

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基礎研究（C）
研究期間：2007年度～2008年度
課題番号：19500635
研究課題名（和文） 3次元動作分析による児童・生徒の学校用家具の検討
研究課題名（英文） Examination of School Furniture by Three-dimensional Motion Analysis
研究代表者
福田 英昭（FUKUDA Hideaki）
国立大学法人 琉球大学・教育学部・准教授
研究者番号：90218933

研究成果の概要：小学生 10 名および中学生 10 名を対象にして、学校用家具使用時の 3 次元動作分析を行った。被験者の身長から割り出した適正な机・椅子の高さを基準とし、その高さから 1 号だけ高い高さと、1 号だけ低い高さの机・椅子を使用し、この 3 段階に高さを変えて実験を行った。文字を書くという着座時の動作、着座姿勢から直立姿勢への立ち上がり動作および机を持ち運ぶ動作を被験者に行ってもらい、2 台の CCD カメラによる 3 次元動作の計測を行った。この実験の結果、机・椅子の高さが低いほど腰の角度が小さい値を示し前かがみの姿勢になる傾向を示した。小学生では 1 号だけ低いときに身体の各部位の疲労度が全体的に高くなり、中学生でも 1 号だけ低いときに腰と足を中心に疲労を強く訴えた。また、小学生と中学生は、1 号だけ高い高さの机・椅子をちょうどよい高さとして認識していることがわかった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	2,900,000	870,000	3,770,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：動作分析，モーションキャプチャ，学校用家具，児童，生徒，人間工学，机，椅子

1. 研究開始当初の背景

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。ところが、1972 年から 1974 年の大内・加藤らの調査によると、

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にもかかわらず、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）、EMG 計測（各筋肉部位の筋電図測定）、体圧分布計測（椅子座面の体圧測定）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。

2. 研究の目的

本研究では、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。

3. 研究の方法

(1) 被験者

調査対象者は、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 136 cm～153 cm（平均 143 cm）、中学生の身長は 142 cm～155 cm（平均 152 cm）であった。

(2) 使用した机・椅子

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）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 8.5 kg、4.7 kg、スチール製の机と椅子の重さはそれぞれ 10.2 kg、4.9 kg である。この報告書では、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。

(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。

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、小学生の場合の実験は、2009年1月30日から2月6日の期間に行った。

(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。

計測反射マーカー(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、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30fpsの速度で撮影し計測した。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。

(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。

4. 研究成果

(1) 中学生が被験者の場合

① 机上で文字を書く着座時の腰と膝の角度

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分散分析を行った。その結果、腰の角度は、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。膝の角度は、高さの違いによる有意差がみられなかった。

この結果から、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。

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。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分散分析を行った。その結果、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。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。低での立ち座り動作の場合は、他の高さ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った。

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、この2つの角度を検討した。

着座する前に腰が最も曲がる時の角度は、低と適では危険率 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。立ち上がる際に腰が最も曲がる時の角度は、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。この結果から、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った。

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。

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、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。

また、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 検定を行ったが、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。

⑤アンケートによる意識調査

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。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った。

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。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。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った。

机・椅子の高さを変えることで、6つの身体の部位別に疲労度がどのように変化するのかを調べた。その結果、全体的に腰に疲労を訴える被験者が多いことがわかった。特に腰と足に関しては、適正号数より 1 号低い机・椅子の回答ポイント数が多くなっていた。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その原因と考えられる。

(2)小学生が被験者の場合

①机上で文字を書く着座時の腰と膝の角度

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分散分析を行った。その結果、腰の角度では、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、膝の角度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、高よりも適の方が角度は小さくなり、適よりも低の方が角度は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った。

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

直立姿勢から着座する際に腰が最も曲がる時の角度と立ち上がる際に腰が最も曲がる時の角度を比較し検討した。それぞれの角

度について、低、適、高の高さの違いで有意差があるかを確認するため分散分析を行った。

着座する際に腰が最も曲がる時の角度では、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、この角度では、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った。

立ち上がる際に腰が最も曲がる時の角度では、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、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った。

以上のことから、立ち座り動作における腰の角度では、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った。

次に、立ち座り動作時に膝が最も曲がっていた角度の結果について、低、適、高で有意差があるかを確認するため分散分析を行った。その結果、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、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ことがわかった。

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。

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、前進時の最高位置から最低位置を引いた値と身長について、また後進時の最高位置から最低位置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、後進時の最高位置から最低位置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、後進時の最高位置から最低位置を引いた値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。

④アンケートによる意識調査

低、適、高の高さの違いで意識に有意差があるかを確認するため分散分析を行った。その結果、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。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で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った。

次に、机・椅子の高さを変えることで、疲労感がどのように変化するかを調べた。前述と同様に机・椅子の高さの違いについて分散分析を行った。その結果、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、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差がみられなかったと考えられる。

また、机・椅子の高さを変えることで、身体の一部別に疲労度がどのように変化するかを調べた結果、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った。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った。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。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計2件）

①福田英昭，泉悠野，増田和典：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—，琉球大学教育学部紀要，第75集，印刷中（2009）査読無

②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，第74集，p. 37-45，（2009）査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福田 英昭 (FUKUDA Hideaki)

琉球大学・教育学部・准教授

研究者番号：90218933

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし