

領域略称名：質感脳情報学
領域番号：4202

平成27年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る事後評価報告書

「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」

(領域設定期間)

平成22年度～平成26年度

平成27年6月

領域代表者 (自然科学研究機構・生理学研究所・教授・小松 英彦)

目 次

1. 研究領域の目的及び概要	8
2. 研究領域の設定目的の達成度	10
3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	13
4. 審査結果の所見及び中間評価で指摘を受けた事項への対応状況	14
5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	16
6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	20
7. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	25
8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	27
9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	31
10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	33
11. 総括班評価者による評価	34

研究組織

研究項目	課題番号 研究課題名	研究期間	代表者氏名	所属機関 部局 職	構成員数
X00	22135001 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	平成22年度～ 平成26年度	小松 英彦	生理学研究所・生体情報研究系 ・教授	10
A01 計	22135002 質感認知に関わるコンピュータビジョンと情報論的解析	平成22年度～ 平成26年度	佐藤 いまり	国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・准教授	4
A01 計	22135003 質感認知に関わる記録・合成と表示	平成22年度～ 平成26年度	日浦 慎作	広島市立大学・大学院情報科学研究科・教授	4
B01 計	22135004 質感認知に関わる視聴触覚情報の心理物理的分析	平成22年度～ 平成26年度	西田 眞也	日本電信電話株式会社・NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・GL/主幹研究員/上席特別研究員	12
B01 計	22135005 質感認知の環境依存性および学習依存性	平成22年度～ 平成26年度	中内 茂樹	豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授	3
C01 計	22135006 質感認知の初期脳メカニズム	平成22年度～ 平成26年度	大澤 五住	大阪大学・大学院生命機能研究科・教授	3
C01 計	22135007 質感認知の高次脳メカニズム	平成22年度～ 平成26年度	小松 英彦	生理学研究所・生体情報研究系・教授	11
C01 計	22135008 質感認知に関わる感性・情動脳活動	平成22年度～ 平成26年度	本田 学	独立行政法人国立精神・神経医療研究センター神経研究所・疾病研究第七部・部長	1
計画研究 計 7 件					
A01 公	23135501 画像のボケと両眼視差を同時に再現する注視反応ディスプレイ	平成23年度～ 平成24年度	岡谷 貴之	東北大学・大学院情報科学研究科・准教授	1
A01 公	23135505 色彩情報処理による質感の計測・解析・再現	平成23年度～ 平成24年度	堀内 隆彦	千葉大学・大学院融合科学研究科・准教授	2
A01 公	23135509 分光情報に基づく高質感映像の収集と表示に関する研究	平成23年度～ 平成24年度	山口 雅浩	東京工業大学・学術国際情報センター・教授	1
A01 公	23135513 質感情報の実体化プロセスを考慮した物体表面の質感編集手法	平成23年度～ 平成24年度	宮田 一乗	北陸先端科学技術大学院大学・ライフスタイルデザイン研究センター・教授	1
A01 公	23135523 動的な見かけ制御を応用した実世界の質感制御技術に関する研究	平成23年度～ 平成24年度	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	1
A01 公	23135524 人の認知を考慮した三次元記録や評価法の確立	平成23年度～ 平成24年度	長原 一	九州大学・大学院システム情報科学研究科・准教授	1

A01 公	23135529 分光画像を利用した物 体表面の色材要素解析 と高質感画像の生成	平成23年度～ 平成24年度	土居 元紀	大阪電気通信大学・情報通信工学部 通信工学科・准教授	4
A01 公	23135530 輝度と立体感の順応を 利用した質感再現の顕 在化研究	平成23年度～ 平成24年度	山本 昇志	東京都立産業技術高等専門学校・も のづくり工学科・准教授	2
A01 公	25135701 ものの質感を画像を元 に認識するシステムの 実現	平成25年度～ 平成26年度	岡谷 貴之	東北大学・大学院情報科学研究科・ 教授	1
A01 公	25135706 色彩情報処理による質 感の計測・解析・再現	平成25年度～ 平成26年度	堀内 隆彦	千葉大学大学院・融合科学研究科・ 教授	2
A01 公	25135707 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	平成25年度～ 平成26年度	津村 徳道	千葉大学・大学院融合科学研究科・ 准教授	2
A01 公	25135723 ライトフィールド投影 を用いた質感制御	平成25年度～ 平成26年度	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	1
A01 公	25135724 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	平成25年度～ 平成26年度	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	1
A01 公	25135725 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	平成25年度～ 平成26年度	長原 一	九州大学・大学院システム情報科学 研究院・准教授	1
A01 公	25135730 織物の反射および散乱 の計測とモデル化	平成25年度～ 平成26年度	田中 弘美	立命館大学・情報理工学部 知能情 報学科・教授	2
A01 公	25135732 B S D Fデータに基づ く感性的質感の推定と 表現	平成25年度～ 平成26年度	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	5
A01 公	25135712 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	平成25年度～ 平成26年度	山口 雅浩	東京工業大学・学術国際情報センタ ー・教授	1
B01 公	23135503 質感からの3次元形状 知覚	平成23年度～ 平成24年度	酒井 宏	筑波大学・大学院システム情報工学 研究科・教授	1
B01 公	23135504 漆黒の質感 一黒うる しの表面特性とその感 性評価一	平成23年度～ 平成24年度	阿山 みよし	宇都宮大学・大学院工学研究科・教 授	5
B01 公	23135506 実環境での安定した色 認識における質感の役 割	平成23年度～ 平成24年度	溝上 陽子	千葉大学・大学院融合科学研究科・ 助教	1
B01 公	23135510 オノマトペの音象徴性 を利用した触質感認知 メカニズムの解明とそ の工学的応用	平成23年度～ 平成24年度	坂本 真樹	電気通信大学・大学院情報理工学研 究科・准教授	2

B01 公	23135511 視覚情報から物体の経時変化を推定する高次質感認知メカニズムの解明	平成23年度～ 平成24年度	岡嶋 克典	横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授	1
B01 公	23135514 皮膚変形レベルでの質感解明:質感を際立たせる触覚テクスチャ合成法の確立	平成23年度～ 平成24年度	岡本 正吾	名古屋大学・大学院工学研究科・助教	1
B01 公	23135515 物理刺激を伴わない質感認知:共感覚における色認知の神経基盤の解明	平成23年度～ 平成24年度	齋木 潤	京都大学・大学院人間・環境学研究科・教授	1
B01 公	23135516 チンパンジーとヒトにおける質感情報処理に関する実験的検討	平成23年度～ 平成24年度	伊村 知子	新潟国際情報大学・情報文化学部・講師	1
B01 公	23135520 漆質感認知に寄与する時空間視覚情報特性解析 —「漆の質感を見る技」の解明—	平成23年度～ 平成24年度	大谷 芳夫	京都工芸繊維大学・大学院工芸科学研究科・教授	3
B01 公	23135528 「細かさ」質感の視知覚特性	平成23年度～ 平成24年度	新谷 幹夫	東邦大学・理学部情報科学科・教授	2
B01 公	25135702 色の見えのモードと質感との関連およびその神経基盤	平成25年度～ 平成26年度	栗木 一郎	東北大学・電気通信研究所 知覚脳機能研究分野・准教授	1
B01 公	25135704 疎表現に基づく質感と3次元形状の同時推定	平成25年度～ 平成26年度	酒井 宏	筑波大学・システム情報系 情報工学科・教授	1
B01 公	25135713 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	平成25年度～ 平成26年度	坂本 真樹	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授	2
B01 公	25135714 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	平成25年度～ 平成26年度	柳井 啓司	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授	1
B01 公	25135715 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	平成25年度～ 平成26年度	岡嶋 克典	横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授	1
B01 公	25135717 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	平成25年度～ 平成26年度	岡本 正吾	名古屋大学・大学院工学研究科・助教	1
B01 公	25135719 質感の記憶—表象構造と精度の定量化と神経基盤の解明	平成25年度～ 平成26年度	齋木 潤	京都大学・大学院人間・環境学研究科・教授	1
B01 公	25135726 肌質感処理に基づく異性魅力評価メカニズムの解明	平成25年度～ 平成26年度	土居 裕和	長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・講師	1

B01 公	25135729 質感知覚の成立過程— 言語獲得前後の乳幼児 を対象にした発達の検 討	平成25年度～ 平成26年度	山口 真美	中央大学・文学部・教授	2
B01 公	25135735 食品における多次元 的質感視知覚の解明	平成25年度～ 平成26年度	和田 有史	独立行政法人農業・食品産業技術 総合研究機構食品総合研究所・食品機 能研究領域・主任研究員	2
B01 公	25135737 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	平成25年度～ 平成26年度	下川 文明	株式会社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	1
C01 公	23135502 ヒトの質感認知の脳神 経メカニズムに関する 臨床的研究	平成23年度～ 平成24年度	鈴木 匡子	山形大学・大学院医学系研究科・教 授	4
C01 公	23135507 聴皮質における音の質 感と情動情報の神経基 盤	平成23年度～ 平成24年度	高橋 宏知	東京大学・先端科学技術研究センタ ー・講師	1
C01 公	23135508 視覚情報がアクティヴ タッチによる質感に与 える影響	平成23年度～ 平成24年度	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	1
C01 公	23135512 皮質脳波記録法を用い た視覚学習に伴う脳機 能マップの可塑性の検 証	平成23年度～ 平成24年度	川寄 圭祐	新潟大学・大学院医歯学総合研究 科・助教	1
C01 公	23135517 実物体を用いた質感脳 過程の研究:多角的脳イ メージングによる機能 ・構造・生化学解析	平成23年度～ 平成24年度	山本 洋紀	京都大学・大学院人間・環境学研究 科・助教	3
C01 公	23135518 質感の変化による選好 性の変化と前頭葉眼窩 部の役割	平成23年度～ 平成24年度	船橋 新太郎	京都大学・こころの未来研究センタ ー・教授	1
C01 公	23135519 触覚による質感認知の 基盤となる能動的触知 覚の研究	平成23年度～ 平成24年度	古田 貴寛	京都大学・大学院医学研究科・准教 授	2
C01 公	23135521 初期視覚野における質 感認知のための異種視 覚情報統合メカニズム の解明	平成23年度～ 平成24年度	田村 弘	大阪大学・大学院生命機能研究科・ 准教授	1
C01 公	23135522 大きさの知覚:恒常性、 錯視、質感情報との相互 作用	平成23年度～ 平成24年度	藤田 一郎	大阪大学・大学院生命機能研究科・ 教授	1
C01 公	23135525 脳が読み解く素材感:非 注意・注意下での脳磁場 反応解析	平成23年度～ 平成24年度	萩原 綱一	九州大学・大学院医学研究院・助教	5
C01 公	23135526 質感言語表現における 多感覚相互作用:MEG による脳内表象の解析	平成23年度～ 平成24年度	檀 一平太	自治医科大学・医学部先端医療技術 開発センター・准教授	3

C01 公	23135527 自然画像中の動きの解析の神経基盤	平成23年度～ 平成24年度	宇賀 貴紀	順天堂大学・医学部・先任准教授	1
C01 公	23135531 モデル動物としてのサルにおける質感認知の研究	平成23年度～ 平成24年度	伊藤 南	東京医科歯科大学・保健衛生学研究所・教授	1
C01 公	23135532 質感認知とその障害の分子・神経メカニズム	平成23年度～ 平成24年度	南本 敬史	独立行政法人 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	4
C01 公	23135533 体性感覚を用いた質感認知の脳内機構	平成23年度～ 平成24年度	関 和彦	独立行政法人 国立精神・神経医療研究センター・神経研究所モデル動物開発研究部・部長	2
C01 公	23135534 脳情報復号化とデータ・マイニング技術による脳内質感情報表現の抽出	平成23年度～ 平成24年度	宮脇 陽一	電気通信大学・先端領域教育研究センター・准教授	2
C01 公	25135703 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	平成25年度～ 平成26年度	鈴木 匡子	山形大学・大学院医学系研究科・教授	3
C01 公	25135708 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	平成25年度～ 平成26年度	眞部 寛之	東京大学・大学院医学系研究科・助教	1
C01 公	25135710 音の質感と情動情報の神経基盤	平成25年度～ 平成26年度	高橋 宏知	東京大学・先端科学技術研究センター・講師	1
C01 公	25135711 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	平成25年度～ 平成26年度	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	1
C01 公	25135716 皮質脳波法による生き物らしい質感の脳内表現の研究	平成25年度～ 平成26年度	川崎 圭祐	新潟大学・医学部・助教	1
C01 公	25135718 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	平成25年度～ 平成26年度	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・准教授	1
C01 公	25135720 触覚的質感視の脳イメージング研究	平成25年度～ 平成26年度	山本 洋紀	京都大学大学院人間・環境学研究科・助教	3
C01 公	25135721 質感の変化による選好性の変化と前頭葉眼窩部の役割	平成25年度～ 平成26年度	船橋 新太郎	京都大学・こころの未来研究センター・教授	1
C01 公	25135722 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	平成25年度～ 平成26年度	田村 弘	大阪大学・大学院生命機能研究科・准教授	1
C01 公	25135728 自然画像中の動きの解析の神経基盤	平成25年度～ 平成26年度	宇賀 貴紀	順天堂大学・医学部・先任准教授	1
C01 公	25135733 多次元生体信号記録法による手触りの神経機構の解明	平成25年度～ 平成26年度	西村 幸男	生理学研究所・発達生理学研究系・准教授	1

C01 公	25135734 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	平成25年度～ 平成26年度	北田 亮	生理学研究所・大脳皮質機能研究系・助教	1
C01 公	25135736 視覚による正の情動誘起の神経機構	平成25年度～ 平成26年度	南本 敬史	独立行政法人 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	3
公募研究 計 67 件					

1. 研究領域の目的及び概要（2 ページ程度）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、応募時までの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

【学術的背景】

我々は物体を見ただけで、その素材や触感、さらに摩擦、温度、新鮮さ、濡れて滑りやすいといった複雑な状態も瞬時に判断できる。ヒトは事物が生み出すそれらの質感から、世界の豊かさを実感すると共に、物を選んだり身体運動を制御するための生存に不可欠な情報を得ている。質感認知はこのように生物学的に極めて重要な機能であり、我々の日常生活においても非常に重要な役割を果たしているが、その仕組みの解明は驚くほど遅れていた。研究が進んで来なかった理由としては、あまりに日常的でありかつ広範な現象が含まれることや、光や音、機械振動などの物理現象と知覚が密接に関係し、しかもそれぞれのプロセスが複雑であるために高度に分野をまたがる視野や知識が必要とされたこと、またそれらの現象を記述したり実験のための制御された刺激を作ることが困難であったことなどいくつかの原因が考えられる。しかし、そのような状況は1990年代後半からのコンピュータグラフィクス（CG）技術の進歩やPCの高速化・大容量化によって、物理現象のある側面をリアルに再現する刺激の制御が可能となってきたことにより、急速に変化してきた。一方、脳科学分野においても色、動き、両眼視差や形といったさまざまな要素的な視覚特徴が、大脳視覚野においてどのように表現されているかが明らかになると共に、脳活動と知覚の関係を定量化する解析方法の発達が進み、更に機能的磁気共鳴画像法（fMRI）を中心とする非侵襲計測技術が爆発的に近年進んだことから、質感認知のような複雑な認知機能をとらえる土台が整った状況にあった。

一方、質感認知の研究は社会的にも重要な問題として推進されるべき状況が生み出されていた。さまざまな自然物や人工物が持つすぐれた質感は精神生活を豊かにする上で極めて重要な価値を持つものであり、成熟した時代を迎えた我が国の社会において生活の質を高めるために質感認知の研究はその基盤となる重要な知識を提供する研究分野になると考えられた。また質感は美術や工芸にとどまらず、衣食住のあらゆる側面で商品価値に密接に関係しており、非常に広範な産業と関係している。そのためこれからの時代において質感認知の仕組みを明らかにする研究分野は産業界からもきわめて注目される分野と考えられた。

【領域の目的】

質感認知の研究においてはCG技術、画像認識などの工学的研究と、心理物理学および脳生理学の研究は密接に関係しており、わが国はそれらのいずれの分野においても世界のトップレベルの実力を持つ。そこで、上のような学問的および社会的な状況の元で、それらの異なる分野の研究を有機的に結びつけることができれば、黎明期にある質感認知の研究分野で我が国が世界をリードすることは十分に可能であると考えられた。そこで工学、心理物理学および脳科学の分野で質感およびそれに密接に関わる研究を行っているアクティブな7人の計画研究代表者からなるグループを組織し、それを核とした新しい質感認知研究のための学術領域を作ることで、この領域に多くの研究者が参画する流れを作り出し、それらの学際的な研究分野の研究者の力を結集して、質感認知という今後極めて重要になる問題の理解に画期的な進展を図ることとした。質感認知に関してこのような分野横断的な研究グループは国際的に見てもそれまでに例がなく、極めて先端的な取り組みであると言えた。

【我が国の学術向上における領域の意義】

さらにこのような分野融合的な研究の推進は、質感認知という研究分野を越えて学術的に極めて大きな

意義を持つ。工学、心理物理学、脳科学は相互に影響しながら独自の発展を遂げてきた。それらの一つ
の分野での発見が、他の分野での大きな発展につながった例は数多く見られる。例えば生体制御の仕組みに
ヒントを得たサイバネティクスや脳神経回路の学習機能にヒントを得たニューラルネットの研究は、脳科
学と数理工学が結びついて新しい学問分野が生み出された例である。視覚に関しても、これまでも運動
視におけるオプティカルフローの解析、奥行き視におけるステレオ情報の利用、三次元物体形状認識など
の重要な問題に関して、画期的な発展がコンピュータビジョン、視覚心理物理学、視覚脳科学の分野の交
流によりもたらされてきた。2000年代以降では初期視覚野ニューロンがさまざまな向きと大きさのガ
ボール関数様のフィルタとして働くという生理学の発見から、自然界に見られる多様なテクスチャを合成
するアルゴリズムの発見が導かれた。現在は質感認知研究がそれらの分野間の相互交流と発展の触媒とし
ての役割を果たすのに相応しい状況にあると考えられる。異分野間の融合研究の重要性は我が国でも従来
強く認識されているものの、必ずしもうまく進んでいない。分野の垣根を越えた研究の推進の必要性や、
分野をまたがる広い視野を持つ人材の育成は常に叫ばれていることであるが、具体的にそれを必要とする
状況があつて初めて進むものである。現在社会的に重要なテーマとなりつつある質感認知研究の分野にお
いては、工学、心理物理学、脳科学のそれぞれの分野のすぐれた実力を持つ研究者が集まって、分野の垣
根を越えた融合研究を行うことが真に必要とされている。そのため分野を超えた視野を有する人材の育成
のためにも、質感認知研究の果たす役割は大きいと考えられ、我が国の学術水準の向上や強化に大きな意
義を持つものであると考えられる。

【領域の概要】

本領域では工学、心理物理学、脳科学という三つの異なる分野の研究者集団の力を結集して研究を推進
するために、各分野に対応した以下の三つの研究項目を設定することとした。

A01 質感の計測と表示に関わる工学的解析と技術

A01 項目は、工学の最新の理論と技術を駆使して実物体が有する豊かな質感を入力・計測し、それを再
び提示デバイス等により再現し、またそれらの質感の持つ諸特性を様々な情報処理的技法により解析する
ための研究を進める。

B01 質感認知に関わる感覚情報の特徴と処理様式

B01 項目は心理物理学的手法を駆使して質感認知に関わる感覚刺激特徴を解明し、また特定の対象物の
質感におけるエキスパートがもつ質感識別能力の特性やその獲得の仕組みを実験的に解明するための研
究を進める。

C01 質感情報の脳内表現と利用のメカニズム

C01 項目は、生理学的手法を駆使して、質感認知に関わる情報が脳のどこでどのように表現されている
のか、それらの情報が質感認知にどのように用いられているか、また情動や価値判断とどのように結びつ
いているのかを解明するための研究を進める。

これら3つの項目は基本的には工学、心理物理学、脳神経科学分野に対応している。このように既存分野
に対応させる形で項目を立てるのは、公募研究に参画する研究者にとって、自分の足がかりを得やすくす
るためである。領域での活動を通して、これら異なる項目の研究者あるいは項目内の研究者が、それぞ
れの技術や知識を持ち寄って協力して研究を進めることにより、融合的な質感認知研究が生み出されるこ
とを狙いとした。

2. 研究領域の設定目的の達成度（3 ページ程度）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか、また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らしての達成度合いについて、具体的に記載してください。必要に応じ、公募研究を含めた研究項目ごとの状況も記述してください。

領域全体として順調に研究が進み、多くの融合的研究が領域内連携により生み出されると共に、領域内の活発な交流を通じて各班の研究が発展し、相互の技術協力も行われ領域内で相乗効果が生み出され、質感をめぐるさまざまな方向に大きく研究が展開し数多くの成果を生み出した。そのような研究交流の場に参画した多数の若手班員やポスドク、大学院生は実質的に研究を支えると共に、この領域の活動を通して大きく成長し次の質感研究の発展を担う多くの人材が育った。またこの領域の活動は国際的にも注目され、EUや米国で質感関連の会議があいついでスタートしたが、それらをリードするものとなった。また産業界から本領域の活動に対して高い関心が寄せられ、交流を進める中で多くの共同研究が開始した。本領域の活動を通して、大学・研究機関で質感に関心を持つ研究者の分野の壁を越えた研究者コミュニティが生み出された。また企業とも多くのつながりを持つことで研究成果が社会に還元されると共に、さまざまな物づくり企業や工芸の現場で蓄積された知識や未解決の問題が研究者コミュニティにもたらされ新しい研究のきっかけが生み出されるという良循環が生じている。このような状況から、本領域が発足時にかかげた質感研究の場の創成という重要な目的が達成されたものと考えられる。以下では項目ごとに設定目的の達成状況をより具体的に述べる。

A01 項目では実物体が有する豊かな質感を入力・計測し、それを再び提示デバイス等によって再現する手法、およびその質感の持つ諸特性を情報处理的に解析するという当初の目的が達成された。まず「入力・計測」については、様々な照明条件下における対象物体の見えを計測する装置（質感サンプラー）が計画班の日浦により開発され、半透明物体の微細な形状を精密に計測する手法の開発などを行った。2015年5月には質感に関わる物作りを行っている企業が導入を検討するために、数日にわたって泊まり込みで本装置をフル稼働してテストを行うなど、社会への研究成果の還元も進んでいる。計画班の佐藤らは世界に普遍的に存在するにもかかわらず従来シーンの解析において無視されてきた蛍光成分を、通常の反射成分と分離して計測したり、蛍光を利用して照明色とカメラ分光感度を高精度で推定する手法を開発した。また公募班の山口雅浩らにより対象物体の正確な色味を再現するために必要な分光画像を瞬時的に入力する複数の手法が開発された。次に「表示・再現」においては計画班の岩井らにより物体の3次元形状や表面の反射特性、さらに表示されるコンテンツの特性に応じて映像投影に用いるプロジェクタの配置や選択、投影像の補正などを行うことが可能となり、立体物に映像を投影する手法の高度化が進んだ。映像投影の手法は、B01 項目の心理物理研究や C01 の脳科学研究との共同研究で新しい刺激呈示・操作手法として取り入れられ、その一部はすでに研究成果として発表されるなど質感認知の実験研究のツールとして今後さまざまな展開が期待される。また公募班の天野は心理物理学で得られた光沢感や透明感などに関わる画像手がかりの知見を生かして、立体物に投影する映像の輝度分布を操作することによってそれらの質感を立体物に付与する技術の開発に成功した。「解析・分析」については、計画班の日浦らにより鏡面反射と拡散反射の特性の違いを利用して、画像からそれぞれの成分を分離する手法が開発され、高ダイナミックレンジの質感画像の圧縮にも有効であることが示された。また計画班の佐藤らにより蛍光の特性を利用して、画像から物体の三次元形状を高精度に推定する解析手法が開発された。さらに公募班の岡谷を中心に機械学習を質感認識に適用する研究も進み、B01 項目で述べるオノマトペを利用して質感を解析する研究と結びつき、画像特徴とオノマトペの関係を学習することにより所望の質感の商品の検索を可能にするシステムの開発が進められるなど、当初想定していなかった研究の発展も見られた。このように、さまざまな方向から質感の工学的な「解析・計測」「表示・再現」「解析・分析」の研究が大きく展開し、さまざまな成果をあげると共に今後の発展のためのあらたな理論的・技術的基盤が充実した。またこれらの工学

的研究の成果が心理物理・脳科学分野に有効に活用され、それらの分野での新たな研究の展開につながった。

B01 項目では、心理物理学的手法を駆使して質感認知に関わる感覚刺激特徴を解明し、また特定の対象物の質感におけるエキスパートがもつ質感識別能力の特性やその獲得の仕組みを実験的に解明するという当初の目的が達成された。光沢感、半透明感、細かさ、液体粘性などの多様な視覚的質感特徴について、さまざまな角度から心理物理学的解析が行われ、それらそれぞれを生じることに関わる画像手がかりの理解に大きな成果があがった。光沢感は従来から質感研究の中心的なテーマであったが、計画班の本吉らにより照明光が光沢感に与える影響の分析が行われた結果、低次の画像統計量が光沢感に関係する新たな証拠が見いだされた。また計画班の西田らは、これまで全く研究が行われていなかった液体感の分析を進め、画像の動き成分が液体性や粘性の高さといったさまざまな質感の手がかりとなることを見出した。更に西田らの研究により静止画像に動的成分を重畳するだけで透明な液体層の知覚が生じることが見いだされ、映像投影技術と組み合わせることによって静止した画像や立体物があたかもぐにゃぐにゃ変形したり、人の顔の表情がダイナミックに変化するよう知覚される「変幻灯」という技術が開発され、2015年2月に報道発表されると社会的に大きな反響を呼び、さまざまな応用が模索され始めるなど予想外の発展が生じた。また公募班の新谷は計画班の西田と共同して髪の毛のように視覚系の解像度を超えた細かさの知覚において低周波数成分のコントラストが関係することを見出し、人間の特性に基づく新しいCGレンダリング技法の提案につながった。視覚以外の感覚においてもさまざまな成果が生み出された。触質感については、公募班の岡本らによってそのもとになる皮膚変形が測定されると共に、粗さ、摩擦、硬軟などの多次元の触質感との関係が解析され、皮膚刺激から触質感まで一貫したロジックでつなげることができる重要な成果が生み出された。また公募班の山口真美らによって質感認知が生後どのように発達するかという重要な問題へのアプローチも始められ、光沢感は生後7～8ヶ月で見られること、また金色を黄色と区別して知覚する働きが乳児にも見られるなどの興味深い成果が得られた。一方質感認知の重要な機能である素材識別についても多方面に新しい展開が行われ成果が得られた。計画班の永井らは素材識別に関わるさまざまな視覚的特徴や非視覚的特徴の評価がどのような時間タイミングで素材識別に用いられているかを調べることで、素材識別に関わる処理のダイナミクスを初めて示すことに成功した。この研究においては本領域で開発された形と大きさを統制したさまざまな素材から成る質感サンプル刺激が用いられ、標準化された刺激の有効性を示すことにもなった。また計画班の藤崎らは素材の知覚において視覚と聴覚の情報とどのように統合されるかを明らかにし、質感の重要な性質である多感覚統合の研究に新しい道を開いた。また公募班の坂本らは事物のもつ質感のさまざまな性質が音象徴を介してオノマトペと規則的な関係を持つことを利用して、オノマトペから材質感や感性評価値を推定するシステムを構築した。一方、質感認知のエキスパートが持つ識別能力に関しては、計画班の中内らが真珠鑑定のプロと一般人の真珠品質の識別の比較を行い、判断の安定性や品質評価に用いる画像特徴に両者で違いがあることを明らかにした。質感は漆、陶器、宝飾品、食品その他、対象ドメインごとに識別のエキスパートが存在し、質感の理解にはドメイン特異性を考慮する必要があるが、上で述べた真珠での研究は他のドメインにも通用する標準的なアプローチの仕方を呈示するものであり大きな意義を持つものである。また公募班の岡嶋や和田により食品の鮮度認知の研究が行われ、その成果をもとに公募班の伊村がチンパンジーでも野菜の鮮度認知が可能なが示すと共に、C01 項目の公募班の鈴木は臨床にこの成果を応用しアルツハイマー病患者で食品鮮度認知が障害されることを見出し、臨床診断において質感認知を考慮することの重要性を示した。このように質感認知に関わる感覚情報の解明が飛躍的に進み、質感における多感覚の統合や質感認知の発達、言語との関係など全く新しい切り口で質感をとらえる道が開かれ、当初の予想を超える成果が生み出された。

C01 項目では生理学的手法を駆使して、質感認知に関わる情報が脳のどこでどのように表現されている

のか、それらの情報が質感認知にどのように用いられているか、また情動や価値判断とどのように結びついているのかを解明するという当初の目的が達成された。質感認知は物の素材や表面の状態を認知するというのが最も基本的な機能である。このそれぞれの側面について大きな成果が得られた。まず素材の認知については、計画班の郷田らにより健常なヒトを対象にした機能的MRI (fMRI) による脳活動計測と、多数の形容詞対を用いて知覚的な印象を評価する意味微分法 (SD 法)、および画像特徴の解析を組み合わせた解析から、腹側視覚経路に沿って素材の識別が行われ、特に腹側高次視覚野において触覚印象とも相関する活動が見られることが示された。この研究の重要性は、素材情報の表現についてはじめて明らかにしたということにとどまらず、感性的な要素が関係する質感の他の側面について刺激特徴-感性評価-脳活動の三者の関係を解析するための基本的なパラダイムを提示した点にあり、今後の質感研究の発展にとっての意義は大きいものである。またサルにおいても同様に腹側視覚経路で素材情報の表現と変換が起こっていることが分かった。更に、計画班の小松らは工学におけるテクスチャ合成アルゴリズムや適応サンプリングといった最新の手法を組み合わせた解析を行い、初期視覚野から高次視覚野の間で素材識別に関わる情報が取り出される処理の重要なステップを明らかにする成果が得られた。また公募班員の鈴木らは臨床的に脳の局所損傷のある患者に実物や画像の素材刺激を呈示し、それが何の素材であるかを答える課題が脳腹側後頭葉の損傷によって障害されることを見出した。この結果は質感という日常生活に重要な認知機能の理解が基礎研究から臨床にまでつながった最初の例として重要な成果である。

次に表面状態の認知において最も重要な特徴の一つである光沢に関して、計画班の小松らはサルの下側頭皮質から光沢に選択性を持つニューロンを初めて同定した。更に公募班の下川との共同研究で数理科学と脳科学を結びつけた研究により、これらのニューロンが心理物理学研究から光沢知覚の空間を形作ると考えられていたパラメータを正確に表現していることが示された。この成果はニューロン活動と質感知覚の関わりを示す重要な成果と位置づけることができる。また計画班の大澤らは質感情報処理に関係すると考えられる空間周波数チャネル間の相互作用の様式を初期視覚野において明らかにすると共に、異なる空間周波数チャネルからの両眼視差情報が同じ細胞で統合されることを見出した。

感性的質感認知に関しては、報酬系神経活動の代用指標として自発脳波の α 帯域パワーの周期2.5秒以上の緩やかな変動成分を用いることができることが計画班の本田らにより見いだされた。これは適用範囲の広い脳波を用いて感性的質感認知の脳機構研究を行う上で有用な指標となる。また上の指標などを利用して、可聴域上限をこえる超高周波空気振動が報酬系の活動上昇を引き起こすために必要な条件の同定が進み、超高周波振動を受容するのが耳を含む顔面ではなく、首から下の体部であること、また周波数帯域別に効果を調べた結果32kHz以上の帯域が関係し、特に80kHz付近の超高周波成分の寄与が大きいことが明らかになった。また公募班の高橋らによりラットの聴皮質ニューロン集団の位相同期に対する協和音/不協和音や音学習の効果を調べることにより、位相同期が情動状態を反映することが示された。また計画班の一戸らにより、蛍光トレーサーを用いてin vivoで脳内神経線維連絡を可視化する方法が開発された。この方法は現在モデル動物として急速に重要性が高まっているマーマセットのよう脳溝がほとんどない動物において電気生理的手法と組み合わせることにより、質感にかかわる脳内の機能的構造を明らかにする強力な実験技術となる。このように質感認知の脳科学的研究において、さまざまな新しい有効な実験技術が開発されると共に、物の素材、表面状態、感性的質感など質感認知の各側面の脳内メカニズムについて多くの新しい知見が生み出され、質感認知に関わる情報が脳のどこでどのように表現されているかについては当初の期待を上回る成果を達成した。

3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1 ページ程度）

研究推進時に問題が生じた場合には、その問題点とそれを解決するために講じた対応策等について具体的に記述してください。また、組織変更を行った場合は、変更による効果についても記述してください。

領域の研究推進は総括班によるマネジメントがうまく機能した結果、全体としてきわめて順調に進み大きな問題はなかった。異分野が連携して行う本領域のような活動においては、分野間でバックグラウンドの知識や問題意識が異なることにより相互理解に障害が起きる可能性があるが、その点については本領域発足前から繰り返し研究会を持つことにより計画班員間では分野間の相互理解を十分に深めた状態で領域の活動をスタートし、また公募班員採択後にも計画班員から各分野における質感研究のチュートリアルを行うと共に、各班員の研究背景を十分説明する時間を設けるなどにより、班員の多くが異分野の研究に十分なりテラシーをもって研究に参画し、十分な連携を取りながら領域の活動を進めることができた。またそのような環境を体験してきた連携研究者や研究協力者などの若手研究者は、実際に分野間融合が起こる場で研究に参加した貴重な体験とそこでの経験を生かして、今後自ら中心になって分野の壁を超える研究を展開するものと期待している。

研究機器開発において生じた問題の一つは、ディスプレイ関連の問題である。当初プロジェクタからの映像投影技術と反射型デバイスを組み合わせて、高ダイナミックレンジ（HDR）で高精細のディスプレイを作成する予定であったが、カラー電子ペーパーなどの反射型デバイスの商品化が当初想定ほど進展しなかった。そこで A01 日浦班分担者の岩井を中心にプロジェクタからの映像投影による立体物上・実物上での高精細・HDR 情報呈示の技術開発を集中して行うこととした。その結果立体物上での表示技術についてさまざまな新しい技術開発が進展し、その成果を生かして心理物理（B01）や脳科学（C01）など他の分野との共同研究も進めることができた。

4. 審査結果の所見及び中間評価で指摘を受けた事項への対応状況（2 ページ程度）

審査結果の所見及び中間評価において指摘を受けた事項があった場合には、当該コメント及びそれへの対応策等を記述してください。

<審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況>

審査結果の所見においては「特に脳科学に関する計画研究の方向性が見えにくい」という指摘があった。これに関しては、質感という言葉が日常生活でもよく使われる言葉であり、本領域の研究対象がそのうちの部分を指すかが応募時にそれほど明確でないと受け止められたものと考えられる。そこで、領域立ち上げの広報および公募募集内容の周知を目的として平成22年9月25日に開催したキックオフシンポジウムにおいて、質感認知と感性的質感認知を明瞭に区別し、更に「質感認知」を感覚刺激を元に物の素材や表面の状態を認知する機能、「感性的質感認知」は質感認知に伴う刺激への情動反応・価値判断と明確に定義した。またこの定義は、班会議やアウトリーチの機会を利用して繰り返し浸透につとめた。領域の達成度の項において述べたように、このように明確化した目的に対して多くの研究が集中して行われ、大きな成果をあげることに繋がったと考えられる。

次に「脳科学、心理物理学、工学の成果を統合的なものにするため、各研究者間の連携を緊密にする工夫が必要」という指摘があった。この点については本領域においても特に重視していたポイントである。領域申請時から繰り返し研究会を持つことにより計画班員間では分野間の相互理解を十分に深めた状態で領域の活動をスタートしたが、公募班員採択後の初回と2回目の領域班会議時に各班員の研究背景を十分説明する時間を設けると共に、計画班員から各分野における質感研究のチュートリアルを行い、分野間の障壁の除去に力を注いだ。また分野をまたがるテーマで領域内の研究会をたびたび行い工学研究者と心理物理学研究者、脳科学者が共通の問題意識で議論する場を設けた。さらに領域開始当初から領域共通リソースを集積するためのデータベースをウェブ上で立ち上げ、班員が随時利用できる体制を整えた。そのようなさまざまな方策が功を奏して、7の「研究項目の連携状況」の項で具体的に述べるように、分野融合的な多くの成果が生み出された。

第3に「脳内メカニズム研究が視覚中心でそれ以外の研究が不足しているのではないか」という指摘があった。質感認知においては視覚が重要な役割を演じるが、いうまでもなく他の感覚も重要である。本領域では計画班においてB01西田班が視覚以外の聴覚や触覚の研究を行い、C01本田班が聴覚と密接に関わる研究を行う体制を整えていた。それに加え、公募研究において触覚研究者、聴覚研究者、嗅覚研究者を採択し、視覚以外の感覚への対応を強化すると共に、触覚研究の重要性を考慮して触覚質感研究動向についての研究集会を平成24年に行い触覚質感認知研究者間および他の感覚の研究者との交流を積極的に進めた。このような取り組みの結果、視覚以外の質感についてもさまざまな成果が得られた。

<中間評価で指摘を受けた事項への対応状況>

中間評価では、その後の研究領域の推進方策について「脳活動データを、どのように心理学的な知見と組み合わせていくのが研究を進める上での重要なポイントとなる」という指摘があった。この点については、多くの脳科学分野の班員の目的が脳活動と知覚との関係を明らかにすることにあることとも合致しており、その方向に向かう研究の成果が多く得られた。例えば光沢を見分けるニューロンの活動が光沢知覚に重要なパラメータを表現していることの発見（C01計画小松）、聴覚野ニューロン集団の位相同期が協和音と不協和音で異なることの発見（C01公募高橋）、多数の素材画像刺激を用いてサル嗜好を行動実験で確認した後、前頭眼窩野ニューロンの活動と対応づける実験（C01公募船橋）など多数の研究が、脳活動と心理学的知見との融合によって進んでいる。また領域内でB01項目（心理物理学）の班員とC01項目（脳科学）の班員間の共同研究も数多く行われた。

また「本領域が得意とする“視覚”を中心に据えて感覚統合に関する研究を推進することが期待される」というコメントについては、計画研究B01西田班を中心に視覚以外の感覚による質感研究を進める体制が作られてお

り、このグループを軸として感覚統合についての多くの研究が行われた。まずA01日浦班との共同研究により物の温度知覚が物や手の色の操作によって変化することが示された。またC01小松班との共同研究では視覚と聴覚の質感情報が統合される原理についての理解が進んだ。これに加えて公募研究においてもB01岡嶋班が食品の見た目をリアルタイムで変化させることができるAR（拡張現実）技術を開発し、食品の視覚質感を操作することにより食感や味覚まで変化することを示した。またC01勝山班は視覚入力の手操作によって物の硬さ知覚が変化するミラーハンド錯視が生じる条件を検討し、これに関係した脳活動の解析も進めた。

第3に「国内製造業の強化につながる具体的方策の設定を期待したいという意見もあった」というコメントがあった。この点については企業との交流を進め、本領域の活動がものづくり産業の強化に結びつく方途を探ることを試みた。具体的には平成23年に引き続き平成25年にも質感に関する企業との研究会を行うと共に、平成25年度には応用脳科学コンソーシアムにおいて本領域の研究会をシリーズで行い、多数の企業との交流を深めた。またシンポジウムやサイエンスカフェなどのイベントの情報を企業に流すように努めた。その結果、これらのイベントには企業から多数の方が参加され、班員と企業との共同研究も多数行われており、国内製造業の強化に繋がっているものと期待される。

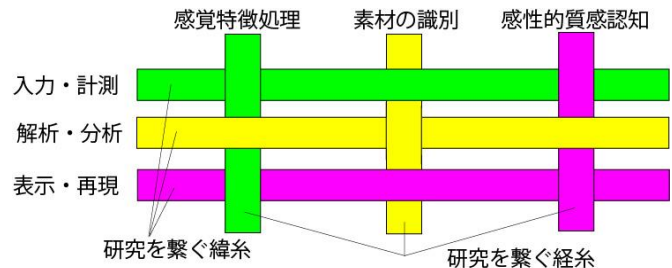
また研究成果に関しては「視覚情報の処理を理解することは脳科学における中心テーマの一つであり、質感情報の演算過程が視覚情報処理全体の中でどのように位置付けられるのか、という点において今後さらに理解が進むことが期待される」というコメントがあった。この点は質感認知の脳情報処理を理解する上で重要であり、平成25～26年度の公募にあたっても研究概要において「質感認知に関わる神経情報処理の理論的研究も歓迎する」という言葉を入れて本領域のこれらの分野に対する重要性の認識をアピールした。その結果、計算論を専門とする班員が加入し、この分野が強化され成果につながった。

5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理する]

（3 ページ程度）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果（発明及び特許を含む）について、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。

本領域では物の素材や表面の状態を認知する機能にかかわる質感認知と、それにより生み出される情動や嗜好、価値判断を含む感性的質感認知の両方を研究対象としている。これらの対象に対して工学に対応する A01 項目、心理物理学に対応する B01 項目、脳科学に対応する C01 項目という異なる分野が連携を取りつつ多様な角度からアプローチした。しかし項目を超えて研究を繋ぐ共通のテーマとして3本の経糸（たていと）が存在する。それは（1）質感に関する物理量と感覚特徴、（2）素材の識別、（3）感性的質感認知、の三つのテーマであり質感認知の異なる機能的側面を表している。一方各項目内の研究は対象へのアプローチの仕方において分けることができ、これが各項目固有の緯糸（よこいと）を構成する。このように領域で行われる研究は、項目をまたがる3本の経糸と項目固有の緯糸の交わりとしてほぼ位置付けることが可能である。以下で研究項目毎に主な研究成果を記載するが、A01 項目に関しては緯糸を作る異なるアプローチで整理し、B01 と C01 項目では上に述べた3本の経糸によって研究を整理する。引用番号は6「研究成果の取りまとめ及び公表の状況」の「1. 主な論文」の通し番号に対応している。



研究項目 A01 では得られた研究成果を質感の**入力・計測**、**解析・分析**、および**表示・再現**の3種類に分けて研究成果を整理した。それぞれの主なものについて以下に計画班、公募班に分けて新しいものから遡って記載する。

【A01 計画研究】

入力・計測および**解析・分析**-1. 蛍光と反射光の分離、蛍光を用いた形状・照明色・カメラ特性の推定

[33] Fu Y, Lam A, Matsushita Y, Sato I, Sato Y (2014) ECCV2014, pp. 203-217.

画像解析分野では従来、ほとんどの研究が、入射光の波長が保たれたまま反射することを前提としていたが、蛍光はその仮定を満たさない。身の回りに多く存在する蛍光を有する物体の質感の計測・解析を可能とするため、蛍光の物理的特性に基づいた蛍光と反射光の分離法や、照明色とカメラ分光感度の推定など物体の見えを高精度に再現するときの基礎となる手法を開発した。また蛍光の利用が形状推定の高精度化にも寄与することを示した。一連の研究は当該分野のトップカンファレンスである CVPR/ICCV/ECV 等に毎年複数件が採択され、独自性と先進性、有用性を兼ね備えた一連の研究として広く認知されるに至っている。

入力・計測および**解析・分析**-2. 拡散反射成分と鏡面反射成分、影領域の分離

[76] Mori T, Taketa R, Hiura S, Sato K (2013) CCIS, 359: 211-224.

つやや光沢として認知される鏡面反射光の割合を画像から求め、拡散反射成分と分離する手法を開発した。一つは拡散反射が従うべき法則からの外れ方を調べる方法で、もう一つは光源の形状変化に対し鏡面反射のほうが拡散反射よりも強く影響されることを利用したものである。反射成分分離は形状計測などその後の画像処理の高精度化に寄与するだけでなく、分離結果から多様な画像を生成できることから、心理物理学や脳神経科学における多様な刺激の生成にも利用することができ、さらに質感画像データベースの圧縮にも有用であることが示された。

表示・再現-1. 投影光の高度制御に基づく実物体上での質感再現

[104] 島津冴子, 岩井大輔, 佐藤宏介 (2012) 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 17: 261-268.

実物体の3次元形状や表面の反射特性、さらに物体上に表示されるべきコンテンツの特性から、情報を投影するプロジェクタの配置や選択、投影像の補正などを行う手法を開発した。凹部に影を生じることなく、高解像度かつ高ダイナミックレンジな情報呈示を行うことができ、この技術は領域内共同研究(A01*B01)の心理物理学実験にも供されて色彩と温度感覚の関係解明にも寄与した ([47] Hsin-Ni Ho et al, Scientific Reports, 2014).

【A01 公募研究】

解析・分析-1. 属性を利用した機械による質感認識

[44] Ozeki M, Okatani T, (2014) ACCV, pp. 362-375.

我々は物体のカテゴリ（ガラス・金属・木材など）を認識するとき、同時にその属性（つや・透明感など）も認識している。機械学習による素材の自動認識における属性の性質を解明するため、属性に関する大量のデータセットを作成し、機械学習による自動認識を可能とした。また、近年脚光を浴びている深層学習（ディープラーニング）においても、その内部で属性情報が抽出されていることを明らかにするなどの研究により、質感の認識にまつわるヒトと機械の相違および類似点について多くの知見を得た。これらの知見は心理物理学分野におけるオノマトペ研究と関係づけられ、所望の質感を持つ商品を検索するシステムへの応用を視野に入れた領域内共同研究(A01*B01)に生かされた ([18] 土斐崎龍一 他, 人工知能学会論文誌, 2015).

表示・再現-1. 光投影による物体質感の実時間操作

[39] 天野敏之 (2014) 映像メディア学会論文誌, 68:J528-J533.

物体表面の輝度ヒストグラムの歪度や、輝度分布と3次元形状の関係から我々は、物体の光沢感や透明感を感じているとされている。そこでプロジェクタ光投影により意図的にこの輝度分布を操作することで、不透明な物体に透明感を与えたり、光沢を付与する手法を開発した。このとき、画像の操作と質感の関係にはB01班の研究成果が生かされており、物体の3次元形状を求めることなく認知的な質感を操作することを可能とした。

入力・計測-1. マルチスペクトル画像の高速入力手法の開発

[108] Murakami Y, Yamaguchi M, Ohyama N (2012) Optics Express 20:7173-7183.

各画素が赤・青・緑の3値しか持たない通常のカラー画像とは異なり、各画素が分光輝度分布の情報を有するマルチスペクトル画像は、画像の色再現や素材認識などへの高い可能性が期待されながら、瞬時的かつ低コストに計測する手法が存在しなかった。この研究ではこれを可能とする手法を開発した。1つは低解像度マルチスペクトル画像と高解像度カラー画像を融合する手法であり、もう1つは4種類以上のカラーフィルタを有するカメラの出力から各画素のスペクトル値を推定する手法である。どちらも実物体に対して良好な高解像度スペクトル画像の推定を可能とした。

研究項目B01とC01では質感認知に関わる**感覚特徴の処理**、質感認知の重要な機能である**素材識別のメカニズム**、および情動や価値判断とつながる**感性的質感認知**に関して多くの研究成果が得られた。それぞれの主なものについて以下に計画班、公募班に分けて新しいものから遡って記載する。

【B01 計画研究】

素材識別処理-1. 素材識別に関わる質感特徴の処理ダイナミクス

[11] Nagai T, Matsushima T, Koida K, Tani Y, Kitazaki M, Nakauchi S (in press) Vision Res.

様々な素材の質感サンプルに対して光沢感や半透明感といった視覚的特徴や手触り感、重さ感などの非視覚的特徴の評定値がどのような時間タイミングで素材識別に用いられているかを示した。この研究は領域で開発した実物体質感サンプルを活用して行われた。

感覚特徴処理-1. 視覚運動による液体質感知覚およびその応用

[13] Kawabe T, Maruya K, Fleming RW, Nishida S (2015) Vision Research, 109: 125-138.

画像中の動き成分が質感を生み出す有力な画像手がかりとなることを示した研究。液体映像から取り出した動き情報だけで、それが液体の映像であることや、その液体がどれくらいの粘性をもっているかが判断できることを示し、さらに、その判断を支える画像特徴を明らかにした。また、後続研究では、静止画像の動的変形だけで透明な液体層が知覚されることが分かり、さらに、その研究を発展させて、プロジェクションマッピングで静止画に動きを与える変幻灯という技術を開発した。

感覚特徴処理-2. 物体の色が温度感覚に与える影響の解明

[47] Ho HN, Iwai D, Yoshikawa Y, Watanabe J, Nishida S (2014) Scientific Reports, 3:4:5527

視覚を操作して温感を調べ、常識に反して赤いものは青いものより温かく感じにくいという現象を発見した**領域内共同研究(A01*B01)**。視覚が温感に与える影響を明らかにしただけでなく、プロジェクションマッピングを心理実験に用いたという点でもユニークな研究である。

素材識別処理-2. 視聴覚情報の統合論理の解明

[46] Fujisaki W, Goda N, Motoyoshi I, Komatsu H, Nishida S (2014) J Vision, 14, no. 4 article 12.

素材識別はさまざまなモダリティの情報を統合して行われる。この研究では、物体の見かけ（視覚）と叩いたときの音（聴覚）を統合して素材を判断する仕組みを分析し、各モダリティで独立に計算された素材らしさの情報が最適な方法で統合されていることを示した。**領域内共同研究(B01*C01)**。

感性的質感処理-1. 真珠質感評定に見られる専門家と一般人の違いと共通性

[49] Tani, Y, Nagai T, Koida K, Kitazaki M, Nakauchi S (2014) PLoS ONE, 9, No.1, e86400.

真珠品質の評定における鑑定士と一般人の共通性と違いについて分析した研究。干渉色や光沢などで決まる真珠品質の違いは一般人でも一定程度識別できるが、そうした質感特徴と真珠の良さ（価値）との結びつけに鑑定士と一般人の違いが現れることが分かった。

感性的質感処理-2. 真珠質感評定に関与する質感画像特徴量

[91] Toyota, T, Nakauchi S (2013) Optical Review 20: 50-58.

漆などの工芸品と同様、真珠の品質も鑑定士の目視によって言わば主観的に評定される場合がほとんどである。この研究は真珠品質が真珠の物理構造に起因した干渉色の強度や空間コントラストといった光学的・視覚的特徴に基づいて鑑定士が非自覚的に判断していることが示された。

感覚特徴処理-3. 半透明感に影響を与える画像領域の抽出

[89] Nagai T, Ono Y, Tani Y, Koida K, Kitazaki M, Nakauchi S (2013) i-Perception 4:407-428.

心理物理学的逆相関法を用いて、半透明感に関与する画像領域の抽出を試みた研究。半透明感の判断に大きく寄与する局所的な画像領域が存在することが示された。

感覚特徴処理-4. 光沢感に対する照明の映像的特徴の影響の解明

[112] Motoyoshi, I, Matoba H (2012) Vision Research, 53:30-39.

光沢感は質感研究の中心テーマである。光沢感は画像の輝度ヒストグラムに密接に関係しているが、低次の画像統計量だけでは説明できない部分もある。この5年の間にこの議論に関してさまざまな研究が領域内外で行われたが、この研究では、環境光の特性が光沢知覚に与える影響が空間周波数のサブバンドの画像統計量でうまく説明できることが示された。

【B01 公募研究】

感覚特徴処理-1. 皮膚変形レベルでの触感の理解

[56] Matsuura Y, Okamoto S, Nagano H, Yamada Y (2014) Information and Media Technologies, 9: 505-516. 皮膚変形を測定し、多次元の触感との関係を調査し、皮膚変形レベルで触覚を理解することができた。実用的な触覚ディスプレイへの展望を開く研究である。

感覚特徴処理-2. 視覚系の解像度を越えた細かさを表現する手法の開発

Shinya M, Nishida S, ACM Symposium of Applied Vision, Vancouver, Canada, August 8-9, 2014.

髪の毛などの視覚系の解像度を越えた細かさを判断するときにはコントラスト低下などの画像特徴を利用していることを示した**領域内共同研究 (B01*B01)**。人間の特性に基づく、新しいレンダリング技法の提案につながった。

感性的質感処理-1. オノマトペによる質感表現技術の開発

[53] 清水祐一郎, 土斐崎龍一, 坂本真樹 (2014) 人工知能学会論文誌, 29: 41-52.

オノマトペによって表される触感を中心とした材質感や感性評価値を推定するシステムを構築した。この後、機械学習を使って画像特徴とオノマトペを結び付ける **A01** との**領域内共同研究に発展**した。言語化が難しい質感の研究手法としてのオノマトペの有効性が示された。

感性的質感処理-2. 視覚による食物鮮度認識の研究

[94] Arce-Lopera C, Masuda T, Kimura A, Wada Y, Okajima K (2013) Food Quality and Preference, 27: 202-207.

鮮度を統制した食品の画像を用いて、人間が視覚的に食物鮮度を判断する際に、画像の単純な輝度統計量に基づいていることを示した**領域内共同研究 (B01*B01)**。その後、領域内のB01やC01の他の班とのチンパンジーや変性性認知症の患者を対象に鮮度認知の**領域内共同研究へ発展**した。

感覚特徴処理-3. 光沢感の乳児発達の研究

[125] Yang J, Otsuka Y, Kanazawa S, Yamaguchi MK, Motoyoshi I (2011) Perception 40:1491-1502. 乳児を対象とした発達の観点から光沢感を検討したこの研究では、生後 7-8 ヶ月で光沢画像を画像統計量がほぼ等しい別の画像より選好することから、この段階で光沢知覚が成立することが分かった。その後の研究で、それ以前の発達段階の乳児は、成人が気づきにくいハイライトの細かな形状の違いに感度をもつことが示唆された。

【C01 計画研究】

素材識別処理-1. 素材識別に関わる画像特徴の統合様式の解明

[23] Okazawa G, Tajima S, Komatsu H (2015) Proc Natl Acad Sci USA. 112 (4) E351-E360.

この研究では素材識別に関わる画像特徴の処理の一端が明らかにされた。多くの素材は物体表面に素材固有のテクスチャを持つ。このような自然テクスチャは画像統計量のセットで表すことができる。Portilla と Simoncelli が見出した統計量 (PS 統計量) は大脳視覚野で実際に観察される局所方位と空間周波数の特徴を出発点にして作られていることから、この研究では PS 統計量で表される画像特徴とニューロン活動の関係をサル V4 野において調べた。その結果、V4 野ニューロンのテクスチャ選択性は比較的少数の PS 統計量の線形形で表されることが示され、またこれらのニューロン集団の応答はヒトのテクスチャ弁別能に関係する画像統計量を良く表現していることが明らかになった。

感覚特徴処理-1. 第一次視覚野における皮質内局所情報処理の異方性の発見

[61] Tanaka H, Tamura H, Ohzawa I (2014) J Neurophysiol. 112: 705-718.

ネコの一次視覚野から多点電極で記録を行い水平方向と垂直方向の受容野特性の変化とニューロン活動の相関を調べることで、水平方向と垂直方向で受容野特性の変化の仕方と相関の起こり方の変化が非常に異なることを発見した。**領域内共同研究 (C01*C01)**

感覚特徴処理-2. 光沢を見分ける細胞が光沢知覚パラメータを表現することを発見

[63] Nishio A, Shimokawa T, Goda N, Komatsu H (2014) J Neurosci 34:11143-11151.

サル下側頭皮質に存在するさまざまな光沢を見分けるニューロンの活動を詳細に解析することにより、光沢知覚に関係する二つのパラメータ (ハイライトのコントラストとハイライトの輪郭の鋭さ) を正確に表現していることを示した。**領域内共同研究 (C01*B01)**。これは光沢を見分けるニューロンを初めて発見した業績 ([119] Nishio et al. 2012) を発展させた業績である。

感性的質感処理-1. ハイパーソニックエフェクトに寄与する超高周波の周波数帯域の同定

[64] Fukushima A, Yagi R, Kawai N, Honda M, Nishina E, Oohashi T (2014) PLoS One, 9: e95464, 2014.

可聴域を超える高周波成分の空気振動が、感性的質感の向上をもたらす過程の詳細を明らかにするため、超高周波成分の周波数帯域ごとの効果を脳幹報酬系の活動指標である脳波の長周期変動成分から計測したところ、32kHz 以上の波長域が関係し、特に 80kHz 付近の超高周波成分の寄与が大きいことが分かった。

感性的質感処理-2. 脳幹報酬系の活動を計測する手段の開発

[100] Omata K, Hanakawa T, Morimoto M, Honda M (2013) PLoS ONE, 8: e66869,

報酬系神経活動の代用指標として自発脳波の周期 2.5 秒以上の緩やかな変動成分を用いることができることを発見した。これは fMRI や PET など他のヒト脳活動測定法に比べて適用範囲の広い脳波を用いて感性的質感認知の脳機構研究を行う上で非常に有用な指標となる。

感覚特徴処理-3. in vivo で脳内神経線維連絡を可視化する方法を開発

[120] Ichinohe N, Borra E, Rockland K (2012) Scientific Reports 2012:2:934.

蛍光色素トレーサーを脳内に微量注入ししばらくおいた後、ヒストロジーの処理を行わずとも生きた状態で注入部位と線維連絡を持つ脳部位の同定と観察を行うことに成功した。この方法と電気生理マッピングを組み合わせると、質感処理に係る神経回路の構造と機能を明らかにする有効な手段となる。

素材識別処理-3. ヒト脳における素材情報表現部位と情報変換の発見

[126] Hiramatsu C, Goda N, Komatsu H (2011) Neuroimage 57: 482-494.

健全なヒトを対象とした fMRI 計測データ、多数の形容詞対を用いた意味微分法 (SD 法) による知覚印象の解析

結果、および刺激の画像特徴、の三者の関係の分析により素材識別が腹側経路で行われ、低次視覚野と高次視覚野の間で画像特徴から知覚印象に基づく表現に変換されることを発見した。その後サルでも同様の処理が行われていることが分かり種間の共通性が示された ([62] Goda et al. 2014)。

【C01 公募研究】

感性的質感処理-1. 聴覚野における位相同期の学習時期依存性の発見

[25] Yokota R, Kanzaki R, Aihara K, Takahashi H (2015) *Brain Topography* 28:401-410.

聴覚皮質のニューロン集団の位相同期は情動情報の表現にも関係する。ラット聴覚野マップは学習に伴って大きさの変化を示すが、それと同じ時間経過で位相同期も変化することを示した。

感性的質感処理-2. マーモセットにおける情動状態を表す音声表出の同定

[73] Kato Y, Gokan H, Oh-Nishi A, Suhara T, Watanabe S, Minamimoto T (2014) *Behavioural Brain Research*, 275: 43-52. マーモセットの情動状態と音声の関係の分析により、Tsik-egg という音声は不安情動に関係し、Tsik という音声は恐怖情動に関係することを見出し、負の感性的質感について行動表出指標の利用が可能となった。

感覚特徴処理-1. 環境から情報を取得するためのヒゲの運動と匂い嗅ぎ運動の制御機構の解明

[101] Moore JD, Deschênes M, Furuta T, Huber D, Smear MC, Demers M, Kleinfeld D (2013) *Nature* 497: 205-210. ラットが環境から質感情報を得るために重要な手段であるヒゲの運動と匂いを嗅ぐ運動が延髄の呼吸中枢により制御されていることを解剖、行動、電気生理、薬理学の手法を組み合わせることで明らかにした。

素材識別処理-1. 脳損傷患者の臨床テストによるヒト脳における素材識別の責任部位の同定

Suzuki K, Uno Y. (2012) *International Neuropsychological Society Annual Meeting, 2012.6.27-31 Oslo*.

脳血管障害などにより局所に脳損傷のある患者を対象に、さまざまな素材の実物や画像を用いてテストした結果、視覚性の質感弁別は両側後頭葉損傷で障害され、カテゴリ化して名前や意味と連合する過程には左後頭葉内側面が必須であることが示された。

6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ程度）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果の公表の状況（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。論文の場合、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。また、一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。また、別添の「(2) 発表論文」の融合研究論文として整理した論文については、冒頭に◎を付してください。

1. 主な論文（各項目、計画、公募で分けて、年度の新しいものから並べる）

発表論文数：309件 以下のリストには主な論文のみを記載する。◎は融合論文として数えたもの

【2015】

A01 計画班

1. *Iwai D, Kodama K, Sato K (2015) Reducing motion blur artifact of foveal projection for dynamic focus-plus-context display, IEEE Trans Circuits and Systems for Video Technology. in press
2. *Zheng Y, Sato I, Sato Y (2015) Illumination and reflectance spectra separation of a hyperspectral image meets low-rank matrix factorization, Proc. IEEE Conference on Computer Vision (CVPR 2015) pp.1779-1787
3. *Lu F, Matsushita Y, Sato I, Okabe T, Sato Y (2015) From intensity profile to surface normal: photometric stereo for unknown light sources and isotropic reflectances, IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, DOI: 10.1109/TPAMI.2015.2389841, January.

