

ラドン変換を用いた消失点検出による射影歪み補正 - RANSAC アルゴリズムを用いた線分ノイズ除去検討 -

武澤裕介[†] 石原聖司[†] 古川貴雄^{††} 滝口孝志^{†††} 長谷川誠[†]
東京電機大学[†] 共立女子大学家政学部^{††} 防衛大学校数学教室^{†††}

1. はじめに

日本語文字列を携帯カメラで撮影する際、文字列に射影歪みが生じる場合がある。文字列が射影歪みを含む場合、図 1(b)のように掲示板中の垂直・水平線分が、その延長線上で交わり、2つの消失点が生じる。垂直・水平線分をラドン変換すると2つの点列に変換され、点列をST変換し直線上に整列する。消失点を検出する方法は種々検討されている。Chenらは、ハフ変換を繰り返して消失点を検出する[1]。直線上に並んだ点列をハフ変換する際に誤差が生じ、消失点の位置の算出精度が低下する恐れがある。筆者らの従来法では、ラドンドメイン上の点列に対し、最小二乗法により回帰直線を算出し、消失点を検出する[2]。本稿では、RANSAC アルゴリズムを用いて回帰直線を算出し、垂直・水平線分以外の線分ノイズを除去する。消失点から射影行列を算出し、画像を射影変換で補正する。実験により筆者ら、Chenらの従来法より提案方法の補正精度が比較的高いことを明らかにする。

2. ラドン変換を用いた消失点検出

原画像 $f(x, y)$ を

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

によりラドン変換する。ラドン変換結果 $R(\rho, \theta)$ は極座標系 (ρ, θ) で表される。消失点 (x_v, y_v) を通る n 本の直線群 $l_i: i=1 \dots n$ が

$$\rho_i = x_v \cos \theta_i + y_v \sin \theta_i \quad (2)$$

を満たすように点列 $(\rho_i, \theta_i): i=1 \dots n$ に変換される。ラドンドメインを動径方向に沿って微分し、点列を強調する。

$$R'(\rho, \theta) = \begin{cases} 1 & R(\rho, \theta) > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

で点列を抽出する。

$$s = \frac{\cos \theta}{\rho}, t = \frac{\sin \theta}{\rho} \quad (4)$$

で $(\rho_i, \theta_i): i=1 \dots n$ から $(s_i, t_i): i=1 \dots n$ に変換する

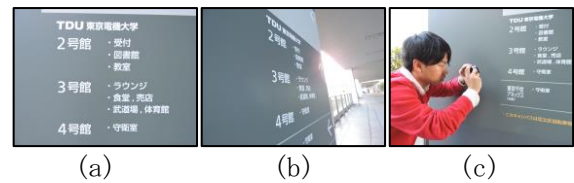


図 1 (a) 看板上を正面から撮影した写真 (b) 看板を斜めから撮影した写真 (c) 撮影風景

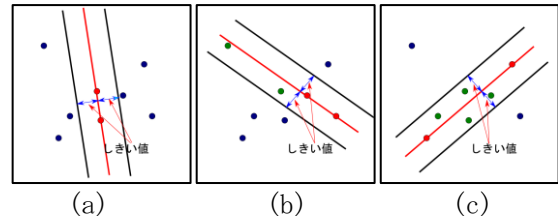


図 2 RANSAC による回帰直線推定；インライナー数：(a)0, (b)2, (c)4

と、式(2)は直線の式

$$1 = x_v s_i + y_v t_i \quad (5)$$

となり、点列は直線上に整列する(ST変換)。点列の回帰直線を

$$t = \alpha s + \beta \quad (6)$$

で算出し、消失点を

$$(x_v, y_v) = \left(-\frac{\alpha}{\beta}, \frac{1}{\beta} \right) \quad (7)$$

と算出する。

3. RANSAC アルゴリズムを用いた回帰直線算出

RANSAC アルゴリズムは、ノイズなどの原因で大きく外れて現れた外れ値に対し、頑健な回帰直線推定法である。以下に処理手順を示す。

[step1] 点列から2つの点をランダムにサンプルする。

[step2] サンプルした2点から直線を生成する。

[step3] 点列のすべての点と直線の距離を算出し、図2に示すようにしきい値未満である点(インライナー)の数を算出する。[step1]から[step3]を繰り返す。

