

# Fundamental Study on the Variability of the Office Environment Aimed at Improving Comfort

Hiroataka YONEDA<sup>\*</sup>, Mitsunori MIKI<sup>\*</sup>, Masashi NAKAMURA<sup>\*\*</sup>, Tomoki HIRAI<sup>\*\*</sup>

(Received January 21, 2019)

In recent years, researches on improving comfort in offices are widely conducted. As there are numerous environmental factors in the office, we need to comprehensively grasp environmental factors in order to improve the comfort of the office worker. However, little has been reported on what kind of environment is selected in such multiple environment. In this study, we constructed the system that subjects can change each environment and verified the appropriateness of the system. The environmental factors that subjects can select in this experiment are illuminance and color temperature (CCT) by ceiling light, color and brightness of wall light, image and volume of virtual window. In the result, room environments that subjects selected are wide individual differences. The present result suggested that providing individual environment for each worker is important. In addition, in the result of the questionnaire, being able to select environment freely improves the environmental evaluation in comparison with standard offices' environment. According to these results, we can see that this system should contribute to the verification of the office environment which workers prefer.

**Key words :** environmental control, office, complex environment, wall light, virtual window

キーワード : 環境制御, オフィス, 複合環境, 壁面照明, 擬似窓

## オフィスにおける快適性の向上を目的とした執務環境の可変性の基礎的検討

米田 浩崇, 三木 光範, 中村 誠司, 平井 友樹

### 1. はじめに

近年, オフィス環境の改善に関心が集まっている。オフィス環境に関する先行研究では, オフィス環境を改善することが執務者の知的生産性の向上やストレスの軽減に繋がると報告されている<sup>1,2)</sup>。オフィスの環境因子には光・温度・音・匂いなどがある。人は五感を通じて外界から情報を得ており, その中で最も情報量が多いのは視覚で, 次に情報量が多いのは聴覚であ

る<sup>3)</sup>。また, 人は単一の環境因子だけでなく, 複数の環境因子から得た情報から複合的に判断し, 環境の評価を行なっている<sup>4,5)</sup>。したがって, 執務者がより快適と感じる環境を提供するためには, 複数の環境因子を複合的に捉える必要がある。そのため, 本研究では視覚として照明環境と窓に, 聴覚として窓からの環境音に注目した。

照明環境に関する先行研究では, 執務者ごとに快適性が向上する照度と相関色温度(以下, 色温度)が異な

<sup>\*</sup> Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto

Telephone:+81-774-65-6930, Fax:+81-774-65-6716, E-mail:mmiki@mail.doshisha.ac.jp

<sup>\*\*</sup> Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto

Telephone:+81-80-3866-7382, Fax:+81-790-45-0043, E-mail:hyoneda@mikilab.doshisha.ac.jp

ると報告されている<sup>6)</sup>。また、窓に関する先行研究では、窓の有無が執務者の快適性に影響を与えると報告されている<sup>7)</sup>。先行研究では、窓の代替物としてディスプレイを用いることで本来の窓と同等の効用が得られることが明らかになっている<sup>8)</sup>。窓にディスプレイを用いると、映像を変更することで窓からの景観を変更することができ、景観の違いが快適性に影響を与えると報告されている<sup>7)</sup>。以上のことから、照明や窓の環境を制御し変更できることは重要であると言える。しかし、一般的なオフィスでは、一つの部屋に複数の執務者が存在しているため、個人ごとの環境の制御が困難であるという問題がある。一方で、近年オフィス形態と働き方の多様化が進んでいる<sup>9)</sup>。その例として、個室を備えるコワーキングスペースの増加や自宅でのリモートワークの普及などが挙げられる。これにより個室空間での執務が増加している。個室では他の執務者が存在しないため、執務者ごとに室内環境を制御し、最適な環境を提供できる。

