

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11353

研究課題名（和文）パーキンソン病の姿勢調節・歩行障害に対する足底感覚を用いた動作指導方法の開発

研究課題名（英文）Development of Movement Instruction Method Utilizing Plantar Sensation for Postural Control and Gait Impairment in Parkinson's Disease

研究代表者

長谷川 正哉（Hasegawa, Masaki）

県立広島大学・保健福祉学部（三原キャンパス）・教授

研究者番号：10382376

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：パーキンソン病者に対して足底感覚を用いて動作指導を行う手法を検討している。本研究では先行研究で開発した知覚入力型インソールを用いて、パーキンソン病者の歩行および起立動作について検討した。先行研究で開発した知覚入力型インソールを用いた動作練習を行った結果、パーキンソン病者の歩幅や足関節背屈角度が改善し、歩容の改善につながった。また起立動作においても離殿時の体幹の傾斜角度や重心の前方移動能力が改善し、円滑な立ち上がり動作が可能となった。以上の結果から知覚入力型インソールを用いた荷重位置の指導がパーキンソン病者の姿勢制御能力に影響を与える可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では知覚入力型インソールを用いた動作指導がパーキンソン病者の歩行および起立動作に与える影響について検討した。結果、インソールの使用により歩幅と足関節背屈角度が改善し、歩行パターンが向上した。また、起立動作では体幹の傾斜角度と重心の前方移動能力が改善し、円滑な立ち上がりが可能となった。以上の結果から、知覚入力型インソールを用いた動作指導の有効性が示唆された。インソールを用いた介入は非侵襲的かつ簡便なアプローチであるため、対象者に対する負担が少なく、新たなリハビリテーション介入手法につながる可能性が期待される。

研究成果の概要（英文）：We investigated the use of plantar sensory input for movement guidance in individuals with Parkinson's disease by employing perceptual stimulus insoles developed in prior research. This study focused on the gait and standing-up movements of individuals with Parkinson's disease. The movement practice utilizing the perceptual stimulus insoles resulted in notable improvements in stride length and ankle dorsiflexion angle, contributing to an enhanced gait pattern. Furthermore, during the standing-up movement, there were improvements in the trunk inclination angle and the ability to shift the center of gravity forward at the moment of seat-off, enabling a smoother standing-up process. These findings suggest that instructing load position using perceptual stimulus insoles can positively affect the postural control capabilities of individuals with Parkinson's disease.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：知覚入力型インソール フットウェア 脳卒中 パーキンソン システム理論 歩行 動作指導

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2013年度からの挑戦的萌芽研究にて「知覚入力型インソール」を開発し、知覚入力型インソールを用いた荷重位置の指導が姿勢や動作、下肢関節アライメントに影響する事を報告した。また、2016年度からの若手研究Bにて同インソールを用いた変形性膝関節症者に対する介入効果を検証し、外部膝関節内反モーメントや疼痛の軽減につながる事を報告した。知覚入力型インソールの特徴として、言語指導や視聴覚指導と比較し、動作課題を体性感覚にて理解する事が可能なため、着用者に動作課題が伝わりやすく、能動的な荷重制御につながる事が確認されている。

次にパーキンソン病は脳基底核に病巣をもつ神経変性疾患であり、高齢期になると発症率が増加し、症状が進行すると加齢に相まって歩行障害や姿勢調節障害が顕著となる。すくみ足 (Freezing of Gait : 以下、FOG) はパーキンソン病者の50%に発現する特徴的な歩行障害であり、歩行の開始時、方向転換、目標物への近接時、狭小環境の通過時などで発現しやすく、日常生活動作能力の低下に直結することから、リハビリテーション場面においてFOGに対する効果的な治療介入手法が求められている。臨床ではFOGが外的Cueにより一過性に回復する『逆説歩行』が知られており、介入手法として用いられている。外的Cueを与えた状態では歩幅や重複歩長、ケイデンス、歩行速度の改善を認めるものの、非介入時における保持効果や実際の日常生活動作に与える影響、個々の患者における適応については課題が残る。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は従前の知覚入力型インソールの特性を活かし、パーキンソン病者を対象とした「知覚入力型インソール」の活用方法および体性感覚入力を用いたアプローチ手法を検討する。(なお、コロナ禍の影響にて1年目～3年目は健常者および生活期脳卒中例を対象とした検討を随時実施した。)

### 3. 研究の方法

本研究では3つの課題を設定した。第1は健常者に対して知覚入力型インソール(図1)を用いた介入を実施し動的姿勢制御能力に対する影響を調査した。第2に生活期における脳卒中例に対して知覚入力型インソールを用いた介入を実施し動的姿勢制御能力に与える影響について調査した。第3としてパーキンソン病者に対する知覚入力型インソールを用いた介入および体性感覚を用いたエクササイズを実施し、動的姿勢制御能力に与える影響について調査した。

#### <研究1> 知覚入力型インソールが動的姿勢制御能力に及ぼす影響

対象は、健常者40名とし、対照群20名および知覚入力型インソールを用いた荷重位置の事前指示を行う知覚入力型インソール群20名に振り分けた。実験方法として、6方向(右前、左前、右、左、右後、左後)にリーチ動作を行わせ、リーチ距離およびリーチ動作中の重心動揺計測を行った。対照群では何も指示を行わずリーチ練習を行い、知覚入力型インソール群では知覚入力型インソールを用いた荷重位置の事前指示とリーチ練習を行った。なお、個人がリーチに困難感をおぼえる方向に突起を設定した知覚入力型インソールを作製した。その後、両群とも3回の再計測を行った。なお、計測および解析方法として、まず、リーチ距離の計測にはテープメジャーを用いて6方向のリーチ距離を3回計測し、最大値を採用した。また、得られた距離を身長で除し正規化した。リーチ動作中の重心動揺計測にはAnima社製GP-6000を用い、リーチ動作中の前後左右の重心移動距離、最大振幅、重心可動面積を抽出した。なお、被験者に対して荷重やリーチの困難感とその変化についてインタビューを実施したのち、逐語録を作成しテキストマイニングによる質的検討を行った。

#### <研究2> 知覚入力型インソールが脳卒中者の麻痺側荷重量に及ぼす影響

対象は、生活期における脳卒中者16名とし、知覚入力型インソールを用いた介入を実施した。介入前に各被験者の麻痺側の感覚の有無や荷重特性に応じた知覚入力型インソールを作製し練習に利用した。計測には足底圧計測器を使用し、非麻痺側から麻痺側、麻痺側から非麻痺側に荷重を繰り返し、その際非麻痺側、麻痺側の荷重比率を求めた。

#### <研究3> 知覚入力型インソールがパーキンソン病者の動的姿勢制御能力に及ぼす影響

対象は、パーキンソン病者15名とし、体性感覚を用いた動作指導および知覚入力型インソールを用いた介入を実施した。介入期間は約1か月とし、セラピストによる個別指導および動画視聴によるホームエクササイズ(図2)を実施した。計測には三次元動作解析装置(鑑-AKIRA)およびビデオカメラによる二次元撮影を行い、立ち上がり動作時の体幹傾斜角度および頭部および足部の水平距離を求めた。また、歩行時の歩幅および足関節背屈角度を求めた。



図 1 実験で使用した知覚入力型インソール (特願 2024-078636)

知覚入力型インソールには可変式の突起が設置されており、着用者の特性や目的とする動作に応じて任意の部位に突起を移動する事が可能である。この突起を用いて、各種動作中の荷重位置や着地位置、蹴りだし位置などを、足底感覚を通じて教示することが可能である。

