

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：22605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25750004

研究課題名(和文)室内空間における照明の照射位置と色温度の違いが生理・心理状態に与える影響

研究課題名(英文)Differences of Color Temperature and Irradiation Position of the Lighting in Indoor Space Influence Physiological or Psychological Condition

研究代表者

中島 瑞季 (NAKAJIMA, Mizuki)

産業技術大学院大学・産業技術研究科・助教

研究者番号：30634175

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、色温度と照射位置で構成した照明環境の印象へ人の概日リズムが与える影響を検討することである。照明環境の印象は、質問紙調査、唾液中のアミラーゼ濃度、視線を計測することで主観、客観の両面から取得した。計測は10時から13時と18時から21時の間に1日2回行い、経時的変化から概日リズムの影響を確認した。以上から主観評価において、経時的変化とともに照明環境の印象は異なることがわかった。さらに昼光色で90度の照射位置の環境は、印象に対して特に大きな影響を受けることが示唆された。客観評価においては、アミラーゼ濃度は個人差が大きく、視線は環境の情報量が少ないためか、特に傾向が見られなかった。

研究成果の概要(英文)：To evaluate the effect of circadian rhythms to human impressions of lighting environment constructed by color temperature and irradiation position of the lighting. Impressions of lighting environment had taken subjective and objective sides by a questionnaire survey, an amylase density secreted in saliva, and a line of sight measuring. To evaluate the effect of circadian rhythms from the time-dependent change. The measurement had taken two times a day, 10 to 13 O'clock and 18 to 21 O'clock. As a result, in subjective evaluation impressions of irradiation position was changing with the time-dependent change. Furthermore suggested that impressions take Influences especially to the environment that was irradiated by 5000 K lamp angle fixed at 90°. Against in objective evaluation there is no indication. Probably an amylase density has a large personal deviation and a line of sight measuring have little information about the space.

研究分野：インダストリアルデザイン

キーワード：照明環境 照射位置 色温度 印象評価

1. 研究開始当初の背景

高色温度光が人に覚醒作用をもたらすといったように、光は人の概日リズムに影響を与えることが知られている。その作用を利用して生活リズムを整えるサーカディアン照明の考え方が、近年、住宅の照明環境へ広く応用される傾向にある。そこで人の概日リズムが照明環境の印象に与える影響を的確に評価し、デザイナーのデザイン意図や使い勝手を明確に表現することは、生活空間の前提となる快適な照明環境を創出する上で重要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究は照明環境の非視覚効果である人の概日リズムが、視覚効果である色温度、照射位置への評価にあたる影響を、主観評価と客観評価の結果から検討する。さらに評価にいたる知覚の特徴を注視点計測から導き出すことも加え、照明の非視覚効果と視覚効果が照明環境の評価に与える影響の関係を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 実験 1

照明環境を評価することができる評価語を抽出し妥当性の検討を行う。

(2) 実験 2

人の概日リズムが、照明環境の印象評価に与える影響を検討する。

4. 研究成果

(1) 既往研究と申請者の研究を参考に用意した評価語を、色温度と照射位置を組み合わせた複数の環境に対する印象評価に使用することで、評価語の妥当性を検討する。

①実験目的

色温度 2 種類と照射位置 2 種類を組み合わせた 4 つの空間模型を撮影した写真を準備し、それぞれの空間について 14 項目の形容詞から主観評価をしてもらい、屋内空間の印象の違いと構成要素から比較検討を行うことを目的とする。

②評価対象

色温度：本実験は、屋内空間として一般的な住居の室内を想定しているため、見慣れない色温度から特別な印象を際立てることは実験目的と合致しない。そのため一般的に用いられる色温度として、視覚的に色温度が異なることが明瞭に判断できる、暖(3.300K 以下)と涼(5.300K 以上)を使用する。一般に販売されている光源では、暖は電球色とも言われ、赤みのある光色である。涼は昼光色とも言われ光色は青白い。光源は LED 電球 (Panasonic LDA10LGZ60W[電球色相当]/LDA10DGZ60W[昼光色相当]) を使用した。

照射位置：一般的な住宅で多用される、シーリングライトやペンダントライトのよう

に天井付近から照射したように見える条件と、フロアスタンドのように、椅子等に着座した際の頭より少し上位置の斜め方向から照射したように見える条件を用意する。本実験は写真で空間を提示するため、写真上で以上の照射条件が再現出来、さらに照射位置が異なることによって影が変わった事が明瞭に判断できなければならない。以上を模型上で検討した結果、90 度から照射すると天井付近から照射したように見え、45 度から照射すると、着座時の頭より少し上の斜めから照射しているように見えることを確認したため、45 度と 90 度の条件を設定した。

③評価対象の空間条件

色温度 2 条件と照射位置 2 条件を組み合わせた全 4 条件の空間模型を作成した。屋内空間の印象に照明の照射位置が影響を与える要因の一つに影の存在が考えられたため、空間内に影の出る対象物を置く必要がある。そこで屋内空間に置いて不自然でない対象物として家具をあげ、一般的な住居の室内が想定できる、椅子 2 脚とテーブルで構成するダイニングセットの模型を配置した。壁や天井は、色温度と照射位置の印象に影響を与えないように白地の目立つテクスチャーがない素材とした。各空間の構成要素の詳細を表 1 に示し、実際に実験で使用した空間条件の写真を図 1 に示す。

表1 各空間の名称と色温度、照射位置の組み合わせ

空間	色温度	照射位置	空間	色温度	照射位置
空間A(L45)	2700k :L	45° :45	空間C(C45)	6700k :D	45° :45
空間B(L90)	2700k :L	90° :90	空間D(C90)	6700k :D	90° :90



図1. 実際の実験で使用した空間条件の写真 (実験時は写真上のキャプションは表示していない)

④評価内容

主観評価は、照明と室内環境評価を対象とした既往研究[1]と、著者らの先行研究[2]から、照明から影響を受けた屋内空間の印象を評価しやすいと考えられる評価語 14 語を用いた。詳細を表 2 に示す。

表 2 主観評価で使用した評価語 14 語

明るさ	閉鎖感	快適感	暗さ
陰気さ	涼しさ	沈静的	解放感
好ましさ	暖かさ	軽快さ	不快感
活動的	陽気さ		

評価は[まったく感じない]から[とても感じる]の5段階評価(図2)で求めた。

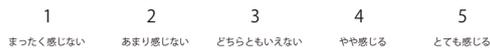


図2 段階評価の尺度

⑤評価方法及び実験手順

本実験は、開始前に被験者へ実験内容の説明を行い、同意を得た後に行っている。評価は、テーブルの上に用意したタブレット PC (Apple 社製 iPad mini Retina display) 上に屋内空間の写真を全画面で表示し、被験者がその写真を見ながらアンケート用紙に回答を記入することで行った。写真の表示順とアンケート用紙上の評価語の提示順は、カウンターバランスを取るため被験者によって異なる。タブレット PC の画面輝度は全被験者共通に最大で設定し、色調整は出荷時のままで使用した。また、写真提示時に人工光を使用することで評価に影響がないように、机上作業ができる程度の照度が得られる自然光が充分に入る実験室を用意した。

⑥被験者

20代の男子学生 27名(平均年齢 21.9歳)

⑦評価と分析結果

すべての評価値と平均値、標準偏差においておおきく外れた値は認められなかったため、すべての結果を分析対象とした。次に、空間条件と印象の関係について比較するため主成分分析を行った。評価語 14 語の結果を変数に、空間条件をサンプルとした。固有値が 1 以上、累積寄与率を 80%以上が条件と設定し、第 2 主成分までを有効な主成分とした。さらに、第 1, 2 主成分ともに絶対値が 0.8 以上の因子負荷量を持つ評価項目をその主成分の特徴と考える。主成分分析の結果を表 3~4 に示す。

表 3 各主成分における固有値と累積寄与率

	第1主成分	第2主成分
固有値	10.838	3.001
寄与率	77.413	21.434
累積寄与率	77.413	98.847

表 4 各主成分の空間条件に対する主成分得点

主成分得点		
空間条件	第1主成分	第2主成分
空間A(L45)	0.472	1.295
空間B(L90)	-1.305	0.220
空間C(D45)	1.020	-0.504
空間D(D90)	-0.187	-1.011

表 5 各主成分の評価語 14 語に対する因子負荷量

因子負荷量		
評価語	第1主成分	第2主成分
明るさ	0.982	-0.178
閉鎖感	-0.998	0.014
快適感	0.994	0.069
暗さ	-0.973	0.230
活動的	1.000	0.002
陰気さ	-0.999	-0.018
涼しさ	0.513	-0.856
沈静的	-0.861	-0.456
開放感	0.920	-0.382
陽気さ	0.783	0.621
好ましさ	0.747	0.608
暖かさ	-0.277	0.961
軽快さ	0.964	-0.242
不快感	-0.955	-0.292

