影から判断する光のやわらかさ

STATE OF SHADOW THAT GIVES IMPRESSION OF SOFT LIGHT

加藤 未佳*, 関口 克明**
Mika KATO and Katsuaki SEKIGUCHI

It is a research of the impression of soft light judged seeing the shadow. Three facts became clear by the experiment. 1.The impression of soft light is not caused when the shadow is not perceivable. 2.The reflectivity of the plane of incidence of light doesn't control the impression. And, the evaluation is decided by guessing the entering quantities of light. 3.The shape of the object that makes the shadow doesn't influence the impression.

Based on the above result, it looked for the physical value in which it was able to explain the level of soft light. Then, the illuminance change ratio and the impression in the part that was the shadow of the object had the correlation. In this report, the illumination distribution calculated at intervals of 1mm was requested, and the value in which the difference between an arbitrary point and eight adjoining points is averaged is named S. Light with soft maximum value of S is an impression and correlates.

Keywords : soft light, shadow, illumination distribution, Change inclination

光のやわらかさ, 影, 照度分布, 変化勾配

1. はじめに

Louis I. Kahnは“Without light there is no architecture.”という言葉を残している¹⁾。空間へどのように光を取り入れるか建築設計を通して研究し続けた彼こそその言葉ではあるが、光と影のコントロールによって空間の印象が変わる事は、建築空間を計画する立場のものであれば、誰もが実感するところであろう。照明技術の発達した今日では、以前にも増して光は当たり前のように存在し、それほど意識には上らないかもしれないが、建築空間の印象を決定付ける大きな要素の一つである。

しかし、空間印象と言う観点での照明計画及び評価手法は、未だ確立されていない。現行の指標²⁾は、水平面照度やグレアインデックス、演色性等の視作業の安全性や利便性、不快要素を取り除くという意味での快適性に主眼を置いたものが主であり、これだけでは空間印象を思い通りにコントロールすることはできない。

筆者らが照明計画に携わっている20～60代の男女を対象に行ったアンケート³⁾によると、図1に示すとおり現行の照明計画手法に60%もの人が不満を抱えており、その一番の理由に「判断材料の不足」が挙げられた。更に計画を決定する要因を尋ねると、「基準や法律」の7%に対し、「自分の経験や勘、好み」が31%と感覚的なものが多く、現行の指標の不十分さを裏付ける結果となっている。

これまで増加の一途であった光量は、昨今の電力事情により節電傾向に向かうと予測され、部屋全体を均一に明るく照らすという味気ない空間ではなく、光量を少なくしたからこそ生まれる陰影に基

図1 照明計画に関するアンケート結果

* 独立行政法人建築研究所 専門研究員・工博

** 元 日本大学理工学部 教授・工博

Research Specialist, Department of Environmental Engineering, Building Research Institute, Ph. D.
Former Prof., Dept. of Architecture, College of Science and Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

づき、感動をもよぶ光の情景を生み出していくことが、今後の光環境の発展の道と考える。環境工学的視点で、意匠や計画論で扱ってきた光が導く印象を論理的に解明することが可能となれば、照明計画は違ったものとなるだろう。現状では、環境工学としてまだ説明できていないが、建築の何らかの視覚的現象に基づくものに違はなく、物理的に説明できるはずである。以上を起点に、本研究では光の空間印象の一つとして「やわらかさ」を取り上げ、その印象を導く要因として影に着目し検討を行った。

2. 既往研究について

2.1 光の分布の定量化と空間印象に関して

環境工学的立場から光の性状の記述や定量化を試みた研究は多い。代表的なものにベクトル照度⁴⁾や、三木らのキュービックスモデル⁵⁾等がある。これらは、光の方向や密度を示す物理量であるが、視覚的な印象との関係までは言及されていない。戸倉らの研究⁶⁾でもベクトルを用いているが、空間毎の光の特徴を示すに留まっている。

一方、計画的な観点では小泉らが、自然光によって作り出された様々な空間を例としてあげ、その光の特徴を「充滿光」や「包圍光」などいくつかのタイプに分類している⁷⁾が、物理量との関係は示していない。

2.2 光の「やわらかさ」に関する研究

光の「やわらかさ」を示す指標に、モデリングのベクトル・スカラー比⁸⁾がある。これは、前述のベクトル照度による光の方向の強さを基にしたものであるが、筆者らの研究⁹⁾でも示したとおり、光の方向が拡散していることと、光の性状が拡散していることを区別出来ず、心理量との対応が取れないケースがある。同時にこれは物体にできる陰を対象としており、空間印象とは直結しない。

また、画像処理の分野などでは輪郭をぼかす効果を「ソフトネス」等と呼び、やわかい印象を生み出す手法として一般的ではあるが、あくまで2次元の画像の印象にすぎない。画像に現れる輝度変化は入射光量と反射率掛け合わせにより決定されるが、その内訳の違いを示すことはできない。一方、空間印象の場合、反射率100%の面の100(cd/m²)の部分と、反射率50%の面の100(cd/m²)の部分は別のものとして認識し、入射している光の強度が異なることを人間は知覚する。そのため、2次元の画像処理の知見をそのまま空間印象に適用することはできないと考える。

3. やわらかさを感じるの要因

3.1 やわらかさの判断要因の検討(実験①)

光の状態を表す言葉として「やわらかい」という表現はよく用いられるが、空間における光のやわらかさを示す指標はない。そこでやわらかいという空間印象は何によって誘引されるのか、その手がかりを探るため、まず基礎的な検討を行った。

(1) 実験装置概要

図2に示す通り、拡散した光が一方の面から入射する空間Aと方向性の強い光が向かい合う二方向から入射する空間Bを作成した。ここで、光の方向が異なる条件とした理由は、2.2でも示した筆者らの研究⁹⁾により、ベクトル・スカラー比で算出される結果と心理評価が異なり、既往の手法では説明できない状況下で検討を行うためである。

光源は、空間Aが蛍光灯(10W×7本, 4200K)を設置した照明BOXの表面をトレーシングペーパーで覆い透過拡散面としたものと、空間Bはレフタイプのコンパクトメタルハライドランプ(70W×2個, 4200K, PHILIPS)である。

空間の大きさはH:450×D:450×W:450(mm)とし、内壁面には反射率3%のビロード、天井及び床面は反射率82%の白い不織布(MBS テック)を貼り均等拡散面とした。尚、空間の床面中心に球(φ=7cm)を設置した。

図2 実験①に使用した実験装置(空間A、空間B)

図3 実験①における提示画像

(2) 評価方法

提示空間を直接観察の上評価する予定であったが、光源色の微妙な違いが印象を左右してしまう事が懸念されたため、グレースケールに加工した写真による評価とした。提示した画像は図3に示す真上から床面を撮影したものである。2枚の画像をプロジェクター(PLUS U2-X2000)を用いて投影した。なお、画像を使用した事により、高輝度部分の諧調値が頭打ちになるため、画像全体の対比は実際よりも小さい。ただ、どちらの提示画像も平均輝度を揃えて投影する事とし、空間Aが191.5(cd/m²)空間Bが189.5(cd/m²)である。

評価項目は光の「硬さ⇔やわらかさ」とし、シェッフェの一对比較法により-3(非常に硬い)から+3(非常にやわらかい)の7段階で評価を行った。また、評価した後評価の理由を自由意見として記述させた。被験者は20代の男性10名である。

(3) 実験結果と考察

図4に結果を示す。空間Aの方が空間Bよりやわらかいと判断され、自由意見より評価の理由を探ると、やわらかいと感じる要因に「影のグラデーション」や「影の出来方」、抽象的な記述では「ぼわつとした感じ」などが挙げられた。このことより「光のやわらかさ」を感じるの手がかりとして床面に映る影の存在が大きいと考えた。

図4 実験①結果

3.2 影の有無による評価の違い(実験②)

実験①より光のやわらかさを判断するのに影の状態が一つの手がかりになっている可能性が示された。この仮説を確かめるため、影の有無の影響を検討した。

(1) 実験空間の概要及び評価方法

実験空間の寸法は実験①と同様である。ただし、今回は空間を直接観察した上で評価させる為、光源をコンパクトメタルハライドランプ (70W × 2, 4200K, PHILIPS) に統一し、色温度の評価への影響を避けた。光源と観察空間の間に透過拡散面 (乳白アクリル板) を挿入し、拡散した光が一方の面から入射する空間 C (図 5 参照) と、向かい合う二方向から方向性の強い光が直接観察空間に入射する空間 B (実験①と共通) とを用意した。つまり、光の条件としては実験①と近似した環境である。この二つの光の条件に対し、パターン I は実験空間内に何も置かれていない状態で評価を行い、パターン II では床面中央部に球体を置いての評価とした。床面は反射率 83% の白いツイル生地である。なお、設置した球体は表面の反射光が判断に影響しないよう濃グレーの高濃度ウレタン素材を用いた。大きさは直径 10cm である。

図 5 実験②で使った実験装置

図 6 パターン I と II の違い (実験②)

評価は実験①同様シェッフェの対比較法を用い「光のやわらかさ」について -3 から +3 の 7 段階で行った。尚、同時に評価の理由を自由意見として記述させた。また、実験①は空間上部から床面を観察するアングルでの評価であったが、今回は空間の壁面にある H:300 × W:300 (mm) の開口部の外側から観察する。被験者の観察位置は、開口部から 1000 (mm) 離れた地点で、視線高さは実験装置床面から高さ 200 (mm) に設定した。被験者は 20 代男性 4 名女性 5 名の計 9 名である。

(2) 実験結果と考察

結果を図 7 に示す。評価空間に何も置かれていないパターン I では評価に差がない。一方、床面中央部の球体をついたパターン II は、評価に差が出ている。被験者の自由意見によると、球体の置かれていないパターン I は印象を決定するのに手がかりが無く、とても難しいとの意見があり、また信頼区間が小ささいことから、被験者に判断のゆらぎがないことが分かる。これは床面に広がる光の分布だけでは、双方の違いを判断するのに十分な視覚情報を得られず、どちらも同じ評価となったということである。

しかし、球体置くことで評価がし易くなる。球表面の反射率が低いことを考慮すれば、床面に落ちた影の状態によって光の状態を

図 7 実験②結果 (左: 球体なし、右: 球体あり)

把握し、それを手がかりに判断が可能となったと考えられる。なお、評価の傾向は実験①の結果と一致する。

3.3 床面の反射率の影響 (実験③)

光の「やわらかさ」は、床面等に影ができることで判断がしやすくなり、その状態が評価に関わっている事を実験①及び②で示した。しかし、入射する光が等しくとも、床面の反射率が変化すれば、眼に映る情報は異なる。この変化が印象の変化に影響するか検討するため実験を行った。

(1) 実験条件と評価方法

実験②で用いた空間 B, C を用いて、床面の反射率だけを変化させた。床面の素材はツイル生地とし、反射率は高い方からホワイト (W):83%、ライトグレー (LG):53%、グレー (G):18% の 3 種類である (図 8 参照)。全て条件において、床面中央部に実験②と同じ球体をついての評価とした。評価方法及び被験者も実験②と同様である。

条件名称	ホワイト (W)	ライトグレー (LG)	グレー (G)
床面反射率	83%	53%	18%
評価空間イメージ図			

図 8 実験③における床面反射率の違い

(2) 実験の結果及び考察

図 8 を見ると評価の違いは照明条件の違いに基づくものであり、床面の反射率を変化させても、同じ光の状態であれば「やわらかさ」の評価に明確な差が見られなかった。一般的に印象評価には、眼に映る映像そのものを解析するという視点から輝度との対応が高いケースが多い。今回の結果だけでは断定できないが、知覚した輝度を基に、床面反射率の情報を組み合わせて、入射している光を推察することで、光の「やわらかさ」を判断した可能性がある。

図 9 実験③結果 (床面反射率の違いによる影響)

4. 影の変化と「やわらかさ」の関係

4.1 透過特性による影の変化 (実験④)

①～③の実験により、光の「やわらかさ」を判断するのに影が有効な手段である可能性が示唆された。また、影から入射光量の予測していると考え、一般的に視覚情報を検討する際に用いられる輝度よりも照度を用いる方が矛盾が生じない。実験④では、照度分布に変化を生じさせるために、透過特性 (透過率・拡散の程度) の異なるアクリル板を複数枚用意した。一方向から平行光を照射し、光源と評価対象空間の間にアクリル板を挿入した場合としない場合の床面照度分布から影の特徴を探ると共に、光の「やわらかさ」の印象がどのように変化するか検討した。

