

琉球大学学術リポジトリ

学習者のEMG計測、体圧分布計測および意識調査による学校用家具の検討 一机・椅子の号数変化による大学生の意識および疲労の変化一

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2008-09-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 福田, 英昭, 舟戸, 亮, 水口, 和, Fukuda, Hideaki, Funato, Ryo, Mizuguchi, Nodoka メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/7247

学習者のEMG計測，体圧分布計測および意識調査による学校用家具の検討
—机・椅子の号数変化による大学生の意識および疲労の変化—

福田 英昭*¹，舟戸 亮*²，水口 和*³

Examination of School Furniture by Measurement of EMG and Body Pressure
Profile and Consciousness Investigation of Learner
Change in university student's consciousness and tired feeling according to
change in height of desks and chairs

Hideaki FUKUDA*¹, Ryo FUNATO*², Nodoka MIZUGUCHI*³

(Received October 31, 2007)

Summary

The motions analysis and the muscle activity were measured for eight university students who were using furniture for the school. The desks and the chairs used were the numbers of sizes from the second to sixth sizes of Japanese Industrial Standard, and they were wooden desks and chairs, the height were able to be adjusted. The measurement was based on the height of the desk and the chair of the proper sizes calculated from the height of the students. The height of the desk and the chair was changed into 3 steps, that is the proper size, the minus one level size and the plus one level size of JIS. The change of the load value and the movement of the center of gravity of load distribution were analyzed with a body pressure profile measuring system. The muscle activity was measured by putting on the electrode to the erector spinae muscle and the trapezius muscle, and using the surface EMG (electromyography). After that, the muscle fatigue was examined by the analysis of RMS (root mean square) method. While measuring it, the student did the work of copying sentences sitting on a chair, and they answered the questionnaire survey concerning height of the desk and the chair and their tiredness.

The result of this experiment was as follows. When one level high desk and the chair from the proper size were used, the fatigue degree comparatively became small in the erector spinae muscle, but a remarkable difference was not seen in the trapezius muscle. When the desk and the chair of proper size were used, the movement of the center of gravity of load distribution was suppressed. It has been understood that body pressure of the ischiadic nodal point of hips moves to the other side of the femoral region and the pressure is dispersed when one level high desk and the chair are used. And according to the consciousness investigation by the questionnaire, there were a lot of answers that it was the most appropriate height when the desk and the chair were used at a proper size of JIS. Moreover, tiredness was felt most when one level low desk and the chair were used, and there were a lot of answers that especially felt tiredness in a waist and a right shoulder.

*¹ 琉球大学教育学部技術教育教室 Department of Technology Education, Faculty of Education, University of the Ryukyus, Okinawa 903-0213, e-mail : fukudah@edu.u-ryukyu.ac.jp

*² 兵庫県神戸市立鷹取中学校

*³ 香港日本人学校小学部

1. 緒言

学校用家具の製作の拠り所として、古くは1952年に制定されたJ I S規格がある。それは、戦後の粗悪品防止を主なねらいとしたものであった。当時のJ I S規格の普及率はかなり低く、実情は各地方に、それぞれの立場から規格を設けたり、メーカーの推薦するものを採用したり、応急に設計したりというケースが多く、形状・寸法ともにまちまちであった¹⁻³⁾。

その後、1966年には人間工学的な考え方を導入した新たなJ I S規格が制定された。

文部省は1968年に、学校用家具が体位の著しく伸びた児童に適合しているかを検証するために、全国から無作為に抽出した201校の約2万名の公立小学校の児童に対して、児童の身長・座高と各自が使用している机・椅子の寸法ならびに材料・形式などの調査を行った。その結果、机・椅子の高さについてみると、適合した組み合わせのものを使用している児童は全体のわずか4.4%であり、さらに、甲板の広さや物入れの厚さ、背もたれのあり方などの条件を絞っていくと、総合的に合格したものは全体の0.7%という結果であった¹⁻³⁾。学校における机と椅子が、児童・生徒の学習能率や発育と密接な関係にあることはいうまでもなく、その意味で1966年の新しいJ I S規格は、人間光学的な面ばかりでなく、新しい材料の応用、強度試験への動的な方法の適用、学習方法の変化への適用等の点では、時宜に合った改正であったといえる。しかし、実際の適合率は低く、改善策を必要としていた²⁻⁵⁾。

また、1990年には、身長180cm以上の生徒に見合う「特号」規格を新設した新J I S規格が24年ぶりに制定された⁶⁾。中学生と高校生で身長180cmを超える生徒は男子だけでも約12万人いるという現状から見直しされたものであった。

さらに、1999年にJ I S規格の改正が行われ、多様な教材に対応できるように机面寸法を拡大し、高さ調整が可能な椅子を対象とする等、学習形態の変化に対応する内容が示された。机・椅子の高さの号数はそれまでの12段階のサイズ分類を緩やかにして0号から6号までの7段階となり、号数が大きくなることでサイズが小さくなっていた点

を改め、号数が大きくなることでサイズが大きくなるようにわかりやすく改正した⁷⁾。

ところで、大内・加藤らの1972年から1974年の調査²⁻⁴⁾によると、J I S規格⁶⁾により適正値とされている机・椅子の高さと、実際に子どもたちが使用している机・椅子の高さの適合率は、小学校で約4%、中学校で約15%とかなり低く、実際は適正値より2~3号分だけ高いものが多く使用されていることがわかっている。1998年に1237名の児童・生徒を対象にして、福田・小仙が行った普通教室用机・椅子に関する実態調査⁸⁾では、小学校の場合、机・椅子が共に適合している完全適合率は、全体の5%と低い値を示し、また、中学校においてもその完全適合率は9~37%と低い値であった。さらに、2000年に1131名を対象にして、福田が行った実態調査⁹⁾では、完全適合率が小学校・中学校・高等学校で、それぞれ12%、12%、10%と低い値であった。学校用家具のJ I S規格は、戦後からこれまで4回改正されているが、J I S規格が良いものに定められても、児童・生徒の身体に合ったものが配分され使用されなければ、その意義は大きく失われることになる。学校の教師側がこのことについてあまり意識していない点が、これまでの実態調査等の報告^{2-4, 8, 9)}の中でも指摘されている。また、机と椅子の号数の異なる組み合わせのものが多く使用されており、納入時のままの状態や、以前使われていたままの状態、机・椅子の高さを身体に合うように調整しないまま使用しているという問題点も指摘されている。

