

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月1日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22760442

研究課題名（和文） 人間の覚醒状態を媒介とする IEQ と作業効率の因果構造に関する検討

研究課題名（英文） Investigation on causal structure between IEQ and work performance mediated by arousal state

研究代表者

後藤 伴延（GOTO TOMONOBU）

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：20386907

研究成果の概要（和文）：人間の覚醒状態を媒介とした IEQ（Indoor Environmental Quality）と作業効率の因果関係の存在を検証するための被験者実験を行い、次のことを明らかにした。(1) 覚醒状態は IEQ によって変化する。(2) 作業効率は、エネルギー覚醒度が高いほど向上し、緊張覚醒度が高いほど低下する。(3) 単純な作業ではエネルギー覚醒度・緊張覚醒度ともに鎮静化してしまい、IEQ による覚醒度の差異が明確でなくなる一方、複雑な作業では作業自体によってエネルギー覚醒度と緊張覚醒度が上昇し、IEQ による覚醒度の差異も比較的明確に表れる。

研究成果の概要（英文）：In order to verify that arousal state is one of the human responses mediating causal relationship between IEQ (Indoor Environmental Quality) and work performance, three subjective experiments were carried out. Results showed that (1) arousal state varies due to IEQ, (2) work performance improves with increase in energetic arousal and falls with increase in tense arousal, (3) simple work calm down both energetic and tense arousal and the resulting arousal states are almost the same under different IEQ conditions, while complex work increase both energetic and tense arousal and the differences in the resulting arousal states due IEQ are clearly observed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：環境心理生理，知的生産性

1. 研究開始当初の背景

近年、在室者の作業効率が室内環境の質（Indoor Environmental Quality: IEQ）によって左右されることが、様々な実験および調査によって明らかになってきている。しか

しながら、環境要素が作業効率に与える影響の程度や、最大の作業効率を得るとされる環境条件は、研究事例間で大きくばらついており、なおかつ、このようなばらつきを説明する理論の確立は進んでいない。今後、IEQ と

作業効率の関係の定量化を進め、社会的に信頼性を持った作業効率の予測手法を構築していくためには、知見の体系化を進める理論の確立、即ち、IEQが作業効率に影響を及ぼすメカニズムの解明が必要であると考えられる。

作業効率がIEQによって変化する理由は、IEQが人間の心理状態や生理状態に影響を及ぼし、さらにその心理・生理状態が、人間の能力と作業効率との関係に付加的な影響を及ぼすためと考えられる。そして、作業効率に影響を及ぼす人間の心理・生理状態の最たるものとしては、意欲・覚醒・疲労といったものが考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、IEQが作業効率に及ぼす影響に関して、人間の覚醒状態に着目することにより、その因果構造の一端を解明することに主眼を置く。そして、覚醒状態を媒介としたIEQと作業効率の因果関係の存在を検証すること、また、その媒介としての働きがどのようなものか明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、「IEQ→覚醒状態→作業効率」という一連の因果関係を系統的に明らかにするため、先ず「IEQ→覚醒状態」と「覚醒状態→作業効率」との二段階に分け、IEQの操作によって覚醒状態に差異が出現すること、覚醒状態によって作業効率に変化することを確認し、各段階における因果関係の存在を検証した。その後、「IEQ→覚醒状態→作業効率」の一連の因果関係について総合的に検証を行った。被験者の覚醒状態の評価には、主観的評価としてアンケート（Japanese UWIST Mood Adjective Checklist: JUMACL, 白澤他, 1999）を用い、客観的評価として皮膚コンダクタンス（Skin Conductance: SC）を用いた。JUMACLとは覚醒状態を「エネルギー覚醒（EA）」と「緊張覚醒（TA）」の二軸で評価するものである。

(1) IEQ→覚醒状態に関する実験

室温・換気量・照度が調節可能な実験室において計6ケースの定常環境条件を設定し（表1）、被験者の覚醒状態を調査する実験を実施した。実験時間は約2時間とし、実験中、被験者には主として学習用の映像を視聴させた（図1(a)）。また、実験中に室温を変動させた状態で、同様に被験者の覚醒状態を調査する非定常環境実験も別途実施した。

(2) 覚醒状態→作業効率に関する実験

被験者に校正作業・数字入力作業・数独作業をランダムな順番で各20分ずつ行わせ、その成績と覚醒状態との関係を調査する実験を実施した（図1(b)）。被験者の覚醒状態

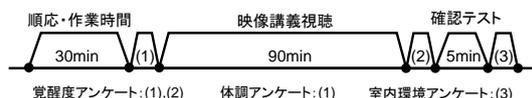
は、各作業の前後で前述の実験と同様のアンケートにより評価した。覚醒状態の異なるデータを幅広く収集するため、実験環境やサーカディアンリズムの統制はしなかった。

(3) IEQ→覚醒状態→作業効率に関する実験

室温をパラメータとして22°C・25°C・28°Cに設定した環境条件下で、校正・数値入力・数独の3種類の作業を被験者に課した。被験者は1回の実験中に、3種類の作業のうち1種類を20分×3セット行った。実験開始時と各作業の前後に覚醒アンケートを実施し、その他にも環境満足度や体調に関するアンケートを実施した（図1(c)）。

表1 IEQ→覚醒状態に関する実験条件

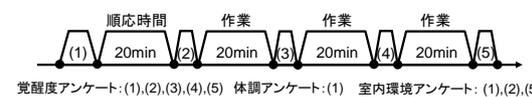
実験ケース	室温[°C]	換気量[m ³ /h/人]	照度[lx]
Case 1	22	30	300
Case 2	28	30	300
Case 3	25	30	300
Case 4	25	10	300
Case 5	25	30	10
Case 6	28	10	10



(a) IEQ→覚醒状態に関する実験



(b) 覚醒状態→作業効率に関する実験



(c) IEQ→覚醒状態→作業効率に関する実験

図1 実験スケジュール

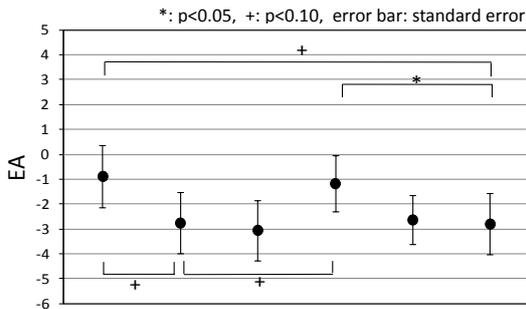
4. 研究成果

(1) IEQ→覚醒状態に関する実験

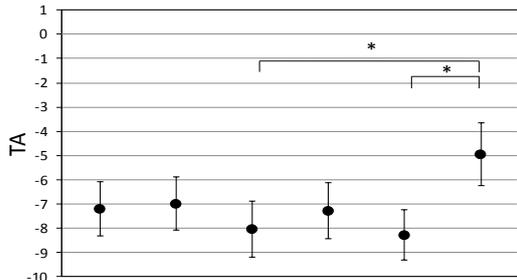
室温28°Cでは22°Cに比べてEAが低下する様子 ($p < 0.1$) がみられ、28°C・10 m³/h/人・10 lxの複合条件では基準ケース（25°C・30 m³/h/人・300 lx）に比べてTAが有意に高くなることなどが明らかになった（図2）。また、SCの測定結果は、EAの結果との良い対応がみられた。また、室温を変動させた非定常環境実験では、45分周期で室温を変動させた条件で、室温を一定に保った条件よりもEAが高くなる傾向がみられた。

(2) 覚醒状態→作業効率に関する実験

どの作業についても、EAとTAは作業効率に有意な影響を与え、EAが高くなるほど作業効率が上昇し、TAが高くなるほど作業効率が低下することが明らかになった（図3）。

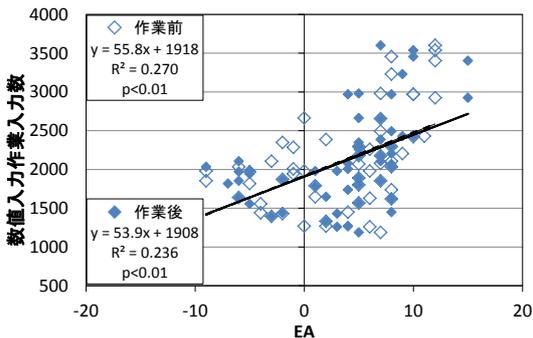


(a) エネルギー覚醒 (EA)

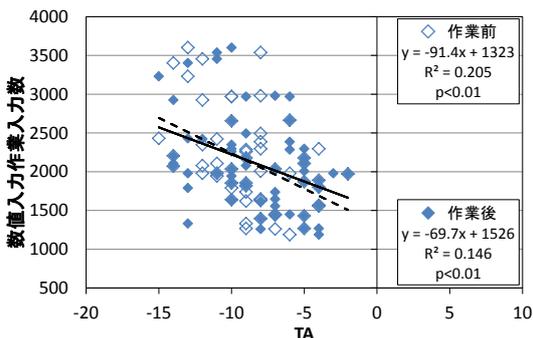


(b) 緊張覚醒 (TA)

図 2 IEQ→覚醒状態に関する実験結果



(a) エネルギー覚醒 (EA) と作業効率

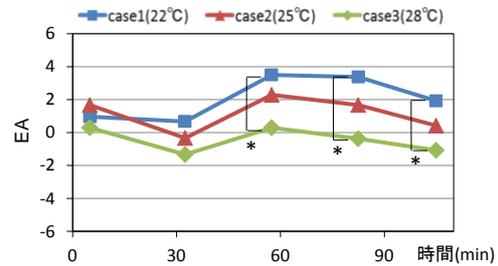


(b) 緊張覚醒 (TA) と作業効率

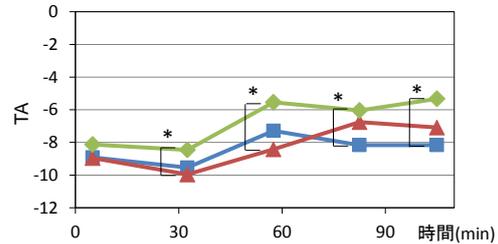
図 3 覚醒状態→作業効率に関する実験結果

(3) IEQ→覚醒状態→作業効率に関する実験
 数独作業を行う場合については、28℃条件では 22℃条件よりも EA が有意に低くなるとともに TA が有意に高くなる様子がみられた (図 4(a), (b))。また、作業効率に関しても、

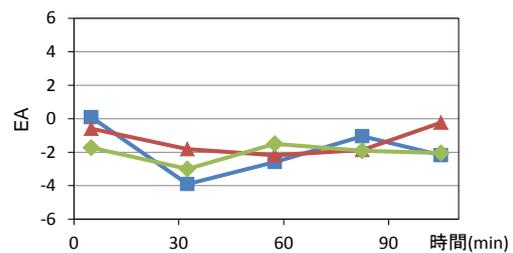
作業開始から一定時間経過後において、28℃条件で 22℃条件より低下する様子 ($p < 0.1$) がみられた (図 5)。これらの結果は、「IEQ→覚醒状態」および「覚醒状態→作業効率」の実験で得られた知見と概ね一致していた。一方で、校正および数値入力作業を行う場合については、EA と TA が室温条件に依らず一様に低くなり、室温条件間の明確な差異はみられなかった (図 4(c), (d))。また、作業効率にも室温条件による差異はみられなかった。この違いは、作業の複雑さ・単純さに起因していると考えられ、単純な作業を行う場合には、室温の違いによる影響よりも、単純な作業を行うことによる覚醒度の鎮静作用が強かったものと推察された。以上より、作業内容による IEQ と作業効率との間の関係性の違いが、覚醒状態を媒介とすることで合理的に説明できることが示された。



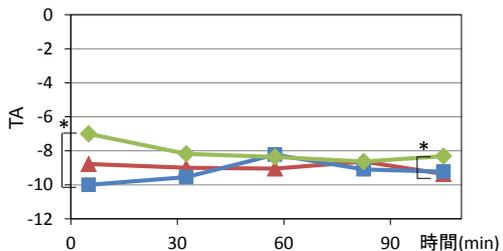
(a) 数独作業時の EA の時間変化



(b) 数独作業時の TA の時間変化



(c) 校正作業時の EA の時間変化



(d) 校正作業時の TA の時間変化

図 4 覚醒状態の時間変化 (IEQ→覚醒状態→作業効率に関する実験)

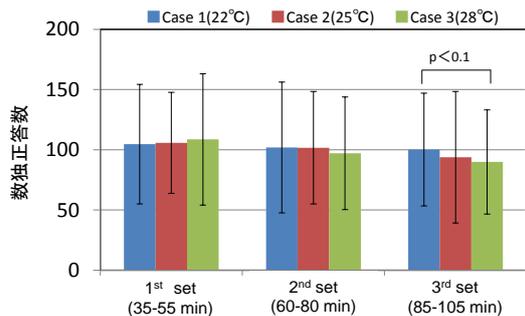


図 5 数独作業の作業効率 (IEQ→覚醒状態→作業効率に関する実験)

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)

[学会発表] (計 6 件)

- ① H Morioka, T Goto, Y Ogata, H Ando, M Koganei, Study on the effect of indoor environment on arousal state, 査読有, The 9th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, 2012 年 10 月 22 日～25 日, Gwang-Ju, Korea
- ② 安藤春菜, 後藤伴延, 森岡広樹, 緒方康人, 小金井真, 人間の覚醒状態が作業効率に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会中国支部研究発表会, 2012 年 3 月 4 日, 広島工業大学
- ③ 緒方康人, 後藤伴延, 安藤春菜, 森岡広樹, 小金井真, 室内環境が人間の覚醒状態に及ぼす影響に関する研究, その 3 室温変動のある条件での被験者実験, 日本建築学会中国支部研究発表会, 2012 年 3 月 4 日, 広島工業大学
- ④ 森岡広樹, 後藤伴延, 緒方康人, 安藤春菜, 小金井真, 室内環境が人間の覚醒状態に及ぼす影響に関する研究, その 2 定常環境条件での追加被験者実験, 日本建築学会中国支部研究発表会, 2012 年 3 月 4 日, 広島工業大学
- ⑤ 後藤伴延, 安藤春菜, 小金井真, 人間の覚醒状態を媒介とする IEQ と知的生産性の因果関係に関する研究, その 1 室内環境が人間の覚醒状態に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会大会, 2011 年 8 月 24 日, 早稲田大学
- ⑥ 鷺頭由香, 安藤春菜, 後藤伴延, 小金井真, 室内環境が人間の覚醒状態に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会中国支部研究発表会, 2011 年 3 月 6 日, 徳山工業高等専門学校

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 伴延 (GOTO TOMONOBU)
 東北大学・大学院工学研究科・准教授
 研究者番号：20386907

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし