

布圧力センサを用いた褥瘡予防教育支援システム

小野瀬 良佑^{1,a)} 榎堀 優¹ 原沢 優子² 間瀬 健二¹

受付日 2019年6月29日, 採録日 2019年11月29日

概要: 褥瘡(床ずれ)予防の看護基礎教育においてボディメカニクスの理解や体位変換技術の習得が必須である。技術習得には、体位ごとに身体部位にかかる圧力を把握する能力が必要である。そこで、我々は、理解を促進し、短期間での技術習得を補助するシステムを、布圧力センサを基に開発している。本システムは、体表に加わる圧力の分布を、布圧力センサを組み込んだ介護用具を用いて可視化する。布であるため、旧来のシーツだけに限らず、体圧分散クッションや枕など、布が使われている多様な場所から体表に加わる圧力を直接計測できることが特徴である。構築した体圧可視化システムによる体圧分散理解の促進効果を、47名の看護学部の学生を対象に対照実験にて調査した。体圧分散の理解度は、被験者が推測した高圧部位の人体図上への書き込みと専門教員が作成した模範回答との一致率を用いて評価した。看護学生を対象とした提案システムの評価結果から、頭部や、クッションを用いた複雑な体位変換時における脚部といった局所的な部位に対する体圧分布理解の促進効果があった。この結果から、体表圧の可視化を用いた効率的な技術習得を補助するシステムの実現可能性が示された。

キーワード: 布圧力センサ, 褥瘡予防, 可視化, 教育支援, 看護技術

Educational Support System for Pressure Ulcer Prevention using Textile Pressure Sensor

RYOSUKE ONOSE^{1,a)} YU ENOKIBORI¹ YUKO HARASAWA² KENJI MASE¹

Received: June 29, 2019, Accepted: November 29, 2019

Abstract: It is necessary for nursing students to understand body mechanics and to learn patient's posture change skills including understanding high-pressure areas on the body. To support learning such skill more efficiently, we are developing a system based on textile pressure sensor. Our system visualizes high-pressure areas on the body. Since textile pressure sensor is flexible and can be cut adjusted for various shapes, it can be embedded in textile bedding products such as pressure dispersion cushions and pillows where other film-type pressure sensors are not suitable. To evaluate educational effects of our system, we conducted a controlled experiment with 47 nursing students and collected their understanding level of body-pressure distribution with a method of drawing suspected high-pressure spots on body figures. Then, we adopted a quantitative scoring system calculated with the concordance rate between an exemplary answer and student's answer. The results showed that our system helped nursing students to partially learn pressure distributions around head part and legs part in complicated positions. These results confirm a feasibility of a support system for posture change skill learning more efficiently.

Keywords: textile pressure sensor, ulcer pressure prevention, visualization, education support, nursing skill

¹ 名古屋大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Nagoya University, Nagoya,
Aichi 464-8601, Japan

² 名古屋市立大学大学院看護学研究科
Graduate School of Nursing, Nagoya City University,
Nagoya, Aichi 467-8601, Japan

a) onose@cms.ss.is.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

自重関連褥瘡(以下、褥瘡)は床ずれとも呼ばれ、就寝時などに長時間皮膚に圧力がかかることによる炎症を指す。日本褥瘡学会が2016年に行った調査[1]によると、施設別の褥瘡の有病率は、病院が0.43~2.48%、介護保険施

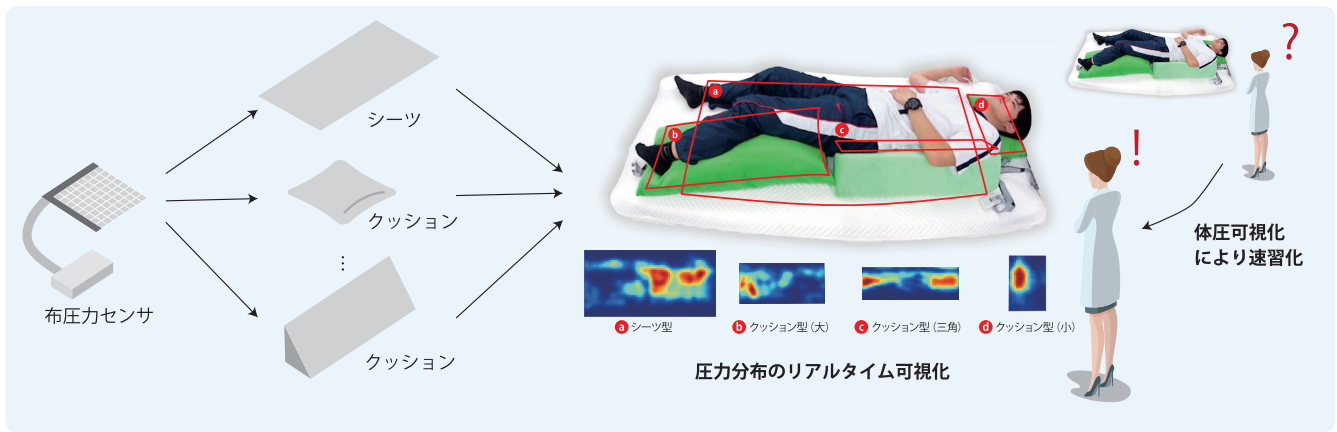


図 1 提案システムとその評価手法の概要

Fig. 1 Overview of our proposed system and evaluation method.

設が 0.72~1.07%, 訪問看護ステーションが 0.83%であると報告されている。また、各施設における褥瘡対策の危険因子に該当した上位 3 位は、ベッド上での基本的動作能力 (95.2%), 栄養状態低下 (84.6%), 失禁 (63.3%) であった。ベッド上での基本的動作能力の欠如が褥瘡対策の最たる危険因子であることから、ベッド上での基本的動作能力を援助するためのボディメカニクスの理解や体位変換技術の習得は重要である。しかし、他の看護技術習得へ時間が割かれる傾向にあるため [2], 効率的な技術習得手法の確立が求められているといえる。技術の習得には、個々の患者の状態や体位ごとの身体部位にかかる圧力を把握し、その高圧をどこに再分配するか考慮する必要がある。しかし、それらの理解が難しいという問題から、褥瘡ケアの実施率が低いケースがある [3]。

シート型圧力センサを用いた体圧視覚化教材の利用や、その学習効果を評価した研究 [4] もあるが、シート上の体圧分布表示に限られ、体圧分散クッションなどが多用される実介護現場における教育効果は不明であった。また、同研究における学習促進効果の評価は、学生の自由記述回答による定性的評価のみにとどまった。

そこで我々は、シートだけでなく、クッション上にかかる圧力分布も可視化できるシステムを構築し、圧力分布可視化の有効性を評価した。提案システムと評価手法の概要を図 1 に示す。

体圧可視化システムは、形状追従が容易な布圧力センサを組み込んだシートやクッションと、圧力分布を可視化するための端末で構成した。提案システムはリアルタイムに圧力分布を提示でき、実技指導にも利用可能である。体圧変化を確認しながら指導者の試技を見学したり、手技の練習を行うことで、速習化が計れると考えられる。

提案システムによる体圧分散の理解促進効果は、47 名の看護学部の学生に対する対照実験により調査した。本システムはリアルタイムでの可視化も可能であり、実技訓練での利用も可能であるが、複数回にわたる調査において、調

査条件を均一にするために、事前に撮影・記録したデータを用いた視覚化教材を利用した。対象姿勢は、体位変換の際によく用いられる、仰臥位、側臥位、半側臥位、仰向けで寝て 40 度上半身を起こした姿勢であるファウラー位とした。体圧分布の理解度の評価には、学生が資格教材を見て推測した高圧部位を人体図上に書き込み、専門教員が作成した模範回答との一致率を回答スコアとして用いて定量的評価を行った。その結果、看護学生を対象とした提案システムの評価結果から、頭部や、クッションを用いた複雑な体位変換時における脚部といった局所的な部位に対する体圧分布理解の促進効果があった。この結果から、体表圧の可視化を用いた効率的な技術習得を補助するシステムの実現可能性が示された。

以下、本稿では、2 章にて、関連研究について議論する。3 章にて、本研究で用いた布圧力センサを用いた体表圧可視化システムについて述べる。4 章で、体圧分布の理解度の評価手法について述べ、5 章で評価結果とその考察について述べる。最後に、6 章で結論を述べる。

2. 関連研究

2.1 褥瘡予防ケアの現状

寺升らは、34 名の内科看護職員を対象とした意識調査を行い、科学的根拠を基にした褥瘡予防ケアの理解不足や、患者個人々の症状に合わせた対応ができていない現状を明らかにした [3]。

2.2 CAI 教材を用いた看護教育

村中らは、看護教育課程で必修科目が多いことや、看護教育人材の不足を指摘したうえで、看護学部の学生の理解促進に必要な CAI (Computer Assisted Instruction) 教材の要件をあげた [2]。要件の例としては、教材利用の狙いを明確にすることや、画像や映像を用いて注意力を保持させることがある。CAI 教材の例としては、映像や画像を用いたマルチメディア教材や、ベッドなどにセンサを組み込ん

だり、施術者にセンサを装着したりして、看護施術中の各種状態を可視化した教材などがある。

映像や画像を用いたマルチメディア教材を用いた学習支援システムの開発を行った例としては、青井らの体位変換・移乗技術を対象としたCAI教材を作成した研究がある[5]。教材を講義で用いて21名の学生にアンケート調査した結果、76%が教材が自己学習につながると回答、100%が教材が復習につながったと回答し、教材が自己学習の道具として有用であると結論づけた。土井らは、シーツ挿入時のボディメカニクス習得において、スティックピクチャを用いた動作の可視化が、介護動作の改善につながったと報告している[6]。また、岩本らの間違い探しビデオ教材を用いて無菌操作演習の理解促進を図った研究では、9割以上の学生が知識理解を促すための工夫が感じられたと報告している[7]。松井らは、シーツ型圧力センサを用いた体圧分布の可視化により、体位変換技術の理解促進を図った[4]。同研究では、学習した学生に事後アンケートを行い、定性的評価をしている。これらの映像や画像を使った教材は、学生の興味を引き、理解を促進させ、技術習得に効果があることが判明している。

このように多様な研究がなされているが、実介護現場で多用されるクッションを用いた環境での体位変換ケアを対象としたものはない。また、体表圧の可視化の学習促進効果を対象とした研究では、学生の自由記述回答のみの定性的評価のみにとどまる点で、不十分である。本研究では、クッション型圧力センサを用いて、シーツ型圧力センサ上だけでは隠れて計測できない圧力の可視化を試みた。また、体圧分布の理解度を定量的評価することで、可視化が学習促進につながるかを調査する。

2.3 布製品に組み込み可能な圧力センサ

本研究では、介護用具に組み込む圧力センサとして、Enokiboriらが提案した、布の縦横糸間の静電容量を計測する圧力センサ[8]を採用した。圧力を検知する織布はほかにも多数提案されている[9], [10], [11]が、当該センサはピエゾ抵抗効果を用いた布圧力センサなどと異なり、切断、縫合のような加工が可能である。また、1枚布で圧力センサを構成でき、自由形状をとれるため、多様な形状を持つクッションに組み込みやすく、柔らかいためにクッションの体圧分散機能を阻害しない点で本用途に好適である。

布製品に組み込み可能な他の圧力センサとしては、Sugiuraらが提案した、光反射を用いた密度推定による柔物体の変形検知手法があげられる[12]。クッションに組み込み、圧力重心位置測定に利用可能だが、複数の加圧位置座標の取得や、クッション上の物体の形状取得が難しい。そのため、就寝姿勢を支える目的で利用するクッション上の圧力分布の計測には向かず、本手法は不採用とした。

2.4 圧力センサを用いた介護支援

介護に利用する用具に圧力センサ機能を組み込むことで人体の状態をセンシングする試みは、以前から行われてきた。ベッドに圧力センサを組み込み、圧力分布を計測した研究では、就寝姿勢分類[13], [14], [15], [16], [17]、手足の部位検出[18], [19]、リハビリのための行動認識[20]、圧力データを基にしたアクチュエータによるベッド面の変形[21]、離床行動予測[22]などがある。

体表に加わる圧力を計測するものとしては、Leongらの研究がある。3層からなる布圧力センサを組み込んだ靴下を利用し、義足ユーザへのフィードバックを試みた[23]。また、Skachらは、ズボンに圧力センサを組み込み、座姿勢分類を行った[24]。Xuらは、クッションに布圧力センサを組み込み、圧力分布を計測することで、座姿勢分類を試みた[25]。

また、Zhouらは、布圧力センサを用いたカーペットを使って、カーペット上の足取りから個人の識別を試みた[26]。我々の過去の研究として、シャツとズボンに布圧力センサを組み込んだ圧力計測システムを提案し、就寝時の体圧についてシーツ型圧力センサに対する圧力検出力の比較を行った研究がある[27]。

このような様々な用具に圧力センサを組み込み、体表に加わる圧力を取得、ならびに人の状態識別に用いる研究が多数なされている。しかし、それらを用いた看護技術、特に、褥瘡予防のための体位変換技術に関する学習促進を図った研究は前述のとおり少数しかなくおらず、いまだ不十分である。したがって、本研究では、シーツや体圧分散クッションにかかる圧力を可視化し、体圧分布の理解度を定量的評価することで、可視化が学習促進につながるかを調査する。

3. 体圧可視化システムの構成

Enokiboriらが提案した布圧力センサ[8]を組み込むことで、介護に利用されるシーツや体圧分散クッションの表面にかかる圧力をリアルタイムで可視化できる。そのため、クッション上の手足や頭のような部位にかかる圧力を可視化することができ、クッションを用いた複雑な体位変換時においても、速習化の有効性を発揮すると考えられる。

3.1 布圧力センサ

本研究で用いた布圧力センサと、その構成例を図2に示す。布圧力センサ(図2(a))は、導電性繊維を縦糸と横糸の一部に利用しており、それらが交差する各点で、静電容量回路を構成している[8]。布に圧力が加わると、それに応じて縦横の導電糸間の距離が変化し、それにもなう静電容量の変化を計測して各点の圧力を得る。本センサの感圧部位は、10mmピッチで格子状に並ぶ $7.5 \times 7.5 \text{ mm}^2$ の正形状であり、2.5mm幅の不感圧部位を挟んでいる。

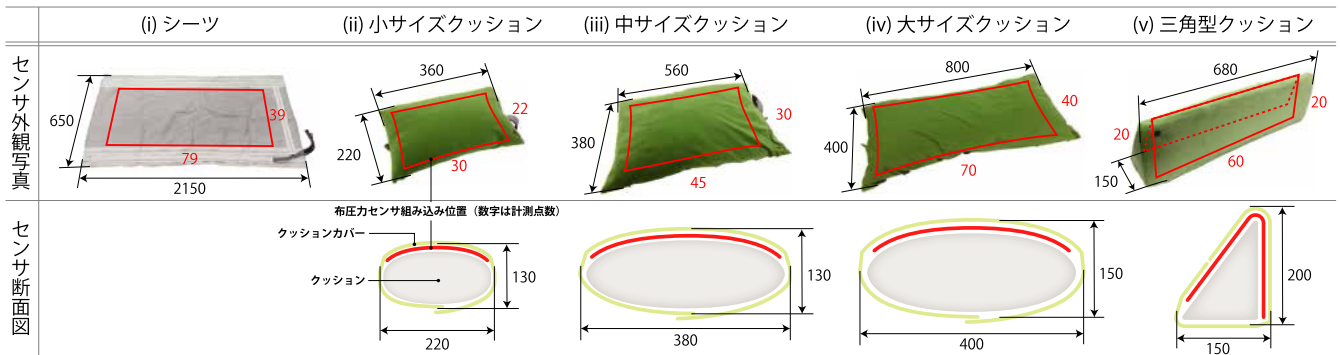


図 3 提案システムで布圧力センサを組み込んだ介護用具

Fig. 3 Overview of nursing care instruments that textile pressure sensors are integrated.

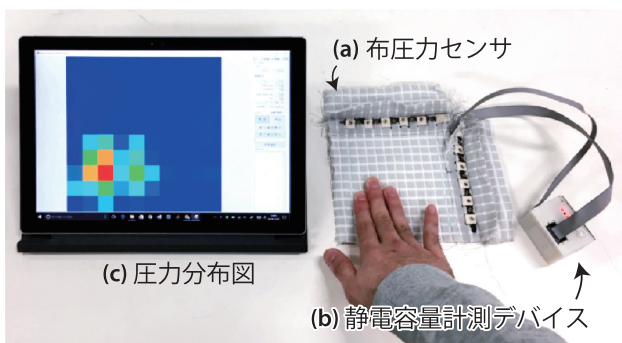


図 2 布圧力センサの計測例

Fig. 2 An example of textile pressure sensor and its data.

不感圧部位が狭いため、突出した骨などが不感圧部位にはまり込んで計測できないといったことが少なく、骨突出などが想定される後期高齢者の計測に向く。布圧力センサは見かけ上は通常の平織りの布と同様であり、肌に馴染む性質を持っている。本センサは自由形状をとれるため、多様な形状を持つクッションへ組み込みやすい。また、柔らかいためクッションの体圧分散機能を阻害せず、本用途に好適である。Bluetooth 無線組み込みの静電容量計測デバイス (図 2 (b)) をセンサの電極に接続することで、データの読み出しが可能である。読み出したデータは圧力分布図 (図 2 (c)) として PC で表示可能である。

3.2 布圧力センサを組み込んだ介護用具

ベッド上でクッションにより姿勢を支えられている人体上の圧力を計測するため、本研究では、布圧力センサをシーツとクッションに組み込んだ。布圧力センサを組み込んだ位置、計測点数、用具の大きさを、外観写真と断面図とともにまとめたものを、図 3 に示す。

3.2.1 シーツ型圧力センサ

本研究で用いたシーツ型圧力センサを図 3 (i) に示す。本センサは、赤線領域に示す 79 × 39 点の格子状の計測点を持つ。静電容量計測デバイスの計測点数が 80 × 40 点以内である制約から、隣接する 4 感圧部位を統合して 1 つの感圧部位として扱っており、縦横 20 mm 間隔で計測点が並

ぶ。計測するときは、ベッド上にシーツ型圧力センサを敷き、さらにその上に、敷きパッドを敷いて行った。

3.2.2 クッション型圧力センサ

本研究で用いたクッション型圧力センサを図 3 (ii) ~ (v) に示す。本研究で用いたクッションは、すべて実介護現場で利用されているものを加工して利用した。三角クッション以外は Luck 社製 RHOMBO シリーズを利用した。三角クッションのメーカーは不明であった。図中の赤線領域が計測可能範囲で、小サイズは 30 × 22、中サイズは 45 × 30、大サイズは 70 × 40、三角型は斜辺と隣片にそれぞれ 60 × 20 の計測点を持つ。これらのセンサはシーツと異なり、計測部位を統合しておらず、縦横 20 mm 間隔で計測点が並ぶ。布圧力センサをクッションの片面に貼り、さらにクッションカバーで覆った。

3.3 体表圧可視化システムを用いた体圧分布の可視化

1 章で示した図 1 (a) ~ (d) は、シーツ型圧力センサとクッション型圧力センサを用いて、体圧分布を可視化した例である。センサは Bluetooth 経由で PC に接続されており、リアルタイムでセンサにかかる圧力分布を確認可能である。同図中の赤線領域は、圧力センサの計測領域を示す。赤線領域の左肩に付した各アルファベットは、図中下の圧力分布図と対応する。計測値は、後処理として、時間方向平滑化によりノイズ除去を行って表示している。

