

起立動作と座位姿勢によるスマートチェアの実現に向けて

Development of Smart Chair with Sit-To-Stand Movement and Sitting Position Posture

研究代表者 奈良工業高等専門学校機械工学科 准教授 須田敦

Atsushi SUDA

The purpose of this study is to determine the characteristics of the strain generated in the chair due to the difference in sitting position and changing posture using strain gauges. Experiments were conducted to clarify the characteristics of the strain changes caused by load bias and postural changes. The experimental results showed that the strain generated in the front legs increased as the point of load application moved rearward. In addition, the strain generated in the rear legs increased as the point of load application moved toward the center of the seat surface. Significant differences were found among the qualitative methods. Next, experiments were conducted to clarify the characteristics of the change in strain with postural change. The experimental results showed that the strain changes corresponded to the change in posture. Design guidelines for a smart chair using strain gauges (non-invasive and non-contact sensor for human body) were obtained from these results. In the future works, it was suggested that machine learning and deep learning can be utilized.

要旨

本研究ではひずみゲージを使用し、座位の違いや変化によるひずみの特徴を明らかにすることを目的とする。圧縮試験機による荷重の偏りによる生じるひずみの変化と姿勢変化によるひずみの変化の特徴をとらえる実験を行った。圧縮試験機による実験の結果、荷重を与える点が後方になるにつれ前脚に生じるひずみが大きくなることがわかった。また荷重を与える点が座面の中央に寄るほど後脚に生じるひずみが大きくなることがわかった。定性的ではあるが優位な差が認められた。姿勢変化によるひずみの変化の特徴をとらえる実験の結果、姿勢が変化に対応するひずみの変化が確認できた。これらの結果から座位姿勢を人体に非侵襲かつ非接触なセンサであるひずみゲージを用いて、機械学習や深層学習を用いて認識するスマートチェアが実現可能になる設計指針が得られた。

1. まえがき

学習時の姿勢が悪いと集中力の低下や身体に疲労が溜まりやすいなどの学習態度の悪化につながる⁽¹⁾。さらに、集中力が途切れると姿勢が崩れる。また、PC作業時などでは座位姿勢の悪化により生産性が低下する⁽²⁾。このことから座位姿勢と集中力や生産性は密接な関係にあると考えられる。他方、介護製品会社ではベッドの脚にかかる荷重バランスを測定すること

で離床に繋がる先行動作の検出が可能なセンサを開発している⁽³⁾。しかし、いすはベッドとは異なり動かす機会が多いため、脚元に配置するセンサは向いていない。姿勢認識に関しては、モーションキャプチャやビデオカメラを使用することが一般的である。しかし、一般的なモーションキャプチャでは被験者にセンサを取り付ける、すなわち拘束する必要があるため、日常的に使用しづらい問題点がある。ビデオカメラには被験者との間に障害物が存在すると正確に認識しづらい問題点がある。そのため被験者を拘束せず、被験者とセンサの間に障害物が入らない方法を用いる必要がある。そこで人体に非接触とするため、環境側にセンサを配置し姿勢認識を試みる。センサとしてひずみゲージをいすの脚などに取り付ける。しかしひずみゲージだけでは姿勢認識は行うことが出来ないため、機械学習や深層学習を使用して座位姿勢の認識を試みる。本研究の目的は、機械学習や深層学習を設計するためのデータを集めるため、前段階としていすに取り付けたセンサで姿勢変化によるひずみの変化の特徴を明らかにすることである。

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

図1に本研究で使用する実験装置の概略図を示す。学生が普段使用する学生いす6号(プラス, PSS-NSE6)の脚と背もたれのフレームにひずみゲージ(東京測

器研究所, FAB-3-11-1LJC-F) を貼り付けたものを使用する。各脚のひずみゲージは地面から座面までの高さの約半分, 背もたれのひずみゲージは背もたれ下端から座面までの高さの約半分の位置に取り付ける。ひずみゲージは各脚のフレーム, 背もたれのフレームに挟むように 2 本ずつ, 合計 12 本取り付ける。ひずみゲージはフレームの縦ひずみを計測できるように縦向きに, また座面の裏にひずみ計測用のデータロガー (キーエンス, NR-500), ひずみ計測ユニット (キーエンス, NR-ST04) を取り付ける。図 2 に装置外観を示す。学生いす本来の外観を損なわず, 持ち運びも可能である。被験者に非侵襲かつ非接触な実験装置である。被験者は姿勢を計測されていることを意識せず本装置を使用可能である。ひずみは伸び方向を正, 縮み方向を負とする。左前脚を FL, 右前脚を FR, 左後脚を RL, 右後脚を RR, 背もたれ左を BL, 背もたれ右を BR とする。また図 1 の正面から見て外側を Out, 内側を In とする。

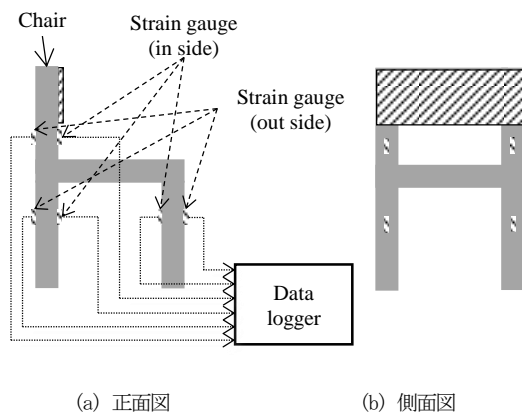


図 1 装置概略図

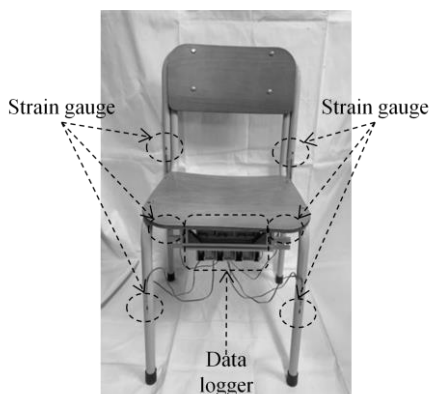


図 2 装置外観

2.2 荷重位置とひずみの関係

図 3 に示す通りいすの座面を 120 mm 四方の 9 エリアに分ける。図 4 の圧縮試験機⁽⁴⁾で各エリアの中央に 1000 N の荷重をかけ, 荷重の偏りによるいすに生じるひずみの変化を調べる。ひずみ計測のサンプリングタイムは 100 ms である。本圧縮試験機には 2 台のサーボシリンダがあり, それぞれが独立してリニアガイドに取り付けられ任意の位置に移動が可能である。本試験機は x 軸方向に 1600 mm, y 軸方向に 900 mm の移動範囲を持ち, 機械構造物の任意の 2 点にそれぞれ最大 10 kN の荷重を加えることができる。

