

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

岡田 祥
Sho OKADA

1 はじめに

従来より、人の涼暖感は色彩によって影響を受けるとい
う hue-heat 仮説が提唱されており、様々な研究が行われ
ている²⁾。石井らは照明を高色温度を点灯した場合は涼
しく、低色温度で点灯した場合は暖かく感じることを明ら
かにした¹⁾。このことから、hue-heat 仮説の効果を利用
することで夏季に室温が高い状態であっても高色温度で照
明を点灯させることで人は涼しく感じると考えられる。ま
た、室温を上げることにより消費電力の削減が可能だと考
えられる。そこで、本研究では hue-heat 仮説を利用した
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
より提案システムの省エネルギー性を検証する。

2 照明と空調を統合制御するシステムの 動作概要

提案システムでは、被験者からの申告を基に照明の色温
度・室温の制御を行う。Fig.1 に被験者の操作端末を示す。
被験者は「涼」「普」「暖」と書かれたボタンを操作する。現
在の室内環境をより涼しくしたいと感じた場合は「涼」を
押し、暖かくしたいと感じた場合は「暖」を押し。また、現
在の室内環境が丁度良い、変更する必要はないと感じた場
合は「普」を押し。被験者の申告によるシステムの状態変
移を Fig.2 に示す。本システムの目的は、涼暖感を損なう



Fig.1 被験者の操作端末

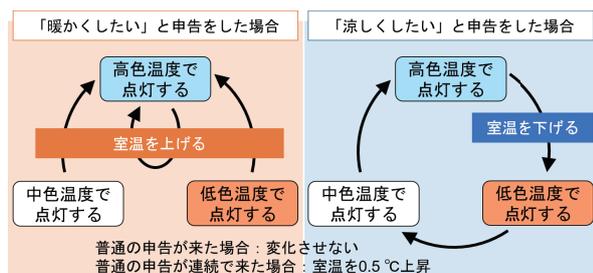


Fig.2 システムの状態変移

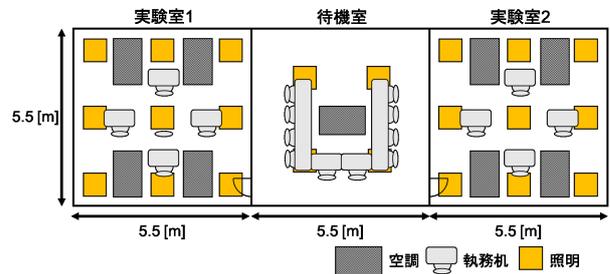


Fig.3 実験環境

ことなく室温を可能な限り上げる、すなわち消費電力を削
減することである。そのため、空調と比較し消費電力が少
ない照明の色温度を変更することにより、人の涼暖感に影
響を与える。以下にシステムの動作を示す。被験者が「涼」
という申告を行った場合、色温度を上げ、被験者に涼しく
感じさせる。「暖」という申告を行った場合、色温度を下
げると同時に室温を上げる。しかし、色温度の変化による
影響のみでは満足できない被験者が居ると考えられる。そ
のため、点灯している照明の色温度が限界値である 5500K
に到達した場合、色温度を下げ、室温を下げる。これによ
り、色温度の変化による影響をあまり受けたくない被験者
に対しても涼しさを提供することが可能となる。

夏季の実験時において、被験者は涼しい環境を好むと考
えられ、「暖」という申告を行わず、室温は下がり続けると
考えられる。また、時間経過と共に現在の室温に慣れるこ
とで、被験者が許容できる室温に余裕ができると考えら
れる。そのため、「普」の申告を複数回にわたり行った場合
は室温を上げる。これにより、被験者が許容できる室温の
限界の高さでの室温制御を行い、消費電力の削減を行うこ
とができる。

3 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

提案システムの省エネルギー性を検証するため、(a) 提
案システムを利用した実験と (b) 提案システムを利用せ
ず被験者の適温を検証した実験を実施した。被験者は 18
歳から 24 歳までの眼疾患を有さない健康な大学生を対
象として行った。実験は 2019 年 8 月 2 日から 8 月 31 日、
けいはんなオープンイノベーションセンター内のメタコン
フォートラボで行った。Fig.3 に実験環境を示す。また、
各実験の概要を以下に示す。(a) は提案システムを利用し
た場合の影響や被験者の適温について検証する。一方 (b)
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。(b) で用いる、室温