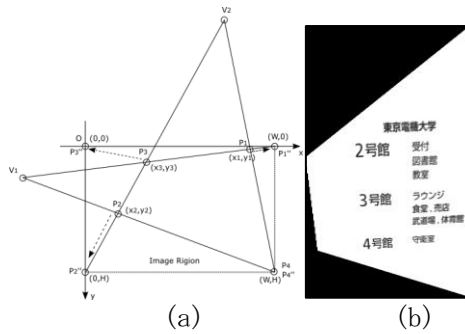


図3 (a)消失点を用いた射影歪み補正(b)補正結果

[step4] インライナーの数が最大となるインライナーのみを用いて最小二乗法で再度、回帰直線生成する。

4. 消失点を用いた射影歪み補正

図3(a)に示すように2つの消失点から算出される4点 $P_i : i=1 \dots 4$ が $P_i'' : i=1 \dots 4$ に移動するように射影変換して原画像を補正する。射影変換は、

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

となる。さらに式変形すると式(8)は

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -x'' & -y'' & -1 \\ x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'' & -y'' & -x'' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \quad (9)$$

となり、式(9)の解が射影行列となる。射影行列を用いて画像を補正する。補正結果を図3(b)に示す。

5. 実験

図4のように日本語文字列を囲む最小の四辺形を生成し、左、右、上、下の辺の長さを順に a, b, c, d とする。右上の頂点から左下の頂点に引いた対角線の長さを e 、左上の頂点から右下の頂点に引いた対角線の長さを f とする。歪み量 D を

$$D = \frac{|a-b|}{a+b} + \frac{|c-d|}{c+d} + \frac{|e-f|}{e+f} \quad (10)$$

と定義する。提案方法、筆者ら、Chen らの従来法で補正した際の歪み量 D を算出する。図5、表

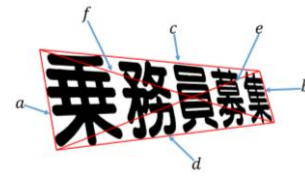


図4 歪み量の算出

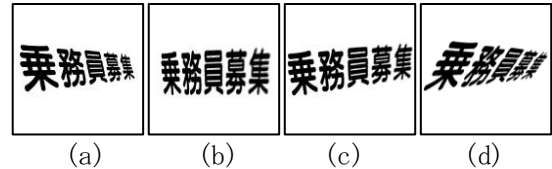


図5 (a)原画像(b)提案方法(RANSAC)(c)提案方法(最小二乗法)(d)Chen らの方法

表1 歪み量 D

方法	歪み量 D
原画像(補正前)	0.3940
提案方法(RANSAC)	0.0732
提案方法(最小二乗法)	0.1470
Chen らの方法	0.5084

1 より、提案方法で補正した場合の歪み量が比較的小さく、RANSAC アルゴリズムにより線分ノイズが除去されていることがわかる。

6. まとめ

日本語文字列に生じた射影歪みを補正する方法を検討した。ラドン変換上の点列の回帰直線を算出する際に RANSAC アルゴリズムを用いて線分ノイズを除去した。実験により提案方法の補正効果が高いことを明らかにした。点列抽出のしきい値と RANSAC アルゴリズムのパラメータの調整が今後の課題である。

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]Chen, X., Jai, R. and Zhang, H.:A New Vanishing Point Detection Algorithm Based on Hough Transform, Proc.Third International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, pp. 440-443 (2010).
 [2]武澤裕介, 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評価, 電子情報通信学会東京支部研究発表会予稿集, Vol. 21, pp. 198 (2016).

Perspective Distortion Correction by Vanishing Point Deletion Using Radon Transform – A Study of Line Noise Reduction by Using RANSAC Algorithm –

†Yusuke TAKEZAWA • Tokyo Denki University