

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300080

研究課題名(和文)感性情報デコーディングシステム開発

研究課題名(英文)Development for decoding system of attractiveness

研究代表者

川島 隆太(KAWASHIMA, RYUTA)

東北大学・加齢医学研究所・教授

研究者番号：90250828

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,700,000円、(間接経費) 3,510,000円

研究成果の概要(和文)：好感度に関する感性情報を、生活環境下で、脳活動より読み取ることを目的とした。機能的MRIを用いた実験により、物や動物の写真を見たときに、好感度が高い時は、大脳の背内側前頭前野が活動することを明らかにした。次いで、多チャンネル光トポグラフィで同様の実験を行い、好感度が高い画像を見た時の脳の反応が、前額正中のセンサーに一番強く表れ、機械学習による感性情報の読み取りが可能であることを明らかにした。最後に、超簡易小型光トポグラフィを前額正中に装着し、日常生活の背内側前頭前野の活動を計測したところ、好感度の高い状況で脳活動が増加することを個人のデータで検出できた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to decode individual feeling of attractiveness from brain imaging data under daily life situation. Firstly, we measured brain activity while watching pictures of animals and objects, and found an area in the medial frontal cortex was specifically related to attractive pictures. Then, we measured activity of the frontal cortex during the same task by multi-channel near infrared spectroscopy (NIRs), and found feeling of attractiveness could be decoded by machine learning on a channel located to the center of forehead. Finally, we measured brain activity by a ultra-small wearable NIRs under daily living situation, and found brain activity increased when a subject felt attractiveness during communication with other people.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性脳科学 好感度 デコーディング 近赤外分光法 機能的MRI

### 1. 研究開始当初の背景

人間の感性評価に関わる脳活動を画像化する脳機能イメージング技術は、さまざまな認知機能の極在をデータベース化していく脳機能マッピング研究のみではなく、感性情報学研究や神経経済学 (neuroeconomics) 研究などに応用可能であり、実際に、そうした脳機能イメージングの社会的応用の探索的研究が特に米国など海外を中心に始まりつつある。本研究では、脳機能イメージング技術を応用した感性情報のデコーディング技術を開発し、ニューロマーケティング研究等への応用を目指す。

研究代表者は、これまでに、感性評価に関する脳機能マッピング研究を手掛けてきており (Konno et al., Neuroimage 2008; Miura et al., Neuroimage 2008; Akitsuki et al., Neuroimage 2004; Nakamura et al., J Neurophysiol 1999) 大脳右半球背外側前頭前野の活動と、認知活動としての感性評価の関連性を指摘してきた。これらの研究成果より、近赤外計測装置で最も計測が容易な、背外側前頭前野活動の計測によって、感性評価の定量化が可能となる可能性に着眼してきた。平成 20 年度に研究室に簡易型ウェアラブル光トポグラフィ装置、平成 21 年度には超簡易型光トポグラフィ装置 (いずれも日立製作所試作機) を導入したことから、実験室環境内ではなく、実社会の環境下で利用可能な、簡便な感性評価システムを構築することが可能となるのではないかと着想した。

感性情報処理に関する脳活動の研究は、これまで我々の研究以外にも多くの研究がなされているが、統一した見解は、ネガティブに刺激に対しては、大脳辺縁系、主に中脳腹側被蓋野や側坐核、扁桃体などの活動が関与することが明らかになっている。しかし、これらの領域は、大脳の深部に存在するため、今回の研究でテーマとしている、近赤外分光装置によるデコーディング研究を行うことはできない。したがって、今回の一連の研究では、ポジティブな感性反応に焦点を当てることとした。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、さまざまな感覚刺激に対する感性応答、特に感覚刺激に対する好感度を、簡易型脳機能イメージング装置を用いて計測し、感性情報の簡便な科学計測技術を開発し、将来的にニューロマーケティング技術への展開を目指すものである。そのために、さまざまな視覚、および触覚・嗅覚を認知した時の脳活動に伴う局所血流量の変化を、超高磁場 (3T) MRI 装置 (既存) による全脳を測定対象とした詳細な計測、前述の機能的 MRI 情報をもとにして前頭連合野に関心領域を設定した上で、多チャンネル近赤外計測装置 (既存) による詳細な計測、1 チャンネル簡易型近赤外計測装置 (既存) による簡易計測を行い、年齢や背景情報といった

