

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Methodology of data efficient deep learning for newly built construction detection in bitemporal SAR images
著者(和文)	JATURAPITPORNCHAI
Author(English)	Raveerat Jaturapitpornchai
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11650号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松岡 昌志,中村 芳樹,室町 泰徳,那須 聖,淺輪 貴史
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11650号, Conferred date:2020/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		JATURAPITPORNCHAI Raveerat	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	松岡 昌志	教授	審査員	浅輪 貴史	准教授
	審査員	中村 芳樹	教授			
		室町 泰徳	准教授			
		那須 聖	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Methodology of data efficient deep learning for newly built construction detection in bitemporal SAR images」と題して、以下の7章から構成されている。

第1章「Introduction」では、人工衛星画像からの都市化モニタリングを対象とした本研究の背景と目的について述べている。都市化が急速に進んでいる国や地域では、現地調査による新築構造物の把握に労力がかかる問題点をあげ、解決策のひとつとして人工衛星により観測した画像からの自動検出の必要性を述べている。とくに、雲が多い熱帯・亜熱帯地域の都市の観測には全天候型の特長を有する合成開口レーダ (SAR) を搭載した衛星画像 (SAR 画像) の利用が有効であること、深層学習の応用により高精度化が見込まれることをあげている。以上をふまえ、2 時期の SAR 画像から、その時期の間に建設された構造物を深層学習により高精度に検出する手法を構築することが本研究の目的であるとしている。

第2章「Literature review」では、SAR 画像の特性と深層学習について概観すると共に、既往研究より、画像から土地被覆や変化を検出するには、深層学習の中でもピクセル単位での判定が可能な完全畳み込みニューラルネットワーク (FCN) が有効であること、都市の変化検出を目的として光学センサを搭載した人工衛星画像に FCN を利用した事例は多いものの、SAR 画像を対象にした場合には構造物以外の変化も混在して検出するなどの課題があることを述べている。さらに、新築構造物についての十分な学習データがほとんど存在しないこと、少ない学習データであっても高精度な検出ができる手法を構築する必要性について述べている。

第3章「Training data for deep learning network and dataset」では、本研究で使用する学習データの作成方法について述べている。学習データは、タイ・バンコクを観測した2 時期の L バンド SAR 画像とその時期の間に建設された構造物のポリゴンデータにより構成され、構造物ポリゴンデータは Google Earth の光学センサ画像の目視判読により生成し、Google Street View の現地写真を使って構造物を確認している。さらに、新築構造物とそれ以外の地域の2 クラスに分けた建物ポリゴンデータのバイナリ画像には各クラスでピクセル数の不均衡問題があることを明らかにし、その解決方法を提案している。

第4章「Newly built construction detection with U-net」では、FCN の中でもスキップ結合を持つ有能なネットワークの U-net を概説し、本研究の学習データに適用して性能実証実験を行っている。その結果、バンコクの L バンド SAR 画像による新築構造物の検出精度は、一般的な FCN や既往の変化抽出手法よりも高いことを明らかにしている。しかし、タイ・チェンマイを観測した C バンドの SAR 画像に適用した場合には山岳地域における植生の誤抽出が多くみられ、さらに、学習データを 1/4 に減らした場合にはバンコクの L バンド SAR 画像であっても検出精度が大きく低下することも明らかにしている。

第5章「Proposal of Chronological order reverse network」では、U-net における学習データ数に依存した検出精度低下の問題を解決するために、学習データを効率的に利用して検出精度

の低下を防ぐ新しいネットワーク（CORN）を提案している。2 時期の SAR 画像の入力順序が異なると、画像特徴量の変化について学習の仕方が異なることに着想を得たものであり、具体的には、4 章で示した U-net に SAR 画像の入力を逆にしたもうひとつの U-net を組み合わせた新しいネットワークである。2 の U-net の学習パラメータの統合割合およびスキップ結合について CORN の最適化を行い、性能実証実験をしたところ、学習データを 1/4 に減らした場合でも全学習データを用いた場合と同程度の高い検出性能を有していることを明らかにしている。

第 6 章「Versatility of Chronological order reverse network」では、5 章で提案した CORN の汎用性を検証している。ベトナム・ハノイと中国・アモイを観測した L バンド SAR 画像および学習データとは異なるレーダ照射方向の SAR 画像に適用した場合において、学習データに含まれない複雑な形状をした小さい建物を除いて検出精度は高く、他地域への適用性があることを明らかにしている。また、C バンド SAR 画像における山岳地域における植生の誤抽出がなくなり、CORN の汎用性が高いことも検証している。スペックルノイズを想定した人為的ノイズを入力画像に付加した場合でも精度の低下は認められず、CORN のロバスト性を明らかにしている。

第 7 章「Conclusion」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、タイ・バンコクを観測した 2 時期の人工衛星 L バンド SAR 画像を用いて、その時期の間に建設された構造物を深層学習により高精度に検出する手法を新たに構築し、土地条件の異なる他地域や C バンドの SAR 画像、ノイズを混入させた画像に適用して手法の有用性やロバスト性を示したものであり、これらの成果がもたらす都市環境評価や都市計画への貢献は大きい。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。