

B. 研究方法

本研究は、実験への協力が得られた健康な男女 48 名（女性 38 名、男性 10 名）を対象として実験を行い、生理指標のデータ欠損があった者と除外基準の該当者、計 8 名を除いた男女 40 名（女性 31 名、男性 9 名）を研究の分析対象とした。主観的ストレスを認知し意思や感情を表出することができる健常者を対象とした。対象者にはマウス操作が右利きであること、漢字の識字が可能であること、本研究で行うものと同様の **Stroop Color Word Conflict Test (CWT)** を受けた経験がないことをあらかじめ確認した。また、実験前にできるだけ普段通りの生活をし、実験前日の夜更かしや過度の飲酒、極度の身体的疲労を伴う活動は避けること、当日は食後 2 時間経過した状態で実験を行うことを依頼した。正確な心電図測定のため実験の同意を得た後、身につけている金属類を全て外してもらった。

選定基準は次の通りである。

- ① 18 歳以上の健康な男女であること
- ② 非喫煙者であること
- ③ 色覚異常のないこと
- ④ 心疾患などの基礎疾患がないこと
- ⑤ 服薬中でないこと
- ⑥ 妊娠中や妊娠の疑いのないこと

除外基準は次の通りである。

- ① 計測器の誤作動により生理指標の計測ができなかった者
- ② 安静時の呼吸数が 12 回/分より少ない者
- ③ 負荷前安静時の **POMS** で **T** 得点が一つでも 25 点以下、または 75 点以上の尺度がある者（活気尺度の 75 点以上は除く）

データ収集期間は、2010 年 9 月 30 日～2010 年 10 月 31 日に行った。実験デザインは、1 群事前—事後テスト)。実験室は、筑波大学構内の実験者と対象者以外の人の出入りがなく静音が保てる部屋とし、椅子の周囲の空間をパーテーション(パラマウントベッド株式会社)により区切り、視覚的な刺激が最小限となるよう条件を統一した。実験室内の温度は $22.8 \pm 1.4(^{\circ}\text{C})$ 、湿度は $51.7 \pm 11.3(\%)$ であった。照度は明暗の対照が著しくなく、ディスプレイの明るさと周辺明るさの差をなるべく小さくした。直接又は間接的に太陽光が入射しないよう窓にはブラインドを設け、

眩しさを生じさせないように調整した。適宜対象者に声かけをし、個別性や当日の天候を考慮した好適環境下で実験が行われるよう調整を行った。(図 1)

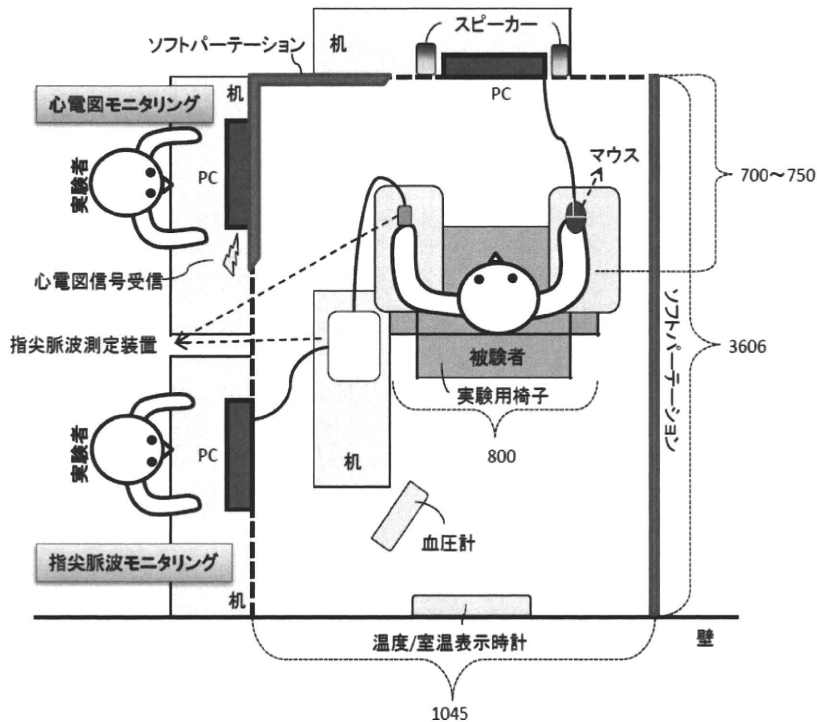


図 1. 実験室のレイアウト (数値の単位は mm)