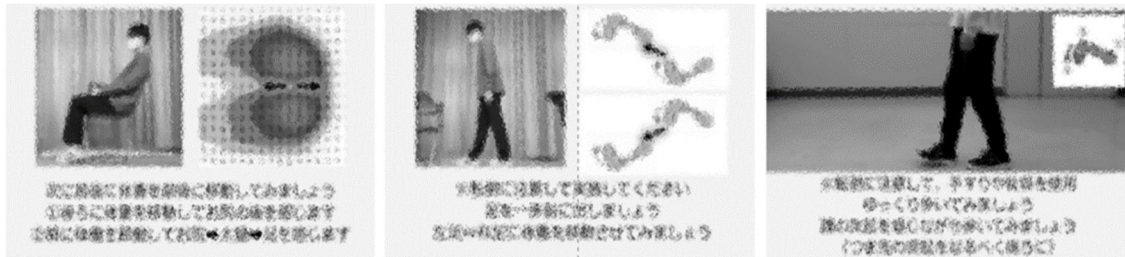


図 2 ホームエクササイズに用いた動画

ホームエクササイズ用の動画の一例を示す。左：座位での練習、中：立位での練習、右：歩行による練習。被験者の身体機能に応じて練習を実施していただいた。なお、立位および歩行動作時には各自に作製した知覚入力型インソールを着用していただいた。

#### 4. 研究成果

##### <研究 1> 知覚入力型インソールが動的姿勢制御に及ぼす影響

対象群と比較し知覚入力型インソール群ではリーチ距離および重心移動距離の延長、重心可動面積の増大が確認された(図 3)。また、主観に関する質的分析を要約すると、介入前には「止まる感じ」「抜ける感じ」や「違和感」「痛み」などの「荷重のしにくさ」が報告された。一方、知覚入力型インソールを用いた介入後には「荷重部位がわかりやすく」「左右差が消失」し、「支えやすい」「荷重しやすい」といった内省が報告された(図 4)。そのため、知覚入力型インソールの使用により動的姿勢制御能力および動作の安楽性が改善する可能性が示唆された。

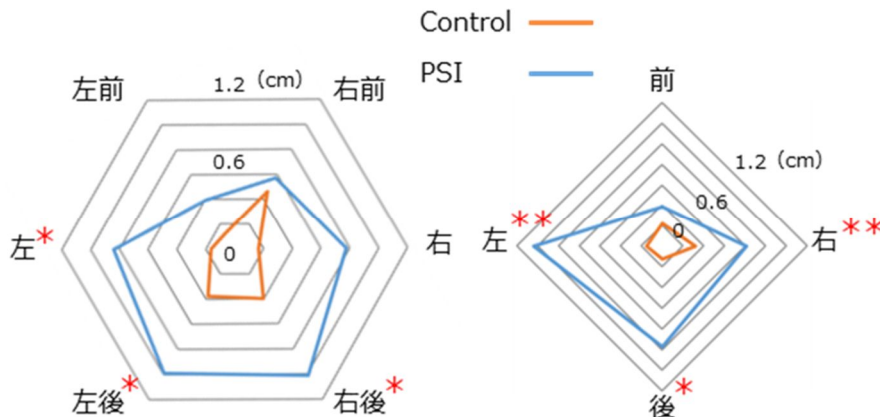


図 3 リーチ距離および重心可動面積の差分

主に知覚入力型インソールの突起を設置した方向への距離および面積の拡大が確認できる。

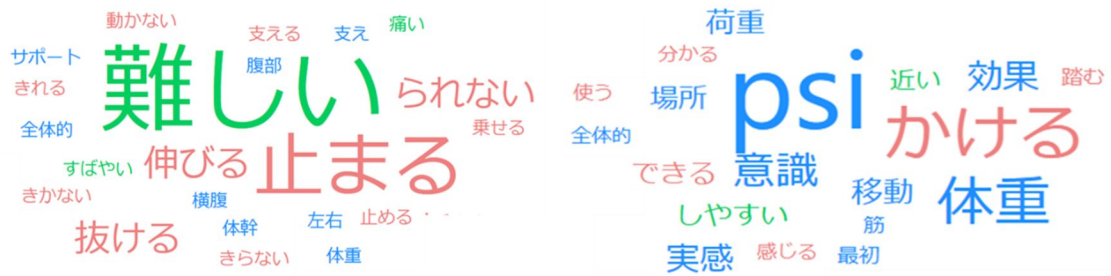


図 4 動作時の主観

左；介入前 右：介入後

< 研究 2 > 知覚入力型インソールが脳卒中者の麻痺側荷重量に及ぼす影響

介入前と比較し、介入中および介入後の麻痺側荷重量が増加した（図 5）。また、全例において知覚入力型インソールの使用による荷重のしやすさが改善するとの内省の報告を認めた。また、コロナ禍の影響で少数例ではあるが歩行時における荷重量について検討を実施した。歩行時の麻痺側荷重量が増加するケースを認めた（図 6）

