

Original

Effects of Work Posture Combination on Short-Term Simple Repetitive Tasks

Tetsuya HASEGAWA,¹ Osamu TSUTSUE² and Masaharu KUMASHIRO³

Abstract

The relation between workload, work performance and work posture in a light repetitive task was investigated. The experiment was performed with eight male subjects. Subjects were asked to do multiplication of one-digit numbers and to enter the last digit of their answers on a key board. The task was of 60 min duration, either with a combination of sitting and standing postures which were changed at 15 and 45 min or 30 min, or with no change of posture at all. The effects of the operational conditions were assessed by measuring critical flicker fusion frequency, ocular accommodation, subsidiary behavior, subjective feelings of fatigue, and work performance. In the experiment with no change in posture, workload was higher and work performance lower than with combinations of postures. Change of posture was recommended to be introduced at an early stage: introduction of a change of posture after 15 min was more effective in enhancing work performance than later introduction.

Key words: work posture, workload, repetitive task

¹Kinki University

²Mishima Kosan Co., Ltd.

³University of Occupational and Environmental Health, Japan

Received: June 8, 1998

Accepted: November 25, 1999

論 文

短時間の単純繰り返し作業における作業姿勢の組み合わせの効果

長谷川 徹 也¹, 筒 江 修², 神 代 雅 晴³

単純繰り返し作業の例として九九算を短時間行わせた。作業中に座位姿勢と立位姿勢が同じ割合になるように組み合わせさせて作業させた結果、単調感の緩和ならびに作業成績の向上に効果があった。作業姿勢を変更する時点は、30分目よりも15分目と45分目の時点が好ましく、作業姿勢の組み合わせ順序に関しては作業負担や作業成績に顕著な差は認められなかった。短時間の作業において作業中に適度な間隔で立位姿勢と座位姿勢を組み合わせることは、作業者の負担軽減ならびに作業効率の向上にも役立つことが明らかとなった。

キーワード： 作業姿勢, 作業負担, 繰り返し作業

1. 緒 言

筋の活動は立>椅坐>坐>臥の順に少なくなるといわれており〔1〕, 作業点の位置が上下, 前後, 左右など広範囲にわたって動く場合には, 座位姿勢よりも立位姿勢が適しているといわれている。そのため, 多工程持ちシステムでは立位姿勢での作業が多い。座位姿勢から歩行を伴う立位姿勢に変更すると, 変更直後には疲労感の訴えが高くなるものの, その後訴えは低くなると報告されている〔2〕。しかし, 電子装置を製作する職場では立ち作業を廃止して椅座位にしたことで, それまで高率に訴えられていた疲労感が減少したとの報告があり〔3〕, 検索作業を行わせた実験においても立位姿勢を継続することの問題点が指摘されている〔4〕, 〔5〕。

一方, 労働省の「職場における腰痛予防対策指針」では, 職場における腰痛予防対策として腰部に負担のかかる不自然な姿勢をとらないこととともに, 立位や椅座位等において, 同一姿勢を長時間とらないようにすることが必要であることが示されている〔6〕。すなわち, 腰部の負担軽減のためには作業中に姿勢を変えることが必要と考えられる。こうした姿勢変更は, 単純繰り返し作業における単調感の緩和にもつながるものと考えられる。

そこで, 本研究では短時間の単純繰り返し作業を対象に, 作業姿勢の組み合わせが作業負担ならびに作業成績に及ぼす影響について考察し, 生産性の向上と作業負担の軽減に寄与できる作業システム設計の要因を提案する。

¹近畿大学

²三島光産株式会社

³産業医科大学

受付：1998年6月8日, 再受付（3回）

受理：1999年11月25日

表 1 実験条件

実験条件	姿勢
1	座位 30 分 → 立位 30 分
2	立位 30 分 → 座位 30 分
3	座位 15 分 → 立位 30 分 → 座位 15 分
4	立位 15 分 → 座位 30 分 → 立位 15 分
5	座位 60 分
6	立位 60 分

