

ウェアラブル NIRS-EEG の同時計測による情動評価に関する基礎的検討

日大生産工(院) ○安野 修平 日大生産工 柳澤 一機 日大生産工 綱島 均

1 緒言

マーケティングにおいて、消費者のニーズを解明することは重要である。従来の調査法として、アンケートや口頭質問などが一般的であるが、こうした調査法は回答者の体調や気分によって左右され本来の評価を反映していない可能性がある。また、人間の嗜好性に関する判断は無意識で 95%起こるとされている¹⁾。そのため、無意識下の情報を脳活動から読み取り、人間の嗜好性、情動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が注目されている。

非侵襲型脳活動計測から人間の嗜好性に関して検討した研究として、関口らは、腕時計のデザインに対する脳活動を fMRI を用いて計測し、好き・嫌いといった人間の情動を推定できる可能性を示した²⁾。また、橋本らの研究によれば多チャンネル脳波計測装置を用いて脳波を計測し、脳波からキャラクターの評価が行える可能性を示している³⁾。しかし、情動の評価を行うためには、実験参加者の計測による負担を軽減することが重要であり、fMRI 等の高い拘束性が求められる機器や計測部への取り付けに時間を要する従来の大型計測装置では、情動喚起時の脳活動を計測するには不向きであると考えられる。

そうした中で、近年の非侵襲型脳機能計測装置の発展により装置は小型化が進み、ウェアラブルに装着することが可能となり、実験参加者に負担を強いることなく自然な状態で脳活動情報を得ることができるようになった。特に近赤外分光法（Near Infra-Red Spectroscopy: NIRS）や脳波（Electroencephalography: EEG）は装置が小型かつ拘束性が低いため、情動喚起時の脳活動計測に適していると考えられる。小型 NIRS を用いた情動識別に関する先行研究として田中は、NIRS を用いて計測された脳活動情報から高覚醒の快・低覚醒の快・高覚醒の不快の情動の識別を行い、73.3%の識別精度を得ている⁴⁾。ウェアラブル装置による情動識別の可能性が見込まれるが、さらなる識別精度向上のため、複数の計測装置を用いて複数の脳活動情報から総合的に評価を行う必要がある。

そこで本研究では、視覚刺激によって喚起された情動を対象にウェアラブル NIRS と EEG による同時計測実験を行い、小型・ウェアラブルなデバイスによって計測された脳活動情報から喚起された情動を評価する方法について検討する。

2 脳活動計測の原理

2.1 NIRSの原理

NIRS とは、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情報を得る非侵襲型脳機能計測法である。

人間の脳において、脳活動が生じると局所的に脳血流が増加し、血液中のヘモグロビン濃度が変化する。また、近赤外光が生体を通過する際に血液中の酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb) と脱酸素化ヘモグロビン (deoxy-Hb) により近赤外光の吸収度合いが異なることを利用し、近赤外光を照射しその拡散光を計測することにより、血液中のヘモグロビンの濃度変化を捉えることができる。一般的に、脳活動が生じたとき酸素化ヘモグロビン濃度は増加し脱酸素化ヘモグロビン濃度は減少する。また、NIRS により計測される信号は基準値からの相対濃度変化量であるため、扱いには注意しなければならない。

2.2 EEGの原理

EEG とは、脳内の細胞の活動によって生じる電位変化を頭皮上の電極で記録し脳活動情報を得る非侵襲型脳機能計測法である。

脳細胞間において情報の伝達が起きると電流が発生する。個々の細胞の活動によって生じる電流は極めて小さいものの、多数の細胞が同時に活動することにより大きな電位が発生し、頭皮上の電極で計測が可能となる。脳波とは、この電位変化を時間経過にしたがって記録したものであり、その周波数の違いによって α 波 (8~13Hz)、 β 波 (14~30Hz)、 θ 波 (4~7Hz) などに分類できる。一般的に、 α 波は閉眼安静時や落ち着きやリラクセス、 β 波は緊張やストレス、 θ 波はまどろみ状態時に優位に発生するとされている。

3 実験方法

3.1 視覚刺激による情動喚起

人間が外部から受ける刺激のうち約 80% が視覚刺激であるため、視覚刺激により情動を喚起し脳活動情報を得る実験が広く行われており、喚起した情動に関連した脳活動が確認されている^{5~7)}。

視覚刺激により情動を喚起した際の脳活動を計測した先行研究として小西は、視覚刺激として高覚醒の快画像、低覚醒の快画像、不快画像の 3 種類の画像を呈示したときの脳活動を小型 NIRS 装置を用いて計測した⁸⁾。その結果、高覚醒の快において最も

Basic study on evaluation of emotion by simultaneous measurement of Wearable NIRS and EEG

Shuhei YASUNO, Kazuki YANAGISAWA and Hitoshi TSUNASHIMA

oxy-Hb が上昇し前頭前野が賦活することを確認している。また、不快では前頭前野の oxy-Hb が減少し、低覚醒の快ではあまり変化しないことを報告している。

3.2 呈示画像の選定

3.2.1 ラッセルの円環モデル

呈示画像を選定するにあたり、ラッセルの円環モデルを参考にした⁹⁾。ラッセルの円環モデルとは、ラッセルが提唱した、人間の情動が「快-不快」「覚醒-眠気」の二次元上に定義できるとしたモデルである(図1)。人間の情動は〈高覚醒の快〉〈低覚醒の快〉〈高覚醒の不快〉〈低覚醒の不快〉の4種類に大別できる。そのため、呈示する画像は以上の4種類の情動を喚起するようなものを選定する。

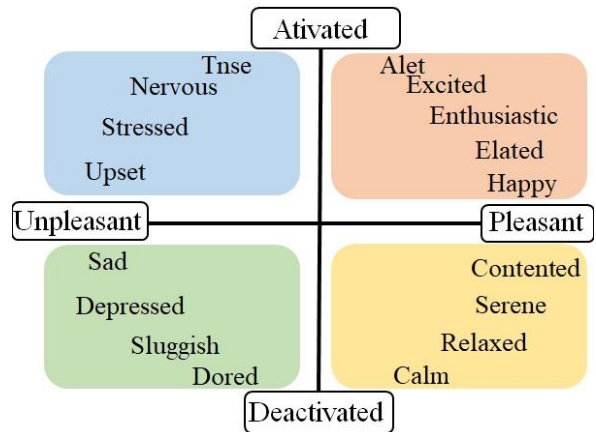


図1 ラッセルの円環モデル

3.2.2 呈示画像の選定

人間の情動を喚起する画像として、国際感情画像システム (International Affective Picture System:IAPS) がある¹⁰⁾。IAPSとは、安全かつ非侵襲的な方法で情動を喚起するため、多くのアンケート結果をもとに海外で作成されたカラー写真のセットであり、すべての画像は快・不快度と覚醒度の2指標で評価されているため、多くの情動喚起として用いられてきた。

しかし、先行研究において、快情動を促す画像については、価値観等の個人差が大きく反映されるため、実験参加者自身に画像を選定してもらうことで十分な情動喚起を図っている¹¹⁾。そこで本研究においても、予め喜びや興奮といった高覚醒の快情動を喚起するような画像を実験参加者自身に選定してもらい、実験に使用した。また、低覚醒の快画像は、森林や夜景のような風景画像を選定した。高覚醒の不快、低覚醒の不快の画像については、IAPSから該当する画像を選定した。

3.3 実験デザイン

実験デザインを図2に示す。前レスト7.5秒、呈示タスク15秒、後レスト7.5秒を1試行とし、呈示タスクでは課題に関連した画像を1タスクで3枚、1枚あたり5秒間呈示した。選定した画像をそれぞれ高覚醒の快、低覚醒の快、高覚醒の不快、低覚醒の不快と分類し、それぞれの試行を5回ずつ計20試行とし、試行順はランダムとした。また、レストでは画面中央に十字記号を呈示し、実験参加者には開眼状態で安静にするように教示を行った。

