

令和 3 年 5 月 21 日現在

機関番号：32639

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05916

研究課題名(和文) 質感知覚の神経基盤とその獲得および変容機構

研究課題名(英文) Neural basis of Shitsukan perception and the mechanisms of its learning and modulation

研究代表者

小松 英彦(KOMATSU, Hidehiko)

玉川大学・脳科学研究所・教授

研究者番号：00153669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 72,800,000円

研究成果の概要(和文)：質感の脳内表現の獲得と利用について生理実験を行い、実素材の視触覚経験により下側頭皮質に素材の脳内表現が形成されること、また下側頭皮質の光沢選択性領域の活動が光沢識別行動に関与していることを明らかにした。理論研究では光沢を持つ物体画像から物体の3次元形状の復元に成功した。さらに、画像統計量と感性的質感認知の関係を心理物理学的に検討し、人間は少数の画像統計量に基づき素早く特定の表面質感を心地よい・気持ち悪いと評価していることを見出した。この結果は材質の認知とは別に画像統計量から直接情動関連情報を処理する経路が存在する可能性を示唆しており、脳波計測でもそれを支持する結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

質感は本質的に異種感覚が統合されたマルチモーダルな性質を持つが、その仕組みの重要な部分が明らかになった。また、これまで知られていた大脳視覚野の質感表現が実際に質感識別に関与していることが示され、機能的意義がより明確になった。質感は情動に強く結びついているが、その処理が大脳視覚野で階層並列的に行われるのみならず、少数の画像特徴を素早く検出するショートカットの経路も併せ持つことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Physiological experiments were conducted to understand how neural representation in the cerebral cortex related to Shitsukan (material perception) is acquired and how it is utilized for behavior. It was found that neural representation of various materials is formed in the inferior temporal cortex through visuo-haptic experience, and that neural activities in this area is related to the discrimination in the material perception. A theoretical analysis has succeeded in construction of 3D shape from 2D images of glossy objects. Psychophysical studies have shown that emotional evaluation of material images is performed rapidly based on a small number of visual features, suggesting the presence of shortcut in the neural processes in material perception. This hypothesis was supported by a physiological experiment measuring EEG.

研究分野：視覚生理学

キーワード：質感 視覚 表面反射特性 素材識別 脳活動

## 1. 研究開始当初の背景

質感認知の基本的な機能には物体の素材を分類する機能と、物体表面や内部の状態や質（光沢や半透明など）の程度を区別する機能が含まれる。また物体の美醜の判断や生物的な価値の判断につながる感性・情動的な処理も密接に関係する。これまでの我々の研究や他のグループの研究によって、光沢や素材識別などの基本的な視覚質感については、それらに係る刺激の特徴の心理物理学的研究が進み、大脳視覚野での処理の内容についての基本的な理解も得られていた。しかし、そのような情報が脳を構成する階層的な神経回路やさまざまな領域におけるどのような神経情報処理や計算によって取り出されるのか、あるいはどのように脳内の質感情報の表現が獲得され変容されるのか、また感性・情動的な質感認知にどのような処理が関わり、どのような情報が使われているのかについてはよく分かっていなかった。そこで、本研究では質感認知におけるそれらの重要な問題にアプローチするための研究を行った。

## 2. 研究の目的

本研究では大脳視覚野において、素材を分類する機能や物体表面の状態の識別といった質感認知の基本的な機能、およびそれらが情動に影響する感性的質感認知の機能について、それら質感認知がどのような画像特徴を用いて行われるか、そのためにどのような情報処理アルゴリズムを用いればよいか、またそれらの画像特徴の検出が脳内でどのように行われているかを明らかにすることを目的として研究を行った。さらに、脳内の情報表現が学習や経験によりどのように変容するかを明らかにすることも目的に含めた。また、質感認知においては、階層的に構成された視覚系において、段階的に単純な特徴から徐々に複雑な特徴を取り出して利用する様式と、ある質感に相関する比較的単純な特徴を取り出して利用するショートカット的な様式の両方から成り立つ重層的な処理が行われる可能性があり、その区別を行うことも目的に含めた。

## 3. 研究の方法

本研究では、質感認知の仕組みを探るためにヒトを用いた心理物理実験および脳活動計測実験と、マカクザルを用いた行動実験、電気生理学実験および機能的MRI計測実験を行った。また質感認知における逆問題の解決方法を探るための理論研究、および視覚系の処理を近年急速に発展した深層畳み込みニューラルネットワークの処理と比較する手法による研究も行った。心理物理実験や行動実験では、質感に関わると考えられるさまざまな視覚特徴や触覚特徴を持つ画像や実物体を提示して、反応を定量的に計測・評価した。電気生理学実験では、行動課題を訓練したマカクザルを用いて、画面にさまざまな特徴を持つ質感画像を提示した時の神経細胞の応答を微小電極法で記録した。ヒトの脳活動計測実験では、健常な被験者が視覚刺激を見たり評価する時の脳活動を fMRI または脳波で計測した。

## 4. 研究成果

高次視覚野において見いだされてきた素材のマルチモーダルな情報表現の獲得に、物体を見て触る視触覚経験が果たす役割を明らかにするために、小松と郷田らはさまざまな素材でできた円柱状の物体を見て触る課題をサルに数カ月間行わせ、その前後で視覚野の活動を機能的MRI (fMRI) で測定し、経験前後の脳活動の比較を行った。その結果、高次視覚野の下側頭皮質後部の活動が視触覚経験前後で変化し、経験後には素材の印象が表現されることが明らかになった(図1、Goda et al. 2016)。またこの課題を行っているサルの行動を成功率や把持力にもとづき詳しく解析した結果、素材により触り方が異なることが明らかになった。予想外のことに、毛で覆われた物体は顕著に避ける傾向が見られたが、画像を触る課題ではそのような傾向は見られなかった(Yokoi et al. 2018)。この結果は、質感認知の仕組みを理解するための研究においては、実物体を用いることで初めて手に入る情報があることを示している。

このような素材認知は脳内のどのような計算で行われるのかについての手がかりを得るために、

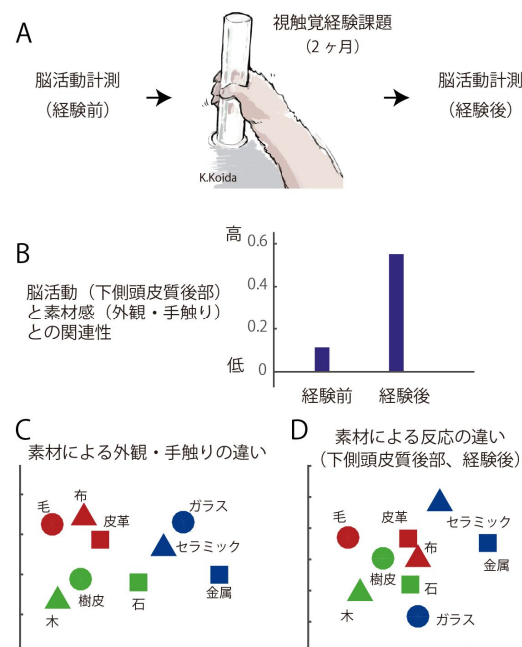


図1：視触覚経験前後のサルの脳活動の変化

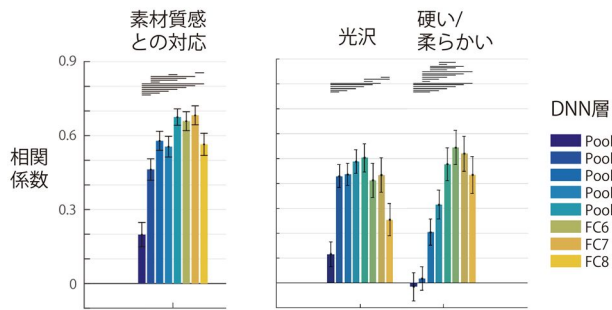


図2：DNN 各層の特徴と質感の関係

の基本構造をある程度模擬しており、脳の視覚野ネットワークと一定の対応がみられることが示されている。それぞれの画像に対する DNN 各層の活動から、そこで表現されている特徴を求め、それらと、12 形容詞対尺度の心理評定実験で求めた質感印象を比較したところ、DNN 特徴と心理的な質感印象との間により対応がみられることが分かった (図 2)。DNN の層ごとにみると、一般に、高次の畳み込み層・プーリング層 (VGG19-pool5 層等) の表現が質感印象をよく反映していた。一方より高次の全結合層等では逆に質感との対応は悪くなった。さらに、光沢などの視覚的な質感については比較的低位の層からよい対応がみられ、一方、硬さ、重さなどの非視覚的な質感に対しては、より高次の層がよく対応することも分かった。特定の質感と関係する DNN 特徴が見つければ、それら进行操作することで、その質感を変えることが期待できる。