机と椅子は、児童・生徒の学習や活動と密接な関わりをもつため、身体に不適な家具の使用は、背骨をS字形に保つ補助具として機能せずに苦痛感・疲労感を与えるばかりでなく、学習能率・健康・発育を阻害することにもつながる。したがって、児童・生徒が個別に適切なサイズの机・椅子を使用できるように教育環境を整備していくことが必要である。一方で、J I S規格によって高さを正しく設定した机・椅子は、子どもたちから低すぎるという声が多く出されていると大迫は1986年に報告¹⁰⁾している。また、福田・上村の2000年と2002年の実態調査^{9, 11)}でも、J I S規格の適正値で設定された机・椅子よりも高さの高い机と椅

子が子どもたちから望まれていた。また，福田・池田・十場の2002年に差尺（机の高さと座面の高さの差）を変化させた実験結果¹²⁾からも，机の高さをJIS適正値より高く設定したときに，適正と判断する児童が増えた結果が得られている。このように，小学校から高等学校において，高さが高すぎる机・椅子が配分されている実態であるにもかかわらず，児童・生徒はそれよりも高めの机・椅子を好むという現状があり，これには学習活動内容の変化や視力近視者の増加等の時代的な影響を合わせて分析していく必要がある。また，現代の児童・生徒の体形の変化と関連づけてJIS規格を再考していく必要がある。

そこで本研究では，大学生を対象として，高さの調節可能な机と椅子を使用し，被験者の身長をもとにJIS規格に則り割り出した適正値を基準として，机と椅子の高さを段階的に変化させて実験を行った。被験者の各筋肉部位の筋電図(EMG：Electromyography)を測定し，同時に椅子の座面にかかる体圧分布の計測を行い，また，アンケートによる意識調査も実施することで，机・椅子の高さの違いによって生じる影響を筋肉の疲労度や体圧分布等から検証した。

2. 計測方法およびアンケート調査方法

2.1 被験者

調査対象者は，表1に示すように，琉球大学の学生8名（男性4名，女性4名）である。被験者の年齢は21～23歳（平均年齢は22歳），身長は153～171cm（平均身長は163cm），体重は47～63kg（平均体重は59kg）であった。実験において号数の変化は計3回行ったが，その順番による影響が出ないように，被験者毎に計測する号数の順序を

表1 被験者の属性

被験者	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	適正号数(号)	号数の変化
A	男	23	171	62	5	5→6→4
B	女	23	160	61	5	4→5→6
C	女	22	153	47	4	5→3→4
D	男	23	168	63	5	5→6→4
E	男	22	171	63	5	6→5→4
F	女	20	162	59	5	5→4→6
G	女	22	163	57	5	4→5→6
H	男	21	158	60	5	4→6→5

無作為に変えた。表2はJIS規格による机・椅子の適正号数を示す表である。被験者の身長に一番近い標準身長をもとに，適正とされる机・椅子の号数を決定した。

2.2 使用した机・椅子

使用した机・椅子は，図1と図2に示すヒノキクラフト社製の学童机セット（型式K-DN-GAD）であり，ヒノキの集成材で製作されたものである。ただし，各部材の接合部はステンレス製ボルトを使用し，集成材の表面は自然型の植物油脂性無公害塗料のオイルを使用していた。また，机・椅子は，いずれも学習者の身体の成長に合わせて高さの調節が可能な可動式であり，机では1990年のJIS規格の2～8号（1999年JIS規格の2～5号），椅子では1990年のJIS規格の2～5号（1999年JIS規格の3～5号）の高さに調節が可能なものであった。なお，本研究では，1999年のJIS規格に則って号数を記載する。また，6号の高さの場合には，使用した机・椅子の高さ調整だけでは対応できないため，机の下に60mm，椅子の下に40mmの厚さの木製板の上に設置して使用した。机の天板の有効サイズは縦450×横650mm，椅子の座面の有効サイズは縦360×横360mm，椅子の背もたれの傾斜角100°であった。

表2 机・椅子の号数と寸法

		(JIS S 1021 : 1999年)						
号数	0号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	
標準身長(cm)	90	105	120	135	150	165	180	
机面高さ(cm)	40	46	52	58	64	70	76	
座面高さ(cm)	22	26	30	34	38	42	46	



図1 机・椅子(側面からの写真) 図2 机・椅子(後方からの写真)

2. 3 作業内容と計測時間

被験者に着座して行ってもらった作業内容は、学校での日常的な学習場面を想定して、原稿の書き写し作業とした。20文字×20行のA4サイズの原稿用紙に芯先0.5mmのシャープペンシルを使用して、日本国憲法を書き写すという内容であった。なお、被験者本人の作業しやすい姿勢で行ってもらい、書き写すスピードも被験者に一任した。

被験者の身長から求めたJIS規格による適正な高さ、その適正值より1号分低い高さ、その適正值より1号分高い高さの3段階に机・椅子の高さを変化させ、計測を行った。同じ号数での実験手順は、20分間の書き写し作業の後、5分間休憩（同時にアンケート回答記入）をし、引き続き同じ高さで20分間の書き写し作業をして、その後10分間の休憩（同時にアンケート回答記入）を行う手順とし、これを1セットとした。同一被験者は、机・椅子の高さを3段階に変えて、計3セットの計測を行った。

2. 4 表面筋電計によるEMGの計測

EMG計測で用いた表面筋電図は、ハードウェアがProComp Infiniti(8チャンネル、最大サンプルレート2048 s/s)、ソフトウェアがBioGragh Infinitiであり、いずれもThought Technology社製のものであった。図3に実験装置の概念図を示す。

長時間の座位姿勢による疲労予想部位として、図4に示す右脊柱起立筋と右僧帽筋の2点を取り上げた¹³⁻¹⁵⁾。右脊柱起立筋と右僧帽筋にそれぞれ電極(MyoScan EMG Sensor、感度0.1μV、Thought Technology社製)を貼り付け、EMGの波形を測定した。図5は測定中の様子であり、今回のEMGの計測はサンプルレート32 s/sで行

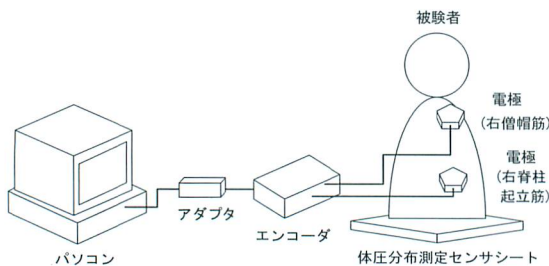


図3 表面筋電計によるEMG計測実験の概念図

た。なお、今回の被験者8名は全員右利きであったため、測定箇所は脊柱起立筋と僧帽筋は右側を採用した。

2. 5 体圧分布の計測

前述の図3、図5のように、被験者が着座する椅子の座面に体圧分布測定システム(ニッタ株式会社製のClinSeat)のセンサシートの裏面四隅を両面テープで固定して計測を行なった。このシートは圧力センサセルが縦横に配列され、そのセンサセルに加わる圧力を測定するものである。このセンサ厚は0.4mm、分解能は10mm、マトリクス数は44×48個、測定範囲は2~20kPaであった。計測の前には感度を設定し、被験者の体重に基づきキャリブレーションを行なった。また、計測時間は20分間×2回×3セット、計測間隔は2フレーム/秒とした。なお、体圧分布の分析は、附属ソフトウェアClinSeatで行い、このソフトウェアによってセンサから収集された圧力分布データが表示され、同情報を時系列のデータとして記録することができる。

