

人間の椅子に座る動作に関する研究 A Study of Sitting Motion of Humans on Chairs

菊地 吉郎・鈴木香織*

Kichiro KIKUCHI・Kaori SUZUKI*

1. はじめに

近い将来、高齢者および身体的弱者に対する福祉の必要性はますます高まる事が言われており、そのような人々が扱いやすい生活用具は健常者の扱いやすい形状とは異なると考えられる。そこで最も身近な椅子に注目し、座りと立ち上がりの動作における形状の違いによる負荷の差を調べ、生体力学実験装置を用いて動作の動画像解析を行い、原因を明らかにするとともに、高齢者および身体的弱者の扱いやすい椅子形状を提案する事を研究の目的とした。

2. 実験の装置と方法

2. 1 椅子の形状

実験に用いた椅子の形状を図1に示す。この椅子は市販されている丸椅子であり、座面高さは $h=423$ mmである。高さの調整は厚さ78 mmの台を用い、椅子を台の上に乗せる事により行い、それぞれ501 mm、345 mm

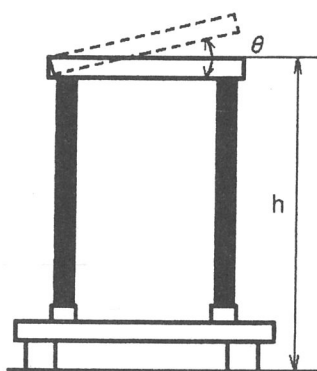


図1 椅子の形状

とした。また、角度 θ の調整は、図の左および右の脚の下に板を置き、それぞれ -11° 、 11° とした。ただし、立っている被験者と座面の被験者側先端部との距離は一定になるように椅子の位置を調整した。以上により9通りの組み合わせで実験を行った。

2. 2 計測・解析装置

生体力学実験装置のシステム構成を図2に示す。構成機器はハイスピードビデオカメラ(フォトン、FASTCAM-hvc-1)、ビデオデッキ、モニターテレビ

※平成10年度機械工学科卒業生(現カルビー勤務)

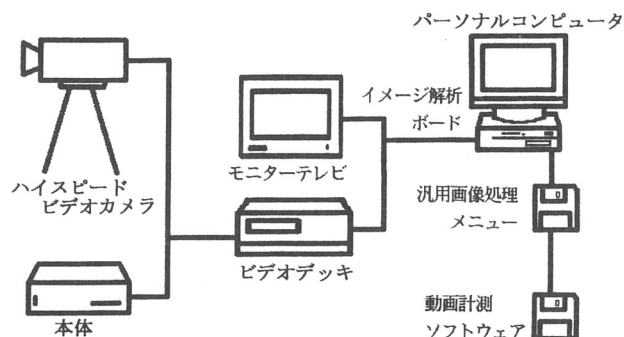


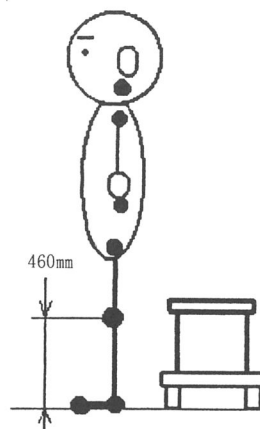
図2 生体力学実験装置のシステム構成

ビおよびパーソナルコンピュータであり、パーソナルコンピュータにはイメージ解析ボード(ライブラリ、ひまわり55)が装着されており、汎用画像処理メニュー(EASY32)および動画計測ソフトウェア(Move-TR)により動画像解析を行う。解析の方法は、ハイスピードビデオカメラで撮影した映像をいったんビデオテープに録画し、解析対象部分のみをイメージ解析ボードに取り込み、画像中のターゲットの動画像解析を行うことによりターゲットの座標、変位、速度、加速度を算出するとともに、スティック図および軌跡図として表示する。

なお、機器の主な性能として、ハイスピードビデオカメラの最高撮影速度は2100コマ/sであり、イメージ解析ボードは512×512画素でモノクロ96フレームのフレームメモリを持つ。

2. 3 実験方法

図3に示すように、被験者の頭部(耳の付け根)、肩部、腰部、足の付け根、膝、かかと、つま先の7カ所に反射テープを球状



●印：ターゲット

図3 ターゲットの位置

にしたターゲットを取り付けた。被験者が一定の位置に立ち、座りと立ち上がりの動作を行っている状況をハイスピードビデオカメラで側面から撮影した。また、被験者は形状変更をしていない椅子を基準として、動作に関する感想を記録した。今回の被験者は著者の1人(鈴木)であり、膝までの高さは460 mmである。なお、ハイスピードビデオカメラの撮影速度は30コマ/sとし、イメージ解析ボードへの画像のとりこみは7コマ間隔とした。

