

## 論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 ( 学 術 )	氏名	Lukman Hakim
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目			
Regularizer based on Pixel Neighboring Relationship for Deep Convolutional Neural Network in Image Segmentation (画像セグメンテーションにおける深い畳み込みニューラルネットワークのピクセル隣接関係に基づく正則化)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	栗田 多喜夫	印
審査委員	准教授	宮尾 淳一	印
審査委員	教 授	向谷 博明	印
審査委員	教 授	江口 浩二	印
審査委員	准教授	RAYTCHEV BISSER	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、近傍の画素の情報を利用して画像のセグメンテーションの性能を向上させる手法について研究している。具体的には、深層ニューラルネットを用いた画像セグメンテーションモデルのパラメータの学習において、(1) 正解画像の各領域での推定結果が近傍の画素間で同一になるように学習を誘導する手法、(2) 注目画素とその近傍の画素との差が正解画像と推定画像で近づくように学習を誘導する手法、(3) 眼底画像からの血管領域の抽出課題において、連結成分(血管領域)の個数が少なくなるように学習を誘導する手法を提案している。これらの手法は、すべて、近傍画素の情報を取り入れた目的関数を用いた学習法となっており、画素のみの情報を用いて定義されている従来の目的関数よりも明らかにセグメンテーションの結果が改善されることを実験的に確認している。</p> <p>第1章では、研究の動機と画像のセグメンテーションにおける隣接する画素の情報の重要性について考察している。</p> <p>第2章では、(1) 正解画像の各領域での推定結果が近傍の画素間で同一になるように学習を誘導する手法を提案し、その有効性を実験的に示している。正解画像の各領域の画素の隣接関係をグラフとして表現すると、正解画像の各領域での推定結果の近傍の画素間の類似度は、Graph Laplacian を用いて表現することができる。通常の画像のセグメンテーションのための損失関数にこの類似度を加えた関数を最適化の目的関数とすることで、深層ニューラルネットを用いた画像のセグメンテーションの学習を正解画像の各領域での推定結果が近傍の画素間で同一になるように学習を誘導することが可能となる。DRIVE データセットと呼ばれる眼底画像のデータセットを用いた実験で、セグメンテーション結果が明らかに向上することが確認できた。</p> <p>第3章では、(2) 注目画素とその近傍の画素との差が正解画像と推定画像で近づくよう</p>			

に学習を誘導する手法を提案し、その有効性を実験的に示している。この場合も、正解画像および予測画像の各領域の画素の隣接関係をグラフとして表現すると、正解画像での注目画素とその近傍の画素との差と予測画像での注目画素とその近傍の画素との差の類似度を **Graph Laplacian** を用いて表現することができる。第2章の手法と同様に、通常の画像のセグメンテーションのための損失関数にこの類似度を加えた関数を最適化の目的関数とすることで、深層ニューラルネットを用いた画像のセグメンテーションの学習を注目画素とその近傍の画素との差が正解画像と推定画像で近づくように学習を誘導することが可能となる。第2章と同様に **DRIVE** データセットと呼ばれる眼底画像のデータセットを用いた実験で、セグメンテーション結果が明らかに向上することが確認できた。

第4章では、(3) 連結成分の個数が少なくなるように学習を誘導する手法を提案し、その有効性を実験的に示している。眼底画像からの血管領域の抽出では、血管領域はつながっている領域として抽出して欲しい。血管領域がなるべくつながった領域として抽出されるように、オイラーの多面体定理を利用して、予測画像中の連結成分数を計測し、通常の画像のセグメンテーションのための損失関数に加えた関数を最適化の目的関数とすることで、深層ニューラルネットを用いた画像のセグメンテーションの学習を誘導する。二値画像の対象領域の画素を頂点とし、三角分割し、頂点の数、辺の数、面の数を計測すると、オイラーの多面体定理から画像中の連結成分数が計算できる。つまり、画像の近傍情報からの情報のみから連結成分数を計算できる。**DRIVE** データセット、**STARE** データセット、**CHASEDB1** データセットを使った実験で、セグメンテーション結果が明らかに向上することが確認できた。

これらの手法は、いずれも近傍の画素の情報を利用することが画像のセグメンテーションの性能の向上に寄与することを示しており、一般の画像を予測するディープラーニングでも近傍の情報も取り入れることが重要であることを示唆している。実際、超解像度や物体検出でもその有効性が確認されており、今後のさらなる応用分野の拡大が期待される。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（学術）の学位を授与させる十分な資格があるもとの認められる。

備考：審査の要旨は、1,500字以内とする。