

# 質感の視覚性短期記憶の照明変化に対する頑健性

津田 裕之  
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科／日本学術振興会  
京都大学大学院人間・環境学研究科

光沢や粗さなど物体表面の質感の知覚には照明の変化に対するある程度の恒常性があり、たとえ物体を照らす照明が大きく変化しても物体が持つ視覚的な見えはよく保たれる。他方で、質感情報を記憶に保持し想起する際にも恒常性が同様に見られるかについてはこれまでに研究が無い。そこで本研究では特徴報告法を用いて質感の短期記憶の精度を測定することでこれを検討した。実験の結果、学習時とテスト時で照明が異なる状況においても光沢や粗さの記憶の精度は比較的よく保たれることが示された。また、光沢と粗さを同時に回答した際の成績の間には相関が無く、両者は相互独立に貯蔵されていることが示唆された。以上の結果は、質感の視覚性短期記憶は照明の変化に対する頑健性を持つこと、および質感の記憶表現は知覚時の情報表現と相同性を持つことを示唆する。

Keywords: material perception, glossiness, roughness, visual short-term memory, constancy, illumination.

## 問題・目的

光沢や粗さといった物体表面の質感は、たとえ照明環境が変化した場合でも物体本来が持つ質感を比較的よく知覚できる。ただし質感知覚の恒常性は照明が点光源など単純な場合には保たれず(Fleming et al., 2003)、また物体表面の明るさ知覚の恒常性に比べると正確さに劣る(Olkkonen et al., 2010)。

質感の知覚については研究の蓄積が進む一方で、その記憶についてはこれまで検討されることがほとんど無かった。また、従来の視覚性短期記憶の研究において照明環境の変化を扱ったものはほとんど見られず、質感の記憶が照明変化に対する恒常性を持つかについては未解明となっている。

そこで本研究では、特徴報告法を用いた記憶精度の測定により、学習時とテスト時で照明状況が変化した場合にどの程度質感を正確に想起できるか、すなわち、質感記憶の照明変化に対する頑健性について検討した。

## 方法

**参加者** 20名の大学生が実験に参加した。

**刺激** Ward (1992)の反射モデルを利用し、鏡面反射率と表面粗さのパラメータを変化させることで、光沢と粗さの特徴が操作された球体のCG画像がRadianceを用いて生成された。各パラメータを徐々に増分させることで、光沢と粗さが60段階で連続的に変化する球体画像のセットが用意された。また、球体を照らす照明環境としてDebevecら(2000)のデータベース中からキッチンとビル街の2種類のHDR画像が利用された。

**手続き** 実験1と実験2ともに、記憶課題に加え統制条件としての知覚課題があった。

記憶課題では刺激画像に続いてマスクと遅延画面が提示され、その後のテスト画面では表示された球体の光沢や粗さをキー押しによって操作し、始めの球体と

なるべく一致するように調整することが求められた。知覚課題では参照用と回答用の球が画面内の左右に2つ同時に提示され、見比べながら調整が行われた。

学習時とテスト時で照明が同じSymmetric条件と、変化するAsymmetric条件があった。この条件は試行ごとにランダムな順で行われた。実験1ではブロックごとに光沢か粗さのどちらか一方のみの回答が求められ、実験2では両方の特徴を回答することが求められた。

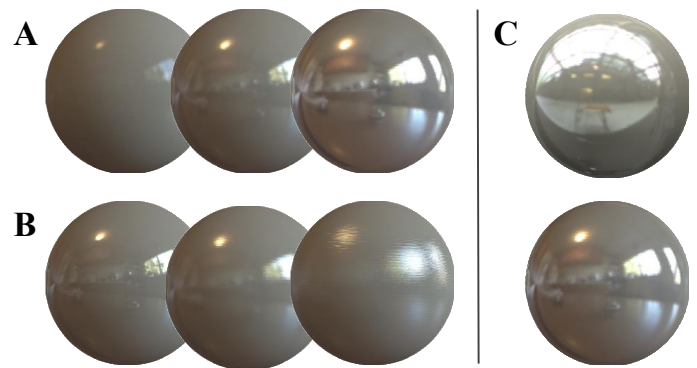


Figure 1. 刺激画像

(A) 右ほど光沢度が高い、(B) 右ほど粗さ度が高い  
(C) 上はビル街照明下、下はキッチン照明下での球体の見え

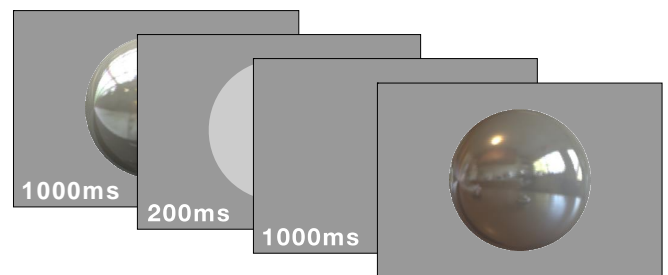


Figure 2. 記憶課題の1試行の手続き

サンプル刺激、マスク、ブランク、およびテスト刺激の順で提示された

## 結果

被験者の回答した値から真値を引いた値として誤差を算出し、その二乗平均平方根誤差(RMS 誤差)の平均を実験条件ごとに計算した。RMS 誤差が大きいほど記憶の精度が低いことに対応する。

