

Bring Your Own Pointer: 複数の携帯端末による ad-hoc なポインティング操作

佐藤 光起^{1,a)} 北村 茂生^{2,b)} 松下 光範^{1,c)}

概要: 本研究の目的は、スマートフォンを用いて同時接続が可能なポインティング手法の実現である。既存のポインティング手法は、専用のデバイスが必要であったり、操作に制約が多かったりするなどの問題がある。そこで本研究では、スマートフォンのジャイロセンサを活用することにより、ユーザが専用の機器を用意する必要なく、自らのスマートフォンでポインティングが行える手法としてBYOP (Bring Your Own Pointer) を提案する。提案手法の活用例として、複数人で仮想キャンバスに共同で文字を描ける書道システムを試作した。

Bring Your Own Pointer: An Ad-hoc Pointing Method with Multiple Smartphones

KOKI SATO^{1,a)} SHIGEO KITAMURA^{2,b)} MITSUNORI MATSUSHITA^{1,c)}

Abstract: The purpose of this study is to develop a pointing method that makes users point out positions simultaneously by using their own smartphones. With existing pointing methods, there are some restrictions such as the necessity of a dedicated device and operation limitations with smartphones. To solve the problem, this paper proposes a pointing method called BYOP (Bring Your Own Pointer). It calculates a position pointed by the user with his/her own smartphone, instead of using a special device. The proposed method calculates the user's intended position based on the gyroscope's values of the smartphone. To demonstrate the possibility of the method, a collaborative calligraphy system is developed as an example. It allows multiple users to draw lines with virtual brushes on the virtual canvas simultaneously.

1. はじめに

近年、センシング技術の向上により、ジェスチャ入力をはじめとする非接触操作ができるシステムが数多く提案され、商用的にも利用可能になっている。例えば、Spotlight Presentation Remote (Logicool 社) は、Bluetooth で接続されている端末が指し示している場所を算出することにより、直感的に強調表示や拡大、スクリーン上のカーソルのコントロールができる。認知共有のためのポインティングシステムであるスポットライティングは、ユーザの肩と手

をトラッキングすることにより、直感的にオブジェクトにスポットライトを当てることができる [5]。しかし、これらの手法は、ユーザが専用の端末を利用することを前提としており、汎用性に欠ける。

そこで本研究では、ユーザにとって馴染みが深く日常的に利用されているデバイスとして、ジャイロセンサが搭載されている端末であるスマートフォンに着目し、それを用いたポインティング手法としてBYOP (Bring Your Own Pointer) を提案する。これにより、ユーザが新たな機器を用意することなく、ポインティングを実現できる。この手法をマルチ接続に対応させることで、ポインティングしている座標をユーザ毎に扱えるようになり、多人数で同時に仮想キャンバスに文字を書くなど、エンタテインメント性を持ったインタラクティブなポインティング手法の実現が可能になる。

¹ 関西大学総合情報学部

Faculty of Informatics, Kansai University

² 関西大学大学院総合情報学研究科

Graduate School of Informatics, Kansai University

a) k081485@kansai-u.ac.jp

b) k403662@kansai-u.ac.jp

c) mat@res.kutc.kansai-u.ac.jp

2. 関連研究

非接触操作を行うための手法として、リモートポインティング手法が研究されている。これは、ユーザが身体もしくはデバイスを用いて指し示しているスクリーン上の場所を算出する手法である。

Wilson らの XWand では、デバイスから出る赤外光を二つのカメラで観測し、それとジャイロセンサを組み合わせることで三次元空間においてユーザが示している場所を決定している [1]。堀江らは操作対象を二次元空間に限定し、2つのジャイロセンサのみで GUI 操作を行う手法を提案している [2]。しかしこれらはいずれも専用のデバイスを必要としており、汎用性に課題が残る。

一方、多くのセンサを搭載し、広く普及している携帯端末であるスマートフォンを活用することで GUI を操作するデバイスを作成する研究が盛んに行われている。小瀧らはそのジャイロセンサを使い、端末の動きの特徴を判断するシステムを開発している [3]。しかし、事前に登録したいくつかの動作から特定の機能を再生するにとどまっている。瀧口らは端末のカメラ画像から事前に登録したカードを認識することで GUI 操作の実現を目指した [6]。この研究においては操作にカードを必要とすることや、画像認識のために時間がかかることが問題点として挙げられる。

ジャイロセンサとカメラを組み合わせることでリモートポインティングを実現した研究も行われている [4]。これはディスプレイに表示されている画像と、携帯端末で撮影された画像をその特徴量から識別しキャリブレーションを行っている。そうして得られた変換行列を基にジャイロセンサの値からユーザが示しているディスプレイ座標を算出するというものである。しかしこのシステムにおいて、ディスプレイに表示されている画像は特徴を持っていること、操作するときには端末のカメラが常にディスプレイを捕らえられる方向を向いていることなどの制約に加え、キャリブレーションに多くの時間がかかってしまうことが問題点として挙げられる。

このようにリモートポインティング手法の実現は、

- (1) カメラを設置しユーザの操作を観測すること、
 - (2) デバイスのカメラ画像を使うこと、
 - (3) デバイスのジャイロセンサの値を活用すること、
- などによって実現が試みられてきた。しかし、(1) は環境の設置に手間がかかること、(2) は端末カメラが常に対象を捉える必要があり、画像特徴量の算出に多くの時間がかかること、(3) はディスプレイの場所の検出が容易でないこと、が問題となっている。

3. デザイン指針

本研究では、複数のユーザがスマートフォンを用いて同時にリモートポインティングを行うことを目指す。2章で

述べた問題を解決するために、本システムが満たすべき要件を、(1) ユーザが新たに機器を準備する必要がないこと (ユーザが所有するスマートフォンの環境に依存しないこと) (2) ユーザが指し示している画面座標をシステムが少ない計算量で算出できること、(3) ユーザが容易にキャリブレーションできること、の3点とする。

(1) を実現するために、コントローラをプラットフォームに依存しない Web アプリケーションとして実装する。これにより、ユーザは自身が所有しているスマートフォンを用いてリモートポインティングが可能になる。(2) を実現するために、ユーザがディスプレイの右上、左下の2点を指し示した際のジャイロセンサの値を利用する。2つの値を線形補間することにより、システムは少ない計算量で任意の画面座標を算出できる。(3) を実現するために、QR コードを用いる。接続先の IP アドレスやポート番号、パスワードを URL クエリパラメータとしてコントローラページの URL と共に QR コードで提示する。これにより、ユーザは QR コードを読み取るのみでコントローラページに容易にアクセスできる。

4. 実装

4.1 提案システムの構成

提案システムにおいて、ユーザが取る行動とシステムが行う処理を以下に示す。

- (1) ユーザは表示された QR コードを読み取って、コントローラページにアクセスする
- (2) ユーザはスクリーンの右上、左下の順にスマートフォンを向け、画面をタップする
- (3) システムはタップされた瞬間のジャイロセンサの値を記録する
- (4) ユーザはスクリーン上の任意の位置にスマートフォンを向ける
- (5) システムはユーザが指し示した位置の座標を算出する

4.2 クライアント側

コントローラとなる Web アプリケーションを HTML5 と JavaScript を用いて実装する。本システムではこのコントローラから JSON 形式で、(1) 端末の識別番号、(2) ジャイロセンサの値、(3) 画面をタップ、ホールドしているか否か、を送信している。(2) で取得するジャイロセンサの値は JavaScript の Device Orientation イベント^{*1}を用いて取得する。これは端末の回転角度を、図1のように定義される α 、 β 、 γ の3つの軸で取得できるものである。 α は端末のディスプレイに垂直な直線を軸とした回転角度、 β は端末の前後の動き、 γ は端末の左右の動きを表している。

^{*1} https://developers.arcgis.com/javascript/3/jshelp/mobile_orientation.html (2017/12/25 確認)

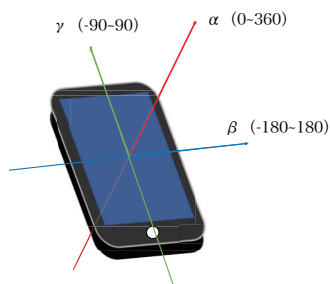


図 1 ジャイロセンサの軸

4.3 サーバ側

Processing (ver 3.3.6)*2を用いて実装した。ユーザがコントローラページにアクセスすることで WebSocket による通信が開始される。その後、第 1 点をディスプレイ上端右端、第 2 点をディスプレイ下端左端として、この 2 つの基準点をユーザが指し示したときのジャイロセンサの値を登録する。本システムにおいてジャイロセンサの数値は、特にユーザの正面において連続する必要がある。取得したジャイロセンサの値のうち α は初期化された時点の値が 0 であるが、端末を左方向に回転させると 360 となり不連続である。そのため時刻 t における α 値を α_t として、 $t > 0$ において以下のように調整する。

$$\alpha_t = \begin{cases} \alpha_{t-1} - 360 & (\alpha_{t-1} \geq 180) \\ \alpha_{t-1} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

