

ソファクッションの硬さが人体に与える影響

藤巻吾朗*

Effect of Sofa Cushion Stiffness on Human Body

Goroh FUJIMAKI*

着座姿勢の安定性や生体組織の変形に伴う循環器系への影響に着目し、硬さの異なるクッションが人体に与える影響を調査した結果、1) 下肢の体液循環については、同じ姿勢であれば大腿部にかかる圧力の影響が強く、大腿部にかかる圧力を軽減することで（臀部に対して大腿部のクッションを軟らかくすることで）、下肢の血流が阻害されず、むくみの進行を抑えることができる。2) 姿勢の安定性については、臀部クッションの物理特性の影響が強く、一定荷重での変位量の時間的な変化が小さいクッションが姿勢を安定させる上で望ましい。3) ソファ全体での総合的な触感、座面に比べて背面のクッションの影響が強く、背面のクッションを軟らかくすることで触感が良くなる。ということがわかった。

また、過去の研究成果をもとに試作したソファについて、問題点や改善点を検討したところ、部位による硬さの調整は、座面は臀部と大腿部、背面は腰部と背部で調節すれば十分な効果が得られ、触感も向上することが推測された。さらには、臀部のクッションはウレタンフォームだけではなくバネ等の併用が良く、背面は最終安定姿勢を考慮した上で、触感を重視することが望ましいと考えられた。

1. 緒言

ソファに代表される休息用椅子の多くには厚みのあるクッションが使用されており、座り心地に大きく影響している。クッションは触感の向上、底つきの防止や圧力の分散、着座時の衝撃の吸収などの役割を担っており、併せて着座姿勢の安定した保持も椅子の基本的な性能として求められる。このように複雑な機能を持つクッションについては、未だ不明な点が多いのが現状である。

一方で経験的には軟らかいクッションは触感が良く、硬いクッションは疲れにくいと言われている。軟らかいクッションは触感が良いことを示唆する報告は過去になされているが^{1)~3)}、クッションの硬さと疲れやすさに関する知見は不足しており、その裏付けとなるデータが求められている。

本研究では、着座姿勢の安定性や生体組織の変形に伴う循環器系への影響に着目し、硬さの違うクッションが人体に与える影響について検討を行う。また、過去の研究成果をもとに試作したクッションの問題点や改善点の抽出を併せて行う。

2. ソファクッションの評価に関する仮説

2.1 クッション評価の論理モデル

ソファクッションは大きく分けて触感と身体負担の2つの要因から評価されていることが考えられる。一般的にクッションは人による好みの差が大きいことが知られているが、これは、この2つの要因の重み付けが用途や嗜好性などの個人特性により変わるためであると考えられる。腰痛や肩こり、下肢のむくみや冷えなどの問題を抱えている人は必然的に身体への負担を重視し、身体の問題を抱えていない人は特に短時間の着座では触感を重視する傾向があると考えられる。

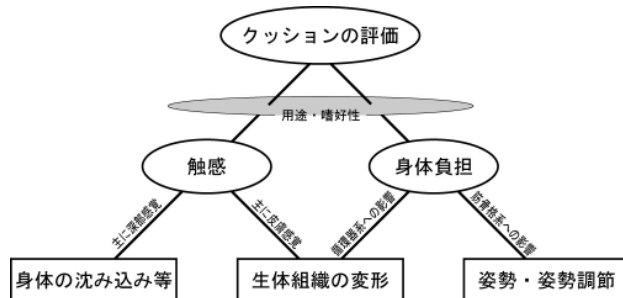


図1 クッション評価の論理モデル

* 試験研究部（シミュレーション研究室）

2.2 クッションの触感について

触感のメカニズムはまだ明らかになっていないものの、表面の性質や圧力など主に皮膚の変形により感じる感覚（主に皮膚感覚で知覚）と身体(position)や運動を感じる感覚（深部感覚で知覚）による複合的な感覚であることがわかっている⁴⁾⁵⁾。このことから、ソファクッションの評価は着座時の生体組織（皮膚、筋肉等）の変形や身体全体の沈み込みが強く関わっていることが推察される（図2）。さらに沈み込みの感覚については視覚的な影響もあると考えられる⁵⁾。

