

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Anomaly detection and classification in multi-sensor systems using deep learning
著者(和文)	MUHAMMADSHAKEEL
Author(English)	Shakeel Muhammad
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12185号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中臺 一博,奥富 正敏,倉林 大輔,中島 求,塚越 秀行,糸山 克寿
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12185号, Conferred date:2022/9/22, 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

(博士課程)

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		Shakeel Muhammad	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	中臺 一博	教授	審査員	中島 求	教授
	審査員	奥富 正敏	教授		糸山 克寿	特任准教授
		倉林 大輔	教授			
		塚越 秀行	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Anomaly detection and classification in multi-sensor systems using deep learning」と題し、英文全6章から構成されている。

第1章「Introduction(序論)」では、本論文の背景、動機、目的、関連研究の課題とアプローチ、および本論文の構成について述べている。大量のデータを生成するマルチセンサシステムが普及しつつあるが、システムが生成するデータに含まれる異常なイベントが検出されないまま放置されてしまう危険性に着目し、異常イベント検出・分類 (Anomaly Event Detection and Classification, AEDC) フレームワークが重要な技術であると主張している。

第2章「Literature Review(関連研究)」では、本論文における「異常イベント」「検出」「分類」を定義したのち、様々なドメインにおける深層学習ベースの従来型 AEDC フレームワーク研究を概観し、(1) ノイズ耐性が低い、(2) クラス間の重複が大きいデータへの考慮の不足、(3) 学習に大規模なアノテーション済みデータセットが必要という3つの課題を抽出している。また、本論文の位置づけを、これらの課題を解決する深層学習ベースの新しい AEDC フレームワークを提案すること、および地震イベント検出、地震のマグニチュード分類、人の動き検出といったケーススタディを通じて、提案フレームワークの有効性を示すことであると定義している。

第3章「Earthquake Detection(地震検出)」では、長い時間的コンテキストを考慮することで、実データに対するノイズ耐性を向上する 3D-CNN-RNN (3 dimensional convolutional neural network with recurrent neural network) を提案している。また、一般公開されているスタンフォード地震データセット (STEAD)、および地震センサで収集した実データで提案手法の評価を行い、ノイズが含まれる環境でも、高精度な地震検出ができることを示している。これは、都市部のような従来は地震センサの設置が難しかった高ノイズ環境へ地震センサ設置の可能性を拓く意味で重要な知見であると述べている。

第4章「Earthquake Magnitude Classification (地震のマグニチュード分類)」では、クラス間の重複領域が大きい場合、重複領域に含まれるサンプルの分類が難しくなるという問題に対して、マルチラベルアプローチの導入を提案している。マルチラベルアプローチでは、各サンプルが複数のクラスに属することを許容し、クラス間の重複を反映したマルチラベルアノテーションを行うことで、この問題の解決を図っている。STEAD から変換したマルチラベル用データセットを用いて、地震のマグニチュード分類を行い、従来のマルチクラス分類で 0.552 であった F1 スコアが、提案法では 0.760 に向上することを実証している。

第5章「Metric-based multimodal meta-learning for human movement identification via footstep recognition (足音認識を通じた人動作同定のためのメトリックベースのマルチモーダルメタ学習)」では、小規模データの学習に有効であることで知られる Contrastive 学習に基づくシャムニューラルネットワークを拡張し、マルチモーダル小規模データに対応したマルチストリームシャムニューラルネットワークを提案している。歩行動作に対して振動センサとマイクロホンから得られた小規模データを用いて、人の動きの検出を行ったところ、いずれか一方のデータだけではデータ量不足から、モデルが適切に学習されなかったのに対し、提案手法で両方のデータを用いた場合は、モデルが適切に学習され、検出率 0.966 とほぼ正しく検出できることを示している。これは、提案手法の有効性を示すとともに、複数モダリティの統合はデータ量不足を補いモデルの適切な学習を実現するための有効な手段の一つであることを示唆する重要な知見であると述べている。

第6章「Conclusion(結論)」では、従来の AEDC フレームワークの3つの課題に対し、提案した手法に対する結果と知見を整理、本論文の貢献と限界について考察し、今後の AEDC フレームワークの方向性に関する提言を行い、本論文の結論としている。

以上を要するに、本論文は、深層学習ベースの AEDC フレームワークで考慮が不足していた3つの課題に着目し、これらを解決する手法を独自に提案、その有効性を実データで実証したものである。着目した3つの課題は AEDC だけでなく、機械学習全般に共通する課題でもあり、ここで示された結果や知見は、AEDC を含む環境理解や機械学習にわたる広範な分野の発展に工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

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。