

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：17102
研究種目：若手研究
研究期間：2021～2022
課題番号：21K17808
研究課題名（和文）Dynamic Neural Architecture Warping for Time Series Recognition

研究課題名（英文）Dynamic Neural Architecture Warping for Time Series Recognition

研究代表者
IWANA BRIAN・KENJI（IWANA, BRIAN KENJI）

九州大学・システム情報科学研究所・准教授

研究者番号：90852723
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：この助成金による研究は、時系列認識、ニューラルネットワーク、パターン認識の分野で広範な成功を収めました。具体的には、ニューラルネットワークの表現やアーキテクチャを動的に変形させ、新しい応用に適用するための研究が行われました。研究成果として、査読付きの国際ジャーナル論文が6件、査読付きの国際会議論文が9件、日本の学会発表が4件あります。また、現在査読中の論文が3件あり、執筆中の論文が2件あります。これらの出版物はすべて高水準のジャーナルおよび会議です。

研究成果の学術的意義や社会的意義
この研究は、ニューラルネットワークの頑健性と適用範囲の向上において重要です。多くの出版物は、時系列認識や文書認識の研究において長期的な影響を持ちます。

研究成果の概要（英文）：The research from this grant had wide successes in time series recognition, neural networks, and pattern recognition. Specifically, research was done on dynamically warping the representations and the architectures of neural networks and applying it to new applications.

For research results, there were six peer-reviewed international journal publications, nine peer-reviewed international conference publications, and four Japanese conference publications. There are also three papers currently under review and two in the process of writing. All of these publications are high level journals and conferences.

研究分野：Pattern Recognition

キーワード：Time Series Neural Network Dynamic Programming Pattern Recognition Machine Learning

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

時系列は、値の連続的な列として表現できるパターンやデータです。音声、バイオインフォマティクス、トラッキング、信号など、さまざまな分野で時系列が見られ、その認識は重要なタスクです。時系列パターンの認識の難しさは、パターンの構造と時間的な依存関係を考慮する必要があります。さらに、現実世界の時系列の認識には、時間的な歪み、速度の違い、可変長、ノイズなどの多くの課題があります。

近年、機械学習とパターン認識の分野での研究が大きく飛躍しています。この進歩の一部は、深層学習、すなわち人工ニューラルネットワークから得られた画期的な結果によるものです。特に、時系列認識においては、時間的なニューラルネットワークを用いた研究が盛んです。しかし、時間的なニューラルネットワークの使用には、既存の問題や課題が存在します。具体的には、(a) ノイズや時間的な歪みなど現実世界の時系列の問題への対処。(b) ニューラルネットワークアーキテクチャの固有の柔軟性の低さ。(c) 訓練されたモデルの説明可能性と理解に関する課題。(d) より効率的なネットワークの必要性があります。

2. 研究の目的

この研究の目的は、ニューラルネットワークのための動的なワーピング方法を開発し、利用することです。動的な側面を利用することで、ニューラルネットワークが異なる入力に対して適応可能になることを目指しています。動的なワーピングは、ニューラルネットワークの特徴や表現を動的に変化させる方法です。ワーピングと動的な側面の利用により、ニューラルネットワークに柔軟性を追加し、新しい応用への取り組みや、困難な現実世界の時系列に挑戦するための多くの研究分野が開かれます。

深層学習のような大規模な分野でも、ニューラルネットワークの構造に動的なアラインメントやワーピングを利用する出版物はごくわずかです(応募者以外のものを指します)。さらに、存在する少数のケースでも、通常は特徴ごとのワーピングに関するものであり、レイヤーごとのワーピングのアイデアはまったく新しい概念です。

3. 研究の方法

この研究では、ニューラルネットワークのアーキテクチャと表現をワーピングする方法についての研究が行われました。ワーピングを利用することにより、ニューラルネットワークに柔軟性を持たせ、新しい応用に取り組むことや困難な現実世界の時系列に挑戦するなど、多くの研究分野が開かれました。これらの手法は時系列認識に特化して設計されていますが、画像、文書、統計データなどの他のドメインでも利用することができます。

動的なワーピングは、複数の方法で使用されました。

- 時系列ニューラルネットワークへの入力パターンは、さまざまな目的のためにワーピングされることがあります。そのために、動的な時間ワーピングを使用して、プロトタイプパターンとサンプルパターンの要素を整列させます。動的なマッチングを使用することで、新しいサンプルパターンは元のサンプルパターンの値とプロトタイプパターンの時間ステップとともにワーピングされます。提案されたガイド付きワーピングは、効果的なデータ拡張の方法として使用されます。また、時系列の長さを正規化するための手法としても使用されます。
- 別の例では、ランダムなワーピングが時間的畳み込みニューラルネットワークの完全結合層で使用されています。ネットワークにランダムなワーピングを追加することで、ネットワークを敵対的攻撃から保護することができます。
- 動的なニューラルネットワークは、入力に基づいて変化するニューラルネットワークです。このプロセスは複数の方法で行われることがあります。たとえば、ある研究では、データを表現するために使用されるデータ拡張方法を制御するために使用されます。この研究で提案された他の手法では、動的な特徴が抽出され、マルチモーダルネットワークで使用されます。

4. 研究成果

この研究からは、国際ジャーナル6本、国際会議9本、および日本国内の会議4本の出版物がありました。ジャーナルのうち4本はPattern Recognition(インパクトファクター: 8.518)に

掲載され、2本はオープンアクセスジャーナルです。国際会議では、ACM Multimedia から1本、国際パターン認識会議 (ICPR) から2本、国際音響・音声・信号処理会議 (ICASSP) から2本、国際文書解析・認識会議 (ICDAR) から3本、ICDAR ワークショップ (機械学習) から1本の論文が発表されました。これらの会議は、各分野でトップの会議です。さらに、現在3本の論文が査読中であり、2本が執筆中です。

ハイライト:

Dynamic and Warping Neural Networks

- 一つの研究では、特徴のランダムワーピングの使用が時系列パターンの敵対的攻撃に対する防御手段として機能することを示しました。これは、4つの最新の敵対的攻撃に対してテストされ、既存の比較と比べてニューラルネットワークをより堅牢にすることに成功しました。
- 動的時間ワーピングは、さまざまな長さの時系列を変形するために使用されました。主な研究者は、さまざまな長さの時系列をより効果的に表現する方法を開発することができました。
- 研究では、動的時間ワーピングがニューラルネットワークでシミュレート可能であり、アテンションや距離尺度として使用できることも示されました。
- 動的なデータ拡張手法が導入されました。この研究では、ゲーティングネットワークを使用して、時系列認識のための各データ拡張の量を動的に制御する方法が提案されました。
- 動的時間ワーピングは、時系列ニューラルネットワークのデータ拡張として、時系列の生成方法としても使用されました。

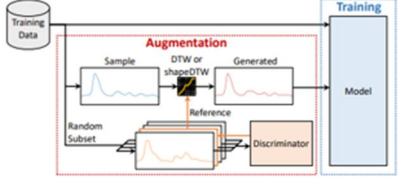
Fundamental Issues in Neural Networks

- 「An Empirical Survey of Data Augmentation for Time Series Classification with Neural Networks,」という論文では、主な研究者がさまざまなデータ拡張方法を時系列ニューラルネットワークで詳細にテストしました。この論文は重要な研究成果となり、Google Scholar によれば既に252件の引用があります。
- 畳み込みニューラルネットワークの内部表現がマックスプーリングによってどのように歪むかを分析しました。さらに、マイクロ変形も特徴として使用して、より堅牢なニューラルネットワークを構築するために活用しました。
- シグナルパターンにおいてモチーフベースの特徴がニューラルネットワークの改善にどのように役立つかを調査しました。これらのモチーフベースの特徴は、時系列ニューラルネットワークでパターンを識別する際に有用です。

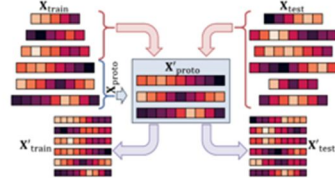
Interesting and New Applications

- フォントとテキストに関連する複数のトピックが取り上げられました。これには、トランスフォーマーニューラルネットワークを使用してベクトルフォントのシーケンスを修復すること、フォントスタイルの転送、フォント生成、フォント解析などが含まれます。
- 2値化には、カスケード型のニューラルネットワークを使用することができることを示す研究が行われました。
- 自然言語処理の分野では、多義語や同形異義語の単語使用に基づいてテキストを分析する能力が開発されました。

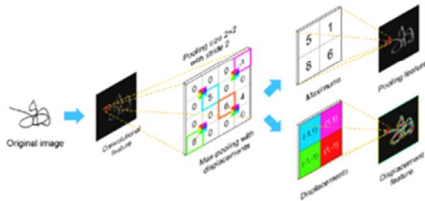
Dynamic Warping-Based Augmentation



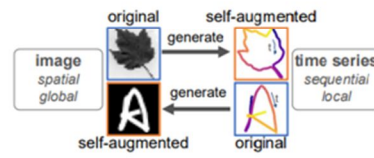
Dynamic Warping-Based Length Normalization



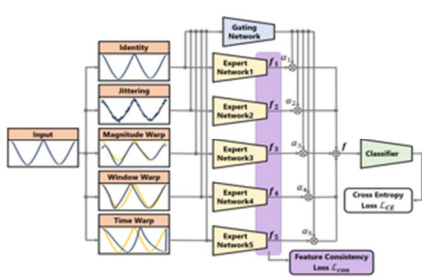
Maxpooling-based Features



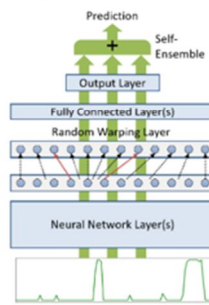
Cross-Modal Self-Augmentation



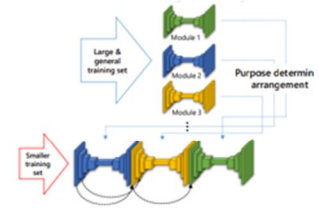
Dynamic Data Augmentation



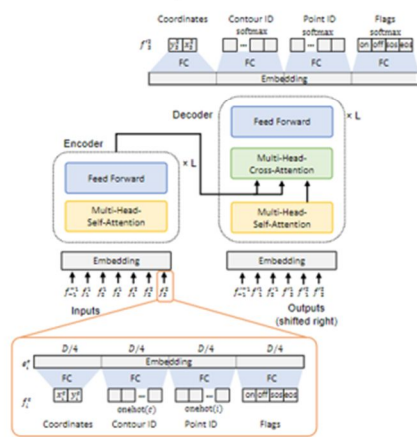
Adversarial Attack Defense using Random Warping



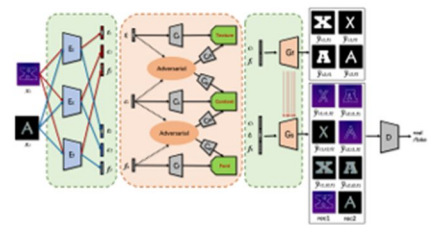
Multi-Purpose Cascading Network



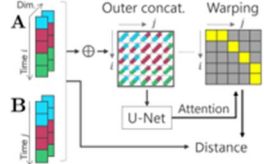
Time Series Completion with Transformers



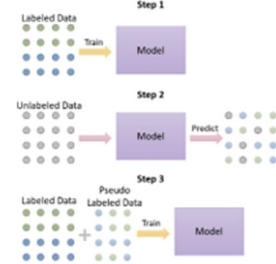
Style Transfer and Disentanglement



Warping-Based Attention



Semi-Supervised Learning for NLP



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Guangtao Lyu, Kun Liu, Anna Zhu, Seiichi Uchida, Brian Kenji Iwana	4. 巻 140
2. 論文標題 FETNet: Feature erasing and transferring network for scene text removal	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 109531 ~ 109531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.patcog.2023.109531	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shinnosuke Matsuo, Xiaomeng Wu, Gantugs Atarsaikhan, Akisato Kimura, Kunio Kashino, Brian Kenji Iwana, Seiichi Uchida	4. 巻 136
2. 論文標題 Deep attentive time warping	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 109201 ~ 109201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.patcog.2022.109201	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Guangtao Lyu, Kun Liu, Anna Zhu, Seiichi Uchida, Brian Kenji Iwana	4. 巻 140
2. 論文標題 FETNet: Feature erasing and transferring network for scene text removal	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 109531 ~ 109531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.patcog.2023.109531	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shinnosuke Matsuo, Xiaomeng Wu, Gantugs Atarsaikhan, Akisato Kimura, Kunio Kashino, Brian Kenji Iwana, Seiichi Uchida	4. 巻 136
2. 論文標題 Deep attentive time warping	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 109201 ~ 109201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.patcog.2022.109201	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kang Seokjun, Uchida Seiichi, Iwana Brian Kenji	4. 巻 9
2. 論文標題 Tunable U-Net: Controlling Image-to-Image Outputs Using a Tunable Scalar Value	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 103279 ~ 103290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3096530	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Iwana Brian Kenji, Uchida Seiichi	4. 巻 16
2. 論文標題 An empirical survey of data augmentation for time series classification with neural networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0254841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0254841	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zheng Yuchen, Iwana Brian Kenji, Malik Muhammad Imran, Ahmed Sheraz, Ohyama Wataru, Uchida Seiichi	4. 巻 118
2. 論文標題 Learning the micro deformations by max-pooling for offline signature verification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 108008 ~ 108008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.patcog.2021.108008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 On mini-batch training with varying length time series
3. 学会等名 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daisuke Oba, Shinnousuke Matsuo, Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Gated Data Augmentation for Time Series Recognition
3. 学会等名 情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akihiro Kusuda, Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 画像の空間的構造を活用したVision Transformer
3. 学会等名 情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinnosuke Matsuo, Xiaomeng Wu, Gantugs Atarsaikhan, Akisato Kimura, Kunio Kashino, Brian Kenji Iwana, and Seiichi Uchida
2. 発表標題 Attention to Warp: Deep Metric Learning for Multivariate Time Series
3. 学会等名 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taiga Miyazono, Daichi Haraguchi, Seiichi Uchida, and Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Font Style that Fits an Image -- Font Generation Based on Image Context
3. 学会等名 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wensheng Zhang, Yan Zheng, Taiga Miyazono, Seiichi Uchida, and Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Towards Book Cover Design via Layout Graphs
3. 学会等名 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaigen Tsuji, Seiichi Uchida, Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Using Robust Regression to Find Font Usage Trends
3. 学会等名 ICDAR Workshop on Machine Learning (ICDAR-WML) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wensheng Zhang, Seiichi Uchida, and Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Towards Book Cover Design via Layout Graphs
3. 学会等名 Meeting on Image Recognition and Understanding (MIRU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaigen Tsuji, Seiichi Uchida, and Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Analysis of Historical Changes in the Fonts on Movie Posters
3. 学会等名 Meeting on Image Recognition and Understanding (MIRU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinnosuke Matsuo, Xiaomeng Wu, Gantugs Atarsaikhan, Akisato Kimura, Kunio Kashino, Brian Kenji Iwana, and Seiichi Uchida
2. 発表標題 Deep Metric Learning Based on Attention Model for Multivariate Time Series
3. 学会等名 Meeting on Image Recognition and Understanding (MIRU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinnosuke Matsuo. Presenters: Shinnosuke Matsuo, Brian Kenji Iwana, and Seiichi Uchida
2. 発表標題 Self-Augmented Multi-Modal Feature Embedding
3. 学会等名 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Oba, Brian Kenji Iwana, Shinnosuke Matsuo
2. 発表標題 Dynamic Data Augmentation with Gating Networks for Time Series Recognition
3. 学会等名 International Conference on Pattern Recognition (ICPR) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sangjun Han, Brian Kenji Iwana, Satoru Uchida
2. 発表標題 Classification of Polysemous and Homograph Word Usages using Semi-Supervised Learning
3. 学会等名 Annual Conference of the Association for Natural Language Processing (NLP)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sangjun Han, Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Word difficulty-level analysis using machine learning
3. 学会等名 情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoh Yamashita, Brian Kenji Iwana
2. 発表標題 Making time series neural networks robust to attacks
3. 学会等名 情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Anna Zhu, Zhanhui Yin, Brian Kenji Iwana, Xinyu Zhou, Shengwu Xiong
2. 発表標題 Text Style Transfer based on Multi-factor Disentanglement and Mixture
3. 学会等名 ACM Multimedia (ACMMM) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------