

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 久保田 彰

本論文は「焦点パラメータの異なる画像を用いた新たな画像生成と奥行き計測」と題し、8章よりなる。画像情報は情報の多さと伝達能力の高さという点で優れているが、取得した画像をそのまま提示するのでは不十分な場合が多い。画像に編集加工が施せる手段、画像から奥行きなどの情報を読み取る手段も必要である。本論文では、焦点合わせを変化させて撮像した2枚の画像を用いて、視覚効果を付与した画像を生成する手段を論じている。また、複数画像に生じたぼけ量を強調することにより、奥行き計測の精度を向上させる手法を論じている。

第1章は、「序論」であり、本研究の背景について、画像復元、画像生成、画像認識のそれぞれの分野との関わりを述べ、研究の目的を述べるとともに、本論文の構成を記している。

第2章は、「関連研究 ー焦点情報と多重画像の利用ー」と題し、画像復元、再構成の手法をまとめ、数学的な基礎を紹介している。また、複数の画像を積極的に用いる画像処理手法の過去の研究例について述べている。

第3章は、「2枚の焦点合わせの異なる画像からの任意ぼけ画像の生成」と題する。対象シーンがおおよそ近景と遠景で構成されるとし、近景に焦点をあわせ遠景がぼけている画像、遠景に焦点をあわせ近景がぼけている画像の2枚から任意のぼけを生成する手法について論じている。提案手法により、現実には利用困難なぼけ条件の画像、例えば、シーンすべてに焦点のあっている全焦点画像、近景には焦点をあわせたまま遠景のぼけの度合いを様々に変えた画像等が生成できる。この問題に関して、線形処理で画像が生成される撮像モデルを紹介し、逆フィルタを構成することで精度よく高速に画像生成が可能となることを示した。提案手法では、フィルタを2枚の画像に一様に適用し、その出力を加えることで合成結果を生成することができる。このため、複雑なセグメンテーションを行う必要はないという特徴がある。さらに、通常の逆フィルタでは問題となる不定要素が本問題では極限值により決定できることも明らかにしている。合成画像、実画像を用いた実験により、所望の結果が得られることを示した。さらに、フィルタの特性を解析するとともに、誤差解析も行い、想定している近景、遠景以外の位置にある対象の生成に生じる誤差の度合いを定量的に評価している。

第4章は、「視覚効果の付与した画像の生成 ー流れ場、エッジ強調、移動の付与ー」と題する。前章と同様に撮像された2枚の画像を用いて、線形処理のモデルを拡張することで、ぼけだけでなく、線形フィルタに帰着できる様々な視覚効果を実現できることを示している。カメラの動きぼけに相当する流れ場、画像の精細な部分の強調処理、近景と遠景の独立な移動をとりあげ、それらを実現するフィルタを導いている。それぞれの効果に対し、合成画像および実画像を用いて良好な画像が生成できることを明らかにしている。また、フィルタの解析を行うとともに、誤差の分析も行っている。

第5章は、「異なる視覚効果の組み合わせによる多様な画像生成」と題する。3章、4章で導いた手法を仮想カメラを用いた画像合成へ展開している。撮像シーンに対して仮想カメラの焦点および位置といったカメラパラメータを変えながら撮像する状況を想定し、そのカメラパラメータを本論文で用いる線形モデルへの変換を論じている。

第6章は、「ぼけの強調による奥行き推定の高精度化」と題する。Depth from Defocus (DFD) といわれる奥行き推定手法では、複数枚の焦点位置の異なる画像を用いて奥行き推定を行っている。単一のカメラで奥行き推定が可能である反面、物体がカメラから遠ざかるに従いぼけの度合いの変化が落ち、奥行き推定の精度が著しく劣化する。これに対して、本論文で論じる任意ぼけ画像の生成手法を適用することで、撮像画像間のぼけの度合いを強調し、奥行き推定の精度を上げる手法について論じている。

第7章は、「多焦点画像処理に必要な撮像系と前処理」と題する。本論文で提案する手法では、まず2枚の異なる焦点画像間の高精度なレジストレーションが必要である。2枚の画像の位置、スケールを自動的にあわせる階層的なレジストレーション法を提案している。また、実写画像に対しては、ぼけの推定が不可欠であり、近景、遠景がそれぞれ一方の画像で合焦しているという条件を利用した推定手法を利用し、ぼけの程度を関数近似することで高精度に求める方式を実現している。さらに、動画像への本手法の適用にあたっては、異なる焦点条件での複数の画像を同時に取得しなければならない。そのための特殊な光学系を有するカメラを試作し、動画像に対しても焦点の後処理を実現した。

第8章は、「結論」であり本論文の成果をまとめ、残された課題について記している。

以上これを要するに、本論文では、焦点合わせを変化させて撮像した2枚の画像を用いて、視覚効果を付与した画像を生成する手段を論じている。本手法により、複雑なセグメンテーションを行わなくても、シーン内の近景、遠景にそれぞれ独立にぼけや強調処理などの効果処理を施すことができる。また、一連の処理を自動化するための、高精度なレジストレーション、ぼけ推定についても論じている。本論文で論じた新しい画像生成手法は、将来の映像コンテンツの編集や加工に寄与することが期待され、電子情報工学上貢献するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認められる。