よって本研究では、個室空間における室内環境制御に注目した上で、複数の室内環境を個別に制御できるシステムを構築し、その有効性を検討する。

## 2. システムの構築

### 2.1 取り扱う環境因子

#### 2.1.1 天井照明

オフィスの照明は机上面照度が700 lx以上で一律になるよう点灯することが一般的である<sup>10)</sup>。しかし、天井照明に関する先行研究では、執務者の仕事に求められる照度および色温度は個人によって異なることが報告されている<sup>6,11)</sup>。執務者が最適と感じる照度は250~500 lxであり、色温度は個人によって選好が異なる<sup>6,12)</sup>。色温度は日本工業規格により2600~7100 Kの間で昼光色、昼白色、白色、温白色、電球色の5種類に区別されており、そのなかで昼光色、白色、電球色を採用した。そのため、本システムで選択できる照度は300 lx, 500 lx, 700 lxとし、色温度は3000 K, 4500 K, 6000 Kとした。

#### 2.1.2 壁面照明

天井照明は照度と色温度を個人の好みの環境にすることで快適性が向上する。しかし、一般的なオフィスの天井照明の照度や色温度は可変でないことが多い。また、照度や色温度が変更可能な天井照明を導入しようとしても、レンタルオフィスであったり導入費用が高価なことから導入が難しい。そのため、導入が容易な壁面照明に注目が集まっている。壁面照明とはダウンライトやスポットライトなどを用いて壁面に光を照射し、壁面全体を明るくできる照明である。天井照明では実現不可能な様々な色を実現することができ、室内の印象を大きく変えることができる。本システムで選択できる壁面照明の色は色相6色(橙, 黄, 白, 黄緑, 水, 青)とした。また、壁面照明の明るさは各色に対して消灯を含む4段階とした。

#### 2.1.3 擬似窓

窓の効用には、外界とのつながりによる開放感の向上、良好な景観から得られる疲労回復効果や快適性の向上などがあると報告されている<sup>7)</sup>。しかし、近年都市化やビルの大規模化に伴い、窓のないオフィスが増加している。このようなオフィスに窓の効用をもたらすための手段として、擬似窓の設置がある。擬似窓とは、窓の装飾をした液晶ディスプレイに風景映像を映写し、擬似的に窓のように見せた窓の代替物である。擬似窓の例をFig.1に示す。オフィス環境の改善を目的とした先行研究では、窓の代替物として擬似窓を用いることで本来の窓と同等の効用があることが明らかになっている<sup>8)</sup>。また、擬似窓は映写する映像を変更することで景観を変更することができ、景観の違いは快適性に影響を与えると報告されている<sup>7)</sup>。そのため、オフィスでの快適性を向上させるためには、窓の存在と、映写する映像の種類を考慮することが重要であると言える。

本研究では予備実験を行ない映写する映像の種類を3種類に限定した。3種類の映像をFig.2に示す。また、音量に関しても予備実験を行ない、好まれた音量の上限と下限を取得した。上限の音量と下限の音量に、上限と下限の間の音量と消音状態を含め、選択可能な音量は4段階とした。



Fig. 1. Virtual window.



Fig. 2. Types of virtual window's image.

2.2 環境の選択方法

執務者が環境を選択する手段は容易であることが望ましい。そのため、環境選択のインターフェースには専用のハードウェアを用いずタブレット端末を用いた。環境の選択が可能なアプリケーションを開発し、1画面で天井照明、壁面照明、擬似窓の3つの環境因子を変更可能とした。Fig.3 にアプリケーションのユーザーインターフェースを示す。

3. 複合的に環境を制御できるシステムの検証実験

3.1 実験概要

被験者実験により、複合的に環境因子を選択できる本システムが快適性の向上に有効であるかを検討する。

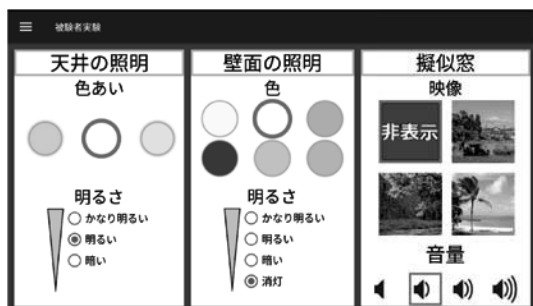


Fig. 3. Tablet UI used for environment selection.

標準的なオフィスを想定した環境と被験者が選択した環境のそれぞれに対してアンケートにより被験者の主観評価を取得し、評価の差異を検証する。

3.2 実験環境

実験は2018年7月に実施した。実験環境を Fig.4 に示す。実験環境には天井照明9灯、壁面照明28灯、擬似窓1台、スピーカー4台、タスクライト1台を設置した。天井照明には調光調色可能な SHARP 社製 LED 照明、壁面照明には Philips Hue を使用した。本実験で使用する擬似窓はディスプレイ2枚で構築した。ディスプレイは4K (解像度: 3840 × 2160) に対応した50インチ液晶ディスプレイである。タスクライトには Panasonic 社製 SQ890 を使用した。実験室は縦5.4m、横5.4mの環境であり、被験者席は実験室の中央に設置した。壁面照明は被験者の前後左右の全ての壁に設置し、擬似窓は被験者の側面に設置した。

3.3 実験条件

被験者は大学生20名である。実験中の作業内容は書物の黙読とした。実験中の様子を Fig.5 に示す。本実験で被験者が選択可能な環境因子の詳細を Table 1 にまとめる。なお、実験室の温度と湿度が被験者の環境評価に影響することを考慮し、室温は25℃、湿度は50%とした。実験中は被験者に7段階SD法によるアンケートを実施する。アンケート項目は Fig.6 に示す6項目である。

本稿では以降、標準的なオフィスを想定した環境を標準環境 (Fig.5 (a)) とする。標準環境は天井照明による机上面照度が500 lx、色温度が4500 Kで、壁面照明は消灯、擬似窓映像は無しでブラインドを下げ、

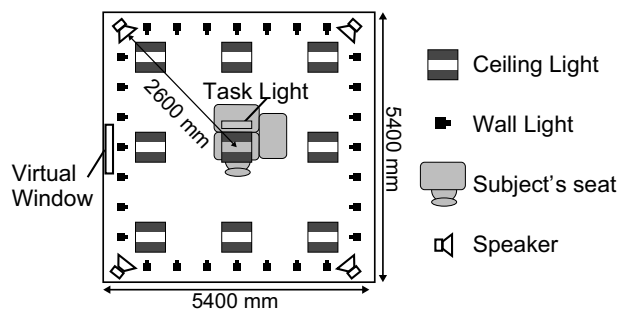


Fig. 4. Experiment environment (ground plan).



Fig. 5. A image of the subjects conducting the experiment.

Table 1. Detail of the selectable environment.

Environmental Factor		Details
Ceiling Light	Illuminance	300 lx, 500 lx, 700 lx
	CCT	3000 K, 4500 K, 6000 K
Wall Light	Color	Yellow, White, Orange, Light Blue, Blue, Yellow Green
	Brightness	Four Steps (Including Lights off)
Virtual Window	Images	Street Intersection, Forest, Beach, No Image (Black Image)
	Volume	Four Steps (Including Mute)
Task Light	Illuminance	Nonstep (625 lx ~ 1650 lx)

タスクライトを任意の明るさで点灯した環境である。また、被験者が選択した環境を選好環境 (Fig.5 (b)) とする。

### 3.4 実験手順

本実験は実験1と実験2で構成した。それぞれの実験で、被験者は標準環境の評価と選好環境の評価に関するアンケートに回答する。実験1では標準環境の評価の後に選好環境の評価を行ない、実験2では選好環境の評価の後に標準環境の評価を行なう。これは順序による環境評価への影響を考慮するためである。

Fig.7に実験の手順を示す。被験者は実験室に入室し、3分間で実験室の環境に順応する。実験1では、はじめに標準環境で教科書の黙読を15分間行ない、2分間で標準環境のアンケート評価を行なう。次に、再び3分間の順応時間を取り、10分間で被験者は書物

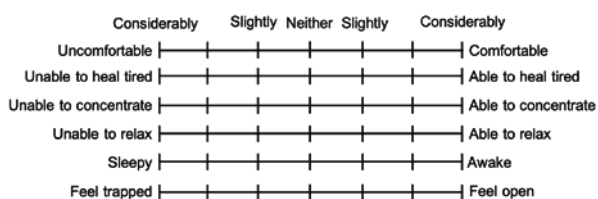


Fig. 6. Questionnaire on the impression of the indoor environment.

の黙読を行ないつつ自由に環境を選択する。被験者は環境の選択をタブレット端末で行なう。10分間の環境選択の後、5分間で被験者が選好した環境のままで書物の黙読を行ない、2分間で選好環境のアンケート評価を行なう。選好環境の実験では、選好環境における机上面の照度と色温度を計測する。その後休憩時間を取り、実験2を実施する。実験2でははじめに選好環境での実験を行ない、次に標準環境での実験を行なう。最後に、実験1および実験2を終えた後、事後アンケートとヒアリングを行なう。以上の手順により、被験者4名から選好環境を2回ずつ取得したため、選好環境を8通り取得した。

## 4. 実験結果

### 4.1 選好環境に関する結果と考察

選好環境について環境因子ごとに述べる。天井照明の照度は700 lxが選択された回数が4回と最も多く、色温度は3000 Kと6000 Kが3回ずつと最も多かった。壁面照明の色と明るさは被験者によって異なったが、消灯を選択した被験者はいなかった。擬似窓の映像は森の映像が最も多く選ばれ、映像無しを選択した被験者はいなかった。擬似窓の音量は小が選択された回数が4回と最も多く、無しを選択した被験者もいた。実験中に計測した選好環境における机上面の照度と色温度の実測値の分布を Fig.8 に示す。作業内容は全ての被験者で共通であるが、被験者は様々な環境を好み、机上面の照度と色温度には大きなばらつきがあった。

### 4.2 アンケート結果

アンケート結果の平均値を Fig.9 に示す。有意水準5%で Wilcoxon の順位和検定を行なったところ、選好

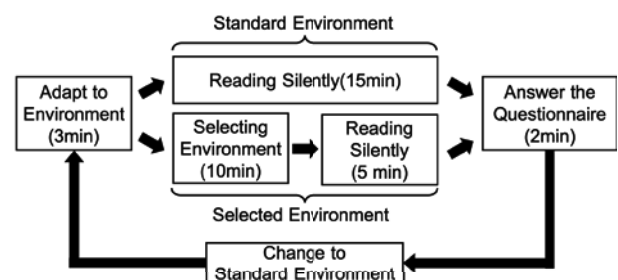


Fig. 7. Experimental procedure.

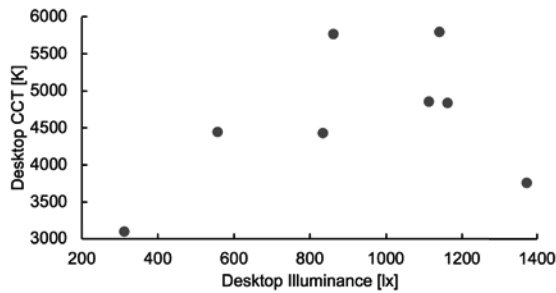


Fig. 8. Actual measured value of illuminance and CCT of desktop surface in selected environment.

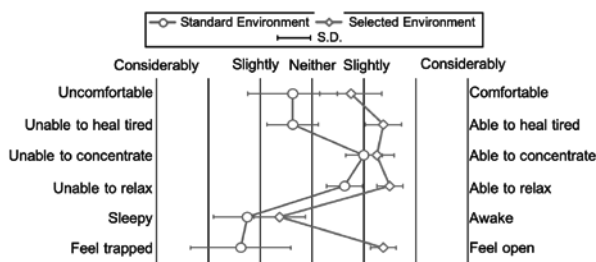


Fig. 9. Questionnaire result (average value).

環境では標準環境に比べ、全ての項目で評価に有意な差があった。選好環境は被験者により大きく異なったが、いずれの場合も環境評価は標準環境に比べ高評価であった。

### 5. まとめ

多数の環境因子が存在するオフィス環境の改善において、快適性を向上させるためには複数の環境因子を複合的に捉える必要がある。そこで、複数の環境因子を統合的に制御可能なシステムを構築し、被験者実験によりシステムの有効性を検討した。実験で被験者が選択可能な環境因子は天井照明、壁面照明、擬似窓、タスクライトの四つである。実験中に行なった室内の環境評価に関するアンケートの結果では、被験者全員において選好環境で快適性が向上し、疲労感の軽減や集中力の向上などの効用が得られることを示せた。また、被験者が選択する環境は個人差が大きいことがわかり、室内環境を個人に合わせて提供することの重要性を示せた。したがって、環境因子を個別に選択できる本システムは、執務者の快適性の向上において有効であり、複合的な環境において執務者が選好する環境

の検証に寄与できると考える。

本研究は、JSTの補助金に基づくけいはんなりサーチコンプレックスの研究プロジェクトとして実施された。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 西原直枝, 田辺新一, “中程度の高温環境下における知的生産性に関する被験者実験”, 日本建築学会環境系論文集, **68**[568], 33-39 (2003).
- 2) 下田宏, 服部瑤子, 富田和宏, 河内美佐, 石井裕剛, 大林史明, 寺野真明, 吉川榮和, “オフィスワークの生産性改善のための環境制御法の研究-照明制御法の開発と実験的評価”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, **1322**, 151-156 (2006).
- 3) 照明学会編, 屋内照明のガイド, (電気書院, 京都, 1978), p.9.
- 4) 長野和雄, 松原斎樹, 藏澄美仁, 合掌頭, 伊藤香苗, 鳴海大典, “環境音・室温・照度の複合環境評価に関する基礎的考察”, 日本建築学会計画系論文集, **61**[490], 55-61(1996).
- 5) 堀江悟郎, 桜井美政, 松原斎樹, 野口太郎, “室内における異種環境要因がもたらす不快さの加算的表現”, 日本建築学会計画系論文報告集, **387**, 1-7(1988).
- 6) 三木光範, 谷口由佳, 吉見真聡, “創造的業務における最適な照度および色温度”, 照明学会論文集, **96**[8A], 437-441(2012).
- 7) 武藤浩, 宇治川正人, 安岡正人, 平手小太郎, 山川昭次, 土田義郎, “窓の心理的効果とその代替可能性 地下オフィスの環境改善に関する実証的研究 その2”, 日本建築学会計画系論文集, **60**[474], 57-63 (1995).
- 8) 川田直毅, 三木光範, 上南遼平, 寺井大地, 間博人, “擬似窓の有効性に関する研究～有窓環境と無窓環境における執務者の印象評価ならびに擬似窓に映写する映像に関する検討～”, 情報科学技術学術フォーラム講演論文集, **14**[4], 427-428(2015).
- 9) ザイマックス不動産総合研究所, “大都市圏オフィス需要調査 2016 <働き方の変化とオフィス編>”, [https://soken.xyamax.co.jp/wp-content/uploads/2017/01/1701-office\\_demand\\_survey\\_2016\\_2-1.pdf](https://soken.xyamax.co.jp/wp-content/uploads/2017/01/1701-office_demand_survey_2016_2-1.pdf) (2017).
- 10) JIS Z 9110, 照明基準総則 (2010).
- 11) 同志社大学, 三井物産戦略研究所, “平成 20 年度～平成 22 年度成果報告書エネルギー使用合理化技術戦略的開発/エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発/自律分散最適化アルゴリズムを用いた省エネ型照明システムの研究開発”, Technical Report 20110000000875, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2011).
- 12) O. Seppanen, W. J. Fisk, “A Model to Estimate the Cost-Effectiveness of Improving Office Work through Indoor Environmental Control”, *ASHRAE Transactions Atlanta*, **111**[2], 663-672(2005).