

千葉大学学内研究推進事業 リーディング研究育成プログラム

平成 29 年度先導研究推進計画書

質感イメージングの創成 ～情動モニタリングを用いた良質な質感評価ビッグデータの集積と質感認知に基づいた高度質感イメージング技術の産業応用～

【プログラムの基本設計】

- ・「先導研究推進計画書」には、本学の強みとなり得る中堅・若手研究者グループが、全学的な推進により、特定研究の先鋭化、それに伴う国内外研究ネットワークの構築、各種研究活動の活性化と研究実績の創出等について、3年後の平成 31 年度末に「どの程度」まで強化したいのか。そして、強化した後には世界における位置関係がどのようなものになっているのか。それらを具現化できるような体制や研究計画（ロードマップ程度）はどのようなものかについて示すこと。
- ・本プログラムにおいては、構想の基盤となる各研究班の個別研究は原則として本構想に参加する研究者が獲得等する研究経費により推進する。本プログラムにおいては、外部資金等だけではまかなうことが難しい取り組み（例えば各研究班の研究の融合、国内外研究ネットワーク構築のための仕掛け 等）に対して、必要と考えられる多様な資源を効果的・効率的に配分することとしている。

【調書作成の基本事項】

- ・推進計画書は、本プログラムの目的を踏まえ作成すること。
- ・独自に見直し・改善した内容、あるいは昨年度通知された審査コメント等を踏まえて推進計画を見直し・改善した内容、についても記入すること。
- ・推進計画書の作成においては、10.5 ポイント以上のフォントで記入すること。
- ・「1. 構想の目標・概要」は 2 ページ以内とする。
- ・「2. 実施体制 (1) ～ (4)」は必要に応じて記入欄を制限なく追加することを可とする。
- ・「2. 実施体制 (5)」以降の作成においては、各事項の合計ページ数を 18 ページ以内とし、この条件内での各記入欄の拡大縮小を可とする。
- ・各記入欄の記入要領（斜体文章）を削除してはならない。

1. 計画の目標・概要

世界水準の研究を推進する中堅・若手研究者グループによる先導研究推進計画の平成31年度までの目標・概要について、次の各事項を踏まえ記述すること(図表の使用可)。

①推進研究の目標・概要と方向性、及び当該研究の新規性や独自性等

②推進研究の計画

③推進研究やその成果等の波及効果(社会実装や関連研究への展開・応用の見込み、長期的な展望・将来性(研究面、産業面)) ※本要素のみ平成31年度以降を想定

④構築する国内外研究ネットワークとその役割

① 推進研究の目標・概要と方向性、及び当該研究の新規性や独自性等

(目標) 実物体の質感を正確にユーザの手元で再現する質感イメージング技術の実用化を行う。

(背景と概要) 近年、IT技術環境とそれを用いた様々なサービスが発展し、インターネットショッピングやインターネットオークション等を用いて容易に商品を調達することができ、産業・物流の活性化・高効率化が進んでいる。しかし、モニタに表示された商品画像から得られる質感と、実際に届いた商品から得られる質感が異なることに起因した返品事例が後を絶たず、サービス業界における問題となっている。 質感を重視した商品が急増している中、質感を正確にユーザの手元で再現するための質感イメージング技術の実用化は急務である。 また、最近になって高性能化している3Dプリンタは、ユーザの手元で商品を作製出来ることから、将来的に物流に革命的な変化をもたらすと言われている。これまでの「物を買う」物流時代から、データを買って各家庭の3Dプリンタで「物を生成」する世界が迫っており、「これが欲しい…」とネットで探した商品のデータをダウンロードして、自宅の3Dプリンタで瞬時に生成して手に入れることが可能となる。このとき、物体の質感や形状情報を正確に獲得し、適切な画像特徴抽出・認識・処理を施す必要がある。また、効率的でセキュアなデータ通信も重要である。さらに、それらのデータから人間の視覚特性や照明環境を考慮して正しい質感画像・映像再現し、適切な材料を選択して質感のある物体を生成することが求められる。これらの次世代の3Dプリンタのプロセスの至るところで、「質感イメージング」がキーテクノロジーとなる。 本推進計画では、質感の画像再現だけではなく、将来的に可能となるであろう実物体の質感生成までを見据えている。図1と図2は、光沢を制御できる3Dプリンタと、出力した2種類の質感の物体の例である。図3は、顔画像の質感において、周囲環境を考慮し、再現した例である。このように、物体の質感を正確に再現する質感マネージメントを顔画像以外のあらゆる分野にも実装し、新たなカスタム造形技術の時代を築く必要がある。



図1 3D造形用光沢感制御装置(Webより) 図2 光沢感制御結果(2例)(Webより) 図3 周囲環境(右)を考慮した顔の見え再現

(方向性) 本プログラムでは、質感の計測から再現を行い、人間による評価に至るまでの一連の質感イメージング技術の創成を目指す。目的を達成するためには、実物を用いて質感を評価し、質感モデルを構築して質感マネージメントを行うことが必須となる。 このとき、質感を評価する被験者の集中度といった情動を計測することにより良質なビッグデータを形成し、有効な質感マネージメントを行うアプローチをとる。さらに、カラーマネージメントなどの既存技術と共存しながら、効率的でセキュアな通信を実現するために、質感情報を従来のカラー画像にハイディング(埋め込み)する斬新な産業応用を展開する。 以上により、本計画で、質感研究に革新的な変化をもたらす方向性が明確になっている。

(当該研究の新規性や独自性) 本プログラムでは、情動モニタリングを用いた良質な質感評価ビッグデータを集積し、質感認知に基づいた高度な質感イメージング技術を創成するところに、新規性と独自性がある。特に、実物を用いた質感評価に関するビッグデータを集積し、AIに基づいた機械学習によって解析を進めることに卓越的な新規性がある。 実物は、3Dプリンタで簡単に用意することが可能である。また、これまで集中度といった情動の計測をこの分野に取り入れた事例はなく、卓越的な独自性を持っている。データハイディングを利用した質感データの扱いも斬新であり、産業応用も前例がない。

② 推進研究の計画

本プログラムでは、まず、撮影環境や観察環境を室内に限定する。研究スケジュールを図4に示す。

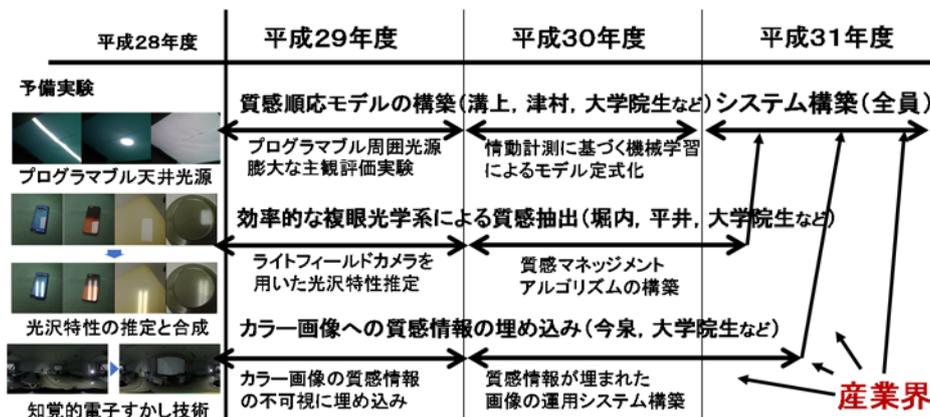


図4 研究スケジュール

29年度に、蛍光灯・電球・間接照明・窓の4つの光源の組合せを考慮した質感順応モデルを構築する。 モデルを定式化するためには、実世界で周囲照明環境を変化させた多くの主観評価実験が必要となる。そこで、本グループの発案に基づくプログラマブル周囲照明を実装し、実際の様々な周囲照明下で主観評価実験を行う。このとき、評価者の集中度といった情動をあわせて計測する。 また、光沢特性推定手法とカラー画像への質感情報の埋め込みの研究も開始する。

30年度には、得られた大量のデータから、有効なビッグデータを構成し、近年発展の著しいAIに基づいた機械学習を用いて室内環境で実用的な質感順応モデルの構築を行う。 この時、機械学習を用いる際の制約条件として、前年度に得られた情動情報と、最新の質感に関わる視覚科学や脳科学における知見を活用する。この段階で、質感マネージメント手法を確立し、質感情報の埋め込みの研究も確立する

31年度には、これまで行ってきた産業分野との連携をより密にし、斬新な産業応用に取り組む。

③ 推進研究やその成果等の波及効果 (社会実装や関連研究への展開・応用の見込み、長期的な展望・将来性 (研究面, 産業面)) ※本要素のみ平成31年度以降を想定

31年度以降で、29年度、30年度に構築された質感イメージング技術を用いた社会実装を活性化させる。これまで質感マネージメント技術が未成熟であったために、産業が爆発的に成長するネット産業との連携に限界があった。ネットを通して、正確に質感を再現する質感マネージメント技術を千葉大学が率先して実現する波及効果は非常に大きい。 質感モデルを構築する際に行う情動計測によって良質のビッグデータを構築するスキームは、マーケティング等の様々な人間工学分野にも適用可能である。 したがって、関連研究への展開・応用力は非常に高い。 質感モデルを、撮影環境や観察環境を室内に限定せず、屋外でのスマホ利用時などに適応するためには、より長期的な研究が必要であり、産業界と連携した戦略的研究により、より応用範囲の広い質感モデルの構築が期待される。

④ 構築する国内外研究ネットワークとその役割

この分野は、技術の国際標準化が市場形成の肝となる。本プログラムのスタッフは、カラーマネージメントを通して国内外ネットワークを形成しており、本申請研究で質感に関して大規模に展開する。

