

TV視聴時のユーザーの感情状態が生理心理計測に及ぼす影響

Effect of TV Viewers' Emotional States on Physiological and Psychological Measurements

阪本 清美
Kiyomi Sakamoto

坂下 誠司
Seiji Sakashita

山下 久仁子
Kuniko Yamashita

岡田 明
Akira Okada

要 旨

本稿では、プラズマTVと4種類のコンテンツを使用して、TV視聴時におけるユーザーの感情状態の評価実験を生理計測と心理計測の両面から行った。その結果、脳血液動態（脳の酸素代謝や血液循環の変化）をリアルタイムに計測するNIRS（Near-InfraRed Spectroscopy：近赤外分光法）といくつかの感情状態との間に相関が得られた。これらの結果は、脳の活動状態を表わすひとつの指標としてのNIRSが、緊張・リラックス、快・不快、好き嫌いなどの感情を推測するのに有効であることを示唆している。さらに、自律神経系の交感神経活動度を表わすLF/HF（Low Frequency/High Frequency）と心拍数HR（Heart Rate）が個々人の複合的な感情状態に影響されることも示唆する結果となった。

Abstract

Using plasma screens and showing four kinds of content, we experimentally evaluated the relationship between TV viewers' emotional states and selected physiological and psychological indices. In our experiment, significant correlations between Near-InfraRed Spectroscopy (NIRS) and some kinds of emotional states were observed. Our results indicated that NIRS, representing one aspect of brain activities, is potentially useful as an index for evaluating emotional states that include "stressed-relaxed," "comfortable-uncomfortable," and "like-dislike." Moreover, Low Frequency/High Frequency (LF/HF: level of sympathetic nerve activity) and Heart Rate (HR) are affected by complex emotional states in each subject.

1. はじめに

視覚疲労が少なく臨場感に優れ、使って楽しくなるようなTVの開発のためには、視覚疲労の計測とともに、没入感や快・不快、ワクワク感、緊張感などのユーザーの感情状態の計測が重要である。これら感情状態の計測は、現在は主に主観評価により行われている。しかし、主観評価は、評価基準など個人差が大きく、評価の精度向上と普遍性をもたせるには客観的な評価手法が必要である。そのため、心拍、呼吸、脳波、皮膚電気活動などの生理指標を用いてユーザーの感情状態を客観的に推定する手法が試みられている[1]-[4]。例えば、K. Wiederholdら[1]は、恐怖症患者の治療を行う目的のため、恐怖刺激に対する生理的反応の違いを調査し、恐怖症の人の恐怖に対する生態への影響を探っている。生理指標として、心拍、皮膚電気活動および皮膚温を用いた結果、皮膚電気活動において有意性が見いだされている。また、下野ら[2]は心拍・呼吸・血圧を用いた緊張や単調作業のストレスを計測する研究を行っている。緊張を与える指示によるストレス評価実験では、緊張・イライラ感・不安感・集中に関する主観評価値が大きくなり、同時に生理評価指標としては交感神経活動度を表わす心拍や皮膚温が有効であった。また、単調作業を課する実験では、課題中の覚醒水準は低く、倦怠感・イライラ感に関する主観評価値が上昇し、緊張やストレスを表わす生理評価

指標としては心拍変動指標を用いるのが有効としている。さらに、吉田ら[3][4]は基本的感情次元として「快-不快」と「緊張-弛緩（しかん）」を用いた基本感情ベクトルモデルと、生理指標として脳波活動を主体とする指標の検討を行い、快適性の評価には前額部の脳波情報が重要で、基礎律動波の周期のゆらぎが有効であることを示した。

以上のような感情状態評価の生理心理指標化に関する研究では、さまざまな感情の変化が生体に及ぼす影響についてシーンごとに細かく分けては行われておらず、生理指標と複合的な心理状態の対応関係は十分明らかになっていない。例えば、TV視聴時には切り替わるシーンごとに異なる感情が誘発される可能性もあり、個人の好みや興味によって没入する度合いが変化することや、ホラー系コンテンツに対しては“緊張状態”で“不快”で“没入”しているのに対し、癒やし系コンテンツでは“リラックス”し“快”で“没入”している可能性もある。

そこで、本研究では、こうしたTV視聴時におけるユーザーの感情状態をふまえて客観的に指標化するために、生理評価ではNIRSによる脳活動および脳波・瞬目率・心拍数、そして心拍変動性から得られた交感神経活動指標を用い、心理評価ではアンケートやインタビューを行い、複数の指標の関係から感情状態の客観的評価を試みた。

2. 実験

本研究では、4種類の映像コンテンツを用いてテレビ視聴を行い、コンテンツの違いにより異なる感情状態の変化を誘発させ、その際の生理・心理反応の変化を計測した。映像コンテンツは、恐怖系(ホラー)、癒やし系(ペット)、興奮系(音楽ライブ)、リラックス系(風景)の4種類を用い、各コンテンツにつき10分間、4つの映像コンテンツを連続して視聴した。

2.1 実験方法

(1) 実験参加者

学生12名(20～30歳代、男性4名、女性8名)である。なお、本実験での計測はすべて非侵襲性のものである。また、実験にあたっては、実験参加者に対して十分なインフォームドコンセントを行い、かつ文書による同意を得た研究協力者を対象として実施した。この実験は大阪市立大学大学院生活科学研究科研究倫理委員会の承認を受けている。

(2) 実験環境

ディスプレイ：42インチプラズマテレビ (Panasonic, TH-42PX600, resolution : HD 1024*768, aspect ratio : 16 : 9, width : 920 mm, height : 518 mm (physical height : 535 mm), contrast ratio : 4000 : 1 (Maximum ratio : 10000 : 1)) を用いた。

視距離：目-画面間距離を画面縦寸法(H)に基づき、3H(165 cm:42インチPDPディスプレイの画面縦寸法(H)約55 cm×3)とした。なお、適正視距離に関して、現在、デジタルTVなどの高精細ディスプレイの推奨視距離は画面縦寸法の2～3倍といわれている[5][6]。さらに、筆者らの行った先行研究[7]においても42インチのPDPディスプレイを使用した場合、視距離が画面縦寸法の3倍から4倍(約165 cmから220 cm)の間距離において適正視距離が存在する結果が示唆されたため、3H(=165 cm)を採用した。

室内環境：23℃・50%RHに設定された人工気候室内で行った。特に、湿度については瞬目率に影響を与えるため一定とした。照度はJIS照度基準(JIS Z 9110)のリビングの照度に基づいて150 lxに設定した。

(3) 測定項目

(1) 主観評価

心理評価として独自に開発した質問紙によるアンケートとインタビューを行った。

質問紙により、①「緊張-リラックス」、②「覚醒-眠気」、③「集中-散漫」、④「没入-退屈」、⑤「快-不快」、⑥「好き-嫌い」、⑦「興味」、⑧「興奮」、⑨「ワ

クワク」、⑩「恐怖」、⑪「目の疲れ感」の項目について主観応答のアンケートを行った。質問用紙のスコアは、①～⑥は3から-3に対応させた。また、⑦～⑪は3から0に対応させた。例えば、①「緊張-リラックス」の場合、スコアは3～-3の中から選択する。スコア=3はかなり緊張、スコア=1はやや緊張、スコア=-3はかなりリラックス、スコア=-1はややリラックス、スコア=0は緊張でもリラックスでもない状態を表わす。また、⑧「興奮」の場合、スコアは3～0の中から選択する。スコア=3はかなり興奮、スコア=1はやや興奮、スコア=0は興奮しなかった状態を表わす。なお、これら11個の質問項目は、予備実験において行った視聴後のインタビューから得られたコメントの中で多かった感性語を参考にして選択決定した。また、予備実験では、本実験とは異なる実験参加者に本実験で使用するものと同じコンテンツを視聴させた。また、今回の実験では「没入」の対極を「退屈」とし、「没入」が実際その場に身を置いているかのような感じでテレビ視聴に心を打ち込むことができる状態であるのに対し、「退屈」はコンテンツの内容に関心がなくテレビ視聴に心を打ち込むことができなく「退屈」である状態として定義した。

インタビューは、上記アンケートに回答後、各コンテンツや体調、視聴環境などについて簡単な聞き取りを行った。

(2) 生理評価

- 1) NIRSは、照射・検出プローブを体組織の皮膚上に装着し、近赤外光を照射して光減衰を測定することにより非侵襲的に体組織の酸素状態を計測するものである。近赤外光は生体組織に対し高い透過性をもつとともに、ヘモグロビンによる特徴的な吸収を受けるため、血液の動態を知ることができる。そこで、このNIRSにより前額部左右2箇所プローブを装着し[8]、ヘモグロビン値に基づいた脳血液動態(脳酸素代謝の状態を反映する酸化ヘモグロビンの濃度変化 O_2Hb と局所脳血流変化を表わす総ヘモグロビンの濃度変化Total-Hb)を計測した。
- 2) 国際10-20法に基づくCz部位から導出された脳波の周波数解析による β 波と α 波の比率 β/α を採用した。
- 3) 垂直方向眼電図から得られた1分間当たりの瞬目数を瞬目率として採用した。
- 4) 心電図から心拍数(HR)および交感神経活動度(LF/HF; RR間隔から得られた心拍変動波形の周波数分析を行い、低周波領域(LF; $0.04 \text{ Hz} < LF < 0.15 \text{ Hz}$)と高周波領域(HF; $0.15 \text{ Hz} < HF < 0.5 \text{ Hz}$)

の周波数成分比LF/HFを交感神経活動度とした)
を算出した[9][10].

[4] 実験手続き

10分間の映像コンテンツの視聴前後に2分間の安静を設け、1つのトライアルとし、この間生理評価の測定項目として、NIRS、脳波、瞬目率、心電図を連続して測定した。1つのトライアル終了後、次のトライアルまでに10分間のBreakタイムを設け、その間に視聴中の10分間を視聴前半、中盤、後半の3つに分けて、各区分について主観評価の各項目について質問紙による主観応答のアンケートを行った。この3区分間のアンケートをまとめて実施する時間は約3分であった。なお、順序効果を配慮し、コンテンツ4種類の順番は実験参加者ごとに入れ替えた。

3. 結果および考察

生理評価項目（NIRSによるTotal-Hb（以下NIRSと記す）、脳波 β/α 、瞬目率、心拍数HR、交感神経活動度LF/HF）の値と各感情状態の評価スコアとの相関をPearsonの積率相関係数を使用し、実験参加者全体および実験参加者ごとに求めた。その結果、有意な相関が多く認められた生理評価項目と感情状態の組み合わせを、第1表の(a)、(b)に示す。S1-S12は実験参加者の識別番号を示す。また、各表中に記載されたP、N、NULLの符号はP (Positive) (正の相関がある：相関係数0.4以上)、N (Negative) (負の相関がある：相関係数-0.4以下)、NULL (相関が弱い、あるいはほぼない：-0.4 < 相関係数 < 0.4) を示す。なお、P、Nについては、すべて相関係数は有意であったことを示す。第1表の(a)、(b)の、1行目S1～S12は実験参加者全体、2行目以降のS1、S2、S12は実験参加者ごとに求めた生理評価項目と感情状態のPearsonの積率相関の結果を示す。例えば、第1表の(a) 1行目S1～S12の(comfortable-uncomfortable NIRS欄)に記載されているNは、実験参加者全体で「快」「不快」の感情状態とNIRSとのPearsonの積率相関を求めた結果、両者の間に負の有意な相関が見られたことを示す。つまり、「快」と感じるスコアが高いほどNIRSの値は有意に低いことを表わしている。また、実験参加者のほとんどで同一符号の有意な積率相関を示したものに表中の網掛け表示を行った。

ここで、各項目ごとの結果を見てみると、NIRSは、12名中9名で「快」(第1表(a):(comfortable-uncomfortable NIRS欄))のときに、および12名中8名で「好き」(第1表(b):(like-dislike NIRS欄))「リラックス」(第1表(b):(stressed-relaxed NIRS欄))のときに減少していた。つま