C. 実験方法

1) 実験手順

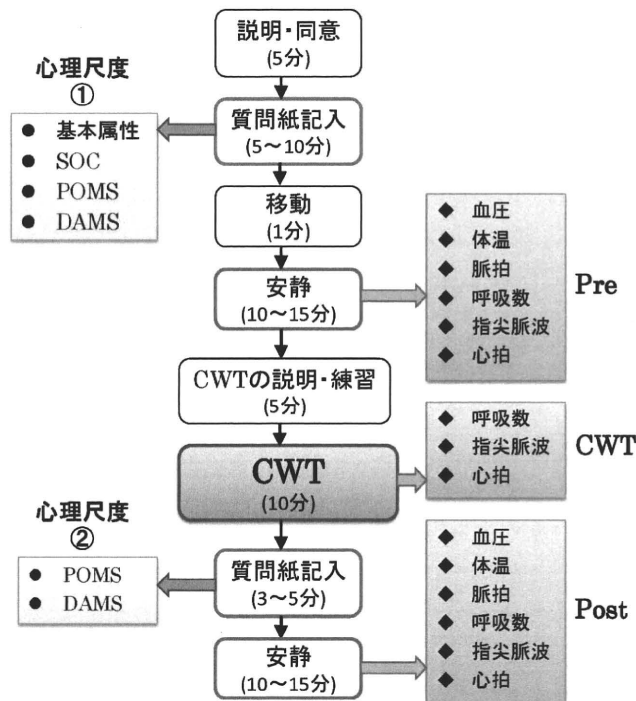


図 2. 実験プロトコル

実験プロトコルは、図 2 のように設定した。

手順は以下のとおりである。

- ① 実験室へ入室後、実験の説明を行い研究参加の同意を得られた者に実施した。
 - ② 実験室に慣れる時間を十分にとり、基本的属性把握の質問調査用紙(付録・1)と SOC、POMS、DAMS の心理評価を実施した。
 - ③ 各質問用紙記入後、背もたれ、肘置きのある椅子に深く腰掛け、デスクトップ型パーソナルコンピューター(DELL 社,Vostro 230,21.5 型ワイドモニター,画面解像度 : 1920×1080)を設置した机に向かった。椅子の右肘側に配置した作業台上にマウスパッド(サンワサプライ株式会社,ジェルマウスパッド MPD-GEL20BK)を敷き、その上にマウス(DELL 社製オプティカルマウス)を置いた。また、ディスプレイ画面の両側にスピーカー(サンワサプライ株式会社,MM-SPU1BK)を設置した。
 - ④ 各測定器の装着を行った。リネンなどを用いて最小限の肌の露出で心電図の電極を胸部に貼り、心電計本体を衣類の上から胸部に装着した。血圧計のマンシェットを左上腕に巻いた。また、腕型のスポンジを椅子の手すりに置き左前腕がなるべく動かないよう固定してから、左第三指に指尖脈波の測定装置(株式会社 CCI,BACS 加圧式指尖脈波収集装置)のカフを装着した。
 - ⑤ バイタルサインを測定した。(血圧、体温、呼吸数)
 - ⑥ 座位での開眼安静を 10 分程度行い、指尖容積脈波と心電図を測定した。
 - ⑦ CWT の説明を行い、テストの内容を十分理解し、マウス操作に慣れるまで練習した。
 - ⑧ CWT を最大 10 分間行った。その間、指尖容積脈波と心電図、呼吸数を測定した。
 - ⑨ CWT 終了直後、POMS と DAMS を実施した。
 - ⑩ バイタルサインを測定した。(血圧、体温、呼吸数)
 - ⑪ 座位での開眼安静を 10 分程度行い、指尖容積脈波と心電図を測定した。
 - ⑫ 心電図の電極、心電計、血圧計、加圧式指尖脈波収集装置のカフを取り外した。
- 繰り返しによる慣れの影響を避けるため、データ収集は 1 人 1 回の実施とした。
 - 自律神経活動の日内変動を考慮し、副交感神経活動が交感神経活動に比べて優位になると言われている夜間の時間帯を避け主に日中、午後に実施した。

2) 実験時の条件

厚生労働省による VDT(Visual Display Terminals)作業における労働衛生管理のためのガイドライン(2002)に基づき作業環境を設定した。実験中無理な作業姿勢が継続しないようはじめに椅子に座った時点で対象者の体格に合わせて全体を調整し、対象者本人にもディスプレイの角度や位置、明るさ、作業台の高さとマウスの位置、椅子の背もたれの角度等を総合的に確認してもらった。ディスプレイは対象者の適切な視野範囲内にあるよう配置し、画面中央が対象者の眼の位置と同じ、または下になるようにした。連続した VDT 作業時間は最大 10 分間とし、CWT を行う際、VDT 作業による心身への負担が最小限となるよう設定した。

3) 測定項目

3)-1 基本属性把握のための質問項目

年齢、性別、身長、体重、血圧、運動習慣の有無、実験前日の飲酒の有無、前日の睡眠状況、実験当日の体調、月経周期の規則・不規則、最後の月経日、計 11 項目の質問紙調査を実施した。(付録-3)

3)-2 心理指標

(1) SOC(Sense of Coherence)日本語版スケール 29 項目版

Antonovsky(1979)の SOC スケールをもとに山崎,吉井(2001)が日本語版として作成したストレス対処能力を測定するための質問紙であり、29 項目で構成されている。29 項目のそれぞれの質問項目について「まったくそう思う」から「まったくそう思わない」までの 7 つの選択肢から 1 つを選び、低い順に 1 点から 7 点を配する。SOC スコアは 29 項目すべての項目に対応する得点を加算し(Min:29・Max:203)、SOC が高いほど健康保持能力が高いとされる。スケールは「把握可能感」「処理可能感」「有意味感」の 3 下位尺度より成り立っている。「把握可能感」は、自分の環境で出会う出来事には秩序があり予測可能だという確信を意味する。「処理可能感」は、自分のストレスに適切に対処してうまく乗り越えることができるという確信を意味する。「有意味感」は、ストレスは自分にとってマイナスではなく、むしろ有意義なものとしてとらえる動機づけを意味している。 α 係数は 0.82 と高い信頼性・妥当性が示されている。

本研究では、CWTの前に各個人のストレス対処能力を把握するために用いた。

(2) 日本語版 POMS(Profile of Mood States)短縮版

30項目からなる気分を評価する質問紙であり横山ら(2008)により作成された。「緊張・不安」「抑うつ・落ち込み」「怒り・敵意」「活気」「疲労」「混乱」から構成され、6つの気分尺度を同時に測定することができる。「緊張・不安」は緊張および不安感、「抑うつ・落ち込み」は自身喪失感を伴った抑うつ感、「怒り・敵意」は怒りと敵意、「活気」は元気さ、躍動感ないし活力で他の5つの尺度と負の相関が認められ、「疲労」は意欲や活力の低下・疲労感、「混乱」は思考力低下・当惑をそれぞれ意味している。また活気以外の5尺度の得点の合計から活気得点を差し引いたものを **Total Mood Disturbance(TMD)**得点として用いることがあるが、TMD得点の意味付けは十分検討されておらず、何らかの問題を抱えた対象者を見出すのに役立つ程度とされている。POMSでは標準化得点をT得点と呼び、 $T \text{ 得点} = 50 + 10 \times (\text{素得点} - \text{平均値}) / \text{標準偏差}$ で算出される。T得点が40点から60点の場合は「健常」と判定され、一つでも25点以下や75点以上(活気尺度の75点以上は除く)の尺度がある場合は、「精神科医などの専門医の受診を考慮」し、それ以外の場合は「他の訴えと考え合わせ、専門医の受診を考慮」が望ましいとされている。信頼性および妥当性の検討がなされており、 α 係数は0.674以上である。(横山,2008)

