

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：82115

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04474

研究課題名（和文）複雑な光環境の質を評価する新たな空間分布指標の開発：光のむらと方向性に着眼して

研究課題名（英文）Development of new spatial distribution index to evaluate quality of complex lighting environment: Focusing on unevenness and direction of light

研究代表者

三木 保弘 (MIKI, Yasuhiro)

国土技術政策総合研究所・住宅研究部・室長

研究者番号：90356014

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、空間全体における光の「むら」や「方向性」に着眼して、複雑な光環境の質を評価する空間分布指標の開発を目的としている。住宅の居間と執務空間を対象に多様な照明環境の被験者評価実験を行い、構造方程式モデリングを行った。その結果、光の知覚から好ましさや快適性等の印象の総合評価に至る定量的な評価構造が導かれ、光の空間分布知覚が生じる場合、暗さを前提として明るさと暗さは独立し、相互に影響し成り立っていること等の有用な知見を得た。さらに、この知見を活かし、実験した空間の光の物理量による空間分布特性と評価結果の関係から、空間照度を用いた空間分布指標を導くための検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果の学術的意義は、室内空間のどこにどのように明るさと暗さがあるかという“中空の光の位置”が、居住者にとっての様々な印象や快適性に影響する点に着目して指標化を検討した点にある。空間内の位置を考慮した適切な光の空間分布は、快適性等の向上と、現在社会的に要請が強い省エネルギーの両立を可能とし、社会的意義も大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop a spatial distribution index that evaluates impression evaluation of complex lighting environment by focusing on the “unevenness” and the “direction” of light in indoor spaces. Subject evaluation experiments were carried out in some actual living-dining rooms and small experimental office room with various lighting environments, followed by structural equation modeling. In the quantitative evaluation structure from the perception of light to comprehensive impression evaluation of preference or comfort, it was shown that when the perception of spatial distribution of light occurs, brightness and dimness are independent and interact with each other on the premise of dimness. From the relationship between evaluation results and luminous quantities, some proposed indices using spatial illuminances were examined.

研究分野：光環境と省エネルギー

キーワード：光環境 暗さ 明るさ 空間分布 印象評価 構造方程式モデリング むら 方向性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

建築における新しい省エネルギー技術の導入が進んでいるが、一方で、それにより変化した室内環境の質の確保が大きな課題となっている。昼光導入手法や、局所的な明るさを確保する照明方式が発展し、照明の目的・用途や使い方に応じたきめ細かな個別制御が出てきている。これらにより 3 次元的な明るさの集中やばらつき、偏りなど、空間全体として立体的に複雑な明るさ分布の光環境が生じ、その質（快適性等）を確保するための評価手法が求められている。

最近までの光環境の質の評価手法は、机上面等の水平面照度による量的評価から、人間が見ている環境に近い、鉛直面の輝度分布による明るさ感やグレア(まぶしさ)評価へと移行している。

しかし、輝度分布は、特定の視点からの面的なとらえ方であり、輝度分布による明るさ感・グレア評価だけでは、上記のような空間全体として立体的に複雑な光環境の質を適切に評価できているとは言い難い。輝度分布による明るさ感・グレア評価に加え、立体的な光の空間分布特性にも着目し、空間分布と関係する質の評価も含めた、総合的な光環境の質の評価が必要である。

この必要性に対し、仮説として、空間全体における複雑な光環境の質（快適性等）は、空間に求められる用途や目的に応じた「明るさ感」「広さ感」「落ち着き感」「変化感」など、既往研究では個別に評価されていた項目の重み付けによる総合評価として、より適切に評価できるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、前章の背景を受け、空間全体の局所的な光の密度変化を「むら」、空間全体の方位に応じた光の偏りを「方向性」と考えることにより、複雑な光環境の質を明快に評価するための新たな空間分布指標を開発することを主たる目的とし、光の空間分布指標の構築、光の空間分布指標と光環境の質評価の関係式の導出、実空間における評価に基づく指標の妥当性検証、について明らかにする。開発する指標は、輝度分布との併用により、多様な光環境の質の確保が可能な、実用的な評価手法の開発へと展開することができる。