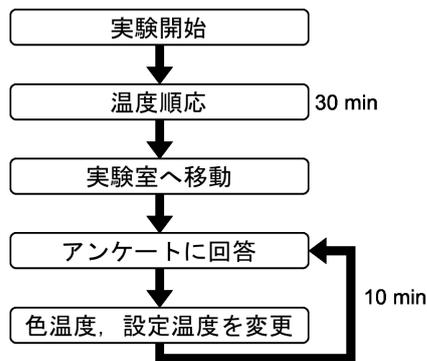


Fig.4 実験スケジュール

の変化アルゴリズムは Fig.2 から色温度変化を除いたアルゴリズムを用いる。例えば、被験者から室内環境を涼しくしたいと申告を受けた場合、色温度を変化させることなく室温のみを変化させる。逆に暖かくしたいと申告を受けた場合には、色温度を変化させずに室温のみを変化させる。(b) を実施することにより、平常時における被験者の適温を明らかにできる。そして、(a) と (b) で得たそれぞれの適温を比較し、提案システムの有効性を検証する。つまり (b) の適温と比較し (a) の適温が高ければ、提案システムによりその温度差分の室温を上げることができたと見える。その結果、提案システムにより室温を上げることが可能となり、省エネルギー性が向上したといえる。

また、室温制御には輻射式空調を用いた。一般的に用いられているドラフト空調は空調が風を排出し、空気対流により温度制御を行う。しかし、ドラフト空調では吹き出し口周辺とそれ以外の場所で室温差が生じ、室内に温度ムラが生じる。また、排出された風が被験者に当たることで被験者は室温以上に涼しさを感じるという問題が生じる。それに対し、輻射式空調は輻射熱の移動により、部屋全体の温度を制御する。そのため、ドラフト空調とは異なり、室内の温度ムラが生じにくく、被験者へ空調制御の風による影響を無くすることができる。

3.2 実験スケジュール

実験スケジュールを Fig.4 に示す。なお、(a) (b) ともに実験スケジュールは同一である。実験開始後、被験者は待機室にて実験室外の気温による影響を排するために 30 分間の温度順応を行う。その後被験者（各部屋最大 4 名）は実験室へと移動し、実験室内で 120 分間の紙面作業（書籍の黙読）を行う。被験者は 10 分毎にシステムに対する申告と涼暖感についてアンケートの記入を行う。システムは申告結果より次の室内環境を決定し、制御を行う。以上のように (a) と (b) どちらも被験者の申告を受けてシステムにより室内環境が変更される。ただし、(a) は色温度あるいは室温がシステムによる環境変更の対象となる。一方 (b) は被験者の適温を明らかにすることを目的としているため、室温のみがシステムによる環境変更の対象となる。

3.3 実験条件

実験の色温度条件として (a) は 3000 K, 4000 K, 5500 K を用い、照度は 700 lx とした。一方 (b) は一般的なオ

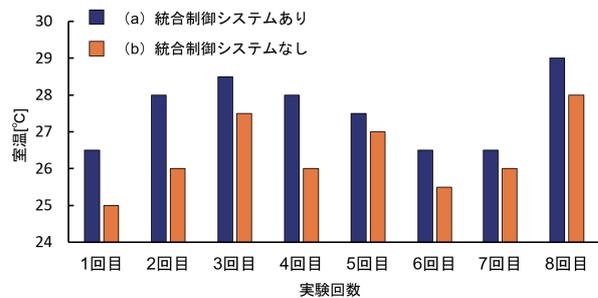


Fig.5 実験終了時における (a) と (b) の室温

フィスの照明条件である色温度 4500 K, 照度 700 lx とした。また、実験開始時の温湿度は (a) (b) ともに室温 27 °C, 湿度は 50 % とした。被験者は 18 歳から 24 歳までの大学生を対象とし、合計 33 名で行った。

3.4 実験結果と考察

実験結果として実験終了時（実験室入室から 120 分後）の (a) と (b) の室温を Fig.5 に示す。Fig.5 の結果から、実施したすべての実験において、(a) の室温が (b) の室温よりも高くなっていることが分かる。また、(a) と (b) の室温差の平均は 1.2 °C であった。以上のことから提案システムを用いることで、室温を 1 °C 程度上昇させることが分かる。一般的に夏場は室温を上げることで消費電力を削減できるといわれていることから、提案システムを用いることで室内環境の省エネルギー性向上につながると考えられる。また、(a) と (b) における実験終了時の被験者の涼暖感に対して、有意水準 0.01 で Wilcoxon の順位和検定を実施したところ、有意な差があるとはいえなかった。このことから提案システムを利用することで、涼暖感を損なうことなく、省エネルギー性を向上可能だと考えられる。

4 今後の展望

本稿で提案したシステムを用いることで被験者の涼暖感を損なうことなく省エネルギー性を向上可能なことを示した。今後は、システムの改良を行う。具体的には最適な室温や色温度の変化幅を見つけることで、さらにシステムの有効性を高めることができると考えられる。また、冬季にも同様の実験を行うことで本システムの汎用性を検証する。これにより、季節に関わらずシステムが有効であることを示すことができると考えられる。

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, 1999, 64 巻, 517 号, p. 85-90, 公開日 2017/02/03, Online ISSN 1881-8161, Print ISSN 1340-4210
- 2) Bennett, C. A. and Rey. P. "What's So Hot About Red?" Human Factors, HotAbout Red~, Human Factors, Vol.14, No.2, pp. 149 - 154, 1972