

## 正誤表

### P.76 表6のタイトル

誤 脊柱起立筋の PMS 平均値

正 脊柱起立筋の RMS 平均値

### P.76 表7のタイトル

誤 僧帽筋の PMS 平均値

正 僧帽筋の RMS 平均値

※この正誤表は2009年2月3日に追加されました。

# 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中学生の意識および疲労の変化—

福田 英昭 \*<sup>1</sup>・安里 洋祐 \*<sup>2</sup>

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

Hideaki FUKUDA \*<sup>1</sup>, Yosuke ASATO \*<sup>2</sup>

(Received April 30, 2008)

## Summary

The motions analysis and the muscle activity were measured for ten junior high school students who were using furniture for the school. It continued to the last experiment that made the subjects university students. 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 three stages, those were 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. At the fatigue level, a remarkable difference was not seen in the erector spinae muscle and the trapezius muscle in the copying work of 15 minutes though the height of desk and chair was changed. But all of the height of three stages, the muscle activity of erector spinae muscle was larger than that of trapezius muscle. For the movement of the center of gravity of load distribution, the difference of the moved distance between back and forth and right and left was not especially seen though the height was changed. But all of the height of three stages, the moved distance of back and forth was larger than that of right and left. All of the height of three stages, the body pressure of ischiadic nodal point of hips was larger than that of femoral region, but the pressure was not dispersed like the experiment result of the university students when one level high desk and the chair were 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 the one level high size of JIS. They felt the desk and the chair too low at the proper size of JIS. Moreover, they felt tiredness most when one level low desk and the chair were used, and there were a lot of answers that especially felt tiredness in a right shoulder, hands and arms.

---

\*<sup>1</sup> 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

\*<sup>2</sup> 琉球大学大学院教育学研究科 教科教育専攻技術教育専修 Technology Education, Studies in Subject Education, Graduate School of Education, University of the Ryukyus, Okinawa 903-0213

## 1. 緒言

子供服は単に大人服のサイズを縮小したのではない。子どもの発達年齢、体形の変化や活動内容等に合わせて、個別にデザインされるべきものであり、近代になるまで子供服という概念がなかなか育たなかったことと同じ状況がいま学校用家具で生じていると考えられる。特に毎日使用する机と椅子には、シェルター系（建物系）やセミアゴノミー系（準人体系）の発想ではなく、アゴノミー系（人体系）の発想で設計していく必要がある、服飾に近い個別デザインの発想が求められている。

机と椅子は、児童・生徒の学習や活動と密接な関わりをもっている。身体に不適合な家具の使用は、背骨をS字形に保つ補助具として機能せず、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、JIS規格に拠って高さを適正値に設定した机・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<sup>1-4)</sup>。また、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<sup>2, 5)</sup>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、大学生を対象とした前報<sup>6)</sup>に引き続き、中学生を対象として、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規格に拠って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、琉球大学附属中学校1年生の生徒10名（男性5名、女性5名）である。被験者の身長は142.0～171.0cm（平均身長は155.1cm）、体重は34～61kg（平均体重は46kg）であった。被験者の選出は、このクラスの身長分布を予め調査し、男女それぞれ身長の最大と最小の人を各2人選び、その分布範囲を身長順で等間隔になるように各3名選んだ。

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無作為に変えた。なお、大学生の実験<sup>6)</sup>と同様に、JIS規格（1999年）による机・椅子の適正号数に基づき、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。

表1 被験者の属性

被験者	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	適正号数 (号)	号数の変化
A	男	148.6	42	4	5 → 4 → 3
B	男	155.3	43	4	4 → 5 → 3
C	男	171.0	61	5	4 → 5 → 6
D	男	163.0	52	5	6 → 4 → 5
E	男	155.2	44	4	4 → 3 → 5
F	女	149.1	37	4	3 → 5 → 4
G	女	142.0	34	3	4 → 2 → 3
H	女	159.9	48	5	5 → 6 → 4
I	女	154.9	57	4	4 → 3 → 5
J	女	151.5	49	4	5 → 4 → 3

