

文部科学省科学研究費補助金
新学術領域研究

質感脳情報学



News Letter No. 3

2013.12.20

目次

領域代表挨拶	3
領域内共同研究の成果	4
質感研究のために開発した領域共有リソースの紹介	11
国際会議参加報告	18
公募研究紹介	
A01 質感の計測と表示に関わる工学的解析と技術	20
B01 質感認知に関わる感覚情報の特徴と処理様式	24
C01 質感情報の脳内表現と利用のメカニズム	28
領域の活動 ～公開シンポジウムなど～	33

領域代表挨拶

「質感脳情報学」領域のニュースレター第3巻をお届けします。

本領域は工学、心理物理学、脳科学の連携によってヒトの質感認知の特性やそのメカニズムを明らかにすることを目指しています。昨年のニュースレターではそのような研究の数々をご紹介しました。本領域のもう一つの重要な目的は、関係する分野間の交流を進める場を作っていくことです。分野間の壁が高い我が国では異分野の連携を必要とする新しい研究を進めることは簡単ではありませんが、新学術領域という科研費の制度はそのようなことを推進するのに相応しい仕組みを持っています。この制度を生かして質感の科学的な研究を進めるための異分野交流の場を作り出すことが、長期的な視点に立った場合には非常に重要であると考えています。

今回のニュースレターでは、本領域でこれまでに進められてきた共同研究の三つの例をご紹介します。一つ目は立体物に自在に映像を投影してその物体の見えを変化させることができる投影ディスプレイ技術を心理物理実験に応用した研究です。二つ目は漆板の反射の物理特性と質感の関係を調べた研究です。工芸品の学術的研究においては、物が持っている物理特性とその物を見たヒトに生み出される知覚や印象といった心理的な現象の関係を客観的にとらえることが重要です。三つ目は食品鮮度についての研究です。ここでもコントロールされた実物を撮影した画像の持つ特徴と知覚の関係を調べる手法が、ヒトの臨床や動物を用いた行動実験の場に応用されています。今回ご紹介するこれら三つの例はいずれも分野間の垣根を越えて行われている研究であり、異分野間の連携が力を発揮している実例として取り上げました。

質感は古くて新しいテーマです。古来から技術者や芸術家はすぐれた質感を持つ品物や作品を生み出すための努力を続けてきました。しかし質感を生み出す元になる仕組みについての科学的な研究が始まったのはごく最近です。新しいテーマの研究を始めるためには新しい道具が必要です。このニュースレターでは、本領域の活動の中で新しく開発された研究リソースを用いた質感研究もご紹介します。

本領域が発足して4年目を迎えた今年度は公募班員の交代の年でもありました。このニュースレターでは公募班員の新たな顔ぶれをご紹介します。この4年間、質感の科学的研究は世界的にも活発になってきています。例えば昨年ヨーロッパでは7か国の研究者が協力して、質感研究を進める若い人材を育成する PRISM というプログラムがスタートしました。今年の10月に行われた PRISM のワークショップには、本領域からも若い人たちが参加して他国の若い研究者と交流を深めています。私たちの活動は世界の動きとまさに呼応して進んでいるのです。

そのような私たちの活動をこのニュースレターを通して知っていただき、質感研究の意義と面白さをお伝えできることを願っています。

「質感認知の脳神経メカニズムと高度質感情報処理技術の融合的研究」領域代表

自然科学研究機構・生理学研究所・感覚認知情報研究部門

教授 小松 英彦

領域内共同研究の成果

投影ディスプレイ技術とその心理物理実験への応用

A 班 岩井大輔（大阪大学大学院基礎工学研究科・准教授）

B 班 Ho Hsin-Ni（NTT コミュニケーション科学基礎研究所・研究員）
ほか

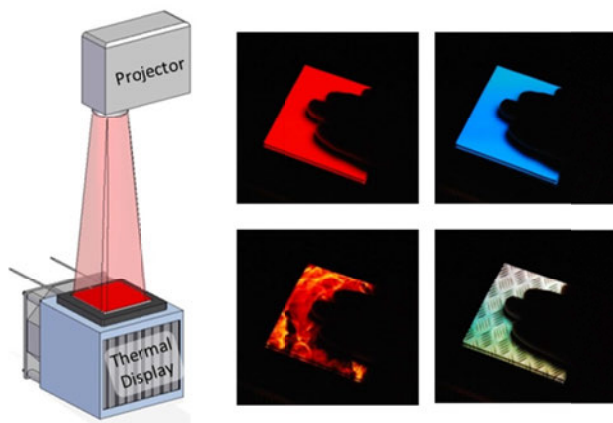


図1：投影ディスプレイ技術を利用した温度知覚の心理物理実験装置。温度が自由にコントロール出来る四角い部分の見え（色やテクスチャ）を、映像を投影することで変化させる。その面を触っている手には映像を投影しないようにすることで、自然に触っている状況をシミュレーションする。この装置を利用することで、視覚情報が温度感覚に与える影響を、実験的に分析することが出来る。

1. はじめに

プロジェクタから身の回りの物体（私達の身体、机や壁など）に映像を投影重畳して、その物体の見え方を様々に変える技術のことを、投影型の複合現実感と呼びます。最近では、プロジェクションマッピングという言葉でも一般的になりつつある技術です。通常、プロジェクタは、単一白色の平面スクリーンに映像を投影して、プレゼンテーションなどに用いられますが、投影型複合現実感では、模様がついて、さらに平面でない立体面に映像を投影する点が異なっています。この技術を用いると、通常の2次元ディスプレイ内に映像が表示されるだけでなく、立体物の上に映像が提示できるため、従来にない視覚表示が実現できるようになります。実物体の形や質感を変えることが出来ますので、心理実験を含む様々なシーンに応用可能な技術です。以下に、日浦班の岩井の所属している大阪大学の研究室で、これまで行われてきた投影型の複合現実感に関する研究例を二つ紹介し、どのようなことが実現できるのかを述べていきたいと思います。そのあとで、西田班のHoが岩井らと共同で、この技術を視覚と触覚の相互作用を調べる心理実験に応用した例を紹介したいと思います。

2. 実物体の形状を視覚的に操作する研究

プロジェクタからの投影像で、あたかも投影対象が変形したかのように見せる技術の研究をしています[1]。図2に、この研究で実現した投影結果を示します。一般的な室内照明の下で観察すると、右側の投影対象の中心にのみ穴が開けられていることが確認できます（同図(a)）。一方、同図(b)に示すように、我々の提案する技術を用いると、投影の結果、双方に同じような穴が空いているように見せることができます。ここで用いている技術は、いわゆる「だまし絵」と同じ原理を利用しているだけです。しかしながら、だまし絵が、ある固定された視点からでないとい効果がないのに対して、この技術では、観測者の視点を計測しており、それに応じて投影像を変更することができるため、視点に依存せずにだまし絵の効果を持続させることができます。

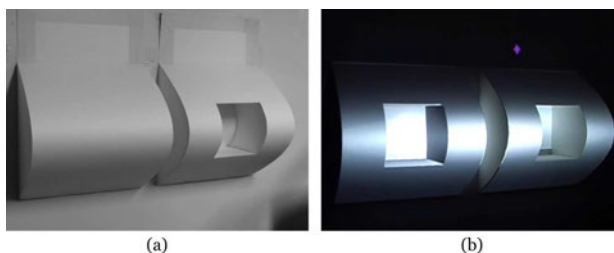


図2：実物体の形状を視覚的に操作する実験結果: (a) 室内照明下, (b) 投影後

この研究の応用先としては、製品の形状デザイン作業を支援することを考えています。製品の形状デザインを決定するためには、様々な形状の試作品を作成して評価する必要があります。このとき、多くの試作品を作るのはコストや手間がかかります。そこで、この技術を利用して、試作品を一つ作成したら、後はプロジェクタからの投影像を変化させることで、様々な形状のデザインを評価できるようにして、コストや手間の軽減を目指しています。

3. 実物体の透明感を視覚的に操作する研究

机の上に高く積み上がった書類の山から、一つの書類を探した経験のある方は多くおられるかと思います。我々の研究室では、プロジェクタからの投影像で、書類を上から順に、あたかも透明になったかのように見せることで、書類を取り出す手間なく、所望の書類を探し当てることのできる技術を提案しています[2]。この技術では、書類が山に積まれていく度に、置かれた書類の模様を、予め撮影しておきます。そして、撮影された書類の模様が書類の山の

上に投影されると、あたかもその書類より上の書類群が透明になったかのように感じます(図3(a)(b))。この時、技術的に解決しなければいけない点は、山の一番上に置かれた書類が、必ずしも投影に適した白色のスクリーンではないということです。書類の上には、様々な模様が印字されており、この上に投影像が重畳されると、投影像の模様と書類の模様とが混ざり合い、投影されている模様を把握することが困難となります。そこで我々は、投影対象の模様をキャンセルするような投影像の計算方法を考案し、それによって、書類の上に模様があったとしても、投影結果への影響を抑えることを実現しています(図3(c)(d)(e))。

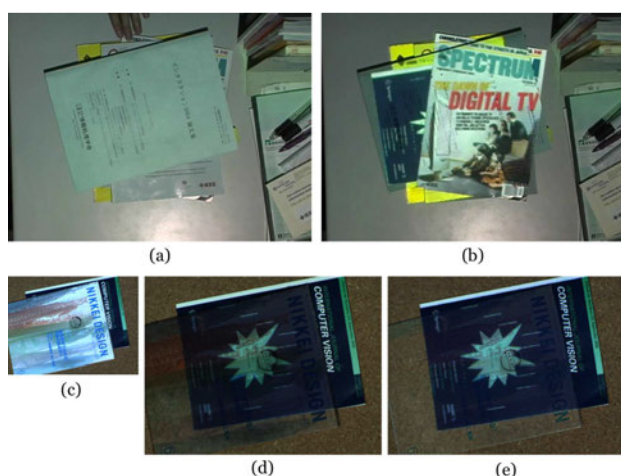


図3: 実物体の透明感を視覚的に操作する実験結果: (a) 室内照明下, (b) (a)への投影結果, (c) 室内照明下, (d) (c)の書類の模様をキャンセルせずに投影した結果, (e) (c)の書類の模様をキャンセルする技術を適用した結果

4. 触覚心理実験への応用

上記のようなシステムを実現するには、投影対象に投影画像をピタッと位置合わせする技術や、模様のある面の上で所望の色・模様を表示するための色合わせの技術が必要となります。われわれにはこれらに関する技術的蓄積があります。それを心理物理実験に利用して、新たな実験の枠組みの構築に挑戦しています。

人間は、複数の感覚モダリティから得られる感覚情報を統合して、ものの質感を判断しています。古くから、さわっている対象の見かけを操作するだけで、ざらつき感などの触り心地が変わることが知られています。このような触覚と視覚の相互作用の仕組みを解明するためには、触覚と視覚で矛盾した刺激を提示する必要があります。ハーフミラーなどを使った従来の方法ですと、触っている手が見えないため不自然な印象を観察者に与えます。投影ディ

スプレイ技術を使うとこの問題が解決できます。まず、この技術により、触っている物体そのものの見かけを自由に変化させることが出来ます。色や明るさを変えることが出来ますし、本当はざらざらのものをつるつるしているように見せることも可能です。さらに、触っている手の領域を物体の領域から分離して、それぞれに別々の映像操作をすることで、見かけ上は自分の手が自然に対象に触っているという錯覚的な状況を作り出すことが出来るのです。さらに、触っている手の見かけだけを変化するという応用も可能になってきます。

現在、進めているプロジェクトでは、自由に温度が操作できる温度ディスプレイと投影ディスプレイを組み合わせることで、視覚が温度感覚に与える影響を研究しています(図1)。いま取り組んでいるのは色の影響です。赤は暖色、青は寒色と良く言われますが、色が温度知覚に直接影響を与えるという明確な実験的な証拠は実はまだありません。色は温度判断を変えるのか、変えるとすればどういう形で変えるのか。これらの問いに答えるべく、現在実験を進めています[3]。

○関連する研究発表

1. 久田理, 山本景子, 金谷一郎, 佐藤宏介: HYPERREAL 三次元形状デザイン支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 12, pp. 3873-3881 (2007)
2. Iwai D. and Sato K.: Document search support by making physical documents transparent in projection-based mixed reality. Virtual Reality, Vol. 15, No. 2, pp. 147-160, 2011.
3. Ho H-N, Iwai D., Yoshikawa Y., Watanabe, J., Nishida, S.: Effects of color on perceived temperature, Perception, 42(supplement), 167, 2013. (Proceedings of European Conference on Visual Perception 2013)

黒漆手板の感性評価と物理特性

B班 阿山みよし（宇都宮大学工学研究科・教授）
B班 大谷芳夫（京都工芸繊維大学工芸科学研究科・教授）
A班 山本昇志（東京都立産業技術高等専門学校・教授）
A班 津村徳道（千葉大学融合科学研究科・准教授）



はじめに

本研究の目的は、光学計測、漆工芸、感性工学、視覚心理物理を専門とする分野横断的研究グループにより、黒漆表面の物理特性と漆黒の質感の関係を解明することです。

漆製品の製作には、塗るだけでも多数の工程があります。そこで本研究では、塗り工程が進むにつれてどのように表面特性が変化し、また各々の段階で光沢感や黒みといった感性評価がどのように変わっていくのかを検討しました。

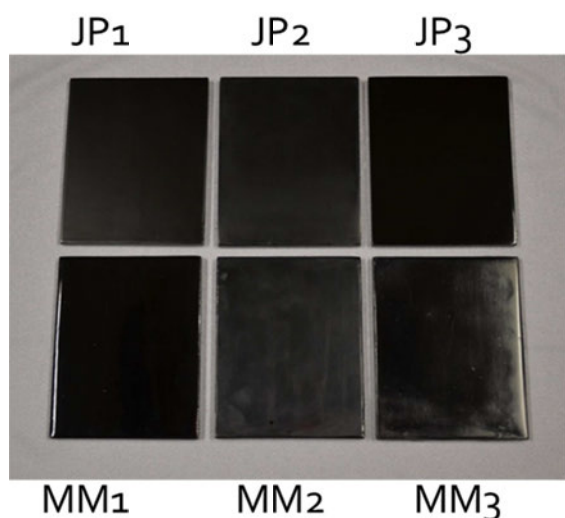


図1. 日本産（上段）とミャンマー産（下段）の漆を塗布した評価用手板。左から塗り立て、胴摺り、呂色磨き（詳細は本文）。

本研究で用いた漆塗りの手板

図1は本研究で用いた手板で、各々左から実験刺激として、漆表面を仕上げてゆく多数の工程の途中の2段階で止めたものと最後まで仕上げた3種類を準備しました。左は下地塗りの上に漆に少量の灯油を混ぜて均一に塗った「塗り立て」、中央はそれを砥石で研ぎ、砥粉（とのこ）にサラダ油を混ぜた胴摺粉で磨いた「胴摺り」、右は、ここまでに出てきた傷に生漆を塗り、室（むろ）で乾かす擦り漆の工程の後、胴摺粉より細かい呂色磨粉やチタン粉に適当に油を加えての磨きと乾燥を数回繰り返した「呂色磨き」です。必ずしも工程が進むほど光沢が増すという訳ではなく、ミャンマー産では塗り立てでかなり光沢があり、胴摺りで一度粗くなり、さらに細かい磨き粉で磨くと光沢が強くなります。

後述のように漆はアジアの広い地域で用いられて

いますが、地域の特徴があります。連携研究員の松島さくら子准教授（宇都宮大学教育学部）が研究の一環で各地の漆を収集しているので、良い機会であり、評価刺激に取り入れることにしました。図1の上段JP1～JP3は日本産の漆、下段MM1～MM3はミャンマー産の漆を塗布したものです。写真では光沢感や黒みの違いが十分に表せないのが残念です。

漆について

漆は防腐性や耐久性を向上させる性質を持つので木材や金属製の生活道具や装飾品などに塗布されてきました。漆を塗布したものを漆器といい、漆器は東アジアから東南アジアにかけて古くから使用されてきた経緯があります。特に日本では蒔絵や螺鈿など独特の加飾が発達し、黒や朱の色合いや滑らかな手触りと相まって近代以降は日本の代表的な工芸品として知られ、漆器は海外で「ジャパン」とも呼ばれるようになりました。特に黒塗りは漆黒と呼ばれる深い黒みを持つことで有名です。

研究の動機

漆および漆器については、工芸品としての評価だけでなく学術的研究もなされています。それらは、漆の成分分析や物理化学的特性に関する研究、塗布や加飾の技法的研究、さらに漆器利用法の比較文化学的研究など様々ですが、表面の物理的特性と見た目の印象評価との関係を検討した異分野融合研究はいまだに少ないのが現状です。このような背景から、我々はこの研究に取り組み始めました。

また、感性評価においては、評価する人の知識や関心が評価に影響することが良く知られています。そこで本研究でも、工学系と美術系学生の被験者群に対して感性評価と知覚的黒み評価実験を行い、表面特性と見た目の評価の関係およびその被験者群による相違について検討しました。

共同研究の経緯

この研究は分野横断的研究なので、宇都宮大学チームに限っても工学研究科と教育学部とオプティクス教育研究センターの教員が入っており、さらに芝浦工大から感性評価の専門家に加わってもらい研究を開始しました。

2011年6月の最初の班会議で、見た目に直接関係する表面特性として双方向反射率分布関数BRDF（Bidirectional Reflectance Distribution Function）を測定すべきだとの指摘を受け、B班計画研究メン

バー西田眞也氏のコーディネートにより BRDF 測定装置を所有するチーム（A班「輝度と立体感の順応を利用した質感再現の顕在化研究」代表者の都立産業技術高専の山本教授と、その課題の連携研究員千葉大津村准教授）の協力が得られました。また、別の角度から漆の質感研究に取り組んでいるB班「漆質感認知に寄与する時空間視覚情報特性解析」代表者の大谷芳夫教授（京都工芸繊維大学工学科学研究科）の協力も得て、大谷教授が作成した艶成分の異なる漆を塗布した 11 枚の漆板の BRDF の測定も可能となりました。

研究成果

図 2 に BRDF 測定結果（入射角 45° 、反射角 $35^\circ \sim 55^\circ$ ）を示します。測定装置は千葉大津村研究室所有の村上色研製 3 次元変角分光測色システム GCMS-WIN です。横軸は角度、縦軸は反射率（%）、奥行き軸は波長（400～700nm）です。図 2 では JP1 はほぼ反射率ゼロに見えますが、反射角 45° をピーク（波長により異なるが 2.6～6%）として広い角度範囲で 1%以上の反射があります。

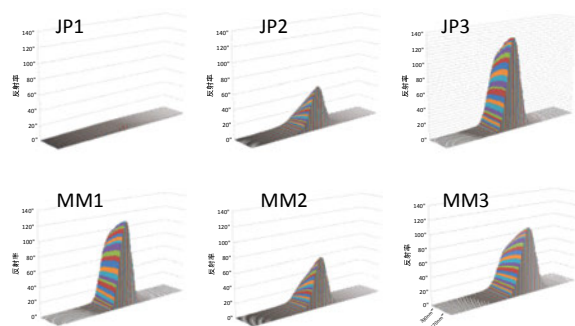


図 2. 6 枚の手板の BRDF

見た目の評価に関しては、参照刺激と比較する黒みマッチング実験と、見た目の印象を数値で表す主観評価実験を行いました。印象の項目は黒み・光沢感・滑らかさ・好み・深みの 6 つです。被験者は美術系と工学系の大学生各々 10 名ずつです。

図 3 は光沢感評価の実験結果で、横軸は手板の種類、縦軸は評価の平均値、棒線は被験者間のばらつきを表す標準偏差です。評価値が大きいほど光沢感が強いことを示します。ピーク値が低い JP1 の評価が JP2 より高いのが面白い結果です。工学系と美術系で目立った相違はありませんでした。

図 2 と図 3 の関係を探るのに、反射率のピーク値だけの影響ではないようなので、ピーク値と半値幅の両方の寄与を検討してみました。半値幅とはピークの半分となる角度範囲のことで、例えば MM1 は 2.4° 、JP1 は 14.4° です。それら 2 項目の重回帰分析を行った結果が図 4 です。波長の代表値として 500nm で値を用い、反射率のピーク値を正規化した値を PR_{500} 、半値幅を正規化した値を HBW_{500} とす

ると、横軸は以下の式で計算した値です。

$$G = 6.00 \cdot PR_{500} + 3.91 \cdot HBW_{500} - 1.54$$

図 4 では決定係数が 0.98 と高い値となり、本研究で用いた手板に限定されますが、見た目の光沢感が BRDF のピーク値と半値幅でほぼ説明できることが示されました。

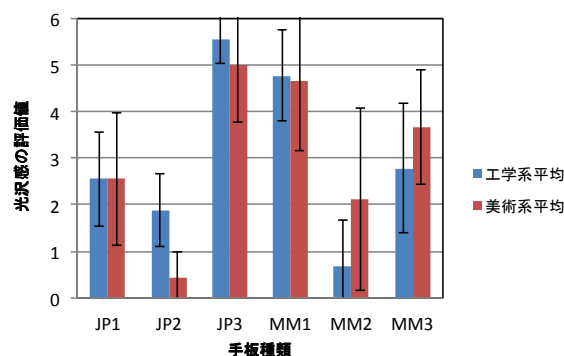


図 3. 光沢感の主観評価

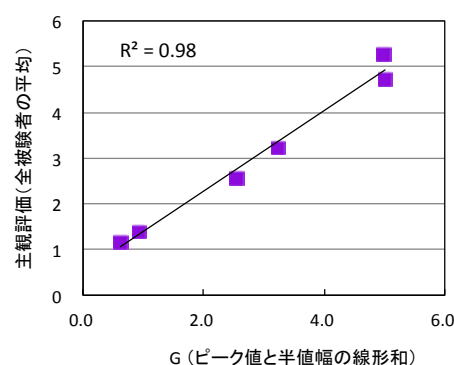


図 4. 光沢感の主観評価値と G 値の相関関係

おわりに

光沢感への BRDF の半値幅の寄与は興味深い結果です。領域内共同研究により漆の質感評価のさらなる発展の道が拓けて今後は楽しみです。

○関連する研究発表

1. 坂上雄軌, 河野哲也, 石川智治, 松島さくら子, 大谷幸利, 大倉典子, 阿山みよし: 黒漆の知覚的黑みと表面特性の関係, 日本感性工学大会, CD-ROM 東京, 2012.

2. Kohno T, Sakaue Y, Ishikawa T, Matsushima S, Ohkura M, Kasuga M, Ohtani Y, Ayama M: Blackness of Japanese lacquer and its relation to surface property, Proceedings of the AIC2012, Taipei, CD-ROM, 2012.

