

審査の結果の要旨

氏 名 古 田 諒 佑

本論文は、「Neighbor-Aware Approaches for Pixel Labeling (近傍を考慮した画素ラベリング)」と題し、英文より書かれており6章よりなる。画素ラベリングは様々な画像処理に応用可能な基礎的かつ本質的な問題である。より高精度な画素ラベリングを行うためには、対象画素だけでなく周辺の近傍画素も考慮に入れると良いことが知られているが、計算爆発の問題が生じる。これに対し、本論文では近傍画素の情報を考慮しながら高精度かつ高速に最適化や学習による画素ラベリングを行うことのできる手法を提案し、いくつかの具体的な課題に適用することでその性能について検証した。

第1章は「Introduction (序論)」であり、近傍を考慮した画素ラベリングについてその問題の数学的な定義を示し、画素ラベリングに対する最適化及び学習に関する問題の整理を行っている。

第2章は「Neighbor-Aware Fast Optimization for General MRF (近傍を考慮した汎用MRFの高速最適化)」と題し、多段階コストボリュームフィルタリングというアルゴリズムを提案した。多段階コストボリュームフィルタリングは、従来のコストボリュームフィルタリングと呼ばれる汎用Markov Random Field (MRF)最適化アルゴリズムで課題となっていた計算量のラベル数依存性という問題に対し、対象画像を低解像度化したものから多段階処理的にコストボリュームフィルタリング処理を行い、ラベル候補を絞ることで精度を落とすことなく高速に処理できるようにしたものである。ステレオマッチング、オプティカルフロー推定といった問題に適用し、実験的に提案アルゴリズムの妥当性と高速性を確認した。

第3章は「Neighbor-Aware Fast Optimization for Special MRF (近傍を考慮した特殊MRFの高速最適化)」と題し、3次元シームカービングという問題に対しグラフカット法による最適化に代わるマルチパス動的計画法を提案した。提案手法を映像の非線形アスペクト比変更、トーンマッピング、コントラスト強調の3種類の画像・映像処理に適用し、従来のグラフカットベースの手法と視覚的に全く見劣りすることなく、平均で処理速度90倍、メモリ消費量8分の1の高速・省メモリ処理が可能であることを示した。

第4章は「Learning Neighbors with Convolutional Neural Networks (畳み込みニューラルネットワークを用いた近傍学習)」と題し、近傍画素を考慮した最適化に用いられる条件付き確率場が畳み込みニューラルネットワークの演算ブロックとして記述可能であることを数学的に示し、深層学習による画素ラベリングと条件付き確率場による最適化という処理がすべて深層学習のみで実現できることを示した。これは、処理フローの簡素化を実現できるだけでなく、一部手作業で行っていたパラメータ最適化を学習の中で

自動的に決定できるという強みをもつ。提案手法をセマンティック セグメンテーションの問題に適用し、人手で設計された最高性能の既存技術と同等の性能を学習により達成できることを示した。

第5章は「Learning Neighbors with Deep Reinforcement Learning (深層強化学習を用いた近傍学習)」と題し、画素ごとに強化学習を行って近傍画素で協調的に画像処理を行うアルゴリズムを提案している。強化学習を用いた画像処理は非常に注目を集める分野ではあるが、その計算コストの高さから画像全体に対する処理に応用するにとどまっている。それに対し、提案手法は全層畳み込みネットワークを用いてすべての画素に配置した強化学習エージェントがパラメータを共有でき効率的に学習を進めることのできるアルゴリズムを世界で初めて提案した。また、提案手法は画素ごとにどのような処理を施したか可視化することができ、深層学習の非ブラックボックス化を一部達成している。ノイズ除去、画像修復、色味変換に対する実験では特に難易度の高い問題ほど従来手法よりも高精度で処理できることを示した。

第6章は「Conclusions (結論)」であり、本論文の成果をまとめている。

以上これを要するに、本論文は、画素ラベリングという画像処理の基礎的かつ本質的な問題に対し、近傍画素の情報を考慮しながら高精度かつ高速に解決する最適化や学習に基づくアルゴリズムを提案し、その有効性を示したものであり、画像処理分野への貢献が期待され、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。