2. 実施体制

提案する先導研究推進計画を主体的に実施する推進責任者、中核研究者、及び他機関連携研究者、研究協力者を記載すること。年齢欄には平成29年4月1日時点の年齢、役割欄には構想における役割を記載すること。研究協力者は当該計画の実施にあたり実質的な参画が見込まれる教員、大学院生等の数を記載すること。

(1) 推進責任者

氏名：	津村 徳道	年齢：	
所属部局：	融合科学研究科	職名：	准教授
専門分野	質感工学, 情動工学, 情報画像工学	役割：	全体統括, 情動計測, 質感モデル構築

(2) 中核推進者 (学内研究グループ構成員)

氏名：	堀内 隆彦	年齢：	
所属部局：	融合科学研究科	職名：	教授
専門分野：	質感画像工学, 視覚工学, 色彩工学	役割：	質感マネージメント, 質感認知実験
氏名：	平井 経太	年齢：	
所属部局：	融合科学研究科	職名：	助教
専門分野：	イメージング科学, 視覚心理工学	役割：	質感マネージメント, 質感認知実験
氏名：	溝上 陽子	年齢：	
所属部局：	融合科学研究科	職名：	准教授
専門分野：	視覚科学, 質感科学, 認知科学	役割：	視覚刺激構築, 視覚実験,
氏名：	今泉 祥子	年齢：	
所属部局：	融合科学研究科	職名：	准教授
専門分野：	情報工学, 電子透かし, 質感工学	役割：	質感情報のカラー画像への埋め込み
氏名：		年齢：	
所属部局：		職名：	
専門分野：		役割：	
氏名：		年齢：	
所属部局：		職名：	
専門分野：		役割：	
氏名：		年齢：	
所属部局：		職名：	
専門分野：		役割：	

(3) 他機関連携研究者

他機関連携研究者は、構想における分野を先導する研究の推進や国内外研究ネットワークの構築等において、本学内の人的資源では十分に対応できない役割を担う他機関所属の研究者とする。なお、本プログラムが学内研究推進事業であることを踏まえ、他機関連携研究者が計画の主体とならないよう留意すること。

今回は、日本人に関しては、**千葉大学の卒業生または千葉大学で論文博士号を取得した研究者**で構成した**(了承済み)**が、将来的には柔軟に他大学の卒業生や本学・他大学のスタッフ等もメンバーに入れていく予定である。

氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			

氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			
氏名：			
所属機関：			
専門分野：			

(4) 研究協力者

教員	5	人
博士研究員等	1	人
大学院生 後期博士課程等	3	人
大学院生 前期博士課程等	2 4	人
技術職員, 技術補佐員等	3	人
事務職員, 事務補佐員等	0	人
その他 ()		人
その他 ()		人

(5) 実施体制を機能させるためのマネジメント体制

各研究班等や参画する教員等が、提案する計画を実現するために各役割を推進し、組織として機能するためのマネジメント体制について記述するとともに、当該マネジメント体制の体制図を示すこと

本推進研究では、図5に示すように、質感イメージングの産業的実現のため、有機的な連携を行う。基本的な大きな流れは、溝上グループが実施する質感（視覚）科学に関する基礎研究から始める。その基礎研究をもとに、質感モデルを構築するための質感刺激の作成にも取り組む。溝上グループの成果を受けて、津村グループが情動（計測）工学を質感の主観評価実験に導入する。津村グループは、情動計測の結果として被験者が集中していたときの評価結果（ビッグデータ）のみを用いて、質感モデルの構築のための良質なビッグデータを蓄積する。堀内・平井グループは、ディープラーニングなどのAIに基づいた機械学習手法を用いて、高度な質感モデルを構築する。また、その高度な質感モデルを用いて、電子商取引などによる商品の情報伝達を目的とした質感マネージメント技術を整える。今泉グループは、通常のカラー画像に、見えない形での質感情報のハイディング（埋め込み）手法を実現する。これにより、既に産業界で広がっているカラーマネージメント技術を基盤とし、計画する質感再現技術を早期に社会実装可能とする。既存技術との互換性を保つ仕組みを備えることは、新技術が大衆に受け入れられるための必須要件である。以上一連の連携の流れは、十分な守秘義務契約を締結した上で、他機関連携研究者の企業の方々からアドバイスを継続的にいただく。また、質感マネージメント技術が整った際には、各産業において活用いただくように、他機関連携研究者の企業の方々を通して働きかけていく。

推進研究の大きな特色として、今後この分野を導いていく優秀な研究者を育てることを念頭に入れ、雇用するポストドクはすべての研究グループに関与させることを考えている、これにより、学際的に活躍する人材の育成も研究活動とともに成し遂げることができる。

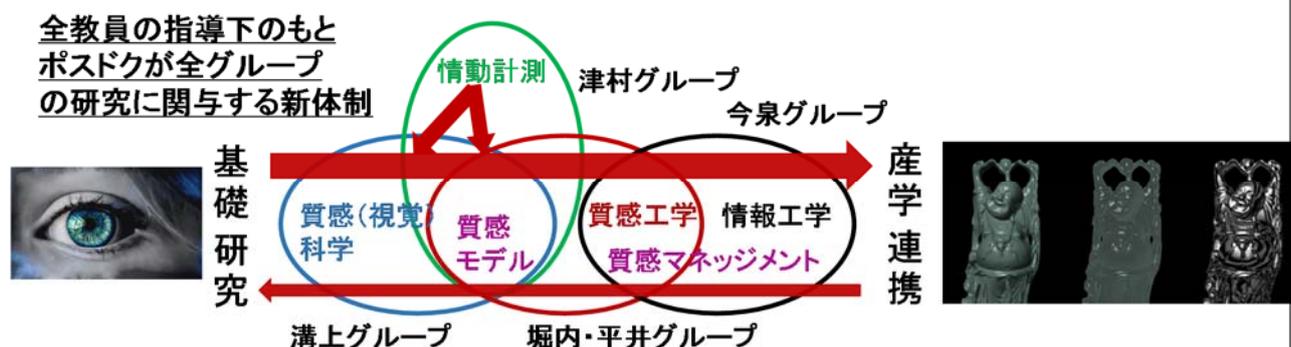


図5 本推進研究体制と各研究グループの連携

実施体制を機能させるためのマネジメント体制としては、これまでの融合科学研究科知能情報コース内の画像系のスタッフが親密に連携する体制となっている。すでに各研究が連携し、親密な関係を築いていることから、推進責任者の圧倒的なリーダーシップにより、今回の推進研究を最初から精力的に進めることができる。さらに、上述のようにポストドク（マルチブリッジ特任研究員）を、本推進研究により新たに雇用し、本推進研究が軸となる研究を行う。これまで、千葉大学はトータルイメージングの千葉大学として高い評価を受けてきた。これらは、千葉大学内の各グループが個別にタコツボのような研究を行うのではなく、有機的に積極的な連携をしてきたためである。ポストドク（マルチブリッジ特任研究員）には、各研究グループに横断的に関与してもらい、千葉大学伝統のトータルイメージングの極意を後世にも伝えることを大事にさせていただく。また、すべてのグループの状態を詳細に把握することによって、実施体制を機能させるためのマネジメント体制としては、非常に精緻なものとなる。

2017年4月に、大学院融合理工学府創成工学専攻に新規に設立されるイメージング科学コースのパンフレットより、本推進研究を実施するスタッフとその研究内容などの紹介を図6に示す。少数精鋭であるが、後述のように豊富な業績と研究マネージメント能力を有する集団となっている。

現段階では、社会的に要請されている成果を迅速に出すために、互いに親密なコミュニケーションを既に確立しているイメージング科学コースのメンバーで本推進研究をスタートする。しかし、**スタートと同時の他分野の研究者との親密なコミュニケーションの確立と連携を積極的に試みる**。具体的には、質感認知に関して**行動科学分野**の研究者との連携、ビッグデータ解析のさらなる深化のための**情報工学**の**分野**の研究者との連携、社会実装を意識した**材料工学分野**の研究者との連携、応用として質感再現が重要な対面遠隔医療のための**医学・医工学分野**の研究者との連携を現時点では想定している。

産業界と結びついた最先端のイメージング研究

堀内・平井
研究室

物理と知覚の橋渡し

画像計測に基づく物理特性と
心理物理実験に基づく
視覚心理のモデル化



異なるデバイスにおける画像出力において、色に加えて質感も管理するための質感マネジメント技術の確立を目指している。



堀内 隆彦
助教

日本色彩学会監事、理事など歴任。文科省新学術領域研究「多元質感知」総括班。質感工学の体系化に向けて、物理特性と人間の視覚知との関係解明を目指す。



平井 経太
助教

2014年度日本色彩学会論文奨励賞受賞。カラー画像計測から解析、処理、再現、評価にわたる一連の研究に従事。

津村
研究室

実モデル主義

物理モデルや生理モデル等の
実モデルに基づく機能的な
画像入力・解析・合成・出力



津村 徳道
准教授

IS&T Fellow, OSA、電子情報通信学会 Senior Member。分光画像、肌顔画像、質感工学、情動工学、医工学など、産業界と密接に連携して応用展開。JSTさきかけ研究など実施。



光の散乱過程を物理モデルにより計算し、ヘモグロビンなどの色素の変化を生理モデルにより変調することにより、実モデルに基づく正確なクマの解析とケアの提案を実現。

溝上
研究室

見ると見せる

視覚メカニズムの解明と
イメージング科学への応用



ミニチュアの部屋を用いた実照明下での研究。照明条件により、色や質感の見えがどのように影響を受けるかを調べている。



環境や視覚特性の違いが視覚知に与える影響について研究している。



溝上 陽子
准教授

ICVS Director、日本照明委員会理事など歴任。CIE国際照明委員会等で標準化に関する活動に参加。視覚の適応性、画像と実環境での見え、照明光源の評価法、美しい肌色と質感評価、色覚異常者の色知覚特性などの研究に従事。

