ISSN 2186-5647

2-14

NIRS を用いた快・不快画像提示時の脳活動の評価に関する研究

日大生産工（院）　○山本 修一　　日大生産工（院）　柳沢　一機
日大生産工　　綱島　均

1. 緒言

実験参加者の脳活動を非侵襲で簡単に画像化できる計測装置の発展により，脳機能計測に関する研究がさまざまな分野で行われている．例としては，自動車運転時や音楽聴取時の脳活動計測などがある[1,2].

そのなかでも，人間の無意識下の行動の仕組み，深層心理や嗜好性など，人間が正確に語ることができない無意識のプロセスを読み取り，評価することで，人間の嗜好性を解明し，マーケティングに応用するニューロマーケティングの研究が注目されている．

ニューロマーケティングとは，脳科学の立場から消費者の脳の反応を計測することで消費者心理や行動の仕組みを解明し，マーケティングに応用しようとする試みである．通常の消費者の意思決定プロセスはアンケート調査のように認識可能で，言葉で表現できる情報でしか捉えられていない．しかし，感情の動きなどの無意識下の決定プロセスについて人は正確に語ることができなく，そこでこうした無意識のプロセスに迫る研究が，近年進められている[3]. ニューロマーケティングの研究の一例として，McClure らは，機能的磁気共鳴画像(functional Magnetic Resonance Imaging : fMRI)を用いて，コカコーラとペプシのブランドイメージが行動や神経活動にどう影響するか検討し，嗜好に基づく判断は，前頭葉で行われていることを指摘した[4].

非侵襲的な脳活動の計測方法として EEG(Electroencephalogram)，fMRI や近赤外分光法 (Near-Infrared Spectroscopy : NIRS)などがある. EEG は，脳の活動がある部位では，ニューロンが電気信号を使って情報を伝達し合うため，各ニューロン付近の電磁場を計測し，どの程度脳が活動しているか知ることができる．しかし，EEG は, 空間分解能が低く, 体動にも弱い. fMRI は，脳内の酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb） が脱酸素化ヘモグロビン（deoxy-Hb） に変化するときの磁気共鳴信号の増加を利用して，間接的に脳活動を測定する方法である．しかし，fMRI は装置の構造上，計測中に被験者は体を動かすことができず，測定環境や刺激提示方法などに制限が多い．一方の NIRS は，近赤外光を用いて，oxy-Hb と deoxy-Hb の変化量を測定する装置であり，体動の制限が少なく，被験者に対してより自然な状態で実験が行うことができるため，視覚刺激呈示時の脳機能の評価を行う上で望ましい方法である．

NIRS 計測を用いて，情動を客観的に評価する研究としては，浅野らによる，快･不快音を聴取した時の脳活動を計測した研究がある[5]. ここでは，前頭葉中央部で快条件，不快条件の両条件において oxy-Hb の減少する傾向することが報告されている．一方，小栗らの不快音を聴取時の脳活動を計測した研究では，中央右部の oxy-Hb の上昇が確認できるという異なる結果が報告されている[6]． これらの活動部位違いは課題の違いに依拠するものと考えられる．

本研究では，NIRS による脳活動計測から快･不快情動を評価できる可能性を再度検証することを目的とする．そこで今回は，国際感情画像システム(IAPS: International Affective Picture System)から快および不快課題を選定し，実験参加者に呈示した時の脳活動を計測した．各視覚刺激課題に対して実験参加者の脳活動を比較し，脳活動による快･不快情動を評価できる可能性の検証を行った．

2. 近赤外分光法（NIRS）の原理

NIRSは，近赤外光を用いて脳血流の変化を計測することによって, 間接的に脳活動を捉える非侵襲的計測法である. 神経活動が生じる部位では，局所的に血流が増加し，血中のヘモグロビンの濃度が変化する．近赤外分光法は，生体への透過性が良好な700～900nmの波長の近赤外光を照射し，その透過光・拡散光から oxy-Hb，deoxy-Hbの濃度変化を計測することが可能である．しかし，計測された値は，絶対

Evaluation of brain activity during the presentation of pleasant-unpleasant images using NIRS

