

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：13401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20420

研究課題名（和文）コンテキストウェアネス技術を応用した個人適応型自主学習支援基盤の開発

研究課題名（英文）Learner adaptive self-study support platform using context-awareness technology

研究代表者

長谷川 達人（Hasegawa, Tatsuhito）

福井大学・学術研究院工学系部門・准教授

研究者番号：10736862

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、個人適応型のインテリジェントな自主学習支援基盤の開発を行った。主要な研究成果は以下の2点である。1つは、ユーザの行動を正確に認識する技術開発を行ったこと、もう1つは、ユーザの行動に基づいて最適な学習タイミングを明らかにしたことである。前者では、深層学習モデルを行動認識に特化させた複数のアイデアにより、高精度な行動認識モデルを複数確立している。後者では、静止して学習を行うよりも、トレッドミルのように集中できる状況だが歩行していると言った環境で学習する方が、学習効率が低いことを明らかにしている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した、行動認識技術と、学習支援に向けた新たな知見は様々な面で今後の応用が期待できる。まず、行動認識技術は学習支援のみならず、Society5.0の実現に向けたフィジカル空間の認識手法としての利活用が見込める。例えば、行動のログを自動で記録したり、ユーザの行動に応じて様々な情報提供を行うインタラクティブシステムの開発への応用が見込める。また、学習効果に対する知見は、今後革新的な学習支援システムを実現する際のエビデンスとして活用可能である。暗記学習を行う際にトレッドミルやエクササイズバイクを活用することで、容易に学習効果を高める効果が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed an intelligent self-directed learning support platform that is fully adaptive to the unique needs of each individual. Our research has yielded two key results.

Firstly, we have successfully developed cutting-edge technology that accurately recognizes user activities. By specializing deep learning models to human activity recognition field, we have achieved unprecedented levels of accuracy, paving the way for more advanced and effective intelligent systems.

Secondly, we have uncovered a groundbreaking insight regarding the optimal timing of learning based on user actions. Our research has conclusively demonstrated that learning is more efficient when performed in an environment that allows the user to concentrate and move at the same time, such as on a treadmill, as opposed to stationary environments.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：行動認識 学習支援 深層学習 アンサンブル学習

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年の携帯端末の保有率は100%を超えたとも言われており、誰もがいつでもどこでもインターネットにつながっているのが当然な、まさにコビキタス時代となった。そこで、現代のデバイスや計算機資源、AI技術に即した、新しい学習支援システムの開発が重要となってくる。本研究では、利用者が今どのような動作(歩行、走行、勉強、etc)を行っているかを認識する行動認識や、利用者の感情を推定する技術等の、現実環境を認識するコンテキストウェアネスに焦点を当てる。これにより、学習者の行動や心身の状態に応じて動的に学習内容や支援方法を変更するような、高度にインタラクティブな自主学習支援を実現する。自主学習の効果を高めるには、適切な課題を、集中して、どれだけ多く学習できたかが重要となる。以上より、本研究開発では、コンテキストウェアネスの技術を応用して、学習者の確信度、集中度、学習に最適なタイミングを推定する技術を開発し、自主学習の効率化を支援する。コンテキストウェアネスと m-learning の融合により、モバイルだからこそ実現できる自主学習支援を実現する。

### 2. 研究の目的

本研究開発の目的は、コンテキストウェアネス技術により学習者の心身の状態を計測し、適切なインタラクションを行うことで、より短時間で効率のよい自主学習環境を提供することである。事前実験として e-learning 形式の英単語 4 択課題を 95 名の被験者に実施した。結果、60 問解答後から正答者比率が低下し、解答時間が増加する傾向が見られた。集中力やストレスの変動が学習効果に影響した可能性が示唆される。このように事後データを見ると学習効果の変動は観測できるが、学習中に、学習者自身でこれを認識することは難しい。学習効果の変動や利用者の行動をスマホが自動で認識し、適切なインタラクションを行うことで、学習の効率化が見込める。

### 3. 研究の方法

以下の3点の技術確立を行うことで研究を進める。

#### A. 学習支援のためのコンテキストウェア技術の確立

既存の技術では、スマートフォンのセンサを用いた、基本行動の認識が実現できている。この認識精度を高める手法を開発する。更に、現在は実現可否が明らかとなっていないような情報の認識手法の確立も行う。

#### B. 最適な学習タイミングの推定手法の確立

行動認識が実現できた上で、どのような行動を行っている際に学習を行うことで学習効率が高まるのかを実験により明らかにする。様々な環境で学習活動を被験者に実施してもらい、数日後の記憶度合いをもとにして学習効率を測る。

#### C. 個人依存による推定精度低下の抑制手法の確立

行動認識等のコンテキストウェア技術は推定対象者が変わることで推定精度が低下する個人依存が問題となる。これを改善する機械学習手法の確立を目指す。

### 4. 研究成果

本研究の成果を3分野に分けて説明する。

#### A. 学習支援のためのコンテキストウェア技術の確立

センサから学習者の行動や心理状態、周囲環境を推定するコンテキストウェアネス技術は学習支援に有用である。本研究では、特に行動認識に焦点を当て、スマートフォンの加速度センサを用いた行動認識を深層学習を用いて高度化する研究を行った。特に以下の成果が得られている。

- ・ センサデータから学習時の確信度や主観的難易度を推定する手法を開発した。
- ・ Convolutional Neural Network (CNN) を用いた基本行動認識の最良モデルを明らかにした。
- ・ Deep Metric Learning を用いた行動認識手法を開発した。
- ・ 周波数分解を用いた行動認識のためのデータ拡張手法を開発した。
- ・ Neural Architecture Search を用いて画像認識分野にはない行動認識向けの新たな構造の探索を行った。
- ・ 行動のクラス階層性に着目した深層学習行動認識モデルを開発した。
- ・ 自己教師あり学習によりラベルなしで行動認識モデルを事前学習する手法を開発した。

- ・ 行動認識モデルの事前学習時のクラスを拡張することで転移性能が向上する可能性を明らかにした。
- ・ 行動認識モデルのアンサンブル手法の解析を行い、単一モデルでアンサンブルと同等なモデルを開発した。
- ・ 行動認識モデルのアンサンブル時に行動の特徴がある周波数を強調するフィルタを適用する手法を開発した。
- ・ 複数のデータセットを横断的に学習する事前訓練手法を開発した。
- ・ 深層学習モデル訓練時の温度パラメータの影響を解析した結果、特徴マップのサイズとの関連性を明らかにした。

#### B. 最適な学習タイミングの推定手法の確立

- ・ 英単語学習を行う Android アプリケーションを開発し、同アプリ上で解答時間や解答時の確信度等を収集する基盤を開発した。
- ・ 同アプリ上で復習の促しを行う通知機能を実装し、通知時のコンテキスト収集基盤を開発した。
- ・ 英単語暗記タスクにおける3日後記憶度合いは、トレッドミルのような理想環境での歩行を行いながら学習することで学習効果が向上する可能性を明らかにした。
- ・ 一方で、歩きスマホのような周囲に注意を向ける必要がある場合、学習効率が低下することも示唆された。

#### C. 個人依存による推定精度低下の抑制手法の確立

- ・ Web ベースの四択問題解答システムから、データ収集実験を行い、被験者ごとに異なる、確信度推定のための最適な解答時間のスレッシュホールドを算出した。
- ・ 教師なしで、被験者間のスレッシュホールドの違いを補正する手法をいくつか検討したが、精度向上にまでは至れなかった。
- ・ 一方で、m-learning 環境下では様々なスマートフォンやデバイスが利用されうることから、ユーザによってサンプリング周波数が異なりうる。この違いによる行動認識自体の精度低下を抑制する手法として、敵対的訓練とダウンサンプリングによるデータ拡張を組合せたモデルを開発した。
- ・ 汎用的な行動認識モデルの実現に向けて、画像認識モデルを行動認識に転用する手法を開発した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 今別府 万大、長谷川 達人	4. 巻 63
2. 論文標題 m-Learning時の行動や学習方法が学習効果や安全性に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1895 ~ 1905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00222745	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 -
1. 著者名 Kondo Kazuma、Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 6
2. 論文標題 Deep Transfer Learning Using Class Augmentation for Sensor-Based Human Activity Recognition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSENS.2022.3206472	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 -
1. 著者名 Hasegawa Tatsuhito、Kondo Kazuma	4. 巻 10
2. 論文標題 Easy Ensemble: Simple Deep Ensemble Learning for Sensor-Based Human Activity Recognition	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Internet of Things Journal	6. 最初と最後の頁 5506 ~ 5518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JIOT.2022.3222221	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 -
1. 著者名 Tsutsumi Hyuga、Kondo Kei、Takenaka Koki、Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 23
2. 論文標題 Sensor-Based Activity Recognition Using Frequency Band Enhancement Filters and Model Ensembles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1465 ~ 1465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s23031465	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 -

1. 著者名 Zhao Zhong-Kai, Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 -
2. 論文標題 Domain-Robust Pre-Training Method for the Sensor-Based Human Activity Recognition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2022 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMLC56445.2022.9941291	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 -

1. 著者名 Takenaka Koki, Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 -
2. 論文標題 Unsupervised Representation Learning Method In Sensor Based Human Activity Recognition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2022 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMLC56445.2022.9941334	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 -

1. 著者名 Zhao Zhongkai, Tatsuhito Hasegawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Semi-feature sharing deep ensemble model based on sensor data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering (ICIAE 2023)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Kondo Kazuma, Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 21
2. 論文標題 Sensor-Based Human Activity Recognition Using Adaptive Class Hierarchy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 7743 ~ 7743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21227743	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 -

1. 著者名 Zhongkai Zhao, Kobayashi Satoshi, Kondo Kazuma, Hasegawa Tatsuhito, Koshino Makoto	4. 巻 10
2. 論文標題 A Comparative Study: Toward an Effective Convolutional Neural Network Architecture for Sensor-Based Human Activity Recognition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 20547 ~ 20558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3152530	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 -

1. 著者名 Imabeppu Mahiro, Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Different Activities on Learning Efficiency of m-Learning Users	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 In proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TALE52509.2021.9678604	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 -

1. 著者名 Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 21
2. 論文標題 Smartphone Sensor-Based Human Activity Recognition Robust to Different Sampling Rates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 6930 ~ 6941
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSEN.2020.3038281	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 -

1. 著者名 Hasegawa Tatsuhito	4. 巻 9
2. 論文標題 Octave Mix: Data Augmentation Using Frequency Decomposition for Activity Recognition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 53679 ~ 53686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3070778	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 -

1. 著者名 森 朝春, 長谷川 達人	4. 巻 16(8)
2. 論文標題 ウェアラブルデバイスを用いた英単語 4 択課題における確信度合いおよび主観的難易度の推定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 堤日向, 武中紘輝, 小林慧, 近藤圭, 長谷川達人
2. 発表標題 周波数帯強調フィルタとモデルアンサンブルを用いたセンサベースの行動認識
3. 学会等名 第103回モバイルコンピューティングと新社会システム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川 達人
2. 発表標題 行動認識におけるSoftmax関数の温度パラメータに関する一考察
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02022)シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤圭, 武中紘輝, 長谷川達人
2. 発表標題 人間行動認識におけるセグメント情報を用いた自己教師あり学習
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02022)シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水椋右, 近藤和真, 長谷川達人
2. 発表標題 センサベースの行動認識におけるCNNのカーネルサイズに関する一考察
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02022)シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柘植 俊亮, 堤 日向, 近藤 圭, 長谷川 達人
2. 発表標題 深層アンサンブル学習における入力データの使い方の応用
3. 学会等名 2022年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤野 恭佑, 堤 日向, 近藤 圭, 長谷川 達人
2. 発表標題 深層学習モデル訓練時における動的な温度パラメータの影響
3. 学会等名 2022年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水椋右, 長谷川達人
2. 発表標題 センサベースの行動認識におけるセンサデータを用いない事前訓練
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 長谷川 達人, 近藤 和真
2. 発表標題 センサベースの人間行動認識における深層学習アンサンブル手法に関する考察
3. 学会等名 第100回モバイルコンピューティングと新社会システム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今別府 万大, 長谷川 達人
2. 発表標題 m-Learning学習者の行動の違いによる学習効率への影響
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02021)シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤 和真, 長谷川 達人
2. 発表標題 人間行動認識に対するクラス階層性を用いた補助学習
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02021)シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堤 日向, 近藤 圭, 小林 慧, 武仲 紘輝, 長谷川 達人
2. 発表標題 1次元波形分類におけるGrad-CAMを用いた判断根拠の可視化
3. 学会等名 2021年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮崎 千雅, 近藤 和真, 長谷川 達人
2. 発表標題 HCF-MixAR: Hand-crafted Featuresを活用したCNNベースの行動認識手法
3. 学会等名 2021年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武仲 紘輝, 長谷川 達人
2. 発表標題 加速度センサデータを用いた深層学習モデルの教師なし表現学習手法
3. 学会等名 第101回モバイルコンピューティングと新社会システム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今別府 万大, 長谷川 達人
2. 発表標題 歩きスマホ中の学習手法の違いが学習効果とユーザの危険度と与える影響に関する考察
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 慧, 長谷川 達人
2. 発表標題 Mobile-aware Convolutional Neural Network for Sensor-based Human Activity Recognition
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 和真, 長谷川 達人
2. 発表標題 深層学習を用いたセンサベース行動認識におけるクラス拡張を用いた転移学習手法
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今別府 万大, 長谷川 達人
2. 発表標題 学習効率向上に向けた脳波に基づくVR-HMDユーザの嗜好性推定
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02020)シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤 和真, 長谷川 達人
2. 発表標題 Octave Convolutionを用いたセンサによる行動認識手法
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02020)シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷川 達人
2. 発表標題 Octave Mix: 行動認識における周波数分解を用いたデータ拡張
3. 学会等名 FIT2020 第19回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2020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
---------	---------