

令和 6 年 2 月 29 日現在

機関番号：82404

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04508

研究課題名（和文）皮膚、軟部組織、骨格を有するダミーによる、変形が褥瘡の悪化に係るメカニズムの解明

研究課題名（英文）Elucidation of the mechanism by which deformity causes exacerbation of pressure ulcers, using dummies composed of skin, soft tissues and skeleton.

研究代表者

新妻 淳子（NIITSUMA, Junko）

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 運動機能系障害研究部・研究員

研究者番号：60360682

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：柔らかく変形する、人体サイズの臀部ダミーを構成する要素技術を確立した。ダミーに負荷するせん断荷重に対して、せん断力センサが正の応答を示すことを確認し、臀部ダミーによって、人体では行えない破壊にいたる再現実験が可能であることを示した。加えて、人体ダミーで、人体の模倣レベルをより高度化させるための様々な技術が得られた。

本研究によって、軟部組織の厚みを変える、軟部組織の硬さを変える等、諸条件の変化により、せん断力応答が異なること、応力負荷に対する変形の計測から組織内部に複雑な破壊の力が働くことが推測された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

下肢機能、感覚機能が低下した車いすユーザは常に同じ姿勢になりがちであるため、褥瘡発生リスクを有している。褥瘡予防は不可欠であるが、その方法論の確立は未だ十分とはいえない。その理由の一つに、臀部が受ける圧縮応力や摩擦力（ズレ力）による破壊メカニズムの解析が不足していることがあげられる。人を対象として、破壊にいたる実験は出来ないため、人体を模倣した臀部ダミーを用いた解析が必要となる。実際の脊損者の褥瘡好発部位は、軟部組織の減少、癒痕組織による硬度の増加、筋肉組織の薄化がみられるが、この状態を再現した臀部ダミーを用いることで、組織破壊や、褥瘡の発生と重篤化を促す過程を解析することが可能となる。

研究成果の概要（英文）：We have developed the necessary technology to create a human-sized, soft, and deformable buttock dummy. Our tests using a shear force sensor demonstrated a positive response to the shear load applied to the dummy. These results indicate that experiments that involve destructive forces can be safely conducted using a buttock dummy instead of a human subject. Furthermore, we have developed additional techniques to enhance the human-like imitation capabilities of the buttock dummy.

Based on our research, we have deduced two main findings. Firstly, the response to shear force varies based on alterations in factors like the thickness and hardness of the soft tissue. Secondly, our measurements of deformation in reaction to stress loading reveal the presence of intricate, destructive forces within the tissue.

研究分野：リハビリテーション医工学

キーワード：生体組織変形が及ぼす力の解析 柔らかく変形する臀部ダミー 褥瘡 組織破壊のメカニズム せん断力 せん断力センサー 褥瘡発生原因

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

長時間座位姿勢にあるために車いすユーザの中には二次障害として褥瘡(床ずれ)を引き起こすことが多い。脊髄損傷者のおよそ85.7%が褥瘡を経験したことがあり、更に63%の脊髄損傷者が治療後に再発しているという報告がある[Sumiya T. Spinal Cord,1997]。褥瘡を患うと治療のために長期間入院する必要がある、就労や社会参加に対する大きな弊害となる。褥瘡予防管理は車いすユーザの重要課題と捉えられる。

褥瘡予防研究として、研究代表者(新妻)は、基礎研究として、動物実験による褥瘡発生機序の解明研究を行ってきた。基礎研究に基づく臨床研究として、研究代表者および分担者が所属するリハビリテーションセンター病院において、シーティングクリニックにて褥瘡再発予防研究を継続し、車いすユーザの褥瘡再発予防のためのシーティング・プロトコルを提唱した。

これらの研究経緯を踏まえ、「圧縮応力やズレを生じるせん断力やせん断応力による生体組織の変形が、内部から褥瘡(特に重篤なポケット状褥瘡)を作り出す原因であることを定量的に明らかにする」ことが本研究の解明すべき課題である。

2. 研究の目的

前述の本研究の課題の解明を目的とし、以下の二つの目標に基づいて、研究を推進する。

(A) 皮膚、軟部組織、骨格を備えた、軟らかい臀部ダミー(人体模型)の開発

加える力(圧縮応力やせん断力)によって変形し、皮膚、軟部組織、骨格の間で生じる変形を計測できる、新しい概念にたつ臀部ダミーを開発する。

(B) ダミー内部での変形の計測

臨床現場で想定できる外力(荷重)を再現した条件でダミー内部での変形を計測し、組織変形と褥瘡発生との関係を定量的に検討する。臀部ダミーを用いた褥瘡発生リスク評価基準を考案する。

3. 研究の方法

申請および採択時の本研究のタイムスケジュール(表1)は、以下の三年計画であった。

まったく計画外のコロナ感染症の蔓延に伴い、2020年春からは、被験者を必要とする計測実験は全て中止せざるを得なくなり、計画全体の遅れを余儀なくされた。幸いにして研究期間の延長を許可されたことで、被験者を必要とする計測実験の再開を企画した。しかしながら、延長期(2022年)にいたっても、被験者を必要とする計測実験を進めることが出来ないままであった。残念ではあるが計画を縮小し、標準となる臀部ダミーを作成し、その組織内部に生じる変形を計測することと、技術的な開発改良、実測計測とシミュレーションの相互解析、

今後、被験者を得る実験の制限が無くなり、加齢や障害下の特徴あるダミー作成に至る時のために、ダミーの人間模倣度を上げる技術集積を行うことの四点を、再計画の柱として、研究を行った。

表1 申請時のタイムスケジュールと、コロナ禍での計画の見直し

年度	臀部ダミー(人体模型)の開発	ダミー内部での変形の計測
H31 (R1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>文献値を参考にした上で、各生体組織の柔らかさ、張力、形状の計測に基づいた、各生体組織の模擬製作</li> <li>各生体組織において生じる力を詳細に計測可能なセンシング・システムの構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>筋緊張時と弛緩時の柔らかさの違いに着目した<b>臀部の柔らかさの計測</b></li> <li>障害者、高齢者等での骨突出度、皮下組織厚の計測(コロナ禍での実験中止)</li> </ul>
H32 (R2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>皮膚、軟部組織(脂肪組織、筋肉)パーツを、骨盤モデルと組み合わせた、変形する新しい臀部ダミーの製作</li> <li>有限要素解析法から得られる高精度な応力計算結果をダミーに反映したダミーの改良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臀部ダミー内に留置したセンサ(せん断力や荷重)で、臨床的に得られた荷重を負荷した場合の組織内部に生じる変形の計測</li> </ul>
H33 (R3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>加齢による脂肪組織減少、対麻痺による筋肉委縮など、特徴あるダミーの製作(コロナ後の被験者実験を要する)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>荷重時の組織内部に生じる変形と破壊の計測とモデル化                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-&gt; 褥瘡発生条件</li> <li>-&gt; 車いす走行等の運動動作</li> </ul> </li> </ul>
R4	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>組織変形に対する褥瘡発生リスク評価基準の考案(コロナ後の被験者実験後まで先送り)</li> </ul>

確立した、ダミーの作成方法、ダミーを用いた変形の計測方法は、次項の成果の項目に含めて、報告する。

4. 研究成果

前述した再計画の柱とした、標準となる臀部ダミーを作成し、その組織内部に生じる変形を計測することと、技術的な開発改良、実測計測とシミュレーションの相互解析、今後、

被験者を得る実験の制限が無くなり、加齢や障害下の特徴あるダミー作成に至る時のために、ダミーの人間模倣度を上げる技術集積を行うことの四点について、その研究成果を報告する。

#### 4-1. 臀部ダミー（人体模型）の開発

・皮膚、軟部組織、骨格を備えた、柔らかい臀部ダミー（人体模型）の開発において、2019～2021年度にかけて、以下の実績を得た。

坐骨直下に発生する褥瘡の発生機序を解明することを目的に、臀部の骨・軟部組織を模擬した小型のモデルを模擬製作した。モデルに圧縮荷重とせん断荷重を加えた時の坐骨直下に垂直に加わる力とせん断力を定量化するシステムを構築した。

実スケール臀部ダミーの製作に用いる金型を、耐熱性を考慮した条件で製作した。

各生体組織に用いる高分子材料の条件検討を行った。実際の人体の柔らかさを計測し、かつ参考となる外部データを参照し、人体臀部の柔らかさに近い、人体ダミーモデルの軟部組織の材料として、軟質注型成型材料 KURAIN（クラレトレーディング）を使用することとした。この材料は、疎水性エラストマーが疎水性溶媒（シリコンオイル）中で膨潤した状態の疎水性ゲルである。そのために、湿度変化に強く、揮発性成分を含まないため、重量変化が生じにくいいため、ダミーに使用する望ましい材料と判断した。ただし、その成型には140-160度の高温焼成を必要とする。このために、変形を計測するセンサの耐熱性の改良を要することとなった。

二つの臀部ダミー構造を検討した。

1) 熱可塑性樹脂（エラストマー）を素材とする軟部組織の作成：ダミー材料のエラストマーの縦弾性係数の計測、ならびに初年度に計測したヒト臀部の柔らかさをもとにしたエラストマー種類の選定を実施した。その後、フルスケール臀部ダミーの試作を行った。均質なフルスケールの軟部組織を作成するための必要条件を確認した。

2) 分担研究者の発案による、3Dプリンタを用いた精密な立体構造の造形：物理特性の異なる積層モデルを作製することができる結果を得た。

2022年度には、熱可塑性樹脂を材料として実寸大サイズの人体臀部の軟部組織モデルを作製する方法と加工条件を確立した。さらに、熱耐性をもつ実寸大サイズの坐骨モデルを3次元プリンターによって作製した。熱可塑性樹脂できている軟部組織モデルに組み込むことが可能となった。

図1 臀部軟部組織・成型用型と完成例



1) 実寸大サイズの臀部ダミーの作成  
基本となる人体臀部のサイズについては、NIHが公開する人体サイズに基づいて、立体製図を行い、臀部軟部組織成型用メス型モールド（耐熱性）を発注した。その材料は耐熱性200度を満たすPPS樹脂等とした。

成型用モールドに、熱可塑性エラストマーを流し込み、熱可塑性がエラストマーが硬化するまで待機する。必要に応じて恒温槽内（200度想定）で脱泡する。固定側モールドから、熱可塑性エラストマーモデルを離型する。

2) 熱耐性をもつ実寸大サイズの坐骨モデルの作成

大きな変形を可能とする臀部ダミーのパーツとして、実寸大サイズの骨盤は、3D CADプリンター出力によって作成する。その作成のための詳細なCADデータは、NIHの公開データからダウンロードしたものと、Zygotec (<https://www.zygotecbody.com/>) から購入したものとを使用した。

#### 4-2. ダミー内部での変形の計測、そのためのセンサ技術の開発改良

##### (A) ダミー内部での変形の計測

・2019年度当初は、被験者を必要とする実験を行い、その結果を活かして研究を開始した。

・被験者2名に対して臀部の柔らかさの計測を行い、それらのデータを臀部ダミー開発に活用し、かつ、有限要素法を用いた応力解析を行った。座骨直下に3軸力センサを内蔵した1/2スケール臀部ダミーモデルから応力解析用モデルを作成した。この応力解析評価モデルによる応力解析結果とその実測値を比較、評価して応力解析評価モデルの妥当性を検証した。

・2020年度には、ダミー内部でのせん断力による変形を計測するために、センサの適合性を高めると共に、測定用の3軸センサ8Ch用回路を製作した。軟組織に対するせん断の基本試験（円盤状のセプトンを上部から押さえて、横方向に重りをつなぎ引っ張る試験）の再現を、シミュレーションで再現することが可能となった。動的有限要素解析ソフトを使用して、実測値と解析値の比較評価を行った。この成果については、4-3. に後述する。

