

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。

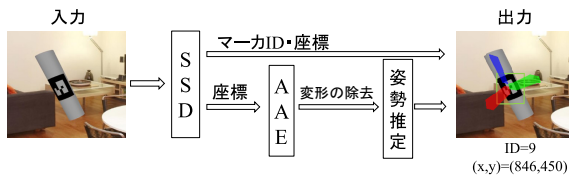


図 1：提案手法の概要

2.1. Augmented Autoencoder

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) により姿勢を推定する。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。その過程で得られる潜在変数に基づき姿勢を推定する。

AAE の流れを図 2 に示す。提案手法では、AAE 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 マーカの姿勢がベ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 の学習では、図 2(b) をエンコーダー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。潜在変数をデコーダーに入力し、図 2(c) を出力する。デコーダから出力された図 2(c) と図 2(a) の損失関数を式 (1) により求め、図 2(c) が図 2(a) に近くなるように学習を行う。

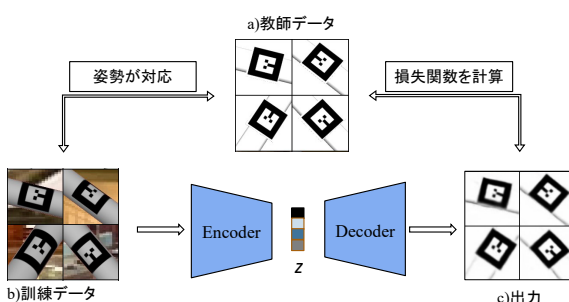


図 2：AAE の学習の流れ

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

ここで l は損失関数を表しており、 n はデータ数である。損失関数は、出力データ x'_i と教師データ x_i の平均 2 乗誤差を計算し求められる。

2.2. 提案手法による姿勢推定

提案手法による姿勢推定は、事前準備となるデータベース (DB) 作成、検出された AR マーカの潜在変数の取得、DB と検出された AR マーカの潜在変数を用いた類似度計算の 3 つの処理によって行われる。

DB の作成方法は、AR マーカの姿勢を roll0~360 度、pitch-35~35 度、yaw-15~15 度の範囲で設定し、各角度 3 度刻みで回転させ合計 264,124 枚の画像を撮影する。各姿勢の画像を学習済みの AAE に入力し、エンコーダーから出力された各姿勢の潜在変数を DB として保存する。

姿勢推定の流れは、検出された AR マーカ画像を学習済みの AAE に入力し、エンコーダーの出力から潜在変数取得する。得られた潜在変数と DB に保存した潜在変数をコサイン類似度を用いて計算する。最も近い潜在変数を持つ DB の姿勢を推定姿勢として決定する。

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。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 [roll,pitch,yaw] の推定精度を評価した。評価を行う画像はセンサシミュレーションにより半径 20, 30, 40[mm] の変形 AR マーカモデルをランダム姿勢 100 枚ずつ用意する。

評価結果を表 1 に示す。全体の結果として 2~3 前後の誤差が生じるという結果となった。今回の実験では DB の分解能を 3 度で行ったため、細かい姿勢までを推定できなかった。その為、分解能を 1 度まで細かくすることにより推定精度が向上すると考えられる。また、復元精度が低い姿勢が複数あることから学習データのバリエーションを増やすことで復元精度が上がり推定精度も上がると考えられる。

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	姿勢平均
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.