

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730166

研究課題名(和文)空間の明るさと影の知覚に基づいた明度知覚モデルの構築

研究課題名(英文)Lightness perception based on perception of shadow and perceived brightness

研究代表者

徳永 留美(TOKUNAGA, RUMI)

立命館大学・立命館グローバル・イノベーション研究機構・研究員

研究者番号：80573914

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：私たちの生活の場面において、屋内、屋外を問わず影や陰影が存在している。私たちは時に影をみることで、その空間が強く、または弱く照明されていると推測する。本研究では、影の濃淡に着目し、影の濃淡が空間の明るさ感に影響を及ぼすのかについて検討した。実験では、4種類の異なる濃淡の影と3種類の異なる照度から成る空間を刺激とし、影の濃淡による空間の明るさ感を測定し、多次元尺度法によって分析した。結果から、空間の明るさ感、物理的な明るさだけでなく、影の濃さによって変化する事が示された。このことは、私たちが普段の生活で意識していない影が、空間の明るさ知覚において視覚情報として役立っていることを示唆している。

研究成果の概要(英文)：We see shadows everywhere. Shadows are the visual response to an absence of light, in other words, all shadows are intangible. We usually don't pay attention to shadows, but we sometime can aware that a space is brightly illuminated by seeing dark shadows. It is not revealed how shadow affects our brightness perception of a space. In this research, we tested whether the perception of shadow affects the perception of brightness of a space. Using multidimensional scaling we analyzed the dissimilarity structure produced by different intensity of illuminances and shadows. Experimental results showed that the apparent brightness of the space was proportional to the intensity of illuminance and to the shades of shadow. It indicates that our visual system uses information of shades of shadow to estimate the apparent brightness of the space.

研究分野：視覚情報処理、感性工学

キーワード：影の知覚 空間の明るさ感 照明の認識 輝度勾配 明度知覚

1. 研究開始当初の背景

これまでの明度知覚に関する研究の多くは、その刺激が2次元上に呈示されている。例えば、図1a~cの中央の三角で示す部分から目に届く光の量である輝度は同じであるが、私たちは、それが異なる明度(明暗)の表面であると判断する。特に、aの三角はbよりも白く、bはcよりも白く知覚される。しかし、この平面画像の影とその表面の知覚された明度を予測するモデルは、現在に至っても確立されていない。既存のモデルは、刺激の輝度などの物理的特性に基づいた低次の視覚処理が基になっていることが、その不完全性の要因であると考えられ、空間の認識などの脳の高次の視覚処理を考慮することが必要である。

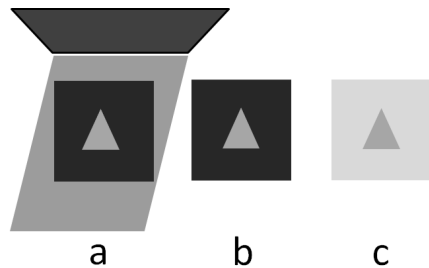


図1 明度対比現象

明度知覚研究において空間の明るさや視覚情報の認識に基づいた研究結果から、物体表面の明度知覚には、表面の反射率に対応する次元と明るさに対応する次元があるという報告がある。また、明度が、私達の空間の明るさの認識を基に、判断されるという報告がある。いずれも実空間における実験であり、空間の明るさの違いに対応した明度判定の応答が得られている。観察環境の視覚情報は、物体の表面や壁、また影も含まれている。本研究では影に着目した。図2は立方体が2つ置かれており、aの方がbよりも明るい場所にあるという印象をもつ。これは、影の濃さの違いが空間の明るさの印象に影響したと考えられる。図1や図2のように、私たちは影自体を意識することはないが、影の存在で空間の明るさの認識、さらにそれに基づいた物体表面の明度知覚が大きく異なることは事実である。

本研究は、影の存在が私たちの空間の明るさ知覚、しいては明度知覚にどのような影響を与えるのかを、心理物理学的手法により測定し、定量化を試みる。

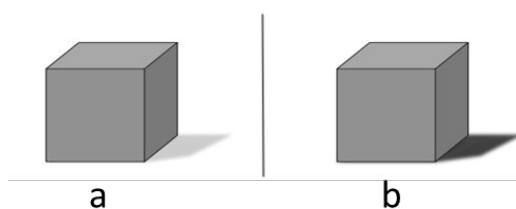


図2 影と空間の明るさの印象

2. 研究の目的

私たちは物体の影を意識的に見ることはないが、そこから空間を照らす光の強さや、そ

こに置かれている物の明度などを判断している。本研究では、実際の物体と照明を使用し、空間において影が空間の明るさ知覚や物体の明度知覚に及ぼす影響を、多次元尺度法による解析で定量的に示し、それらの関係性を体系化する事を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 実験装置

実験は、外光の影響を受けない暗幕で覆われた暗室において実施した。暗室の天井にはプロジェクタ(JVC社製のDLA-X95R-B)が設置され、プロジェクタからの光は天井に設置されている鏡に反射し、机の上に置かれた視覚刺激である物体に対して垂直に投射された。

(2) 参照刺激とテスト刺激

実験で使用した視覚刺激の正面図を図3に示す。刺激は4つの領域から構成されている。左側のR1とR2の2領域を参照刺激、右側のT1とT2の2領域をテスト刺激とした。そして、参照刺激とテスト刺激が中央において線対称になるように物体や影を図3の示すように配置した。

図3の4つの領域に置かれた黒色の部分が、影を差す物体である。物体は上から照らされるプロジェクタからの光を反射しないように黒いフェルトで覆われた。また、プロジェクタの光によって床面に物体の影が差すのを防ぐために台形の物体を採用した。図中の黒矢印で示した灰色の部分、プロジェクションによって表現された影である。実験では、これらの投影された影を被験者が判断する対象とした。実際の実験では矢印は表示されない。

各領域の奥行きは37.5cm、手前の横幅は20cm、仕切り壁の高さは11cmであった。背面の壁はプロジェクタからの光により影ができないように外向きに傾けられた。

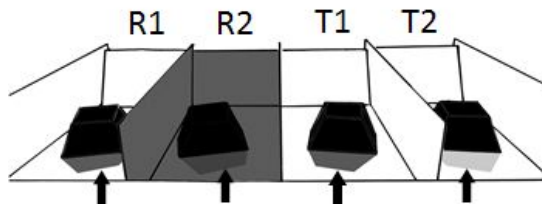


図3 参照刺激とテスト刺激

(3) 実験条件

影の濃さの条件として設定した輝度は4段階で、小部屋の明るさ条件として設定した輝度は3段階で、背面の壁で測定した。表1に、影と背景のそれぞれの輝度値と、実験条件となる8つの組み合わせを示す。表1において、影の濃さはS1からS4で、背景の輝度はBG1からBG3で表されている。

参照刺激は実験を通して固定されており、R1には影の輝度と背景の輝度差が最大となる(S1, BG3)が、R2には影の輝度と背景の輝度差が最小となる(S1, BG1)が呈示された。

テスト刺激である T1 と T2 にはそれぞれ 8 つのうちいずれかが呈示された。

4 つの領域の内装の壁の色の条件は、マンセル表色系の N3、N5.5、N7.5、N9 の 4 色であった。実験ごとに、無彩色のいずれか一色で 4 領域の内装が統一された。

表 1 影と背景の設定輝度とそれらの組み合わせによる実験条件

被験者の距離 (cd/m ²)	影の輝度 (cd/m ²)			
	S1 (0.25)	S2 (1.8)	S3 (3.6)	S4 (100)
BG1 (0.5)	(S1,BG1)			
BG2 (15.8)	(S1,BG2)	(S2,BG2)	(S3,BG2)	
BG3 (125)	(S1,BG3)	(S2,BG3)	(S3,BG3)	(S4,BG3)

