

審査の結果の要旨

氏名 伍 広明

衛星画像や航空機画像、ドローン画像等は、農地管理や森林管理、都市計画、固定資産管理、災害対応などは様々な目的のために利用されている。利用目的に応じて多様な情報抽出が必要であり、その多くは目視判読などの手作業に依存している。そのため効率性が低い、情報取得の時間遅れが大きいなど課題は大きい。近年、深層学習手法が大きく進歩し、画像からの情報抽出を自動化できる可能性が広がっている。しかしながら研究対象となる画像も、抽出の目標となる情報内容も非常に多様であり、実際にもっとよく利用される光学センサによる衛星画像や航空機画像を対象として、地物等を自動抽出しようとする、どのような手法がどの程度の精度を達成できるのか、それを改善するためにはどのような改良が必要かなどを明らかになっていない。またある特定の画像データを利用してトレーニングされた学習モデルが、異なる解像度等の画像にそのままでは適用できないため、利用する画像毎に学習データを大量の取得する必要がある、大きなコスト増要因となっている。それらがマッピングの自動化に向けて大きな障害となっている。

本研究は、1) 光学センサによる衛星画像や航空画像を対象とし、2) 多くの応用分野で共通に抽出する項目をポリゴン（領域）に基づいて定義されるもの（例えば建物など）、ライン（線分）に基づいて定義されるもの（例えば道路や何かの境界線など）に分け、より抽象的、一般性のある形で整理した上で、3) 代表的な深層学習手法である Deep Convolutional Neural Networks（DCNN；畳込み深層ニューラルネットワーク）を基礎として抽出手法の開発と評価を行い、4) 同時にある特定の画像でトレーニングされた学習モデルを、異なる解像度等の画像にも精度よく適用するための方法を開発することを目的としている。

本論文は全6章からなっている。

第1章は Introduction であり、研究の背景、目的を述べている。

第2章は Methods である。まずポリゴンを対象とした自動抽出手法の開発では、航空画像の建物抽出を対象に、まず既存の DCNN 手法の比較実験を行い、課題を明らかにした上で FCN、U-Net、FPN など比較的精度のよいネットワークを抽出し、それらをさらに組み合わせた新しい SFCN(Stacked Fully Convolutional Network)を提案している。またラインについてはわずかな位置ずれが大きな損失値を生むことから、学習時には解が収束しにくく不安定になり、精度が向上しない問題がある。そこで多少の位置ずれを吸収して損失関数値の激変を防止する NFS (Nearest Feature Selector) を組み込むことで、より安定的に抽出できる手法を提案している。

さらに、特定の分解能等を有する画像で学習したモデルを異なる画像に適用した際に生

じる大きな精度低下を低減する方法を提案した。これは低分解能画像を疑似的に高分解能画像に変換する機能や、パングロ画像を RGB 等の多スペクトル画像に変換する機能を有する深層ニューラルネットワークモデルを構築し、画像変換することでポリゴン等の自動抽出精度の低下を軽減する方法である。

第 3 章は Material であり、学習や検証に用いたオープンデータの仕様等を述べている。

第 4 章は Results であり、開発した方法の検証結果を整理している。ポリゴン抽出については建物抽出、ライン抽出については建物輪郭をそれぞれ実験対象として開発手法の比較・検証を行った結果、精度向上を確認している。また、異種画像間での抽出精度低下の軽減手法については、カラー航空画像でトレーニングされたモデルを、分解能の低いパングロ衛星画像に適用する実験を行い、航空画像で得られている本来の結果に比べて遜色ない精度を達成できることを示している。

第 5 章は Discussion であり、開発された 3 つの手法について得られた精度等に関する考察を行うのと同時に、マッピング自動化を実現するためにさらに行うべき研究課題等を整理している。

第 6 章は、Conclusion であり、研究の成果をまとめている。

以上をまとめると、航空画像や衛星画像等を利用した自動化マッピングに向けて、必要な要素技術のうち、ポリゴン抽出技術、ライン抽出技術、異種画像間でのモデル適応技術を開発して精度や安定性を向上できることを示し、自動化マッピングへの途を拓いた点が本研究の主要な成果であり、空間情報科学の発展に大きな貢献をしており、環境マネジメントへの適用可能性が見込まれる。さらに論文の成果は柴崎亮介らと共著で公表されているが、論文提出者が主体となって研究を実施しており、論文提出者の寄与は十分である。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

(1989 字)