り、「快」または「好き」または「リラックス」している状態が高いほどNIRSの値は小さくなっていた。NIRSはこれまで行ってきた研究で、高覚醒時や計算タスク中など脳活動が活発であるときに上昇することは確認されていたが、今回、TV映像視聴中において、快・不快、好き嫌い、緊張・リラックスなどの感情状態によく対応し、したがって、これらの感情状態を推測するのに有効な指標となり得ることがわかった。一方、「没入感」(第1表(a):(involved-bored NIRS欄))では、インタビュー結果と照らし合わせて考えると、「不快」かつ「嫌い」であり、「緊張」する“ホラー”で「没入」したり(S2, S4, S6, S7, S11, S12)、逆に「快」「好き」な“ペット”や“音楽”で「没入」を感じる場合もあり(S1, S5, S8)、2つのタイプに分かれていた。これに関しては、今回のように前額部2箇所のみでの計測では「没入感」の推測は難しい可能性もあり、計測箇所を増加させるなど、さらなる検討が必要である。

また、HRは、「快」(第1表(a):(comfortable-uncomfortable HR欄))「好き」(第1表(b):(like-dislike HR欄))で増加するパターン(S1, S5)と、「不快」(第1表(a):(comfortable-uncomfortable HR欄))「嫌い」(第1表(b):(like-dislike HR欄))で増加するパターン(S2, S3, S6, S7, S11)の2つのタイプに分かれていた。後者の場合は、全員(S2, S3, S6, S7, S11)が「没入」している状態であった。このことは、例えばホラー視聴時のように「不快」「嫌い」であるが没入しており、マイナス的な精神負担や緊張感が高まったため、HRが増加したのではないと思われる。しかし、没入していない(退屈)で「リラックス」状態のときにHRが増加するケースもあり(S5)、インタビュー結果も合わせて考えると、眠気をかみ殺したり、がまんしたりしていることで生じた現象が示唆される。今後、実験の精度を上げるためには、実験前夜の体調管理の指示など、統制を行う必要があると思われる。

さらに、交感神経の活動指標として用いたLF/HFでは、HR同様、「快」(第1表(a):(comfortable-uncomfortable LF/HF欄))「好き」(第1表(b):(like-dislike LF/HF欄))で増加するパターンと、「不快」(第1表(a):(comfortable-uncomfortable LF/HF欄))「嫌い」(第1表(b):(like-dislike LF/HF欄))で増加するパターンの2つのタイプに分かれていた。「快」「好き」で増加する場合のLF/HFの増加は、興奮・ワクワク感などプラス的な感情でコンテンツを視聴していたことに由来し、「不快」「嫌い」で増加する場合は、マイナス的な精神負担や緊張に由来するのではないと思われる。このことからLF/HFとHRは個々人の複合的な感情状態に影響され、同時にそ

第1表 生理指標と感情状態の相関

Table 1 Correlation between physiological and psychological states

(a)

	comfortable-uncomfortable			involved-bored		
	NIRS	HR	LF/HF	NIRS	HR	LF/HF
S1 ~ S12	N	NULL	P	NULL	NULL	NULL
S1	NULL	P	P	N	P	N
S2	N	N	P	P	P	N
S3	N	N	P	NULL	P	P
S4	N	P	NULL	P	N	P
S5	N	P	P	N	N	NULL
S6	N	N	NULL	P	P	NULL
S7	N	N	P	P	P	NULL
S8	N	NULL	P	N	NULL	P
S9	NULL	NULL	NULL	P	N	N
S10	NULL	NULL	NULL	N	N	N
S11	N	N	N	P	P	P
S12	N	NULL	N	P	N	N

(b)

	like-dislike			stressed-relaxed		
	NIRS	HR	LF/HF	NIRS	HR	LF/HF
S1 ~ S12	N	NULL	P	P	NULL	NULL
S1	NULL	P	N	NULL	NULL	N
S2	N	N	P	P	P	N
S3	N	N	P	NULL	P	N
S4	P	N	NULL	P	N	P
S5	N	P	P	P	N	N
S6	N	N	NULL	P	P	NULL
S7	NULL	N	P	P	P	NULL
S8	N	NULL	P	P	NULL	N
S9	NULL	NULL	N	NULL	N	N
S10	N	N	N	N	N	N
S11	N	N	N	P	P	P
S12	N	NULL	N	P	NULL	NULL

れはコンテンツの内容によっても大きく左右されることを示唆する結果となった。

そこで、コンテンツごとに複合的な感情状態を見るために、実験参加者全員の全区間における心理評価スコアの分布を、「緊張」-「リラックス」軸（X軸）と「没入」-「退屈」軸（Y軸）の2軸で表示した結果を第1図に、「快」-「不快」軸（X軸）と「没入」-「退屈」軸（Y軸）の2軸で表示した結果を、第2図に示す。これは、第1表(a), (b)に提示した感情状態の中から、自律神経系の活動と関連が深いと予想される感情をX軸に、そして、中枢神経系の生理指標と関連が深いと予想される感情をY軸にしてマトリックスとすることで、複合的な感情状態と生理指標との関係性をよりわかりやすくするためである。なお、第1図、第2図のA（1段目のグラフ）は音楽ビデオ、B（2段目のグラフ）は風景、C（3段目のグラフ）はホラー、D（4段目のグラフ）はペットのコンテンツを示す。

また、第1図、第2図上の矢印は、第1表の結果と同じ

ようにコンテンツごとに実験参加者全体の生理指標と感情状態の相関を求め、各グラフのX軸、Y軸両者の感情状態の組み合わせと生理指標の結果に一連の相関傾向が見られる場合のみ、その関係性をグラフ上に表示したものである。

さらに、グラフ上のplot markers（◆, ▲, ■, or ●）のサイズはグリッド上の心理評価スコアが選択されたポイント数に対応、全ポイント数は36（12名×シーン）でフォントサイズは7～16である。1ポイントのみ選択時は最少のフォント7、1ポイント増えるごとにフォントサイズも1ずつ大きくなっている。

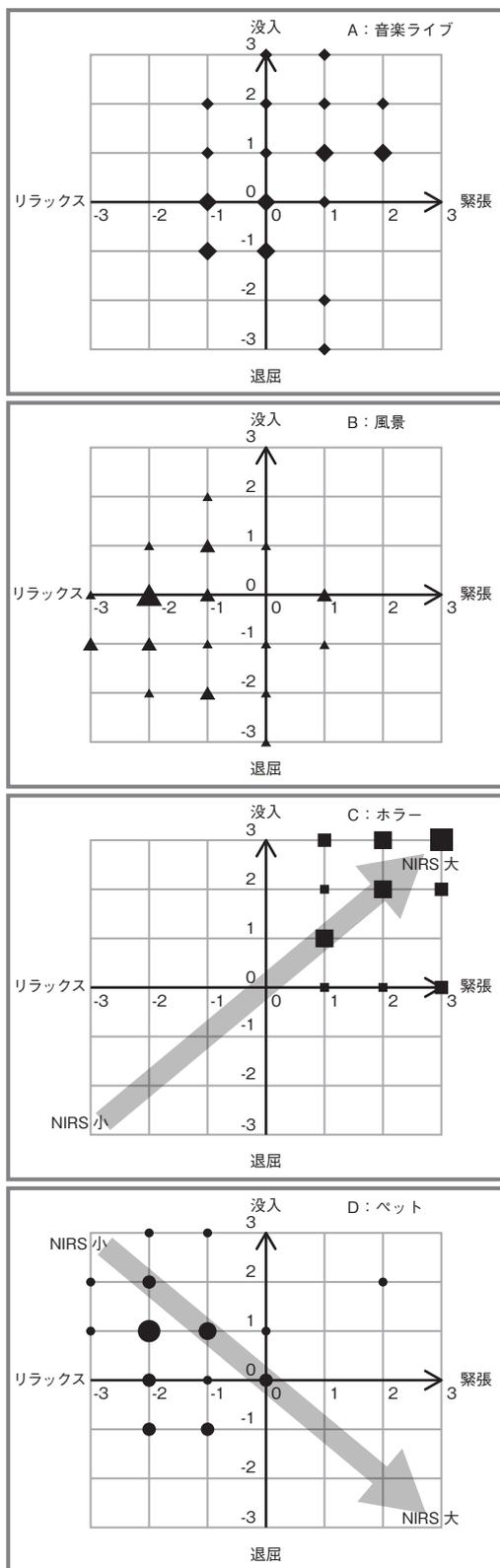
今回実験に用いたコンテンツのうちC:「ホラー」とD:「ペット」については、X軸、Y軸の組み合わせが異なる3つのグラフ（第1図、第2図）とも、ほぼ同一エリア内に評価点が集まる結果となった。すなわち、程度の差はあれ実験参加者全員の感情の複合評価がほぼ同じ傾向を示している。しかし、「ホラー」に対しては「緊張状態」で「不快」であるが「没入」しているのに対し、「ペット」では「リラックス」し「快」で「没入」している状態であることがわかる。また、これらの感情状態は、生理指標である中枢神経系の脳血液動態（NIRS: Total-Hb）や自律神経系の交感神経活動度（LF/HF）の大小とも相関が高かった。

一方、「音楽ビデオ」と「風景」については各図中の評価点にばらつきが見られ、同じコンテンツであっても個人により感情状態の組み合わせ（複合的な感情）が異なることを示していた。

さらに、インタビューから得られた主なコメントからも、上述の感情状態評価スコアからの結果分析と同様、「ホラー」や「ペット」ではよく似たコメントが得られたのに対して、「音楽ビデオ」と「風景」では実験参加者によってコメント内容も異なった。

このように感情状態はコンテンツの種類や個人ごとにも異なるが、客観的な生理指標との対応がより明確になる複合的な感情状態の組み合わせのあることが示唆された。

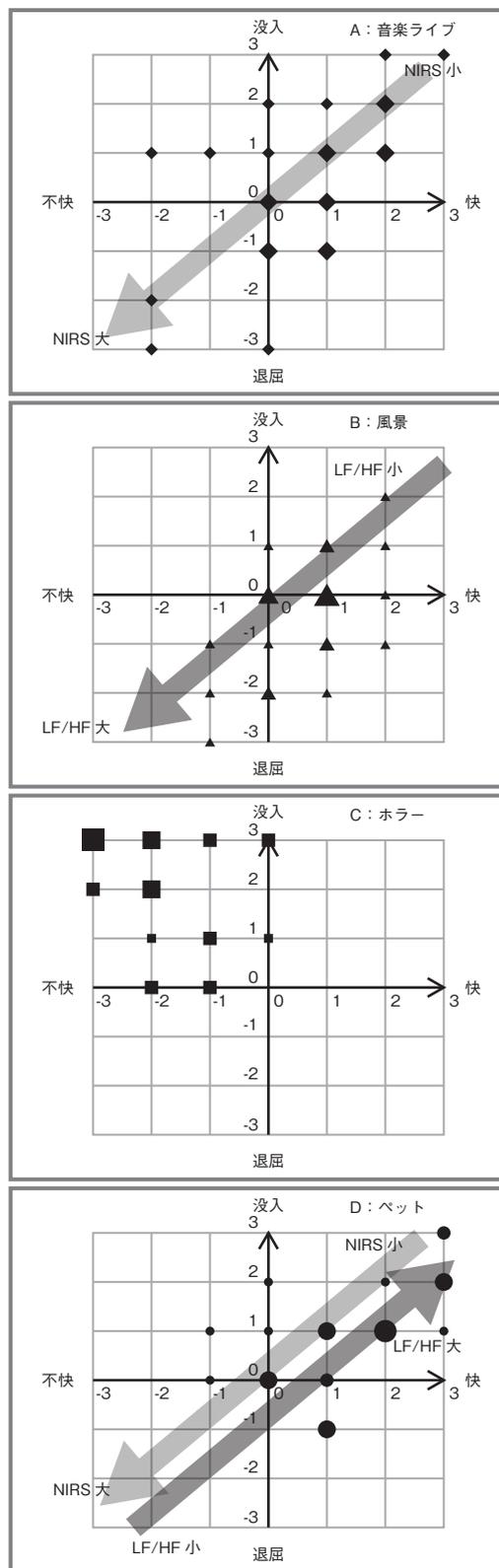
今回、NIRSによる脳活動と感情状態との対応は明らかに見られ、NIRSが有効な指標であることは確認できたが、その生理的メカニズムについては現時点では十分に解明されておらず、これについては今後さらなる検討が必要である。また、シーンの中にも異なる感情状態が含まれている可能性があるため、今後、より細かいシーンに分けて検討していきたいと考えている。



X: 緊張-リラックス, Y: 没入-退屈
X-axis: score for stressed-relaxed,
Y-axis: score for involved-bored

第1図 感情状態

Fig. 1 Relationship between two psychological axes for each content



X: 不快-快, Y: 没入-退屈
X-axis: score for comfortable-uncomfortable,
Y-axis: score for involved-bored

第2図 感情状態

Fig. 2 Relationship between two psychological axes for each content

4. まとめ

今回の結果から、全体的には中枢神経系の脳血液動態(NIRS)は、快・不快、好き嫌い、緊張・リラックスなどの感情を推測するのに有効であり、客観的な指標となり得ることが確認できた。また、自律神経系のLF/HFとHRは、実験参加者全員の結果をまとめると個別の感情状態と無相関となってしまうが、個人において両者の間の関連性を否定するものではなく、個人個人の複合的な感情状態に影響されることが示唆された。また、コンテンツの種類によりその傾向は異なるが、複合的な感情状態を組み合わせることにより生理指標との対応がより明確になる場合があり、生理評価が感情を推測する客観的な指標になり得る可能性が示唆された。今後、さらなる実験データの追加を行い、実験参加者をグループ分けしたり、感情状態をより良く反映する生理データと心理データの中で、高い信頼性が得られる指標やその組み合わせを明らかにしていきたいと考えている。

参考文献

- [1] B. K. Wiederhold et al., "Physiological monitoring as an objective tool in virtual reality therapy," *CyberPsychology & Behavior*, vol.5, no.1, pp.77-82, 2002.
- [2] 下野太海 他, "心拍・呼吸・血圧を用いた緊張・単調作業ストレスの評価手法の検討," *人間工学*, vol.34, no.3, pp.107-115, 1998.
- [3] 吉田倫幸, "脳波レベルから見た1/fゆらぎの意義," *日本ME学会誌*, vol.8, no.10, pp.29-35, 1994.
- [4] 吉田倫幸, "感性・快適性と心理生理指標," *日本音響学会誌*, vol.50, no.5, pp.489-493, 1994.
- [5] 成田長人 他, "超高精細・大画面映像の観賞に適した画面サイズと観視距離に関する考察," *映像情報メディア学会誌*, vol.55, no.5, pp.773-780, 2001.
- [6] Viewing condition for the subjective assessment of HDTV image quality: Rec. ITU-R BT, 710-4.
- [7] K. Sakamoto et al., "Evaluation of the effect of viewing distance on visual fatigue in a home viewing environment," *Journal of Human Ergology*, vol.39, no.1, pp.1-14, Jun. 2010.
- [8] 谷崎みゆき 他, "語音聴取時における前額部の脳血液動態に関する研究," *日本生理人類学会誌*, vol.6, no.2, pp.35-42, 2001.
- [9] K. Ishibash et al., "Inhibition of heart rate variability during sleep in humans by 6700 K pre-sleep light exposure," *Journal of Physiological Anthropology*, vol.26, no.1, pp.39-43, 2007.
- [10] K. Ishibash et al., "Effects of mental task on heart rate variability during graded head-up tilt," *Journal of Physiological Anthropology*, vol.18, no.6, pp.225-231, 1999.

執筆者紹介



阪本 清美 Kiyomi Sakamoto
R & D本部 全社CTO室 標準化推進室
Standardization Promotion Office, Groupwide
CTO Office, R&D Div.
学術博士



坂下 誠司 Seiji Sakashita
R & D本部 全社CTO室 標準化推進室
Standardization Promotion Office, Groupwide
CTO Office, R&D Div.



山下 久仁子 Kuniko Yamashita
大阪市立大学
Osaka City University



岡田 明 Akira Okada
大阪市立大学
Osaka City University
医学博士