

氏名	畠 康高
博士の専攻分野の名称	博士 (情報科学)
学位記番号	医工博甲第310号
学位授与年月日	平成27年3月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
専攻名	人間環境医工学専攻
学位論文題目	LIC法を用いた鉛筆画及び鉛筆画風動画の生成法
論文審査委員	主査 教授 茅 暁陽 教授 岩沼 宏治 教授 小澤 賢司 教授 小谷 信司 准教授 安藤 英俊 東京農工大学 教授 斎藤 隆文

学位論文内容の要旨

近年、絵画風の表現は、アニメーションや映画をはじめ様々な映像製作現場で利用されている。絵画風の表現を用いることで、美的で芸術的な画像や映像を創り出すことができる。また、絵画風に抽象化された画像や映像によって、実写よりも効果的に情報を伝えられるとされている。そのような絵画風の表現の中で、粗い描写も繊細な描写もできる鉛筆画は、高い芸術性と抽象性を持つ表現が可能である。また、鉛筆画は静止画だけでなくCMやPV、アニメといった動画にも効果的に用いられている。一方、コンピュータグラフィックス分野において、写実的な画像の生成に対して、イラスト風の表現で構造をわかりやすく見せるNPR (Non-Photo-realistic Rendering) 手法も重要な研究分野の1つである。NPRな表現技法は様々に研究され、新しい表現としてメディアアートなど芸術の分野へと拡張されている。その中で伝統的な絵画のスタイルを再現する研究が行われている。

本研究ではコンピュータによる伝統的なスタイルの一つである鉛筆画の再現を試みる。鉛筆画には白黒という少ない情報量の中で、モチーフで魅せるための有用な描画方法が存在する。例えば、ストロークの勢いを変えることによって、急な流れの水や、荒い岩肌を表現することができる。更には、領域によってタッチを変えることで、視線をたくみに誘導する方法もよく使われる。例えば、視線を集めたい部分を詳細に描く一方、他の部分を大雑把に描いたり省略したりすることで、主題を際立たせることができる。本研究では、誰でも手軽に、ユーザの技量や3Dモデルの準備を必要とせず、2次元画像から魅力的な鉛筆画を自動生成する方法を提案する。

手軽な鉛筆画の自動生成を行うにあたり、2次元画像にフィルタリング処理を施すことで鉛筆画を生成するMaoらのLIC法を用いた鉛筆画生成法を土台とする。LIC (Line Integral

Convolution) 法は流れ場の可視化手法であり、ホワイトノイズを流れ場の流線にそってぼかすことで流れを可視化する。LIC 法により可視化される流れの軌跡が鉛筆画のストロークに似ていることから鉛筆画の生成に用いられた。Mao らの方法では、まず入力画像の輝度によって黒画素と白画素の量の発生確率を変えることにより、入力画像の明るさに対応したノイズ画像を得る。このノイズ画像に LIC 法を適用することによって鉛筆画を自動生成する。

本論文の一つ目の内容では鉛筆画風の動画生成を扱う。一般的に絵画風の動画を作成するにはフレーム 1 枚 1 枚を絵画風に描画する必要があり高コストである。芸術性の高いアニメーション作品にも用いられる鉛筆画風の動画を、手軽に自動で作成できる仕組みがあることは有用である。鉛筆画のようなストロークのある表現を動画として作成する場合、フレーム間で相関が無いとちらつきが発生する。また同一オブジェクトのストロークがフレーム間で相関が無いとオブジェクトの動きとは無関係なストロークになりオブジェクトを織ガラス越しに見るようなシャワードア効果が発生する。フレーム間での相関を保つため、3次元モデルにストロークを固定させる方法があるが、3次元モデルの準備が必要になるため手軽とは言い難い。また他の絵画風動画よりも鉛筆画のストロークは細く、ちらつきが発生しやすいことが問題である。

2次元動画を入力とし鉛筆動画を生成する際のちらつきは、前フレームのストロークの位置が次のフレームでオブジェクトの動きに追従しないことと、移動が無い場所においてもストロークの位置に変化が生じることに起因する。そこで本研究では、ちらつきをなくすために、入力となる動画の各フレーム間のオプティカルフローを計算し、この計算結果を、ストロークを作り出す LIC への入力であるノイズ画像の生成に用いる。前フレームのノイズ画像の各画素をオプティカルフローに従って移流したノイズ画像と、次のフレームの入力画像とを比較する。入力画像の輝度から算出される黒画素の数と、対応する輝度の画素の位置に存在するノイズ画像上の黒画素の数を比較し、多ければ減らし、少なければ増やす。これによって、前フレームのノイズ画像の黒画素の位置をできるだけ保ったノイズを生成可能である。この方法で得たノイズ画像から生成されるストロークは前フレームの相関を持つことができ、ちらつきが抑えられた鉛筆画風動画を生成することができる。