ポインティングする画面座標の算出は以下の式を利用する。ただし、 x, y はポインティングする画面の x 座標、 y 座標とし、 α, β は現在の α 値、 β 値、 w_1, h_1 はディスプレイの画面左上の x 座標、 y 座標、 w_2, h_2 はディスプレイの画面右下の x 座標、 y 座標、 α_1, α_2 は第 1 点、第 2 点における α 値、 β_1, β_2 は第 1 点、第 2 点における β 値を表している。

$$x = w_2 + (w_1 - w_2) * ((\alpha - \alpha_1) / (\alpha_2 - \alpha_1))$$

$$y = h_1 + (h_2 - h_1) * ((\beta - \beta_1) / (\beta_2 - \beta_1))$$

複数人による同時接続は識別番号ごとにポインティングする画面座標を算出することで実現する。

5. 活用事例

本稿で提案した BYOP の活用法の一例として、書道システムを実装した。書道システムは書道の飛沫や墨跡を流体力学の演算によって再現したものである。これと BYOP を組み合わせることで、複数のユーザがスマートフォンを振りかざすことにより、同時に 1 つのキャンバスに対して筆で文字を書く体験ができる。書道システムと BYOP を組み合わせたコンテンツの画面を図 2 - (a) に、複数人での接続風景を図 2 - (b) に示す。サーバとして SONY 社の

*2 <https://processing.org/> (2017/12/25 確認)



図 2 活用事例: 書道システムとの組み合わせ

VAIO Z1311AJ を使用したところ、7 名が同時に接続できることを確認した。

書道システムとの組み合わせにおいて、7 名のユーザの同時接続では、遅延やフレームレートの低下は見られなかった。BYOP で行っている計算は線形変換のみで計算量が少ないため、人数の増加にも対応可能であると考えられる。ただし接続人数に応じてサーバ側の計算量が比例的に変化するため、さらに多くのユーザが同時に接続すると処理速度の低下を招く可能性がある。

また問題点として、キャリブレーション後に移動するユーザがいたことが挙げられる。BYOP では、ディスプレイと端末の相対的位置関係が変化するとポインティング座標に誤差が生じる。この問題を解決する方法を検討していく必要があると考える。

6. おわりに

本稿では複数の携帯端末による ad-hoc なポインティング操作手法である BYOP を提案し、その活用例として、複数人書道システムを実装した。課題として、座標軸を設定後ユーザが移動すると誤差が生じることや、ジャイロセンサの γ 軸を考慮していないことが挙げられる。今後の展望としては、上記の問題を解決・緩和するとともに、BYOP を活用した新しいシステムの開発が期待される。

参考文献

- [1] Andrew, W. and Steven, S.: XWand: UI for intelligent spaces, *Proceedings of the conference on Human factors in computing systems*, No. 5, pp. 545-552 (2003).
- [2] 堀江達矢, 片山拓也, 寺田 努, 塚本昌彦: GUI のための加速度センサを用いたポインティング手法, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2011-HCI-145, No. 2, pp. 1-8 (2011).
- [3] 小瀧 陽, 笹倉万里子: iPod touch の加速度センサによる動作判別用ライブラリの構築, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2010-UBI-2, No. 1, pp. 1-7 (2010).
- [4] 松元崇裕, 瀬古俊一, 青木良輔, 井原雅行, 小林 透: 携帯端末を用いたマルチディスプレイ間でのコンテンツ操作手法, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2013-UBI-3, No. 6, pp. 1-8 (2013).
- [5] 中道 上, 天早健太, 渡辺恵太, 山田俊哉: スポットライティング: 認知共有のためのスポットライト型ポインティングシステム, *インタラクティブ 2016 論文集*, pp. 964-949 (2016).
- [6] 瀧口智史, 田中敏光, 佐川雄二: Web カメラを用いた片手文字・座標入力システム, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2010-UBI-2, No. 11, pp. 1-6 (2010).