

平成 21 年 6 月 26 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2005～2008

課題番号：17500383

研究課題名（和文） 車いす用クッションの快適性評価指標の開発

研究課題名（英文） Development of comfort indices for wheelchair cushion

研究代表者

手嶋 教之（TEJIMA NORIYUKI）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：30288625

研究成果の概要：

車いす用クッションの快適性を評価するために座面の温湿度が指標のひとつとなると仮定して実験を行った。その結果、温湿度はクッションの快適性の状況をおおむね表わしているが、主観的な快適性と必ずしも一致するわけではないこと、その人の体質によって快適性の感じ方が異なる可能性があること、などが明らかとなった。また快適性にはクッションの種類は関係するが、クッションカバーおよび着衣は影響しないことが明らかとなった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	1,000,000	0	1,000,000
2006年度	900,000	0	900,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,400,000	450,000	3,850,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：福祉工学、人間生活環境、生物・生体工学、ユーザインターフェース、看護学

1. 研究開始当初の背景

車いす用クッションでこれまで重要とされてきているのは座圧分散によるじょくそう予防および座位保持能力であったが、快適性についてはほとんど考慮されてこなかった。たとえば座圧分散能力に優れた製品として世界的に有名なROHOクッションは、日本で夏場に使用すると汗と高い湿度で1時間足らずでびしょびしょに濡れてしまう。またゲルを使用したクッションも多いが、冬には大変冷たく、長時間使用することは困難な場合が多い。このような温湿度に関して不快なクッションであっても、座圧分散性能がよ

いという理由だけで使用されているのが実情である。これらクッションの座圧分散に関する研究・開発についてはこれまで欧米が日本に比べて先行してきたが、快適性に関しては欧米でもほとんど研究されていなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、車いす用クッションの快適性に関する評価指標を明らかにすることである。

3. 研究の方法

(1) 計測装置

快適性に関しては様々な要因が考えられるが、まず座面の温度および湿度に着目した。計測用センサ部はできる限り小型で薄いことが望ましい。市販の温湿度計を比較した結果、実験には新栄テクノロジー（株）社製のネットワーク型温湿度計 TRH-7X 及び超薄型センサ THP-728 を使用することとした。THP-728 はサイズが 25mmx14mmx2.8mm と市販されている中で最も小型で薄い形状のセンサであるが、固いプラスチックでできている。このセンサを座面に設置した際に、座圧が極端に大きな値をとるようであれば、長時間の計測には使用できないことになる。そのため、このセンサをクッション座面上の右坐骨部の下に設置して Xsensor 社製の座圧分布計測装置 Xsensor を用いて座圧計測を行った。坐骨部で計測をしたのは、通常最も座圧が高くなってじょくそうの発生が最も懸念される場所であるからである。座圧計測は座位姿勢など様々な要因の影響を受けるので、全く同じように座りなおしたつもりでも座圧の再現性はほとんどない。そのために定量的に評価することは簡単ではないが、坐骨部の下にこのセンサを設置した場合に、じょくそうを容易に発生するほどの圧力集中は見られなかったが、座圧の若干の上昇は認められた。そのため本センサは、十分に注意して使用すれば、じょくそうを発生させずに座圧面での温湿度計測が可能であると判断した。

（２）予備実験

まず実験のパラメータを決めるための予備的な実験を行った。実験に使用するクッションの選定においては、日本で購入可能な車いす用クッションの中から選んだが、なかにはゲルクッション自体の冷たさのために被験者が 5 分も座っていられなかった製品があり、それは除いた。結局、実験に使用したクッションは、ゲルクッションの JAY2（Sunrise Medical 社）、Action（Action 社）、ウレタンクッションの IntegraMed BETA（Solar-Med 社）、一般的なウレタン（厚さ 3cm）、エアークッションの ROHO（ROHO 社）、STRATUS（Varilite 社）、Evolution（Varilite 社）、Vicair Academy（Vicair 社）、ゲルとエアを組み合わせた Vicair Liberty（Vicair 社）、ゲルとウレタンを組み合わせた EXGEL（加地社）、Intelli-Gel（MyComfort 社）の 11 種類とした。

被験者は、多発性硬化症のために長年にわたって車いす使用者となっている 40 代女性 1 名とした。多数の被験者で行うことが望ましいのは事実であるが、気温・湿度、クッションなどパラメータが多いこと、じょくそう発生リスクを考慮する必要があること、本実験の目的は、将来の実験に必要な実験条件を決めることであることなどの理由から、一名

の被験者で実施した。今回の被験者は看護師資格を持ち、じょくそう発生リスクに関する専門知識も豊富であり、上述のセンサを注意深く使用することができた。またこの被験者は臀部に発汗することができるので、湿度変化を見るのにも適しており、インフォームドコンセントを得て実験に参加してもらった。

実際に車いす使用者のクッションでの状況を見てみると、ももの裏の部分に汗をかいている人もいるが、最も圧力がかかる坐骨部が沈み込んでおり、そこに汗が溜まってしまっている障害者・高齢者が見られた。このことから、坐骨部に温湿度センサを設置すれば、このような状態が最も顕著に検出できると考えて、計測部位は坐骨部とした。また坐骨部とすることで、何度も実験をする際に再現性よく同じ位置にセンサを設置することが容易である点も利点である。以上より、温湿度センサを右坐骨部に設置して計測することとした。

センサは臀部の皮膚に直接設置するのではなく、服とクッション（厳密にはクッションカバー）との間に配置した。皮膚に直接触れるように設置することも考慮したが、発汗状態を知りたいのではなくて日常生活における快適性を知りたいのであるから、服や肌着による吸湿も含めて計測するべきであると考えて、服とクッションの間に設置した。また、直接臀部の皮膚にセンサを設置することは被験者には心理的な抵抗感が生まれると考えられ、実験のしやすさも考慮して決めた。

実験場所は、立命館大学の研究室内とした。実験に際して冬は暖房、夏は冷房を使用した。実際の生活の住居とはやや環境が違うかもしれないが、大きな違いはないと考えた。なお、実験中に人の出入りなどは規制しなかったためにドアの開閉で廊下との間で空気の出入りはあるが、極端に短時間に温湿度が変化する環境ではなかった。

実験で、クッションの厚みが極端に厚かったり薄かったりする場合には、座面の高さが変わって座位姿勢が変わり、それによって臀部への圧力のかかり方が変わってしまうので、同じ座位姿勢になるように車いすのフットレストの長さを調整した。実験用クッションは実験前から実験室内に長時間放置し、室温・室内湿度に順応させた。計測前にクッションカバーが湿っていないか、温まっていないかどうかについては、実際手で触って確認した。温湿度計 TRH-7X は実験開始 30 分以上前に電源を入れておいて計測回路が安定するまで待った。センサ THP-728 は TRH-7X に接続したままで室内に放置しておいた。THP-728 のうちひとつはそのまま室内に設置して室温および室内温度の計測に用いた。実験用のクッションに被験者が座ったのち、も

うひとつの THP-728 を被験者の右坐骨部に設置し、計測開始とした。計測データは1分ごとの5分間の温度・湿度データを平均した値をその時刻の温度・湿度として、30分ごとに記録した。すなわち、実験開始後0分から4分の5回の計測データを平均したものを0分のデータとした。被験者には実験中なるべく姿勢を変えないように指示を与えた。服の素材による差を除くために、実験はポリエステルの上着を着用して行った。

実験時間は、当初 60 分としたが、クッションによっては被験者が冷たさ、しびれ、痛みなどを感じるがあった。その場合にはただちに実験を中止した。これらのクッションは計測不能とした。また実験当初はまだ被験者がまだ計測可能であると感じていても60分で終了したが、そのうち、痛みやしびれ等不快な状況もなく、まだ計測できる場合には最大 120 分まで延長することとした。いつ終了するかの判断はすべて被験者自身にゆだねた。同一のクッションで季節・時期を変えて複数回の計測を行ったが、これらの影響でクッションごとの計測回数は一定にはなっていない。

