

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02736

研究課題名(和文) 布センサで構成した体圧計測ウェアを用いた離床時褥瘡予防ケア支援

研究課題名(英文) A Study about Pressure Ulcer Prevention Care during Out of Bed with Body Pressure Measurement Wear using Pressure Textile Sensor

研究代表者

榎堀 優 (Enokibori, Yu)

名古屋大学・情報学研究科・助教

研究者番号：60583309

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：開始時点において不十分であった離床中の褥瘡予防ケアに対し、圧力布センサを用いた体圧計測ウェアを開発し、体圧ライフログの取得とその活用から研究した。体圧計測ウェアは、構成の進化、圧力布センサの性能向上などの成果が得られた。旧来のシート型センサを比較して、体圧分散器具が利用されても体表に加わる圧力を高精度で検出できる。一方で、体圧計測ウェアを用いた実介護現場における長期継続データ収集とそれを基とした分析は、被験者らへの影響も鑑みて中止とし、体圧計測ウェアの褥瘡予防ケア習得への応用手法の検討へ転進した。本検討では、圧力布センサおよび体圧計測ウェアを用いた褥瘡看護ケアに対する新たな貢献がなされた。

研究成果の概要(英文)：This research was studied for pressure ulcer prevention care during out of bed with development of body pressure measurement wear using pressure textile sensor, body pressure life-log collection and analysis for the log. The studies for such care had been insufficient when this research was started.

The development of body pressure measurement wear was succeeded with structure evolution and performance improvement of pressure textile sensor. It shows better performance to detect the pressure applied to the body surface with high accuracy even when the body pressure dispersion items are used, compared with traditional sheet type sensors.

Meanwhile, long-term continued data collection and actual analysis based on body pressure measurement wear on the actual nursing home were discontinued in view of the influence on the subjects. Instead of that, we applied the wear for training of pressure ulcer prevention care and achieved new contributions.

研究分野：ウェアラブルコンピューティング

キーワード：ウェアラブルコンピューティング 看護支援 ユビキタスコンピューティング 布センサ 圧力センサ 衣類型センサ

1. 研究開始当初の背景

看護・介護の現場では、長時間にわたって体表の同一部位に高い圧力が加わることで発生する褥瘡(いわゆる床ずれ)の予防が一つの課題である。研究開始当初において、エアマットレスの開発や介護保険の適用開始、2時間に1回の体位変換の徹底など、就床時の褥瘡予防ケア手法・システムは充実し、褥瘡の発生率も急速に改善しつつあった。一方で、その中で見えてきたのが、離床中の褥瘡予防ケア(以下、離床時褥瘡予防ケア)の不足であった。

離床中に発生する褥瘡の特徴は、介護者の想定外の状況で発生する事であり、褥瘡の発見時刻と発生要因との暴露時刻のズレから、適切なケアをいつどこで提供すれば良かったのか把握できず、ケアの改善が難しいという課題がある。この他、自力で離床可能な軽度(ランク J(生活自立)~A(準寝たきり))の要介護者においても、加齢と共に発症率が上昇するパーキンソン病を併発していたり脊椎を損傷していたりすると、突発的に生じる身体機能の低下や、高圧に対する感度不足によって褥瘡が発生することがある。このようなケースは、ある程度の自立生活が可能のため、場所や時間、発生部位の限定が特に困難であり、同じ理由から介護者から見逃されがちでもあるため、要因の解明が難しい。加えて、増加しつつある老々介護などで専門家以外がケアをする場合、専門家が後から要因を把握することが難しく、改善指導が困難という問題もある。

そこで本研究では、圧力布センサを用いた体圧計測ウェアを開発し、場所や利用器具に限定されない継続的な体圧ライフログの取得と離床時褥瘡予防ケア手法の検討、可視化や振り返り支援のためのシステム開発、および、実介護現場における実証実験を通じての有用性検証を研究課題とした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、提案書段階では5つに細分化されていたが、研究途中にて分割統合により下記の3点として再整理した。また、研究進捗に従い、第4の目的が追加された。以下ではそれぞれについて述べる。

第1の目的は圧力布センサを用いた体圧計測ウェアの開発である。研究開始当時の圧力布センサは厚手であり日常的に装着する上で十分な柔軟性や肌触りを持っているとは言いがたかった。また、回路が大型であり、日常利用のデバイスとしては多数の改善が必要であった。そこで、それらの改良および体圧計測ウェアとしての完成を検討した。

第2に体圧計測ウェアを用いて取得した継続的な体圧ライフログの管理・可視化や振り返り支援のためのシステムの開発である。体圧データは二次元配列のデータであり、そのライフログは実質的に動画となる。そこで、その大規模データに対する取得・管理を可能とするシステムの開発が急務であった。また、

ライフログであるため、その殆どはイベントの付随していない振り返りの不要な日常データである。そこで、必要な箇所のみを振り返ることのできるユーザインタフェイスの開発なども必要であった。

第3に、実介護現場における実証実験を通じた有用性検証、および、実介護現場の意見を取り入れた離床時褥瘡予防ケア手法の検討を目的とした。体圧計測ウェアが完成したとしても、実介護現場における活用が可能で有るか否かは不明であった。そこで、体圧計測ウェアの開発と合わせて、実介護現場などの意見を収集し、実現場での実証実験および有用性検証、また、それを用いた離床時褥瘡予防ケア手法の開発を検討することを目的とした。

ただし、これについては、後でも述べるが、実介護現場における意見収集を通じて、実現が困難であることが判明してきた。特に褥瘡の発生頻度が高い高齢者となると、80歳以上の高齢者が主な対象となるが、安心できる各自の好みの衣類を着せることを重視するなど、高齢者らに認識されるデバイスである体圧計測ウェアの利用が適さないことが分かったためである。これは改良が施されたバージョンにおいても同様であった。

そこで本研究では、体圧計測ウェアの実介護現場以外における褥瘡予防ケアへの活用方法を検討した。それに伴い、第4の目的として、体圧計測ウェアの褥瘡予防ケア習得への応用手法検討を据えた。

3. 研究の方法

- (1) 第1目的である体圧計測ウェアの構築については、圧力布センサの改良と回路の改良および小型化に分けて実施した。圧力布センサには、通常よりも細線を用いた撚糸が必要であり、機材を長時間占有することから撚糸請負業者の閑散期などを活用する必要があり、年に1回ないし2回の作成が限界であった。そこで、年1回程度の改良を目処として、段階的に改良と評価を実施する手法を採った。なお、この改良には、あいち産業科学技術総合センター尾張繊維技術センターの支援を受けつつ進めた。回路についても、センサの改良に合わせ、段階的に改良した。
- (2) 第2目的である体圧計測ウェアを用いて取得した継続的な体圧ライフログの管理・可視化や振り返り支援のためのシステムの開発については、HTML5を用いてウェブサービスとして実装した。また、複数のライフログを並列提示することで、振り返り支援を容易とした。この他、データ分析用のデータ処理クラスタを作成した。また、センサ制御用プログラムにおいても、リアルタイムに圧力データを人体図系にマッピング可能とし、利用を容易とした。
- (3) 第3目的である実介護現場における実証実験を通じた有用性検証、および、実介

護現場の意見を取り入れた離床時褥瘡予防ケア手法の検討は、第2年度以降に、前年度までに作成した衣類型センサを実介護現場に持ち込みつつ、意見を収集する形で実施した。ただし、先にも述べたとおり、実介護現場における高齢者を対象としたデータ収集は困難であると見込まれたため、これを実施していない。

- (4) 第4目的である体圧計測ウェアの褥瘡予防ケア習得への応用手法検討は、名古屋市立大学看護学部の学生を対象とした実験を通じて研究した、看護ケースにおいてセンサデータを合わせて提示した場合と提示しない場合のそれぞれにおいて、被介護者状態の把握力を基準として評価した。

4. 研究成果

[体圧計測ウェア]

図1から3に体圧計測ウェアの変遷を示す。まず、既製品のシャツやスボンに圧力布センサを貼り付けた簡易プロトタイプを最初期版として作成し、看護学メンバによって、必要計測部位および特徴的な出力が期待される箇所を選出した。褥瘡好発部位である臀部および背部、また、車椅子などでの利用を考え、左右肘掛けへのもたれ掛かり時に発生する体側部での褥瘡発生も想定した。この他、椅子や車椅子からのずり落ちおよびズレの経時変化を取得することも目的として、太もも部分にもセンサを配置した。本デバイスを基に、実看護施設(ご協力:社会福祉法人あいちメリーホーム大喜様(名古屋市瑞穂区))でのヒアリングを実施して、実介護現場における利用可能性や必要機能などを調査した。そこで得られた構造の洗練や必要計測範囲などを勘案して構築した体圧計測ウェアが図1に示すチョッキ型体圧計測ウェアである。

チョッキ型体圧計測ウェアは本来分割されている型紙を統合し、一枚布形状で構成可能としたものである。これによって、背部の連続した面に関する計測が可能となった。また、体側部も連続的に計測が可能であり、着座時の左右へのもたれ掛かりなども計測できる。しかしながら、検討版と同様にヒアリングを行ったところ、型紙を接合した事による立体構造の崩れなどから着用感が悪化していることが判明した。また、本試作を作成した段階での圧力布センサは、厚みがあり柔軟性が常時着用には不足していることも判明した。

そこで旧来の型紙を基に褥瘡好発部位に対して、最大限の計測範囲を確保した体圧計測ウェアとして図2に示すパジャマ型体圧計測ウェアを構築した。本版では圧力布センサの薄型化・柔軟性も実施している(後述)。これにより装着感が大幅に向上した。以後本研究では、本版を用いて、体圧計測ウェアの性能評価などを実施した(後述)。本版は2017年1月に開催されたウェアラブル Expo2017などで展示し、好評を得た。また、各種報道

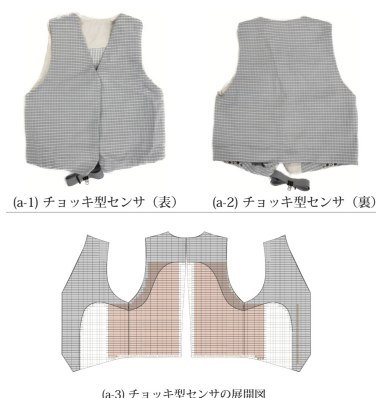


図1: 体圧計測ウェア 2016 秋版

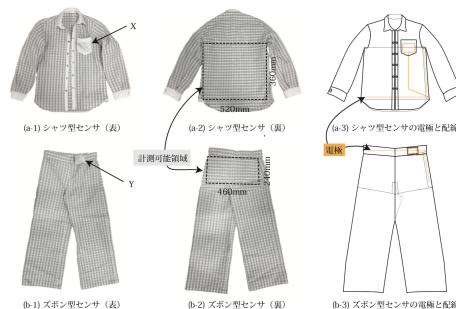


図2: 体圧計測ウェア 2016 末版



図3: ウェアラブル EXPO2017 展示の様子と報道(中日新聞, 他4件)

でも展開された。(図3, 報道等1-5)

パジャマ型体圧計測ウェアは好評を得たが、一方で、当初に検討した必要計測範囲などが満たせていないという問題あった。そこで、服飾を専門とする株式会社ケイユニフォームサービス(愛知県春日井)の協力の下、既存の型紙にとらわれない新たな構造を検討した。結果、和服の構造を参考としつつ、信号線の取出し部分においてループ構造を用いて布面の切断を回避する方式に着目し、図4に示す甚平型体圧計測ウェアを構築した。

甚平型体圧計測ウェアは一枚布構成と信号線取出し部の無裁断により、広い検出範囲を持ちながら、和服の布を前部で合わせて縛って止める構造を採用することで装着感の改善をなした。上衣では背面および体側部全体を計測可能であり、下衣では臀部および太ももの背面、さらには車椅子で接触する太もも外側面も計測範囲に含むことに成功した。しかし、残念ながら、その完成は最終年度末であり、その評価は本研究期間内に終わられていない。本件は、別途継続評価を実施する予定である。

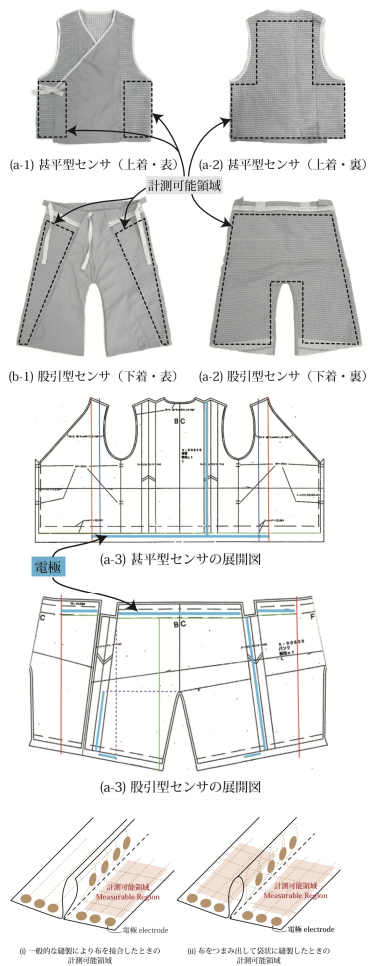


図 4: 体圧計測ウェア 2017 末版

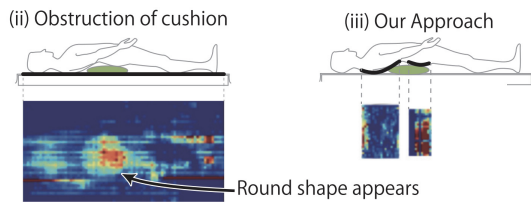


図 5: 体圧分散器具(クッション等)利用時の体表へ加わる圧力の検出精度比較

この他、体圧計測ウェア関連では、特許を 2 件出願した。(特許 1-2)

[体圧計測ウェアの性能評価]

体圧計測ウェアの性能評価は、主にパジャマ型を基に実施した(発表 1-4)。従来のシート型センサとの比較の様子を図 5 に示す。旧来のシート型センサでは体圧分散器具(クッションなど)を利用した場合、体表に加わる圧力の検出精度が低下する問題があった。これに対し、体圧計測ウェアでは体表に加わる圧力を直接的に計測できるため検出精度の低下抑制が期待された。各センサで得られ得た体表圧を特徴量とした姿勢検出精度から評価したところ、Brunner-Munzel 検定にて 15%の第一種過誤の危険性を孕むものの、体圧計測ウェアの方が、上記条件下において体表圧の検出精度が高いという結果を得た。

なお、本件は情報処理学会論文誌へ投稿済みであり条件付き採録となっているが、残念ながら本報告段階では採択確定までは至っていない。

[圧力布センサの性能向上]

本研究では、圧力布センサおよび駆動回路の性能向上も実施した。図 6 に比較を示す。なお、本改善はあいち産業科学技術総合センター尾張繊維技術センターとの連携で実施したものである。最上段の圧力布センサが研究開始当初のセンサである。糸の芯線として 150D のサンダロンを用いており、撚糸後の番手は 900 番相当である。これに対し、2 段目以下では、40D のサンダロン、100D のサンダロン、100D の AgPoss を用いており、撚糸後の番手はそれぞれ 300D、350D、350D 相当である。糸が細くなったことにより、薄型化と柔軟性の向上がなされた。織り上がり時のセンサの厚さは、最上段より 1.12mm, 0.53mm, 0.60mm, 0.61mm、剛軟性は 5.25mN, 0.85mN, 1.17mN, 1.12mN, 静電容量値は 1.77pF, 4.17pF, 1.71pF, 4.30pF となった。細線版は全て旧来版と比較して柔軟性が改善していることが分かる。センサの SN 比に影響する静電容量値は、3 段目が旧来のセンサからの低下がなく、他 2 つが 4.0pF 程度まで向上した。しかしながら、2 段目の構成では、最も細い芯線を用いるため、芯線絶縁のためのカバリング数が 8000(T/m)と旧来の 900(T/m)から約 9 倍に増加しており、撚糸に要する時間も大幅に増加するという問題がある。3, 4 段の構成ではカバリング数が 2670(T/m)であり、増加率は 3 倍までに抑えられている。しかし、最下段の構成は芯線に銀メッキ糸である AgPoss を用いているため単価が高額となるという問題がある。旧来の静電容量値であっても実用範囲の検出精度が得られていたため、本研究では 3 段目の構成を用いることとし、パジャマ型体圧計測ウェアおよび甚平型体圧計測ウェアに用いた。

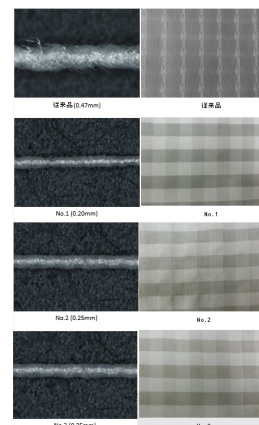


図 6: 構成別圧力布センサ

この他、駆動回路について集積化などを実施し、容積比で 22%の小型化を達成した(旧: 51.0 × 40.5 × 36.2 (mm), 新: 57.0 × 46.1 × 22.0 (mm))。これによりウェアラブル用途での利用が容易となった。

[取得した継続的な体圧ライフログの管理・可視化や振り返り支援のためのシステム]

収集した体圧ライフログを管理するため、

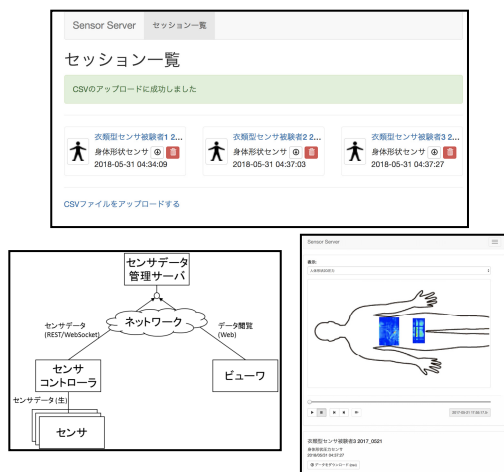


図 7: 体圧ライフログ管理・閲覧サーバ

図 7 に示すサーバシステムを、ソフトウェアハウスを活用して構築した。本サーバは HTML5 ベースであり、HTTP 経由で適宜ないしリアルタイムにデータを受信できる。受信された、または、されている最中のデータは図 7 に示すように一覧で管理され、随時閲覧することができる。複数の同時再生や日付を基準とした途中からの再生、イベントマーカーを基準とした再生も可能で有り、膨大な量となる体圧ラフログデータの効率的な管理と運用を可能とした。

【実介護現場における実証実験、有用性検証、意見収集、離床時褥瘡予防ケア手法の検討】

本研究では、第 3 目的である実介護現場における実証実験を通じた有用性検証、および、実介護現場の意見を取り入れた離床時褥瘡予防ケア手法の検討は、第 2 年度以降に、前年度までに作成した衣類型センサを実介護現場に持ち込みつつ、意見を収集する形で実施する予定であった。しかし、意見収集の段階において、特に褥瘡の発生頻度が高く本研究の主対象となる高齢者(80 歳以上)では、安心できる各自の好みの衣類を着せることを重視するなど、高齢者らに認識されるデバイスである体圧計測ウェアの利用が適さないことが分かった。そのため、倫理的観点からも、体圧計測ウェアを用いた実介護現場における長期間データ収集実験およびそれに伴う検討について取りやめることし、体圧計測ウェアの褥瘡看護ケアにおける新たな活用方法を模索する方向へ転進した。具体的には看護教育における被介護者状態の見える化による学習支援での活用を検討した。

【体圧計測ウェアの褥瘡予防ケア習得への応用手法検討】

本検討は、研究分担者である原沢准教授の協力の下、名古屋市立大学看護学部の倫理審査を経て、同大学同学部にて実施した実験を通じて検討した。体圧を可視化することによる体位変換技術への理解に対する学習効果を検証したものであり、技術教育において学生にとって重要となる情報は何かを多視点映像などと合わせて明らかにすることを目

指したものである。延べ人数 21 名をセンサによる可視化を用いるケース群と用いないコントロール群に分けて実験を実施し、各群計 21 条件について、紙面記入方式によって調査を実施した。なお、本実験時点において利用できた体圧計測ウェアはパジャマ型体圧計測ウェアであったが、パジャマ型体圧計測ウェアでは十分な範囲に対して計測ができなかったため、シート型圧力布センサを、広域を計測できる体圧計測ウェアを用いた場合を想定して配置することで代替とした。また体圧分散器具(クッションなど)へもシート型圧力センサを組み込むことで、器具との接触面の圧力も合わせて調査している。

簡易分析においては、各群の事前知識レベルは同程度である一方で、センサを用いて可視化した場合の被介護者状態理解度、および、可視化教育の後のセンサ非利用条件下における被介護者状態理解度の向上が認められた(高圧部位指摘領域と正解領域とのジャックカード係数に対する有意差検定より)。しかしながら、本実験は最終年度末に実施されたこともあり、研究会発表などには至っていない。なお、平成 30 年 12 月開催の第 38 回日本看護科学学会学術集会の一般演題「看護大学生における体圧分布可視化を取り入れた学習の効果」として申込み済みである。

【まとめ】

本研究は、研究開始時点において不十分であった離床中の褥瘡予防ケアに対して、圧力布センサを用いた体圧計測ウェアを開発し、場所や利用器具に限定されない継続的な体圧ライフログの取得とその活用からのアプローチを研究した。

体圧計測ウェアの研究開発においては、ウェア構成の進化、圧力布センサの性能向上など十分な成果が得られた。旧来のシート型センサと比較して、体圧分散器具(クッションなど)が利用された場合においても、体圧計測ウェアの方が、体表に加わる圧力を高精度で検出できることも分かった。

一方で、体圧計測ウェアを用いた実介護現場における長期継続データ収集および収集データを基とした分析は、被験者らへの影響も鑑みて方針を転換することが必要となった。これは提案時想定が甘かったといわざるを得ず、反省すべき点である。しかしながら、途中転進にて検討した体圧計測ウェアの褥瘡予防ケア習得への応用手法検討では、圧力布センサを用いた可視化による改善が見られており、圧力布センサおよび体圧計測ウェアを用いた褥瘡看護ケアに対する新たな貢献がなされたとと言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 16 件)

