

## 審査の結果の要旨

氏名 ファン ヴェトクオク

本論文は、「Formulating Color Information for Image and Video Segmentation (画像・映像セグメンテーションにおける色情報の記述方式に関する研究)」と題し、画像セグメンテーションにおけるエネルギー最適化の問題について議論し、特に、3つの異なるエネルギー項 (pixel-wise 項, pairwise 項, domain-wise 項) を用いて画素間の関係を記述する数学的モデルを提案し、様々なセグメンテーション問題への応用を検討したものであり、全体で6章からなり、英文で書かれている。

第1章は「Introduction (序論)」であり、エネルギー最適化問題の概要と画像セグメンテーションとの関係について論じ、本論文の背景と目的を明らかにしている。

第2章は「Related Works (関連研究)」であり、画像セグメンテーションにおける色情報の記述方式について、①画素ごと (pixel-wise), ②画素組の関係 (pairwise), ③全画素の関係 (domain-wise) という3つの観点から関連研究を概観し、本論文の位置付けを明らかにしている。

第3章は「Online Video Segmentation and Matting with Real-time Speed (リアルタイムな動画画像セグメンテーションとマッティング)」と題し、前景・背景セグメンテーションに基づく、リアルタイムで動作するビデオマッティング手法を提案している。前景と背景を精度良く分離するセグメンテーションを行うために、時空間の相関とローカルな色尤度を記述する新しい pixel-wise 項を導入し、セグメンテーションの結果を使ってアルファマッティングを行い、ダウンサンプリングと初期値推定を導入することで Bayesian マッティングを改善し、品質を保ったまま約5倍の高速化を達成している。結果として、ビデオのセグメンテーションとマッティングの両方をほぼリアルタイムに実行できている。

第4章は「Segmentation from Bounding Layer using Distant Pixel Similarities (離れた画素間の類似度を用いた外包形状入力からの画像セグメンテーション)」と題し、物体の大雑把な外包形状を入力として、画像中の物体領域をセグメンテーションする問題に取り組んでいる。この手法では、アピランスマデルを使わない代わりに、離れた画素間の関係を考慮する新しい pairwise 項を導入し、一度のグラフカット計算だけで最適なセグメンテーションを得ている。多数の画像を用いた実験により、高速度で高精度のセグメンテーションができることを確認した。さらに、この手法の特徴として、外包形状のわずかな変化に伴うグラフモデルの変化が小さいため、動的グラフカットが有効に適用できることが挙げられる。本章では、この特徴を生かした saliency に基づく効率的な自動セグメンテーションへの応用についても述べている。

第5章は「Segmentation from Reference Distribution using Global Similarities (グローバルな類似度を用いた参照色分布入力からの画像セグメンテーション)」と題し、参照色分布を入力として、画像中の対応領域を抽出する問題に取り組んでいる。画像から特定の領域を切り出す画像セグメンテーションの問題において、画素単位に定義される尤度の代わりに、領域全体に対して定義される色分布の類似性を用いる手法が近年に提案されているが、抽出対象の正確な色分布が与えられることが前提とされたため、適用領域は極めて限定されていた。本章では、この仮定を緩めるため、与えられた色分布が

必ずしも正確ではなくても、それを手がかりに真の色分布と画像中の対応領域を同時に推定する手法を提案している。この研究の貢献は、色分布同士の Bhattacharyya 距離によって定義される新しい domain-wise 項を導入したエネルギー関数を考慮し、補助関数を用いてグラフカットで近似的に最小化するアルゴリズムを示したことにある。本章では、外包矩形を入力とする物体領域抽出を例として議論するが、提案手法は背景差分や co-segmentation にも適用可能である。

第6章は「Discussion and Conclusion (検討とまとめ)」であり、本論文の主たる貢献をエネルギーオーダーの観点から比較してまとめ、今後の課題と展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、画像セグメンテーションにおけるエネルギー最適化の問題について議論し、画素間の色情報を記述する有効な数学的モデルとして3つの異なるエネルギー項 (pixel-wise項, pairwise項, domain-wise項) の導入を提案するとともに、様々なセグメンテーション問題への応用を検討したものであって、コンピュータグラフィックス・コンピュータビジョンなど、電子情報学の各分野の今後の進展に寄与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。