

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：30108

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330314

研究課題名(和文) 生理情報を用いた定量的感性推定モデルの基礎研究

研究課題名(英文) Basic study on the quantitative estimation models of emotion using bio-responses.

研究代表者

山下 政司 (Yamashita, Masaji)

北海道科学大学・保健医療学部・教授

研究者番号：40210421

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：感性刺激の生理応答を基に実験的検討を行い以下の結果を得た。まず、緊張と関連する皮膚交感神経活動を反映する最適生理量を明らかにし、緊張指標の実験的検証により緊張度に対応して変化する生理量を明らかにした。次に、快不快応答の生理応答を検討し、爽快・嬉しさそれぞれに応答する生理量を示した。爽快・嬉しさ・癒しに共通する快の生理指標は見当たらないが、各生理量の刺激応答間の相互相関を評価すると、快感情に共通する生理応答関係が見出された。さらに、随伴情動を含む生理応答の特徴抽出の試みとして、「不快-興奮」状態等の生理応答の特徴を精査してそれぞれに特徴的な変化を見出す事が出来た。

研究成果の概要(英文)：Experimental studies were executed using bio-responses of central and autonomic nervous systems, and some results were obtained as follows. At first, an optimum tension-related parameter, reflecting skin sympathetic nervous activity, was showed and the corresponding parameter to tension levels were found. Next, some parameters corresponding to exhilaration or happiness were found. Any parameter corresponding to the comprehensive pleasure, inclusive of exhilaration, happiness and soothing were not found. However, some correlations of bio-responses that were corresponding to the comprehensive pleasure, were found. Finally, some trials were executed to find the features of bio-responses to accompanying emotion with main one. Some characteristic changes in blood circulation system were found as the features of bio-responses to accompanying emotion.

研究分野：感性情報学

キーワード：感性 精神的緊張 快不快 感性推定モデル 自律神経 血液循環

1. 研究開始当初の背景

感情・情動の生体反応を定量評価したいとの要求は高く、感性工学、生体医工学、生理心理学を始め各分野で研究されている。しかし、各種生体反応に関する知識は未だに不足しており、個体差が大きい問題と相まって一筋縄にはいかないのが現状である。

こうした中、著者は以前より物理的・心理的刺激の生体応答の研究を行い、感性に対する自律神経・血液循環応答の研究を行ってきた。その中で、呼吸から迷走神経の RSA 機能への影響度を、呼吸統制が必要なくリアルタイム解析する方法を考案し、これが人の情動的な興奮度と順位相関することを見出し興奮指標 min とした。この指標は興奮に伴う脳の酸素需要を利用したものと考えられて独創的であり、刻々変化する興奮度に対応でき、心拍数が上昇するほど強くない通常よく見られる程度の興奮状態にも応答し、快性および不快性の興奮にも良く対応して変化する利点がある。

興奮指標 min の有効性についてコンピュータゲームを用いて検証したところ、ゲーム難易度上昇に応じて min は減少し、主観的興奮度とも対応することを通して min の有効性を実証した。

また、騒音や緊張動画などを用い、緊張時に皮膚血管収縮神経核を介した皮膚交感神経活動を反映する脈波振幅が主観的緊張度とよく対応し、圧受容器反射の影響で心拍も低下することを見出し、脈波振幅あるいは皮膚交感神経活動を反映する生理量を生理的緊張指標として提案し、検証したいと考えている。

2. 研究の目的

感情や情動を含めた概念を感性として扱い、動画等を用いた感性喚起刺激に対する人間の中枢・自律神経応答を基に、感性を定量的に推定するモデル構築の基礎的研究を目的とする。

本研究は、以下のサブテーマに基づき検討を行った。

(1) 感性 3 軸モデルの各軸に対応する生理指標の探索

感情を 3 次元ベクトル空間上で扱うモデルを用い、各軸に対する生理指標を求めることで、各種感情を座標で示し判別が可能となる。従って、感情喚起による中枢・自律神経応答を解析して各軸に対応する生理指標を探索し、有効性の検証を行う事が第 1 の目的である。

(2) 随伴情動を伴う場合の生理的特徴解析

恐怖では緊張と同時に興奮もしており、指標生理量とは別に他の特徴が現れる。多くの

感情には随伴情動があり、モデルではこれを利用して感性を特定するが、指標生理量以外の随伴情動に伴う生理学的特徴が明らかであれば、補完情報として利用価値がある。従って、感性特定の適合度を上げるため、随伴情動に伴う複雑な生理応答の解析を行い、補完情報を整理する事を第 2 の目的とする。

