

## 1. はじめに

現在 QR コードや AR マーカなどの 2 次元コードは、製造での工程管理、製品ピッキング棚卸やロボット認識機能等の広い分野で利用されている。しかし、2 次元コードは、曲面や角などに貼った場合、歪みによる見え方の変化を引き起こし、認識精度が低下する問題を抱えている。本研究の前任者である鈴木が、Faster R-CNN[1] を用いて、ID、大きさ、変形度合い、半径の推定をした。

本研究では機械学習を用いた変形 AR マーカの認識及び姿勢推定を提案する。変形した AR マーカを SSD(Single Shot MultiBox Detector)[2] によって学習することで、変形 AR マーカを認識し、ID と位置を推定する。そして、Augment Autoencoder(AAE)[3] を用いた変形 AR マーカの平面化及び姿勢推定を提案する。

## 2. 提案手法

本研究では円柱に張られた AR マーカの画像を SSD で学習し、歪んだ AR マーカの認識を行い AR マーカの ID と AR マーカが存在する座標を識別する。AAE は、変形 AR マーカ画像を入力し、平面 AR マーカ画像を出力するように学習する。姿勢推定では事前に学習した AAE に各姿勢ごとの AR マーカ画像を入力し、潜在変数のデータベースを作成する。そして、SSD により検出されたバウンディングボックスを  $128 \times 128$  ピクセルにリサイズを行い、学習済みの AAE に入力し、潜在変数を得る。変形 AR マーカの潜在変数とデータベースの潜在変数の類似度を計算し、類似度から AR マーカの姿勢を推定する。

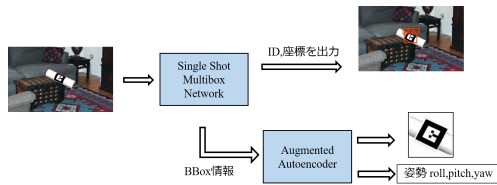


図 1：提案手法の流れ

### 2.1. Augmented Autoencoder

AAE は、変化の加わった物体の画像を、変化を取り除いた画像として生成するように学習する Autoencoder である。AAE の学習の流れを図 2 に示す。平面状の AR マーカの貼られた円柱の画像 (a) を正解画像として、(a) と同じ姿勢の AR マーカを円柱に沿うように貼り付けた画像 (b) を AAE に入力する。出力 (c) は (a) と誤差を取り (a) を再現するように学習を行う。これにより AAE に変形 AR マーカを入力したときに、同じ姿勢の平面状の AR マーカを出力可能になる。

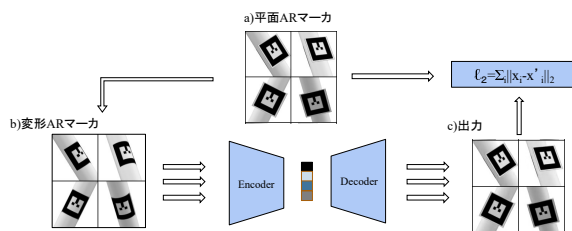


図 2：AAE の学習

### 2.2. AAE による姿勢推定

姿勢推定の流れを図 3 に示す。姿勢推定は、ターゲット画像の潜在変数と姿勢データベースの潜在変数の類似度を

利用して行う。姿勢データベースは各姿勢の AR マーカ画像を AAE に入力し、獲得した潜在変数  $z_n$  を蓄積することで作成する。本研究では AR マーカの姿勢を roll を  $0 \sim 360$  度、pitch を  $-35 \sim 35$  度、yaw を  $-15 \sim 15$  度の範囲に設定した。変形 AR マーカの潜在変数  $z_{test}$  と姿勢データベースの潜在変数とのコサイン類似度を式 (1) により計算する。そして、最も近い潜在変数の姿勢情報を物体姿勢として決定する。

$$\cos_n = \frac{z_n z_{test}}{\|z_n\| \|z_{test}\|} \quad (1)$$

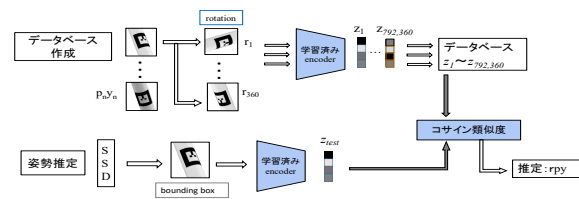


図 3：姿勢推定の流れ

## 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。評価方法として gazebo のシミュレーション空間上に AR マーカを円柱に張り付けたモデルを表示し、撮影を行う。AR マーカのモデルは、半径 20,30,40[mm] の円柱を各モデル姿勢 100 枚ずつ用意する。撮影されたモデル画像を SSD によって検出し、その際に得られたバウンディングボックスの画像を  $128 \times 128$  にリサイズし、使用する。バウンディングボックスの画像を入力として提案手法により姿勢推定を行う。評価用画像のモデル姿勢と提案手法により推定された姿勢の [roll, pitch, yaw] を比較し平均平方二乗誤差 (RMSE) により評価する。

評価結果を表 1 に示す。各半径どれも 3 度前後の誤差が生じるという結果となった。

表 1：提案手法における姿勢推定の精度

円柱半径 [mm]	平均誤差	roll	pitch	yaw
20	3.37	3.64	4.12	2.37
30	3.36	2.96	3.98	3.16
40	3.61	3.57	5.12	2.14

## 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、姿勢を推定できることを確認した。今後は、提案手法による実世界での姿勢推定を研究を行う予定である。

## 参考文献

- [1] S. Ren *et al.* : “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks”, Proc. of NIPS, 2015.
- [2] W. Liu *et al.* : “SSD: Single Shot MultiBox Detector”, ECCV, 2016.
- [3] Martin Sundermeyer *et al.* : “Implicit 3D Orientation Learning for 6D Object Detection from RGB Images”, ECCV, 2016.