

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：32639

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K24367

研究課題名（和文）透明感知覚の神経機構の解明

研究課題名（英文）Investigation of neural mechanism of perceptual transparency

研究代表者

馬場 美香（BABA, Mika）

玉川大学・脳科学研究所・研究員

研究者番号：30844592

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ヒトや動物がどのように実世界の様々な透明または半透明な物体を見分けているかを解明するために実験を行った。まずヒトにおける心理実験から、知覚的な透明感には主に光の減衰係数が影響するが、形状によっては物体の明るさも影響することがわかった。さらにマカクザル下側頭皮質において神経細胞活動記録をおこない、物体の透明度に選択性を持つ細胞群を発見した。これらの細胞は特定の透明度や半透明度をもつ物体に対してより強く応答し、また皮質上の特定の部位に固まって存在していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現実世界の物体がもつ複雑で多様な透明度・半透明度のちがいを、ヒトや動物は簡単に見分けることができるが、それを可能にする脳内神経メカニズムについてはほとんど研究がなされていない。本研究ではコンピュータグラフィックスで作成したリアルな物体画像を使用することで、サル高次視覚野の特定の場所において、透明度の違いに対して異なる反応を示す神経細胞群が存在することを初めて明らかにした。これにより、透明感の知覚に関する情報処理が脳内でどのように行われているかについて今後更に解明が進んでいくと期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted experiments to elucidate how humans or animals distinguish various transparent and translucent objects in the real world. First, psychological experiments in humans revealed that the transparency is mainly affected by the light attenuation coefficient, but also by the brightness of the object depending on its shape. In addition, we recorded neuronal activity in the inferior temporal cortex of the macaque monkey, and identified a group of neurons that selectively respond to objects with specific transparency or translucency. Those neurons showed stronger responses to the specific translucent or transparent object, and they were localized in the restricted region in the recorded area.

研究分野：視覚

キーワード：神経科学 質感 視覚 IT サル 電気生理学

1. 研究開始当初の背景

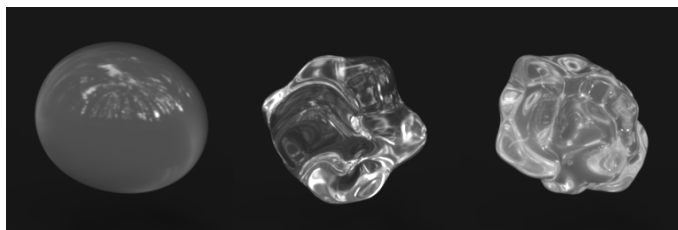
透き通ったガラスから、柔らかな陰影を持つゴムや人肌まで、内部に光を透過させる性質を持つ物体は多様であり、ヒトや動物はその様々な透明感の違いから物体の素材や状態を見分けている。しかし半透明な物体のモデル化はその光学特性の複雑さから大変難しく、実世界における複雑な透明感・半透明感の知覚についての研究はあまり多くなされてこなかった。特に、透明感知覚が脳内のどこで生み出されるかといった神経機構についてはほとんど解明されていない。

2. 研究の目的

本研究では、ヒトの質感認知機能の良いモデル動物と考えられるマカクザルを用いて、透明・半透明知覚の脳内神経機構を明らかにすることを目的とした。特に物体の質感情報処理を担うと考えられている視覚野腹側経路をターゲットとし、この経路において透明・半透明知覚の情報処理が行われているか、また行われている場合はそれらを担う神経細胞がどのような性質を持つかを調べることを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) まずコンピュータグラフィクス (CG) により、様々な透明度を持つリアルな物体画像群を作成した(図 1)。物体形状には複雑さの異なる 3 種類の形を用い、なるべく実物に近い見た目の透明・半透明物体を作成するため、Mitsuba という物理ベースのレンダリングツールを用いた。
- (2) 光の吸収・散乱にかかわる物理パラメータを様々に変えた際、どのように知覚的な透明感が変わるかをまずヒトによる心理実験により評価し、どのようなパラメータが重要であるかを調べた。
- (3) 続いてサル下側頭皮質に微小電極を刺入し、サルがディスプレイ中央を注視している際、様々な透明度を持つ物体画像を呈示して、それに対してニューロンがどのように応答するかを記録した。そのような記録を、下側頭皮質の様々な座標と深さで行い、どのような性質のニューロンがどのように分布しているのか調べた。



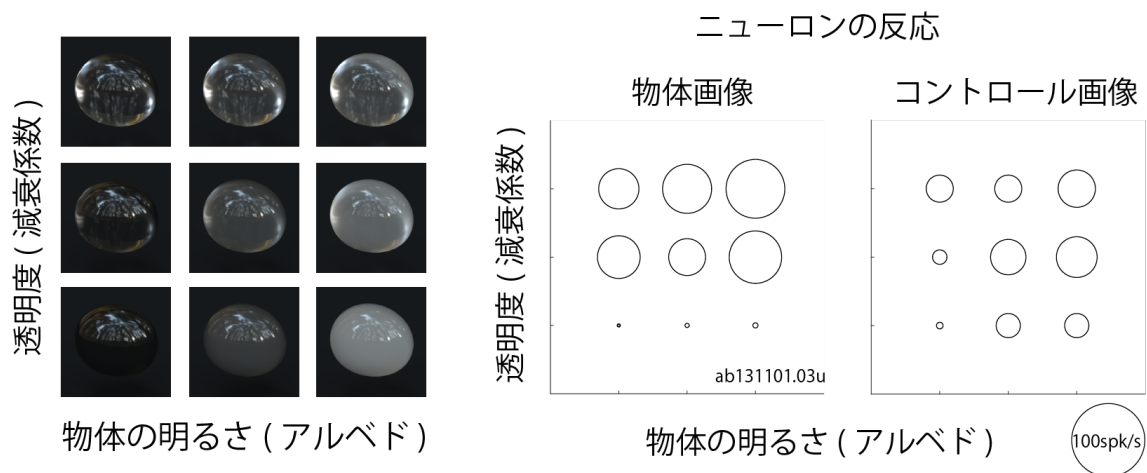
(図 1: CG により作成された様々な透明度をもつ物体画像の例)