以上の結果から主成分の解釈を行った。第 1 主成分の特徴は、明るさ(0.982)、快適感(0.994)、活動的(1.000)、開放感(0.992)、軽快さ(0.964)、閉鎖感(-0.998)、暗さ(-0.973)、陰気さ(-0.999)、不快感(-0.955)、沈静的(-0.861)で表される。これらから、はつらつとした開けた空間の印象と鬱々とした閉じた空間の印象を表していると考えられたため、空間の快活性と解釈した。次に第 2 主成分は、暖かさ(0.961)、涼しさ(-0.856)で表される。これらは寒暖を表す言葉であると考えられたため、空間の寒暖と解釈した。

以上の解釈から、横軸を空間の快活性、縦軸を空間の寒暖と設定し、空間条件の主成分得点から散布図を作成した(図3)。

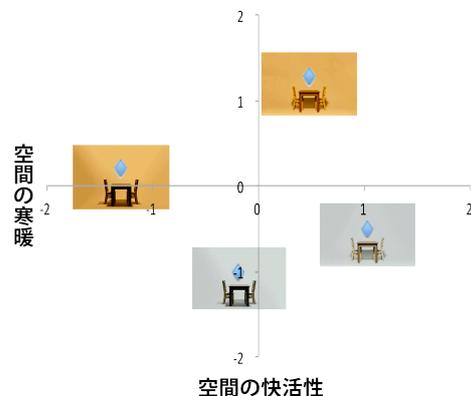


図 3 第 1, 2 主成分得点から作成した散布図

⑧まとめ

主成分分析の結果から、色温度と照射位置で構成した屋内空間の印象は、空間の快活性と寒暖で表せることが示唆された。空間の快活性に関しては、空間 A と C、空間 B と D の印象が近いことから、照射位置の影響がより

強く現れた評価結果であることが分かる。評価語に関して、陰影が影響を与える空間内の形状に関する語が多く見られたことから推測できる。空間の寒暖に関しては空間 A と B、空間 C と B の印象が近いことから、色温度の影響がより強く現れたと考える。以上より、照明環境の要素である照射位置と色温度の印象が評価できることが示唆されたため、評価語として妥当であったと判断した。さらに、照射位置に関して陰影の影響をより捉えるために奥行きと明瞭の評価語と追加する。また色温度に関しては、より色彩から受ける印象を確認するために硬さ、柔らかさを追加した。以上の 4 語を追加した計 18 語を実験 2 の評価語とする。

(2)

色温度と照射位置で構成した数種類の照明環境に対して、(1)で抽出した評価語を使用した主観評価と客観評価の両面から印象評価を行う。また日の入り前と後に 1 日 2 回行うことで概日リズムの影響を確認する。

①実験目的

ダイニングを想定した照明環境を模したミニチュアセットの印象を、(1)で抽出した評価語を使用した主観評価と唾液中のアミラーゼ濃度計測、注視点計測の客観評価から印象評価を行う。また計測は 10 時から 13 時と 18 時から 21 時の間に 1 日 2 回行うことで、経時的变化から概日リズムの影響を確認する。

②評価対象

色温度：実験 1 と同様に屋内空間として一般的な住居の室内を想定しているため、電球色と昼光色の色温度を採用した。尚、実験 2 に関しては、直接的に模型を観察することを想定していたため、光源からグレアを感じ不快感につながるものが考えられた。そのため光源の LED 電球は (Panasonic LDA8A-H-E17[電球色相当]/LDA8D-H-E17[昼光色相当]) に変更した。

照射位置：照射位置に関しても実験 1 と同様に天井付近から照射したように見える条件と、椅子等に着座した際の頭より少し上位置の斜め方向から照射したように見える条件を想定した。しかし模型上で実験 1 と同条件から影を再現することが難しかったため、模型上で影がうまく再現できる位置を調整し、光源の位置とした。

③評価対象の空間条件

実験 1 と同様に色温度 2 条件と照射位置 2 条件を組み合わせた全 4 条件の空間模型を作成し、内部にはダイニングセットの模型を配置した。壁や天井は、色温度と照射位置の印象に影響を与えないように白地の目立つテクスチャーがない素材とした。各空間の構成要素の詳細を表 6 に示し、実際に実験で使用

した空間条件の写真を図 4 に示す

表 6 各空間の名称と色温度、照射位置の組み合わせ

空間	日没	色温度	照射位置	空間	日没	色温度	照射位置
空間A	前	2681K	上	空間C	前	5706K	上
	後	2678K			後	5725K	
空間B	前	2675K	下	空間D	前	5366K	下
	後	2670K			後	5937K	



図 4. 実際の実験で使用した空間条件の写真

(実験時は写真上のキャプションは表示していない)

④評価内容

主観評価は、実験 1 の結果から表 7 に示す評価語 18 語を使用した。

表 7 主観評価で使用した評価語 18 語

沈静的	開放感	陽気さ
暗さ	活動的	明るさ
暖かさ	硬さ	閉鎖感
奥行き	軽快さ	不快感
涼しさ	快適	明瞭
陽気さ	柔らかさ	好ましさ

評価の取得方法も実験 1 と同様に[まったく感じない]から[とても感じる]の 5 段階評価で求めた。また、時間と目的に合わない照明環境ではストレスを感じるのではないかと考えることから、唾液中のアミラーゼ濃度からストレスを計測した。さらに印象と照明環境の構成要素の関係を確認するために注視点計測を行った。以上より 2 指標を客観評価とした。

アミラーゼ計測にはニプロ製アミラーゼモニターを使用し、注視点計測には Tobii 社製 Tobii グラスアイトラッカーを用いた。

⑤評価時刻

本実験期間は 2015 年 2 月から 3 月で、実験を行った地域の日の入りは 17 時 30 分前であった[3]。そのため評価時刻を、日の入りの計測時間を 10-13 時台に設定し、日の入り後は 18-21 時台に設定した。

⑥評価方法及び実験手順

本実験は、開始前に被験者へ実験内容の説明を行い、同意を得た後に行っている。評価は、被験者がテーブルの上に用意された照明環境模型を覗き込みながら、実験実施者が読み上げる質問に口頭で回答することで行った。照明環境の表示順と評価語の提示順は、カウンターバランスを取るため被験者によって異なる。実験のシーケンスは図5に示す通りである。尚、唾液中のアミラーゼ濃度は照明環境を観察した後の値から前の値を引くことで照明環境を観察した影響による変化量を求めた。

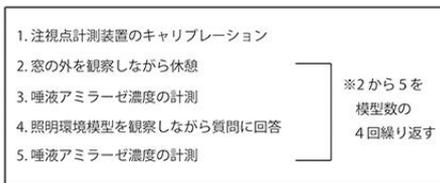


図5 実際のシーケンス

⑦被験者

20代の男子学生 16名(平均年齢 22.1歳)

⑧評価と分析結果

主観評価：すべての評価値と平均値、標準偏差においておおきく外れた値は認められなかったため、すべての結果を分析対象とした。次に、空間条件と印象の関係について比較するため主成分分析を行った。評価語18語の結果を変数に、空間条件をサンプルとした。固有値が1以上、累積寄与率を80%以上が条件と設定し、第3主成分までを有効な主成分とした。さらに、第1,2,3主成分ともに絶対値が0.8以上の因子負荷量を持つ評価項目をその主成分の特徴と考える。主成分分析の結果を表8~10に示す。

表8 各主成分における固有値と累積寄与率

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	11.933	66.294	66.294
寄与率	4.315	23.972	90.265
累積寄与率	1.129	6.272	96.537

表9 各主成分の空間条件に対する主成分得点

空間条件	主成分得点		
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
空間A前	0.997	-0.068	-0.657
空間B前	0.005	-1.405	-1.018
空間C前	-0.308	1.508	0.370
空間D前	-1.587	-0.485	0.781
空間A後	1.539	0.100	0.105
空間B後	0.270	-1.023	1.632
空間C後	0.058	1.193	0.222
空間D後	-0.974	0.181	-1.436

