

テイラー展開に基づく近似的射影変換法とその評価

浜田 篤[†] 近藤 真史^{††} 太田 俊介[†] 横川 智教[†] 佐藤 洋一郎[†]
[†] 岡山県立大学 情報工学部 ^{††} 岡山理科大学 工学部

1. はじめに

画像変形を担う射影変換のハードウェア化を指向して、2変数関数で表される変換式を行単位の1変数関数とみなした上で、最小二乗法またはテイラー展開により多項式近似し、漸化式表現として加算のみに帰着する手法が提案されている[1][2]。しかし、近似に伴う画質の劣化を軽減するため小領域に分割した上で本手法を適用する必要があり、それに伴う近似係数等の所要変数の増加が課題となる。そこで本稿では、テイラー展開により変換式を2変数関数として直接的に近似し、その所要変数の削減効果について報告する。

2. 加算のみに帰着した射影変換法

回転角度等の変換パラメータより求まる変換係数を $A \sim E$ とすると、変換後座標 (u, v) における変換前座標 x は次式で表される。

$$x(u, v) = \frac{Au + Bv + C}{Du + Ev + 1} \quad (1)$$

行単位でみると式(1)は u の1変数からなる単調関数となり、式(1)を一次関数で近似し水平方向に隣接する画素との関係を整理すると、次式が得られる。

$$x(u, v_e) \cong a_v u + b_v \quad (2)$$

$$x(u, v_e) = x(u - 1, v_e) + a_v \quad (3)$$

ここで、 a_v と b_v は垂直方向の座標 v_e における近似係数である。したがって、初期値 $x(0, v_c) = b_v$ に対する a_v の加算のみに帰着された漸化式として表現できる。一方、近似係数 a_v, b_v に対しても同様に関数近似と漸化式表現を適用し、近似係数を α_a, α_b とするとそれぞれ次式で与えられる。

$$a(v) = a(v - 1) + \alpha_a \quad (4)$$

$$b(v) = b(v - 1) + \alpha_b \quad (5)$$

以上より、式(1)は初期値 a_0, b_0 、加算値 α_a, α_b の4変数による逐次的な加算のみに帰着できる(図1右上)。

3. テイラー展開による所要変数削減手法

上述の最小二乗法に基づいた行単位の近似手法[1]に対して、テイラー展開に基づいた近似手法[2]は、変換係数から直接近似係数を算出可能な上、同等の精度で射影変換が実行できる。本研究では、これを前提として、式(1)を u, v からなる2変数関数としてテイラー展開し、十分な変換精度を維持しつつ所要変数の削減を図る。

まず、式(1)を各領域の中心 (i, j) 周りにテイラー展開し、

$$x(u, v) \cong \sum_{t=0}^n \frac{1}{t!} \left\{ (u-i) \frac{\partial}{\partial u} + (v-j) \frac{\partial}{\partial v} \right\}^t x(i, j) \quad (6)$$

を得る。次に、式(6)に $n = 1$ を代入し一次多項式 $f(u, v)$

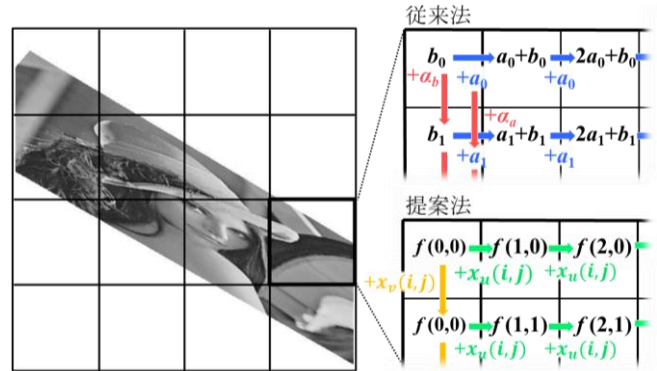


図1 加算のみに帰着した座標算出

表1. 画像評価

近似手法	所要変数	PSNR	SSIM
最小二乗法[1]	4096	43.03	99.68
1変数テイラー展開[2]	4096	40.39	99.43
提案法	3072	41.25	99.55

を得る(式(7)). なお、 x_u および x_v は式(1)をそれぞれ u, v について偏微分したものである。

$$f(u, v) = x(i, j) + (u - i)x_u(i, j) + (v - j)x_v(i, j) \quad (7)$$

ここで、各隣接画素との関係を整理し、次式を得る。

$$f(u, v) = f(u - 1, v) + x_u(i, j) \quad (8)$$

$$f(u, v) = f(u, v - 1) + x_v(i, j) \quad (9)$$

以上より、乗除算を含む式(1)は $f(0, 0)$ 、 $x_u(i, j)$ 、 $x_v(i, j)$ の3変数による逐次加算のみに帰着できる(図1右下)。

4. 画像評価

3.の手法を適用した際の変換精度を確認するため、変換原理式(式(1))から算出した射影変換画像に対する画質評価を行った結果を表1に示す。入力画像には標準画像データベースからLenna(512×512)を用い、分割数は32×32とした。表1より、いずれの従来法に比しても25.0%の所要変数を削減し、同程度の精度(PSNR40, SSIM98以上)で射影変換が実現できていることを確認した。

5. まとめ

本研究では、射影変換式を2変数関数として直接的にテイラー展開を施し、それを漸化式表現として加算のみに帰着する手法を提案した。

参考文献

- [1] 田所 勇生, 近藤 真史, 他, “自由視点防犯カメラへの応用を前提とした射影変換における再帰的近似手法,” 信学技報 (ICTSSL), Vol.117, No.401, pp.45-50, (Jan. 2018)
- [2] 浜田 篤, 近藤 真史, 他, “加算のみに帰着した射影変換法におけるテイラー展開の応用,” 2022年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, R22-26-06 (Oct. 2022)