また、小松、郷田らはこれまでの研究でマカクザルの下側頭皮質上側頭溝の下壁皮質にさまざまな光沢を見分ける光沢選択性ニューロンが固まって存在する場所があることを見つけ、その性質を明らかにしてきた。これらのニューロンが光沢知覚に実際に関係しているかどうかを調べるために、サルが光沢識別課題を行っている時に、光沢ニューロンの活動を操作してサルの課題遂行にどのような影響が生じるかを調べた。光沢選択ニューロンが存在する領域付近に微小電気刺激を与えニューロン活動を人工的に引き起こすと、サルはより光沢が強いと判断する傾向が見られた。また GABA 作動薬のムシモルを微量注入してニューロン活動を抑制した時には、光沢識別の感度が低下する傾向が見られた。これらのことから、下側頭皮質の光沢選択ニューロンは光沢識別に関係しているという考えが支持された (Baba et al. 2021)。

質感認知は逆光学の過程であると言われる。これは、「物体形状」と「表面反射特性」と「照明」の三つの要素が相互作用して物体画像を生み出す過程 (順光学の過程) のちょうど逆向きのことを質感認知では行っているからである。質感認知では物体画像を元にして、主に質感に関わる表面反射特性の情報を取り出すことが行われている。このような逆光学の過程は一般には解が一意に定まらない不良設定問題だが、ヒトはうまくこの問題を解いており、それがどのように行われているのかは、質感認知に関わる大きな謎として残っている。下川らはこの仕組みについて理解を進めるために、光沢 (鏡面反射) を持つ画像から 3 次元形状の復元を行うことができる計算モデルを構築した (Shimokawa et al. 2019)。

この研究ではヒトの形状知覚についての心理物理学研究にヒントを得て、画像から 3 次元形状を復元するアルゴリズムを作成した。このアルゴリズムは「画像方位」と「上下方向の輝度極性」という 2 つの画像特徴量を用いるが、

それにより凹凸の複雑な形状であっても、また 1 枚の画像からでも 3 次元形状を復元することができることを示した (図 3)。さらに心理物理学研究の知見に基づいたアルゴリズムであるため、単に正しい形状に近いものを復元するだけでなく、ヒトの形状知覚と共通点があることを示した。例えば図 3 の画像 (A) と画像 (B) は 3 次元形状 (C) に基づいてコンピュータグラフィックス (CG) で作成したものである。ただし、画像 (A) はわざとヒトの形状知覚が間違えやすいように照明環境や形状を工夫して作成している。真の形状 (C) では赤の十字で示した場所は出っ張っているが、画像 (A) では凹んで見える。今回開発したアルゴリズムを用いて画像 (A) から復元した形状が (D)、画像 (B) から復元した形状が (E) であり、ヒトの知覚と対応した形状復元を行っているこ

郷田は近年画像認識分野で急速に発展したニューラルネットワークを用いた解析を行った。この解析では、多数の素材の画像についての深層畳み込みニューラルネットワーク (DNN) の特徴表現と、質感との関係を調べた。DNN には、物体画像認識のためによく用いられている、物体カテゴリを事前学習済みのもの (VGG16/19) を使用した。このネットワークは複数層の畳み込み・プーリング層と 3 層の全結合層で構成されている。このネットワークは脳視覚野ネットワーク

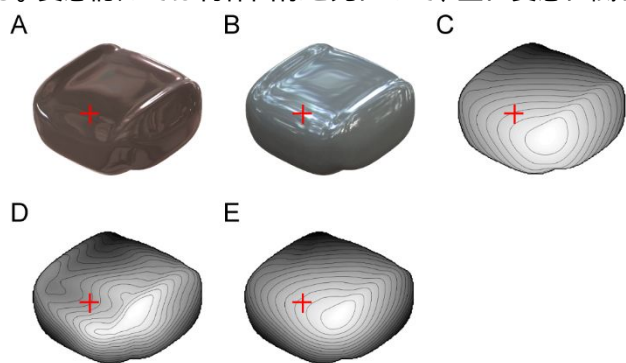


図3：CG で作成した画像の見え方とアルゴリズムで復元された 3 次元形状。(A,B) 異なる照明環境下で生成された画像。(C) CG 作成時に用いられた真の 3 次元形状。(D,E) それぞれ (A) と (B) の画像からアルゴリズムで復元された 3 次元形状。



