

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域
「人間と調和した創造的協働を実現する知的情報
処理システムの構築」
研究課題
「経験サプリメントによる行動変容と創造的協働」

研究終了報告書

研究期間 2016年12月～2022年3月

研究代表者：黄瀬 浩一
(大阪府立大学大学院工学研究科 教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究は、経験サプリメントという概念に基づく行動変容、ならびに経験の共有という形での創造的協働を目的として開始された。

まず、どの分野の経験を対象とするのかを見極めるために、各グループが得意とする分野の調査を行い、研究に適した分野を絞り込んだ。最終的には、分野を(1)体動を伴わないもの、(2)体動を伴うものに大別し、各々について絞り込みを実施した。その結果、体動を伴わないものとして、英語学習(黄瀬G、デンゲルG)、物理学学習(デンゲルG)、プログラミング学習(黄瀬G荒川)を対象とした教科学習;以後、単に学習と呼ぶ)、(2)体動を伴うものとして、ジャグリング(稲見G)、ダンス(塚本G)を定めた。

それと並行して、各々の分野において、人の行動を把握するためのセンシング技術についても研究を重ねた。センシングの対象も、体動の有無により大別される。体動を伴わない場合としては、知識状態(黄瀬G、デンゲルG)、心的状態(黄瀬G、デンゲルG、稲見G)の2つを定めた。一方、体動を伴う場合としては、スキル状態(稲見G、塚本G)と心的状態(渡邊G)を定めた。具体的に用いたセンシング技術は、対象によって様々である。具体的には、体動のない場合については、アイトラッカ、EOG 眼鏡(滅菌処理済ゴーグル)、RGB カメラ、サーモカメラ、タブレット、慣性計測装置(IMU)、生体信号バンドなどを用いた。一方、体動のある場合は、RGB カメラ、IMU、心拍計などを用いた。

次に、各々の分野において、人の行動を変化させるためのアクチュエーション技術を開発した。アクチュエータについては、センシングにも増して分野や分野内でのタスクに依存する部分が多い。知識状態については、語数などの学習量の提示、学習タイミングの通知、目標設定、同調圧力、教材提示、その他アプリケーションソフトウェアの利用などがある。体動を伴わない場合の心的状態としては、学習継続のための難易度調整、集中度を維持・向上するための音響刺激などがある。一方、スキル状態については、言葉による教示、触覚刺激など、体動を伴う場合の心的状態に対しては、情報提示などを実施した。

以上のセンシング技術とアクチュエーション技術を組み合わせ、経験サプリメントを作成した。具体的には、タスクごとに定められたアクチュエータから、適切なものを選ぶために、センシングの結果やユーザ自身のプロフィールに基づく処方箋を作成した。これは、アクチュエータの有効性が、ユーザの状態に応じて変化し、ある人にとってポジティブな結果をもたらすものであっても、他の人にはネガティブな結果をもたらすことがあるためである。例えば、多読支援のために読む語数を増やすようなアクチュエータには、読む語数に対する目標設定というものがあがるが、これが有効なユーザは、日頃読む語数や自身の性格プロフィールによって異なる。

また、経験サプリメントの格納技術についても開発した。体動を伴わないものについては、Firebase と呼ばれるサービス上に構築されるものが多い。体動を伴うものについては、スキルに対する独自のインデックスを用いた格納技術などが開発されている。

以上のように、体動を伴わない場合の経験サプリメントと体動を伴う場合の経験サプリメントは基本的に大きく異なるものであり、両者の相互関係は希薄であるが、一部で有酸素運動に基づく学習など、相互の関連を考慮したものも検討して、有効性を実証している。

本研究では、人を対象としてデータを取得することが必須となるため、中間評価後の研究において、COVID19 の影響を大きく受ける形となった。具体的には、一部の実験が全く実施できなかったり、方針を転換するためにモバイルアプリケーションにシステムを移植したりすることなどを余儀なくされた。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. 筋電を用いた運動誘導時の知覚的同時性とその変調

概要:

人間の行動に合わせてその動きを支援するシステムの設計において十分に検討されていないか、人間側の知覚と機械側からの支援のタイミングの問題に着目し、筋電気刺激を使った実験で 2 つの新たな知見を得た。身体運動の開始から機械が運動を支援するまでの時間差を計測することで、機械が適切に介入できる時間範囲を求めた。また、人間の意図と機械の動作のずれを防ぐ上で、知覚が順応する現象の応用が可能であることを明らかにした。

Matsubara S, Wakisaka S, Aoyama K, Seaborn K, Hiyama A, Inami M, “Perceptual simultaneity and its modulation during EMG-triggered motion induction with electrical muscle stimulation,” PLoS ONE 15(8): e0236497 (2020-8).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236497>

2. 分離学習を用いたドラミング学習支援

概要:

ドラム演奏のような複雑な動きを学習する際には、学習したい動作を行っている最中に学習支援を意図した刺激を受けても十分な効果が得られないのではないかと考えた。そこで、複雑な動作の習得時には「身体を動かすこと」と「情報提示を受ける」ことを別々にして学習(分離学習)すれば有用になるのではないかと仮説の基、ドラム演奏へと焦点を当てて実験を進め、提案手法が従来手法より 5 分早く学習できるという結果を得た。

菅家浩之, 寺田 努, 塚本昌彦, “フレーズ内在化のための学習フェーズ分離による打楽器学習支援手法,” 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 1, pp. 236-245 (2018-1).