4. 研究成果

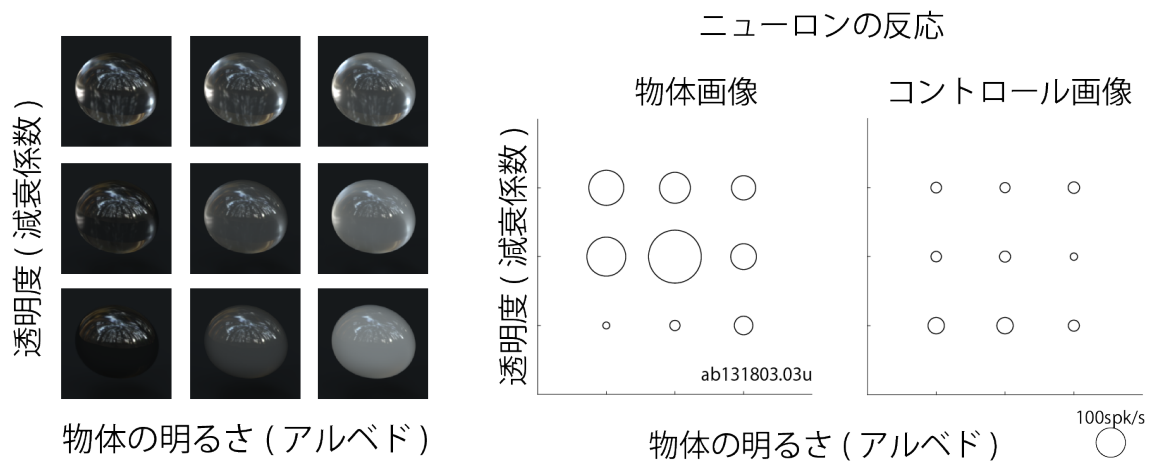
まずヒトによる心理実験での透明度の評価から、物体の透明度には主に光の減衰係数が影響することがわかった。減衰係数が大きくなるにつれ、知覚的な透明感是对数的に減少した。また、物体形状が比較的単純である場合には、物体の明るさのパラメータ(アルベド)も影響し、特に減衰係数が小さいときには明るい物体で透明度が減少することがわかった(M Baba, K Kanari, H Komatsu, APCV 2019)。

続いて、注視課題遂行中の一頭のマカクザル下側頭皮質中央の上側頭溝下壁において、様々な形状・透明度・光沢や明るさの組み合わせの物体画像に対してニューロンがどのように応答するかを記録した。ヒト心理実験により得られた結果から、呈示する画像セットのパラメータの組み合わせを減衰係数3段階、アルベド3段階の組み合わせで作成した。記録の結果、この領域には、ある特定の透明度をもつ物体に対してのみ強く応答するようなニューロンが存在することがわかった。

- そのようなニューロンを詳しく調べると、刺激画像中のピクセルをシャッフルし局所的な画像特徴量を壊したコントロール画像群に対しては反応が減弱する、または選択性が失われるケースが多いことがわかった(図2, 図3)。
- 透明物体に選択的応答を示すニューロンの性質は様々で、透明度の高い物体に強く応答するニューロンもあれば(図2)、中くらいの透明度に最もよく応答するニューロンも存在した(図3)。
- また、光沢の強弱や明るさにかかわらず特定の透明度の物体に強く反応するニューロンが存在した一方(図2)、特定の光沢や明るさと透明度の組み合わせをもつ物体のみに強く反応するニューロンも存在した(図3)。
- このような透明度の違いに対して異なる応答を示すニューロンは、記録した領域においてある特定の範囲内に限局して存在していることもわかった。



(図 2: 透明度を選択的な応答を示すニューロンの例 1)



(図 3: 透明度に選択的な応答を示すニューロンの例 2)

以上の結果から、質感情報処理を担うと考えられているサル視覚野腹側経路において、透明・半透明知覚にかかわる情報処理も行われている可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Mika Baba, Kei Kanari, Kei Iwasaki, Hidehiko Komatsu
2. 発表標題 Effects of optical parameters on perceptual transparency
3. 学会等名 15th Asia-Pacific Conference on Vision (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mika Baba, Kei Iwasaki, Hidehiko Komatsu
2. 発表標題 Examining neural selectivity to transparency/translucency in the inferior temporal cortex of the macaque monkey.
3. 学会等名 The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2021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
研究協力者	小松 英彦 (KOMATSU Hidehiko)	基礎生物学研究所 (63904)	
研究協力者	岩崎 慶 (IWASAKI Kei)	和歌山大学 (14701)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	金成 慧 (KANARI Kei)	宇都宮大学 (12201)	

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