

壁面照明と空調を統合制御する室内環境制御システムの提案

川合 由夏
Yuka KAWAI

1 はじめに

近年、オフィス環境を改善することを目標に、様々な研究が行われている。オフィス環境の構成要素としては、光・温熱・空気・空間・音が挙げられる。石井らは光、温熱環境の研究として机上面照度が低いほど涼しく、高いほど暖かいという結果を報告している¹⁾。また、暖色である低色温度ほど暖かく、寒色である高色温度ほど涼しいという結果も報告している。色によって人の涼暖感が変化現象は hue-heat 仮説と呼ばれており、石井らの研究は hue-heat 仮説の検証にもなっている。しかし、一般的な室内では、天井照明は一定の明るさ、色温度で点灯しており、明るさ、色温度を変更することができないことが多い。一方、壁面照明は壁面の色を変えることで、天井照明の明るさ、色温度を変更せずに、目に見える照明環境を変化させることができる。そのため、天井照明を変更できない環境でも、壁面照明によって照明環境を変化させることで、人の涼暖感を変化させることができると考えられる。そこで、本研究では hue-heat 仮説を利用した壁面照明と空調を統合制御するシステムを構築し、被験者実験により提案システムの省エネルギー性を検証する。

2 壁面照明と空調を統合制御するシステム

2.1 概要

提案システムでは、被験者の申告を元に、空調と壁面照明を制御する。Fig. 1 に被験者が操作する端末を示す。被験者は 10 分ごとに端末を操作し、現在の室内をより涼しくしたい場合に「涼」、より暖かくしたい場合に「暖」を押す。また、現在の室内が適温の場合には「普」を押す。本システムは空調の使用を抑えることを目的としている。そのため、夏季において例えば被験者から涼しくしたいという申告が来た場合には、空調の設定温度を下げるのではなく、まずは壁面照明を点灯する。それにより、空調の設定温度を上げることができ、省エネルギー化に繋がる。



Fig.1 被験者の操作端末

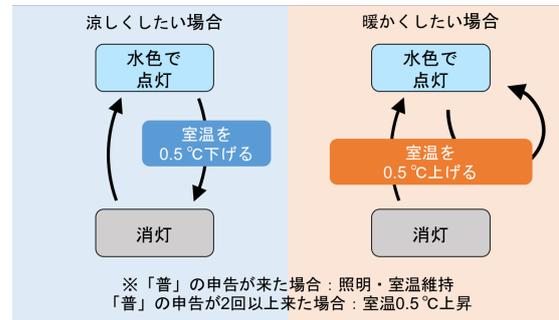


Fig.2 システムの状態遷移

2.2 システムの状態遷移

本実験はパターン (a) と (b) の 2 種類で実験を行う。パターン (a) における、被験者の申告によって変化させる空調と壁面照明の状態遷移図を Fig. 2 に示す。被験者が「涼」という申告を行った場合は、壁面照明を水色で点灯し、被験者を涼しく感じさせる。しかし、壁面照明の点灯のみでは涼しく感じる事ができないことが考えられる。そのため、被験者が再度「涼」という申告を行った場合には、壁面照明を消灯し、室温を 0.5℃下げる。被験者が「暖」の申告を行った場合は、壁面照明を水色で点灯し、室温を 0.5℃上げる。これは、壁面照明によって被験者を涼しく感じさせることにより、室温をさらに上げるためである。また、被験者は時間経過による室温への慣れが予想される。その場合、被験者は「普」の申告を行うことが多くなると予想されるが、今回の実験では「普」が複数回申告された場合には、室温を上げる。これにより、室温を被験者が許容可能な限界で保ち、消費電力を削減することができる。

実験パターン (b) は、パターン (a) で壁面照明を消灯していた部分を、黄色で点灯する。この理由としては、予備実験で夏に快適に過ごせる色を被験者に選んでもらった際に、最も多く選ばれた色だったからである。

3 壁面照明と空調を統合制御するシステムの省エネルギー性検証実験

3.1 実験概要と項目

提案システムの省エネルギー性を検証するため、提案システムを利用した実験と、提案システムを利用せずに、被験者の適温を検証した実験を実施した。以下に実験項目を示す。

- (a) 提案システム (水色/消灯) を利用した実験
- (b) 提案システム (水色/黄色) を利用した実験

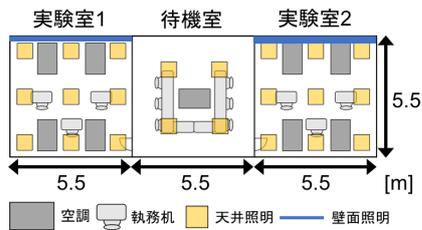


Fig.3 実験環境

- (c) (a) のシステムを用いない適温検証実験
- (d) (b) のシステムを用いない適温検証実験

(a) (b) では、提案システムを利用した場合の被験者の適温を検証する。(c) (d) では、提案システムを利用せず、室温のみを変化させ被験者が適温と感じる室温を明らかにする。(c) (d) で用いる室温変化アルゴリズムは、Fig. 2 から壁面照明の変更を除いたアルゴリズムを用いる。(a) と(c)、(b) と(d) で得たそれぞれの適温を比較することで、提案システムの有効性を検証する。つまり、(a) で得られた適温が、(c) で得られた適温よりも高ければ、提案システムの利用で空調の使用を抑えることができることになり、省エネルギー性が向上したといえる。

3.2 実験環境

実験環境を Fig. 3 に示す。実験室の天井照明の照度は、ディスプレイ作業を行う際に十分な照度である 300 lx とし、色温度は 4500 K とした。壁面照明は、実験室の前面の壁面に向けて照射した。実験開始時の温湿度はすべての項目で 27 °C とし、湿度は 50% とした。実験時の作業内容はディスプレイ作業を想定し、電子書籍の黙読とした。また、一般的な室内では、人はそれぞれ異なる服装をしていることから、服装の統一は行わず、被験者が実験時に着用していた衣類を実験時の服装として用いた。被験者は 18 歳から 23 歳までの健康な大学生延べ 23 人とした。

3.3 実験手順

被験者実験の手順を以下に示す。

- (1) 実験開始
- (2) 温度順応 (30 分)
- (3) 実験室移動
- (4) アンケート回答
- (5) 壁面照明・室温を変更 (10 分)
- (6) (4) に戻る

まず被験者は待機室内で 30 分間の温度順応を行う。30 分経過後に被験者は実験室に入り、10 分ごとに涼暖感に関するアンケートへの回答と涼暖感の申告を行う。涼暖感への回答は、感じた室温の影響だけでなく、視界から得た情報も考慮する。システムは申告結果より次の環境を決定し、制御を行う。以上の (1) から (6) までの流れで、3.1 節で示した (a) (b) (c) (d) を行う。

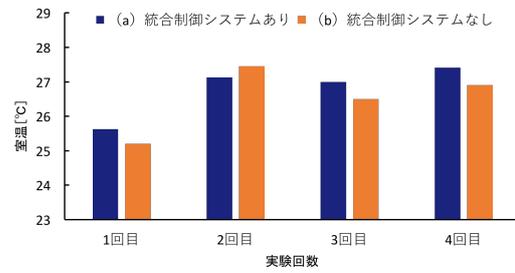


Fig.4 (a) と (c) の室温平均

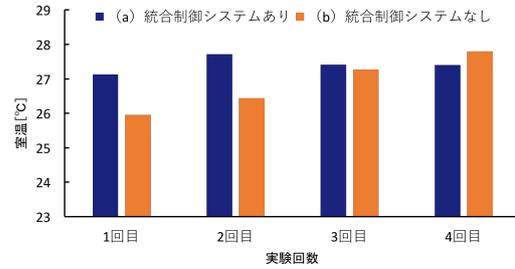


Fig.5 (b) と (d) の室温平均

4 実験結果と考察

実験 (a) と (c) における実験中の室温の平均温度を Fig. 4 に示す。Fig. 4 より、実験実施 4 回中 3 回は統合制御システムありの方が、室温が高くなっていることが分かる。統合制御システムありとなしの室温差の平均は 0.28 °C であった。このことから、統合制御システムを用いることで室温を上げることは可能だが、室温を 1 °C 上昇させることは難しいと考えられる。

実験 (b) と (d) における実験中の室温の平均温度を Fig. 5 に示す。Fig. 5 より、実験実施 4 回中 3 回は統合制御システムありの方が、室温が高くなっていることが分かる。統合制御システムありとなしの室温差の平均は 0.55 °C であった。

以上の結果より、壁面照明と空調を統合制御するシステムは室温を 0.3 °C から 0.5 °C 程度上げるだけであり、効果は小さいことが分かった。これは、壁面照明によって壁面の色を変えているだけであり、手元は白色であることから、涼しいと感じることが少ないのが原因だと考えられる。

5 今後の展望

本稿で提案したシステムを用いて、冬季にも実験を行い、暖色の壁面照明が涼暖感に与える影響を検証する。これにより、季節に関わらず提案システムが有効であることを示せると考えられる。また、壁面の色を変化させるのではなく、個別パーティションを用いて手元の色を変化させる方式を用いて統合制御するシステムの有効性を検証する。

参考文献

- 1) 石井 仁, 堀越 哲美, "異なる作用温度・照度レベル・光源の組み合わせが人体の生理・心理反応に及ぼす複合的影響", 日本建築学会計画系論文集, 13404210, 日本建築学会, 1999, 64, 517, 85-90, <http://ci.nii.ac.jp/naid/110004655385/>