本研究では、CWTの前後で気分がどのように変化したかを明らかにするため、対象者の負担を考慮して短縮版を用いた。

(3) DAMS(Depression and Anxiety Mood Scale)-9項目版

福井,木津,陳,熊野,坂野(2004)によって開発された気分尺度で、「肯定的気分」と「抑うつ気分」、及び「不安気分」の程度をごく短時間に客観的に測定するための質問紙である。肯定的気分と抑うつ気分、及び不安気分がそれぞれ3項目ずつの合計9項目で簡易に測定できるようにになっている。採点用紙とDAMS結果表をもとに標準化得点を算出する。標準化得点は偏差値と同じであり、得点が高いほどその気分が強いことを示している。判定の目安として40~60を普通程度、39以下は気分が弱く、61以上は気分が強いと解釈する。肯定的気分が39以下の範囲と、抑うつ気分と不安気分が61以上の強い範囲を要注意の範囲としている。福井ら(2004)によると、DAMSの各尺度の3項目ずつの α 係数は0.823~0.885であり、各尺度に含まれる3項目の内的統合性は高く、信頼性も高いことが示されている。また、POMSと比較したときの各尺度の相関係数は、DAMSの肯定的気分とPOMSの活気得点は0.61、DAMSの抑うつ気分得点とPOMSの抑うつ気分は0.67、DAMSの

不安気分と POMS の緊張・不安は 0.65 であり DAMS の各尺度の構成概念妥当性は問題ないことが示されている。

本研究では、より鋭敏に気分の変化を把握するため、POMS と DAMS を併用し CWT の前後で用いた。

3)-3 生理指標

(1) バイタルサイン

血圧、体温、呼吸数を測定した。血圧は非観血的血圧計(コーリンメディカルテクノロジー:BP-608Evolution II CS)を用いて記録した。体温はオムロン耳式体温計 MC-510(オムロンヘルスケア株式会社)を使用し、専用のプローブカバーを対象者毎に新しく交換して使用した。呼吸数は、目測でカウントし記録した。呼吸は自律神経系指標に影響を及ぼすため、実験中は統制することが望ましいが、本実験においては呼吸統制を意識しすぎると作業への集中が疎かになる恐れがあるため呼吸統制は行わず呼吸数のカウントに留めた。

(2) 指尖容積脈波

BACS 加圧式指尖脈波収集装置(株式会社 CCD)を用いて赤外発光(反射型)方式のセンサで指尖容積脈波を測定した。図 3 のようにカフ(指尖脈波収集センサ)を装着した指先を空気袋で被い、その空気袋に規定の圧力を加えて、その時の指尖脈波信号をセンサにより収集する。

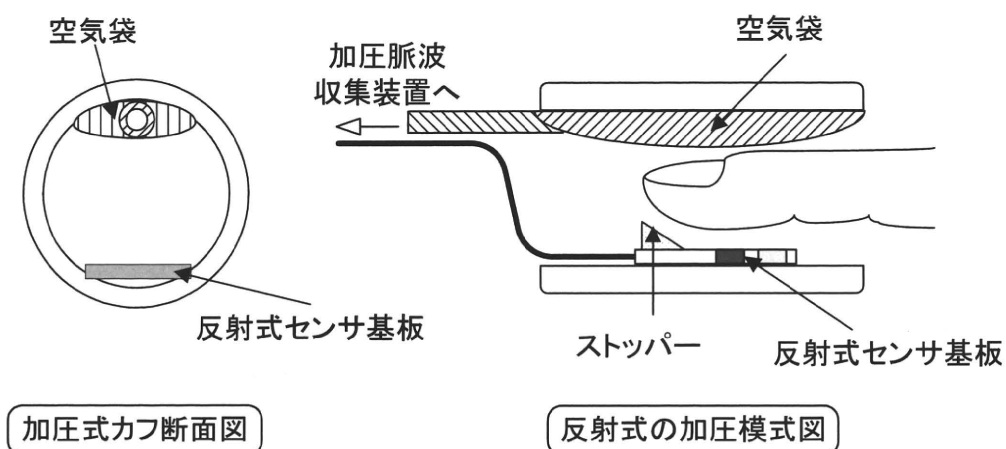


図 3. 加圧式指尖脈波収集装置の指尖センサー模式図 (付録-6 より引用)

測定の原理は赤血球中のヘモグロビンが近赤外線を良く吸収する性質を利用して、指尖の

血管に赤外線を照射し、その反射光量をフォトダイオードで感知し、光エネルギーを電気信号に変換する。この電気信号は指尖容積脈波としてリアルタイムに PC の画面上で観測され、PC 内にデータ保存した。解析ソフト(株式会社 CCI,Vital Vision ver.4.03K)を用いて、指尖容積脈波を 2 回微分することによって得られる加速度脈波に変換し(図 4)、1kHz の精度でカオス解析と 1 脈拍間隔のスペクトル解析を行った。バンドパスフィルタ(帯域通過フィルタ)を下限 0.5Hz、上限 45Hz に設定し、必要な周波数成分のみを通過させてノイズ処理を行った。また、全体を覆う形状のカフに指を挿入することによって(図 5)赤外線以外の光刺激が入らないよう外部の光をシャットアウトすることができ、指を固定する目的も含めて阻血しない程度の一定のカフ圧力 20mmHg 前後を加圧した。対象者の指の太さなどによってカフ圧を微調整し、脈波形が適切に表示されていることを必ず確認した。加圧時は血管が圧迫されるため、最初は波形が小さくなる傾向がある。この血管の局所反応を考慮し、しばらく待って波形が大きくなるようになってから測定を開始することとした。



図 4. 指尖容積脈波と加速度脈波

測定は以下の条件で行った。

- 安静

指尖容積脈波は脈拍数の影響を受けやすく、安静時は心拍数が落ち着いた状態で測定する必要がある。したがって、運動後や激しい身体活動直後の計測は避けて行い、ゆっくり歩いてきた場合でも 5 分以上の安静を保った後に測定し、実験時の安静時間を 10 分間と設定した。

- 室内環境

クーラーや暖房など空調機の風が直接対象者に当たると循環器系に影響を及ぼし、末梢血管での計測が正確にできない場合があるので避け、対象者に適宜声をかけながら室温に十分配慮した。末梢の血液循環が悪く手先が冷たい場合には、手の屈伸運動を行ってもら

うなど血流を促進した後に測定した。

- 手の置き方

手掌を下にし、肘掛けの上に固定用のスポンジを置き、上腕を固定して測定する(図 6)。指の高さを心臓位で測定した場合と、心臓位より高い場合また低い場合では、手指尖部の血液含有量にばらつきが出るため、指の高さは心臓位で測定した。また、衣服などで、指が圧迫されないよう測定を行った。

- 指の選定

指の違いによる左右差がないことを確認した上で、第2指～第5指の中では最も組織量が多く血液配分も多いので検出し易やすいとされている第3指で測定を行った。指先を立てて力が入った状態での測定がなされないよう機器の装着時に十分説明した。

