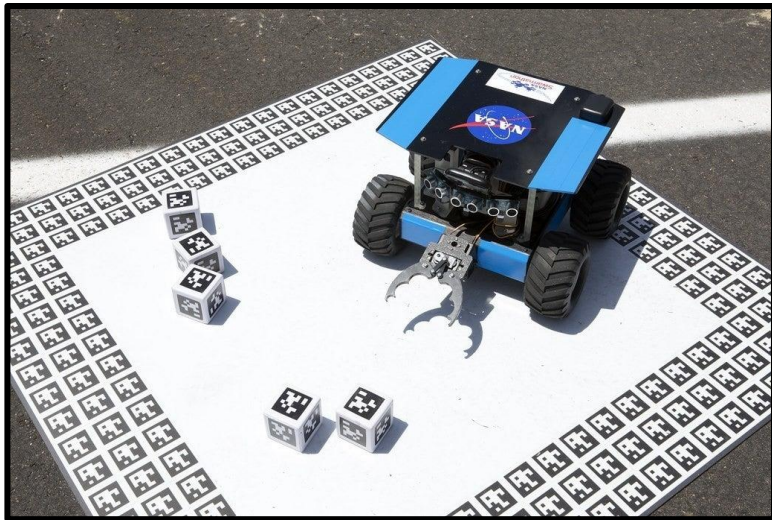


機械学習を用いた ARマーカの位置姿勢推定

機械知能研究室
ER17076 安井理

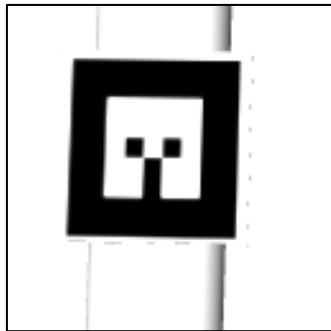
研究背景

- 2次元コードはロボット認識などの広い分野で利用されている
 - 2次元コードの大きさを定義することで3次元位置・姿勢の推定を行える
 - 特殊なパターンによりどの角度からでも検出可能

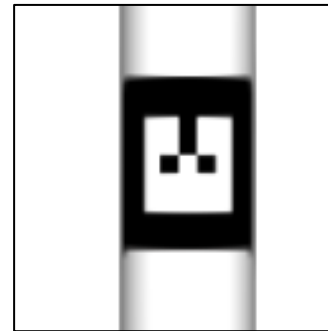


2次元コードの問題

- 変形が生じた時に認識機能が著しく低下
- 機械学習により変形したマーカを検出する方法は提案されているが姿勢推定までは至っていない



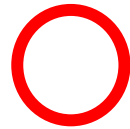
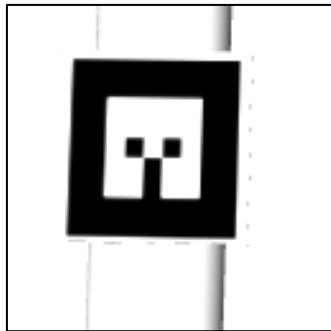
認識可能なマーカ



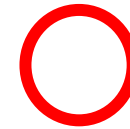
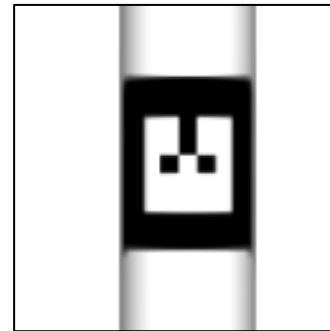
歪みにより認識不可

