

令和元年6月15日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2014～2018

課題番号：26280041

研究課題名（和文）物理層と意味層の2階層からなるセンサコンテキスト推定技術

研究課題名（英文）Sensor Context Estimation Technology Combining Physical and Semantic layers

研究代表者

井上 創造（Inoue, Sozo）

九州工業大学・大学院生命体工学研究科・准教授

研究者番号：90346825

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、センサデバイスを用いて人間の行動や置かれた状況を高度に認識・推定する技術を物理的および意味的視点の2階層から研究した。その結果、未知の行動クラスに対する行動認識手法の提案、行動にまつわる将来予測手法、データ欠損を考慮した機械学習や特徴量の最適化、データ収集におけるクラウドソーシングとゲーム化の活用、医療施設や介護施設における看護師・看護師の大規模行動データ収集、LoraWANセンサを使った行動認識、行動ラベルにおける時刻ずれを考慮した行動認識、ユーザ・家庭間の違いを考慮した転移学習、といった多くの成果を得た。優秀論文賞等の受賞も22件得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

行動認識は、人間の行動を対象とするため、様々な社会応用が考えられるが、画像認識や音声認識といった他の認識分野に比べてまだ普及していない。その理由は、センサが非常に単純なものであることに比べて行動そのものは人によってかなり異なることに起因する。本研究はその問題に潜む様々な側面に光を当てて、一つずつ解決を試みることで、多くの受賞を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：In this research, we researched the technology to efficiently recognize and estimate human activity and placed situation using sensor devices from two layers of physical and semantic viewpoints. As a result, we achieved many results such as action recognition methods for unknown action classes, future prediction methods related to actions, machine learning and feature quantity optimization considering data loss, utilization of crowdsourcing and gamification in data collection, medical facilities and nursing facilities, large-scale activity data collection by nurses and caregivers, activity recognition using LoraWAN sensor, activity recognition considering time lag in activity labels, and transfer learning considering differences between users and homes. We received 22 awards for excellent dissertation.

研究分野：ユビキタスコンピューティング、データ工学

キーワード：行動認識 センサ行動認識

1. 研究開始当初の背景

近年、3 軸加速度などのセンサを備えた携帯デバイスを用いて人間の行動や置かれた状況を高度に認識・推定(以下、これらをコンテキスト推定と呼ぶ)する技術が盛んであり、高い推定精度を主張するものも多い。しかし、これらの研究には次のような問題が残る。

1. 万人に通用するコンテキスト推定ではない。推定アルゴリズムの構築には機械学習を用いるため、学習データセット(お手本となるデータ)が必要となるが、既存研究はせいぜい 20-40 名程度の被験者から得た学習データが主であり、多くの人に適用したときには精度が落ちてしまう。
2. 推定対象を、歩く、走ると行った物理的に推定しやすい行動に限定している。しかし実用では、健康分野での「座位での食事」、「座位でのオフィスワーク」のように、行動の意味的な分類を推定することが求められるはずである。その際には前後の情報や時間帯、本人の習慣といった、周囲の意味的情報も利用することが求められるが、これもデータセットの不足のために不十分である。
3. 複合的かつ連続的な行動の取扱いが未熟である。例えば看護行動では、「患者ケア」という行動の中に「血压測定」、「点滴」のような行動が含まれ、またそのそれぞれは単純な体の動きから構成されているはずである。しかしこのような複合的かつ連続的な行動を推定する研究は、これまでにほとんど存在しない。

このように、真に実用的なコンテキスト推定技術の確立には、未だ多くの研究が必要である。研究コミュニティにおいても、申請者らの指摘によりこれらの問題点が重要視されている。ただ、これらの問題を解決するには、大規模かつ現実的な学習データが必要であり、このような学習データはこれまでは存在せず、解決が困難であった。しかし、申請者らは、スマートフォンを用いて学習データを実生活において手軽に収集できるシステムを開発し、看護行動をはじめとする大量の実データを収集した。これにより、上記の問題に取り組む基盤が整った。

2. 研究の目的

本研究では、近年普及の進んだスマートフォンをはじめとするセンサデバイスを用いて、人間の行動や置かれた状況を高度に認識・推定する技術を研究する。大量の学習データ基盤を構築、活用し、1. 携帯デバイスから人体の物理的な運動を確率的に推定し、2. その人体運動から意味的な行動を複合的かつ連続的に推定するという、物理空間と意味空間の両方を適切に扱いながら行動推定の構造化を行うことで、従来は対象としていなかったような多彩な行動を高精度に推定する技術を確立する。

