

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：13904

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2010～2014

課題番号：22135005

研究課題名（和文）質感認知の環境依存性および学習依存性

研究課題名（英文）Environmental and learning aspects in Shitsukan perception

研究代表者

中内 茂樹（Nakauchi, Shigeki）

豊橋技術科学大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：00252320

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 58,000,000円

研究成果の概要（和文）：(1) 真珠品質の評価能力を熟練者と非熟練者で比較した結果、非熟練者の安定性も十分に高いが、熟練者よりは低いことがわかった。また、非熟練者の半分は熟練者と逆方向の評価をした。このことは、真珠質感を品質（価値観）と結びつける過程は学習で獲得されることを示唆する。
 (2) 材質識別に質感特徴がどのように関わるか調べた結果、早い時間帯では光沢感や模様の強弱など視覚的な質感特徴の寄与が、遅い時間帯では、ざらざら感や重さなど、非視覚的な質感特徴の寄与が大きいことがわかった。
 (3) 半透明感の判断は物体全体ではなく特定の領域が寄与すること、能動的視点運動が光沢感を上昇させることがわかった。

研究成果の概要（英文）：(1) We investigate the consistency of novice and expert participants' pearl grading skill and found that novices' grading was significantly less concordant and consistent than experts. However novices' consistency was relatively high.
 (2) We examine the relationship between perceptual surface features and material category discrimination performance for pictures of materials. The results showed that visual feature ratings were correlated with material discrimination performance for short reaction times or short stimulus durations, while non-visual feature ratings were correlated only with performance for long reaction times or long stimulus durations.
 (3) Our other experiments revealed that perceptual translucency does not rely on global luminance statistics, but rather depends on local image features within specific image regions, and that motion parallax enhances the perception of glossiness.

研究分野：視覚認知情報学

キーワード：質感 光沢感 透明感 画像統計量

1. 研究開始当初の背景

視覚研究の長い歴史のなかで、色や形、動きの処理に関わる視覚機能の詳細は心理物理学や神経科学的な観点から徐々に明らかにしてきた。また、明らかにされた視覚メカニズムは、例えば視覚情報処理技術として応用され、自動車などの組み立てラインはかなりの部分が自動化されている。一方、これとは対照的に工業製品や工芸品の検査工程は、その多くが人手(目視)により行われている。特に光沢感などの材質に対する質感に関わる検査に関しては、未だ解決の糸口さえ見えていないのが現状である。

質感認知の問題は大まかに言って観察環境、物体形状、反射特性という要素の三つ巴に対して、一度に解を求めることに相当する。これまでにすでに、質感認知の照明特徴に関する知識の影響や照明依存性に関する報告があり、視覚系は観察環境や形状の影響を除去して、物理的な反射特性を純粹に推定しているのではなく、むしろその相互作用が直接的に影響する画像統計量が質感認知と相関を示すことが示唆されている。

申請者は、複雑な見えを呈する真珠の質感について検討を進めるなかで、鑑定士の目視によって評定された真珠品質と真珠画像の統計量との間に高い相関が存在する可能性を見出した。熟練鑑定士は、真珠のX線像や破壊計測による断面像ではなく、網膜に映った真珠像から質感を得ており、視覚情報に質感認知を解く手がかりがあることは明らかである。また、真珠の鑑定は直射日光の入らない北窓光が用いられている。ただし、実際には北窓ということだけが決められているのみで、照度も写り込みの画像的要素も、実際にはほとんどコントロールされていない。このような真珠鑑定における熟練鑑定士の特性は、質感認知の脳内機序を明らかにするための鍵となると考え、本研究課題を着想した。また、真珠質感認知に関する知見を積み上げることによって、質感認知一般に関する知見へと統合できるものと考えた。

2. 研究の目的

(1) 真珠質感：真珠鑑定士は真珠の質感「照り」と「巻き」を弁別・評定する能力が極めて高いと考えられている。まず、真珠の光学特性と鑑定士の目視による真珠品質の関係を調査した。次に、鑑定士の能力の学習依存性を明らかにすることを目的として、熟練鑑定士と非熟練者(一般人)の双方を対象として、真珠質感の識別実験を実施し、専門家と一般人の間に見られる共通点および相違点を調査した。

(2) 実物体に対する質感とその特性：実物体に対する質感特性をより詳細に調査することを目的として、実物体による質感サンプルを対象に、光沢感、半透明感などの視覚的質感と重さ感、温暖感などの非視覚的質感と、

様々な質感と材質識別の関係とその特性について調査した。

(3) 光沢感、半透明感と画像特徴量の関係：真珠質感の主要要素であり、比較的、理解が進んでいる光沢感、半透明感について、それらの特性の詳細を明らかにすることを目的として心理物理実験を実施した。

3. 研究の方法

(1) 真珠質感：真珠の光学特性と熟練鑑定士の評定との関係について調査した。鑑定士によって15段階にランク分けされた合計90個の真珠の分光画像から、真珠中心部から周辺部に至る透過光のスペクトルを抽出し、その特徴を分析した。

次に、真珠質感評価における熟練者・一般人の共通点・相違点を明らかにするために、質感評定実験を実施した。熟練者は養殖業者や加工業者など8名、一般人は普段ほとんど真珠を目にしない大学院生および大学教職員11名であった。評価対象とした真珠は直径8mmのアコヤ養殖真珠20個で、10個ずつ組に分けて使用した(図1)。実験に参加した熟練者と一般人は、モバイルラボ(図2。質感研究共有リソースとして開発)の内部の机の上に置かれた10個の真珠を見比べて、良いと思う順番に並べるように教示され、2組の真珠に対してそれぞれ5回ずつ行った(図3)。



図1：実験に使用した真珠
左の方が良い(価値が高い)とされる。右と比べて真珠特有の干渉色の発色が良い。



図2：モバイルラボ
左上：正面図、左下：背面図、右：実験用暗室内部。なお左下は三重県での実験中に撮影したもの。



図3：実験の様子
実験開始前の熟練者(左)と実験中の一般人(右)。協力者は机の上の真珠を、手前の箱

の中に良いと感じた順番に並べた。

(2) 実物体に対する質感とその特性：金属、布、木材、石材、皮革、ガラス、プラスチックの7種の材質の質感サンプル262個(図4。質感研究共有リソースとして開発)を対象とし、それらの写真画像を用いて、基本的な質感属性値(光沢感、透明感、ざらざら感、冷暖感など9項目)を7段階評価によって求めた。また、素材識別の時間特性と質感属性との関係を明らかにする心理物理実験を実施した。モニタに2種類の物体写真が呈示され、被験者はそれらが同じ素材カテゴリに属するかを判断するよう教示された。また、そのときの応答時間を計測した。

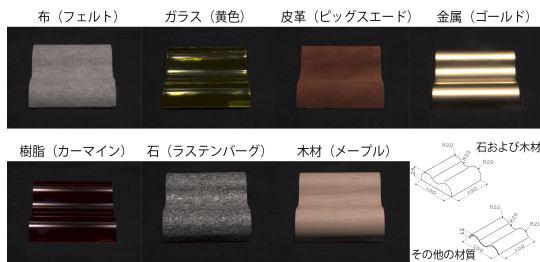


図4：質感サンプル(例)

(3) 光沢感、半透明感と画像特徴量の関係：表面下散乱(SSS)の強度により透明感を調整したCG画像に対し心理物理学の逆相関法を適用し、透明感知覚に関連する物体画像領域を抽出した。光沢感に関しては、観察者の能動運動と光沢知覚の関係を調査した。

4. 研究成果

(1) 真珠質感：真珠下部から420~720nmにわたって波長を変化させながら単色光を照射し、上部からモノクロカメラにより真珠像を計測したところ、真珠の多層膜構造に起因する干渉および光路長の変化に伴う偏心度依存性が確認され、その干渉色パターンと鑑定士のランクとの間に高い相関が見られた(図5)。このことから、熟練者は複雑な真珠像に存在する映り込みやハイライトなどから干渉色を瞬時に見分け、その特徴に基づいて品質を分類する能力があることが推察された。

熟練者と一般人による真珠品質評価実験に関して、両群の結果は熟練者群の結果に基づいて評価した。まず、各真珠に対して全熟練者がつけた順位の平均を求め、その順番を「標準順位」とした。各試行において、標準順位が上位の真珠を上位に評価した割合をすべての協力者の結果について求めた(一致率)。その結果、熟練者群と一般人群の一致率は統計的に有意な差が認められた。また、協力者ごとにその人が各セットに対して行った全試行の類似度を示す指標を算出した。この指標は、各協力者の評価の安定性の高さを示すものであり、両群の平均値を比較したところ、一般人の安定性も十分に高かったも

の、熟練者よりは低いことがわかった(図6)。また、一般人の半分は熟練者と同じ方向の評価をし、半分は逆方向の評価をすることがわかった。このことは、真珠質感を品質(価値観)に結びつける過程は学習に依存することを示唆する。

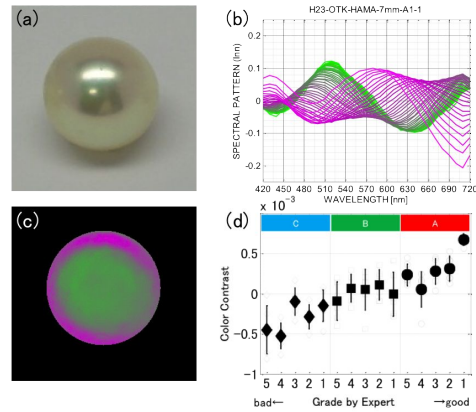


図5：真珠の光学特性と熟練者評価の関係。(a)真珠像、(b)真珠に見られる干渉色スペクトルの偏角依存性、(c)干渉色の可視化結果、(d)熟練者評価(横軸)と干渉色の空間コントラスト(縦軸)との関係。

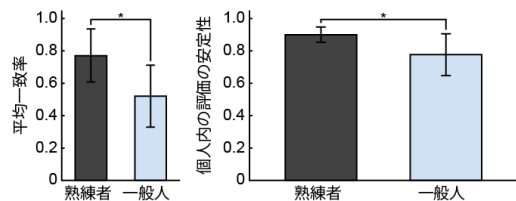
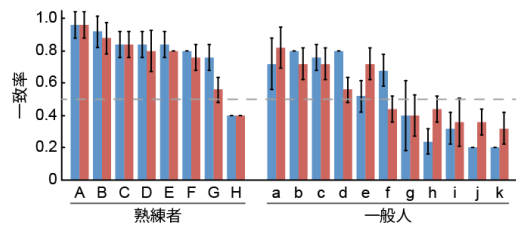


図6：各協力者の一致率(上) 両群の平均一致率(左下)と評価の安定性(右下)

(2) 実物体に対する質感とその特性：質感サンプル画像に対する質感特徴(光沢感、透明感、ざらざら感、冷暖感など9つの質感)の評価値の相互相関を調べた結果、光沢感とざらざら感および冷暖感の間に強い負の相関、重さと硬さの間に強い正の相関が見られた。また、材質が同じ場合、これらの質感特徴に類似性が見られ、質感特徴空間で材質ごとにクラスターを形成していることがわかった。

次に、質感サンプルの写真2枚をモニタに提示し、それぞれが同じ材質かどうかを回答させる実験を行った。回答が正解であった正答試行(全試行中の約88%)について、その反応速度(=反応時間の逆数)と質感評

定結果との関係を調べたところ、質感特徴空間における距離と相関することがわかった。さらに、各質感特徴情報がどのように利用されていたのかを検討するために、提示した2サンプルの9つの質感評定値の差分を説明変数として、回答速度を目的変数とする重回帰分析を、回答速度の範囲を限定して行った。その結果、早く回答できた試行と回答に時間を要した試行で、関連が強い質感特徴が異なるという結果が得られた。早く回答できた試行では、光沢感や模様の強弱など視覚的な質感における差分の寄与が大きく、回答速度が遅い試行では、ざらざら感や重さなど、視覚的ではない質感における差分の寄与が大きかった(図7)。

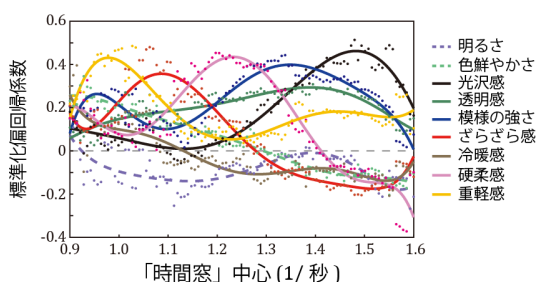


図7：材質識別速度と質感特徴の関係

(3) 光沢感、半透明感と画像特徴量の関係：半透明感に関わる画像中の位置を心理物理学の逆相関法により抽出した結果、被験者が物体画像全体ではなく物体画像中の特定領域に基づいて半透明感判断をしており、物体画像中にも半透明感との関連性が特に強い領域があることが示された。また、半透明感関連領域は、局所的に陰影輝度エッジを持つ領域ではなく、局所的輝度変化が少ない領域にある傾向がみられた(図8)。

光沢感に関しては、能動的視点移動とそれに連動する整合的な網膜像運動(運動視差)が光沢感をさらに高めることがわかった。



図8：実験に用いたCG画像例と半透明感関連領域例(実線・点線内領域)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

Nagai, T., Matsushima, T., Koida, K., Tani, Y., Kitazaki, M., Nakauchi, S.,

Temporal properties of material categorization and material rating: visual vs non-visual material features, Vision Research, 査読有, <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2014.12.011> (in press)

Tani, Y., Nagai, T., Koida, K., Kitazaki, M., Nakauchi, S., Experts and novices use the same factors--but differently-- to evaluate pearl quality, PLoS ONE, 査読有, Vol.9, No.1, e86400. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0086400> (2014)

Nagai, T., Ono, Y., Tani, Y., Koida, K., Kitazaki, M., Nakauchi, S., Image regions contributing to perceptual translucency: A psychophysical reverse-correlation study, i-Perception, 査読有, Vol.4, No.6, pp.407-428, <http://dx.doi.org/10.1068/i0576> (2013)

Tani, Y., Araki, K., Nagai, T., Koida, K., Nakauchi, S., Kitazaki, M., Enhancement of Glossiness Perception by Retinal-Image Motion: Additional Effect of Head-Yoked Motion Parallax, PLoS ONE, 査読有, Vol.8, No.1, e54549. doi:10.1371/journal.pone.0054549 (2013)

[学会発表](計52件)

Tani, Y., Nishijima, R., Nagai, T., Koida, K., Kitazaki, M., Nakauchi, S., The difference of visual ability between experts and novices in visual art, The 10th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2014), Vol.26 (Suppl), p.99, 2014/7/19-22, Poster, かがわ国際会議場(香川県高松市)

Nakauchi, S., Nishijima, R., Tani, Y., Koida, K., Kitazaki, M., Nagai, T., Skew hypothesis for surface gloss perception revisited by the adaptation paradigm, 36th European Conference on Visual Perception (ECVP2013), 2013/8/25-29, Poster, ブレーメン(ドイツ)

Kitazaki, M., Yamamoto, A., Tani, Y., Nagai, T., Koida, K., Nakauchi, S., Presenting scene illumination on real object's surface, Association for Computing Machinery Symposium on Applied Perception (ACM SAP),

2013/8/22, ダブリン (アイルランド)

Nagai T., Matsushima T., Tani Y., Koida K., Kitazaki M., Nakauchi S., Two kinds of perceptual surface qualities: Temporal properties of surface quality perception, Vision Sciences Society 13th Annual Meeting (VSS2013), Journal of Vision, Vol.13, No.9, p., <http://dx.doi.org/10.1167/13.9.205>, 2013/5/10-15, poster, ネイプルズ(アメリカ)

Nagai, T., Ono, Y., Koida, K., Kitazaki, M., Nakauchi, S., Extraction of CG image regions contributing to translucency perception using a psychophysical reverse correlation method, Vision Sciences Society 12th Annual Meeting (VSS2012), 2012/5/12, poster, ネイプルズ(アメリカ)

Nakauchi, S., Nishijima, R., Nagai, T., Tani, Y., Koida, K., Kitazaki, M., Perceptual matching of translucent materials under different illuminant conditions, Vision Sciences Society 12th Annual Meeting (VSS2012), 2012/5/12, poster, ネイプルズ(アメリカ)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

雑誌掲載

「質感」の認知能力に迫る, nature ダイジェスト 2011 年 6 月号,
[doi:10.1038/ndigest.2011.110605](https://doi.org/10.1038/ndigest.2011.110605) (2011/5/2)

新聞報道

「真珠品質を見極め 豊橋技科大が装置開発」日本経済新聞(中部経済 35 面;
2011/10/20)

「真珠の品質、色彩で選別 1 万粒を 4 時間で」日経産業新聞(先端技術 8 面;2011/10/21)

「素人でもプロ級? 真珠鑑定/豊橋技科大が品質判定実験/良しあしの評価には差も」東日新聞 2014.01.06

アウトリーチ活動

2015 年 1 月 6 日 グランフロント大阪北館 1F CAFE Lab.、質感脳情報学主催、サイエンス・カフェ、「美しさには理由がある: 良い真珠

と良くない真珠を見分ける脳と機械」と題し、真珠らしさはどこから来るのか、鑑定士はその質の違いをどうやって見分けるのか、機械でも測定できるのかについて講演した。

ホームページ

<http://shitsukan.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中内 茂樹 (NAKAUCHI, Shigeki)
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 00252320

(2) 研究分担者

北崎 充晃 (KITAZAKI, Michiteru)
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 90292739

永井 岳大 (NAGAI, Takehiro)
山形大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 40549036

(3) 研究協力者

谿 雄祐 (TANI, Yusuke)