図 1 (a) は、シーツ型圧力センサにより取得した圧力分布図である。この図から、右肩甲骨や右臀部に強く圧力がかかっていることが分かる。一方、左脚部分や左上半身の部分は、クッションの影になっており、圧力分布が不明である。一方、図 1 (b), (c), (d) に示すクッション型圧力センサから取得した圧力分布により、シーツ型圧力センサでは計測できなかった左踵部分、右肩甲骨、右腰、頭部にかかる圧力分布が可視化されている。

クッションそのものにセンサ機能を持たせることで、シーツ型圧力センサでは見えなかった圧力も可視化された。クッションを利用した複雑な体位変換時においても、見落としがちな高圧部位に注意が向く可能性が考えられ、体圧

分散の理解促進効果が期待できる。

4. 体圧分布可視化による体圧分散理解促進の評価手法

本研究では、提案システムの体圧分散理解促進効果の評価するために、看護学部の学生を対象に对照実験にて調査した。なお、本システムはリアルタイムでの可視化も可能であり、実技訓練での利用も可能である。しかし、複数回にわたる調査において、調査条件を均一にするために、事前に撮影・記録したデータを用いた視覚化教材を利用した(図4)。以下、4.1節では、評価に用いた教材の作成方法について述べる。4.2節では、学習の理解度を評価するための手法について述べる。4.3節では、提案評価手法を用いたシステムの有用性評価のための、看護学部の学生を対象とした調査方法について述べる。

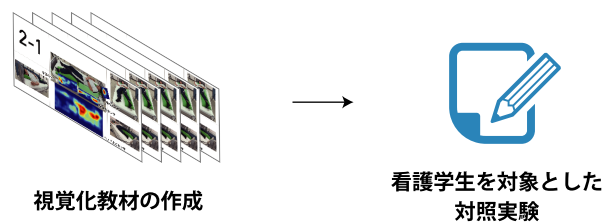


図4 評価のためのセットアップ

Fig. 4 Evaluation setup.

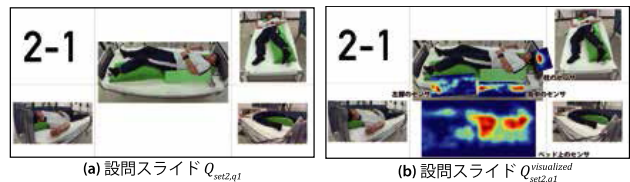


図5 設問スライドの例

Fig. 5 Examples of questionnaire slide.

4.1 視覚化教材の作成

視覚化教材は設問セット Q_{set} から構成される。設問セット Q_{set} は、6つの設問スライド $Q_{set,q1}, \dots, Q_{set,q6}$ を含む。図5(a)に設問スライドの例を示す。設問スライドには、名古屋市立大学のWOC (Wound Ostomy Continence) ナースが、体位変換の試技を行っている様子が含まれる。試技の際に、ベッド横からと、ベッド上のカメラから試技の全体像を、また、試技者の手元を左右両方からを撮影した。4つのカメラにより撮影した同時刻の映像のスナップショットが、1枚の設問スライドに含まれている。

試技中に利用したベッド上のシーツ、クッションはそれぞれ、3章であげた布圧力センサを組み込んだ圧力計測機能付きのものである。図5(b)に圧力分布付き設問スライド $Q_{set}^{visualized}$ の例を示す。この設問スライドには、カメラと同時刻のセンサ値をヒートマップとして可視化し、図中に含まれる各センサに添えるように配置した。

設問セットは2組 Q_{set1}, Q_{set2} を作成した。なお、各設問セットに含まれる設問スライドの構成を表1に示す。

4.2 体圧分布の理解度評価手法

被験者の体圧分布の理解度評価には、被験者が推測した高圧部位の人体図上への書き込みと専門教員が作成した模範回答との一致率を用いた。以下、詳しく述べる。

4.2.1 回答方法

被験者は設問スライドを見て、圧力がかかっている身体の部位を推定する。人体図を印刷した回答用紙を用意し、推定した部位を囲う課題を設問ごとに与えた。回答を記入する図とその回答の例を図6に示す。赤線領域が被験者の回答領域である。同図の黒破線領域は模範回答領域である。看護師経験があり、著者の1人で名古屋市立大学大学院看護学研究科准教授の原沢が、設問スライドに示された圧力分布図と看護学的に注視しなければならない領域に基

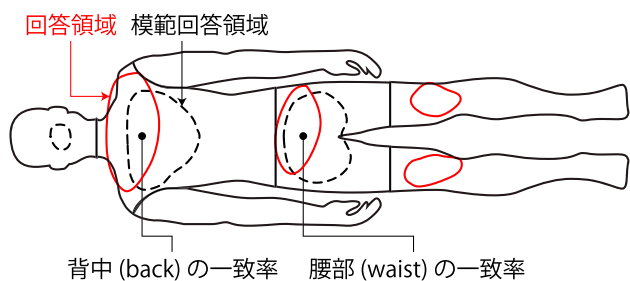


図6 回答と模範回答の一致率評価

Fig. 6 Similarity evaluation between user's answer and model answer.

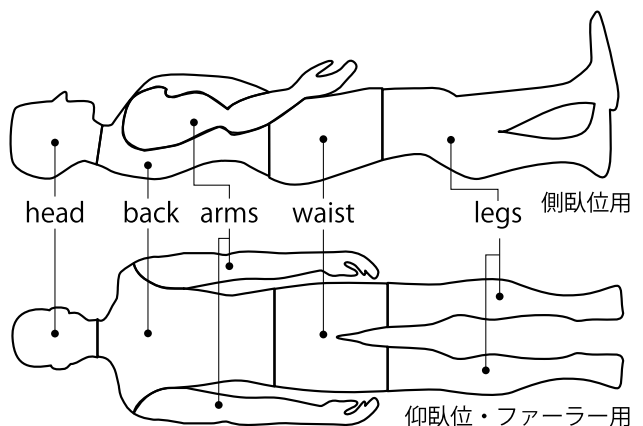


図7 評価する部位の分割

Fig. 7 Body area segmentation for evaluation.

づき、あらかじめ模範回答を作成した。

4.2.2 理解度評価手法

被験者の回答の正しさの尺度(以下、回答スコア)は、被験者の回答と模範回答の囲った領域の一致率とした。一致率の計算にはジャカード係数[28]*1を用いた。また、体圧分布の理解度の違いを部位別に評価するため、図7に示

*1 $J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$

表 1 設問セットの構成
Table 1 Composition of questionnaire.

設問番号	姿勢	備考
$Q_{set1,q1}$	仰臥位	理想的な仰臥位。左右均等に体圧分散されている。
$Q_{set1,q2}$	仰臥位	一見、理想的な仰臥位に見える。しかし、骨盤が傾いており、右腰部に強く圧力がかかっている。
$Q_{set1,q3}$	側臥位	胴体の右側面に強く重心がかかっている。そのため、右腰部に強く圧力がかかっている。
$Q_{set1,q4}$	側臥位	理想的な半側臥位である。体圧が左脚にも分散されている。
$Q_{set1,q5}$	ファウラー位	一見、理想的なファウラー位に見える。しかし、骨盤が傾き体がねじれており、右腰部に強く圧力がかかっている。
$Q_{set1,q6}$	ファウラー位	理想的なファウラー位。
$Q_{set2,q1}$	仰臥位	クッションで支えた理想的な仰臥位。全身で体圧が分散されている。
$Q_{set2,q2}$	仰臥位	一見、理想的なクッションで支えた仰臥位に見える。しかし、胴体の右側面に強く圧力が正解領域付近の色が濃い、すなわち正解領域を含む回答が多い。
$Q_{set2,q3}$	側臥位	理想的な半側臥位である。体圧が左脚にも分散されている。
$Q_{set2,q4}$	側臥位	胴体の右側面に強く重心がかかっている。そのため、右腰部に強く圧力がかかっている。
$Q_{set2,q5}$	ファウラー位	一見、理想的なファウラー位に見える。しかし、骨盤が傾き体がねじれており、右腰部に強く圧力がかかっている。
$Q_{set2,q6}$	ファウラー位	クッションで支えた理想なファウラー位。左右均等に体圧分散されている。

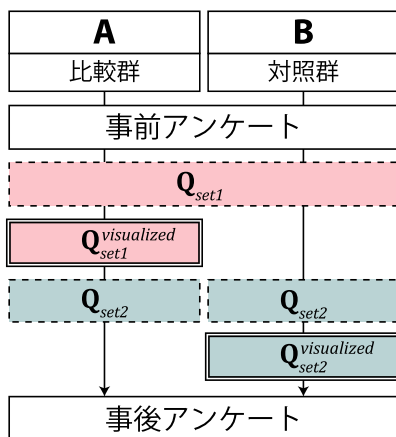


図 8 模擬演習における対照実験の手順

Fig. 8 Procedure of our comparison experiment.

す部位ごとにマスクを作成し、部位別に一致率を計算した。

4.3 調査手順

調査手順の流れを図 8 に示す。まず、被験者として、名古屋市立大学看護学部の「看護援助論 IA」を受講している 47 名の看護学生を集めた。被験者らは、座学により体位変換を既習である。体圧分散理解の促進効果を対照実験により評価するため、被験者を比較群 A、対照群 B、それぞれ 23 名と 24 名ずつに分割した。

まず、両群の特性を調べるため、授業での既習事項を問う事前アンケート、および圧力分布なしの共通設問 Q_{set1} を課す。次に、比較群 A は、圧力分布図ありの $Q_{set1}^{visualized}$ を見て回答した後、圧力分布図なしの Q_{set2} を見て回答する。一方、対照群 B は、 Q_{set1} を見て回答した後、続けて、圧力分布図なしの Q_{set2} を見て回答する。教育上の理由で、対照群 B は、比較群 A との学習差をなくすため、圧力分布図ありの $Q_{set2}^{visualized}$ にて補完学習を実施する。最後に両

群は、何を参考に回答したかの設問を含む、事後アンケートに回答する。

5. 各設問セットに対する回答スコアの比較と考察

47 名を対象とした調査を行った結果、6 (回答数) × 3 (設問セット数) × 47 (人) = 846 (回答数) の回答が集まった。回答に欠損などは見られなかった。

表 2 に、A 群と B 群の回答スコアの統計量 (平均・分散) を示す。各設問ごとに、群間のスコアの差の有無を検定した結果の q 値を併記した。検定には、正規性も等分散性も不要な Brunner-Munzel 検定を用いた。また、多重検定性を解決するために、Benjamini-Hochberg 法を用いた FDR (False Discovery Rate) を制御により、 q 値を算出した。 q 値が 0.10 以下を示した部位を含む回答について、学生の回答領域をヒートマップとして重ね合わせたものの一部を図 9 に示した。

以上の調査結果から、クッション上に乗る傾向の高い頭や脚にかかる圧力に、より注意が向くようになった結果が得られた。以下で詳細な結果と考察を述べる。

5.1 A, B 群の特性調査

Q_{set1} では、A, B 群が可視化された圧力分布図を一度も見っていないかつ、同じ設問を回答している。したがって、 Q_{set1} に対する回答は、A, B 群の潜在的な特性を示す。

表 2 の Q_{set1} の行にある、 $q1$ から $q6$ の q 値列に注目すると、0.10 以下の q 値はみられなかった。

以上の結果から、提案システムを経ない状態での群間の学習差はなかったといえる。以上を前提に、提案システムを経た A 群と提案システムを経ない B 群の回答スコアの差を 5.2 節で議論する。

表 2 A 群と B 群の回答スコアの統計量 (平均・分散) と q 値 (* : $q < 0.10$, ** : $q < 0.05$)
 Table 2 Mean, variance, and q values of groups A and B (*: $q < 0.10$, **: $q < 0.05$).

	head			back			arms			waist			legs		
	score	score	q 値	score	score	q 値	score	score	q 値	score	score	q 値	score	score	q 値
	A:Q _{set1}	B:Q _{set1}		A:Q _{set1}	B:Q _{set1}		A:Q _{set1}	B:Q _{set1}		A:Q _{set1}	B:Q _{set1}		A:Q _{set1}	B:Q _{set1}	
q1	0.08±0.04	0.08±0.03	0.60	0.24±0.06	0.16±0.04	0.44	0.01±0.00	0.00±0.00	0.28	0.40±0.03	0.33±0.03	0.28	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00
q2	0.02±0.01	0.06±0.03	0.26	0.20±0.03	0.12±0.02	0.25	0.06±0.01	0.05±0.01	0.26	0.24±0.05	0.17±0.02	0.47	0.12±0.01	0.08±0.01	0.33
q3	0.01±0.00	0.04±0.02	0.60	0.15±0.01	0.12±0.01	0.38	0.33±0.04	0.25±0.04	0.27	0.39±0.04	0.31±0.02	0.20	0.12±0.02	0.13±0.01	0.84
q4	0.02±0.00	0.04±0.01	0.96	0.13±0.01	0.15±0.03	0.96	0.19±0.02	0.18±0.03	0.71	0.29±0.03	0.20±0.02	0.23	0.14±0.02	0.09±0.02	0.34
q5	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.13±0.01	0.10±0.02	0.26	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.33±0.02	0.23±0.02	0.13	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00
q6	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.10±0.01	0.21±0.06	0.38	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.43±0.02	0.39±0.03	0.66	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00
	A:Q _{set2}	B:Q _{set2}		A:Q _{set2}	B:Q _{set2}		A:Q _{set2}	B:Q _{set2}		A:Q _{set2}	B:Q _{set2}		A:Q _{set2}	B:Q _{set2}	
q1	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.16±0.04	0.10±0.03	0.23	0.04±0.00	0.02±0.00	0.22	0.27±0.07	0.29±0.03	0.66	<u>0.13±0.01</u>	0.06±0.01	0.05*
q2	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.20±0.04	0.14±0.04	0.26	0.08±0.02	0.03±0.00	0.28	0.33±0.06	0.21±0.04	0.25	0.12±0.02	0.08±0.01	0.66
q3	<u>0.14±0.03</u>	0.00±0.00	0.00**	0.17±0.01	0.16±0.03	0.28	0.36±0.03	0.26±0.06	0.20	0.39±0.03	0.36±0.03	0.43	0.04±0.01	0.03±0.00	0.66
q4	<u>0.23±0.04</u>	0.02±0.01	0.00**	0.18±0.02	0.08±0.01	0.13	0.32±0.03	0.23±0.03	0.25	0.31±0.01	0.25±0.02	0.25	0.07±0.01	0.03±0.00	0.20
q5	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.12±0.01	0.09±0.01	0.25	0.03±0.01	0.04±0.02	0.85	0.42±0.03	0.33±0.04	0.13	0.21±0.05	0.11±0.02	0.20
q6	<u>0.10±0.02</u>	0.01±0.00	0.00**	0.27±0.04	0.15±0.03	0.20	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00	0.32±0.02	0.27±0.01	0.34	0.16±0.03	0.07±0.02	0.23

