

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：32503

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20749

研究課題名（和文）ウェアラブルセンサとVRによる無拘束な介護動作の教示学習支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of unconstrained learning support system using wearable sensors and virtual reality for a nursing motion

研究代表者

小山 勇也（Koyama, Yuya）

千葉工業大学・工学部・助教

研究者番号：10778955

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ウェアラブルセンサを応用し看護動作時の身体動作・重心移動をモニタリングし、VR内に表示された自身の身体動作状態を直観的に把握可能な訓練支援システムの構築を目指した。ウェアラブル技術を応用し、スマートインソールによる重心移動、知覚衣服による足関節動作により、看護動作を区別するための要素技術を確認・実証した。さらに、看護訓練を目的とするVR環境を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

看護業務では被介護者の介助において被介護者の身体を直接支えるため、その際の動作姿勢が腰痛症を引き起こす要因となり得る。熟練者の身体動作との差異の把握が可能になれば、自己学習により効果的な看護技術習得を促進し腰痛症の予防に有用と考えられる。本研究では、看護動作における重心移動、身体関節動作、着用者への提示といった要素技術を実現した。また、看護動作習得のための学習支援システム実現への道筋を示した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we applied wearable sensors to monitor body movements and center-of-gravity shifts during nursing actions, and aimed to construct a training support system that enables intuitive understanding of the state of one's own body movements displayed in VR. We established and demonstrated elemental technologies to distinguish nursing actions by applying wearable technology, center of gravity shift using smart insoles, and ankle joint motion using sensory garments. Furthermore, we constructed a VR environment for the purpose of nursing training.

研究分野：ウェアラブル、光ファイバ

キーワード：ウェアラブル 光ファイバ

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

少子高齢化社会の加速に伴い、高齢者を介護する側の介護士が自身の健康を如何に保つかが問題となっている。介護士は被介護者の臥床介助や車椅子の移乗介助の業務において被介護者の身体を直接移動するが、その際の動作姿勢が腰痛症を引き起こす要因となり得る。腰痛症を予防するためには「重心移動の力で引く」といったボディメカニクスに基づいた適切な介護動作を行う事が不可欠であり、その身体知を体得するために訓練者は熟練者の指導の下にトレーニングを繰り返す。しかし、多大な時間を要する学習のプロセスにおいて熟練者が常に動作を指導する事は困難である。その結果、介護動作が未習得の状態で行われるを得ないのが現状であり、腰痛を患う介護士は後を絶たない。適切な介護動作の習得のために重要な事は「自分の身体動作に対して熟練者の身体動作の差異を把握する」事である。これまで、光ファイバセンサを柔軟な素材と融合したスマート材料を用いた介護動作のモニタリングを試みてきたが、介護動作において重要な重心移動を含めた介護動作技術を習得するための訓練システムにまで至っていない。その理由は、熟練者と初心者における身体動作・重心移動の違いが明らかになっていないためである。熟練者の身体動作との差異の把握が可能になれば、効果的な看護技術習得のための自己学習支援システムがより現実的なものとなると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、看護動作の訓練支援システムの実現を目指し、ウェアラブルセンサを応用し看護動作時の身体動作・重心移動をリアルタイムに取得するための方法を示す。ウェアラブルセンサ・知覚衣服の技術を拡張・応用して無拘束に身体動作をモニタし、インソール型のセンサを製作し重心移動をモニタリングする。さらに、自身の身体動作状態を直観的に把握可能な方法のために、身体動作情報を VR 空間内に表示し身体動作の直観的な把握を可能にする方法を提案する。

### 3. 研究の方法

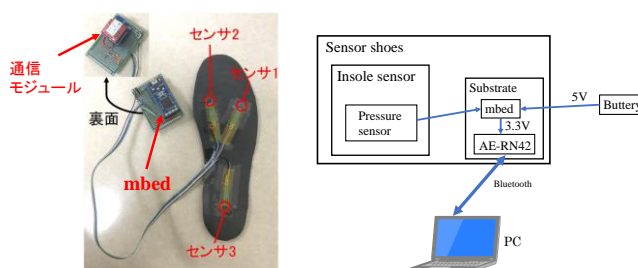
本研究では、ウェアラブルセンサを応用した介護動作時の身体動作・重心移動を無拘束にモニタリングし、自身の身体動作を VR 内に表示することで直観的に把握可能な介護訓練支援システムを構築する。そのために、以下の研究を推進した。

1. 看護動作に対する重心移動のモニタリング手法
2. 身体動作の無拘束なモニタリング手法と身体動作データの提示

### 4. 研究成果

#### (1) 重心移動のモニタリング手法

図1に実験構成図を示す。図1(a)より、インソール型センサは、インソールの三か所に感圧センサを貼り付けたものである。センサを貼り付けた箇所は、足底の小指球、母指球、踵に対応している。本インソール型センサを靴に設置し、着用した状態で足圧を計測する。図1(b)にシステム構成を示す。図1(b)より、マイコン(mbed)は、サンプリングレート約 8Hz で感圧センサのデータを取得する。さらに、通信モジュール(AE-RN42)を介して Bluetooth によってデータを送信し、パソコンでデータを取得した。



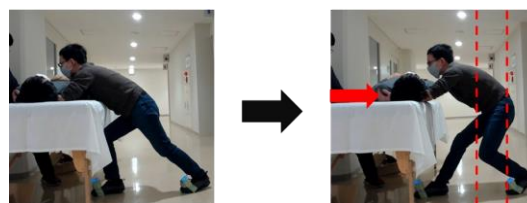
(a) インソール型センサ (b) システム構成

図1 実験構成図

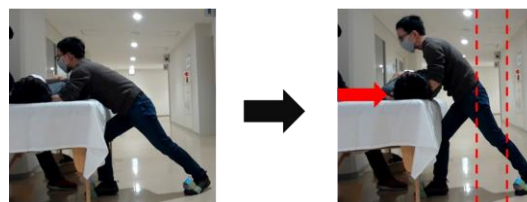
本システムを用い、被験者はベッド上に臥床している患者を手前に引き寄せる床上移動援助動作を行った。図2に床上移動援助動作を示す。図2(a)のように、膝の屈伸を利用して全身の重心を後方に移動させる動作が正しい看護動作である。一方、図2(b)のように、重心を移動させずに腕の力のみを利用して動作を行う場合は間違った看護動作である。被験者は、これらの2通りの動作をそれぞれ9回連続で行い、この時のセンサの測定値から足圧中心軌跡を推定した。図3に左足と右足の推定足圧中心軌跡を示す。図3(a)はインソール上のセンサ位置を示す。図3(b)に正しい動作(重心移動有り)を行った場合、図3(c)に間違った動作(重心移動無し)を行った場合の足圧中心軌跡を示す。図3より、左足の足圧中心軌跡は母指球と小指球の付近を移動する事が確認された。また、左足の足圧中心軌跡を比較すると、重心移動の無い動作を行った場合は

動作時の足圧中心の移動量が多いという点が異なる。これは、間違っただけでは患者を引き寄せるためにより多くの力が必要のため、母指球での踏込みが強くなったためと考えられる。一方、右足の足圧中心軌跡を比較すると、左足の場合と同様に、間違っただけでは踏込みが強く生じていることが確認された。

結果、単純な重心移動と正しい看護動作を行った場合を比べると、正しい看護動作を行う際は足の前側部分による踏込みがあることを確認した。また、正しい看護動作とそれぞれの間違った看護動作について、動作後の足圧中心軌跡に違いが見られた。今回の結果は、看護動作が正しいか間違っているかにおける判断材料となり得ると考えられる。正しい看護動作と間違っただけを見分けるための方法として、動作時に足圧中心位置が初期位置よりも後方へ移動したかどうかといった前後方向の相対位置の違いや、軌跡の移動長の合計値などが膝の屈伸を利用した重心移動を伴う正しい看護動作の判断基準に役立つと考えられる。

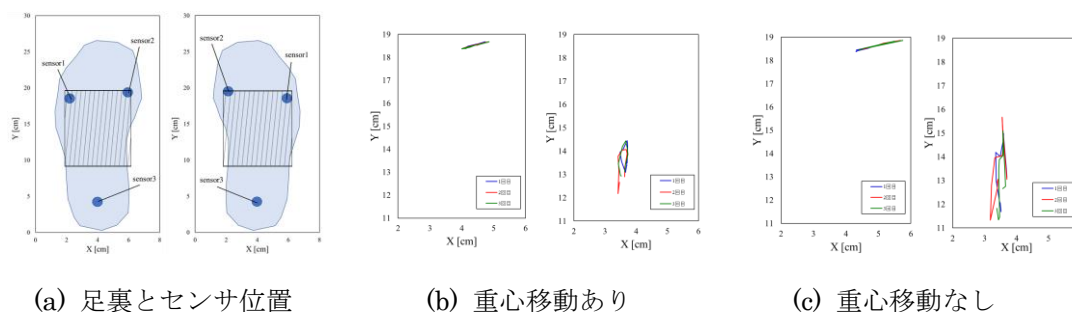


(a) 重心移動あり



(b) 重心移動なし

図 2 床上移動援助動作



(a) 足裏とセンサ位置

(b) 重心移動あり

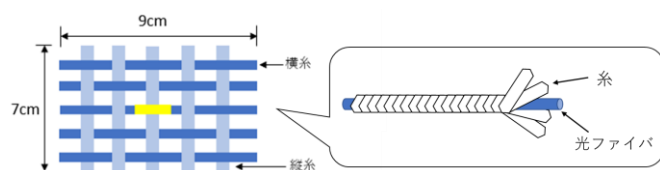
(c) 重心移動なし

図 3 足圧中心軌跡

(2) 身体動作の無拘束なモニタリング手法と身体動作データの提示

図 4 にヘテロコア光ファイバによる布センサを示す。図 4 より、ヘテロコア光ファイバは糸で被覆され、布に直接織り込むことで布センサを構成している。ヘテロコア光ファイバセンサはコア径 9mm の通信用シングルモード光ファイバの伝送路上にコア径 5 $\mu$ m のシングルモード光ファイバの小切片を挿入・融着し作製された。コア径の異なる部分をヘテロコア部と呼ぶ。ヘテロコア部に、曲率が付与されることにより伝搬光の漏えい量が増加するため、光強度変化を検知可能である。このセンサは軽量かつ柔軟であり、計測に温度補償が不要という利点を有する。布センサは被験者に対する拘束感を軽減する。また、特に光学式手法などで看護動作における下肢動作を取得する際は、被介護者やベッドによりオクルージョンが課題となる。提案する布センサは、オクルージョン無く直接身体の動きを取得可能な方法である。

図 5 に、布センサの配置箇所を示す。看護動作において、大腿部の関節角度は重心移動の有無に関わる事を確認しており、布センサは図 5 のように動作者の大腿部に配置された。また、光ファイバの計測には光源に LED、受光部にフォトダイオードを搭載した携帯型の計測器を用いた。ベッド上の仰向け姿勢の患者に対して看護動作（水平移動援助動作）を行い、看護動作時におけ



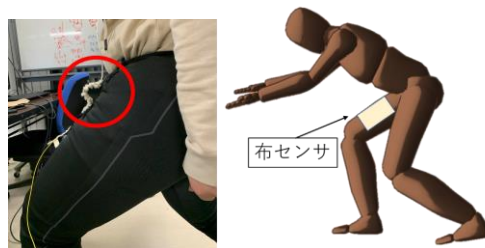
(a) 布センサの構造



(b) 布センサ外観

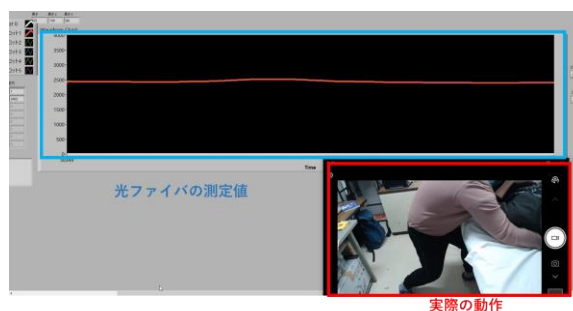
図 4 ヘテロコア光ファイバを用いた布センサ

る光ファイバセンサの応答を調べた。尚、光ファイバセンサの応答は、あらかじめ角度との対応を取得し、関節角度に変換した。図6に看護動作に対する大腿部のセンサ応答を示す。図6(a)より、看護動作に対する関節角度を光強度変化によってリアルタイムに取得可能なことを確認した。図6(b)より、看護動作の開始時は大腿部の関節角度は約 $66^{\circ}$ であるが、動作の終了時は $96^{\circ}$ まで増加することを確認した。結果より、光ファイバセンサによって看護動作における大腿部の関節動作をモニタリング可能なことを確認した。

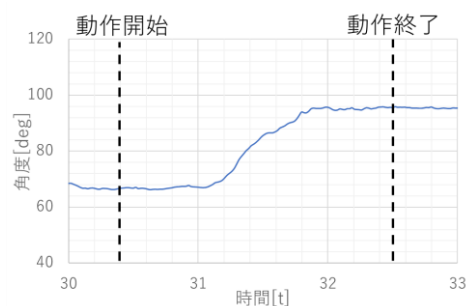


(a) 外観 (b) 布センサ位置

図5 センサ配置箇所(大腿部)



(a) 実験の様子



(b) 光損失から変換した角度応答

図6 看護動作に対する大腿部のセンサ応答

次に、視覚的かつリアルタイムに看護動作状態のフィードバックを動作者に与えるシステムを目指し、VRシステム(VIVE Pro)を用いた看護動作の取得を試みた。図7に構成図を示す。図7より、動作者は頭部にHMD(ヘッドマウントディスプレイ)、両足と腰部にトラッカーを装着し、身体動作をトラッキングした。トラッキングした動作者の身体姿勢をVR空間上の身体モデルに反映するFINAL IKを導入し、動作者の視野内に自分の身体動作を表示するソフトウェアを実装した。また、実験ではカメラを用い実際の動作の様子を録画した。ベッド上の患者に対して水平移動援助動作を行ったところ、HMDとトラッカーのみではオクルージョンが発生し、左足の動作の反映が困難なることを確認した。そのため、ベッドが無い状態で動作者の看護動作姿勢を取得した。図8に実験の様子を示す。図8より、VR内の身体モデルの動作と実際の動作との比較を行ったところ、現実の動作とVR内の動作が一致した事を確認した。図9のようにVR上のキャラクターの姿勢は、HMDの視野内に表示し、動作者に対して自身の動作を把握可能にした。また、看護動作中の脚関節角度は、VR機器では約 $55 \sim 90 \text{ deg.}$ であり、ヘテロコア光ファイバによる布センサでは約 $66 \sim 96 \text{ deg.}$ であった。

本研究全体を通じ、ウェアラブル技術を応用し、スマートインソールによる重心移動、知覚衣服による足関節動作により、看護動作を区別するための要素技術を確認・実証した。さらに、看護訓練を目的とするVR環境を構築した。

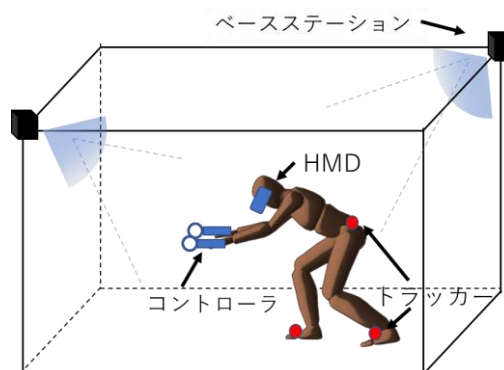


図7 VRシステムの構成図

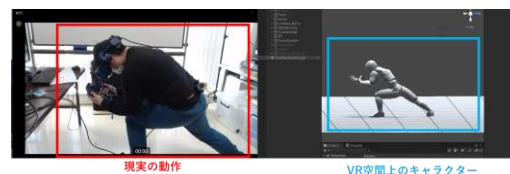


図8 看護動作実験の様子



(a) 動作前 (b)動作後

図9 動作者の視野内に表示された姿勢

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小山勇也
2. 発表標題 Monitoring Test for Bed Care Motion Using Smart Textiles Embedding a Hetero-Core Optical Fiber Sensor
3. 学会等名 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松崎直哉, 小山勇也
2. 発表標題 インソール型センサを用いた看護動作時の足圧中心軌跡の計測
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会 学生ポスターセッション
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------