

審査の結果の要旨

氏 名 余 錦澤

本論文は「Fast Image Layer Separation by Exploiting Correlation among Multiple Features」（複数特徴間の相関を活用した高速画像レイヤ分離）と題し、観測された画像を物体固有の性質である反射率レイヤとそれ以外の陰影レイヤとに分ける固有画像分解（intrinsic image decomposition）の問題ならびに、周期性を持つような微細なテクスチャ成分を含む画像を、大局的構造に相当する構造レイヤとそれ以外のテクスチャレイヤとに分ける構造－テクスチャ画像分解（structure-texture image decomposition）の問題に対して、3つの高速な画像分解手法を提案し、その有効性を実験により検証したものであり、英文で記され全体で5章により構成される。

第1章「Introduction」（はじめに）では、固有画像分解の定義をまとめた上で、固有画像分解で扱う画像成分にどのようなものがあるのか、固有画像分解の問題が持つ本質的な難しさが何に起因するのか、さらにその問題の解決に向けてこれまでどのような固有画像分解手法が提案されているのかについてまとめている。次に、構造－テクスチャ画像分解の問題について説明した後、既存の構造－テクスチャ画像分解手法の概要と課題についてまとめている。最後に、本論文の貢献について論文の全体構成と共にまとめている。

第2章「Fast Sparse Edge-based Intrinsic Image Decomposition Guided by Chromaticity Gradient」（色度勾配をガイドとして用いた疎なエッジに基づく高速な固有画像分解）では、観測画像の色度勾配が反射率レイヤの勾配と高い相関を持つことを実験的に確認した上で、色度勾配をガイドとして用いて、観測画像を反射率レイヤと陰影レイヤに分離する手法を提案している。さらに、反射率レイヤの勾配の存在が疎であるという仮定に基づき設計されたL0ノルム最小化問題を、2つの凸最適化問題の繰り返しにより解くことにより、従来の固有画像分解手法と同等の精度を達成しながら大幅な高速化に成功している。

第3章「Structure-Preserving Image Smoothing via Feature Asymmetry-aware WLS」（特徴非対称性を踏まえた重み付き最小二乗による構造保存型画像平滑化）では、観測画像を画像の大局的構造に相当する構造レイヤと周期性を持つ細かなパターンやノイズなどに相当するテクスチャレイヤに分解するための手法が提案されている。第2章で扱った疎な反射率エッジの仮定に基づく固有画像分解とは異なり、構造－テクス

チャ画像分解では、構造レイヤのみならずテクスチャレイヤにもエッジが多く含まれるために、勾配の有無を手掛かりとしたレイヤ分解ができないという難しさが存在する。これに対し、本論文では、観測画像を周波数領域で考えた場合、特徴非対称性 (feature asymmetry) に相当する成分が構造レイヤのエッジと高い相関を持つことを見出し、特徴非対称性を手掛かりとすることで観測画像を構造レイヤとテクスチャレイヤに分解する手法を提案している。さらに、標準画像データベースを用いた評価実験により、提案手法を用いることで既存手法と比較して遜色無い精度でのレイヤ分解を実現しつつ、大幅な計算時間の削減が可能であることを確認している。

第4章「Intrinsic Image Decomposition for Materials with Fine-Textures via RGB-NIR Images」(微細テクスチャを有するRGB画像と近赤外画像のペアを用いた固有画像分解手法)では、第2章で扱った固有画像分解では反射率レイヤにおける疎なエッジが仮定されているために、微細テクスチャを有する対象物体画像が上手く扱えなかったのに対し、観測画像としてRGB画像と近赤外画像を用いることにより、織物のような微細テクスチャを有する対象物体画像であっても反射率レイヤと陰影レイヤへ分解可能な手法を提案している。具体的には、人工物を中心に身の回りにある多くの物体において、可視光領域では細かな反射率の変動がある場合においても、近赤外領域での反射率は均一であることが多いため、近赤外画像を擬似的な陰影レイヤと見做すことが可能であることを指摘した上で、近赤外画像により正規化されたRGB画像を擬似反射率エッジ画像として用いる固有画像分解手法を設計し、その効果をRGB画像-近赤外画像ペアのデータベースを用いた実験により検証している。

第5章「Conclusion」(まとめ)では、本論文における主たる成果をまとめるとともに、今後の課題と展望について述べている。

以上これを要するに、本論文は、観測画像を2つのレイヤに分解する固有画像分解ならびに構造-テクスチャ画像分解について、観測画像の色度勾配と反射率レイヤのエッジが高い相関を持つことを活用した高速な固有画像分解手法、構造レイヤにおけるエッジと観測画像が周波数ドメインで持つ特徴非対称性の該当箇所とが高い相関を持つことを利用した高速な構造-テクスチャ画像分解手法、さらに、多くの物体においてRGB画像で観察される反射率の変動が近赤外画像では観察されないことを利用したRGB-近赤外画像ペアに対する固有画像分解手法の3つの手法を提案し、それらの有効性を実験により検証したものであり、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。