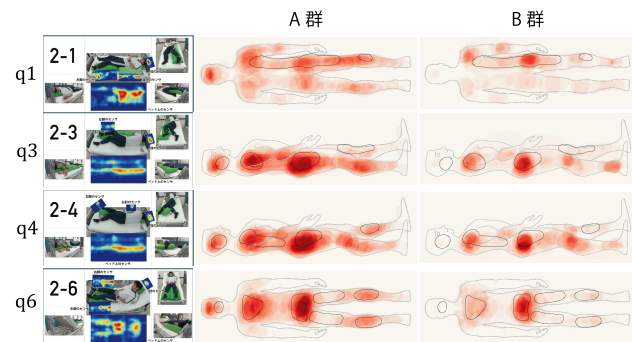


図 9 回答領域を重ね合わせたヒートマップ (便宜のため、実験時設問スライド上には表示されていない圧力分布図を表示している)

Fig. 9 Heatmap of user's answer area.

5.2 対照実験による提案システムの理解促進効果の評価

Q_{set2}では、圧力分布可視化システムを経た、すなわち支援学習を受けた A 群と経ていない B 群の群間比較を行うことで、提案システムによる体圧分散の理解促進効果を評価できる。

5.2.1 実験結果

表 2 の q 値列に注目すると、頭部 (head) の 3 問 (q3, q4, q6), 脚部 (legs) の 1 問 (q1) で有意差がみられ、いずれも比較群 A が対照群 B よりも回答スコアが高かった。そのほかの設問では、有意差がみられなかった。

5.2.2 考察

図 9 の q6 に注目すると、頭部の圧力分布は、クッションに隠れてシートでは見えないが、クッションに組み込んだ布圧力センサにより、頭部にかかる圧力が可視化されている。そのために、一度可視化した設問スライドを見た比較群 A は、クッション上の圧力にも注意が向くようになり、対照群 B よりも回答スコアが高くなったと考えられる。また、図 9 の q1 に注目すると、クッションによって右半身が下がっており、右脚を含む右半身に強く圧力がかかって

いると考えられる。このようにクッションを用いて身体を傾けた仰臥位では、体の側面にかかる圧力を見逃しやすい。q1 において脚部の有意差があったことから、このような見逃しやすい圧力にも注目が向くようになったといえる。

クッション上の部位について、比較群 A が対照群 B よりも回答スコアがよかった理由は、被験者らがクッション上の部位の圧力に元来注意が向いていなかったからと推測できる。これは、被験者らがクッションを敷いた操作で体圧分散ができたことと誤認識してしまい、本来、クッションの上でも注意すべき高压部位を見逃してしまっていたからだと考えられる。クッション上の圧力を可視化し、教育効果を計測した研究はこれまでになかったため、形状追従が容易で柔物体に組み込み可能な布圧力センサを組み込んだクッション型圧力センサによって実現した知見だといえる。以上の考察から、今後、体位作成時のクッション上の圧力に注意を向けるような指導への改善につながる。

今回の実験では、体圧分散について既習の看護学生を被験者としたが、初学時に本システムを導入することで、理解が難しいとされるクッションを利用した複雑な体位変換時においても、より効果的に体圧分散を理解できるようになると考えられる。また、本システムを現役の看護師を対象に利用した際にも、現場で培った理解を補助し、さらなる理解を促進できる効果が期待される。

一方、背面と腕、腰部には有意差が見られなかった。肩甲骨や仙骨部位は褥瘡の主要な発症箇所であり、元来重点的に褥瘡対策指導がなされる。そのため、今回調査対象の学生はある程度学習ができており、圧力分布の可視化による効果が出にくかったと考えられる。腕は褥瘡頻発位置であるが重点的な指導はされておらず、効果が出るのが期待されたが、今回の実験では、学習効果が出なかった理由は不明である。

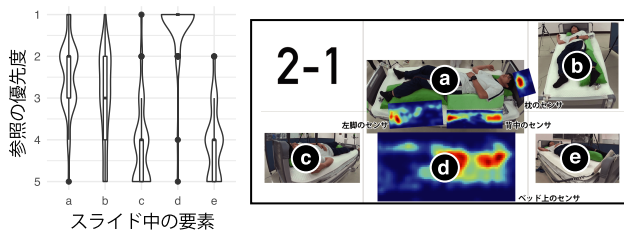


図 10 圧力分布学習に役立った要素の調査結果

Fig. 10 Answer summary of visual factor suitability for leaning.

5.3 事後アンケートに基づいた提案システムの評価

調査の事後アンケートを用いて、被験者による圧力分布可視化の有用性評価を行った。本アンケートでは、図 10 の右図に示すように、教材スライドの各要素に番号を振り、役立った順について回答を得た。このほか、「圧力分布図を見る前には枕やクッションにかかる圧を気にしたか」、「圧力分布図を一度見てからは枕やクッションにかかる圧への着目は増えたか」についての回答や、自由記述欄による回答を得た。項目には看護学観点からの設問なども多数含まれているため、全設問の掲載は割愛する。

教材スライドの各要素の役に立った順番に対する回答を、図 10 左側に、分布をみるためのヴァイオリンプロットおよび基本統計量をみるためのボックスプロットを重ねた図としてまとめた。回答の分布を見ると、d, a, b, e, c の順に優先度が高く参考にされている。d (シーツ上の圧力分布図) を最も優先度高く参照したと答えた被験者は 84.4% (38/45 名、無回答の 2 名を除く) にのぼった。また、シーツやクッション上の圧力分布図の役立ち度を 10 点満点での評価を集計した結果、平均と標準偏差が $9.17 + 0.90$ 点であった。

圧力分布図を見る前には枕やクッションにかかる圧を気にしたか問う設問 (4: そう思う-1: まったくそう思わない) に対して、回答の平均と標準偏差が 2.00 ± 0.88 、圧力分布図を一度見てからは枕やクッションにかかる圧への着目は増えたか問う設問 (4: そう思う-1: まったくそう思わない) に対して、回答の平均と標準偏差が 3.68 ± 0.47 であった。また、自由記述の回答欄からは、「最初は枕やクッション上にかかる圧まで着目できていなかったが、圧力分布図を見てから枕やクッションにかかる圧も含め体位を考える必要性を感じた」「クッションがあれば除圧できると簡単に考えていたが、圧力分布図を見て以後、使い方によっては逆効果になることを学んだ」のような回答が得られた。以上から、クッションを用いた複雑な体位においても、体圧分布図が体圧理解の助けとなり、被験者の正しい理解につながったといえる。

一方、自由記述の事後アンケート欄より、クッション上に表示される圧力分布と体表圧部位の位置の関係性について理解が難しい旨の意見などもあった。それを解決するた

めには、AR を用いた圧力分布の重畳表示などが考えられる。これの実現のためには、クッションに適切に位置合わせする必要があり、AR 空間内におけるクッションのローカライゼーションが課題としてあげられる。

6. 結論

本研究では、布圧力センサを組み込んだシーツやクッションを用いて圧力分布可視化システムを構築した。提案システムによる体圧分散の理解促進効果を、47 名の看護学部の学生に対する対照実験により調査した。看護学生を対象とした提案システムの評価結果から、頭部や、クッションを用いた複雑な体位変換時における脚部といった局所的な部位に対する体圧分布理解の促進効果があった。以上の結果から、提案システムの導入により、クッションを用いた複雑な体位変換時においても、危険な高圧部位に注意が払えるようになり、ひいては褥瘡ケアの実施率の向上が期待できる。一方で、自由記述のアンケート結果から、クッション上に表示される圧力分布と体表圧部位の位置の関係性理解が難しい旨の意見があった。これに対して、我々の過去の研究 [27] で提案された衣類型圧力センサが、さらなる理解促進につながる可能性がある。衣類型圧力センサを用いた体圧分布の学習促進を今後の課題とする。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 15H02736 の支援、ならびに総務省 SCOPE 地域 ITC 振興型の支援を受けたものです。また、本調査に協力していただいた名古屋市立大学看護学部の皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] 日本褥瘡学会実態調査委員会：療養場所別自重関連褥瘡の有病率、有病者の特徴、部位・重症度およびケアと局所管理、褥瘡会誌, Vol.20, pp.446–485 (2018).
- [2] 村中陽子：看護 CAI の教材的価値とコースウェアの教育的要件、東海大学健康科学部紀要, 創刊号, pp.37–47 (1995).
- [3] 寺升文葉：褥瘡予防ケアにおける看護師の意識調査から得られた今後の課題、多根総合病院医学雑誌, Vol.1, pp.81–85 (2012).
- [4] 松井優子, 坂井恵子：看護大学生における褥瘡好発部位の体圧分布とずれをリアルタイムに視覚化する授業の学習効果、日本看護学教育学会誌, Vol.25, pp.65–73 (2015).
- [5] 青井聡美, 杉本吉恵, 吉田 彰, 中島五十鈴, 塩川華子, 田村典子, 松永保子, 金城利雄, 日浦美保, 米田富士子, 正木美恵, 金井和子：体位変換・移乗に関する看護技術のコンピュータ学習支援システムの開発、広島県立保健福祉大学誌人間と科学, Vol.3, pp.37–47 (2003).
- [6] 土井英子, 石本傳江, 椋代 弘：ボディメカニクス習得における視覚的教育方法に関する検討、新見公立短期大学紀要, Vol.21, pp.75–82 (2000).
- [7] 岩本真紀, 南 妙子, 山内加絵, 水野静枝：無菌操作演習における間違い探しビデオ教材の有効性の検討、香川大学看護学雑誌, Vol.10, pp.33–44 (2006).
- [8] Enokibori, Y., Suzuki, A., Mizuno, H., Shimakami, Y. and Mase, K.: E-textile Pressure Sensor Based on Conductive Fiber and Its Structure, *UbiComp 2013 Adjunct - Adjunct Publication of the 2013 ACM Conference on*

