

【若手研究奨励賞候補：はい】

## 機械学習による実環境下の変形 AR マーカの位置・姿勢推定

○榎元洋平 †, 山内悠嗣 ‡

○ Yohei ENOMOTO † and Yuji YAMAUCHI ‡

†: 中部大学, tr21004-4551@sti.chubu.ac.jp

‡: 中部大学, yuu@isc.chubu.ac.jp

＜要約＞本論文では変形した AR マーカの検出と位置・姿勢推定方法を提案する．実空間上の AR マーカを評価するため機械学習を用いて変形した AR マーカの検出と姿勢推定し，カメラで撮影された AR マーカの大きさより位置推定する．

＜キーワード＞6DoF, 物体認識, オートエンコーダ, 機械学習

### 1 はじめに

近年, AR マーカが普及しゲームやカタログ, ドローンの制御にも活用されている. AR マーカを認識し, 位置・姿勢を推定することで様々なコンテンツを利用できる. そのため, AR マーカの位置・姿勢の推定精度が求められている. しかし, AR マーカに変形が生じると AR マーカの認識精度は低下し, 位置・姿勢の推定も困難になる. そこで, 本研究では, 機械学習によって変形した AR マーカを実環境下で認識し位置・姿勢の推定方法を提案する.

### 2 提案手法

本研究は, 変形した AR マーカの検出, 姿勢の推定, 位置の推定により構成される. なお, 本稿では円柱に貼り付けることにより変形した AR マーカを変形 AR マーカとして扱う.

#### 2.1 変形 AR マーカの検出

Single Shot Multibox Detector(SSD)[1] によって変形 AR マーカを検出する. SSD は画像から物体の位置とクラスを推定する物体検出アルゴリズムである. SSD の学習用画像とアノテーションデータをロボットシミュレータ Gazebo により作成する. 仮想空間内で変形 AR マーカを表示させ, 仮想カメラで様々な視点から撮影し学習用画像とアノテーションデータを生成した. 学習用画像とアノテーションデータを用いて, 変形 AR マー

カの検出とマーカ ID を出力する検出器を学習する.

#### 2.2 変形 AR マーカの姿勢推定

Augmented AutoEncoder(AAE)[2] によって変形 AR マーカの姿勢推定をする. まず, Gazebo により変形のない AR マーカ画像 (図 1.(a)) と変形 AR マーカ画像 (図 1.(b)) を生成する. そして, 変形 AR マーカ画像をオートエンコーダに入力し, 変形を除去した AR マーカ画像 (図 1.(c)) を生成する. 変形のない AR マーカ画像と変形を除去した AR マーカ画像の違いを吸収するようなオートエンコーダを学習させる.

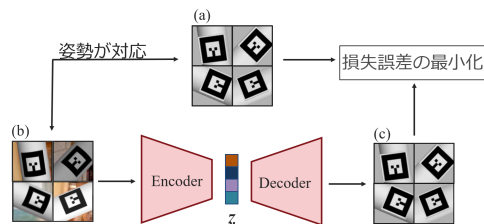


図 1 AAE の概要

変形が生じた AR マーカの姿勢は, 入力画像をエンコーダに入力して得られる潜在変数  $z$  に基づいて推定する. 事前に AR マーカの姿勢を roll[0, 360], pitch[-14, 14], yaw[-14, 14] を分解能  $1^\circ$  に設定して変形 AR マーカを Gazebo で撮影し, 姿勢データベース (DB) の潜在変数群  $Z$  として用意する. テスト時には, SSD により検出した変形 AR マーカを AAE に入力することで得られる潜在変数と DB の潜在変数群のコサイン類似度を求め, 最も類似度が高い潜在変数を求める. そ

して、求めた潜在変数に対応した姿勢を出力する。

### 2.3 変形 AR マーカの位置推定

カメラから物体までの並行ベクトルを求める手法 [3] により変形 AR マーカの三次元位置を推定する。まず、変形 AR マーカを SSD に入力し、変形 AR マーカが検出され、Bounding box(Bbox) で囲まれる。入力した変形 AR マーカの Bbox の大きさと仮想空間内で撮影された変形 AR マーカの Bbox の大きさより奥行きベクトル  $\hat{t}_{real,z}$  を式 (1) より算出する。

$$\hat{t}_{real,z} = t_{syn,z} \times \frac{\|bb_{syn, \argmax(\cos_i)}\|}{\|bb_{real}\|} \times \frac{f_{real}}{f_{syn}} \quad (1)$$

仮想空間内で撮影された DB の変形 AR マーカの奥行き方向の距離  $t_{syn,z}$ 、SSD から検出された変形 AR マーカの Bbox の対角線の最大値  $bb_{syn, \argmax(\cos_i)}$ 、仮想空間内で撮影された DB の変形 AR マーカの Bbox の対角線の大きさ  $bb_{real}$ 、実環境と仮想空間内の撮影に使用したカメラの焦点距離  $f_{real}$ 、 $f_{syn}$  とする。

次に式 (2) によって平行ベクトル  $\Delta \hat{t}$  を求める。

$$\Delta \hat{t} = \hat{t}_{real,z} K_{real}^{-1} bb_{real,c} - t_{syn,z} K_{syn}^{-1} bb_{syn,c} \quad (2)$$

実環境と仮想空間内の撮影に用いたカメラのカメラ行列  $K_{real}^{-1}$ 、 $K_{syn}^{-1}$ 、実環境と仮想空間内の変形 AR マーカの検出した際に得られる Bbox の中心座標  $bb_{real,c}$ 、 $bb_{syn,c}$  とする。最後に DB 内の変形 AR マーカの中心座標と求めた  $\Delta \hat{t}$  によって位置を推定する。

## 3 評価実験

提案手法の有効性を確認するために評価実験を行う。一辺 50[mm] の AR マーカ 10 種類を半径 20,30,40[mm] の円柱に貼り付け変形させた AR マーカを実環境で撮影する。撮影した画像を提案手法に適用し検出精度、姿勢推定、位置推定の評価する。

### 3.1 変形 AR マーカの検出結果

SSD による変形 AR マーカの検出精度を検証する。評価指標として、マーカの認識精度には mean Average Precision(mAP) と AR マーカの位置の検出精度には Intersection over Union(IoU) を採用する。検出結果は mAP が 0.98, IoU が 0.89 となり実環境下でも高精度な検出が可能である。

### 3.2 変形 AR マーカの位置・姿勢推定精度

変形 AR マーカの位置・姿勢推定の結果を平均絶対誤差 (MAE) により評価する。姿勢推定は変形 AR マー

カを SSD により検出し、AR マーカを中心として一定領域を切り出した画像を評価する。位置推定は変形 AR マーカを SSD により検出した際に得られる Bbox の大きさから評価する。

姿勢推定の評価結果を表 1 に示す。提案手法による三次元姿勢推定の MAE は 3.47[°] である。誤差はあるが姿勢推定可能である。

表 1 提案手法における姿勢推定誤差

円柱半径 [mm]	roll	pitch	yaw	平均
20	5.4	4.3	5.1	4.93
30	4.7	3.2	3.4	3.76
40	2.4	1.4	1.4	1.73

円柱の半径が小さいほど MAE が大きくなる傾向が得られた。これは円柱の半径が小さいほど AR マーカの変形が大きいためだと考えられる。

次に位置推定の評価結果を表 2 に示す。提案手法による三次元位置推定の MAE は 0.038[m] である。結果より位置推定が可能である。

表 2 提案手法における位置推定誤差

円柱半径 [mm]	x	y	z	平均
20	0.06	0.03	0.03	0.04
30	0.05	0.02	0.04	0.036
40	0.05	0.02	0.03	0.033

図 2 に提案手法によって位置・姿勢を推定した例を示す。変形した AR マーカでも高精度に位置・姿勢の推定が可能であることが分かる。

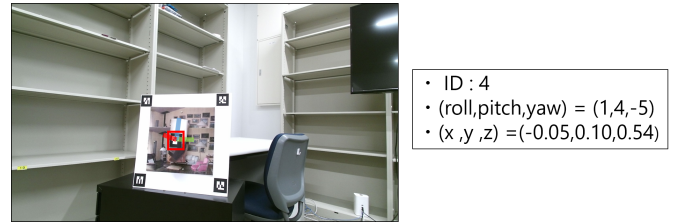


図 2 推定結果の例

## 4 おわりに

本研究では、実環境下における変形 AR マーカの検出及び位置・姿勢推定方法を提案した。今後は画像 1 枚に対する処理速度を向上させる予定である。

## 参考文献

- [1] W.Liu et al. :“SSD: Single Shot MultiBox Detector”, ECCV, 2016.
- [2] Kehl W et al. :“SSD-6D: Making RGB-Based 3D Detection and 6D Pose Estimation Great Again”, ICCV, 2017.
- [3] Martin Sundermeyer et al. :“Implicit 3D Orientation Learning for 6D Object Detection from RGB Images”, ECCV, 2019.