2. 6 アンケートによる意識調査

20分間の書き写し作業直後の休憩時間に、アンケートによる意識調査を行った。アンケートの内容は、机・椅子のそれぞれについて、高さの感じ方と主観的疲労度、姿勢や背筋の変化をSD法による形容語の対の5段階尺度で答えてもらった。また、疲れを感じた身体部位については、アンケートの身体図中に3段階の疲労度で図示して回答してもらった。

なお、実験は2006年2月9日から2月16日の期

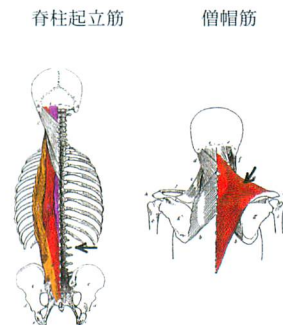


図4 EMG波形の測定部位

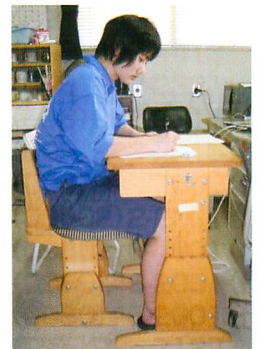


図5 測定中の様子

間に行い，計測を行った室内の気温は17～23℃（平均気温20℃），湿度は69～88％（平均湿度78％）であった。

3. 結果と考察

3. 1 表面筋電計によるEMGの分析

本研究では，筋電図の評価方法としてRMS（root mean square）法を用いた。

EMG信号のRMS化とは，波形の交流実効値をとる考え方である。表面筋電図の振幅幅を変量とみなして，その標準偏差を計算するものであり，式（1）に示す単位時間当たりの信号を自乗平均しその平方根を求める方法である¹⁶⁻¹⁷⁾。この操作

$$RMS(EMG(t)) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} EMG^2(t) dt} \quad (1)$$

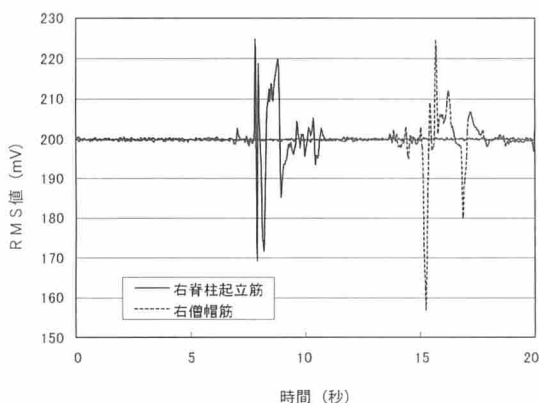


図6 RMS波形図の一例(右脊柱起立筋と右僧帽筋の2波形)

は，ソフトウェア(BioGragh Infiniti)により行った。図6に測定されたRMS波形図の一例を示す。

書き写し作業の20分間の周波数を分析し近似直線を算出し，その傾きを比較することで筋疲労の評価を行った。傾きが大きく負の値を示すほど筋疲労が起こっているということが確認されている¹³⁾。図7にRMS近似直線図の一例を示す。

3. 2 RMS近似直線の傾きの分析

机・椅子の高さを段階的に変化させた場合のRMS近似直線の傾きについて，脊柱起立筋については表3に，僧帽筋については表4にそれぞれ示す。表中の高さの「適」は被験者の身長から求めたJIS規格による適正值の机・椅子の高さを表し，「低」は適正值よりも1号分だけ低く設定した場合，「高」は適正值よりも1号分だけ高く設定した場合を表している。また，「適1」は適

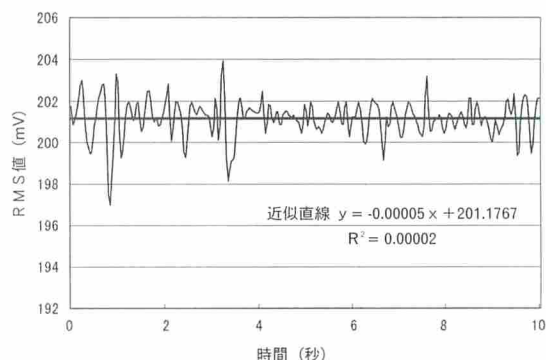


図7 RMS近似直線図の一例

表3 脊柱起立筋のRMS近似直線の傾き

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H
低1	-1.686	-70.791	0.729	-5.857	-0.787	-1.400	-138.105	3.494
低2	-0.797	2.162	-0.547	-1.834	14.000	-0.381	-2.067	0.207
適1	1.125	3.804	1.284	-256.362	-77.989	-160.069	-0.058	6.418
適2	-1.618	-0.910	1.939	-7.185	-19.146	-5.032	-2.982	2.073
高1	-0.967	-0.630	15.388	-5.443	-114.762	-1.189	0.726	-0.143
高2	0.077	-0.492	2.224	-2.279	16.733	-1.440	-1.164	-0.561

表4 僧帽筋のRMS近似直線の傾き

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H
低1	2.036	1.572	0.624	-1.471	0.690	-0.669	1.393	-0.305
低2	3.062	0.130	-2.580	-2.175	-0.140	0.171	0.807	0.931
適1	4.542	2.298	-0.284	-8.632	0.814	5.589	1.574	0.785
適2	3.179	-0.550	0.114	-0.286	2.422	1.869	0.637	-0.482
高1	1.202	0.168	3.900	1.235	-2.933	-1.189	2.499	-0.668
高2	0.662	1.821	0.907	-0.588	0.974	-0.391	-0.029	0.875

正值の実験の1回目、「適2」はその2回目の実験を表している。なお、下線が引かれている数値は、同じ被験者に対して計6回行った実験の最初に行った計測データであることを示している。

RMS近似直線の傾きが大きな負の値を示すことは、筋疲労が進んでいることを示しているが、表3と表4より、脊柱起立筋と僧帽筋のいずれの場合も特に大きな変化はみられない。すなわち、今回の書き写しの20分間の作業内容は、大学生において顕著な筋疲労を起こす負荷ではなかったといえる。ところで、同一の被験者が最初に行った計測データを表3と表4では数値に下線を付けて示しているが、この最初の計測データと他の5回のデータを比較してみると、最初のデータが特に大きな値であるか、または特に小さい値であることがわかる。このことは、最初の測定場面で被験者が初めて机・椅子に触れ、その高さに自分の身体を合わせようと意識し、計測部位の筋肉を頻繁に動かしながら疲れにくい姿勢を求めることで、筋肉が頻繁に活動したものと考えられる。