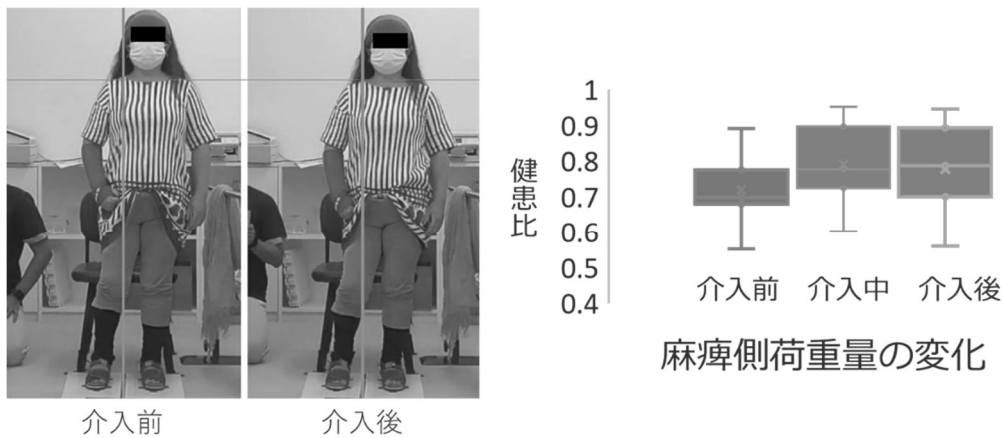


図 5 立位時における麻痺側荷重量の変化

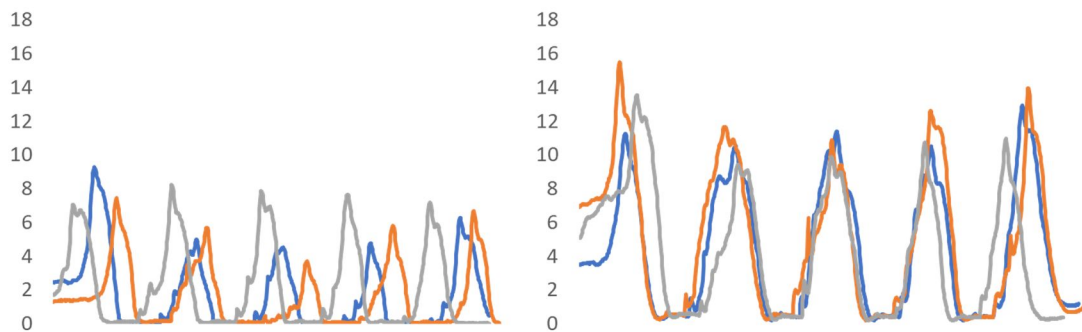


図 6 歩行時における麻痺側荷重量の変化

左；介入前 右：介入後

< 研究 3 > 知覚入力型インソールがパーキンソン病者の動的姿勢制御能力に及ぼす影響

起立時における体幹傾斜角度は介入前  $33.8 \pm 2.9$  度、介入後  $41.8 \pm 1.9$  度となった。また、踵部から頭部の水平面距離は介入前  $15.4 \pm 5.9$  cm、介入後  $27.6 \pm 7.0$  cmとなった。起立時における前足部の浮き上がりや離殿の失敗回数が減少し、円滑な起立動作が可能となった（図 7）。次に歩行時における歩幅は介入前  $24.0 \pm 13.1$  cm、介入後  $34.9 \pm 14.9$  cmとなった。また、足関節背屈角度は介入前  $11.0 \pm 9.2$  度、介入後  $24.0 \pm 7.4$  度となった。初期接地時における踵からの着地が確認され、歩行時におけるすり足やくみ足が減少し、片脚起立時間の延長が確認された。なお、本研究結果はコロナ禍の影響を受けパーキンソン病患者 15 名のみの結果かつ Hoehn-Yahr の重症度分類 度～ 度の対象に限られており、今後継続した検証が必要である（図 8）。

