

製品の多面的評価による快適性評価指標の作成 (第2-2報)

— 座り心地評価のためのボディースーツ型椅座姿勢計測 —

佐藤幸志^{*}, 兵頭敬一郎^{*}, 疋田武士^{*}, 佐藤寿喜^{*}, 北嶋俊朗^{**}, 濱名直美^{***}, 野呂影勇^{****}

^{*}製品開発支援担当, ^{**}工業化学担当, ^{***}大分県農林水産研究指導センター林業研究部, ^{****}早稲田大学・エルゴシーティング株式会社

Creating comfort evaluation guidelines based on multi-evaluation of products (2nd Report-2)

— A wearable pressure distribution sensor for comfort research —

Koushirou SATOU^{*}, Keiichiro HYODO^{*}, Takeshi HIKIDA^{*}, Hisaki SATOU^{*}, Toshirou KITAJIMA^{**},

Naomi HAMANA^{***}, Kageyu NORO^{****}

^{*}Product Design and Development Section, ^{**}Industrial Chemistry Section,

^{***}Oita Prefectural Agriculture Forestry and Fisheries Research Center, Forestry Research Division,

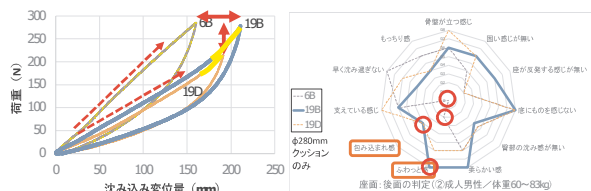
^{****}Waseda University・ErgoSeating Co., Ltd

要 旨

ソファの座り心地と関連する数値指標として、着座時の座面の体圧分布と骨盤傾斜角に着目し、体圧分布の計測結果を被験者の主観評価と対比したところ、複数の主観評価項目について、圧力分布最高値の大小順位の傾向に関連する可能性が示唆された。また仙骨サポートの有無で条件を変えたソファへの椅座姿勢における骨盤傾斜角を比較したところ、仙骨サポートが骨盤傾斜角の後傾を防ぐ機能を発揮している可能性が示唆された。(本報は2021年12月17日に開催された日本人間工学会九州・沖縄支部会発表「体重差対応型ソファの設計 -第四報 座り心地評価のためのボディースーツ型椅座姿勢計測-」の抄録の内容に、口頭発表時の補足説明内容を追記して作成した。)

1. はじめに

第1報¹⁾、第2-1報²⁾にて、ソファの座り心地の主観評価には、「座面の沈み込み量(クッションの沈み込み深さ¹⁾)」と「JIS_K_6400_2の試験方法を一部利用した等速静荷重試験によって作成されるクッションの弾性ヒステリシス曲線」の形状が数値指標として被験者の座り心地の主観評価に影響を与えている可能性と、体重の異なる被験者において適正なクッションの組み合わせが異なる可能性があることが示唆された(Fig. 1)。



ヒステリシス曲線 ↔ 座り心地

Fig. 1 座面のヒステリシス曲線と座り心地の主観評価

本報告では体重差対応型ソファを多面的に評価するために、「座面の沈み込み量」以外に主観評価に影響を与える可能性がある新たな数値指標として、「仮説① 矢状

面方向から見た、座骨結節点と膝関節中心を結ぶ大腿部背面の直線上の体圧分布(以後、矢状面体圧と呼ぶ)が、座り心地や身体の負担と強く関連している。」と、「仮説② 上半身傾斜角と骨盤傾斜角の相対角度(以後、相対骨盤傾斜角と呼ぶ)が、座り心地や身体の負担と強く関連している。」を提案し、更にその①②を同時に計測するために作成した「ボディースーツ型椅座姿勢計測ツール」の有用性を評価する。

2. モデルと実験方法

提案した仮説①②の数値を同時に計測できるよう開発した「ボディースーツ型椅座姿勢計測ツール」により体重差対応型ソファに座る被験者の椅座姿勢を計測する。

2.1 矢状面体圧

椅座姿勢の体圧分布では一般に、座面や背面の最大圧力値や体圧変化の勾配の緩急等に注目して等圧線表示などによる面としての計測・分析が行われる。

本報告では、「仮説① 矢状面体圧が、座り心地や身体の負担と強く関連している。」との仮説を提案する。いわゆる、椅子に座った人体を横から見た場合の体圧変化と、座り心地や身体の負担との関連に着目している(Fig. 2)。

