

温熱環境が作業効率に与える影響に関する基礎的研究

環境生活工学コース 9940451 山本 ゆう子

1. はじめに

温熱環境が作業効率に及ぼす影響について評価することを目的とし、被験者実験を行った。本研究では、室内の作用温度が熱的中立状態より高い環境を実験対象とし、コンピュータを用いた複数の作業を被験者に課して、心理的、生理的測定、作業の出来高の3つの側面から得た結果より総合的に評価を行った。

2. 被験者実験方法

実験は平成12年11月16日～同年12月19日に、早稲田大学温熱環境室に設置された人工気候室にて行った。実験では、熱的中立状態として人工気候室の作用温度を25℃に設定した条件に、より高温の環境として作用温度を28℃、33℃に設定した2条件を加えて計3条件とし、コンピュータを用いた複数の作業を被験者に課した。また、上記の3条件以外に作業の学習効果を除くため、実験の第1回目に作用温度25℃で練習条件を設けた。作用温度以外の環境条件は一定とし、相対湿度50%rh、静穏気流に制御した。図1に実験室の平面図を、表1に実験環境条件を示す。

被験者は健康な大学生年齢の男女各20名計40名とした。被験者には実験終了後、正当な報酬に加えて、作業に取り組む動機のレベルを一定に保つために成績優秀者にボーナスを支払った。被験者は1週間間隔で4条件とも同じ曜日、時間帯の実験に参加した。図2に実験風景を示す。

被験者は実験前後および各作業後に室内の温熱環境や疲労感、作業の負荷についての主観的評価について申告を行った。表2に申告用紙一覧を、図3、4に③温熱環境に関する申告用紙と④日本語版 NASA-TLX^(1,2,3,4)を示す。以後、申告用紙については表と対応して①～④と記述する。

被験者は実験服に着替えた後、人工気候室に入室し、約90分間の曝露実験を開始した。被験者は入室後、着席して温熱環境調査票に記入し、口腔温を測定した。30分間安静

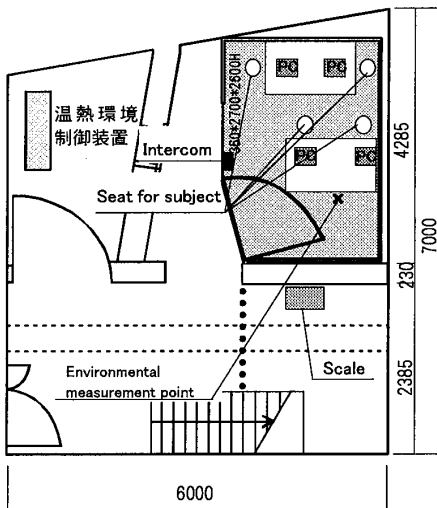


図1 温熱環境室平面図



図2 被験者風景 (S.D.)

表1 実験環境条件

CONDITION	Air Temp. [°C]	Globe Temp. [°C]	Operative Temp. [°C]	Relative Humidity [%]
練習	26.6 (0.43)	27.0 (0.31)	26.8 (0.37)	42.9 (0.69)
作用温度 25℃ : 25℃	25.4 (0.87)	25.6 (0.83)	25.5 (0.83)	46.2 (0.58)
作用温度 28℃ : 28℃	27.9 (0.22)	28.1 (0.20)	28.0 (0.19)	47.2 (0.63)
作用温度 33℃ : 33℃	33.0 (0.53)	32.9 (0.51)	32.9 (0.52)	40.1 (1.12)

にした後、①と第1回目の申告(②、③、④)、フリッカ一値の測定を行った。10分間の加算テスト、5分間のポジショニング作業、テキストタイピング作業、約15分のWalter Reed Performance Assessment Battery (PAB)⁵⁾を実施し、各々の作業終了後被験者は第2～5回目の申告を行った。申告を行う時間も含め、作業と作業の間に5分間の休憩を取った。第5回目の申告の後、①の申告とフリッカ一値の測定を行い、実験を終了した。被験者は実験開始前、実験終了後、下着のみの状態で体重測定を行った。図5にタイムスケジュールを、表3に作業一覧を示す。

