

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：「超高齢化社会で活躍する高齢者を支援するソフトエグゾスケルトンならびに装着型アシスト機器の開発」
2. 研究期間：2019年6月～2022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	栗田雄一	教授	広島大学	統括
主たる共同研究者	木村浩彰	教授	広島大学病院	臨床実験
主たる共同研究者	島圭介	准教授	横浜国立大学	立位機能評価システム開発
主たる共同研究者	島谷康司	教授	県立広島大学	立位機能評価
主たる共同研究者	前田慶明	講師	広島大学	立位機能計測
研究参加者				
研究期間中の全参加研究者数			5名	

台湾側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Yen-Yang Chen	准教授	国立台湾大学	総括
主たる共同研究者	Hao-Ling Chen	准教授	国立台湾大学	総括補助
研究期間中の全参加研究者数			2名	

4. 研究交流の概要

本プロジェクトは、高齢者が活躍する社会を実現するために、歩行と転倒防止を支援する **Smart Assistive Soft Exoskeleton** 技術を開発することを目的とし、1) センサとディスプレイ機能を備えたアシスト機器の設計、2) 歩行補助と転倒予防の評価技術開発、3) 医療機関における提案システムの評価の課題に、台湾側パートナーとともに取り組んだ。結果として、高齢者向けの歩行アシスト支援のできるプロトタイプ開発に成功した。また姿勢動揺の個人差を身体重心や足圧中心の変化から評価し、立位機能の年齢推定モデルの構築を行った。これらの成果を活用し、連携企業からの人工筋アシストブーツの販売開始ならびに **co-PI** によるスタートアップ起業と同社からの立位機能検査サポートシステムの販売開始につながった。

5. 研究交流の成果

5-1 共同研究の研究・開発成果

高齢者向けの歩行アシスト支援のできる **Smart Assistive Soft Exoskeleton (SASE)** の開発に取り組んだ。また **Virtual Light Touch Contact (VLTC)** で誘発した姿勢動揺の個人差を身体重心や足圧中心の変化から評価し、立位機能の年齢推定モデルの構築を行った。

5-2 国際連携による相乗効果

日本側 PI は台湾側パートナーとの交流を通じて、視覚フィードバックを SASE に組み合わせることで視覚フィードバック量を変えることで人工筋からの補助力の知覚レベルを変化させることができる人工筋スーツを開発した。また台湾側 PI は、圧縮空気を力覚フィードバック源として活用するアイデアを考案し、これをエンタテインメント分野に使えるヒューマンコンピュータインタラクション技術に展開した。

5-3 共同研究成果から期待される波及効果および進展

本事業の成果を活用し、連携企業から人工筋アシストブーツの販売開始、ならびに co-PI によるスタートアップ起業と同社からの立位機能検査サポートシステムの販売開始につながった。

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)

2018-2022 年度までに 5 回の日台交流セミナーならびにワークショップ (うち 4 回対面、1 回オンライン) を開催し、研究室の双方向交流を行った。また日本側 PI は、広島大学人間拡張実装プロジェクト研究センターを立ち上げた。このセンターを今後の台湾との共同研究の受け皿としても活用していく。

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

1. Project Title: 「Soft Exoskeleton and Wearable Assistive Devices to support Elderly People in Hyper-Aged Societies」
2. Project Period : June, 2019 ~ March, 2022
3. Main Participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Yuichi Kurita	Professor	Hiroshima University	Co-lead and co-supervise the joint project with the PI of Taiwan-based Team
Co-PI	Hiroaki Kimura	Professor	Hiroshima University Hospital	Support the PI of Japan-based Team for collaboration with associations of the elderly
Co-PI	Keisuke Shima	Associate Professor	Yokohama National University	Support the PI of Japan-based Team for developing fall prevention evaluation system
Collaborator	Koji Shimatani	Professor	Prefectural University of Hiroshima	Support the PI of Japan-based Team for assessing fall prevention performance
Collaborator	Noriaki Maeda	Lecturer	Hiroshima University	Support the PI of Japan-based Team for assessing standing capability
Collaborator				
Total number of participating researchers in the project:				5

Taiwan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Chen, Yen-Yang	Assoc. Professor	National Taiwan University	Co-lead the joint project with the PI of Japan-based Team.