## 2.2 使用した机・椅子

使用した机・椅子は，ヒノキクラフト社製のスクールデスク（型式 K-KD-GAD）とスクールチェア（型式 K-KD-GAC）であり，無垢のヒノキの集成材で製作されたノックダウン組立式のものである。前報<sup>6)</sup>で示した学童机セットとほぼ同寸法の同型であった。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環境型ナチュラルオイル（主原料：亜麻仁，大豆油，ヒマシ油，ヒマワリ油）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330×横360mm，椅

子の背もたれの傾斜角100°であった。

なお，この木製机・椅子は，被験者の所属する1クラス38名全員に継続して使用してもらうため，計測実験に先立ち，この木製机・椅子を1クラスの生徒全員で組み立ててもらった。生徒たちの組み立て時の様子を図1に，組み立て完成後にクラスに設置された様子を図2に示す。

## 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。A4サイズの白紙にHB鉛筆を使用して，物語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。書き写し間違いの際には，消しゴムによる消去ではなく，斜線を引いて訂正してもらうことにした。

被験者の身長から求めたJIS規格に拠る適正な高さ，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，15分間の書き写し作業の後，約10分間休



図1 机・椅子の組立時の様子

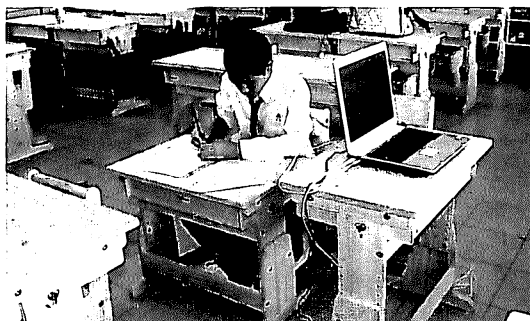


図3 測定中の様子（教室内）

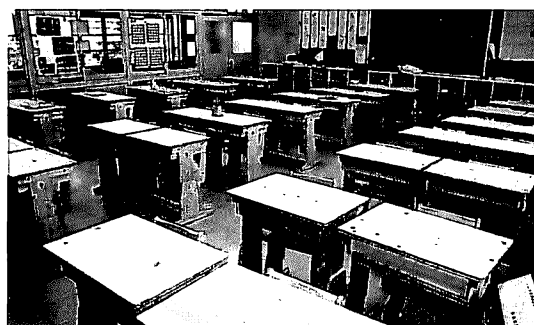


図2 クラスに設置された机・椅子



図4 測定中の様子（保健室内）

態（同時にアンケート回答記入）をし、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2048s/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、実験装置は前報<sup>6)</sup>と同様であった。

長時間の座位姿勢による疲労予想部位として、右脊柱起立筋と右僧帽筋の2点を取り上げた<sup>7-9)</sup>。右脊柱起立筋と右僧帽筋にそれぞれ電極(MyoScan EMG Sensor、感度 $0.1\mu V$ 、Thought Technology社製)を貼り付け、EMGの波形を測定した。図3と図4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32s/sで行った。なお、今回の被験者10名の中で1名が左利きであったため、その被験者のみ測定箇所の脊柱起立筋と僧帽筋は左側を採用し、他の9名については右脊柱起立筋と右僧帽筋を採用した。また、男子生徒は自分のクラスで実験を行い、女子生徒は保健室で実験を行った。

#### 2.5 体圧分布の計測

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、マトリックス数は $44 \times 48$ 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15分間×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

15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12月11日から12月20日の期間に行った。

### 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法（root mean square）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、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<sup>10-11)</sup>。この操作は、ソフトウェア（BioGragh Infiniti）により行った。

書き写し作業の15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<sup>7)</sup>。図5に脊柱起立筋のRMS近似直線図の一例を示す。