2次元コードの問題

- 変形が生じた時に認識機能が著しく低下する
- 機械学習により変形したマーカを検出する方法は提案されているが姿勢推定までは至っていない



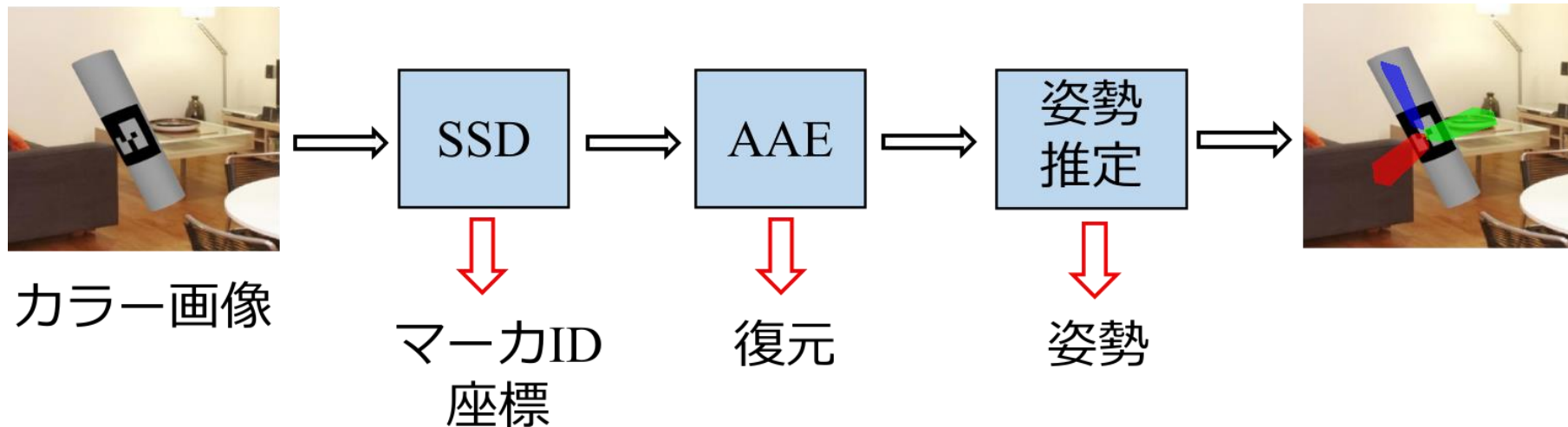
認識可能なマーカ



機械学習により検出可能

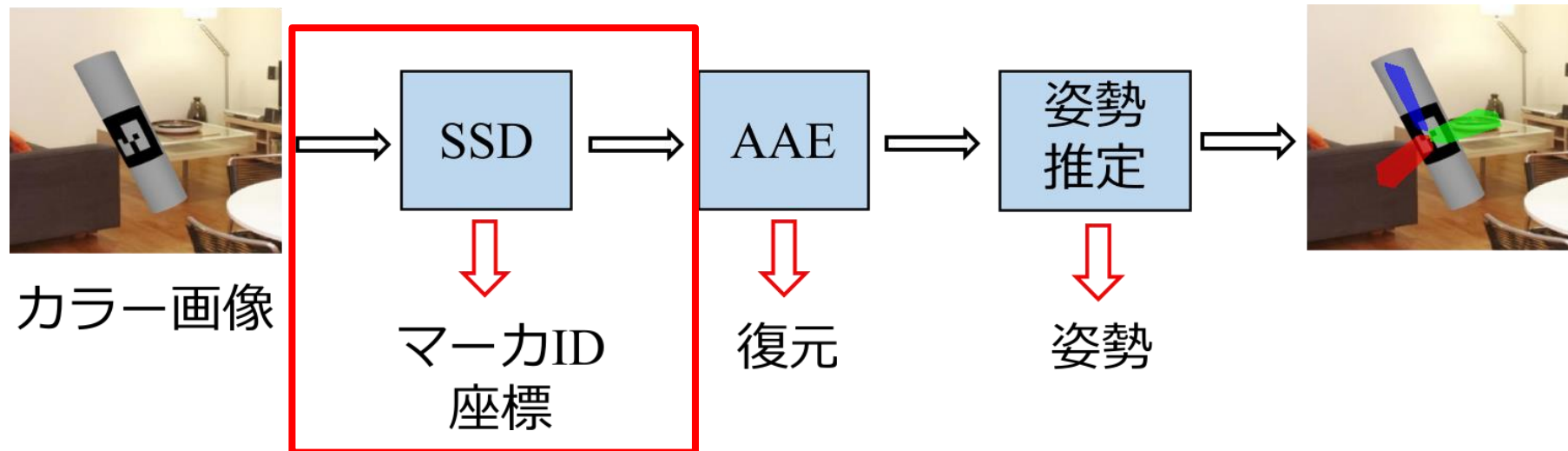
研究目的

- 変形の加わったARマーカを含むカラー画像から「検出・平面状ARマーカへの復元・姿勢推定」を行う



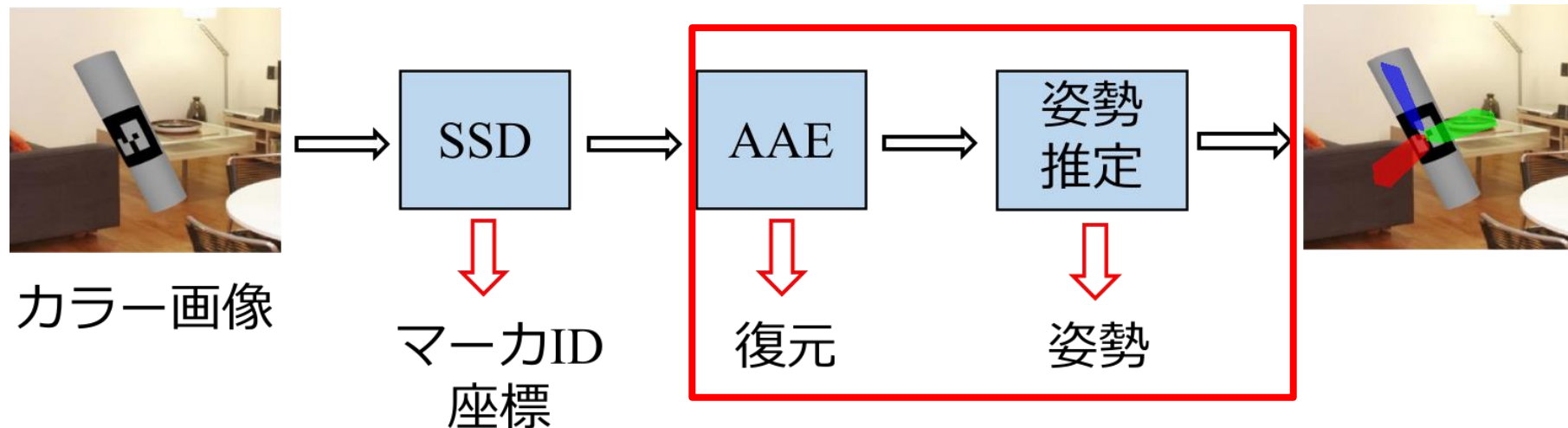
アプローチ

- SSD (Single Shot MultiBox Detector) によってARマーカを検出しID・座標を検出
- 変化の加わったARマーカをAAE (Augmented Autoencoder) での平面化を行い, 取得した潜在変数より姿勢の推定を行う



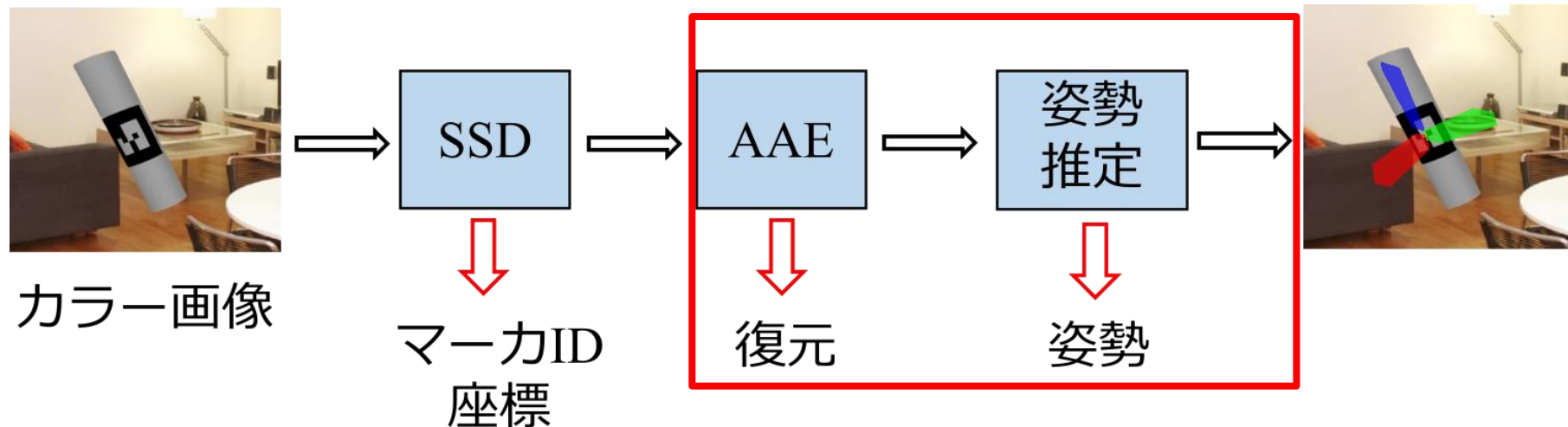
アプローチ

- SSD (Single Shot MultiBox Detector) によってARマーカを検出しID・座標を検出
- 変化の加わったARマーカをAAE (Augmented Autoencoder) で平面化を行い, 取得した潜在変数より姿勢を推定



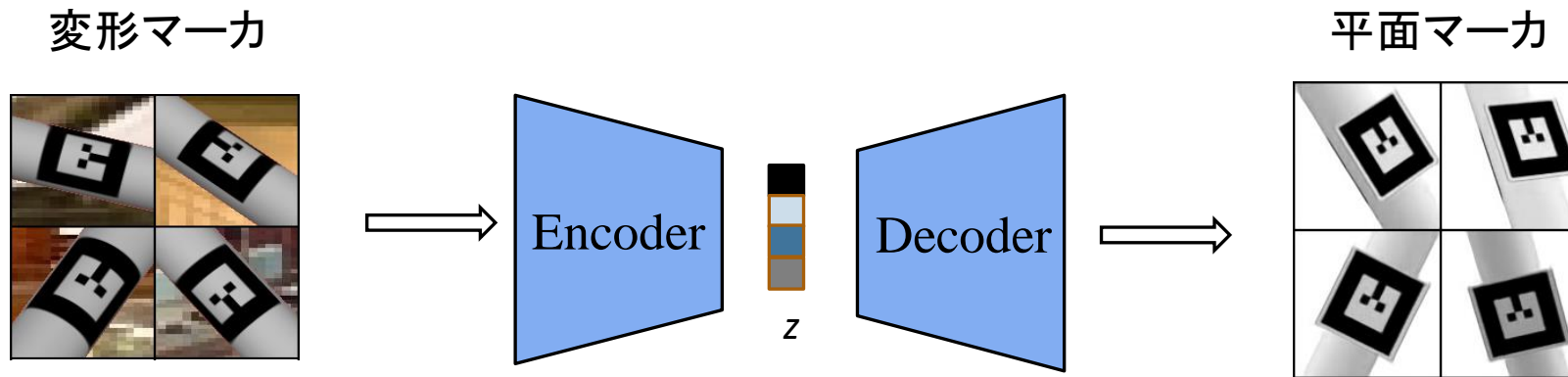
アプローチ

- SSD (Single Shot MultiBox Detector) によってARマーカを検出しID・座標を検出
- 変形の加わったARマーカをAAE (Augmented Autoencoder) を用いて平面化と姿勢の推定を行う
- AAEを用いた復元・姿勢推定の提案



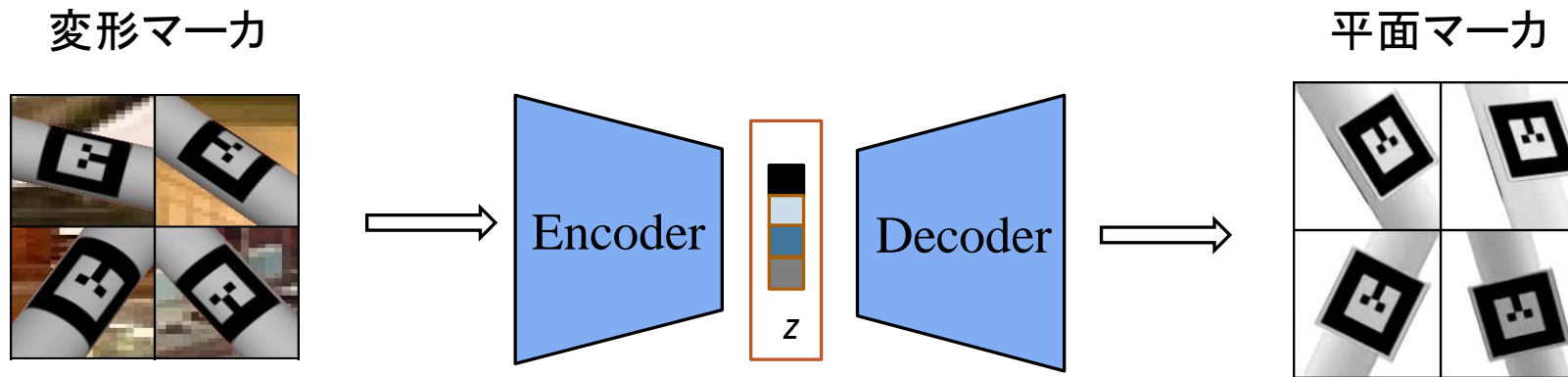
Augmented Autoencoder (AAE)