Co-PI	Chen, Hao-Ling	Assoc. Professor	National Taiwan University	Support the PI of Taiwan-based Team for design issue and conduct user research.
Co-PI				
Collaborator				
Collaborator				
Collaborator				
Total number of participating researchers in the project:				2

4. Scope of the joint project

This project aimed to develop smart assistive soft exoskeleton technology to support walking and fall prevention in order to realize a society in which the elderly can play an active role. The project addressed the following issues: 1) design of an assistive device with sensor and display functions, 2) development of evaluation technology for walking assistance and fall prevention 3) evaluation of the proposed system. As a result, we succeeded in developing a prototype that can assist the elderly in walking. Individual differences in postural sway were evaluated based on changes in body center of gravity and foot pressure center, and an age estimation model of standing function was developed. These results led to the start of sales of artificial muscle-assist boots from the partner company, and to the start-up business by co-PI and the start of sales of a support system for testing standing posture function.

5. Outcomes of the joint project

5 – 1 Intellectual Merit

We developed the Smart Assistive Soft Exoskeleton (SASE), which can assist the elderly in walking. We also evaluated individual differences in postural sway induced by Virtual Light Touch Contact (VLTC) based on changes in body center of gravity and foot pressure center, and developed an age estimation model of standing function.

5 – 2 Synergy from the Collaboration

Through interaction with the Taiwanese partner, the Japanese PI developed an artificial muscle suit that can change the perceived level of force sensation from the artificial muscle by changing the amount of visual feedback. The Taiwanese PI also devised the idea of using compressed air as a force feedback source and developed it into a human-computer interaction technology that can be used in the entertainment field.

5 – 3 Potential Impacts on Society

The results of this project led to the launch of sales of artificial muscle-assist boots from a partner company, as well as a start-up business by co-PI and the launch of a standing function test support system.

5 – 4 Effectiveness and Continuity of Exchange

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

Five Japan-Taiwan exchange seminars and workshops (four face-to-face and one online) were held from FY 2018 to FY 2022 to promote interactive exchange between the laboratories. In addition, the Japanese PI has established the Applied Human Augmentation Project Research Center in Hiroshima University. This center will be used as a platform for future joint research with Taiwan.

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)

なし

*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)

1. Maeda N, Urabe Y, Sasadai J, Numano S, Fujishita H, Morikawa M, Fan G, Kobayashi T: Effect of soft and semi-rigid ankle braces on kinematic and kinetic changes of the knee and ankle joints after forward and lateral drop landing in healthy young women. *Isokinet Exerc Sci* 27(3) : 219-225, 2019
2. Komiya M, Urabe Y, Sasadai J, Fujishita H, Sakai S, Maeda N: The effects of two different Whole-Body-Vibration frequencies on ankle dorsiflexion angle, vertical jump height, and postural stability after landing. *Isokinet Exerc Sci* 27(4), 267-274, 2019
3. Mikami Y, Amano K, Kawamura M, Nobiro M, Kamijyo Y, Kawae T, Maeda N, Hirata K, Kimura H, Adachi N: Whole-body vibration enhances effectiveness of “locomotion training” evaluated in healthy young adult women. *J Phys Ther Sci* 31(10): 895-900, 2019
4. Ai Higuchi, Junichiro Shiraiishi, Yuichi Kurita, and Tomohiro Shibata, Effects of Gait Inducing Assist for Patients with Parkinson’s Disease on Double Support Phase During Gait, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.32, No.4, pp. 798-811, 2020
5. Masataka Yamamoto, Koji Shimatani, Masaki Hasegawa, Yuichi Kurita, and Hiroshi Takemura, Accuracy of Temporo-spatial and Lower Limb Joint Kinematics Parameters Using OpenPose for Various Gait Patterns with Orthosis, *IEEE Transactions on Neural Systems & Rehabilitation Engineering*, 29:2666-2675, 2021
6. Ushio K, Mikami Y, Obayashi H, Fujishita H, Fukuhara K, Sakamitsu T, Hirata K, Ikuta Y, Kimura H, Adachi N. Decreased Muscle-to-Fat Mass Ratio Is Associated with Low Muscular Fitness and High Alanine Aminotransferase in Children and Adolescent Boys in Organized Sports Clubs. *J Clin Med*. 10(11):2272, 2021
7. Keisuke Shima, Koji Shimatani and Mami Sakata, A wearable light-touch contact device for human balance support, *Scientific Reports*, Vol. 11, No. 7324, 1 April, 2021
8. Mayuko Minakata, Tsubasa Maruyama, Mitsunori Tada, Priyanka Ramasamy, Swagata Das, and Yuichi Kurita, Safe Walking Route Recommender Based on Fall Risk Calculation Using a Digital Human Model on a 3D Map, *IEEE Access*, Vol.10, pp.8424-8433, 2022
(すべて査読あり)

*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)

なし

*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. Yuichi Kurita, Chetan Thakur, Swagata Das, Assistive Soft Exoskeletons with Pneumatic Artificial Muscles, In: McDaniel T., Panchanathan S. (eds) *Haptic Interfaces for Accessibility, Health, and Enhanced Quality of Life*. Springer, Cham, pp. 217-242, 2019.12. Print ISBN 978-3-030-34229-6
2. 栗田雄一, ソフトエグゼスkeletonスーツによる運動能力拡張, *バイオメカニクス研究* [特集号: Human Augmentation 人間拡張技術の創る未来], Vol.23, No.2, pp.89-94, 2019
3. 栗田雄一, ソフトアシスト技術による感覚・運動能力の拡張, *システム制御情報学会誌* [リハビリと健康維持ー工学連携がひらく未来特集号], Vol.63, No.8, pp.346-351, 2019
4. Yuichi Kurita, *Wearable Haptics*, In E. Sazonov (ed.), *Wearable Sensors 2nd Edition*, Chapter 2.7, ELSEVIER, pp.201-220, November 2020
5. 栗田雄一, 運動支援機器のデザインと体育の拡張, *体育の科学*, 杏林書院, Vol.70, No.10, pp.737-740, 2020

6. 栗田雄一, テクノロジーによるスポーツの拡張, 体育の科学, 杏林書院, Vol.70, No.8, pp.587-591, 2020
7. 栗田雄一, 身体拡張: 感覚と運動機能を向上させる技術, 体育の科学, 杏林書院, Vol.70, No.6, pp.365-370, 2020
8. Swagata Das, Yuichi Kurita, and Ramin Tadayon, Accessible Smart Coaching Technologies Inspired by Elderly Requisites, In Troy McDaniel, Xueliang Liu (eds.), Multimedia for Accessible Human Computer Interface, Chapter III, Springer, pp.175-215, 2021
9. Gunarajulu Renganathan, Yuichi Kurita, Sasa Cukovic, and Swagata Das, Foot Biomechanics with emphasis on the Plantar Pressure Sensing: A review, In Karupppasamy Subburaj, Kamalpreet Sandhu, Sasa Cukovic (eds.), Revolutions in Product Design for Healthcare: Advances in Product Design and Design Methods for Healthcare (Design Science and Innovation), Springer, 2022

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 : 0 件 (招待講演 : 0 件)

* 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 : 15 件 (招待講演 : 9 件)

* 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 : 18 件

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

- 2018. 8. 24-27 : 日台合同研究交流セミナー@Yilan University, 宜蘭, 台湾, 参加者 50 人程度
- 2018. 11. 27 : Superhuman Sports Workshop in Taiwan National Taiwan University@台北, 台湾, 参加者 50 人程度
- 2019. 3. 21-22 : 日台合同研究交流セミナー@函館, 日本, 参加者 30 人程度
- 2019. 9. 11 : SICE Annual Conference 2019 @ 広島で Prof. Chen と OS: Assistive Technology for Ageing Society を共同企画
- 2019. 11. 14-15 : 日台合同研究ワークショップ@花蓮, 台湾, 参加者 50 人程度

4. 研究交流の実績

- 2019. 3. 26 : 研究打合せで Prof. Chen と学生 2 名が広島大を訪問
- 2019. 5. 19-21 : 研究打合せで栗田 PI が NTU を訪問
- 2020. 8. 24 : グループ研究会@オンライン
- 2020. 9. 3 : グループ研究会@オンライン
- 2021. 3. 9 : グループ研究会@オンライン
- 2021. 10. 27-28 : グループ研究会@広島
- 2021. 12. 20-21 : グループ研究会@函館&オンライン
- 2022. 3. 10 : 日台グループ研究会@オンライン

5. 特許出願

研究期間累積出願件数 : 2 件

6. 受賞・新聞報道等

1. 2022年3月23日 松浦詩乃 (主指導: 栗田雄一), 優秀学生賞, 計測自動制御学会
2. 2022年3月15日 Priyanka Ramasamy, Masato Hamada, Swagata Das, and Yuichi Kurita, AugmentedHumans2022 Best Student Paper Award
3. 2021年12月17日 栗田雄一, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門・部門貢献表彰
4. 2021年11月6日 小濱遼平 (主指導: 栗田雄一), 優秀プレゼンテーション賞, The 5th Robotics Ongoing Breakthroughs (ROOB2021)
5. 2019年12月13日 石橋侑也 (主指導: 栗田雄一), 部門若手奨励賞, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門

7. その他

- ダイヤ工業(株)より, パワーアシストウオークの商品化
- Co-PI の島圭介准教授による UNTRACKED を立ち上げ