被験者の体調を考慮したうえで、体調が良い場合には一日最大3種類のクッションの計測を行った。同じ日に複数のクッションの計測を行うことで、ほぼ同程度の温湿度でのクッションによる差異を見るためである。この場合、同じ計測用センサ THP-728 を続けて使用すると直前の計測の影響が十分になくなっていない傾向が見られた。具体的には、高湿度の計測結果の後に続いてすぐに計測すると、センサの周囲の湿度が十分に除かれず、実際の湿度よりも高い値を表示することがあった。そのため、同一日での実験にはそれぞれ異なるセンサを使用した。センサ THP-728 は室内計測用も含めて4つ準備したので一日の最大計測回数は3回となった。また、クッションを使用するとクッションカバーは湿り、クッションは温まってしまうので、同じクッションを同一日に複数回実験で使用することは避けた。

計測は7月から翌年6月にかけて行った。

(3) クッションカバーの影響の測定

本実験用のクッションとしては、STRATUS (Varilite 社) を使用することとした。実験に使用するクッションカバーとして、特に快適性が優れていることを宣伝している特徴的なカバーのうち、サイズが合致する2種類の市販品と、市販品を組み合わせた新たなカバーの3種類を使うこととした。

まず、Varilite 社の STRATUS 用として付属しているカバーを基本として、これに遠赤外線放射するというオーラストーンを微粉末にし、極細のポリエステル綿の中に練り込

んだ布(コメロン黒川社製)を組み合わせたものを使用した。Varilite 社製品を日本で販売しているユーキトレーディング社の資料によれば、このカバーは「湿気を吸収する特殊なストレッチ生地を使用している」と書かれている。その構造は表面は荒いメッシュ構造であり、その裏に網状のフォームを貼り合わせたものである。コメロン黒川社の資料によれば、遠赤外線の放射は、暖かく感じ、また乾燥能力があるという。これによって冬も暖かく、夏は湿度が低下すると期待できる。

次に Jay Xtreme (サンライズメディカル社製) というクッションに付属している Tritex というカバーを選んだ。これはカタログによれば通気性重視のカバーだという。表面はナイロン82%と Spandex18%のメッシュであり、裏地は100%ナイロンである。

3番目に Vital Base Royal クッション (Vital Base AS 社製) の ClimaTherm という繊維を使ったカバーを選んだ。カタログによればこのカバーは、絶えず表面温度を33度付近に維持する特殊な繊維を使っており、蒸し暑さを避けることができるという。またカバーの中に空気を循環する層があり、通気性もよいとされている。

被験者、実験方法などは基本的に予備実験と同じとした。実験場所は、被験者自身の住居(滋賀県内)とした。これは、車いす使用者である被験者は、湿度が高い雨の日や寒い日などには大学の実験室に来てもらうことが難しかったからである。被験者の住居は冬も寒くなく、夏は風通しがよくて普段から冷暖房はほとんど必要ないという意見を聞き、実験に際しては冷暖房・除湿機・加湿機等は使用しないこととした。また、実験時間は120分とした。

計測は3月から翌年5月にかけて行った。

(4) 自律神経系の影響の測定

これまでの同一条件でも計測データが大きくばらつく要因として、被験者の自律神経系の影響ではないかと仮定して、それを確かめる実験を行った。

自律神経系は、株式会社コメディカ製加速度脈波測定システム アルテットを使用して計測した。これは指先から加速度脈波を検出する装置であり、脈波から得られた LF/HF 比を交感神経、HF を副交感神経の指標とした。交換神経を優位にする実験条件(条件 S)としては、交感神経優位になりやすい時間帯・環境を整えて携帯ゲームを行わせた。また副交感神経を優位にする実験条件(条件 P)としては、時間帯や部屋の照明などを操作してリラックスできる環境を作った。

被験者は若年健常者9名(男性6名、女性3名、平均年齢24歳)および健康な高齢者15名(男性5名、女性10名、平均年齢70歳)

とし、インフォームドコンセントを得て実験に参加してもらった。若年健常者は同一条件を2回ずつ、高齢者は1回ずつ実験を実施した。

この実験では高齢被験者に120分の計測をしてもらうことは難しく、60分のみ計測とした。座面の温湿度の計測の方法はこれまでの方法に準じた。実験にはゲルを使ったJAY2クッションを使用した。終了後に快適性に関して主観的評価のためのアンケートを実施した。