(B) センサ技術の開発と改良

分担研究者の外山らが開発したせん断力計測センサ (S. Toyama, Y. Tanaka, S. Shirogane, T. Nakamura, T. Umino, R. Uehara, T. Okamoto, H. Igarashi: Development of Wearable Sheet-Type Shear force Sensor and Measurement System that is Insusceptible to Temperature and Pressure, Sensors, 17, 1752 (2017).) を、耐熱化、耐薬品化の改良を施し、本研究用のセンサとして使用した。

臀部ダミーモデルは熱可塑性樹脂で作製されるが、その内部にセンサを設置する際に、160-180 度程度の高温にさらされる。センサの耐熱化は重要な課題である。2 条件の改良により 180 度 2 時間の環境変化を経て、センサとして機能することを確認できた。

4-3. 得られた成果

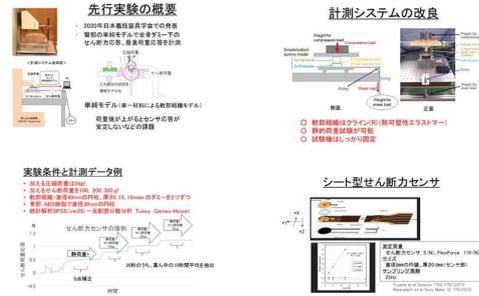
骨・軟部組織を模擬したモデル実験を行い、坐骨想定部に負荷されたせん断荷重と、坐骨下の軟部組織想定部におけるせん断力センサの応答が正の相関を示す結果を得た。

坐骨想定部に圧力を加える実験では、軟部組織想定部の厚みが増加すると坐骨直下の圧力センサの応答が減少することを認めた。

応力負荷に対する変形の計測から組織内部に複雑な破壊の力が働くことが推測された。

上記の一連の結果は、次に記述する骨・軟部組織を想定した数値シミュレーション結果と、少なくとも定性的な一致をみた。

図2 単一モデル実験による坐骨想定部位でのせん断荷重の計測



左上から①先行実験概要、②計測装置の改良、③実験条件、④使用したせん断力センサを示した

図3 単一モデル実験による坐骨想定部位でのせん断荷重の計測結果

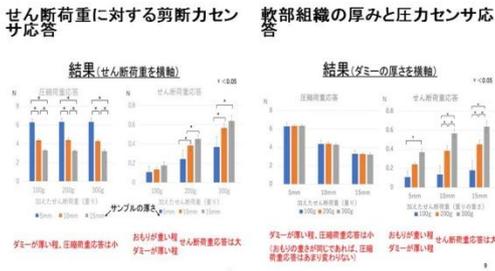


図4 ダミー内部でのせん断力測定手技

- ①厚み、硬さの異なる材料を組み合わせて、全体の柔らかさを硬度計で計測する
- ②特製レーザーポインターを用いて、正確な加圧位置でポイントングする



動的有限要素解析ソフトを使用した、骨・軟部組織を想定したシミュレーションによる成果

(1) 軟部組織の素材を使用した引張試験

方法：軟部組織の素材（セプトン・KURAIIN）を使用して引張試験を行った。

結果：試験片は途中で破断せず、試験機で計測可能な長さまで伸びた。

(2) 引張試験を基にした、軟部組織の材料特性値の検討

方法：実施した引張試験の結果を使用して、動的有限要素解析ソフト LS-DYNA で軟部組織の材料特性のパラメータのフィッティングを行った。材料特性には超弾性体を用いた。

結果：フィッティングを行うことで、せん断係数と指数係数の 2 つのパラメータを得た。

(3) 簡易坐骨モデル・臀部ダミーモデルの解析と実験結果との比較

方法：フィッティングした材料特性値（超弾性体）を使用して、簡易坐骨モデルと臀部ダミーモデルの解析を行った。

結果：簡易坐骨モデルにおいて、圧縮荷重応答では解析値は実測値と近い変化傾向を示した。せん断荷重応答では、一部解析値と実測値は異なる変化傾向を示した。臀部ダミーモデルにおいて、解析値は実測値よりも大きな値となり、解析値と実測値は異なる傾向を示した。