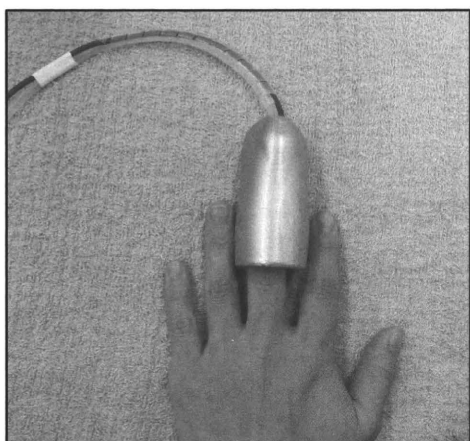


図 5. 指尖脈波収集センサ

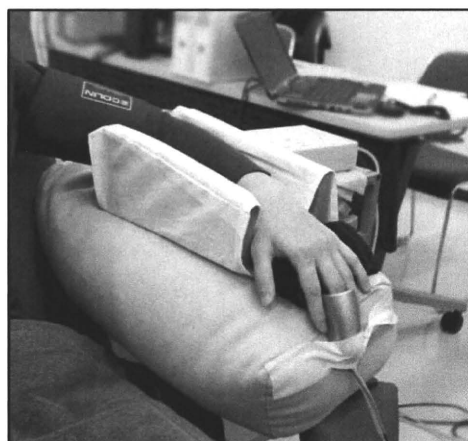


図 6. 左上腕の固定

(3) 心電心拍

心電図と心拍数はワイヤレスの FL ECGRR 心電計(フィンガルリンク株式会社)(図 7, 図 8)を用いて、心臓を挟むように胸骨上端と左胸部にディスプレイ電極(株式会社メッツ, ブルーセンサー SP-00-S と R-00-S)を貼り第II誘導で R-R 間隔を記録した。心電計より導出された心電図信号を 1kHz のサンプリングレートでデジタル変換し、ハードディスクに保存した。また、本体から PC へモニタリングソフト FIEcgViewer1.81(フィンガルリンク社)を使用して心電波形の信号を無線通信し、モニター上でリアルタイムに観察記録を行った。心電心拍解析ソフト ECG-Analysis1000 ver.1.01 (フィンガルリンク社)によりデジタル化しパソコンに保存されたデータの解析を行った。バンドパスフィルタ(帯域通過フィル

タ)を下限 0.5Hz、上限 45Hz に設定し、必要な周波数成分のみを通過させるよう他のノイズになるような周波数は減衰させた。LF、HF の心拍変動計算においては 1 区間データ時間を 120 秒とし、スライド時間を 1 秒と設定した。心拍変動性の周波数解析の特徴として算出されるパワースペクトルが呼吸変数の影響を強く受け、呼吸間隔が 0.2Hz よりも低くなると、自律神経系指標である HF と LF の分離が不可能になると報告されている。(Brown,Beightol,Koh,Eckberg, 1993)このため、呼吸数が 12 回/分より少ない者を解析の対象外とした(n=1)。

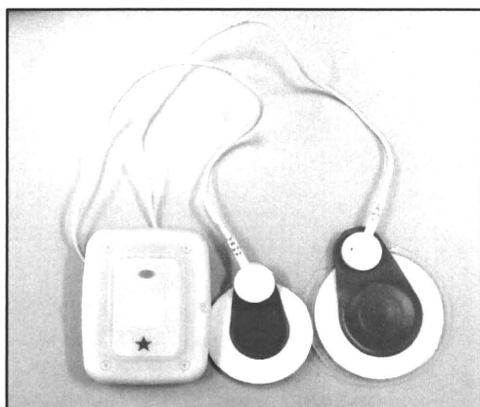


図 7. 心電計本体と電極

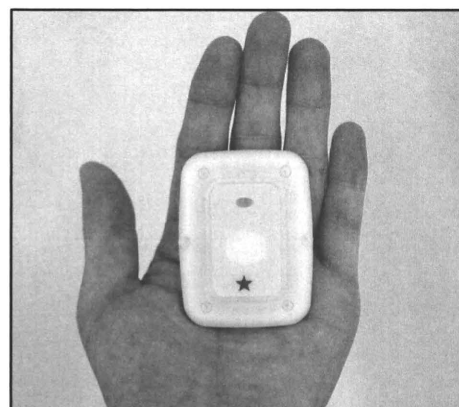


図 8. 心電計本体の大きさ



図 9. 心電計と指尖脈波測定器



図 10. 測定機器装着時の様子

4) 計測機器の構成要素

計測機器の構成要素と測定項目を図 11 に示した。

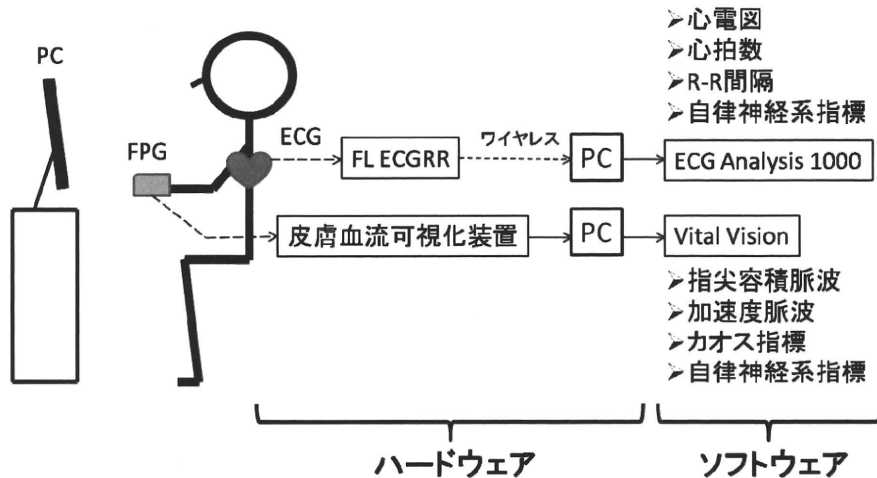


図 11. 計測機器の構成要素と測定項目

ECG=electrocardiogram(心電図), FL ECGRR=ワイヤレス心電計(フィンガルリンク社),

ECG Analysis1000=心電心拍解析ソフト(フィンガルリンク社),

FPG= finger plethysmography(指尖容積脈波), Vital Vision=指尖容積脈波解析ソフト(CCI 社)

5) Stroop Color Word Conflict Test プログラム (付録-7)

Stroop(1935)による CWT は提示された語句に対しできる限り早く応答するというものであるが、Hoshikawa and Yamamoto(1997)はコンピューターを使用し 2 秒という一定時間間隔で課題を提示する方法を採用している。武井ら(2008)は Hoshikawa and Yamamoto とほぼ同じ課題設定で実験を行い、課題提示時間を 2 秒、1.5 秒、1 秒と減少させたところ、提示時間の短縮とともに心拍数は有意に増加し、心理学的な負荷の漸増を認めている。これらの先行研究を基に、今回の実験ではプログラミングより CWT を自作した。日本人を対象に CWT を行った実験で、課題で与える文字はひらがなよりも漢字の方がより混乱を生じさせ、心理的負荷テストとして有効であると報告されていることから(Shimamura, 1987)、今回の CWT では漢字を使用した。ディスプレイの画面上において「赤」「青」「緑」「黄」「紫」の漢字のうち一文字が画面の中央にランダムな順で現れる。漢字は、その 5 色のうちいずれかの色で描かれており、漢字の意味が示す色と漢字自体の色は一致していない(図 12)。対象者は、漢字の意味を判断するのではなく漢字自体の色を認識し、漢字の

下に現れる5つのコマンドボタン「赤」「青」「緑」「黄」「紫」の中から正しいものをマウスでクリックするというタスクを与えた。対象者は漢字がモニター上に表示されている時間内に、正しい答えのボタンをクリックしなければならない。回答時間を過ぎると自動的に次の問題へと進む。図13は、実際に行ったCWT画面の一例である。なお、難易度別にステージを3つに分け、それぞれ漢字の呈示時間と問題数をステージ1は2.0秒90問、ステージ2は1.6秒150問、ステージ3は1.4秒129問と設定した。対象者には、正しくかつできるだけ早く回答するように指示を行った。表示される漢字の大きさは練習の段階で対象者にはっきりと見えることを確認した。聴覚的な情報として終始、「カチカチ」という時計の音を漢字の提示時間に合わせて連続的に鳴らし、タイムプレッシャーがかかるようにした。また間違った回答をしたときに耳障りなピープ音が流れ、正答した場合は爽やかな音が流れるよう設定した。対象者のモチベーションを高めるために、画面下方に正解すれば○、誤ると×、時間オーバーは△という記号が羅列され、各ステージの終了時に正解率がA、B、C、Dのいずれかのランクで表示されることを対象者にあらかじめ説明した。評価基準として、正答数がステージ1では81以上でA、45以上81未満でB、27以上45未満でC、26未満でDとし、ステージ2では135以上でA、75以上135未満でB、45以上75未満でC、45未満でDとし、ステージ3では116以上でA、65以上116未満でB、39以上65未満でC、39未満でDと設定した。

CWTのペーパー版と比較したコンピューター版の利点は、刺激の順序がランダムにでき回答時間も調整できること、容易に難易度を調整できること、聴覚的な刺激を同時に与えることができること、対象者が瞬時に回答することが可能であることが挙げられる。また、発声による生理面への影響を避けるためにマウスで操作することとした。(Bernardi, et al., 2000)

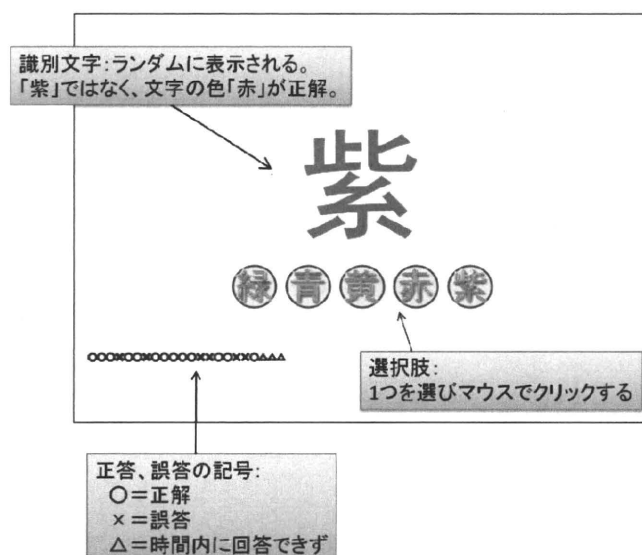


図 12. Stroop Color Word Conflict Test 中の PC モニター



図 13. Stroop Color Word Conflict Test 中の様子

D. データの分析

1) 心拍変動と加速度脈波のスペクトル解析の方法

安静時は記録したデータのうち安定した 6 分間のデータを解析対象とし、CWT 時は負荷中の 10 分間のデータを解析対象とした。時系列的な変化をとらえるため、心拍変動については解析プログラム ECG-Analysis1000 ver.1.01 (フィンガルリンク社)を、加速度脈波については解析プログラム Vital Vision ver.4.03K(CCI 社)を用いてそれぞれ心拍変動と脈拍変動を 1kHz でサンプリングした後、1 秒ずつずらしながらスペクトル解析を行った。得られた周波数成分のうち低周波成分(0.04~0.15Hz)を LF、高周波成分(0.15~0.4Hz)を HF とし、HF を副交感神経活動指標、LF/HF を交感神経活動指標とした。スペクトル解析においてデータの信頼性を得るためには 256 心拍以上のデータ長が必要であるため(井上,2001)、256 心拍以上のデータが得られた安定した 6 分間をデータ解析の対象とした。

2) 指尖容積脈波のカオス解析の方法

解析プログラム Vital Vision ver.4.03K(CCI 社)を用いて計測された脈波の一次元時系列データを Takens(1981)の埋め込み法に従い、4 次元の時間遅れ座標系にアトラクタを構築

し(図 14)、さらに幾何学図形として視覚的にとらえることができるよう 3 次元へ写影した。Vital Vision の解析画面(図 15)は、写影された 3 次元の表示を一方向から見たもので、第 3 次元軸の奥行きを色彩により表示することで(赤系色が手前側で青系色が奥側)、アトラクタの形状を視覚的に表現した。このアトラクタから Sano-Sawasa 法に基づき軌道変化の不安定性を定量的に表現する最大リアプノフ指数(第一リアプノフ指数)を算出した。(Sawano, Sawasa, 1985)リアプノフ指数は近接した 2 点から出発した 2 つの軌道がどのくらいの割合で離れていくのかを図る尺度であり、田原(1995)によると「アトラクタの形」から判断することができる。また、アトラクタの軌道内での広がりや乱雑さ、相関次元の非整数度を示す指標としてエントロピーがあり、指尖の血流量増減の指標とした。

主要なカオス解析の設定パラメータとして、埋め込み遅延時間を 50、超球サイズを 0.08 と設定した。超球サイズとは、アトラクタ上の 1 点を中心とした微小半径の球であり、この球を通過する軌道が多いほど、軌道変化(ゆらぎ)は少なくリアプノフ指数が低下する傾向にあると言える。

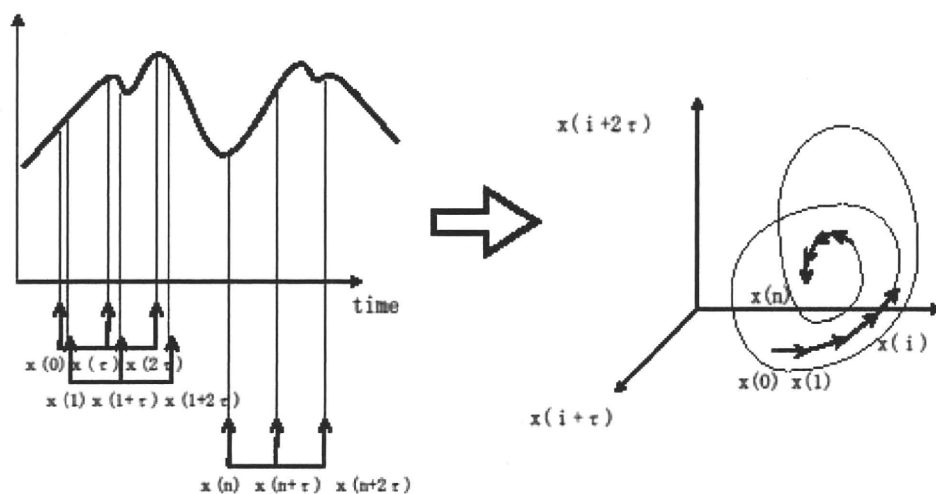


図 14. Takens の埋め込み法によるアトラクタ構築の過程

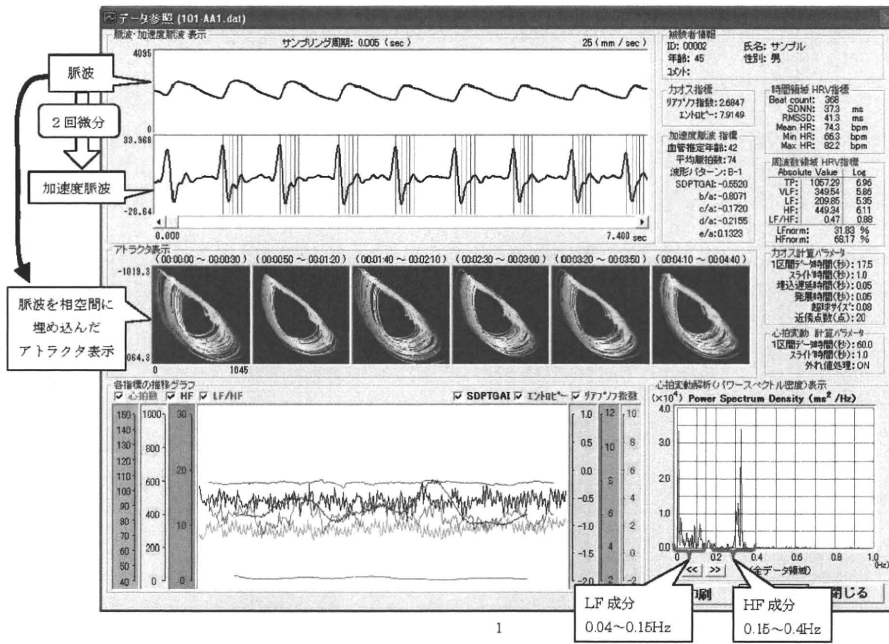


図 15. Vital Vision(CCI 社)解析画面

E. 統計処理

本研究では、測定は同一対象者で実施したことから以下の統計処理を行った。各尺度ともに正規分布していなかったため、ノンパラメトリック検定を行った。数値は平均値±標準偏差で表記し、統計処理には、統計ソフト PASW Statistics Ver.18 for Windows を用いた。

1) バイタルサインの男女別変化

Pre、CWT、Postの各条件における心拍数、呼吸数、SBP、DBP、体温の平均値、標準偏差を男女別に求めた。心理的ストレス負荷前後の変化をみるため、各バイタルサインの Pre と CWT、CWT と Post、Pre と Post 間において Wilcoxon の符号付き順位検定により比較を行った。

2) Stroop Color Word Conflict Test の男女別成績

性別による Stroop Color Word Conflict Test の成績の差をみるため、それぞれのステージ別正答率を%で表し、平均値と標準偏差を求めた。男女間での違いについて、Mann-Whitney の U 検定を用いて比較を行った。

3) 心拍変動と加速度脈波による HF と LF/HF の変化

心拍変動と加速度脈波のスペクトル解析から得られた心臓自律神経系活動指標である HF と LF/HF の CWT 前後の変化をみるため Pre、CWT、Post におけるそれぞれの平均値と標準偏差を求め、Pre と CWT、CWT と Post、Pre と Post の違いについて Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて比較を行った。

4) 加速度脈波から得られた HF、LF/HF と心拍変動から得られた HF、LF/HF の相関

加速度脈波から得られた HF、LF/HF と心拍変動から得られた HF、LF/HF の相関をみるため、縦軸を加速度脈波から得られた値、横軸を心拍変動から得られた値とし、Pre、CWT、Post 別に散布図にした。相関の強さをみるため、Spearman の順位相関係数 r_s を算出し検討した。

5) 最大リアプノフ指数とエントロピーの変化

カオス指標の Pre から Post までの変化をみるため、最大リアプノフ指数とエントロピーの各条件における測定値を箱ひげ図で示し、Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて Pre と CWT-1、Pre と CWT-2、Pre と CWT-3、Post と CWT-1、Post と CWT-2、Post と CWT-3、Pre と Post をそれぞれ比較した。

6) POMS と DAMS

素点を標準化得点に換算し、各尺度の心理的ストレス負荷前後における平均値と標準偏差を求めた。負荷前後の差をみるため、Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて比較した。性差による影響をみるため、全体(n=40)と男女別(女性:n=31、男性:n=9)で検討した。

