

# センサとインタラクション技術を活用した歩行リハビリ支援システムの開発

[研究代表者] 水野慎士 (情報科学部情報科学科)

[共同研究者] 恒藤慎也, 池本圭祐 (医療法人社団 大室整形外科脊椎・関節クリニック)

## 研究成果の概要

効果的なリハビリには、施設、器具、医療スタッフの充実に加えて、患者自身のリハビリに対するモチベーションの維持が重要となる。本研究では歩行リハビリに対してセンサとインタラクション技術を適用して、リハビリ効果の可視化とリハビリへのエンタテインメント性の導入という 2 つの方針によって効果的なリハビリを実現するシステムの開発を行う。

2019 年度は、リハビリ効果の可視化の基盤となる歩行情報の取得手法の開発、および自由歩行や特定歩行にエンタテインメント性を与えて歩行リハビリを支援する手法の開発を行った。2020 年度は、リハビリ効果の可視化に関して、足接地位置と上体姿勢の同時取得と関連性の検証や、足裏圧力取得システムの開発などを行った。また、リハビリへのエンタテインメント性の導入に関して、横向き歩行用のインタラクション映像の開発、歩行距離の取得と記録などを行った。そして、2021 年度は実用化を見据えて、リハビリの様子や結果を記録して、タブレット等で閲覧するシステムの開発を行った。開発した手法やシステムは国内の学会で発表した。

**研究分野：**画像情報工学

**キーワード：**リハビリ支援、インタラクション、センサ、CG

## 1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会の日本ではリハビリを必要とする人が増加傾向にあり、厚生労働省の推計によると、医療・介護分野での需要は、2018 年と比較して 2025 年には 1.24 倍、2040 年には 1.38 倍となっている。そのため、リハビリ施設や医療従事者の供給と共に、リハビリ分野での IT の活用の期待が高まっている。特に、患者の動作に対してリアルタイムに反応するインタラクション技術の活用は、リハビリ実施中に状況をリアルタイムで確認できるため、様々なリハビリの種類やその目的に合わせて効果的にリハビリを行うための IT 活用事例が近年いくつも提案されている。

効果的なリハビリには、施設、器具、医療従事者の充実に加えて、患者自身のリハビリに対するモチベーションが非常に重要となる。しかし、リハビリの辛さや効果の実感のなさから、多くの場合に患者のリハビリへのモチベーションが低下することが問題となっている。そこで、リハビリに対する患者のモチベーションの維持向上を目指したインタラクティブシステムもいくつか提案されている。

ただし、既存のリハビリ支援用インタラクティブシステムは、医療従事者もしくは患者のいずれかのみを対象としたものがほとんどで、十分に実用化されているとも言い難い。これは、効果的なリハビリを実現するには、一般的な医療行為と異なり医療従事者だけでなく患者自身が高いモチベーションを持って協力して取り組む必要があるからであり、現状のインタラクション技術を活用したリハビリ支援システムは、そのような要望に十分に答えられていない可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究ではインタラクション技術を活用することで、患者にとっても医療従事者にとっても有用で効果的なリハビリを実現するリハビリ支援システムの提案と開発を行う(図 1)。リハビリには様々な種類があるが、本研究では歩行リハビリに特化したリハビリ支援システムの開発を行う。歩行リハビリの大きな目的は日常生活に不可欠な基本動作や移動能力の回復、獲得を目指すことであり、歩行は最も基本的な移動能力として非常に重要で他の基本動作の土台にもなるからである。

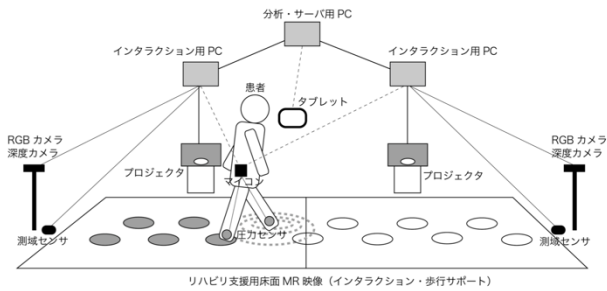


図1 歩行リハビリ支援システム

提案システムでは、映像技術やインタラクション技術を活用することで、「効果の実感」と「楽しさ」という2方向から患者の歩行リハビリに対するモチベーションを維持向上することを目指す。そして、リハビリ結果を数値や可視化情報として提供、蓄積することで、患者と医療従事者のどちらにとっても有用なシステムとする。これらを実現するために、複数のセンサを組み合わせながら、リハビリ中の患者の歩行中の動作に関する様々な情報を同時にリアルタイムで取得して、瞬時に映像やサウンドに反映させるとともに、取得したデータを分析する。