食品鮮度の認知メカニズムの解明

B班 岡嶋克典(横浜国立大学大学院環境情報研究院・准教授)

A班 山口雅浩(東京工業大学学術国際情報センター・教授)

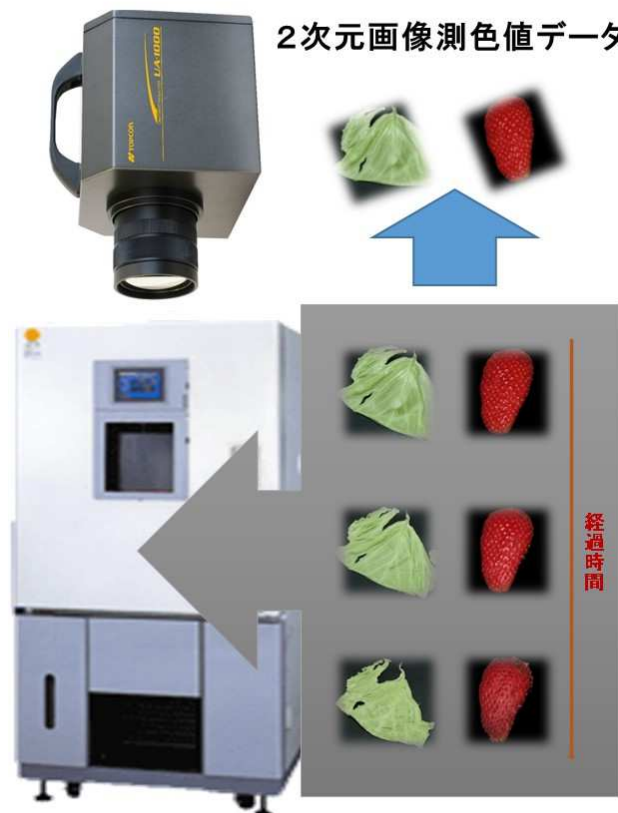
C班 鈴木匡子(山形大学大学院医学系研究科・教授)

B班 伊村知子(新潟国際情報大学情報文化学部・講師)



2次元色彩計

2次元画像測色値データ

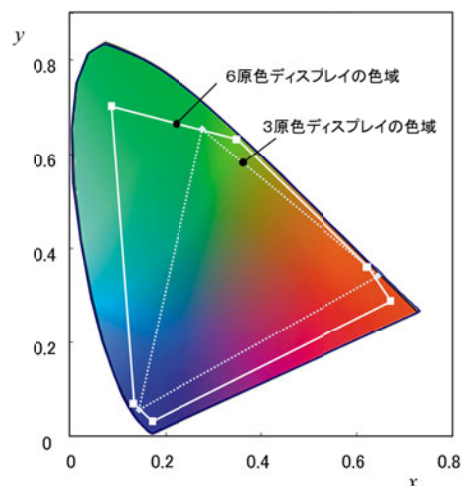


恒温恒湿槽

恒温恒湿槽内で劣化する野菜の測色値画像情報を2次元色彩計で取得し鮮度評価実験用画像を作成

私たちは食品を見るだけで、その種類だけでなく、鮮度や熟度等も一瞬にして認知することができます。これは、私たちの視覚系に、鮮度情報を処理するメカニズムが存在することを示唆しています。しかし、視覚の高次質感認知(例えば鮮度感や瑞々しさ感等)に関する研究はあまり行われていません。一方、食品の分野でも生鮮食品の鮮度の測定法は確立されていません。そのため、視覚情報から自然物の経時変化を推定するメカニズムの解明は、様々な産業分野における応用の観点からも重要な課題といえます。そこで、岡嶋ら(B班)は、生鮮食品(コマツナ・キャベツ・イチゴ・ニンジン)を恒温恒湿槽によって系統的に腐敗劣化させ、その途中経過を2次元色彩計で画像情報として記録し、視覚刺激を作成しました。この画像は、デバイスに依存する通常のRGB

ではなく、測色値の2次元データで構成されていますので、較正された適切なモニターで表示することで、実際の野菜と同じ色・明るさでいつでもどこでも表示することが可能です。この視覚刺激を使用して、鮮度評価実験をまずは健常者で行いました。その際、刺激画像の表示デバイスとして、色再現領域が広く忠実な色再現が可能な液晶モニターを使用しましたが、イチゴだけはこの液晶モニターでも表示できない鮮やかさを有していたため、山口ら(A班)が開発した多原色プロジェクタシステムを導入し、イチゴ刺激を表示しました。このシステムは、RGB 3原色の特性を変更する色フィルタが装着された2台の液晶プロジェクタを用い、投影像をスクリーン上で重ね合わせることで映像を表示します。2台のプロジェクタの3原色は互いに異なり、また通常のRGBよりも色純度が高いため、6原色表示により広い色域の表現が可能です。従来の標準的なRGBモニターが表示できるのは自然界の反射物体の色域の85%程度であるのに対し、6原色ディスプレイは99%以上を再現可能です。



6原色ディスプレイの色再現領域

鮮度評価実験の結果から、知覚鮮度と画像内の輝度分布統計量との間に高い相関があることを明らかにしました。また色は食品において重要な情報の1つですが、今回の実験から鮮度の評価において、色情報は主要な手がかりではないことがわかりました。次に、画像処理技術を用いて各輝度分布統計量を独立に変化させたキャベツ画像を作成して同様な実験を行いました。通常、輝度分布を変えると、その中の様々な統計量が同時に変化してしましますが、今

回特殊な変換方法を開発することで、各統計量を独立に可変することが可能となりました。その結果、輝度分布統計量の1つである歪度(skewness)が重要な手がかりになっていることを突き止めました。



輝度分布のみ置換して作成した人工キャベツ画像
横列はオリジナル画像が同じ人工画像
“時間”は恒温恒湿槽内で経過した時間

そして、4種類の野菜の鮮度知覚の変化は、輝度分布統計量と輝度空間周波数で定式化できることを示しました。これは、画像処理による定量的な鮮度評価が可能であることを示しています。また以上の知見に加え、鮮度評価が短時間呈示(0.1s以内)で可能なことから、視覚系に鮮度評価のためのメカニズムが存在することが示唆されます。

以上の結果は視覚および脳機能が正常な被験者による結果ですが、鈴木ら(C班)は、初期の変性性認知症患者において鮮度評価機能を検討しました。脳に損傷のある患者では傷んだ食物を食べたり、人に勧めたりする行動変化がみられることがあり、鮮度評価機能の低下が関与している可能性があります。今回はアルツハイマー病などの変性性認知症およびその予備軍とされる軽度認知障害の患者にご協力いただき、2つの課題を施行しました。鮮度の異なる2枚の野菜の画像からより新鮮な方を選択させる鮮度判断課題と、鮮度は同じで輝度のみ異なる2枚の野菜の画像から明るい方を選択させる輝度判断課題です。その結果、健康人に比較して患者群では鮮度判断課題でのみ成績が低下していることが分かりました。鮮度判断課題の成績低下は、視力やコントラスト感度の低下、全般性認知機能低下とかならずしも関連せず、変性性認知症においては早期から鮮度評価に関わる機能が低下する可能性が示唆されました。

ここまで、ヒトの鮮度評価に関する研究について紹介してきました。食べる前に、見るだけで鮮度を評価できれば、古い食べ物の摂取を避けることができます。これは、生存において必要不可欠な機能と考えられます。そのため、ヒトに限らず、他の動物にも視覚による鮮度評価ができるはずです。そこで伊村ら(B班)は、チンパンジーによる鮮度評価実

験を行いました。まず、鮮度の異なる2枚のキャベツの葉の画像をモニタに提示して、チンパンジーが「鮮度」の高い方を選択するように訓練しました。その後、新奇なキャベツの葉やホウレンソウの葉の画像を用いて鮮度評価実験を行ったところ、チンパンジーも鮮度の違いを区別できることがわかりました。画像に含まれるピクセルの配置をランダムに並び替えた場合には鮮度評価の成績が低下したことから、空間的な情報も鮮度を区別する手がかりとして重要であることが示されました。また、ヒトと同様、チンパンジーにおいても、色情報が鮮度知覚に関する主要因ではないことを明らかにしました。以上の結果から、ヒト以外の動物の視覚系にも鮮度を評価するメカニズムが備わっている可能性が示唆されました。



チンパンジーの鮮度評価実験の様子

以上のように、分野や背景が異なるA、B、C班のメンバーが協力し合い、様々な角度から食品鮮度の認知メカニズムの解明に取り組みました。その結果、通常では得られない食品鮮度の認知メカニズムに関する広範な知見が得られました。

関連する研究発表

1. Arce-Lopera C, Masuda T, Kimura A, Wada Y, Okajima K: Luminance distribution as a determinant for visual freshness perception: Evidence from image analysis of a cabbage leaf. Food Quality and Preference 27(2):202-7, 2013.

2. Okajima K, Arce-Lopera, C, Masuda T, Kimura A, Wada Y: Luminance distribution asymmetry modifies vegetable freshness perception. 10th Pangborn Sensory Science Symposium, Rio de Janeiro, Brazil, O12.2, 2013.

質感研究のために開発した領域共有リソースの紹介

質感サンプル

B 班 中内 茂樹（豊橋技術科学大学大学院工学研究科・教授）
B 班 北崎 充晃（豊橋技術科学大学大学院工学研究科・准教授）
B 班 永井 岳大（山形大学大学院理工学研究科・准教授）



○設備概要

私たちの身の回りには様々な大きさ、形の物体が存在し、それらは様々な材料で作られています。材料が違えばもちろんのこと、同じ材料でも形や加工が違えば、見た目の印象、質感が異なります。逆に、異なる材料でも質感が似ていることもあります。しかし、たいていの場合、私たちは目にした物体の質感、そしてそこからその材質を知ることができます。このような視覚的機能が手がかりとして用いている情報について検討する上で、コンピュータグラフィックス（CG）はとても便利かつ強力な手段です。技術があれば、任意の材質で任意の形状の物体画像を作り出すことができます。しかし、いかに優れていようと CG はあくまで「それらしく見せる技術」であり、「そのもの」ではありません。実物を使わないとわからないこともあるでしょう。

そのような意図から開発されたのが質感サンプルです。質感サンプルは金属、布、木材、石材、皮革、ガラス、樹脂（プラスチック）の 7 種類の材質についてそれぞれ 20 種類の素材（石材のみ 11 種類）で構成されています。サンプルの大きさと形状（波形と平面）は統制されており、同じ大きさ（一辺が 10 cm の正方形）、形で素材の異なる 262 種類の物体で構成されたセットとなっています（図 1）。

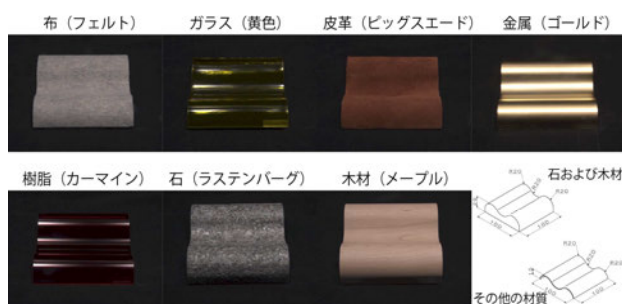


図 1：質感サンプルの例（波形形状）

物体の見え方は照明条件、物体表面の反射特性、表面形状（面の向き）によって変化します。したがって、異なる材質の物体の見え方を比較する場合、材質、つまり反射特性の違いによる影響を知ろうとするときには、照明と物体の形状を揃えて比較する必要があります。そこで、質感サンプルではすべての材質で形を統一しています。また、いくつかのサンプルについては、詳細な反射特性である BRDF（双方向反射率分布関数）を取得し、CG と比較ができるようになっています。

○運用例

1.画像特徴および質感評定と材質の関係

まず、質感サンプルを撮影し、そのそれぞれについて質感を評定させる実験を行いました。評定したのは光沢感、透明感、ざらざら感、冷暖感など 9 つの質感で、そのそれぞれにつき 7 段階で評価してもらいました。その結果、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ました。これらの結果は、質感サンプルそのものを観察した際にも認められました。

次に、撮影した写真から計算された画像統計量と材質の関係、質感の評定結果と材質の関係を見るために、主成分分析を行いました。その結果、画像統計量から抽出された主成分による空間内での分布と比べると、評定結果から抽出された主成分による空間内の方が、材質ごとにクラスタ化していることが明らかになりました（図 2）。

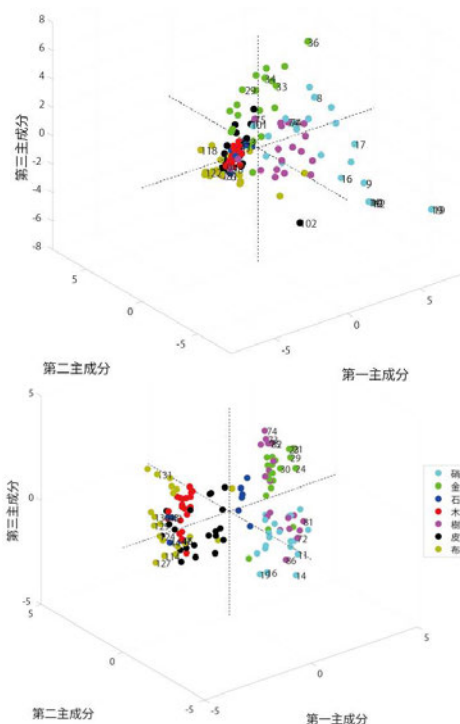


図 2：画像統計量と材質の関係（上）と質感評定値と材質の関係（下）

2.質感知覚の時間特性

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であるかどうかを回答させる実験を行いました。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、図 2 右で示した空間における距離と相関することがわかりました。すなわち、図 2 右の空間内での距離が近いサンプル同士の場合、同じ材質なら早く回答することができ、異なる材質なら回答に時間を要した、距離が遠いサンプル同士の場合、同じ材質なら回答が遅くなり、異なる材質ならすぐに回答できたという関係が認められました。

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いました。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ました。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のです (図 3)。

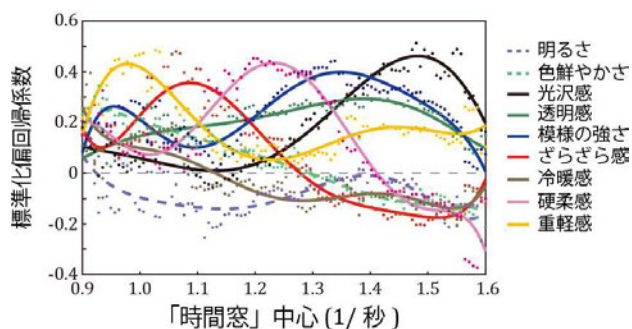


図 3：材質識別速度と質感特徴の関係性

3. 撮影時間の推定

写真を合成することで、全方位の情報を有する画像を作る技術を用いて、光源や二次反射などといった環境光をデータ化することができます。そのような画像を照明として使用することで、実際にその場所で、その時間に物体を撮影しなくても、その状況における物体の見え方を模擬的に再現することが理論的には可能です。この技術を用いて質感サンプルを照明し、そこから撮影時間を推定する実験を行いました。高輝度液晶モニタ 4 面を箱状に組み合わせた装置に環境光画像を提示し、質感サンプルを箱の中に置いた状態を、のぞき窓から観察し、サンプルの見え方から時間を答えてもらいました。環境光データは屋内、屋外 (建物のすぐ外)、屋外 (グラウンド) で取得したものを用い、撮影時間は午前 8 時、10 時、12 時 (正午)、14 時、16 時、17 時の 6 条件とし、3 月の晴れた日に撮影しました。刺激として使用したサンプルは光沢のあるニッケル (金属) と肌色のサドルレザー (皮革) でした (図 4)。実験協力者はすべて撮影場所を知っていました。

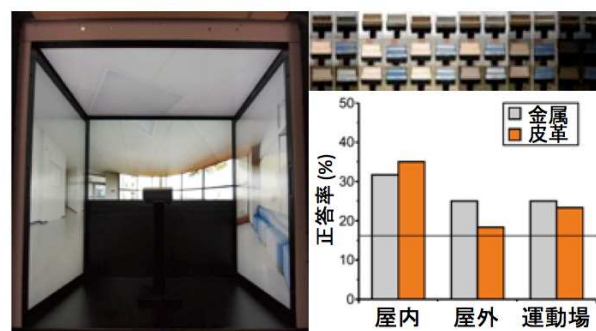


図 4：刺激照明、提示装置 (左) と各条件における刺激の見え方 (右上)、実験結果 (右下)

(左) 装置手前を閉じて覗き穴越しに刺激を観察した。(右上) 上段：屋内、中段：建物のすぐ外、下段：グラウンド。右のものほど遅い時間であり、同時間のサドルレザー、ニッケルの順に並べてある。(右下) 環境およびサンプルによらず、概ね偶然より高い確率で時間を言い当てることができた。

いずれの条件においても、実験協力者は偶然よりも有意に高い確率で正しい時間を答えることができたが、その正確さは場所および質感サンプルの種類によって異なりました。このことは、画像データを照明として使用することと、その状況において人が時間に関する情報を利用することが可能であることを示していると私たちは考えています。物体表面の明るさ以外に人が利用しているのはいかなる情報なのか、詳細な分析を現在行っています。

○関連する研究発表

1. 永井 岳大, 松島 俊樹, 鯉田 孝和, 谿 雄祐, 北崎 充晃, 中内 茂樹: 様々な材質からなる物体の写真に対する質感知覚特性, 日本視覚学会 2012 年冬季大会, 工学院大学, 東京都, 1.19-21, 2012

2. Tani Y, Matsushima T, Nagai T, Koida K, Kitazaki M, Nakauchi S: Perceptual information about surface qualities used in material discrimination, Vision Sciences Society 12th Annual Meeting, Naples, USA, 5. 11-16, 2012

3. Kitazaki M, Yamamoto A, Tani Y, Nagai T, Koida K, Nakauchi S: Presenting scene illumination on real-object surfaces, ACM Symposium on Applied Perception 2013, Dublin, Ireland, 8. 22-23, 2013

モバイルラボ

B 班 中内 茂樹（豊橋技術科学大学大学院工学研究科・教授）
B 班 北崎 充晃（豊橋技術科学大学大学院工学研究科・准教授）
B 班 永井 岳大（山形大学大学院理工学研究科・准教授）



○設備概要



図 1：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。

トラックを改造した移動型視覚心理物理実験室、通称モバイル・ラボは、遠隔地の実験協力者に対して実験を実施するために導入されました。トラックではありますが、いわゆる普通自動車免許で運転可能なオートマチック車です。乗員の定員が 3 名なので、実験準備および片付けも楽々（感じ方には個人差があります）、ほとんどの規模の実験に対応することが可能です。トラックの荷室を実験用暗室として使用するため、天候に左右されることなく計画的に短期間でまとまった量のデータを得ることが可能になります。

実験室は幅 1760 mm、奥行き 1800 mm、天井の高さが 1900 mm、ドアの幅が 800 mm、高さが 1700 mm となっており、一般的な実験用暗室よりも広い設計です。また、実験用暗室はエアコンおよび換気扇が備わっていますので、今年の夏のような猛暑の炎天下でも安全に実験を行うことができます（図 1）。また、保冷車を改造しているため、最高でマイナス 18℃まで冷やすことができ、設備的には極地における視知覚に関する実験も可能かも知れません。

○運用例

真珠の評定に関する実験を行うためにモバイル・ラボを使用しました。真珠を養殖している業者や加工販売業者など真珠に関する熟練者が、どのように真珠を評価しているのかを調べるために、彼らが住む三重県伊勢、志摩地方までモバイル・ラボで出張しました。伊勢、志摩地方から私たちの大学がある愛知県豊橋市までは片道 3 時間以上、交通費も 3 千円以上かかるため、実験への協力をお願いする際の

負担が大きくなってしまいます（図 2）。しかし、モバイル・ラボを使用することによって協力者にかかる負担を最小限に抑えることが可能になりました。実際、私たちは 1 泊 2 日の日程で、8 名の熟練者に実験に協力してもらうことができました。



図 2：豊橋と伊勢、志摩の位置関係
直線距離でおよそ 80 km、高速道路利用の陸路で約 230 km、伊勢湾フェリーの利用で約 90 km。

○実験の背景、方法、得られた成果

真珠は養殖業者や加工業者などの熟練者の目視によってその等級、価値（価格）が決められます。熟練者は真珠の大きさ、形、色、光沢などを評価します。私たちは、彼らが用いる基準がどのようなものなのか、そしてそのような基準を知らないどころか、日常的に真珠を見る機会がほとんどない一般人による真珠の評価とどれくらい同じでどれくらい違うのかについて、実際に両者に同じ環境で同じ真珠を評価してもらった結果から検討しました。熟練者は前述の通り、三重県伊勢、志摩地方の真珠に関する 8 名（真珠養殖業者、加工販売業者および真珠養殖技術の研究者）、一般人協力者は大学職員および大学教員 11 名でした。どちらも平均年齢は 42~43 歳の男性で、一般人協力者は日常生活において真珠を目にする機会はほとんど無い人たちでした。

熟練者は真珠を北窓から差す太陽光の下で観察するので、実験においては太陽光の分光スペクトルを模した照明（人工太陽灯）を照明光として用いました。評価対象とした真珠は直径 8 mm のアコヤ養殖真珠 20 個で、10 個ずつ組に分けて使用しました（図 3）。各真珠には裏面に識別記号が記入された 1 cm 四方の台紙が貼付けてありました。各組には A 級と B 級の 2 等級の真珠がそれぞれ 5 個ずつ含まれてい

ました。



図 3：実験に使用した真珠

左の方が良いとされる真珠。右と比べて真珠特有の干渉色の発色がよい。

実験課題は、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というもので、2 組の真珠に対してそれぞれ 5 回ずつ行いました。実験は実験協力者と実験者、実験補助者の 3 名が実験室に入り、扉を閉めた状態で行いました。したがって、実験室内の光源は真珠が置かれた机の上に設置された人工太陽灯のみでしたが、真珠を観察するのに十分な光量でした（図 4）。



図 4：実験の様子

実験開始前の熟練協力者（左）と実験中の一般人協力者（右）。協力者は机の上の真珠を、手前の箱の中に良いと思った順番に並べた。

課題に制限時間は設定されておらず、協力者は納得するまで並べ替えることを許されました。協力者が並べ替えに納得したことを実験者に告げると、実験者は箱を手元に引き取り順番を記録しました。実験者が記録している間に、実験補助者が机の上に別の真珠セットを机の上に置き、次の試行を開始しました。なお、熟練者、一般人のどちらに対しても、各試行の結果に関する情報は一切与えませんでした。

両群の結果は熟練者群の結果に基づいて評価しました。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」としました。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ました。この割合を一致率と呼びますと、熟練者群と一般人の一致率は統計的に意味のある大きさの差が認められました。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ました。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す。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の、熟練者よりは低いことがわかりました（図 5）。

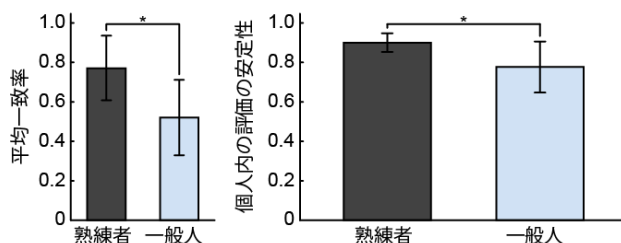
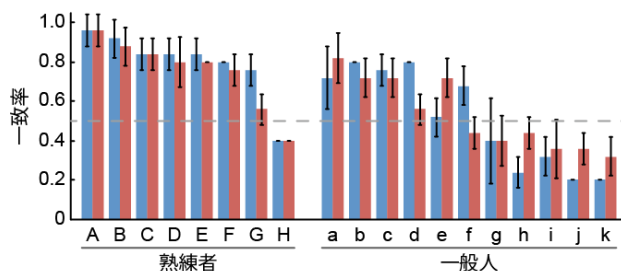


図 5：各協力者の一致率（上）、両群の平均一致率（左下）と評価の安定性（右下）

いずれの図においても誤差棒は標準偏差を示す。左上図において、各協力者に対して 2 本の棒があるのは、それぞれが別の真珠セットにおける一致率を現しているからである。また、左下図、右下図内の「*」は統計的に有意な差があることを示している。

一般人群の平均一致率は熟練者群に比べ低く、11 名中 5 名は 0.5 より低くなっていました。このことは彼らが熟練者と逆の評価をしていたことを示しています。しかし、彼らの評価の安定性は他の一般人協力者と同等に安定していました。このことから、一致率が低かった協力者も他の協力者と同じ要素に注目して真珠を評価していることが推測されますが、このことは真珠の画像的な特徴を解析、数値化した結果と照らし合わせることで確認することができました。この分析によって、真珠の評価方法を知らない一般人も、1) 熟練者と同じ要素を用いて真珠の評価をすることができるが、2) 要素の使い方が熟練者とは異なることが示唆されました。

この研究で明らかになったことをまとめますと、熟練者が目視によって決めた真珠の等級は、予備知識を持たない一般人の受け入れられる、つまり一般人による真珠の評価が一般人と似るということ、その理由はおそらく熟練者と同じ視覚情報を判断に用いているから、ということです。しかし、評価の安定性において熟練者が優れていることと、熟練者の評価がすべての一般人に受け入れられるわけではないかも知れないこともわかりました。

○関連する研究発表

1. Tani Y, Nagai T, Koida K, Kitazaki M, Nakauchi S: Experts and novices use same factors -but differently- to evaluate pearl quality, PLoS ONE, in press

オノマトペによる質感評価システム

B 班 坂本 真樹（電気通信大学大学院情報理工学研究科・准教授）



オノマトペによる質感評価システムの出力結果例
「モフモフ」は、あたたかく、やわらかいという質感評価を表すと推定されます。

研究の背景

質感に関する研究での人の主観データの収集手法としては、SD 法の実績件数が最も多いとされます。SD 法(Semantic differential method)は、言語の心理的研究のために考案され、概念や対象の持つ感情・情緒的反応の定量化を可能とするものです。「かたいーやわらかい」など対立する形容詞対で構成された評価項目を用いて、対象となる素材の質感を 5 段階ないし 7 段階の尺度上に評定します。SD 法を用いて収集した材質感の主観的なデータについて、因子分析や主成分分析などの多変量解析を行うことで、材質感を構成する次元の抽出が行われています。このように、これまででは、あらかじめ実験者が設定した形容詞対を用いた一定数の評価項目で、被験者に質感を評価させてきました。しかし、私たちは、様々なものの質感を「かたいーやわらかい」「湿ったー乾いた」といった評価項目ごとに分析的に感じているのではなく、「ふわふわでさらさらな髪になりたい」、「しっとりすべすべな肌になりたい」といったオノマトペ（擬音語・擬態語の総称）で、短く直感的に表現することが多いのです。しかし、言葉で表される情報は数値化しにくく、主観的な感じ方とその表現が表す情報を客観的に捉えることは難しいとされます。ここで紹介するシステムは、オノマトペを構成する音や形態が意味と結びつく音象徴性を利用し、質感、快不快を含む感性の定量化を可能にするものです。

システムの解説

2009 年に特許出願している本システムの基本技術は、任意のモーラ数（日本語の拍で、例えば「さらさら」は 2 モーラ「さら」の繰り返し）を持つオノマトペ表現が表す印象を予測することを可能にするものです。本領域での研究活動を通して、現在は、素材の質感を定量的に評価するのに適した尺度で、音韻の印象評価値を計算できるまでに拡張しています。「明るいー暗い」、「暖かいー冷たい」、「快適ー不快」、「かたいーやわらかい」、「湿ったー乾いた」、「滑るー粘つく」、「鋭いー鈍い」、「つやのあるーつやのない」、「なめらかなー粗い」といった 43 対の評価尺度で、ユーザが入力した任意のオノマトペで表される質感印象を定量化するシステムとなっています。

オノマトペは「子音＋母音＋（撥音・拗音など）」という形態で記述できます。ここで、子音の部分から濁音・半濁音及び拗音を分離し、例えば「か・きゃ・が・ぎゃ」はいずれもカ行であるというように、複数の音韻を子音行ごとに集約したカテゴリを「子音カテゴリ」とします。母音やその他の音韻特性についてもカテゴリを定義しています。これによりオノマトペ表現を 1 モーラ目・2 モーラ目ごとに「子音＋濁音・半濁音＋拗音＋母音＋小母音＋語尾（撥音・促音など）」といった形式で記述できます。これら各音韻特性の印象の線形和として、オノマトペ全体の印象予測値が得られるとする次式(1)のモデルを採用しています。

$$\hat{Y} = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{13} + \text{Const.} \quad (1)$$

ここで、 $\hat{Y}$ はある評価尺度の印象予測値、 $X_1 \sim X_{13}$ は各音韻特性のカテゴリ数量（各音韻特性が印象に与える影響の大きさ）を表しています。 $X_1 \sim X_6$ はそれぞれ 1 モーラ目の「子音行の種類」、「濁音・半濁音の有無」、「拗音の有無」、「母音の種類」、「小母音の種類」、「語尾（撥音「ン」・促音「ッ」・長音「ー」）の有無」の数量です。また $X_7 \sim X_{12}$ はそれぞれ 2 モーラ目の「子音行の種類」、「濁音・半濁音の有無」、「拗音の有無」、「小母音の種類」、「母音の種類」、「語尾（撥音・促音・長音・語末の「リ」）の有無」の数量です。 X_{13} は「反復の有無」の数量、Const. は定数項を表します。

オノマトペを構成する各音韻特性がオノマトペの印象に与える影響の大きさを表す「各音韻特性のカテゴリ数量値（評価尺度 43 対ごとの $X_1 \sim X_{13}$ ）」を調査するために、被験者にオノマトペ表現を提示した上で、その印象を評価してもらった実験を行いました。印象評価実験に使用するオノマトペ表現として、全ての子音、母音、語尾などの音韻特性を網羅する

よう選定を行いました。まず、2 モーラ繰り返し形のオノマトペ表現(ABAB 型)に対応するすべての音韻の組み合わせ 11,075 通りと、語尾を付与した 3,509 通りを作成し、3 名のうち 2 名以上によってオノマトペと判断され、かつ、すべての音韻特性が網羅された 312 語を実験刺激に用いるオノマトペとして選定しました。選定された実験刺激オノマトペを用いて、20~24 歳までの大学生 78 名(男性 51 名・女性 27 名)を対象にした印象評価実験を行いました。被験者を 6 つのグループに分割(各 13 名×6 グループ=78 名)し、312 語のオノマトペ表現を 52 語ずつに分割し、6 つのグループに分配しました(52 語×6 グループ=312 語)。実験は、実験用に作成した入力フォームを動作させた PC 画面上で実施しました。実験刺激オノマトペを無作為順に 1 語ずつ提示し、43 対の評価尺度対を用いて、7 段階 SD 法でその印象を評価させました。オノマトペ 312 語×評価尺度 43 対×被験者 13 名=174,408 個の回答が得られました。ここから回答が 7 段階 SD 法における 1 や 7 に集中しているなどの極端な回答がなされている評価値を除き、信頼できる回答のみを得るために、被験者間の評価のばらつきを調査しました。評価尺度 43 対×実験刺激オノマトペ 312 語に対して、回答された印象評価値の標準偏差を算出し、標準偏差 2.0 以上の 275 個の回答(全体の 2%)を削除しました。これにより、実験で得られたデータは被験者間の評価のばらつきが小さいものとみなし、回答された評価値の平均をとることで被験者のデータを代表できるものとししました。実験で得られた印象評価値の平均から、数量化理論 I 類を用いて各感性評価尺度に対する音韻特性のカテゴリ数量を算出しました。(例えば、「(-)かたい-やわらかい(+)」という尺度において「力行」は-0.82、「ハ行」は+0.29 など) これらの各カテゴリ数量の線形和によって、オノマトペの印象を 43 対の感性評価尺度上で決定することができます。例えばふわふわ」というオノマトペについて、音韻は、「ふわ」の反復で、1 モーラ目は「ハ行」、「ウ」、2 モーラ目は「ワ行」「ア」であるため、「かたい-やわらかい」の評価尺度において以下のように印象が予測されます。

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & X1(1 \text{ モーラ目: 子音「ハ行」}) \\ & + X2(1 \text{ モーラ目: 濁音・半濁音無し}) \\ & + X3(1 \text{ モーラ目: 拗音無し}) \\ & + X4(1 \text{ モーラ目: 母音「ウ」}) \\ & + X5(1 \text{ モーラ目: 小母音無し}) \\ & + X6(1 \text{ モーラ目: 語尾無し}) \\ & + X7(2 \text{ モーラ目: 子音「ワ行」}) \\ & + X8(2 \text{ モーラ目: 濁音・半濁音無し}) \\ & + X9(2 \text{ モーラ目: 拗音無し}) \\ & + X10(2 \text{ モーラ目: 母音「ア」}) \\ & + X11(2 \text{ モーラ目: 小母音無し}) \\ & + X12(2 \text{ モーラ目: 語尾無し}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + X13(\text{反復有り}) + \text{定数項} \\ = & 0.29 + 0.14 + 0.01 + 0.55 + -0.02 + -0.08 + 0.71 \\ & + 0.12 + -0.07 + 0.07 + -0.02 + -0.15 + 0.23 + 4.43 \\ = & 6.28 \end{aligned}$$

本モデルの印象予測値は、7 段階 SD 法印象評価値をもとに算出したカテゴリ尺度で設定されているため、予測値 6.28 は「かたい-やわらかい」(1~7)の評価尺度において、「やわらかい」印象が強いことがわかります。「ふわふわ」を同尺度で評価した実測値(被験者の回答した印象評価値の平均値)は 6.54 であり、予測値と実測値に近い値となりました。

このシステムによる印象予測モデルとカテゴリ数量の精度を評価するために、43 対の評価尺度での実測値と予測値の間の重相関係数を算出した結果、評価尺度 43 対のうち 33 対で 0.8 以上 0.9 未満、残りの 10 対で 0.9 以上となりました。これは被験者の印象評価値に対して、今回のモデルが非常によく予測できているということがわかります。システムの有効性評価の詳細は関連する研究発表 1 に詳述されています。

おわりに

本稿で紹介したオノマトペによる質感評価システムは、任意のオノマトペが表す情報を 43 対の質感評価尺度で定量化することができるため、人が主観的に用いた新しいオノマトペで所望の質感を表しても、それがどのような質感なのか把握できます。冒頭に挙げた図は、「モフモフ」という新しいオノマトペの解析結果です。本システムの出力結果から示されるように、オノマトペは簡潔な表現でありながら豊かな質感情報を表すため、新たな質感評価手法として、本領域での様々な研究での貢献が期待されます。すでにオノマトペによる画像色彩推薦、模造金属を実金属に近づける加飾デザイン推薦などでの企業との共同研究、さらには痛みの質の定量化による医療現場への応用など、多様な応用実績があります。

○関連する研究発表

1. 清水祐一郎、土斐崎龍一、坂本真樹：オノマトペごとの微細な印象を推定するシステム、人工知能学会論文誌 29(1) (to appear), 2013.
2. 土斐崎龍一、飯場咲紀、及川歩唯、清水祐一郎、坂本真樹：オノマトペによる画像色彩推薦、ヴァーチャルリアリティ学会論文誌 18(3) (to appear), 2013.
3. 上田祐也、清水祐一郎、坂口明、坂本真樹：オノマトペで表される痛みの可視化、ヴァーチャルリアリティ学会論文誌 18(4) (to appear), 2013.
4. Junya Yoshino, Akira Yakata, Yuichiro Shimizu, Masaharu Haginoya and Maki Sakamoto: Sound symbolic words are more easily associated with real metal than imitation, Proceedings of the 5th International Congress of International Association of Societies of Design Research (IASDR 2013), Tokyo, Japan, 1471-1477, 2013.

国際会議参加報告

ワークショップ「PRISM2: The science of light & shade」 参加報告

B 班 永野 光（名古屋大学 大学院工学研究科・博士課程 2 年）



なぜヒトは触れてみたいと感じるのか



調査の結果、
6種の質感（粗さ、凹凸、硬さ等）のいずれかが際立った素材にヒトは触れてみたいと感じやすく、また誘われる触れ方は際立った特徴に影響された

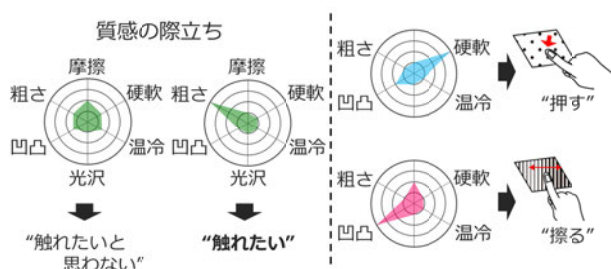


図 1 ワークショップにて発表した著者らの研究内容「Haptic Invitation of Textures」。日常生活で感じることもある、「素材に対しついつい触れてみたい」という現象の解明を研究目的としている。

この度、新学術領域研究質感脳情報学の助成をいただき、2013 年 10 月 8 日から 11 日までの 4 日間、Bordeaux (France) にて開催されたワークショップ「PRISM2: The science of light & shade」に参加し、研究発表、及び情報収集を行いましたので、報告致します。

ワークショップを主催する PRISM (Perceptual Representations of Illumination, Shape and Materials) は、欧州の研究者らを中心としたネットワークであり、質感の認知メカニズムの解明やそれらを利用した技術の開発を目的としています。

ワークショップでは、Yale University の Steven Zucker 氏による基調講演、研究ネットワークの PRISM のメンバによる 招待講演、及びポスターセッションが開催されました。第 2 回の本ワークシ

ップでは、PRISM に所属していない欧州以外の研究者らの発表も募集され、20 件程度の研究がポスターセッションにおいて発表されました。多分野の研究者らの交流の場とすることをワークショップの目的の一部としていることから、開催された招待講演およびポスターセッションにおいては、認知・知覚心理学、光学、コンピュータグラフィックス (CG) などの様々な分野の研究が発表され、意見の交換が行われていました。

著者らは、ヒトが様々な素材に対して感じる「触れてみたさ (Haptic Invitation)」のメカニズムを解明することを目的に研究を行っています。ワークショップでは、「Haptic Invitation of Textures」と題したポスター発表を行いました (図 1)。発表では、触れてみたさのメカニズムを説明する仮説の検証結果を報告しました。触れてみたさ、素材の質感 (6 種の知覚的特徴: 凹凸、粗さ、硬軟、温冷、摩擦、光沢)、触れてみたいと感じ実際に触れる際の触察行動の 3 種の確率的な関係を調査した結果、6 種の知覚的特徴のいずれかが際立った素材にヒトは触れてみたさを感じる傾向があり、また、実際に誘引された触察行動は際立った知覚的特徴に影響されることを明らかにしました。

ヒトの行動量を質感研究の対象に含めるという本研究の独自性は、視覚的な研究発表を主とするワークショップ内において際立っており、多くの研究者らにポスターを見ていただくことができ、心理学の研究者からは実験条件や測定方法、CG の研究者からは実験刺激に関する指摘や意見を頂きました。また、文化的背景の違いも関係する研究テーマであることから、その点をどのように取扱うのかに興味を示す研究者もあり、多分野の研究者が集まる場だからこそその議論を行うことができました。以上のように、ワークショップを通じて、多くの参加者と積極的な議論を交わすことができ、多くの刺激を得ることができました。

1. Hikaru Nagano, Shogo Okamoto, Yoji Yamada
Y: Haptic Invitation of Textures, 2nd Workshop on the Perceptual Representation of Illumination, Shape and Materials, Bordeaux, France, 10.8-11, 2013

公募研究紹介 A01 質感の計測と表示に関わる工学的解析と技術

ものの質感を画像を元に認識するシステムの実現



研究代表者：岡谷 貴之
東北大学大学院
情報科学研究科・准教授

本研究では、コンピュータビジョンと機械学習の方法論を用いて、光沢感や透明感といった物体表面の質感を画像から認識するシステムを工学的に実現します。特に質感認識を可能にする画像特徴を明らかにすることに主眼を置き、ディープラーニングに基づく学習による画像特徴の獲得と、物理ベースビジョンの考え方にに基づく特徴デザインという2つの観点から研究を進めています。研究成果は、例えば人が写実的に感じるCG映像を少ない計算量でレンダリングするにはどうすべきかといった問に答える工学的応用の他、質感認識の脳内情報処理の理解を目指す理学研究へ、有用な知見をフィードバックできると考えています。

色彩情報処理による質感の計測・解析・再現



研究代表者：堀内 隆彦
千葉大学大学院
融合科学研究科・教授

本研究は、前期の研究を継続・発展させ、色彩情報工学の観点から、物体表面から受ける質感（材質感、つや感、マット感など）の認知に関わる人間の情報処理の特性を客観的に明らかにし、それらの理解に基づいて、質感情報の獲得や生成に関する工学技術の発展を推進するための基礎研究と応用研究を行います。そのために、質感情報を獲得するための【質感計測】、質感情報を解析する【質感解析】、質感を有する物体を適切に画像再現する【質感再現】のそれぞれの項目に対して、研究を遂行します。特に今期は、「(B-1) 質感認知に関わる感覚情報の特徴と処理様式」研究分野に対しても、協調しながら横断的に取り組みます。

視覚の時間応答性を考慮した光沢のきらめき再現手法の研究



研究代表者：津村 徳道
千葉大学大学院
融合科学研究科・准教授

本研究では、物体や視線移動によって鏡面反射成分が時間的に変化したとき、再現表示の時空間変化が物体材質の認識・識別能力に与える影響量を定量的に評価します。また、その特性を利用して質感を際立たせる再現手法やそれに必要な質感情報の計測に関する研究を実施します。そのため、本研究では物体の鏡面反射成分が時間・空間的に変化する画像の取得、そして人間の視線の動きや動作に応じた表示再生手法の確立を行い、鏡面反射成分の時空間変化に対する観察者の知覚量を主観的に評価します。

ライトフィールド投影を用いた質感制御



研究代表者：天野 敏之
和歌山大学システム工学部
情報通信システム学科・准教授

プロジェクタカメラ系を用いた質感制御を発展させ、ライトフィールド投影を採用することで物体の全周囲で視線方向に応じた異なる見かけが提示可能なリアリティの高い質感制御を実現します。

具体的には、全周囲の見かけを制御するためのプロジェクタカメラ系の配置とその協調制御方法を開発します。また、制御対象の同一領域に複数プロジェクタで重畳投影するライトフィールド投影と、再帰性反射塗料を表面に塗布した制御対象を用いることで、視線方向によって見かけが変化する反射特性を制御対象上に再現する方法を開発します。

本研究では、これらによって制御対象の見かけを金属やガラスだけでなく、真珠や玉虫、光学ディスクのような構造色を有する物体のように変化させる質感制御を実現します。

マルチスケールマテリアルの質感編集および質感パラメータの計算に関する研究



研究代表者：岩崎 慶
和歌山大学システム工学部情報通信システム学科・准教授

本研究は、複数のスケール（マルチスケール）からなる素材の質感をインタラクティブに編集する手法を提案します。マルチスケールな素材の例としては布が挙げられます。布の質感は、織り込まれた糸の構造および糸の BRDF によって決まり、糸の BRDF も繊維の構造と繊維の BRDF によって決定されます。すなわち、布の質感は各スケールの形状や BRDF によって決定されます。

本研究では、マルチスケールな材質について、各スケールの形状および BRDF を制御することによって質感を編集するシステムを開発します。また、所望の質感を入力することにより、その質感を表現するパラメータである物体表面を構成する微細形状および BRDF を自動的に計算する手法を提案します。

ライトフィールドによる質感情報の定量評価と認知との関連



研究代表者：長原 一
九州大学大学院システム情報科学研究院・准教授

物体の質感に関わる光沢感の度合いや物体表面のなめらかさは、物体を見る方向によって色や輝度が変化する反射分布から推定することができます。本研究では、多視点の画像がワンショットで撮影可能なライトフィールドがカメラを用いて、物体の見かけより得られる艶やかなめらかさといった物体の材質や質感などを区別できる特徴量を求めることを目的とします。この特徴量と被験者実験による主観評価の関係を調べることで、人の認知を反映した特徴量を実現します。さらに、質感特徴量と統計的学習認識手法を用いて、画像から物体の材質や質感の自動認識を実現します。

織物の反射および散乱の計測とモデル化



研究代表者：田中 弘美
立命館大学情報理工学部
知能情報学科・教授

織物の反射と表面下散乱特性を、高解像度 HDR 観測画像データから抽出し、モデリングし、光沢や透過性等の質感を忠実に再現する高忠実度レンダリングを実現します。1) 単糸レベル (μ) の解析が可能な高精度多方向照明 HDR 画像計測、2) 半透明な単糸（単繊維）で織られた織物を、“表面下に微細な幾何構造を持つ半透明物体”と見なして、表面反射や表面下散乱を解析、3) 表面下に微細な幾何構造を持つ散乱媒体と数十本の単糸を束ねたフィラメントの内部での、複雑な光線空間におけるライトトランスポート解析、4) 1)～3) に基づく、織物の反射と表面下散乱特性を忠実に記述し再現するモデリングとレンダリングを確立し、その有効性を評価します。

BSDFデータに基づく感性的質感の推定と表現



研究代表者：長田 典子
関西学院大学理工学部
人間システム工学科・教授

感性的質感に関する体系的な評価モデルを確立し、光学特性から感性的質感を推定する技術や、逆に所望の感性的質感から必要な物理特性を特定し CG 表現する技術を実現します。また本技術を化粧品素材のデザインへ応用する実証評価を行います。具体的には下記の 4 課題を実施します。(1) BSDF (BRDF+BTDF) の要因分析による質感パラメータの抽出と CG 表現、(2) 感性的質感に関わる評価構造の解析、(3) 個人特性を考慮した感性的質感評価モデルの構築、(4) 感性的質感の素材デザインへのフィードバックによる実験的検証。

複合解像度型イメージングを用いた高質感映像の収集と表示に関する研究



研究代表者：山口 雅浩
東京工業大学学術国際情報センター・教授

これまでに開発した「複合解像度型分光イメージング」技術を発展させ、忠実な色情報に加え、動き、高輝度な光沢やテクスチャー、さらに分光的な照明環境マップ等を効率的に収集する技術確立します。また、広色域かつ自然な色再現技術、光沢や高輝度なテクスチャー等の質感の再現性を向上する表示技術等を統合化したディスプレイを構築し、画質に関わる複合的な要素が映像の質感再現性に与える影響の視覚的評価を実施します。これらの検討により優れた質感を再現する映像システムの基盤技術を開発し、本領域の成果を映像機器・システム等の工学的応用へ展開するとともに、他の研究グループとの交流等を通じて領域の研究に資することを目指します。

公募研究紹介 B01 質感認知に関わる感覚情報の特徴と処理様式

色の見えのモードと質感との関連およびその神経基盤



研究代表者：栗木 一郎
東北大学電気通信研究所・准教授

色の見えのモードとは、同じ色光であっても表示媒体や呈示環境によって異なって見える事を示した概念です。例えば、開口色（光源色）モードでは茶や灰の見え方は存在せず、それらはオレンジか白に見えます。それは茶や灰のライトは存在しない事からも明らかで、茶や灰は物体表面の属性として見える時（表面色モード）に知覚しうるのはです。一方モードの概念は、質感によって色の見えが変わる事との関連を示唆しています。本研究課題では、モードの違いと質感の違いとの相同性・相似性を心理物理学的に調べることを当初の目的とします。また、特徴的な相同性・相似性の見られた条件を用いて脳機能計測を行い、色の見えのモードと質感の神経基盤についても示唆を得る事を目標とします。

疎表現に基づく質感と3次元形状の同時推定



研究代表者：酒井 宏
筑波大学システム情報系情報工学域・教授

視覚系は、網膜に投影された像から、質感を知覚すると同時に3次元形状を再構成します。網膜像は光源・物体の反射特性・物体形状から決まりますが、像から未知の3者を推定することは一般に困難です。しかし視覚系は、この不良設定問題をリアルタイムに解いています。本研究では、この根源的な問題に計算論的・心理物理学的にアプローチします。まず、質感の統計的特徴を利用して、「基本的な質感」とも言えるBRDFの疎表現基底関数を求め、これが実際に皮質で利用されていることを心理物理実験によって検討します。次に、この疎表現を手掛かりに、質感と3次元形状を同時推定する皮質機構を理解することを試みます。

視覚と触覚による材質感認知メカニズムをオノマトペの音象徴性から探る



研究代表者：坂本 真樹
電気通信大学情報理工学研究科・准教授

視覚における材質感評価と音韻の関係を実験により特定し、第1期公募研究で明らかにした触覚における材質感評価とオノマトペの音韻の関係と統合し、材質感評価における視覚と触覚の関係性を明らかにします。「きらきらして、ぺたぺたして、つるつるな素材がほしい」に対応する材質を推薦できるシステムを構築します。さらに、実物と模造（金属、真珠、漆など）から想起されるオノマトペの表す質感情報を比較することで、真贋判定に応用します。

集合知を用いた質感認知と物体認知の関係に関する大規模分析



研究代表者：柳井 啓司
電気通信大学大学院情報理工学研究科・准教授

Web上には多種多様な質感に関する「集合知」が存在します。本研究では、特に質感に関するテキスト情報が付与されたWeb上の大量の画像を用いて、質感表現に対応する言葉（主に形容詞）と画像の関係の分析を最新の画像認識手法とデータマイニング手法を用いて行うことを目的とします。具体的には次の3点について、主に研究を行います。

(1) 様々な画像特徴量を用いて、画像認識によって認識可能な質感表現を自動的に検出します。

(2) 質感表現を多言語に翻訳し、質感表現と画像特徴の関係が言語によって変化するかどうか分析・調査します。

(3) 質感表現と物体カテゴリ（主に名詞）の組み合わせについて着目し、物体カテゴリ毎に画像から認識可能である質感表現と、認識困難な質感表現を分析し、質感認知と物体認知の依存性について考察を行います。

質感認知における状態変化と材質の違いを区別するメカニズムの解明



研究代表者：岡嶋 克典
横浜国立大学大学院環境情報
研究院・准教授

私たちは1枚の2次元画像から、そこに存在する立体形状や色と同時に、物体の材質や状態も瞬時に認識できます。本研究では、「鮮度感」、「風化度合い」、「肌の透明感」等の様々な物体の「状態」を認知する高次質感認知メカニズムを解明するとともに、「材質」を特定する認知メカニズムも考慮することで、状態と材質の認知における相互作用を検討します。また、物体の状態を非接触に自動判定可能な質感認知システムを開発するとともに、画像処理によって「材質感」を調整し、任意の「状態」を有する画像に変換・合成する技術を確立します。さらにこの技術を応用し、クロスモーダルな質感の相互作用についても検討します。

質感の記憶—表象構造と精度の定量化と神経基盤の解明



研究代表者：齋木 潤
京都大学大学院人間環境学研
究科・教授

我々は眼前の物体の質感は詳細に知覚できるのに、過去に経験した質感を表現することは困難です。この乖離は質感の記憶の乏しさによるのか、記憶を表出する際の限界なのか、未だに不明です。従来、質感のような知覚的詳細は記憶に残らないとされてきましたが、近年、知覚的詳細が長期記憶に残るという報告があります。眼前にない物体の質感の記憶を精密に測定するために、視覚性短期記憶研究の手法と、質感研究で培われてきた質感情報をパラメトリックに操作する諸技法を統合します。質感認知に関する知覚と感性的質感の表出を媒介する記憶の問題は「ミッシングリンク」となっていますが、この2つを架橋することにより、質感認知のより総合的な理解を目指します。

触感空間と皮膚変形量空間の多次元対応を用いた質的表現からの触感生成技術



研究代表者：岡本 正吾
名古屋大学大学院工学研究
科・助教

触感は複数の独立因子から成る多次元空間で表現されます。この触感空間と対応する物理量空間を特定することは、触感を理解し、工学的再生技術につなげる鍵となります。本研究は、素材と人の指の相互作用によって生じる指腹の皮膚変形に着目します。素材をなぞったときの皮膚変形の時系列情報を触感に影響する物理量空間の基軸と捉えれば、触感に影響する物理量と多次元の触感空間を対応付けることが可能となります。空間の対応付けを成功させ、触感に対応する皮膚変形を特定し、質的な表現（例、粗い、布らしい）を多重的に組み合わせ、触感ディスプレイにて再生する技術を構築します。

肌質感処理に基づく異性魅力評価メカニズムの解明



研究代表者：土居 裕和
長崎大学大学院医歯薬学総合
研究科・講師

ヒトを対象とした進化心理学的研究により、形質の適応性・繁殖力が高い個体ほど、異性の目に魅力的と映る身体・顔形態を有することが、明らかにされています。これを踏まえると、異性の肌質感は形質の適応性・繁殖力を反映するシグナルとして機能しており、顔の肌質感に基づいた異性の魅力評価・配偶者選択が行われている可能性が考えられます。本研究では、心理物理学実験・画像処理・脳機能計測を包括した学際的アプローチにより、同予測を実験的に検証することで、肌質感に基づく異性魅力評価メカニズムを解明することを目的とします。

質感知覚の成立過程一言語獲得前後の乳幼児を対象にした発達の検討



研究代表者：山口 真美
中央大学文学部心理学専攻・
教授

乳児における質感知覚の発達を、その行動と脳計測から検討します。

これまで本研究室の研究では、様々な奥行き手がかりを超えて物体を表象として形成できるのが生後6ヶ月以降であることを示してきました。陰影知覚の成立後の乳幼児を対象として様々なモダリティを統合して環境内の物体表象などとして形成する過程を解明する研究と、発達初期にあると思われる質感知覚の形成過程を検討する研究を行っています。

質感画像と脳活動データから質感パラメータを自動抽出する手法の開発



研究代表者：下川 文明
国際電気通信基礎技術研究所
脳情報通信総合研究所・研究員

質感は豊かな感覚を我々の生活の中に与えてくれます。しかしそれらを研究対象にしようとした際、それをどのような指標でとらえてよいかは難しい問題です。質感をトップダウン的に定義することが難しい場合、ボトムアップ的に客観的な指標を導出できれば有用であると考えられます。我々は、質感画像とそれに応答する脳活動データの共通部分を抽出することで、質感を特徴付けるパラメータ群をデータから導出するための手法開発を行います。これら2つのデータの関係性を記述するには非線形な変換が必要とされ、また画像データは高次元であるため適切に圧縮する必要があります。これらの困難を解決するための解析技術の向上に取り組みます。

食品における多次元の質感視知覚の解明

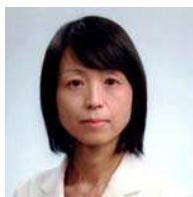


研究代表者：和田 有史
農業食品産業技術総合研究機構
構食品総合研究所・主任研究員

食品の視覚的質感は、鮮度、損傷、テクスチャーなど多次元的に評価されます。これらの品質は目利きや消費者によって主観的に評価され、商品の市場価値に影響を与えます。しかし、食品の機器測定によって人間の知覚に対応した情報を取得するのは困難です。そこで本研究では、実験心理学的な知見が測定技術開発に有効なシーズとなりうる鮮度の個体差・損傷・物性の視知覚に焦点を当て、食品の質感視知覚メカニズムに多次元的にアプローチします。

公募研究紹介 C01 質感情報の脳内表現と利用のメカニズム

多感覚統合による質感認知の脳神経メカニズムに関する臨床的研究



研究代表者：鈴木 匡子
山形大学大学院医学系研究科・教授

質感は手触り（触覚）や見ため（視覚）など複数の感覚モダリティを通して学習されます。これまでの研究で、個々の感覚モダリティにおける質感の神経基盤は徐々に明らかになってきました。しかし、多感覚モダリティの統合を要する質感認知の脳内機構については未だ不明の点が多く、特にヒトの損傷脳においての検討はこれまでになされていません。本研究では損傷脳において触覚および視覚の両面から質感認知機能を測定し、病巣部位との関連の検討から、ヒトの多感覚性質感認知の神経基盤を探ることを目指しています。

嗅覚系をモデル系とした感性的質感認知の神経回路メカニズムの解明



研究代表者：眞部 寛之
東京大学大学院医学系研究科・助教

質感は、感覚入力が感覚情報として処理されるだけでなく、感覚入力によって惹起される情動や感情などの感覚も合わさることによって作られます。本研究は、嗅覚系をモデル系として、感覚情報がどのように情動に変換されるのかの神経回路メカニズムを明らかにすることを足掛かりとして質感の神経回路メカニズムに迫ることを大きな目的とします。具体的には、情動行動に関わると推察される腹側線条体の一部で嗅皮質の一部でもある嗅結節に焦点を当て、嗅結節の特定の亜領域の神経活動が特定の情動行動と結びついているという仮説を検証し、嗅覚入力からどのような神経回路メカニズムによって情動が生まれるのかの理解を目指します。

音の質感と情動情報の神経基盤



研究代表者：高橋 宏知
東京大学先端科学技術研究センター・教授

任意の純音を組み合わせると和音を作ると、豊かな質感が生まれます。さらに、長調や短調といった調性のように、特定の周波数構造の音には情動的な質感も生じます。本研究では、音の質感や情動情報に依存する聴皮質活動に関して、(i) 聴皮質・視床の相互作用に注目して生成機序を解明し、(ii) 聴皮質（聴覚系）と扁桃体（情動系）の相互作用を検証します。そのうえで、(iii) 音の質感や情動情報の神経活動指標に基づいて音を作り、その質感や情動情報の神経科学的理解を深めます。本研究は、感覚系と情動系の相互作用に注目して、質感情報の脳内表現を考察します。

アクティヴタッチによる質感知覚における視覚情報の影響



研究代表者：勝山 成美
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科・助教

我々が手や指を能動的に動かして物体の形や質感を知覚することをアクティヴタッチといいます。我々はこれまでに、アクティヴタッチによる質感知覚は、指先からの体性感覚入力だけでなく、「何に触れているか」という視覚情報の影響を受けることを明らかにしました。この成果をふまえ、本研究では異種感覚を統合して質感が成立する脳内メカニズムを、機能的MRI実験などを通して明らかにしてゆきます。

皮質脳波法による生き物らしい質感の脳内表現の研究



研究代表者：川崎 圭祐
新潟大学医学部生理学第一・助教

視覚に基づいた抽象的なカテゴリーはどのような神経メカニズムによって実現されているのでしょうか？ヒトは物体に”生き物らしさ”を感じ（アニメシー知覚）て、物体を動物と非動物のカテゴリーに大別できます。アニメシー知覚は多くの心理学的、神経科学的研究が行われ、知覚に重要な視覚的物理パラメータや、知覚に関連する脳領域が示唆されてきました。本研究では、概念的な質感の動物モデルとしてサルアニメシー知覚を行動学的、神経科学的に検証します。

記号を使った動物・非動物カテゴリ分け課題を行動指標に用いて、同時に皮質脳波法により高時空間分解で広範囲の脳活動を記録することでアニメシー知覚の神経基盤の解明に取り組みます。

陰影と光沢が物体色認知へ与える影響と下側頭皮質の役割



研究代表者：鯉田 孝和
豊橋技術科学大学エレクトロニクス先端融合研究所・テニユアトラック准教授

色の見えが一樣刺激と物体画像とで同じか異なるのかを確かめるために、ヒトを対象とした色名称実験と、サル下側頭皮質のニューロン応答記録実験を行います。物体画像は写真撮影した粘土球であり、陰影成分と光沢成分を独立に操作し色付けします。一樣画像は球と同一シルエットの一樣面であり、輝度は複数レベル用意します。これらの視覚刺激は自作した高コントラストディスプレイを用いて呈示します。実験では、陰影、光沢、一樣の三条件間での違いを導きます。特に生理実験では細胞の応答強度に変化があるのか、最適応答色に変化が生じるか、また、細胞集団で応答変化に一貫した傾向があるのかどうかを明らかにします。

触覚的質感視の脳イメージング研究



研究代表者：山本 洋紀
京都大学大学院人間環境学
研究科・助教

ヒトは見ただけで、モノの光沢など視覚による素材感だけでなく、柔らかさや滑らかさといった、触った感じも瞬時にわかります。加えて、心地いいといった情動も喚起されます。本研究では、ヒトのこの能力を触覚的質感視と名付け、その脳過程の解明を目的とします。触覚的質感視は、視覚系だけではなく、触覚と情動も含め3者の協調的な働きによって実現されていると我々は考えています。例えば、シルクを見た時の滑らかな感じは、触覚系と情動系が実際に触った時のように働くからこそ、生じるのではないのでしょうか？本研究では、この視覚・触覚・情動協働仮説を、実物の布を刺激とした脳イメージングによって検証することで、触覚的質感視の脳過程の解明を目指します。

質感の変化による選好性の変化と前頭葉眼窩部の役割



船橋 新太郎
京都大学こころの未来研究センター・教授

同じ絵画や彫刻でも、光の当て方や写真の撮り方の違いでその質感に微妙な変化が生じ、その結果、見た時の印象や好みが変わることがあります。この研究では、写真に写されている物の質感の変化が選好性にどのような変化を与えるか、どのような刺激パラメータが選好性に影響を与えるかと、このような選好性の変化を生じるメカニズムに注目して研究を行います。同一の刺激の光学的特徴を人為的に操作することによって刺激の質感を変化させ、この変化がヒトや動物の選好性に与える効果を行動学的に検討すると同時に、その効果に対応する前頭葉眼窩部の活動の変化を検討し、質感の違いが選好性の違いを生じる神経メカニズムを考察します。

視覚的物体認識のための質感情報処理メカニズムの解明



研究代表者：田村 弘
大阪大学大学院生命機能研究
科・准教授

複雑でダイナミックに変化する自然な視覚環境下において、物体表面の色や肌理・模様などの視覚特徴は物体認識の有効な手がかりとなります。本研究では、物体認識に重要である腹側視覚経路を対象として、マルチプローブ・マルチニューロン計測手法を用いて、物体表面特徴に関する視覚情報の脳内表現様式とその変換過程を明らかにします。さらに、物体認識に利用できる様々な視覚情報が統合されて、物体概念の脳内表現が形成される過程の解明を目指します。

多次元生体信号記録法による手触りの神経機構の解明



研究代表者：西村 幸男
生理学研究所発達生理学研
究系・准教授

体性感覚による物体認知の研究は、末梢や大脳皮質の体性感覚野からの単一神経活動記録により、その神経機構が議論されてきました。一方、“手触り”の認知には、単に受動的に触れるだけでなく、手を能動的に動かすことにより単一神経細胞の受容野を跨いだ複数の受容器によって表現されます。このように、“手触り”は多数の適刺激・受容野の異なるニューロン群の時空間パターンにより表現されているが、多数・多領域のニューロンによる“手触り”の脳内表現は未だ不明です。本研究では、末梢体性感覚一次ニューロン群の活動記録と広域大脳皮質からの多チャンネル ECoG 記録により、多次元生体信号記録法を用いた“手触り”の質感知覚機序の理解を目指します。

自然画像中の動きの解析の神経基盤



研究代表者：宇賀 貴紀
順天堂大学医学部生理学第一
講座・前任准教授

現実世界での脳機能を理解するには現実世界に即した刺激を用いた研究が必要です。本研究では自然画像を用いた運動視研究をベースに、質感脳情報処理の理解を目指します。従来の運動視の研究では、時空間周波数や方位の統合により正しい運動方向や速度が検出できるとされています。しかし、この説は時空間周波数成分や方位成分が限られた人工的な視覚刺激に依存した結論です。本研究では、自然界での運動視メカニズムに迫るため、自然画像中の動きが大脳皮質 MT 野や V1 で正しく表現されているのか、正しく表現されているとしたら、どのような計算過程で行われているのかを検証します。

スキンシップが惹起する情動の脳認知科学的メカニズム



研究代表者：北田 亮
生理学研究所大脳皮質機能研
究系・助教

親しい他者との接触（スキンシップ）は快情動を引き起こし、ヒトの心の発達や健康に重要な役割を果たします。スキンシップを構成する重要な要因として肌の質感が考えられます。肌の質感の役割を理解するには、脳が素材から温かさ・柔らかさ・滑らかさをどのように抽出し、統合させ、情動を惹起させるのかについて明らかにする必要があります。この点を念頭に心理物理学実験と脳機能イメージング法を活用して、①心地よい触感を引き起こす錯覚（ベルベット錯触）の神経基盤、②素材の弾性を介した弁別的触覚と感情的触覚の関係性、③素材情報の視触覚統合に関与する神経基盤、を明らかにします。

視覚による正の情動誘起の神経機構



研究代表者：南本 敬史

放射線医学総合研究所分子イメージング研究センター・チーム
リーダー

様々な感覚をもとに「好ましい」というような正の感情を誘起する脳システムは、価値判断の神経回路と異なることが示されています。このような正の感情について、特に視覚がどのような神経回路を経由して、どのような神経活動により正の情動が誘起されるか、詳しい神経メカニズムは不明です。本研究は、視覚認知から情動反応が誘起される神経機構の解明を目的とし、これまで申請者らが培ったサル類の音声的情動反応の解析法を基に、神経生理、解剖学的研究を組み合わせ、「好ましい」という正の情動にかかわる神経回路、神経活動を特定します。本研究は感性的質感認知、つまり知覚から情動が生じる仕組みの理解に向けた領域の推進に大きく貢献することが期待されます。

領域の活動 ～公開シンポジウム、研究集会など～

- 包括脳シンポジウム「新しい視覚の脳科学への展望」（2013年8月30日名古屋国際会議場）
包括脳夏のワークショップのイベントとして、本領域が企画した。

〈プログラム〉

- ・「新しい視覚の脳科学の始まり」小松英彦（自然科学研究機構・生理学研究所）
- ・「光と反射の視覚科学」西田真也（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）
- ・「初期視覚系によるエンコーディング」大澤五住（大阪大学・大学院生命機能研究科、脳情報通信融合研究センターCiNet）
- ・「ライトフィールドへの誘い：網膜像の一致は視覚刺激の一致を意味するか？」日浦慎作（広島市立大学・大学院情報科学研究科）
- ・「視物質研究から見えてきたピンぼけを利用したクモの奥行き知覚」永田崇（総合研究大学院大学・先端科学研究科）
- ・ 特別講演 「Detailed mapping of perceptual and cognitive representations across the human brain」 Jack Gallant（University of California, USA）

- 第7回研究集会「視覚質感認知と一般物体認識に関する研究会」（2012年4月20日豊橋技術科学大学）

〈プログラム〉

- ・ 「一般物体認識から質感の認識へ」岡谷貴之（東北大学）
- ・ 「材質識別にみる質感特徴処理の時間特性」永井岳大（豊橋技術科学大学）
- ・ 「データ・マイニング技術を用いた脳内質感情報表現の解析 -高次視覚特徴量のトップダウン的発見を目指して-」宮脇陽一（電気通信大学）
- ・ 「画像特徴と素材質感」郷田直一（生理学研究所）
- ・ 「質感の変化によるサルの選好性の変化：行動学的検討」船橋新太郎（京都大学）
- ・ 「脳における物体認識のための視覚情報表現様式の可能性」田村 弘（大阪大学）

- 第8回研究集会「投影型ディスプレイ」（2013年2月21日大阪大学豊中キャンパス）

〈プログラム〉

- ・ 「心理物理・脳科学実験のための投影型ディスプレイ技術概説」岩井大輔（大阪大学）
- ・ 「Is blue cooler than red? Effect of color on perceived temperature」HsinNi Ho（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）
- ・ 「プロジェクタを用いたシーンの解析」日浦慎作（広島市立大学）
- ・ 特別講演 「反射・散乱光の計測と材質推定の試み」向川康博（大阪大学）
- ・ 「人間の視覚特性を考慮した投影画像の光学的補正」佐藤いまり（国立情報学研究所）
- ・ 「プロジェクタ・カメラシステムの幾何キャリブレーション」岡谷貴之（東北大学）
- ・ 「ハイパースペクトルディスプレイの原理とスペクトル再現性の評価」三橋俊文（東京工業大学）
- ・ 「投影画像による光沢再現」山本昇志（東京都立産業技術高等専門学校）
- ・ 「異常を診る，鮮やかに観る，現実を操る新しい照明ープロジェクタ・カメラ系を用いた見かけの制御ー」天野敏之（和歌山大学）
- ・ ラボツアー（大澤研・藤田研・佐藤研）

- 第9回研究集会「質感研究の応用に関する意見交換会」（2013年3月18日学術総合センター）

〈プログラム〉

- ・ 「質感脳情報学紹介」小松英彦（生理学研究所）
- ・ 「『さらさら』『ざらざら』というオノマトペが表す豊かな感性的質感情報の定量化」坂本真樹（電気通信大学大学院 情報理工学研究科）
- ・ 「複合解像度型分光イメージングと色再現への応用」村上百合（東京工業大学 学術国際情報センター）
- ・ 「プロジェクタカメラ系を用いた見かけの制御」天野敏之（和歌山大学システム工学部）
- ・ 企業からの講演3件

○ ウェブセミナー

- 2013 年 9 月 5 日（木）16 時 00 分～17 時 00 分
「光沢の脳内表現への生理学的アプローチ」小松英彦
- 2013 年 10 月 7 日（月）16 時 00 分～17 時 00 分
「ディープニューラルネットと質感の画像認識への応用」岡谷貴之
- 2013 年 10 月 9 日（水）16 時 00 分～17 時 00 分
「質感と色の見えのモードの関連：現状報告」栗木一郎
- 2013 年 10 月 15 日（火）15 時 00 分～16 時 00 分
「損傷脳からみたヒトの質感認知の神経基盤」鈴木匡子
- 2013 年 11 月 6 日（水）16 時 00 分～17 時 00 分
「光線・反射特性の計測とその限界について」日浦慎作
- 2013 年 11 月 15 日（金）16 時 00 分～17 時 00 分
「質感と 3 次元形状の同時推定」酒井 宏

○ 第 4 回領域班会議（2012 年 5 月 29 日～31 日 京都市勧業館「みやこめっせ」、京都）



○ 第5回領域班会議（2013年1月29日～31日 国際ファッションセンター、東京）



○ 第6回領域班会議（2013年6月3日～5日 金沢市文化ホール、金沢）