また、表3と表4のデータをもとに、それぞれのRMS近似直線の傾きの平均を被験者8名について求めたものが表5である。この結果より、脊柱起立筋では、適正值よりも1号分高い机・椅子の場合にRMS近似直線の傾きが他の場合よりも小さくなり、疲労度が比較的に小さいことがわかった。また、僧帽筋では、いずれもほぼ同じ傾きを示し、顕著な差はみられなかった。さらに、同表

の脊柱起立筋は、「低」、「適」および「高」のいずれの場合も、高さを変化させた時の1回目の値が大きな負の値を示し、2回目の値は正值に転じる方向で値が大きくなっていることがわかった。このことも、高さを変化させた1回目は姿勢を調整するために脊柱起立筋を頻繁に使うことで疲労度が結果的に増し、2回目は脊柱起立筋の適応または慣れによって疲労度が軽減されたと考えられることができる。

3. 3 RMS平均値の分析

脊柱起立筋における机・椅子の高さごとのRMS平均値を表6に示し、僧帽筋については表7に示す。ここでも、下線が引かれている数値は、同じ被験者に対して計6回行った実験の最初に行った計測データであることを示している。また、被験者8名のRMS平均値の高さごとの平均値を表8に示す。

表6と表7より、RMS平均値に関しても、脊

表5 RMS近似直線傾きの8名の平均値 (×10⁻⁷)

	脊柱起立筋		僧帽筋	
低1	-26.800	低の平均値	0.484	低の平均値
低2	1.343	-12.729	0.026	0.255
適1	-60.231	適の平均値	0.836	適の平均値
適2	-4.108	-32.169	0.863	0.849
高1	-13.378	高の平均値	0.527	高の平均値
高2	1.637	-5.870	0.529	0.528

表6 脊柱起立筋のRMS平均値

(mV)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H
低1	200.0213	<u>200.0871</u>	200.0265	200.0789	200.0463	200.0478	<u>200.2745</u>	<u>200.0199</u>
低2	200.0199	200.0211	200.0251	200.0667	200.0586	200.0488	200.0874	200.0273
適1	200.0189	200.0195	200.0263	<u>200.3612</u>	200.2885	<u>200.3477</u>	200.0727	200.0271
適2	200.0189	200.0205	200.0246	200.0971	200.0688	200.0653	200.0632	200.0295
高1	200.0231	200.0221	<u>199.9973</u>	200.0807	<u>200.3102</u>	200.0476	200.0616	200.0291
高2	200.0214	200.0207	200.0244	200.0721	200.1526	200.0459	200.0607	200.0303

表7 僧帽筋のRMS平均値

(mV)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H
低1	199.8133	<u>199.8231</u>	199.8128	199.8156	199.8208	199.8178	<u>199.8192</u>	<u>199.8202</u>
低2	199.8152	199.8226	199.8126	199.8167	199.8177	199.8192	199.8198	199.8195
適1	<u>199.8020</u>	199.8180	199.8141	<u>199.8229</u>	199.8206	<u>199.8084</u>	199.8197	199.8213
適2	199.8101	199.8206	199.8112	199.8163	199.8203	199.8165	199.8186	199.8191
高1	199.8133	199.8184	<u>199.8043</u>	199.8159	<u>199.8179</u>	199.8192	199.8196	199.8193
高2	199.8142	199.8158	199.8107	199.8198	199.8177	199.8187	199.8212	199.8212

柱起立筋と僧帽筋のいずれの場合も特に大きな変化はみられない。また、前述と同様に、同一の被験者が最初に行った計測データは、他の5回のデータと比較すると高い値であるか、または低い値であって、他のデータとは異なった特徴を示している。このことも、最初の測定場面で被験者が机・椅子の高さに自分の身体を合わせようと意識し、計測部位の筋肉を頻繁に動かしたために、その差が生じたものと推測される。表8より、脊柱起立筋は、「低」、「適」および「高」のいずれの場合も、高さを変化させた時の1回目の平均値が大きな値を示し、2回目の値は小さくなるのがわかった。このことも、筋活動が次第に適応または慣れによって、筋活動度が低下したためと考えられる。また、僧帽筋の場合、高さの違いによる平均値の差は認められなかった。なお、脊柱起立筋の平均値の最小値は、僧帽筋の平均値の最大値を上回っており、このことは、着座による書き写し作業で、脊柱起立筋の方が僧帽筋よりも筋活動度が高かったことを示している。

脊柱起立筋と僧帽筋のRMS平均値のt検定を行った結果の一例を表9に示す。同じ机・椅子の高さにおいて、脊柱起立筋の方が僧帽筋よりもRMS平均値が高いことを示し、いずれの高さの場合も $P < 0.1\%$ で有意差が認められ、この2つの筋肉部位の筋活動度の違いが確認された。また、机・椅子の高さの違いによる脊柱起立筋と僧帽筋のRMS平均値のt検定の結果を、表10と表11にそれぞれ示す。これらの表より、「低」、「適」お

表8 RMS平均値の8名の平均値 (mV)

	脊柱起立筋	僧帽筋	
低1	200.0753	199.8178	脊柱起立筋： 最大値 200.3612 最小値 199.9973
低2	200.0444	199.8179	
適1	200.1452	199.8159	僧帽筋： 最大値 199.8231 最小値 199.8020
適2	200.0485	199.8166	
高1	200.0715	199.8160	
高2	200.0535	199.8174	

表9 脊柱起立筋と僧帽筋のRMS平均値のt検定

	脊柱起立筋(低1) と僧帽筋(低1)	脊柱起立筋(適1) と僧帽筋(適1)	脊柱起立筋(高1) と僧帽筋(高1)
t 値	8.729	5.965	7.340
P 値(両側検定)	0.000052	0.000561	0.000157

よび「高」の高さの違いによって、脊柱起立筋と僧帽筋のいずれの場合もRMS平均値に有意差は認められなかった。

3. 4 荷重分布重心の移動

圧力分布測定システムの荷重中心の変動状況がパソコン画面上で軌跡として表示されるため、その軌跡を身体の前後方向と左右方向の2方向で計測して記録した。机・椅子の高さを変化させることで、椅子の座面における荷重分布の重心位置がどのように変化したのかを示したものが図8である。なお、被験者の突発的な動きを示した部分については分析対象から外し、被験者8名の前後・左右方向の値を平均した数値をここでは示している。適正值の机・椅子を使用した場合、前後・左右方向ともに最も重心の移動距離が小さく、身体への負担が最も少ない状況であったと予想される。一方、適正值よりも1号分だけ低く設定した机・椅子では、前後・左右方向とも移動距離が最も大

表10 机・椅子の高さの違いによる脊柱起立筋のRMS平均値のt検定

	低と適	適と高	低と高
t 値	-1.139	1.334	-0.114
P 値(両側検定)	0.2724	0.2020	0.9104

表11 机・椅子の高さの違いによる僧帽筋のRMS平均値のt検定

	低と適	適と高	低と高
t 値	1.472	-0.337	1.488
P 値(両側検定)	0.1618	0.7409	0.1576

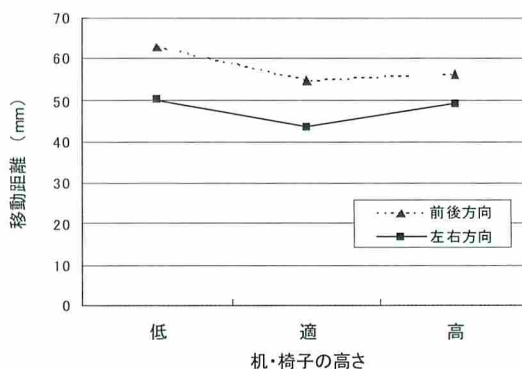


図8 机・椅子の高さの違いによる荷重分布重心の移動距離の変化

きい値を示した。これは、号数が小さくなることで机と椅子の間の空間が狭くなり、それを窮屈に感じて身体を動かすことでその疲れの調整を図っていたと考えられる。同時に、高さが低くなることで前傾姿勢になるため、身体への負担が大きくなったと予想される。また、高さの3段階すべてにおいて、左右方向への動きよりも、前後方向への動きの方が大きい値を示した。これは、比較的自由度の高い上半身の動きが大きく影響していると考えられる。机・椅子の高さの違いによる荷重分布重心の移動距離について t 検定を行い、その結果を表12に示す。机・椅子の高さの違いについては、特に有意差は認められなかった。

3. 5 荷重値の変化

着座時の体圧分布をさらに詳細に分析するために、図9に示すように体圧分布の2次元等圧線表示図をA～Dの4つの均等なタイルに分割し、それぞれのタイルに加わっている荷重値を分析した。

表12 机・椅子の高さの違いによる荷重分布重心の移動距離の t 検定

机・椅子の高さ	移動方向	t 値	P 値(両側)
低と適	左右	1.25	0.23
	前後	1.74	0.10
適と高	左右	-1.35	0.19
	前後	-0.29	0.78
高と低	左右	-0.13	0.90
	前後	-0.90	0.38

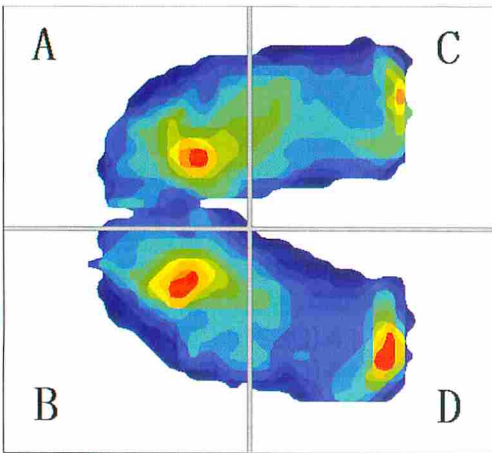


図9 4つのタイルに分割した体圧分布図(被験者D)

なお、この図においては、A・B側が被験者の臀部であり、左側が背中側となり、Cが左脚側、Dが右脚側となっている。着座の際に、最も荷重が集中して加わるのは、左右の座骨周辺であり、図ではAとBにその圧力の頂点が表れている。また、CとDでは、大腿部の裏と座面の縁の接触部分にも高い圧力が表れている。

センサのエリア上にかかる総荷重を、A～Dの4つのタイル別に表示させ、それぞれのタイルに加わる荷重割合を求めたものが図10であり、被験者8名の値を平均して示している。しかし、被験者A、C、Gの3名の値が特異であったため、その3名の値を除いて被験者5名の値を平均して改めて示したものが図11である。

図10と図11のいずれの場合も、机・椅子の高さが高くなるにつれ、タイルAとタイルBにかかる荷重は減少し、タイルCとタイルDにかかる荷重が増加していることがわかる。これは、椅子の高さが高くなるにつれて、床と座面との距離が長く

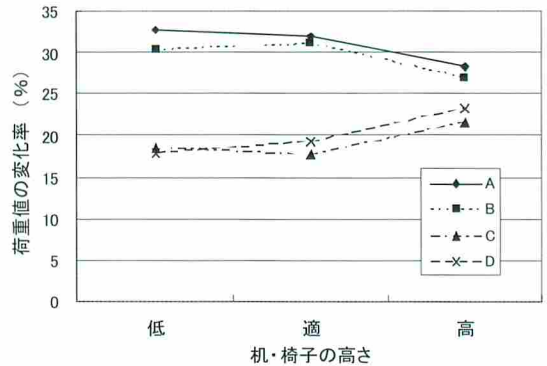


図10 4つのタイル別に示した荷重値の変化(被験者8名)

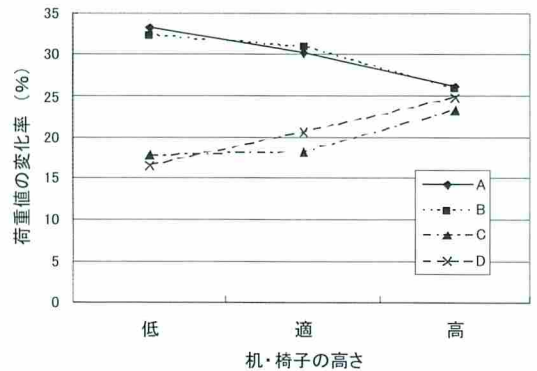


図11 4つのタイル別に示した荷重値の変化(被験者5名)

なり，膝の裏側の角度が次第に大きく広がり，大腿部の裏側に荷重が加わっていくためだと考えられる。また，机・椅子の高さが高くなることに伴い，荷重が集中していたタイルAとBの荷重値が，タイルCとDに移行していくことで，座面の圧力が平滑化していき，座り心地をよくする要因になっていると推測できる。このことをわかりやすく図示するために，机・椅子の高さが1号分低い場合，適正值の場合，1号分高い場合の3段階の体圧分布状態を3次元等圧線でそれぞれ図示したものが図12～図14である。机・椅子が高くなるにつれて，

大腿部の裏側が椅子の前面の縁に当たり，その部分の荷重値が高くなっていることがわかる。このように，1号分低い机・椅子の使用時に座骨結節点を中心にして加わっていた荷重が，机・椅子の高さが高くなるにつれて，大腿部の裏側でも荷重がかかるようになり，荷重が分散されていくことがわかった。また，3次元等圧線で示される荷重値の勾配が，机・椅子が高くなっていくことで次第に緩やかになっていることも確認できた。

机・椅子の高さの違いによる4つのタイル別の荷重値の t 検定結果を表13に示す。タイルAでは，

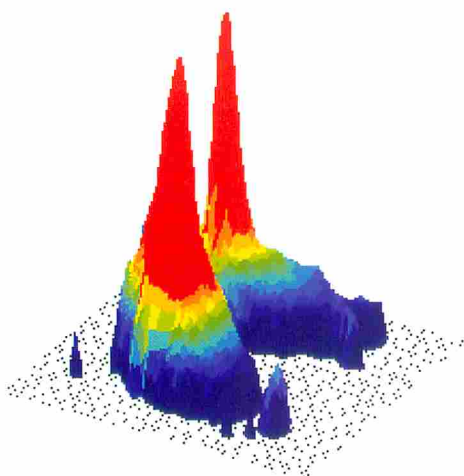


図12 1号分低い机・椅子使用時の体圧分布状態(被験者D)

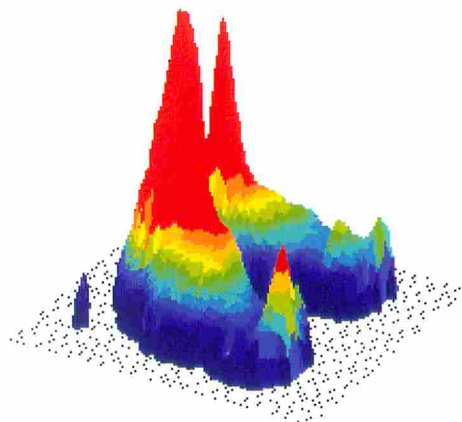


図13 適正值の机・椅子使用時の体圧分布状態(被験者D)

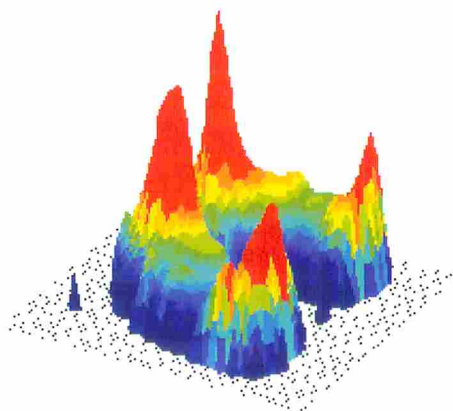


図14 1号分高い机・椅子使用時の体圧分布状態(被験者D)

適と高の間に、また、高と低の間に、 $P < 0.1\%$ で有意差が認められた。タイルBでは、適と高の間に、また、高と低の間に、 $P < 1\%$ で有意差が認められた。タイルCでは、適と高の間に $P < 0.1\%$ で、また、高と低の間に $P < 5\%$ で有意差が認められた。タイルDでは、適と高の間に $P < 1\%$ で、また、高と低の間に $P < 0.1\%$ で有意差が認められた。特に、適正値の高さと1号分高い高さの机・椅子の間で、いずれのタイルにおいても荷重値の高い有意差が認められた。このように、机・椅子の高さが高くなるにつれてタイルAとBでは荷重値が減少し、タイルCとDでは荷重値が増加しており、机・椅子の高さの違いが荷重値に大きな影響を与えていることがわかった。

3. 6 ピーク荷重値および接触圧力の変化

タイルA～Dの各エリア内で最大の荷重値であるピーク荷重値の変化を図15に示す。また、各エ

表13 机・椅子の高さの違いによる荷重値のt検定 (被験者5名)

机・椅子の高さ	タイル	t 値	P 値(両側)
低と適	A	2.25	0.0513
	B	1.06	0.3153
	C	-0.22	0.8303
	D	-3.65	0.0053
適と高	A	4.94	0.0008
	B	4.67	0.0012
	C	-6.85	0.0001
	D	-4.50	0.0015
高と低	A	-5.09	0.0007
	B	-4.31	0.0020
	C	2.85	0.0191
	D	8.20	0.0000

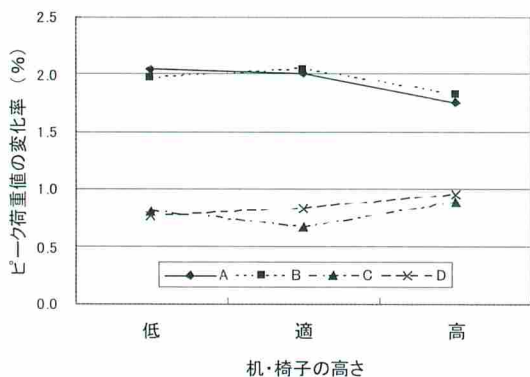


図15 机・椅子の高さの違いによるピーク荷重値の変化

リア内の荷重値を接触面積で割った値が接触圧力であり、その変化を図16に示す。さらに、各タイル内で最大の荷重値がかかっている部分の圧力値である接触ピーク圧力の変化を図17に示す。これら3つのグラフの値は被験者8名の平均値である。図15～図17は、前述の図10および図11とほぼ同じ傾向の結果を示しており、机・椅子の高さが高くなるに従って、タイルAとBの値が減少し、タイルCとDの値が増加している。これは、前述のように、1号分低い机・椅子の使用時に座骨結節点を中心にして加わっていた荷重が、机・椅子の高さが高くなるにつれて、大腿部の裏側でも荷重がかかるようになり、荷重が分散されるためだと考えられる。

3. 7 アンケートによる意識調査

アンケートの内容は、机・椅子のそれぞれについて、高さの感じ方と主観的疲労度、姿勢や背筋の変化をSD法による形容語の対の5段階尺度で答えてもらい、被験者8名のアンケート結果を集

