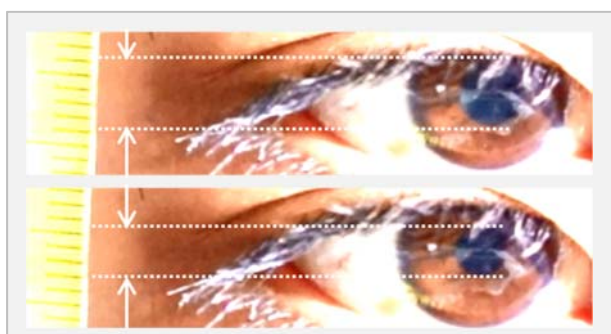
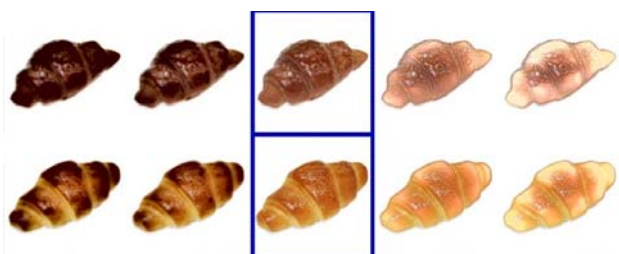


実社会の多様な質感情報を分析・制御・管理する技術

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・教授）
 研究分担者 堀内 隆彦（千葉大学大学院工学研究院・教授）
 富永 昌二（千葉大学大学院工学研究院・特任研究員）



上図：2台のロボットアームの先端にそれぞれ装着したライトとカメラによる多視点質感計測システム
 中図：陰影検出フィルタ出力の加算処理によるパン画像の陰影（焦げ）の強調（左側）と減算処理による透明感強調（右側）の制御例（中央は元画像）
 下図：物体表面の質感に着目したときの瞳孔径の収縮の様子（下が質感に着目したとき）

○研究の背景と目的

物理的な感覚入力情報が質感判断に変換されるまでのプロセスを脳科学的・情報科学的に理解した上で、ヒトの感性判断のデータを基に、刺激の物理的なパラメータから直接、質感を定量的に制御できる「質感工学」の確立が産業界から求められています。

そこで当班では、質感の科学的な理解に基づき、ものづくりの現場で使える質感マネジメントの学問的な体系である「質感工学」を構築することを目的

としています。本新学術領域から生み出される最先端の質感科学のノウハウを、実社会の様々な問題に適用して磨き上げることで、一般性のある質感知の体系を確立し、多様な質感情報を多角的かつ系統的に分析してモデル化・定式化し、波長次元のレベルから質感を任意に制御・管理するための総合的工学体系を確立することを目指しています。

○これまでに得られた成果

代表者の岡嶋は、2台のロボットアームを制御することで照明光とカメラ位置（視点）が質感に与える影響を全自動で測定可能なシステムを開発し、多視点質感画像生成用のプログラムを作成しました（上図）。また、視覚系の多重スケール ON 中心型受容野の応答から光沢を自動検出するモデルを提案し、それを用いて画像中の光沢を任意に増大・減衰または除去できるシステムを開発するとともに、多重スケール OFF 中心型受容野の応答から陰影を自動検出できること、ON/OFF フィルタを組み合わせることによって透明感等も含む様々な質感制御が可能であることを示しました（中図）。ヒトの肌知覚に関して、肌の透明感が平均的な測色値だけでなく、色分布にも依存することを示すとともに、プロジェクタ・カメラシステムを用いて顔の肌の表面反射光成分と内部散乱光成分を分離して測定し、それらの成分比を変えた画像を用いて透明感等の肌知覚に両光成分が複雑に関与していることを明らかにしました。また、人工物の退色過程を測定・分析・定式化し、画像における人工物の古さ感の制御を実現するとともに、その技術を応用して京町家の適切な古さ感の度合いを明らかにしました。山口班（公募研究）と鮮度の知覚実験を乳幼児で行い、鮮度知覚の発達過程についても検討するとともに、伊村班（公募研究）と共同で、チンパンジーもヒトと同様な鮮度知覚ができることを実験的に示しました。さらには、食品の色や質感のリアルタイム変換を可能にする HMD 型拡張現実感システムを用いてコーヒーや緑茶の味覚や風味等を視覚情報だけで変調させるクロスモーダル実験を実施し、飲料の湯気や粘度も味覚に影響することを明らかにしました。また、HMD を用いないプロジェクション・マッピングを用いた食品用の拡張現実感システムを開発し、視覚的質感を制御することで、食品の味を変調できることを示しました。先述の光沢・陰影制御機能を応用し、食品の視覚的質感の味覚や食感への影響を明らかにしていきます。

分担者の堀内は、人間が物体表面の質感に着目して観察する際に、瞳孔径が収縮する現象を心理生理学実験によって発見しました(下図)。この現象が見えの変化に与える一つのモデルを構築し、一般のデジタル画像から質感に着目した際の見えへと画像変換するアルゴリズム **PuRet** を提案しました(JIST 2017)。詳細な見えのメカニズムは研究中ですが、質感マネジメントにつながる基盤技術の一つになると考えています。また、蛍光感の知覚において、内因性光感受性網膜神経節細胞(ipRGC)が寄与している可能性を実験的に明らかにしました(AIC 2017)。このことは、三刺激値が等価であっても、異なる分光分布が知覚に影響を与えることを意味しており、ディスプレイにおける蛍光感再現では、ipRGCの吸収量を考慮する必要性を示しています。さらに、線画から構成されるマンガの材質データベースを構築して、深層学習によって生成されたネットワークを可視化することにより、各層の特徴を調べました(JIST 2017)。このネットワークが写真の材質識別にも適用できることを実験的に明らかにすることにより、材質の識別に寄与しているプリミティブな特徴を抽出することに成功しました。その他にも、視覚と聴覚のクロスモーダルな質感知覚モデルの構築(ACMTAP 2017)、質感調和と物理特徴との関係性(CRA 2017)、光沢感と記憶との関係性(AIC 2017)などを解析しました。

分担者の富永は、物体の材質感を計測・分析・制御するための基礎的な技術開発を目指しています。異なる材質感として取り上げられる代表的な材質は、金属とプラスチックや塗装物体のような不均質誘電体です。金属物体と不均質誘電体物体はともに光沢やハイライトをもつため、通常の画像では、これら2つを識別することが困難です。そこで物体からの反射光の偏光度をを観測する画像系を構築し、光沢・ハイライト近傍の偏光度を調べることで、金属と誘電体を容易に識別する技術を開発しました(Optics Express 2017)。蛍光物体は反射特性と発光特性の両方を有し、通常の反射物体とは異なる良い質感を有するため、今日よく使われている材料です。これまでに、分光イメージング系を用いて蛍光物体の分光特性を解析し、反射と蛍光を含む2次元分光行列を求める技術を確認しましたが、今回はその技術を、テクスチャをもつ蛍光物体に拡張しました。蛍光物体表面は滑らかであるとは限らず、ザラツキや凹凸のある表面も多くあります。蛍光表面の特性を、光波長の分光関数と陰影のテクスチャ関数に分離して、それぞれ推定する技術を開発しました(EI 2017)。これにより、テクスチャのある蛍光物体の見えを任意の照明光源下で再構築できるようになりました。さらに、2つの蛍光物体間で相互照明効果を含む分光画像を解析し、シーンの見えは4つの成分から構成されることを明らかにしました。各成分は分光関数と幾何関数の積で表現できるので、陰影を

表す幾何関数を固定し、分光関数を異なる蛍光物体の特性に入れ換えて、物体のサイズや位置は同じシーンで異なった蛍光物体の見えを構築する手法を検討し(CIC 2017)、観測したシーンから蛍光材料を任意に入れ換えたシーンを再構築できることを示しました。

○関連する研究発表

論文

1. Spence C, Okajima K, Adrian Cheok D, Petit O, Michel C: Eating with our eyes: From visual hunger to digital satiation, *Brain and Cognition*, 110, 53-63, 2016.
2. 奥田紫乃, 岡嶋克典: 京町家のファサードに好ましい古さ感に関する研究、*日本感性工学会論文誌*, 16(3), 285-291, 2017.
3. Katsunuma T, Hirai K, Horiuchi T: Fabric Appearance Control System for Example-based Interactive Texture and Color Design. *ACM Trans. Advanced Perception* 14(3): 16, 2017.
4. Tanaka M, Arai R, Horiuchi T: PuRet: Material Appearance Enhancement Considering Pupil and Retina Behaviors, *Journal of Imaging Science and Technology*, 61(4): 040401-1-8, 2017.
5. Martínez-Domingo MA, Valero EM, Hernandez-Andres J, Tominaga S, Horiuchi T, Hirai K: Image Processing Pipeline for Segmentation and Material Classification based on Multispectral High Dynamic Range Polarimetric Images, *Optics Express*, 25(24), 30073-30090, 2017.

学会発表など

1. Okajima K: Visual analysis, modulation and crossmodal effect of food appearance, Symposium on Five-Sense in FechnerDay2017 (33rd Annual Meeting of the International Society for Psychophysics), Fukuoka, 2017.
2. Okajima K: To what extent can perception of food and drink be modified with Augmented Reality technology? 2nd International Workshop on Multisensory Approaches to Human-Food Interaction, 19th ACM International Conference on Multimodal Interaction, Glasgow, UK, 2017.
3. Tanaka Y, Hirai K, Tanaka M, Horiuchi T, Okajima K: Contribution of ipRGC to the Fluorescent Feeling, 13th AIC International Congress, Jeju, Korea, 2017.
4. Tominaga S, Kato K, Hirai K, and Horiuchi H: Appearance Decomposition and Reconstruction of Textured Fluorescent Objects, EI (Electronic Imaging) 2017 in Material Appearance, San Francisco, USA, 2017.
5. Tominaga S, Kato K, Hirai K, Horiuchi T: Appearance Reconstruction of Fluorescent Objects for Different Materials and Light Source, CIC25, Lillehammer, Norway, 2017.