

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010 ~ 2011

課題番号：22700223

研究課題名（和文） 照明光および内装の色彩を考慮した空間の明るさ感評価法

研究課題名（英文） Evaluation method for space brightness by measuring color of illumination and interior objects

研究代表者

山口 秀樹 (YAMAGUCHI HIDEKI)

立命館大学・情報理工学部・助教

研究者番号：60411229

研究成果の概要（和文）：

居住環境の質を考えるうえで、居室の明るさは重要な要素の一つである。照明による投入エネルギーが一定であったとしても、照明や内装家具の色の影響により、部屋の明るさ感には異なる。本研究では視野の光量および色の分布を物理的に計測するシステムを構築し、心理評価値である空間の明るさ感との対応関係を検討した。これにより既存の評価方法では困難であった、色みが明るさ感に与える影響を定量的に評価可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：

Brightness of a room varies with color of illumination or interior objects even though the room is illuminated by certain lamp wattage. To investigate the effect of color on space brightness, we developed a system to measure the distribution of color for entire scene. By comparing between color distribution and perceived brightness of a room, we suggested the evaluation method for space brightness which was difficult to measure by ordinary photometric systems.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：理工学

科研費の分科・細目：情報学、感性情報学・ソフトウェア・コンピューティング

キーワード：建築光環境、感性評価、照明、明るさ、測光・測色

1. 研究開始当初の背景

(1) 建築空間の照明設計をする際、空間の明るさに関する基準は水平面照度で規定されるのが一般的である。水平面照度は、例えば机の上に置かれた書類の読みやすさといった、視作業に必要な明るさを記述することには有効な単位であるが、居室全体の明るさの印象を表そうとした場合、感覚との不一致が生じる。照明環境の明るさを人間の感覚と

合致するように評価・推定することは、質の高い室内照明環境の設計に有効なだけでなく、消費電力の2~3割に相当する照明のエネルギー負担を軽減させるうえでも非常に重要な課題である。

(2) 水平面照度に替わる空間の明るさ感評価法として、視野の輝度分布から予測する手法がいくつか提案されている。しかしこれらの手法において、室内家具の色彩や、照明の

色が明るさ感に与える影響を考慮できず、十分な指標であるとは言えない。

2. 研究の目的

(1) 照明光の色および内装家具の色彩が明るさ感に与える影響を心理評価実験により明らかにし、その感覚量の違いを定量的に評価できる手法を確立する。

(2) 空間の明るさ感を視野の輝度・色度分布から推定するために必要な測光システムを開発する。

(3) 2で得られた輝度・色度分布から1で得られた空間の明るさ感への変換アルゴリズムを構築する。

3. 研究の方法

(1) 空間の明るさ感心理評価実験

評価空間

室内の照明光や内装家具の色彩をコントロールするために、図1に示す居間を想定したミニチュア模型にて明るさ感評価実験を行った。

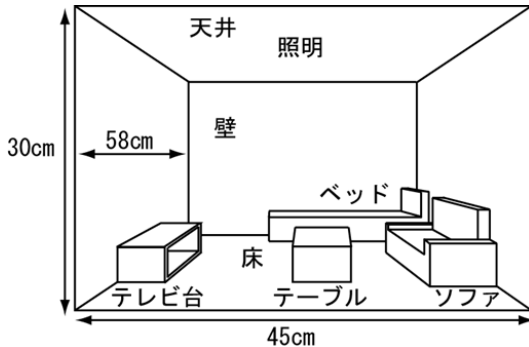


図1. 評価実験に用いた室内環境の様子。

内装家具の色彩条件は表1のとおりであり、色みの無い無彩色条件(内装A)から彩度の最も高い(内装H)まで4条件用意した。また、照明光の色は相関色温度で、2800, 3600, 5300, 9000Kの4条件用意した。

表1. 内装家具の色彩情報(マンセル値)。

	内装A	内装L	内装M	内装H
壁	N7.7	N7.7	N7.7	N7.7
床	N3.7	N3.7	N3.7	N3.7
ベッド	N5.0	5B 5/1	5B 5/5	5B 5/9
	N3.0	5PB 3/4	5PB 3/8	5PB 3/12
ソファ	N7.0	5GY 7/4	5GY 7/8	5GY 7/12
	N4.0	5G 4/2	5G 4/6	5G 4/10
テーブル	N8.0	5Y 8/6	5Y 8/10	5Y 8/14
	N6.0	5YR 6/5	5YR 6/9	5YR 6/13
テレビ台	N5.0	5RP 5/6	5RP 5/10	5RP 5/14
	N4.0	5R 4/6	5R 4/10	5R 4/14

心理評価方法

空間の明るさ感の評価方法として、色モード境界輝度設定実験およびマグニチュード推定実験を行った。

色モード境界輝度設定実験において被験者は模型空間内中央に設置された12 x 15mmの無彩色色票の輝度を調整し、この表面の色の見えのモードが「物体色モード」から「不自然な物体色モード」に変化する境界(色モード境界輝度)に設定するタスクを行う。この境界輝度を空間の明るさ感を表す代表値とする。

マグニチュード推定実験において被験者は異なる条件に設定された2種類の模型空間を観察し、基準模型に対するテスト模型の明るさ感を100に対する比率で回答する(例えばテスト模型の明るさが基準模型の明るさの2倍と感じた場合、被験者は200と回答する)表2に評価を行った基準室とテスト室の組み合わせを示す。

表2. マグニチュード推定実験における比較組合せ。

	基準室			テスト室		
	相関色温度	内装条件	照度	相関色温度	内装条件	照度
家具色彩の影響	5300K	内装A	100lx	5300K	内装A	100lx
			300lx		内装L	300lx
			1000lx		内装M	1000lx
					内装H	
照明光色の影響	5300K	内装A	30lx	2800K	内装A	30lx
			100lx	3600K	100lx	
			300lx	5300K	300lx	
				9000K		

(2) 視野の輝度・色度分布計測システムの開発

システム構成

視野の輝度および色度分布を計測するために、CCDカメラ(DFK41AU02, The Imaging Source), 魚眼レンズ(FE185C046HA-1, FUJINON)を用いて、160度 x 160度の視野角の範囲の測光が可能なシステムを自作した。

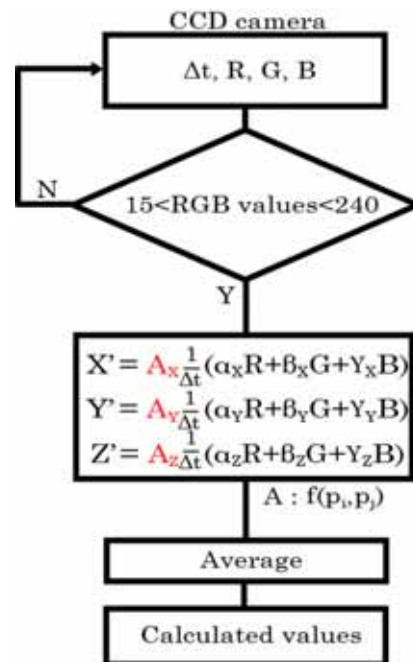


図2. 輝度・色度分布計測アルゴリズム。

図2に画像取得から色彩値への変換アルゴリズムを示す。

計測システムの校正

取得した画像における各画素の RGB 値から色彩値である CIEXYZ への変換を行うために、図3に示す環境においてシステムの校正を行った。

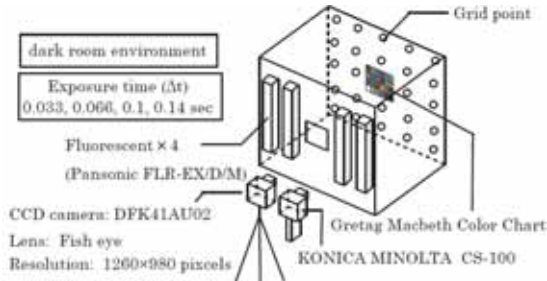


図3. 計測システムの校正環境。

・RGB 値から XYZ への変換係数の取得

マクベスカラーチャートをおある照明強度で照らし、色彩色差計 (CS-100A, コニカミノルタ) を用い XYZ 値を取得する。CCD カメラの露光時間を変化させ、画像の RGB 値および露光時間と、CS-100A で取得した XYZ 値の関係から、変換係数を導出する。