A01 公募班

4. *Xu Y, Maeno K, Nagahara H, Shimada A, Taniguchi R (2015) Light field distortion feature for transparent object classification, Computer Vision and Image Understanding. in press
5. ◎Tanaka M, *Horiuchi T (2015) Investigating perceptual qualities of static surface appearance using real materials and displayed images, Vision Res. in press
6. Inoue S, *Tsumura N (2015) Point spread function of specular reflection and gonio-reflectance distribution, J Imaging Science and Technology 59:010501-1-010501-10.
7. *田中土郎, 高柳亜紀, 土田 勝, 坂口嘉之, 田中弘美 (2015) 高分解能マルチバンドHDR画像解析に基づく織物の分光反射率推定, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 20: 35-44.
8. ◎*岡田明大, 飛谷謙介, 石田適志, 朴理沙, 長田典子 (2015) ベースメイク料開発のための3DCG技術の活用～真珠の光学特性とユーザ評価との関連付け～, 日本化粧品技術者会誌, 49: 22-31.
9. ◎Tanaka M, *Horiuchi T, Tominaga S (2015) Color naming experiments using 2D and 3D rendered samples, Color Research and Application, 40:270-280.

B01 計画班

10. *Paulun VC, Kawabe T, Nishida S, Fleming RW (2015) Seeing liquids from static snapshots. Vision Research. in press
11. ◎*Nagai T, Matsushima T, Koida K, Tani Y, Kitazaki M, Nakauchi S (2015) Temporal properties of material categorization and material rating: visual vs non-visual material features, Vision Research. in press
12. *Fleming RW, Gegenfurtner KR, Nishida S (2015). Visual perception of materials: The science of stuff. Vision Research, 109: 123-124.
13. *Kawabe T, Maruya K, Fleming RW, Nishida S (2015) Seeing liquids from visual motion. Vision Research, 109: 125-138.
14. *Fujisaki W, Tokita M, Kariya K (2015) Perception of the material properties of wood based on vision, audition, and touch. Vision Research, 109:185-200.

B01 公募班

15. *Kuriki I (2015) Effect of material perception on mode of color appearance. Journal of Vision. in press
16. ◎Asano S, *Okamoto S, Yamada Y (2015) Vibrotactile stimulation to increase and decrease texture roughness, IEEE Transactions on Human-machine Systems, 10.1109/THMS.2014.2376519. in press
17. ◎Qiu W, Hatori Y, *Sakai K (2015) Neural construction of 3D medial axis from the binocular fusion of 2D MAs. Neurocomputing, 149:546-558.
18. ◎土斐崎龍一, 飯場咲紀, 岡谷貴之, *坂本真樹 (2015) オノマトペと質感印象の結び付きに着目した商品検索への画像・テキスト情報活用の可能性, 人工知能学会論文誌 30:124-137.
19. ◎鍵谷龍樹, 白川由貴, 土斐崎龍一, 渡邊淳司, 丸谷和史, 河邊隆寛, *坂本真樹 (2015) 粘性知覚に関する音象徴性の検討, 人工知能学会論文誌, 30:237-245
20. ◎清水祐一郎, 土斐崎龍一, 鍵谷龍樹, *坂本真樹 (2015) ユーザの感性的印象に適合したオノマトペを生成するシステム, 人工知能学会論文誌, 30:319-330.
21. ◎*Arce-Lopera C, Masuda T, Kimura A, Wada Y, Okajima K (2015) Model of vegetable freshness perception using luminance cues, Food Quality and Preference, 40: 279-286.
22. Masuda T, Matsubara K, *Wada Y (2015). Material perception of a kinetic illusory object with amplitude and frequency changes in oscillated inducer motion, Vision Research, 109:201-208.

C01 計画班

23. ◎Baba M, Sasaki KS, *Ohzawa I (2015) Integration of multiple spatial frequency channels in disparity-sensitive neurons in the primary visual cortex. J Neurosci. in press
24. ◎*Okazawa G, Tajima S, Komatsu H (2015) Image statistics underlying natural texture selectivity of neurons in macaque V4. Proc Natl Acad Sci USA. 112 (4) E351-E360.

C01 公募班

25. ◎Yokota R, Kanzaki R, Aihara K, *Takahashi H (2015) Learning-stage-dependent plasticity of temporal coherence in the auditory cortex of rats. Brain Topography 28:401-410.
26. ◎*Kawamichi H, *Kitada R, Yoshihara K, Takahashi H, Sadato N (2015) Interpersonal touch suppresses

[2014]

A01 計画班

27. *Han S, Sato I, Okabe T, Sato Y (2014) Fast spectral reflectance recovery using DLP projector, *International J Computer Vision*, 110:172-184.
28. *Iwai D, Nagase M, Sato K (2014) Shadow removal of projected imagery by occluder shape measurement in a multiple overlapping projection system, *Virtual Reality*, 18:245-254.
29. ◎*宮崎大輔, 高橋可菜実, 馬場雅志, 青木広宙, 古川亮, 青山正人, 日浦慎作 (2014) メタメリズムアート制作のための油絵の具の混合比率推定, *電子情報通信学会論文誌 D*, J97-D: 1250-1262.
30. Mihara S, *Iwai D, Sato K (2014) Artifact reduction in radiometric compensation of projector-camera systems for steep reflectance variations, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 24: 1631-1638.
31. *Iwai D, Takeda S, Hino H, Sato K (2014) Projection screen reflectance control for high contrast display using photochromic compounds and UV LEDs, *Optics Express*, 22: 13492-13506.
32. *Zheng Y, Sato I, Sato Y (2014) Spectra estimation of fluorescent and reflective scenes by using ordinary illuminants, *European Conference on Computer Vision (ECCV2014)*, pp. 188-202.
33. *Fu Y, Lam A, Matsushita Y, Sato I, Sato Y (2014) Interreflection removal using fluorescence, *European Conference on Computer Vision (ECCV2014)*, pp. 203-217.
34. *Fu Y, Lam A, Kobashi Y, Sato I, Okabe T, Sato Y (2014) Reflectance and fluorescent spectra recovery based on fluorescent chromaticity invariance under varying illumination, *IEEE Conference on Computer Vision (CVPR 2014)*, pp. 2171-2178.

A01 公募班

35. *Tominaga S, Nakamoto S, Keita H, Horiuchi T (2014) Estimation of surface properties for art paintings using a six-band scanner, *J International Colour Association*, 12: 9-21.
36. ◎*Tominaga S, Horiuchi T, Nakajima S, Yano M (2014) Prediction of incomplete chromatic adaptation under illuminant A from images, *J Imaging Science and Technology*, 58: 030403-1-030403-9.
37. Baba K, Inoue S, Takano R, *Tsumura N (2014) Reproducing gloss unevenness on printed paper based on the measurement and analysis of mesoscopic facets, *J Imaging Science and Technology* 58: 030501-1-030501-6.
38. *Yue Y, Iwasaki K, Chen BY, Dobashi Y, Nishita T (2014) Poisson-based continuous surface generation for goal-based caustics, *ACM Transactions on Graphics*, 33:31:1-31:7.
39. ◎天野敏之 (2014) プロジェクタカメラ系を用いた光沢感と透明感の実時間操作, *映像メディア学会論文誌*, 68:J528-J533.
40. ◎* Wakita W, Tanaka T (2014) A digital archiving for large 3D woven cultural artifacts exhibition, *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, 2: 236-247.
41. Nishiwaki Y, *Wakita W, Tanaka H (2014) Real-time anisotropic reflectance rendering of Noh-costume with bonfire flickering effect, *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, 2: 217-224.
42. *飛谷謙介・水嶋彬貴・長田典子 (2014) Multi-band BTDF モデルによる織布の蛍光特性の表現, *精密工学会誌*, 80:1213-1218.
43. Murakami Y, Nakazaki K, *Yamaguchi M (2014) Hybrid-resolution spectral video system using low-resolution spectral sensor, *Optics Express*, 22:20311-20325.
44. Ozeki M, *Okatani T, (2014) Understanding convolutional neural networks in terms of category-level attribute, *Proceedings of Asian Conference on Computer Vision*. pp. 362-375.

B01 計画班

45. *Fukuda K, Uchikawa K (2014) Color constancy in a scene with bright colors that do not have a fully natural surface appearance. *J Optical Society of America, A*, 31:A239-A246.
46. *Fujisaki W, Goda N, Motoyoshi I, Komatsu H, Nishida S (2014) Audiovisual integration in the human perception of materials, *Journal of Vision*, 14, no. 4 article 12.
47. ◎*Ho HN, Iwai D, Yoshikawa Y, Watanabe J, Nishida S (2014) Combining colour and temperature: A blue object is more likely to be judged as warm than a red object. *Scientific Reports*, 2014 Jul 3;4:5527
48. *谿雄祐, 西島遼, 永井岳大, 鯉田孝和, 北崎充晃, 中内茂樹, (2014) 前方・後方照明強度比による透明感知覚の変化, *映像情報メディア学会誌*, 68: J534-J536.
49. *Tani, Y, Nagai T, Koida K, Kitazaki M, Nakauchi S (2014) Experts and novices use the same factors--but differently-- to evaluate pearl quality, *PLoS ONE*, 9, No.1, e86400. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0086400> (2014/1).

B01 公募班

50. *Mizokami Y, Yaguchi H (2014) Color constancy influenced by unnatural spatial structure. *Journal of the Optical Society of America A* 31: A179-A185.
51. ◎*Sakamoto M, Ueda Y, Doizaki R, Shimizu Y (2014) Communication support system between Japanese patients and foreign doctors using Onomatopoeia to express pain symptoms, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 18: 1020-1025.
52. ◎*渡邊淳司, 加納有梨紗, 坂本真樹 (2014) オノマトベ分布図を利用した触素材感性評価傾向の可視化, *日本感性工学会論文誌*, 13: 353-359.
53. ◎清水祐一郎, 土斐崎龍一, *坂本真樹 (2014) 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: 41-52.
54. 櫻井勇介, *岡嶋克典 (2014) 視覚探索による生鮮野菜の鮮度知覚特性の検討, *映像情報メディア学会誌*, 68: J540-542.
55. ◎西牟田大, 五十嵐崇訓, *岡嶋克典 (2014) 肌の透明感における輝度と色の影響, *映像情報メディア学会誌*, 68: J543-545.
56. ◎Matsuura Y, *Okamoto S, Nagano H, Yamada Y (2014) Multidimensional matching of tactile sensations of materials and vibrotactile spectra, *Information and Media Technologies*, 9: 505-516.
57. ◎*Nagano H, Okamoto S, Yamada Y (2014) Haptic invitation of textures: Perceptually prominent properties of materials determine human touch motions, *IEEE Trans on Haptics*, 7: 345-355.
58. ◎Asano S, *Okamoto S, Yamada Y (2014) Toward quality texture display: Vibrotactile stimuli to modify

material roughness sensations, *Advanced Robotics*, 28: 1079-1089.

59. Matsui K, *Okamoto S, Yamada Y (2014) Relative contribution ratios of skin and proprioceptive sensations in perception of force applied to fingertip, *IEEE Transactions on Haptics*, 7: 78-85.
60. Yamada Y, Sasaki K, Kunieda S, *Wada Y (2014) Scents boost preference for novel fruits, *Appetite*, 81: 102-107.

C01 計画班

61. ◎*Tanaka H, Tamura H, Ohzawa I (2014) Spatial range and laminar structures of neuronal correlations in the cat primary visual cortex. *J Neurophysiol.* 112: 705-718.
62. ◎*Goda N, Tachibana A, Okazawa G, Komatsu H (2014) Representation of the material properties of objects in the visual cortex of nonhuman primates. *J Neurosci* 34:2660-2673.
63. ◎Nishio A, Shimokawa T, Goda N, *Komatsu H (2014) Perceptual gloss parameters are encoded by population responses in the monkey inferior temporal cortex. *J Neurosci* 34:11143-11151.
64. ◎Fukushima A, Yagi R, Kawai N, Honda M, *Nishina E, Oohashi T (2014) Frequencies of inaudible high-frequency sounds differentially affect brain activity: positive and negative hypersonic effects. *PLoS One*, 9: e95464, 2014.
65. ◎*Oohashi T, Maekawa T, Ueno O, Kawai N, Nishina E, Honda M (2014) Evolutionary acquisition of a mortal genetic program: the origin of an altruistic gene. *Artif Life*, 20: 95-110.

C01 公募班

66. ◎高橋和佐, 白松(磯口)知世, 野田貴大, 神崎亮平, 中原はるか, *高橋宏知 (2014) ラットの聴皮質と視床における3次元多点同時計測システムの開発, *電気学会論文誌C 電子情報システム部門誌* 134: 1064-1070.
67. Majima K, Matsuo T, Kawasaki K, Kawai K, Saito N, Hasegawa I, *Kamitani Y (2014) Decoding visual object categories from temporal correlations of ECoG signals. *NeuroImage* 90: 74-83.
68. 川島康裕, 山城博幸, *山本洋紀, 村瀬智一, 市村好克, 梅田雅宏, 樋口敏宏 (2014) 高照度照明が大脳視覚過程に及ぼす影響: 脳機能イメージング研究. *照明学会誌*, 98(2), 87-92.
69. *Tamura H, Mori Y, Kaneko H (2014) Organization of local horizontal functional interactions between neurons in the inferior temporal cortex of macaque monkeys. *J Neurophysiol*, 111:2589-2602.
70. ◎*Umeda T, Watanabe H, Sato M, Kawato M, Isa T, Nishimura Y (2014) Decoding of the spike timing of primary afferents during voluntary arm movements in monkeys. *Front Neurosci*, 2014 May 09; doi: 10.3389/fnins.2014.00097.
71. ◎Chen C, *Shin D, Watanabe H, Nakanishi Y, Kambara H, Yoshimura N, Nambu A, Isa T, Nishimura Y, Koike Y (2014) Decoding grasp force profile from electrocorticography signals in non-human primate sensorimotor cortex. *Neurosci Res.* 83:1-7.
72. ◎*Kitada R, Sasaki AT, Okamoto Y, Kochiyama T, Sadato N (2014) Role of the precuneus in the detection of incongruity between tactile and visual texture information: A functional MRI study. *Neuropsychologia*, 64: 252-262.
73. Kato Y, Gokan H, Oh-Nishi A, Suhara T, Watanabe S, *Minamimoto T (2014) Vocalizations associated with anxiety and fear in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Behavioural Brain Research*, 275: 43-52.