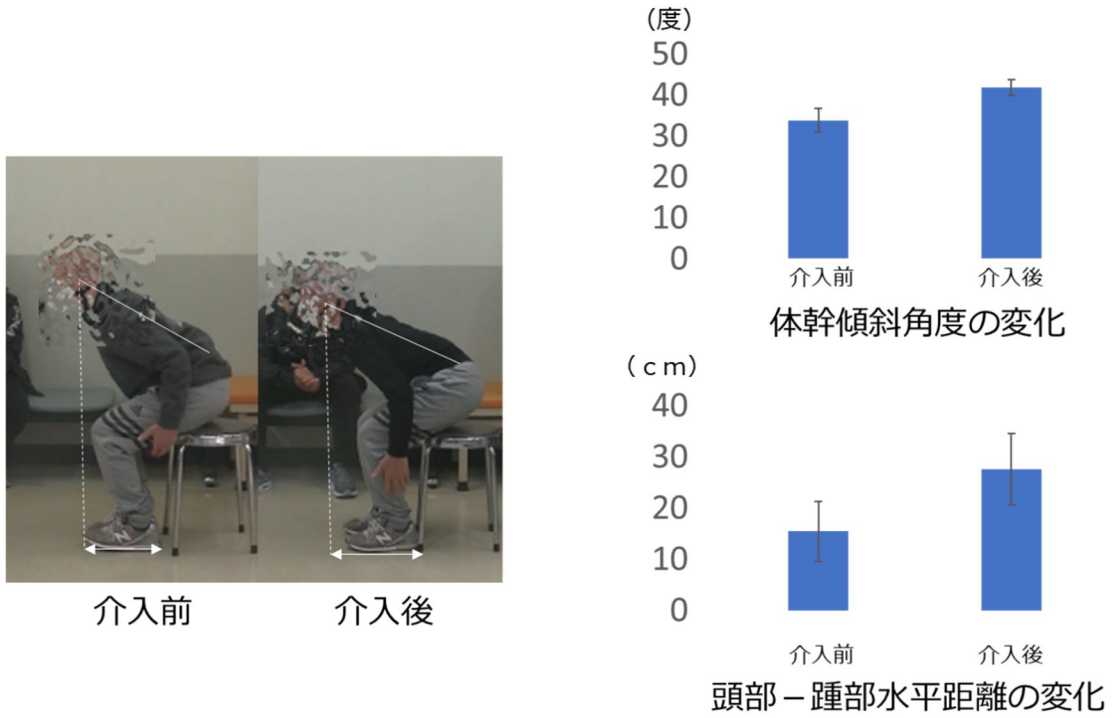


図7 起立時における体幹傾斜角度および頭部-踵部間の水平距離

介入前と比較し介入後には体幹前傾角度が増加し、十分な足部荷重を行った後に離殿するため起立の失敗回数や前足部の浮き上がりが減少し円滑な立ち上がり動作が可能となった。