・レンズによる減光量補正

レンズを通過する光量は光軸で最も多く、周辺に向かうほど減衰する。これを補正するために図3に示すグリッド点の輝度を CS-100A で実測し、計測システムから推定された輝度値と比較することで、撮像位置による減光量を補正した。

(3) 明るさ感評価値推定

輝度・色度分布計測によって得られた視野の測色値と明るさ感評価値である色モード境界輝度との対応関係を検討した。まず視野の輝度分布と色モード境界輝度との関係式を導出し、次に色度分布による補正係数を検討した。

4. 研究成果

(1) 空間の明るさ感心理評価実験

内装家具の色彩と空間の明るさ感の関係

室内照明光の強度が同じであっても、無彩色家具で構成された部屋よりも有彩色家具で構成された部屋のほうが、色モード境界輝度 (BL) およびマグニチュード推定法による明るさ感判定値 (ME) とともに高い値を示した。また内装家具の彩度が高くなるにつれて、両者ともより高い判定値をとることが示された。したがって、より彩度が高い家具で内装することで明るさ感は向上することが示された。図4に各内装条件での境界輝度と内装 A での境界輝度の比を横軸に、明るさ感の判定値を縦軸にとったものを示す。グラフ中の直線はそれぞれの内装彩度のデータに対して指数関数で回帰したものである。すべての

回帰直線が重なっていることから、内装条件の違いによらず式()のように1つの回帰式で表現できることが示された。したがって内装彩度の違いが明るさ感に与える影響を、色モード境界輝度で表現可能であるといえる。

有彩色空間の明るさ感 =

$$\left(\frac{\text{有彩色空間 BL}}{\text{無彩色空間 BL}} \right) \dots ()$$

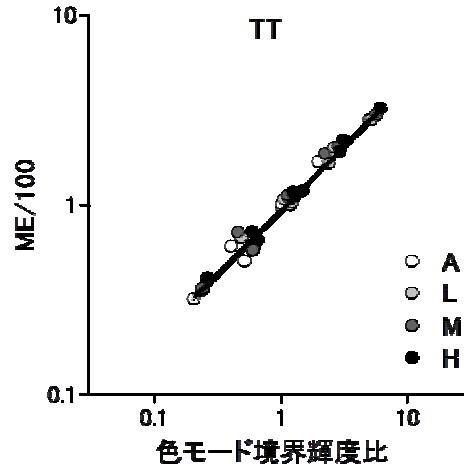


図4. 色モード境界輝度と明るさ感判定値の関係。

照明光の色と空間の明るさ感の関係

室内照明光の強度が同じであった場合、照明光の相関色温度が変化しても、色モード境界輝度には変化が見られなかった。ME による明るさ感評価値においても、ほど顕著な差は見られなかった。しかし照明強度が高い場合において、若干ではあるが照明光色の影響が見られ、高色温度であるほど ME 評価値が高く判定される傾向が見られた。と同様に色モード境界輝度比と明るさ感判定値の関係をみた場合、相関色温度の違いにより回帰線の傾きが若干異なるが、その差は軽微であった。したがって今回の手法では、相関色温度の違いによる明るさ感の微細な違いを表現するには十分ではないことが示された。

(2) 視野の輝度・色度分布計測システム

露出量の異なる 10 枚の画像を合成することで 0.1 ~ 10000cd/m² の範囲で輝度分布を取得できた。また CCD カメラの RGB 値から CIEXYZ 値への変換を線形にすることで、RGB 値が最小値 (0) 近傍、最大値 (255) 近傍であっても誤差の少ない変換が可能となった。また魚眼レンズを用いることで、上下および左右方向に 160 度の視野角で輝度・色度分布を取得可能となった。得られた CIEXYZ 値の分布から、xy 色度を算出し、CS-100A で得られた実測色彩値と比較した結果を図5に示す。実測値 () と計測システムからの計算値 () はよく一致していることから、作成した計測システムが正しく測定できていることが確認された。

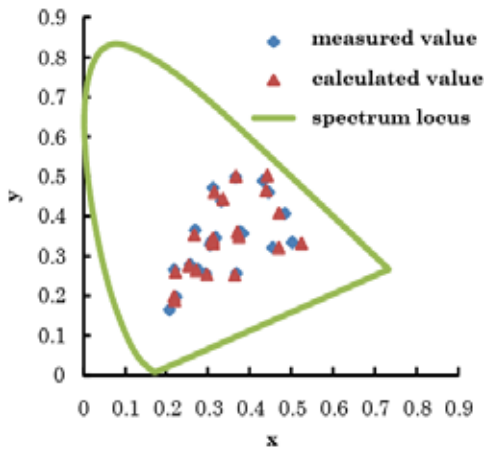


図5. 計測システムの色彩測定精度.

また xy 色度分布および u v 色度分布を計算し、視野中に同じ色度の画素がどの程度存在するかを示すヒストグラムを作成するプログラムを開発した。以上のシステムにより、視野の輝度分布だけでなく、色度分布も詳細に把握することが可能となり、空間の明るさ感に対する測光量の分布が与える影響を定量的に評価することが可能となった。

(3) 輝度・色度分布による明るさ感評価値の推定

(1)において色彩の影響が顕著であった内装家具の色彩を変化させた場合における明るさ感評価値を、視野の輝度・色度分布から検討した。これまでの研究において色モード境界輝度は視野の幾何平均輝度に比例して変化することが示されている。そこで各内装条件と内装Aの幾何平均輝度の比を横軸に、色モード境界輝度比を縦軸にとり、これらの関係を示したものが図6である。それぞれの内装条件における回帰直線を見ると、傾きは等しいが切片方向にずれており、彩度が高くなるほど切片の値も高い。つまり色モード境界輝度を幾何平均輝度から推定するためには、()式の切片Cの値が、色彩分布によって変化するように定める必要がある。

$$\log(\text{色モード境界輝度}) = \log(\text{幾何平均輝度}) + C \dots ()$$

ここで切片Cの値をu v 色度図上における視野の色度分布の広がりから検討した。図7は各内装条件における色度分布を示している。図8は各内装条件における色度分布図上での面積を内装Aの面積で除した値の対数値と、切片Cとの関係を示したものである。図8より、切片Cの値は式()で表現できることが示された。

$$C = \log(\text{色度分布面積比}) \dots ()$$

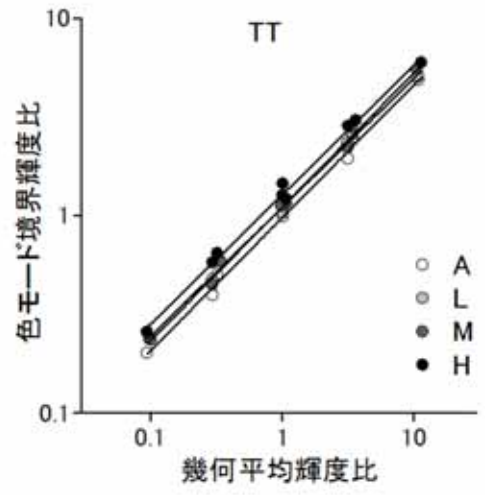


図6. 幾何平均輝度比と境界輝度比の関係.