3. 歩行の脳内表現

概要:

他者が歩いているのを観察しながら、自分も歩いているのを想像した時に、実際の歩行を似た脳活動(phase-dependent activation)が見られることが明らかとなり、また、歩行中の立脚期、遊脚期の運動イメージを脳波データから解読することが可能であることを示した。

Naotsugu Kaneko, Hikaru Yokoyama, Yohei Masugi, Katsumi Watanabe, Kimitaka Nakazawa, “Phase dependent modulation of cortical activity during action observation and motor imagery of walking: an EEG study,” NeuroImage, vol. 225, 117486 (2021-1).
Hikaru Yokoyama, Naotsugu Kaneko, Katsumi Watanabe, Kimitaka Nakazawa, “Neural decoding of gait phases during motor imagery and improvement of the decoding accuracy by concurrent action observation,” Journal of Neural Engineering, vol. 18(4), 046099 (2021-7).

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 万語計(Wordometer)

概要:

万語計(Wordometer)とは、人が読んだ語数を測定するシステムである。本論文では、日常生活で万語計を用いることを想定し、様々なアイトラッキングシステムを利用した万語計の精度を比較するために、大規模な実験を実施した。その結果、研究用の高精度なアイトラッカで得られる精度と、安価なアイトラッカで得られる精度に大差のないことが分かった。また、読み直しや読み飛ばしといった特殊な読書行動に対するロバスト性を分析した。

Olivier Augereau, Charles Lima Sanches, Koichi Kise, Kai Kunze, “Wordometer Systems for Everyday Life,” PACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, 1, 4,

pp.123:1-123:21, 21 pages, ACM (2017-12).

2. 知的・心的状態推定システム ARFLED (LoggerStation)

概要:

学習者の知的・心的状態を推定するアルゴリズムをプラグイン方式のプログラムで記述できるシステム「ARFLED」を開発した。ARFLED (後に LoggerStation へと名称を変更) はインタラクティブ電子教科書「HyperMnd」や確信度推定システム「CoALA」などの経験サブリメントに利用されており、本 CREST の技術的發展や実証実験に大きく貢献した。

Shoya Ishimaru and Andreas Dengel, “ARFLED: Ability Recognition Framework for Learning and Education,” Proc. 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers Adjunct, pp. 339-343 (2017-9).

3. 確信度に基づく学習支援

概要:

練習問題を解くことによって行われる学習は、テスト効果を得ることができるため、古くから有効な学習法として知られている。このとき、一般に、復習の対象となる練習問題は、学習者が誤答したものである。本研究では、解答に対する確信度という概念を導入し、それを学習者の解答時の振る舞いから推定することにより、確信なく正答した問題、確信をもって誤答した問題に対して適切な復習を提供するシステム(Confidence-Aware Learning Assistant; CoALA)を開発した。実験の結果、確信度に基づく復習が、成績向上に有効であることを示した。

Shoya Ishimaru, Takanori Maruichi, Andreas Dengel, Koichi Kise, “Confidence-Aware Learning Assistant,” arXiv:2102.07312 [cs.HC] (2021-2).

<代表的な論文>

1. Olivier Augereau, Kai Kunze, Koichi Kise, “Experimental Supplements from Mobile Tools for Cognitive Introspection Towards Cognitive Augmentation,” GetMobile Mob. Comput. Commun., 23, 2, pp.22-24 (2019-11).

概要:

ますます多くのテクノロジーが私たちを取り巻くようになり、相互のつながりが強まった世界では、心理的・精神的な問題を抱える人が増えている。モバイル・コンピューティング技術は、その影響や結果を知らずに社会に導入されることが多い。私たちは、日常生活の中で、注意力をよりよく管理し、認知的な自己を内省するための新しいモバイルツールを必要としている。人間の生理的信号(顔の表情、心拍数、鼻腔温度、目の動き、まばたきなど)にはパターンがあり、個人やグループの認知機能に関する情報を明らかにすることができる。

2. Md. Rabiul Islam, Shuji Sakamoto, Yoshihiro Yamada, Andrew W. Vargo, Motoi Iwata, Masakazu Iwamura, Koichi Kise, “Self-supervised Learning for Reading Activity Classification,” Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies (IMWUT), 5, 3, 105, pp.1-22, ACM (2021-9).