- Ubiquitous Computing*, pp.207–210 (2013).
- [9] Meyer, J., Lukowicz, P. and Troster, G.: Textile Pressure Sensor for Muscle Activity and Motion Detection, *2006 10th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.69–72, IEEE (Aug. 2006).
- [10] Parzer, P., Probst, K., Babic, T., Rendl, C., Vogl, A., Olwal, A. and Haller, M.: FlexTiles: A Flexible, Stretchable, Formable, Pressure-Sensitive, Tactile Input Sensor, *the 2016 CHI Conference Extended Abstracts*, pp.3754–3757, ACM Press (2016).
- [11] Strohmeier, P., Knibbe, J., Boring, S. and Hornbæk, K.: zPatch: Hybrid Resistive/Capacitive eTextile Input, *Proc. 12th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, TEI '18*, pp.188–198, ACM (2018).
- [12] Sugiura, Y., Kakehi, G., Withana, A., Lee, C., Sakamoto, D., Sugimoto, M., Inami, M. and Igarashi, T.: Detecting Shape Deformation of Soft Objects Using Directional Photorefectivity Measurement, *Proc. 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '11*, pp.509–516, ACM (2011).
- [13] Pouyan, M.B., Ostadabbas, S., Farshbaf, M., Yousefi, R., Nourani, M. and Pompeo, M.: Continuous Eight-Posture Classification for Bed-Bound Patients, *Proc. 2013 6th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, BMEI 2013*, pp.121–126 (2013).
- [14] Mineharu, A., Kuwahara, N. and Morimoto, K.: A Study of Automatic Classification of Sleeping Position by a Pressure-Sensitive Sensor, *2015 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, pp.1–5, IEEE (2015).
- [15] Heydarzadeh, M., Nourani, M. and Ostadabbas, S.: In-Bed Posture Classification Using Deep Autoencoders, *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp.3839–3842, IEEE (May 2016).
- [16] Caggiari, S., Worsley, P. and Bader, D.: A Sensitivity Analysis to Evaluate the Performance of Temporal Pressure - Related Parameters in Detecting Changes in Supine Postures, *Medical Engineering & Physics*, Vol.69 (2019).
- [17] Rus, S., Grosse-Puppenthal, T. and Kuijper, A.: Recognition of Bed Postures Using Mutual Capacitance Sensing, *European Conference on Ambient Intelligence*, pp.51–66, Springer (2014).
- [18] Yousefi, R., Ostadabbas, S., Faezipour, M., Farshbaf, M., Nourani, M., Tamil, L. and Pompeo, M.: Bed Posture Classification for Pressure Ulcer Prevention, *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.7175–7178, IEEE (2011).
- [19] Liu, J.J., Huang, M.-C., Xu, W. and Sarrafzadeh, M.: Bodypart Localization for Pressure Ulcer Prevention, *Annual International IEEE EMBS Conference*, pp.1–4 (June 2014).
- [20] Huang, M.-C., Liu, J.J., Xu, W., Alshurafa, N., Zhang, X. and Sarrafzadeh, M.: Using Pressure Map Sequences for Recognition of On Bed Rehabilitation Exercises, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol.18, pp.411–418 (Feb. 2014).
- [21] Yousefi, R., Ostadabbas, S., Faezipour, M., Nourani, M., Ng, V., Tamil, L., Bowling, A., Behan, D. and Pompeo, M.: A Smart Bed Platform for Monitoring & Ulcer Prevention, *4th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics BMEI*, pp.1–5 (Nov. 2011).
- [22] 間所洋和, 下井信浩, 佐藤和人: 圧電素子を用いた非拘束センサシステムによる離床行動予測, *日本機械学会論文集 C 編*, Vol.79, pp.1024–1035 (2013).
- [23] Leong, J., Parzer, P., Perteneder, F., Babic, T., Rendl, C., Vogl, A., Egger, H., Olwal, A. and Haller M.: proCover: Sensory Augmentation of Prosthetic Limbs Using Smart Textile Covers, *Proc. 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, pp.335–346, ACM (2016).
- [24] Skach, S., Stewart, R. and Healey, P.G.T.: Smart Arse: Posture Classification with Textile Sensors in Trousers, *ICMI 2018*, pp.116–124, ACM Press (2018).
- [25] Xu, W., Li, Z., Huang, M.-C., Amini, N. and Sarrafzadeh, M.: eCushion: An eTextile Device for Sitting Posture Monitoring, *2011 International Conference on Body Sensor Networks (BSN)*, pp.194–199, IEEE (May 2011).
- [26] Zhou, B., Singh, M.S., Doda, S., Yildirim, M., Cheng, J. and Lukowicz, P.: The Carpet Knows: Identifying People in a Smart Environment from a Single Step, *The 1st International Workshop on Pervasive Smart Living Spaces*, pp.1–6 (Jan. 2017).
- [27] 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*, pp.1827–1836 (2018).
- [28] Paul, J.: The distribution of the flora in the alpine zone, *New Phytologist*, No.11, pp.37–50 (1912).



小野瀬 良佑 (学生会員)

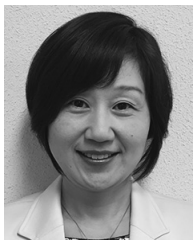
2016年3月名古屋大学工学部電気電子・情報工学科卒業。2018年3月同大学大学院情報科学研究科社会システム情報学専攻博士前期課程修了。2016年4月博士課程教育リーディングプログラム実世界データ循環学リーダー人材養成プログラム履修生。2019年米国コーネル大学客員研究員 (Hybrid Body Lab.)。現在、名古屋大学大学院情報学研究科知能システム学専攻博士後期課程在籍。大学院の研究では、ウェアラブルコンピュータやユビキタスシステムを用いた介護支援システムの研究に従事。情報処理学会学生会員。



榎堀 優 (正会員)

2005年立命館大学理工学部情報学科卒業。2007年同大学大学院理工学研究科博士前期課程情報システム学専攻修了。2010年同大学院同研究科博士後期課程総合理工学専攻修了とともに

博士(工学)を取得。同年に同大学助手を務めた後、2011年名古屋大学におけるポスドク、特任助教等を経て、2015年同大学大学院情報科学研究科で助手に着任。現在、同大学大学院情報学研究科所属。ユビキタスコンピューティング、ウェアラブルコンピューティング、インビジブルコンピューティング、ヘルスケア・看護・医療の研究を推進。人工知能学会、バイオメカニクス学会、日本看護科学学会、ACM各会員。博士(工学)。



原沢 優子 (正会員)

1993年名古屋大学医療技術短期大学看護学科卒業、同年4月名古屋第二赤十字病院に入社、3年間看護職として臨床に勤務する。1996年退社、富山医科薬科大学医学部看護学科へ編入

学、1998年同大学卒業後滋賀医科大学医学部看護学科、1999~2006年愛知県立看護大学で助手として勤務の傍ら、2000年金城学院大学大学院文学研究科社会学専攻博士課程前期課程修了。2006~2014年岐阜県立看護大学、名古屋市立大学看護学部、愛知県立大学看護学部で講師、2015年より名古屋市立大学大学院看護学部准教授。2012年名古屋市立大学大学院看護学研究科博士後期課程健康支援看護学高齢者看護学修了(看護学博士)。1999年より高齢者看護領域における教育・研究に従事。現在は、介護現場におけるIoTの活用、介護保険施設における終末期ケア研究を推進している。看護科学学会、看護研究学会、エンドオブライフケア学会他7学会に所属。



間瀬 健二 (正会員)

1979年名古屋大学工学部電気学科卒業。1981年同大学大学院工学研究科前期課程情報工学専攻修了。1992年博士(工学)号取得(名古屋大学)。1981年日本電信電話公社(現、NTT)入社。以来、コンピュータグラフィッ

クスおよび画像処理、そのヒューマンインタフェースへの応用の研究に従事。1988~1989年米国MITメディア研究所客員研究員。1995~2002年(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)研究室室長。2002年名古屋大学教授。現在、同大学院情報学研究科所属。現在は、画像処理・ウェアラブルコンピュータ・ユビキタスシステムによる、ライフログとコミュニケーション支援の研究を推進している。人工知能学会1999年度論文賞、同2013年功労賞、2019年情報通信月間東海総合通信局長賞受賞等。2017年4月よりJST CREST「共生インタラクション」研究総括。第24期日本学術会議連携会員。IEEE、ACM、人工知能学会、電子情報通信学会(フェロー)、ヒューマンインタフェース学会、VR学会、画像電子学会各会員。博士(工学)。