

脳活動計測による視覚刺激呈示時の快不快情動の識別

日大生産工 ○柳澤 一機 日大生産工 綱島 均

1 緒論

脳活動計測技術の進歩に伴い、人間の深層心理や嗜好性などの正確に語るができない無意識のプロセスを解明し、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盛んに行われている。

脳活動計測方法には、様々な方法があるが、自然な状態での脳活動計測が可能な方法として、NIRS(Near Infrared Spectroscopy: 近赤外分光法)が挙げられる。NIRSは近赤外光を用いて大脳新皮質の酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)、脱酸素化ヘモグロビン(deoxy-Hb)の濃度変化量を計測することで脳活動の測定を行う方法である。

NIRSを用いた情動を評価する研究では、視覚刺激に関する研究として、星ら¹⁾や山田²⁾らの研究が挙げられる。どちらの研究も喚起される情動の違いにより前頭前野の活動が異なることを報告しており、NIRSによる情動評価の可能性を示している。

著者らは、国際感情画像システム(International Affective Picture System: IAPS)から快画像・不快画像を選択し、呈示時の前頭前野の脳活動をNIRSを用いて計測する実験を行った。計測されたNIRS信号からニューラルネットワークを用いて喚起された情動を識別した結果、快情動と不快情動の2つの情動について、74.9%の精度で識別できることを示した³⁾。

しかし、中性を含めた3種類の情動を識別する場合では、快情動の識別率が著しく低下することを確認している⁴⁾。主観評価の結果から、IAPSから選定した快画像が十分に快情動を喚起できない場合があることを確認しており、これが識別率低下の原因であると考えられる。

そこで本研究では、実験参加者にあらかじめ選択してもらった快画像とIAPSから選択した不快画像を用いて視覚刺激を作成し、これらの画像を呈示したときの前頭前野の脳活動をNIRSを用いて計測する実験を行う。計測されたNIRS信号を入力として、ニューラルネットワークを用いて、喚起された情動の識別の可能性について検証を行う。

2 NIRSによる脳活動計測

近赤外分光装置は「生体の窓」と呼ばれる生体透過性が高い近赤外領域の光(700-900nm)を用いて、ヘモグロビンの濃度変化を計測する手法である。血液中のヘモグロビンには、oxy-Hb, deoxy-Hbがあり、それぞれ吸光スペクトルが異なることから、透過光量に基づきそれぞれのヘモグロビンの濃度変化を求めることができる。

脳活動計測においては、頭表に配置した送光ファイバから近赤外光を照射し、頭皮、頭蓋骨、髄液で吸収・拡散されながら脳表に達し、再び頭表まで戻ってきた透過光量が受光ファイバによって計測される。この透過光量に基づいて、脳表のヘモグロビンの濃度変化を算出することができる。

脳活動による局所的な脳内酸素消費は5%程度であるのに対し、それに伴って供給される局所脳内血流の増加は30~50%と消費に対して大きく上回る。そのため、脳活動が発生した領域では、典型的にoxy-Hbの増加とdeoxy-Hbの減少を示す⁵⁾。しかし、NIRSによって測定できる信号は絶対値ではなく、ベースライン時からの濃度変化量という相対値であることに注意する必要がある。

3 NIRSを用いた情動評価実験

3.1 国際感情画像システム(IAPS)と画像の選定

IAPSはLangら⁶⁾が開発した、安全かつ非侵襲的な方法で情動を喚起するために多くのアンケート結果から作成されたカラー写真のセットである。喚起される情動が定量化された視覚刺激であり、具体的には、都市、海、山などの風景、スカイダイビングなどのアクティビティの様子や動物、戦争、災害や怪我などに関する写真などから構成されている。すべての写真は、Valence(快・不快度)とArousal(覚醒度)の2指標で評価されている。

Classification of Pleasant and Unpleasant Emotion with Visual Stimulus using NIRS

Kazuki YANAGISAWA and Hitoshi TSUNASHIMA

Valence は 9 段階で評価されており、値が大きいほど快、小さいほど不快な写真であることを示す。Arousal は 8 段階で評価され、値が大きいほど写真から与えられる印象が強いことを表している。

本研究では、IAPS から IAPS selector⁷⁾ を用い不快画像を選択した。不快画像は Valence Mean : 1.0~3.0 の範囲とし、覚醒度については Arousal Mean : 6.0~8.0 とした。

快画像については、IAPS から選択した快画像では快情動を十分に喚起できない場合があることを確認しているため⁴⁾、本研究では、実験前にあらかじめ実験参加者に 2 種類の快だと感じる画像（美しい風景や可愛らしい動物の写真など）を選択してもらい、その画像を快画像として呈示した。

3. 2 実験条件

前述した快・不快画像を視覚刺激として呈示し、NIRS により前頭前野を計測する実験を行った。実験デザインを図 1 に示す。実験デザインは、前レスト 10s、タスク 20s、後レスト 10s を 1 試行とし、これを全 10 試行行う。快画像は 2 種類の異なる画像を用意し、1 種類ずつそれぞれ 3 回ずつ呈示する。不快画像についても 3 回呈示する。

タスクでは、快・不快いずれかの写真も 1 枚 5s 間呈示し、1 試行で 4 枚呈示した。レストは画面に呈示される十字記号を注視し、安静にするように指示し、これを中性条件とした。これらを 1 セットとし、実験参加者ごとに同じ画像を使用して 2 セット行った。

最初の 1 試行は実験開始に伴う急激な脳血流上昇を避けるためにダミーの画像（IAPS から選択した情動を喚起しない中性画像）を呈示し、分析からは除外した。

脳機能測定装置は、スペクトラテック社製、光イメージング脳機能測定装置 OEG-16 を用いた。光ファイバの配置を図 2 に示すように配置し、前頭前野の活動を全 16ch 計測した。鼻根から下の段の送光ファイバまでの長さが 40mm になるように装着し、実験参加者間で測定部位を統一した。

実験は、人を対象とする研究倫理審査委員会（日本大学生産工学部）の承認（承認番号：S2014-014）を得て行った。実験参加者は、事前に実験の趣旨説明と併せてインフォームドコンセントを得た 20 代男性 3 名とした。

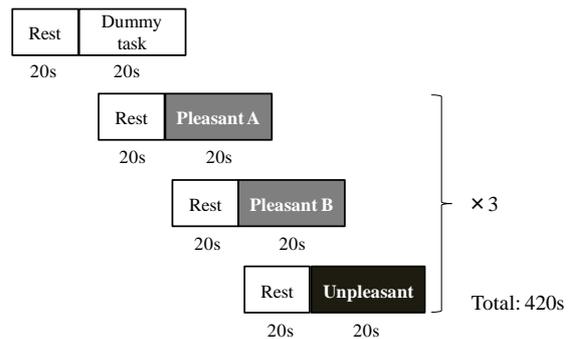


Fig.1 Experiment design

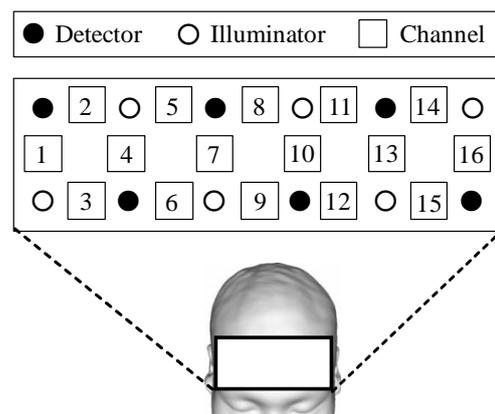


Fig.2 Position of optical fibers and channels

4 ニューラルネットワークによる情動の識別結果

本研究では、(1) 快と不快の 2 つの情動を識別する場合と、(2) 快・不快・中性の 3 つの情動を識別する場合の 2 条件を検討した。

4. 1 識別条件

測定した NIRS 信号は離散ウェーブレット変換による多重解像度解析により脳活動と考えられる周波数成分を抽出した³⁾。また、脳血流動態の遅れを考慮して各試行の開始 5s 間の信号を識別から除外した。

1 セット目の NIRS 信号を学習データとし、2 セット目の NIRS 信号を入力として喚起される情動の識別を行った。

今回使用する階層型ニューラルネットの構造を図 3 に示す。入力層のユニット数は、OEG-16 によって計測された oxy-Hb 信号 16ch 分とそれらの微分値とし³⁾、全 32 個とした。出力層のユニット数は快・不快の 2 つの情動を識別する場合は快識別用のユニットと不快識別用のユニットの 2 個とし、快・不快・中性（レスト）の 3 つの情動を識別する場合は

快・不快・中性の3個とした。

中間層のユニット数、学習係数、学習回数
の3つを変化させた結果、実験参加者3名の
平均正答率が高かった条件は、快・不快の2
つの情動を識別する場合は中間層のユニット
数20個、学習回数約10万回、学習係数は0.02
であり、快・不快・中性の3つの情動を識別
する場合は中間層のユニット数30個、学習回
数約12万回、学習係数は0.05であった。

4. 2 各試行で喚起された情動の評価

本研究では、快・不快・中性について、そ
れぞれ1試行20sとして視覚刺激を呈示する
実験を行った。そこで、タスク20sのうち最
初の5sを血流の遅れを考慮して除外し、タス
ク15s間に喚起された情動の識別を行う。そ
のために、15s間の出力ユニットの合計値を
算出し、最も合計値が大きい出力ユニットの
情動が喚起された情動であると判定した。

これを結合荷重の初期値を変更して10回
行い、全試行の平均正答率を算出した。

4. 3 快・不快2条件の識別結果と考察

レスト時のoxy-Hbとその微分値を除外し、
前述のニューラルネットワークの条件で快・
不快の2つの情動について識別を行った。快
については2種類の画像を呈示しているが、
種類の違いは考慮せずに識別を行った。

実験参加者3名の平均正答率の結果を図4
に示す。平均正答率は87.4%であり、実験参
加者Cについては、正答率は100%と非常に
高い精度で識別することができた。

先行研究^{3,4)}では、IAPSから快画像を選
択したが十分に快情動を喚起できない場合が
あり、ニューラルネットワークによる識別の正
答率は低い値を示す場合があった。しかし、
あらかじめ実験参加者に快と感じる画像を選
択してもらうことで、喚起された情動を高い
精度で識別することができた。

4. 4 快・不快・中性3条件の識別結果と考察

快・不快・中性の3つの情動について識別
した結果を図5に示す。平均正答率は65.3%
であり、実験参加者Aのみ86.7%と高い値を
示したが、他の参加者は55%程度と低い正
答率を示した。

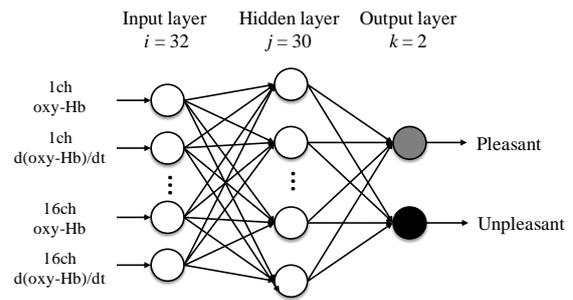


Fig3. Neural network architecture

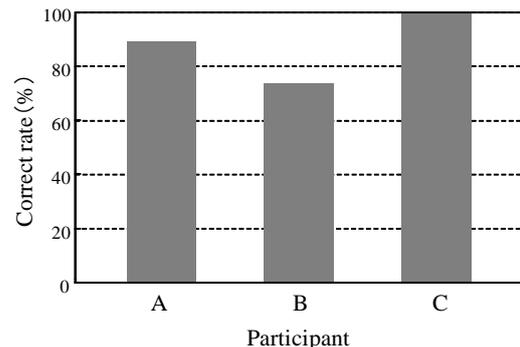


Fig.4 Result of correct rate (pleasant and unpleasant)

図6にニューラルネットワークの各出力信
号を比較した1例を示す。不快の出力信号は
教師信号とほぼ一致しているが、快と中性で
は識別が難しく、正しく識別できない傾向が
確認できる。

本実験では、不快画像についてはIAPSか
ら選択し、覚醒度についてもArousal Mean：
6.0~8.0に統一した。しかし、快画像につ
いては、実験参加者自身に画像を選択してもら
い、覚醒度を統一せずに実験を行った。その
ため、不快画像と比較して、快画像は興奮・
爽快などの要素がある高覚醒な画像から安
心・穏やかな低覚醒な画像が混在しており、
快画像呈示時の脳活動の特徴が不明確になり、
正答率が低下したと考えられる。

5 結論

本研究では、NIRSによる脳活動計測から
喚起される情動の識別の可能性を検証するた
めに、あらかじめ実験参加者に選択してもら
った快画像とIAPSから選択した不快画像を
用いて、実験参加者3名を対象に前頭前野の
脳活動を計測する実験を行った。計測された
NIRS信号を入力として、ニューラルネット
ワークを用いて喚起された情動を識別した。

快・不快の2つの情動を識別する場合は、平均正答率は87.4%、最高で100%の高い精度で識別することができた。IAPSから快画像を選択した場合^{3,4)}と比較して、実験参加者にはあらかじめ快だと感じる画像を選択してもらうことで快情動を十分に喚起できたことから高い正答率を実現できた。

快・不快・中性の3つの情動を識別する場合は、平均正答率は65.3%であり、実験参加者Aのみ86.7%と高い値であったが、他の参加者は55%程度と低い正答率を示した。これは、快画像の覚醒度を統一できなかったため、快画像呈示時の脳活動の特徴が不明確になり、正答率が低下したと考えられる。

今後は、実験参加者数を増やし、統計的な評価を行うことと、未知データに対して高い識別性能を発揮するサポートベクターマシン(SVM: Support Vector Machine)の検討を行う。

「参考文献」

- 1) Yoko Hoshi, Jinghua Huang, 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, 2011, pp.94-101.
- 2) 山田クリス孝介, 野村忍: NIRSによる映像視聴時の前頭前野活動の評価; バイオフィードバック研究, Vol.37, No.2, 2010, pp.91-96.
- 3) 平野亮典, 山本修一, 柳澤一機, 綱島均: NIRSによる視覚刺激呈示時の快・不快情動の評価; ヒューマンインターフェース学会誌, Vol.17, No.3, 2015, pp.297-306.
- 4) 柳澤一機, 綱島均: NIRSを用いた視覚刺激呈示時の快・不快情動の評価; 生体医工学第53巻特別号(第54回日本生体医工学会大会), 2015, p.164.
- 5) 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, 2007.
- 6) Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N.: International affective picture system (IAPS): Instruction manual and affective ratings; Technical report A-4, The center for research in psychophysiology, University of Florida, 1999.
- 7) 片平健太郎: IAPS selector; 東京大学総合文化研究科 進化認知科学研究センター

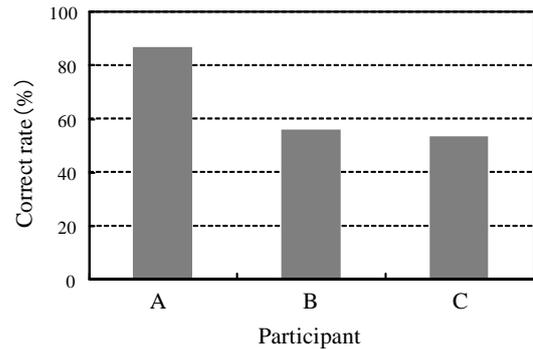
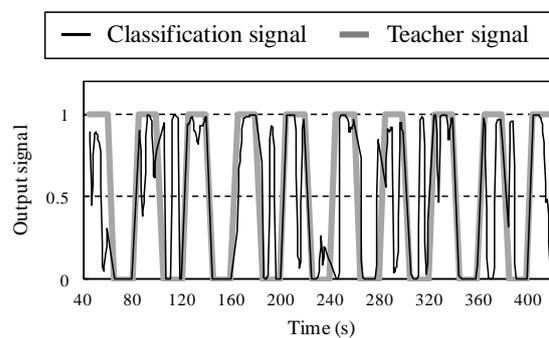
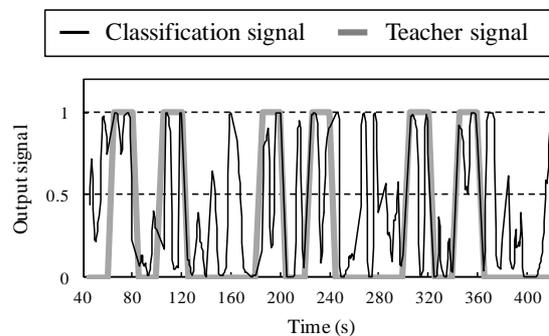


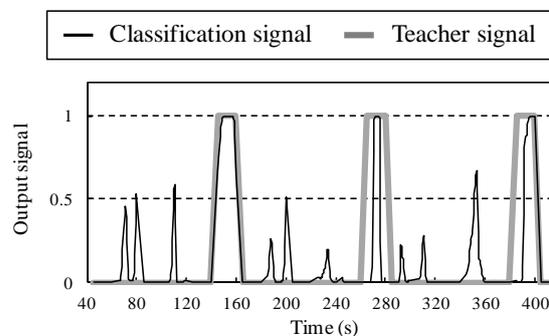
Fig.5 Result of correct rate (pleasant, unpleasant, neutral)



(a) Output signal of neutral



(b) Output signal of pleasant



(c) Output signal of unpleasant

Fig.6 Comparison of output signal in each emotion