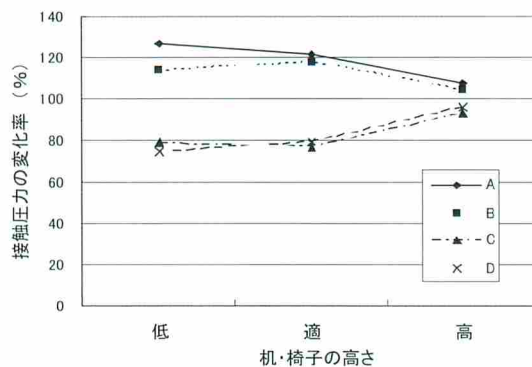


図16 机・椅子の高さの違いによる接触圧力の変化

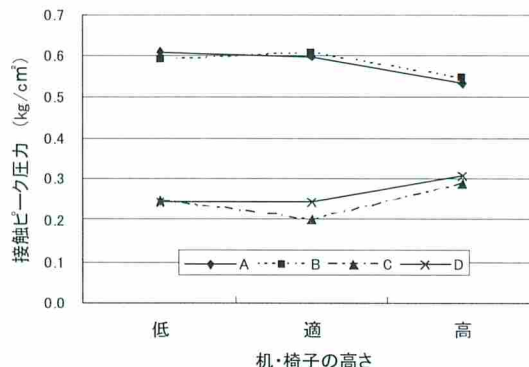


図17 机・椅子の高さの違いによる接触ピーク圧力の変化

計して平均を求めた。

机・椅子の高さを変化させることで，机と椅子のそれぞれの高さの感じ方がどのように変化するかを示したのが図18である。適正値の高さの机・椅子を使用したときに，ちょうど良い高さだと回答する人が多かった。また，1号分高い高さを使用した場合に，机の高さは椅子の高さに比べて高いと感じる傾向を示したが，これは，椅子が1号分高くなると40mm高くなるのに対し，机は1号分高くなると60mm高くなるため，その20mmの差を大きく感じたものと考えられる。

机・椅子の高さを変化させることで，主観的疲労度がどのように変化するかを示したのが図19である。この場合，適正値の机・椅子を使用したときに最も疲労度が低く，1号分低い高さの時に疲れが比較的多かったことがわかる。

机の高さの違いによる高さの感じ方と主観的疲労度の t 検定を行った結果を表14に示す。机の高さの感じ方の t 検定では，どの高さの間においても $P < 0.1\%$ の有意差が認められた。また，主観

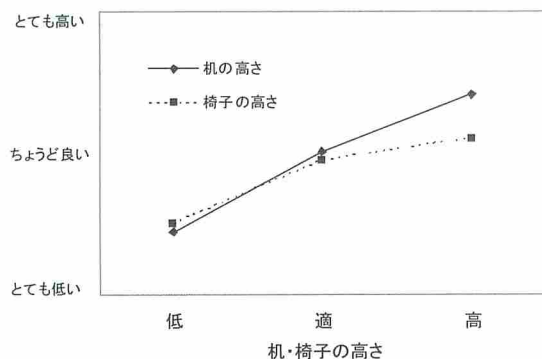


図18 机・椅子の高さの違いによる高さの感じ方の変化

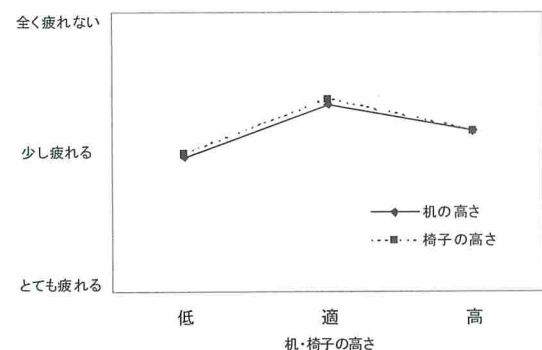


図19 机・椅子の高さの違いによる主観的疲労度の変化

的疲労度の t 検定では，高さの違いによる有意差は特にみられなかった。

椅子の高さの違いによる高さの感じ方と主観的疲労度の t 検定を行った結果を表15に示す。椅子の高さの感じ方の t 検定では，低い椅子と適正値の椅子で $P < 0.1\%$ の有意差が認められ，また，低い椅子と高い椅子で $P < 5\%$ の有意差が認められた。主観的疲労度の t 検定では，高さの違いによる有意差は特にみられなかった。この結果を表14と比較すると，被験者は椅子よりも机の方が，高さの違いをより意識しやすいことが予想される。

机・椅子の高さを変化させることで，姿勢と背筋の状態がどのように変化するかを示したものが図20である。低い高さの机・椅子を使用した場合に，比較的姿勢が悪くなり，背筋も曲がると

表14 机の高さの違いによる高さの感じ方および主観的疲労度の t 検定

高さの感じ方	低と適	低と高	適と高
t 値	-5.463	-8.793	-6.177
P 値(両側検定)	0.000943	0.000496	0.000455
高さの感じ方	低と適	低と高	適と高
t 値	-1.474	-0.704	1.271
P 値(両側検定)	0.183999	0.503986	0.244341

表15 椅子の高さの違いによる高さの感じ方および主観的疲労度の t 検定

高さの感じ方	低と適	低と高	適と高
t 値	-7.000	-3.211	-0.882
P 値(両側検定)	0.000212	0.014842	0.407084
高さの感じ方	低と適	低と高	適と高
t 値	-1.587	-0.767	1.210
P 値(両側検定)	0.156433	0.467976	0.265398

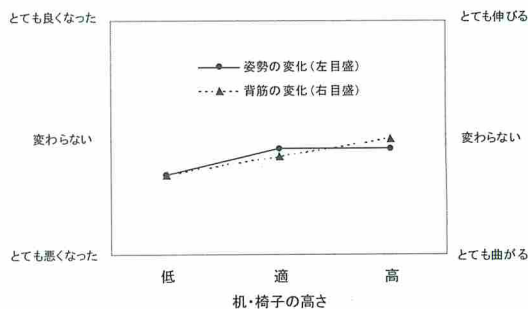


図20 机・椅子の高さの違いによる姿勢と背筋の変化

いう意識の傾向を示すことがわかった。また、机・椅子の高さの違いによる着座時の姿勢と背筋の伸びについて t 検定を行ったが、その結果を表16に示す。姿勢および背筋の状態について、机・椅子の高さの違いによる有意差は特にみられなかった。

机・椅子の高さを変化させることで、疲労部位がどのように変化するかを図21に示す。このグラフは、被験者から疲労を感じる身体部位を3段階の疲労度で回答してもらったものであり、それを1～3ポイントでカウントして合計したものである。また、疲労部位が多数の場所になったため、右肩、左肩、首の後ろ、背筋、腰、臀部、脚、手・腕の8箇所に分類して集計を行った。この結果より、腰と右肩に疲労を多く回答していることがわかる。また、腰に関しては、1号分低い高さの机・椅子を使用したときに最も疲労度が高く、1号分高い高さが比較的低いことがわかる。これは、机・椅子が低くなるにつれて、上体が前傾姿勢になるため、腰の疲労度が高くなるものと予想される。また、右肩に関しては、被験者全員が右利きで右手による書き写し作業であったので、書く方の肩

