

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

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 マーカと事前に用意したあらゆる姿勢の AR マーカを照合し、最も類似する AR マーカに対応する姿勢をテスト画像の姿勢とする。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。

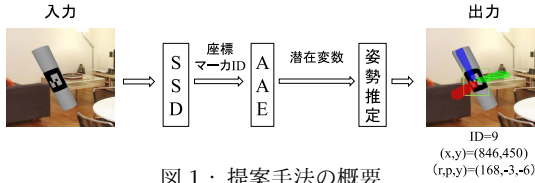


図 1：提案手法の概要

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)[2] により AR マーカの変形を除去し、エンコーダから得られる潜在変数で姿勢を推定する。ロボットシミュレータ Gazebo により事前に変形やノイズを含まない AR マーカ画像 (図 2(a)) と変形やノイズを加えた AR マーカ画像 (図 2(b)) を生成する。そして、オートエンコーダ (AE) に変形やノイズを加えた AR マーカ画像を入力し、変形を除去した AR マーカ画像 (図 2(c)) を生成する。変形やノイズを含まない 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にするために、式 (1) に示す損失関数 L を最小化するように学習する。

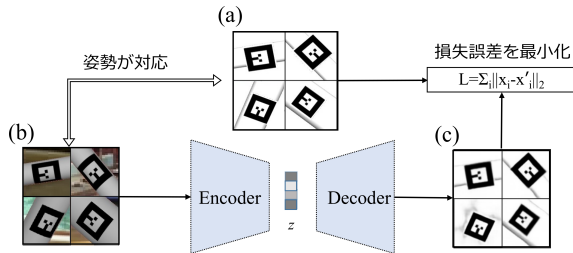


図 2：AAE の学習の流れ

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

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。

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[°] に設定して生成した 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と擬似的に位置ずれを与えたデータの姿勢推定結果をそれぞれ平均絶対誤差 (MAE) により評価する。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、AR マーカを中心とした一定領域の画像 100 枚を使用する。

評価結果を表 1、表 2 に示す。提案手法による 3 次元姿勢推定の平均精度は約 2.89[°] となった。DB の角度の分解能が 3[°] であることから、姿勢推定精度は高いと考えられる。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。位置ずれが起きた場合には、10% までは姿勢推定が可能であるが、20% の位置ずれがあると推定が不可能になることが確認できる。

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	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

表 2：位置ずれを想定した姿勢推定誤差

円柱半径 [mm]	0%	10%	20%
20	3.40	4.73	37.36
30	2.74	3.65	28.59
40	2.53	3.41	25.11

4. おわりに

本研究では、変形 AR マーカの検出及び姿勢推定法を提案した。その中でも、本稿では変形した AR マーカの姿勢推定について述べた。本研究では AAE に基づき、変形した AR マーカにおいても高精度に 3 次元の姿勢を推定できることを確認した。今後は実環境における提案手法の有効性を検証する予定である。

参考文献

- [1] 鈴木舞香: “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, 2020.
- [2] Martin Sundermeyer *et al.*: “Implicit 3D Orientation Learning for 6D Object Detection from RGB Images”, Proc. of ECCV, 2016.