

## 1. はじめに

QR コードや AR マーカに代表される 2 次元コードは、キャッシュレス決済や物品管理、広告、ロボットの認識等の分野において活用されている。平面に貼り付けられた 2 次元コードを認識することで、高精度に 3 次元位置と姿勢を推定することができるが、2 次元コードが変形すると認識に失敗する問題がある。既に機械学習により 2 次元コードを検出する方法 [1] が提案されているが、2 次元コードの 3 次元姿勢を推定するまでには至っていない。

そこで、本研究では機械学習による 2 次元コードの検出と 3 次元姿勢の推定方法を提案する。提案手法は 2 次元コードの検出と姿勢推定の 2 つの処理に分けられる。本稿では 2 次元コードの姿勢推定について述べる。

## 2. 提案手法の概要

本研究は、SSD による変形 AR マーカの検出と AAE による 3 次元姿勢推定の 2 つの処理に分けられる。まず、画像から SSD により AR マーカを検出する。次に、SSD により得られた AR マーカと周辺領域の画像に対して AAE を適用することで変形を含まない AR マーカの画像を生成する。最後に、変形を含まない AR マーカと AR マーカを照合することで 3 次元姿勢を推定する。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。

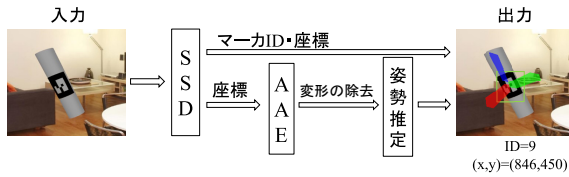


図 1：提案手法の概要

### 2.1. AAE による変形を除去した AR マーカの生成

前段の処理により検出した AR マーカの位置と大きさの情報から Augmented AutoEncoder(AAE)[3] により AR マーカの変形を除去し、その際にエンコーダから得られる潜在変数をもとに姿勢を推定する。

提案手法による姿勢推定は、変形を除去した平面状の AR マーカを生成可能な AAE を学習、エンコーダを用いたデータベース (DB) 作成、エンコーダを用いた推定対象となる AR マーカ画像の潜在変数の取得、DB と推定対象となる AR マーカの潜在変数を用いた類似度計算の 4 つの処理によって行われる。

AAE は、訓練データにノイズや変形を加えて学習し、ノイズの影響を除去した画像を生成する手法である。AAE の流れを図 2 に示す。提案手法では、オートエンコーダ (AE) に図 2(b) を入力し、出力された図 2(c) が図 2(a) に近くなるように学習を行う。図 2(a) と図 2(b) は AR マーカの姿勢がペアとなるようセンサシミュレーションを用いて作成する。AAE の学習方法は、はじめに、図 2(b) をエンコーダに入力し畳み込みを行い、128 次元まで圧縮された実数で表現される潜在変数  $z$  を得る。次に、潜在変数をデコーダに入力し、図 2(c) を出力する。図 2(a) とデコーダから出力された図 2(c) の損失誤差を式 (1) により求め、損失誤差が小さくなるように学習を行う。

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|x_i - x'_i\|_2 \quad (1)$$

$x$  は変形やノイズを含まない画像、 $x'$  はオートエンコーダにより出力した画像を表す。

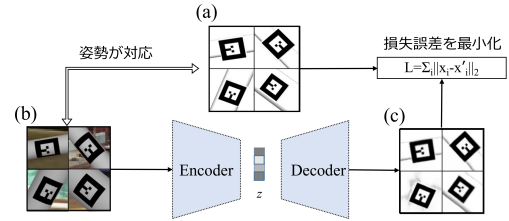


図 2：AAE の学習の流れ

### 2.2. AR マーカの 3 次元姿勢推定

オートエンコーダに入力した際に得られる潜在変数  $z$  に基づき姿勢を推定する。事前にあらゆる姿勢の AR マーカ画像を Gazebo により生成し、潜在変数群を姿勢データベース (DB) として用意する。テスト時には、SSD により検出した AR マーカ画像をエンコーダに入力し、潜在変数を得る。両者の潜在変数のコサイン類似度を計算し、最も類似度が高い DB 中の潜在変数に対応した姿勢を出力する。

DB には、roll[0, 360], pitch[-35, 35], yaw[-15, 15] の範囲を分解能 3° で生成した 264,124 枚を用意する。

### 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。変形 AR マーカの姿勢推定結果を平均絶対誤差 (MAE) を用いて評価する。評価を行う画像は、センサシミュレーションよりランダムな姿勢となる半径 20, 30, 40[mm] の円柱に貼り付けた AR マーカを SSD により検出した 100 枚を使用する。

評価結果を表 1 に示す。提案手法による 3 次元姿勢推定精度は約 2.89[°] となった。DB の角度の分解能が 3[°] であるため、姿勢推定精度は妥当だと考えられる。また、円柱の半径が小さいほど推定精度が低下する傾向が得られた。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。

表 1：提案手法における姿勢推定精度 MAE

円柱半径 [mm]	roll	pitch	yaw	平均
20	4.39	3.06	2.77	3.40
30	2.76	2.88	2.58	2.74
40	2.52	2.65	2.43	2.53

### 4. おわりに

本研究では、変形 AR マーカの認識及び姿勢推定を提案し、機械学習によって AR マーカの座標位置、姿勢を推定できる事を確認した。今後は、提案手法による実環境下での姿勢推定を研究予定である。

### 参考文献

- [1] 鈴木舞香, 山内悠嗣: "機械学習による変形 AR マーカの認識", 中部大学工学部ロボット理工学科卒業論文発表, 2020.
- [2] W. Liu *et al.*: "SSD: Single Shot MultiBox Detector", Proc. of ECCV, 2016.
- [3] Martin Sundermeyer *et al.*: "Implicit 3D Orientation Learning for 6D Object Detection from RGB Images", Proc. of ECCV, 2016.