(3) 被験者と被験者のタスク

実験は、明るさ感評価実験と影評価実験が実施された。両実験に参加した被験者は大学生 6 名であった。1 名意外の被験者は実験の目的や内容について知らされていない。

明るさ感評価実験

被験者は、実験室に入り事前の質問紙を回答した。そして、実験の初めに、R1 と R2 の 2 つの領域において空間の明るさ感に違いがあるかどうかを答え、空間の明るさ感の違いの基準について確認し、空間の明るさ感の違いを判断する実験であることを確認した。

被験者のタスクは、参照刺激 (R1, R2) の明るさ感の違いを 100 とした場合に、テスト刺激 (T1, T2) の明るさ感の違いがどれくらいであるかを数値で応答することであった。被験者には、テスト刺激領域の明るさ感の違いが 100 よりも大きい場合は、100 より大きい数値を使用しても良い旨が伝えられた。

影評価実験

被験者は、実験室に入り事前の質問に回答した。次に、R1 と R2 の領域にある影があり、影の濃さに違いがあるかどうかを答え、実験が影の濃さを判断する実験であることを確認した。

被験者のタスクは、参照刺激 (R1, R2) にある影の濃さの違いを 100 とした場合に、テスト刺激 (T1, T2) の影の濃さの違いがどれくらいであるかを数値により応答することであった。被験者には、影の濃さの違いが 100 よりも大きい場合に、100 より大きい数値を使用しても良い旨が伝えられた。

実験の 1 セッションは、8 つの実験条件から 56 通りの T1 と T2 の組み合わせの条件が呈示され、初めの 3 セッションを練習とし、次の 6 セッションのデータを解析した。

4. 研究成果

(1) 明るさ感評価実験

全ての被験者において、参照刺激の R1 と R2 の領域の明るさの違いがあると応答し、実験のタスクを理解できたと考えられる。

図4に領域の内装がN7.5で、T1が (S1, BG3) の条件における被験者MHの結果を示す。横軸が影の輝度の対数値、縦軸が応答値である。応答値が100の場合は、テスト刺激と参照刺激の明るさ感の違いが同等であることを意味している。各プロットの縦線は、6回の標準偏差を示している。

図中の黒塗りのひし形 () は、T2が (S1, BG1) の場合で、参照刺激と同じ条件となる。結果から被験者MHは、テスト刺激の明るさ感の違いの方が参照刺激よりもやや大きいと判断した。明るさ感が輝度から得られた情報のみによって決まる場合、影の濃さの変化に左右されず、背景の輝度のみで決まるため、応答値は一定となることが予測される。結果から、図4の丸 () で示されたBG2の3つの条件にあるように、明るさ感の応答値が影の濃さにより変化したことが分かる。

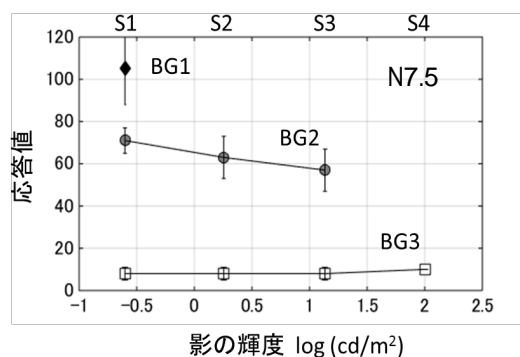


図 4 T1 が(S1, BG3)の条件における被験者 MH の応答値

本研究で得られた応答値の解析の一つとして、多次元尺度法を用いた。この手法により感覚の大小をユークリッド空間における距離の長短として表現できるので、影と明るさ感の認識の関係が分かる。図5は、多次元尺度法による予測図である。被験者の応答が、4段階の影の輝度と3段階の背景の輝度による場合、つまり、判断された明るさ感は、背景

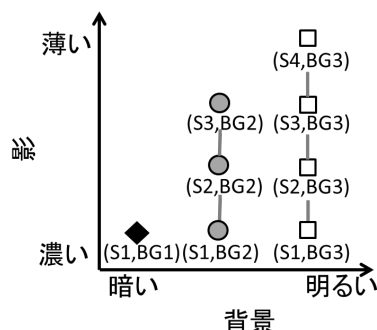


図 5 明るさの判断が影の濃さに影響を受けた場合の多次元尺度法による結果の予測図

輝度の影響と影の濃さの影響も受けている場合を示している。もし、背景輝度の影響のみであれば、予測図は背景の明るさの軸、一次元上に3点がプロットされることになる。

図6に全被験者のN7.5の内装の場合の多次元尺度法による結果を示す。それぞれのプロットは8つの条件に対応し、(S1,BG1)と(S1,BG3)の2点間の距離が参照刺激の明るさ感の違いである100という知覚に対応している。(S1,BG3)と(S2,BG3)の2条件の距離は短く、知覚的に非常に類似していることを示している。これらは125 (cd/m²)の背景に0.25 (cd/m²)か、1.8 (cd/m²)の影がある条件であり、どちらも明るい背景に濃い影が差している状態である。

被験者の判断した明るさ感が、背景の輝度によって決定された場合、結果は1次元となるが、図6で示すように、結果は2次元であった。この2次元は、実験における変数が背景と影の輝度であることから、明るさ感と影の濃さから成ると考えられる。結果から、空間の明るさ感、影の濃さに影響を受けていたことが示唆された。

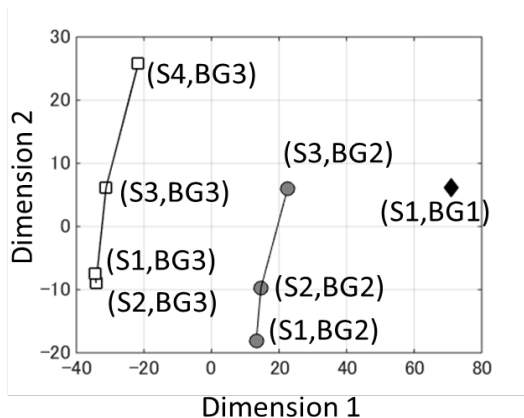


図6 全被験者の多次元尺度法による結果

(2) 影評価実験

実験前の質問票によると、4つの領域に何があるかという問いに対して、台形の物体と応答し、誰一人として影の存在を述べなかった。このことは、普段私たちが影を意識していないというKatsの実験結果と一致している。また、実験後の質問票から、全被験者において本実験の投影されている影が、物体の影として認識されていたことが確認された。

影評価実験において、影の濃さの違いの類似性について、明るさ評価実験同様に多次元尺度法により分析した。もし、被験者が影の判断が、影の輝度に対応した場合、予測図は1次元となり、影として設定された4段階の輝度に対応する4点がプロットされることになる。

図7に多次元尺度法の結果を示す。図7(a)において、8つのプロットは8つの条件に対応している。結果は1次元ではなく、被験者の判断が影の濃さのみで決定されていないことを意味している。(S1,BG1)と(S1,BG3)の

2点が参照刺激であり、2点間の距離が参照刺激の影の濃さの違いを100とした知覚的な距離に対応している。

図7(a)は、背景が同じ条件の結果を実線で結んでいる。結果から、(S3,BG2)と(S4,BG3)の点が重なるなど、図6で示した明るさ評価実験の結果とことなり、次元が明確ではない。そこで、背景の輝度と影の輝度のコントラストに着目し、コントラストが類似している点を結んだ結果を図7(b)に示す。プロットは図7(a)と同じである。コントラストは(S1,BG1)が0.33、(S4,BG3)と(S3,BG2)が0.11と0.08、(S2,BG2)と(S3,BG3)が0.80と0.80、(S1,BG2)と(S1,BG3)(S2,BG3)が0.97と1.0、0.97である。図(b)から、同じコントラストの条件に対する結果が直線的になり、図7(a)に示す背景の輝度よりも、コントラストの方が影の濃さの判断に影響すると考えられる。したがって、影の濃さを判断する際の知覚的な次元の一つはコントラストであると考えられる。また、S1からS4までの順番も、縦軸の上から下へと対応していることから、一つは影の濃さの次元と考えられる。

結果から、被験者の判断した影の濃さは、影と背景のコントラストの影響を受けていたことが示唆された。

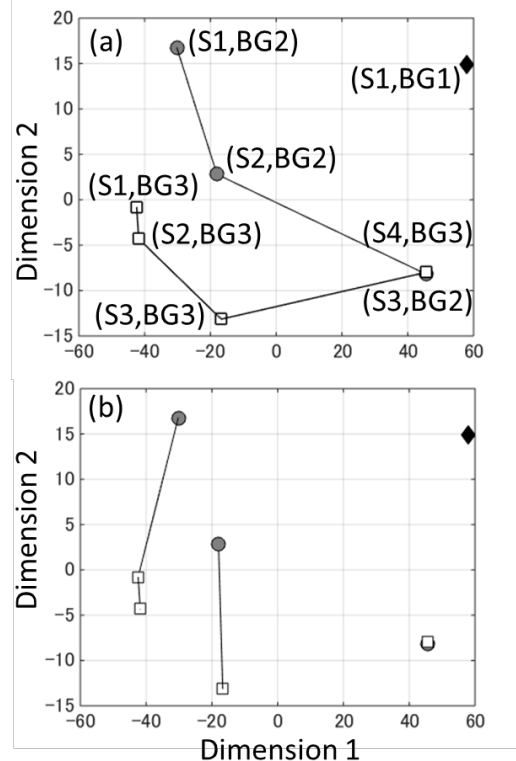


図7 全被験者の多次元尺度法による結果 (a)同じ背景輝度の点を結んだ結果 (b)同じコントラストの点を結んだ結果

本研究結果として、次の2点が明らかになった。一つは、空間の明るさ感に影の濃さが影響することが示された。一つは、影の濃さを判断する場合、影と背景のコントラストの

影響を受けることが示された。このことは、影の知覚の定量化が可能であることを示唆している。私たちの生活の場面には、必ずと言っていいほど物には影がある。そのほとんどを意識して見ることはない。いざ、影そのものを判断しようとする、影評価実験の結果からも分かるように、単純な要素で判断されていないことが示された。さらに、影とは、光が遮断された部分、光が無い部分であるが、その「光が無い」という視覚情報は、空間の明るさ感に影響するという結果が得られた。

本研究期間においては、影と空間の明るさ感については関係性が見いだせたが、影と明るさ感とそれに基づいた明度知覚の体系化が実現できなかった。今後も引き続き、影と空間の明るさ感、明度知覚について、相互がどのように作用しているのかについての体系化を試み、私たちの空間の明るさ認識や、物の色の見えの認識が成立するメカニズムについて検討していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Alexander D. Logvinenko, Brian Funt, Hamidreza Mirzaei, Rumi Tokunaga, “ Rethinking Colour Constancy ” , PLoS ONE, 査読有, 10(9), 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0135029.

〔学会発表〕(計 7 件)

徳永留美, 田口 肇, 岡崎友紀, 前崎信也, 篠田博之, 「白磁の照明光色の違いによる色知覚と印象評価」, 日本色彩学会 2015 年 9 月 27 日, 山形大学(山形県・米沢市)

Rumi Tokunaga, Hirotaka Urabe, Hiroyuki Shinoda, “ The perception of shadow and the apparent brightness in the space ”, The 38th European Conference on Visual Perception, 25 August 2015, Liverpool (United Kingdom).

Ichiro Kuriki, Yumiko Muto, Kazuho Fukuda, Rumi Tokunaga, Delwin Lindsey, Angela Brown, Keiji Uchikawa, and Satoshi Shioiri, “ Categorical color clusters of Japanese color lexicon ”, International Color Vision Society, 6th July 2015, Tohoku University(Miyagi, Sendai).

Rumi Tokunaga, Hiroyuki Shinoda, “ The influence of visual environment or visual perception on the cases ”, The 7th East Asian Psychology and Law Conference, 26th OCT. 2013, Chuncheon(Republic of Korea).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳永 留美 (TOKUNAGA RUMI)

立命館大学・立命館グローバルイノベーション研究機構・研究員

研究者番号 : 80573914