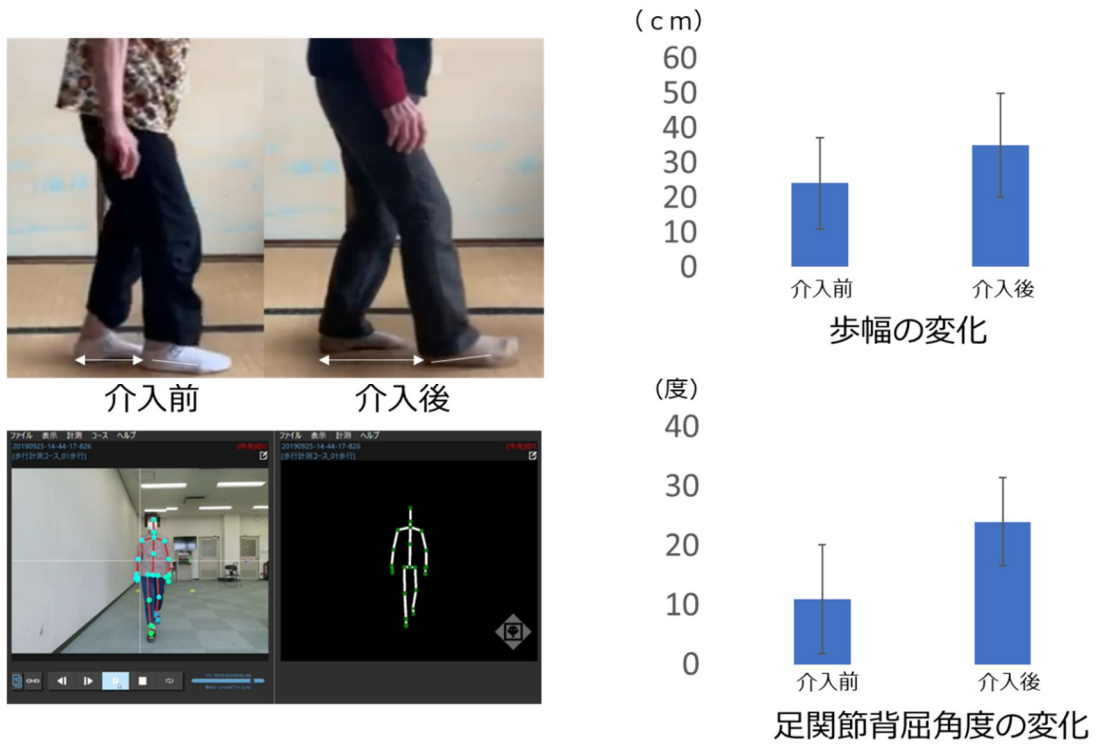


図8 歩行時における歩幅および足関節背屈角度

介入前と比較し介入後には歩幅が延長し、足関節背屈角度が増加した。いわゆる「すり足」や「すくみ足」歩行が減少し、踵からの初期接地が可能となる被験者が多かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Senzaki Daisuke, Okamura Kazunori, Yoshida Hirofumi, Tagami Masaharu, Hasegawa Masaki	4. 巻 56
2. 論文標題 Effect of protruding stickers enhancing plantar sensory feedback on control of the center of force trajectory during gait: A preliminary study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Foot	6. 最初と最後の頁 102023 ~ 102023
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.foot.2023.102023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 長谷川正哉, 岡村和典, 金井秀作	4. 巻 38
2. 論文標題 足底感覚と床材ならびに履物	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 理学療法	6. 最初と最後の頁 1109 1115
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 5件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 感性からはじめる歩行分析
3. 学会等名 第3回日本フットケア・足病医学会年次学術集会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 感性からはじめる歩行分析と歩行指導
3. 学会等名 第19回他業種フットケア研究会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 足底感覚入力を用いた荷重位置の教示が動的姿勢制御能力に及ぼす影響
3. 学会等名 第36回中国ブロック理学療法士学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 知覚入力型インソールを用いた荷重位置の教示が動的姿勢制御能力および主観に与える影響について
3. 学会等名 第27回広島県理学療法士学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 感覚で教える心地よい歩きのコツ（理論編）
3. 学会等名 第21回多業種フットケア研究会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 感覚と感性から挑む足部介入と動作指導
3. 学会等名 令和6年度兵庫県理学療法士会研修会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 感覚と感性を用いた歩行指導（仮題）
3. 学会等名 第10回日本糖尿病理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 相原一輝，長谷川正哉	4. 発行年 2021年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 248
3. 書名 イラストでわかる装具療法（靴型装具と足底装具）	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 インソール	発明者 長谷川正哉	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2024 078636	出願年 2024年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	大古場 良太  (Okoba Ryota)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------