案手法は他のアプリケーションを起動している前提での使用を想定しているため, 指先の認識の課題とともにより効率の良くなる処理の改善が必要である.

6. おわりに

本研究では, スマートフォンにおける細かい操作を行う際に画面を指で隠してしまうタッチ操作よりも高精度な操作を容易に実現するために, スマートフォンのフロントカメラで指先を認識して画面上に指先で操作可能なポインタを表示させるユーザーインターフェースの提案を行った. この手法は画面の対象付近を指で隠すことなく, 遠隔で操作を実現することを実現した.

評価実験では, タッチとドラッグを用いた矩形と楕円のシンプルな作図を, タッチ操作とポインティング操作の双方で行うことで比較し, 作図にかかった時間とタッチとドラッグ操作の誤差を測定した. 結果, 矩形の作図の誤差においてはタッチ, ドラッグ共にカメラによるポインティング操作の方が優れた結果を得た. しかし, 楕円の作図における誤差と, 両図形の作図時間においては優位を示すことができず, また指先だけの認識をスマートフォン内の処理だけでスムーズに行うことが困難であったことや, より滑らかなポインティングを行うためにはより早い処理が必要になるといった, 処理に関する課題点が見つかった.

文 献

- [1] K. Pfeuffer and H. Gellersen, "Gaze and Touch Interaction on Tablets," *Proc. UIST*, pp. 301-311, 2016.
- [2] C. Clarke, A. Bellino, A. Esteves, E. Velloso and H. Gellersen, "MatchPoint: Spontaneous Spatial Coupling of Body Movement for Touchless Pointing," *Proc. UIST*, pp. 179-192, 2017.
- [3] Y. Xing-Dong, H. Khalad, B. Neil and I. Pourang, "Surround-See: Enabling Peripheral Vision on Smartphones during Active Use," *Proc. UIST*, pp. 291-300, 2013.
- [4] B. Sebastian, B. Dominikus, B. Andreas, G. Sean and B. Patrick, "Touch Projector: Mobile Interaction through Video," *Proc. CHI*, pp. 2287-2296, 2010.