(1) 実験装置の概要及び評価方法

①形状及び共通条件

評価実験に使用した空間を図 10 に示す。右側は W:450 × D:450 × H:450mm の観察空間で、光源面の状態が評価に影響を与えないよう W:270 × H:270mm の開口から床面を観察する。左側の空間は W:600 × D:450 × H:600mm の大きさで、コールドミラー付ハロゲン球 (200W ENDO 製) が設置されている。また、影を作るために φ:100 × H:100mm の円柱 (発泡スチロール) を用意した。物体表面の反射の影響を避ける為、表面を黒のジェッソを塗装し拡散反射面とした。

図 10 実験④に用いた装置

図 11 評価空間の提示方法

表 1 アクリル板透過率・透過性状

	1	2	3	4	5
透過率 (%)	100	86	76	55	30
拡散の程度 (イメージ図)	正透過	半拡散	完全拡散		

表 3 実験④-Ⅱの提示組み合わせとその床面照度分布

		透過率／拡散の程度		
		100%／透過	76%／完全拡散	30%／完全拡散
色／壁面反射率	黒／6.6%	b1	b3	b5
	グレー／52%	g1	g3	g5
	白／94%	w1	w3	w5

表 2 実験④-Ⅰの提示組み合わせとその床面照度分布

		透過率／拡散の程度				
		100%／透過	86%／半拡散	76%／完全拡散	55%／完全拡散	30%／完全拡散
	b1	b2	b3	b4	b5	

②影の状態を変化させるための物理条件

影の状態変化は光の拡散状況に起因する。そこで、透過率及び拡散の程度の異なるアクリル板 (クラレ製、パラグラス) を 4 種類用意した。表 1 に示すとおり、透過率はアクリル板を挟まない 100% と、その他 4 段階とした。拡散の程度は、1 のアクリル板を挟まない状況を「透過」とし、2 はアクリル板を通して物体を見た際に像がややぼやけるため「半拡散」、3～5 はアクリル板を通すと反対側の像が全く把握できないので「完全拡散」と分類した。

また、空間に満ちる拡散光の量を変化させるため、壁面の反射率も変化させた。素材は拡散性の高い紙から 3 段階の異なる反射率 (NT ラシャ スノーホワイト:94%、グレー 30:52%、ミューズ ハイブラック:7%) の物を選んだ。なお、床面は影を知覚しやすいように、同じ素材のスノーホワイトを用いた。

評価対は表 2 (実験④-Ⅰ) の 5 種類の組合せと、表 3 (実験④-Ⅱ) の 9 種類の組合せで分けて行った。照度分布は、当初小型センサータイプの照度計を複数組み合わせで計測したが、サンプリング間隔が荒すぎて影の傾向を抽出することが困難であったため床面が均等拡散面の際に照度と輝度の対応が取れることを利用し、照度分布を算出することとした。輝度測定はデジタルカメラ (NIKON COOLPIX995) を用いた輝度分布測定ツール¹⁰⁾で行った。

被験者は図 11 の様に、空間の外から開口を通して床面の影を観察する。目の高さを実験装置の下端から 180mm (開口部の 2/3 の位置) に統一し、視線は床面に向けるよう指示した。評価方法は、シェッフェの対比較法とし、光の「やわらかさ」を -3 から +3 の 7 段階で評価させた。被験者は 20 代男女各 5 名の計 10 名である。

(2) 実験結果及び考察

実験④-Ⅰの心理評価結果は図 12 に示すとおり、拡散の程度が大きく異なる b1～b3 は相互に有意差があり段階的に変化する。正透過の b1 が一番硬く、半透過の b2、完全拡散の b3 と続く。しかし透過率のみが異なる完全拡散の b3～b5 はほぼ差がない。このことより、透過率による影の変化より、拡散の程度に起因する影の変化の方が「やわらかさ」の印象に影響が大きいといえる。

実験④-Ⅱの結果を図 13 に示す。同じアクリル板を使用したパターン同士の比較を b1～w1、b3～w3、b5～w5 と見るといずれもほぼ同等の評価であり、壁面反射率の変化の影響が少ない事がわかる。

図 12 実験④-Ⅰ結果

図 13 実験④-Ⅱ結果

さらに、印象評価を行った空間における物理的特徴を探るため、影の部分の中央列断面の照度変化を検討した。図 14 に拡散の程度が異なる b1、b2 及び b3 を示す。これを見ると、b1 は影の部分の後半で急激な立ち上がりを見せ、b2 は途中まで b1 と同じ軌跡を辿るが、カー

ブを描いて立ち上がる。それに対し b3 は立ち上がりの位置が異なり、影の開始点からゆったりとなだらかに照度が増加している。この影の立ち上がり方とやわらかさの印象に関係があると考えた。

反射率の異なる b1、g1、w1 を図 15 に示す。壁面反射から得られる拡散光は理論上全表面に均一に入射するため、影の始点の照度が上昇している。しかし、影の立ち上がりの形状は、いずれも近似しており、印象に違いがない傾向と対応している可能性が高い。

図 14 照度変化 (b1, b2, b3)

4.2 照度分布の特徴の検出

(1) 検討方法

以下において、前節で述べた影内部に生じる照度変化の勾配に現れる特徴を「影の傾き」とし、その算出手法を検討する。4.1 では、物体の形状が左右対称であったため、影内における中央列の照度変化を代表値とすることが可能だったが、物体の形状が左右対称ではない場合などは、中央列が適切に選出できないといった問題が残る。物体の形状に因らず「影の傾き」を検出するため、各点における周囲 8 点との差分の平均をとり (図 16 参照)、分布の中で最も大きな傾きを検出し、その値と光の「やわらかさ」の心理量結果との関係を検討した。

図 16 影の傾き算出イメージ

照度分布の計測範囲は床面全体であるが、影の特徴を的確に把握するため、くっきりした影である b1 の全体が入る大きさを基準とし、影の伸びる方向に 230 × 230mm の領域を対象に解析した。なお、物体近傍は値が安定せず不確定要素が多いため物体の中心より 50mm 離れた地点からとしている。サンプリング間隔は 1mm である。

上記の過程で算出した影の傾き S_{max} と心理量との関係を図 17、18 に示す。相関係数が実験④ - I の結果が $R=0.98$ 、実験④ - II の結果が $R=0.94$ となり、光の「やわらかさ」と高い相関をとった。

図 17 影の傾きとやわらかさの関係 (実験④ - I)

図 18 影の傾きとやわらかさの関係 (実験④ - II)

なお、印象を説明する物理量の検討として、ここまで照度を用い

て説明してきた。ただ、実験③の結果のみをみると、照度の「影の傾き」と輝度対数の「影の傾き」のどちらでも同様の傾向を示すため、照度が優位とはいえなかった。しかし、実験④の結果と併せてみることで、照度の場合は実験③も④もリニアスケールで共通の傾向を説明できるが、輝度では同じ光の「やわらかさ」の印象を持つ者同士の共通性を実験③では対数スケール、実験④ではリニアスケールと異なる視点でしか説明ができない事が判る。このことから、照度～求めた「影の傾き」の優位性が示された。

4.3 物体形状の影響 (実験⑤)

物体形状が異なる場合において、4.2 で提案した影の傾きと光の「やわらかさ」が対応するか検討した。

(1) 実験装置条件

実験装置は、実験④で検討した b1・b3・b5 と空間と光の状況は同一条件とし、観察空間の床中央に置く物体形状を、球 ($\phi=10\text{cm}$) と円柱 ($\phi=10\text{cm}$, $h=10\text{cm}$)、立方体 ($h=10\text{cm}$, $w=10\text{cm}$) の 3 種類用意した。いずれも光沢がないように表面をジェッソで黒色に塗装している。評価を行った組合せを表 4 に示す。

表 4 実験⑤における評価組み合わせ

	透過率／拡散の程度		
	100%／透過	76%／完全拡散	30%／完全拡散
球			
円柱			
立方体			

評価は実験④と同様の視点位置から観察し、シェッフェの一対比較法で全 9 条件 72 対を対象に -3 ～ +3 の 7 段階で回答してもらった。被験者は 20 代男女各 5 名の計 10 名が対象である。

(2) 実験結果

実験⑤における全 9 条件の影の傾き S_{max} を算出し、光の「やわらかさ」の評価結果との関係を図 19 に示す。これを見ると、物体の形状が変化しても、照射される光の状況が変化しなければ、光の「やわらかさ」の評価に変化がなく、空間毎に評価が纏まっている。同時に、影の傾き S_{max} もほぼ同様の値をとるため、相関係数が 0.99 と双方に対応が見られる。つまり、物体の形状が変わったとしても実験④と同様に、空間の特徴をうまく表現する可能性が高い。

図 19 実験⑤における影の傾きと光の「やわらかさ」の関係

5. まとめ

本報では、光が「やわらかい」という印象を影から検討した。実験の結果より、光の状態は空中では知覚しづらいことから、何かを媒体として出現した陰影を知覚し、その性質を予測して感じている可能性が高いと考えた。

実験結果より明らかとなったのは、①陰影を知覚できない場合は光が「やわらかい（硬い）」という印象は生じないということ、次に②影の出来る面の反射率の影響を受けず、入射光量を予測して評価しているということ、③そこに置かれる物体の形状は、光の性状の印象に影響しないこと、④物体によって光が遮られる部分の陰影が印象の手がかりとなっているといった事項である。これらを基に、光の「やわらかさ」を説明できる物理量を探ったところ、影内における照度分布の変化割合の程度を表す S_{max} との相関がみられた。

今回は、一方向から光が到来する条件を中心に検討したため、複数の方向から光が到来する場合は、今後更に検討が必要ではあるが、実験②の結果をみるとやわらかいという印象は、入射する光の状態が拡散していることが一番大きく影響し、入射する方向が拡散している事（2方向から到来する等）は影響が少ないといえよう。また、少々飛躍して述べるならば、部屋全体が均一に照らされている様な空間では、光が「やわらかい」などと言った印象を生み出すことが出来ないとも予測できる。

2011年の東日本大震災以降、お金をかければいくらでも使用できると思っていた電力が、限られた電力を優先順位をつけて融通し合う方向に進んだ。過剰照明と言われながらも、部屋全体を隅々まで照らしてきたこれまでの照明計画から、否が応でも脱却しなければならない。限られた光束を空間にどう配置するか、と考えると部屋全体を均一にという提案は少なくなっていくであろう。しかし、それは、光の濃淡を感じられる空間であり、本研究の結果に基づけば、今までは失っていた、光が「やわらかい」等の印象が生まれる可能性がある。光量はあくまで物理量だから、増減すること事態は豊かさに関係ないが、我々の感性を刺激する要因が空間にプラスされるのであれば、これは豊かな方向へ進むのだと考えられるのではないだろうか。本報では、光の「やわらかさ」を取り上げ、基礎的な検討の結果を報告したが、今後更に実空間への適応などを含め複雑な状況下での検討を進めていく予定である。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、平成17年度日本大学大学院理工学研究科建築学専攻修士生である木村真由子氏の多大なる協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) ウルス・ビュッティカー著 富岡義人・熊谷逸子訳：ルイス・カーン 光と空間、鹿島出版会、1996.9
- 2) CIE規格 ISO/CIE 屋内照明基準と照明計画：CIE S 008/E-2001 “Lighting of Indoor Work Places”
- 3) 木村真由子 他：計画者と居住者を対象とした住居の光環境に関するアンケート調査から見た照明計画の現状、日日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 pp.419-420, 2004.9
- 4) 乾正雄著：建築設計講座 照明と視環境、理工図書株式会社 p.122 1978
- 5) 三木保弘 他：光環境のキュービッックモデル－その1モデルの提案と試行－、日本建築学会計画系論文集 第505号 pp.15-21, 1998.3

- 6) 戸倉三和子 他：伝統的民家と現代住宅の和室における室内照度分布の比較検討、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 pp.335-336, 2003.9
- 7) 小泉隆 他：自然光の構成とその知覚状態から見た建築空間におけるまとまりと方向性を与える自然光タイプ、日本建築学会計画系論文集 第482号 pp.95-103, 1996.4
- 8) C. Cuttle: Lighting patterns and the flow of light, Lighting Research and Technology vol.3 no.3, pp.171-189, 1971.9
- 9) 木村真由子 他：光の印象評価要因に関する研究－Cuttleのベクトル・スカラー比と光の印象（明るさ感・やわらかさ・強さ）との関係－、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.419-420, 2005.9
- 10) 加藤未佳 他：光の方向性に着目した空間の明るさ感に関する研究 その2. デジタルカメラを用いた測定ツールによる明るさ感の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.395-396, 2002.8

(2012年7月9日原稿受理、2012年11月30日採用決定)