

人間工学的手法による 木製椅子の快適性評価と機能設計に関する研究（第17報） 休息用椅子における上体の支持方法の検討

藤巻 吾朗^{*1}、安藤 敏弘^{*1}、成瀬 哲哉^{*1}、坂東 直行^{*1}、堀部 哲^{*2}

Research on Comfort Evaluation and Function Design of Wooden Chair
by Ergonomic Technique (XVII)
An estimation of upper body support for chairs at rest

Goroh FUJIMAKI^{*1}, Toshihiro ANDO^{*1}, Tetsuya NARUSE^{*1}, Naoyuki BANDO^{*1} and Satoshi HORIBE^{*2}

後傾姿勢（休息姿勢）をとった際に問題となる上体の支持方法について検討を行った。後傾姿勢では、前方視野を確保するために上体を起こす必要があり、そのため、首や肩に負担がかかりやすい。本研究では、その解決の一案として、上体を胸部から起こす支持方法について検討を進めた。その結果、休息性の高い角度条件（座面角 15 度、背座角 120 度）において、胸部では座面から約 270mm の高さで 10～12 度程度の範囲で屈曲させることが望ましく、頭部では（頸部の負担軽減のための頭部支持に関しては）座面からおよそ 520mm の高さで屈曲させることが望ましいと考えられた。この際の屈曲角度の推奨範囲は求めなかったが、頸椎部での屈曲方向の関節可動域標準値が 45 度程度であることから、座位時では特に問題はないことが考えられた。また、最適な角度条件は用途に依存するため、今回行った実験をもとに、他の角度条件へ応用するための方法論についても検討を行った。

1. 緒言

1.1 研究背景・目的

休息性のみを考えた場合、臥位姿勢に近づくほど休息性は高くなるが、休息用椅子に座った場合は、テレビ鑑賞や読書、会話などの最低限の活動を考慮する必要がある。これらの活動には前方視野を確保することが必要であると考えられ、前方視野を確保しつつ、臥位姿勢に近い姿勢で座れる椅子が休息用椅子にとって望ましい。前方視野を確保しながら上体を後傾させた場合に問題となるのは首にかかる負担であり、首の負担を軽減させることが休息用椅子の重要な課題である。

そのため、本研究では、後傾姿勢（休息姿勢）をとった際に問題となる首の負担軽減を目的とし、上体支持に関する方法論の確立と背もたれ設計

（ハイバック）の推奨値を求める。

1.2 研究の方向性

本研究では、上体を胸部から起こす支持方法について検討を進めていく（図1）。

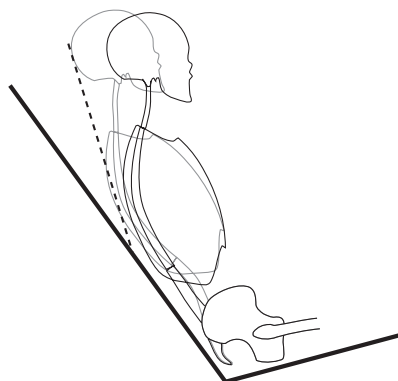


図1 胸部支持での着座姿勢

^{*1} 試験研究部（シミュレーション研究室）

^{*2} 総合企画部研究開発課

上体を胸部から起こした場合、心臓の高さの変化は小さく、股関節や膝関節の屈曲角の変化がほとんどないため、下肢の血行動態への影響は小さい。また、胸椎部と頸椎部の屈曲角度が小さくなり、頭部の適切な支持とあわせることで、首にかかる筋骨格系の負担を軽減することができる。

