

組み込みプロセッサにおける射影変換の高速化に関する基礎検討

田所 勇生[†] 大坪 浩次^{††} 佐藤 洋一郎^{†††} 近藤 真史[†]

[†]川崎医療福祉大学 医療技術学部 ^{††}山陽電研株式会社 電子応用技術部 ^{†††}岡山県立大学 情報工学部

1. はじめに

近年、監視カメラの世界市場は劇的な成長を遂げている^[1]。この種の監視カメラでは、補正のために幾何学変換を施す必要があるが、一般的に低性能な組み込みプロセッサでソフトウェア的に行われるため、高解像度化に伴って演算負荷が増大し、リアルタイム性の維持が困難となる。そこで本研究では、ハードウェアによる幾何学変換の高速化を目的として、漸化式表現による変換座標の高速生成法^[2]の応用について検討を行っている。本稿では、一次関数近似による漸化式の簡便化手法を提案し、組み込みプロセッサに実装した際の変換速度と精度について報告する。

2. 漸化式に基づいた射影変換の高速化手法

幾何学変換の一つである射影変換は、直線性を維持しながら矩形を任意の四角形に変形することで、画像に遠近感を持たせる変換である(図 1)。変換後の x 座標に係る逆変換式は $x=f_x(u,v)=(Au+Bv+C)/(Du+Ev+1)$ として与えられる(u,v は変形前の座標, $A\sim E$ は変換係数)。上式は除算と乗算を含むため、組み込みプロセッサでは演算性能が劣化することとなる。これに対して文献^[2]は、 v を固定して上式を双曲線関数と見なした上で、二次関数 $f_x=au^2+bu+c$ で近似することにより除算を排除している。さらにこれを漸化式 $f_x(u,v)=f_x(u-1,v)+w(u)$, $w(u)=w(u-1)+2a$ と表して乗算を排除し、加算のみに帰着している。この手法は二次関数で近似しているため変換精度に優れるが、一時変数 w や $2a$ の乗算項が出現するため、ハードウェア化を図る際に制御が複雑化することとなる。そこで本研究では、逆変換式を二次関数ではなく一次関数 $f_x=au+b$ で近似する方針を採った。その結果、漸化式 $f_x(u,v)=f_x(u-1,v)+a$ を得られ、単に a の加算のみで変換座標を高速に算出できることになる。

3. 係数近似と区間分割

上述の近似式は固定された v に対して定められるため、画像の各行ごとに近似式が導出される。よって、各行の近似係数を保持するメモリが別途必要となり、これに係るメモリアクセスにより変換速度が劣化する可能性がある。ここで

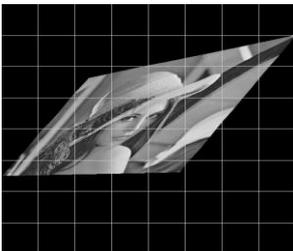


図1. 射影変換(8×8分割)

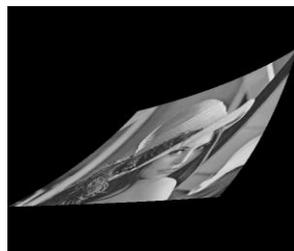


図2. 一次近似による歪み

各近似係数 a, b, c を v に係る関数とすると、その概形は曲線関数となる。そこで本研究では、2.の座標算出と同様に、近似係数についても関数近似と漸化式表現を再帰的に施すことで、座標変換に係る処理全てを加算に帰着する。

以上の手法は、本来曲線関数である逆変換式や近似係数関数を一次近似しているため、画像の左上画素に対する漸化式の初期値から順に逐次加算を行うごとに変換誤差が蓄積し、変換後の画像に歪みが生じることとなる(図 2)。この変換精度の劣化については、画像の変換領域を複数の区間に分割した上で、各区間領域の左上座標それぞれに対して漸化式の初期値を算出・設定することにより、誤差の蓄積を局所化・低減する方針を採る(図 1 参照)。

4. 実装と評価

提案の射影変換法を Raspberry Pi3 (ARM Cortex-A53 4Core 1.2GHz, DDR2 1GB) に実装し、その評価を行った。区間分割数の変動に伴う変換時間および変換誤差の評価結果をそれぞれ図 3 および図 4 に示す。図 3 より、二次近似では 4 分割以上で変換時間に上昇傾向が確認されたが、一次近似では分割数に対して凡そ一定に推移した。さらに図 4 より、一次近似でも 32 分割時においてその変換誤差を 1 pixel 以下に抑えられることが示唆された。

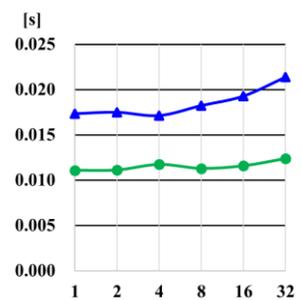


図3. 変換時間

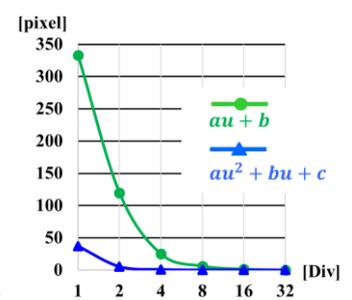


図4. 変換誤差

5. おわりに

本稿では、一次近似と区間分割による高速・高精度な射影変換法を提案した。そして、組み込みプロセッサへの実装・評価を通じて、32 分割時に二次近似と同程度の精度を維持しつつも変換時間を約 40% 短縮できること示した。

謝辞 本研究の一部は、ウエスコ学術振興財団「平成 28 年度学術研究費助成」の支援を受けて実施された。

参考文献

- [1] 森健一郎, “監視カメラの世界市場に関する調査結果,” 矢野経済研究所プレスリリース (Aug. 2015)
- [2] 尾崎亮, 佐藤洋一郎, 他, “射影変換における座標計算の高速化手法,” 信学論 D, Vol.88, No.1, pp.1-7 (Jan. 2005)