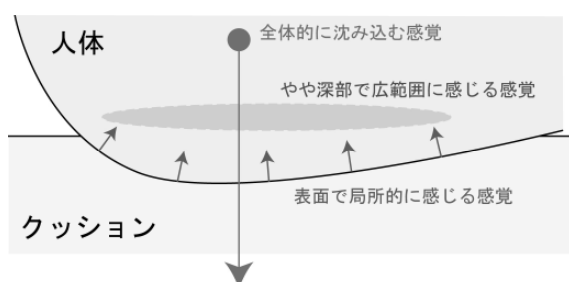


図2 触感に関する概念図

2.3 クッションと身体負担について

身体負担については、姿勢保持や姿勢を安定させるための筋活動および関節にかかる負担（筋骨格系の影響）と生体組織の変形による内部応力の増大とそれに伴う組織血液循環への影響（循環器系への影響）が考えられる。人体とクッションの接触面を局所的にみた場合には、図3のような関係が考えられる。生体組織に比べてクッションが硬い時は、姿勢は安定して保持されるが、生体組織の変形が大きく、循環器系への負担が大きい（圧痛、むくみ、しびれ等を感じる）と考えられ、生体組織に比べてクッションが軟らかい時は、生体組織の変形は小さいが、姿勢が安定して保持されず、筋骨格系への負担が大きい（肩や腰の痛み等を感じる）と考えられる。しかし、人体については身体の部位により物性が異なることが過去の研究⁶⁾で明らかになっており、上述のような関係が実際のソファクッションで成り立つか検証を行う必要がある。

3. 実験1：クッションと身体負担について

3.1 実験概要

成人男性6名を対象に各条件について、仰臥位で20分間安静にしてもらった後、試作ソファに座って20分間の映画鑑賞を行ってもらった。その際、座りなおし等の姿勢変化は避けてもらった。室内環境は温度22-23℃、湿度45-50%RHであった。

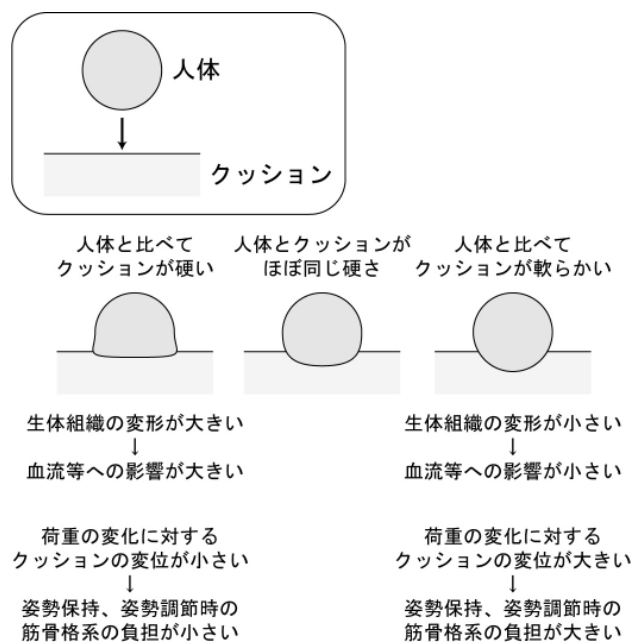


図3 クッションと身体負担の関係

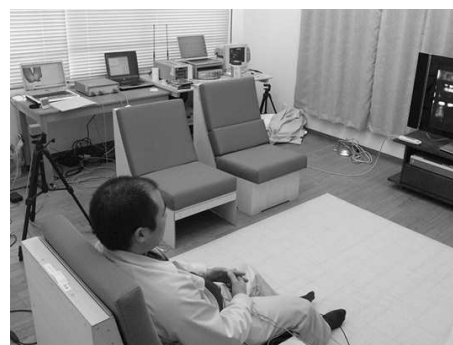


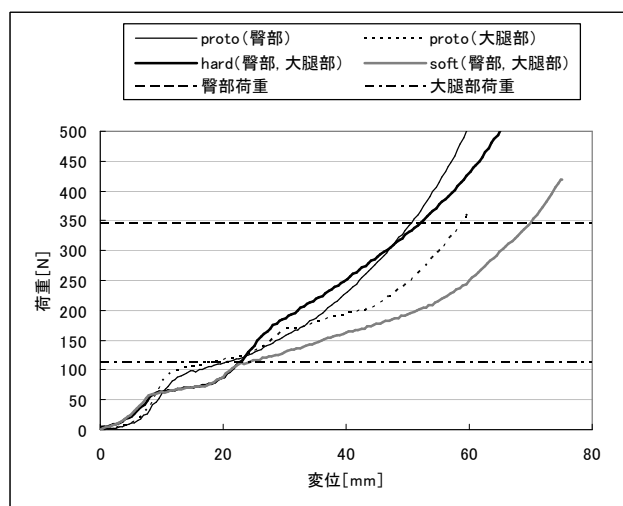
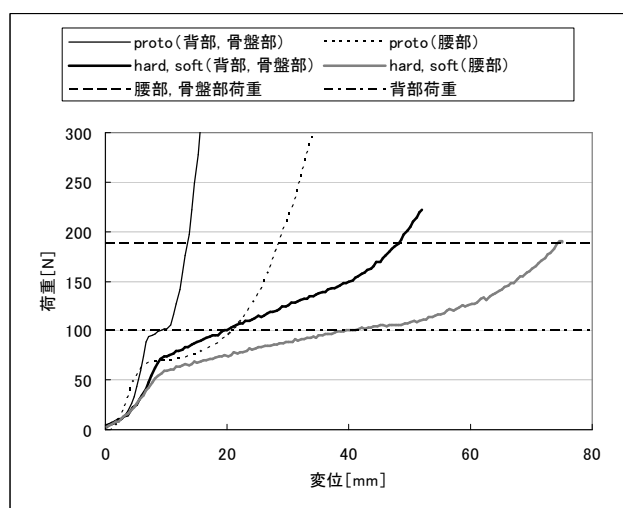
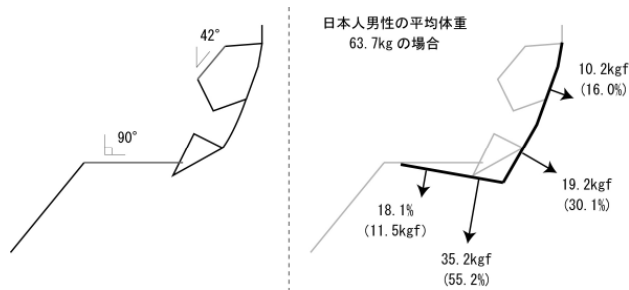
図4 実験風景