- 変化の加わったARマーカを平面状ARマーカへ復元
 - 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本質的な潜在表現を取得できるよう学習
- エンコーダーにより圧縮されたマーカの姿勢情報を1次元特徴量(潜在変数 z)として取得



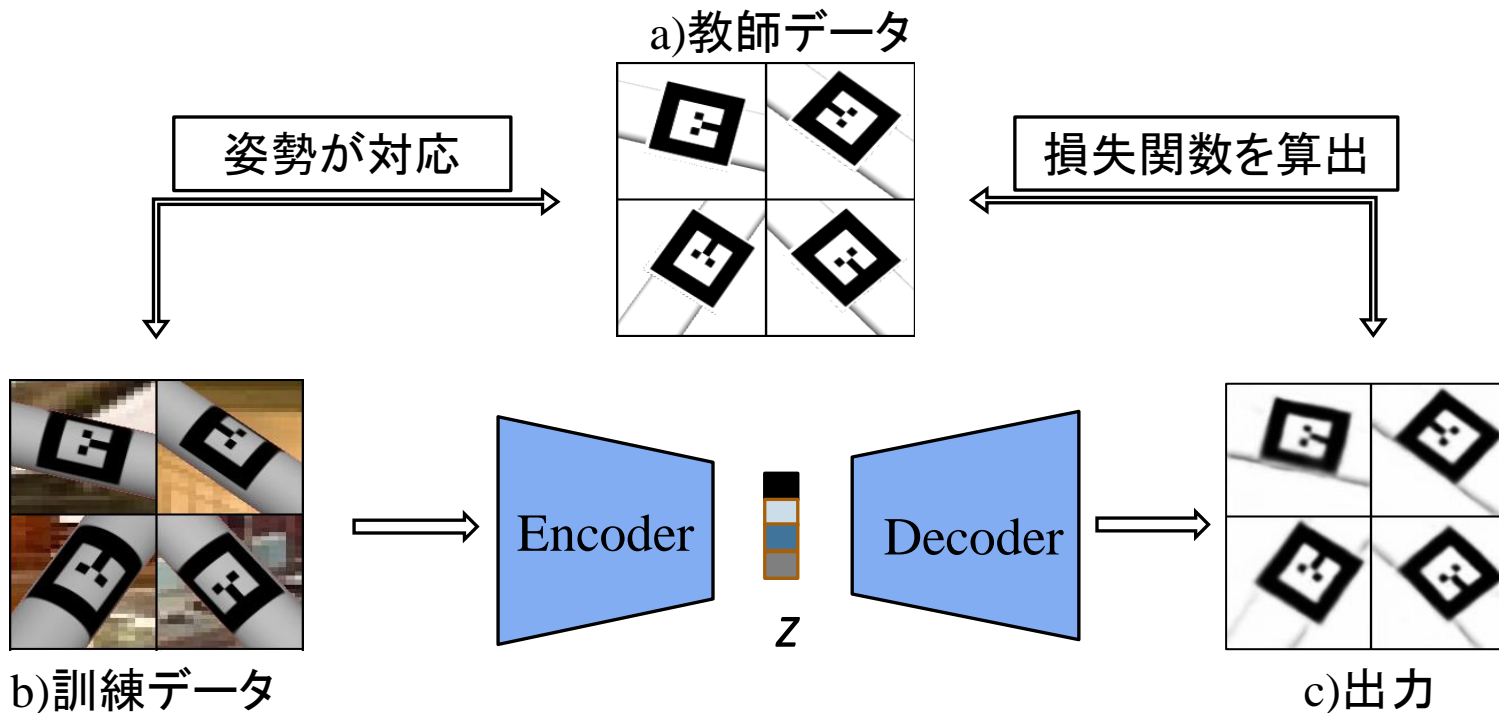
Augumented Autoencoder

- 変化の加わったARマーカを平面状ARマーカへ復元
 - 背景画像や光, 遮蔽物など環境ノイズを加え学習を行い
ノイズによらない本質的な潜在表現を取得できるよう学習
- エンコーダーにより128次元まで圧縮されたマーカの姿勢情報を
潜在変数 z として取得