7) SOCとPOMS、DAMSとの相関

個人のストレス対処能力が心理指標とどう関連しているかを明らかにするため、Spearman の順位相関係数 r_s を示し、SOC の総合スコアと POMS、DAMS の各尺度との相関を調べた。

8) HF、LF/HF と心理指標の相関

自律神経系活動と心理尺度間の相関をみるため、HF と LF/HF の Pre、CWT-1、CWT-2、CWT-3、Post における各データと SOC、POMS、DAMS の各心理尺度間において Spearman の順位相関係数 r_s を用いて検討した。

9) 最大リアプノフ指数、エントロピーと心理指標の相関

カオス指標と心理尺度間の相関をみるため、最大リアプノフ指数とエントロピーの Pre、CWT-1、CWT-2、CWT-3、Post における各データと SOC、POMS、DAMS の各心理尺度間において Spearman の順位相関係数 r_s を用いて検討した。

(倫理面への配慮)

実験の実施前に対象者に対して①研究の目的と内容、②研究方法、③実験は安全に行い、起こりうる副作用と万が一身体的心理的苦痛を感じた場合はただちに実験を中止し迅速な対処をすること、④研究で得られたデータが研究以外の目的で使用されることはないこと、⑤研究への同意は対象者の自由意志であること、⑥研究に同意した後でも対象者が不利益を受けることなく随時参加を撤回できこと、⑦プライバシーは保護され、得られたデータは研究のみに使用され個人は特定されないことなどについて説明を行った。実験の説明は口頭と書面で行い、同意を得られた対象者に実施した。各調査用紙、各データは個人名が特定されないよう対象者毎の識別番号をつけリスト化し、施錠可能なロッカーに保管した。データの閲覧は研究者と担当教官に限り、調査結果が第三者の手に渡るなど当研究以外の目的で利用されることはないこと、修士論文作成及び学会に発表後、破棄する予定とし、対象者のプライバシーの保護、匿名性維持を図った。本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科研究倫理委員会の承認（付録-2 課題番号第-22-179 号）を得て行った。

F 結果

1. 対象者の基本属性

対象者の基本属性を表 1 に示した。対象者は女性 31 名、男性 9 名であった。年齢は女性が 26.3 ± 10.4 歳、男性が 22.7 ± 2.5 歳であった。BMI は女性が 20.4 ± 1.7 、男性が 22.4

±2.2であった。運動習慣があると回答した者は、女性10名、男性6名であった。実験前日の飲酒があった者は、女性0名、男性3名であった。実験前日の睡眠状態が不良だった者は、女性3名、男性0名であった。体調で気になる場所があった者は6名であった。内容は、肩こり2名、便秘1名、腹痛1名、頭痛1名、疲労1名、麦粒腫1名であった。この6名に対しては強い不快感や身体症状がないことを本人にあらかじめ確認した上で、今回の実験への大きな影響はないものと判断し、実験対象とした。

2. Stroop Color Word Conflict Test 前後におけるバイタルサインの変化

Pre、CWT、Postの各条件における40名のバイタルサイン男女別計測結果を表2に示した。バイタルサイン項目のうち「心拍数」と「呼吸数」について、女性(n=31)は、PreからCWTにかけて有意に増加し($p < .001$)、CWTからPostにかけては有意に減少した($p < .001$)。男性(n=9)も同様の傾向を示し、「心拍数」と「呼吸数」がPreからCWTにかけて有意に増加し($p < .01$)、CWTからPostにかけては有意に減少した(心拍数: $p < .05$, 呼吸数: $p < .01$)。「SBP」、「DBP」、「体温」に関しては、男女ともにPreとPostで変化が見られなかった。

3. Stroop Color Word Conflict Test の男女別成績

CWTのステージ別得点率と総合得点率を男女別に表3に示した。CWT-1では男女間に差は見られなかったが、CWT-2では有意差が見られ($p < .05$)、CWT-3と総合得点でも有意差が見られた($p < .01$)。

4. 心拍変動と加速度脈波から得られた自律神経系活動指標の変化

心拍変動より得られた心臓自律神経系活動指標であるHFとLF/HFと、加速度脈波より得られたHF、LF/HFのPre、CWT、Postにおける値を表4に示した。心拍変動によるHFと加速度脈波によるHFはともにCWT中、有意に減少し($p < .001$)、PostではCWT中と比べて有意に増加した($p < .001$)。また、加速度脈波によるHFでは、PostはPreに比べ有意に減少した($p < .05$)。

心拍変動より得られたLF/HFと加速度脈波より得られたLF/HFはともにCWT中、Preに比べて有意に増加し($p < .01$)、Postにおいても有意に増加した($p < .01$)。加速度脈波より得られたLF/HFは、CWT中に比べてPostにおいて有意に減少した($p < .05$)。

心拍変動より得られた HF と加速度脈波より得られた HF、心拍変動より得られた LF/HF と加速度脈波より得られた LF/HF をそれぞれ相関解析し Pre、CWT、Post における Spearman の相関係数を r_s で示した(図 16～図 21)。Pre の HF は $r_s=0.965$ 、LF/HF は $r_s=0.962$ であった。CWT 時の HF は $r_s=0.949$ 、LF/HF は $r_s=0.930$ であった。Post の HF は $r_s=0.985$ 、LF/HF は $r_s=0.931$ であり、いずれにおいても $r_s>0.9$ と強い正の相関を示した。

5. 指尖容積脈波から得られたカオス指標の時系列変化

40 名のデータの中から 1 症例を抜粋し、典型例として示した。

1) 波形の変化

指尖容積脈波波形と加速度脈波波形を Pre、CWT、Post 別に抜粋し、図 22 に示した。Pre に比べて CWT では波高が顕著に小さくなり、Post では Pre と同じ波高に戻るという変化が見られた。

2) HF と LF のパワースペクトル密度の変化

加速度脈波より得られた HF と LF のパワースペクトル密度の Pre、CWT、Post における変化を図 23 に示した。LF 成分(0.04～0.15Hz)と HF 成分(0.15～0.4Hz)の変化に着目すると、HF 成分が Pre では大きいですが、CWT 中はほぼ消失し、LF 成分が増大した。Post では消失していた HF 成分が再度増大しており、Pre の形へと回復する変化が見られた。