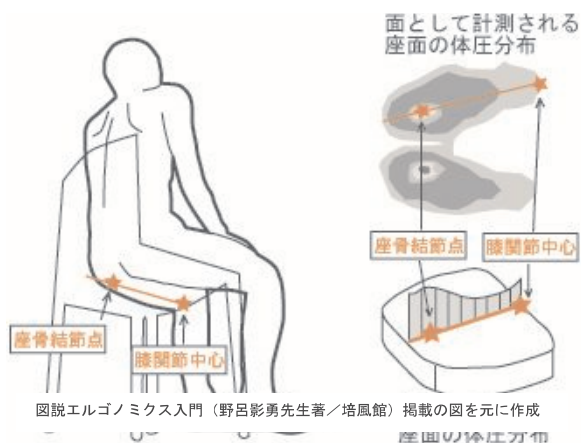


Fig. 2 面として計測される座面全体の体圧分布と、矢状面から見た座骨結節点前後の体圧分布

その確認のため、硬さや構造が異なる座面における椅座姿勢について、座骨結節点前後の矢状面体圧を計測する。

被験者への圧力センサの取り付けには、伸縮性のあるベルトやサポータを使い直線状のセンサユニットを体の中心線に沿って取り付けている (Fig. 3)。

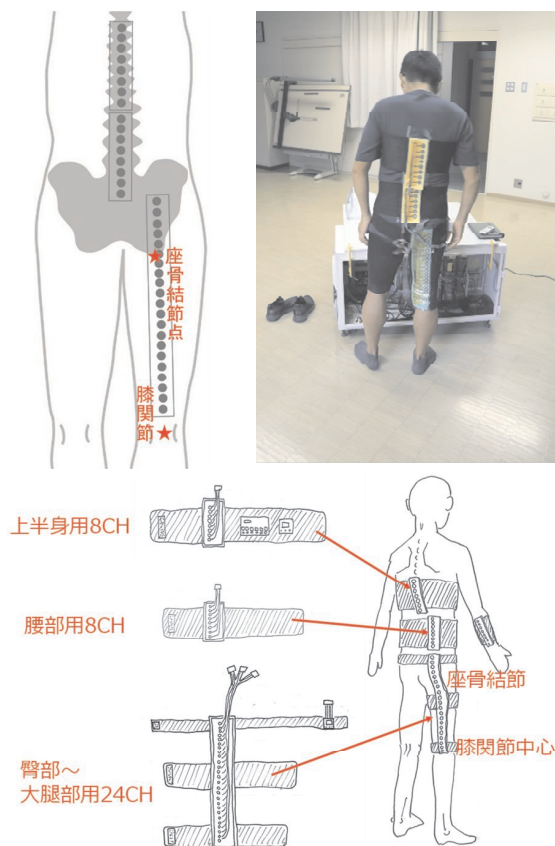


Fig. 3 大腿部背面の直線状の計測箇所

2.2 相対骨盤傾斜角

椅座姿勢の身体への負担を表す数値指標の一つに骨盤傾斜角があり、骨盤位置の皮膚または着衣外側に取り付けたIMU (慣性計測ユニット) の回転角度を骨盤の傾きとして計測するものである。

骨盤傾斜のみで通常大部分の椅座姿勢は評価できると思われるが、デスクワークや乗車等で長時間座り続ける際に安楽を求めて様々な椅座姿勢をとる変化の中には、骨盤傾斜角が同じでも上半身の傾きが異なる姿勢が少なからず観察される。(Fig. 4)

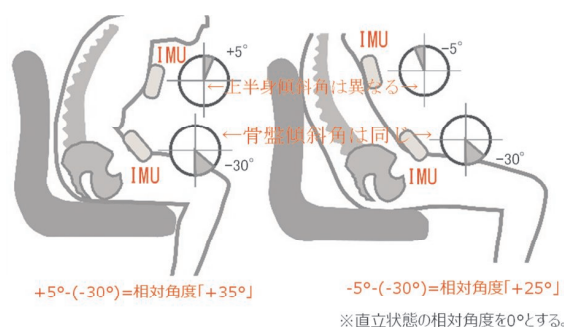


Fig. 4 相対骨盤傾斜角が異なる姿勢サンプル

上半身に対する骨盤の相対的な傾斜角は身体への負担に強く影響するとの仮説の元、これまでの骨盤用に追加して、上半身に2つ目のIMUを取りつけて上半身に対する相対的な骨盤傾斜を計測することで、これまでの1つのIMUの計測による骨盤傾斜だけでは計測できなかった腰部への負担等が確認できる手法の有用性を検討する。

計測のため肋骨中央前面と、骨盤の左右の上前陽骨棘を結んだ直線の中心に、6軸IMU(3軸加速度計と3軸ジャイロ計を内蔵)を固定し、上半身と骨盤のRoll(左右の傾斜)とPitch(前後の傾斜)を計測し、その相対角度を確認する。