今泉
研究室

次世代 メディアセキュリティ

安心安全なユビキタス社会を
実現するイメージング技術



著作権などの情報をコンテンツに見えないように埋め込む技術や、コンテンツに含まれるプライバシーを保護する技術について開発している。こうした技術は、文化財のデジタルアーカイブをはじめ、様々な分野で現在注目されている。



今泉 祥子
准教授

映像情報メディア学会丹羽高柳論文賞、日本写真学会進歩賞、同論文賞受賞。メディアセキュリティ技術、符号化技術、画像評価技術などに関する研究に従事。

図6 本推進研究を実施するスタッフとその研究内容などの紹介（新コースパンフレットより）

3. 研究分野の現状分析

推進を提案する先導研究の分野全体の状況を分析した上で、次の各事項について記述すること。

- ①分野内の本学研究グループの位置付け
- ②本学研究グループと競合する国内外研究グループとその概要

- ③ 上記②の競合グループと本学研究グループとの比較, 本学研究グループの優位性, 本学研究グループとの関係性
④本学研究グループの現時点の研究ネットワーク

① 分野内の本学研究グループの位置付け

質感イメージングに関連する国家型プロジェクトは、平成 22 年度～平成 26 年度に日本で実施された科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）「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 研究領域省略名：質感脳情報学」が世界初である。この領域では、工学、心理物理学、脳科学の緊密な連携により、これら質感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つつ、その基盤となる脳神経メカニズムの解明に取り組んだ。また質感認知の科学的基礎の理解に基づいて、質感情報の獲得や生成に関する工学技術の発展を進めた。その後、欧州で PRISM などの質感認知プロジェクトが発足している。質感脳情報学では、平成 23 年度～平成 24 年度（前期）と平成 25 年度～平成 26 年度（後期）の 2 回にわたって、それぞれ 30 グループ程度の公募研究が実施されたが、津村のグループは後期に、堀内のグループは前期と後期に「質感の計測と表示に関わる工学的解析と技術」の研究項目に採択され、また溝上のグループは前期に、「質感認知に関わる感覚情報の特徴と処理様式」の研究項目に採択されて参画していた。千葉大学のように一つに機関から 3 グループが採択されることはめずらしく、我々の質感に関するパイオニア的な研究が高く評価されており、また現在においても主に産学応用という主軸において、この分野を先導している。

さらに、平成 27 年度～平成 31 年度に科学研究費補助金新学術領域研究「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な研究領域省略名：質感脳情報学」の後継プロジェクトとして「多様な質感認識の科学的解明と革新的質感技術の創出：多元質感知」がスタートしており、本学からは、堀内のグループが総括班として計画研究から参画し「質感イノベーション」の研究項目を実施している。さらに、溝上のグループが公募研究に採択され、「質感認識の科学的解明」の研究項目に参画している。このように、千葉大学では、継続してこの分野を先導しており、産学応用を主軸とした研究成果をもとに確固たる地位を保っている。

② 本学研究グループと競合する国内外研究グループとその概要

上述の多元質感知の新学術領域には、東京大学、東北大学、電気通信大学、生理学研究所、産業総合技術研究所などが、複数の研究グループで参画している。しかし、それらはハードウェア、視覚情報処理、データマイニングなど、狭い領域に特化した研究グループであり、本学のように視覚科学から情報工学までを網羅して参画している競合グループは存在しない。また、上記の研究グループとも、質感工学の実用化のために良好な連携を行っている。国外では、上述の欧州質感認知プロジェクト PRISM の代表者である Roland Fleming と学術交流を行っており、本プログラムの連携研究者となっている。

③ 上記②の競合グループと本学研究グループとの比較, 優位性, 関係性

競合グループと比較して、圧倒的な産学連携ネットワークを既に構築している。これにより、本学研究グループは、他のどのグループも到達しえない社会実装力を有している。さらに、他のグループでは実現されていない、情動計測による良質なビッグデータ取得・高精度な質感モデル構築や、データハイディング技術を用いた従来の産業技術との互換性を維持する試みは他との優位性を示している。

④ 本学研究グループの現時点の研究ネットワーク

上記の新学術領域や PRISM とともに、後述する色の標準化のネットワークを構築済みである。

4. 計画を実現するための方法等

(1) 各研究班等の目的・役割・活動内容

研究グループを構成する各研究班等の役割・活動について次の各事項を踏まえ、研究班等ごとに記述すること。

なお、研究班等とは提案する計画を実現するために、具体的な計画単位・役割単位を担う複数名の研究者等（「2. 実

施体制」で挙げた研究者等)で構成する集団とする。各研究班等では、具体的な研究の推進、国内外研究ネットワークの構築の取り組みなど様々な活動・役割分担等を設定することを想定する。

①研究班等の目的、構想内の役割

②研究班等の目的を具体化するための活動内容(概要)

【研究班等 1】 堀内・平井研究室

① 研究班等の目的、構想内の役割

本研究班では、実物体の質感として光沢感の獲得方法を確立する。その後、質感マネージメントアルゴリズムを構築し、心理物理的評価を通じてその有用性を検証する。本申請で実現を目指す質感マネージメント(SMS:Shitsukan Management System)の概略図を図7に示す。異なる特性をもつ出力デバイスにおいて、等しい質感を得るための管理システムである。現存の技術として、異なるデバイス間で色を管理するためのカラーマネージメント(CMS: Color Management System)は確立しているが、SMSはCMSを包含するアプローチとなる。この研究は、推進する研究構想の中で、質感の獲得と管理という核となるアルゴリズムの開発となる。

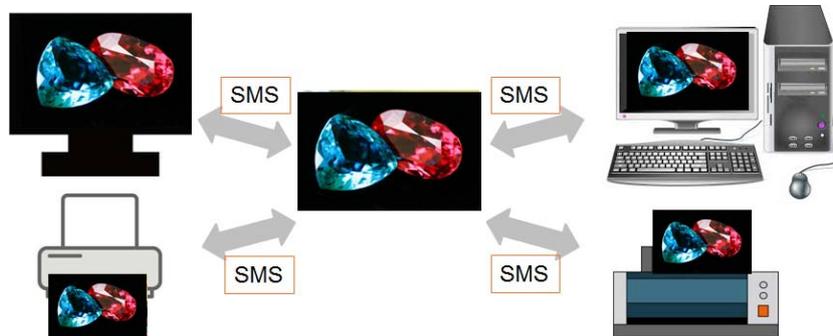


図7 構築する質感マネージメントシステムの概念図

② 研究班等の目的を具体化するための活動内容(概要)

平成29年度は、光沢感を中心とした質感獲得手法を確立する。物体形状に起因する質感は、現存のレーザ変位計などの機器によって可能であるが、光の反射現象などによって生じる質感の獲得方法は確立されていない。本研究では、ライトフィールドカメラを用いた効率的な複眼光学系によって、質感獲得システムを構築する。使用予定のカメラは、既に購入済である(右図)。



平成30年度は、質感マネージメントアルゴリズムの構築に取り組む。堀内らは、実物体の質感がモニタ再現によって変化することを種々の質感物体(右図)で調べており、この知見をアルゴリズム構築に活かす。アルゴリズム評価には、津村グループの情動を利用したデータ収集技術を活用し、構築したアルゴリズムは、今泉グループのセキュアな画像通信フォーマットに活かす。



堀内グループでは、中核研究者の堀内、平井に加えて、他機関連携研究者の洪、Hardeberg、Flemingのアドバイスを仰ぎ、研究協力者の教員、職員、大学院生が実働部隊として研究を遂行する。

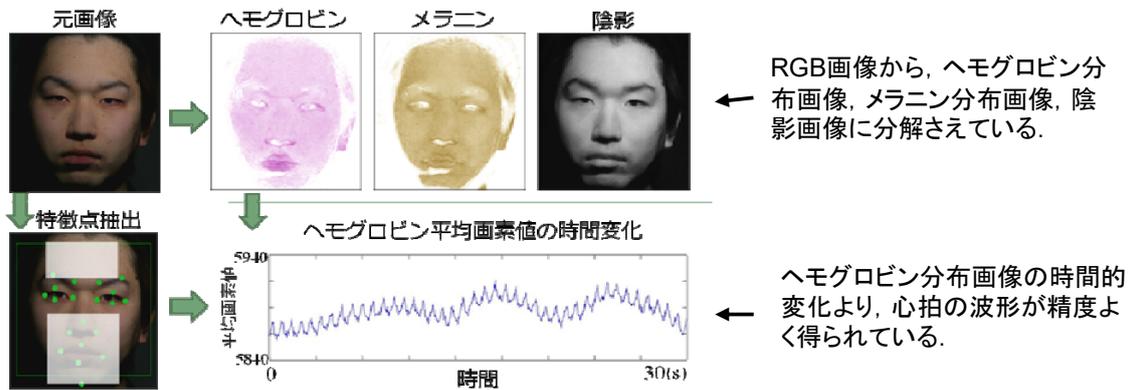
【研究班等 2】 津村研究室

① 研究班等の目的, 構想内の役割

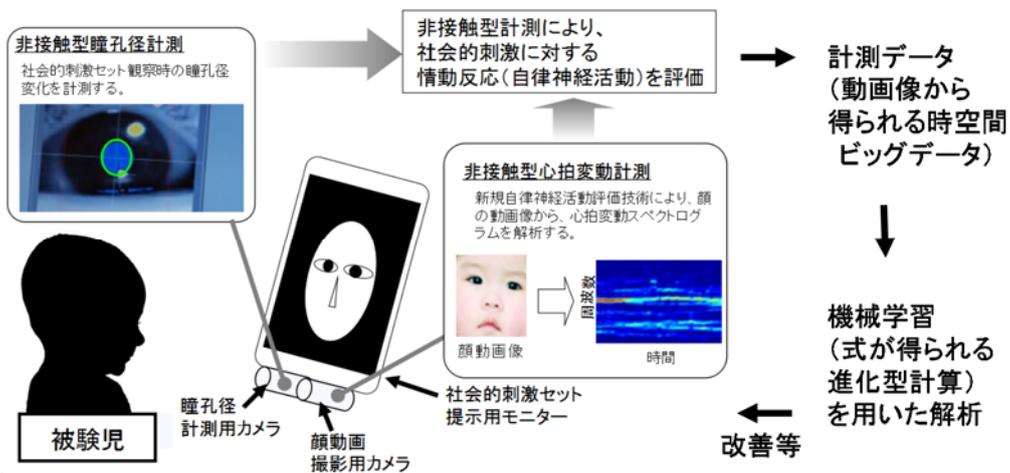
本研究班では、良質な質感評価ビッグデータの構築に関する研究を推進する。良質なデータを見極めるために、質感評価時に同時に質感評価者の顔動画像を取得する。この顔動画像から質感評価者の心拍変動を計測し、被験者の集中度を測る。この研究は、推進する研究構想の中で、実用的な質感モデルを構築するためのキーとなる研究となる。質感評価に関する良質なビッグデータの取得と、良質なビッグデータから、機械学習により、高性能な人工知能実現を可能とする、次世代の人工知能研究手法の開拓もめざしている。

② 研究班等の目的を具体化するための活動内容 (概要)

津村らは、世界に先駆けて、通常のRGBカラー画像を、メラニン成分画像、ヘモグロビン成分画像、陰影成分画像に分離する技術を提案しており、すでに千葉大学の津村研究室はこの分野の小さな拠点となっている。この技術は、近年、カラー動画像に応用され、抽出されたヘモグロビン成分量の時間的変化から、下記の図に示すように、心電図に相関の高い脈波の波形を得ることに成功している。また、脈波の波形を解析することで、被験者の交感神経や副交感神経の活性度を得ることができる。これらにより、通常のカラーカメラにより、顔動画像を撮影することにより、被験者の感情などを推定することに成功している。



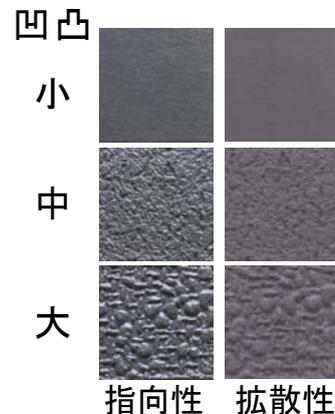
下図は、この技術を、長崎大学・昭和大学と連携して、自閉症スペクトラム障害早期診断への応用を試みようとしているものである。本推進研究では、平成 29 年度から、この技術を高度な質感モデルの構築のための情動評価に展開する。それにより良質な質感ビッグデータを構築することができる。



① 研究班等の目的，構想内の役割

本研究班では，質感認識において，物体表面の色・テクスチャ特性，照明光の色・配光特性，周囲環境の相互関係が与える影響を，心理物理学的実験により明らかにし，質感照明評価に必要なパラメータを抽出して定性的・定量的に解明することで，質感認識に基づく“質感照明評価法”の提案を目指す。

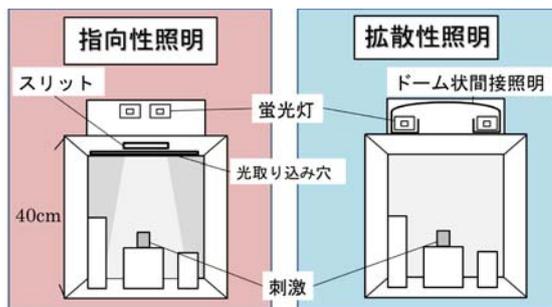
照明により物の印象や質感が変化することは多くの人が経験しているが，通常の照明環境において照明特性の質感への影響を総合的・系統的に評価する手法は確立されていない。新しい固体照明の普及により多様な照明環境が日常的に存在し，多くの素材の物品を様々な照明下あるいは画面や CG，VR 等，様々な環境で見ることになる。現在は，色の見えに関する照明の演色性に関する評価基準はあるが，今後は色のみでなく，質感の認識のしやすさや印象も含めた評価が必要になることは必至である。しかし，色の見えと同様，質感の見えも観察条件により大きく変化する（右図：指向性と拡散性照明下に置かれた，表面の凹凸の異なる物体）。例えば，実際の環境においては，周囲の手がかりを用いて照明の当たり具合を正確に認識できるため，物体の質感認識も安定してできるが，画像など照明や形状認識の手がかりが減少した条件では質感の認識も不正確になる可能性がある。安定した質感認識つまり「質感の恒常性」に必要な要件を見つけ出すことは重要な課題である。



本研究を遂行するための刺激の作成，主観評価実験環境の構築，実験手法の基本的スキームは，構想全体の研究の基礎となり，様々な評価に応用できるものとなる。さらに，本研究で得られた，物体と照明，質感認識の関係のデータは，照明評価だけではなく，より良い質感再現のための照明空間の構築，画像や CG における質感再現に不可欠な情報である。

② 研究班等の目的を具体化するための活動内容（概要）

H29 年度は，まず，右図に示す拡散と指向性照明下の室内模型内に，物体表面の特性（表面形状，光沢，素材）が異なるテスト刺激を置いて実験を行う。 照明の影響を受ける測光的および視覚的特性を整理し，質感照明評価に用いるパラメータの抽出と，考慮すべき環境条件の特定を行う。次に，配光特性を系統的にコントロールできる小規模な照明環境を用い，観察対象であるテストサンプルの特性（表面の形状，テクスチャ，色，鏡面反射の写り込み）が質感認識に与える影響を系統的に測定し，視感評価を行い，分析する。さらに，照明色の影響，拡散・指向照明の複合効果，観察条件による影響（実際の部屋，画像）についての検証を進め，質感照明評価に影響を与える複合要因について明らかにしていく。



① 研究班等の目的，構想内の役割

本研究班では，得られた質感情報をカラー画像の中に見えないように埋め込むための情報ハイディング技術について研究する．情報ハイディング技術はデジタルコンテンツの著作権保護を目的として広く注目されており，近年文化財等のデジタルアーカイブにおいてもアーカイブデータに対して著作権情報を埋め込むことで著作権を保護するなどの応用がなされている．本研究では，この技術を質感イメージング技術に応用し，従来の著作権情報の代わりに質感情報を，カラー画像の中に埋め込む技術を研究する．これにより，既存カラーシステムとの互換性の確立により社会実装が早期に実現可能となる．

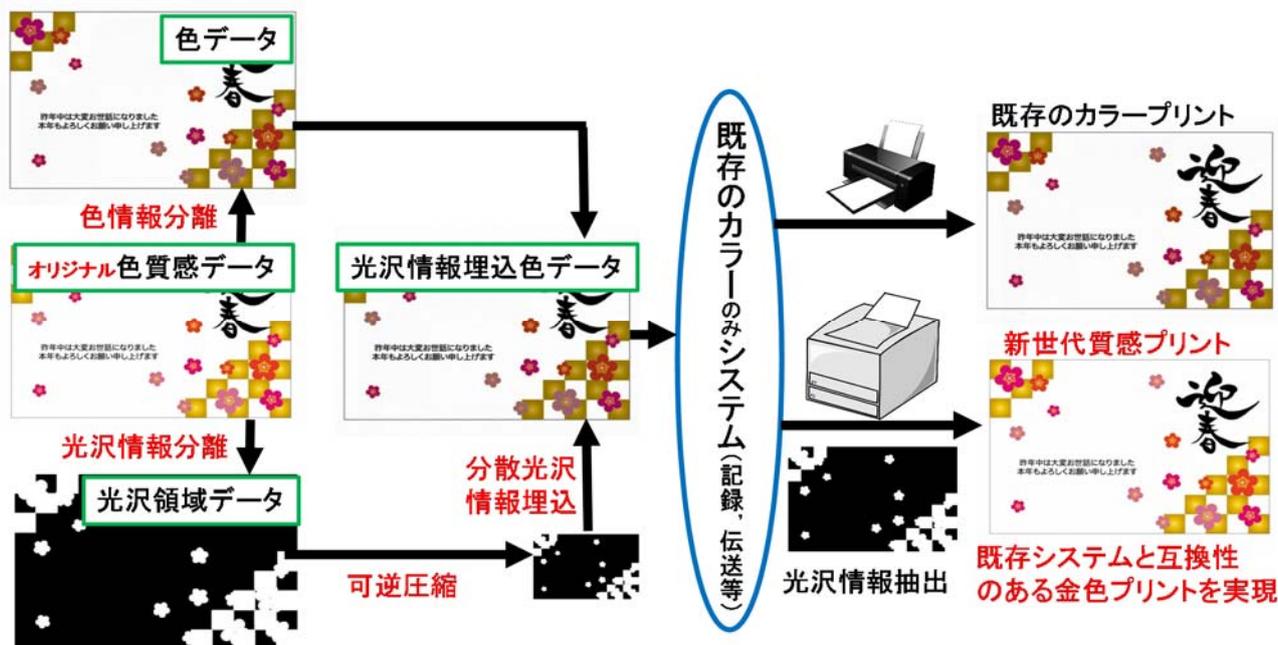


図8 情報ハイディング技術を用いた質感（光沢）情報のカラー画像への埋め込みによる既存カラーシステムとの互換性の確立による社会実装の容易化

② 研究班等の目的を具体化するための活動内容（概要）

本研究班では，可逆性を保証することにより，埋め込まれた情報が抽出され，画像処理が解除された際に，もとの画像を完全に取り戻すことができる可逆情報ハイディング技術について研究する．平成29年度は，図9に示すヒストグラム移動を用いた技術について検討する．この技術により，情報を埋め込むことによりヒストグラムが平坦化され，コントラストの向上も期待できる．一方，カラー画像に対する一般的な画像処理では，画質への影響を考慮して，色成分間のヒストグラムの均衡を考慮することが求められる．そのため，ヒストグラム移動を伴う従来手法を，RGB色空間に対して直接適用することは，画質保持の観点から困難である．そこで，まず他の色空間に変換した後，適切な色成分に対して画像処理を施すことを検討する．

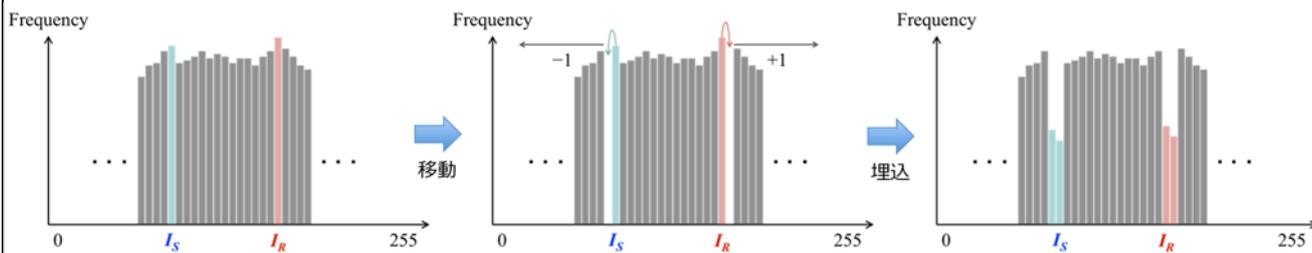


図9 ヒストグラム移動による情報ハイディング処理の概要

(2) 全体計画における推進研究による分野先導・ネットワーク構築等の進め方

推進研究による世界水準の分野先導や国内外研究ネットワークの構築を、どのように推進し実現しようとしているのかを、計画全体の俯瞰的観点から記述すること。

<標準化による世界水準の分野先導>

色の評価に関する標準化を基盤に、質感モデルの国際標準化を行うことが可能である。

人工光源を評価する指標として、自然光下での色の見えにどれだけ忠実かを判断基準とする演色評価数が通常用いられている。しかし現在、新しい固体光源（LED など）も含めた多様な光源をより正確に評価するため、CIE（国際照明委員会）における技術委員会 TC1-90 では、新しい演色評価指数（色忠実度指数）が検討されている。また、現在普及している色の見えモデル CIECAM02 は、周辺の輝度や視覚の順応も考慮に入れて色の見えを予測できるモデルであるが、より改善したモデル CIECAM16 も提案されており、CIE の新設技術委員会での審議を経て、近い将来置き換わる見込みである。（中核研究者の溝上は、これらの活動に参画しており、CIE における国際標準化の流れを把握している）。しかし、これらは「色の見え」の評価にとどまっており、質感を含めたトータルアピアランスを評価する指標は存在していない。本研究により、照明と質感の関係を定量化できれば、実用的かつ総合的な照明評価や質感の見えモデルの構築に大きく貢献できる。世界水準の分野先導の1つの方法として、CIE において「質感照明評価法」や質感の見えモデルに関する技術委員会を提案し、本研究により得られた成果を CIE の技術報告書や勧告に導入することができれば、国際標準化を目指すことができる。

こういった国際標準化の活動は、国際標準化委員会での人的ネットワーク活動に大きく依存している。**計画全体の俯瞰的観点**から説明すると、計画では、1年目と2年目で産業界からアドバイスを受けながら質感マネージメントシステムを構築している。アカデミック志向のみのシステムは、産業界で受け入れられないことがしばしばある。我々の計画では、産業界の要望を十分考慮したシステムが構築されるため、そのシステムの規格などに関する標準化の動きは、研究の3年目以降で容易に立ち上げることが可能である。

産業界では、「**標準化を制するものは世界を制す。**」とよく言われる。また、標準化が策定されるまで5年以上の時間を要する。したがって、本計画推進を終了後も、千葉大学発の国際標準化として、参画メンバーが一丸となって対応する。また、他機関連携研究者である卒業生らとも連携して、千葉大連合、日の丸連合として、質感の分野と産業を先導していく。

<国内外研究ネットワークの構築>

既に述べたが、質感イメージングに関連する国家型プロジェクトは、「研究領域省略名：質感脳情報学」が世界初である。この領域では、工学、心理物理学、脳科学の緊密な連携により、これら質感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つつ、その基盤となる脳神経メカニズムの解明に取り組んだ。また、質感認知の科学的基礎の理解に基づいて、質感情報の獲得や生成に関する工学技術の発展を進めた。その後、欧州で PRISM などの質感認知プロジェクトが発足している。

本計画推進のメンバーの多くは、これら国家型プロジェクトに参画していた。特に、プロジェクト内で、産業応用を全面的に押し出しているのが千葉大学の我々のグループである。今回、質感マネージメントシステムとその標準化が産業応用に向けて実現することができるため、質感マネージメントを国家型プロジェクトの関連研究者にも利用・検証を依頼し、質感マネージメント分野のさらなる深化をはかる。これにより、国内で特に強固に形成される。国外に関しても同様の方法で相互の密なネットワーク形成が実現される。その契機として、津村、堀内が、CIC, CCIW の国際会議を主催連携し、2019年に質感マネージメントに関する国際ワークショップを、それぞれまたは合同で、千葉大学で開催する予定である。これらのワークショップをさらなる契機として、国内外での親密なネットワーク形成を実現する。

5. 研究等の到達点

(1) 各研究班等が個別で挙げるが見込まれる成果・効果

研究グループの各研究班等が挙げるが見込まれる研究実績・成果・効果等を、次の各事項を踏まえた上で、平成31年度時点を記述すること。

① 純粋学術研究的見地での成果・効果

② 社会実装、イノベーション創出的見地での成果・効果（推進研究成果の直接的な社会実装等のみならず、推進過程における関連要素技術や装置開発等の社会実装等の可能性も含む）

③ その他の成果・効果（研究班等の目的・役割に基づき、必要に応じて設定）

① 純粋学術研究的見地での成果・効果

[質感科学：溝上班] 質感の見えと物理パラメータの関係を明らかにすれば、人間の視覚システムがどのような手がかりを用いて質感認識を実現しているかという、質感認識を処理する神経メカニズムの解明につながる。さらに、照明との関係に注目している本研究では、安定した質感認識への空間や照明認識の寄与等、視覚系における高次レベルのメカニズムも捉えることができると考えられる。

[質感工学：堀内・平井班] 質感の科学的な理解に基づき、質感マネージメントの学問的な体系である「質感工学」の構築が見込まれる。質感工学は、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視覚工学的・情報科学的に理解することを出発点として、人の感性判断のデータを基に、最終的には刺激の物理的なパラメータから直接質感を制御できる効果が期待される。

[情動工学：津村班] 被験者の疲れなどによりこれまで良質でなかった質感評価ビッグデータを、情動工学（情動計測）により良質な質感評価ビッグデータとする試みは、世界ではじめてであり、純粋学術的見地においてインパクトの高い成果を得られると期待している。

[情報工学：今泉班] 質感情報が画像全体で一様でなく、画像の中で分布をもつ場合が起こりうる。このとき、光沢情報の空間分布をカラー画像にどのように埋め込むかというこれまでにない視点に立ち、情報埋込技術、画像処理手法、画像圧縮技術などを相互に検討することにより、光沢情報を埋め込むだけでなく画質の向上などの相乗効果も期待できると考えている。

② 社会実装、イノベーション創出的見地での成果・効果（推進研究成果の直接的な社会実装等のみならず、推進過程における関連要素技術や装置開発等の社会実装等の可能性も含む）

[質感科学：溝上班] 拡散/指向性照明の影響を受ける測光のおよび視覚的特性を整理し、質感照明評価に用いるべきパラメータの抽出と、質感照明評価の際に考慮すべき環境条件の特定を行う。そして、それらを元に質感認識と照明の関係性を考慮した、質感の忠実性を評価する照明評価法を提案する。これは、色だけではなくトータルアピランスを考慮した“質感照明評価法”の開発に向けた基盤となる。

[質感工学：堀内・平井班] 質感の計測・再現・編集・管理技術の開発に基づき、実物体の質感をそのまま種々の出力デバイスで表現する方法をイメージング産業界に提供することが可能となる。さらに、質感工学の体系化により、現場の技術者の勘に頼ってきたものづくりを学術的観点からサポートすることが可能となり、「職人技」を工学的に実現する新たなイノベーション創出のマーケットが期待される。

[情動工学：津村班] 人間の感情を計測することが可能とするところは、ロボットやマーケティングへの社会実装だけでなく、感情情報を利用した新たなイノベーションの創出を行うことが期待できる。

[情報工学：今泉班] 埋め込まれた質感などの付加情報が、画像に対して新たな価値を与えることが期待できる。また、同時に質感以外の付加価値情報についても検討する。

② その他の成果・効果（研究班等の目的・役割に基づき、必要に応じて設定）

研究協力者として多くの大学院生に参画してもらうことにより、イメージング技術に関わる幅広い学識を有する高度知的人材の育成に貢献する。国内外の関連研究者とのネットワークが強固となり、質感イメージングの世界的な拠点となることが期待される。

(2) 各研究班をつなぐことで見込まれる成果・効果等

研究グループの研究班等をつなげることで見込まれる研究実績・成果・効果等を、次の各事項を踏まえた上で、平成31年度時点を記述すること。

① 純粋学術研究的見地での成果・効果

② 世界水準で研究分野を先導することについての具体的な状況（平成31年度時点の達成状況等）

③ 国内外研究ネットワークの構築状況・内容

④ その他の成果・効果（必要に応じて設定）

① 純粋学術研究的見地での成果・効果

質感マネージメントの全体のシステム統合を担当する堀内・平井グループが構築したアルゴリズム評価には、溝上グループが開発する質感評価法を活用し、津村グループの情動を利用したデータ収集技術を適用することによって、質感評価データから不良の評価データを除去した信頼性の高いデータを得ることが見込まれる。さらに、構築したアルゴリズムを、今泉グループのセキュアな画像通信フォーマットに活かすことによって、効率の良い質感表現が可能となる。

また、従来の視覚研究では、視覚刺激の色や物理特性を厳密に定義する必要があるが、質感のような複雑な刺激を制御する技術が伴わず、研究の自由度に制限があった。一方、CG分野等における質感の評価手法の多くは簡便なもので、視覚科学の見地からは十分とは言えない場合が多い。本研究では、精度良く質感再現や分析ができる研究グループと、視覚科学の評価手法に長けたグループがつながることで、相互の分野において、より質の高い研究成果が見込まれる。

さらに、情動工学においては、このような質感科学、質感工学という実用的な分野で活用されることはそれほど多くなかった。そのため、純粋学術研究的見地において非常に有意義な成果が得られると期待している。また、情動工学の技術を持つ我々は、国内外の競合に対して（それほど多くの競合が現在のところ存在しないが）、長期にわたり圧倒的優位に立つことができる。

③ 世界水準で研究分野を先導することについての具体的な状況（平成31年度時点の達成状況等）

堀内・平井グループが他のグループの技術をまとめ上げて開発した質感マネージメントアルゴリズムは、今泉グループと連携して質感画像フォーマットとして実装し、業界標準に向けて国内外の団体を先導している計画である。例えば、色の分野の著名な標準団体であるCIE（国際照明委員会）は、現在、質感の分野の標準化にも部分的に乗り出している。そこで、平成31年度時点では、本申請研究で得られた成果の標準化をめざしてCIEに確実に申請を行う。

標準化としては、今泉らの行うデータハイディングの分野においても、質感情報を通常の画像に埋め込む点において、IEEE規格による画像に関する国際標準化を立ち上げる必要がある。今までこのような手法を誰も考案していなかったため、標準化の仕組みを一から作り上げる必要があるが、平成31年度時点ではプロポーザルを行う予定で実装を進める。

また、さらに、質感への関心や要請は高まっているが、“質感照明評価法”開発という観点での具体的な取り組みは世界でも例がなく、現段階からその開発を目指している本研究の成果を発信することにより、今後必須となるであろう“質感照明評価法”や“質感の見えモデル”の研究開発分野を先導することができる。

④ 国内外研究ネットワークの構築状況・内容

堀内・平井グループは、津村グループおよび溝上グループとあわせて、国内のこの分野を先導する研究者が集う先述の新学術領域において高い評価を受けており、強固なネットワークを構築済みである。また、海外研究者とは、画像工学関係は津村グループと、視覚工学関係は溝上グループとそれぞれ連携して、主要な研究拠点とのパイプを構築済みである。

⑤ その他の成果・効果（必要に応じて設定）千葉大学の伝統である画像分野が進化し、さらに飛躍する。

6. 推進研究のための外部資金等の獲得状況

研究グループによる先導研究推進計画の実施に係る研究費の獲得（確保）状況について記載すること。なお、下記に記載する外部資金（科学研究費助成事業、政府系（省庁等）事業、企業等との共同研究、受託研究等）等は研究グループ構成員（推進責任者、中核推進者）の何れかが代表研究者であること、もしくは分担研究者として年間1,000万円以上を獲得（確保）していることとする。

（千円）

No.	外部資金等の事業等名称	代表研究者	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

8. 研究グループ各構成員の研究業績等

研究グループの構成員（推進責任者、中核推進者）が2012年1月から2017年3月までに挙げた実績（学術論文、著書、国際共著論文、学会等研究発表、特許、等）のうち、提案する先導研究推進計画に関係が深いものを記載すること。

提案する研究推進計画に関係が深い，“学術論文、LNCSの一部、特許の一部”に限定して、記載する。

推進責任者 <津村徳道>

1. S. Yamamoto, N. Hosokawa, M. Yokoya, N. Tsumura, Acceptable distortion and magnification of images on reflective surfaces in an augmented-reality system, *Optical Review* (2016) (accepted).
2. Ryota Domon, Shoji Yamamoto, Kentaro Hikosaka, Norimichi Tsumura, Real-time Rendering of Translucent material by Contrast-Reversing Procedure, *Bulletin of the Society of Photography and Imaging of Japan* (accepted).
3. 岡田銀平, 中口俊哉, 津村徳道, 投影型手術支援のための構造光埋め込み三次元形状計測, *VR 医学* 2016 (採択) .
4. Mai Sugawara, Kaoru Kiyomitsu, Tatsuya Namae, Toshiya Nakaguchi and Norimichi Tsumura, An optical projection system with mirrors for laparoscopy, *Artificial Life and Robotics* 2016 (accepted)
5. Satomi Tanaka, Akihiro Kakinuma, Naohiro Kamijo, Hiroshi Takahashi and Norimichi Tsumura, Auto White-balance Method Using Pigmentation Separation Technique for Human Skin Color, *Optical Review* (2016) accepted.
6. Yoshifumi Wakisaka, Yuta Suzuki, Osamu Iwata, Ayaka Nakashima, Takuro Ito, Misa Hirose, Ryota Domon, Mai Sugawara, Norimichi Tsumura, Hiroshi Watarai, Tomoyoshi Shimobaba, Kengo Suzuki, Keisuke Goda, Yasuyuki Ozeki, Probing the metabolic heterogeneity of live *Euglena gracilis* with stimulated Raman scattering microscopy, , *Nature Microbiology* DOI: 10.1038/NMICROBIOL.2016.124 (2016).
7. Cheng Lei, Takuro Ito, Masashi Ugawa, Taisuke Nozawa, Osamu Iwata, Masanori Maki, Genki Okada, Hirofumi Kobayashi, Xinlei Sun, Pimsiri Tiamsak, Norimichi Tsumura, Kengo Suzuki, Dino Di Carlo, Yasuyuki Ozeki, Keisuke Goda, High-throughput label-free image cytometry and image-based classification of live *Euglena gracilis* , *Biomedical Optics Express*, Vol. 7, Issue 7, pp. 2703-2708 (2016).
8. Toshimistu Kugimoto, Shoji Yamamoto, Ryota Domon, Kentaro Hikosaka and Norimichi Tsumura, Transformation of environment map by changing the captured position in a cuboidal room , *Optical Review*, Volume 23, Issue 3, pp. 549–558 (2016).
9. Misa Hirose, Rina Akaho, Chikashi Maita, Mai Sugawara and Norimichi Tsumura, ” Optimization of spectral sensitivities of mosaic five-band camera for estimating chromophore densities from skin images including shading and surface reflections” *Optical Review*, Volume 23, Issue 3, pp. 544-548 (2016).
10. Norimichi Tsumura, Kaori Baba, Shinichi Inoue, Simulating Gross of Curved Paper by Using

the Point Spread Function of Specular Reflection, Bulletin of the Society of Photography and Imaging of Japan , Vol. 25 No. 2 pp. 25–30(2015).

11. Norimichi Tsumura, Kaori Baba, Shoji Yamamoto, and Masao Sambongi, "Estimating reflectance property from refocused images and its application to auto material appearance balancing" Journal of Imaging Science and Technology, Volume 59, Number 3, pp. 30501-1-30501-6(6)(2015).
12. Shinichi Inoue and Norimichi Tsumura, "Point Spread Function of Specular Reflection and Gonio-reflectance Distribution," Journal of Imaging Science and Technology 59(1): 010501-1–010501-10, 2015.
13. Toshiya Nakaguchi, Kanako Takeda, Yuya Ishikawa, Takeshi Oji, Satoshi Yamamoto, Norimichi Tsumura, Keigo Ueda, Koichi Nagamine, Takao Namiki, and Yoichi Miyake, "Proposal for a New Noncontact Method for Measuring Tongue Moisture to Assist in Tongue Diagnosis and Development of the Tongue Image Analyzing System, Which Can Separately Record the Gloss Components of the Tongue," BioMed Research International Volume 2015 (2015).
14. Kaori Baba, Shinichi Inoue, Rui Takano and Norimichi Tsumura, "Reproducing Gloss Unevenness on Printed Paper Based on the Measurement and Analysis of Mesoscopic Facets," Journal of Imaging Science and Technology 58(3): 030501-1030501-6(2014).
15. Satoshi Yamamoto, Norimichi Tsumura, Tomokazu Yoshizaki, Keiko Ogawa-Ochiai, "Oxygen saturation of skin reflects blood flow and stagnation," Artificial Life and Robotics September 2014, Volume 19, Issue 2, pp 170-175 .
16. Saori Toyota, Izumi Fujiwara, Misa Hirose, Nobutoshi Ojima, Keiko Ogawa-Ochiai, Norimichi Tsumura, "Principal component analysis for whole facial image with pigmentation separation and application to predict the facial images in various ages," Journal of Imaging Science and Technology 58(2): 020503-1020503-11(2014).
17. 津村徳道, 質感工学の博物館応用, 国立歴史民俗博物館研究報告 184集, pp.71-98. (2014).
18. Ayano Kikuchi, Satoshi Sugiyama, Toshiya Nakaguchi, Satoshi Yamamoto, Takeshi Oji, Hirobumi Shimada, Yuji Kasahara, Takao Namiki, Norimichi Tsumura, Yoichi Miyake "A Method for Estimating Visceral Fat from the Elasticity of Lumbar Subcutaneous Fat" Artificial Life and Robotics, Vol.19, pp.1-8 (2014)
19. 山本昇志, 澤邊暢志, 山内泰樹, 津村徳道, "視差とコントラスト変化を伴った鏡面反射像の主観的評価," 日本眼科学会誌 (視覚の科学), 第34巻第3号, pp.91-99, (2013).
20. Satoshi Yamamoto, Shumpei Watanabe, Izumi Fujiwara, Norimichi Tsumura, Tetsuo Akiba, Keiko Ogawa-Ochiai "Measuring oxygen saturation of skin with advancing age using iterative optical path-length matrix method" Artif Life Robotics 18:165?171 (2013)
21. Shoji Ezaki, Hiroaki Shimizu, Shoji Yamamoto, Toshiya Nakaguchi, Norimichi Tsumura, "Segmentation of abnormal liver region based on earth mover's distance between histograms with mapping of the distances by multidimensional scaling," Artif Life Robotics 18:161?164 (2013).
22. Atsunori Sakama, Satoshi Zenbutsu, Masahito Inoue, Toshiya Nakaguchi, Norimichi Tsumura, Yoshiyuki, Watanabe, Daisuke Horibe, Mari Kuboshima, Toshio Tsuyuguchi, Yoichi Miyake, Hisahiro Matsubara and Hideki Hayashi, "Clinical evaluation of an endoscopic image processing

- sysytem using estimation reflectance for detecting gastric mucosal lesions," Chiba Medical J. Vol. 89E: 21-27 (2013).
23. Kimiyoshi Miyata, Norimichi Tsumura, "Application of image quality metamerism to investigate gold color area in cultural property," Journal of Electronic Imaging 22(1), 013029 (2013).
24. Satoshi Yamamoto, Yumiko Hosoya, Norimichi Tsumura, Keiko Ogawa-Ochiai,"Principal component analysis for dental shade color," Dent Mater 28(7):736-42 (2012)
25. Ahmed Mahmoud Hamad and Norimichi TSUMURA,"Background Updating and Shadow Detection Based on Spatial, Color, and Texture Information of Detected Objects,"Optical Review, Volume 19, Issue 3, pp.182-197 (2012).
26. 山内拓也, 三上俊彰, 宮田公佳, 中口俊哉, 津村徳道, "高ダイナミックレンジ画像のための注視領域情報を用いたトーンマッピング手法の評価," 日本写真学会誌 75(1), pp..87-96, (2012).
27. Ahmed Mahmoud Hamad and Norimichi TSUMURA, "Background Subtraction Based on Time-series Clustering and Statistical Modeling," Optical Review, Volume 19, Issue 2, pp.110-120, (2012) .
28. Satoshi Yamamoto, Izumi Fujiwara, Midori Yamauchi, Norimichi Tsumura, Keiko Ogawa-Ochiai "Optical Path-Length Matrix Method for Estimating Skin Spectrum" OPTICAL REVIEW Nov 19(6) 361--365(2012).
29. Satoshi Yamamoto, Yuya Ishikawa, Toshiya Nakaguchi, Keiko Ogawa-Ochiai, Norimichi Tsumura, Yuji Kasahara, Takao Namiki, Yoichi Miyake "Zeitliche Veranderungen der Zungenfarbe als Kriterium fur Zungendiagnose in der Kampo Medizin" (Temporal Changes in Tongue Color as Criteria for TongueDiagnosis of Kampo Medicine) Forschende Komplementarmedizin, 19(2):80,(2012).
30. 山本昇志, 山内拓也, 矢部国俊, 小島伸俊, 山内泰樹, 延原肇, 久米裕二, 内山高夫, 宇和伸明, 向田茂, 津村徳道, "顔画像の構成要素に基づいた画像修正アルゴリズムに関する研究(その I, 注目点情報の有効性検証)", 日本写真学会誌, vol.75, No.5, pp.396-407,(2012)
31. Shoji Yamamoto, Mitomo Maeda, Norimichi Tsumura, Toshiya Nakaguchi, Ryutaro Okamoto, Yoichi Miyake, and Ichiro Shimoyama, "Subjective evaluation of visual fatigue due to misalignment of motion and still images in a stereoscopic display", Journal of the Society for Information Display, Vol.20(2), pp.94-102, (2012)
32. 津村徳道, 栗田 幸樹, 米澤 拓, ストレスモニタリング用画像処理方法及びそのプログラム 特願 2015-151245 (千葉大学) 日本国特許, 2014.
33. 三本木将夫, 津村徳道, 馬場佳織, 画像処理装置, 撮像装置および画像処理方法, 特開 2016-070753 (オリンパス株式会社&国立大学法人 千葉大学) 日本国特許, 2016
34. 三本木 将夫, 津村 徳道, 横矢 真悠, 画像処理装置および撮像装置, 特開 2015-213243 (オリンパス株式会社&国立大学法人 千葉大学)日本国特許, 2015
35. 柿沼 明宏, 高橋 浩, 上条 直裕, 津村 徳道, 田中 伶実, 画像処理装置, 画像処理システム, 画像処理方法, プログラム及び記憶媒体 , 特開 2015-144420 (株式会社リコー&国立大学法人 千葉大学), 日本国特許, 2015
36. 津村 徳道, 藤原 伊純, 豊田 彩織, 小島 伸俊, 顔画像分析方法及び顔画像分析装置, 特開 2015-005281 (花王株式会社&国立大学法人 千葉大学) 日本国特許, 2015

37. 柿沼 明宏, 高橋 浩, 山内 拓也, 津村 徳道, 処理装置, 処理システム, 処理方法及びプログラム, 特開 2014-142836 (株式会社リコー&国立大学法人 千葉大学), 日本国特許, 2014

中核推進者 <堀内隆彦>

1. M.Tanaka and T.Horiuchi, "Perception of gold materials by projecting a solid color on black materials", Color Research and Application, (Early view).
2. T.Katsunuma, K.Hirai and T.Horiuchi, "Fabric Appearance Control System for Example-based Interactive Texture and Color Design", ACM Trans. Applied Perception, (in press).
3. K.Hirai, D.Irie and T.Horiuchi, "Multi-primary Image Projector using Programmable Spectral Light Source", Journal of the Society for Information Display, vol.24, no.3, pp.144-153, 2016.
4. A.Aryal, S.Imaizumi and T.Horiuchi, Hierarchical Scrambling Method for Palette-Based Image Using Bitwise Operation, Bulletin of the Society of Photography and Imaging of Japan, vol.26, no.1, pp.1-9, 2016.
5. M.Tanaka and T.Horiuchi, "Appearance harmony of materials using real objects and displayed images", Journal of the International Colour Association, vol.15, pp.3-18, 2016.
6. S.Tominaga, K.Kato, K.Hirai and T.Horiuchi, "Spectral image analysis of mutual illumination between florescent objects", The Journal of the Optical Society of America A, vol.33, issue 8, pp.1476-1487, 2016.
- 7 M.Tanaka, T.Horiuchi and S.Tominaga, "Color naming experiments using 2D and 3D rendered samples", Color Research and Application(日本色彩学会研究奨励賞受賞), vol.40, no.3, pp.270-280, 2015.
8. S.Tominaga, D.Nishioka and T.Horiuchi, "An integrated spectral imaging system for producing color images of static and moving objects", Color Research and Application, vol.40, no.4, pp.329-340, 2015.
9. S.Tominaga, K.Hirai and T.Horiuchi, "Estimation of bispectral Donaldson matrices of fluorescent objects by using two illuminant projections", The Journal of the Optical Society of America A, vol.32, no.6, pp.1063-1067, 2015.
10. M.Tanaka and T.Horiuchi, "Investigating perceptual qualities of static surface appearance using real materials and displayed images, Vision Research, vol.115, Part B, pp.246-258, 2015.
11. S.Tominaga, S.Nakamoto, H.Keita and T.Horiuchi, "Estimation of Surface Properties for Art Paintings Using a Six-band Scanner", Journal of the International Colour Association, vol.12, pp.9-21, 2014.
12. S.Tominaga, T.Horiuchi, S.Nakajima and M.Yano, "Prediction of Incomplete Chromatic Adaptation under Illuminant A from Images", Journal of Imaging Science and Technology, vol.58, no.3, pp.030403-1030403-9, 2014.
13. Y.Imai, R.Saito, T.Horiuchi and S.Tominaga, "Color Image Correction of Art Paintings Based on Artists' Color Features and Illuminant Conversion", Journal of Light and Visual Environment(研究奨励賞受賞), Vol.37, No.2&3, pp.114-122, 2013.
14. 上山都士也, 平井経太, 堀内隆彦, 富永昌治:「可視光源とマルチバンドカメラを用いた蛍光物体

の分光成分推定」, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J95-D, No.3, pp.638-644, 2012.

15. S.Tominaga and T.Horiuchi, "Spectral imaging by synchronizing capture and illumination ", The Journal of the Optical Society of America A (Spotlight on Optics), Vol.29, No.9, pp.1764-1775, 2012.
16. 今井良枝, 加藤優, 堀内隆彦, 富永昌治:「ハイライト検出に基づく複数光源の分光分布の推定」, 日本画像学会誌, Vol.51, No.6, pp.597-606, 2012.
17. 堀内隆彦, 佐藤敏哉, 清友拓馬, 瀬崎浩基, 塚野雄大, 木伏弘樹, 星野恵介:「画像処理装置, 画像処理プログラム及び画像処理方法」, 日本国特許, 特願 2016-239119, 2016.
18. 堀内隆彦, 平井経太, 入江大輔:「広色域プロジェクタ装置」, 日本国特許, 特願 2014-018081, 2014.
19. 堀内隆彦, 平井経太, 入江大輔:「分光プロジェクタ装置」, 日本国特許, 特願 2014-054238, 2014.
20. 澁谷竹志, 長谷川史裕, 能勢将樹, 平井経太, 堀内隆彦, 富永昌二, 鳥毛奈保子:「映像評価システム, 映像評価装置および映像評価方法」, 日本国特許, 2014.

中核推進者 <平井経太>

1. T.Katsunuma, K.Hirai and T.Horiuchi, "Fabric Appearance Control System for Example-based Interactive Texture and Color Design", ACM Trans. Applied Perception, 2017. (in press)
2. 平井経太, “画像処理と色空間”, 映像情報メディア学会誌, 2017年5月.(解説論文, 印刷中)
3. K.Hirai, D.Irie and T.Horiuchi, "Multi-primary Image Projector using Programmable Spectral Light Source", Journal of the Society for Information Display, vol.24, no.3, pp.144-153, 2016.
4. S.Tominaga, K.Kato, K.Hirai and T.Horiuchi, "Spectral image analysis of mutual illumination between florescent objects", The Journal of the Optical Society of America A, vol.33, issue 8, pp.1476-1487, 2016.
5. S.Tominaga, K.Hirai and T.Horiuchi, "Estimation of bispectral Donaldson matrices of fluorescent objects by using two illuminant projections", The Journal of the Optical Society of America A, vol.32, no.6, pp.1063-1067, 2015.
6. S.Tominaga, S.Nakamoto, H.Keita and T.Horiuchi, "Estimation of Surface Properties for Art Paintings Using a Six-band Scanner", Journal of the International Colour Association, vol.12, pp.9-21, 2014.
7. 平井経太, 富永昌治, “ハイダイナミックレンジシーンにおける色信号推定”, 日本色彩学会誌(論文奨励賞受賞), Vol.37, No.2, pp.149-158, 2013.
8. 上山都士也, 平井経太, 堀内隆彦, 富永昌治, “可視光源とマルチバンドカメラを用いた蛍光物体の分光成分推定”, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J95-D, No.3, pp.638-644, 2012.
9. 堀内隆彦, 平井経太, 入江大輔:「広色域プロジェクタ装置」, 日本国特許, 特願 2014-018081, 2014.
10. 堀内隆彦, 平井経太, 入江大輔:「分光プロジェクタ装置」, 日本国特許, 特願 2014-054238, 2014.
11. 澁谷竹志, 長谷川史裕, 能勢将樹, 平井経太, 堀内隆彦, 富永昌二, 鳥毛奈保子:「映像評価システム, 映像評価装置および映像評価方法」, 日本国特許, 2014.

中核推進者 <溝上陽子>

1. 菊地 久美子, 片桐 千華, 吉川 拓伸, 溝上 陽子, 矢口 博久, 分光測色計による肌色計測と日本人女性の長期的な肌色の変遷, **日本色彩学会誌**, 40-6, 195-205, 2016
2. 桂 重仁, 溝上 陽子, 矢口博久, 天然木材と印刷木材の識別に空間周波数特性が与える影響, **日本感性工学会論文誌**, 15-3, 303-311, 2016
3. Kikuchi, K., Masuda, Y., Yamashita, T., Sato, K., Katagiri, C., Hirao, T., Mizokami, Y. and Yaguchi, H., A new quantitative evaluation method for age-related changes of individual pigmented spots in facial skin, **Skin Research and Technology**, 22-3, 318–324, 2016
4. Mizokami, Y. (共著), R. Luo, Ed., Encyclopedia of Color Science and Technology (“Vision: Concepts-2, Color scene statistics, Chromatic scene statistics”担当), Springer-Verlag New York, 2016
5. Katsura, S., Mizokami, Y. and Yaguchi, H., Perceived quality of wood images influenced by the skewness of image histogram, **Optical Review**, 22-4, 565-576, 2015
6. Mizokami, Y. and Yaguchi, H., Color constancy influenced by unnatural spatial structure, **Journal of the Optical Society of America A**, 31-4, A179-A185, 2014
7. 香川 由佳里, 矢口博久, 溝上 陽子, 2型3色覚者のカテゴリカル色知覚における色の手がかりの役割, **日本色彩学会誌**, 37-2, 103-112, 2013
8. 丸山 明華, 溝上 陽子, 矢口 博久, 周囲環境の明度構成が物体の明度と彩度知覚に与える影響, **日本色彩学会誌**, Vol.37, pp.93-102, 2013
9. O'Neil, S. F., McDermott, K. C., Mizokami, Y., Werner, J. S. Crognale, M. A., and Webster, M. A., Tests of a functional account of the Abney effect, **Journal of the Optical Society of America A**, 29-2, A165-173, 2012
10. Duncan, C. S., Roth, E. J., Mizokami, Y., McDermott, K. C., and Crognale, M.A., Contrast adaptation reveals increased organizational complexity of chromatic processing in the visual evoked potential, **Journal of the Optical Society of America A**, Vol.29, pp. A152-156, 2012
11. Mizokami, Y. and Webster, M. A., Are Gaussian spectra a viable perceptual assumption in color appearance? **Journal of the Optical Society of America A**, 29-2, A10-18, 2012
12. Mizokami, Y., Kamesaki, C., Ito, N., Sakaibara, S., and Yaguchi, H., Effect of spatial structure on colorfulness adaptation for natural images, **Journal of the Optical Society of America A**, 29-2, A118-127, 2012
13. 溝上 陽子 (共著), 東京商工会議所 編, カラーコーディネーター検定試験 2級公式テキスト第3版 (「第3章1節 色の見えに影響を与える要因」担当), 東京商工会議所・東京, 306 (12), 2012

中核推進者 <今泉祥子>

1. Kenta KURIHARA, Shoko IMAIZUMI, Sayaka SHIOTA and Hitoshi KIYA, “An Encryption-then-Compression System for Lossless Image Compression Standards,” IEICE Trans. Inf. & Syst., vol.E100-D, no.1, pp.52-56, January 2017.
2. Anu ARYAL, Shoko IMAIZUMI, and Takahiko HORIUCHI, “Hierarchical Scrambling Method

- for Palette-Based Image Using Bitwise Operation,” Bull. Soc. Photogr. Imag. Japan, vol.26, no.1, pp.1–9, June 2016.
3. Hiroyuki KOBAYASHI, Shoko IMAIZUMI, and Hitoshi KIYA, “A Robust Identification Scheme for JPEG XR Images with Various Compression Ratios,” LNCS, T. Bräunl, B. McCane, M. Rivera, and X. Yu (Eds.), Springer-Verlag, vol.9431, pp.38-50, February 2016.
 4. Takeshi OGASAWARA, Shoko IMAIZUMI, and Naokazu AOKI, “Scalable Tamper Detection and Localization Scheme for JPEG2000 Codestreams,” LNCS, Y. -S. Ho, J. Sang, Y. M. Ro, J. Kim, and F. Wu (Eds.), Springer-Verlag, vol.9315, pp.340-349, December 2015.
 5. Kenta KURIHARA, Masanori KIKUCHI, Shoko IMAIZUMI, Sayaka SHIOTA and Hitoshi KIYA, “An Encryption-then-Compression System for JPEG / Motion JPEG Standard,” IEICE Trans. Fundamentals, vol.E98-A, no.11, pp.2238-2245, November 2015.
 6. Anu ARYAL, Kazuma MOTEGI, Shoko IMAIZUMI, and Naokazu AOKI, “Improvement of Multibit Information Embedding Algorithm for Palette-Based Images,” LNCS, J. Lopez and C. J. Mitchell (Eds.), Springer-Verlag, vol.9290, pp.511-523, August 2015.
 7. Shoko IMAIZUMI and Kei OZAWA, “Palette-Based Image Steganography for High-Capacity Embedding,” Bull. Soc. Photogr. Imag. Japan, vol.25, no.1, pp.7–11, June 2015.
 8. Shoko IMAIZUMI and Kanichi TANIGUCHI, “Hierarchical Image Authentication Based on Reversible Data Hiding,” Bull. Soc. Photogr. Imag. Japan, vol.24, no.1, pp.1–5, June 2014.
 9. Shoko IMAIZUMI and Kei OZAWA, “Multibit Embedding Algorithm for Steganography of Palette-Based Images,” LNCS, R. Klette, M. Rivera, S. Satoh (Eds.), Springer-Verlag, vol.8333, pp.99–110, January 2014.
 10. 今泉 祥子, 藤吉 正明, 貴家 仁志, “低演算量鍵生成手法を用いたマルチメディアコンテンツの多重階層型アクセス制御方式,” 映像情報メディア学会学会誌, vol.66, no.2, pp.69-73, 2012年2月.
 11. Shoko IMAIZUMI, Masaaki FUJIYOSHI, Hitoshi KIYA, Naokazu AOKI, and Hiroyuki KOBAYASHI, “A Key Derivation Scheme for Hierarchical Access Control to JPEG 2000 Coded Images,” Y. -S. Ho (Ed.), Springer-Verlag, vol.7088, pp.180–191, January 2012.