

国際科学技術協力基盤整備事業
日本－台湾研究交流
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「高齢者のための革新的仮想視覚・力覚刺激呈示システムの開発」
2. 研究期間：2017年4月～2021年3月
3. 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	加藤 博一	教授	奈良先端科学技術大学院大学	日本側研究統括
主たる共同研究者	檜山 敦	講師	東京大学	VR-mPETS の設計・開発・評価
研究参加者	Alexander Plopski	助教	奈良先端科学技術大学院大学	AR-mPETS の設計・開発・評価
研究参加者	藤本 雄一郎	助教	奈良先端科学技術大学院大学	AR-mPETS の改良・評価
研究参加者	岡橋 さやか	助教	京都大学	作業療法士の観点からの専門的助言等
研究参加者	瓜生 大輔	特任講師	東京大学	VR-mPETS の設計・開発・評価
研究期間中の全参加研究者数			49名	

台湾側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Li-Chieh Kuo	Professor	National Cheng Kung University	台湾側研究統括
主たる共同研究者	Chien-Hsu Chen	Professor	National Cheng Kung University	VR/AR-mPETSの開発支援
主たる共同研究者	Hsiu-Yun Hsu	Chief/Adjunct Clinical Assistant Professor	National Cheng Kung University	評価実験の実施
主たる共同研究者	Hsiao-Feng Chieh	Assistant Researcher	National Cheng Kung University	mPETS の開発、VR/ARシステム統合支援
主たる共同研究者	Chien-Ju Lin	Assistant Researcher	National Cheng Kung University	訓練・評価プログラムの検討
研究期間中の全参加研究者数			5名	

4. 研究交流の概要

25%を超える世界最高の高齢化率の日本と同様に、台湾においても、高齢化率が12%を超え、10年以内には21%を超えるという予測がある。健康長寿社会の実現に向け、高齢者の健康維持は、日本と台湾で共通する重要な社会的課題である。本研究では、高齢者のリハビリテーション支援システムの研究開発を目的とする。

日本側奈良先端科学技術大学院大学と東京大学、台湾側国立成功大学の3大学の連携の中で、本研究を実施した。日本側はAR/VR技術が専門であり、台湾側は生体医工学を専門とした。両者の活発で協調的な交流活動を通じて、当初目的のAR/VR技術を用いた手指のリハビリテーション支援システムを開発することができた。さらには、当初目的を超える全身を対象とした訓練支援システムを開発し、その評価を実施した。

5. 研究交流の成果

5-1 共同研究の研究・開発成果

台湾側チームは、力覚センサを搭載した手指訓練システムの研究開発と脳神経運動系の計測によるリハビリ効果の評価を行った。日本側チームは、台湾側チームが開発した手指訓練システムに、拡張現実感（AR）・バーチャルリアリティ（VR）を統合し、また、応用システムとして機能の拡張を行った。日本・台湾双方において、開発したシステムの評価実験を実施し、その有効性を確認することができた。さらに、実応用を目指し、手指訓練システムのポータブル化にも取り組んだ。また、全身運動訓練を対象とするシステムを開発し、評価実験を通じて、その有効性を確認した。

5-2 国際連携による相乗効果

本研究は、情報学と生体医工学という2つの学問分野の連携でもあった。AR・VR技術において優位性を持つ日本側奈良先端大・東京大学の研究グループと、リハビリテーション用デバイス開発・評価において優位性を持つ台湾側国立成功大学のグループが連携することで実現できた研究である。ワークショップ開催等による情報共有や意見交換にとどまらず、一つのシステムの共同開発や技術交流が非常に効果的であった。

5-3 共同研究成果から期待される波及効果および進展

医療関連機器の研究開発であるため、基本的には実用化までに時間を要するものではあるが、事業期間終了後も実用化に向けた取り組みを継続的に行っている。

奈良先端大では、近隣の病院の協力を得て、システムの開発・デモ・評価を繰り返し、現在も実用化に向けシステムの改良に取り組んでいる。東京大学では、国立成功大学との連携を更に深め、開発したシステムの製品化・サービス化へ向けた共同研究に移行しはじめている。

5-4 研究交流の有効性・継続性（研究交流を通じた人材育成、協働関係の継続・発展性）

台湾側国立成功大学との間では、本共同研究の中で、学生の相互派遣等を含む活発な交流を実施した。また、この共同研究の有効性が高く評価され、奈良先端大と国立成功大学の間では、学術交流協定が締結された。また、2020年度にはコロナ禍での交流として、奈良先端大と国立成功大学の共催で、各大学から約20名の学生が感染症やSDGsに関連した社会問題についての2日間のオンラインアイデアソンを実施するなど人材育成面での交流も継続的に発展させている。東京大学でも、上述のように開発したシステムの製品化・サービス化へ向けた取り組みを継続して行っている。

Infrastructure Development for Promoting International S&T Cooperation
Japan – Taiwan Joint Research Exchange Program
Executive Summary of Final Report

1. Project Title : 「Developments of Novel Virtual Visual and Haptic Stimulation Systems for the Elderly」
2. Project Period : April, 2017 ~ March, 2021
3. Main Participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Hirokazu Kato	Professor	Nara Institute of Science and Technology	Directing the Japanese Team
Co-PI	Atsushi Hiyama	Lecturer	University of Tokyo	Design, development and evaluation of VR-mPETS
Collaborator	Alexander Plopski	Assistant Professor	Nara Institute of Science and Technology	Design, development and evaluation of AR-mPETS
Collaborator	Yuichiro Fujimoto	Assistant Professor	Nara Institute of Science and Technology	Improvement and evaluation of AR-mPETS
Collaborator	Sayaka Okahashi	Assistant Professor	Kyoto University	Professional Advice from the perspective of an occupational therapist
Collaborator	Daisuke Uriu	Project Lecturer	University of Tokyo	Design, development and evaluation of VR-mPETS
Total number of participating researchers in the project:				49

Taiwan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Li-Chieh Kuo	Professor	National Cheng Kung University	Directing the Taiwan Team
Co-PI	Chien-Hsu Chen	Professor	National Cheng Kung University	Supporting the development of VR/AR-mPETS
Co-PI	Hsiu-Yun Hsu	Chief/Adjunct Clinical Assistant Professor	National Cheng Kung University	Coordinating the training and evaluation with clinical evaluation
Co-PI	Hsiao-Feng Chieh	Assistant Researcher	National Cheng Kung University	Development of mPETS system and integration with VR and AR system
Co-PI	Chien-Ju Lin	Assistant Researcher	National Cheng Kung University	Development and design of protocols and parameters for training and evaluation programs
Total number of participating researchers in the project:				Number

4. Scope of the joint project

Similar to Japan, which has the world's highest aging rate of over 25%, Taiwan is expected to have an aging rate of over 12% and within 10 years, over 21%. Maintaining the health of the elderly is an important common social issue toward the realization of a healthy and long-lived society. The purpose of this research is to research and develop rehabilitation support systems for the elderly.

This research was conducted in collaboration with the Nara Institute of Science and Technology (NAIST) and the University of Tokyo (UoT) on the Japanese side, and the National Cheng Kung University (NCKU) on the Taiwan side. The Japanese side specialized in AR/VR technology, and the Taiwanese side specialized in biomedical engineering. Through active and collaborative exchange activities between both teams, , we were able to develop finger rehabilitation support systems using the AR / VR technology that was originally intended. Furthermore, we developed and evaluated training support systems for the whole body that exceeded the initial purpose.

5. Outcomes of the joint project

5 – 1 Intellectual Merit

The Taiwanese team conducted research and development of a finger training system equipped with force sensors and evaluated the rehabilitation effect by measuring the cranial nerve motor system. The Japanese team integrated AR/VR into the finger training system developed by the Taiwanese team, and expanded its functions for practical use. We conducted evaluation experiments on the developed system in both Japan and Taiwan, and were able to confirm its effectiveness. Furthermore, aiming for practical application, we worked on making the finger training system portable. We also developed a system for whole body exercise training and confirmed its effectiveness through evaluation experiments.

5 – 2 Synergy from the Collaboration

This research was a collaboration between two disciplines, informatics and biomedical engineering. This research was made possible by collaboration between the research group of NAIST, UoT, which has an advantage in AR/VR technology, and the group of the NCKU, which has an advantage in the development and evaluation of rehabilitation devices. In addition to sharing information and exchanging opinions by holding workshops, joint development of one system and technical exchange were very effective.

5 – 3 Potential Impacts on Society

Since it is research and development of medical-related equipment, it basically takes time to put it into practical use, but even after the end of the project period, we are continuing to make efforts toward putting it into practical use.

NAIST has repeatedly developed, demonstrated, and evaluated the system with the cooperation of neighboring hospitals, and is still working on improving the system for practical use. UoT has begun to shift to joint research toward commercialization of the developed system with NCKU.

5 – 4 Effectiveness and Continuity of Exchange

(Human Resource Cultivation, Development and Sustainability of the Cooperation, etc.)

In this joint research with the NCKU on the Taiwan side, active exchanges including mutual dispatch of students were carried out. Since the effectiveness of this joint research was highly evaluated, an academic exchange agreement was signed between NAIST and NCKU in 2020. In December 2020, about 20 students from each university participated in a three-day online ideathon on SDGs, co-sponsored by NAIST and NCKU. We are continuously developing exchange programs in terms of human resource cultivation. UoT is also continuing its efforts to commercialize the system developed as described above.

共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文（相手側研究チームとの共著論文）

*原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文）

*その他の著作物（相手側研究チームとの共著のみ）（総説、書籍など）

*その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）

1. 檜山敦「トコトンやさしいVRの本」日刊工業新聞社（2019年3月1日）分担執筆

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：17件（招待講演：6件）

招待講演

1. Atsushi Hiyama, Geron-Informatics: Informatics Approach for Active Aging, 2020 Aging Technologies Perspectives of Japan, China and Singapore, 25 Nov.
2. 檜山敦, 「VR/AI が拡張する 100 年人生」, 先端技術活用セミナー「最新映像技術の現状と未来 ～ xR 技術が社会を変える ～」, 京都, 2020.1
3. 檜山敦, 「AI・VR・ロボットが拓く人生 100 年時代の未来」, 神奈川大学生涯学習・エクステンション講座連続講演会 人生 100 年時代の知的生き方——ジェロントロジーと日本社会, 2019.8
4. Atsushi Hiyama, "Geron-Informatics: Techno-logical engagement for the elderly in physical, cognitive, and social activities", Conference on Active and Healthy Ageing. Technical University of Denmark, 2019.5.
5. Atsushi Hiyama, "Hyperageing Society 2.0: The Shifting Role of Elders in the Technological Landscape of Japan", British Association for Japanese Studies, 2018.9.
6. Seaborn, K. Visionary Gerontechnological praxis in Japan: Pathways to augmenting the hyperageing society. Presented at the 2018 British Association for Japanese Studies Conference, 5-7 September 2018, Sheffield, UK.

査読有

7. Nina Lee, Katie Seaborn, Atsushi Hiyama, Masahiko Inami, and Michitaka Hirose, "Evaluating a smartphone-based social participation app for the elderly", In Proceedings of Human Aspects of IT for the Aged Population (Lecture Notes in Computer Science), Las Vegas, 2018/6/1
8. Tomoya Sasaki, Richard Sahala Hartanto, Kao-Hua Liu, Keitarou Tsuchiya, Atsushi Hiyama, and Masahiko Inami. 2018. Leviopole: Mid-air Haptic Interactions Using Multitorator. In ACM SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies (SIGGRAPH '18), 12:1–12:2. <https://doi.org/10.1145/3214907.3214913>
9. Jayzon Ty, Naoki Inoue, Alexander Plopski, Sayaka Okahashi, Christian Sandor, Hsiu-Yun Hsu, Li-Chieh Kuo, Fong-Chin Su, Hirokazu Kato, "Integration of Augmented Reality with Pressing Evaluation and Training System for Finger Force Training," International Conference on Human-Computer Interaction 2019 (HCI International), Orlando, Florida, USA, 19 Jul. 2019
10. Katie Seaborn, Nina Lee, Marla Narazani and Atsushi Hiyama. Intergenerational shared action games for promoting empathy between Japanese youth and elders 8th

International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction (ACII 2019)
3rd-6th September, 2019

11. Tomoya Sasaki, Kao-Hua Liu, Taiki Hasegawa, Atsushi Hiyama, and Masahiko Inami. Virtual Super-Leaping: Immersive Extreme Jumping in VR. In Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019 (AH2019). ACM, New York, NY, USA, Article 18, 8 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3311823.3311861>
12. Naoki Inoue, Yuichiro Fujimoto, Alexander Plopski, Sayaka Okahashi, Masayuki Kanbara, Hsiu-Yun Hsu, Li-Chieh Kuo, Fong-Chin Su, and Hirokazu Kato, "Effect of Display Location on Finger Motor Skill Training with Music-based Gamification," International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International), Springer, pp.78-79, Online, 22 Jul. 2020.
13. Liu KH., Sasaki T., Kajihara H., Hiyama A., Inami M., Chen CH. (2020) Virtual Kayaking: A Local Culture-Based Virtual Reality Paddling Experience. In: Gao Q., Zhou J. (eds) Human Aspects of IT for the Aged Population. Healthy and Active Aging. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12208. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50249-2_45
14. Chien-Hsiang Chang, Kao-Hua Liu, Hiroyuki Kajihara, Wei-Chih Lien, Peng-Ting Chen, Atsushi Hiyama, Yang-Cheng Lin, Chien-Hsu Chen, Masahiko Inami. Designing a somatosensory interactive game of lower extremity muscle rehabilitation for the elderly. HCII2021 (In press).

