

人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開
2017年度採択研究代表者

2021年度 年次報告書

小池 英樹

東京工業大学 情報理工学院
教授

技能獲得メカニズムの原理解明および獲得支援システムへの展開

§ 1. 研究成果の概要

本プロジェクトではトップアスリート、一流音楽演奏家、障がい者という常人や健常者にはない特殊技能を持つ人々に着目し、(1)特殊技能の計測と分析、さらにこうした(2)技能の獲得支援システムを開発することを目的とする。2021 年度は、(1)としてアスリート、ピアニストそれぞれに対するより詳細な動作計測および解析、そしてブレイン・マシン・インタフェース(BMI)への展開、(2)として、昨年度までに開発した支援システムの拡張を行なった。代表的な研究成果は以下のとおりである。

小池グループでは、本格的インドアスキーシミュレーターを導入し、スポーツ科学研究者と共同でトップアスリート計測を行う環境を整備した。VR を用いたスキー学習システムとして、時間歪曲手法の有効性検証、および視覚、力覚フィードバックの有効性検証を行なった。また、ゴルフ学習支援システムとして、クラブヘッドの 3 次元軌道と姿勢を床に視覚化する Virtual Shadow を開発すると同時に、深層学習を用いて上級者との差分を自動検出する手法を開発した。さらに、ピアノ演奏時の 3 次元手指姿勢を単眼 RGB カメラで推定する手法および学習用データセット、脳外科縫合手術訓練支援システムの開発を行なった。

暦本グループでは、語学トレーニングにおける shadowing の難易度を自動調整する手法の構築、発話から習熟度を直接抽出する深層学習手法の開発、サイレントスピーチ手法と視線情報と組み合わせる手法を実現した。

牛場グループでは、脳波を使って外部機器を操作する BMI 技術を「身体を介さない、脳のダイレクトな運動学習系」として利用し、健常成人を対象とした BMI 学習実験を通じて、運動技能の獲得のし易さを決定づける脳固有の活動特性を同定した。また、他者との言語的相互作用が及ぼす脳の学習プロセスへの影響を検討した。

古屋グループでは、アクティブハプティックトレーニングがピアニストのフィードバック制御能力を向上することを明らかにした他、アガリによるフィードバック制御の異常とそれを正常化する感覚運動トレーニングの効果を証明した。また、多数のピアニストのスキル計測に基づく機械学習分析を行い、スキルの個人差の説明要因を同定した他、社会実装としてのピアノアカデミーは受講生が 7 件の国際コンクールと 6 件の国内コンクールで入賞した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 小池グループ

- ① 研究代表者: 小池 英樹 (東京工業大学情報理工学院 教授)
- ② 研究項目
 - ・アスリートの技能計測と抽象と伝承
 - ・視線・身体動作環境認識装置
 - ・行動ログによる未来予測手法の開発
 - ・実時間マルチモーダルフィードバックによるスポーツ訓練システムの開発
 - ・極細人工筋肉を用いた力覚フィードバックスーツの開発
 - ・四肢切断者の幻肢や幻肢痛に関する研究

(2) 暦本グループ

- ① 主たる共同研究者: 暦本 純一 (東京大学情報学環 教授)
- ② 研究項目
 - ・体外離脱感覚フィードバックシステムの開発
 - ・身体計測技術を利用した技能伝承、リハビリテーション支援

(2) 牛場グループ

研究題目: 実環境・実動作下で駆動する脳の学習則の定式化

- ① 主たる共同研究者: 牛場 潤一 (慶應義塾大学理工学部 准教授)
- ② 研究項目
 - ・「視覚プログラミング・グラス」の行動学的有効性検証
 - ・「力覚プログラミング装具」の行動学的有効性検証

(2) 古屋グループ

- ① 主たる共同研究者: 古屋 晋一 (ソニーコンピュータサイエンス研究所 リサーチャー)
- ② 研究項目
 - ・音楽家の超絶技能の抽象化と獲得メカニズムの原理解明による伝達・熟達支援

【引用した原著論文情報】

1. Takashi Matsumoto, Erwin Wu, and Hideki Koike. 2022. Skiing, Fast and Slow: Evaluation of Time Distortion for VR Ski Training. In *Augmented Humans 2022 (AHs 2022)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 142-151.
<https://doi.org/10.1145/3519391.3519402>
2. Jana Hoffard, Xuan Zhang, Erwin Wu, Takuto Nakamura, and Hideki Koike. 2022. SkiSim: A comprehensive Study on Full Body Motion Capture and Real-Time Feedback in VR Ski Training. In *Augmented Humans 2022 (AHs 2022)*. Association for Computing Machinery,

New York, NY, USA, 131-141. <https://doi.org/10.1145/3519391.3519400>

3. Xinlei Zhang, Takashi Miyaki, and Jun Rekimoto. 2021. JustSpeak: Automated, User-Configurable, Interactive Agents for Speech Tutoring. Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 5, EICS, Article 202 (June 2021), 24 pages. <https://doi.org/10.1145/3459744>
4. Zixiong Su, Xinlei Zhang, Naoki Kimura, and Jun Rekimoto. 2021. Gaze+Lip: Rapid, Precise and Expressive Interactions Combining Gaze Input and Silent Speech Commands for Hands-free Smart TV Control. In ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications (ETRA '21 Short Papers). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 13, 1-6. <https://doi.org/10.1145/3448018.3458011>
5. Iwama S, Zhang Y, Ushiba J. “De novo brain-computer interfacing deforms manifold of populational neural activity patterns in human cerebral cortex”, 2021. bioRxiv 2021.06.28.450263; <https://doi.org/10.1101/2021.06.28.450263>.
6. Shinichi Furuya, Reiko Ishimaru, Takanori Oku, Noriko Nagata (2021) Back to feedback: aberrant sensorimotor control in music performance under pressure. Communications Biology 4(1): 1367
7. Yudai Kimoto, Masato Hirano, Shinichi Furuya (2022) Adaptation of the corticomuscular and biomechanical systems of musicians. Cerebral Cortex 32(4): 709-724