1.3 研究フロー

胸部から頸部、頭部にかけて上体を屈曲させて支持する際の屈曲位置や屈曲角度を検討するにあたり、図2に示したような流れで研究を行った。

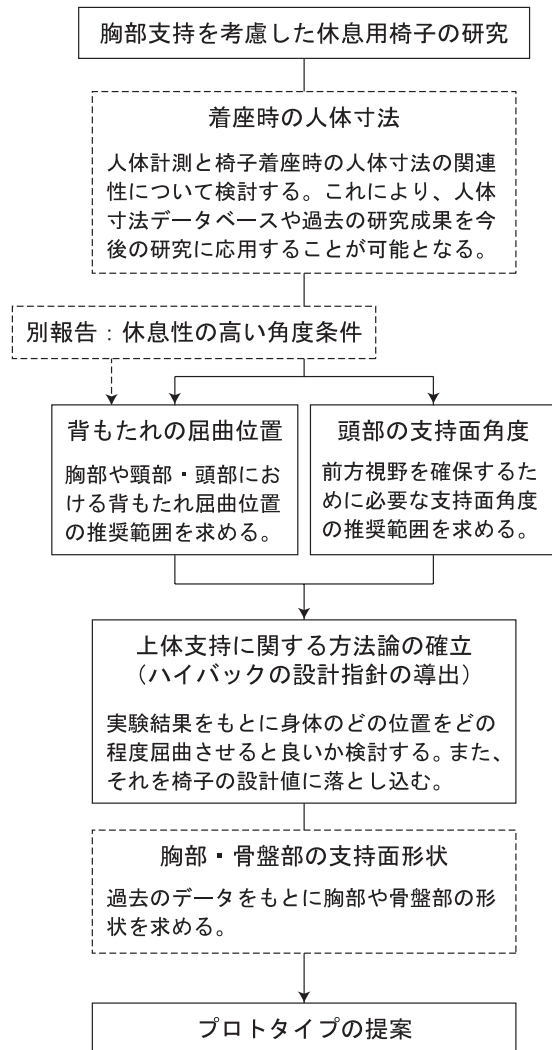


図2 研究フロー

2. 着座時の人体寸法

2.1 目的

人体計測の値と実験椅子着座時の人体寸法との関係を調査する。

2.2 方法

20名の被験者を対象に図3に示した ~ の項目について人体計測を行った。その後、実験椅子

(座面角15度、背座角120度)に着座してもらい、 ~ に該当する人体寸法を計測した。

身長	座位肩胛骨下角高
体重	座位肩峰高
座高	座位頸椎高
座位胸骨下縁高	壁面・肩峰距離

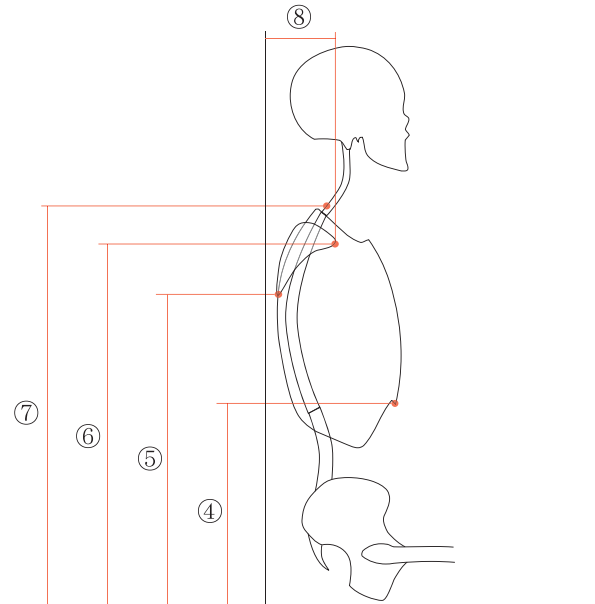


図3 人体計測部位

2.3 結果・考察

人体計測時と実験椅子着座時の計測結果を図4に示す。図中の基準線は、人体計測と実験椅子着座時の値が等しいことを示す。なお、実験椅子着座時の測定値は背もたれ面に対しての水平距離とした。壁面・肩峰距離以外の部位については、人体計測時に比べて実験椅子着座時は値が小さく、基準線とほぼ平行であった(図5)。

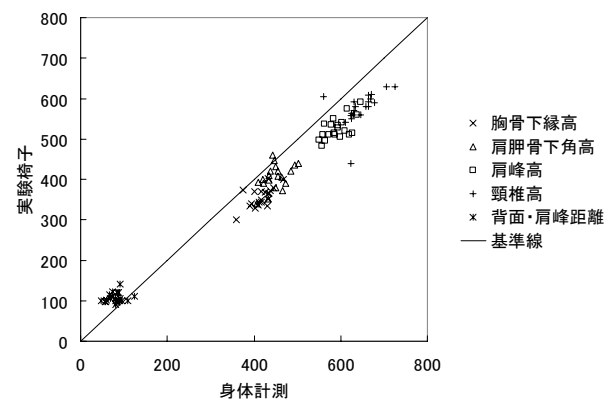


図4 人体計測時と実験椅子着座時の人体寸法 (計測部位別)

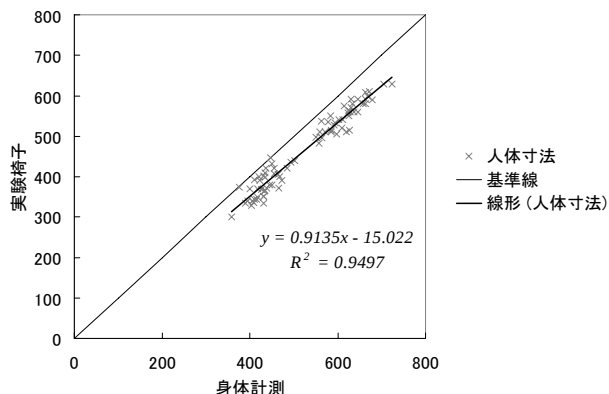


図5 人体計測時と実験椅子着座時の人体寸法

これは、上体の位置関係があまり変化しないことを示していると考えられ、背もたれに対しての位置の変化は骨盤の後方への回転によるものであると考えられた。(実際には、上体の屈曲や伸展により、脊柱の長さに変化はあるのだが、椅子設計においては基本的にはあまり大きな影響がないと考えられた。)骨盤は座骨結節部付近を中心に回転し、上後腸骨棘付近で背もたれと接触する。人体寸法データベースや過去の研究成果より、背座角度が90度であった場合、座骨結節部は座面の後端から130mm付近であり¹⁾、上後腸骨棘は座面から150mm～190mm付近の高さであると考えられた²⁾。そのとき座骨結節部と上後腸骨棘とを結ぶ直線は約230mmであり、背もたれと上後腸骨棘が接触する位置は、座骨結節部を中心にした半径230mmの円周上付近となると考えられた(図6)。

