



2007年4月18日

物の質感を見る脳の仕組みを解明

～画像の明暗分布の歪（ゆが）みから光沢や明るさを知覚していることを発見～

日本電信電話株式会社（以下、NTT：東京都千代田区、代表取締役社長：和田紀夫）は、米国マサチューセッツ工科大学と共同で、人間が物の表面の光沢や明るさ^{*1}を見るときに、画像の明暗の歪みの情報を利用していることを、自然画像の分析や錯視を用いた実験によって世界で初めて明らかにしました。これは、今まで全くその仕組みが解明されていなかった質感知覚が比較的単純な脳の情報処理に基づいていることを示した画期的な発見であり、「質感の脳科学」という新しい分野の扉を開くものです。

人間の光沢や明るさの知覚が輝度ヒストグラム^{*2}の歪み（歪度）に高い相関を持っていることを見だし、脳が低次視覚系の神経メカニズムによって簡単に計算していることを示しました。さらに、そのような神経メカニズムが人間の脳に実際に存在することを示す、「質感残効」錯視を発見しました。これらの発見は、これからの高品質な映像通信や合成技術の設計に重要な指針を与えることにもつながると期待されます。

本成果は英国の学術雑誌『Nature』（電子版、現地4月18日付）に掲載されます。

【実験の概要】

1) . 物理的な光沢・明るさ、輝度ヒストグラムの歪みと、知覚的な光沢・明るさに高い相関があることを確認

様々な明るさと光沢をもつ表面に凹凸がある写真を用意し、その画像を分析すると、光沢が強くて暗い表面ほど、輝度ヒストグラムが正の方向に歪む（高い輝度の方になだらかに広がる）傾向があることがわかりました（[図1](#)）。

次に、これらの画像を、画像の平均的な輝度が手がかりにならないようにした上で人間の観察者に見せ、見かけの光沢と明るさを評価してもらいました。すると、光沢の評価はヒストグラムが正の方向に歪むほど高くなり、明るさの評価は低くなることがわかりました。つまり、物理

的な光沢・明るさ、輝度ヒストグラムの歪み、そして知覚的な光沢・明るさのあいだには、高い相関が認められたわけです。

2) . 輝度ヒストグラム歪みに応じて、質感の知覚が変化することを確認

ある表面の画像の輝度ヒストグラムを人工的に歪めたときに、それに応じた見かけの光沢や明るさが変わるかを調べました。その結果、歪みに応じて確かに質感の知覚が変化することを確認しました。この実験により、人間は、ヒストグラムの歪みという画像の統計的性質を利用して、光沢や明るさを知覚している可能性が高くなりました。

3) . 低レベルの神経メカニズムで計算される単純な統計量によることを示す錯視現象を発見

過去の生理学的な知見を参考にすると、ヒストグラムの歪みは低次の視覚メカニズムのなかで簡単に抽出できます。網膜や外側膝状体、一次視覚野といった視覚神経組織には、オン中心型細胞とオフ中心型細胞^{*3}というニューロンがたくさんあります。これらのニューロンの反応の強さのバランスは、ヒストグラムの歪みにうまく対応します (図2)。このようなメカニズムを裏づける新しい錯視現象も発見しました。ヒストグラムが正の方向に歪んだ映像を長時間観察すると、そのあとに見た表面の見かけの光沢感は低くなり、明るさは増すという現象です (図3)。逆に負の方向に歪んだ映像を観察したあとでは、光沢感は強くなり、明るさは低下します。この「質感残効」錯視は、上述の神経メカニズムから予測されるものです。

【研究の背景・意義】

人間は表面の光の反射特性を、光沢感や明るさ、透明感などの質感の違いとして簡単に見分けることができます。しかし、一枚の画像から表面の反射特性を推定することは原理的に非常に困難な問題であり、人間がどのようにこの難問を解いているのかは謎でした。

質感の物理に関する多くの研究は、質感が非常に複雑な光学現象の産物であることを示してきました。例えば、人間の肌のような透明感のある質感は、あまりに複雑なため、最新のコンピュータ・グラフィクスでも再現するが難しいほどです。こうした複雑さは、質感を知覚するためには非常に高度の複雑な脳情報処理が必要であるかのような印象を与えます。しかし、今回の研究は、それが意外にも低次の視覚情報処理に基づくことを示しており、「質感の脳科学」の扉を開くものです。

質感は、わたしたちが見ている世界のリアリティーや豊かさ、美しさを支える重要な要因です。この質感の知覚が二次元画像の簡単な処理により予測されたり制御されることを示す今回の知見は、工学的にも格別の意味をもつと期待しています。例えば、今回の発見した知見をさらに拡張して応用すれば、表面

の質感を、画像に簡単な処理を加えるだけで、自在に操ることも可能になるかもしれません。

【今後の予定】

光沢のみならず透明感、金属感、肌などの質感属性の知覚メカニズムを明らかにします。

また、NTTでは人間の認知機能の解明を通じて、新しい情報表示や圧縮の技術の基本原理を解明し、豊かな情報流通社会の実現に貢献します。

〈用語解説〉

* 1 明るさ：

ここでいう「明るさ」とは映像の明るさや光の強さのことではなく、表面の白さ・黒さ（反射率）に対応するもの。厳密な専門用語では「明度（ライトネス）」という。

* 2 輝度ヒストグラム：

様々な輝度（濃淡）の画素の出現頻度を表すグラフのこと（[図1](#)）。

* 3 オン（オフ）中心型細胞：

画像のなかのある限られた範囲で、周辺よりも明るい（暗い）パターンにだけ応答する細胞。

網膜や外側膝状体、一次視覚野に多数見つかる。

（外側膝状体網膜とは、網膜と一次視覚野のあいだにある中継器のような神経組織）

- ・ [図1：異なる光沢・明るさをもつ表面の画像とその輝度ヒストグラム](#)
- ・ [図2：ヒストグラムの歪みを計算する神経回路](#)
- ・ [図3：「質感残効」錯視を生じる順応刺激と検査刺激](#)

〈本件問い合わせ先〉

NTT先端技術総合研究所

企画部 広報担当

岸根、飯塚

TEL：046-240-5152

<http://www.ntt.co.jp/sclab/contact>