(4) 障害者褥瘡予防に多用されるエアセルクッション（ペルモビール社、ROHO®）のモデル化と解析

方法：エアセルクッションを CAD でモデル化した。空気が移動できるように、内部は繋がった形としている。エアセルクッションの内部は空気が入っており、臀部ダミーモデルをエアセルクッションの上に乗せた状態の解析を行った。エアセルクッションには弾性体、軟部組織には超弾性体を使用した。

結果：解析は正常終了したが、検討が必要な部分が残った。研究年度終了後も引き続いて、解析条件の再検討を行った。臀部ダミーとシミュレーションを組み合わせた、クッション座位時の応力評価について、2023 年度中に発表の予定である。

4-4. より人体模倣度の高い、ダミーを作る技術の集積

今後、被験者を得る実験の制限が無くなり、加齢や障害下の特徴あるダミー作成に至る時のために、人体の模倣レベルを向上させるための技術的集積を行った。また、計測に用いるセンサの機能拡大も行われた。

熱可塑性ポリマーを材料として実寸大サイズの人体臀部の軟部組織モデルを作製する方法と加工条件を確立した。さらに、熱耐性をもつ実寸大サイズの坐骨モデルを3次元プリンターによって作製した。熱可塑性樹脂でできている軟部組織モデルに組み込むことが可能となった。

ゴム素材の積層による、柔らかさの異なる簡易な3次元ダミー試作も行った。組織の厚みは変えずに構造を変えることで、組織の硬さを調節できることが判り、人体で障害を受けた組織の状態を簡便に反映させ得る次世代型臀部ダミーの設計指針を得ることができた。

図5 ゴム素材の積層で硬度を変える  
独立したダミーモデルの構想

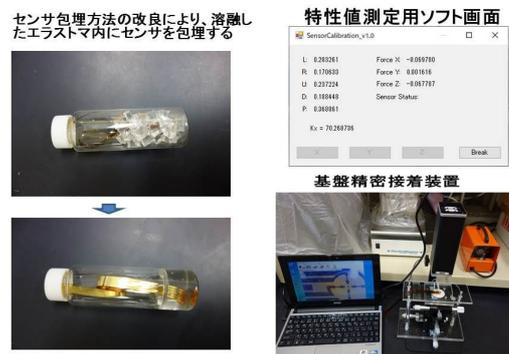


せん断力と同時に、垂直応力を計測可能なセンサの開発、ポイントにおけるトルクを計測するシート型センサの試作に成功した。その他、様々なセンサ計測技術の改良がおこなわれた。

- ・耐熱化センサの周縁部にパラフィンオイル耐性のある接着剤を充填することにより、予備の実験においてクライン中にセンサを包埋することができた。
- ・個別センサの個別特性値の測定を専用ソフトの開発によって半自動化した。これにより個別特性値を得るための労力と時間が半減された。

・センサ開発を効率化するために、基板精密接着装置2号機を作製した。これによりこれまで時間的なボトルネックとなっていた接着工程に係る作業時間が半減された。また、1号機が実体顕微鏡を使用していたために焦点合わせが非熟練者に困難であったが、デジタル単眼顕微鏡になってから技術協力員に接着工程を依頼できる様になった。

図6 センサ包埋方法、計測方法の改良



#### 4-5. 本研究のまとめと今後の展望

2020-2022 年度にコロナ感染症による実験計画の再構成を余儀なくされた中、以下の結果を報告する。

・骨・軟部組織を模擬したモデル実験を行い、坐骨想定部に負荷されたせん断荷重と、坐骨下の軟部組織想定部におけるせん断力センサの応答が正の相関を示す結果を得た。また、坐骨想定部に圧力を加える実験では、軟部組織想定部の厚みが増加すると坐骨直下の圧力センサの応答が減少することを認めた。さらに実験を進め、応力負荷に対する変形の計測から組織内部に複雑な破壊の力が働くことが推測された。

・熱可塑性ポリマーを材料として実寸大サイズの人体臀部の軟部組織モデルを作製する方法と加工条件を確立した。これとは独立に、ゴム素材の積層による、柔らかさの異なる簡易な3次元ダミー試作も行った。組織の厚みは変えずに構造を変えることで、組織の硬さを調節できることが判り、人体で障害を受けた組織の状態を簡便に反映させ得る次世代型臀部ダミーの設計指針を得ることができた。

本研究の解明すべき課題は、「圧縮応力やズレを生じるせん断力やせん断応力による生体組織の変形が、内部から褥瘡（特に重篤なポケット状褥瘡）を作り出す原因であることを定量的に明らかにする」ことであった。コロナ禍における被験者を得ての実験中断を余儀なくされたことが、最後まで影響し、研究期間中に「定量的な」回答をするには至らなかった。しかし、定性的な傾向として、加齢や障害による人体の皮膚から骨に至る構造が傷害された状況下で、生体外部、内部からの力を受けたせん断力が働き、組織破壊や、褥瘡の発生と重篤化を促す可能性があることが判った。この課題を明らかにするために、臀部ダミー（人体模型）を使った破壊研究手法は、解析の大きな一助となる。今後、定量的な人体の計測が可能となり、人体を高度に模倣したダミー（人体模型）作成に活かし、その破壊実験をすることで、定量的な回答を得ることに繋がると考えている。褥瘡好発部位における身体状況の変化に応じて、体の外部から加わる力による変形を小さくすることで、褥瘡予防、言い換えれば組織の破壊を防ぐ技術開発に貢献できると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 新妻 淳子
2. 発表標題 シーティングにおいて未だ容易に見えざる力である『せん断』
3. 学会等名 17回日本シーティング・シンポジウム, パネルディスカッション: シーティングにおけるせん断力とその対応. online開催, 2022-11-19/11-20. 抄録集(車椅子シーティング研究vol.7 掲載), 2022, p.57.
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 外山 滋
2. 発表標題 せん断力を計測するためのウェアラブルセンサの開発
3. 学会等名 第17回日本シーティング・シンポジウム 2022/11/19-20 オンライン開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木梨奈, 花房昭彦, Shahrol Mohamaddan, 高木基樹, 中山剛, 新妻淳子, 三ツ本敦子, 外山滋, 高嶋孝倫
2. 発表標題 褥瘡予防評価システム - 簡易坐骨モデルによる圧縮・せん断荷重の解析評価 -
3. 学会等名 LIFE2022講演論文集, pp.857, 2022年8月21日
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木梨奈, 花房昭彦, Shahrol Mohamaddan, 高木基樹, 中山剛, 新妻淳子, 三ツ本敦子, 外山滋, 高嶋孝倫
2. 発表標題 褥瘡予防評価システムの開発 - 臀部ダミーモデルによる生体内部応力解析評価 -
3. 学会等名 第10回看護理工学会学術集会, 04-4, pp.44, 2022年10月15日
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木梨奈, 花房昭彦, Shahrol Mohamaddan, 高木基樹, 中山剛, 新妻淳子, 三ツ本敦子, 外山滋, 高嶋孝倫
2. 発表標題 褥瘡予防評価システム - 引張試験と簡易坐骨モデルによる解析を基にした軟部組織材料特性値の検討 -
3. 学会等名 第11回看護理工学会学術集会, 04-4, pp.44, 2023年6月10-11日 (発表確定)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 新妻淳子
2. 発表標題 コロナ下の褥瘡予防シーティングクリニック 2020-2021.
3. 学会等名 第18回日本褥瘡学会関東甲信越地方会学術集会, web開催, 2022-04-08/04-09. プログラム・抄録集, 2022, p.43.
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三ツ本 敦子、高嶋孝倫、外山 滋、中山 剛、任 点、新妻淳子
2. 発表標題 骨・軟部組織を模擬した坐骨モデルによる圧縮とせん断荷重応答の定量化
3. 学会等名 第36回日本義肢装具学会学術大会、ハイブリッド開催、2020/10/31-11/01 日本義肢装具学会誌、Vol.36, Suppl, p100, 2000
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 任 点、三ツ本 敦子、新妻淳子、外山 滋、中山 剛、東 祐二、太田裕治
2. 発表標題 軟部組織を模擬するモデルを対象とした接触圧分布から押し込み変形量を推定するアルゴリズムの開発
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会 (オンライン開催)、2021-06-15/06-17
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Takuto Washizuka, Akihiko Hanafusa, Tsuyoshi Nakayama, Jyunko Niitsuma, and Atsuko Mitsumoto
2. 発表標題	Stress Analysis Under Ischium for Preventing Deep Tissue Injury - Effect of Applying Viscoelastic Element -
3. 学会等名	14th South East Asian Technical University Consortium 2020 (SEATUC 2020), PPS-05-102, p.485. 27th-28th February 2020, KX Building, KMUTT, Bangkok, Thailand (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	鷲塚拓仁, 花房昭彦, 中山剛, 新妻淳子, 三ツ本敦子.
2. 発表標題	褥瘡予防評価システムの開発 臀部生体内解析評価モデルによる異なる座面環境上での応用評価 .
3. 学会等名	第58回日本 生体医工学会大会・第7回看護理工学会学術集会「医看工融合が医療を変える」, 沖 縄, 2019-06-06/06-08. 日本生体医工学会大会プログラム・抄録集, (CD-ROM). 2019 . 3-PM-PO-B2/PO-B-155.
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	新妻淳子, 中山剛, 外山滋, 三ツ本 敦子, 小田悠加, 花房昭彦
2. 発表標題	人体ダミーやシミュレーションを用いたヒト代替研究の現状と展望
3. 学会等名	LIFE2023講演予稿集2P1C-1, 2023-09-19-21, ハイブリッドを含めて開催 (発表確定)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	中山剛, 三ツ本 敦子, 高嶋孝倫, 外山滋, 新妻淳子
2. 発表標題	骨・軟部組織を模擬した簡易臀部モデルを利用した圧縮荷重ならびに せん断荷重黄桃の計測
3. 学会等名	LIFE2023講演予稿集2P1C-2, 2023-09-19-21, ハイブリッドを含めて開催 (発表確定)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 外山滋、中山剛、三ツ本 敦子、新妻淳子
2. 発表標題 人体ダミー内部で用いることを想定したフレキシブルせん断力センサの開発
3. 学会等名 LIFE2023講演予稿集2P1C-3, 2023-09-19-21, ハイブリッドを含めて開催（発表確定）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山剛、三ツ本 敦子、高嶋孝倫、外山滋、新妻淳子、尾形邦裕
2. 発表標題 人体ダミーを用いたヒト代替研究
3. 学会等名 LIFE2023講演予稿集2P1C-4, 2023-09-19-21, ハイブリッドを含めて開催（発表確定）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中島潤、手嶋吉法、山下涼平、山口富治、任点、外山滋
2. 発表標題 耐熱性せん断力センサの開発
3. 学会等名 第37回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、 27P3-SSL-50 (2020). オンライン開催、2020年10月26-28日
4. 発表年 2020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
研究 分 担 者	花房 昭彦  (HANAFUSA Akihiko)  (10547839)	芝浦工業大学・システム理工学部・教授    (32619)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	小田 悠加  (ODA Haruka)  (30784508)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・特任助教    (12601)	
研究分担者	外山 滋  (TOYAMA Shigeru)  (50360681)	国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 障害工学研究部・研究室長   (82404)	
研究分担者	三ツ本 敦子  (MITSUMOTO Atsuko)  (50723780)	国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 義肢装具技術研究部・義肢装具士   (82404)	
研究分担者	中山 剛  (NAKAYAMA Tsuyoshi)  (90370874)	国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 障害工学研究部・研究室長   (82404)	
研究分担者	高嶋 孝倫  (TAKASHIMA Takanori)  (00425654)	長野保健医療大学・地域保健医療研究センター・教授    (33607)	

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