[2013]

A01 計画班

74. *Zhang C, Sato I (2013) Image-based separation of reflective and fluorescent components using illumination variant and invariant color, *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35: 2866-2877.
75. 武田祐一, *日浦慎作, 佐藤宏介 (2013) 符号化開口を用いた Depth from Defocus とステレオ法の融合, *電子情報通信学会論文誌D*, J96:1688-1700.
76. Mori T, Taketa R, *Hiura S, Sato K (2013) Photometric linearization by robust PCA for shadow and specular removal, *Communications in Computer and Information Science (CCIS)*, 359: 211-224.
77. *Iwai D, Yabiki T, Sato K, (2013) View management of projected labels on non-planar and textured surfaces. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19: 1415-1424.
78. Fu Y, Lam A, Sato I, Okabe T, Sato Y (2013) Separating reflective and fluorescent components using high frequency illumination in the spectral domain, *Proc. International Conference on Computer Vision (ICCV 2013)*, pp.457-464.
79. *Lam A, Sato I (2013) Spectral modeling and relighting of reflective-fluorescent scenes, *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2013)*, pp. 1452-1459.
80. *Lu F, Matsushita Y, Sato I, Okabe T, Sato Y (2013) Uncalibrated photometric stereo for unknown isotropic reflectances, *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2013)*, pp. 1490-1497.
81. Takeda Y, *Hiura S, Sato K (2013) Fusing depth from defocus and stereo with coded apertures, *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2013)*, pp. 209-216.

A01 公募班

82. 櫻井快勢, *宮田一乗 (2013) 任意形状の堆積形成手法, *情報処理学会論文誌*, 54: 1220-1229.
83. *山本昇志, 澤邊陽志, 山内泰樹, 津村徳道 (2013) 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. *日本眼光学会誌 (視覚の科学)*, 34: 91-99.
84. Miyata K, *Tsumura N (2013) Application of image quality metamerism to investigate gold color area in cultural property. *Journal of Electronic Imaging* 22(1), 013029.
85. *Nabata K, Iwasaki K, Dobashi Y, Nishita T (2013) Efficient divide-and-conquer ray tracing using ray sampling. *High Performance Graphics 2013*, pp. 129-135.
86. *長原一 (2013) ライトフィールドビジョンと符号化撮像, *映像メディア学会誌*, 67: 647-649.
87. Maeno K, Nagahara H, Shimada A, Taniguchi R (2013) Light field distortion feature for transparent object recognition, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2013)*, pp. 2786-2798.

B01 計画班

88. *Kuroki S, Watanabe J, Nishida S (2013) Contribution of within- and cross-channel information to vibrotactile frequency discrimination. *Brain Research* 1529: 46-55.
89. *Nagai T, Ono Y, Tani Y, Koida K, Kitazaki M, Nakauchi S (2013) Image regions contributing to perceptual translucency: A psychophysical reverse-correlation study. *i-Perception* 4:407-428.

90. *Tani Y, Araki K, Nagai T, Koida K, Nakauchi S, Kitazaki M (2013) Enhancement of glossiness perception by retinal-image motion: Additional effect of head-yoked motion parallax. PLoS ONE 8, No.1, e54549. doi:10.1371/journal.pone.0054549.
91. Toyota, T, *Nakauchi S (2013) Optical measurement of interference color of pearls and its relation to subjective quality. Optical Review 20: 50-58.

B01 公募班

92. *Ishikawa T, Sato K, Sasaki K, Shimizu H, Ayama M (2013) Investigation of key visual factors for cloth texture recognition - effect of fabric drape complexity and window size -, International Journal of Affective Engineering, 12: 239-244.
93. Arce-Lopera C, Igarashi T, Nakao K, *Okajima K (2013) Image statics on the age perception of human skin. Skin Research and Technology 19: 273-278.
94. Arce-Lopera C, Masuda T, Kimura A, Wada Y, *Okajima K (2013) Luminance distribution as a determinant for visual freshness perception: evidence from image analysis of a cabbage leaf. Food Quality and Preference, 27: 202-207.
95. *Nagano H, Okamoto S, Yamada Y (2013) Visual and sensory properties of textures that appeal to human touch. International Journal of Affective Engineering, 12: 375-384.
96. *Yang J, Kanazawa S, Yamaguchi MK (2013) Can infants tell the difference between gold and yellow? PLoS ONE 8(6): e67535. doi:10.1371/journal.pone.0067535.
97. Masuda T, Sato K, Murakoshi T, Utsumi K, Kimura A, Shirai N, Kanazawa S, Yamaguchi MK, *Wada Y (2013) Perception of elasticity in the kinetic illusory object with phase differences in inducer motion. PLoS ONE 8(10): e78621. DOI: 10.1371/journal.pone.0078621.

C01 計画班

98. *Honda M, Kawai N, Yagi R, Fukushima A, Ueno O, Onodera E, Maekawa T, Oohashi T (2013) Electroencephalographic index of the activity of functional neuronal network subserving the hypersonic effect. Asiagraph Journal, 8: 41-46.
99. *Maekawa T, Honda M, Nishina E, Kawai N, Oohashi T (2013) Structural complexity of sounds necessary for the emergence of the hypersonic effect: Estimation of autocorrelation order. Asiagraph Journal 8: 35-40.
100. Omata K, Hanakawa T, Morimoto M, *Honda M (2013) Spontaneous slow fluctuation of EEG alpha rhythm reflects activity in deep-brain structures: A simultaneous EEG-fMRI study. PLoS ONE, 8: e66869, doi 10.1371/journal.pone.0066869.

C01 公募班

101. Moore JD, *Deschênes M, Furuta T, Huber D, Smear MC, Demers M, *Kleinfeld D (2013) Hierarchy of orofacial rhythms revealed through whisking and breathing. Nature 497: 205-210.
102. Funamizu A, Kanzaki R, *Takahashi H (2013) Pre-attentive, context-specific representation of fear memory in the auditory cortex of rat. PLoS ONE 8 (5): e63655, doi:10.1371/journal.pone.0063655.
103. Kumano H, *Uka T (2013) Responses to random dot motion reveal prevalence of pattern-motion selectivity in area MT. J Neurosci 33: 15161-15170.

[2012]

A01 計画班

104. 島津冴子, *岩井大輔, 佐藤宏介 (2012) 複数台プロジェクタによる投影型複合現実感のための解像度を考慮したプロジェクタ最適配置. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 17: 261-268.
105. *Han S, Matsushita Y, Sato I, Okabe T, Sato Y (2012) Camera spectral sensitivity estimation from a single image under unknown illumination by using fluorescence, Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2012), pp. 805-812.
106. *Sato I, Okabe T, Sato Y (2012) Bispectral photometric stereo”, Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2012), pp. 270-277.

A01 公募班

107. Sakurai K, *Miyata K (2012) Generating layout of nonperiodic aggregates, 芸術科学会論文誌, 11: 119-137.
108. *Murakami Y, Yamaguchi M, Ohyama N (2012) Hybrid-resolution multispectral imaging using color filter array. Optics Express 20:7173-7183.
109. *Okatani T, Deguchi K (2012) Optimal integration of photometric and geometric surface measurements using inaccurate reflectance/illumination knowledge, Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 254-261.
110. Abe T, *Okatani T, Deguchi K (2012) Recognizing surface qualities from natural images based on learning to rank, Proceedings of International Conference on Pattern Recognition (ICPR) pp. 3712-3715.
111. Amano T, Komura K, Sasabuchi T, Nakano S, Yamashita S (2012) The appearance control for the human material perception manipulation, Proc. of 21st International Conference on the Pattern Recognition, pp.13-16.

B01 計画班

112. *Motoyoshi I, Matoba H (2012). Variability in constancy of the perceived surface reflectance across different illumination statistics. Vision Research, 53:30-39.
113. Uchikawa K, Fukuda K, Kitazawa Y, MacLeod DI (2012) Estimating illuminant color based on luminance balance of surfaces. Journal of the Optical Society of America, A, 29: A133-A143.

B01 公募班

114. *Mizokami Y, Kamesaki C, Ito N, Sakaibara S, Yaguchi H (2012) Effect of spatial structure on colorfulness-adaptation for natural images. J Optical Society of America A 29: A118-A127.
115. Arce-Lopera C, Igarashi T, Nakao K, *Okajima K (2012) Effects of diffuse and specular reflections on the perceived age of facial skin. Optical Review, 19: 167-173.
116. Arce-Lopera C, Masuda T, Kimura A, Wada Y, *Okajima K (2012) Luminance distribution modifies the perceived freshness of strawberries. i-Perception 3: 338-355.
117. *Okamoto S, Yamada Y (2012) Lossy data compression of vibrotactile material-like textures, IEEE Transactions on Haptics, 6: 69-80.

C01 計画班

118. Ninomiya T, Sanada TM, *Ohzawa I (2012) Contributions of excitation and suppression in shaping spatial frequency selectivity of V1 neurons as revealed by binocular measurements. J Neurophysiol. 107: 2220-2231.
119. Nishio A, Goda N, *Komatsu H (2012) Neural selectivity and representation of gloss in the monkey inferior temporal cortex. J Neurosci 32: 10780-10793.
120. *Ichinohe N, Borra E, Rockland K (2012) Distinct feedforward and intrinsic neurons in posterior inferotemporal cortex revealed by in vivo connection imaging. Scientific Reports 2012:2:934. doi:10.1038/srep00934.

C01 公募班

121. Shiozaki HM, Tanabe S, Doi T, *Fujita I (2012) Neural activity in cortical area V4 underlies fine disparity discrimination. J Neurosci 32: 3830-3841.

【2011】

A01 計画班

122. Tachikawa T, *Hiura S, Sato K (2011) Robust estimation of light directions and albedo map of an object of known shape, IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, 3:172-185.
123. *Zhang C, Sato I (2011) Separating reflective and fluorescent components of an image, Proc. IEEE Conf Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2011) pp. 185-192.
124. Shimazu S, *Iwai D, Sato K (2011) 3D high dynamic range display system, In Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), pp.235-236.

B01 計画班

125. *Yang J, Otsuka Y, Kanazawa S, Yamaguchi MK, Motoyoshi I (2011) Perception of surface glossiness by infants aged 5 to 8 months. Perception 40:1491-1502.

C01 計画班

126. Hiramatsu C, *Goda N, Komatsu H (2011) Transformation from image-based to perceptual representation of materials along the human ventral visual pathway. Neuroimage 57: 482-494.
127. Okazawa G, Koida K, *Komatsu H (2011) Categorical properties of the color term "GOLD". J Vision 11(8):4, 1-19.

【2010】

A01 計画班

128. *西山正史, 岡部孝弘, 佐藤洋一, 佐藤いまり (2010) 複数の注目領域を用いた写真の主観品質の識別, 電子情報通信学会論文誌 D-II, vol. J93-D: 1364-1374.
129. 古瀬達彦, *日浦慎作, 佐藤宏介 (2010) スリット光の変調による相互反射と表面下散乱に頑健な三次元形状計測, 計測自動制御学会論文集, 46: 589-597.

B01 計画班

130. *Motoyoshi I (2010) Highlight-shading relationship as a cue for the perception of translucent and transparent materials. Journal of Vision, 10(9): 6, 1-11.

C01 計画班

131. Sasaki KS, Tabuchi Y, *Ohzawa I (2010) Complex cells in the cat striate cortex have multiple disparity detectors in the three-dimensional binocular receptive fields. J Neurosci. 30: 13826-13837.

2. 産業財産権等

特許取得 10件、 特許出願中 25件

3. 新聞報道等主なもの

Hiramatsu, Goda, Komatsu Neuroimage (2011) 「物の素材識別の脳内機構」の成果発表について、同年5月26日毎日新聞、読売新聞、中日新聞、6月7日朝日新聞、6月10日日刊工業新聞、科学新聞で報道。新聞ではないが同論文については「子供の科学」で2011年8月7日号でも取り上げられた。

Yang, Kanazawa, Yamaguchi PLoS ONE (2013) 「赤ちゃんが金色を黄色と区別する」の成果発表について、同年6月27日毎日新聞、日本経済新聞、6月30日読売新聞、7月5日朝日新聞等で報道。

その他本領域研究成果に関する新聞報道 計28回

4. シンポジウム、サイエンス・カフェ等

本領域主催公開シンポジウムを4回行った。

国際シンポジウム"Future of Shitsukan Research" 2014年7月16日、17日 東大生産技術研究所コンベンションセンター、海外からの招待講演者9名、参加者220名。

「美術工芸 x 質感脳情報学」2012年5月29日京都市勧業館「みやこめっせ」、参加者160名

「質感理解へと向かう5つの挑戦」2011年12月7日阪大中之島センター、参加者170名

「質感脳情報学領域キックオフシンポジウム」2010年9月25日東大山上会館、参加者150名

その他学会などで4回のシンポジウムを主催または共催で行った。

本領域主催でサイエンス・カフェを3回行った。

場所：CAFÉ Lab (グランフロント大阪) 2014年12月17日、2015年1月5日、同6日

参加者のべ73名

また各班員によるアウトリーチ活動は多数行われた。

その主な例 A01 佐藤班員が国立情報学研究所市民講座にて研究成果を紹介 2014年9月「コンピュータは質感を理解できるか」参加約200名

5. ホームページ

本領域のホームページ <http://shitsukan.jp/> Google 検索で「質感」を検索すると本領域ホームページが2660万件中のトップで表示される (2015年6月5日現在)

7. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況（2ページ程度）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、どのように研究組織間の連携や計画研究と公募研究の調和を図ってきたか、組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

以下に「計画班と公募班の調和」と「項目間の連携」に分けて領域内の連携の状況をまとめる。

計画班と公募班の調和

質感認知は非常に多様な問題が関わっており、計画班だけでそれらすべての問題をカバーすることは不可能である。本領域の計画班はこれまで質感認知研究が実験的にも理論的にも最もよく進んでいる視覚質感認知に関わる研究者を中心として構成し、この領域を牽引した。公募班には視覚質感認知の分野やそれ以外の分野で計画班をうまく補完して領域全体として質感認知に関わる多様な問題に系統的に取り組める体制を作った。図1に領域全体の班構成を分野との関係で示す。具体的な研究課題名は報告書冒頭の研究組織図を参照されたい。A01項目は工学に対応するが、工学はさまざまな分野への応用が可能な場合が多いため、分野分けは示していない。視覚質感認知以外の分野については、公募研究で触覚、聴覚、嗅覚の研究者が参画し、視覚以外の感覚への対応が強化された。また質感認知機能の発達過程や、知覚以外の

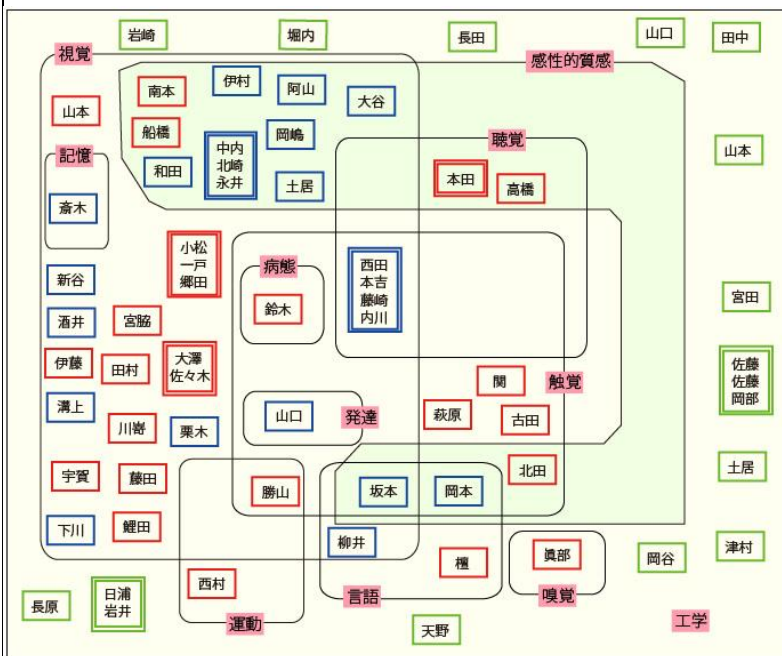


図1 領域全体の班構成と研究分野の関係。各班の枠の色は項目を表す(緑:A01, 青:B01, 赤:C01)。二重の枠線は計画班、それ以外は公募班を表す。

記憶や運動など別の角度から質感認知機能をとらえる研究も公募により補完された。更にヒトの質感認知において重要な役割を果たす言語関連の研究者も参画した。これに関連して、近年ウェブ上に存在する膨大なデータを言葉をタグにして検索する技術が発達しており、質感研究にも有効であると考えられる。そのような技術のエキスパート (B01 柳井) が公募で参画し、画像検索システムが構築され領域共有リソースとして利用された。実験室で推測された質感認知メカニズムの検証には臨床的な研究が極めて重要であり、臨床神経心理学の専門家 (A01 鈴木) が公募で参画し計画班による研究を補完した。また本領域で主に質感認知機能を調べる実験の対象と

されたのはヒト以外ではマカクザルやマーモセット、ネコなどの実験動物であるが、これらの動物種とヒトの間のギャップを埋めるものとしてチンパンジーで認知機能を調べる研究が公募 (B01 伊村) で行われた。質感認知機能は物の素材や表面・内部状態を認知するいわゆる質感認知と、それに情動反応や価値判断を伴う感性的質感認知に大別される。図1から分かるようにこれらいずれの側面に関しても計画班と公募班双方が取り扱えるように体制が組み立てられている。このように研究のコアになる計画班をうまく補完して、質感認知に関わる多様な問題を広くカバーできる体制を整えて研究を進めた。

項目間の連携

異分野が連携して質感認知の研究を進める本領域のようなグループでは、知識や技術のギャップを埋める努力を不断に行うことが重要と考えられ、領域班会議や研究集会の機会を利用して分野間の相互理解を深めた。また総括班で「質感脳情報学データベース」を運用・管理し班会議の発表資料その他の研究情報

を共有しメンバー間の共同研究の振興に役立てた。また総括班でさまざまな素材をそろえた実験用質感サンプルセットが中内班員を中心に竹井機器工業と共同で開発・市販され、共通のプラットフォームとして様々な実験に用いられた。また触覚質感専用のサンプルセットが B01 公募坂本班員らにより開発され、上記質感サンプルセット開発時のノウハウをもとに商品化された。

このような努力の結果、項目をまたがるさまざまな連携が進んだ。研究組織間の具体的な連携関係を図 2 にまとめた。これは班会議などでの議論による情報交換はふくまず、個別の班間で直接行われた共同研究や技術支援を各班から集めた資料に基づき作成したものである。この図をみると分かるように非常に

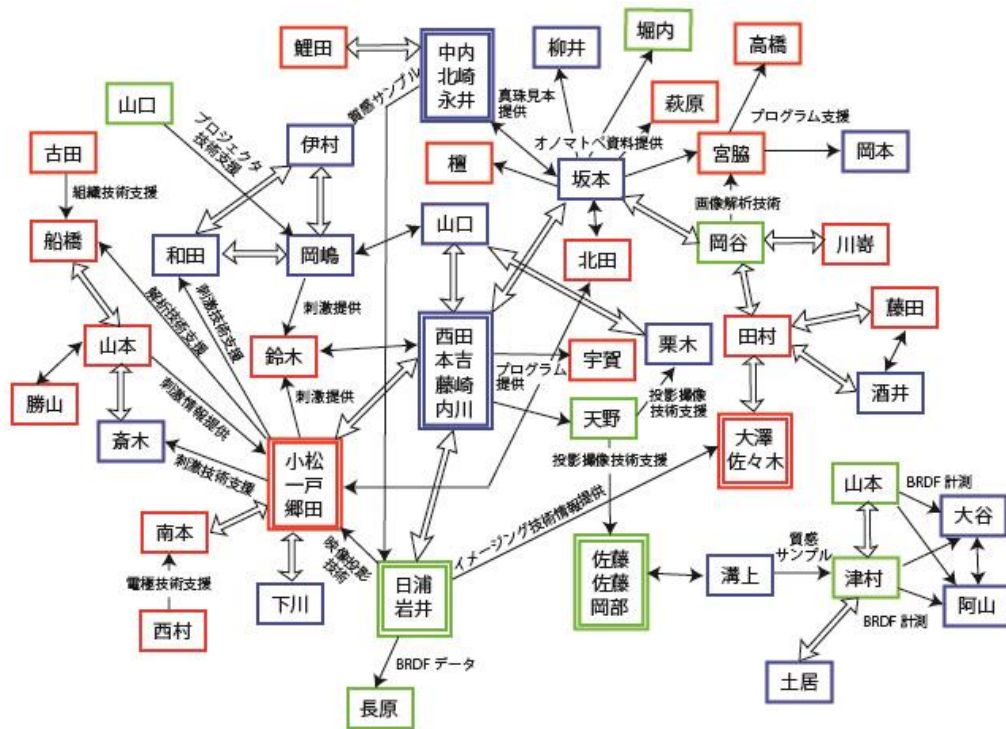


図 2 班間の連携状況の概要。太い矢印は共同研究の成果が論文や学会で発表されたものを表す。両矢印は共同研究、片矢印は技術支援などによる協力を表す。

広範な協力関係が構築されており、さまざまな形で連携が進んだことが分かる。計画研究の各班は領域のコアをなしておりこれらを起点にして多くの共同研究や技術支援がなされたのは当然のことであるが、公募研究のいくつかの班を起点として多くの連携が行われているケースが見られる。B01 坂本班は質感を言語化して定量的に取り扱うシステムを開発し、これに関する情報が多くの班員の研究に役だったものである。また A01 岡谷班はコンピュータビジョンにおける画像解析技術で他の班を支援すると共に、本領域の研究期間と軌を一にして爆発的に発展した深層学習（ディープニューラルネット）による機械学習のエキスパートとして、質感認知研究に新しい考え方を導入することに貢献した。また岡嶋班と和田班（いずれも B01）が共同で開発した食品鮮度の質感認知研究を行うための体系化された刺激は、チンパンジーを用いた実験（B01 伊村班）や病態研究（C01 鈴木班）においても用いられた。一方、この刺激呈示には A01 山口班の有する 6 原色プロジェクタ技術が利用され、一般に入手可能なディスプレイでは表示不可能な高彩度の刺激を呈示することで、果物の鮮度質感の研究が可能となった。このように分野や項目の壁を越えて、班員が必要とするさまざまな支援をお互いにやり取りすることが比較的容易にできる質感研究の場がうまく構築されていたと考えられる。

8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）（1 ページ程度）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

本領域では異分野の連携によって質感認知という新しい問題にアプローチすることを目的としているため、班員が交流して研究成果を発表し、議論を深め、他の分野の知見や技術の情報を元に新しい着想を得て研究を発展させることが最も重要であった。そのために総括班では総括班経費を利用して年2回の班会議をはじめとしてさまざまな仕掛けを作り、融合的な研究がうまく進むよう領域運営を行った。「触覚質感」「視覚質感認知と一般物体認識」「投影型ディスプレイ」「実物が持つ複雑な質感」「工芸の質感」などさまざまなテーマで領域内の研究会を計15回開催し、それぞれの班員の研究現場を見学する機会を合わせて作った。また総括班経費により外部サーバをレンタルし、「質感脳情報学データベース」を運用・管理し班会議の発表資料その他の研究情報を共有しメンバー間の共同研究の振興に役立てた。このような領域運営をスムーズに行うため、総括班経費でウェブ会議システムを導入し、毎月計画代表者がウェブミーティングを行い、領域の活動状況を把握すると共に質感研究を取り巻く状況について意見交換を行い、その後の領域運営について意思決定を行うために有益な議論を行った。また班会議では一人一人の班員の講演時間を十分取ることは難しいため、このウェブ会議システムを利用して、班員が十分時間をかけて関連分野の動向なども含めて説明できるセミナーを計40回行った。また領域活動の広報のためホームページを開設すると共に、公開シンポジウムの開催やニュースレターの発行により領域活動を広く紹介した。このような広報活動の結果、領域の活動が質感に関心を持つ企業に広く知られることになり、企業との多くの共同研究を生み出すことにつながり、研究成果を社会に還元することに貢献すると共に、そこで得た新しい着想により領域内での研究が発展するという好循環を生むこととなった。

また本領域は質感研究で世界をリードするプロジェクトであるが、本領域の活動と並行して世界的に質感に関わる研究が大きく進んだ。それらの動きと連携を深め領域の活動を推進するために、2015年度には海外から先端的な研究を行っている9名の研究者を招聘して国際シンポジウムを行った。またそれ以外にも班会議や包括脳ワークショップでのシンポジウムを行い海外から研究者を招聘して交流を深め、アジアオセアニア視覚会議でのシンポジウムを共催した。また「10. 若手研究者の成長状況」で述べるようにEUの質感関連会議に若手研究者を総括班経費により派遣し、海外との交流と人材育成に役立てた。

また総括班経費による設備としては、宝飾品や美術・工芸といった質感に関して専門的な技能訓練や教育を受けたエキスパートの質感識別の特性を分析するために、それらのエキスパートのいる遠隔地に心理物理の実験設備を持ち込んで実験を行うことを可能にするための設備としてモバイルラボが豊橋技術科学大に導入された。この設備を利用することにより真珠鑑定の熟練者と一般人の品質識別がどのように違っているかを明らかにする成果につながり、質感認知の経験依存性について重要な進展が得られた。またハイパースペクトルカメラを国立情報学研究所に導入し、これにより反射だけでなく蛍光を含む実在シーンの詳細な色解析が可能になり、画像からのシーン理解の研究に新しい展開をもたらした。

・研究費の使用状況

(1) 主要な物品明細 (計画研究において購入した主要な物品 (設備・備品等。実績報告書の「主要な物品明細書」欄に記載したもの。) について、金額の大きい順に、枠内に収まる範囲で記載してください。)

年度	品名	仕様・性能等	数量	単価 (円)	金額 (円)	設置(使用)研究機関
2 2	64ch データ取得システム	UCS-64	1	7,980,000	7,980,000	大阪大学
	大視野視覚刺激提示装置	(株)日本ハイリー社製 Immersive Dome 150H-X2	1	2,992,500	2,992,500	NTT コミュニケーション科学 基礎研究所
	6 軸ロボットアーム	セイコーエプソン(株) S5-L/RC180	1	2,328,900	2,328,900	広島市立大学
	眼球運動測定装置	ISCAN 社製 AA-ETL-200	1	2,293,200	2,293,200	国立精神・神経医療 研究センター
2 3	実験動物用超高周波振動情報提示装置	プレーヤー内臓・特注	16	735,000	11,760,000	国立精神・神経医療 研究センター
	64ch データ取得システム	UCS-64	1	7,927,500	7,927,500	大阪大学
	64ch ワイヤレスヘッドステージシステム	TBSI 社製	1	3,675,000	3,675,000	国立精神・神経医療 研究センター
	ソフトウェア	感性的質感認知に関する動物実験用音響創成	1	3,150,000	3,150,000	国立精神・神経医療 研究センター
	液晶チューナブルフィルタ	(米国 CRI 社製) VSI-10-35	1	2,394,000	2,394,000	国立情報学研究所
	デジタルマイクロスコープ	VHX-2000/1100 カメラ部本体部	1	2,362,500	2,362,500	国立情報学研究所
	撮影照明用 LED 表示システム	円形内向き 表示面 2400 mm×160 mm 白色	1	2,257,500	2,257,500	広島市立大学
2 4	ハイパースペクトルカメラ	エパ・ジャパン(株) NH-C	1	6,825,000	6,825,000 (1,530,000)	国立情報学研究所
	飼育ケージマウス TPX 他一式	特注	1	6,698,790	6,698,790	国立精神・神経医療 研究センター
	神経活動記録システム	CB-64-NP101	1	6,667,500	6,667,500	生理学研究所
2 5	動物実験用音響創成	特注	5	682,500	3,412,500	国立精神・神経医療 研究センター
2 6	臨床研究用音響コンテンツ	国際科学振興財団 特注	1	4,536,000	4,536,000	国立精神・神経医療 研究センター
	分光放射輝度計	CS-2000	1	2,991,600	2,991,600	広島市立大学

(2) 計画研究における支出のうち、旅費、人件費・謝金、その他の主要なものについて、年度ごと、費目別に、金額の大きい順に使途、金額、研究上必要な理由等を具体的に記述してください。

【平成22年度】

・旅費

国内出張旅費 106,400円 包括脳夏のワークショップで領域ポスター掲示、情報収集、意見交換

・人件費・謝金

研究支援者給与 1,269,727円 実験補助

研究支援者給与 1,070,725円 研究技術支援

研究支援者給与 1,022,224円 実験補助

・その他

超広帯域音響映像呈示装置レンタル料 1,349,460円

質感研究に必要な超広帯域音響刺激と高精細映像刺激を同期して呈示するための装置をレンタル

高精細映像呈示装置レンタル料 1,296,540円

質感研究に必要な高精細映像刺激を呈示するための装置をレンタル

【平成23年度】

・旅費

海外出張旅費 674,100円 International Colour Vision Society 参加

海外出張旅費 521,170円 European Conference on Visual Perception 参加

・人件費・謝金

ポストク給与 4,375,795円 質感研究推進

ポストク給与 3,760,000円 光沢研究推進

ポストク給与 3,723,331円 質感研究推進

研究支援者給与 1,902,266円 実験補助

研究支援者給与 1,650,624円 研究技術支援

・その他

動物実験施設利用料 361,920円 動物の供給と飼育管理サービスを受けるため

論文出版費 208,761円 質感脳情報学の研究成果を海外専門誌に発表

【平成24年度】

・旅費

海外出張旅費 757,650円 Vision Sciences Society 参加

海外出張旅費 483,800円 Int. Conf. on Computational Photography 参加

・人件費・謝金

ポストク給与 5,640,000円 光沢研究推進

ポストク給与 5,269,051円 質感研究推進

特任研究員給与 5,158,541円 霊長類の実験とデータ解析の主たる担当者

ポストク給与 3,818,536円 質感研究推進

ポストク給与 2,978,436円 質感研究推進

・その他

動物実験施設利用料 300,000円 動物の供給と飼育管理サービスを受けるため

和文英訳・校正 241,718円 質感脳情報学の研究成果を海外発表するための和文英訳・校正

【平成25年度】

・旅費

海外出張旅費 820,070円

ジャン・モネ・ド・サン＝テティエンヌ大学にて研究打合せ

European Conference on Visual Perception 参加

海外出張旅費 594,370円 Int. Conf. on Computational Photography 参加

・人件費・謝金
ポストク給与 5,277,127 円 質感研究推進
特任研究員給与 5,212,157 円 霊長類の実験とデータ解析の主たる担当者
ポストク給与 3,081,044 円 質感研究推進
ポストク給与 2,820,000 円 光沢研究推進
ポストク給与 2,797,159 円 質感研究推進
研究支援者給与 1,936,420 円 実験補助

・その他
マウス糞中コルチコステロン測定外注費 756,000 円
超広帯域音響刺激呈示がホルモン分泌に及ぼす影響を調べるため

動物実験施設利用料 689,920 円
動物の供給と飼育管理サービスを受けるため（利用料は別の経費と折半）

【平成26年度】

・旅費
海外出張旅費 485,850 円 Vision Sciences Society 参加

・人件費・謝金
ポストク給与 5,700,000 円 光沢研究推進
特任研究員給与 5,681,971 円 霊長類の実験とデータ解析の主たる担当者
ポストク給与 5,285,196 円 質感研究推進
ポストク給与 3,245,693 円 質感研究推進
研究支援者給与 1,198,433 円 実験補助

・その他
音響構造分析プログラム作成費 1,512,000 円
研究に用いる音響信号の物理特性を解析するためのプログラムの作成を外注
論文出版費 393,525 円 質感脳情報学の研究成果を総合国際学術誌に出版

(3) 最終年度（平成26年度）の研究費の繰越しを行った計画研究がある場合は、その内容を記述してください。

該当なし

9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1 ページ程度）

研究領域の研究成果が、当該学問分野や関連分野に与えたインパクトや波及効果などについて記述してください。

本領域は工学、心理物理学、脳科学が連携して質感の理解を目指す世界で初めての本格的な融合研究プロジェクトであり、そこから新しい質感計測・表示技術、質感に関わる感覚刺激特徴、質感の神経基盤についての新しい発見が多数生み出された。これらの成果は世界トップレベルの国際会議やシンポジウムで発表されると共に多数の論文を生み出し、その成果は世界的に注目されている。質感の理解への関心は本領域発足後ますます世界的に高まりを見せており、2012年にはEUからの研究費によりEU加盟各国による質感研究と人材育成のためのプロジェクトであるPRISMがスタートし、2014年には米国で国際光工学会（SPIE）の元に質感関連会議がスタートした。本領域はそれらの流れをリードしたものであることができる。これら国外で見られる組織は主に心理物理と工学関連のグループであるが、本領域においては脳科学が中心分野の一つであり、本領域の研究により質感認知の神経基盤の理解が大きく進んだ点は今後さらに国際的にインパクトを与えるものと予想される。素材や光沢の識別の実体が腹側視覚経路の情報処理と腹側高次視覚野のニューロン活動にあることが示され、さらにこれらの部位の局所脳損傷により実際に質感認知が障害される事例が見いだされた。質感の認識は日常生活において極めて重要であるため、これらの成果の医学的な意義は極めて大きく、今後多くの医学・脳科学の研究者がこの分野に参入するものと考えられる。

また本領域はさまざまな仕方および広がり社会にインパクトを与えている。その一つは個別の研究が関連学問分野や社会の関連分野にインパクトを与え、その結果共同研究に発展したようなケースであり、数多くの事例からいくつかを以下に紹介する。A01 計画佐藤班では、従来コンピュータビジョンではほとんど取り上げられなかった蛍光に注目した研究を行い、蛍光が通常の反射光には見られない多様な情報を持つことを示す数多くの成果を発表し、コンピュータビジョン分野の世界トップレベルの国際会議（CVPR2011）で受賞したほか、多くの大学や企業との共同研究に発展した。B01 計画西田班では、流体の質感知覚で明らかにされた知覚手がかりと工学班が持つ映像投影技術の知見を元に、静止面に画像の運動成分を映像投影により付与することによりあたかも静止物体が動いているかのように知覚される技術（変幻灯）を開発した。この技術はデモ画像をH27年3月にYoutube上に掲載以降68000回以上視聴されるなど新しい質感編集技術として社会的にも高い関心を集め、さまざまな企業から利用の希望がある。B01 計画中内班では、真珠のさまざまなランクの差を生み出す特徴の計測と真珠鑑定士の質感認知の特性についての成果が、我が国特産の重要な宝飾品である真珠の質感に関する科学研究として注目を集め、国内真珠関連団体との連携が始まり、また農林水産省の革新的技術緊急展開事業にも2014年に採択され、企業との共同研究も進んでいる。またC01 計画本田班では、可聴域を超える超高周波を同時に与えることにより、音の質感が向上し脳報酬系の活動が増大するハイパーソニック・エフェクトについての成果が社会的な注目を集め、特に音響産業においては人間の可聴域上限をこえた周波数成分を記録再生可能なハイレゾリューション・オーディオの配信が実用化されるに至った。またその他の産業応用として、自動車、公共交通、住居、公共空間における質感の高い音環境創出に向けた動きが始まっている。

また本領域の活動が関連学問分野に多くの関心を引き起こしていることは、質感をベースに学術雑誌の特集号が多数組まれたり、学会関連で質感をテーマにした研究会やシンポジウムが多数組まれるなどのことが示している。これは本領域以前には見られなかったことである。例えば、医学・生物学関連の学術雑誌から領域代表の小松に質感特集号の編集依頼があり「生体の科学」2012年第4号で「質感脳情報学への展望」特集を組み、「Brain & Nerve」2015年6月号においても「脳と「質感」」特集が組まれた。また学会誌では映像情報メディア学会誌で2012年第5号で「質感を科学する」特集、日本光学会発行の光学で2014年7月号で「画像情報に基づく質感表現・認知研究の最前線」特集が生まれ、本領域班員多数が執筆した。また学会では、映像情報メディア学会の2012年大会で質感関連のセッションが組

また他、情報処理学会、電子情報通信学会、日本色彩学会などで質感を取り上げた研究会が行われ、本領域班員多数が参加した。また2015年7月に行われる日本神経科学大会においても本領域がオーガナイズしたシンポジウム「質感認知の神経基盤理解の最前線」が行われる。また視覚関連の国際学術誌 Vision Research では、本領域計画班員の西田が担当エディターとして加わり2015年に Material Perception の特集号が生まれ、本領域班員による多数の論文が掲載され国際的にもインパクトを与えている。

質感は生活と密接に関連し、またヒトの感性や情動にも影響を与えるため、多くの企業が本領域の活動に関心を持ち、本領域主催のシンポジウム等に参加したりホームページ上の情報を通して班員と接触を持ち、個々の班員と企業との共同研究は多数行われている。それに加え本領域が進める質感への科学的なアプローチはより幅広い形で企業活動に寄与することが可能であり、実際に企業からの要請を受けてそのような活動も行った。例えばNTTデータが主催する応用脳科学コンソーシアムから要請があり、2013年度に「質感脳情報研究会」が本領域のアドバイスの元に5回行われ多数の企業に対して質感への科学的アプローチを紹介した。またA01計画班の日浦は本領域での活動をきっかけに中国地方の産業関連団体が主催する「中国地域質感色感研究会」の副委員長として企業の技術相談を行い、この研究会が「第4回地域産業支援プログラム表彰(イノベーションネットアワード2015)」で最優秀賞に相当する経済産業大臣賞を受賞することに貢献した。

10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1 ページ程度）

研究領域内での若手研究者育成の取組及び参画した若手研究者の研究終了後の動向等を記述してください。

本領域には多くの若手研究者が参画した。研究領域全体に係るデータにまとめたように、領域研究期間終了時点において研究代表者、研究分担者、連携研究者、研究協力者を含む全班員メンバー188名中97名が39歳以下の若手研究者であった。本領域の活動はこれらの若手研究者の力で支えられ、多くの若手研究者が毎回班会議に参加することで、極めて活気にあふれた交流の場が生み出された。また代表者は40名中7名、分担者は11名中3名が若手研究者であり、領域の中心も若い力で担われていたことを示している。班会議では毎回口演セッション以外に十分なポスターセッションの時間を設け、多くの連携研究者や研究協力者の若手研究者が発表を行い、領域のシニアメンバーや他の班員からさまざまなコメントを得て研究を発展させた。このような領域全体の研究交流の中から、多くのすぐれた成果が生み出され多数の学会で大学院生やポスドクが優秀な発表を行い受賞した。その中にはCVPR, ACCV, APCV, VSSなどコンピュータビジョンや視覚心理物理学の世界トップレベルの国際学会での最優秀学生発表賞の受賞も含まれている。また総括班の企画により特定のテーマで研究交流を深めるために研究会をたびたび行い、若手研究者の班員を積極的に招聘し総括班経費による旅費支援も行った。またEU支援による質感研究国際グループPRISMの2013年（フランス）と2014年（トルコ）のワークショップに若手研究者が参加するための費用を総括班経費で支援した。多くの若手研究者は現在も同じ所属機関で研究を続けているケースが多いが、平成26年度の就職状況は常勤研究職への就職が11名、非常勤の研究職が21名となっている。常勤研究者としては、領域の研究費で雇用していたポスドクから大学の准教授が1名、講師が1名、助教が5名、研究協力者のポスドクから講師が3名、助教が3名、研究協力者の大学院生から助教が2名などとなっている。

11. 総括班評価者による評価（2ページ程度）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

【富永昌治 千葉大学特任研究員（主にA01項目担当）からの評価】

質感脳情報学研究プロジェクトは、研究代表者である小松英彦教授の強力なリーダーシップの下、計画班員の意欲的な研究推進、および公募班員の積極的な参画によって、着実に進展してきたといえる。A01項目（工学系）「質感の計測と表示に関わる工学的解析と技術」は、①質感の画像計測表示システムの構築、②画像による質感の解析と識別、および③質感を有する3D実物体と映像の生成、の3つに整理できる。まず①では、新たな計測技術を開発しており、研究レベルは十分高く、成果が期待できた。②では、蛍光感、光沢感といった具体的な材質感の理解と解明への積極的な取り組みを期待した。③は質感の表示系であるが、実物体、CG技術および制御技術を併用するところに新規性があった。総合的な評価結果を以下に記す。

研究内容は、質感の計測・解析・表示に関わる工学的技術開発で、新しい質感の学術領域を創出するための根底となる重要なものであり、産業界からも強く求められている先進的な研究といえる。また、心理物理分野や脳科学分野における研究を積極的に取り込んできた点や、創造性の高い独自のアルゴリズム・システム・装置の開発を推し進めてきた点も高く評価できる。

研究成果発表に関しては、IEEEやOSAの学会誌をはじめ、インパクトの高いjournalに掲載されており、論文発表はこれからも続くと期待できる。また、国際会議等にも多く成果を発表しており、速報的効果が大きめで、best paperといった賞を受賞している。これにより十二分の成果をあげていると評価できる。

融合研究については、今後の進展に期待するが、すでに一定の成果が得られている。深層学習で人工質感認識神経回路を実現し、言語化困難な質感概念の内部表現を推定するアプローチは、脳科学との関連で一つのブレークスルーといえる。また映像投影技術や質感制御技術は心理物理の方法がうまく融合された研究といえる。実物体と画像表示物体における質感の差異の解明も融合研究の成果といえる。

対外的なインパクトに関しては、本研究が世界に先駆けてスタートした意義は大きい。順調に成果をあげるとともに国際舞台での発表も多くあり、そのインパクトは大と評価できる。実際、2014年から米国で Measuring, Modeling, and Reproducing Material Appearance 会議が発足して関心を集めるとともに、質感に関する新たなプロジェクトが計画されており「Shitsukan（質感）」という用語が広く知られている。本プロジェクトの国際的貢献は高いと評価する。

【江島義道 京都大学名誉教授（主にB01項目担当）からの評価】

本領域の研究目的は、ものの価値判断や快・不快の情動生成と密接につながっている「質感認知」に関わる情報処理が脳内でどのように処理されているかを解明することである。また、質感の科学的理解に基づいて、質感情報の獲得や生成に関する工学技術を発展推進することである。

このため、Bグループでは、①心理物理学的手法を用いて、素材や質感の認知が、受けた刺激に含まれるどのような要素や特徴を使って達成されているかを明らかにするとともに、②質感の定量的測定、質感の機械認識、質感コントロール技術の開発が行なわれた。Bグループでは、これまでに下記のような研究成果が得られた。

1) 質感を表す感性（物の光沢感、真珠の光沢感、漆の光沢・艶・深み、半透明感、液体の粘性、湿り度、金銀銅色感、素材感（金属らしさ、木らしさ、布らしさ）、きめの細かさ、食の鮮度、手触り感（ねばねば、ざらざら、さらさら、すべすべ）等）と**物理的特性**（輝度特性、輝度空間スペクトラム特性、鏡面反射特性、拡散反射特性、運動情報、空間特性、3次元形状特性、皮膚変形特性・特徴ベクトル、オノマトベ音韻等）の関係が心理物理実験によって分析され、質感認知に関わる情報処理機構が明らかにされた。

2) 質感を計測する技術が開発され、産業応用への道が開かれた。以下に具体例を示す。

○真珠のランクを決定づける光干渉の波長依存性を明らかにし、真珠鑑定士の評価と関連の高い物理計測による真珠評価法を見つけた。これは、真珠の機械評価や鑑定士教育（トレーニングシステム）に応用が可能である。また、多層膜による人工真珠開発も可能である。

○食品の鮮度評価法が開発された。

○肌の透明感を表す指標が見つかった。

3) A,B,C のグループ間の連携が進み、グループを超えた研究者相互間での比較・補完を可能とする実験データの累積の道が開かれた。これにより、研究の質が高められ、初期には予想できなかった大きな研究成果が得られた。

A グループの技術的支援によって、精密に統制された刺激の作成や物理的特性の厳密な分析が可能になり、B グループの実験の質と効率性が高められた。また、B グループの研究成果が、A グループにおける質感情報の獲得や生成に関する工学技術の開発に役立ち、C グループの実験においても、実験パラメータの選定などで役立ち、質感の脳機構の解明に繋がった。

総括：計画を上回った研究成果が得られたと高く評価できる。研究がさらに継続されれば、学術面だけでなく産業界への大きな貢献が期待できる。

【田中啓治 理研脳科学総合研究センター シニアチームリーダー（主にC01項目担当）からの評価】

本研究グループは、工学的研究、心理物理学的研究、脳科学的研究を統合して質感にアプローチした。色覚については比較的長い研究の歴史があるが、その脳メカニズムとくに高次なメカニズムについては不明のところが多かった。色覚以外の表面材質などについての質感についてはさらに研究が少なく未知の分野であった。工学的研究では、様々な照明条件下における対象物体の見えを計測する装置、プロジェクタから投影した画像をカメラで取り込み輝度値をオンラインで変更して投影物体の質感を増す方法、鏡面反射と拡散反射など物体表面の見えを構成要素に分解する処理法など多くの有用な新技術が開発された。心理物理学的研究では、光沢感、物体色、半透明感、細かさなどの質感の構成要素がそれぞれどのような画像特徴から生じているかについて理解が進み、脳科学的研究では、マカク属サルの下側頭葉皮質において光沢に選択性を持つ神経細胞群が同定され、その情報表現様式が解明されるなど画期的な成果が多く得られた。異なる領域間の交流が盛んに行われ、研究リソースの共有も積極的に行われて良い成果に結びついた。研究会も頻繁に行われた。何回かの研究会に参加させていただいたが、大変活発な議論がなされており、また発表内容も高度であった。研究内容は多様性を積極的に活かし、班員がお互いに強い刺激を受けている様子がよく見てとれた。質感に関する学際的研究という新しい学問分野が作られた。今後の更なる展開が大いに期待される。