Shuichi YAMAMOTO, Kazuki YANAGISAWA and Hitoshi TSUNASHIMA

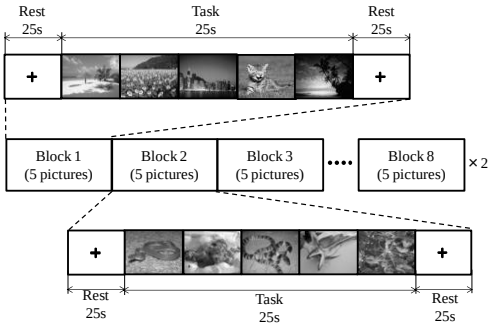


図1 実験ブロックデザイン

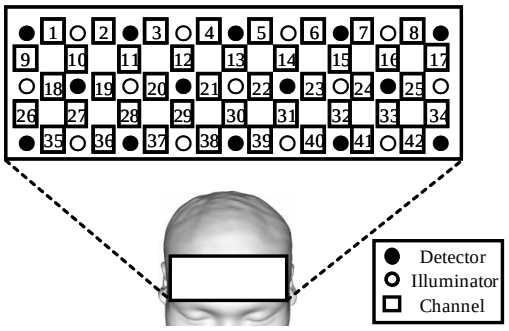


図2 光ファイバ配列とチャンネル

量ではなく，相対量であることから，その扱いには注意しなければならない[7].

3. 実験方法

3.1. 実験条件

視覚刺激呈示により, 実験参加者の快情動時と不快情動時の脳活動を比較し, 人間の情動を評価できるか検討するため，IAPSから選定を行った画像を視覚刺激として呈示し，NIRSによる脳機能計測を行った.

実験ブロックデザインを図1に示す．実験デザインは，前レスト25秒，タスク25秒，後レスト25秒を1試行とした．タスクの課題は，国際感情画像システム(IAPS: International Affective Picture System)から快，不快画像を選出した．1タスクにつき1枚を5秒間として5枚呈示するように設定し，それらをランダムに配置し，8試行繰り返し，最初の2試行は，解析から取り除いた．これを1実験とし，実験参加者ごとに2回ずつ行った. 刺激画像スライドのカテゴリーはランダムな順序に設定した.

3.2. IAPSを用いた刺激画像課題

これまで, 情動に関する実験的研究において, さまざまな刺激課題を考案している．しかし，これは，結果の再現性に問題があり，客観的かつ定量的な刺激課題が必要とされていた. そこで，LangらによってIAPSが考案された．IAPSは, 安全かつ非侵襲的な方法で情動を喚起するカラー写真のセットである．また, 情動と注意の実験的研究において世界中で用いられており, 情動刺激を選択する際，実験的な統制を可能としている.

3.3. 測定条件

本研究では, 脳機能計測と合わせて情動評定もジョイスティックにより記録した. 脳機能測定装置は島津製作所製, 近赤外光イメージング装置OMM-3000を用いた. 光ファイバの配置を図2に示す. 前頭葉の脳活動を全42ch計測した. 実験参加者は，20代男性5名とした．実験実施前には実験の趣旨説明と併せてインフォームドコンセントを行った.

3.4. ジョイスティックによる情動評定

今回課題であるIAPSは，大規模な評定によって定量的された刺激課題であるが, その課題が実験参加者にとって快または不快であるかわからない. そこで, 課題呈示時の主観的な情動評定を実施した. 測定装置としては，ゲーム用ジョイスティック装置(Microsoft社製サイドワインダージョイスティック)を使用した．実験参加者には, あらかじめ情動を感じた際にスティックを前後方向に傾けるように教示し, このスティックを前方向に傾けるとき不快を表わし, 後ろ方行に傾けたとき快を表わすようにした. 傾ける角度を大きくするほど，当該の情動を強く感じていることを示すものとした. また，最も前方向に倒した状態で-1000，中立した状態で0，最も後方行に傾けた状態で1000となるように値を設定した.

4. NIRS信号の解析

4.1. 離散ウェーブレット変換による多重解像度解析

NIRS 信号には，測定装置のノイズなど脳活動には無関係な信号も含まれるため，詳細な脳活動の評価を行うためには，これらの無関係な信号を取り除く必要がある．そこで，離散ウェーブレット変換による多重解像度解析を用いて，測定した NIRS 信号を分解し，測定した NIRS 信号から無関係なノイズである高周波成分を取り除き，視覚刺激呈示課題に関連する成分の再構成を行った[8]．ジョイスティックの結果は，実験参加者ごとに強度は異なったものの，全実験参加者を通して，意図していた課題条件に即した評価を行っていた.