3.2 実験条件

硬さの異なる3タイプの実験用ソファを用意した（表1、図5-6）。ソファクッションの評価には着座姿勢が影響することが考えられたため⁷⁾、全ての条件での最終安定姿勢が一定となるように（図7）日本人男性の標準体型をもとにクッションの変位量を計算し、角度や寸法を調節した^{8~10)}。

表1 実験用ソファの概要

条件 1	試作クッション (proto)
	身体の部位ごとに接触面でのクッションの物性を生体組織の物性に近似させたクッション ⁶⁾ 25%圧縮時の硬さ：臀部116N、大腿部122N 腰部133N、背部239N
条件 2	座面が硬いクッション (hard) ¹⁰⁾
	25%圧縮時の硬さ：座面158N、背面61N
条件 3	座面が軟らかいクッション (soft) ¹⁰⁾
	25%圧縮時の硬さ：座面64N、背面61N

図5 座面クッション圧縮時の物理特性¹¹⁾図6 背面クッション圧縮時の物理特性¹¹⁾図7 最終安定姿勢と支持面にかかる力¹⁰⁾

3.3 測定項目

3.3.1 下肢のむくみ測定

下肢の体液循環の働きを調べるため、多周波数方式体脂肪計 (MLT-30 積水化学工業) を用いて、生体電気インピーダンス法による下肢のむくみ測定を行った。電極は、左右の外果点付近に電流電極、その上方50mmの位置に検出電極を貼り付け、

下肢の電気抵抗の変化を5分間ごとに記録した。測定結果から推定された周波数0Hz時での抵抗値をもとに逆数を求めて、その値を下肢のむくみの指標 (BI値) とした¹²⁾。下肢体積の個人差の緩和のため、臥位安静時のBI値を基準に①式で求めた値を分析に使用した。

$$\text{BI 値 (臥位基準)} = \frac{\text{BI 値}}{\text{臥位安静 20 分後の BI 値}} \quad \cdots \text{①}$$

3.3.2 体圧分布測定

体圧分布測定装置 (Xsensor X2HS Xsensor) を実験用ソファの座面に設置し、着座時の体圧分布をサンプリング周波数10Hzで記録した。着座20分後の座面の体圧分布について、接触面積、平均圧力値、最大圧力値、標準偏差を算出し、条件間の比較を行った。

3.3.3 骨盤部および胸部の角度測定¹³⁾

3次元位置センサ (ISOTRAK II Polhemus) を用いて骨盤部の角度および胸部の角度測定をサンプリング周波数1Hzで記録した。レシーバは上前腸骨棘点 (左側) および胸骨上点に貼り付けた。測定結果をもとに②式で求めた値を骨盤部および胸部の傾斜角度とした。

$$\text{傾斜角度} = \text{測定値} - \text{自然立位 10 秒間の平均値} \quad \cdots \text{②}$$

3.3.4 疲労部位調査

20分間の着座後に身体の部位14箇所および全身の負担感について7段階の評定尺度で回答してもらった。回答結果については被験者ごとに標準化した。

4. 実験2：クッションと触感について

4.1 実験概要

実験1で使用したソファについて、12名の被験者を対象にクッションの触感に関するアンケート調査を行った。

4.2 アンケート調査について

臀部、大腿部、骨盤部、腰部、背部のそれぞれの部位について「硬い感じ」「深く沈み込む感じ」「跳ね返る感じ」などの計14項目の評価カテゴリーの中から被験者が感じた感覚をチェックシート方式で回答してもらった。また、総合的な評価として、ソファ全体での触感 (良いー悪い)、姿勢 (楽ー辛い)、総合評価 (良いー悪い) を5段階の評価尺度で回答してもらった。回答結果については被験者ごとに標準化した。

5. 結果と考察（実験 1）

5.1 下肢のむくみ測定

図7に下肢のむくみ測定結果を示す。着座後10分程度までは姿勢変化による急速なむくみの変化が生じ不安定な状態となることが考えられたため¹²⁾、着座10分後からの測定値を分析に使用した。クッションの違いと時間を要因とした二元配置の分散分析をおこなった結果、時間の主効果 ($p<0.01$) および交互作用 ($p<0.01$) が認められた。このことから、下肢のむくみは時間とともに進行し、その進行度合が条件により異なることが考えられた。着座10分後以降のBI値の変化はほぼ線形に推移していることが確認されたため、被験者毎に各条件での近似直線の傾きを求め、一元配置の分散分析により条件間の比較を行った（図8-9）。

その結果、クッションの要因に主効果が認められ ($p<0.05$)、条件1（試作クッション）は他の条件と比較して下肢の血流が阻害されないためにむくみの進行が遅かったことが考えられた。

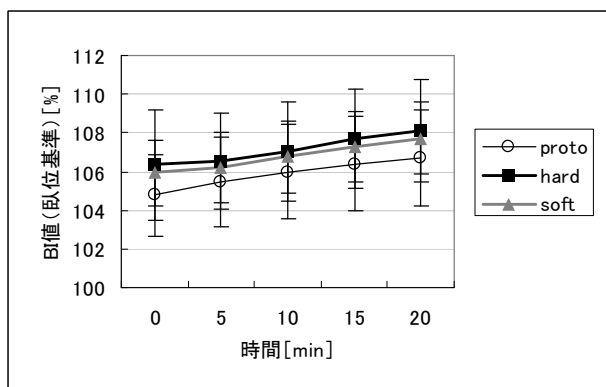


図8 下肢のむくみ測定結果

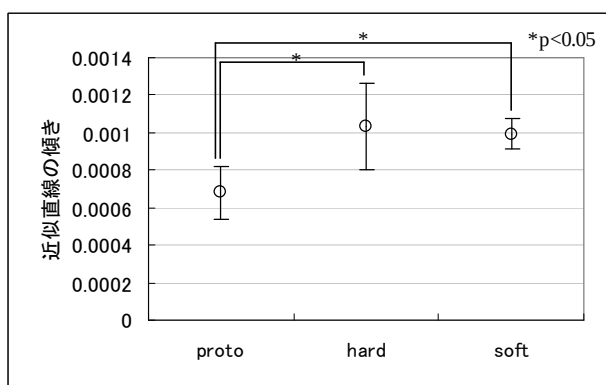


図9 下肢のむくみの進行度合の比較

5.2 体圧分布測定

着座20分後の座面の接触面積、平均圧力値、最大圧力値、標準偏差（圧力のバラツキ）について、それぞれクッションを要因とした一元配置の分散分析を行った結果、接触面積、平均圧力値、標準偏差で主効果が認められ ($p<0.05$)、最大圧力値について主効果は認められなかった。以下に結果の概要を示す。

座面が軟らかいクッションの条件は他の条件と比べて座面の接触面積が大きく、平均圧力値が低い傾向があった（図10-11）。試作クッションの条件では、他の条件と比べて座面にかかる圧力の標準偏差が大きかった（図13）。これは、他の条件では圧力が全体的にフラットに分布しているのに対し、試作クッションの条件では、臀部での圧力が高く、大腿部での圧力が低いことが原因であった。そのため、試作クッションの条件では大腿部での生体組織の変形や圧迫が小さく、下肢のむくみの進行が遅くなったと考えられる。

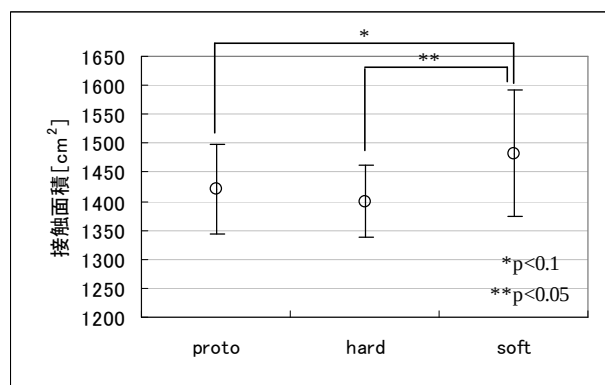


図10 着座20分後の座面の接触面積

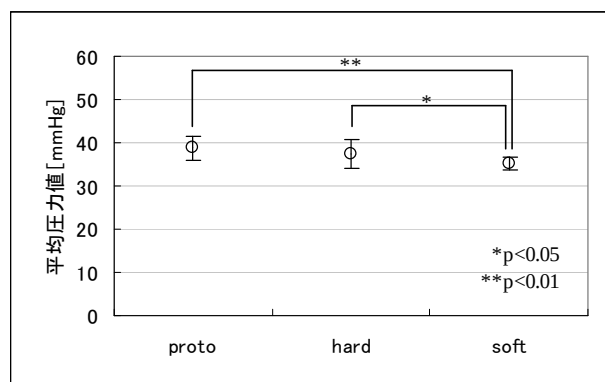


図11 着座20分後の座面の平均圧力値

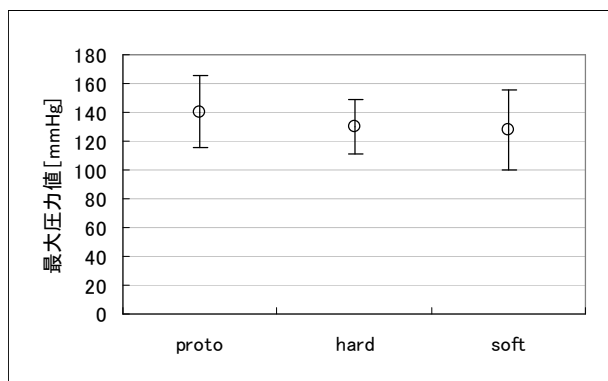


図12 着座20分後の座面の最大圧力値

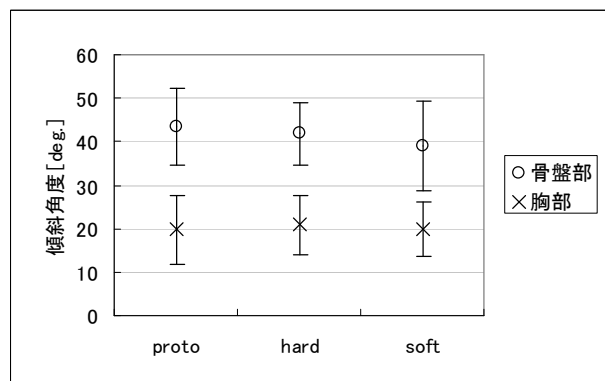


図14 着座姿勢（全被験者20分間の平均）

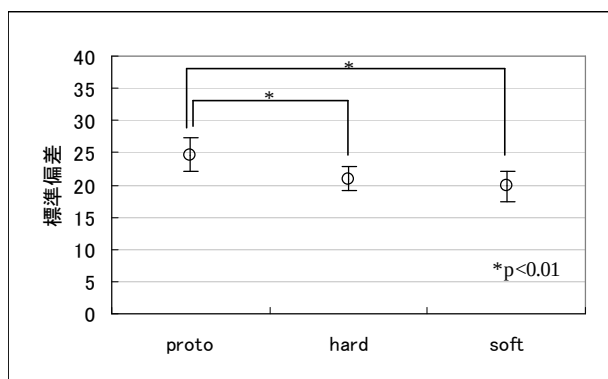


図13 着座20分後の座面にかかる圧力の標準偏差

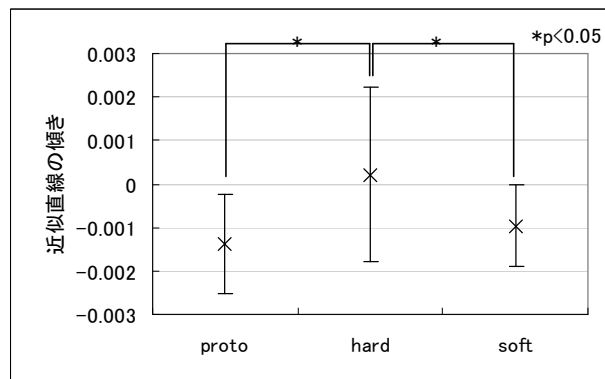


図15 胸部傾斜角の変化

5.3 骨盤部および胸部の角度測定

着座時の骨盤部および胸部の角度について、各条件での20分間の平均値を比較したところ、条件間に差はなかった（図14）。また、20分間の着座中、骨盤部および胸部角度に大きな変動はなく安定していたものの、徐々に傾斜角が変化する傾向がみられた。その傾向を調べるため、各条件で近似直線を算出し傾きを求めた。その結果、骨盤部傾斜角度に差はなかったが、胸部傾斜角については条件2（座面が硬いクッション）が他の条件に比べて着座直後からの角度変化が小さく、安定していることが確認された（ $p<0.05$ ）（図15）。他の条件については時間経過とともに胸部が前方に傾斜する傾向がみられた。これは、クッションの硬さ（荷重－変位特性）よりも一定荷重を加え続けた際の変位量の変化が影響していると考えられ（図16）、臀部が沈み込むことで姿勢の変化や荷重バランスの変化が起こり、姿勢が不安定になると考えられた。

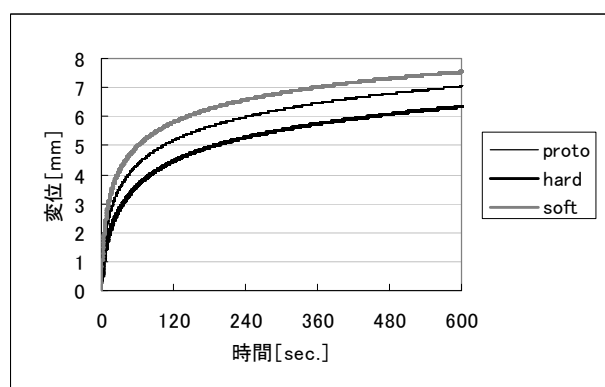


図16 一定荷重でのクッション変位の変化

5.4 疲労部位調査

各項目についてクッションを要因とした一元配置の分散分析を行った結果、いずれの項目についても主効果は認められなかった。部位別、全身の負担感とともに条件間に統計的に有意な差はみられなかった（図17）。今回の実験で使用したソファについては主観的な疲労感にあまり違いはないことが推察された。