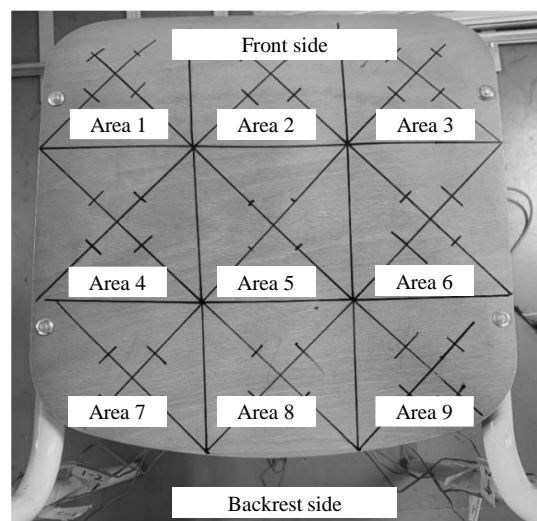


図 3 座面の 9 エリア

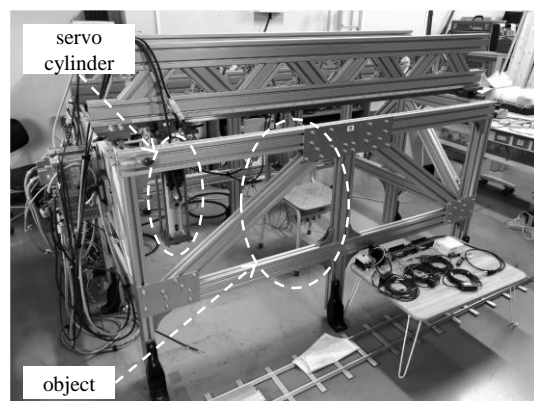


図 4 圧縮試験機外観

2.3 姿勢変化によるひずみの変化

計算問題⁽⁵⁾を 20 分間解き続け, 姿勢変化によって生じるひずみの計測を行う。加えて, 実験中の姿勢を確認するために側面から動画を撮影する。同様の実

験を日時, 人を変えて実験を行う. 撮影動画とひずみ計測結果を比較して, いすに座る姿勢といすに生じるひずみの変化の関連性を調べる. 計算問題は図5に示す通り, 上段の2個の数値をその中央下段にある演算記号に従って計算を繰り返し, 図6のように計算結果を記入するものである. ひずみ計測のサンプリングタイムは100 ms である.

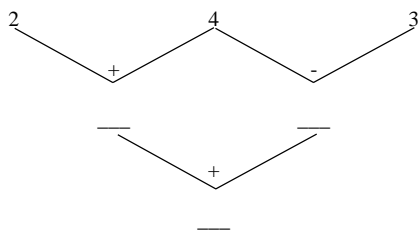


図5 計算問題の一例

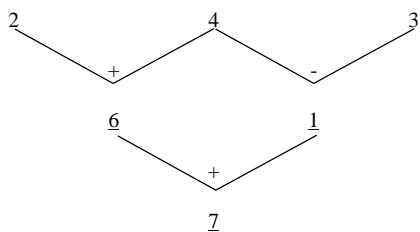


図6 計算結果の一例

3. 実験結果および考察

3.1 荷重位置とひずみの関係の結果

紙面の都合で実験結果の一部のみを示す. 図7はエリア2に荷重を付した際に生じるひずみ, 図8はエリア4に荷重を付した際に生じるひずみ, 図9はエリア5に荷重を付した際に生じるひずみ, 図10はエリア6に荷重を付した際に生じるひずみ, 図11はエリア8に荷重を付した際に生じるひずみを示す. 横軸が圧縮試験機で与えた荷重, 縦軸がひずみの各所に生じたひずみである.

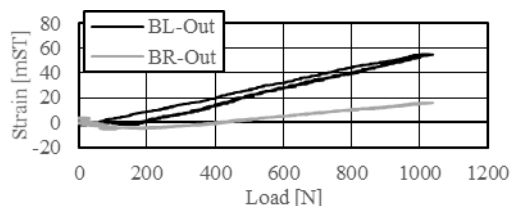
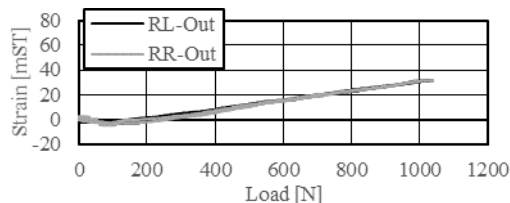
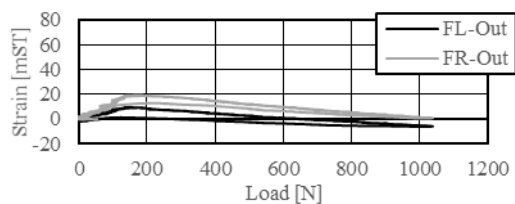


図7 エリア2の実験結果

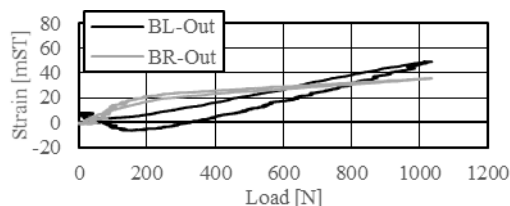
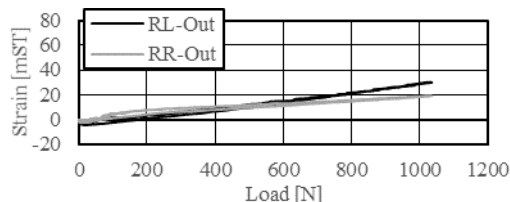
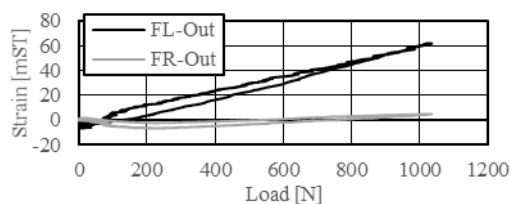


図8 エリア4の実験結果

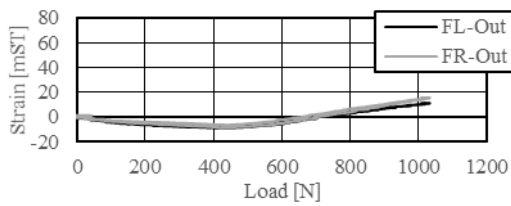


図9 エリア5の実験結果

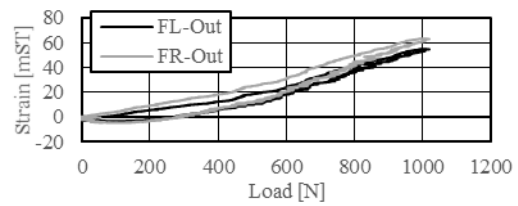
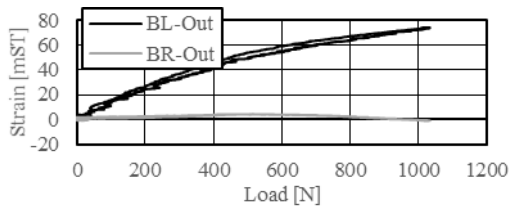
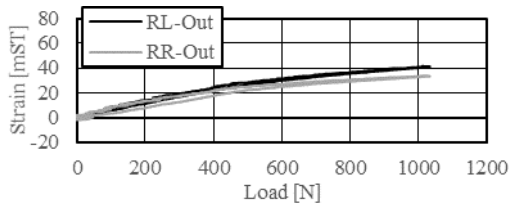


図11 エリア8の実験結果

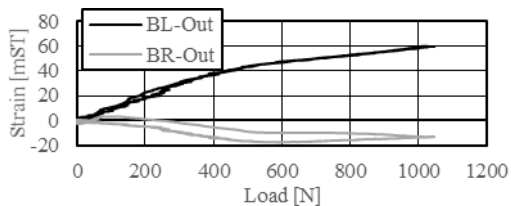
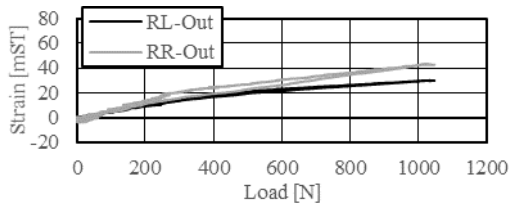
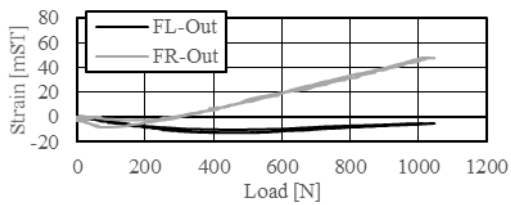
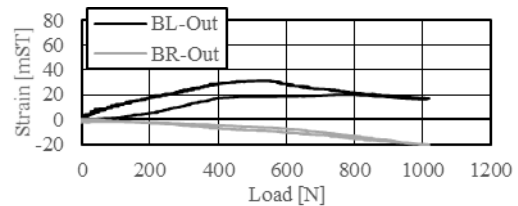
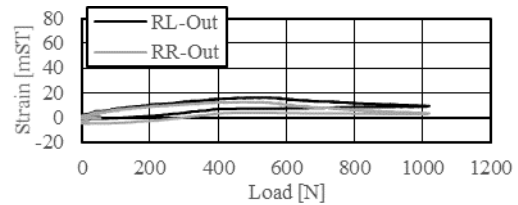


