

2023年 8月 30日

豊橋技術科学大学長 殿

建築・都市システム学専攻  
学位審査委員会  
委員長 浅野 純一郎



## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	MOSCOSO ALCANTARA EDISSON ALBERTO		学籍番号	第 209503 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 建築・都市システム学 専攻	
博士学位 論文名	Rapid Post-Earthquake Damage Detection of Buildings based on Machine Learning (機械学習に基づく地震直後の建物被害検出法)			
論文審査の 期間	2023年 7月 13日 ~ 2023年 8月 22日			
公開審査会 の日	2023年 8月 22日	最終試験の 実施日	2023年 8月 22日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	中 澤 祥 二			
委員	齊 藤 大 樹		松 井 智 哉	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文では、地震直後の建物の被害を、機械学習を用いて検出する技術を開発するものである。建物に設置した加速度計の記録から迅速に被害の程度を判定するもので、地震直後の建物の継続使用や安全性の判定に役立てることを目的としている。

第1章では、本論文の背景と目的および論文構成について述べている。

第2章では、多質点系建物モデルについて、機械学習の手法の一つであるCNN(Convolutional Neural Network: 畳み込みニューラルネットワーク)を用いて、地震直後の建物各階の最大塑性率、層間変形角、最大応答加速度を、最上階の地震計記録のウェーブレットスペクトルから推定する技術を開発している。

第3章では、地震観測を実施している田原市役所と豊橋中消防署について、前述のCNNを適用した結果について述べており、ウェーブレットパワースペクトルを用いることで精度の向上を実現している。

第4章では、ウェーブレットスペクトル以外の27種類の強度指標と、CNN以外の7種類の機械学習法について、建物の被害推定精度を比較検討している。また、建物の地震計の設置位置についても、地表、最上階、屋上階などの異なるケースについて検討している。

第5章では、個別の建物ではなく、同じ構造で階数やスパン数などが異なる複数の建物について地震直後の被害を評価する方法について検討し、最適な強度指標や機械学習法を提案している。

最後に、第6章において、研究成果のまとめと提言を示している。

## 審査結果の要旨

地震発生後には、できるだけ早く建物の被害程度を調査し、避難や建物継続使用の判断をしなければならない。しかし、従来は目視による外観調査が中心で、建物内部の被害状況までは把握できなかった。本論文では、あらかじめ建物内に設置した地震計の記録から、機械学習の手法を用いて、遠隔で即時に被害程度を推定する技術について検討している。

主要な研究成果は以下のように要約できる。

- 1) CNNという機械学習の方法を用いて、建物上層階に設置された地震計の観測波形のウェーブレットスペクトルの画像から、被害の程度(無被害、軽微な被害、中被害、大被害、倒壊)や継続使用の可能性(安全、注意、危険)を遠隔で直ちに診断する技術を開発した。
- 2) 開発した技術を田原市役所と豊橋中消防署について適用し、その精度を確認した。
- 3) ウェーブレットスペクトル以外の27種類の強度指標と、CNN以外の7種類の機械学習法について、建物の被害推定精度を比較検討し、最適な組み合わせを明らかにした。
- 4) 同じ鉄筋コンクリート造の建物であれば、機械学習法を用いることで、地震計が設置されていない建物を含む地域全体の建物の被害評価ができる技術を開発した。

以上、本論文は、機械学習を応用し、地震直後に迅速に建物の被害程度を評価し、被害の程度や継続使用の可能性を遠隔に直ちに診断する技術を開発しており、学術的な新規性ととも地震後の対策・対応に役立つ実用性も認められる。

以上より、博士(工学)の学位論文に相当するものと判断した。

(各要旨は1ページ以上可)