4. 研究成果

(1) 予備実験結果

途中で計測を中止した実験を除き、全部で36データが計測された。クッションの中でIntelli-Gelでは被験者にしびれ・痛みが発生して1回のみしか計測することができなかった。Intelli-Gelクッションはあまり圧力分散機能が高くないため、このような状況になった。また、Actionクッションもなんとか1回分のデータを計測したが、被験者に尋ねると冷たくて60分座っているのはつらかったと言い、それ以外の計測では意味のあるデータを取るまで座ることができなかった。そのため、以下では11のクッションのうち2回以上のデータを計測できた9クッションについてのみを対象とした。9種類のクッションの中でAcademyと一般的なウレタンクッションは60分を超える計測はできなかった。EXGELとLibertyは90分まではつらくなく計測ができた。JAY2、IntegraMed BETA、ROHO、STRATUS、Evolutionの5種類は120分までの計測が可能であった。

座面湿度の時間変化から、多くのことがわかった。まず、同じクッションであっても相当ばらつきがあることがわかる。決定係数R²は0.32とそれほど高くはないが、室内湿度が高ければ実験開始時の湿度が高い傾向にあった。これに対して、実験開始後60分経った際の座面湿度は、室内湿度とは無関係になった。また、室内温度と座面湿度とは、0分でも60分でも全く無関係であった。また、同じクッションでほぼ同じ室内温湿度条件の結果を抽出して比較してみても、似たような傾向になるとは限らない。このことから、座面の湿度変化のバラツキの原因を室内湿度だけに帰することはできないことがわかった。今の実験方法ではほぼ同じ室内温湿度環境で同一被験者・同一クッションであってもばらつきがわかり、実験の際に1回の実験ではなく、多数回の実験を行ってそれを統計処理しなければならないことがわかった。

次に、クッションごとのデータのばらつきが大きいために明確なクッション間の差は出にくい、ウレタンクッションだけは他に

比較して湿度が低くなることは明確であった。ウレタンクッションのひとつであるIntegraMedではあまりその傾向は明確ではないが、1例を除いた3例で時間とともに座面湿度が低下した。残りの1例も60分以降では座面湿度が上昇したが、60分までは低下した。一般的なウレタンクッションでは3例すべてが時間とともに座面湿度が低下し、60分後にはほかのどのクッションのどの実験条件よりも座面湿度が低下した。0分と60分の座面湿度の関係をウレタンクッションとそれ以外とで比較したものが図1である。これは通気性の良いウレタンクッションの特性から想定されたことではあるが、なぜ発汗する殿部が乗った座面湿度が時間とともに低下するのかはよくわからない。一つの可能性としては、座ることで座面温度が上がるのが影響しているのかもしれない。

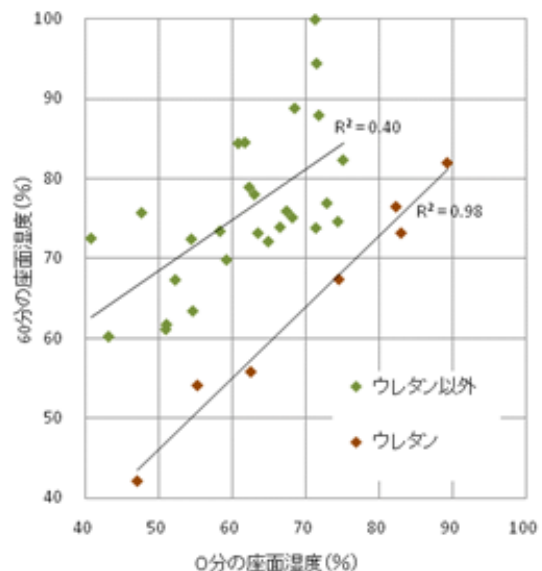


図1 0分の座面湿度と60分の座面湿度の関係

次に、30分で湿度がほぼ100%になる場合もあれば、60分でも40%台の場合もあった。30分で100%近くになったのは実際の福祉現場での、1時間もしないうちに汗で濡れて水たまりができることがあるという現場の事例とも一致する。実際に100%近くになった実験後にクッションに手で触るとクッションカバーが湿っていた。また、60分を超えて計測した14例のうち4例では60分以降にはほとんど湿度上昇は見られなかったが、残りの10例は湿度が上昇し続け、120分でもまだ上昇傾向が見られた。このことは、クッションの快適性評価において現在の計測方法を基本とする場合には60分の計測では短く、できれば120分の計測をすることが望ましいことがわかった。

座面温度の時間変化を見ると、湿度ほどの違いはないがばらつきがあることがわかる。グラフの形状はどこも似ており、最初の30分で急速に温度上昇があり、それから体温に漸近していく。湿度と同様に60分以降も変化しているデータが見られるが、温度の場合には60分程度である程度の傾向はみられるように思う。実験開始時の座面温度は室温と相関がある。これは湿度と同じ理由である。これに対して60分後の座面温度は室温とは相関がない。これは、60分経つと体温に近くなってはじめての座面温度の影響がほとんどなくなっていることを示していると考えられる。

クッションによる差異としては、ゲルクッションで他のクッションよりも温度が低くなる傾向がみられる。ゲルクッションであるJAY2クッションでは4例のうち3例は特に温度が低い傾向が見られないが、1例は極端に温度が低くなっている。またゲルとウレタンを組み合わせたEXGELクッションでは、計測した5例すべてで他のクッションに比べて温度が低くなる傾向が見て取れる。一般にゲルは吸熱作用があることがわかっており、これと実験結果で明らかとなった傾向とは一致する。このことより、快適性にかかわる温度の影響に関しては、この実験方法で十分に評価可能ではないかと考えた。

(2) クッションカバーの影響の測定結果

計測できなかった場合を除き全部で109データを集めた。その際の室内の気温は17.5~32.1、相対湿度は29.6~88.1%だった。

室内湿度50%を超える高温多湿のデータ41例と50%未満の低温低湿度データ68例に分けて分析した結果、それぞれで3種類のクッションカバーの座面湿度の時間変化の平均はほぼ一致した(図2)。このことは、各社の主張しているクッションカバーの機能は科学的根拠がなく、その上に座っていない場合には乾きやすいなどの性質があるかもしれないが、座っているときには湿度を低下させる機能はないことがわかった。つまり、体重がかかっている状態ではカバーから湿気が逃げるルートはなく、快適性はカバーに影響されないことがわかった。座面温度に関しては室内湿度に無関係に全データで3つのカバーで差異が出なかった。

以上より、快適性に関しては夏季か冬季かの二時期に分けて議論するのが適当であること、室内湿度50%が両者の境界となることが明らかになった。室内湿度の高い夏季ではクッション使用后1時間で湿度100%近くになるケースも多く見られ、その場合にはあとで触って確認するとクッションが濡れていた。一方室内湿度の低い冬季では使用后2時間でも湿度は上がりつづけた。2時間以上の連続実験は危険と判断してそれ以上の実験

は行っていないが、もしも2時間以上実験を続ければ、そのまま湿度は上昇続けると推測された。

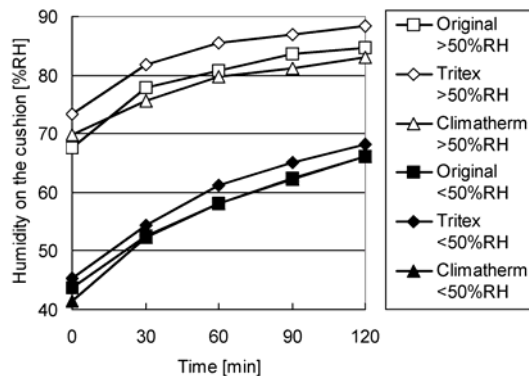


図2 クッションカバーによる座面湿度の差異

(3) 自律神経系の影響の測定

若年被験者の結果では、まず自律神経系の計測結果から、被験者が交感神経優位および副交感神経優位の状態になっていることを確認した。座面の温湿度計測結果では、湿度は有意な差がなかったが、温度については条件Sに比べて条件Pで有意に座面温度が高くなった($p<0.01$)。主観調査では、被験者全員が条件Sの場合に不快であったと回答したが、座面温度は下がっているにもかかわらず55%は熱くて不快だと回答した一方、45%は冷たくて不快であると回答した。この冷たいと回答した全員が、自分は冷え性であると答えた。女性被験者全員冷たいと感じており、被験者数が少ないので統計的には何も言えないが、性差がある可能性も示唆された。また55%が蒸れて不快であると回答した。これに対して条件Pでは全員が快適または普通であり、また蒸れないと答えた。

一方高齢被験者では、若年被験者に比べて交感神経優位の条件は顕著には作れなかった。このことは高齢者の特性と一致する。また若年被験者とは逆に、条件Sに比べて条件Pで有意に座面温度が低くなった($p<0.01$)。これは加齢に伴う体温調整能の低下と、実験に使用したゲルクッションの吸熱作用によるのではないかと考えた。湿度は両条件での差は見られなかったが、若年者と比較して湿度の上昇率が低い傾向が見られた。主観評価では、座面温度と一致する評価となり、条件Sの方が快適であるという被験者が多かった。

以上より、自律神経系は快適性に強く影響していること、その影響の仕方は年齢で異なること、客観的な温湿度と主観的な快適性とは必ずしも一致しないこと、冷え性かどうかの違いで快適性も変わる可能性があることなどが明らかになった。

(4) その他の実験結果

スペースが限られているためにその詳細は省略するが、上記以外にも実験を行った。その結果、着用する服の素材の違いで主観的な快適性及び客観的な座面温湿度に有意な差は見られないことを明らかにした。また、クッションの安定性および姿勢の崩れからみた快適性についても研究を行った。座面のせん断力を測定し、またカメラ画像から姿勢を計測することで安定性を評価しようと試みたが、しかし一般性のある法則・条件等を見つけることはできなかった。

(5) まとめ

以上をまとめると、車いす用クッションの快適性を評価するために座面の温湿度が指標のひとつとなると仮定して実験を行った。その結果、温湿度はクッションの状況のある程度表わしているが、主観的な快適性と必ずしも一致するわけではないこと、その人の体質によって快適性の感じ方が異なる可能性があること、などが明らかとなった。また、安定性も評価指標の一つと想定していたが、客観的に評価する適切な方法が見つからなかった。また快適性にはクッションの種類は関係するが、クッションカバーおよび着衣は影響しないことが明らかとなった。

なお、本研究の実施においてご協力いただきました立命館大学客員研究員高橋洋子氏、琵琶湖養育院病院および被験者の皆様に感謝いたします。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 5件)

増子邦夫、手嶋教之、高橋洋子：車いす利用者の足のむくみの問題の検証とその予防案の検討、第6回生活支援工学系学会連合大会、2008年9月17日、宇部市山口大学工学部

河原幸恵、手嶋教之、高橋洋子：車いす用クッションの快適性に対する自律神経系の影響、第5回生活支援工学系学会連合大会、2007年10月1日、つくば市

N. Tejima and Y. Takahashi: Humidity and Temperature Measurements for Wheelchair Cushions, 23rd Intl. Seating Symposium, 2007年3月9日, Orlando, Lake Buena Vista, FL, U.S.A.

河原幸恵、手嶋教之、高橋洋子：車いす用クッションの快適性に対する自律神経系の影響、第21回八工学カンファレンス、

2006年8月24日、神戸市、神戸学院大学
長谷川莊玄、手嶋教之、高橋洋子：クッションカバーの影響を考慮した車いすクッションの温湿度測定、第21回八工学カンファレンス、2006年8月24日、神戸市、神戸学院大学

〔図書〕(計 1件)

手嶋教之、米本清、相川孝訓、相良二郎、糟谷佐紀、コロナ社：基礎 福祉工学、2009、161ページ(1-14、51-101)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

手嶋 教之 (TEJIMA NORIYUKI)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：30288625

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし