

ラドン変換を用いた消失点検出による射影歪み補正の評価

D-12 Estimation of Perspective Distortion Correction by Vanishing Point Detection

武澤 裕介[†] 石原 聖司[†] 古川 貴雄^{††} 滝口 孝志[‡] 長谷川 誠[†]

Yusuke TAKEZAWA[†] Seiji ISHIHARA[†] Takao FURUKAWA^{††} Takashi TAKIGUCHI[‡] Makoto HASEGAWA[†]

[†]東京電機大学 ^{††}共立女子大学家政学部 [‡]防衛大学校数学教育室

[†] Tokyo Denki University ^{††} Kyoritsu Women's University [‡] National Defense Academy of Japan

1. はじめに

射影変形を受けた掲示板の画像には 2 つの消失点が生じる。例えば、図 1(a)に示すように、罫線付きホワイトボードを右下から撮影した場合、射影歪みを受ける。罫線を延長して交わる 2 点の消失点が生じる。

掲示板上に水平・垂直の線が多く引かれている場合、画像をラドン変換すると、図 1(b)に示すように変換結果には点列が生じ、さらに ST 変換すると点列は直線上に並ぶ。直線上に並んだ点列の回帰直線を算出して消失点の位置を算出する。2 つの消失点の位置から、射影歪みを補正するための射影行列を算出し、画像を変換して補正する[1]。ここでは、格子付きホワイトボードを 256 枚撮影し、補正効果を考察する。また、従来方法と比較する。

2. ラドン変換を用いた消失点の検出画像

原画像 $f(x, y)$ を

$$R(\theta, \rho) = \int f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - \rho) dx dy \quad (1)$$

とラドン変換する。ラドン変換結果 $R(\theta, \rho)$ は極座標系 (θ, ρ) で表現される。消失点 (x_v, y_v) を通る n 本の直線群 l_i , $i = 1 \dots n$ は、 $\rho_i = x_v \cos \theta_i + y_v \sin \theta_i$ を満たすように、ラドン変換画像 $R(\theta, \rho)$ 上の点列 (θ_i, ρ_i) , $i = 1 \dots n$ となる。さらに、 $s = \cos \theta / \rho$, $t = \sin \theta / \rho$ により (θ, ρ) を (s, t) に座標変換すると、 $1 = x_v s + y_v t$ となり、直線の式となる(ST 変換)。すなわち、点列 (s_i, t_i) , $i = 1 \dots n$ は直線上に並ぶ。ここでは、点列の回帰直線 $t = \alpha s + \beta$ を求め、消失点の位置を $(x_v, y_v) = -(\alpha / \beta, 1 / \beta)$ と算出する。

3. 射影変換による補正

図 1(c)に示すように、2 つの消失点から算出される 4 点 \mathbf{P}_i , $i = 0 \dots 3$ が、画像の 4 頂点 \mathbf{P}_i'' , $i = 0 \dots 3$ に移動するように射影変換して射影歪みを補正する。射影変換は

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ w' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

となる。さらに式変形すると式(3)が導出される。 \mathbf{P}_i と \mathbf{P}_i'' , $i = 0 \dots 3$ の対応から射影行列を算出して変換し、射影歪みを補正する。ここでは、特異値分解を用いる。図 1(d)に射

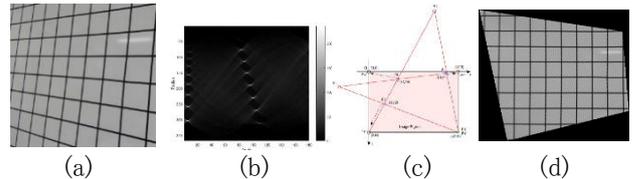


図 1 (a) 格子付きホワイトボードを斜めから撮影した写真, (b) ラドン変換結果, (c) 補正方法, (d) 補正結果

表 1 平均歪み量

方法	平均歪み量
原画像(補正前)	4.87
本方法	0.86
Chen の方法	3.49
志久の方法	3.13

$$\begin{pmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \\ h_{33} \end{pmatrix} = \mathbf{0} \quad (3)$$

影歪みの補正例を示す。

4. 実験

図 1(a)の 9 格子点(縦横 3 点;合計 9 点)に注目し、この格子点を端点とする 20 個の線分を生成する(斜め 45 度方向の線分も含む)。線分長の標準偏差を歪み量とする。線分が斜めの場合、長さを $1/\sqrt{2}$ 倍する。射影歪みが生じない場合、9 個の線分長は等しく、標準偏差は 0 である。なお、補正後(図 1(d))の歪み量についても計測する。

256 枚を撮影し、歪み量の平均を計測した結果を表 1 に示す。補正によって歪みが軽減されることがわかる。本方法の歪み補正効果は他の方法よりも高いことが分かる(従来方法の詳細は文献[1]を参照)。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 26330206 の助成を受けた。

参考文献

[1] 杉山健太, 石原聖司, 古川貴雄, 滝口孝志, 長谷川誠, “ラドン変換を用いた消失点検出による射影歪み補正の考察,” 映像情報メディア学会冬季大会, 22B-1, Dec. 2015.