計測装置のチャンネル配置と装着時の様子を図3に示す。本研究では脳機能計測装置として、NIRSはアステム社製 Hb132 を使用し、前頭前野を全5ch計測した。EEGはデジタルメディック社製ミューズブレインシステムを使用し、後頭部1chを計測した。

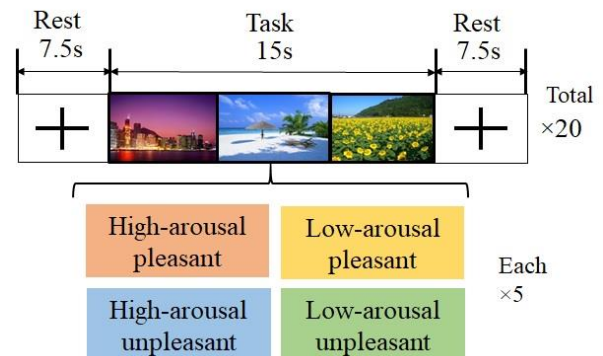


図2 実験デザイン



図3 計測装置と装着時の様子

二つの装置はどちらも小型かつ軽量で取り付けが容易なため、同時に装着した場合でも実験参加者に負担を強いことなく実験を行うことができる。実験終了後に、呈示した画像に対するアンケートを行った。アンケートはIAPS作成時に用いられた言語を用いない評定法であるSAM (Self-Assessment Manikin)¹⁰⁾を用いて、画像の快・不快度と覚醒度について評価を行った。実験参加者は、事前にインフォームドコンセントを得た20代男性9名とした。

4 実験結果

4.1 アンケートによる呈示画像の評価

実験参加者に、呈示した画像の快・不快度 (Valence) と覚醒度 (Arousal) についてアンケートを行った。それぞれ9段階で評価し、快・不快度は正の方向に大きいほど快、負の方向に大きいほど不快とし、覚醒度は正の方向に大きいほど高覚醒、負の方向に大きいほど低覚醒とした。

アンケートの結果を実験参加者間で加算平均 (N=9) した分布を図4に示す。図4から、高覚醒の快と高覚醒の不快の画像群はそれぞれ、快・不快度も覚醒度も大きく評価されており、目的の情動を喚起していると考えられる。低覚醒の快と低覚醒の不快の画像群は、それぞれの画像群で評価点は集まっているものの、快・不快度も覚醒度も小さく評価されており、中性に近い評価となっていることが確認できた。

個人のアンケート結果から、各画像群の想定している評定値から大きく離れた画像がいくつか見られた。そういった画像については目的の情動喚起が行えていないと考えられるため、その画像を呈示したタスクの信号については評価対象から除外した。IAPSの評定値を参考に各画像群の快・不快度と覚醒度を表1のように設定した。

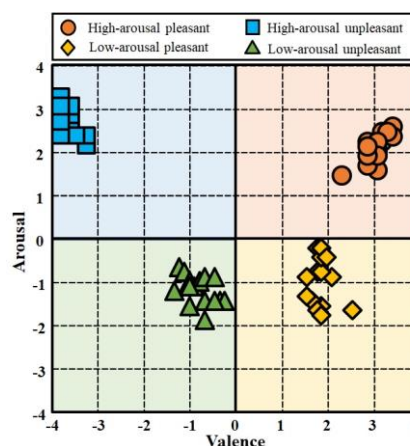


図4 アンケート結果

表1 各画像群の評定値

	快・不快度	覚醒度
高覚醒の快	+2～+4	+2～+4
高覚醒の不快	-4～-2	+2～+4
低覚醒の快	+1～+3	-2～0
低覚醒の不快	-3～-1	-2～0

4.2 NIRSの結果

NIRS信号には、計測装置によるノイズや呼吸や心拍による生体の揺らぎといった課題に関連しない成分が含まれているため、離散ウェーブレット変換による多重解像度解析¹²⁾を用いて課題に関連した成分で再構成し、ノイズの除去を行った。さらに、実験参加者間で比較するために標準得点化を行った。

前頭前野中央部にあたるch2のoxy-Hbを刺激課題ごとに抽出し、実験参加者全体で加算平均 (N=9) した結果を図5に示す。図5から、高覚醒の快タスクではoxy-Hbが大きく増加している。一方、高覚醒の不快、低覚醒の不快タスクではoxy-Hbが減少し、低覚醒の快タスクではその他のタスクに比べおおきな変動がみられない。これらの結果より、高覚醒の快条件では前頭前野中央部の脳活動は上昇し、不快条件では覚醒度に関わらず前頭前野の脳活動が低下する傾向にあることがわかった。また、低覚醒の快条件では脳活動に大きな変動がみられないことがわかった。

4.3 EEGの結果

計測によって得られたデータを高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform: FFT) により周波数分析を行い、特に脳活動に関係する周波数 (4Hz～25Hz) におけるα波に該当する周波数 (8Hz～13Hz) の割合からα波出現率を算出した。実験参加者ごとに各条件間でのα波出現率をそれぞれ算出した。

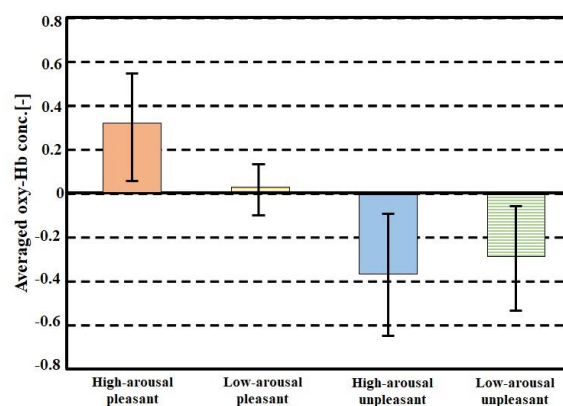


図5 各タスクのoxy-Hbの平均 (全実験参加者, 前頭前野中央部, ch2)

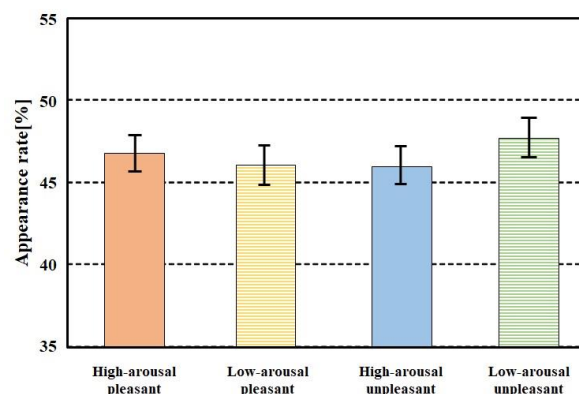


図6 各タスクのα波出現率の加算平均 (全実験参加者, 後頭部, ch1)

実験参加者全体での α 波出現率の加算平均 (N=9)の結果を図6に示す。図6から、各条件間での α 波出現率の差は1%程度であり、条件間での α 波出現率に大きな差は確認できなかった。

5 考察

5.1 NIRSによる評価

NIRSの結果から、高覚醒の快条件では前頭前野中央部の脳活動は増加し、高覚醒の不快条件では減少する傾向にあることがわかった。また、低覚醒の快条件では脳活動に大きな変動がみられなかった。これらの結果は先行研究⁹⁾と同様であり、また、低覚醒の不快条件では高覚醒の不快条件と同様に前頭前野中央部の脳活動が減少することがわかった。

以上のことにより、NIRSでは高覚醒の快、低覚醒の快、不快情動を識別できる可能性があるが、不快情動の覚醒度の差を識別できず、NIRSのみでは4種類の情動の識別を行うことは難しいと考えられる。

5.2 EEGによる評価

EEGの結果より、各条件間での α 波出現率の差は確認できなかった。

α 波出現率の差が確認できなかった理由として、視覚刺激で情動を喚起しているため、すべて閉眼状態での反応であり、閉眼状態時に特に優位に出現が確認される α 波の出現率にあまり差が出なかったためと考えられる。また、 α 波出現様式の個人差も理由として考えられる。正常成人において、 α 波が優位に発生する者、 α 波がほとんど発生しない者など、かなりの個人差があることが報告されている¹³⁾。よって、より詳細に傾向を確認するためには、実験参加者の α 波出現様式を把握し、分類する必要があると考えられる。また、 β 波の出現率に関しても検討したが、 α 波と同様に条件間で大きな違いは見られなかった。

EEG計測において視覚刺激を用いる際は、条件間での α 波出現率の反応をより鮮明に捉えるよう実験方法に工夫が必要である。その1つとして、ストレス状態をベースラインとした α 波の増減を計測する方法を提案する。視覚刺激の前に暗算などにより脳にストレスをかけ α 波を減衰させ、その後視覚刺激を与えることによって α 波がどの程度増加するかを計測する。この方法では α 波が大きく増減すると考えられるため、より鮮明に変化を捉えられる可能性がある。

6 結言

本研究では、視覚刺激による情動喚起時の脳活動をウェアラブルNIRSとEEGによる同時計測を行い、喚起された情動を評価する方法について検討を行った。

その結果、NIRSにおいては高覚醒の快、低覚醒の快、不快情動を識別できる可能性があるが、不快情動の覚醒度の差を識別できないと考えられる。一方、EEGにおいては、各条件間での α 波出現率の差を確認すること

ができなかった。現状の実験方法ではEEGによる情動識別を行うことができないと考えられる。

そのため、NIRSとEEGの同時計測による情動評価を行うには、実験方法や解析方法を工夫する必要がある。

今後は、先に述べた計測法で実験を行っていくと共に、NIRS-EEGの同時計測による情動識別の方法を確立し、識別精度向上を目指す。

「参考文献」

- 1) ジェラルド ザルトマン: 心脳マーケティング; ダイヤモンド社, (2005)
- 2) 関口, 川畑: 脳活動の多変量パターン解析用いた腕時計のデザイン評価; 電子情報通信学会論文誌, Vol.J94-D, No.6, pp.1017-1024 (2011).
- 3) 橋本, 南, 他: 商品キャラクタに対する認知状態と脳波の関連; 日本感性工学会論文誌, Vol.10, No.2, pp.123-129 (2011).
- 4) 田中: 近赤外分光法と機械学習を用いた情動の識別に関する研究; 平成 30 年 日本大学大学院生産工学研究科 修士論文, (2019).
- 5) 山田, 野村: 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, pp.91-96(2010)
- 6) 山本, 柳澤, 綱島: 人間の快・不快情動と脳活動の関連性に関する研究; 平成 25 年 日本大学大学院生産工学研究科 修士論文, (2013).
- 7) 沈, 刀祢, 朝山,: 色の視覚刺激による、脳波及び皮膚温などの生理機能に及ぼす影響について; J.Intl.Soc.LifeInfo.Sci., Vol.17, No.1(1999)
- 8) 小西: 近赤外分光法を用いた快情動の質的評価に関する研究; 平成 29 年 日本大学大学院生産工学研究科 修士論文, (2018).
- 9) Russel: A circumplex model of affect; Journal of Personality and Social Psychology, Vol.39, No.6, pp.1161-1178 (1980)
- 10) Bradley MM, Lang PJ: The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention, In JA Coan, JJB Allen (Eds.), Handbook of Emotion Elicitation and Assessment, New York: Oxford University Press, 29-46, 2007
- 11) 柳澤, 綱島 他.: NIRSを用いた視覚刺激呈示時における快不快情動の識別; ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.639-642 (2016).
- 12) 柳澤, 綱島 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).
- 13) Davis, H, Dabis, P: Action Potentials of the brain of Normal Persons and in Normal States of Cerebral Activity; Arch. Neural. And Psychiatry, Vol.36, pp.249-279 (1936).