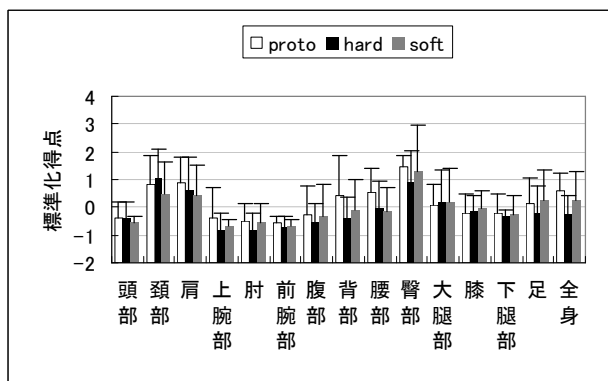


図17 疲労部位調査結果

6. 結果と考察 (実験 2)

6.1 身体の一部別の触感について

臀部については、試作クッションおよび座面が軟らかいクッションの条件で「底につく感じ」を回答する人が多かった (図18)。また、一般的に底つきは軟らかいクッションで感じるものであるが、今回の回答結果では試作クッションの条件ではむしろ硬いと感じている人が多く、今後の検討課題として挙げられた。

大腿部では、硬さの項目以外に回答数の目立った項目はなく、クッションの物理特性と人の硬さの感覚が一致していた (図19)。また、「軟らかい感じ」を回答した人が多い条件ほど「心地良い当たり」を回答する傾向がみられた。

骨盤部については他の部位と比較して回答数が少ない傾向があった (図20)。これは骨盤部が背もたれに接触しない、もしくは接触していても体重がかからないためにクッションが変形せず、知覚しにくいことが原因として考えられた。また、座面が硬いクッションと座面が軟らかいクッションの条件では背面のクッションは同じものを使用した。また、座面のクッションが柔らかいと背面のクッションも軟らかく感じる傾向がみられた。また、大腿部と同様に軟らかく感じるほど心地良く感じる傾向がみられた。

腰部については、試作クッションの条件で「硬い感じ」を回答する人が多かった (図21)。試作クッションの背面に使用したクッションについては、骨盤部、背部で硬いウレタンフォームを使用しているが、腰部では軟らかいウレタンフォームを使用しており、回答結果は腰部に使用したウレタンフォームの面積が充分ではなかった、もしくは、骨盤部や背部が硬いウレタンフォームであるため、姿勢が固定されてしまったことが影響していると考えられた。