3. 研究の方法

本研究では、以下の 2 点に取り組む。

1. (物理層)携帯センサから人体の物理的な運動を確率的に推定する。例えば、「手の可動範囲以上に手が伸びることはない」という物理的制約を利用できれば、コンテキスト推定の精度を向上できるはずである。少数のセンサで多肢の運動を解析的に解くことはそもそも困難であるが、パーティクルフィルタのような確率的時系列解析手法を用いて、人体運動を確率的に表現し、コンテキスト推定に利用することを可能とする。
2. (意味層)人体運動の確率表現から意味的なコンテキストを推定する。1 で得られた人体運動の推定結果から、今度はその運動が意味する行動を推定する。例えば「点滴では腕を上にあげる」といったような意味的な性質を学習データから機械学習するために、隠れマルコフモデル(HMM)や条件付きランダム場(CRF)のような前後情報も用いる手法を拡張し、時間帯や本人の習慣をも考慮できるように改良した学習アルゴリズムを用いる。

本研究では大規模データを活かし、物理層と意味層の両方を最適化することにより、難しいコンテキスト推定にチャレンジする。この際に、申請者がこれまでに蓄積した大規模なデータを用いて機械学習を行う。多様なコンテキストの正確な推定のためには、大量かつ現実に即した学習データセット(お手本となるデータ)をいかに準備できるかがカギであるが、我々は既に約 200 台のスマートフォン型デバイスを用いて、これまでに約 300 人の約 5 万件の基本行動データや、看護師達の 40 時間を越すラベル付き行動データや 7,400 時間を越す実際の看護行動データを蓄積しているため、これらを活用しつつさらに大規模なデータを蓄積する。

4. 研究成果

5 年間の研究の結果、以下のような成果を得た。

- ・ (論文 10, 26)未知の行動クラスに対する行動認識手法の提案(SOFT18 学生優秀ポスター)
- ・ (論文 1、6、7、32、33)行動にまつわる将来予測手法の提案
- ・ (論文 4)行動認識のための自然言語情報の活用
- ・ (論文 8、9、20、23)データ欠損を考慮した機械学習や特徴量の最適化(ICIEV2018 ベストペーパー、IEEE Fukuoka Section 優秀学生賞)

- ・ (論文 12, 43) データ収集におけるクラウドソーシングとゲーム化の活用と精度向上 (SOFT17 学生優秀講演)
- ・ (論文 11,13,27, 28, 30, 31, 39, 46, 48) 医療施設や介護施設における看護師・看護師の大規模行動データ収集(PerCom2019 Student Forum ベスト発表、SIG-UBI16 優秀論文、情報処理学会山下記念研究賞 2016)
- ・ (論文 40)行動認識とビッグデータ解析の連携
- ・ (論文 41) LoraWAN センサを使った行動認識
- ・ (論文 25,35, 45)行動ラベルにおける時刻ずれを考慮した行動認識 (SIG-UBI14 優秀論文)
- ・ (論文 24)ユーザ・家庭間の違いを考慮した転移学習 (SIG-UBI15 優秀論文賞、SIG-UBI15 優秀論文)
- ・ (論文 22) 行動センサデータの可視化における機械学習による効率化
- ・ (論文 19, 44) データ収集における対話システム技術の活用
- ・ (論文 17, 34, 42) 学習時におけるモーションキャプチャなどの高精度センサの活用
- ・ (論文 14、15、16) 行動認識における種々の機械学習アルゴリズムの適用

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 56 件)