に負担がかかったため、疲労度が高くなったと考えられる。

4. 結 論

机・椅子の高さの違いによって生じる影響を検討するために、大学生を対象として、机と椅子の高さを段階的に変化させて実験を行った。被験者の各筋肉部位の筋電図 (EMG) を測定し、同時に椅子の座面にかかる体圧分布の計測を行い、また、アンケートによる意識調査を実施した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) RMS 近似直線の傾きに関しては、脊柱起立筋では、適正值よりも1号分高い机・椅子の場合に他の場合よりも小さくなり、疲労度が比較的に小さいことがわかった。また、僧帽筋では、いずれもほぼ同じ傾きを示し、顕著な差はみられなかった。
- (2) RMS 平均値に関しては、脊柱起立筋と僧帽筋のいずれの場合も特に大きな変化はみられなかったが、脊柱起立筋の平均値の最小値は、僧帽筋の平均値の最大値を上回っており、着座による書き写し作業で、脊柱起立筋の方が僧帽筋よりも筋活動度が高かったことを示した。
- (3) 書き写しの20分間の作業内容は、大学生の脊柱起立筋と僧帽筋において顕著な筋疲労を起す負荷ではなかった。
- (4) 同一被験者の6回の測定実験のうち、最初の測定場面では、被験者は初めて机・椅子に触れ、その高さに自分の身体を合わせようと意識し、計測部位の筋肉を頻繁に動かしながら疲れにくい姿勢を求めることで、筋肉が頻繁に活動する傾向がみられた。特に脊柱起立筋では、3段階の高さのいずれの場合でも、RMS 近似直線は1回目の値は同じ高さの2回目よりも負の大きな値を示した。
- (5) 荷重分布重心の移動距離に関しては、適正值の高さの机・椅子を使用した場合に前後・左右方向ともに最も重心の移動距離が小さく、身体への負担が最も少ない状況であった。また、高さの3段階すべてにおいて、左右方向への動きよりも、前後方向への動きの方が大

表16 机・椅子の高さの違いによる着座時の姿勢および背筋の伸びの t 検定

着座時の姿勢	低と適	適と高	低と高
t 値	-1.000	-0.687	0.000
P 値(両側検定)	0.350617	0.514263	1.000000
背筋の伸び	低と適	適と高	低と高
t 値	-0.676	-0.978	-0.741
P 値(両側検定)	0.520767	0.360703	0.482994

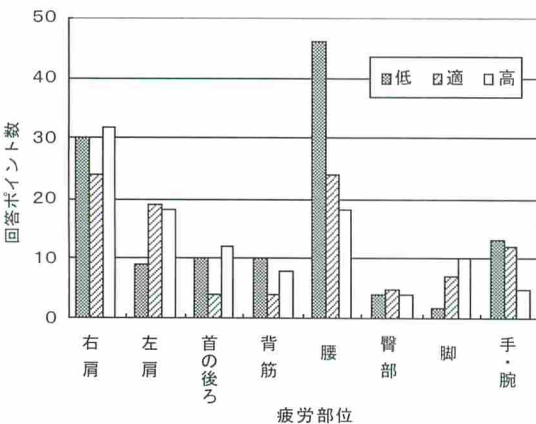


図21 机・椅子の高さの違いによる身体の疲労部位の変化

きい値を示した。

- (6) 体圧分布の荷重値の変化から，1号分低い机・椅子の使用時に座骨結節点を中心にして加わっていた荷重が，机・椅子の高さが高くなるにつれて，大腿部の裏側でも荷重がかかるようになり，荷重が分散されていく。
- (7) アンケートの意識調査より，高さの感じ方については，適正値の高さの机・椅子を使用したときに，ちょうど良い高さだと回答する人が多かった。また，主観的疲労度については，適正値の机・椅子を使用したときに最も疲労度が低く，1号分低い高さの時に疲れを感じる被験者が比較的多い傾向を示した。さらに，疲労部位の回答では，3段階のすべての高さで右肩に，また，1号分低い高さのときに腰に疲労を感じる被験者が多かった。

謝 辞

本研究にご協力頂いた琉球大学教育学部技術教育専修の学生の皆さんに，心より深く感謝いたします。

なお，本研究の一部は，平成17～18年度科学研究費補助金，基盤研究（C）（課題番号17500510）の援助を受けている。

文 献

- 1) 小原二郎，内田祥哉，宇野英隆：建築・室内・人間工学，鹿島出版社，110-145（1969）。
- 2) 大内一雄，若井正一，加藤昌彦：学校用家具の使われ方に関する実態調査，人間工学，日本人間工学会編，11（2），63-67（1975）。
- 3) 加藤昌彦，大内一雄：学校用家具の実態調査（小学校篇），福島大学教育研究所所報，38，61-70（1975）。
- 4) 加藤昌彦，大内一雄：学校用家具の実態調査（No.2），福島大学教育研究所所報，39，75-80（1976）。
- 5) 長倉康彦編：学校建築の変革（開かれた学校の設計・計画），彰国社，12-13，64-76（1993）。
- 6) JIS S 1021学校用家具（普通教室机・椅子）。
- 7) 文部科学省：学校環境衛生管理マニュアル－「学校環境衛生の基準」の理論と実践－，文部科学省，152-157（2004）。
- 8) 福田英昭，小仙敏彦：学校用家具の現状と改善点－普通教室用机・椅子に関する実態調査－，琉球大学教育学部紀要，55，207-220（1999）。
- 9) 福田英昭：学校居住環境における家具と身体寸法の適合に関する研究，財団法人第一住宅建設協会調査研究報告書，1-86（2001）。
- 10) 大迫靖雄：家庭教育の変遷と技術科教育－親子作業（学校用椅子・机の製作）の試み－，熊本大学教育工学センター紀要，3，19-32（1986）。
- 11) 福田英昭・上村圭祐：学校住環境における家具と児童の身体寸法の適合－机・椅子の号数変化による児童の意識および疲労の変化－，琉球大学教育学部紀要，65，107-115（2004）。
- 12) 福田英昭，池田明子，十場誠：学校住環境における家具と児童の身体寸法の適合－差尺の変化による児童の意識と姿勢の変化－，琉球大学教育学部紀要，66，41-54（2005）。
- 13) 藤村昌彦，河村光俊，奈良勲：座位作業における座面の傾動が腰背部に及ぼす影響－可動座面椅子を用いた試み－，広島大学保健学ジャーナル，1（1），65-72（2001）。
- 14) 友延憲幸，本明子，石川弘之：人間工学的手法を配慮した椅子の開発－VD T作業における腋下支持の肩部負担軽減効果に関する検証－，福岡県工業技術センター研究報告，15（2005）。
- 15) 高木秀和，松田健一：アーゴノミ系家具の機能解析－人間工学に基づく椅子の設計・製作－，かごしまウッディテック・フォーラム，20，54-59（2001）。
- 16) 岡田守彦：講座；臨床神経生理学（6）表面筋電図，*Journal of clinical rehabilitation*，8（10），964-970（1999）。
- 17) 水戸和幸：生体情報の取得・解析・評価方法（I）生体の筋機能評価，電気通信大学システム工学科システム工学実験書，1-6（2004）。