Augumented Autoencoder

- 入力(b): 教師データ(a)と姿勢が対応する背景付きの変形ARマーカ画像
- 出力(c): 教師データ(a)との損失関数が小さくなるように学習
- 学習により歪みのないARマーカが復元可能

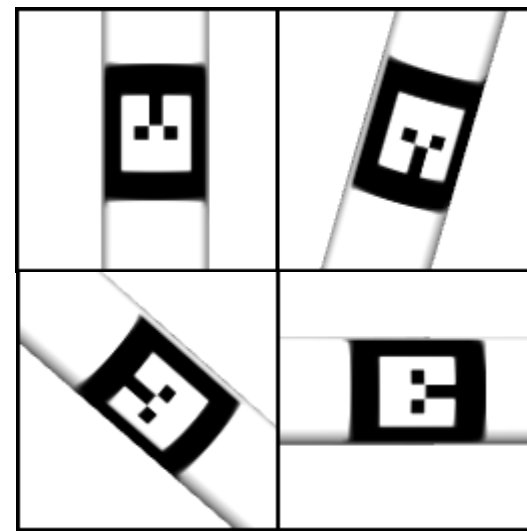


姿勢推定

- 学習済みのエンコーダーによって得られる潜在変数 z を使用し類似度計算を行い姿勢を推定
- 推定対象画像とデータベース(DB)画像の2つを使用



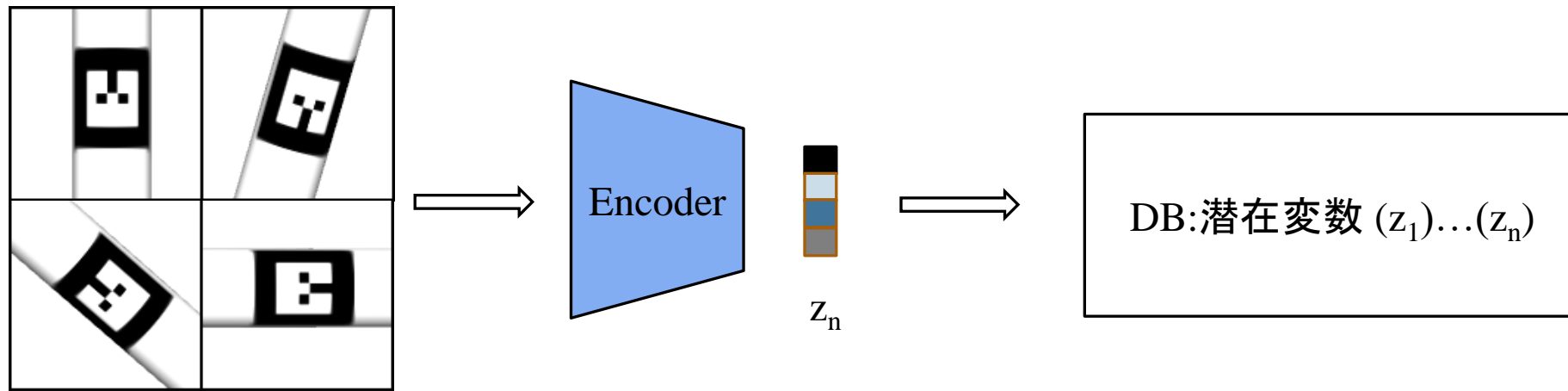
推定対象画像



DB画像

データベースの作成

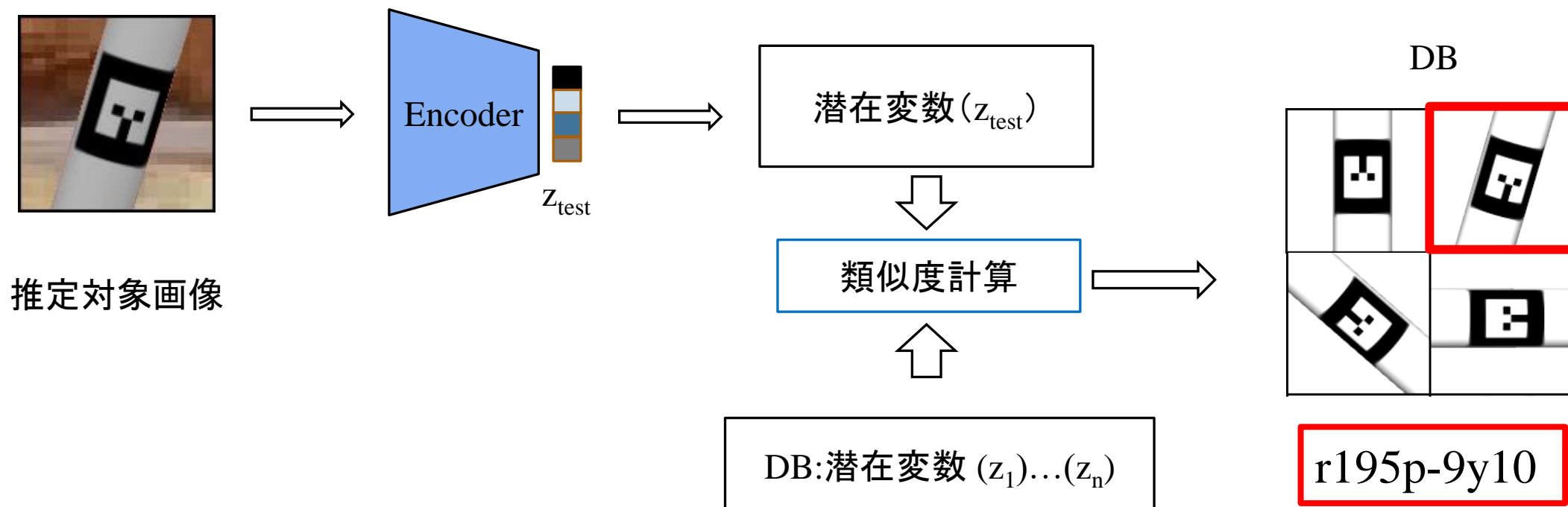
- 各姿勢の変形ARマーカの画像をあらかじめAAEに入力
- 各姿勢画像(n枚)それぞれの潜在変数(z_n)をDBとして保存



各姿勢の画像(n枚)

姿勢推定

- 推定対象画像をエンコーダーに入力し潜在変数を取得
- 取得した潜在変数とDBの類似度を計算
 - 最も近いDBの姿勢を推定姿勢として決定
 - 推定姿勢[roll,pitch,yaw]は度数法で標記



使用するARマーカ

- ROSで利用されているar_track_alvarパッケージのID0~9番を使用



ID = 0



ID = 1



ID = 2



ID = 3



ID = 4



ID = 5



ID = 6



ID = 7



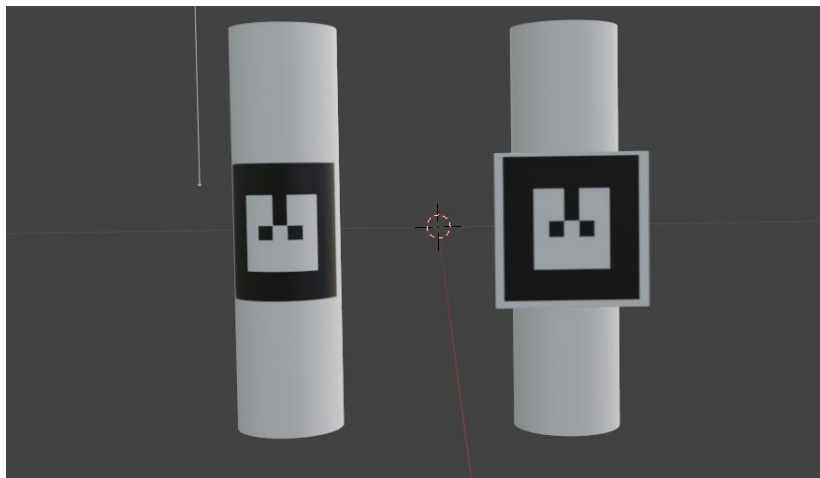
ID = 8



ID = 9

学習に使用するモデル

- ARマーカのサイズは縦横50mm
- 半径20, 30, 40mmの円柱に貼り付けたモデルを使用
- 学習モデルの種類
「変形ARマーカモデル・平面状ARマーカモデル」2種類それぞれ
ID0~9 × 半径3種類の合計60種類のモデルを使用



使用モデルの例 (ID=0, 半径=20)

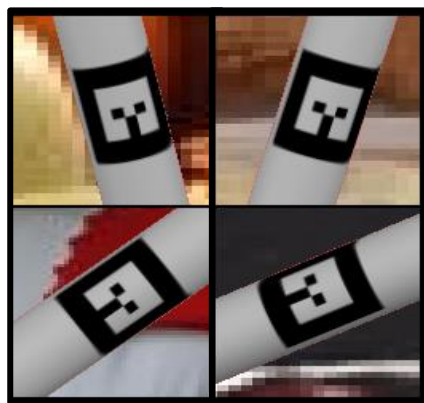
学習用画像の作成

- センサシミュレーションにより学習用画像を作成
 - 変形ARマーカの背景にはテクスチャを付け現実環境を仮定
 - 学習画像は1種類あたり1500枚用意
 - 訓練データ, 教師データの60種類, 合計90,000枚用意

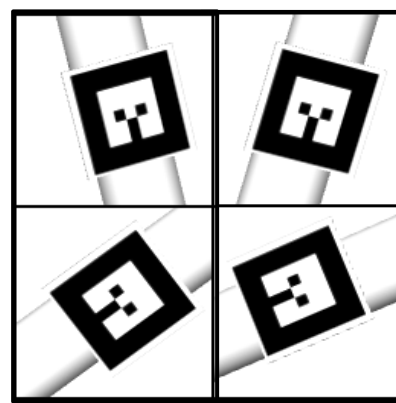


評価実験

- 平均絶対誤差 (MAE) を用いて推定精度を評価
 - 推定姿勢[roll, pitch, yaw]の誤差を算出
- 評価データ
 - 画像: 各半径100枚
 - モデル姿勢: ARマーカが半分以上見える範囲内からランダム



評価データ



評価データの平面画像

評価実験

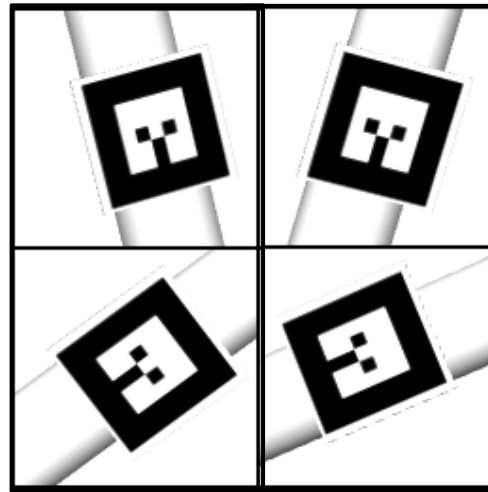
- 姿勢推定で使用するDB
 - モデル姿勢範囲: roll:0~360° pitch:-35~35° yaw:-15~15°
 - 分解能3度となるよう36,000枚の姿勢画像をDBに使用

評価実験

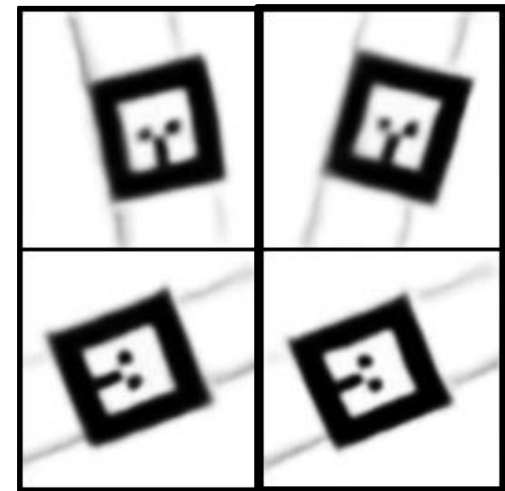
- AAEによる評価データの復元画像
- 変化を取り除き平面化できていることを確認



評価データ



正解画像



復元画像

評価結果

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

評価結果

- 姿勢推定のMAEは, 4~5前後となりズレはあるが姿勢推定は可能
- 半径が小さいモデルほど推定精度が高い

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

評価結果

- 姿勢推定のMAEは、4前後となりズレはあるが姿勢推定は可能
 - 半径が小さいモデルほど推定精度が高い
- ⇒ 半径が小さいモデルほど姿勢ごとの画像特徴が明確になる為

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

まとめ

- 機械学習による姿勢推定を提案
 - AAEを用いて姿勢推定が行えることを確認した
- 今後の課題
 - 推定精度を上げるためDBの分解能を1度で用意
 - 学習データのバリエーションを増やし潜在変数を明確に表現する事で、推定精度の向上
 - 実環境下での姿勢推定