3) アトラクタの変化

指尖容積脈波より得られたカオス指標の一つ、アトラクタ表示の Pre、CWT、Post における変化を図 24 に示した。Pre を基本波形とすると CWT では顕著に全体が縮小し、ほぼ点に近い形となったが、Post では再度アトラクタの広がりが大きくなり Pre と相似した形を表した。

4) 最大リアプノフ指数の変化

指尖容積脈波の解析により得られたカオス指標の一つ、カオス性の大小を示す最大リアプノフ指数について、時系列変化を図 25 に示した。CWT の難易度別に見るため Pre、CWT-1、CWT-2、CWT-3、Post の 5 条件での変化を比較した。

最大リアプノフ指数は、Pre と比較すると CWT-1、CWT-2、CWT-3 で有意差が見られた($p<.01$, $p<.05$, $p<.05$)。また、Post と比較すると CWT-1 で有意差が見られ($p<.05$)、Pre と Post 間では有意差が見られなかった。全体の変化としては、Pre から CWT で増加

し、CWT から Post にかけて減少する傾向が見られた。

5) エントロピーの変化

指先容積脈波の解析により得られたカオス指標の一つ、血流量の大小を示すエントロピーについて、時系列変化を図 25 に示した。最大リアプノフ指数と同様に Pre、CWT-1、CWT-2、CWT-3、Post の 5 条件での変化を比較した。エントロピーは、Pre と比較すると CWT-1、CWT-2、CWT-3 では有意に減少した($p < .001$)。また、Post と比較すると CWT-1、CWT-2、CWT-3 で有意に増加した($p < .001$)。Pre と Post 間では Post では Pre に比べて有意に減少した($p < .01$)。

6. POMS の変化

全体($n=40$)では、負荷前に比べて負荷直後で「抑うつ・落ち込み」「怒り・敵意」が有意に低下し($p < .05$)、「活気」も有意に低下したが($p < .01$)、「混乱」が有意に増加した($p < .05$)。(図 26, 表 6)

男女別では、女性($n=31$)は全体の結果と同様の結果を示したが(表 6)、男性($n=9$)は負荷前に比べて負荷直後で「活気」が有意に低下し($p < .05$)、それ以外の尺度で有意差は見られなかった(表 7)。しかし、負荷直後において「抑うつ・落ち込み」「怒り・敵意」が低下し、「混乱」が増加する全体の結果と同様の傾向が見られた。

7. DAMS の変化

全体($n=40$)では、負荷前に比べて負荷直後で「不安」が有意に低下した($p < .05$)。

(図 27, 表 8)

男女別に見ると、女性($n=31$)は全体の結果と同様に負荷前に比べて負荷直後で「不安」が有意に低下しており($p < .05$)、男性はいずれも有意差が見られなかったが「不安」は低下する傾向を示した。(表 9, 表 10)

8. SOC の結果と POMS、DAMS との相関

全体($n=40$)の SOC の総合スコアの結果を表 11 に示した。また、SOC の総合スコアと POMS、DAMS の各尺度との相関を見るため、負荷前後における Spearman の順位相関係数 r_s を算出し、表 12 に示した。SOC 総合スコアと POMS では「抑うつ・落ち込み」が負荷直後において $r_s = -0.324$ と負の相関を示し($p < .05$)、「活気」は負荷前で $r_s = 0.366$ 、

負荷直後で $r_s=0.336$ と正の相関を示した($p<.05$)。「混乱」は負荷前で $r_s=-0.449$ と負の相関を示し($p<.01$)、「TMD」も $r_s=-0.529$ と負の相関を示した($p<.001$)。SOC 総合スコアと DAMS では「肯定」が負荷後において $r_s=0.478$ と正の相関を示した($p<.01$)。

9. 加速度脈波から得られた HF、LF/HF と心理指標の相関

加速度脈波から得られた HF、LF/HF と全体($n=40$)の SOC、POMS、DAMS の各尺度との関連を見るため Spearman の順位相関係数 r_s を Pre、CWT-1、CWT-2、CWT-3、Post の 5 段階別に調べ、相関があった尺度を抜粋して表 13 に示した。

SOC では、「総合スコア」と HF が CWT-1 で $r_s=-0.359$ 、Post で $r_s=-0.387$ であり負の相関が見られた($p<.05$)。「処理可能感」と HF は、CWT-1 で $r_s=-0.369$ 、CWT-3 で $r_s=-0.327$ 、Post で $r_s=-0.338$ と負の相関が見られた($p<.05$)。「把握可能感」と HF は CWT1 で $r_s=-0.339$ 、Post で $r_s=-0.340$ と負の相関が見られた($p<.05$)。

POMS では、「活気-前」と HF が Pre で $r_s=-0.327$ と負の相関が見られた($p<.05$)。「疲労-前」と HF は CWT-1 で $r_s=0.470$ と正の相関が見られ($p<.01$)、CWT-2 においても $r_s=0.341$ と正の相関が見られた($p<.05$)。「疲労-前」と LF/HF は CWT-1 で $r_s=-0.321$ と負の相関が見られた($p<.05$)。

DAMS では、「肯定-前」と HF が Pre で $r_s=-0.342$ と負の相関が見られ($p<.05$)、CWT-1 では $r_s=-0.482$ 、CWT-2 では $r_s=-0.468$ 、CWT-3 では $r_s=-0.444$ と、Pre に比べるとより強い負の相関が見られた($p<.01$)。「抑うつ-前」と HF では Pre で $r_s=0.470$ 、CWT-2 でやや強い正の相関が見られ($p<.01$)、Post でも $r_s=0.339$ と正の相関が見られた($p<.05$)。「抑うつ-前」と LF/HF では CWT-2 で $r_s=-0.379$ と負の相関が見られた($p<.05$)。

10. 最大リアプノフ指数、エントロピーと心理指標の相関

指尖容積脈波から得られた最大リアプノフ指数、エントロピーと全体($n=40$)の SOC、POMS、DAMS の各尺度との関連を見るため Spearman の順位相関係数 r_s を Pre、CWT-1、CWT-2、CWT-3、Post の 5 段階別に調べ、相関があった尺度を抜粋して表 14 に示した。

SOC では、有意味感と最大リアプノフ指数が CWT-2 で $r_s=-0.354$ 、CWT-3 で $r_s=-0.394$ であり負の相関が見られた($p<.05$)。有意味感とエントロピーは CWT-2 で $r_s=0.317$ と正の相関が見られた($p<.05$)。