

琉球大学学術リポジトリ

3次元動作分析による学校用家具の検討 ―机・椅子の号数変化による小学生と中学生の動作変化―

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2010-04-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 福田, 英昭, 泉, 悠野, 増田, 和典, Fukuda, Hideaki, Izumi, Yuya, Masuda, Kazunori メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/16509

3次元動作分析による学校用家具の検討

—机・椅子の号数変化による小学生と中学生の動作変化—

福田 英昭*¹, 泉 悠野*², 増田 和典*³

Examination of School Furniture by Three-dimensional Motion Analysis
Change in elementary school children's movements and junior high school
students' movements according to change in height of desks and chairs

Hideaki FUKUDA*¹, Yuya IZUMI*², Kazunori MASUDA*³

Summary

The three-dimensional motions were measured for ten elementary school children and ten junior high school students who were using furniture for the school. The desks and the chairs used were the numbers of sizes from the second to fifth 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 stature of the children and 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. It assumed that the study scene in the school, movements of seating, standing up and carrying desk and chair were analyzed with three-dimensional motion analysis system. The movements were measured by putting on reflective markers to the vertex, acromion, radius, carpus, trochanter, tibia and ankle of the subjects. And the movements were taken of pictures with two CCD cameras.

The result of this experiment was as follows. When sitting on a chair, the angle of the waist had become small in low height of the desk and the chair. At the same time, the subjects were bending their knees and stooped. On the other hand, at the movements of standing up from the chair, the amount of the movement of the waist and the shoulder had decreased by rising of the height of the desk and the chair. When the desk was carried backward, an upper and lower wiggle became small in a tall school child. In low height of the desk and the chair, many children and students answered that the waist and the leg were tired.

*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-ryukyuu.ac.jp

*² 沖縄県うるま市立赤道小学校

*³ 栃木県宇都宮市立星が丘中学校

1. 緒言

児童・生徒の使用する机・椅子の基準は、人間工学的視点や強度実験等より JIS 規格（日本工業規格）によって定められており、児童・生徒の身長から適正とされる机・椅子の高さが設定されている¹⁾。ところが、1972年から1974年の大内・加藤ら²⁻⁴⁾の調査によると、JIS 規格で適正值とされている机・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、小学校では約4%、中学校では約15%とかなり低く、実際は適正值より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。また、1998年から2000年の福田ら^{5, 6)}の調査でも、小学校・中学校・高等学校で使用されている机・椅子が JIS 規格の定める適正值と一致している完全適合率が同様に低いことが報告されており、適正の机・椅子よりも高さの高い机・椅子が子どもたちには好まれていることがわかっている。このように、学校で使用される机・椅子は JIS 規格で定められているのにかかわらず、児童・生徒の身体に合ったものが配分・使用されておらず、学校現場での学習用の机・椅子に関する意識が低いことがうかがえる。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る。この原因について福田らは、机・椅子の高さを変化させることによる意識調査（アンケートによる疲労度の調査）⁷⁻⁸⁾、EMG 計測（各筋肉部位の筋電図測定）⁹⁻¹⁰⁾、体圧分布計測（椅子座面の体圧測定）⁹⁻¹⁰⁾、2次元動作分析（モーションキャプチャによる身体の各部位の変位と角度の測定）¹¹⁾ 等で調査を行っており、JIS 規格で定めた適正值よりも低い高さのときに学習者が疲労を感じ、適正值よりも1号分高い机・椅子を好んでいることがわかっている。児童・生徒にとって机・椅子は毎日の学習に使用するものであるため、安くて丈夫という観点のみで購入・配分し、身体に不適合な机・椅子を使用していると、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ため、早急な改善が求められる。そこで本研究では、これらの現状をふまえ、机・

椅子の高さの違いによって生じる影響を検証するために、学校での生活場面を想定して、文字を書くという着座時の動作と、着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作、机・椅子の持ち運び動作を被験者である小学生と中学生に行ってもらい、2台の CCD カメラで作業の様子を撮影した。その後、3次元座標計測ソフトを用いて、モーションキャプチャによる身体の各部位の変位と角度を計測し分析を行った。また、3段階の高さの違いによる差を検証するために、計測値の反復測定による一元配置の分散分析を行った。また、同時にアンケートによる意識調査を行った。

2. 計測方法

2.1 被験者

調査対象者は、表1と表2に示すように琉球大学附属小学校4年生10名（男子5名、女子5名）と同附属中学校1年生10名（男子5名、女子5名）である。小学生の身長は136cm～153cm（平均143cm）、体重28kg～63kg（平均37kg）あり、中学生の身長は142cm～155cm（平均152cm）、体重33kg～44kg（平均41kg）であった。

2.2 使用した机・椅子

表3は JIS 規格（1999年）による机・椅子の適合号数を示す表である。被験者の身長に1番近い標準身長をもとに、適正とされる机・椅子の高さを決定した。測定はその適正より1号分低い机・椅子、適正の机・椅子、適正より1号分高い机・椅子の3段階に分けて測定を行った。計測の際に、この3段階の変化の順序による影響が出ないことを考慮し、被験者毎に計測する号数の順序を無作為に変えた。計測には2号から5号まで高さの調節が可能な木製の机・椅子（ヒノキクラフト社製、型式 K-KD-GAD と型式 K-KD-GAC）⁹⁻¹¹⁾ を使用し、中学生の被験者には比較のためにスチール製の机・椅子（コクヨ社製、型式 SSD-NFC5BG-S と型式 SCH-NFC5GN）も使用してもらった。木製の机と椅子の重さはそれぞれ8.5kg、4.7kg、スチール製の机と椅子の重さはそれぞれ10.2kg、4.9kgである。この論文では、各人の身長から算出した適正な高さの机・椅子を「適」、適正より

1号分低い机・椅子を「低」、適正より1号分高い机・椅子を「高」と略して、以後表記する。

2.3 作業内容

3次元動作分析のための作業内容は、椅子に座り、机の上でA4サイズの白紙に鉛筆で自分の名前を横書きで3回書いてもらうという文字を書くという着座時の動作と、椅子の前で着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作を3回繰り返す動作、前後移動・左右移動・回転移動の3種類の持ち運びの動作であった。なお、持ち運びでは、清掃時間の机・椅子の持ち運びを想定し、椅子を逆向きにして机の上に載せて行い、回転移動では右回りで行ってもらった。また、小学生の被験者には、机と椅子を同時に持ち上げる際に大きなふらつきが頻繁に確認されたため、机のみの持ち運びに設定

した。

着座して書く動作、立ち座りの動作は、低、適高の3種類の机・椅子の高さの違いで行い、机の持ち運び動作は適のサイズで実施した。なお、一連の動作は被験者本人の作業しやすい姿勢で行ってもらい、書くスピードや立ち座りのスピード、持ち運びのスピードも本人に一任した。

被験者が中学生の場合の実験は、2008年12月16日から12月22日の期間に行い、作業時の室内の気温は20.0～22.3℃（平均21.2℃）、湿度は49.9～59.7%（平均55.0%）であった。小学生の場合の実験は、2009年1月30日から2月6日の期間に行い、作業時の室内の気温は20.0～23.1℃（平均21.6℃）、湿度は54.8～70.7%（平均64.5%）であった。

表1 被験者の属性（中学生10名）

被験者	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	適正号数	号数の変化
A	男	150	41	4	4→3→5
B	男	154	38	4	5→4→3
C	男	142	33	3	3→4→2
D	女	152	38	4	3→4→5
E	女	150	40	4	5→3→4
F	男	154	44	4	4→3→5
G	男	155	44	4	5→4→3
H	女	154	42	4	3→5→4
I	女	155	43	4	4→5→3
J	女	153	43	4	3→4→5

表2 被験者の属性（小学生10名）

被験者	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	適正号数	号数の変化
K	女	140	36	3	2→3→4
L	女	138	33	3	4→3→2
M	女	138	28	3	4→2→3
N	男	153	59	4	3→5→4
O	男	136	28	3	2→4→3
P	男	141	31	3	3→2→4
Q	男	143	32	4	4→5→3
R	女	144	33	4	3→4→5
S	女	142	29	3	3→4→2
T	男	153	63	4	5→4→3

表3 JIS規格（S 1021：1999年）による机・椅子の適合号数と寸法

（単位：cm）

号数	0号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号
標準身長	90	105	120	135	150	165	180	195
机面の高さ	40	46	52	58	64	70	76	82
座面の高さ	22	26	30	34	38	42	46	50

2.4 モーションキャプチャによる3次元動作の計測

モーションキャプチャによる3次元動作の計測では、モーションキャプチャ機能と3Dアニメーション作成機能を統合したソフトウェアPV Studio 3D ver.2.27 (L.A.B社製)を使用した。被験者が動作を行う範囲を138cm×245cmとし、その範囲が被験者にわかるように床面に赤テープで標示した。撮影した映像から3次元情報に変換するために、予め専用のキャリブレーションボールを用いてキャリブレーションを行った。

被験者の計測反射マーカの貼付位置を図1に示す。計測反射マーカ（球体）を被験者の頭頂点、肩峰点、橈骨点、茎突点、転子点、脛骨点、外果点の計7箇所貼り付け、図2に示すように、2台のCCDカメラ（画面解像度：1034×779 pixel、モノクロ、ソニー社製、型式XC-HR70）で作業の様子を被験者の体の左前方と左後方から計測間隔30 fpsの速度で撮影し計測した。また、計測反射マーカを照明用ライトで左後方から照

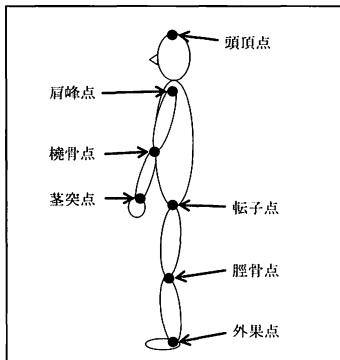


図1 計測反射マーカの貼付位置

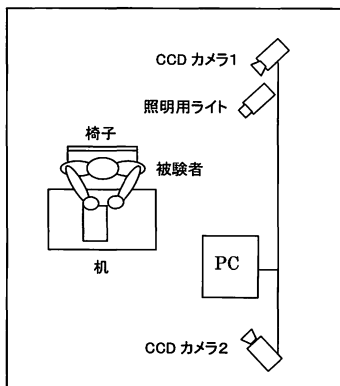


図2 計測の概略図

射し撮影した。なお、2台のCCDカメラの距離は450cm、高さは260cmに固定した。机上で文字を書く着座時の様子の一例を図3に示す。被験者の服装は体育着等の軽装で行った。

撮影後、PV Studioで計測点にマーキングを行い、データをCSVファイルに書き出し、表計算ソフトExcelにて各データの変位と角度を分析した。机上で文字を書く着座時の動作においては、腰と膝の2つの角度を分析し、低、適、高の3つの高さの違いで比較を行った。また、着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作においては、腰と肩の各変位、腰と膝の角度を、低、適、高の3つの高さの違いで比較した。また、机と椅子の持ち運び動作においては、肩の変位を前進移動、後進移動、横移動、右回転移動の4つの移動方法の違いで比較し、中学生の場合はさらに木製とスチール製の机・椅子の違いで比較した。実験データの一元的配置の反復測定による分散分析を行うために、データ解析ソフトKaleidaGraph ver.4.0J (ヒューリンクス社製)で分析し比較した。

2.5 アンケートによる意識調査

低、適、高の各立ち座り動作後および机・椅子の持ち運び動作後の休憩時間に、アンケートによる意識調査を行った。アンケート内容は、作業を行った机・椅子のそれぞれの高さの感じ方、主観的疲労度の観点であり、SD法による形容詞の対の5段階尺度で回答してもらった。また、身体の中のどの部位に疲労を感じたかについて、6つの身体部位の選択肢の中から該当する部分を回答（複数回答可）してもらった。

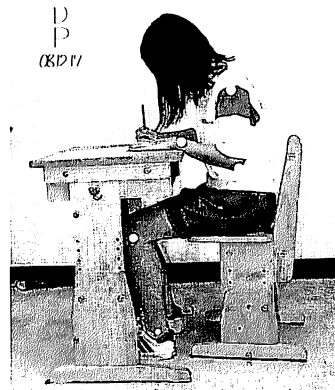


図3 机上で文字を書く着座時の様子

3. 結果と考察

被験者が中学生の場合と小学生の場合に分けて、その結果と考察を記述する。

3.1 中学生が被験者の場合

3.1.1 机上で文字を書く着座時の腰と膝の角度

図4に示すように、机上で文字を書くという着座時の腰と膝の角度をそれぞれ α 、 β とし、各角

度の計測結果を表4と表5に示す。なお、表中において、「適-低」は適の角度から低の角度を引いた数値を示しており、同様に、「適-高」は適の角度から高の角度を引いた数値、「高-低」は高の角度から低の角度を引いた数値を示している。

腰と膝において、低、適、高の高さの違いで角度に有意差があるかを調べるために、一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重比較）を行った。その結果を表6と表7に示す。表6に示すように腰の角度 α は、低と適では

表4 腰の角度 α

(単位：度)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	82	108	87	97	92	67	75	90	99	85
適	89	111	94	94	99	76	86	92	111	92
高	91	105	80	104	102	71	94	103	102	107
適-低	7	3	7	-3	7	9	11	2	12	7
適-高	-2	6	14	-10	-3	5	-8	-11	9	-15
高-低	9	-3	-7	7	10	4	19	13	3	22

表5 膝の角度 β

(単位：度)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	79	103	73	102	84	80	137	58	67	82
適	80	101	117	105	101	89	83	65	67	68
高	99	115	102	109	123	92	103	79	117	72
適-低	1	-2	44	3	17	9	-54	7	0	-14
適-高	-19	-14	15	-4	-22	-3	-20	-14	-50	-4
高-低	20	12	29	7	39	12	-34	21	50	-10

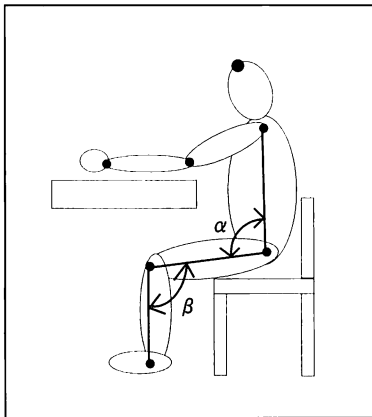


図4 腰と膝の角度の測定箇所

表6 腰の角度 α の分散分析

(F 値=5.17 群間 P 値=0.0168)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.0556	0.8702	0.0199

表7 膝の角度 β の分散分析

(F 値=2.78 群間 P 値=<0.0887)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.9840	0.1533	0.1133

表8 腰と膝における角度の差の平均

(単位：度)

	適-低	適-高	高-低
腰(角度 α)	6.4	-1.3	7.7
膝(角度 β)	1.2	-13.6	14.8

危険率10%の確率でやや有意差がみられたが、適と高では有意差がみられなかった。また、低と高では危険率5%の確率で有意差がみられた。表6に示すように膝の角度 β は、高さの違いによる有意差がみられなかった。

腰と膝において、適と低の角度の差の平均および適と高の角度の差の平均を計算した結果が表8である。有意差が認められた腰の角度 α の平均をみると、適と低の差はプラス、適と高の差はマイナスになっていることから、低は適に比べて上体が前かがみになっている傾向があることがわかる。同様に、適は高より上体が前かがみになっている傾向があることがわかる。このように、机・椅子の高さが低くなるほど、上体を前方に曲げるため腰の負担が大きくなると考えられる。

3.1.2 着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作時の腰と肩の変位

着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作では、上体を前方に傾けて立ち座ることから、水平方向(Z軸方向)の変位の測定が重要と判断し、腰と肩のそれぞれの水平方向の変位について調べた。

立ち座り動作時における腰と肩のそれぞれの水平方向の変位量の測定結果を表9と表10に示す。

肩と腰の変位について、低、適、高で有意差があるかを確認するために一元配置の反復測定による分散分析(Tukeyの方法による多重比較)を行った。その結果を、表11と表12に示す。表11に示すように腰の変位は、低と適では危険率10%の確率でやや有意差がみられたが、適と高では有意差はみられなかった。また、低と高では危険率5%の確率で有意差がみられた。表12に示すように肩の変位は、低と適では危険率5%の確率で有意差がみられたが、適と高では有意差はみられなかった。また、低と高では危険率1%の確率で有意差がみられた。

腰および肩の変位量の比較をするため、適の水平方向の変位を基準にして、低の変位または高の変位を引き、それぞれの変位の差の平均を計算した結果が表13である。低での立ち座り動作の場合は、他の高さに比べて肩と腰の変位量が共に大きいことから、立ち座る際に上体を前方へ大きく動かすことがわかる。このように、適と低の差の平均値は適と高の差の平均値よりも大きいことから、

表9 腰の水平方向の変位

(単位: mm)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	300	258	303	238	326	336	406	295	331	334
適	252	223	340	204	247	333	328	289	323	274
高	242	208	331	263	252	351	295	262	308	220
適-低	-48	-35	37	-34	-79	-3	-78	-6	-8	-60
適-高	10	15	9	-59	-5	-18	33	27	15	54
高-低	-58	-50	28	25	-74	15	-111	-33	-23	-114

表10 肩の水平方向の変位

(単位: mm)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	361	380	396	248	457	429	468	338	409	403
適	303	324	367	214	304	381	420	352	434	334
高	305	338	309	257	266	383	379	369	362	359
適-低	-58	-56	-29	-34	-153	-48	-48	14	25	-69
適-高	-2	-14	58	-43	38	-2	41	-17	72	-25
高-低	-56	-42	-87	9	-191	-46	-89	31	-47	-44

表11 腰の変位の分散分析

(F値=5.13 群間P値=0.0173)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0658	0.8752	0.0187

表12 肩の変位の分散分析

(F値=7.12 群間P値=0.0053)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0255	0.7845	0.0061

低の時に特に水平方向（上体の前方方向へ）の変位量が大きくなるのがわかる。

3.1.3 着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作時の腰の角度

直立姿勢から着座する時と着座時の椅子から立ち上がる時に、それぞれ腰を深く曲げる動作が多く確認されたため、直立姿勢から着座する際に腰が最も曲がる時の角度を γ 、立ち上がる際に腰が

表13 腰と肩における変位の差の平均 (単位：mm)

	適-低	適-高	高-低
腰	-31.3	8.0	-39.3
肩	-45.5	10.6	-56.1

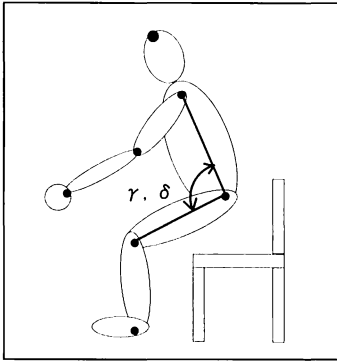


図5 腰の角度 γ と角度 δ の測定箇所

最も曲がる時の角度を δ として比較し検討した。

腰の角度 γ と角度 δ の測定箇所を図5に示す。また、図6のグラフは立ち座り動作時の腰の角度の変化を示した一例であり、曲線が下がっている2点が角度 γ と角度 δ である。また、着座時の腰の角度を ϵ とした。

着座する際に腰が最も曲がる時の角度 γ と立ち上がる際に腰が最も曲がる時の角度 δ のそれぞれの測定結果を表14と表15に示す。

角度 γ と角度 δ について、低、適、高の高さの違いで有意差があるかを確認するため、一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重分析）を行った。その分散分析の結果を表16と表17に示す。表16に示すように着座する前に腰が最も曲がる時の角度 γ は、低と適では危険率

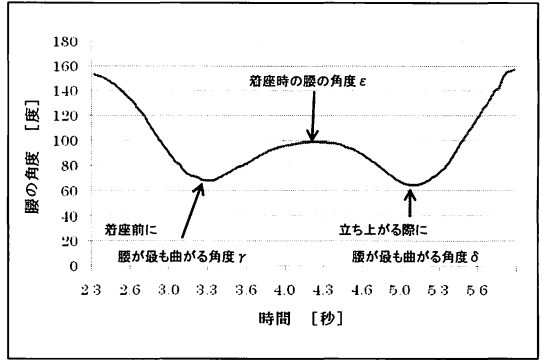


図6 立ち座り動作時の腰の角度の変化

表14 着座前に腰が最も曲がったときの角度 γ

(単位：度)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	68	71	65	100	82	59	64	66	89	83
適	83	86	76	103	86	64	71	66	86	108
高	98	87	75	104	104	83	86	81	107	113
適-低	15	15	11	3	4	5	7	0	-3	25
適-高	-15	-1	1	-1	-18	-19	-15	-15	-21	-5
高-低	30	16	10	4	22	24	22	15	18	30

表15 立ち上がる際に腰が最も曲がったときの角度 δ

(単位：度)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	65	74	58	92	84	68	57	67	89	86
適	83	93	62	105	86	68	61	78	104	97
高	97	95	71	102	104	82	73	84	106	112
適-低	18	19	4	13	2	0	4	11	15	11
適-高	-14	-2	-9	3	-18	-14	-12	-6	-2	-15
高-低	32	21	13	10	20	14	16	17	17	26

5%の確率で有意差がみられ、適と高では危険率1%の確率で有意差がみられた。また、低と高では危険率0.1%の確率で大きな有意差がみられた。表17に示すように立ち上がる際に腰が最も曲がる時の角度 δ は、低と適、低と高では危険率0.1%の確率で大きな有意差がみられた。また、適と高では危険率1%の確率で有意差がみられた。

着座前に腰が最も曲がる時と立ち上がる際に腰が最も曲がる時のそれぞれにおいて、適と低の角度の差の平均および適と高の角度の差の平均を計算した結果が表18である。表18に示すように角度

γ と角度 δ は、適と低の差はプラス、適と高の差はマイナスになっていることから、机・椅子の高さが低くなるほど、腰を大きく曲げて立ち座りしていることがわかる。これらの値は前述の表8に示した着座時の腰の角度の差より大きな値であり、机・椅子の高さが低くなることで、着座の前後の場面で腰をさらに大きく曲げて腰に負担をかけていることがわかる。

次に、前の図6で示したように、着座時の腰の角度 ε と着座する前に腰が最も曲がる時の角度 γ 、立ち上がる際に腰が最も曲がる時の角度 δ のそれぞれの角度差を比較した。その結果を表19と表20に示す。

前述と同様に机・椅子の高さの違いについて、

表16 腰の角度 γ の分散分析
(F 値=26.83 群間 P 値=<0.0001)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.0144	0.0017	<0.0001

表17 腰の角度 δ の分散分析
(F 値=39.82 群間 P 値=<0.0001)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.0006	0.0011	<0.0001

表18 着座前と立ち上がりの際の腰の角度の差の平均

(単位：度)

	適-低	適-高	高-低
角度 γ	8.2	-10.8	18.9
角度 δ	9.7	-9.2	18.8

表19 腰の角度 ε と角度 γ との角度差 ($\varepsilon - \gamma$) (単位：度)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	30.8	37.6	24.3	13.4	1.6	32.3	31.7	20.1	31.4	29.8
適	17.1	28.4	22.4	15.5	0.0	23.7	33.9	31.3	35.3	28.7
高	14.6	33.1	21.2	17.5	4.5	18.6	18.2	10.8	13.2	11.4
適-低	-13.7	-9.2	-1.9	2.1	-1.6	-8.6	2.2	11.2	3.9	-1.1
適-高	2.5	-4.7	1.2	-2.0	-4.5	5.1	15.7	20.5	22.1	17.3
高-低	-16.2	-4.5	-3.1	4.1	2.9	-13.7	-13.5	-9.3	-18.2	-18.4

表20 腰の角度 ε と角度 δ との角度差 ($\varepsilon - \delta$) (単位：度)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
低	34.2	34.7	31.2	20.6	-0.6	24.1	38.7	19.5	32.1	27.2
適	17.8	21.2	36.5	14.0	0.0	20.3	43.3	20.2	17.7	39.3
高	15.2	25.1	25.4	18.6	4.2	19.6	30.8	7.4	14.2	12.3
適-低	-16.4	-13.5	5.3	-6.6	0.6	-3.8	4.6	0.7	-14.4	12.1
適-高	2.6	-3.9	11.1	-4.6	-4.2	0.7	12.5	12.8	3.5	27.0
高-低	-19.0	-9.6	-5.8	-2.0	4.8	-4.5	-7.9	-12.1	-17.9	-14.9

表21 腰の角度差 ($\varepsilon - \gamma$) の分散分析
(F 値=5.86 群間 P 値=0.0110)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.8237	0.0436	0.0126

表22 腰の角度差 ($\varepsilon - \delta$) の分散分析
(F 値=4.92 群間 P 値=0.0197)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.5268	0.1422	0.0164

一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重比較）を行い、その結果を表21と表22に示す。表21に示すように腰の角度差（ $\epsilon - \gamma$ ）は、低と適では有意差はみられなかったが、適と高、低と高では危険率5%の確率で有意差がみられた。また、表22に示すように腰の角度差（ $\epsilon - \delta$ ）は、低と適、適と高では有意差はみられなかったが、低と高では危険率5%の確率で有意差がみられた。

腰の角度差の（ $\epsilon - \gamma$ ）と（ $\epsilon - \delta$ ）において、適と低の角度の差の平均、適と高の角度の差の平

均および高と低の角度の差の平均を計算した結果が表23である。表23に示すように角度差（ $\epsilon - \gamma$ ）と角度差（ $\epsilon - \delta$ ）は、適と低の差はマイナス、適と高の差はプラスになっていることから、机・椅子の高さが低くなるほど、角度差の（ $\epsilon - \gamma$ ）と（ $\epsilon - \delta$ ）はそれぞれ増大する傾向にあることがわかる。このことから、立ち座り動作では、机・椅子が低くなるほど腰の角度差が大きくなり、その増加分だけ腰に負担がかかり疲労の原因になると考えられる。

表23 腰における角度差の高さの違いによる差の平均

	（単位：度）		
	適－低	適－高	高－低
角度差（ $\epsilon - \gamma$ ）	-1.7	7.3	-9.0
角度差（ $\epsilon - \delta$ ）	-3.2	5.7	-8.9

3.1.4 机と椅子の持ち運び動作時の肩の変位

机の持ち運び動作では、体を上下に揺らしながら机を持ち運びすることから、垂直方向（Y軸方向）の変位の測定が重要と判断し、肩（肩峰点）の垂直方向の変位について調べた。前進移動、後進移動、横移動および回転移動の動作の違いを、木製とスチール製の違いに分けて分析した。それ

表24 持ち運び（前進）の肩の変位<木製>

	（単位：mm）									
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1209	1246	1123	1191	1203	1214	1243	1265	1244	1237
最低	1177	1129	1016	1126	1181	1178	1175	1202	1187	1198
最高－最低	32	117	107	65	22	36	68	63	57	39

表25 持ち運び（後進）の肩の変位<木製>

	（単位：mm）									
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1208	1226	1137	1183	1216	1233	1246	1269	1246	1233
最低	1172	1173	1097	1148	1169	1196	1207	1225	1203	1195
最高－最低	36	53	40	35	47	37	39	44	43	38

表26 持ち運び（横移動）の肩の変位<木製>

	（単位：mm）									
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1261	1249	1130	1211	1199	1243	1250	1282	1247	1239
最低	1229	1193	1085	1171	1164	1194	1231	1230	1214	1207
最高－最低	32	56	45	40	35	49	19	52	33	32

表27 持ち運び（回転）の肩の変位<木製>

	（単位：mm）									
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1242	1268	1154	1211	1205	1238	1280	1271	1267	1243
最低	1198	1212	1114	1167	1187	1219	1231	1229	1231	1208
最高－最低	44	56	40	44	18	19	49	42	36	35

それぞれの持ち運び動作時における肩の垂直方向の変位量の測定結果を表24～31に示す。なお、表中の「最高」と「最低」は、床面から被験者の肩までの高さが示す揺れの波形の最高値と最低値をそれぞれ示している。

肩の変位について、木製とスチール製で有意差があるかを確認するために2群（対応あり）のt検定を行った。その結果を表32に示す。表32に示すように、4つの移動方法すべてにおいて木製とスチール製の違いによる有意差はみられなかった。

次に、肩の変位と被験者の身長で関連性があるかを確認するために2群（対応あり）のt検定を行った。前述したように木製とスチール製では有意差がみられなかったため、木製の測定結果のみで検討した。その結果を表33に示す。表33に示すように、4つの移動方法すべてにおいて肩の変位と被験者の身長では有意差はみられなかった。

3.1.5 アンケートによる意識調査

机・椅子の高さを変えることで、机・椅子の高さの感じ方がどのように変化するかを調べた結果を図7に示す。また、低、適、高の高さの違いで有意差があるかを確認するため、一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重比較）を行い、その結果を表34と表35に示す。

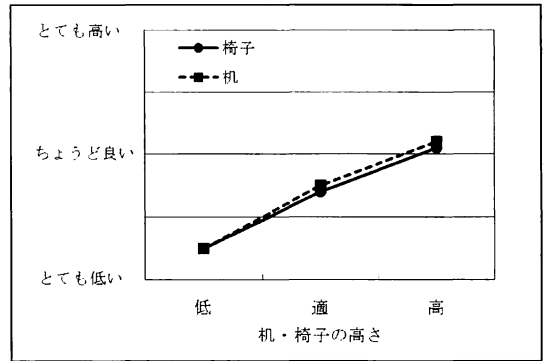


図7 高さの違いによる意識の変化

表28 持ち運び（前進）の肩の変位<スチール製>

(単位：mm)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1209	1234	1161	1202	1184	1245	1231	1243	1251	1244
最低	1162	1202	1094	1160	1155	1183	1189	1207	1208	1207
最高-最低	47	32	67	42	29	62	42	36	43	37

表29 持ち運び（後進）の肩の変位<スチール製>

(単位：mm)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1217	1235	1132	1198	1188	1263	1251	1234	1246	1251
最低	1170	1200	1090	1155	1150	1215	1201	1200	1198	1215
最高-最低	47	35	42	43	38	48	50	34	48	36

表30 持ち運び（横移動）の肩の変位<スチール製>

(単位：mm)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1254	1251	1155	1226	1222	1268	1258	1260	1237	1228
最低	1209	1210	1105	1176	1156	1249	1238	1212	1196	1193
最高-最低	45	41	50	50	66	19	20	48	41	35

表31 持ち運び（回転）の肩の変位<スチール製>

(単位：mm)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最高	1185	1257	1173	1207	1213	1245	1277	1268	1250	1223
最低	810	1208	1109	1170	1198	1222	1205	1217	1223	1186
最高-最低	375	49	64	37	15	23	72	51	27	37

表34に示すように机の高さについての意識は、低と適、低と高では危険率0.1%の確率で大きな有意差がみられ、適と高では危険率5%の確率で有意差がみられた。表35に示すように椅子の高さについての意識は、低と適では危険率1%の確率で有意差がみられ、適と高では危険率5%の確率で有意差がみられた。また、低と高では危険率0.1%の確率で大きな有意差がみられた。これらの結果から、被験者は使用した机と椅子のいずれにおいても適正号数より1号高い高さの机・椅子をちょうど良い高さだと感じていることがわかる。

表32 木製とスチール製のt検定

	前	進	後	進	横移動	回	転
P値	0.1249	0.7433	0.6913	0.2950			

表33 木製における肩の変位と被験者の身長
のt検定

	前	進	後	進	横移動	回	転
P値	0.4912	0.7824	0.7793	0.8584			

表34 机の高さについての意識の分散分析
(F値=32.31 群間P値=<0.0001)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0005	0.0107	<0.0001

表35 椅子の高さについての意識の分散分析
(F値=22.56 群間P値=<0.0001)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0038	0.0231	<0.0001

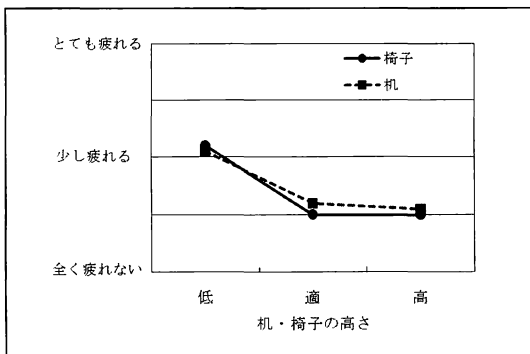


図8 高さの違いによる主観的疲労度の変化

机・椅子の高さを変えることで、疲労度がどのように変化するかを調べた結果を図8に示す。また、前述と同様に机・椅子の高さの違いについて、一元配置の反復測定による分散分析 (Tukeyの方法による多重比較) を行い、その結果を表36と表37に示す。表36に示すように机の主観的疲労度は、低と適では危険率10%の確率でやや有意差がみられたが、適と高では有意差がみられなかった。また、低と高では危険率5%の確率で有意差がみられた。表37に示すように椅子の主観的疲労度は、低と適、低と高では危険率5%の確率で有意差がみられ、適と高では有意差がみられなかった。これらの結果から、適正号数より1号低い高さの椅子で特に疲労度が高いことがわかる。

机・椅子の高さを変えることで、身体部位別に疲労度がどのように変化するかを調べた結果を図9に示す。身体部位に疲労を感じたかについて、6つの身体部位の選択肢 (複数回答可) から選んでもらい、該当した部位に1ポイントを足し加えて集計した。この図より全体的に腰に疲労を訴える被験者が多いことがわかる。特に腰と足に関しては、適正号数より1号低い机・椅子の

表36 机の主観的疲労度の分散分析
(F値=4.85 群間P値=0.0207)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0508	0.9570	0.0287

表37 椅子の主観的疲労度の分散分析
(F値=6.61 群間P値=0.0070)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0146	1	0.0146

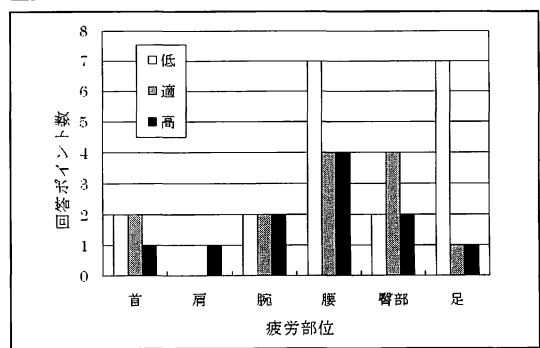


図9 高さの違いによる身体の疲労部位の変化

回答ポイント数が多くなっている。腰に関しては、適正号数より1号低い高さの机・椅子を使用した時、上体の前傾の角度が小さくなり、腰への負担が増大したことが原因と考えられる。

3.2 小学生が被験者の場合

3.2.1 机上で文字を書く着座時の腰と膝の角度

机上で文字を書く着座時の腰と膝の角度を前述の図4で示すように、それぞれ α 、 β とし、それぞれの角度の測定結果を表38と表39に示す。なお、前述のように、表中において、「適-高」は適の角度から高の角度を引いた数値を示しており、同様に、「適-低」は適の角度から低の角度を引いた数値を示している。

腰と膝において、低、適、高の高さの違いで角度に有意差があるかを調べるために、一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重比較）を行った。その結果を表40と表41に示す。表40に示すように腰の角度 α では、低と高の間でのみ危険率10%のわずかな有意差がみられた。また、表41に示すように膝の角度 β でも低と高においてのみ、危険率5%の確率で有意差がみ

られた。

腰と膝において、適と高、適と低および高と低のそれぞれの角度の差の平均を計算した結果を表42に示す。高よりも適の方が角度が小さくなり、適よりも低の方が角度が小さくなっていることから、机・椅子の高さが低くなるほど腰と膝が大きく曲がっていることがわかる。

3.2.2 着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作時の腰と膝の角度

前述の図6に示したように、直立姿勢から着座する際に腰が最も曲がる時の角度を γ 、立ち上がる際に腰が最も曲がる時の角度を δ として比較し検討した。また、着座時の腰の角度を ε とした。角度 γ 、 δ 、 ε のそれぞれの測定結果を表43、表44、表45に示す。また、角度 γ 、 δ 、 ε について、低、適、高の高さの違いで有意差があるかを確認するため、一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重分析）を行った。その分散分析の結果を表46、表47、表48にそれぞれ示す。

角度 γ では、表46に示すように適と高において危険率0.1%の大きな有意差がみられ、低と高で

表38 腰の角度 α

(単位:度)

被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
低	69	91	80	86	113	103	82	77	77	119
適	80	104	84	115	121	84	95	102	73	112
高	91	108	79	97	114	106	100	99	88	112
適-低	11	13	4	29	8	-19	13	25	-4	-7
適-高	-11	-4	5	18	7	-22	-5	3	-15	0

表39 膝の角度 β

(単位:度)

被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
低	99	77	93	83	87	61	94	77	80	56
適	83	77	88	69	114	87	83	91	91	89
高	101	88	99	80	100	89	98	97	99	101
適-低	-16	0	-5	-14	27	26	-11	14	11	33
適-高	-18	-11	-11	-11	14	-2	-15	-6	-8	-12

表40 腰の角度 α の分散分析
(F 値=3.45 群間 P 値=0.0540)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.1448	0.8738	0.0575

表41 膝の角度 β の分散分析
(F 値=5.21 群間 P 値=0.0164)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.3362	0.2079	0.0125

は危険率1%の有意差がみられたが、適と低では有意差はみられなかった。すなわち、角度 γ では、低と適では着座前に腰の曲げ具合にばらつきがあるが、高においては低や適に比べて腰を曲げずに着座していることがわかる。

角度 δ では、表47に示すように適と高、低と高において危険率1%の確率で有意差がみられたが、低と適では有意差はみられなかった。すなわち、表44の「適-高」の欄の全てが負の値になり、「高-低」の欄のほとんどが正の値になることからわかるが、低、適、高において、高では低や適よりも腰を曲げずに立ち上がるっていることがわかる。低と適では表44の「適-低」の欄で、負

の値と正の値が混在していることからわかる通り、人によって適よりも低の方が腰を深く曲げる人もいれば、低よりも適の方が腰を深く曲げる人もいてばらつきが大きいことがわかる。

角度 ε では、表48に示すように適と高において危険率1%の確率で有意差がみられ、低と高では危険率5%の有意差がみられたが、適と低では有意差はみられなかった。すなわち、適と高、低と高では明らかに着座時の姿勢に差があることがわかり、表45に示すように、高よりも低や適では腰が曲がっていることがわかる。また、表40で示したように書き動作の腰の角度 α では現れなかった有意差が、立ち座り動作の着座時の腰の角度 ε では有意差が現れた。これは書き動作の場合、着座して書くという制約が付くため、ほとんど決まった姿勢で腰の角度 α が固定されるが、一方の立ち座りの腰の角度 ε の場合は、動きの自由度が大きくなり、低、適、高それぞれでその高さに合った被験者の一番自然な着座時の姿勢が現れたためと

表42 腰と膝における角度の差の平均 (単位:度)

	適-低	適-高	高-低
腰 (角度 α)	7.5	-1.9	9.4
膝 (角度 β)	6.6	-8.0	14.6

表43 着座前に腰が最も曲がったときの角度 γ

(単位:度)

被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
低	59	69	67	72	92	76	68	75	54	89
適	64	95	59	64	71	61	70	80	47	94
高	76	101	86	85	87	87	82	94	67	95
適-低	5	26	-8	-8	-21	-15	2	5	-7	5
適-高	-12	-6	-27	-21	-16	-26	-12	-14	-20	-1
高-低	17	32	19	13	-5	11	14	19	13	6

表44 立ち上がる際に腰が最も曲がったときの角度 δ

(単位:度)

被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
低	67	75	64	62	76	67	51	71	69	81
適	75	94	73	58	55	56	64	85	57	79
高	87	102	87	59	87	83	71	94	74	86
適-低	8	19	9	-4	-21	-11	13	14	-12	-2
適-高	-12	-8	-14	-1	-32	-27	-7	-9	-17	-7
高-低	20	27	23	-3	11	16	20	23	5	5

表45 着座時の安定した腰の角度 ε

(単位:度)

被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
低	71	95	103	94	109	101	103	97	99	129
適	75	107	101	78	108	99	97	98	95	126
高	105	111	101	96	125	112	101	109	106	125
適-低	4	12	-2	-16	-1	-2	-6	1	-4	-3
適-高	-30	-4	0	-18	-17	-13	-4	-11	-11	1
高-低	34	16	-2	2	16	11	-2	12	7	-4

考えられる。

表49に角度 γ , δ , ε のそれぞれの高さの違いによる差の平均を示す。この表からも、それぞれの角度で有意差があった適と高、低と高の間で大きく腰の曲がり具合に差がでているが、低と適ではそれほど差がでていないことがわかる。

以上のことから、立ち座り動作における腰の角度 γ , δ , ε では、適と高、低と高で大きな有意差が認められ、低や適よりも高の場合に腰に負担をかけずに立ち座りができることがわかる。

次に、立ち座り動作時に膝が最も曲がっていた角度 ζ の結果について表50に示す。膝の角度 ζ についても、低、適、高で有意差があるかを確認するため、一元配置の反復測定による分散分析(Tukeyの方法による多重比較)を行った。その結果を表51に示す。角度 ζ では適と高で危険率5%の有意差がみられ、低と適、低と高では危険率0.1%の大きな有意差がみられた。また、表52に

角度 ζ の「適-低」、「適-高」、「高-低」のそれぞれの角度の差の平均を示す。この表から適と高よりも、低と適の方が差の値が大きいことから、高よりも適の方が膝は曲がり、適よりも低において膝がさらに大きく曲がるのがわかる。

3.2.3 机の持ち運び動作時の肩の変位

小学生を被験者とした持ち運び動作では、適のサイズの机のみを使用した。上下(垂直)方向の揺れを見るため、後方への移動、前方への移動に分け、それぞれの肩の高さ(肩峰点)の上下方向の変位を調べた。その結果を表53に示す。表中の「前進」は前方への移動、「後進」は後方への移動、「最高」は移動しているときの肩の高さが一番高くなる点、「最低」は移動しているときの肩の高さが一番低くなる点を表している。

肩の変位について、身長によって違いがあるのか調べるため、前進最高から前進最低を引いた値

表46 腰の角度 γ の分散分析
(F 値=12.66 群間 P 値=0.0004)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.8842	0.0007	0.0018

表47 腰の角度 δ の分散分析
(F 値=11.17 群間 P 値=0.0007)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.9324	0.0029	0.0013

表48 腰の角度 ε の分散分析
(F 値=7.35 群間 P 値=0.0046)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.8349	0.0059	0.0202

表49 腰の角度 γ , δ , ε のそれぞれの差の平均
(単位:度)

	適-低	適-高	高-低
角度 γ	-2	-15	14
角度 δ	1	-13	15
角度 ε	-2	-11	9

表50 立ち座り動作時に膝が最も曲がったときの角度 ζ

(単位:度)

被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
低	75	77	76	66	73	66	78	72	83	83
適	79	89	78	72	86	76	87	78	89	86
高	79	85	87	79	90	76	92	93	96	86
適-低	4	12	2	6	13	10	9	6	6	3
適-高	0	4	-9	-7	-4	0	-5	-15	-7	0
高-低	4	8	11	13	17	10	14	21	13	3

表51 膝の角度 ζ の分散分析
(F 値=29.53 群間 P 値=< 0.0001)

	低と適	適と高	低と高
P 値	0.0004	0.0322	< 0.0001

表52 膝の角度 ζ の差の平均

(単位:度)

	適-低	適-高	高-低
差の平均	7.4	-4.3	11.7

と身長について、また後進最高から後進最低を引いた値と身長について、それぞれt検定（2群間での対応あり）を行った。その結果を表54に示す。表54に示すように後進最高から後進最低を引いた値と身長で、危険率5%の確率で有意差がみられた。また、「後進最高－後進最低」と身長では相関係数の符号がマイナスを示していることから、身長が高くなるほど上下方向の揺れが小さくなることがわかる。また、「後進最高－後進最低」と「前進最高－前進最低」のt検定も行ったが、これら2者の間には有意差は認められなかった。

3.2.4 アンケートによる意識調査

アンケート調査は、机と椅子のそれぞれの高さや疲れの感じ方についてSD法による5件法で行った。机と椅子の高さを変えることで、それぞれの高さの感じ方がどのように変化するかを調べた

結果を図10に示す。また、低、適、高の高さの違いで有意差があるかを確認するため、一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重比較）を行った。その結果を表55と表56に示す。表55に示すように、机の高さについての意識は、低と高では危険率0.1%の大きな有意差がみられ、低と適では危険率5%の有意差がみられたが、適と高ではみられなかった。表56に示すように椅子の高さについての意識では、適と高で危険率5%、低と適で危険率1%、低と高では危険率0.1%の大きな有意差がみられた。これらの結果から、机において低は明らかに低い高さや意識されているのに対し、高はちょうど良い高さだと感じていることがわかる。また、椅子においても低よりも適の方が良い高さと感じられ、適よりも高の方がさらに良い高さと感じていることがわかる。

机・椅子の高さを変えることで、疲労感がどの

表53 机の持ち運びにおける肩の垂直方向の変位

(単位：床面からの距離, mm)

被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
前進最高	1178	1121	1181	1271	1098	1166	1163	1147	1143	1240
前進最低	1147	1076	1135	1208	1057	1122	1129	1120	1068	1211
前進最高－前進最低	31	45	46	63	41	44	34	27	75	29
後進最高	1193	1126	1183	1241	1097	1167	1154	1151	1157	1240
後進最低	1139	1067	1134	1219	1049	1132	1129	1121	1123	1212
後進最高－後進最低	54	59	49	22	48	35	25	30	34	28

表54 肩の変位と被験者の身長とのt検定

	「前進最高－前進最低」 と被験者の身長	「後進最高－後進最低」 と被験者の身長
相関係数	0.0295	-0.7606
相関におけるP値	0.9354	0.0107

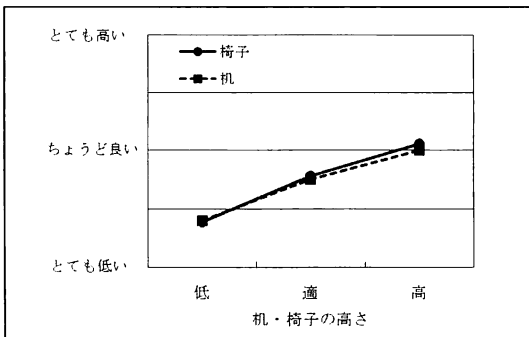


図10 高さの違いによる意識の変化

表55 机の高さについての意識の分散分析 (F値=13.82 群間P値=0.0002)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0179	0.1019	0.0002

表56 椅子の高さについての意識の分散分析 (F値=24.91 群間P値=<0.0001)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.0023	0.0253	<0.0001

ように変化するかを調べた結果を図11に示す。また、前述と同様に机・椅子の高さの違いについて、一元配置の反復測定による分散分析（Tukeyの方法による多重比較）を行った。その結果を表57と表58に示す。表57に示すように、それぞれの高さで机を使用したときの疲労度は、低、適、高の間で有意差はみられなかった。また、表58に示すように、椅子を使用したときの疲労度でも、それぞれの高さの間で有意差はみられなかった。身長が比較的大きい中学生においては、低で疲労度の有意差がみられたが、小学生の場合は、そもそも疲労を感じにくいことに加えて適応能力が高く、作業内容が少ない短時間のこの実験では疲労を感じにくかったためだと考えられる。

机・椅子の高さを変えることで、身体の一部別々に疲労度がどのように変化するかを調べた結果を図12に示す。この図より、低の高さのときに多くの部位で疲れを感じていることがわかる。また、小学生の疲労部位の回答総数は、中学生の回答総数よりも少なく、低と適では中学生と同様に腰に疲労を訴える小学生が多いこともわかる。また、高の高さのときに足の疲れを訴えている児童が多いが、この原因は不明であり今後の検討が必要である。

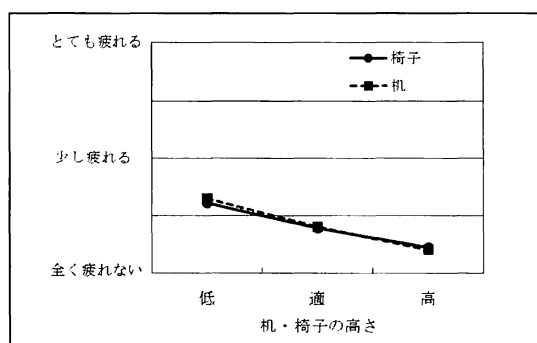


図11 高さの違いによる主観的疲労度の変化

表57 机の主観的疲労度の分散分析 (F値=2.30 群間P値=0.1293)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.4749	0.6163	0.1099

4. 結論

机・椅子の高さの違いによって生じる動きの影響を検証するために、学校での生活場面を想定して、文字を書くという着座時の動作と、着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作、机・椅子の持ち運び動作を被験者である小学生と中学生に行ってもらい、2台のCCDカメラで作業の様子を撮影した。その後、3次元座標計測ソフトを用いて、モーションキャプチャによる身体各部位の変位と角度を計測し分析を行った。また、同時にアンケートによる意識調査を行った。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 着座時に机上で文字を書く動作において、中学生の場合、腰の角度では低と適および適と高で有意差が認められ、高、適、低の順で角度が減少したが、膝の角度では高さの違いによる有意差はみられなかった。すなわち、机・椅子の高さが低いほど腰の角度が小さい値を示して前かがみの姿勢になる傾向がある。小学生の場合、腰と膝の角度では低と高の間で有意差が認められ、高よりも低の方が腰と膝が共に曲がっていた。
- (2) 着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作において、中学生の場合、腰と肩の変位では低と適および低と高で有意差が認められた。また、適と高の変位差よりも適と低の変位

表58 椅子の主観的疲労度の分散分析 (F値=2.07 群間P値=0.1587)

	低と適	適と高	低と高
P値	0.4936	0.6668	0.1376

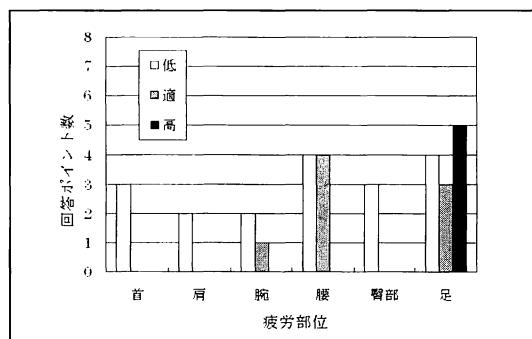


図12 高さの違いによる身体の疲労部位の変化

差が大きいことから、低の時に変位量が特に大きくなった。

- (3) 着座姿勢から直立姿勢への立ち座り動作において、中学生の場合、腰が最も曲がった時の角度では、低と適、適と高および低と高で有意差が認められ、高、適、低の順で角度が減少した。また、着座時の角度と腰が最も曲がった時の角度の差では、適と高および低と高で有意差が認められ、高、適、低の順で変化した。すなわち、机・椅子の高さが低くなるほど腰の角度差が大きくなり、その増加分だけ腰に負担がかかり疲労の原因になると考えられる。小学生の場合、立ち上がる際に腰が最も曲がる角度では、適と高、低と高で有意差が認められ、高では低や適よりも腰を曲げずに立ち上がっていることがわかった。着座前に腰が最も曲がる角度についても同様のことがいえる。
- (4) 机と椅子の持ち運び動作において、中学生の場合、肩の変位では木製とスチール製で有意差は認められず、肩の変位と被験者の身長の間でも有意差はみられなかった。小学生の場合、机の持ち運び動作において、後方へ移動する場合は被験者の身長が高くなるほど、机の上下方向の揺れが小さくなることがわかった。
- (5) アンケートによる意識調査において、中学生の場合、適正号数より1号低い机・椅子を使用した時に疲労度が高く、特に腰と足への疲労を訴えていた。また、1号高い机・椅子をちょうど良い高さだと感じていることがわかった。小学生の場合、1号高い机・椅子をちょうど良い高さだと感じ、1号低い高さのときに身体の多くの部位で疲れを感じていた。

謝 辞

本研究にご協力頂いた琉球大学附属小学校4年生の児童の皆さん、同附属中学校1年生の生徒の皆さんに、心より深く感謝いたします。

なお、本研究の一部は、平成19～20年度科学研究費補助金 基盤研究 (C)「研究課題名：3次元

動作分析による児童・生徒の学校用家具の検討」(課題番号19500635)の援助を受けている。

文 献

- 1) JIS S 1021 学校用家具 (普通教室机・椅子).
- 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) 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: 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).
- 7) 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).
- 8) 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).
- 9) 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).
- 10) 福田英昭, 安里洋祐: 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—, 琉球大学教育学部紀要, 73, 71-81 (2008).
- 11) 福田英昭, 金城義樹: 2次元動作分析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動作変化—, 琉球大学教育学部紀要, 74, 37-45 (2009).