2. 研 究 方 法

2.1 対象作業

本研究で対象にする作業は, 14 インチの CRT ディスプレイ (NEC PC—KD854n) 上に 58 ドットのゴシック体のフォントを用いて, 縦 20mm × 横 100mm の大きさで 2 秒間隔に提示される九九算の回答を被験者がテンキーを用いて下一桁だけ入力させる内容であり, 時間内に解答できない場合には次の問題が提示されるようになっている。

2.2 実験条件

前述の作業内容を表 1 に示す実験条件にもとづいてランダムな順序で実験する。作業時間はいずれの条件も 60 分間とする。立位姿勢と座位姿勢を組み合わせた条件では, それぞれの姿勢が全作業時間の 50% を占めるようにする。実験条件 1 と 2 では姿勢を変更する時点を 30 分目とし, 実験条件 3 と 4 では 15 分目と 45 分目の 2 回とする。実験条件 5 と 6 では姿勢を変更せずに座位あるいは立位姿勢を 60 分間継続させる。

実験は図 1 に示すように座位姿勢用と立位姿勢用の 2 台の機の端から 8cm の位置にキーボードを設置し, キーボード中央部が各被験者の肘の高さになるよう机上面の高さをそれぞれ調節する。

CRT ディスプレイを注視する際の作業姿勢をみると, 立位姿勢時においては座位姿勢時に比べて体幹部の曲げ角度が小さくなり頭部を前傾させる傾向にある。

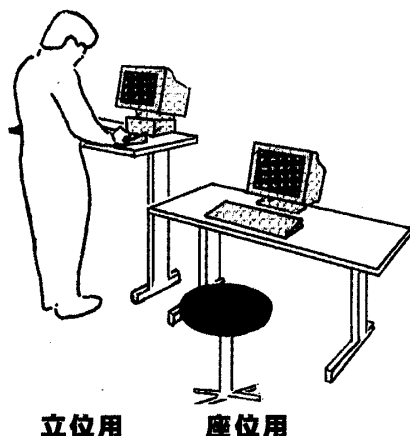


図1 座位および立位姿勢用の機の配置

そのため、座位姿勢用には CRT ディスプレイを机上面に、立位姿勢用には座位姿勢時と同様の視線角度を得るために CRT ディスプレイの設置位置を机上面よりも 8 cm 高い位置に設置する。2 台の CRT ディスプレイは左右に 1m 離し、姿勢変更の際には被験者が迅速に移動できるようにする。座位姿勢の際には各被験者の好みの高さに設定した背もたれのない丸椅子を使用する。

被験者はキーボードの使用経験があり、実験の対象作業にも経験のある年齢 19～25 歳の男子学生 8 名とする。作業の習熟を考慮し、作業内容と各測定機器に慣れさせるために実験の数日前には 60 分間の座位作業を行わせる。実験前日には十分な睡眠をとらせ、実験を繰り返すことによる負担の蓄積を考慮し、一人に対して 1 日に 1 条件だけ実施する。

実験室の室温は 21～25℃とし、キーボード面の照度は 430～460 lx とする。

2.3 測定項目

VDT 作業に関するガイドラインでは一連続作業時間が 60 分をこえないようにすることとしていることから〔7〕、フリッカー検査（柴田 DF-1）と眼調節力検査（興和 HS-9E）は作業の前後のみ測定する。日本産業衛生学会疲労研究会作成による疲労自覚症状しらべと身体疲労部位調査票は作業の前後に記入させる。入力した数字は逐次コンピュータに記録し、作業中の副次行動は目視観察によって記録する方法をとる。

フリッカー検査では 5 回連続して測定し、最大および最小値を除いて求めた平均値をその時点のフリッカー値として採用する。眼調節力検査では、1 回測定した遠点距離と 10 回連続して測定した近点距離の平均値をもとに眼調節力を算出する。副次行動の観察においては、「あくび」、「頸を動かす」、「ため息をつく」、「咳」、