以下全て査読あり

1. 松木 萌, 井上 創造, 清田 陽司, "介護施設紹介コールセンター記録のアンサンブル学習による将来予測と傾向分析", 情報処理学会論文誌, pp. 1837-1852, 2018/07/11.
2. 井上聖也, 井上 創造, 西田 健, "Deep Recurrent Neural Network for Mobile Human Activity Recognition with High Throughput", Journal of Artificial Life and Robotics, pp. 1-13, 2017/12/30.
3. A. Winter, K. Takabayashi, F. Jahn, Eizen Kimura, R. Engelbrecht, R. Haux, M. Honda, U. H. Hubner, 井上 創造, C. D. Kohl, T. Matsumoto, Y. Matsumura, K. Miyo, 中島 直樹, H. -U. Prokosch, M. Staemmler, "Quality Requirements for Electronic Health Record Systems A Japanese-German Information Management Perspective", Journal of Methods of Information in Medicine, Vol. 56, pp. e92-e104, 2017/09/01.
4. 峯崎 智裕, 松木 萌, 井上 創造, "介護サービス向上に向けた介護事故事例テキストの分析(Text Analysis of Incident Reports for Preventing Accidents in Caregiving)", 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 10, pp. 1701-1711, 2017/07/09.
5. 井上 創造, 上田 修功, 野原 康伸, 中島 直樹, "Recognizing and Understanding Nursing Activities for a Whole Day with a Big Dataset", Journal of Information Processing, Vol. 24, No. 6, pp. 853-866, 2016/11/01.
6. 磯田 達也, 井上 創造, 花沢 明俊, 野原 康伸, 白水 麻子, 杉山 康彦, 平田 真理, 町田 京子, 中島 直樹, "携帯センサと近接センサを用いた看護師業務分析", 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 10, pp. 2197-2209, 2016/10/15.
7. 野原 康伸, 甲斐 瑛子, Partha Ghosh, Rafiqul Islam Maruf, Ashir Ahmed, Masahiro Kuroda, 井上 創造, Tatsuo Hiramatsu, Michio Kimura, Shuji Shimizu, Kunihisa Kobayashi, Yukino Baba, Hisashi Kashima, Koji Tsuda, Masashi Sugiyama, Mathieu Blondel, 上田 修功, 喜連川 優, 中島 直樹, "Health Checkup and Telemedical Intervention Program for Preventive Medicine in Developing Countries: Verification Study", J Med Internet Res 2015;17(1) DOI: 10.2196/jmir.3705, Vol. 17, pp. e2, 2014/12/05.

〔学会発表〕(計 74 件)

以下全て査読あり

8. Tahera Hossain, 井上 創造, "A Comparative Study on Missing Data Handling Using Machine Learning for Human Activity Recognition", International Conference on Activity and Behavior Computing, pp. 6 pages, 2019/05/31, Spokane.
9. Paula Lago, 井上 創造, "Comparing Feature Learning Methods for Human Activity Recognition: Performance Study in New User Scenario", International Conference on Activity and Behavior Computing, pp. 5 pages, 2019/05/31, Spokane.
10. 松木 萌, 井上 創造, "Toward Projection Learning between Sensor Data and Semantic Word Vector for Zero-shot Learning", International Conference on Activity and Behavior Computing, pp. 6 pages, 2019/05/31, Spokane.
11. 井上 創造, Tittaya Marittha, Nattaya Mairittha, Tahera Hossain, "Integrating Activity Recognition and Nursing Care Records: the System, Experiment, and the Dataset", International Conference on Activity and Behavior Computing, pp. 6 pages, 2019/05/31, Spokane.
12. Nattaya Mairittha, 井上 創造, "Crowdsourcing System Management for Activity Data

- with Mobile Sensors", International Conference on Activity and Behavior Computing, pp. 6 pages, 2019/05/31, Spokane.
13. Tahera Hossain, 井上 創造, "Sensor-based Daily Activity Understanding in Caregiving Center", IEEE PerCom Student Forum, pp. 2 pages, 2019/03/11, Kyoto.
 14. Paula Lago, 井上 創造, "A Hybrid Model Using Hidden Markov Chain and Logic Model for Daily Living Activity Recognition", International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAI 2018), pp. 4-7, 2018/12/04, Punta Cana, Dominican Republic.
 15. Swapnil Sayan Saha, Shafizur Rahman, Tahera Hossain, 井上 創造, Md Atiqur Rahman Ahad, "Supervised and Neural Classifiers for Locomotion Analysis", Ubicomp Workshop on Human Activity Sensing Corpus and Applications (HASCA), pp. 1563-1570, 2018/10/12, Singapore.
 16. 大北 剛, 井上 創造, "Activity Recognition: Translation Across Sensor Modalities Using Deep Learning", Ubicomp Workshop on Human Activity Sensing Corpus and Applications (HASCA), pp. 1462-1471, 2018/10/12, Singapore.
 17. 武田紳吾, Paula Lago, 大北 剛, 井上 創造, "MEASURed: A Multi-Sensor Setting Activity Recognition Simulation Tool", Ubicomp Workshop on Human Activity Sensing Corpus and Applications (HASCA), pp. 5 pages, 2018/10/12, Singapore.
 18. Tahera Hossain, 土井祐介, Tahia Tazin, Md Atiqur Rahman Ahad, 井上 創造, "Study of LoRaWAN Technology for Activity Recognition", Ubicomp Workshop on Human Activity Sensing Corpus and Applications (HASCA), pp. 5 pages, 2018/10/12, Singapore.
 19. Tittaya Marittha, 大北 剛, 井上 創造, "Pre-Consulting Dialogue Systems for Telemedicine: Yes/No Intent Classification", Ubicomp Workshop on Computing For Well-being (WellComp), pp. 4 pages, 2018/10/08, Singapore.
 20. Tahera Hossain, 後藤広樹, Md Atiqur Rahman Ahad, 井上 創造, "A Study on Sensor-based Activity Recognition Having Missing Data", International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) & 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR), pp. 6 pages, 2018/06/25, Kitakyushu.
 21. 生駒哲一, 土井祐介, 井上 創造, "Virtual Realty Implementation of Steering Hands Motion in Driving Simulator with Unity Technology", International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) & 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR), pp. 6 pages, 2018/06/25, Kitakyushu.
 22. 藤野 慶汰, 井上 創造, 柴田智広, "Machine Learning of User Attentions in Sensor Data Visualization", EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services (MobiCASE), pp. 125-143, 2018/03/01, Osaka.
 23. Tahera Hossain, 後藤広樹, 井上 創造, "Improving Activity Recognition for Missing Data", EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services (MobiCASE) Student Workshop, pp. 4 pages, 2018/02/28, Osaka.
 24. 井上 創造, 潘 新程, "Supervised and Unsupervised Transfer Learning for Activity Recognition from Simple In-home Sensors", International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services (MobiQuitous) (Acceptance Rate: 30%), pp. 20-27, 2016/11/28, Hiroshima.
 25. 戸田 隆道, 井上 創造, 上田 修功, "Mobile Activity Recognition from Training Labels with Inaccurate Activity Segments (Best paper candidate)", International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services (MobiQuitous) (Acceptance Rate: 30%), pp. 57-64, 2016/11/28, Hiroshima.
 26. 松木 萌, 井上 創造, "Recognizing Unknown Activities Using Semantic Word Vectors and Twitter Timestamps", Ubicomp Workshop for Human Activity Sensing Corpus and its Application (HASCA), pp. 823-830, 2016/09/12, Heidelberg, Germany.
 27. 磯田 達也, 野原 康伸, 井上 創造, 白水 麻子, 杉山 康彦, 平田 真理, 町田 京子, 中島 直樹, "Nursing Activity Sensing Using Mobile Sensors and Proximity Sensors", The 47th ISCI International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (SSS), pp. 196-203, 2015/12/05, Hawaii, USA..
 28. Yong Ding, 井上 創造, Martin Alexander Neumann, Erwin Stamm, 潘 新程, Michael Beigl, "A Personalized Load Forecasting Enhanced by Activity Information", IEEE International Smart Cities Conference (ISC2-2015), pp. 153-158, 2015/10/25, Guadalajara, Mexico.
 29. 谷口 敦, 井上 創造, "Experiment for Automatic Assessment of User-generated Tests", IEEE International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE), pp. 152-155, 2015/10/01, Amritsar, India.
 30. 井上 創造, 上田 修功, 野原 康伸, 中島 直樹, "Mobile Activity Recognition for a Whole Day: Recognizing Real Nursing Activities with Big Dataset", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp), pp. 1269-1280, 2015/09/09, Osaka.

31. 潘 新程, 峯崎 智裕, 磯田 達也, 田中 翔太, 内野 百里, 井上 創造, "Analyzing Daily-life Activities and Power Consumptions Using Tablet Sensors and Activity Annotation Web System", Ubicomp Workshop for Human Activity Sensing Corpus and its Application (HASCA), pp. 1443-1452, 2015/09/08, Osaka.
32. Yukino Baba, Hisashi Kashima, 野原 康伸, 甲斐 瑛子, Partha Ghosh, Rafiqul Islam Maruf, Ashir Ahmed, Masahiro Kuroda, 井上 創造, Tatsuo Hiramatsu, Michio Kimura, Shuji Shimizu, Kunihisa Kobayashi, Koji Tsuda, Masashi Sugiyama, Mathieu Blondel, 上田 修功, 喜連川 優, 中島 直樹, "Predictive Approaches for Low-cost Preventive Medicine Program in Developing Countries", The 21st ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), pp. 1681-1690, 2015/08/10, Sydney, Australia.
33. 甲斐 瑛子, Ashir Ahmed, 井上 創造, 中島 直樹, 喜連川 優, "Evolving Health Consultancy by Predictive Caravan Health Sensing in Developing Countries", ACM UbiComp International Workshop on Smart Health Systems and Applications (SmartHealthSys), pp. 1225-1232, 2014/09/14, Seattle, USA.
34. 右田 尚人, 弓山 卓哉, 井上 創造, 西田 健, "A Method for Tracking On-body Sensor Positions Utilizing Prior Knowledge", Ubicomp Workshop for Human Activity Sensing Corpus and its Application (HASCA), pp. 758-766, 2014/09/13, Seattle, USA.
35. 戸田 隆道, 井上 創造, 田中 翔太, 上田 修功, "Training Human Activity Recognition for Labels with Inaccurate Time Stamps", Ubicomp Workshop for Human Activity Sensing Corpus and its Application (HASCA), pp. 863-872, 2014/09/13, Seattle, USA.
36. 磯田 達也, 井上 創造, 忽那 秀治, 河野 正人, "Room Exit Recognition Using Mobile Accelerometers and Illuminometers", Ubicomp Workshop for Human Activity Sensing Corpus and its Application (HASCA), pp. 731-735, 2014/09/13, Seattle, USA.
37. Ashir Ahmed, Andrew Robeiro-Hargrave, Rafiqul Islam Maruf, 井上 創造, 中島 直樹, "Applicability of Portable Health Clinic for ageing Society", International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International), Springer LNCS, pp. 533-544, 2014/06/22, Crete, Greece.
38. 甲斐 瑛子, Andrew Robeiro-Hargrave, 井上 創造, 野原 康伸, Rafiqul Islam Maruf, 中島 直樹, Ashir Ahmed, "Empowering the healthcare worker using the Portable Health Clinic", The 28th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), pp. 759-764, 2014/05/13, Victoria, Canada.
39. Nattaya Mairittha, Tittaya Marittha, 井上 創造, "FonLog - A Mobile App for Nursing Activity Recognition", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Demo, pp. 4 pages, 2018/10/09, Singapore.
40. 松木 萌, 井上 創造, "Sensing Experiment in a Caregiving Facility for Correlation Analysis of Sleep and Daytime Activities", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Poster, pp. 4 pages, 2018/10/09, Singapore.
41. Tahera Hossain, Tahia Tazin, Md Atiqur Rahman Ahad, 井上 創造, "Activity Recognition by Using LoRaWAN Sensor", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Poster, pp. 4 pages, 2018/10/09, Singapore.
42. Paula Lago, 武田 紳吾, 大北 剛, 井上 創造, "Improving Sensor-based Activity Recognition Using Motion Capture as Additional Information", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Poster, pp. 4 pages, 2018/10/09, Singapore.
43. Nattaya Mairittha, 井上 創造, "Gamification for High-quality Dataset in Mobile Activity Recognition", EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services (MobiCASE) poster, pp. 216-222, 2018/03/01, Osaka.
44. Tittaya Marittha, 大北 剛, 井上 創造, "Dialogue Breakdown Detection with Long Short Term Memory", EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services (MobiCASE) poster, pp. 245-250, 2018/03/01, Osaka.
45. 大北 剛, 井上 創造, "Recognition of Multiple Overlapping Activities Using Compositional CNN-LSTM Model", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Poster, to appear, 2017/09/11, Hawaii.
46. 井上 創造, 磯田 達也, 白水 麻子, 杉山 康彦, 野原 康伸, 中島 直樹, "Predicting Daily Nursing Load from Nurses' Activity Logs and Patients' Medical Records", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Poster, pp. 4 pages, 2016/09/12, Heidelberg, Germany.
47. 谷口 敦, 井上 創造, "A Method for Automatic Assessment of User-generated Tests and Its Evaluation", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Poster, pp. 225-228, 2015/09/09, Osaka.
48. 磯田 達也, 野原 康伸, 井上 創造, 白水 麻子, 杉山 康彦, 平田 真理, 町田 京子, 中島 直樹, "Experiment for Nursing Activity Analysis Using Mobile Sensors and

Proximity Sensors", ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp) Poster, pp. 153-156, 2015/09/09, Osaka.

49. Ghada Farouk Naiem, 井上 創造, "A Method for Assessing User-generated Tests for Online Courses Exploiting Crowdsourcing Concept", International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing (IWWISS), pp. 1-6, 2014/09/01, Saint Etienne, France.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：西田 健

ローマ字氏名： NISHIDA, Takeshi

所属研究機関名：九州工業大学

部局名：大学院工学研究院

職名：准教授

研究者番号(8桁): 30346861

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、研究者個人に帰属されます。