

1. はじめに

近年、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など様々な場面で活用されている。しかし、2次元コードは平面に張ることを前提としているため、既存の手法では変形した2次元コードを認識することができない問題がある。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 DB を照合することで3次元姿勢を推定する。

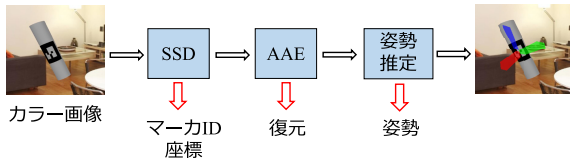


図1：提案手法の概要

2.1. Augmented Autoencoder

SSDにより求めた変形した AR マーカを Augmented Autoencoder(AAE)により変形のないマーカに変換する。AAEは、訓練データに背景画像や光、遮蔽物など環境ノイズを加え学習を行いノイズによらない訓練データの本質的な潜在表現を学習するオートエンコーダーである。

AAEの学習の流れを図2に示す。提案手法では、変形 AR マーカに背景テクスチャを付けた画像を訓練データ図2(b)、訓練データに姿勢が対応する平面状の AR マーカ画像を教師データ図2(a)とした教師あり学習を行う。また、学習用画像はセンサシミュレーションにより生成し収集を行う。

訓練データをエンコーダーに入力し、圧縮されたデータの1次元特徴(潜在変数 z)を得る。潜在変数 z をデコーダーに入力し、復元データ図2(c)を出力する。復元データと教師データの損失関数を式(1)により求め、2つのデータの損失が小さくなるように学習を行う。

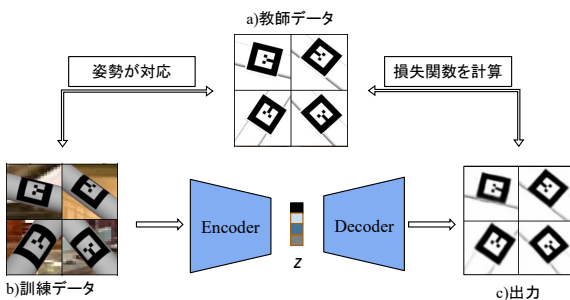


図2：AAEの学習の流れ

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

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、復元データ 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

学習済みのエンコーダーによって得られる1次元に圧縮された128個の実数によって表現される潜在変数 z を用いて類似度計算をし、姿勢推定を行う。

姿勢推定は、推定対象となる変形 AR マーカ画像をエンコーダーに入力し、出力される潜在変数 z_{test} とデータベース(DB)に保存した潜在変数 z_n のコサイン類似度を式(2)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。

DBは、ARマーカの姿勢をrollを0~360度、pitchを-35~35度、yawを-15~15度と範囲を設定し、各角度3度刻みで回転させ792,360枚の画像を撮影する。その後、エンコーダーに入力し、出力された潜在変数 z_n (z_n は z 集合の1つ)を分解能3度のDBとして保存する。

$$\cos_n = \frac{\vec{z}_n \vec{z}_{test}}{\|\vec{z}_n\| \|\vec{z}_{test}\|} \quad (2)$$

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)を用いて推定精度の評価を行った。評価を行う画像はセンサシミュレーションにより変形 AR マーカを撮影し、背景テクスチャを付けた画像を使用した。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。提案手法により推定された姿勢と正解姿勢の[roll, pitch, yaw]のMAEを求める。

評価結果を表1に示す。各半径の小さい円柱ほど精度は高くなり、全体としては4~5前後の誤差が生じるという結果となった。円柱半径が小さいほど姿勢によって画像特徴量が大きく変わり、潜在変数が明確になることから精度が高くなったと考えられる。またDBの分解能を3度で行ったため分解能を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。

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	5.30	3.64	3.42	4.12
30	5.78	4.49	3.71	4.66
40	6.52	4.51	3.73	4.91

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.