3. 実験の結果と考察

3. 1 感想と評価

表1 感想

座面高さ h mm

座面角度 θ°

		状態	-11	0	11
座面高さ h mm	501	座る	水平のときよりも体を傾けないと座れない。座ってからも、背もたれがないので不安定。	基準より座りやすい。座ったあとは落ちつかない。	膝や腰が楽。軽く座れる。座ってからはバランスが取りやすい。
		立つ	立つときは楽。	上半身の移動が少なく、すむので楽。	膝・腰に負担がかかった感じがしない。
	423	座る	基準の時とはほぼ同じ。座ってからは背もたれがないので背中、腰が辛い。	腰がやや重い。	座りやすい。座ってからもバランスが取りやすい。腰・膝が楽。
		立つ	基準より前のめりにならないと立てない。	腰が少し重い。	軽い力で立ち上がりやすい。
	345	座る	相当かがまないと座れない。座ってからは上の2つよりも体が傾かず、バランスがよい。	相当かがまないと座れない。座ってからは落ちつく。	相当かがまないと座れない。座った感じが心地悪い。
		立つ	水平の時より膝に負担がかかる。	基準のものより膝に負担がかかる	上の2つに比べて立ち上がりにくい。特に膝に負担がかかる。

本実験で得られた感想を表1に示す。負荷は主に膝と腰にかかり、上半身を傾ける事により負荷を軽減する動作を行っている。

表2 評価

		座面角度 θ°			
		状態	-11	0	11
座面高さ h mm	501	座る	4	4	4
		立つ	4	4	5
	423	座る	3	3	4
		立つ	2	3	4
	345	座る	2	2	1
		立つ	1	2	1

表1を数値化するために、座り易さと立ち上がり易さの基準を3とし、基準よりやや良いを4、良いを5、やや悪いを2、悪いを1として5段階評価した結果を表2に示す。この結果より、座面の高さを高めにするとともに座面の後部を高めにした方が座り易く立ち上がり易いことが分かる。被験者の膝の高さとほぼ同じ基準座面高さの場合

でも、座面の後部を高めにした方が評価は高い。しかしながら、座面高さが膝より低い場合にはいずれの座面角度でも評価は低い。すなわち一時休憩用の椅子のように座り易さと立ち上がり易さを問題にする場合、座面高さは膝の高さより高めであり、座面の後部が高めな形状が良いといえる。ただし、長い時間座ったままでの安定感は、座面高さが低く、座面後部が低い方が良く、ソファの形状に対応している。

3. 2 動画画像解析結果

表2より、評価の高かったもの($\theta=11, h=501$)、基準($\theta=0, h=423$)、評価の低かったもの($\theta=-11, h=345$)それぞれのスティック図を図4から図6

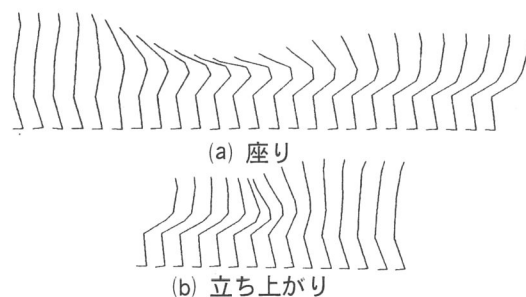


図4 スティック図 ($\theta=11, h=501$ の場合)

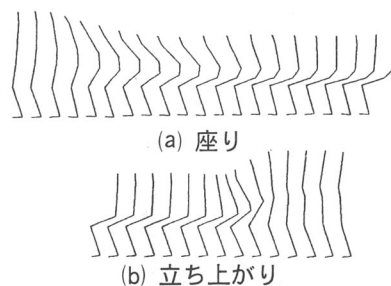


図5 スティック図 ($\theta=0, h=423$ の場合)

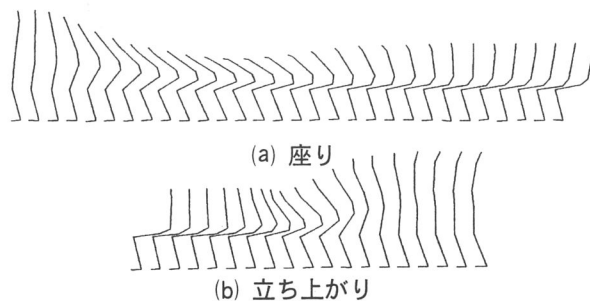
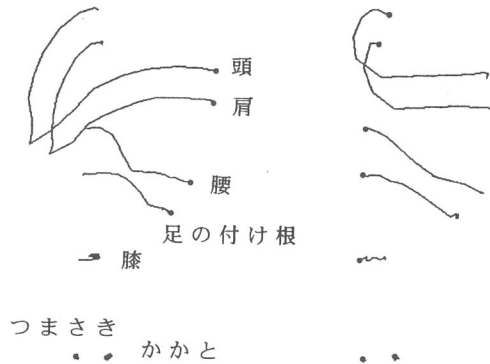


図6 スティック図 ($\theta=-11, h=345$ の場合)

に示す。スティック図とはある時間における7つのターゲットを直線でつないだ折れ線のことであり、1つのスティックから次のスティックまでの時間間隔は30分の7秒であり、左から右へと時間が進行している。

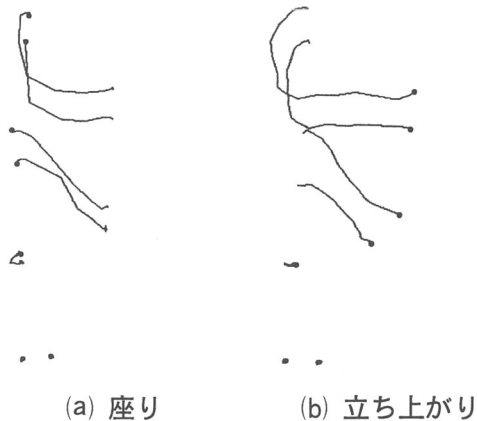
このスティック図から、人間の椅子への座りと立ち上がりの動作に関して、次のことが一般的に

いえる。座る動作の場合、立った状態からまず腰をわずかに曲げ、続いて膝を曲げながら腰を深く曲げて上半身を前傾し、腰から上部の重心が足の真上に来るように姿勢を調整しながら膝と腰をさらに深く曲げ、尻が座面に接してから腰を起こし始め、腰から上部の重心が腰の真上に来る位置で



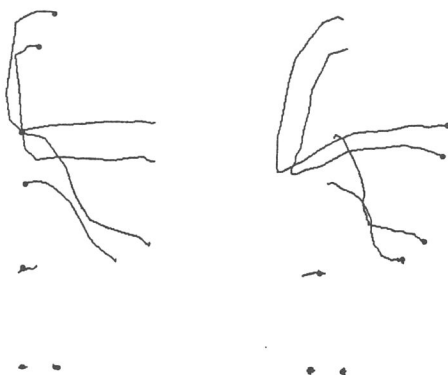
(a) 座り (b) 立ち上がり

図7 軌跡図 ($\Theta=11$, $h=501$ の場合)



(a) 座り (b) 立ち上がり

図8 軌跡図 ($\Theta=0$, $h=423$ の場合)



(a) 座り (b) 立ち上がり

図9 軌跡図 ($\Theta=-11$, $h=345$ の場合)

着座を完了している。立ち上がる動作の場合、座る動作のほぼ逆の経過をたどるが、要する時間は

はるかに短い。座る時には、尻と座面との急激な接触を避けるための経験的な速度調整を行っているためである。

図4から図6の場合に対応する軌跡図を図7から図9に示す。軌跡図とは各ターゲットを連続的にむすんだものであり、それぞれのターゲットの時間的な位置の変化を表している。これらの図を比較して、被験者が感じた大きな負荷の差は主に膝と腰の位置関係に原因があるといえる。負荷が少なかった場合ほど、着座の状態での膝と腰とをむすぶ線の垂直方向とのなす角度が小さい、すなわち立った状態からの角度の変化は小さい。したがって、第一に腰から上部の重心と膝との水平距離が小さいため膝にかかる曲げモーメントは小さく、第二に重心の垂直方向での移動距離が小さいため膝や腰への負荷が小さいといえる。第一の点に関しては、スティック図で示したように腰を曲げて上半身を前傾し、腰から上部の重心が足の真上に来るように姿勢を調整し、負荷の軽減を図っている。しかしながら、ソファの形状に似た図6の立ち上がりの場合、腰を曲げて上半身を前傾しても腰から上部の重心が足の真上に届かず、大きな負荷を感じる原因になっている。

