

## 公立小松大学重点研究「つよみ」 研究実績報告書

※各項目の記入事項について枠内に収まらない場合は記入欄の大きさを適宜調整してください。

研究代表者氏名	所属・職名	助成金額
橋本泰成	保健医療学部臨床工学科・教授	5,000,000円
研究課題名	歩行回復を目指すブレイン・マシン・インタフェースシステムの開発	
研究期間	令和5年7月1日～令和7年6月30日	
研究の概要	<p>〔研究開始当初の背景、研究の目的、研究の方法等について記入〕</p> <p>本研究は、脳卒中後の歩行機能回復を目指し、ブレイン・マシン・インタフェース（BMI）技術を用いた新たなリハビリテーションシステムの開発を目的として実施したものである。脳卒中は我が国で毎年約30万人が新たに発症し、寝たきりの主要因の一つとなっており、特に歩行機能の回復は患者の生活の質（QOL）や社会復帰に直結する重要課題である。そのため、より効果的なリハビリ支援技術の開発が求められていた。</p> <p>研究開始当初は、歩行時および歩行イメージ時の脳波、とくにベータリバウンドと呼ばれる特徴的な脳波活動に着目し、これを用いた歩行支援 BMI システムの構築を目指した。申請者らはこれまで、上肢運動を対象とした BMI の開発・臨床応用の実績があり、本研究ではその成果を歩行機能回復へと応用することを試みた。</p> <p>研究方法としては、以下の3つの課題に基づくステップで研究を計画した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 健常者を対象に歩行や歩行イメージ時の脳波・筋活動・動作データを収集し、ベータリバウンドの発生条件や歩行相との関連を明らかにすること。</li> <li>2. 収集したデータを基に、深層学習等のアルゴリズムを用いて歩行意図やパターンを検出し、電気刺激装置や下肢装具の制御アルゴリズムを開発すること。</li> <li>3. 開発したシステムの統合実証実験を実施し、その有効性と安全性を検証すること。</li> </ol> <p>本研究期間中には、課題1の脳波・筋電・動作解析データの収集と分析に注力し、歩行イメージにおけるベータリバウンドの基礎的データの蓄積を達成した。課題2については、計画していた臨床脳波データの収集が目標に達しなかったため、当該データを用いたアルゴリズム適用試験は実施できなかった。一方で、周波数解析における窓区間（解析区間幅）の自動設定を目的とした深層学習型信号処理パイプラインを新たに構築した。本手法では、正解ラベルが明確な合成波シミュレーションを大量生成し、これを用いてモデルを事前学習させることで、局所的な周波数パターンの変化を高精度に検出し、信号を適応的に分割できることを確認した。現在は脳波信号のオープンデータセットに対してファインチューニングを進めており、実データ評価が完了し次第、査読付き国際誌への投稿を予定している。一方、課題3については、実証実験に必要な条件が整わず、実施に至らなかった。</p> <p>研究は、厚生労働省指針およびヘルシンキ宣言を遵守し、学内の医学系研究倫理審査委員会の承認のもと、被験者の人権とプライバシーに十分配慮して実施した。</p>	

## 研究の成果

本研究では、「ベッドサイド型ブレイン・マシン・インタフェースによる脳卒中片麻痺のためのリハビリテーションとその実装」を課題として、脳卒中後の歩行機能回復を目指す BMI システムの開発に取り組んだ。研究開始にあたり、本学にはこれまで整備されていなかった無線筋電図 (EMG) システムを新たに導入し、脳波・筋電・動作解析を統合的に行う計測環境を構築することができた。

この環境を活用し、健常成人 12 名を対象として、歩行および歩行イメージ中の脳波・筋電図・動作データを収集した。これにより、歩行イメージ時のベータリバウンド発生条件や個人差、歩行相および筋活動との関連に関する基礎的な知見を蓄積した。ここまでの計測データとその分析結果については、2025 年 10 月に開催予定の第 9 回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会において、演題 2 件の発表を予定している。

一方、当初計画していた歩行意図や歩行パターン検出アルゴリズムの開発、システム統合と実証実験については、必要なデータ量や技術条件の整備が不十分であったため、研究期間内での実施には至らなかった。

しかし、本研究の成果を基盤として、以下の外部資金の採択を受け、今後の発展的研究や社会実装に向けた基盤を築くことができた。さらに、現在は富山県にある光ヶ丘病院、小松市のやわたメディカルセンター、福井医療大学との連携が進んでおり、実証実験や臨床応用に向けた準備が進行中である。

### 【外部資金】

- 一般社団法人北陸産業活性化センター 2023 年度新事業創出助成

- 課題名：ベッドサイド型ブレイン・マシン・インタフェースによる脳卒中片麻痺のためのリハビリテーションとその実装
- 助成額：3,000 千円
- 事業期間：2023 年 10 月 1 日 ~ 2025 年 9 月 30 日

- 科学研究費助成事業（科研費） 基盤研究 (C)

1. 課題番号：24K14328

- 課題名：脳波がアシストするエルゴメータによるリハビリテーション
- 研究機関：公立小松大学
- 研究代表者：橋本泰成
- 研究期間：2024 年 4 月 1 日 ~ 2028 年 3 月 31 日
- 配分額：4,420 千円（直接経費 3,400 千円、間接経費 1,020 千円）

2. 課題番号：24K15870

- 課題名：患者ニーズに合わせた透析時仰臥位エルゴメータに連動する VR 運動支援システムの開発
- 研究機関：北陸大学
- 研究代表者：野口雅弘
- 研究分担者：橋本泰成
- 研究期間：2024 年 4 月 1 日 ~ 2028 年 3 月 31 日
- 配分額：4,420 千円（直接経費 3,400 千円、間接経費 1,020 千円）

- Tech Startup Hokuriku (TeSH) GAP ファンドプログラム ステップ 1

- 課題名：脳波で操作する非侵襲型脳波制御技術の事業化
- 研究代表者：橋本泰成
- 配分額：6,500 千円（直接経費 5,000 千円、間接経費 1,500 千円）
- 事業期間：2025 年 5 月 ~ 2026 年 3 月

研究の成果

<p>研究成果発表状況</p>	<p>〔学術誌掲載論文、図書、学会発表、新聞掲載、研究に関連して作成したWebページ等について記入〕</p> <p>学会発表</p> <p><b>定量的運動機能評価システムの開発と臨床応用，実用化に向けた取り組み</b>  ○李 鍾昊、池田 拓史、上地 本高、池永 康規、橋本 泰成  第28回バイオメカニズム・シンポジウム in 加賀、2024年9月11日、加賀市</p> <p><b>脳波の時間周波数解析による歩行と歩行イメージの比較</b>  ○小原 祐梨菜、橋本 泰成  第9回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会、2025年10月23～25日、旭川市（演題登録済）</p> <p><b>脳波を使った意思伝達と多職種連携の取り組み（仮）</b>  ○橋本 泰成  第9回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会、2025年10月23～25日、旭川市（招待講演予定）</p>																																																																	
<p>経費の執行状況</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>執行額（円）</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><b>【2023年度】</b></td> </tr> <tr> <td>備品</td> <td>2,800,000</td> <td rowspan="4">無線表面筋電計 一式 4チャンネル 外付け SSD, データ分析用 PC の修理など データ分析の研究補助1名 研究調査用 AI の使用料、国内学会参加費</td> </tr> <tr> <td>消耗品</td> <td>104,471</td> </tr> <tr> <td>謝礼</td> <td>40,800</td> </tr> <tr> <td>情報収集活動（学会活動含む）</td> <td>54,729</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>【2024年度】</b></td> </tr> <tr> <td>備品費</td> <td>1,100,000</td> <td rowspan="2">無線表面筋電計、追加チャンネル、フットスイッチ トレッドミル、電子回路用パーツ、工具、データ整理用ソフトウェア、計測用中古ノートパソコンなど</td> </tr> <tr> <td>消耗品費</td> <td>159,263</td> </tr> <tr> <td>謝礼</td> <td>103,000</td> <td>データ分析の研究補助1名と被験者6名の謝礼金</td> </tr> <tr> <td>情報収集活動（学会活動含む）</td> <td>97,737</td> <td>研究調査用 AI 使用料、国内学会参加費など</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>540,000</td> <td>GPU レンタル料(3か月)</td> </tr> </tbody> </table>	区分	執行額（円）	備考	<b>【2023年度】</b>			備品	2,800,000	無線表面筋電計 一式 4チャンネル 外付け SSD, データ分析用 PC の修理など データ分析の研究補助1名 研究調査用 AI の使用料、国内学会参加費	消耗品	104,471	謝礼	40,800	情報収集活動（学会活動含む）	54,729	<b>【2024年度】</b>			備品費	1,100,000	無線表面筋電計、追加チャンネル、フットスイッチ トレッドミル、電子回路用パーツ、工具、データ整理用ソフトウェア、計測用中古ノートパソコンなど	消耗品費	159,263	謝礼	103,000	データ分析の研究補助1名と被験者6名の謝礼金	情報収集活動（学会活動含む）	97,737	研究調査用 AI 使用料、国内学会参加費など	その他	540,000	GPU レンタル料(3か月)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>執行額（円）</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><b>【2023年度】</b></td> </tr> <tr> <td>備品</td> <td>2,800,000</td> <td rowspan="4">無線表面筋電計 一式 4チャンネル 外付け SSD, データ分析用 PC の修理など データ分析の研究補助1名 研究調査用 AI の使用料、国内学会参加費</td> </tr> <tr> <td>消耗品</td> <td>104,471</td> </tr> <tr> <td>謝礼</td> <td>40,800</td> </tr> <tr> <td>情報収集活動（学会活動含む）</td> <td>54,729</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>【2024年度】</b></td> </tr> <tr> <td>備品費</td> <td>1,100,000</td> <td rowspan="2">無線表面筋電計、追加チャンネル、フットスイッチ トレッドミル、電子回路用パーツ、工具、データ整理用ソフトウェア、計測用中古ノートパソコンなど</td> </tr> <tr> <td>消耗品費</td> <td>159,263</td> </tr> <tr> <td>謝礼</td> <td>103,000</td> <td>データ分析の研究補助1名と被験者6名の謝礼金</td> </tr> <tr> <td>情報収集活動（学会活動含む）</td> <td>97,737</td> <td>研究調査用 AI 使用料、国内学会参加費など</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>540,000</td> <td>GPU レンタル料(3か月)</td> </tr> </tbody> </table>	区分	執行額（円）	備考	<b>【2023年度】</b>			備品	2,800,000	無線表面筋電計 一式 4チャンネル 外付け SSD, データ分析用 PC の修理など データ分析の研究補助1名 研究調査用 AI の使用料、国内学会参加費	消耗品	104,471	謝礼	40,800	情報収集活動（学会活動含む）	54,729	<b>【2024年度】</b>			備品費	1,100,000	無線表面筋電計、追加チャンネル、フットスイッチ トレッドミル、電子回路用パーツ、工具、データ整理用ソフトウェア、計測用中古ノートパソコンなど	消耗品費	159,263	謝礼	103,000	データ分析の研究補助1名と被験者6名の謝礼金	情報収集活動（学会活動含む）	97,737	研究調査用 AI 使用料、国内学会参加費など	その他	540,000	GPU レンタル料(3か月)
区分	執行額（円）	備考																																																																
<b>【2023年度】</b>																																																																		
備品	2,800,000	無線表面筋電計 一式 4チャンネル 外付け SSD, データ分析用 PC の修理など データ分析の研究補助1名 研究調査用 AI の使用料、国内学会参加費																																																																
消耗品	104,471																																																																	
謝礼	40,800																																																																	
情報収集活動（学会活動含む）	54,729																																																																	
<b>【2024年度】</b>																																																																		
備品費	1,100,000	無線表面筋電計、追加チャンネル、フットスイッチ トレッドミル、電子回路用パーツ、工具、データ整理用ソフトウェア、計測用中古ノートパソコンなど																																																																
消耗品費	159,263																																																																	
謝礼	103,000	データ分析の研究補助1名と被験者6名の謝礼金																																																																
情報収集活動（学会活動含む）	97,737	研究調査用 AI 使用料、国内学会参加費など																																																																
その他	540,000	GPU レンタル料(3か月)																																																																
区分	執行額（円）	備考																																																																
<b>【2023年度】</b>																																																																		
備品	2,800,000	無線表面筋電計 一式 4チャンネル 外付け SSD, データ分析用 PC の修理など データ分析の研究補助1名 研究調査用 AI の使用料、国内学会参加費																																																																
消耗品	104,471																																																																	
謝礼	40,800																																																																	
情報収集活動（学会活動含む）	54,729																																																																	
<b>【2024年度】</b>																																																																		
備品費	1,100,000	無線表面筋電計、追加チャンネル、フットスイッチ トレッドミル、電子回路用パーツ、工具、データ整理用ソフトウェア、計測用中古ノートパソコンなど																																																																
消耗品費	159,263																																																																	
謝礼	103,000	データ分析の研究補助1名と被験者6名の謝礼金																																																																
情報収集活動（学会活動含む）	97,737	研究調査用 AI 使用料、国内学会参加費など																																																																
その他	540,000	GPU レンタル料(3か月)																																																																