背部については、全ての条件で硬い感じを回答

する人が多かった。また、試作クッションの条件では「コツンと当たる感じ」を回答する人が多く、それに伴い「不快な当たり」を回答する傾向がみられた (図22)。

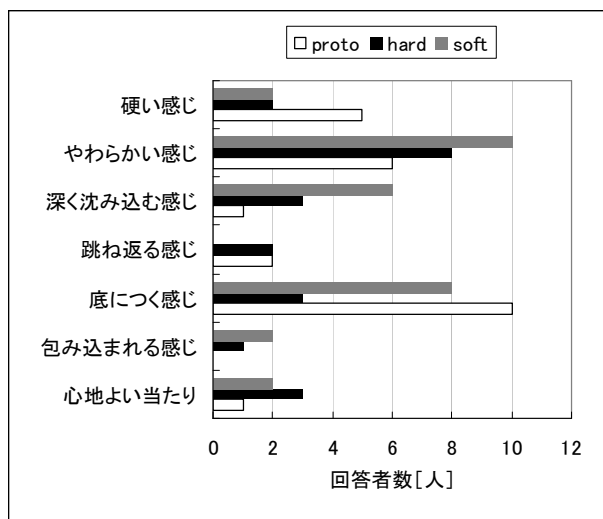


図18 臀部の触感

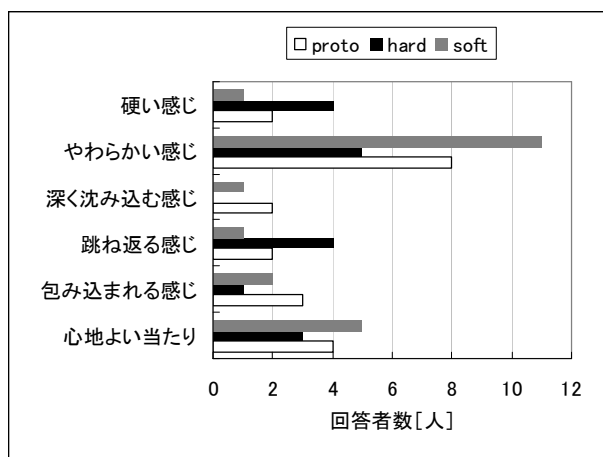


図19 大腿部の触感

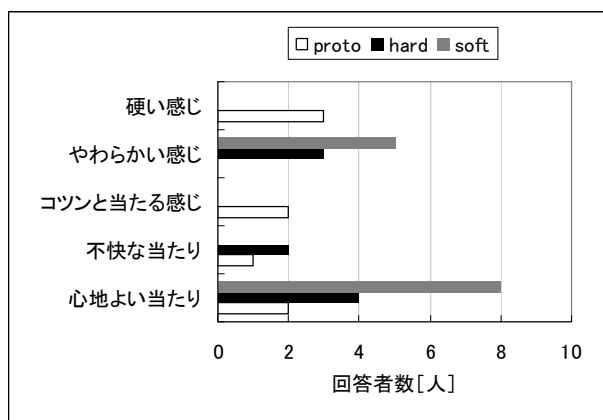


図20 骨盤部の触感

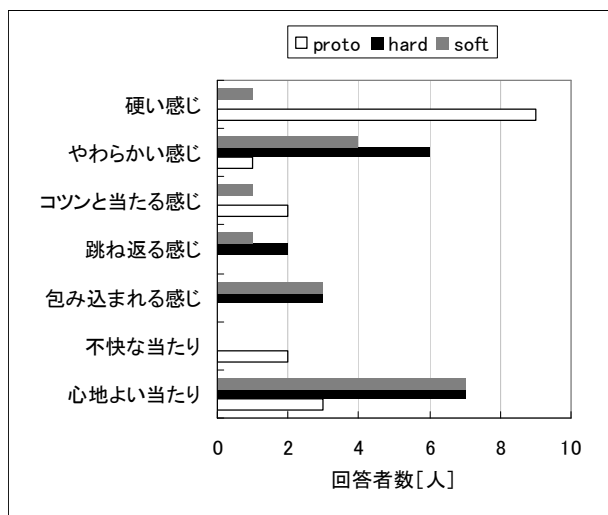


図21 腰部の触感

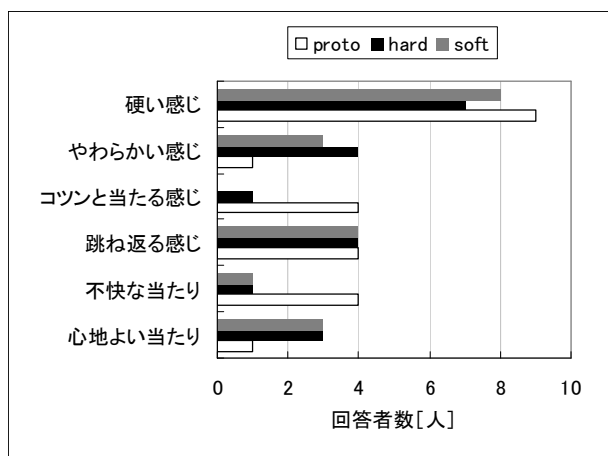


図22 背部の触感

6.2 ソファ全体での総合的な評価について

触感、姿勢、総合評価それぞれの項目についてクッションを要因とした一元配置の分散分析を行った結果、全ての項目について主効果が認められた ($p < 0.05$)。多重比較の結果、試作クッションの条件では他の条件と比べて触感が悪く (図23)、座面の軟らかいクッションと比べて、姿勢が楽ではないことが確認された (図24)。実験後に被験者から聴取した意見では、腰部の支持不足を訴える人が多く、姿勢が楽ではないと感じた理由の一因となっていると考えられた。

座面の軟らかいクッションと座面の硬いクッションの条件間には全ての項目について統計的に有意な差はみられなかった。先行研究によるとクッションは軟らかい方が触感は良くなることが考えられたが、今回の実験では背面のクッションは試作クッションの条件を除き同じものを使用していたため、ソファ全体での総合的な触感の評価には

背面のクッションの触感の影響が強いことが示唆された。

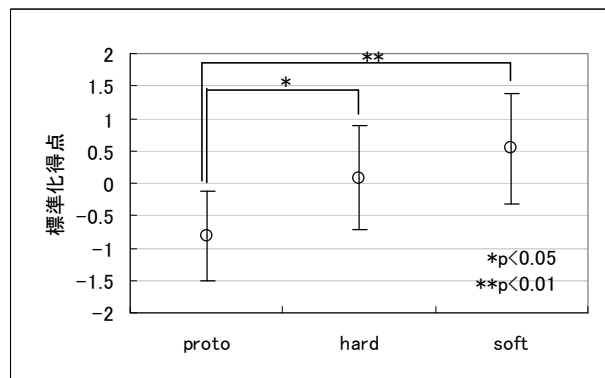


図23 触感の回答結果 (値が大きいほど良い)

