

論文内容の要旨

博士論文題目

Video Mosaicing Based on Structure from Motion for Geometric Distortion-Free Document Digitization

(幾何歪みのない文書デジタイジングを目的とした動画像からの三次元復元によるビデオモザイクキング)

氏 名 池谷 彰彦

(論文内容の要旨)

文書デジタイジングの手段として、フラットベッドスキャナが広く用いられてきたが、近年、ビデオカメラのような安価かつ携帯性の高い撮像デバイスによる文書デジタイジングを可能にする手法として、ビデオモザイクキングが注目されている。ビデオモザイクキングでは、紙面全体を動画像として拡大撮影し、各フレーム画像の位置合わせと張り合わせによって、モザイク画像と呼ばれる一枚の高解像度画像を生成する。しかし、一般に、モザイク画像には次に述べる2種類の幾何歪みが発生するという問題があった。1つ目は、カメラが紙面と正対していない場合に発生する射影歪みである。2つ目は、見開きの本のように紙面が湾曲している場合に発生する曲面歪みである。本研究では、動画像からの三次元復元を行うことにより、幾何歪みのないモザイク画像を生成可能なビデオモザイクキング手法を提案している。本論文は以下の4章から構成されている。

まず第1章では、通常平面文書と紙面が湾曲している場合について、カメラを用いた文書デジタイジングに関する技術的な課題と従来研究を概観し、本研究の目的と意義について述べるとともに、本論文の構成を示している。

第2章では、対象を平面紙面に限定し、射影歪みの発生しないモザイク画像を生成するビデオモザイクキング手法を提案している。提案手法では、動画像からの三次元復元によって各フレーム撮影時のカメラ外部パラメータ(カメラの位置と姿勢)を推定し、同パラメータを用いて各フレーム画像をカメラに正対した仮想平面に投影し、合成することで、射影歪みのないモザイク画像を生成する。さらに、同一箇所が複数のフレームで撮影されていることを利用して、超解像処理によって、もとの撮影画像の解像度を超える超解像モザイク画像の生成を可能にしている。

第3章では、対象を平面に限定した上記手法を曲面向けに拡張することで、見開きの本のような湾曲した紙面に対して、紙面を仮想的に平面に展開した、曲面歪みのないモ

ザイク画像を生成する手法を提案している。拡張手法では、まず、カメラ外部パラメータと併せて紙面上の特徴点の三次元座標を推定する。次に、特徴点群に曲面モデルの当てはめを行なうことで紙面形状を推定する。最後に、紙面形状と各フレームのカメラ外部パラメータを用いて、各フレーム画像を仮想的な平面上に投影することで、曲面歪みのないモザイク画像を生成する。

最後に第4章では、本研究を総括するとともに、今後の展望について述べている。

(論文審査結果の要旨)

本論文では、カメラを用いる文書デジタル化に関して、幾何歪みのないデジタル文書を得るために、動画像からの三次元復元を利用したビデオモザイク法を提案している。三次元復元を行うことによって、カメラが紙面と正対していない場合に発生する射影歪みと見開きの本のように紙面が湾曲している場合に発生する曲面歪みの両方に対処可能な手法となっている。提案手法について評価実験によって有効性を検証するとともに、最終的に、提案手法に基づく文書デジタル化のプロトタイプシステムを開発している。本論文の成果は以下の2点に要約される。

1. ビデオモザイクによる文書デジタル化では、文書撮影時にカメラが紙面と正対していない場合に発生する射影歪みが問題となる。特に、正確な位置制御が望めない手持ちカメラを用いた場合には、この問題を避けることができない。平面文書を対象としたこの射影歪み問題の解決法として、本論文では、動画像からの三次元復元によって各フレーム撮影時のカメラ外部パラメータを推定し、同パラメータを用いて各フレーム画像をカメラに正対した仮想平面に投影することで、射影歪みのないモザイク画像を生成する手法を提案している。提案手法を実装したプロトタイプシステムを開発し、評価実験を通して手法の有効性を検証するとともに、カメラ付き携帯電話等を用いたモバイルシステムの実現可能性を示している。

2. 対象文書の形状推定により上記手法を曲面向けに拡張することによって、曲面歪みのないモザイク画像を生成する手法を提案し、文書モザイクにおける曲面歪み問題の解決を図っている。提案手法では、文書のビデオ撮影時にカメラ外部パラメータと併せて紙面上の特徴点の三次元座標を推定し、特徴点群に曲面モデルの当てはめを行なうことで紙面形状を推定する。最後に、紙面形状と各フレームのカメラ外部パラメータを用いて、各フレーム画像を仮想的な平面上に投影することで、紙面を平面に展開した曲面歪みのないモザイク画像を生成する。本手法は、一般的な曲面形状文書を扱うものではなく、一方向に湾曲した紙面にのみ有効であるが、通常の見開きの本のような湾曲した紙面に対して有効であり、実用上の価値の高い手法となっている。

以上述べたように、本論文では、動画像からの三次元復元によって、射影歪みと曲面歪みに対処可能なビデオモザイク手法を提案し、カメラを用いた文書デジタル化技術の新しい展開を示している。本研究は、コンピュータビジョン技術の文書処理への応用において、学術、実用の両面での貢献を認めることができる。本論文の主要部分

に相当する内容は、既に複数の学会論文誌に掲載されるとともに、国際会議等においても公表されている。また、国内学会から複数の学術賞を受賞している。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。