別紙 2

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名　　谷田川 達也

本論文は，スクリブルを用いた画像の編集処理において，圧縮センシングと低ランク近似を利用した手法を提案している．この論文で扱われている編集処理とは，静止画像やビデオ映像などにおける物体の質感を変更する操作であり，指定した物体の色や肌理などを変えるものである．しかし，画像，特に動画像内の物体領域を精緻に指定する作業はユーザにとって堪え難い負担となる．そこで，このような編集処理を行なう際には，ユーザは物体領域の一部にスクリブルと呼ばれる線を描き，計算機はスクリブル情報をもとに物体と思しき領域全体，すなわち編集領域を推定する．この編集領域の推定には，画素同士の類似性が用いられる．つまり，スクリブルされた画素と近い色や近い位置を持つ画素を編集領域の画素と推定するのである．本論文では，この画素同士の類似性を利用した編集領域の推定法に関わる問題の解決を試みている．

本論文は全 5 章から構成されている．まず，第 1 章では画素同士の類似性を利用した編集領域推定法の問題点を分析している．第一の問題は解くべき問題の大きさにある．画像全体で整合的に編集領域を推定するためには，画像中の全画素対について類似性を求めるとともに，その類似性をもとにした最適化問題を解くことになる．しかし，一般的な画像は，静止画像で 100 万前後の画素，ビデオなどの動画像ではより多くの画素から構成される．このため実用的な時間内で問題を解くためには，画像情報を適切な形式に圧縮近似する必要がある．第二の問題は動画像の性質に由来する．動画像中の物体は移動するため，画素の類似性における位置情報の扱いに注意を払う必要が生じる．物体の移動とともに，編集情報も適切に移送されなくてはならない．

第 2 章では，第一の問題である最適化のための画像情報の圧縮近似法について提案している．既存研究の殆どの手法は，効率的な圧縮近似を実現するために，画像情報に加えてユーザの与えたスクリブル情報も利用する．しかし，動画像のような大きなデータを扱う場合には，圧縮近似処理自体に時間を要してしまう．本論文の提案手法では，スクリブル情報は利用せず，画像中の代表的な画素と，その画素に対する重みを付加した，放射基底関数（Radial Basis Function．以下，RBF）によって画像を事前に圧縮近似する．その際，代表的な画素の選出と重みの算出に，圧縮センシングを利用する．この圧縮センシングを利用した RBF による近似法（以下，圧縮 RBF）は，スクリブル情報を利用しない他の手法に比べて，相当に精度の高い圧縮近似に成功している．

第 3 章では，第二の問題である動画像中の編集情報の移送方法について提案している．ここでは動画像を構成する連続した 2 枚の画像間で，編集情報を移送するために編集伝播行列（Edit Propagation Matrix．以下，EPM）を用いる．編集情報は画像中の個々の画素に対応しており，編集済み画像の全画素に対する編集情報に EPM を適用することで，次の画像の全画素に対する編集情報が得られる．この際，2 枚の画像間での物体の動きなどを反映して，編集情報が適切に移送されることが重要である．本論文では，EPM の計算にあたって，拡大行列を利用した低ランク近似計算を提案している．拡大行列を利用することによって，編集済みの画像から次の画像へと適切に編集情報を移送することが可能になるばかりでなく，画素数の異なる画像間であっても編集情報を移送できるようになっている．

第 4 章では，前の 2 章で提案した手法，圧縮 RBF と EPM の応用法を提案するとともに，その有効性を議論している．応用法としては，動画像と光線場画像の編集を取り上げている．動画像が時間軸の 1 次元に並んだ画像群であるのに対して，光線場画像は 2 次元平面内で格子状に並んだ画像群で構成される．光線場画像をもとに，視点位置を変更した画像や焦点距離を変えた画像を合成できる．いずれも大量の画像群から構成されるため，編集結果を高速に得るためには，圧縮 RBF による近似と EPM を用いた編集情報の移送の組合せが有効に機能する．2 つの手法の組合せ方と処理の効果を実験で確認している．

最後に第 5 章において，本論文の結論を述べている．

以上のように本論文は，スクリブルを用いた画像の編集処理を目的として，編集領域推定における問題点を解析し，画像情報の圧縮近似法である圧縮 RBF と画像間での編集情報移送法である EPM とを提案し，それらの効果を検証している．また動画や光線場画像などの画像群の編集にあたって，2 つの手法の組合せを提案するとともに，その組合せが実際に有効であることを示している．このように画像編集処理に関する問題を整理し，体系的な解決法を示したことは，本論文の独創性ならびに有用性を示すものであり，博士学位論文として高く評価される．したがって，本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する．

業績リスト

1. Tatsuya Yatagawa, Yasushi Yamaguchi: *A Template-Based Completion Framework for Videos with Dynamic Background*, Lecture Notes in Computer Science, 7432, pp.155–165. (2012)　[公表済, Full Paper 査読]

2. Tatsuya Yatagawa, Yasushi Yamaguchi: *Temporally Coherent Video Editing using an Edit Propagation Matrix*, Computers & Graphics, 43, pp.1–10. (2014)　[公表済, Full Paper 査読]

受賞リスト（参考）

1. 谷田川達也, 山口 泰: **動画補完のための動的前景の分離法**, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-CG-145, No.8, pp.1-8. (2011)　[GCAD 賞受賞]

2. 谷田川達也, 山口 泰: **フレーム間の連続性を保持する動画編集法**, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-CG-149, No.18, pp.1-8. (2012)　[山下記念研究賞受賞，GCAD 賞受賞]

3. 谷田川達也, 山口 泰: **スパース放射基底関数マップによるリアルタイム画像・動画編集**, Visual Computing - グラフィクスと CAD 合同シンポジウム論文集, 1. (2014)　[GCAD 賞受賞]