3. 研究の方法

全ての実験は、所管の視聴設備、空調設備の整ったシールドルーム内とし、学内倫理委員会の承認を得、学長の許可の下、被験者のインフォームドコンセントを取得して実施した。

研究は以下の項目毎に実験を行った。

(1) 皮膚交感神経活動を反映する最適生理量の比較検討

従来研究で精神的緊張により脈波振幅が低下することが推定されたが、脈波振幅は皮膚交感神経活動を間接的に反映するものである。また、その計測にはアーチファクトを受けやすいなど扱いにくい点もある。そこで、皮膚交感神経活動を反映する幾つかの生理量について、最も適切に反映する生理パラメータを実験的に比較検討した。

被験者は健常成人男性 12 名とし、刺激には各々数段階強度の緊張動画刺激、計算刺激および冷水刺激を用い、脈波、レーザ血流、SCC、SPR を解析して反応量、刺激強度、主観量との相関を基に検討した。ただし、実際の計測事情を考え、計測しやすさも考慮して利用価値の高いものを最終的に選択する。

(2) 緊張指標の実験的検証

刺激として緊張レベルが違う数種の動画像と緊張場面設定を用い、緊張喚起刺激時の生理応答を計測評価し、刺激強度、主観評価との相関を解析することで生理的緊張指標の検証を行った。事前調査として、実験に用いる緊張喚起動画を緊張度の違いを考慮して 15 種類作成し、刺激判定用被験者に用意した刺激を視聴させ、各刺激に対する緊張度の主観評価を行って適合した刺激を 3 レベル分選定した。その後生理心理実験を行った。被験者は男性 12 名とし、計測項目は光電脈波、連続血圧、心電図などとした。刺激前後には気分と刺激に対する主観評価を行い、差分量を評価した。実験により得られた各刺激生理応答が、主観評価の緊張度スコアに応じたものとして適切に応答しているか各々順位相関を検定して緊張指標が適切なものが検証した。

(3) 快・不快指標の探索実験

感性モデルの基盤の一つである「快 - 不快」軸に対応する客観的生理指標について検

討を行った。「快」といっても癒しの「快」と爽快な「快」については、Russelの円環モデル上では「快×覚醒」及び「快×睡眠」となるため、「覚醒」と「睡眠」の影響を受け、自律神経活動状況は全く異なることから「快」を表現する生理学的特徴は見出し難い。

本研究では、血液循環、呼吸及び脳波信号を基に様々な解析を通して「快・不快」各々の特徴について調査した。実際には、「覚醒・睡眠」の影響を受けない「快」である「喜び」も導入して検討を行った。具体的には、「子猫」「子犬」等の癒し動画、「ドミノ倒し」「スポーツハイライト」等の爽快動画、「乳児」を用いた嬉しさ動画、「動物の死骸」の不快動画、「校内風景」を用いた対照動画など各5分間の動画を用いて健常男性に視聴実験を行い、生体計測及び主観評価結果を解析評価した。計測パラメータは、一回拍出量、連続血圧、心電図、脳波、呼吸波等を用いた。なお、被験者は前安静時と後安静時には対照動画を視聴し、その間に各感情に応じた数種類の動画をランダムに視聴する。このような実験を各感情喚起動画の種類を変えて複数回行った。

自律神経・血液循環応答や脳波のスペクトル解析、各バンド脳波左右差解析、各種生理パラメータ応答間の相互相関解析、正準判別分析等を実施して特徴量を検討した。

(4) 随伴情動生理応答の特徴抽出

様々な感情の感性3軸モデル(「快-不快」「興奮-鎮静」「緊張-弛緩」を基にしたWundtのモデル)上の分布から、利用価値のある随伴情動関係として、「快-興奮」、「不快-興奮」、「緊張-不快」があり、それぞれの随伴情動を表す刺激に対する生理応答の特徴について調査し、生理メカニズムを基に検討して考察した。「快-興奮」については笑い刺激、「不快-興奮」については怒り刺激、「緊張-不快」については恐怖刺激について具体的に検討した。

4. 研究成果

(1) 皮膚交感神経活動を反映する最適生理量の比較検討

動画刺激では全生理パラメータで刺激に対応した応答が見られ、SCCが最も強い応答を示すが、刺激強度との相関性については脈波振幅(PWA)が良い結果となった。計算刺激ではPWAが良い応答を示した。冷水刺激の段階的变化に妥当性のある応答は見られなかったが、冷水刺激は物理的要素がある事を考慮すると、モダリティの違う刺激でも比較的妥当な応答を示すものはPWAであることが示された。従って、安定的にPWA評価できる計測技術の確立と評価が有効である事が示された。

(2) 緊張指標の実験的検証

主観的緊張度の強さに対応して、心拍数の減少およびPWAの減少などの生体応答が有意に相関して現れる($p < 0.05$)ことがわかった。一般に、精神的緊張状態では心拍数が上昇すると考えられているが、刺激に興奮的要素が少なく、緊張的要素が強い精神的緊張状態では、心拍数が減少する事を明らかにした。また、迷走神経活動や心臓交感神経活動と関連が想定されている呼吸性洞性不整脈RSA、前駆出期PEP等には有意な変化は見られなかった。これらは、精神的緊張状態の生体応答として皮膚交感神経活動が関与している事を示唆している。

(3) 快・不快指標の探索研究

自律神経・血液循環応答や脳波解析を通して検討した結果、「爽快」動画に対応した心拍率、脈圧、脈波振幅が対照動画に対して変化($p < 0.05$)し、呼吸周波数は上昇傾向($p < 0.1$)を示した。図1に快不快感情に対する心拍率HRの変化を示す。さらに、「嬉しさ」動画で呼吸周波数が対照動画に対して上昇($p < 0.05$)した。呼吸周波数と呼吸振幅を用いた正準判別分析により快不快の判別に対して有用な結果が得られたが、緊張など他の感情動画を導入した場合には判別が難しい可能性が考えられた。なお、「爽快」「嬉しさ」「癒し」に共通する生理指標は見いだされなかったが、心拍数と脈圧を用いた解析では「快」に共通の変化が得られる可能性が得られた。

さらに、種々の生理パラメータ量(例えば拡張期血圧と脈圧)の刺激応答平均値間の個人データに対する相互相関等を評価してみると、幾つかの組み合わせで「爽快」「嬉しさ」「癒し」に共通する快感情では生理応答が有意に相関し、不快感情や対照では無相関を示すものが見つかった。図2に快感情と関連するパラメータ例として拡張期血圧DBPと脈圧PPの相互相関を示す。このような生理的性質の異なる快感情である「爽快」「嬉しさ」「癒し」に共通する特徴量を見出した例は過去の文献には見当たらず、大きなインパクトを与えるものと考えられる。

(4) 随伴情動生理応答の特徴抽出の試み

笑い刺激における生理応答では、心拍率は上昇しないが、興奮指標のminは減少傾向を示し、PWAは有意に減少し、収縮期圧と心拍率の相互相関は減少するので、「快-興奮-弛緩」状態では、血液循環系の伝達効率が低下する事がわかった。

怒り刺激の生理的応答では、心拍率は上昇せず、収縮期圧、拡張期圧共に刺激後も上昇した状態を維持し、PWAは減少し興奮指標のminも減少した。また、呼吸周波数は興奮度に応じて減少し、呼吸振幅は上昇した。これは「不快-興奮」状態にて酸素取り込みが増加することを示唆している。また、怒り刺

激後も皮膚交感神経活動がしばらく活性化してPWAが減少し続け、その影響で総末梢抵抗が上昇して収縮期血圧も高く維持されていくことがわかった。「不快-興奮」については、ノルアドレナリン、アドレナリンの放出が多く応答が長引くことがわかった。

恐怖刺激では、収縮期圧・拡張期圧ともに僅かに上昇するが、心拍率はかすかに低下する。PWAが低下して血管が緊張状態にある中で、心拍率の変化が収縮期圧・拡張期圧に影響しやすくなっていることがわかった。従って「緊張-不快」については、緊張の要素が支配的に作用することが推察された。

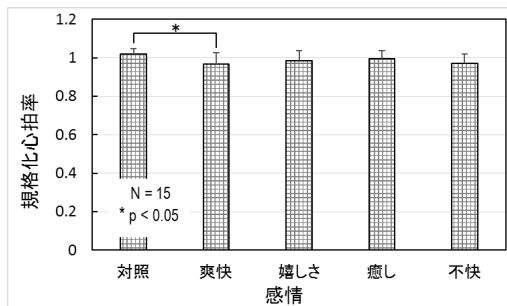


図1 快不快感に対する心拍率の変化

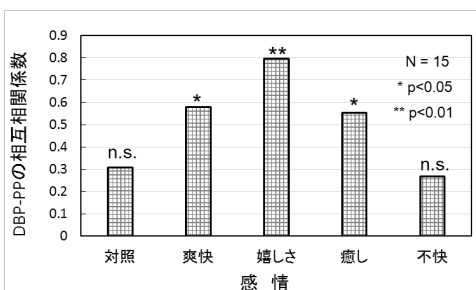


図2 快感情と関連するパラメータ例

<引用文献>

山下政司：怒り刺激に対する血液循環応答と心拍変動解析、生体医工学、49(6),843-849,2011.

M.Yamashita: An experiment on the verification of the psychophysiological index of excitement using a computer game, KEER2012, pp.72-77,2012.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

山下政司, 相川武司, 北間正崇：透析低血圧への一時的対処法に関する基礎的検討, 生体医工学, 55 (2), 2017, pp.84-90 (査読有り)

Masaji Yamashita, Hisae O.Shimizu, Masataka Kitama: Biological responses to emotional exhilaration elicited by video stimuli, KEER2016 International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research, Proceedings of KEER2016, No.188, 2016, pp.1-6 (査読有り)

高橋友佳里, 奥山豪, 北間正崇, 清水久恵, 山下政司: 定常 非定常分離フィルタによる生体信号の非定常成分検出に関する基礎的研究, 信学技報, MBE115(513), 2016, pp.27-31 (査読無し)

Masaji Yamashita, Hisae O.Shimizu, Hiroko Miura: Comparison of min and HRV responses to head-up tilt with cold pressor test, The 12th International Congress of Physiological Anthropology, Abstract Book, 2015, p.79 (査読有り)

Masaji Yamashita: Experimental Verification of Psychophysiological Index of Excitement, International Journal of Affective Engineering, 14(1), 2015, pp.65-71 DOI <http://doi.org/10.5057/ijae.14.65> ONLINE ISSN: 2187-5413 (査読有り)

山下政司, 北間正崇, 清水久恵: 精神的緊張による生体応答の基礎的検討, 信学技報, MBE114(79), 2014, pp.1-4 (査読無し)

〔学会発表〕(計 8 件)

山下政司, 清水久恵, 三浦寛子: ビデオ喚起による快不快の生理応答に関する一考察, 第12回日本感性工学会春季大会プログラム, p.1E-19, 2017.3.29, 大阪市

山下政司, 相川武司, 北間正崇: 透析低血圧への一時的対処法に関する基礎的検討, 生体医工学シンポジウム 2016, 2016.9, 旭川市

高橋友佳里, 奥山豪, 北間正崇, 清水久恵, 山下政司: 定常 非定常分離フィルタを用いた心電図の突発性雑音の除去, 第35回医療情報学連合大会(第16回医療情報学会学術大会), 2015.11, 宜野湾市

山下政司, 清水久恵, 三浦寛子: 皮膚交感神経活動関連生理パラメータのストレス応答の比較, 第17回日本感性工学会大会講

演予稿集，2015.9，東京都

山下政司，清水久恵，三浦寛子：自律神経活動変化に伴う胃電図応答の基礎的検討，日本生理人類学会第 72 回大会要旨集，20，p.92，2015.5，札幌市

山下政司，清水久恵，北間正崇：精神的緊張刺激による生理応答に関する一考察，生体医工学シンポジウム 2014 講演予稿集，p.38，2014.9，東京都

山下政司，清水久恵，北間正崇：快・不快刺激による生体応答の基礎研究，日本生理人類学会第 70 回大会要旨集，19 pp.126-127，2014.6，福岡市

山下政司，北間正崇，清水久恵：精神的緊張による生体応答の基礎的検討，電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会，2014.6，札幌市

6．研究組織

(1)研究代表者

山下 政司 (YAMASHITA, Masaji)

北海道科学大学・保健医療学部・教授

研究者番号： 4 0 2 1 0 4 2 1