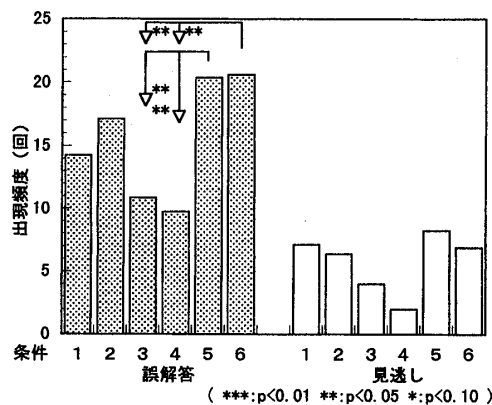


図2 作業成績

表2 誤解答数の分散分析表

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値	
実験条件	849.6	5	169.9	2.24	*
被験者	7726.5	7	1103.8	14.55	***
誤差	2655.9	35	75.9		
T	11231.0	47			

*** 1%有意差

** 5%有意差

* 10%有意差

「よそみ」、「手を動かす」、「肩をたたく」、「腰をたたく」、「足をたたく」、「体の一部に触れる」、「腰を動かす」、「胴体の前後移動」、「足の移動」、「重心を変える」、ならびに「足をゆらす」の 15 項目をあらかじめ観察用紙に記入し、それらの副次行動が出現する都度チェックする方式をとる。

フリッカー値の作業前後の比較には対応のあるデータの t 検定を用いる。眼調節力の作業前後の比較には、作業後の低下が他の被験者に比べて大きい被験者が含まれていたために Wilcoxon 検定を用いる。分散分析には乱塊法を用いる。条件間の多重比較にはフィッシャーの LSD 検定を用いる。

3. 結果と考察

3.1 作業成績

各実験条件において出現した誤解答数と見逃し数を図 2 に示す。

誤解答数と見逃し数についてそれぞれ分散分析を行った結果、表 2 に示すように誤解答数において条件間に差のある傾向がみられた ($p < 0.10$)。

各実験条件の誤解答数をみると、条件 6 が一人平均 20.6 個で最も多く、次いで条件 5、条件 2、条件 1、条件 3、条件 4 の順であった。

誤解答数と見逃し数をそれぞれ 15 分間隔ごとにまとめ時間経過に伴う変動を分散分析したところ、いず

れも有意差は認められなかった。

本実験で課した 60 分間の座位作業での実験条件と同様の作業内容を小休憩を等間隔で挿入する、あるいは小休憩の代わりに短時間の歩行を伴う他の作業をさせた場合〔8〕、1 回だけ休憩を挿入した場合〔9〕の作業中に出現した誤解答数と見逃し数を比べると、本実験における出現数が少なかった。これは、これまでの実験では 16 ドットの明朝体のフォントを用いて縦 6mm × 横 28mm の範囲に九九算を提示していたのに対して、本実験では提示に使用した文字を大きくして視認性を向上させたためと考えられる。

そこで、各実験で行っている 60 分間の座位姿勢時の誤解答数および見逃し数を 100% とし、各条件におけるそれらの割合みると、15 分目と 45 分目に姿勢を変えた条件 3 の誤解答率と見逃し率はそれぞれ 53.4%、48.5%、条件 4 では 49.1%、24.2% であった。また 15 分目に 10 分間の休憩を挿入した条件ではそれぞれ 52.4%、49.3% で、15 分間隔で歩行を伴う他の作業をさせた条件では 52.0%、35.1% であった。

立座交互の作業姿勢をとる作業者は同一姿勢を継続する作業よりも疲労感が大きいといわれているが〔10〕、本実験の結果からは作業姿勢を組み合わせることにより負担が軽減したものと推測される。したがって、立座交互の作業姿勢をとらせることにより、休憩をとらせたり作業中に歩行させるのと同程度に誤解答数や見逃し数を減らすことができると思われる。

3.2 生理機能の変動

作業前と作業後のフリッカー値を比較すると、いずれの実験条件においても作業後値が有意に低下していた（実験条件 1 は $p < 0.05$ 、その他の実験条件では $p < 0.01$ ）。

各実験条件における作業後の値から作業前の値を引いて求めたフリッカー値の前後差値を図 3 に示す。

フリッカー値の前後差値について分散分析を行った結果、表 3 に示すように条件間に有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。図 3 に示すように条件 6 では前後差値が 1.4Hz で最も大きく、次いで条件 5、条件 2、条件 1、条件 3、条件 4 の順であった。

以上のことから、いずれの実験条件においても覚醒レベルの低下がみられるものの、姿勢を変更する回数が多い実験条件ほど覚醒レベルの低下が少なく負担の少ないことが推測される。

作業前後の眼調節力を比較すると、実験条件 1、5、6 において作業後値が有意に低下していた（ $p < 0.05$ ）。

各実験条件における作業後の値から作業前の値を引いて求めた眼調節力の前後差値を図 4 に示す。

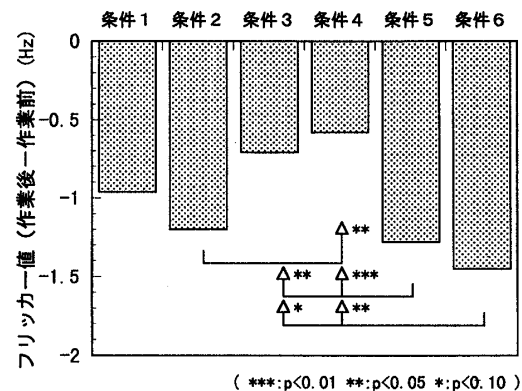


図 3 フリッカー値の前後差値

表 3 フリッカー値の分散分析表

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値	
実験条件	4.57	5	0.91	2.60	**
被験者	12.64	7	1.81	5.12	***
誤差	12.34	35	0.35		
T	29.55	47			

*** 1%有意差

** 5%有意差

* 10%有意差

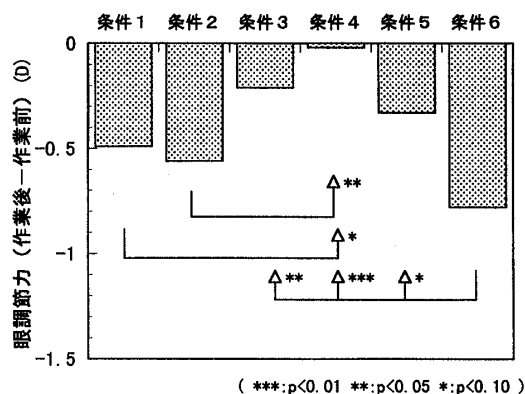


図 4 眼調節力の前後差値

各実験条件における眼調節力の前後差値について分散分析を行った結果、表 4 に示すように条件間に差のある傾向がみられた（ $p < 0.10$ ）。図 4 に示す作業前後の眼調節力を比べると、座位姿勢で 60 分間作業する条件に比べて立位姿勢で 60 分間作業する条件の低下が大きく、15 分目と 45 分目に姿勢を変更しても立位姿勢で作業する時間が長い条件の低下が大きかった。また、後半の 30 分間を立位姿勢で作業していた実験条件では作業前に比較して作業後に有意の低下が認められた。

立位作業時の眼調節力の低下は、CRT ディスプレイの設置方法の違いによる影響が大きかったものと考えられる。すなわち、座位姿勢では直立姿勢よりも少し

表4 眼調節力の分散分析表

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値	
実験条件	2.94	5	0.59	2.28	*
被験者	13.10	7	1.87	7.26	***
誤差	9.01	35	0.26		
T	25.05	47			

*** 1%有意差
** 5%有意差
* 10%有意差

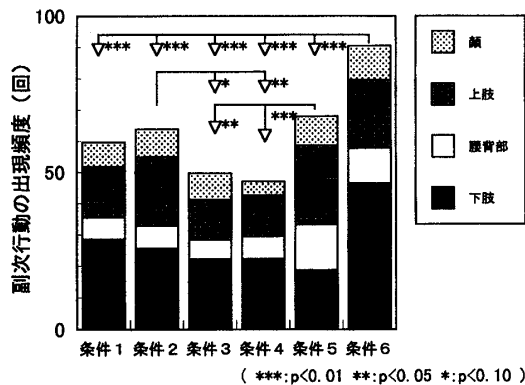


図5 副次行動の出現頻度

前かがみのほうが腰背部の負担が軽くなるといわれており〔11〕, 本実験における座位姿勢時においても被験者は体幹と頭部を前傾させ, CRTディスプレイ画面の傾斜角度を各自調節して画面を正面から見ていた。しかし, 立位作業時においてはCRTディスプレイ画面中央部と視線とのなす角が20~30度前後で座位姿勢時と同様であったものの, CRTディスプレイ画面と机上面との傾斜角度の調節可能範囲が15度までと限られていたため, 被験者は画面を上から斜めに見下ろすような状態になった。そのため, 画面に提示される数字が読みにくくなり, 眼調節力が低下したものと推測される。

3.3 副次行動

作業中に出現した副次行動の出現頻度を図5に示す。

図5に示した各実験条件の副次行動を合計し, その出現頻度について分散分析を行った結果, 表5に示すように条件間に有意差が認められた ($p < 0.01$)。各実験条件における副次行動の出現頻度をみると, 条件6が一人平均90.5回で最も多く, 次いで条件5, 条件2, 条件1, 条件3, 条件4の順であった。

副次行動の出現は拘束状況に対する作業側への働きかけを示しているといわれている〔12〕。したがって, 生理機能変動の結果が示しているのと同様に, 作業姿勢を組み合わせた実験条件における負担は60分間同一姿勢が継続する実験条件に比べて少なく, さらに姿勢

表5 副次行動の分散分析表

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値	
実験条件	10307.2	5	2061.4	8.72	***
被験者	29715.8	7	4245.1	17.95	***
誤差	8278.3	35	236.5		
T	48301.3	47			

*** 1%有意差
** 5%有意差
* 10%有意差

を変更する回数が多い実験条件ほど負担が少なくなったと推測される。

次に, 観察した15項目を身体部位別に「あくび」, 「頸を動かす」, 「ため息をつく」, 「咳」, 「よそみ」の5項目を頭部, 「手を動かす」, 「肩をたたく」, 「腰をたたく」, 「足をたたく」, 「体の一部に触れる」の5項目を上肢, 「腰を動かす」, 「胴体の前後移動」の2項目を腰背部, 「足の移動」, 「重心を変える」, 「足をゆらす」の3項目を下肢に分類し, 15分間隔ごとの時間経過に伴う出現頻度の変動をみると, 作業姿勢を組み合わせた実験条件では作業の拘束状況に応じて副次行動の出現頻度が変動していたが, 座位姿勢が60分間継続する実験条件での腰背部, ならびに立位姿勢が60分間継続する実験条件での下肢の副次行動の出現頻度は時間の経過とともに増加し, これらの実験条件では時間経過とともに負担が増加していることが推測される。

熊澤ら〔2〕,〔13〕は, 座位作業と立位作業における疲労感や作業に要する時間を比較し, 作業姿勢による影響は少ないと述べている。本研究においてもフリッカー値, 自覚症状調査の訴え率, ならびに作業成績に関しては立位姿勢が60分間継続する条件と座位姿勢が60分間継続する条件との間には差がみられなかった。しかし, 副次行動の出現頻度は立位姿勢が60分間継続する条件において多くなっており, また頭部, 上肢, ならびに下肢のいずれの出現頻度も作業時間の経過に伴って増加する傾向がみられたことから, 立位姿勢を継続することは負担を増加させると推測される。

3.4 疲労感

疲労自覚症状しらべの作業前における30項目の平均訴え数は3.8%以下であった。作業後における30項目の訴え数をみると, 立位姿勢が60分間継続する実験条件での疲労感が最も高かった。

作業後における疲労自覚症状しらべの症状群別訴え率を図6に示す。いずれの実験条件においても「ぬむけとだるさ」を表すといわれているI群の訴え率が高かった。

症状群別に訴え数を角度変換して分散分析した結果,

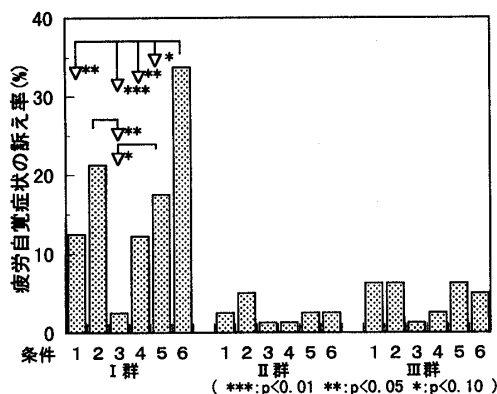


図6 作業後における疲労自覚症状しらの症状群別訴え率

表6 作業後のI群の訴えに関する分散分析表

因子	平方和	自由度	平均平方	F 値
実験条件	2.81	5	0.56	2.21 *
被験者	3.43	7	0.49	1.93 *
誤差	8.90	35	0.25	
T	15.14	47		