本論文の二つ目の内容は人間が描いたような鉛筆画を目指す研究である。芸術家はモチーフを鑑賞者にアピールするために、均質にキャンバスの全ての領域を描画するのではなく、不要な部分を排除し荒く描くことによって、より重要な主題が対比されるように強調して描く。過去十数年の NPR 技術の進歩により、鉛筆画も含め、ほとんどの種類の伝統的芸術メディアをシミュレートできるようになった。しかし、自動的に、表現力豊かな絵画の作成するためのモチーフの把握と、モチーフを強調するための表現技法を実現することは依然課題のままである。

本研究では印象派の先駆者の一人である J. M. W. Turner に代表されるビュー中心アプローチを適応して、焦点にアクセントをつけた鉛筆画の生成法を提案する。Turner の作品の

多くは、ある瞬間の風景を捉えたものであり、一瞬にして目を引いたものがしばしば主題として強調的に描かれている。そこで本研究では、ボトムアップ的に人間の視覚注意を推定する方法として Itti らが提案した Saliency Map を用いる。入力画像から得た Saliency Map において、顕著性が高い場所ほど詳細に描き、顕著性が低いほど大雑把に描き、さらには省略を行うといったように、場所によって描画に変化をつけた鉛筆画を生成する。変化をつけるために入力画像からガウシアンピラミッドの各解像度の層を顕著性に従って選択的に用いることで、アクセントをつけた鉛筆画を生成することができる。

以上のように、本研究では伝統的で豊かな表現力を持つ鉛筆画を手軽に作成できる方法を提案した。一つはストロークのある絵画風動画の課題であるちらつきを抑えた鉛筆画風動画の自動生成方法であり、もう一方は人間が描いたようなアクセントのある鉛筆画の自動生成方法である。手軽に用いることができる効果的な表現の一つとして本研究が活かされ、創作の裾野がさらに広がり、より様々なクリエイターが育つことを願う。

論文審査結果の要旨

本論文は、任意のユーザが簡易に、そして実際に人間が描いたようなテクニックを用いた鉛筆画風の画像および動画を自動的に作成する方法を提示している。

研究背景として述べられているように、近年の鉛筆画をはじめとする絵画風の処理が施された画像や動画が、CM や PV からアニメーションまで利用されており、賞を会得したアニメーション映画など高度な作品も発表されている。また、ユーザがスマートフォンなどで撮影した写真をその場で加工し共有するなど、ユーザ生成コンテンツを扱うソーシャル・ネットワークキング・サービスなどのコンシューマー・ジェネレイテッド・メディアの利用が拡大している。本研究では、鉛筆画の静止画及び動画の自動生成における諸問題の解決、および、人間が描く際の高度な技術を再現する方法を提案しており、これらに新規性が認められる。

一つ目の研究である鉛筆画動画の自動生成法については、任意のユーザが手軽に鉛筆画風動画を作成するためにありふれた二次元動画を用いる際に、従来の方法ではちらつきやシャワードア効果を抑える効果的な方法が存在しないことが課題であったが、オプティカルフローおよび前後のフレームを考慮したストロークの生成法を提案することで解決している。シャワードア効果は、前後のフレームの各画素の移動方向および距離を計算したオプティカルフローを用いて移流させることで、オブジェクトの移動に伴ったストロークを生成することができ、抑制させることに成功している。また、ちらつきの抑制については、前後のフレームの輝度ごとの、本来あるべき黒画素の量を計算し、必要分だけ黒画素の追加または削除を、前フレームの黒画素の位置を保持したまま行うことで、達成している。この研究における提案手法のちらつきを抑制の有効性は、評価実験によって検証されている。

二つ目の研究であるアクセントのある鉛筆画の自動生成法については、鉛筆画のストロークを描く際の個々の技術の実現の他に、絵画全体の構成の技術として、モチーフに焦点を当てるためのテクニックの再現方法を提案している。モチーフに焦点を当てる際の焦点の決定を簡易に自動で行うために、ボトムアップ的に人間の視覚注意を推定する **Saliency Map** を用いている。さらに検出した焦点にアクセントつけるために、入力画像からガウシアンピラミッドの各解像度の層を **Saliency Map** の顕著性に従って選択的に用いている。ガウシアンピラミッドと **Saliency Map** によって、顕著性が高い場所ほど詳細に描き、顕著性が低いほど大雑把に描き、さらには省略を行うといったように、場所によって描画に変化をつけた鉛筆画を生成している。これらの方法によって、**Turner** 風の鉛筆画を実現している。この研究における提案手法の有効性は、アクセントをつけた焦点に実際に人間の視線が集中するか否かを検証した評価実験によって示されている。

本論文による研究に関し、博士論文審査要綱に基づき最終試験を実施した。提出された博士論文および公聴会における研究論文発表の内容に関連し、研究背景、概念規定、評価実験の妥当性と信頼性、論文構成、情報学的価値などに関する質疑を行い、論文提出者の見識を問うた。その結果、試問の内容において妥当な解答が得られたこと、並びに発表論文の基準を満たすものであったことから、博士論文審査委員会は博士に相応しい学力と見識を有するものとして認め、最終試験を合格とした。