この法則に従うと、背座角度が90度と120度の時の背もたれと上後腸骨棘の接触位置の差は約54.2mmである。人体計測と実験椅子着座時(背座角120度)の差の平均が60.5mm(SD: 23.05)であったことから、この法則の妥当性が示唆された(図7)。

3. 実験1：背もたれの屈曲位置

3.1 目的

胸部から頸部にかけて上体を起こす際の背もたれ屈曲位置の許容範囲を求める。

3.2 方法

実験椅子(座面角15度、背座角120度)に腰掛けてもらい³⁾、3条件の屈曲角度(10度、20度、30度)について、その位置を座面からの高さ200mm～700mmの範囲で上下させた。被験者には不快を感じるか感じないかを口頭で回答してもらい、屈曲角度ごとに不快を感じない範囲を求めた。被験者は20名であった。

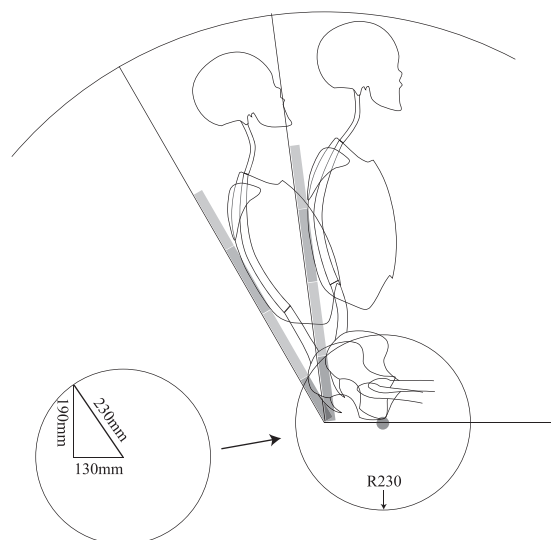


図6 椅子着座時の人体寸法の変化

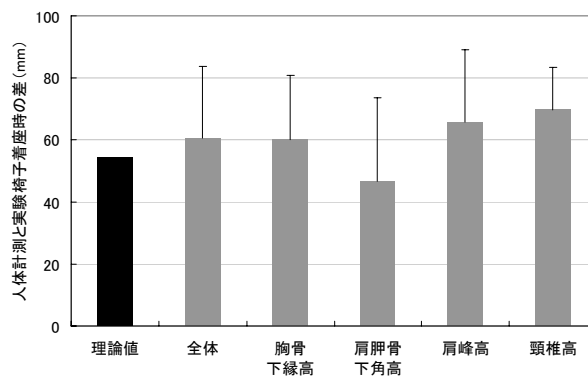


図7 理論値と実測値での位置の変化の違い

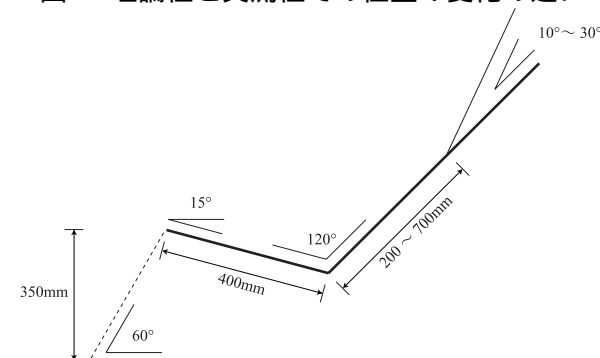


図8 実験概要図(屈曲位置)



図9 実験風景(屈曲位置)

3.3 結果・考察

屈曲角度ごとの結果を図10～12に示す。図中の線の濃くなっている範囲が多くの方が不快を感じなかった範囲であり、線の薄い範囲は多くの方が不快を感じた範囲であった。また、結果の詳細については付録1～3として添付する。なお、図中の線の引いてある部分が不快を感じなかった範囲であった。

屈曲角10度については、広い範囲で不快を感じなく、全ての範囲で不快を感じないという被験者も4名いた。しかし、胸骨下点付近から肩甲骨下角にかけては不快を感じる傾向がみられた。最も多くの方が不快を感じなかったのは280mm付近であった。これは、胸骨下点の高さのやや下部に位置しており、胸骨下点のほぼ真裏が第10胸椎であると言われていることから、第11～12胸椎（胸椎と腰椎の境であり、胸椎の中では可動性が高い）付近にあたるのではないかと考えられた。