*** 1%有意差

** 5%有意差

* 10%有意差

作業前においてはいずれの症状群にも条件間に有意差が認められず、作業後においては表6に示すように脳賦活系の活動低下に関連していると考えられているI群の訴え〔14〕に関して条件間に差のある傾向がみられた ($p < 0.10$)。

本実験で課した作業は、提示される文字の大きさが異なる以外はすでに報告した作業〔8〕と同一であることから単調作業であったと推測され、この種の作業では早期から活動レベルが低下するといわれている〔15〕。作業中の歩行の出現頻度は疲労感にも影響するが〔5〕、〔16〕、本実験における作業姿勢の変更に伴う移動距離は1mと短かったため、姿勢を組み合わせることがI群の訴え率の減少に影響したものと推測される。すなわち、短時間の単純繰り返し作業において作業姿勢を組み合わせることは、腰部の負担軽減よりも単調感の緩和に対して効果が大きかったものと推測される。

身体疲労部位調査において作業後に25%以上の訴えがあった部位を表7に示す。いずれの実験条件においても作業後に50%以上の訴え率を示した身体部位はなかった。25%以上50%未満の訴え率があった身体部位をみると、条件6が10箇所でも多かった。立位姿勢が60分間連続する実験条件では作業後の肩甲骨部の身体疲労感の訴えは少ないものの、腰部、下腿後部および足関節後部に訴えが多くみられ、立位姿勢を60分

表7 作業後における25%以上の訴え部位

身体部位	条 件					
	1	2	3	4	5	6
頭頂部		○	○			○
前額部		○	○			○
眼部(左)		○		○	○	○
眼部(右)		○	○	○	○	○
肩甲骨部(左)	○	○	○			
肩甲骨部(右)	○	○	○		○	
腰部(左)	○					○
腰部(右)						○
臀部(左)	○				○	
臀部(右)					○	
下腿後部(左)						○
下腿後部(右)						○
下関節後部(左)						○
下関節後部(右)						○
足趾部(左)	○					

間継続する実験条件における負担は、座位姿勢を継続する実験条件に比べて大きいと考えられる。また、疲労自覚症状しらの訴え率の結果と同様に、姿勢を変更する回数が多い実験条件ほど疲労感が少なくなる傾向がみられた。

3.5 作業姿勢の組み合わせ方法

作業成績および生理機能の変動をみると、同一姿勢を60分間継続する実験条件に比べて作業姿勢を組み合わせる実験条件の成績が良く、負担が少なかった。また姿勢を変更する時点は30分目よりも15分目と45分目の時点が好ましいという結果が得られた。同様の作業を10分間の休憩を途中に1回挿入して60分間行わせた実験〔9〕では、30分目以降よりも15分目に挿入したほうが機能低下が少なく作業成績が良かったことから、本実験においても15分目に最初の姿勢変更をする実験条件が好ましくなったものと思われる。さらに本実験条件では45分目にも再度姿勢を変更するので単調感の緩和の観点からも好ましい結果が得られたものと推測される。

15分目と45分目に姿勢を変更する条件、あるいは30分目に姿勢を変更する実験条件における姿勢の組み合わせ順序に関しては、作業成績および生理機能変動、疲労感のいずれにおいても差が認められなかった。誤解答数、フリッカー値、そして副次行動をみると、30分目に姿勢を変更する実験条件では条件2よりも条件1のほうが好ましく、15分目と45分目に姿勢を変更する実験条件では条件4よりも条件3のほうが好ましい結果が得られた。これらの実験条件はいずれも立位姿勢で作業が終了する組み合わせであった。座位姿勢か