今回の実験は足腰に全く支障のない者が被験者であったにもかかわらず、椅子の形状によっては膝や腰に相当の負荷を感じた。ましてや、高齢者や身体的弱者にしてみれば、その苦痛がどれほどのものであるのか想像に難くない。このような人達が短時間の休憩を必要とするような場所、例えば街角、公園、病院、交通機関などのベンチ、あるいはトイレの便座などの形状には特別な配慮が必要である。また、頻繁に座りと立ち上がりの動作を繰り返す職場の椅子の形状にも配慮することにより、膝や腰への負荷の軽減が可能である。

4. まとめ

今回の実験の範囲内で次のことが分かった。

- 1) 椅子に座るおよび立ち上がる動作を行う時、人間は腰より上部の重心が足の真上に来るように膝と腰の角度を調整している。
- 2) それに伴う上半身の傾きは主に腰への負荷となり、腰より上部の重心の垂直方向の移動は膝と腰への負荷となる。
- 3) 座りと立ち上がりにおける負荷は、座面高さ

が膝の高さより高めであり、座面の後部が高めな椅子形状で小さい傾向がみられた。

4) このような形状は高齢者や身体的弱者が一時的に使用する椅子に考慮されることが望ましい。

付録

「生体力学実験装置」の解説

本装置は、学生用実験実習設備として平成10年3月に導入されたものである。学際領域に関する学生実験テーマとして、人間の動作・生物の飛行あるいは遊泳などに関する生体力学が挙げられる。低学年では、生物の動きをスローダウン観察することにより生体のメカニズムの不思議さに触れ、高学年では、動画像解析を通してメカニズムを工学的に思考する。このような視覚に訴える実験は、直感的に理解し易い長所があり、その実体

験は学生の科学技術に対する好奇心を喚起し、思考する態度を身につける動機付けとなりうる。さらに、この装置は低速から高速までのあらゆる実体の直接的観測を可能とすることから、卒業研究・教官研究用としても全学的な利用が可能である。参考として表A1にハイスピードビデオカメラおよび表A2にイメージ解析ボードのカタログ仕様を示しておく。

表A1. ハイスピードビデオカメラの仕様

レンズマウント	Cマウント (標準)	
撮像方式	固体平面撮像素子	
記録方式	ICメモリ (ダイナミックRAM)	
記憶容量	32M BYTE (32,554,432 BYTE)	
撮影速度	フルフレーム	30, 60, 120, 240 PPS
	セグメントフレーム	480, 720, 960, 1440, 2100 PPS
画素数	フルフレーム	256×256
	セグメントフレーム	256×128, 256×64, 128×128, 128×64, 64×64 DOT
濃度表現	8 BIT (256階調)	
再生速度	2, 5, 10, 15, 30 PPS	
記録枚数	フルフレーム	512枚
	セグメントフレーム	8192枚
記録時間	フルフレーム	2.13秒
	セグメントフレーム	3.90秒
アナログビデオ出力	1VP-P 75Ω 2系統	
デジタル出力	有り	
データ表示	撮影速度, フレーム番号, 1D番号	
外部トリガ入力	接点/TTL オープンコレクタ (負極性)	
同期出力信号	TTL オープンコレクタ (負極性)	
エンドレス記録機能	有り	
寸法/重量	本体430(W)×500(H)×88(D) 約15kg カメラ 90(W)×150(H)×90(D) 約3kg	
電源	AC100~120V 50/60Hz 約160VA	

表A2. イメージ解析ボードの仕様

入力信号	RGBビデオ信号 (D-SUB9ピン)
出力信号	RGBビデオ信号 (D-SUB9ピン)
A/Dコンバータ	RGB各8ビット
D/Aコンバータ	RGB各8ビット
入力ルックアップテーブル	8ビット バッファ4セット
出力ルックアップテーブル	RGB各ビット バッファ2セット
補助入力出力信号	入出力各3ビット (フォトカプラー) 入力電源範囲 5V-24V
フレームメモリ	512×512×8ビット×96枚 (カラー使用時 32枚32)
オーバーレイメモリ	512×512×4ビット (RGVW)
ディスプレイメモリ	512×512×8ビット×3 (RGB) モニター表示は512×484
アスペクト比	1:1 または 4:3 ソフト切り替え
フレームメモリアクセス方式	1/0マップド方式
外形寸法	16.5 (W) × 2.5 (H) × 220 (D)
消費電力	20W

「受理年月日 1999年9月1日」