

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2017

課題番号：26330255

研究課題名（和文）プライバシーを考慮するマルチセンシングデータ解析システムの開発

研究課題名（英文）Development of a privacy-aware multi-sensing data analysis system

研究代表者

高野 茂（Takano, Shigeru）

九州大学・共進化社会システム創成拠点・准教授

研究者番号：70336064

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、多種多様なセンサから取得される膨大な信号データを高速に解析するために、それぞれの特性に適応するリフティングウェーブレットフィルタの設計手法を提案した。提案手法では、低層においてリフティング複素ウェーブレット変換を効率よく実施するユニットを実装し、識別層に入力するための画像特徴を抽出するモデルを実現している。評価実験では、画像識別の精度を落とさずに深層学習モデルのパラメータ数を削減できることを示した。これによりセンサーデバイス側で効率的な特徴抽出が可能となり、プライバシーを考慮するマルチセンシングデータ解析システムを開発することができる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we propose a design method of lifting wavelet filter adaptive to each characteristic in order to analyze enormous signal data acquired from various kinds of sensors at high speed. In the proposed method, a new compact deep neural network (DNN) architecture based on lifting complex wavelets is proposed. The proposed DNN architecture (LcwtNet) is composed of multiple layers in addition to a CNN architecture. Complex wavelet and lifting wavelet layers are introduced as the lower layers of LcwtNet, which can reduce the number of parameters while maintaining high performance similar to that of CNN models. In simulations, the effectiveness of LcwtNet is demonstrated by several test results using the MNIST dataset. By virtue of the proposed method, we can realize efficient extraction of features on the sensor device side and development of a privacy-aware multi-sensing data analysis system.

研究分野：画像処理

キーワード：マルチセンシングデータ解析 サイバーフィジカルシステム プライバシー制御 ウェーブレット変換
スマートセンサ情報システム

1. 研究開始当初の背景

ビッグデータ時代を迎え、莫大なデータを「収集・蓄積・分析・活用」するビッグデータアプリケーションの研究開発が隆盛を極めており、世界に先駆けて革新的な技術を生み出すことは国是である。今後爆発的に増加するデータの「収集・蓄積・分析」に関わるコストを抑えるためには、複合イベント処理(CEP)などに代表されるビッグデータの「活用」に必要なデータのみを「収集・蓄積・分析」する手法の確立が大変重要な課題である。研究代表者は、所属機関におけるビッグデータ「収集・蓄積・分析・活用」に関するプロジェクト研究に参画しており、これらの空間センシングデータを具体的に取得できる環境にある。具体的には、気温、湿度、消費電力などの環境センサだけでなく、人物行動を捉えるネットワークカメラおよび3次元センサ、モバイル機器による空間位置計測、さらには、ICカードによる入退出状況などのセンシングデータを複合的に蓄積している。本研究では、「収集」の段階でデータから特徴を抽出しデータベースへの「蓄積」を行い、データの「分析」に必要な特徴的なデータのみを「活用」するマルチセンシングデータ解析システムの構築を目指す。研究代表者等は、これまでリフティングウェーブレット変換に関する信号・画像からの特徴抽出に関する研究を行ってきており、音声信号処理や画像処理など、さまざまな種類の信号処理応用に関する知見がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、多種多様なセンサから取得される膨大な信号データを高速に解析するために、それぞれの特性に適應するリフティングウェーブレットフィルタの設計手法を提案し、さらに、プライバシーを考慮するマルチセンシングデータ解析システムの開発することである。

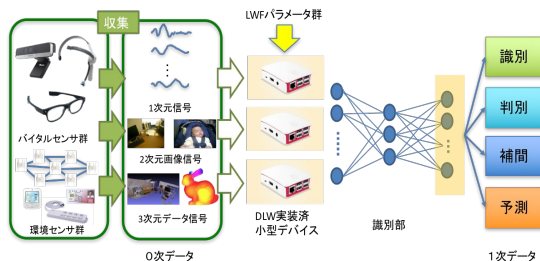


図1: 本研究課題の概要

3. 研究の方法

センサーデータを収集・蓄積・分析・活用できる基盤の研究として、講義中の受講者の状態を把握するためのバイタルセンシングデータ解析環境を整備し、マルチセンサにより収集したヒトのバイタル信号による集中度の推定に関する研究を行った。本研究により、多様なマルチセンシングデータ解析環境を構築した。

次に、分析機能の研究として、キャンパス

で収集する人流データを画像化し、深層学習のアプローチによる次の状態の予測や異常値の傾向を検出する研究を遂行した。最終的に、これらの知見を統合し、深層学習のアプローチによるリフティングウェーブレット変換に基づくコンパクトな深層学習モデルを提案した。これまでに研究代表者らが開発したウェーブレット設計理論では、画像識別精度が向上するように、遺伝的アルゴリズムのアプローチでリフティングウェーブレットフィルタのパラメータを設計する手法であった。本研究課題では、深層学習と同様に高精度な画像識別を実現するだけでなく、パラメータを学習モデルのパラメータ数を削減する。

4. 研究成果

本研究課題では、まず、講義中の受講者の状態を把握するためのバイタルセンシングデータ解析環境を整備し、マルチセンサにより収集したヒトのバイタル信号による集中度の推定に関する研究を行った。バイタルセンサとして、簡易脳波計、心拍計、カメラ、3次元スキャナを用いて、講義中のヒトの状態、集中・非集中を推定する実験を行った。特に脳波計を用いた実験では、脳波を周波数解析した8帯域のスペクトル信号から、ウェーブレット変換の低周波成分に相当する特徴を複数抽出する手法を提案し、どのような局所特徴を抽出すると、集中・非集中の識別率が向上するかの予備実験を行った。実験結果から、リフティングダイアディックウェーブレット変換による低周波成分の抽出が有効であるという知見を得た。

また、カメラおよび簡易脳波計により受講者の集中度を計測する手法を開発し、マルチセンシングデータを可視化、分析することができる遠隔講義システムを提案した。提案システムでは、受講者はノートパソコンを用いてブラウザを介して遠隔にいる講師の講義を受けると仮定し、そのときの受講者の状態(集中度)をカメラおよび簡易脳波計により計測する。遠隔地にいる講師は、受講者全体の集中度に関する統計量を確認することができる。カメラに基づく手法は、受講者の顔の向きに基づき集中度を定義している。そのため、プライバシーを考慮し、受講者側のブラウザ上で画像の特徴抽出を行い、原画像をサーバに送信することはしない。簡易脳波計に基づく集中度の計測実験では、収集される脳波の全帯域を用いる分析手法を提案し、従来手法と比較して良い識別精度を得ることができた。

さらに、深層学習のアプローチによる人流データの予測および異常値の予測に関する研究も実施した。提案手法では、最大5000人が活動するキャンパス内の人流データの計測実験により得られた膨大な人流ビッグデータを活用し、将来の時間帯における混雑度の予測を可能とした。また、人流データ

の特徴が外れ値となる傾向をつかみ、次の時間帯の異常値を予測する手法も考案した。これらは、人流データだけでなく、さまざまな時系列信号に応用することができる。

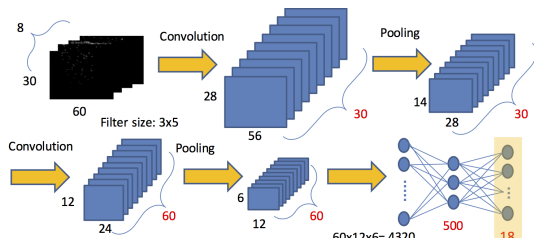


図 2: 人流データ異常予測モデル

最終年度は、深層学習のアプローチによるセンサーデータの特徴抽出に関する研究を推進した。特に、リフティング複素ウェーブレットに基づくコンパクトな新しい深層学習モデル LcwtNet (図 3) を提案した。

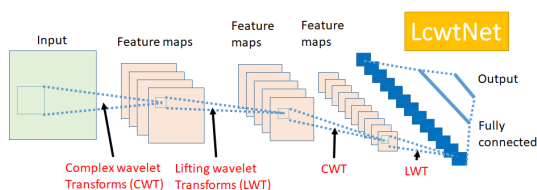


図 3: LcwtNet の概要図

提案手法では、既存の深層学習モデルである CNN をベースに、特徴抽出層をリフティング複素ウェーブレット変換に置き換える。通常、深層学習モデルでは、低層において特徴抽出、高層においては認識、判別、識別などを行う層になっている。提案手法では、低層においてリフティング複素ウェーブレット変換を効率よく実施するユニットを実装し、識別層に入力するための画像特徴を抽出するモデルを実現している。また、リフティング複素ウェーブレットフィルタのもつ調整可能なパラメータをニューラルネットワークの重みで表現することで、画像の識別精度を向上させるウェーブレット変換を設計す



ることにもなる (図 5)。

図 4: 複素ウェーブレットフィルタの例



図 5: 学習されたリフティング複素ウェーブレットフィルタの例

また、提案手法では、学習されたリフティング複素ウェーブレットフィルタを初期値

としてセットすることで、学習時間を短縮することができる。また、学習するデータやアプリケーションの領域ごとに学習された初期フィルタを準備することで、学習効率を上げることができる。実験では、画像識別の精度を落とさずに深層学習モデルのパラメータ数を削減できることを示した。

表 1: 既存手法 (CNN) および提案手法 (LcwtNet) における学習モデルのパラメータ数と画像識別精度

Method	#Layers	#Parameters	Epochs	Test accuracy
CNN	20 × 30 × 50	75110	20	0.990
LcwtNet	20 × 30 × 50	61310	20	0.954
LcwtNet	8 × 16 × 32	34342	200	0.961

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

1. Kensuke Baba, Hiromichi Abe and Shigeru Takano, Using a Simple Electroencephalograph for Activity Recognition of Learners, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol. 137 (2017) No. 3, pp. 542-546 (平成 29 年 3 月)
2. Yutaka Deguchi, Daisuke Takayama, Shigeru Takano, Vasile-Marian Scuturici, Jean-Marc Petit, Einoshin Suzuki, Skeleton clustering by multi-robot monitoring for fall risk discovery, J. Intell. Inf. Syst. 48(1): 75-115 (平成 29 年 2 月)
3. 藤崎 清孝, 岡田 義広, 高野 茂, 石田 浩二, キャンパス内デジタル放送システムの試作, 日本 e-Learning 学会論文誌, Vol. 15, pp. 15-23, 2015 (平成 27 年 10 月)

〔学会発表〕(計 24 件)

1. 高野 茂, リフティング複素ウェーブレットによるコンパクトな深層学習モデルの実現, 日本応用数理学会 2018 年研究部会連合発表会 (平成 30 年 3 月)
2. 高野 茂, 都市をプログラムするためのデータ連携基盤, BODIK セミナー「データドリブなスマートシティの実現を目指して」第 2 回ふくおか AI・IoT 祭り inSRP (招待講演)(平成 30 年 3 月)
3. 高野 茂, P-Sen によるキャンパス人流センシング環境構築と社会実装に向けた取り組み, 第 12 回 CPS / IoT におけるセンシングソリューション技術分科会, 一般社団法人 電子情報技術産業協会 (招待講演)(平成 30 年 3 月)
4. Maiya Hori, Takayuki Goto, Shigeru Takano, Rin-ichiro Taniguchi, Power Demand Forecasting Using

- Meteorological Data and Human Congestion Information IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications (CPSNA)(平成29年10月)
5. Shigeru Takano, Maiya Hori, Takayuki Goto, Seiichi Uchida, Ryo Kurazume and Rin-ichiro Taniguchi, Deep Learning-based Prediction Method for People Flows and Their Anomalies, Proceedings of the 5th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods, ICPRAM 2017 (平成29年2月)
 6. 木下和弥, 後藤 孝行, 高野 茂, 谷口倫一郎, テンソル因子分解による欠損のあるセンシングデータの補間に関する研究, 平成28年度(第69回)電気・情報関係学会九州支部連合大会(平成28年9月)
 7. 劉 嘉偉, 後藤 孝行, 高野 茂, 谷口倫一郎, 大学キャンパスにおける人の移動目的推定のための人流データ分析手法の提案, 平成28年度(第69回)電気・情報関係学会九州支部連合大会(平成28年9月)
 8. Hiroki Tamari, Shohei Nakamura, Shigeru Takano, Yoshihiro Okada, 3D Model Generation of Black Cattle Using Multiple RGB Cameras for Their BCS, The 20th International Conference on Network-Based Information Systems, NBIS 2017 (平成29年8月)
 9. Naoto Maki, Shohei Nakamura, Shigeru Takano, Yoshihiro Okada, 3D Model Generation of Cattle Using Multiple Depth-Maps for ICT Agriculture, Proceedings of the 11th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS-2017) (平成29年7月)
 10. Yu Xiang, Shohei Nakamura, Hiroki Tamari, Shigeru Takano, Yoshihiro Okada, 3D Model Generation of Cattle by Shape-from-Silhouette Method for ICT Agriculture, 8th International Workshop on Virtual Environment and Network-Oriented Applications, VENOA 2016 (平成29年7月)
 11. Hideki Sagara, Shigeru Takano, Yoshihiro OKADA, 3D Model Data Retrieval System Using KAZE Feature for Accepting 2D Image as Query, 8th International Workshop on Virtual Environment and Network-Oriented Applications, VENOA 2016 (平成29年7月)
 12. 相良英樹, 高野茂, 岡田義広, 3次元CG画像のKAZE特徴を用いた2次元画像をクエリとする3次元形状検索システム, 情報処理学会九州支部「火の国情報シンポジウム2016」(平成28年3月)
 13. Liu Yupeng, 後藤孝行, 高野茂, 受講者の集中度を考慮する遠隔講義システムの構築, 情報処理学会九州支部「火の国情報シンポジウム2016」(平成28年3月)
 14. Hiromichi Abe, Takuya Kamizono, Kazuya Kinoshita, Kensuke Baba, Shigeru Takano, Kazuaki Murakami, Towards Activity Recognition of Learners in On-line Lecture, Journal of Mobile Multimedia, Vol. 11, No. 3&4. pp. 205-212, Nov. 2015 (平成27年11月)
 15. 高野茂, 後藤孝行, 辻徳生, 倉爪亮, 内田誠一, 森岡道雄, 谷口倫一郎, 村上和彰, 地理情報システム上で利活用できる人流・交通流ビッグデータ分析基盤の開発, 全国共同利用研究発表大会「CSIS DAYS 2015」(平成27年11月)
 16. Hiromichi Abe, Kazuya Kinoshita, Kensuke Baba, Shigeru Takano, Kazuaki Murakami, Analyzing Brain Waves for Activity Recognition of Learners, Proc. of the Third IFIP TC 5/8 International Conference, ICT EurAsia 2015, and 9th IFIP WG 8.9 Working Conference, ONFENIS 2015, Information and Communication Technology (平成27年10月)
 17. 安部 弘通, 木下 和弥, 馬場 謙介, 高野 茂, 村上 和彰, 簡易脳波計による学習者の状態推定に関する研究, 第77回情報処理学会全国大会(平成27年3月)
 18. Kazuaki Murakami, Shigeru Takano, What is Our Future Society in the Era of Big Data, CPS and IoT?, The 4th Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI 2014) (招待講演) (平成26年11月)
 19. Satoshi Kuboi, Kensuke Baba, Shigeru Takano, Kazuaki Murakami, Approximate String Matching for Large-scale Event Processing, The 4th Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI 2014) (平成26年11月)
 20. Daisuke Takayama, Yutaka Deguchi, Shigeru Takano, Vasile-Marian Scuturici, Jean-Marc Petit, Einoshin Suzuki, Multi-view Onboard Clustering of Skeleton Data for Fall Risk Discovery, Ambient Intelligence (AmI 2014), LNCS 8850, Springer-Verlag pp. 258-273 (平成26年11月)
 21. Satoshi Kuboi, Kensuke Baba, Shigeru

- Takano, Kazuaki Murakami, An Evaluation of a Complex Event Processing Engine, IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics (平成 26 年 9 月)
22. Takuya Kamizono, Hiromichi Abe, Kensuke Baba, Shigeru Takano, Kazuaki Murakami, Towards Activity Recognition of Learners by Kinect, IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics (平成 26 年 9 月)
23. Yutaka Deguchi, Daisuke Takayama, Shigeru Takano, Vasile-Marian Scuturici, Jean-Marc Petit, Einoshin Suzuki, Multiple-Robot Monitoring System Based on a Service-Oriented DBMS, Proc. Seventh ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA 2014) (平成 26 年 7 月)
24. Hiromichi Abe, Kensuke Baba, Shigeru Takano, Kazuaki Murakami, Towards Activity Recognition of Learners by Simple Electroencephalographs, Information Systems and Design of Communication (平成 26 年 5 月)

〔図書〕(計 1 件)

1. Einoshin Suzuki, Yutaka Deguchi, Daisuke Takayama, Shigeru Takano, Vasile-Marian Scuturici, and Jean-Marc Petit, Towards Facilitating the Development of a Monitoring System with Low-Cost Autonomous Mobile Robots, Information Search, Integration, and Personalization, Communications in Computer and Information Science, Vol. 42, pp.57-70 (平成 26 年 8 月)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)
該当なし

取得状況 (計 0 件)
該当なし

〔その他〕

ホームページ等
該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高野 茂 (TAKANO Shigeru)
九州大学・共進化社会システム創成拠点・
准教授
研究者番号 : 70336064

(2) 研究分担者
該当なし

研究者番号 :

(3) 連携研究者
該当なし

(4) 研究協力者
該当なし