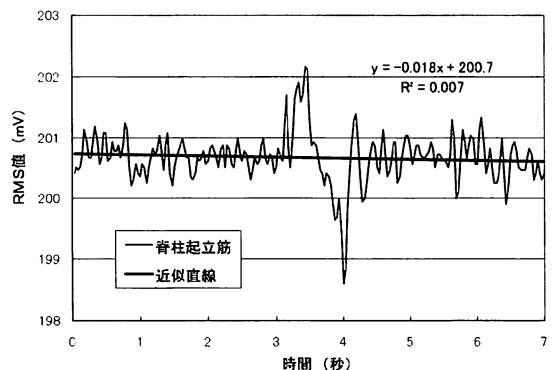


図5 脊柱起立筋のRMS近似直線図の一例

### 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2に，僧帽筋については表3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規格に拠る適正値の机・椅子の高さを表し，「低」は適正値よりも1号分だけ低く設定した場合，「高」は適正値よりも1号分だけ高く設定した場合を表している。なお，下線が引かれている数値は，同じ被験者に対して計3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2と表3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。前報<sup>6)</sup>の大学生の測定結果と同様に，今回の書き写しの15分間の作業内容は，中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。

同一の被験者が最初に行った計測データを表2と表3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2回のデータを比較し

てみると，大学生の場合<sup>6)</sup>と同様に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。

脊柱起立筋と僧帽筋のRMS 近似直線の傾きに机・椅子の高さの違いによる差があるかどうかをt検定で確認した結果を，表4と表5にそれぞれ示す。この結果，脊柱起立筋と僧帽筋のどちらにも特に大きな有意差はみられなかった。また，この結果について1元配置の分散分析でも検討してみたが，机・椅子の高さの違いによる大きな有意差はみられなかった。

### 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3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。

表6と表7より，RMS 平均値に関しても，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。また，大学生の場合<sup>6)</sup>と同様に，脊柱起立筋の平均値の最小値は，僧帽筋の平均値

表2 脊柱起立筋のRMS 近似直線の傾き (×10<sup>-6</sup>)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	-5.881	2.600	<u>-266.931</u>	47.936	27.709	<u>-3.593</u>	-5.052	-1.361	-435.273	-10.229
適	-8.860	18.534	<u>-60.852</u>	32.884	<u>26.649</u>	8.104	-1.371	<u>-134.907</u>	<u>444.694</u>	-23.011
高	<u>25.227</u>	<u>4.499</u>	29.881	<u>136.786</u>	-7.700	6.442	<u>0.196</u>	-41.962	-181.354	<u>5.829</u>

表3 僧帽筋のRMS 近似直線の傾き (×10<sup>-6</sup>)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	20.276	-8.385	<u>-7.757</u>	7.589	-5.590	<u>9.095</u>	9.240	-6.590	0.332	2.648
適	-1.560	0.742	<u>-6.298</u>	-2.653	<u>3.743</u>	3.281	7.768	<u>-2.971</u>	<u>5.487</u>	-1.928
高	<u>2.606</u>	<u>0.168</u>	-2.911	<u>5.640</u>	2.988	-2.710	<u>15.448</u>	5.107	1.548	<u>5.094</u>

表4 机・椅子の高さの違いによる脊柱起立筋のRMS 近似直線の傾きのt検定

	低と適	適と高	低と高
t値	-1.046	0.479	-1.683
P値 (両側)	0.323	0.644	0.127

表5 机・椅子の高さの違いによる僧帽筋のRMS 近似直線の傾きのt検定

	低と適	適と高	低と高
t値	0.503	1.647	0.408
P値 (両側)	0.627	0.134	0.693

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。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8と表9にそれぞれ示す。これらの表より、「低」、「適」および「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。同じRMS平均値について、1元配置の分散分析を行ったが、同様に大きな有意差はみられなかった。

### 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6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10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。高さの違いによる前後・左右の移動距離の差

表6 脊柱起立筋のPMS平均値 (mV)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	200.047	200.057	200.549	200.086	200.024	200.039	200.055	200.060	200.758	200.069
適	200.043	200.055	200.174	200.087	200.026	200.047	200.054	200.150	200.326	200.086
高	200.041	200.063	200.093	200.130	200.031	200.047	200.056	200.077	200.354	200.119

表7 僧帽筋のPMS平均値 (mV)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	199.836	199.841	199.860	199.832	199.818	199.832	199.839	199.839	199.850	199.847
適	199.834	199.842	199.848	199.832	199.818	199.835	199.840	199.838	199.842	199.842
高	199.834	199.840	199.839	199.834	199.822	199.832	199.838	199.843	199.849	199.846

表8 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	1.229	-0.290	-1.224
P値(両側)	0.250	0.779	0.252

表9 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	1.552	0.414	-0.722
P値(両側)	0.155	0.689	0.489

表10 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	前後	-0.104	0.920
	左右	-0.180	0.861
適と高	前後	-0.144	0.888
	左右	0.529	0.609
低と高	前後	-0.196	0.849
	左右	0.439	0.671

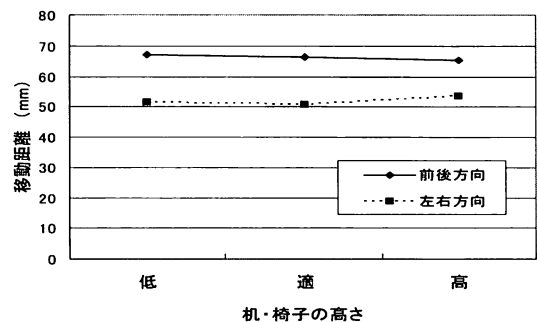


図6 机・椅子の高さの違いによる荷重分布重心の移動距離の変化

は特にみられなかった。また，その移動距離の $t$ 検定を行った結果を表10に示す。この結果からも，前後・左右方向のどちらにも高さの違いによる有意差がなかったことがわかる。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距離が大きい値を示し，大学生を対象にした実験<sup>6)</sup>と同様の結果であった。すなわち，この書き写し作業が比較的自由度の高い上半身の前後の動きを大きくさせたと考えることができる。

### 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7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。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

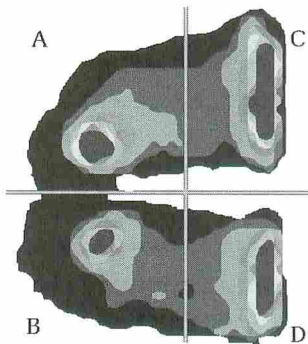


図7 4つのタイルに分割した体圧分布図

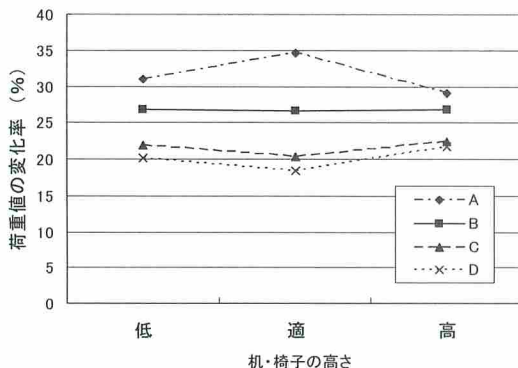


図8 4つのタイル別を示した荷重値の変化

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8であり，被験者10名の値を平均して示している。すなわち，同じ高さのタイルA～Dの数値を足し合わせると，100%の荷重値になる。いずれの机・椅子の高さにおいても，常に座骨結節点の周辺のタイルAとBが，大腿部の裏側のタイルCとDよりも高い荷重値を示していることがわかる。大学生を対象とした実験<sup>6)</sup>では，机・椅子の高さが高くなるに従って，タイルAとBにかかる荷重は減少し，タイルCとDにかかる荷重が増加し，荷重の分散が起こる傾向を示したが，中学生の場合はそのような傾向はみられなかった。また，タイルAとBを比較すると，左座骨結節点のあるタイルAの値がBの値よりも大きい値を示しているが，これは，右手での書き写し作業時に，右手の自由度を上げるために左手の肘を机の上に置き，その肘で上体を支えようとして身体が少し左に傾くことにより，タイルAの荷重値が高くなったと考えられる。特にその傾向が適正値の高さの時に現れていた。高さの違いによる荷重値の $t$ 検定の結果を表11に示す。この結果から，適正値の高さと1号分高い高さの机・椅子を使用した場合のタイルAにおいて， $P < 10\%$ の有意差が認められ，タイルAの荷重値の変動に特徴があったことがわかる。

表11 机・椅子の高さの違いによる荷重値の $t$ 検定

机・椅子の高さ	移動方向	$t$ 値	$P$ 値(両側)
低と適	A	-1.772	0.110
	B	0.053	0.959
	C	0.549	0.596
	D	1.023	0.333
適と高	A	-2.183	0.057
	B	0.065	0.949
	C	0.958	0.363
	D	1.300	0.226
高と低	A	-0.865	0.409
	B	0.011	0.991
	C	0.182	0.859
	D	0.758	0.468



### 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9に示す。タイルAでは適正値の高さの時に高い値を示し、タイルCでは1号分高い机・椅子を使用した時に高い値を示している。高さの違いによるピーク荷重値のt検定の結果、タイルAの低と適および適と高で $P < 10\%$ の有意差があり、また、タイルCの適と高で $P < 10\%$ の有意差が認められた。すなわち、適正値の高さから1号分高くなることで、左座骨結節点の圧力が抑えられ、左大腿部の裏側の圧力が増大したことを示している。

各エ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10に示す。前述の図8と図9では、タイルAとBの値がタイルCとDの値よりも大きい傾向を示していたが、この接触圧力では4つの値がほぼ同じ値を示している。高さの違いによる接触圧力のt検定の結果、タイルAの適と高で $P < 5\%$ の有意差があり、また、タ

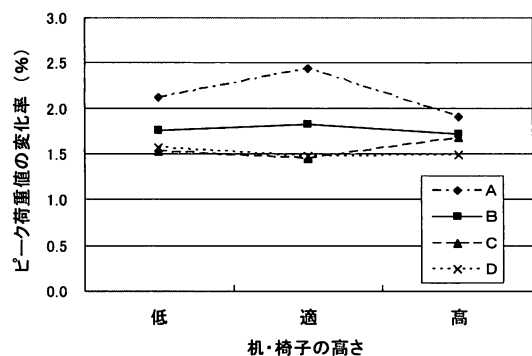


図9 机・椅子の高さの違いによるピーク荷重値の変化

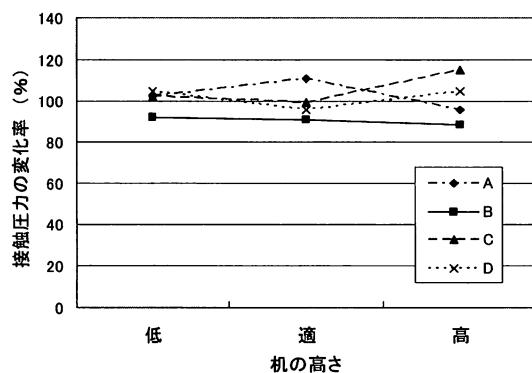


図10 机・椅子の高さの違いによる接触圧力の変化

イルCの適と高で $P < 10\%$ の有意差が確認できた。前述のように、適正値の高さから1号分高さが高くなることで、左座骨結節点の圧力が、左大腿部の裏側へ移行したと考えられる。大学生の場合<sup>6)</sup>は、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の値が増加していたが、中学生の場合は、同様の現象がタイルAとタイルCで顕著に起こり偏った特徴を示した。

### 3.7 アンケートによる意識調査

アンケートによる意識調査では、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10名のアンケート結果を集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のかを示したのが図11である。1号分高い机・椅子の高さをちょうど良いと感じる生徒が多く、適

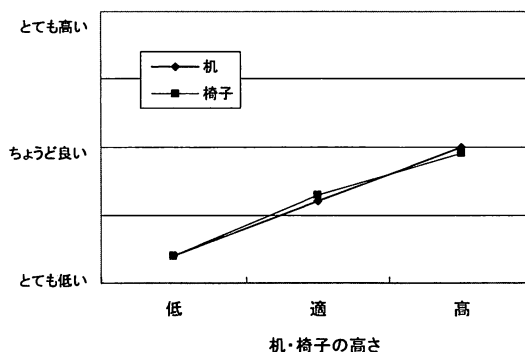


図11 机・椅子の高さの違いによる高さの感じ方の変化

表12 机・椅子の高さの違いによる感じ方の分散分析の結果

机・椅子の高さ	移動方向	t値
低と適	机	0.020
	椅子	0.014
適と高	机	0.020
	椅子	0.146
低と高	机	0.000
	椅子	0.000

正值の高さでも低いと感じる生徒が多いことがわかった。この結果は，適正值の高さの机・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大学生の回答<sup>6)</sup>とは異なる結果となった。この高さの違いによる感じ方について，1元配置の分散分析を行った結果について表12に示す。机については，低と適，適と高で $P < 5\%$ の有意差があり，低と高では $P < 0.1\%$ の有意差が認められた。また，椅子については，低と適で $P < 5\%$ の有意差があり，低と高では $P < 0.1\%$ の有意差が認められた。

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12である。1号分高い机・椅子で最も疲労度が低く，1号分低い高さの時に疲労が多かったことがわかる。この結果も，適正值の高さが最も疲労度が低いと回答した大学生の回答<sup>6)</sup>とは異なる結果となった。この高さの違いによる主観的疲労度について，1元配置の分散分析を行った結果を表13に示す。机については，低と高で $P < 1\%$ の有意差があり，椅子については，低と高で $P < 5\%$ の有意差が認められた。

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13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，目，頭，首，手・腕，右肩，左肩，背中，腰，臀部，脚の10箇所を分類して集計を行った。この結

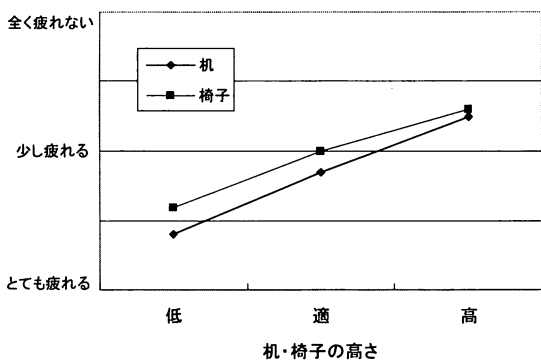


図12 机・椅子の高さの違いによる主観的疲労度の変化

果より，右肩と手・腕に疲労を多く回答していることがわかる。これは，座位姿勢による疲労というよりも，書き写し作業による直接的な疲労と考えられる。また，この結果では右肩に疲労を訴える生徒が多かったが，前述の僧帽筋のRMS近似直線の傾き（表3）からは強い疲労を示す結果は得られなかったことから，生徒が感じている右肩の疲労は僧帽筋以外の別の筋肉の疲労によるものと考えられる。また，大学生を対象にした同様の実験結果<sup>6)</sup>と比較すると，大学生では1号分低い高さで腰の疲労度が高かったのに対し，中学生では腰の疲労度が比較的低いことが特徴となっている。また，大学生では手・腕の疲労度が比較的に低いのに対し，中学生ではそれが高い疲労度を示していることも特徴である。

#### 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，中学生を対象として，机と椅子の

表13 机・椅子の高さの違いによる主観的疲労度の分散分析の結果

机・椅子の高さ	家具	有意確率
低と適	机	0.128
	椅子	0.304
適と高	机	0.209
	椅子	0.642
低と高	机	0.001
	椅子	0.019

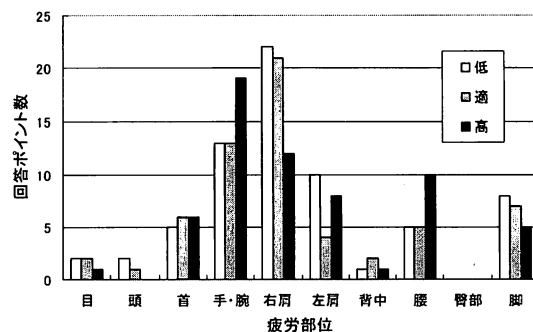


図13 机・椅子の高さの違いによる身体の疲労部位の変化

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、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。大学生の測定結果と同様に、15分間の書き写し作業は、中学生において顕著な筋疲労を起こす負荷ではなかった。

(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い。また、大学生の場合と同様に、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。

(3) 荷重分布重心の移動距離に関しては、高さの違いによる前後・左右の移動距離の差は特にみられなかった。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距離が大きい値を示し、大学生を対象にした実験と同様の結果であった。

(4) 体圧分布の荷重値の変化から、中学生は大学生と同じように3段階のいずれの高さの場合も座骨結節点の周辺部分が大腿部の裏側部分よりも高い荷重値を示した。しかし、大学生の場合のように、机・椅子の高さが高くなるにつれて、左右の座骨結節点を中心にして加わっていた荷重が左右の大腿部裏側へ移行して荷重が分散していく現象はみられず、1号分高い高さになることで左座骨結節点の荷重が左大腿部の裏側に移行する偏った特徴がみられた。

(5) アンケートの意識調査より、高さの感じ方については、1号分高い机・椅子の高さをちょうど良いと感じる生徒が多く、適正値の高さでも低いと感じる生徒が多いことがわかった。この結果は、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大学生の回答とは異なる結果となった。また、主観的疲労度については、1号分高い机・椅子で最も疲労度が低く、1号分低い高さの時に疲労度が多かった。

この結果も、適正値の高さが最も疲労度が低いと回答した大学生の回答とは異なる結果となった。さらに、疲労部位の回答では、右肩と手・腕に疲労を感じる生徒が多かった。大学生では1号分低い高さで腰の疲労度が高かったのに対し、中学生では腰の疲労度が比較的低いこと、また、大学生では手・腕の疲労度が比較的低いのに対し、中学生ではそれが高い疲労度を示していることが特徴的な差であった。

本研究を通して、今後の課題として以下の項目が挙げられる。

(1) 被験者が大学生と中学生の若年層であったため、書き写し作業の最初の数分間で疲労の軽減変化が起こっている可能性があり、RMS 近似直線を算出する計測時間の範囲を短く区切ってその経時変化を分析していく必要がある。

(2) 今回の実験では被験者の作業内容の負荷が小さかったか、または作業時間が短かったために、RMS 法による筋疲労の評価で明確な差を出すことができなかった。そのため、作業内容 (作業強度) と作業時間について、今後さらに検討する必要がある。

(3) 今回の実験では、僧帽筋の測定部位では筋疲労が大きく検出できない結果であったため、座位姿勢の行動と疲労を分析するために、他の身体部位を探し出して測定する必要がある。

(4) 子どもたちの背の高さだけを拠り所としている現在の机・椅子の JIS 規格の算出方法の見直しを行うために、子どもたちの各身体寸法の計測、様々な学習場面での3次元の動作分析、筋電図と体圧分布の計測と意識調査の結果等から、学校用家具の検討を総合的に行う必要がある。

子どもたちにはそもそも適応力がある。そのため、たとえ身体に不適合な机・椅子があてがわれてもそれにすぐに順応してしまい、苦痛感や疲労感などを本人が意識しないこともある。しかし、適切なサイズの机・椅子を使用しないことは、学習能率を下げ、健康や発育の阻害をすることに直につながっており、特に成長期の子どもにあっては見過ごすことのできない問題である。子どもたちへの机・椅子の配分の不適合と無調整と未整備の解決を、子どもたちのその適応力に求めてはならない。

## 謝 辞

本研究にご協力頂いた琉球大学附属中学校1年生の生徒の皆さんと，附属中学校 山田政由教諭に，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) 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）。
- 2) 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）。
- 3) 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）。
- 4) 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）。
- 5) 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）。
- 6) 福田英昭，舟戸亮，水口和：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－，琉球大学教育学部紀要，72，13-25（2008）。
- 7) 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）。
- 8) 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－VDT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）。
- 9) 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）。
- 10) 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）。
- 11) 水戸和幸：生体情報の取得・解析・評価方法(1)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）。