

スマートフォンカメラとピンホールを用いた多次元入力手法

田中 智泰^{1,a)} 山田 渉^{2,b)} 真鍋 宏幸^{1,c)}

概要: スマートフォンカメラ近傍に設置したマーカを読み取り、多次元入力を可能とする入力手法を提案する。ピンホールを用いて、カメラの被写界深度を深め、近接したマーカの画像を取得する。取得した画像からマーカの xyz の位置およびロール・ピッチ・ヨー回転を求めることで、最大で 6 次元の入力を実現することができる。アナログパッドを用いた実装を行い、xy とヨーを用いた 3 次元入力が可能であることを確認した。

1. はじめに

スマートフォンは、タッチパネルやカメラ、加速度センサや GPS など多くのセンサを備えており、多様な入力可能な高機能端末である。様々な応用が可能であるため汎用性が高く、位置情報サービスや決済、AR/VR など新たに登場した多くの事例の中心的デバイスとして活用されている。一方でこれらの入力機能にはそれぞれ特徴があり、新たな用途に対して、必ずしも有効に機能するとは限らない。例えばスマートフォン HMD では、ゴーグルを顔に装着するため、前面のタッチパネルの操作が難しくなるという問題がある。

より効率的な入力や、新たな用途に適した入力を行うために、既存の入力手法を拡張する様々な試みがなされてきた。タッチ検出領域をタッチパネルの領域外に拡張する Kato らの ExtensionSticker[1] は、その例の 1 つである。現在、スマートフォンに実装されているセンサの中でも、カメラは特に多くの情報を得ることができる。そのため、入力機能を拡張する手法として、カメラを用いたアプローチが数多く提案されている。

2. 関連研究

一般にカメラは写真や動画を撮影するために用いられる。コードの読み取りなど、入力手法としても用いることができるが、カメラと撮影対象との距離を大きく取ることが通常である。一方、近接した対象物を撮影し、それを入力として用いることもできる。例えば、スマートフォン HMD

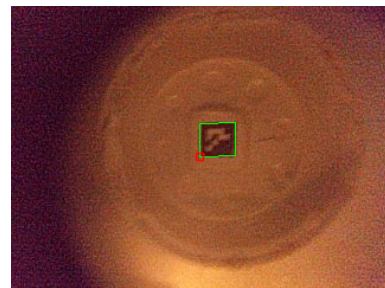


図 1 ピンホールを介して撮影したマーカ。マーカはカメラレンズの表面から約 20mm しか離れていない。ピンホールを用いれば、接近したマーカであっても読み取ることができる。

において、フロントカメラで目をトラッキングする手法 [4] や、スマートフォンの背面に設置したグリッドをタッチし、指の動きを鏡越しに背面カメラで認識する Back-Mirror [2] などがある。これらは、スマートフォン近傍に新たな入力機能を追加している。カメラから被写体までの距離が近いという点で接近型の入力と行うことができる。一般に被写体までの距離が短くなると、得られる画像がボケてしまい、高精度な特徴点抽出は難しくなる。そのため、前述の近接型入力手法であっても、ある程度の距離が必要であった。更に接近させ、超接近型の入力を実現することが出来れば、省スペースでの実装が可能となり、新たなインタラクションや応用が期待できる。

そのような例として、カメラを用いてポインティングスティック入力機能を追加する、Yamada らの CamTrack-Point [3] がある。この手法では、ボケた画像を用いて認識を行うため、精度の低い 2 次元入力しか行うことができなかった。他にも、カラーマーカを組み込んだ透明弾性体をカメラの上に配置し、弾性体に加わる 3 次元的な力を検出する渡部らの手法 [5] もある。しかし、適用範囲の広い汎用的な入力手法とは言えなかった。

¹ 芝浦工業大学

² NTT ドコモ 先進技術研究所

a) al16065@shibaura-it.ac.jp

b) wataruyamada@acm.org

c) manabehiroyuki@acm.org

3. 提案手法

ピンホールを用いることで、被写界深度を深めることができる。そのため、近接した対象物であっても焦点の合った画像を取得することが可能となる。そこで我々は、スマートフォンのカメラとピンホールを用い、高い精度でトラッキングが可能な超接近型の入力手法を提案する。提案手法では、QRコードやARマーカなどのビジュアルマーカをカメラ近傍に配置し、マーカを高精度にトラッキングする。原理的には、xyzの位置情報だけでなくロール・ピッチ・ヨーを加えた6次元の情報を取得することが可能であり、それらに基づく多次元入力が可能となる。

