

照明条件による陰影変化がミュージアムでの立体物観賞に与える影響

How Perceptual 3D Shape of Object Is Affected by the Variation of Shade and Shadow Caused by Illumination Condition of Museum?

菊谷悠太*¹
Yuta KIKUYA

川嶋稔夫*¹
Toshio KAWASHIMA

*¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

We empirically know the impression of 3D objects may change depending on illumination condition. An illumination condition generally consists of direct lighting and indirect lighting. In the study, we examine how the balance of direct and indirect lighting affects the stereoscopic sensation when we observe white plaster casts. We used a cone, a Buddha face, and a cuboid in the experiment. The experimental results indicate that the balance of two lights depends on the continuity of object surface.

1. はじめに

人間は立体物を観察する時に物体表面の陰影情報を頼りに立体情報を得ることができる。照明が点光源の場合は、見ている物体表面に光を当たらない部分を作れば、物体表面に影(Self-Shadow, Core-shadow)を発生させることができる。照明が強度のことなる複数の場合は、弱い照明の方向から物体を照らした部分が陰影(Shading)となる。

博物館などの建物の中では観賞の際、展示物に対する直接照明のほか、照明光が壁などで再反射した光も物体表面照射される。本研究では、直接照明を主照明、再反射を副照明と呼ぶことにする。博物館では通常は展示物に対する主照明と副照明がある環境で展示を観察している。このとき、主照明と副照明のバランスをどのようにすれば対象を観賞しやすいであろうか。

本研究では、対象を立体物として、どのような照明条件下において立体感を強く感じられるかを実験した。主照明と副照明の配置を固定し、7段階の副照明の強度に対し、主照明の強度を変えながら、もっとも立体感を感じる明るさになるよう被験者に調整してもらった手法で実験を行った。

1.1 装置

電球(直径 4cm,100V,90W,クリプトン球)を 3 個配置し、1 個を主照明、2 個を副照明として用いた。透明拡散板と調光器で照明の分布と強度を調節する。また、測光器で対象物付近の照明強度を記録する。装置は図 1 のように配置した。副照明の電球 2 個(S1, S2)には拡散板 2 枚をそれぞれ発光部の前面に配置し実際の環境照明を模擬するようにしてある。主照明(M)には拡散板は使用しない。調光器は主副照明の明るさを調節するために使用する。副照明は、2 個とも同一強度で変化する。

形状の特徴による差異を調べるために、表面が曲面の例として円錐と仏面を、多面体の例として直方体を対象物に選んだ。これらの対象物は石膏で作られたものである。

1.2 手続き

5名の大学生を被験者とした。7 段階の副照明強度(0lux,

1lux, 2lux, 5lux, 10lux, 20lux, 50lux), 3 種の対象物(円錐, 直方体, 仏面)の条件下で、被験者は主照明の明るさを物体の立体感が一番感じるように調整するよう教示された。

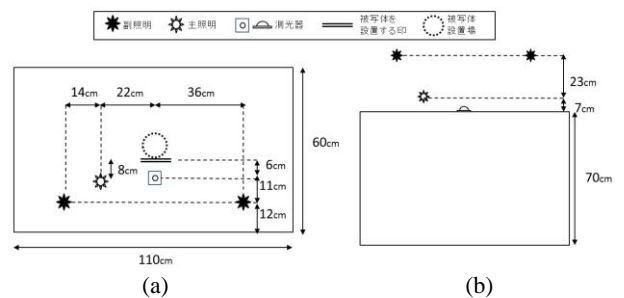


図 1. 使用した照明装置

(a) 真上から見た装置, (b) 真横から見た装置

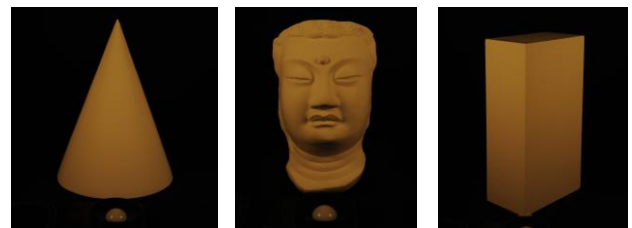


図 2. 使用した対象物. (a) 円錐, (b) 仏面, (c) 直方体

表 1. 立体感を感じる陰影の条件

対象物	立体感を感じる条件	人数	被験者
円錐	表面の明部が白飛びせず、暗部がはっきりしているとき	4	A,B,C,D
	陰影が生じ始めたとき	1	E
仏面	表面の明部が白飛びせず、暗部がはっきりしているとき	4	A,B,C,D
	陰影が生じ始めたとき	1	E
直方体	3面の明るさが異なるとき	3	B,C,D
	側面2面の明るさが同じで底面と明るさが異なるとき	1	A
	陰影が生じ始めたとき	1	E

連絡先: 菊谷悠太, 公立はこだて未来大学, 北海道函館市亀田中野町 116-2, 0138-34-6448, g2114009@fun.ac.jp

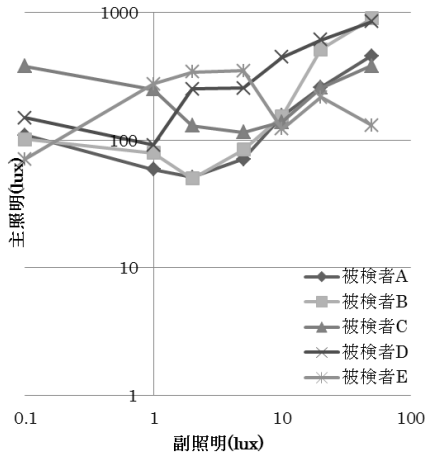


図 3.円錐の実験結果

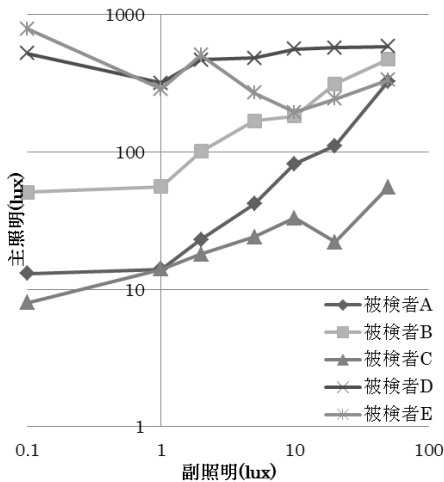


図 4.仏面の実験結果

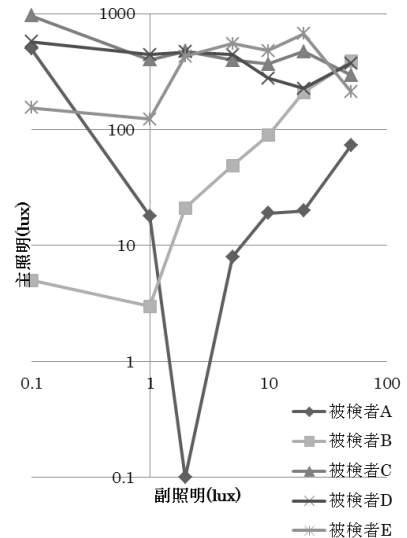


図 5.直方体の実験結果

2. 結果

まず、被験者 5 名(A-E)が各対象物の陰影がどのようなときに立体感を感じるか集計した結果を表 1 に示す。表面が曲面である円錐と仏面の場合、立体感を感じる条件として一番多かったのは、「表面の明部が白飛びせず、暗部がはっきりしているとき」で一致した。それに対し、表面が平面で構成される直方体の場合、立体感を感じる条件として一番多かったのは「3面の明るさが異なるとき」と円錐や仏面の場合とは異なっていた。

図 3-5 は、円錐、仏面、立方体について、被験者が調整した主照明と副照明の関係を示している。ただし副照明の 0lux はグラフ上 0.1lux と作図している。

図 3 の円錐の場合、被験者 A,B,D に共通する傾向として、副照明の明るさが 2lux から 50lux の範囲で、主照明の明るさが単調増加するように調整する傾向にあった。また副照明の明るさが 2lux 以下の範囲では、副照明に対し主照明が単調減少するように調整している。被験者 C も概ね同様の傾向である。これら被験者 A,B,C,D は、立体感を感じる条件が「表面の明部が白飛びせず暗部がはっきりしているとき」と答えている。

図 4 の仏面の場合、副照明の明るさ 1-10lux に変化させると、被験者 A,B,C,D は副照明に対し明るさが概ね単調増加するように主照明を調整していた。

一方、図 5 の直方体の場合、副照明の明るさを変化させても被験者 C,D は主照明の明るさがほとんど変化させていない。被験者 A,B,E はそれぞれ異なる傾向を示している。

3. 考察

円錐と円柱の場合は 5 名中 4 名の被験者が同じ基準で立体感が強いと感じていること回答した。直方体の場合は、「3面の明るさが異なるとき」が多かったものの、立体感を感じる基準はさまざまであった。

円錐では、立体感を感じる評価基準が「表面の明部が白飛びせず暗部がはっきりしているとき」であることから、副照明が 0lux の場合、副照明の明るさを主照明の壁面での間接光によって補おうとして傾向が逆転したものと考えられる。

直方体は、傾向にばらつきがあるが、曲面とは異なり構成する各平面の輝度が均一になってしまうことから、陰影に基づいて立体認識するのが難しいことが推察される。

曲面で構成される物体と多面体の立体感認識における差異は、面法線と陰影の関係に原因がある。立方体は可視面の面法線は最大 3 方向で、面法線の方向が変化する稜線を境に急激に変化する。この急激な変化が立体感認識を困難にしていると考えられる。一方、曲面物体では陰影情報が喪失しないように白とびの起きない輝度で、かつ、法線情報が推定できる陰影をもち、物体の輪郭推定に必要な環境光強度が与えられるような照明条件が有効であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、主照明と副照明のバランスをどのようにすれば対象を觀賞しやすいか調べた。主照明と副照明の配置を固定し、7 段階の副照明の強度に対し、主照明の強度バランスを変えながら、もっとも立体感を感じる明るさになるよう被験者に調整してもらった手法で実験を行った。対象は円錐、仏面、直方体を対象に実験を行った。円錐と円柱の場合は被験者が同じ基準で立体感が強いと感じていることがわかった。直方体の場合は、立体感を感じる基準はさまざまであることがわかった。このように曲面で構成される物体と多面体の立体感認識が異なるのは、面法線と陰影の関係に原因があると推察される。今後、被験者を増やしていき、照明強度の変化が立体物の観察に及ぼす影響について調査する予定である。また、対象物を多面体と表面が曲面のものを使用した、対象物が部分的に両方の形を含んでいる物体も使用して実験を行う予定である。