

V-SLAM とマーカ AR を併用したペン型デバイスによる空中描画システム

Drawing in The Air Using Pen-type Device Based on V-SLAM and Marker AR

小林 大起[†] 石川 孝明[‡] 渡辺 裕[†]

Hiroki KOBAYASHI[†] Takaaki ISHIKAWA[‡] and Hiroshi WATANABE[†]

[†] 早稲田大学大学院基幹理工学研究科 [‡] 早稲田大学国際情報通信センター

[†] Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

[‡] Global Information and Telecommunication Institute, Waseda University

Abstract AR technologies have been remarkably improved in the past decade. Most of them are implemented as one-way interaction system from application to user. We propose a new system which provides interactive drawing capability in the air. The proposed method combines Visual SLAM and 3D object detection with AR markers to provide stable detection and tracking of a drawing device even if the drawing point of the device is occluded by user's hand.

1. まえがき

近年,発展著しい AR 技術はゲームやナビゲーションシステムでは実用化され,さらには医療分野への転用も積極的に研究されている[1].しかし,従来のコンテンツの多くはシステムがユーザに映像を提供する一方通行型であり,ユーザ操作を仮想オブジェクトに反映する研究はあまりない.そこで,本研究では,ダイレクトにユーザ操作を重畳オブジェクトとするため,ペン型デバイスを用いた空中描画を提案する.

2. 先行研究

空中描画の先行研究として,2016年に提案された梅澤らの手法がある[2].これは Arduino UNO の中央に赤色,四隅に緑色の LED を配した正方形の入力デバイスを用い,それらを動かした軌跡をカメラ映像中に重畳するものである.しかし,描画という目的においては,ペン型の入力デバイスの方が操作性・自由度ともに高く,またカメラに対しデバイスの裏側が映っている場合にはオクルージョンが生じ,描画点の追跡が困難である.

3. 空中描画に必要な座標変換

空中描画を行う場合,考慮すべき座標系は三つ存在する.一つは現実空間を表す座標系である.二つ目は,ユーザに映像として提供されるカメラ画像内での座標系である.さらに,空中描画を行う際,デバイスの位置は毎フレーム移動することになり,描画点の位置は可変である.これを統一的に表すために,デバイス内における描画点の位置を表すデバイス座標系を導入する必要がある.これらの座標系を図1に示す.

図1における3種のTは各座標系における対象の移動と姿勢を表す行列であり,並進成分と回転成分から成る.

T_{CD} , T_{CW} はそれぞれカメラ画面内でのデバイスの位置姿勢,3次元空間内でのカメラの位置姿勢を表す.これらの行列はキャリブレーションと Simultaneous Localization and

Mapping (SLAM)により算出可能であり,現実空間でのデバイスの位置姿勢 T_{WD} は

$$T_{WD} = T_{CW}T_{CD}^{-1} \quad (1)$$

と表せる.

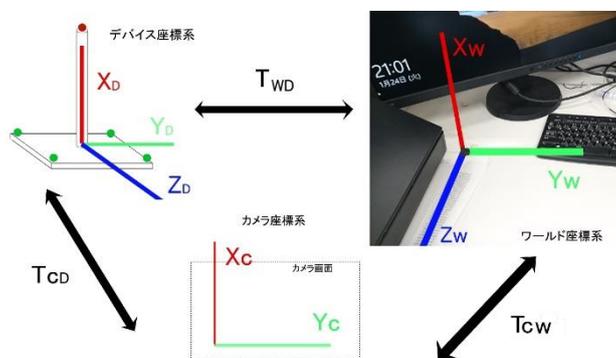


図1 各座標系とその間の変換

4. オクルージョンの発生

3D空間におけるオクルージョンとは,目的の物体が手前の物体に遮蔽され,見えなくなる現象のことを指す.本研究においては,デバイス検出に用いるマーカが図2のような状況でシステムに認識されなくなる状態をオクルージョンと定義した.

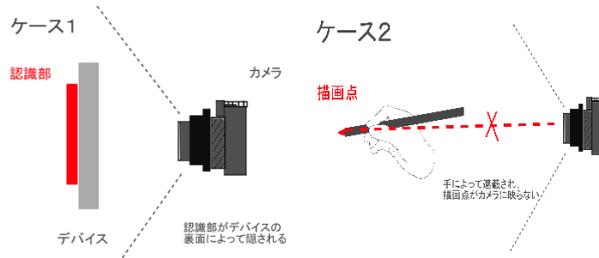


図2 オクルージョン例

5. 提案手法

空中におけるデバイスの位置・姿勢の取得およびそれらの描画には3章で述べた3つの座標系の変換を算出する必要がある。

現実空間の3次元再構成には、特徴点ベースのSLAMであるORB-SLAM[3]を用いる。

また、 T_{cw} はカメラ外部パラメータであり、現実世界におけるカメラ移動の回転成分と並進成分を表す。これは事前のキャリブレーションによって取得できる。したがって、デバイスの描画点の3次元空間内における位置は、 T_{CD} を求めることで算出可能である。

本研究でのデバイスは図3のように表面の軸先と基準ボードの表面の四隅にLEDを、裏面にマーカを設置したものを用いる。ARマーカを図3のように用いる場合、デバイス座標とマーカ座標は同一として扱えるため、 T_{CD} はARマーカ用のライブラリによって算出可能である。

ここで、4章で述べたオクルージョンは、 T_{CD} の算出において生じる問題である。すなわち、デバイスにマーカを一つ配置しただけでは裏側、および境界面での検出が不可能であるといえる。これを解決するためには、デバイスの表裏両側にカメラが認識するための機構を設置する必要がある。

本研究で提案するシステムでは、デバイスの描画点が存在する側(こちらを表面と定義する)にはペン軸が存在する。そのため、一部でも欠ければ描画位置が検出できなくなるマーカ式のARではペン軸によって隠される状況が想定される。これを回避するために、表側の認識にはLEDを使用し、先行研究[2]をペン型デバイス用に改変した手法を用いる。

以上により、表裏両側でのデバイス認識が可能になると同時に、表裏境界付近で両者の情報を組み合わせてお互いの認識機構を補助することが期待できる。

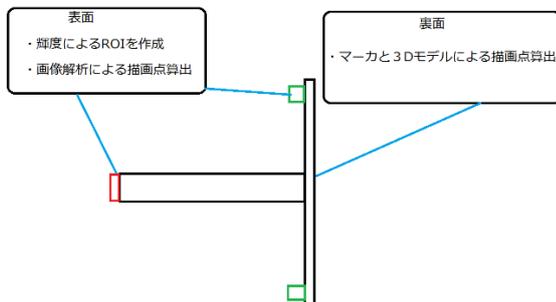


図3 提案デバイス

6. オクルージョン確認実験

マーカを用いて、サイズの異なる片面のマーカ、および両面マーカを用いて表裏の境界付近におけるオクルージョンの発生を調べた。結果を図4に示す。それぞれマーカが大きい場合、小さい場合、および両面マーカの場合の境界面付近

でのオブジェクト重畳の様子を上から順にまとめたものである。

以上の結果から、オクルージョンが生じる角度にはマーカのサイズによる有意な差は確認できず、また両側にマーカを配置した場合でも表裏の境界面においてオクルージョンが生じることが分かる。特に、真横からデバイスを映す場合は単純な両面マーカでは不十分であるといえる。

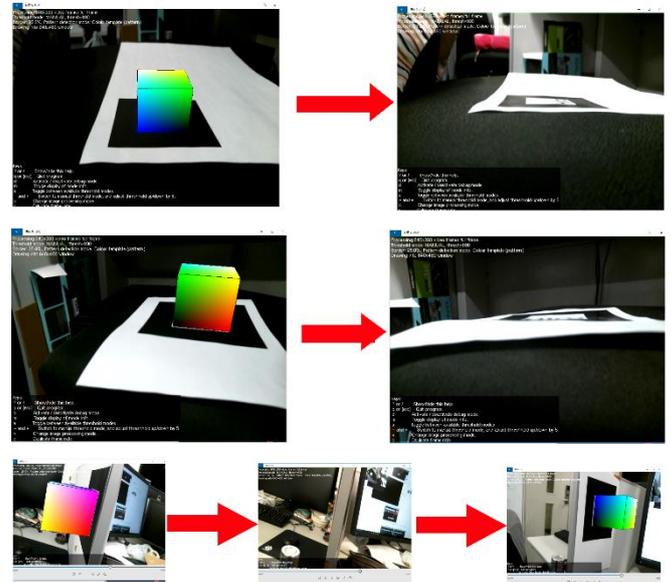


図4 種々のマーカにおけるオクルージョンの確認

7. むすび

本稿では、オクルージョンを考慮した空中描画システムの設計を提案した。また、実験により基準ボードにおけるマーカの裏面でのオクルージョン発生、ならびに両側にマーカを配置した場合の表裏の境界線付近での認識失敗を確認した。今後はペン先の検出と組み合わせたシステムにおいて、手法有効性を検証する。

文 献

- [1] 鈴木啓佑, 田野俊一ら, "一対のカメラとマーカーを用いた3次元位置検出による術中超音波診断ARシステム", 映像情報メディア学会技術報告 34(11), 19-22, 2010-03-01
- [2] 梅澤雄司, 浜本隆之, "インタラクティブな3D描画に向けたvisual SLAMベースのARシステム", PCSJ/IMPS2016, P-4-19
- [3] Raul Mur-Artal, J. M. M. Montiel, Juan D. Tardos, "ORB-SLAM: a Versatile and Accurate Monocular SLAM System", IEEE Transactions on Robotics (Volume: 31, Issue: 5, Oct. 2015)

†早稲田大学

〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-14-9 早大シルマンホール 401

TEL.03-5286-2509 E-mail:shinya-0storm@ruri.waseda.jp