ら立位姿勢に変更することで活動レベルが高くなるといわれていることから〔17〕, 座位姿勢で単調感に抗しながら作業を終了するのではなく, 立位姿勢によって活動レベルがある程度維持された状態で作業を終了し, そのまま機能測定等を行ったことがこれらの結果に影響したものと思われる。

4. 結 論

本研究は視覚からの情報処理を作業内容とする短時間の単純繰り返し作業を対象に, 作業姿勢の組み合わせが作業負担ならびに作業成績に及ぼす影響について考察することに主たる目的があった。研究の結果, 次の諸点を指摘しえた。

- (1) 立位姿勢と座位姿勢を組み合わせた作業条件では, 単調感の緩和に対して有効であり作業成績の向上に期待できる。
- (2) 作業姿勢を変更する時点は, 作業開始後 30 分目よりも 15 分目と 45 分目の時点で変更する条件が好ましい。

なお, 本研究は特定の実験条件下での結果であり, 今後さらなる詳細な研究が必要であると考えている。

参 考 文 献

- 〔1〕 日本経営工学会編:「経営工学ハンドブック」, 丸善, pp.874 (1994)
- 〔2〕 熊澤光正, 熊谷智徳:“椅座位作業から立位作業へ変わった女子作業者の自覚疲労の変化”, 日本経営工学会誌, Vol.41, No.2, pp.113-119 (1990)
- 〔3〕 梶山方忠:“立ち作業システムの廃止前後の自覚症状等の比較”, 産業医学, Vol.38, Vol.(2), pp.72-81 (1996)
- 〔4〕 吉村 勲, 吉藤宏哉, 森 健一:“作業姿勢における疲労評価に関する実験的検討”, 日本生理人類学会誌, Vol.2, No.3, pp.131-138 (1997)
- 〔5〕 吉村 勲, 吉藤宏哉, 森 健一:“立位姿勢における生体機能変動と副次行動による疲労評価”, 日本生理人類学会誌, Vol.2, No.4, pp.157-164 (1997)
- 〔6〕 「職場における腰痛予防対策指針」, 基発第 547 号 (1994)
- 〔7〕 労働省労働基準局長通達:「VDT 作業のための労働衛生上の指針」, 中央労働災害防止協会, pp.4 (1985)
- 〔8〕 長谷川徹也, 神代雅晴:“データ入力作業を例とした VDT 作業における一連続作業時間についての実験的検討”, 人間工学, Vol.30, No.6, pp.405-413 (1994)
- 〔9〕 長谷川徹也, 神代雅晴:“短時間のデータ入力作業における休憩の配置に関する実験的検討”, 人間工学, Vol.33, No.1, pp.1-7 (1997)
- 〔10〕 詫間晋平, 大久保貞義:「単調労働と医療社会学」, 帝国地方行政学会, pp.30-35 (1968)
- 〔11〕 エティエンヌ・グランジャン (中迫 勝, 石橋富和訳):「産業人間工学」, 啓学出版, pp.64 (1992)
- 〔12〕 岸田孝弥:「単調労働と副次行動」, 高文堂出版社版, pp.109 (1982)
- 〔13〕 熊澤光正, 熊谷智徳:“作業姿勢が取置作業時間に与える影響”, 日本経営工学会誌, Vol.41, No.4, pp.257-262 (1990)
- 〔14〕 日本産業衛生協会疲労自覚症状調査票検討小委員会:“産業疲労の「自覚症状しらべ」(1970)についての報告”, 労働の科学, Vol.25, No.6, pp.12-33 (1970)
- 〔15〕 小木和孝:“単調な仕事の働態”, 科学, Vol.44, No.7, pp.401-408 (1974)
- 〔16〕 長谷川徹也, 神代雅晴, 三上行生:“職種差に伴う姿勢の変化と作業負担”, 姿勢研究, Vol.6, No.2, pp.125-131 (1986)
- 〔17〕 橋本邦衛:“Flicker 値の生理学的意味と測定上の諸問題”, 産業医学, Vol.5, No.9, pp.563-578 (1963)