



Title	OpenCVによるマーカーを基準とした位置推定と追従
Author(s)	平尾, 和睦
Citation	平成30年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2019
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/71952">https://hdl.handle.net/11094/71952</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 平成30年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏 名	ひらお かずよし 平尾 和睦	学部 学科	工学部 応用理工学科	学年	2 年									
ふりがな 共 同 研究者氏名	すぎもと ゆうみん 杉本 裕明	学部 学科	基礎工学部 システム科学科	学年	2 年									
	たきざわ りょうた 瀧沢 良太		工学部 応用理工学科		2 年									
	むらかみ しょういち 村上 翔一		基礎工学部 電子物理科学科		3 年									
	みよし たかあき 三好 孝明		工学部 環境・ エネルギー工学科		3 年									
アドバイザー教員 氏名	いしかわ まさと 石川 将人	所属	工学研究科 機械工学専攻											
研究課題名	OpenCV によるマーカーを基準とした位置推定と追従													
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)													
<b>1. 研究の概要</b> ロボット工学と人工知能の技術が急速に発達しつつある今日、社会ではロボットに仕事を奪われるといった議論が真剣に行われている。ここで言われる仕事を奪うロボットとは、これまでの工場のラインで稼働しているものではなく、自立して人と共生するロボットのことを指すことが多い。 本実験は、自立したロボットを開発するにあたり大きな課題の一つとなっている外界認識技術に関するものである。ロボットが人間の命令なしに活動するには、外界の認知が必要であり、その対象は、自らの場所や、まわりにあるもの、壁などの建造物である。その中で特定の対象物との距離を検出する技術として AR マーカーがあげられる。これを用いて外界を認識する方法を模索することが本実験の目的であり、具体的には、AR マーカーまでの距離を算出する。														
<b>2. AR マーカーの利点</b> AR マーカーの利点は検出物体としてのコストが極めて低いことである。そのためプログラムの設定と、プリンタでの印刷によって、様々な動きを行うことができる。また、内部にデジタル情報を含むことができる。これにより、複数のマーカーを識別し、データベースとマッチングさせることで、そのマーカーの位置情報などを取得したりすることができる。また、マーカーのサイズを決めておく、あるいは大きさの情報を付加することで、カメラに映ったマーカーのサイズでそのマーカーまでの距離も類推できると思われる。またマーカーを移動物体に取り付け、そのマーカーに追従するような制御を行うと手軽に群ロボットを作成できると思われる。														
<b>3. 実験装置の説明</b> ・ 演算用 PC 画像処理を実行するための PC。今回は Surface Pro4 i5 モデルを利用した。														

- 検出用カメラ

Intel 社の RealSense D435(以下 RealSense)を利用した。RealSense は Depth カメラと呼ばれる種類に属し、通常のカメラが取得する RGB の情報に加えて深度情報 D を取得することができる。RealSense から得られる深度情報と、AR マーカーから得られた深度情報を比較して有用性を確認する。



図 1 RealSense

- 台車ロボット

足回りに 3 輪オムニを使用しているため、全方位置移動が可能である。荷台には PC と RealSense を設置できるようにしており、移動しながらの計測なども可能である。底部には駆動用のオムニホイールのほかに、ロータリーエンコーダーによる自己位置測定用の 3 輪オムニを設置している。

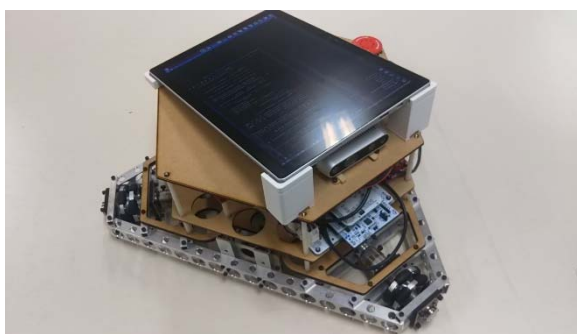


図 2 台車ロボット全体

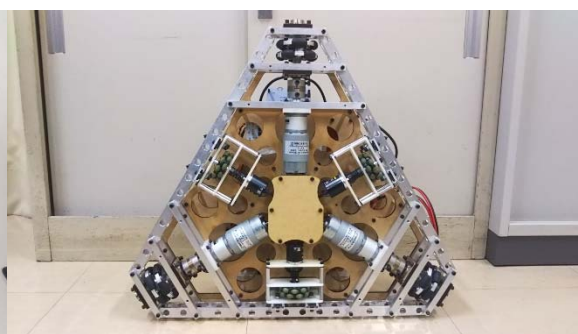


図 3 台車ロボット底面

- AR マーカー

AR マーカーは右に示したものを利用した。8×8のサイズで、外周は黒色とした。また、その内側の四つの角を回転認識用として、そのうち一つを白色とした。その他はデータ用ドットであるため 3 2 ビットの情報を保持できる。そのため最小単位を 1mm として一片の長さを情報として付加すると、4,294,967,296mm (4,294 km) まで表現できる。誤差処理用にあらかじめ決めておいた素数を一片の長さにかけてから情報を持たせることも可能であり、安定した測距を可能にすると思われる。また実験時に使用したものは 1 辺 165mm のものであり、並びに特に意味はない。



図 4 今回用いた AR マーカー

#### 4. 画像処理の手順

AR マーカーの検出、および処理には、画像処理用のオープンソースライブラリである「OpenCV」を使用した。また RealSense は特殊なカメラであり、OpenCV では利用できないので専用のライブラリである「Intel® RealSense™ SDK 2.0」を使用し、OpenCV で利用するためにデータを整形した。以下が画像処理の大まかな流れである

- RealSense から RGB 情報と Depth 情報を受け取る。画質はそれぞれ  $640 \times 480$ 、 $1280 \times 720$  である。また視野角は、RGB 情報は水平  $51.7$  度、垂直  $42.5$ 、Depth 情報は水平  $85.2$  度、垂直  $58.0$  度であった。
- RealSense から受け取った情報は `uint16_t` もしくは、`uint8_t` の配列であるため、OpenCV の画像用のデータ型である `cv::Mat` に変換した。ただし、Depth データは OpenCV を用いた処理に使わないため必ずしも変換する必要はない。(今回は画像の表示を行うために変換した)
- RGB 画像をグレースケールに変換し、さらに二値化処理を施す。以下この画像を二値化画像と呼ぶ。
- 二値化画像から輪郭を抽出する。
- 輪郭を直線近似し、輪郭線が 4 つで一定以上の範囲を占めるものに絞り、AR マーカーの候補とした。
- マーカー候補の領域を  $80 \times 80$  のサイズに透視変換を行った。
- マーカー候補をさらに  $8 \times 8$  まで縮小し、縮小時のノイズを消すために二値化処理を施した。
- AR マーカーかどうか判定する。条件は外周が全て黒であることと、その内側の層の角のうち三つが黒、一つが白であることとした。また、この際に内側の層の角にある白の位置によって AR マーカーの向きを確認した。
- マーカーの右上と右下、左上と左下の間の画素数をそれぞれ求めて平均値を利用した。この値を  $l$  とする。カメラの水平方向の視野を右の図に示した。このとき  $W$  は AR マーカーが存在する面において視認できる幅であり、 $L$  はマーカーの実際の幅である。カメラが取得する水平方向の画素数は  $640$  であったため  $W$  は

$$W = \frac{640}{l} L$$

となり、カメラの水平方向の視野角は  $52.4$  度であったため、距離  $D$  は

$$D = \frac{\frac{1}{2}W}{\tan(\theta)} = \frac{W}{2 \tan\left(\frac{52.4^\circ}{2}\right)} \cong \frac{W}{0.98}$$

と表せる。

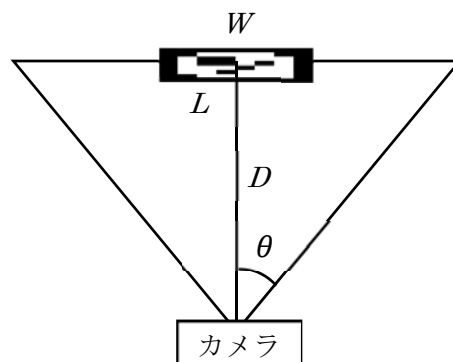


図5 距離測定の概略図

- 最後にデバッグ用に検出された AR マーカー候補を赤色、AR マーカーと認定されたものを緑色で囲うようにした。また深度画像も表示させた。その画像が以下の図である。

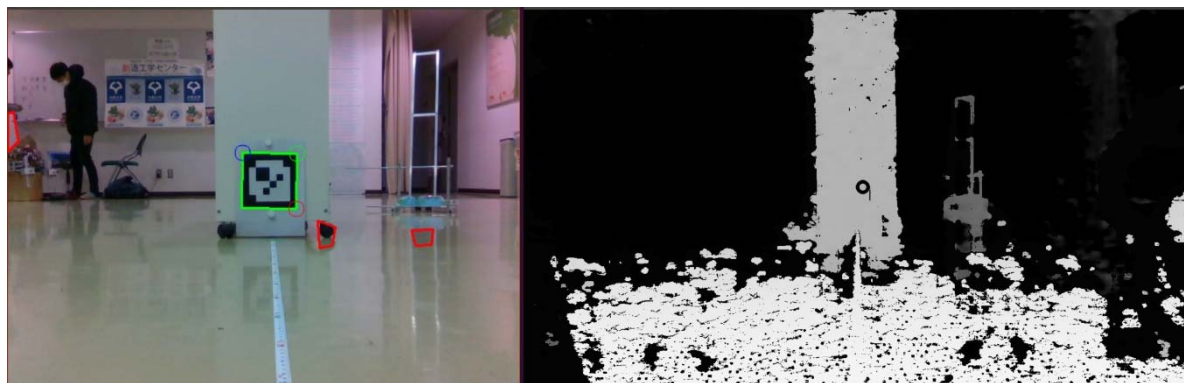


図6 RGB画像とマーカー認識結果

図7 深度画像

## 実験結果

AR マーカーの距離を変更して AR マーカーから得られた距離、RealSense の深度情報、実測値を以下の表にまとめた。

表 1 計測結果

実測値[mm]	ARマーカー		RealSense	
	計測値[mm]	割合	計測値[mm]	割合
500	512	1.02	499	1.00
1000	1040	1.04	1025	1.03
1500	1559	1.04	1557	1.04
2000	2083	1.04	2128	1.06
2500	2616	1.05	2705	1.08
3000	3155	1.05	3308	1.10
3500	3576	1.02	3937	1.12
4000	4122	1.03	4635	1.16
4500	4600	1.02	5277	1.17
5000	5169	1.03	6118	1.22

実測値を基準として AR マーカーと RealSense から得られた距離の割合をグラフに表すと下のようになった。

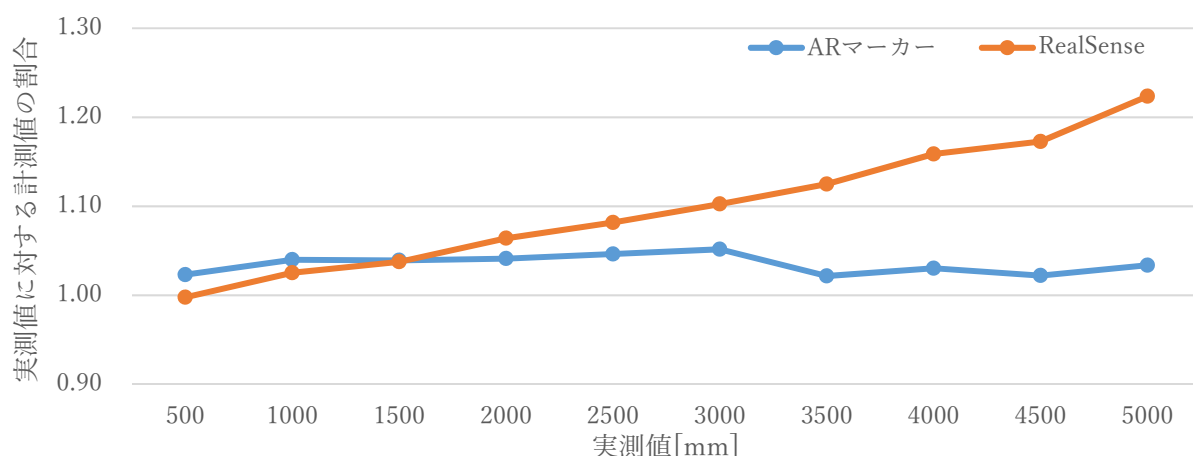


図 8 実測値に対する各計測値の割合

AR マーカーから得た距離情報はおおむね+5%以内に収まっており、ある程度の精度を期待できる。この精度であれば一定間隔を保ちながら移動するなどの動作が可能であると考えられるので、自立ロボットへの利用も見込めると考えられる。

また RealSense の値が大きく外れているが、現状でははっきりとした原因はつかめていない。双眼カメラのキャリブレーションが不十分であることなどが考えられるが、本実験の主題ではないため割愛する。

本実験では、この距離データを利用して、先述の台車ロボットを動かす予定であったが、時間の都合上、本成果報告書に含めることはできなかった。ただ、台車ロボットをコントローラーを用いて動かすことに成功していること、AR マーカーの方向、距離のデータが取れていることから、PC と台車ロボットのマイコン間の通信を確立することで、本実験の最終目的であった追従が可能になると思われる。

## 参考文献

- Qiita @KentaKato 画像処理で AR マーカーだけを検出したかった (閲覧日 2018/12/12)

<https://qiita.com/KentaKato/items/05c0adc7b9bde5c2bf55>

申請先学部 工学部 採択番号 No.3