多重解像度解析後の NIRS 信号からは, 課題に関連する明確な脳活動は確認できなかった．IA

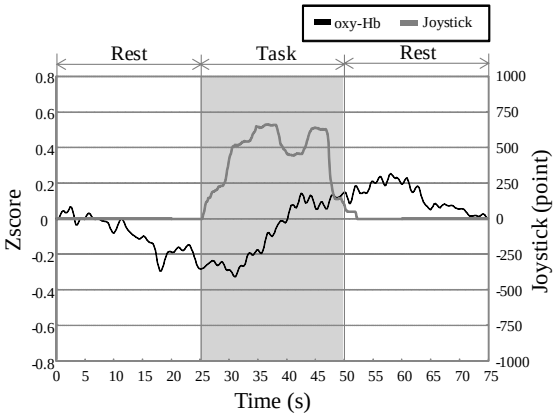


図3 快課題時の標準得点化後の加算平均
（左外側部 42チャンネル）

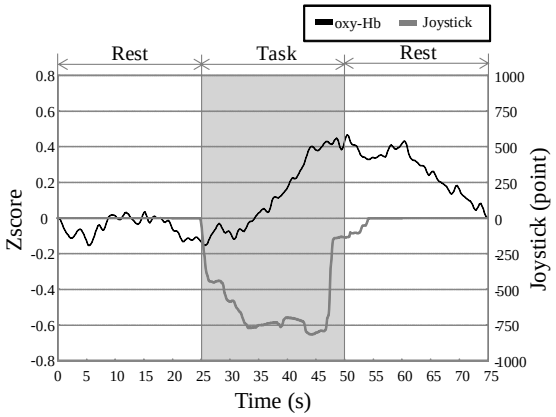


図4 不快課題時の標準得点化後の加算平均
（左外側部 42チャンネル）

PS における覚醒度，快・不快度が高いものを選定したが，課題の性質上，能動的な課題ではなく，情動を喚起させる受動的な課題であり，不可避なものであると考えられる．実験参加者 ごとに変動パターンにもばらつきも存在し，一般的な傾向は確認できなかった．

4.2. 標準得点化による加算平均

NIRS信号はその原理上，開始時からの相対変化の値である．一般的な傾向の検討を行いたいが，このままでは，実験参加者間での測定値の比較や実験参加者全員の測定結果の加算平均の算出など，実験参加者全員の結果を評価することが難しい．そこで，多重解像度解析を行った後のoxy-Hb，deoxy-Hbそれぞれのデータを各チャンネルで平均が0，標準偏差が1になるように標準得点（Z-score）化を行った[8]．そこから，実験参加者5名分10データの加算平均を求めた．その後，ダミーブロックである最初の2試行を取り除き，各ブロックに分割し，課題条件ごとに足し合わし，ベースライン補正を行った．この全実験参加者の全快ブロックでの加算平均の結果を図3に示す．また同様に，全実験参加者の全不快ブロックでの加算平均の結果を図4に示す．

図3より，快課題の左外側部42チャンネルにおいては， 画像呈示に関連して，快タスク開始時直後からoxy-Hbの値は若干減少しており，その後oxy-Hbの値は上昇を示している．図4より，不快課題の同チャンネルにおいても，画像呈示に関連して，不快タスク開始時直後からoxy-Hbの値は若干減少しており，その後oxy-Hbの値は上昇を示している．

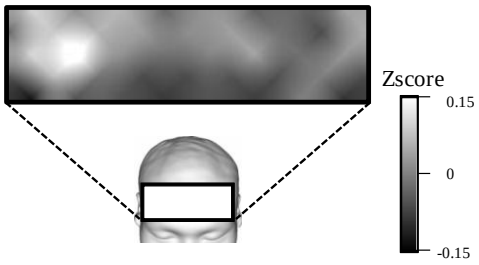
4.3. 脳機能画像による評定

すべてのブロック内のレスト部分，タスク部分を分割し，課題条件ごとに足し合わした後，各チャンネルで oxy-Hb の平均値を算出した．ここから，快情動時および不快情動時の特徴的な脳活動の活動部位を確認するため，各タスク部分の平均値からレストの平均値の差分を求めた．この oxy-Hb 信号から脳機能画像を作成した．快条件の脳機能画像を図 5(a)に，不快条件の脳機能画像を図 5(b)に示す．続いて，快情動時と不快情動時の脳活動の比較を行うため，不快タスクの平均値から快タスクの平均値の差を算出した．この oxy-Hb 信号から脳機能画像を作成し，図 5(c)に示す．脳機能画像の白色部分は oxy-Hb の値の上昇を示しており，黒色部分は oxy-Hb の値の減少した．

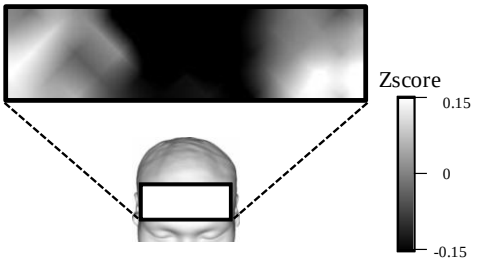
図5(a)より，右外側部分のoxy-Hbの値が上昇し，中央下部では若干のoxy-Hbの値の減少が確認できた．図5(b)では，左右外側部分のoxy-Hbの値が上昇し，中央部でoxy-Hbの値が減少を示していた．図5(c)より，左右外側部分でoxy-Hbの値が上昇しており，賦活が確認でき，中央部ではoxy-Hbの値が減少していた．

5. 考察

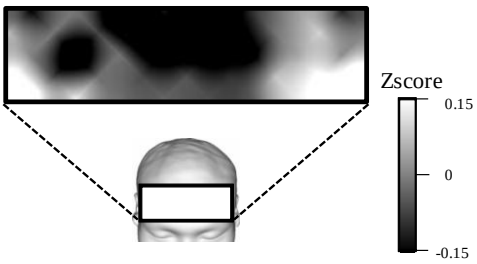
不快条件において，左右外側部分のoxy-Hbの値が上昇し，中央部分で減少する結果が得られた．快感や不快感などの情動は大脳辺縁系，特に扁桃体と深い関係があり，思考や判断などの高次認知活動を行う前頭葉の活動の影響があるとされている．また，一般的に前頭葉外側部分は，情動発現に対して抑制的に働き，賦活を示すとされている[9]．今回の実験では，激しく不快を喚起する画像を見た実験参加者は，情動が抑制され，左右外側部が激しく賦活したのだと考えられる．不快な刺激画像を呈示する先行研究[10]では，左右外側部の賦活が確認されたとの報告があり，今回の結果と一致した．快



(a) 快条件からレストの差分結果



(b) 不快条件からレストの差分結果



(c) 不快条件から快条件の差分結果
図5 各課題の加算平均の差分結果

条件においても，右外側部分のoxy-Hbの値が上昇する結果が得られた．快条件の場合，課題は，覚醒度の高い写真選定したためと考えられるが，今後さらに詳細な検討が必要である．

6. 結言

NIRSによる脳活動計測から快･不快情動を評価できる可能性を視覚刺激呈示実験にて検証した．IAPSから選定した快・不快画像を呈示し，そのときの脳活動を計測し，快条件と不快条件での脳活動を比較した．

全実験参加者の条件ごとに加算平均および，それぞれのタスク平均値からレスト平均値の差を算出し，脳機能画像を製作した．また，不快タスクの平均値から快タスクの平均値の差を算出し，脳機能画像を製作した．快条件では右外側部分のoxy-Hbの値が上昇した．不快では両外側のoxy-Hbの値が上昇し，中央部でoxy-Hbの値が減少した．快条件に比べ不快条件では左外側のoxy-Hb値が特に上昇し，中央部ではoxy-Hb値の減少が確認できた．その結果，前頭葉外側部の脳活動計測から快･不快情動を評価できる可能性を示した．

今後は，実験参加者を増やし，さらに快･不快情動と脳活動の関係の検討を行う予定である．

「参考文献」

[1] 清水俊行, 南部起可: 機能的近赤外分光法による実車運転時の脳活動の測定; 自動車技術会 学術講演会前刷集，NO.65-10 (2010).

[2] 斉藤忠彦: 音楽鑑賞における楽曲の違いが脳血液動態に及ぼす影響:光トポグラフィによる計測をもとに; 信州大学教育学部研究論集,Vol.2,pp.13-20 (2010).

[3] ジェラルト・ザルトマン，心脳マーケティング，ダイヤモンド社 (2005).

[4] Samuel M. McClure, Jian Lim, Damon Tomlin, Kim S. Cypert, Latane M. Montague, and P. Read Montague.: Neuraal Correlates of Behavioral Preference for Culturally Familiar Drinks, Neuron, Vol.44, pp.379-387 (2004).

[5] 浅野裕俊，引重暁，井出秀人: 機能的近赤外分光法を用いた快-不快音聴取時の脳活動評価; 電気学会 電子・情報・システム部門，Vol,131, No.1, pp.70-75 (2011).

[6] 小栗宏次: NIRS 信号に基づく聴覚刺激呈示に伴う不快情動反応の判別; NU-Brain シンポジウム資料集，Vol.2，pp.63-73 (2012).

[7] 小川誠二，上野照剛: 非侵襲・可視化技術ハンドブック - ナノ・バイオ・医療から情報システムまで -; 株式会社エヌ・ティー・エス，第 3 章 (2007).

[8] 柳沢一機，綱島均，他: 機能的近赤外分光装置(fNIRS)を用いた高次脳機能計測とその評価; ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.11, No.2, pp.183-192 (2009).

[9] 福永一義，大貫雅也，他: NIRS を用いたニューロフィードバックシステムの開発; 杏林医学誌 Vol.42，NO.1，pp.2-11 (2011)

[10] Hoshi, Y., et al.: Recognition of Human Emotions from Cerebral Blood Flow Changes in the Frontal Region: A Study with Event-Related Near-Infrared Spectroscopy; Journal of Neuroimaging, pp.e94-e101