

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Data Augmentation for Time Series Data in Edge AI Devices for Cattle Behavior Estimation
著者(和文)	LIChao
Author(English)	Chao Li
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12470号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:伊藤 浩之,岡田 健一,徳田 崇,白根 篤史,吉村 奈津江, COSENTINO Sarah
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12470号, Conferred date:2023/3/26, 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		LI CHAO	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	伊藤 浩之	准教授	審査員	吉村 奈津江	准教授
	審査員	岡田 健一	教授		Sarah COSENTINO	准教授
		徳田 崇	教授			
		白根 篤史	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Data Augmentation for Time Series Data in Edge AI Devices for Cattle Behavior Estimation (ウシ行動推定用エッジ AI デバイスにおける時系列データのデータ拡張)”と題し、英文 6 章からなっている。

第一章 “Introduction: Edge AI, time series and real world challenges” では、深層学習や機械学習におけるデータ拡張の一般的な状況と必要性を説明している。データ拡張技術が画像処理の深層学習で広く使われている一方で、加速度データなどの時系列データに対する報告が限定されていることを指摘し、その研究の必要性を論じている。

第二章 “From livestock management to neural networks: the need for data augmentation” では、教師データに用いられる時系列データセットのサイズやクラスのアンバランスにより生じる問題や、関連するデータ拡張技術の最新動向について解説している。さらに、この問題が生じやすい好例として、ウシなどの畜産動物の発情や疾病の検知を目的としたエッジ AI ベースの行動推定システムを紹介し、その技術の重要性と動向について詳説している。

第三章 “Random rotation-based data augmentation” では、ウシ行動推定システムにおける特有の課題に基づいたデータ拡張技術を紹介している。特に首輪型デバイスの位置回転の問題を考察し、それをシミュレートする技術を活用して、低頻度の行動のデータを追加生成して補強する方法を提案している。また、この手法は、情報量を変化させずにデータ回転後に生成される時系列データに全く異なる時間的特徴を持たせることができるため、ネットワーク学習時の汎化をサポートできるところに特徴があることを述べている。さらに、ウシ 2 頭のデータセットに適用し、行動推定精度が 77% から 98% に改善されることを示している。

第四章 “Data augmentation based on combining multiple empirical methods” では、ウシ 1 頭あたりのデータがより限定された条件下において、6 頭分のデータセットをもとに、より汎用性と精度が高いデータ拡張手法を提案している。首輪の回転のシミュレーションに加えて、時間反転、再結合、データ損失補償など、特定の演算が導入されている。これらは、前章の手法と比較して、首輪の回転という現実の現象だけではなく、信号や行動の実際の特性に関する多くの経験的考察を含んでいるため、より発展的な手法である。畳み込みニューラルネットワークの学習に適用した場合に、時間反転とデータ損失補償を組み合わせることで、平均精度がベースラインの 83% から 94% に向上することが示されている。さらに、本結果から、自己相関や相互相関、値分布などの線形信号の特徴に行動推定のための重要な情報が含まれていることを示唆している。

第五章 “Improving abstraction by combining Fourier surrogates and sampling schemes” では、より一般的かつ理論に裏付けられたデータ拡張技術について詳述している。フーリエサロゲートが、時間反転の一般化であることから、位相ランダム化により自己相関、相互相関、値分布を維持したまま無相関の新しい時系列データを無制限に提供できることに着目し、これに基づくデータ拡張技術を提案している。さらに、この特徴を活用して、行動の発生頻度分布に関わらず各エポックにおいて異なる組み合わせのデータセットが提供可能なバイアスサンプリングを組み合わせる新規手法を提案している。これにより、96% という高い平均精度を達成している。さらに、提案手法が原理的に他種類の時系列データのデータ拡張にも適用可能であることを説明し、公開データなどを用いた分析により、その可能性が示されている。

第六章 “Conclusion and Future Work” では、本論文で得られた成果をまとめ、今後の研究の展望として、複雑さのレベルが異なるデータ拡張技術を選択するための手法が提案されている。さらに、この研究を他のアプリケーションに拡張できる可能性と有用性を述べている。

以上を要するに、本論文は、時系列データ、特に加速度データに対する新規かつ有用なデータ拡張技術について論じたもので、学術上、産業上貢献するところが大きい。よって我々は、本論文が博士(学術)の学位論文として、十分に価値あるものと認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(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。