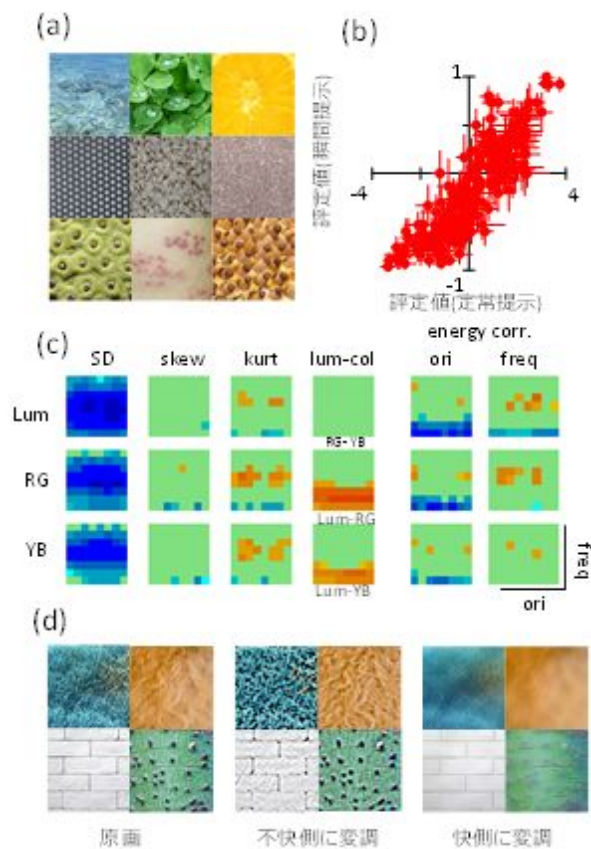


図4：(a)様々な情動価値をもつ表面画像。(b) 画像を定常提示したときの心地よさ評価と瞬間提示したときの評価の関係。(c) 心地よさ評価と相関する画像統計量。赤は正の相関、青は負の相関を示す。(d) 心地よさに関連する統計量を弱めた画像(中央)と強調した画像(右)

先に頭頂葉前部で不快さに関連した素早い電位が生じることが見いだされた(小川・本吉, 2019)。これらのことから、材質認知の複雑な情報処理を完全に理解せずとも表面画像の特徴を分析するだけで、表面の美しさ・醜さを予測したり制御したりする技術への可能性が見えてきた。これは表面に限らず情景や絵画など、画像や動画の知覚全般に当てはまる可能性もある(Sato et al., 2016; Kobayashi & Motoyoshi, 2019; Motoyoshi, 2019)。

また本吉らは、質感とその価値の知覚において重要な役割をもつテクスチャ情報あるいは画像統計量を符号化するメカニズムに関する基礎的な研究を進めた。例えば、近接する方位の間の角度や位置関係により定義される高次の画像統計量を符号化する機構が存在すること(Sato et al., 2019)、カテゴリカルな明暗コントラストの表現が存在すること(Hata & Motoyoshi, 2018)などを新しい残効錯視を用いて示した。また、様々な自然テクスチャ画像に対する視覚誘発電位を解析した結果、視覚皮質において低次・高次の画像統計量がそれぞれ異なるタイミングで組織的に符号化されることを明らかにした(Orima & Motoyoshi, 2019)。更に、質感知覚の照明に対する依存性についても新たな検討を進めた。従来の研究では、光沢などの質感は照明の空間構造(照明統計量)に強く依存することが知られていた(Motoyoshi & Matoba, 2012)。質感知覚にとりわけ大きな影響をもつ照明統計量を突き止めるため、様々な自然照明場(light field)のもとに置かれた様々な物体の光沢やザラザラ度の知覚を精密に測定し、照明統計量との関係を解析した。その結果、コントラストや歪度など従来から知られていた統計量に加えて、方位信号間の相関という高次の統計量が質感知覚に強く影響することを見出した。この結果に基づいて、質感の知覚を促進する「演質感性」の高い照明場を提案した(Kondo, Fujita & Motoyoshi, 2019)。

質感知覚の研究では物体や表面の「見え」に関する人間の主観評価のデータを大量の画像について集める必要がある。本吉らは、この主観的な心理値をより高い効率と少ない心的負担で計測するため、古典的な一対比較法を実験手続きとデータ解析の双方において改良した「適応的比較行列法」を考案した。これにより、古典的な方法では数万以上の試行を必要とした見えの心理値を、わずか数百の試行で求められるようになった(Motoyoshi & Kashiwakura, 2018)。

人間は画像の特徴を利用して質感を素早く知覚するが、じっくり観察してより深い判断を下すこともできる。本吉らは、この「遅い視覚」のメカニズムに迫るために、動的なテクスチャ画

とが分かる。開発したアルゴリズムのソースコードはウェブ上で公開している(学会発表など[2])。

本吉らは、滑らかなシルクからブツブツした生き物の表皮まで様々な表面の質感が喚起する心地よさや気持ち悪さを人間の観察者に評価させ、質感の情動的価値や美醜の判断がどのような情報に基づくかを調べた。その結果、表面の心地よさや気持ち悪さの判断は、表面の画像に含まれる比較的少数の画像統計量とよく相関することが明らかになった(図4: Motoyoshi & Mori, 2016)。決め手となる画像統計量を人工的に操作すると実際に表面の美醜が変わること、表面の画像を極めて短時間だけ提示して材質認知をできなくしても情動的評価はあまり変わらないことも分かった。空間周波数や方位のスペクトルだけを操作した無意味なノイズ画像でも類似の結果が得られた。その一方で、画像統計量の点ではかなり醜い表面に分類される「食べ物」の画像は心地よいと評価されることもわかった(森・本吉, 2017)。食べ物のような特別な材質の処理は非常に素早くおこなわれ、情動処理を強く変調する可能性が考えられる。

一般に、モノの価値の評価はそのモノの認識の後に行なわれると考えられがちだが、上の実験結果は、ヒトの脳には材質の認知とは別に画像統計量から直接に情動関連情報を処理する経路が存在する可能性を示唆している。この可能性を脳波計測により更に検証したところ、視覚野よりも

像に対する意思決定のダイナミクスを探る研究も進めた。その結果、視覚系は複雑な画像から統計量を素早く取り出し、その統計的情報を系列的にサンプルして「見え」に対する意思決定をするという図式が成立することを明らかにした (Maruyama et al., 2019; Yashiro et al., 2020)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 Baba M, Nishio A, Komatsu H	4. 巻 2
2. 論文標題 Relationship between the activities of gloss-selective neurons in the macaque inferior temporal cortex and the gloss discrimination behavior of the monkey	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex Communications	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/texcom/tgab011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ogawa N, Motoyoshi I	4. 巻 11
2. 論文標題 Differential effects of orientation and spatial-frequency spectra on visual unpleasantness	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Front Psychol	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2020.01342	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Motoyoshi I	4. 巻 15
2. 論文標題 Adaptive comparison matrix: An efficient method for psychological scaling of large stimulus sets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0233568	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 小松英彦	4. 巻 38
2. 論文標題 視覚を通して世界を知る脳の働きを探る	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 基礎心理学研究	6. 最初と最後の頁 112-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Otaka H, Shimakura H, Motoyoshi I	4. 巻 36
2. 論文標題 Perception and decision mechanisms involved in average estimation of spatiotemporal ensembles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America A	6. 最初と最後の頁 1609-1616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAA.36.001609	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kobayashi M, Motoyoshi I	4. 巻 10
2. 論文標題 Perceiving natural speed in natural movies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 i-Perception	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/2041669519860544	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 郷田 直一	4. 巻 57
2. 論文標題 質感認知の神経基盤を探る	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 197-206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11370/isj.57.197	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yokoi I, Tachibana A, Minamimoto T, Goda N, Komatsu H	4. 巻 120
2. 論文標題 Dependence of behavioral performance on material category in an object-grasping task with monkeys	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 553-563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jn.00748.2017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Komatsu H, Goda N	4. 巻 392
2. 論文標題 Neural mechanisms of material perception: quest on shitsukan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 329-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroscience.2018.09.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中山 遼平、本吉 勇	4. 巻 30
2. 論文標題 Vision Toolbox: Psychtoolboxを利用した視覚実験パッケージ (日本語版)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 VISION	6. 最初と最後の頁 158-165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24636/vision.30.4_158	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hata W, Motoyoshi I	4. 巻 18
2. 論文標題 Bidirectional aftereffects in perceived contrast	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 12-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/18.9.12	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe M, Michida N, Kishi A, Nishikawa K, Goda N, Komatsu H, Nouzawa T	4. 巻 62
2. 論文標題 Global structures of automotive interiors revealed by algorithms of the visual brain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Design Studies	6. 最初と最後の頁 100-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.destud.2018.10.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Sato H, Kingdom FAA, Motoyoshi I	4. 巻 9
2. 論文標題 Co-circularity opponency in visual texture	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-38029-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shimokawa T, Nishio A, Sato M, Kawato M, Komatsu H	4. 巻 13
2. 論文標題 Computational model for human 3D shape perception from a single specular image	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fncom.2019.00010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tajima S, Koida K, Tajima CI, Suzuki H, Aihara K, Komatsu H	4. 巻 6
2. 論文標題 Task-dependent recurrent dynamics in visual cortex	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 e26868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.26868	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okazawa G, Tajima S, Komatsu H	4. 巻 27
2. 論文標題 Gradual development of visual texture-selective properties between macaque areas V2 and V4	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 4867-4880
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhw282	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mochizuki Y, Shimokawa T, Komatsu H, Shinomoto S, 他50名	4. 巻 vol. 36, no. 21
2. 論文標題 Similarity in neuronal firing regimes across mammalian species	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J Neuroscience	6. 最初と最後の頁 5736-5747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.0230-16.2016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sanada TM, Namima T, Komatsu H	4. 巻 116
2. 論文標題 Comparison of the color selectivity of macaque V4 neurons in different color spaces	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 2163-2172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jn.00108.2016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kondo D, Motoyoshi I	4. 巻 16
2. 論文標題 Spatiotemporal properties of multiple-color channels in the human visual system	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/16.9.14.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki W, Banno T, Miyakawa N, Abe H, Goda N, Ichinohe N	4. 巻 9: 459
2. 論文標題 Mirror neurons in a New World monkey, common marmoset	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2015.00459	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tajima C, Tajima S, Koida K, Komatsu H, Aihara K, Suzuki H	4. 巻 6: 22536
2. 論文標題 Population code dynamics in categorical perception	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep22536	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Goda N, Yokoi I, Tachibana A, Minamimoto T, Komatsu H	4. 巻 26
2. 論文標題 Crossmodal association of visual and haptic material properties of objects in the monkey ventral visual cortex	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 928-934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2016.02.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yang J, Kanazawa S, Yamaguchi MK, Motoyoshi I	4. 巻 25
2. 論文標題 Pre-constancy vision in infants	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 3209-3212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2015.10.053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato H, Motoyoshi I, Sato T	4. 巻 16
2. 論文標題 On-off selectivity and asymmetry in apparent contrast: An adaptation study	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/16.1.14.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sato H, Motoyoshi I, Sato T	4. 巻 120
2. 論文標題 On-Off asymmetry in the perception of blur	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 5-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.visres.2015.03.01	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計62件(うち招待講演 27件/うち国際学会 19件)