概要:

読書は、ユーザの自信や習慣に関する情報を反映しており、その分析結果は、有用なフィードバックを構築するために使用することができる。しかし、ラベル付きデータが不足しているため、Deep Learning (DL) を読解分析に効果的に適用することが困難であった。本論文では、読書分析のための自己教師あり学習(Self-supervised Learning (SSL)) 手法を提案する。読書

検出と確信度推定を対象とした実験の結果、提案手法の有効性を検証した。

3. Moe Sugawa, Taichi Furukawa, George Chernyshov, Danny Hynds, Jiawen Han, Marcelo Padovani, Dingding Zheng, Karola Marky, Kai Kunze, “Boiling Mind: Amplifying the Audience-Performer Connection through Sonification and Visualization of Heart and Electrodermal Activities.” Proceedings of the Fifteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. Article No. 34, pp. 1-10, (2021-2).

概要:

経験サプリメントの実世界への応用として、観客全員の生理データをストリーミングし(1公演につき約 60 人)、観客の感情に応じて光・音・プロジェクションマッピングを変化させることで、観客とパフォーマーのつながりを強化する方法を提案している。その結果、ダンスパフォーマンスが変化し、経験的なフィードバックループが生まれる。データセットは公開されており、他の研究者も利用可能である。

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

① 黄瀬グループ

研究代表者: 黄瀬 浩一 (大阪府立大学大学院工学研究科、教授)

研究項目

- ・ フィールド分析(学習、健康、スポーツ)
- ・ センシング技術の開発(学習、健康、スポーツ)
- ・ 経験サプリメントの生成技術の開発(学習、健康、スポーツ)
- ・ Open Eyewear Platform
- ・ 基盤技術開発

② 稲見グループ

主たる共同研究者: 稲見 昌彦 (東京大学先端科学技術研究センター、教授)

研究項目

- ・ フィールド分析(スポーツ、ジェロントロジー)
- ・ 経験サプリメントの生成技術の開発(スポーツ、ジェロントロジー)

③ 塚本グループ

主たる共同研究者: 塚本 昌彦 (神戸大学大学院工学研究科、教授)

研究項目

- ・ フィールド分析(スポーツ/マラソン、エンタテインメント/ライブパフォーマンス、リズム学習、ゲーム、観光)
- ・ センシング技術の開発
- ・ 経験サプリメントの生成技術の開発

④ デンゲルグループ

主たる共同研究者: Andreas Dengel (ドイツ人工知能研究センター、教授)

研究項目

- ・ フィールド分析
- ・ センシング技術の開発
- ・ 経験サプリメントの生成技術の開発

⑤ 渡邊グループ

主たる共同研究者：渡邊 克巳(早稲田大学理工学術院、教授)
研究項目

- ・ フィールド分析(練習・本番)
- ・ 先行 CREST の心身状態推定の知見・データの活用
- ・ 経験サプリメント最適化に向けたアイデア・理論・データ蓄積

(2)国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

黄瀬グループ(黄瀬)

国内:リクルート(スタディサプリでの実証実験)、立志館ゼミナール(英語学院での実証実験)
海外:フランス・ソルボンヌ大学&LIMSI(学習解析)、オーストラリア・メルボルン大学(学習解析)

黄瀬グループ(荒川)

国内:株式会社 dTosh(オンラインプログラミング環境の提供とログデータ分析)、聖マリアンナ医科大学(アイトラッカーによるカテーテル治療スキルの分類実験)
海外:ドイツ人工知能研究センター(ドイツ、カイザースラウテルン:グループコミュニケーション解析、および、プログラミング時の検索ログ解析)

黄瀬グループ(Kunze)

国内: Mademoiselle Cinema and Session House (Dance Performances and Tech Workshops; 5 workshops, 4 public dance performances), Muyu Liu, Yan He (Concert Pianists, 2 live concerts recording and visualising audience physiological data), Prof. Osamu Nomura (Hirosaki Univ., Applying Sensing Technologies to analyse medical students emotion)
海外: Dr. Jamie Ward @Goldsmith, Yuji Uema @J!NS(UbiComp Eyewear Workshop (2019) London), Goldsmith, London UK and Max Planck Institute for Empirical Aesthetics, Germany (Presentation and Panel Discussion Dissemination at Liveness Symposium NeuroLive)
Prof. Enrico Rukzio, University Ulm (UbiComp 2021 Eyewear Workshop), Prof. Michael Beigl, Eric Pescara, @ KIT, Karlsruhe University Germany (Workshops, Visits, and Implementation Discussions), Karola Marky @ TU Darmstadt, University of Glasgow, UK (Research Visit collaboration on extensions to privacy and security)

渡邊グループ

国内: 日本科学未来館(お台場、東京:公開実験・アウトリーチ)
海外: ドイツ人工知能研究センター(ドイツ、カイザースラウテルン:動画からのインタラクション抽出)、ブリニー総合病院(フランス、ブリニー:医療現場との連携)