- ① Ryosuke Onose, Yu Enokibori, Kenji Mase, "A Comparison Result between

- Garment-type and Bed-sheet-type Pressure Sensor for Pressure Ulcer Prevention”, 9th EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services (MobiCASE 2018), 2018. 2. 28-3. 2
- ② Ryosuke Onose, Yu Enokibori, Kenji Mase, “Garment vs. Bed-Sheet Sensors: To Deal with Pressure Dispersion Cushion Use in Pressure Ulcer Prevention”, The 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp 2017), 2017. 9. 11-15.
- ③ 小野瀬良佑, 榎堀優, 間瀬健二. “体圧分散クッション利用褥瘡ケアのシーツ型・衣類型体圧計測デバイスに対する影響比較”, DICOM2017, 2017. 6. 28-6. 30
- ④ 小野瀬良佑, 榎堀優, 間瀬健二, “圧力布センサを利用した衣類型デバイスとシーツ型デバイスの比較検討”, インタラクシオン 2017, 2017. 3. 2-3. 4.
- ⑤ 並川真也, 榎堀優, 間瀬健二. “同種複数センサ近接配置による衣類型センサの位置ずれ対策の検討”, DICOM2016, 2016. 7. 6-7. 8
- ⑥ Yu Enokibori, Taiga Hayashi, and Kenji Mase, “A Study of Intermittent Adjustment to Resist Sensor Displacement of Smart Garment using Posture-stable Daily Action,” UbiComp2015/ISWC2015, 2015. 9.
- ⑦ 榎堀優, 林千尋, 間瀬健二, “圧力布センサの褥瘡ケア応用”, 第1回 e-textile / e-garment 研究会, 2016. 1.
- ⑧ 榎堀優, “導電性繊維を用いた織物センサの医療・看護研究での活用事例”, 第32回ポリマー光部品(POC)研究会, 2015. 7.
- 他 8 件
- 〔産業財産権〕
- 出願状況 (計 2 件)
- 名称 : 圧力分布検知装置
 発明者 : 水野寛隆, 鈴木陽久, 江島充晃, 間瀬健二, 榎堀優
 権利者 : 名古屋大学, 株式会社榎屋
 種類 : 特許
 番号 : 特許願 2016-255587 号
 出願年月日 : 平成 28 年 12 月 28 日
 国内外の別 : 国内
- 名称 : 体圧計測ウェア
 発明者 : 江島充晃, 鈴木陽久, 水野寛隆, 榎堀優, 間瀬健二
 田中利幸, 島上祐樹
 権利者 : 名古屋大学, 株式会社榎屋, 愛知県
 種類 : 特許

番号 : 特許願 2015-197684 号
 出願年月日 : 平成 27 年 10 月 05 日
 国内外の別 : 国内

〔その他〕

雑誌論文条件付き採録状態 (計 2 件)

- ① 小野瀬良佑, 榎堀優, 間瀬健二, “褥瘡看護ケア支援に向けた体表圧を計測可能な衣類型圧力センサの研究”, 情報処理学会論文誌.
- ② 榎堀優, 間瀬健二, “Data Augmentation を用いた少数寝姿体圧データからの高精度姿勢識別 DNN 構築”, 情報処理学会論文誌.

修士論文

- ③ 小野瀬良佑, “褥瘡看護ケア支援に向けた体表圧を計測可能な衣類型圧力センサの研究”, 名古屋大学情報科学研究科社会システム学専攻, 2017. 3.

新聞報道・展示など (計 5 件)

- ① ウェアラブル Expo (東京ビッグサイト) にて体圧計測ウェアを展示, 2016. 1. 18.
- ② 「着るだけで床擦れ監視」中日新聞, 2017. 01. 12.
- ③ 「布状の圧力センサー」化学工業日報, 2017. 01. 12.
- ④ 「布状センサで圧力計測 衣類と車椅子開発」中部経済新聞, 2017. 01. 12.
- ⑤ 「布状センサで床擦れ予防」日刊工業新聞, 2017. 01. 17.

招待講演など (計 3 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎堀 優 (ENOKIBORI, Yu)
 名古屋大学・情報学研究科・助教
 研究者番号 : 60583309

(2) 研究分担者

原沢 優子 (HARASAWA, yuko)
 名古屋市立大学・看護学部・准教授
 研究者番号 : 70303774

間瀬 健二 (MASE, Kenji)

名古屋大学・情報学研究科・助教
 研究者番号 : 30345855

柳澤 理子 (YANAGISAWA, satoko)

愛知県立大学・看護学部・教授
 研究者番号 : 30310618

小松 万喜子 (KOMATSU, makiko)

愛知県立大学・看護学部・教授
 研究者番号 : 50170163

高橋 佳子 (TAKAHASHI, yoshiko)

中部大学・看護実習センター・助手
 研究者番号 : 70782027