屈曲角20度については、屈曲角10度に比べてより顕著に胸骨下点付近から肩甲骨下角にかけて不快を感じる傾向がみられた。また、胸椎下角のやや下部での支持も不快を感じるひとが多かった。最も多くの方が不快を感じなかったのは520mm付近であり、これは肩峰付近の高さと一致することが確認された。肩峰付近は肩甲骨の上部とほぼ同じ高さであり、肩甲骨が適切に支持されるのではないかと考えられた。

屈曲角30度については、肩峰付近の高さより下の範囲については、ほとんどの人が不快と答えた。最も多くの方が不快を感じなかったのは、屈曲角20度と同様に520mm付近であった。

屈曲角度が10度以下であれば、第11～第12胸椎付近に屈曲点があるとよいと考えられ、屈曲角度が20度以上であれば、腰部や胸部に屈曲点がなく、肩峰のやや下部（肩甲骨上部）に屈曲点があるとよいと考えられた。屈曲角度に関係なく、第10胸椎から肩甲骨下角にかけてと肩峰より上部に屈曲点がない方がよいことが確認された。

屈曲角度が20度以上で第11～第12胸椎付近に屈曲点がないほうがよい理由として、第10～第11胸椎間、第11～第12胸椎間の関節可動域が10度前後であることが考えられた^{4)～6)}。10度を越えた角度で屈曲させると、腰椎で屈曲が起こり、そのため、背もたれの屈曲位置と身体での屈曲位置に差がある。また、ひとによっては腰椎が屈曲することで背もたれに当たってしまうこともある。このような理由から、第11～第12胸椎付近で背もたれを屈曲させる場合は、屈曲角度を10度前後におさえることが望まれる^{7,8)}。

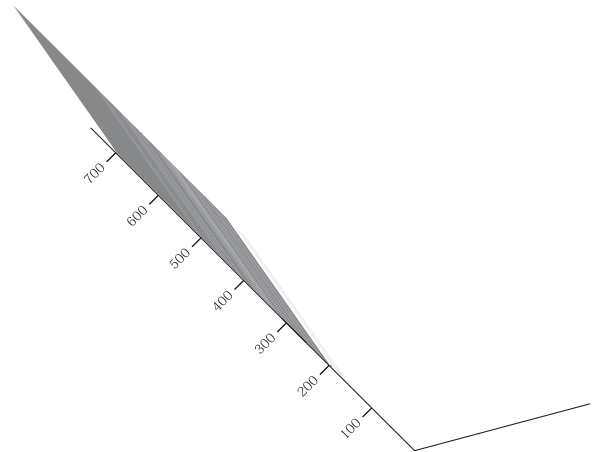


図10 実験結果（屈曲角10度）

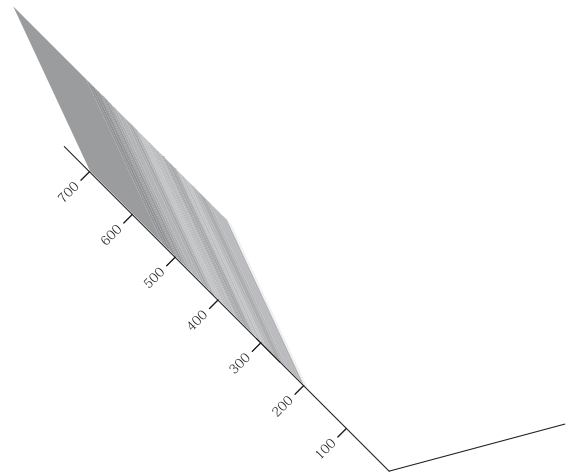


図11 実験結果（屈曲角20度）

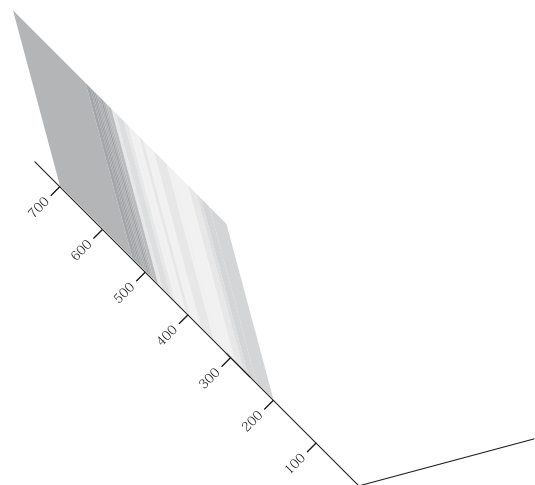


図12 実験結果（屈曲角30度）

4. 実験2：頭部支持面の角度

4.1 目的

前方視野を確保するために必要な支持面角度の許容範囲を求める。

4.2 方法

座面角度0度、背面角度90度の条件で背もたれに頭をつけて着座してもらい、前方を見てもらった。その状態で、背もたれを徐々に倒していき前方が見づらくなった時の角度を記録した。被験者は20名であった。

4.3 結果・考察

頭部支持面角度についての結果を図15に示す。図中の線の濃くなっている範囲が多くの被験者が楽に前方視野を確保できた範囲であった。結果の詳細については付録4として添付する。なお、図中の線の引いてある部分が不快感や違和感なく前方の視野を確保しやすい範囲であった。

頭部支持面が100度～105度であれば、全ての被験者が問題なく前方を見ることができると確認された。

頭部支持面の角度については、個人差が大きかった。これは、頭を背もたれにつけた時の頭部の角度にすでに個人差があり、視角度が異なっていたこと、さらには、普段から下方をみることになれている人がいたためであったと考えられた。

また、背もたれに頭をつける姿勢に違和感を覚えた被験者も数名みられ、頭部支持面の前後位置が関係していると考えられた。前後位置については個人差が大きく、枕等の使用により、ある程度の改善は見込まれるものの、設計上の推奨値を求めることは困難であることが推測された。

5. まとめ

5.1 上体支持に関する方法論（背もたれ設計の推奨値）

以上のことから、上体支持に関する方法論を図16のようにまとめることができる。

前述したように、身体の背もたれに対する位置は背座角度により変動する。背座角度が小さくなると身体の背もたれに対する位置は高くなり、背座角度が大きくなると身体の背もたれに対する位置は低くなる。これは主に骨盤の回転によるものであると考えられるため、骨盤部と背もたれとの接触位置が特定できれば、その他の背もたれの屈曲点である第11～12胸椎や肩胛骨上部についても把握することが可能となる。

人体計測の結果から、骨盤部と背もたれの接触位置は、座骨結節部（座面後端から130mm程度）を中心にR230mmの円周上付近にあることが考え

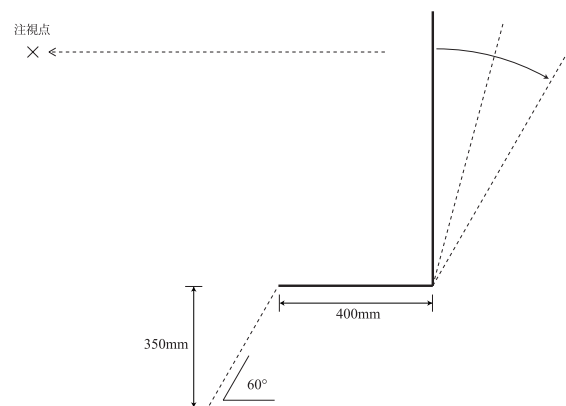


図13 実験概要図（支持面角度）



図14 実験風景（支持面角度）

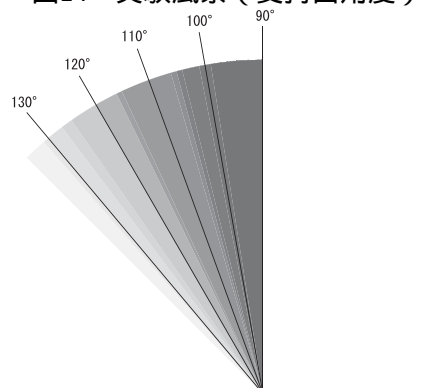


図15 実験結果（頭部支持面の角度）

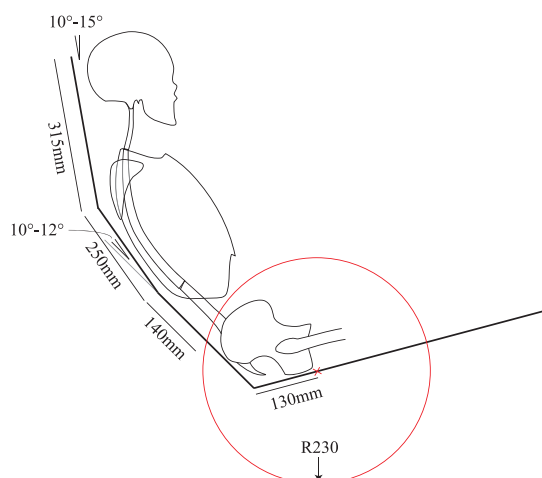


図16 上体支持に関する方法論（設計指針）

られた。また、特徴点間の距離を割り出したところ、骨盤部支持点から第11～12胸椎については約140mmであり、第11～12胸椎から肩胛骨上部については約250mm、肩胛骨上部から頸部・頭部については約315mmであることが考えられた。なお、これらの寸法値は人体寸法の平均値や一般解をもとに推測しており、商品ターゲットを定めることができれば、それに応じてより適した寸法値を求めることができると考えられる。

背もたれの屈曲角度については、第11～12胸椎付近で10～12度以下にするのが望ましく、肩胛骨上部で地面から100～105度程度にすると前方の視野が確保しやすい。肩胛骨上部から頭部の屈曲角の推奨値は求めているが、頸椎での屈曲方向の関節可動域の標準値は45度程度⁵⁾⁶⁾であることから、一般的な座位の条件では特に問題はおこらないことが考えられた。

5.2 プロトタイプ案の提案（直線）

実験結果をもとに図17のような休息用椅子のプロトタイプを提案することができる。座面の奥行きについては、先行研究をもとにすると、420mm程度がよいと考えられた⁹⁾。

5.3 支持面形状の検討

曲線形状にすることで、接触面積が増し、快適性が向上すると考えられる。腰部については、可動性が高く、形状も大きく変わるため、推奨される形状を求めることは困難であるが、胸部や骨盤部については、基本となる形状の変化はほとんどなく、基本となる形状を求めることで、様々な応用が可能になると考えられる。

ここでは、先行研究において測定した背面形状の測定結果をもとに胸部・骨盤部の形状を求めた¹⁰⁾。先行研究では、座面角2.5度、背面角100度の条件で被験者に座面の奥まで腰掛けてもらい、30mm～890mmの範囲の背面形状を20mmの間隔で測定した。

胸部については、第10胸椎が310mm付近にあると考えられ、座位頸椎高（第7頸椎の高さ）の5%ile値が586mmであることから²⁾、310mm～570mmのデータを使用し、二次元の多項式近似により形状を求めた。また、骨盤部については、座位上後腸骨棘高が大きな人で約190mmであることから²⁾、30mm～190mmのデータを使用し、二次元の多項式近似により形状を求めた（図18）。

求めた形状について、設計で使用するR形状を当てはめたところ、胸部でR500程度、骨盤部でR400程度であった（図19）。

5.4 胸部・骨盤部の支持面形状とその利用

胸部・骨盤部の基本的な形状を求めたが、ここ

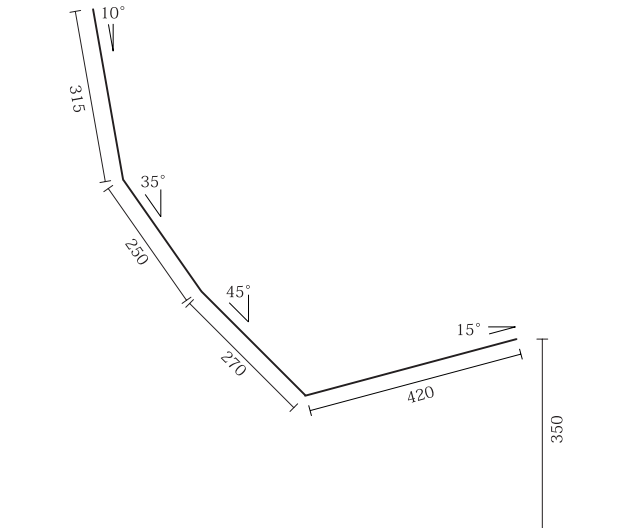


図17 プロトタイプ寸法値（直線）

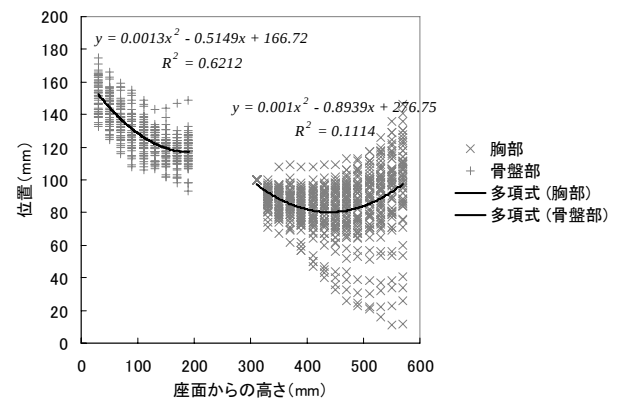


図18 胸部・骨盤部形状の検討

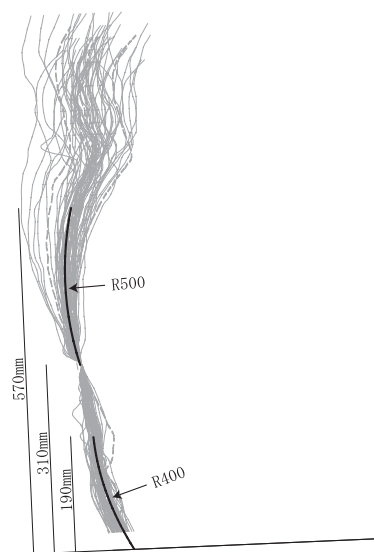


図19 胸部・骨盤部の支持面形状

では、それらを椅子の設計に利用する方法について記述する(図20)。現時点では、まだ仮説であり、検証がされていないため、ひとつの考え方として、参考程度に留めていただければと思う。

骨盤部については、座面後端から130mm付近を中心とし、求めた形状と背もたれとが接触する位置まで回転させる。胸部については、第11～12胸椎付近を中心に10度以内で上部が屈曲する方向に回転させる。この際、骨盤部形状の上端部分が背もたれの基準となる直線上からはみ出すことがあるが、腰部を積極的に支持する場合は、求めた骨盤部形状の上端部分から胸部の間を滑らかな曲線で結ぶと良いと考えられ、腰部支持をあまり必要としない場合は、骨盤部形状と背もたれの接触した位置から胸部の間を直線で結ぶと良いと考えられる。

骨盤部と胸部を支持することで、腰部は安定するため、腰部の積極的な支持はあまり必要がない

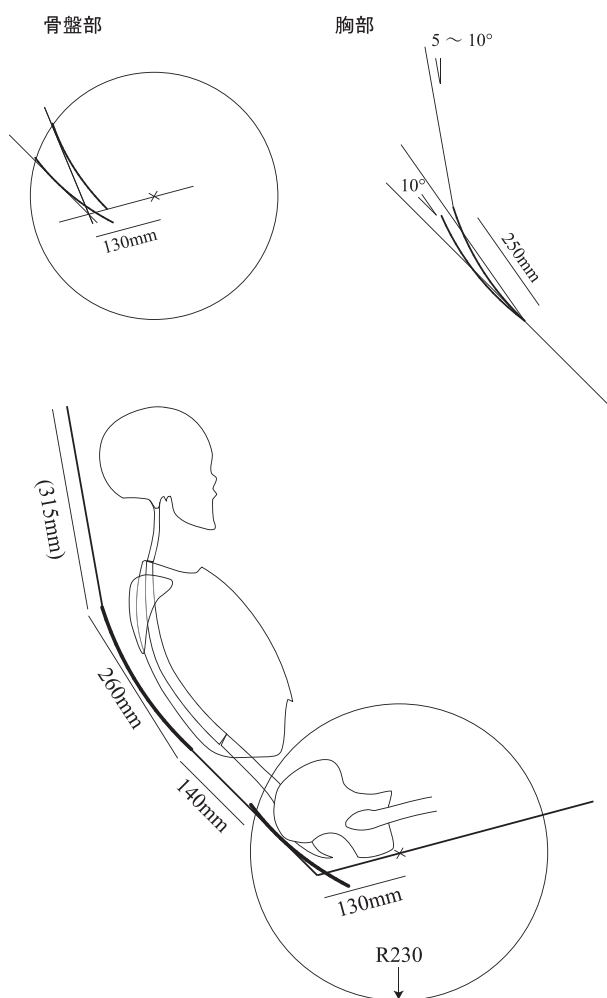


図20 胸部・骨盤部の支持面形状とその利用

ことが考えられる。また、身体の動作性や姿勢変化を考えた場合、骨盤部、胸部に加え腰部を支持すると、姿勢が固定されてしまうため、長時間座るときには腰部を支持しない方が腰椎の動きが抑制されず、腰部の負担軽減につながることも考えられる。

5.5 プロトタイプ(曲線)

胸部・骨盤部の形状使用した休息用椅子のプロトタイプを図21、図22に示す。

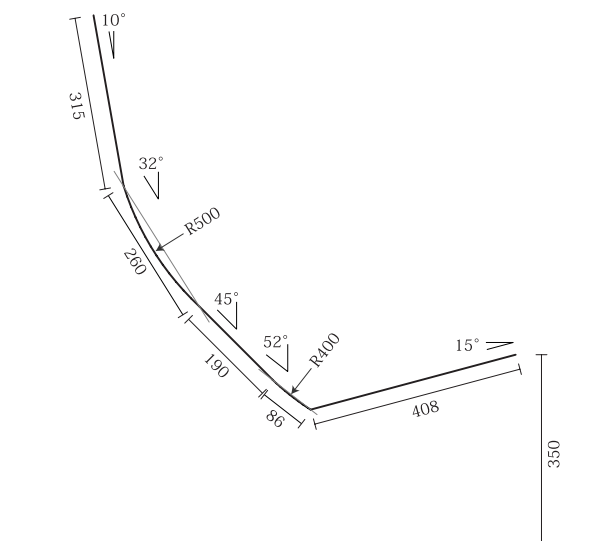


図21 プロトタイプ寸法値(曲線)

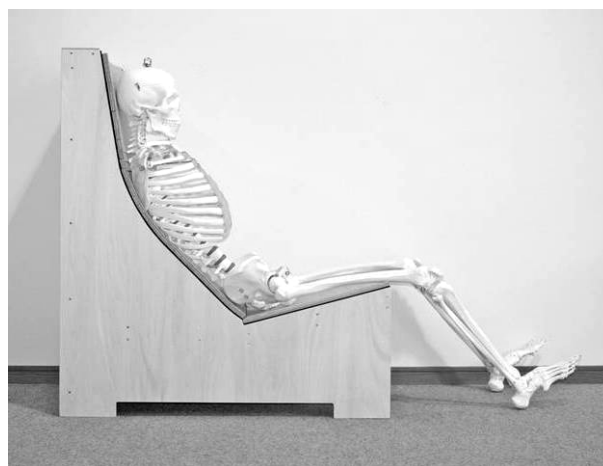


図22 プロトタイプ(曲線)

5.6 様々な角度条件への応用

最適な角度条件は用途に依存するところが大きいと考えられる¹¹⁾。前述した方法に従うことで、論理上は様々な角度への応用が可能である。図23～図25に例を示す。

5.7 留意点および今後の課題

(1) 背骨のS字の問題¹²⁾

本報告で提案したプロトタイプは背骨のS字を保つような構造ではない。一般的に腰痛を防ぐには、腰椎部を積極的に支えて背骨のS字を保つことができる椅子が良いと思われる。しかし、この理論に反対する報告もいくつかあり、S字姿勢を保つことが良いか悪いかについては、意見が分かれる。また、これらの報告は椎間板にかかる負荷や変形を問題としているものが多いが、そもそも腰痛患者の85%は腰痛が起こる原因がわからないままである。このような現状の中、背骨のS字を保つことに捕らわれず、身体をどう支えるべきかについて今後も検討する必要がある。

(2) 体格差の考慮

今回は一般解としての指針を求めたが、個人でみた場合には、よりよい条件が存在する。商品ターゲットが決まっているときや、オーダーメイドの場合には、人体寸法データベースや個人の人体寸法をもとに体格に合わせた設計を行うことができるため、状況に応じて調整を行うことが重要となってくる。

(3) 骨盤部・胸部形状とその利用

特に胸部形状については、近似曲線の当てはまりがよくないため ($r=0.34$)、検討の余地が残る。また、その利用方法については、現時点では仮説段階であり、今後検証を行う必要がある。

(4) 用途に応じた角度条件

考察された方法に従うことで、論理上は様々な角度への応用が可能である。しかし、無限に考えられる角度条件に対しての検証はできないため、これは目安にはなるものの、試作段階での微調整が重要となる。

(5) 姿勢の自由度、動作性

今回は身体の安定性や生理的にみてよい条件をもとに設計指針を求めた。しかし長時間着座や実際の使用場面では、姿勢の自由度や動作性も身体にかかる負担を軽減させる上で重要な因子であると、作業用椅子においては言われている。これらの因子が休息用椅子においても重要となるかは不明であるが、今後、検討の余地が残る。

謝辞

本研究に協力いただきました早稲田大学野呂研究室の皆様、ならびに実験に協力いただきました飛騨国際工芸学園の皆様に感謝いたします。

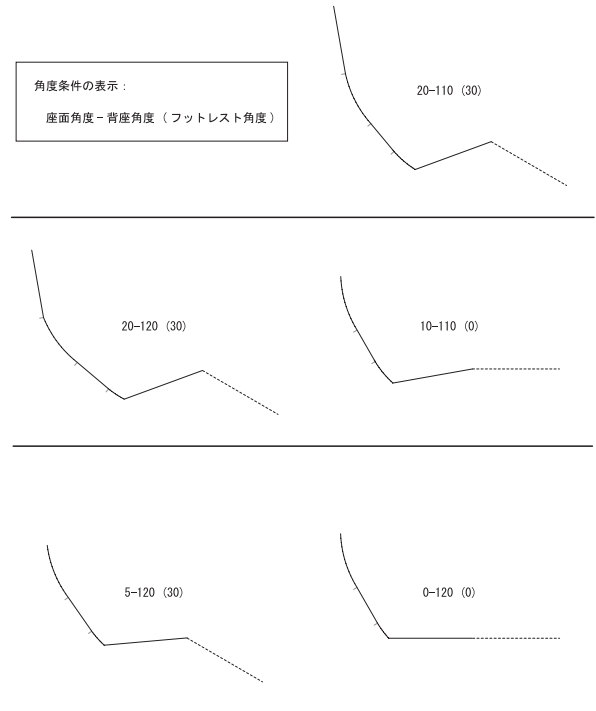


図23 様々な角度条件への応用例



図24 応用例 (座面角20度 / 背座角120度)



図25 応用例 (座面角20度 / 背座角110度)

参考文献

- 1) 成瀬哲哉他：岐阜県生活技術研究所研究報告，No.7，pp.21-27，2005．
- 2) 通商産業省工学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．
- 3) 藤巻吾朗他：岐阜県生活技術研究所研究報告，No.9，pp12-19，2007．
- 4) <http://freett.com/shoq/igaku/u-taikan.html>
- 5) I.A.Kapandji，荻島秀男 監訳，嶋田智明 訳：カパンディ関節の生理学 体幹・脊柱，医歯薬出版株式会社，1986．
- 6) N.B.Reese，W.D.Bandy，奈良勲 監訳：関節可動域・筋長検査法，医歯薬出版株式会社，2005．
- 7) 花井利通，松岡由幸：安楽姿勢に関する研究，自動車技術，Vol.41，No.11，pp.1275-1279，1987．
- 8) Y.Matuoka，T.Hanai，Study of Comfortable Sitting Posture，SAE 880054，pp.1-8，1988．
- 9) 安藤敏弘他：岐阜県生活技術研究所研究報告，No.7，pp.4-8，2005．
- 10) 藤巻吾朗他：岐阜県生活技術研究所研究報告，No.8，pp.12-18，2006．
- 11) 成瀬哲哉他：岐阜県生活技術研究所研究報告，No.7，pp.28-32，2005．
- 12) 野呂影勇：座 再考，バイオメカニズム学会誌，Vol.31，No.1，pp.3-7，2007．