Figure 3 に実験 1 の結果を示す。横軸は実験条件、縦軸は RMS 誤差である。8 つのバーのうち左 4 つは光沢、右 4 つは粗さについての結果である。光沢と粗さのそれぞれの特徴ごとに、課題(知覚/記憶)と照明(Asymmetry/Symmetry)の 2 要因分散分析を行なった結果、どちらの特徴でも各要因の主効果および交互作用が有意であった( $p < .05$ )。下位検定の結果、全ての組の条件間に有意な差が見られた( $p < .05$ )。

記憶課題において、Asymmetry 条件で Symmetry 条件よりも RMS 誤差が増大したことは、照明が学習時とテスト時で異なると記憶想起が阻害される、すなわち質感の記憶は照明変化に対する恒常性が弱いことを示唆する。しかしながら、Asymmetry 条件では知覚の成績も下がっていることを考えると、記憶成績は知覚成績をベースラインとして評価する必要がある。

Figure 4 はその結果であり、知覚を基準にした時の記憶課題の成績は Asymmetry 条件において悪化の程度が Symmetry 条件よりも大きく低かった。

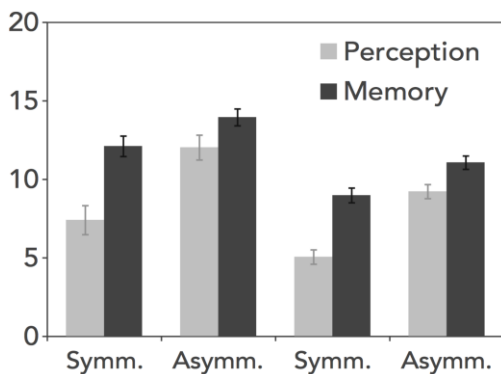


Figure 3. 実験 1 の結果

横軸は実験条件、縦軸は RMS 誤差。8 つのバーのうち左 4 つは光沢、右 4 つは粗さについての結果である。

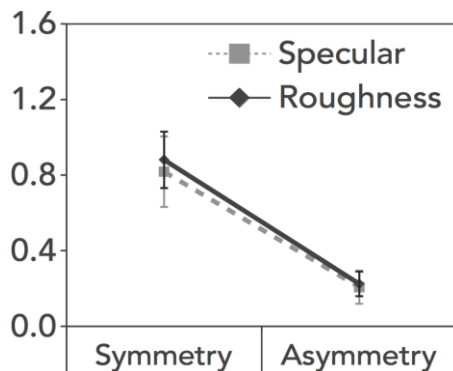


Figure 4. 実験 1 の結果

知覚課題をベースにした時の記憶課題での成績の悪化率。

実験 2 の結果を Figure 5 に示す。横軸は光沢、縦軸は粗さについての誤差であり、各点が 1 試行の結果に対応する。光沢と粗さの回答(誤差)の間に有意な相関はどの実験条件においても見られなかった。

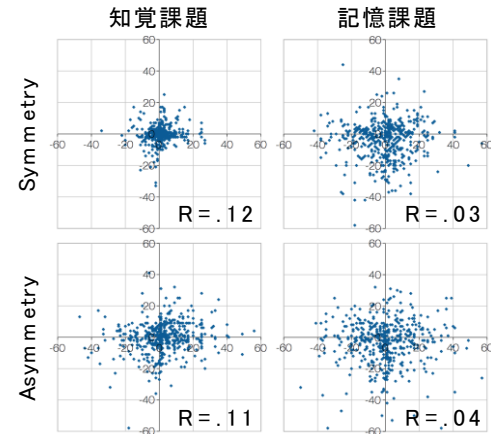


Figure 5. 実験 2 の結果

横軸は光沢、縦軸は粗さについての誤差。各点が 1 試行の結果に対応する。図は全被験者の全回答データの分布を。R は相関係数。

## 考察

学習時とテスト時で照明環境が変化する条件において、記憶成績は比較的良好に保たれている(知覚条件からの成績の低下率が低い)ことがわかった(実験 1)。これは、照明の変化に対して比較的頑健な視覚的短期記憶表象が保持されていたことを示唆する。

また、光沢と粗さの特徴は互いに独立に短期記憶として貯蔵されており、結合、あるいは融合して保持されているのではないことが示唆された(実験 2)。明るさと光沢と粗さが独立したチャンネルで知覚処理されているとの報告(Olkkonen et al., 2010)がある。本研究はこれを拡張し、知覚のみならず記憶表現においてもその独立性が保たれていることを示唆する。

質感記憶の情報表現や、色といった他の特徴との関連性の解明などが今後必要と考えられる。

## 引用文献

- Debevec et al. (2000). Acquiring the reflectance field of a human face. *Proceedings of SIGGRAPH*, 2000, 145-156.
- Fleming R. W. (2003). Real-world illumination and the perception of surface reflectance properties. *Journal of Vision*, 3(5), 347-368.
- Olkkonen et al. (2010). Perceived glossiness and lightness under real-world illumination. *Journal of Vision*, 10(9).
- Ward, G. J. (1992). Measuring and modeling anisotropic reflection. *Computer Graphics*, 26(2), 265-72.