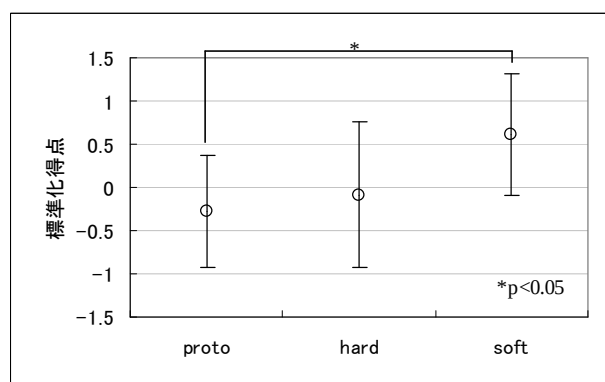


図24 姿勢の回答結果 (値が大きいほど楽)

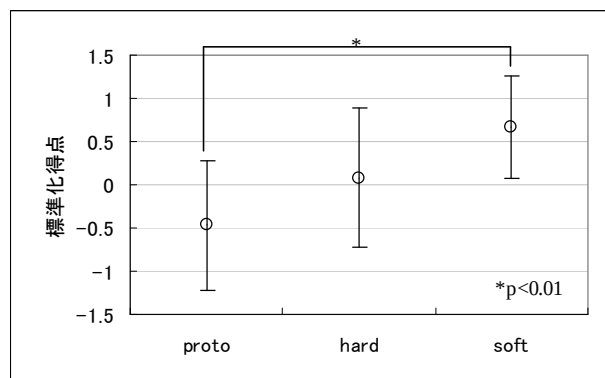


図25 総合評価の回答結果 (値が大きいほど良い)

7. まとめ

今回の実験で得られた知見を以下に示す。

- 1) 下肢の体液循環については、同じ姿勢であれば大腿部にかかる圧力の影響が強く、大腿部にかかる圧力を軽減することで (臀部に対して大腿部のクッションを軟らかくすることで)、下肢の血流が阻害されず、むくみの進行を抑えることができる。

- 2) 姿勢の安定性については、臀部クッションの物理特性の影響が強く、一定荷重での変位量の時間的な変化が小さいクッションが姿勢を安定させる上で望ましい。
- 3) ソファ全体での総合的な触感、座面に比べて背面のクッションの影響が強く、背面のクッションを軟らかくすることで触感が良くなる。

また、試作したクッションについては、現状では計7箇所硬さを調節しているが、下肢の体液循環、姿勢の安定性の観点からは、座面は臀部と大腿部、背面は腰部と背部の計4箇所の調節で十分な効果が得られ、さらに触感に関しては向上することが推測された。また、臀部のクッションは一定荷重での変位量の時間的な変化が小さいものを使用した方が姿勢は安定するため、ウレタンフォームだけではなくバネ等の併用が望ましく、背面は最終安定姿勢を考慮した上で、触感を重視することが重要であると考えられた。

謝辞

研究にご協力いただいたエルゴファニチャー研究会の参加企業の皆様に感謝します。

参考文献

- 1) Ebe, K., Griffin, M. J., Factors affecting static seat cushion comfort, *Ergonomics*, 44(10), pp. 901-921, 2001.
- 2) 川口孝泰, 上野義雪, 白石光昭, 人体系家具のクッション材料の特性に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 351-352, 1985.

- 3) 小原二郎他 (編), 建築・室内・人間工学, 鹿島出版会, 1969.
- 4) 大山正, 今井省吾, 和気典二 (編), 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠信書房, 1994.
- 5) 稲垣大他, シート感性品質評価法, トヨタ中央研究所 R&D レビュー, 35(4), pp. 9-14, 2000.
- 6) 藤巻吾朗, 岐阜県生活技術研究所研究報告, No. 12, pp. 32-36, 2010.
- 7) 西松豊典他, 座部パット硬度が自動車シートの「座り心地」に及ぼす影響, 繊維学会誌, 66(1), pp. 20-25, 2010.
- 8) 社団法人日本エム・イー学会 (編), 身体運動のバイオメカニクス, コロナ社, 2002.
- 9) 通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所 (編), 設計のための人体寸法データ集, 日本出版サービス, 1996.
- 10) 藤巻吾朗他, 岐阜県生活技術研究所研究報告, No. 12, pp. 29-31, 2010.
- 11) JIS K 6400-2, 軟質発泡材料-物理特性の求め方-第2部: 硬さ及び圧縮たわみ, 2004.
- 12) 川上慶, 川本貴志, 山崎信寿, 女性の VDT 作業姿勢に対応したむくみ軽減オフィスチェア, 人間工学, 43(5), pp. 252-260, 2007.
- 13) Wu, C. S., Miyamoto, H., Noro, K., "Research on pelvic angle variation when using a pelvic support", *Ergonomics*, 41(3), pp. 317-327, 1998.