1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 質感知覚の神経機構を探る
3. 学会等名 電子情報通信学会NC研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 質感認知の仕組みと進化
3. 学会等名 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaoka A, Saito H, Komatsu H
2. 発表標題 Neural modulation of awake macaque primary visual cortex in the metacontrast masking
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Saito H, Masaoka A, Komatsu H
2. 発表標題 Analyzing the neuronal activities in macaque primary visual cortical area associated with perceptual filling-in
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Baba M, Kanari K, Iwasaki K, Komatsu H
2. 発表標題 Effects of optical parameters on perceptual transparency
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Vision 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nishio A, Baba M, Shimokawa T, Komatsu H
2. 発表標題 Effects of the manipulation of neural activities in the gloss selective region on the gloss discrimination behavior in the macaque monkey
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Vision 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 視野の中心と周辺における 異質な視覚皮質情報処理
3. 学会等名 第5回視覚生理学基礎セミナー(日本視野学会)(招待講演)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Kondo D, Fujita H, Motoyoshi I
2. 発表標題 Material rendering property of illumination
3. 学会等名 The Asia Color Association Conference 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato H, Muranaka S, Hata W, Motoyoshi I
2. 発表標題 Asymmetric effects of simple image features on fear and disgust
3. 学会等名 Annual Meeting of Psychonomic Society 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato H, Yashiro R, Oide T, Motoyoshi I
2. 発表標題 Estimation of spatiotemporal statistics in visual stimuli
3. 学会等名 The 21st Conference of the European Society for Cognitive Psychology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Motoyoshi I
2. 発表標題 Characteristic image statistics observed in paintings by Rembrandt van Rijn and his workshop
3. 学会等名 Visual Science of Art Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Motoyoshi I, Orima T, & Wakita S
2. 発表標題 Dynamical coding of natural texture images in the human visual cortex: an EEG study
3. 学会等名 The 42nd meeting of the European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato H, Muranaka S, Motoyoshi I
2. 発表標題 Different effects of color/color inversion on fear and disgust
3. 学会等名 The 42nd meeting of the European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Orima T, Motoyoshi I
2. 発表標題 Reverse correlation analysis of visual evoked potentials for natural texture statistics
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Vision 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yashiro R, Sato H, Oide T, Motoyoshi I
2. 発表標題 Perceptual decision for average orientation over space and time
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Vision 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato H, Muranaka S, Motoyoshi I
2. 発表標題 Differential effects of color on fear and disgust
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Vision 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato H, Oide T, Yashiro R, Motoyoshi I
2. 発表標題 Visual discrimination of spatiotemporal average orientation
3. 学会等名 Annual Meeting of Vision Sciences Society 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Orima T, Motoyoshi I
2. 発表標題 Image-statistics correlates of visual evoked potentials to natural texture images
3. 学会等名 Annual Meeting of Vision Sciences Society 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 織間大気、本吉勇
2. 発表標題 視覚誘発電位によるテクスチャ統計量符号化機構の解析
3. 学会等名 日本視覚学会2020年冬季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤大佑、藤田隼人、本吉勇
2. 発表標題 自然照明場の「演質感性」に関する統計量・知覚相関解析
3. 学会等名 日本視覚学会2020年冬季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川成美、本吉勇
2. 発表標題 表面の情動的価値に相関する短潜時の視覚誘発電位
3. 学会等名 日本視覚学会2020年冬季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤弘美、村中詩織、畠若菜、本吉勇
2. 発表標題 自然画像から誘発される感情価に対する輝度と色の役割
3. 学会等名 日本視覚学会2020年冬季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤大佑、藤田隼人、本吉勇
2. 発表標題 照明構造の演質感性：照明統計量，表面画像統計量，および質感知覚の相関解析
3. 学会等名 日本基礎心理学会第38回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 織間大気、本吉勇
2. 発表標題 視覚誘発電位に基づく自然テクスチャ画像の特徴解析と合成
3. 学会等名 日本基礎心理学会第38回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤弘美、村中詩織、畠若菜、本吉勇
2. 発表標題 色情報は嫌悪には影響するが恐怖には影響しない
3. 学会等名 日本基礎心理学会第38回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川成美、本吉勇
2. 発表標題 表面質感の情動的価値に関連した視覚誘発電位
3. 学会等名 日本基礎心理学会第38回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八代龍門、佐藤弘美、大出拓実、本吉勇
2. 発表標題 視覚刺激の時空間平均の推定に関わる知覚と意思決定のメカニズム
3. 学会等名 日本基礎心理学会第38回大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 高次視覚野における色情報表現のダイナミクス
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 質感知覚の神経機構を探る
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 馬場美香、西尾亜希子、下川丈明、小松英彦
2. 発表標題 サル光沢識別行動における光沢選択性部位の神経活動操作の影響
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞田尚久、河邊隆寛、西田真也、小松英彦
2. 発表標題 サルMT野における複雑運動刺激に対する反応特性
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 視覚系におけるテクスチャ情報の処理と利用
3. 学会等名 視覚科学フォーラム2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 郷田直一
2. 発表標題 脳が作り出す「ものの質感」のイメージング
3. 学会等名 日本画像学会第71回イメージングカフェ (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 光の生態学と視覚の仕組み
3. 学会等名 第29回照明学会東京支部照明フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 知覚と意識の心理学 - 意思決定のクオリアの謎 -
3. 学会等名 日本心理学会公開シンポジウム「意識と行動のサイエンス：心理学は人間をどこまで理解できるか？」 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 視覚的世界を生み出す脳の働きを探る
3. 学会等名 日本神経回路学会オータムスクールASCONE2018「リアリティを生むメカニズム」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 意思決定とクオリア: 即物的リアリティを支える視覚情報処理機構
3. 学会等名 日本神経回路学会オータムスクールASCONE2018「リアリティを生むメカニズム」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 視覚を通して世界を知る脳の働きを探る
3. 学会等名 日本基礎心理学会第37回大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 視覚の充填現象とそのメカニズムII
3. 学会等名 第4回視覚生理学基礎セミナー(日本視野学会)(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 郷田直一, 小松英彦
2. 発表標題 Visual features representing material properties of objects: analysis with convolutional neural networks
3. 学会等名 第40回日本神経科学大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 郷田直一
2. 発表標題 光沢や艶, 質感を感じる脳のメカニズムについて
3. 学会等名 技術情報協会セミナー No.707203 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 世界理解の新しい試み - 質感の科学から -
3. 学会等名 認知科学会サマースクール2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Motoyoshi I
2. 発表標題 Visual psychophysics with natural images
3. 学会等名 Fechner Day 2017: The 33rd Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 照明の空間構造と質感知覚
3. 学会等名 日本建築学会「明るさ知覚と光環境デザイン」公開研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤弘美・本吉勇
2. 発表標題 テクスチャ知覚における共線性残効
3. 学会等名 日本視覚学会2018年冬季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 質感を感じる脳の働き
3. 学会等名 第13回 赤ちゃんフォーラム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 視覚の充填現象とそのメカニズム
3. 学会等名 第3回視覚生理学基礎セミナー（日本視野学会）（招待講演）
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 小松英彦
2. 発表標題 質感認知の脳情報処理研究の現状
3. 学会等名 新化学技術推進協会 脳科学調査WG講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sanada TM, Komatsu H
2. 発表標題 Responses to single colors cannot predict chromatic interaction profile in macaque area V4
3. 学会等名 第39回 日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西尾亜希子, 下川文明, 小松英彦
2. 発表標題 Temporal dynamics of responses of gloss selective neurons
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 郷田直一
2. 発表標題 材質を知る：質感認知の脳内機構
3. 学会等名 視覚科学フォーラム第20回研究会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Komatsu H
2. 発表標題 Neural processing of color in higher cortical areas
3. 学会等名 ECVP2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Komatsu H
2. 発表標題 Exploring neural mechanisms of Shitsukan
3. 学会等名 PRISM6 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 郷田直一
2. 発表標題 視覚野における多感覚的な情報の表現
3. 学会等名 第8回多感覚研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 郷田直一
2. 発表標題 物体材質属性の視覚認知機構：多感覚経験の重要性
3. 学会等名 第31回生体生命工学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Motoyoshi I, Mori S
2. 発表標題 Image statistics and the affective responses to visual surfaces.
3. 学会等名 Annual Meeting of Vision Sciences Society 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Motoyoshi I
2. 発表標題 Perceiving the quality of surfaces and images.
3. 学会等名 Symposium on "Recent advancements in psychophysical study of visual material perception". 31st International Congress of Psychology (ICP2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Motoyoshi I, Mori S
2. 発表標題 Visual processing of emotional information in natural surfaces.
3. 学会等名 European Conference on Visual Perception 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Motoyoshi I
2. 発表標題 Role of image statistics in the perception of objects, materials, and their values
3. 学会等名 International workshop "Vision over vision: man, monkey, machine and network models" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 本吉勇
2. 発表標題 自然画像の統計学とその視知覚における意義
3. 学会等名 第2回視覚生理学基礎セミナー(日本視野学会)(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森詩織, 本吉勇
2. 発表標題 視覚表面への嗜好と忌避を決定づける画像統計量
3. 学会等名 日本視覚学会2016年冬季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 近藤大佑, 本吉勇
2. 発表標題 多重色チャンネルのパタン・運動選択性
3. 学会等名 日本視覚学会2016年冬季大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 監修: 日本基礎心理学会、責任編集者: 坂上貴之、河原純一郎、木村英司、三浦佳世、行場次朗、石金浩史、分担執筆: 本吉勇	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 608
3. 書名 基礎心理学実験法ハンドブック(3.5.2心理物理学実験パラダイム)	

1. 著者名 小松英彦	4. 発行年 2018年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 440
3. 書名 視能訓練学 視能学エキスパート 第4章I 視覚認知総論	

1. 著者名 小松英彦	4. 発行年 2016年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 231
3. 書名 質感の科学	

1. 著者名 小松英彦, 郷田直一	4. 発行年 2017年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 427
3. 書名 触り心地の制御、評価技術と新材料・新製品開発への応用	

1. 著者名 本吉勇	4. 発行年 2016年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 231
3. 書名 質感の科学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-



6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	郷田 直一  (GODA Naokazu)  (30373195)	生理学研究所・システム脳科学研究領域・助教    (63905)	
研究分担者	本吉 勇  (MOTOYOSHI Isamu)  (60447034)	東京大学・大学院総合文化研究科・准教授    (12601)	
研究分担者	下川 丈明  (SHIMOKAWA Takeaki)  (30645312)	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・主任研究員    (94301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関