

平成 25 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災 or 室内環境 or 屋外環境
研究期間：H25 ～ H27 [平成 26 年度も研究継続] or 平成 25 年度で終了]
課題番号：133009
研究課題名（和文）：在室者の覚醒状態および生産性を向上させる省エネ型室内環境制御法に関する研究
研究課題名（英文）：Study on energy-saving indoor climate control with improving occupants' arousal and productivity
研究代表者：後藤伴延
交付決定額（当該年度）：70 万円

1. 研究の目的

近年、地球環境負荷の低減および省エネルギー・節電の観点から、空調設定温度の緩和が求められてきている。しかしながら、オフィスにおいてそのような空調温度の緩和を行った場合には、執務者の快適性が低下するのみならず、生産性をも低下させてしまう可能性が高い。例えば、申請者は覚醒状態に注目した研究を近年行っており、作業に適した覚醒状態を維持するためには、室温を高くすべきでないことを実験により示している¹⁾。一方で、室温の変動は、在室者の覚醒状態を改善して作業効率を向上させる可能性があり、省エネ・節電の方向性とも合致すると考えられる。

そこで本研究では、在室者の覚醒状態および生産性を向上させる省エネ型空調制御法の開発を目指して、室温の変動が在室者の覚醒状態および作業効率に影響を及ぼすか否か、また、影響を及ぼすとすれば、どのような変動が覚醒状態や作業効率にとって望ましいのかを明らかにする。

2. 研究の方法

室温の変動には様々なバリエーションが考えられ、その全てを検討することは不可能である。ただし、室温変動は全て室温の上昇と下降の組み合わせや繰り返しであるから、室温変動を上昇局面と下降局面に分解して考え、それぞれが単独で覚醒状態に及ぼす影響を被験者実験によって明らかにする。2013 年度は、室温の上昇・下降の変動幅を 3°C、変化率を 0.2°C/min とした。

覚醒状態の評価には、日本語版覚醒度尺度²⁾ (Japanese UWIST Mood Adjective Check List: JUMACL, 表 1) を用いた被験者による主観評価と、皮膚コンダクタンス水準 (Skin Conductance Level: SCL) による客観評価を用いた。JUMACL とは覚醒度を「エネルギー覚醒」と「緊張覚醒」の二つの評価軸で評価する手法であり、SCL とは皮膚電気活動の一種で、心拍などとともに自律神経の覚醒度の指標として用いられている。

表 1 日本語版覚醒度尺度 (JUMACL)

あなたの現在の気分や感情はいかがですか？									
あてはまる数字を○で囲んでください。									
(1.あてはまる 2.ややあてはまる 3.ややあてはまらない 4.あてはまらない)									
ゆったりしている	1	2	3	4	気がすまない	1	2	3	4
生き生きしている	1	2	3	4	穏やかである	1	2	3	4
エネルギーギッシュである	1	2	3	4	落ち着いている	1	2	3	4
リラックスしている	1	2	3	4	頭の働きの鈍い	1	2	3	4
ピリピリしている	1	2	3	4	不安である	1	2	3	4
頭がぼんやりしている	1	2	3	4	元気がある	1	2	3	4
やる気がある	1	2	3	4	無気力である	1	2	3	4
冷静である	1	2	3	4	平静でない	1	2	3	4
緊張している	1	2	3	4	活動的である	1	2	3	4
活気がない	1	2	3	4	びくびくしている	1	2	3	4

実験は 2013 年 10 月 21 日から 11 月 1 日の 10:00～12:15 と 14:00～16:15 の時間帯に東京工芸大学の人工気候室 (図 1) で行った。被験者は大学生 8 名とし、それぞれが全ケースの実験に参加した。サーカディアンリズムに配慮し、それぞれの被験者が参加する実験は同時間帯とした。実験条件を表 2 に示す。定常条件として、熱的中立温度の 25°C を Case 1、やや高温の 28°C で一定とする Case 2 を設定した。また、非常条件として、実験開始時は 25°C で実験中に 28°C へ室温が上昇する Case 3、実験開始時は 28°C で実験中に 25°C へ室温が下降する Case 4 を設定した。

実験スケジュールを図 2 に示す。被験者は入室後、30 分の環境順応時間を過ごした後、20 分の数独作業を 4 セット行った。室温変動を伴うケースでは、数独作業の 3 回目の途中で室温

を上昇または下降させた。実験開始時と各作業の前後には、体調や環境、疲労に関するアンケートを実施した他、映像視聴後と作業4回目後には、ストレス強度の評価のために唾液アミラーゼ活性³⁾の測定を行った。

表2 実験条件

実験ケース	室温[°C]	換気量[m ³ /h・人]	照度[lx]	湿度[%]	風速[m/s]
Case 1	25	30~35	750	50	0.15
Case 2	28				
Case 3	25→28				
Case 4	28→25				

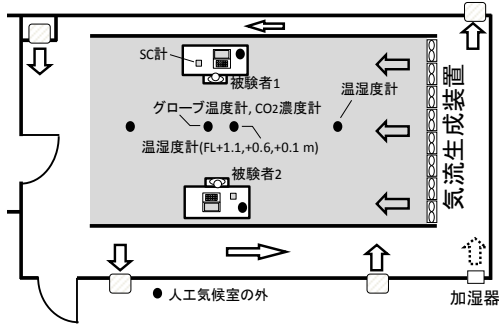


図1 実験室

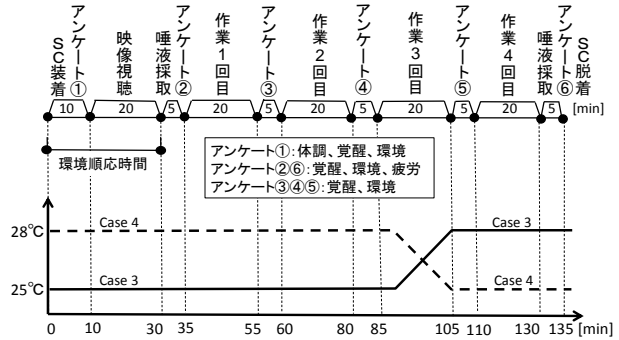


図2 実験スケジュール

3. 研究成果

本実験では被験者が8名と少なく、特定の被験者の影響が平均値に対して過度に現れることがあったため、アンケートおよび生理量のデータについて、被験者ごとに次式により標準化を行った。

$$z_{i,j} = (x_{i,j} - \mu_i) / \sigma_i$$

ここで、 $z_{i,j}$ は標準化後のデータ、 $x_{i,j}$ は被験者*i*の時点*j*におけるデータ、 μ_i および σ_i は被験者*i*の実験開始後30分~85分(定常状態とみなせる時間帯)における全ケースのデータの平均値および標準偏差を表す。

図3および図4に、標準化したEAとTAの結果を示す。Wilcoxonの符号付順位和検定を行ったところ、実験開始から2回目以降のEA・TAの申告値にはCase間の有意な差はなく、室温変動の影響が明確に示される結果とはなっていない。しかし、統計的有意性は無いものの、室温を28°Cから25°Cに下降したCase4のEAについては、室温下降直前まで28°C一定条件のCase2とほぼ同様であるが、室温下降直後にCase2より高くなる様子が見られる。一方、室温を25°Cから28°Cに上昇したCase3では、室温上昇直後にTAが低下する様子が見られた。

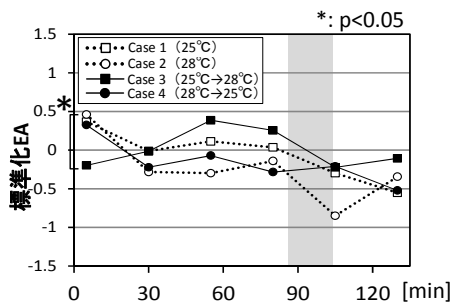


図3 エネルギー覚醒 (EA)

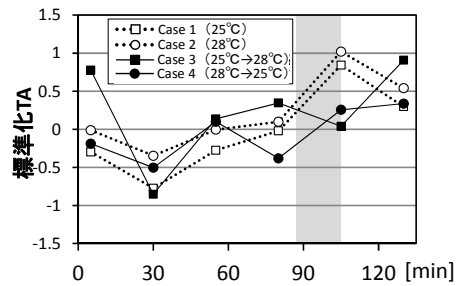


図4 緊張覚醒 (TA)

図5に標準化したSCLの結果を示す。Wilcoxonの符号付順位和検定を行ったところ、室温変動を行った作業3回目においてCase4がCase3よりも有意に高い結果となった。時間変化の様子を見ると、Case3とCase4はそれぞれの室温変動中においてSCLが上昇または低下し、その後また元に戻っていく様子が見られた。先に述べた覚醒状態の主観評価では、Case4において

EA が室温下降とともに上昇・その後低下する傾向があり、また、Case 3 において TA が室温上昇とともに低下・その後上昇する傾向があった。SCL は覚醒の高低を示すだけであり、覚醒の質までは評価できないが、室温変動に伴うこの SCL の変化は、EA および TA の変化と対応していると考えられる。

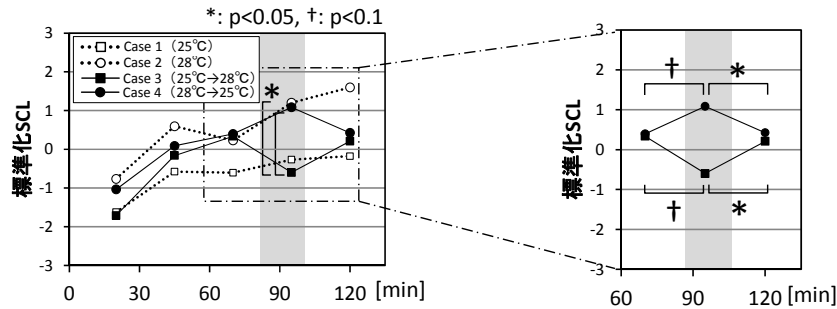


図 5 皮膚コンダクタンス水準 (SCL)

図 6 に、標準化した唾液アミラーゼ活性の結果を示す。25°C から 28°C に室温を上昇させた Case 3 に比べて、25°C 一定条件である Case 1 は有意に唾液アミラーゼ活性が高かった。また、全体的な傾向として、室温一定条件である Case 1 と Case 2 では、作業後のアミラーゼ活性が上昇する傾向があるのに対し、室温変動を行った Case 3 と Case 4 では減少しているように見える。ここで、唾液アミラーゼは人間がストレスを感じてから 1~数分程度の間分泌される³⁾とされていることから、室温変動を行った条件の唾液アミラーゼ活性が低かったのは、実験終盤の室温変動がストレスを軽減させたためである可能性がある。

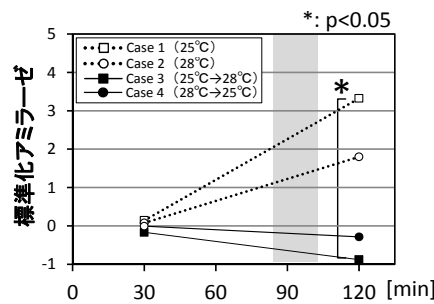


図 6 唾液アミラーゼ活性

以上より、2013 年度の成果は次の通りである。

- 室温が 28°C から 25°C へ下降する際にはエネルギー覚醒 (EA) が上昇し、室温が 25°C から 28°C へ上昇する際には緊張覚醒 (TA) が低下することが推定された。
- 室温一定の場合よりも室温を変動させた方が、ストレスを軽減できる可能性が示された。

なお、2014 年 3 月 7 日に東北大学にて「在室者の覚醒状態および生産性を向上させる省エネ型環境制御法に関する研究集会」を開催し、本研究の成果報告を行った。この研究集会では、他にも生産性の向上と省エネルギーとの両立の問題や、非定常環境に関連する研究発表が行われた。18 名の参加者があり、活発な議論がなされた。

【参考文献】1) 平松 他：在室者の覚醒状態を媒介とした室温と作業効率の因果関係に関する被験者実験，日本建築学会大会，2014 年 9 月（発表予定）。2) 白澤 他：記憶探索に及ぼすエネルギー覚醒の効果，基礎心理学研究，1999，17(2)，pp.93-99。3) 山口：ストレスと生活 唾液マーカーでストレスを測る，日本薬理学会誌，2007，192(2)，pp.80-84。

4. 主な発表論文等

- [1] 柳田祐里，平松美紀，後藤伴延，大場正昭，水谷国男，塚本健二，二ノ宮裕樹：室温の上昇・下降が人間の覚醒状態に及ぼす影響に関する被験者実験，空気調和・衛生工学会東北支部，2014 年 3 月，pp.119-120
- [2] 柳田祐里，平松美紀，後藤伴延，大場正昭，水谷国男，塚本健二，二ノ宮裕樹：室温の上昇・下降が在室者の覚醒状態に及ぼす影響に関する被験者実験，日本建築学会（近畿），（2014 年 9 月発表予定）
[雑誌論文]（計 0 件）

[学会発表] (計 2 件)

[図書] (計 0 件)

[その他]

在室者の覚醒状態および生産性を向上させる省エネ型環境制御法に関する研究集会 (2014 年 3 月 7 日)

5. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤伴延 (東北大学・工学研究科・准教授)

(2) 研究分担者

大場正昭 (元 東京工芸大学・風工学研究センター・教授)

水谷国男 (東京工芸大学・風工学研究センター・教授)

塚本健二 (東京工芸大学・特別研究員)

森岡広樹 (元 山口大学大学院・理工学研究科・大学院生)

平松美紀 (東北大学大学院・工学研究科・大学院生)

柳田祐里 (東北大学大学院・工学研究科・大学院生)