個人の特性によらない感性情報のデコーディングを可能とするアルゴリズムや計測方法の確立を行う

### 3. 研究の方法

(1) 機能的 MRI を用いた実験室環境下における、好感度の評価中の脳活動の研究  
さまざまな視覚刺激に対する脳活動を計測し、視覚サブモダリティ非依存性の感性評価に関わる大脳皮質領域を同定し、近赤外計測装置を用いた感性評価システムを構築のための基礎研究を行うことを目的とした。

様々な動物や物の写真 (Konno et al., Neuroimage 2008; Miura et al., Neuroimage 2008; Akitsuki et al., Neuroimage 2004; Nakamura et al., J Neurophysiol 1999) (図 1) を感性評価用の視覚刺激として用いた。それぞれの刺激に対する好感度は、事前に、ビジュアル・アナログ・スケール (VAS) を用いて被験者に評価させ、個人ごとに好感度の高い刺激、好感度が低い刺激、ニュートラルな刺激に分類し、機能的 MRI 実験に用いた。

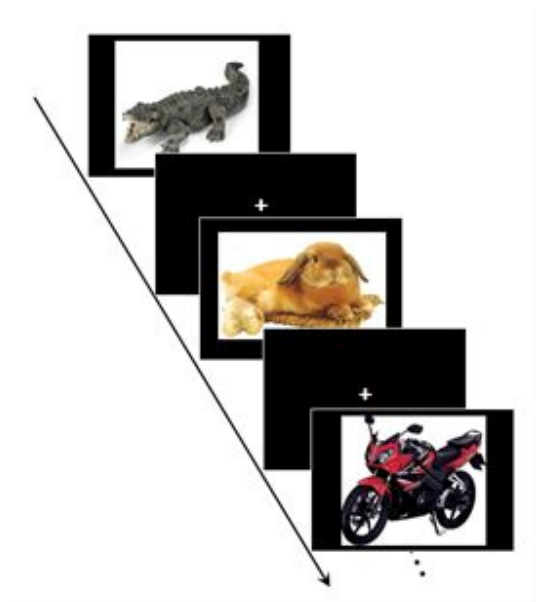


図 1 実験に使った写真の例

次に、さまざまな T シャツのデザインを感性評価用の視覚刺激として用い、購買意欲の観点から、その T シャツに対して、どのような好感度を持つかを調べた (Yokoyama et al., Neuroimage 2014)。

全ての実験に共通して、東北大学加齢医学研究所の研究専用超高磁場 MRI 装置 (フィリップス社製、アチーバ 3.0T Quasar Dual) を用いた。右利きの健康な大学生被験者の脳形態 T1 強調画像を解剖情報リファレンス用に撮像したのちに、機能的 MRI 画像を撮像した。撮像は、視覚刺激に対する好感度判断を事象関連法を用いて行った。視覚刺激は、パ

パーソナルコンピュータより、プロジェクターを介して、MRI 頭部受信コイル状に設置したスクリーンに画像を提示する。個人ごとに好感度の判断に關与する脳の領域、特に好感度を強くもった時と、ネガティブな感覚を持った時に活動する脳領域を、SPM5 を用いて同定した。

(2) 多チャンネル光トポグラフィ装置を用いた実験室環境下での好感度や快適性の研究

右利き健常大学生被験者に、様々な動物や物の写真に対する好感度判別課題を遂行させ、前頭連合野の活動を計測した。被験者は実験室において机に正対して座り、PC上に提示する写真を見た。被験者間の脳形態のばらつきを補正するために、前処理として、NIRS-SPM (Ye et al., Neuroimage 2009) を用いた。解析は、最初に主成分解析により情報量を減らした後、オキシヘモグロビン濃度の変化を、Linear Support Vector Machine (LSVM) を用いて解析し、個人の好感度の変化と相関する脳血流信号変化を抽出するアルゴリズムを作成した。データの検証は、階層化 10-fold cross validation を行った。

視覚以外のモダリティに関する感性応答を調べるために、温熱感に対する感性評価（快・不快）を、多チャンネル近赤外分光装置を用いて行った。健常右利き大学生を閉鎖した狭い室内で安静・座位の状態にし、室内温度を、摂氏 10 度から 50 度の間で変化をさせた。その間の快適度に関する VAS 評価を行わせ、前頭前野の脳活動との関連を評価した。

(3) 超簡易型光トポグラフィ装置を用いて、右利き健常大学生被験者に、実生活環境下（実験室の外）で、実際の人物や物体に対する視覚的な好感度評価を行わせ、その時の脳活動の解析結果と、アンケート調査（VAS 法）による内観調査結果の整合性を検討した。

超簡易小型光トポグラフィ装置は、後述の理由により、背内側前頭前野をカバーする位置に固定した（図 2）。



図 2 超簡易小型光トポグラフィ装置

#### 4. 研究成果

(1) 機能的 MRI を用いた実験室環境下における、好感度の評価中の脳活動の研究

動物や物体に対する視覚刺激に対して、大脳右半球中前頭回、右半球頭頂連合野、左右半球の上側頭溝領域が、好感度や好みの度合い高い刺激、好感度や好みの度合いが低い刺激を見た時に共通して活動を示した（図 3）。

一方、背内側前頭前野、眼窩前頭回は、好感度や好みの度合い高い刺激にのみ強い活動を示した。この中で、背内側前頭前野は、近赤外分光法による計測が可能な大脳皮質領域であるため、多チャンネル光トポグラフィ装置を用いたデコーディング研究に進めることとした。



図 3 好感度や好みの度合いが高い刺激を見た時の脳活動 黄色の丸で囲んだ背内側前頭前野は、ポジティブな感情に特異的に反応した

商品の購買を前提とした T シャツデザインに対する好感度や好みに特異的に関連する脳活動は、前部帯状回や腹側被蓋野など、大脳深部の領域に認められた。単に好感度を持つか否かを聞いた場合と、商品の購入を前提とした場合とでは、同じポジティブな感性判断であっても関連する脳のネットワークが異なることがわかった。今回同定された領域は、大脳深部にあるため、近赤外分光法では計測が不可能なことから、デコーディング研究は見送ることとした。

(2) 多チャンネル光トポグラフィ装置を用いた実験室環境下での好感度や快適性の研究

様々な動物や物の写真に対する好感度判別課題を行ったところ、機能的 MRI 実験と同様に、背外側前頭前野は好感度の強い画像と、ネガティブな画像の双方で強く賦活し、背内側前頭前野は、好感度を持つ画像でのみ賦活することが証明できた（図 4）。

次に機械学習によるデコーディングを行うため、測定した全チャンネルを解析対象とし、最初に主成分解析により情報量を減らした後に機械学習による解析を試みた。その結



果、約83%の精度で、好感度を持った画像をみていることを、一回の計測で判定できることが可能となった。局所のチャンネル情報に注目すると、背内側前頭前野の信号を最も強く反映する前頭部正中とその近傍のチャンネルの信号が学習結果に最も強く寄与していることがわかった(図5)。

これらの結果より、背内側前頭前野に関心領域を置き、日常生活環境下で感性情報のデコーディングが可能か否かを検証することにした。

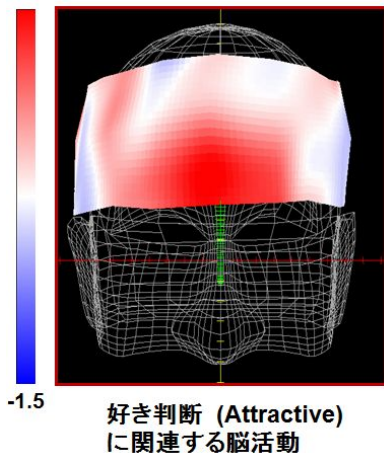


図4 多チャンネル光トポグラフィで計測した、好感度や好みの度合いが高い刺激を見た時の平均脳活動(オキシヘモグロビン濃度)

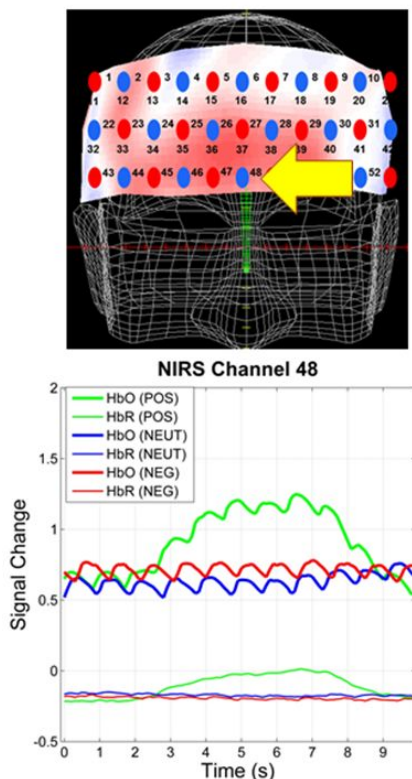


図5 背内側前頭前野の信号を最も強く反映する前頭部正中(チャンネル48:黄色矢印)の典型的な信号変化(個人データ) 緑の線は、好みの度合いが強いもの、赤は好みでない度合いが強いもの、青はその中間のニュートラルなものに対する反応

温熱感に対する感性評価(快・不快)に関する脳活動は、個人差が大きく、統計的に有意な快適性に関連する脳活動は、ポジティブ、ネガティブともに計測できなかった。よって、温熱感に対する感性情報のデコーディング研究は行わないことにした。

### (3) 超簡易型光トポグラフィ装置を用いた生活環境下での、好感度のデコーディング研究

さまざまな場面で、ビデオを用いて被験者の行動のログをとり、超簡易小型光トポグラフィによって得られるオキシヘモグロビン濃度の変化との相関を検証した。

図6に典型的な個人のデータを示す。この被験者は矢印の範囲の時間帯に、のちの心理検査で好感度が高いと回答をした個人と、会話をしている。その際に背内側前頭前野の活動の上昇を認めた。多くの被験者で同様の活動傾向を認めたが、詳細なログと脳血流データの解析は、今回の報告書に間に合わせることができなかった。今後解析を継続する。



図6 個人の日常生活での脳活動の例

3年間の研究を通して、近赤外分光装置を用いた感性情報のデコーディングは、視覚的な感性情報に対する好感度については可能であるが、他の感覚情報では難しいとの結論に達した。超簡易型光トポグラフィ装置で実生活環境下での好感度に対する脳活動の計測に成功したことは、将来、本研究を応用して視覚的な感性情報を基にしたニューロマーケティング技術の開発が可能となると考察した。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

(1) Yokoyama R, Nozawa T, Sugiura M, Yomogida Y, Takeuchi H, Akimoto Y, Shibuya S, Kawashima R. The neural bases underlying social risk perception in purchase decisions. *Neuroimage*, 91: 120-128, 2014. (査読有)

〔学会発表〕(計5件)

(1) 横山諒一, 杉浦元亮, 山本悠貴, Keyvan Kashkoui Nejad, 川島隆太. パートナー選択のマッチング問題に関する意思決定の神経基盤. 行動経済学会 第7回大会. 2013年12月14日京都

(2) Kunitoki K, Takeuchi H, Kotozaki Y, Yamamoto Y, Yokoyama R, Sugiura M, Kawashima R. Social conformity in adopting a fashion trend: an fMRI study. The 19th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, 2013年6月17日, アメリカ・シアトル

(3) Yokoyama R, Nozawa T, Sugiura M, Yomogida Y, Takeuchi H, Akimoto Y, Shibuya S, Kawashima R. The psychological and neural representation of social norms in making a purchase decision. Cognitive Neuroscience Annual Meeting, 2013年4月5日, アメリカ・サンフランシスコ

(4) Yamazaki R, Akimoto Y, Sugiura M, Nouchi R, Terao C, Tsukiura T, Kawashima R. The neural basis of facial warmth and competence perception. Society for Neuroscience 42nd Annual Meeting, 2012年10月13日, アメリカ・ニューオーリンズ

(5) 横山諒一, 澁谷覚, 野澤孝之, 杉浦元亮, 川島隆太. 購買意思決定に影響する「好み」と「社会的リスク」の神経経済学的モデル. 第42回消費者行動コンファレンス. 2011年6月25日, 東京

6. 研究組織

(1)研究代表者

川島 隆太 (KAWASHIMA, RYUTA)  
東北大学・加齢医学研究所・教授  
研究者番号: 90250828

(2)研究分担者

荒木 剛 (ARAKI, TSUYOSHI)  
東北大学・加齢医学研究所・助教  
研究者番号: 20510556

(3)研究分担者

野澤 孝之 (NOZAWA, TAKAYUKI)  
東北大学・加齢医学研究所・助教  
研究者番号: 60370110