表10 各主成分の評価語18語に対する因子負荷量

評価語	因子負荷量		
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
沈静的	-0.986	0.078	0.030
陽気さ	0.982	-0.116	-0.132
快適	0.979	0.029	-0.193
不快感	-0.977	0.100	-0.075
閉鎖感	-0.969	0.139	0.021
陰気さ	-0.960	-0.164	0.167
好ましさ	0.938	-0.214	0.211
軽快さ	0.935	0.254	0.002
硬さ	-0.927	0.345	-0.016
柔らかさ	0.855	-0.507	-0.072
暖かさ	0.788	-0.599	-0.051
暗さ	-0.743	-0.641	0.047
開放感	0.737	0.454	0.230
涼しさ	-0.709	0.676	-0.004
明瞭	0.287	0.944	0.083
明るさ	0.448	0.887	0.045
活動的	0.597	0.768	0.038
奥行き	0.144	-0.225	0.960

以上の結果から主成分の解釈を行った。第1主成分の特徴は、陽気さ(0.982)、快適(0.979)、好ましさ(0.938)、軽快さ(0.935)、柔らかさ(0.855)、沈静的(-0.986)、不快感(-0.977)、閉鎖感(-0.969)、陰気さ(-0.960)、硬さ(-0.927)で表される。これらから快適で明朗な空間の印象と不快で陰鬱とした空間の印象を表していると考えられたため、空間の過ごしやすさと解釈した。次に第2主成分は、明瞭(0.944)、明るさ(0.887)で表される。これらは空間内のものの見やすさ表す言葉であると考えられたため、空間の明快さと解釈した。また第3主成分は奥行き(0.960)で表されるため、空間の奥行きと解釈した。

以上の解釈から、横軸を空間の過ごしやすさ、縦軸を空間の明快さと設定し、空間条件の主成分得点から散布図を作成した(図6)。

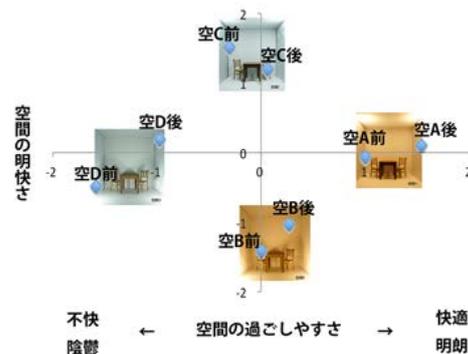


図6 第1,2主成分得点から作成した散布図

唾液中のアミラーゼ濃度：個人差が大きく、特に傾向が見られなかった。

視線計測：環境内の情報量が少なかつたためか、関係性を見つけることができなかつた。

⑨まとめ

主成分分析の結果から、空間の過ごしやすさでは特に空間Aと空間Dの印象が日の入り前後で異なることから、日の入りが照明環境の印象に与える影響は照明環境の構成要素それぞれではなく、組み合わせによって異なることが示唆された。またすべての空間において、日没後のほうが空間の過ごしやすさが快適になることが考えられた。空間の明快さでは空間Aの印象が日の入り前後の影響を受けにくい傾向にあることが認められた。さらに空間Cに関してのみ、日の入り前に明快さが高く評価されることがわかった。次に空間Dに関して、すべての空間の中でより強く日没の影響をうける傾向が見られた。以上より日の入りは、空間全体の印象へ影響を与え、日の入り前後で影響をうける要素が異なることが示唆されたことから、生活空間の照明環境は経時的変化とともに変わる人の印象も考慮しながらデザインを進めることが重要であると考えられる。

参考文献

[1] 高橋啓介. 照明の色温度と照度とが室内環境に及ぼす効果. 医療福祉研究, 第 2 号, pp.30-36, 2006

[2] 中島瑞季他 空間の構成要素及び、評価方法と評価結果の依存性-壁紙と照明を構成要素として-. 日本感性工学会論文誌, 第 11 巻, 2号, pp.339- 348, 2012

[3] 室蘭市 HP 室蘭の日の出入り情報
<http://www.city.muroran.lg.jp/main/org6400/hinode.html#feb>

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)

[雑誌論文] (計 1 件)

中島瑞季 (員数 3 名 1 番目)

照明空間の評価における年代の違いの影響-照明空間が人の感性評価に及ぼす影響の多面的測定方法の検討-

日本感性工学会論文誌 査読有 13 巻 2014 pp,603~612

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske/13/5/13_603/_pdf

[学会発表] (計 1 件)

中島瑞季

屋内空間の色温度と照射位置の印象に周辺環境が与える影響

日本デザイン学会 2015 年 6 月 12 日~14 日 千葉大学 (千葉県・千葉市)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 瑞季 (Mizuki NAKAJIMA)

産業技術大学員大学 産業技術研究科 助教

研究者番号: 30634175

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: