

申請者	学科名	人間情報工学科	職名	教授	氏名	佐藤 洋一郎
調査研究課題	高速幾何学変換器に基づいた高機能防犯カメラシステムの開発					
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	佐藤 洋一郎	人間情報工学科・教授	計算機工学 画像工学	研究全般の統括	
	分担者	横川 智教	情報システム工学科・准教授	情報工学	設計システムの検証	
		大坪 浩次	山陽電研(株)・電子応用技術部	画像工学	幾何学変換手法の開発	
岡本 大地		情報系工学研究科・博士前期課程2年	計算機工学	画像処理回路の設計		
	中野 涼太	情報系工学研究科・博士前期課程2年	情報工学	監視ソフトウェアの開発		
調査研究実績の概要	<p>本研究では、フロア天井に複数の安価なカメラを格子状に配置し、それらから得られた画像をフロア全体の見下ろし画像として高速に合成することにより、死角のない高性能・高機能な防犯カメラシステムを開発すること目標としている。本システムは、天井に配置されるカメラモジュール(CM)と、それらから得られた画像を合成するサーバにより構成される。まず、前者では、撮影画像を補正するために様々な幾何学変換(画像の変形)を施す必要があり、変換式に含まれる乗算と除算がボトルネックとなる。これについては申請者らが提案している加算のみを用いた高速・高精度な幾何学変換法を採用し、これに基づいた専用の変換回路を再構成型回路デバイス(FPGA)に実装する方針を採る。後者のサーバでは、各CMから得られた画像の合成だけでなく、隣接する4つのCMの撮影領域があえて重複するように配置することにより、[機能1:超解像度化]最大4倍の解像度を実現、[機能2:耐故障性]カメラが故障した場合の補間に利用、[機能3:立体認識]隣接するカメラ間の視差を利用することで三次元的に人と物体を認識・検出精度の向上といった高機能化を図る。</p> <p>平成28年度には、上述した幾何学変換の中で最も重要な変化である射影変換に焦点を絞り、区間分割近似法の近似多項式の次数や分割区間数の定量的評価を行い、コストを評価関数として、最適な次数と区間数を導出した。そして、この結果に基づいた射影変換器を設計し、FPGAボードに実装した後、動作確認を行った。</p>					
	<p>地域貢献への反映を踏まえて記述のこと</p>					

調査研究実績
の概要

地域貢献への
反映を踏まえ
て記述のこと

1. 区間分割多項式近似法の整理

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 $x=fx(u,v)=(Au+Bv+C)/(Du+Ev+1)$ 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 $fx=au^2+bu+c$ 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 $fx(u,v)=fx(u-1,v)+w(u)$, $w(u)=w(u-1)+2a$ 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 $fx=au+b$ で近似する方針を採り、それに基づいて漸化式 $fx(u,v)=fx(u-1,v)+a$ を得る。これによれば、単に a の加算のみで変換座標を高速に算出できる。

2. 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。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。

3. 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 1 および図 2 に示す。図 1 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 2 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。

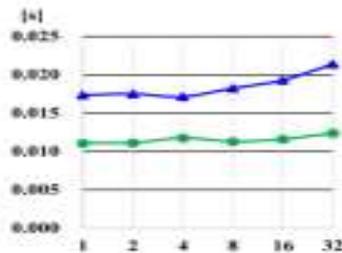


図 1

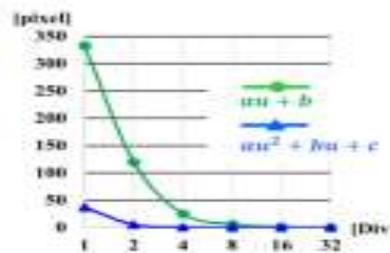


図 2

成果資料目録

1. 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, 2017電子情報通信学会総合大会, ISSP139 (2017-03) .