査読無

15. 佐々木智也, 伊藤大智, 原口純也, 荻野将拓, Kao-Hua Liu, 檜山敦, 稲見昌彦, 全身運動のためのマルチロータを用いた空中触覚提示デバイス, エンターテイメントコンピューティングシンポジウム 2018 (EC2018), 東京, 2018年9月.
16. シーボンケイティ, 李宜家, ナラザネマアラ, 陳建旭, 檜山敦, 稲見昌彦, 「共感のための共有アクションゲームのデザインと評価」, 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会, 仙台, 9月
17. リハビリテーション応用へ向けた触覚デバイスのコンテクストに基づく最適化: LevioPole を事例として, 劉高華, 佐々木智也, 梶原宏之, 檜山敦, 稲見昌彦, 陳建旭, 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会.2020年9月

*口頭発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数: 5件 (招待講演: 0件)

査読有

1. Alexander Plopski, Ryosuke Mori, Takafumi Taketomi, Christian Sandor, Hirokazu Kato, "AR-PETS: Development of an Augmented Reality Supported Pressing Evaluation Training System," Proceedings of the International Conference on Human Computer Interaction, pp.113-126, Las Vegas, NV, USA, Jul. 2018
2. Isidro III Butaslac, Alessandro Luchetti, Edoardo Parolin, Yuichiro Fujimoto, Masayuki Kanbara, Mariolino De Cecco, Hirokazu Kato, "The Feasibility of Augmented Reality as a Support Tool for Motor Rehabilitation," International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics (Salento AVR), Springer, Online, 7 Sep. 2020, DOI: [10.1007/978-3-030-58468-9_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58468-9_13)

査読無

3. Hirokazu Kato, 「Integration of VR/AR Technology with mPETS for Improving the Training Effect」, 2018 MOST & JST Conference - ICT for Accessibility and Support of Older People, 台湾, 2018年11月25日
4. 井上直樹, Ty Jayzon Flores, 松本彩香, Alexander Plopski, 岡橋さやか, 加藤博一, "音楽演奏的なゲーミフィケーションを取り入れたAR手指運動訓練," 第63回システ

ム制御情報学会研究発表講演会, 大阪市, 日本, 2019年5月24日

5. 江田 尚弘, シーボン ケイティ, 松原 晟都, 佐久間 顕, 檜山 敦, 稲見 昌彦, 運動同期によるエージェントへの共感醸成に関する研究, 第33回人工知能学会全国大会, 新潟, 2019年6月.

*ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数 : 0 件

*ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数 : 4 件

1. Jayzon Flores Ty, 「Integration of Augmented Reality with PETS」、2018 MOST & JST Conference - ICT for Accessibility and Support of Older People、台湾、2018年11月25日
 2. Ayaka Matsumoto, 「Consideration on Maintenance of Motivation for Sustainable Training」、2018 MOST & JST Conference - ICT for Accessibility and Support of Older People、台湾、2018年11月25日
 3. Naoki Inoue, 「Design of Finger Motor Skill Training with Gamification based on Music Play」、2018 MOST & JST Conference - ICT for Accessibility and Support of Older People、台湾、2018年11月25日
 4. Michele Stocco, Alessandro Luchetti, Paolo Tomasin, Alberto Fornaser, Patrizia Ianes, Giovanni Guandalini, J. Flores Ty, Sayaka Okahashi, Alexander Plopski, Hirokazu Kato, Mariolino De Cecco, "Augmented Reality to Enhance the Clinical Eye: The Improvement of ADL Evaluation by Mean of a Sensors Based Observation," 16th EuroVR International Conference (EuroVR 2019), Tallinn, Estonia, 23 Oct. 2019
3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催
1. 2017 Superhuman Sport Design Workshop at NCKU, Chien-Hsu Chen (国立成功大学・教授), 国立成功大学 (台湾、台南), 2017/8/6, 参加者 21 名
 2. 交流講座, Chien-Hsu Chen (国立成功大学・教授), 国立成功大学 (台湾、台南), 2017/8/7, 参加者 25 名
 3. NAIST-NCKU Workshop, 加藤博一 (奈良先端科学技術大学院大学・教授), 奈良先端科学技術大学院大学 (日本、生駒市), 2018/12/14, 参加者 30 名
 4. NCKU-NAIST Students workshop, Chien-Hsu Chen (国立成功大学・教授), 国立成功大学 (台湾、台南), 2019/3/8, 参加者 11 名
 5. HCII2019OS 「ICT for Care and Support of Elderly People in Hyper Aged Societies」, 加藤博一 (奈良先端科学技術大学院大学・教授), Walt Disney World Swan & Dolphin Resort (米国、オーランド), 2019/7/29, 参加者約 30 名
 6. ヒューマンインタフェース学会高齢者支援 ICT 専門研究委員会第 1 回研究会, 加藤博一 (奈良先端科学技術大学院大学・教授), 奈良先端科学技術大学院大学 (日本、生駒市), 2019/6/29, 参加者 17 名
 7. ヒューマンインタフェース学会高齢者支援 ICT 専門研究委員会第 2 回研究会, 加藤博一 (奈良先端科学技術大学院大学・教授), 東京大学 (日本、東京), 2019/12/15, 参加者約 15 名
 8. HCII2020OS 「ICT for Care and Support of Elderly People in Hyper Aged Societies」, 加藤博一 (奈良先端科学技術大学院大学・教授), オンライン, 2019/7/29, 発表 5 件
 9. 第 25 回日本バーチャルリアリティ学会大会オーガナイズドセッション「360°VR が拓く超高齢社会の日常」, 檜山 敦 (東京大学・講師), オンライン, 2020/9/16, 参加者約 60 名, <http://conference.vrsj.org/ac2020/program/1A1.html>
 10. 2020 NAIST x NCKU SDGs Workshop, 加藤博一 (奈良先端科学技術大学院大学・教

授），オンライン，2020/12/01,12/05,12/19，発表 5 件、参加者約 40 名

4. 研究交流の実績

【合同ミーティング】

- ・2017 年 4 月 23 日：キックオフワークショップ、国立成功大学、台南、台湾
- ・2017 年 8 月 5-7 日：研究交流ワークショップ、国立成功大学、台南、台湾
- ・2017 年 11 月 22 日：研究交流ワークショップ、奈良先端科学技術大学院大学、生駒、日本
- ・2018 年 2 月 25-27 日：研究交流ワークショップ、広島大学ほか、広島、日本
- ・2018 年 11 月 19 日：研究交流ワークショップ、奈良先端科学技術大学院大学、生駒、日本
- ・2018 年 11 月 26 日：研究交流ワークショップ、国立成功大学、台南、台湾
- ・2019 年 3 月 8 日：研究交流ワークショップ、国立成功大学、台南、台湾
- ・2019 年 3 月 21-22 日：研究交流ワークショップ、イマジンホテル&リゾート函館ほか、函館、日本
- ・2019 年 11 月 22 日：研究交流ワークショップ、奈良先端科学技術大学院大学、生駒、日本

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・2017 年 10 月：東京大学にて相手国側学生 2 名の研究滞在を約 6 ヶ月間受け入れた。
- ・2018 年 3 月 1～3 日：Prof. Su, Fong-Chin が研究滞在
- ・2018 年 4 月 10～17 日：東京大学にて相手国側学生の研究滞在を受け入れた。
- ・2019 年 3 月 4～9 日：国立成功大学に奈良先端大学生 1 名を派遣した。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

- ・Best Poster Award, Jayzon Ty, Alexander Plopski, Hirokazu Kato, “Integration of Augmented Reality with Pressing Training Evaluation Systems”, MoST&JST Conference on ICT, Tainan, Taiwan, November, 2018.
- ・Best Poster Award, Naoki Inoue, Alexander Plopski, Hirokazu Kato, “Design of Finger Motor Skill Training with Gamification based on Music Play”, MoST&JST Conference on ICT, Tainan, Taiwan, November, 2018.
- ・ベストデモ賞，佐々木智也，伊藤大智，原口純也，荻野将拓，Kao-Hua Liu，檜山敦，稲見昌彦．全身運動のためのマルチロータを用いた空中触覚提示デバイス，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2018.
- ・学生発表賞，井上 直樹，Ty Jayzon Flores，松本 彩香，Plopski Alexander，岡橋 さやか，加藤 博一，“音楽演奏的なゲーミフィケーションを取り入れたAR手指運動訓練”，第63回システム制御情報学会研究発表講演会，2019

7. その他

【市民向けアウトリーチ活動】

- ・2020 年 12 月 21 日：大島交流館にて LevioPole を用いたバーチャルフライスルー体験を提供した。