表2 申告用紙一覧

① 自覚症状調べ ⁶⁾ (日本産業衛生協会産業疲労研究会撰)	疲労一般の訴え10項目からなるI群、心的症状の訴え10項目からなるII群、心身症的訴え10項目からなるIII群の全30項目で構成されており、各項目に対して○×で申告する。
② 自覚症状調べ(尺度付き)	自覚症状調べの各症状について、どの程度の症状があるかを0～3の4段階で申告する。
③ 温熱環境および作業効率に関する申告(図3)	温冷感・快不快感・熱的受容度・発汗感覚といった室内の温熱環境についての質問と、覚醒・疲労感・空気の新鮮度といった主観的な作業負荷評価の質問から構成されている。
④ 日本語版 NASA-TLX(図4)	作業を行った際の身体的・精神的要求、作業達成度、努力の程度などの主観的な作業負荷評価についての質問で構成され、低い～高いの両極をもつ線分上に印をつける。低いを0、高いを100として解析を行う。

図3 ③温熱環境に関する申告

図4 ④日本語版 NASA-TLX (一部)

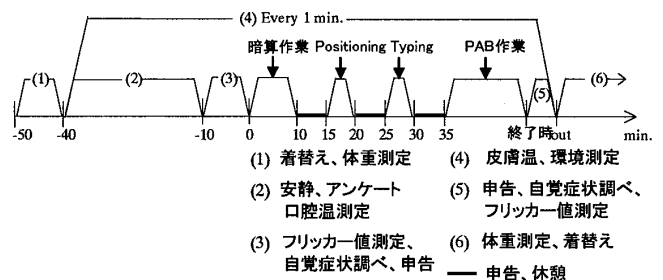


図5 タイムスケジュール

表3 作業一覧

加算テスト	横に並んだ桁の数字を足して答の下1桁を次々と記入していく作業。	
ポジショニング作業	ディスプレイ上のランダムな位置に順次表示されるターゲット(小黒丸)にマウスで矢印カーソルを合わせ、クリックするもの。クリックが行われるとターゲットは消滅し、新たなターゲットが画面内のランダムな位置に現れる。誤ったポジショニングに対してはビーブ音で被験者にエラーが知らされた。	
テキストタイピング	例文テキストが与えられ、その例文と同じ文字をタイピングする作業。キーボードの扱いに不慣れな被験者を考慮し、数字およびスラッシュからなる例文を使用。	
PAB	Two-letter search	2文字の目標アルファベットとアルファベットの文字列が画面に表示され、文字列中に二つの目標文字があるかないかを判断する作業。
	Four choice serial reaction time	テンキーの1, 2, 4, 5に対応する4つのボックスが表示され、そのボックスの中の一つに光が点滅する。光が点滅しているボックスに対応する数字を入力する作業。
	Interval production	時計の秒針が表示され、自らが1秒だと感じる間隔でボタンを押して秒針を動かす作業。作業中時計などは参照しない。
	Manikin	画面に人体と○もしくは口の図形が人体の周囲および人体の左右の手に表示され、人体を囲んでいる図形と、同じ図形を持っている方の手の左右を答える作業。
	Code substitution	数字とアルファベットの対応表が与えられる。その後、アルファベットが画面に表示され、それに対応する数字を入力する作業。
	Matching to sample	まずサンプルの図形が画面に表示される。その後、2つの図形が並んで表示され、サンプルと同一の図形を選択する作業。
	Running memory	1から3の数字が1文字ずつ次々と画面上に表示され、1つ前に表示された数字をキーボードより入力する。

3. 被験者実験結果・考察

解析にあたり、実験条件間の比較には最小有意差法、男女間の比較には対応のないt検定を用いた。

表4に作業前からPAB作業後まで全5回の温熱環境についての申告の平均値を示す。どの項目においても環境条件間に有意な差が見られた (p<0.05)。男女間では温冷感の25℃ (p<0.01)、発汗感覚の25℃ (p<0.01) で有意に女性の方が小さい値となった。

日本語版 NASA-TLX の申告結果より、各作業別に精神的要求と身体的要求の相関関係についてプロットした図を図6に示す。暗算、PAB作業は身体的要求よりも精神的要求が高くなり、これに対してポジショニング作業は身体的要求が精神的要求よりも高い結果となった。

図7~10に加算テスト、ポジショニング作業、テキストタイピング、PABのFour choiceの作業量を示す。作業量とは、正確に作業を行った1分当たりの量を示す。加算テスト、ポジショニング作業では男女とも条件間で有意差はなかった。テキストタイピングでは男性で25℃が28、33℃よりも有意に作業量が少なく、Four choiceでは男性で28℃より33℃の方が有意に少なかった。女性は条件間で作業量に有意な差は見られなかった。作業量の結果より、女性と比較して男性の方が作業環境の作用温度に影響を受けやすい可能性が考えられる。

表4 温熱環境についての申告結果 (S.D.)

		温冷感	快不快感	熱的受容度	発汗感覚
Male	25	0.14 (0.83)	-0.40 (0.33)	0.47(0.33)	0.38(0.37)
	28	1.21 (0.69)	-0.83 (0.59)	0.14(0.44)	0.81(0.58)
	33	2.46 (0.49)	-2.15 (0.66)	-0.55(0.38)	1.92(0.66)
Female	25	-0.60 (1.03)	-0.48 (0.58)	0.46(0.44)	0.11(0.17)
	28	1.11 (0.78)	-0.67 (0.55)	0.24(0.44)	0.59(1.29)
	33	2.45 (0.63)	-1.93 (0.76)	-0.46(0.41)	1.64(0.99)

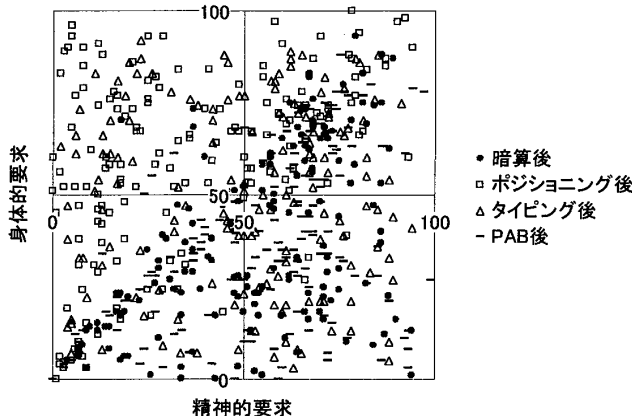
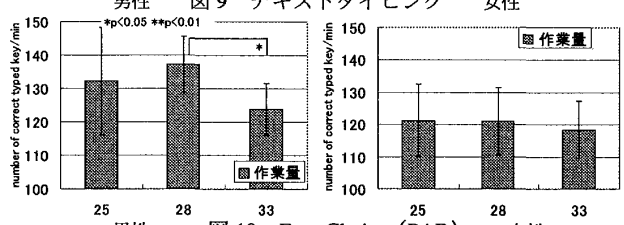
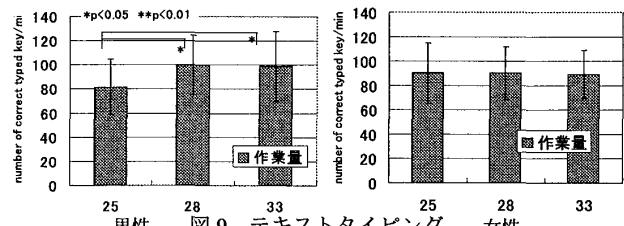
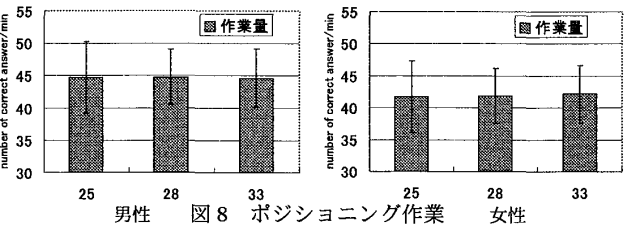
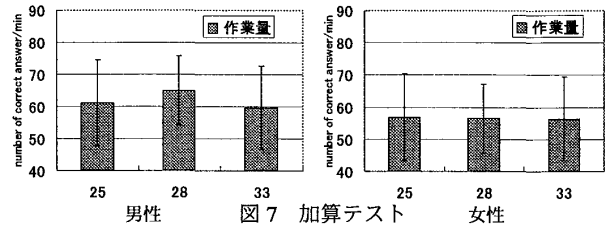


図6 作業別の精神的要求-身体的要求相関図



4. まとめ

温熱環境が作業効率に及ぼす影響について評価することを目的とし、熱的中立状態よりも高温側の環境を対象として実験室の作用温度25、28、33℃の3条件で被験者実験を行った。温熱環境に関する申告については、条件間および男女間で有意差が見られた。NASA-TLXの申告結果より作業課題は、精神的要求が高い課題と身体的要求が高い課題とに分類された。作業量については、男性のテキストタイピングとFour choiceにおいて条件間で有意差が見られた。また、男女で比較すると男性の方が作業量に作業環境の作用温度の影響を受けやすい可能性が考えられる。

【参考文献】

- 1) 芳賀繁, 水上直樹, 日本語版 NASA-TLX によるメンタルワークロード測定-各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度-, 人間工学 Vol.32(2), 1996
- 2) 三宅晋司, 神代雅晴, メンタルワークロードの主観的評価法-NASA-TLXとSWATの紹介および簡便法の提案-, 人間工学 Vol29(6), 1993
- 3) Hart, S. G. and Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index) Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock and N. Meshkati (eds.), Human Mental Workload, North-Holland, 139-183, 1988
- 4) Reid, G. B. and Nygren, T. E.: The Subjective Workload Assessment Technique: A scaling procedure for measuring mental workload. In P. A. Hancock and N. Meshkati (eds.), Human Mental Workload, North-Holland, 185-218, 1988
- 5) David R. Thorne, Sander G. Gensler, Helen C. Sing and Frederick W. Hegge: The Walter Reed Performance Assessment Battery. Ankhov International Inc. Printed in the U.S.A., Neurobehavioral Toxicology and Teratology, Vol.7, 415418, 1985
- 6) 吉竹博, 改訂産業疲労-自覚症状からのアプローチ-, 労働科学研究所出版部, 1993

[発表論文] 合計 0.7pt

- 1) 被験者実験による冷却ベストの快適性評価, 山本ゆう子, 田辺新一, 生活工学研究 Vol.1, No.2, 1999, 36
- 2) 通信機械室における快適作業のための冷却ベストに関する研究-冷却ベストの改良と被験者実験方法-田辺新一, 長谷部ヤエ, 吉見直枝, 高木理佐, 山本ゆう子, 小松正佳, 空気調和・衛生学会学術講演論文集, 1533-1536, 1999
- 3) 通信機械室における快適作業のための冷却ベストに関する研究-被験者実験による快適性評価-田辺新一, 長谷部ヤエ, 吉見直枝, 高木理佐, 山本ゆう子, 小松正佳, 平成 11年度 空気調和・衛生学会学術講演会公演論文集, 1537-1540, 1999
- 4) 体内温度分布を考慮した数値体温調節モデル-3DM, 田辺新一, 山本ゆう子, 小林弘造, 小川一見, 平成 12年度 空気調和・衛生学会学術講演会公演論文集, 1221-1224
- 5) 冷却ベスト着用時の温冷感および快不快感について, 吉見直枝, 田辺新一, 山本ゆう子, 日本家政学会被服衛生学部第 19 回被服衛生学セミナー, 72, 2000
- 6) 熱的中立状態より高温の作業環境が疲労感に与える影響, 西原直枝, 山本ゆう子, 田辺新一, Vol.3, No.1, 2001