

2024年 3月 26日

## 留学報告書

南山大学長

ロバート・キサラ 殿

体育教育センター

教授 金 興烈

### 1. 研究課題

下肢exoskeleton を用いたヒューマンマシンインターフェースに関する研究

### 2. 受入機関

1) Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University (以下SKKU, Seoul, Korea)

2022年9月1日～2023年10月19日

2) College of Public Health and Human Sciences, Biological & Population Health Sciences, Oregon State University (以下OUS, Corvallis, OR, USA)

2023年10月20日～2024年2月29日

### 3. 活動報告

一つ目の留学先である Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University(SKKU)では2022年9月1日から2023年10月19日までの間、「認知機能低下者の歩行機能特性の検出と下肢外骨格型ロボット(以下, 下肢 exoskeleton)の活用」に関する研究を行う予定だったが、被験者リクルートにおいて意味のある n 数(20名以上)の確保が困難であったことに加え、当該研究に割り当てられる大学院生や実験補助員など人手の確保や実験参加者に支払う資金の確保が困難であったため、当初の研究計画を一部変更し、「下肢 exoskeleton を用いたヒューマン・マシンインターフェースに関するパイロット研究」を SKKU の構成メンバー(教員・研究員など)と関連企業との産学協同研究を進めた。また、二つ目の留学先である College of Public Health and Human Sciences, Biological & Population Health Sciences, Oregon State University(OSU) でも上記の研究を引き続き2023年10月19日から2024年2月29日まで追加実験を実施し、論文執筆を行ってきた。なお、両大学に滞在中は、研究活動の一環として学部や大学院の授業にも積極的に参加し、自身の研究領域の知識をより深めつつ、毎週行っている研究室セミナーでは大学院生たちの発表や質疑応答を通じた関連領域の研究動向を共有することができた。また両大学では常にさ

さまざまな研究課題における実験が毎日のように行われていたので、自分が持っていた研究力量を当該研究室メンバーと共有することも多かったが、時には私が今まで利用したことがない実験プロトコルの設計や統計手法に関する知識などを多くの実験を通じて得ることもできた。

まず、SKKU においては、主に文献調査を始め実験室を基盤とした下肢 exoskeleton の実験プロトコルの確認と評価を行った。具体的には 20 名の男子大学生を対象に 3 種類の下肢 exoskeleton を用い、使用性評価を行った。その成果の一端を 2023 年 7 月に開催された HCI 2023 において「A study of the comparative evaluation system of the lower-limb exoskeleton」というタイトルで発表した<sup>(研究成果①)</sup>。また、この研究は同学会において研究の質的評価が高く評価され同年 12 月にフルペーパーとして学会誌にも掲載された<sup>(研究成果②)</sup>。同時に SKKU と韓国鉄道省の共同研究で行われていた実験にも共同研究者として参加し、その一部の成果は 2023 年 5 月に開催された 2023 Annual Spring Conference・Ergonomics Society of Korea にて「Workloads of the delivery workers according to the types of delivery vehicles」というタイトルで発表した<sup>(研究成果③)</sup>。その後、この研究は被験者数とパラメータ数を増やし、同年の 8 月に学会誌に掲載した<sup>(研究成果④)</sup>。

研究成果①と②の研究結果を踏まえ、申請者の実験プロトコルを精査し、パフォーマンステストを実施した。内容としては、下肢 exoskeleton の着用有無における特定作業中の身体重心(Center of gravity; COG)の時系列変化と、その変化から COG の揺らぎを Base of Support (BOS)に投影することで下肢 exoskeleton の着用安定性と作業関連性筋骨格疾患(Work-related Musculoskeletal Disorders, WMSDs)の発生リスクの予防効果を明らかにすることであった。3種類の作業高に置かれている直径 3cm の 10 個のスチロールボールを Reach-to-pick up & put down シミュレート動作(農作業や工場のライン作業)を行っている際に 4 台の赤外線カメラを用い時系列変化する COG 位置を計算し、BOS 面に投影した。

初期はパイロット研究であったため、被験者 3 名のデータから得られた結果を 2023 年 8 月に韓国国立農業科学院主催の日・米・韓のウェアラブル外骨格支援装置専門家招待セミナーにて「The pilot study of the quantitative analysis of postural stability while with and without the Passive Lower-Limb Exoskeleton」というタイトルで発表した<sup>(研究成果⑤)</sup>。上記セミナーでの発表以後、共同研究者(SKKU・OSU)とともに既存のデータに加え追加実験を両校で実施し、その結果を論文にまとめ、2024 年 4 月に「Journal of Ergonomics Society of Korea」と 2024 年 11 月に「Applied Ergonomics」にそれぞれ投稿予定である。

1 年半という長きに渡り、もっぱら研究活動だけに専念できたことは大変充実した時間となった。なお、申請者の専門であるスポーツ科学の領域を超える新しい研究分野での経験は、当初の研究遂行において困難に遭遇する場面もあったものの新しい知識と研究体制を学んだ良い機会であったため、今後の長期研究ロードマップを描く際の重要なターニングポイントになったことは間違いない。研究成果として論文 2 本、学会発表 3 件となるが、これからも留学先の研究室との交流や共同研究は続くため、長期休み等を活用しデータ収

集のための海外渡航などを通して今後に繋がる可能性も見いだせたことは大きな成果である。短期間の学会参加では得られない海外研究者との関係性、研究着眼点、研究体制、そして研究方法に出会えたことは、長期間の留学制度ならではの利点であり、これを通して得た大事な経験を今後の研究活動に活かしていきたい。

#### 【研究成果】

1. "A study of the comparative evaluation system of the lower-limb exoskeleton.", 共同, HCI International 2023, 2023 年 7 月, Copenhagen, Denmark.
2. "A study of the comparative evaluation system of the lower-limb exoskeleton.",(査読付き論文), 共著, 2023 年 12 月, *HUMAN-COMPUTER INTERACTION*, Vol.1958, Springer, pp.485- 492.
3. "Workloads of the delivery workers according to the types of delivery vehicles.",共同, 2023 Annual Spring Conference ・ Ergonomics Society of Korea, 2023 年 5 月, Anseong, Korea.
4. "Evaluation for workloads of delivery workers during loading /unloading tasks based on regular, low-floor, and EV newly designed delivery trucks.",(査読付き論文), 共著, 2023 年 8 月, *Journal of Ergonomics Society of Korea*, Vol.42 No.4, Ergonomics Society of Korea, pp.369-384.
5. "A pilot study of the quantitative analysis on the postural stability of Passive Lower-Limb Exoskeleton.",単独,国立農業科学院主催日米韓ウェアラブル外骨格支援装置専門家招待セミナー, 2023 年 8 月, Sungkyunkwan University, Korea.