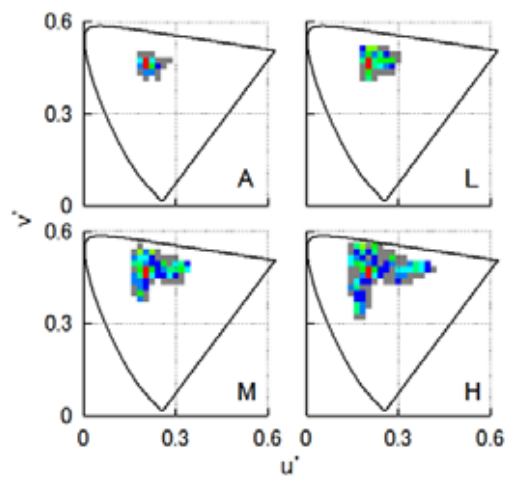


図7. 各内装条件における色度分布.

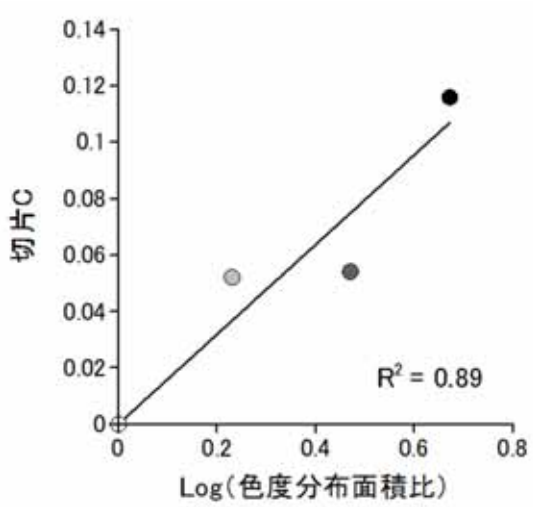


図8. 色度分布面積と切片Cの関係.

(4) まとめと展望

以上の()~()式により、内装家具の色彩が変化した場合における明るさ感を、視野の輝度・色度分布から定量的に推定することが可能であることが示された。

光環境の評価に関する研究分野においては、国内での研究のほうが海外よりも盛んであり、様々な評価方法が提案されている。本研究もそのうちの一つであるが、視野の測光・測色から心理評価までを一貫して行っている研究は少なく、本研究で構築した評価手法は、それぞれの評価手法を横断的に解析するためのツールとしても有効であると考えられる。

今後はより実際の生活環境に即した光環境において評価を行うことで、明るさ感の推定精度を向上していく必要がある。これにより照明環境の質の確保と省エネを両立していくことが可能になると期待される。

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)

[学会発表](計 14 件)

発表者名：明本学，発表課題：空間の明るさ感評価と色度・輝度分布の関係，学会名等：照明学会第 44 回全国大会，発表年月日：2011 年 9 月 15 日，発表場所：愛媛大学（愛媛県）

発表者名：高田英成，発表課題：家具色彩の違いが空間の明るさ感に与える影響，学会名等：照明学会第 44 回全国大会，発表年月日：2011 年 9 月 15 日，発表場所：愛媛大学（愛媛県）

発表者名：山口秀樹，発表課題：色モード境界輝度による照明環境評価，学会名等：日本建築学会近畿支部光環境部会(招待講演)発表年月日：2011 年 8 月 22 日，発表場所：東芝ライテック株式会社（神奈川県）

発表者名：Hideki Yamaguchi，発表課題：The effect of interior chromaticness on space brightness evaluated by border luminance of color appearance mode，学会名等：3rd China, Japan and Korea Lighting Symposium，発表年月日：2010 年 9 月 29 日，発表場所：ソウル(韓国)

発表者名：山口秀樹，発表課題：内装彩度の違いにおける空間の明るさ感評価，学会名等：照明学会第 43 回全国大会，発表年月日：2010 年 9 月 8 日，発表場所：大阪府立大学（大阪府）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 秀樹 (YAMAGUCHI HIDEKI)
立命館大学・情報理工学部・助教
研究者番号：60411229