

はじめに

二次元の画像から現実世界の三次元情報を推定する問題は、コンピュータビジョンにおける基本的な研究課題である。本研究では、未校正の単視点画像に写された特定の空間平面に対するメトリック校正を、4点対応を用いずに推定したホモグラフィから実現するための手法を提案する。

メトリック校正について

メトリック校正とは

- 画像中に写っている特定の平面を、正面から写したような画像に校正すること。
- ホモグラフィから実現できる。



額縁平面へのメトリック校正

ホモグラフィとは

- 画像面と空間平面上にある点の間で一対一の対応を定める。
- 画像面と空間平面との間で4点対応が定めれば容易に算出可能。

メトリック校正を行うメリット

- 三次元情報(角度や比率など)を画像から直接取得できる。

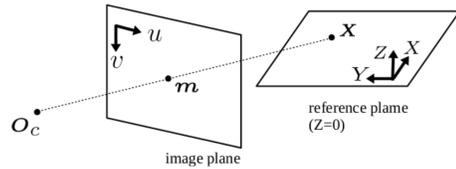
提案手法

ワールド座標 XYZ 系

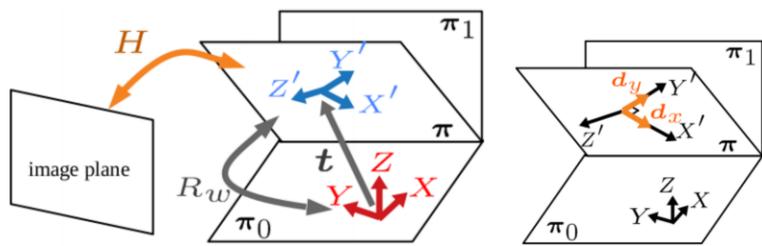
- 空間点: $\mathbf{X} = [X, Y, Z]^T$
- 同時座標: $\tilde{\mathbf{X}} = [X, Y, Z, 1]^T$

画像座標 uv 系

- 空間点: $\mathbf{m} = [u, v]^T$
- 同時座標: $\tilde{\mathbf{m}} = [u, v, 1]^T$



基準平面 π_0 から対象平面 π を計算する手法には従来法を用いる。対象平面 π と、基準平面 π_0 上のワールド座標 XYZ 系についての射影行列 P から、提案手法により、 π 上の新しいワールド座標 $X'Y'Z'$ 系についての射影行列 P' を計算できる。



提案手法の流れ

- π_0 上にある XYZ 系を π 上に移し、 $X'Y'Z'$ 系と定める。
($X'Y'$ 平面 = π , Z' 軸 = π の法線ベクトル \mathbf{n})
- X' 軸と Y' 軸の単位方向ベクトル $\mathbf{d}_x, \mathbf{d}_y$ を求める。
- XYZ 系から $X'Y'Z'$ 系への回転行列 $R_w = [\mathbf{d}_x, \mathbf{d}_y, \mathbf{n}]$ と並進ベクトル \mathbf{t} を計算する。
- 座標系間の関係式 $\tilde{\mathbf{X}} = \begin{bmatrix} R_w & \mathbf{t} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{bmatrix} \tilde{\mathbf{X}'}$ を解く。
- $X'Y'Z'$ 系についてのカメラモデルの式を解き、 $X'Y'Z'$ 系と uv 系についての射影行列 P' を計算する。
ここで、 λ は非ゼロのスカラーである。

$$\begin{cases} \lambda \tilde{\mathbf{m}} = P' \tilde{\mathbf{X}'} \\ P' = [MR_w, P\tilde{\mathbf{t}}], \quad P = [\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \mathbf{p}_4], M = [\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3] \end{cases}$$

- 以下の式からホモグラフィ行列 H_π を求める。

$$\begin{cases} \lambda \tilde{\mathbf{m}} = H_\pi [X', Y', 1]^T \\ H_\pi = [M\mathbf{d}_x, M\mathbf{d}_y, P\tilde{\mathbf{t}}], \end{cases} \quad (1)$$

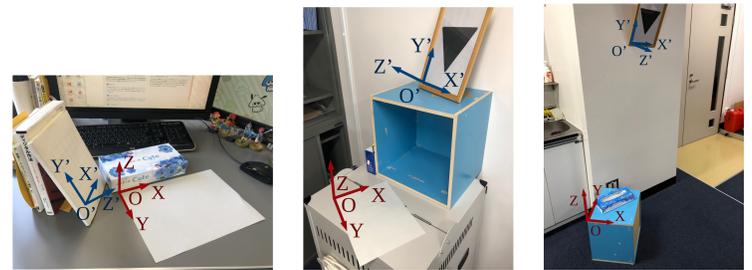
- 入力画像に H_π^{-1} を施すことでメトリック校正を実現する。

実験結果

以下の3種類の画像についてメトリック校正を行なった。

- XYZ 座標系(赤): 基準平面
- $X'Y'Z'$ 座標系(青): 対象平面

メトリック校正



(c) 画像A

(d) 画像B

(e) 画像C



(f) Aの校正後1



(g) Aの校正後2



(h) Bの校正後



(i) Cの校正後

メトリック校正後の対象平面について長さや角度の推定をし、真値との誤差を計算した結果が以下の表である。

長さの推定結果

線番号 (Color)	真値 [mm]	推定値 [mm]	誤差率	真値 [mm]	推定値 [mm]	誤差率
1 (Red)	98.0	101.7 (3.78%)	92.8 (5.31%)	174.0	173.2 (0.46%)	167.5 (3.74%)
2 (Blue)	135.7	142.8 (5.23%)	150.2 (10.69%)	215.1	225.9 (5.02%)	211.8 (1.53%)
3 (Green)	167.6	172.2 (2.74%)	176.6 (5.37%)	174.0	176.4 (1.38%)	170.6 (1.95%)
4 (LightBlue)	59.0	60.4 (2.37%)	57.6 (2.37%)	101.3	90.7 (10.46%)	96.1 (5.13%)
5 (Orange)	58.0	60.3 (3.97%)	65.8 (13.45%)	63.5	68.6 (8.03%)	63.1 (0.63%)
6 (Pink)	28.0	27.9 (0.36%)	30.0 (7.14%)	202.0	177.7 (12.03%)	195.0 (3.47%)

角度の推定結果

角度番号 (Color)	真値 [°]	推定値 [°]	誤差率	真値 [°]	推定値 [°]	誤差率
1 (Red)	45.0	45.0 (0.00%)	46.5 (3.33%)	60.0	63.4 (5.67%)	60.5 (0.83%)
2 (Blue)	90.0	87.9 (2.33%)	88.6 (1.56%)	60.0	66.1 (10.17%)	61.7 (2.83%)
3 (Green)	45.0	44.0 (2.22%)	49.0 (8.89%)	60.0	50.5 (15.83%)	57.9 (3.50%)
4 (LightBlue)	90.0	94.1 (4.56%)	90.3 (0.33%)	90.0	89.3 (0.78%)	88.9 (1.22%)

平均相対誤差はそれぞれ

- 長さ: 約5%
- 角度: 約4%

となっている。

まとめ

本研究では、4組の点対応が容易に定められないような平面に対するホモグラフィの推定方法を新たに示し、その平面上の三次元情報を一枚の画像のみから取得可能であることを示した。評価実験の結果から、提案手法の妥当性と有効性をある程度確認した。