写真は実際の被験者へのIMUの取り付け状況であり、被験者毎のIMU計測値を比較するために、計測開始前に壁を背にして直立した状態で2つのIMUのロール角とピッチ角を計測し、被験者毎の0°位置の確認を行っている (Fig. 5)。

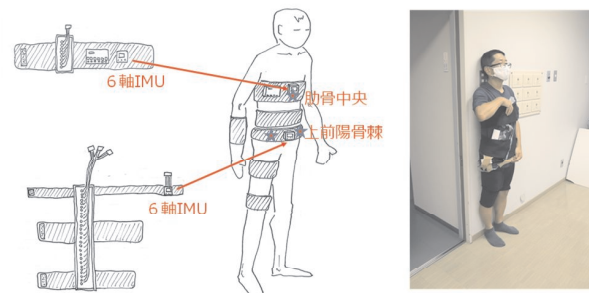


Fig. 5 上半身と骨盤の傾斜角計測用IMUの取り付け位置

2.3 ボディスーツ型椅座姿勢計測ツール

今回開発した計測ツールは、IMUが実装されたマイコンを、複数の圧力センサと共に被験者側に取り付ける「ボディスーツ」部と、ボディスーツからの計測データを表示・記録する「PC」部(Fig. 6)から構成される。

被験者の自然な動作を妨げることを極力防ぐために、無線通信によりボディスーツとPCのデータ入出力を行う。

- ・ボディスーツ部品：M5StackGray, FSR402 他
- ・PC ソフトウェア開発環境：Processing3.5.4

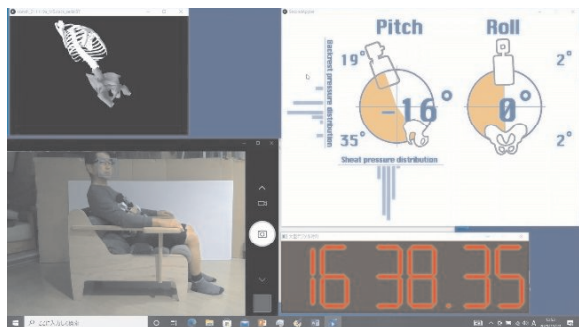


Fig. 6 計測データ表示・記録用ソフトウェア

2.4 実験用ソファ

第1報で使用した実験用ソファを元に動作負担軽減と動作速度調整が容易となるよう手すりを追加し、座面クッション配置は第1報の主観評価データと比較するために第1報と同じ5種類のクッションを使用し、配置も第1報に準じた。

また、相対骨盤傾斜角計測の有用性の確認のため、骨盤の後傾を防ぐ効果が期待されるHFSP/仙骨サポート³⁾を使用する(Fig. 7)。

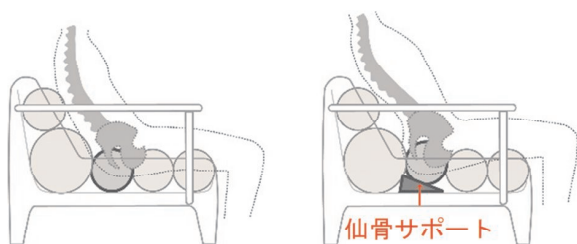


Fig. 7 仙骨サポート有無による骨盤傾斜角の変化

3. 結果

3.1 座骨結節点前後の体圧分布

硬さや座り心地が異なる複数のクッションについて、計測された矢状面体圧の線形グラフについては、座骨結節点の位置を揃え、重ねてプロットして比較する手法を提案する。

5種類のクッションについて、矢状面方向から見た座面の座骨結節点前後の体圧分布を、座骨結節点をそろえ

て重ねてプロットすると Fig. 8 のようになり、最も硬い 51c の最高圧力値は最も大きく、最も柔い 4a1 の最高圧力値は最も小さく、クッション材料の柔らかさを反映した結果となった。

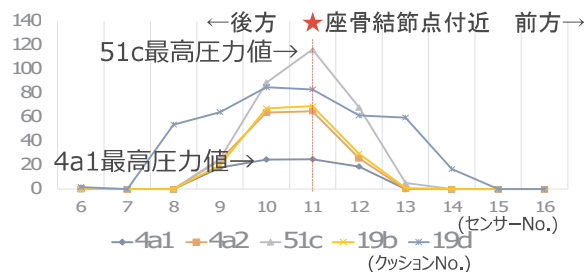


Fig. 8 矢状面から見た座骨結節点前後の体圧分布

第1報¹⁾の主観評価と対比したところ、「早く沈み込み過ぎない」、「固い感じが無い」「座が反発する感じが無い」は最高圧力値の大小順位の傾向に関連する可能性が示唆された(Fig. 9)。

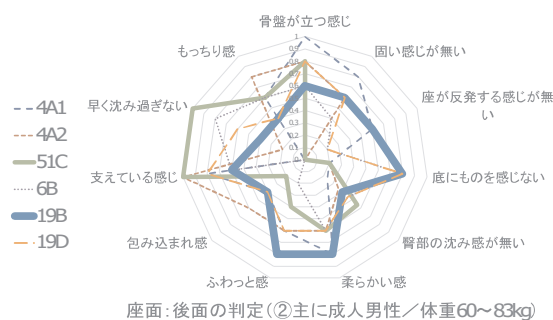


Fig. 9 5種類のクッションの座り心地の主観評価 (第1報)

また「包み込まれ感」については、体圧分布の勾配が急な 51c が最も低く、相対的に勾配が緩やかで長い距離で荷重を分散して支えていると思われる他のクッションの評価が高く、関連が示唆される結果となった(Fig. 10)。

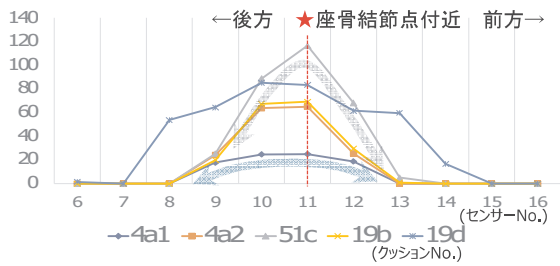


Fig. 10 5種類のクッションの矢状面体圧分布の勾配の緩急

3.2 相対骨盤傾斜角

仙骨サポートの有無による骨盤傾斜角と、相対骨盤傾斜角について、座骨結節点に乗るクッションを、φ180mmとφ280mmの2種類それぞれにおいて比較したところ、どちらも仙骨サポートの効果が傾斜角に現れている可能性と、クッションの薄いφ180mmの骨盤傾斜角が相対的に小さく、仙骨サポートの効果が大きい可能性が示唆される結果となった。

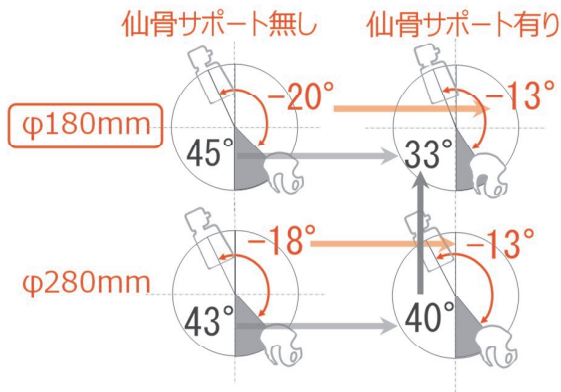


Fig. 11 仙骨サポートの有無と相対骨盤傾斜角

4. 考察

第1報、第2-1報の沈み込み変位量の計測(Fig. 12)に追加して、新たなツールにより坐骨結節周辺の圧力分布と相対骨盤傾斜角が計測可能となった。体重差対応型ソファの評価を万全とするための、より多面的な評価が可能となったと考えている。



Fig. 12 利用者の体格差や好みに合わせて、クッションの組み合わせを変更可能な体重差対応型ソファ(伸縮する指し棒を取り付け、沈み込み変位量を計測)

ポティスーツ型椅座姿勢計測ツールにより実現した骨盤傾斜と体圧分布の同時計測により、これまで困難だった姿勢変化と身体負荷の関連性を新たな快適性評価の数値指標として検討できる可能性が出てきたため、今後の取り組みとしたい。

謝辞

本研究に多大なる支援を頂いた、エルゴシーティング株式会社 渡邊候子様、独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所 小山秀紀博士、早稲田大学理工学部理工学術院総合事務・技術センター 中川翔哉、(株)アサヒのみみなさまに心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐藤幸志郎他 製品の多面的評価による快適性評価指標の作成(第1報). 大分県産業科学技術センター令和2年度 研究報告, 2020
- 2) 兵頭敬一郎他 快適性の多面的評価に基づくソファの設計(第2-1報). 大分県産業科学技術センター令和3年度 研究報告, 2021
- 3) Kageyu Noro1, Rani Lueder2, Shunji Yamada3, Goroh Fujimaki4, Hideki Oyama1, Yuki Hashidate1, Revisiting Sitting Cross-Cultural Aspects of Seating, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, vol. 50, 7: pp. 814-819. , First Published Oct 1, 2006.