3. 研究の方法

空間分布指標の開発に必要なのは、多様な光の空間分布の印象評価結果である。研究計画における空間分布指標のイメージに基づき、生活行為や雰囲気に応じ多様な照明環境を形成する住宅の居間と、作業空間であるが、休憩など雰囲気も必要な執務空間を対象に以下の方法で進めた。

(1) 住宅居間における多様な照明環境の定量的評価構造の導出

住宅居間の夜間の照明環境において、多様な光の分布となる照明環境の全天球画像を用いた調査を行い、好ましさを軸とした定性的評価構造を導出する。その結果を基に、実空間での多くの照明環境の印象評価実験を行い、構造方程式モデリングで光の空間分布知覚から印象や行為を通じて最終的に総合評価の好ましさに至る定量的な評価構造を因果関係モデルとして示す。

(2) 執務空間における多様な照明環境の定量的評価構造の導出

執務空間において、雰囲気を考慮しつつ、多様な分布となる複数の照明環境について、既往研究の定性的評価構造を基に、住宅と同様に実空間での実験を行い、構造方程式モデリングで、快適性を軸とした定量的な評価構造を因果モデルとして示す。

(3) 光環境の質を評価する空間分布指標の検討

実空間である住宅居間・執務空間の定量的評価構造のうち、光の空間分布特性に関する評価を含む知覚評価と、それら空間の物理的な光環境に基づく指標の関係性を検討する。

4. 研究成果

(1) 住宅居間における多様な照明環境の定量的評価構造の導出

評価グリッド法による定性的評価構造

住宅居間で多様な照明環境の分布となる 23 条件を作成した。光の立体的な分布を把握し易い全天球画像を用い、評価グリッド法という面接調査で画像を 20 名の被験者に PC 上で比較させる実験を行い、「好ましさ」の観点で定性的評価構造として整理した(図 1)。上位の「好ましさ」は「落ち着き」と関係、中位は「生活しやすい」「くつろげる」等の印象に繋がる行為に関する項目があげられた。その他「広さ感」「明るさが均一」「明るさ分布の滑らかな変化」「光の方向性」等、空間分布知覚の項目が抽出された。

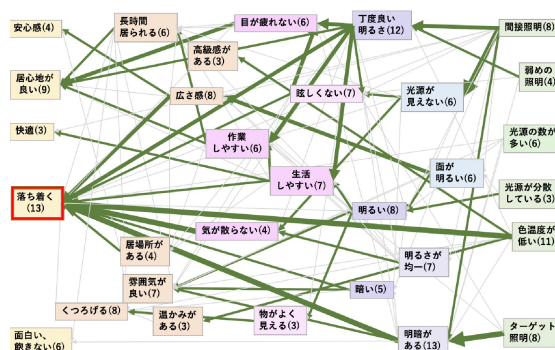


図 1 住宅居間照明の定性的評価構造

実空間の評価実験による定量的評価構造と考察

定量的評価構造を基に、7つの住宅で32条件の実際の照明環境(図2)を、定性的な『光の偏在、局所・全体の方向性』、物理的な『机上面平均照度と変動係数、壁面輝度』等を考慮し設定した。評価項目は定性的評価構造を参考に作成し、行為に関する項目も付け加え46項目で20名に評価実験を行った。結果を数値化して観測変数とし、構成概念の潜在変数を用いて整理、因果関係をパス図で表す構造方程式モデリングを行った(図3)。評価項目を「行為」「印象」「知覚」に分け因子分析し、知覚は「暗さ」「明るさ」「眩しさ」「明暗の空間分布」、印象は「広がり」「心地よさ」「面白さ」、行為は「家庭的」「嗜好的」という潜在変数とした。モデルの適合度はGFI=0.813, RMSEA=0.085となり、変数が30以上としては有意性のあるモデルとなった。この因果モデルから、以下のことが示された。



図2 実空間の評価実験に用いた照明環境の例

- ・「明暗の空間分布」は、「暗さ」から正(0.40)、「明るさ」から若干少ない負(-0.39)の影響となっている。すなわち、光の空間分布の知覚は、暗さをベースに明るさと暗さが独立し、相互に影響し成り立っていると考えられる。また、「眩しさ」は「明るさ」から正の一定以上の影響(0.64)、「暗さ」から若干少ない正(0.62)の一定以上の影響となっている。明るさを中心に対比が大きい場合にグレアが生じており、明暗の空間分布へ至る過程と異なると考えられる。

- ・「明暗の空間分布」の知覚が生じる場合、「面白さ」の印象、分布知覚が生じない「明るさ」は「広がり」の印象に繋がり、「心地良さ」を経由し総合的な「好ましい」に繋がっている。

- ・本研究の課題名に含まれる「複雑さ」は、「面白さ」を構成する観測変数であるが、「心地良さ」に対し、観測変数の「気が散る」を通じ負の影響がみられる。
- ・「好ましい」に直接繋がる潜在変数は「心地良さ」のみで、定性的評価構造の「落ち着く」が最も関係があるという結果と類似している。

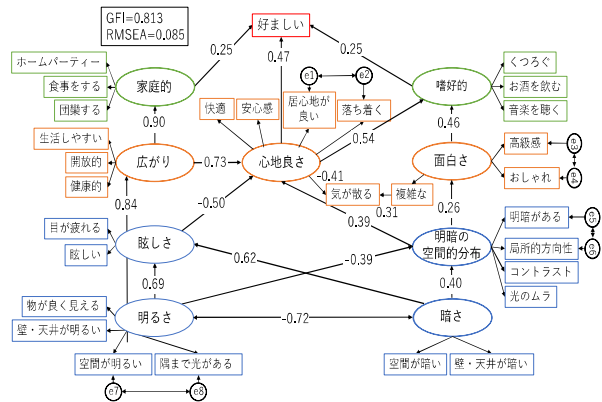


図3 居間照明の定量的評価構造図

(2) 執務空間における多様な照明環境の定量的評価構造の導出

執務空間において、国立研究開発法人建築研究所の模擬オフィスを使用し、定量的評価構造導出のための実験を行った。各照明条件は作業空間として指定位置での机上面照度を 500lx に統一、照明器具及び配置の違いで局所や空間全体で方向性がある、均一等の光環境を 10 条件設定し、評価項目は、既往研究の評価構造から抽出した項目に加え、「面白さ」など雰囲気に関する項目、光の空間分布を表す項目を追加した。被験者 19 名に実空間を歩きながら印象を評価させ、得たデータで構造方程式モデリングを行った(図4)。「印象」「知覚」に分類して因子分析を行い、知覚は「明るさ」「均一さ」「眩しさ」「暗さ」、印象は「広々さ」「心地良さ」「面白さ」「疲れやすさ」という潜在変数となった。モデルの適合度は GFI=0.771, RMSEA=0.089 で高くなく、参考としての結果である。この因果モデルから、以下のことが考察された。

- ・知覚評価では、執務空間であることもあり、潜在変数として「明暗の空間分布」としてよりも「均一さ」の方が適した因子と考えられた。しかし、「均一さ」は、上位の「疲れやすさ」に弱い負の影響、すなわち明暗の空間分布が影響し、「面白さ」に対して一定以上の強い負の影響があることから、「明暗の空間分布」として考える場合が良いとも言え、課題が残る。
- ・最上位の「快適さ」は住宅と異なり、「心地良さ」「広々さ」から構成される。疲れやすさを介して正負の構造となっている。

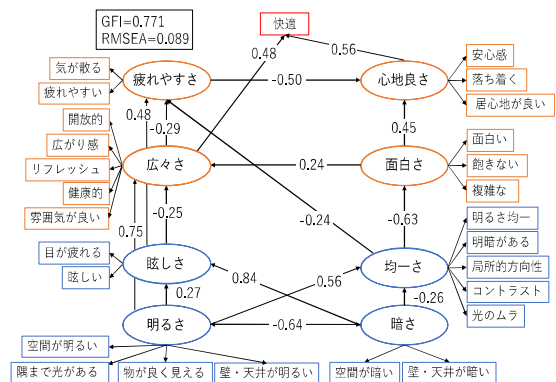


図4 執務空間照明の定量的評価構造図

(3) 複雑な光環境の質を評価する空間分布指標の検討

上述の住宅居室及び執務室に関する実験結果に基づき、印象に繋がる知覚に係る評価結果と、物理的な空間全体の6面照度の計測に基づく値を相互参照して、空間全体の光の量との関係も踏まえて、光の方向性・むらとして評価する指標について検討した。

2つの住宅と模擬オフィス空間について、照明条件は実験時に使用した居室18条件、執務空間10条件を対象とした。中空部分の測定及び算出が可能である物理的な測光量として、6方向からの照度値(6面照度)については計測した反射率や光源の特性等を確定しシミュレーションで補うことで、グリッドで区切り取得するとともに、輝度分布との関係も今後考慮できるようにするため取得した。得られた6面照度を基に、指標案と評価結果の対応を分析した。その結果として、複雑な光環境の質を評価する空間分布指標について、以下が考察された。

- ・明るさと暗さのそれぞれの評価の観点から、知覚としてのニュートラルな中間点を示し、物理的な値の中間値を見出すことで、明確な指標になり得ると考えられた。

- ・光の「方向性」については、6面照度を各点で集約したベクトルや、ベクトル・スカラー比を応用した指標案では関係が読み取れなかったため、6面照度を空間全体や部分として直接的に評価する指標の可能性としての検討が必要と考えられた。

- ・光の「むら」については、各点のスカラー照度(Esr)の平均とその変動係数の関係を検討し(図5)、空間全体で平均的に暗い場合や変動係数が高い場合、「むら」が大きくなる関係性を見出した。

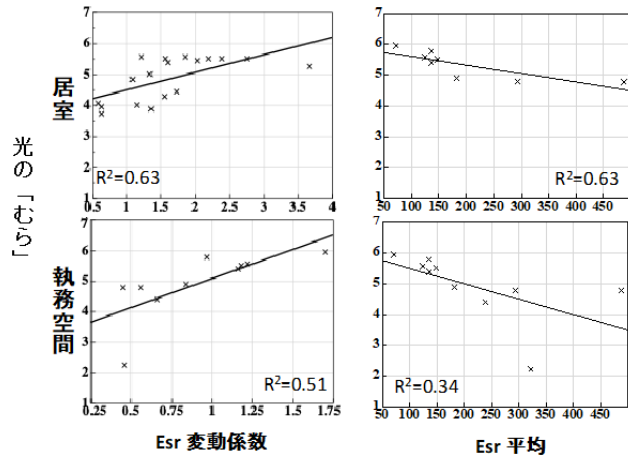


図5 光の「むら」の検討物理量と評価の関係

(4) まとめ

本研究の成果から、複雑な光環境の質の評価に対し、立体的かつ様々な光環境の分布が生じやすい住宅の夜間の居間、オフィスの執務室における夜間の雰囲気求められる場合について、空間分布知覚から総合的な印象評価に至る定量的な因果関係や、空間分布指標に関する知見等が得られた。

今後、変動のある昼光を含む多数の点の空間照度の実測手法確立などを通じた空間分布指標の検討も行い、輝度分布等と合わせた総合的に光環境の質を評価する実用的な手法として改善していく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三木 保弘、小笠原 圭吾、重田 美菜子、山口 秀樹、吉澤 望
2. 発表標題 居室の複雑な光環境における行為・印象・知覚の定量的評価構造
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三木 保弘
2. 発表標題 視覚認知を用いた立方体面の離散的配置による光の場の表示図法
3. 学会等名 日本図学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三木保弘, 山口秀樹, 吉澤望, 重田美菜子
2. 発表標題 空間全体にわたる光環境の可視化
3. 学会等名 照明学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 重田美菜子, 吉澤望, 三木保弘, 山口秀樹
2. 発表標題 光環境の空間分布特性に関する基礎研究 評価グリッド法による居間の定性的評価構造の把握
3. 学会等名 照明学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山口 秀樹 (YAMAGUCHI Hideki) (60411229)	国土技術政策総合研究所・建築研究部・主任研究官 (82115)	
研究分担者	吉澤 望 (YOSHIZAWA Nozomu) (40349832)	東京理科大学・理工学部建築学科・教授 (32660)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------