図10 エリア6の実験結果

エリア2, 5, 8で比較を行うと、荷重を与える点が後方になるにつれ前脚に生じるひずみが大きくなることわかる。また荷重を与える点が座面の中央に寄るほど後脚に生じるひずみが大きくなることわかる。エリア4, 5, 6で比較を行うと荷重の偏っている方の脚に生じたひずみが大きくなることわかる。定性的ではあるが優位な差が認められ、機械学習や深層学習を設計するためのデータとなりうると考えられる。

3.2 姿勢変化によるひずみの変化の結果

紙面の都合で被験者1名分のみの実験結果を示す。図12~17に姿勢変化によって生じるひずみの結果のグラフを示す。図12に左前脚 (FL), 図13に右前脚 (FR), 図14に左後脚 (RL), 図15に右後脚 (RR), 図16に背もたれ左 (BL), 図17に背もたれ右 (BR)の結果を示す。

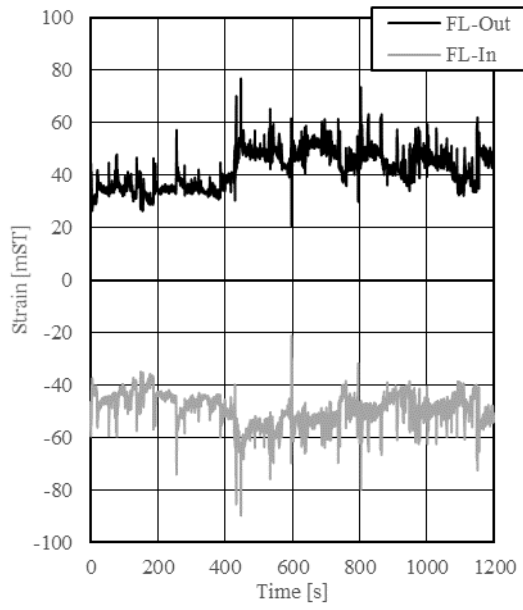


図12 左前脚 (FL) 実験結果

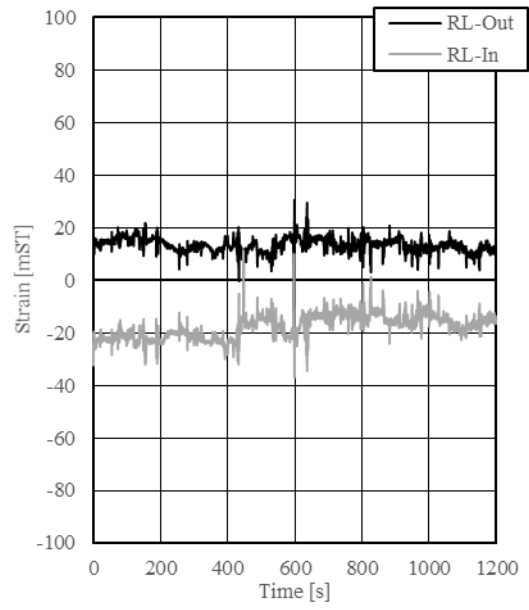


図14 左後脚 (RL) 実験結果

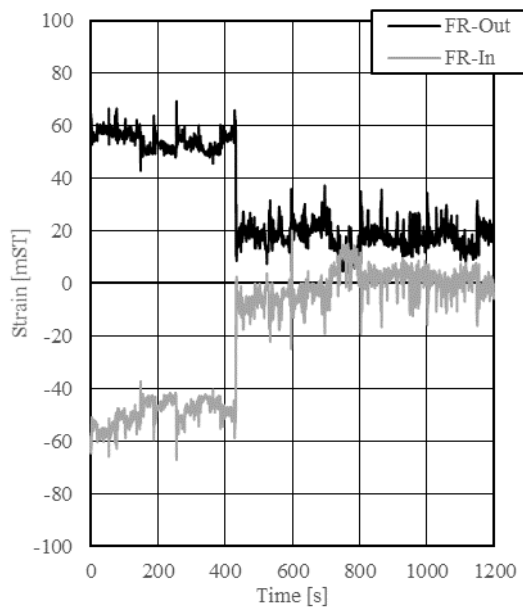


図13 右前脚 (FR) 実験結果

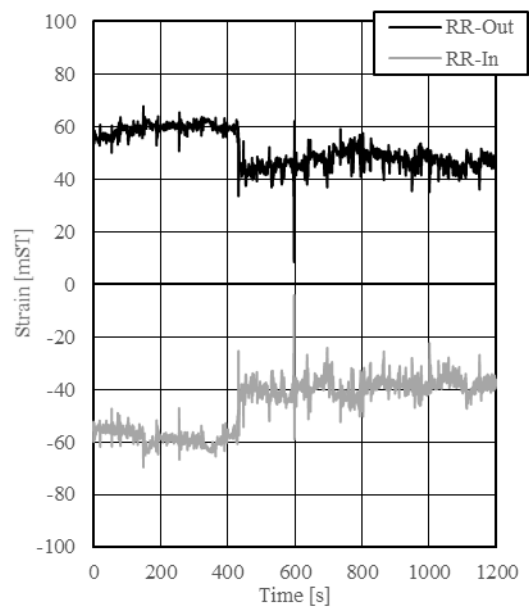


図15 右後脚 (RR) 実験結果

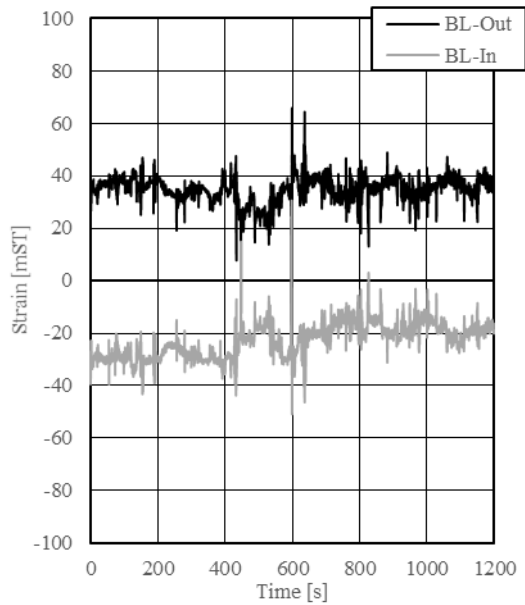


図16 背もたれ左 (BL) 実験結果

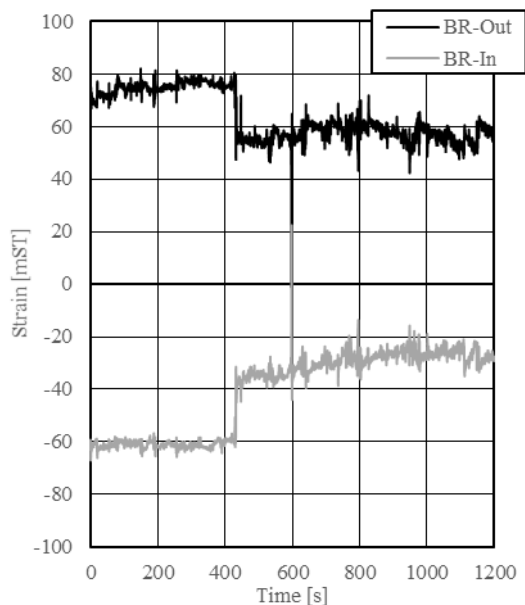


図17 背もたれ右 (BR) 実験結果

各図より開始後 430 秒付近と 600 秒付近で共通して大きなひずみの変化が見られる。図 18 に 430 秒付近の姿勢、図 19 に 600 秒付近の姿勢を示す。図 18、図 19 の破線は姿勢変化前、実線は姿勢変化後である。



(a) 変化前 (b) 変化後

図18 開始430秒付近の姿勢変化



(a) 変化前 (b) 変化後

図19 開始600秒付近の姿勢変化

430 秒付近での姿勢変化は約 30 度である。左前脚に生じたひずみは増加したが、他箇所が生じたひずみは低下した。600 秒付近での姿勢変化は約 30 度である。ひずみが瞬間的に減少し、その後変化前の値付近まで戻ったことがわかる。

3.3 姿勢変化によるひずみの変化に関する考察

430 秒付近の結果より姿勢が前傾姿勢に変化した際に左方向にも傾いていたと考えられる。側面からのカメラでは前後移動しか捉えてないので実際に姿勢が偏っているかの確認が行えない。そこで側面からの撮影だけではなく正面からの撮影も行うことで姿勢とひずみの特徴量を捉えることが可能となると考えられる。捉えた特徴量を用いることでひずみデータと姿勢データが紐付けられて機械学習や深層学習に使用できると考えられる。また Depth AI カメラを用いることで姿勢データとひずみデータの紐づけがより容易になると考えられる。さらに、背筋が約 30 度前方に傾くことでの前脚に生じるひずみが大きく変化し、後脚に生じるひずみは前脚より小さく変化すると考えられる。600 秒付近の結果より背筋が正されることで重心が中央に寄ることにより瞬間的に各

箇所が生じたひずみが減少したと考えられる。上記より体の傾きをひずみゲージと機械学習や深層学習を用いて認識することが可能と考えられる。

4. あとがき

本研究は機械学習や深層学習を用いて姿勢認識を行うことが可能なスマートチェアの製作のため、必要なデータの特徴を明らかにすることを目的とした。計算問題を用いた実験で自然に変化した姿勢によるひずみの変化の特徴を確認するための実験を行った。その結果、自然に変化した姿勢によるひずみの変化の特徴を確認することができた。側面からの動画を撮影ではなく正面からの撮影することで機械学習や深層学習に使用できると示唆された。座位姿勢を人体に非侵襲かつ非接触なセンサであるひずみゲージを用いて、機械学習や深層学習を用いて認識するスマートチェアが実現可能になる設計指針が得られた。

口頭発表

- [1] 脇村匠, 須田敦, スマートチェアの実現に向けた人体に非接触かつ非侵襲なセンサを用いた座位姿勢認識の試み, 日本設計工学会関西支部 2022 年度研究発表講演会, A6-1, pp. 35-38, 2023 年 3 月 11 日.

参考文献

- (1) 今野義孝, 吉川延代, 長澤喜紀, 学習態度に及ぼす姿勢コントロールの効果, 第 52 回総会発表論文集, p. 629, 日本教育心理学会, (2010).
- (2) 夏舒雲, 久保博子, 自宅学習における姿勢が疲労・パフォーマンスに及ぼす影響について, 人間工学, Vol. 58, Issue Supplement, 1G1-03, 日本人間工学会, (2022).
- (3) トーテックアムニティ株式会社, 見守りライフ (online), available from <<https://www.totec-mlife.jp/>>, (参照日 2023 年 3 月 15 日).
- (4) 大道拓斗, 須田敦, 谷口幸典, 構造物の剛性評価を行う荷重負荷試験機の開発, 日本機械学会関西学生会 2019 年度学生員卒業研究発表講演会, 10A13, (2020).
- (5) 川島隆太, 川島隆太教授の脳を鍛える携帯版大人のドリル, くもん出版, (2004).