

## 論文審査の要旨および学識確認結果

| 報告番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 甲 第 号                                                                                                                                     | 氏 名        | 川野 恭史          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|
| 論文審査担当者：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 主査                                                                                                                                        | 慶應義塾大学 教授  | 博士（工学） 青木 義満   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 副査                                                                                                                                        | 慶應義塾大学 教授  | 工学博士 田中 敏幸     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                           | 慶應義塾大学 准教授 | 博士（工学） 村田 真悟   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                           | 慶應義塾大学 准教授 | 博士（工学） 五十川 麻理子 |
| <p>学士（工学）、修士（工学）川野恭史君提出の学位請求論文は「Efficiency of Training Costs in Semantic Segmentation」（セマンティックセグメンテーションにおける学習効率化）と題し、7章から構成されている。</p> <p>セマンティックセグメンテーションとは、画像中の全画素にクラスラベルを付与するもので、コンピュータビジョン分野において、カメラ映像からの情景認識・セマンティクス理解のための重要なタスクとなっている。しかし、学習においてはピクセルレベルのアノテーションと大規模な計算リソースが必要となっていること、教師付き学習は事前定義されたカテゴリセットに依存しているため、予測時に珍しいクラスや完全に新しいクラスを検出することが難しい、といった課題があった。本論文ではセマンティックセグメンテーションにおけるアノテーションや計算リソースなどの学習コストを効率化するための新しい手法を複数のアプローチで開拓している。本研究で提案する方法は、実際のアプリケーションにおいても有効であり、特にアノテーションのコストが高い状況や専門知識が求められる状況において、大きな利益をもたらすことが期待できる。</p> <p>第1章では、セマンティックセグメンテーションの位置付けと課題を提示し、本研究の問題定義と研究目的について述べている。</p> <p>第2章では、セマンティックセグメンテーションにおける学習効率化に関する既存手法を概観している。</p> <p>第3章では、モデルの出力から計算できる不確実性指標を用いた <b>Active Learning</b> 手法によりアノテーションコストを低下させ、従来手法よりも精度と時間の面でコスト削減が可能なモデルを提案している。複数のデータセットを用いた評価実験により、提案手法の有効性を示している。</p> <p>第4章では、モデルの出力から計算できる不確実性を損失関数として最小化する新たな教師無しドメイン適応手法を提案している。これにより、アノテーションを不要にしつつ、よりターゲットドメインに頑健なモデルを実現可能となることを、実証実験により示している。</p> <p>第5章では、学習済み <b>Diffusion</b> モデルの内部特徴を分析し、セマンティックセグメンテーションにおける応用の可能性を探った上で、追加の学習やアノテーションなしで効果的なセグメンテーションを実現する新しい手法を提案している。従来手法と比較して、様々なドメインの画像データセットに対する実験により、オープンボキャブラリセマンティックセグメンテーション性能における優位性を実証している。</p> <p>第6章では、外部データベースからクラスタのカテゴリを検索することで、事前に定義されたクラスに依存せず、追加学習、アノテーション、ガイダンス不要なオープンボキャブラリセマンティックセグメンテーションを実現する新規な手法を提案している。前章同様の評価実験により、従来手法と比較した際の優位性を実証している。</p> <p>第7章では、本研究の成果をまとめ、今後の課題について議論している。</p> <p>以上要するに、本論文は、コンピュータビジョンにおけるセマンティックセグメンテーションタスクを対象とし、アノテーションや計算リソースなどの学習コストを効率化するための新しい手法を複数のアプローチで開拓しているもので、画像工学分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p> |                                                                                                                                           |            |                |
| 学識確認結果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（電気電子工学専修）科目担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p> |            |                |