4. 実装

提案手法の実現性を確認するために、スマートフォン(Nexus 5X)およびアナログパッド(Nintendo 3DS用スライドパッド)を用いた実装を行った。ピンホールをあけた薄いゴム製の遮光シートを、スマートフォンの背面カメラの中心に貼付する。アナログパッドは背面が観察できるよう加工し、そこに1辺が2mmのARマーカを貼付した。アナログパッドの移動量および取得画像の精細さを考慮し、アナログパッドはカメラレンズ表面から約20mm離れた位置に固定した(図3参照)。ピンホールを介していることや、カメラの目の前に遮光物が存在しているため、カメラに入射する光量が不足する。そのため標準的なカメラ設定では、フレームレートやコントラストが低下する。これを補うために、フラッシュライトを点灯させ、かつカメラのISOとシャッタースピードを上げた。シャッタースピードを上げることで、マーカの速い動きに対しても頑強な認識を行うことができる。カメラで取得した画像からARマーカを読み取り、マーカの位置に関する6次元情報を算出するアプリケーションを作成した。

図1に、取得した画像の例を示す。図中の緑線および赤線は、ARマーカの認識結果を示しており、マーカが正しく認識されていることがわかる。通常の使用時のように、アナログパッドをスライドさせると、図中のマーカは平行移動する。また、パッドをヨー回転させると、マーカはそれに連動して回転する。そのため、xy方向の平行移動およびヨー回転は比較的容易に検出することができる。本実装では、アナログパッドのケースを固定しており、xyとヨーの検出に特化している。

本手法で6次元情報を取得できることを確認するために、スマートフォンに対してアナログパッド全体を傾ける、つまりピッチおよびロール回転させたときに得られる画像を図2に示す。本来、正方形であるARマーカが歪んでおり、ピッチおよびロール回転が生じていることがわかる。また、図には示していないが、z方向の移動は、画像上のARマーカの大きさに対応する。z方向の移動やピッチ/



図2 ピッチおよびロール回転時に取得できる画像。ARマーカが歪んでおり、ピッチおよびロール回転が生じていることがわかる。

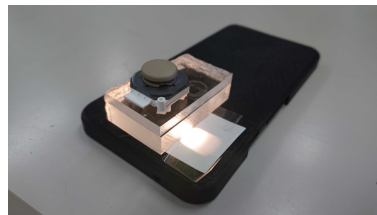


図3 スマートフォン背面に設置したアナログパッド。アナログパッドは、カメラ表面から20mm程度離れた位置に配置した。

ロール回転には、アナログパッドを配置する上での工夫が必要であり、かつ高い検出精度も期待できないが、提案手法を用いれば6次元情報を取得することが可能である。

5. 考察および結論

ピンホールを用いて最大6次元入力可能な超接近型入力手法を提案した。xyおよびヨーに特化した実装を行い、提案手法が機能することを確認した。提案手法は、スマートフォン近傍での多次元入力を可能とする。このような多次元入力は、汎用的に利用することができ、様々な応用が考えられる。例えば、背面からの地図アプリ操作や、HMD装着中のメニュー操作などが挙げられる。今の実装では、ARマーカに含まれる情報は何も意味も持たないが、それらを利用することで、さらなる応用も考えられる。

参考文献

- [1] Kunihiko Kato *et al.*, “ExtensionSticker: A Proposal for a Striped Pattern Sticker to Extend Touch Interfaces and Its Assessment,” In *Proc. CHI '15*, pp. 1851–1854, 2015.
- [2] Pui Chung Wong *et al.*, “Back-Mirror: Back-of-device One-handed Interaction on Smartphones,” In *Proc. SIGGRAPH ASIA '16*, Article 13, 2016.
- [3] Wataru Yamada *et al.*, “CamTrackPoint: Camera-Based Pointing Stick Using Transmitted Light Through Finger,” In *Proc. UIST '18*, pp. 313–320, 2018.
- [4] Hiroyuki Hakoda *et al.*, “Eye Tracking Using Built-in Camera for Smartphone-based HMD,” In *Adjunct Proc. UIST '17*, pp. 15–16, 2017.
- [5] 渡部 陽一ほか, “光学式力測定手法を用いた携帯型タッチパネル端末入力デバイスの提案,” *インタラクシオン'12 予稿集*, pp. 521–526, 2012.