### 3. 研究の方法

前述したように、本研究では、「効果の実感」と「楽しさ」でモチベーションを維持向上しながら効果的な歩行リハビリを支援するためのシステムの基盤技術の開発を行った。「効果の実感」のための方法としては、歩行情報の計測、蓄積、そして可視化を用いた。また、「楽しさ」のための方法としては、歩行エリアへのインタラクティブプロジェクトンマッピングを用いた。

#### 3.1 2019年度

「効果の実感」を実現するための基盤技術として、センサを組み合わせる歩行に関する情報(歩幅、歩隔、重心)を取得する手法を開発した。

開発手法では二次元測域センサおよびRGBDカメラを用いており、患者に器具やマーカを装着する必要はない。そして、二次元測域センサのスキャンデータから得られた二値画像を積算することで、足接地位置を求める手法を開発した。そして、足接地位置に基づいて歩幅と歩隔を算出する手法を開発した(図2)。また、体を10個のパーツに分解して、RGBDカメラで推定した関節点に基づいて各パーツの位置と姿勢を推定した。そして各パーツの質量比率の重心に基づいて、体全体の重心を算出する手法を開発した。

「楽しさ」で歩行リハビリのモチベーションを維持向上するため、床面にプロジェクタで映像を投影しながら、歩行に合わせ



図2 二次元測域センサによる歩幅と歩隔の算出



図3 自由な歩行を楽しくするインタラクティブ映像



図4 大股歩行を促すインタラクティブ映像

て映像を変化させる手法とコンテンツの提案・実装を行った。歩行中の足の位置は二次元測域センサを用いて取得した。そして、足の位置にある映像をリアルタイムCGを用いてインタラクティブに変化させた。

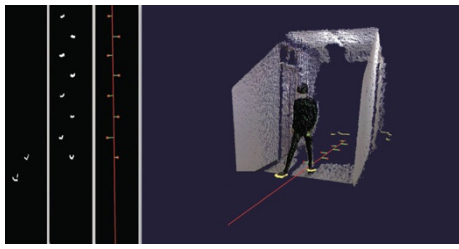
歩行リハビリを支援する映像の一つとして、自由な歩行を楽しくするインタラクティブ映像を制作した(図3)。雪面や落ち葉など誰でも自然に足を踏み入れたいようなシーンを床面に再現して、歩くたびに雪面に足跡が残ったり、足元の落ち葉が舞い上がったりすることで、歩くことに楽しさを与えた。また、歩行中の床面前方に歩行距離を表示することで、歩行リハビリに対する目標や達成感を与えることを試みた。

また、特定の歩行を促すインタラクティブ映像も制作した。特定な歩行としては、ロコモ(運動器症候群)を予防するために用いられる大股歩きを採用した。そして、踏み出す位置を床面に提示して、ゲーム感覚で大股歩きをしながらゴールを目指す映像を制作した(図4)。

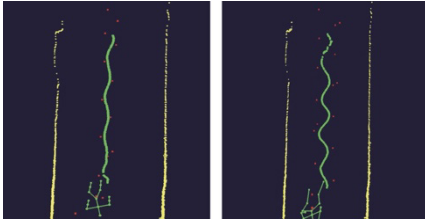
#### 3.2 2020年度

「効果の実感」を実現するための新たな基盤技術として、レーザセンサとマーカレスモーションキャプチャ技術を同時に適用することで、足接地位置と上体骨格座標を同時に取得する手法を開発した。その結果、歩幅、歩隔、重心位置の関連性を検証することが可能となった(図5)。

また、新たな歩行情報として足裏圧力を取得するシステ

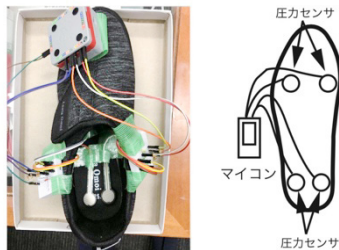


(a) 取得中の様子

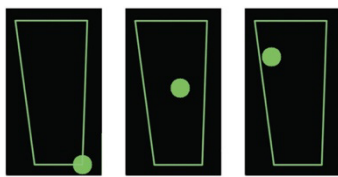


(b) 歩行の違いによる歩隔と重心位置の変化

図 5 足接地位置と上体姿勢の同時取得



(a) 足裏圧力取得用の靴



(b) 歩行中の足裏圧力重心の移動の様子

図 6 足裏圧力取得システム

を開発した。これは圧力センサを内蔵した靴を自作することで実現しており、センサ値をワイヤレスでシステムに送信して、システム側では圧力の推移や圧力重心の移動を画像として可視化する。実験では、歩き方によって足裏圧力の移動の仕方が変化することを確認した。

「楽しさ」のため、2020年度は映像を見ながら横に移動する必要がある映像を考案することで、横向き歩行を促すインタラクティブ床面映像を新たに制作した(図7)。また、自由な歩行を楽しむインタラクティブ映像を用いたリハビリ実施中に、歩行距離を計測したり、歩行軌跡を記録する機能を追加した(図8)。

### 3.3 2021年度

システムの実用化を見据えて、リハビリの様子を記録するWebシステムの構築を行った(図9)。

「効果の実感」のため、歩行に関する情報を記録、閲覧



図 7 横向き歩行を促す床面映像

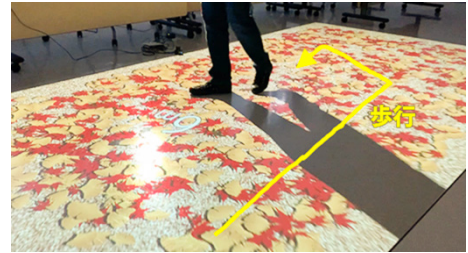


図 8 歩行距離の測定と表示



図 9 歩行情報閲覧 Web システム

できる Web 対応歩行情報記録システムを開発した。このシステムでは、歩行の様子を横から撮影するためのカメラを追加設置した。そして、患者が決められたエリアを歩行すると、二次元測域センサ、RGBD カメラ、側面撮影用カメラが連動して自動的に歩行記録を始め、患者の足元には足設置位置や重心軌跡がリアルタイムで表示される(図10)。患者が歩行エリアを歩き終わると、歩行中の足設置位置と重心移動の軌跡、および歩幅と歩隔を記録、計算する。これらの結果は、歩行の様子を正面および側面から記録した動画とともに Web 閲覧可能である。

「楽しさ」のためのインタラクティブ映像を用いた歩行リハビリシステムでは、新たに継ぎ足し歩行を促すインタ



図 10 歩行情報の足元へのリアルタイム表示

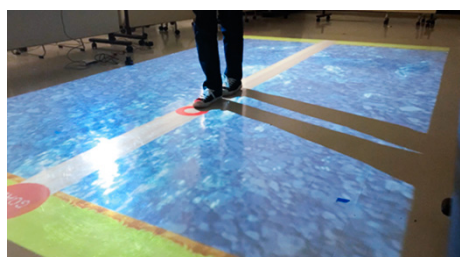


図 11 継ぎ足し歩行を促す床面映像

ラクティブ映像を作成した (図 11)。そして、リハビリ実施状態や、各リハビリで記録した歩行距離や歩行軌跡を Web で閲覧できる機能を追加した。

現在は 2022 年度中の実運用を目指して、プロトタイプシステムを用いた実験を行いながら、最終システムの開発を行っている。

#### 4. 本研究に関する発表

[1] 松岡基揮, 水野慎士, "歩行リハビリ及び介護を支援するインタラクティブ映像の提案", 情報処理学会 DICOMO2020 論文集, pp. 1601-1605 (2020).

[2] 小笠原千紘, 水野慎士, "歩行リハビリ支援のための歩行情報取得システムの開発", 情報処理学会 DICOMO2020 論文集, pp. 1569-1575 (2020).

[3] 小笠原千紘, 松岡基揮, 水野慎士, "インタラクション技術を用いた歩行リハビリ支援システムの提案と基礎技術の開発", 情報処理学会研究報告, Vol. 2020-DCC-24, No. 25, 5 pages (2020).

[4] 松岡基揮, 水野慎士, "歩行リハビリの支援と実施履歴を管理するシステムの提案と開発", 情報処理学会 DICOMO2021 論文集, pp. 798-804 (2021).

[5] 松岡基揮, 水野慎士, "歩行情報取得とエンタテインメント要素を組み合わせた歩行リハビリ支援システムの開発", 情報処理学会第 84 回全国大会論文集, 4N-05 (2022). (学生奨励賞)