

## 痛覚反応および心理計測によるストレスの評価

Evaluation of stress by measurement of pain responses  
and psychological tests

代表研究者 東北大学工学部情報工学科助手 水谷 好成  
Res. Assoc., Dept. of Information Engineering, Fac. of Eng.,  
Tohoku Univ.  
Yoshinari MIZUTANI

Patients with chronic pain had different pain behaviors from normal subjects for radiant heat stimulations. The clinical patients had habituation of heat pain threshold for repetitive stimulations. Different sensitivities for stressors may cause different pain behaviors. More than 45°C of heat stimulations rose thresholds for heat pain. Changes of clear heat pain thresholds for normal subjects were similar to the habituations of heat pain threshold for clinical patients with pain. Heat pain stimulations changed heart rates. The R-R interval changes of ECGs had relation to subjects' concentration and mental states. 0.1 Hz and 0.2~0.3 Hz of spectral components on ECGs were affected by VDT tasks. Mental tests may become useful methods on description of different sensitivities for stressors.

### 研究目的

現代社会において、OA 機器の導入などにかかわるテクノストレスは増大の一途を辿っている。このようなストレスが人間に与える影響の把握は、健全な生活を送るために必要不可欠である。ストレス病としては、心身症、神経症、うつ病などが挙げられるが、これらは単なる疾患としての病的な状態としてではなく、むしろ過剰なストレスにより誰にでも生じる可能性のある精神生理学的反応として捉えることができる。一方、医療サービスを受けに来る人々の不安と不平の原因の主たるものは「痛み」であるが、その中には器質的病変ではなく心因性病態から発現する痛みが少なくない。これらの心因性の痛みを除去するためには、患者の心理的・社会的因子と痛覚発現の関係を知ることが必須である。痛みを訴える患者（臨床痛患者）の有する痛みを客観的に捉えることが可能ならば、それは検査や治療に有効な手段となるのは明らかであろう。さらに、臨床痛患者と健常者の痛反応を比較することは、各種のストレスラーに対する感受性や耐性を捉える上で有効

と考えられる。本研究では、臨床痛患者と健常者の痛反応の比較から出発し、侵害刺激やストレス負荷作業による生理的反応、各個人の心理社会的背景などを調べ、それらの相互関係を明らかとすることによりストレスによる心身の状態変化、ストレス病への移行に関して究明していくことを目標としている。

### 研究経過

#### 1. 臨床痛患者と健常者の痛反応の違い

臨床痛患者の痛反応を調べると、健常者と異なる反応を示す者が多い。輻射熱刺激による熱痛（熱による針で刺したような痛み）の閾値を測定した場合、被測定部位において最初の刺激か複数回目の刺激であるかによって閾値が異なるが、健常者の場合、第1刺激の閾値が最も低く、第2刺激以後の閾値が有意に高くなる。このとき、刺激間隔が10分程度である場合は、第2刺激以後の閾値は安定した値となる。これに対し、臨床痛患者では、第3・第4刺激に対してもさらに閾値が上昇する「慣れの現象」が観測される場合や、測定した熱痛閾値が高低に大きく変動する値を示す

場合がある。これらの現象は臨床痛患者の侵害刺激（ストレッサー）に対する感受性や耐性が健常者と異なる結果として理解できる。臨床痛患者特有の痛反応に注目すれば、臨床痛の客観化が可能となると考えられる。臨床痛患者が健常者と異なる痛反応を示す機構を明らかとし、何の特性が変化しているかを捉えることが重要となる。そこで、種々の条件刺激に対する健常者の痛反応を調べることにより、臨床痛患者における閾値変化の機構を検討することにした。

## 2. 心因性臨床痛と心理状態の関係

臨床痛患者の中でも、心因性の患者において熱痛閾値の変動が大きい者が多い傾向がある。痛覚の認知過程には心理的な因子の影響が大きく、不安な状態にある患者は痛みに対してより敏感であったり、検査中でも時变的に判断基準が変動しやすい可能性がないだろうか。被検者の心理状態の変動を捉えられれば、侵害刺激（痛刺激）に対する感受性や耐性を考察でき、臨床痛患者の痛反応を理解する手がかりになる。そこで、被検者の内的状態、自律神経系の活動をモニターするために心電図の測定を追加した。まず、熱痛刺激に対する心拍リズムの変動を調べ、さらに持続的なストレス負荷として、テクノストレスの原因の一つとなるVDT作業中の心拍変動について調べた。

## 3. 心理的背景の把握としての心理テスト

痛反応や自律神経系の反応を調べると、無視できない個人差が存在している。実際、痛反応は過去の経験や人格などの心理社会的因子によって複雑な影響を受ける。そこで、心理テストから得られる心理的背景から説明できないだろうかかと検討することにした。結果の判断に主観が入りにくい質問紙法の中から痛反応と関係が深いと思われる心理テストを選んだ。各テストの全回答をデータとして使用し、各テストの自動判定、テスト相互の関係を調べられるようにした。次いで心理テストの回答から、被検者の性質によるグループ分けを目指した。その処理にニューラルネットワークを検討した。さらに、痛反応やVDT作業に対するストレス反応と心理テストのグループとの関係を調べていくことにした。

## 研究成果

### 1. 反復輻射熱刺激に対する熱痛閾値変化

各種条件刺激後の熱痛閾値の変化を調べた結果、45℃程度以上の温度刺激を与えると熱痛閾値が上昇し、2mm程度の位置ずれによりその影響が無くなることが明らかとなった。この結果は健常者における第1・第2刺激間の閾値上昇は局所的な末梢の現象であることを示唆する。一方、健常者に比べ臨床痛患者の熱痛閾値が高いと想定し、健常者が少し強い明瞭な熱痛を感じるレベルを調べたところ、臨床痛患者と類似した明瞭熱痛閾値の累積的上昇傾向がみられた。これより、臨床痛患者では、何らかの原因による熱痛閾値の上昇があるためにより強い刺激を受ける結果を生み、さらに熱痛閾値を累積的に上昇させることになるという仮説が成立する。この説明だけですべての痛反応は説明できないが、反復熱痛刺激に対する閾値上昇において、ストレッサー（侵害刺激）に対する生体の応答とその快復過程を反映するとみなしたモデルの構築が可能となる。

### 2. 刺激や作業による心拍リズムの変化

熱痛刺激に対する変化 輻射熱刺激（47℃刺激）による熱痛がもたらす心拍リズムの変動を調べた。心拍リズム変化の生じるタイミングとして、測定部位への刺激装置のセット、刺激予告音、輻射熱刺激の開始、熱痛発生、刺激終了などが考えられる。測定の結果、①注意集中に関係した一過性のR-R間隔の延長と②熱痛の発生によるR-R間隔の短縮が観測された。刺激が実際に加えられなくとも痛み刺激がくる可能性がある和被検者が意識する場合は、予告音だけでも変動が生じたが、刺激がないと知っている場合は予告音だけではそのような変化はなかった。したがって、これらの心拍リズムの変化は、痛刺激に対する構えと反応を反映すると考えられる。しかし、心拍リズムの変動にはかなり個人差があり、注意集中による延長と侵害刺激による短縮の片方のみが観測される場合もあった。また、無刺激時においても存在する呼吸性の変動などの影響の大きい者は、ベースとなる変動に一過性の変化がマスクされるため、変化の弁別が難しくなった。

**VDT 作業による心拍変化** 単純 VDT 作業として、コンピュータの CRT 上に表示させた 1000 個のアルファベット文字群の中から指定文字種を捜し、マウスにより同定する作業を設定時間内 (60 分または 80 分) において繰り返し実行させたときの心拍リズムの変動を調べた。負荷をより大きくするために画面にちらつきを入れ、選択した文字が不正解ならば色変化とビーブ音で警告するシステムとし、単位時間当たりの文字発見数、誤り率を作業効率の指標とした。VDT 作業中とその前後 (各 10 分の対照安静区間) において、心電図・眼球運動・眼瞼筋筋電図などをコンピュータに連続記録した。平均心拍数をみると、作業開始直後や後半においてやや増加する場合も見られたが、全体的には対照区間の心拍数変動量と比較して顕著な変化とは言えなかった。作業中は限られた画面を凝視するために、まばたき回数が作業開始により減少し、作業中少ないままで維持され、後半にやや増加していく傾向が見られた。この後半のまばたきの増加は眼精疲労による可能性があるが、作業効率に関しては、60 分程度の作業では大きな変化をするには至らなかった。ただし、前日に断眠させた者で、作業経過とともに作業効率の低下と平均心拍数の単調現象がみられた。さらに、作業前後と作業中 (15 分ごとに分割) の時間経過とともに R 波の点時系列信号のパワースペクトルの変化を調べた結果、時間経過と共に 0.1 Hz 付近および呼吸リズムを示す 0.2~0.3 Hz のピークの大きさが、作業時間の経過と共に変化している場合があった。これは、心拍リズムを変調する 0.1 Hz 付近の交感神経系の寄与、0.2~0.3 Hz の副交感神経系の寄与と関係している。しかし、それらの周波数成分のピークが明瞭に観測される者とそうでない者があり、被検者間の差異がかなり存在していた。例数が少ないためはっきりとしたことは言えないが、これらのスペクトルの結果と痛反応との相関において興味深い結果が期待できる。

### 3. 心理テストの処理・解析

行動・社会性テストに属するタイプ A 調査、MAS と、性格・人格テストに属するエゴグラム、

Y-G 性格検査、CMI という代表的な五つのテストを選んだ。各テストの質問に対する全回答 (健常者 140 人分) を計算機に入力し、各テストの結果を自動判定し、収集データの概略を把握した後、各テストの結果にさらに性別等の情報を付加した 1174 項目を入力素子とし、各テストの判定結果に対応する 15 個の出力素子を持つバックプロパゲーション型のニューラルネットワークによる処理をした。このとき、中間 2 層の素子数は 100 個、50 個とした。90 人分の健常者データで学習させ誤り率  $< 10^{-4}$  とした後、高血圧心身症患者 1 名の結果を判断させた場合、誤り率 0.1~0.08 という結果を得ている。さらに、Y-G テストなどにおいて恒等写像モデル (砂時計型の 5 層モデル) を利用したデータ圧縮を検討した。Y-G テストは、120 の質問に「はい」「?」「いいえ」で答え、A (平均型)、B (爆発型)、C (鎮静型)、D (安定積極型)、E (情緒型) の五つの系統値を計算し、タイプ分けを行うものであり、入力層: 360 (120×3)、中間第 1 層: 100、第 2 層: 5、第 3 層: 100、出力層: 360 の素子を配置した。入出力層と中間第 2 層の入出力を線形結合し、中間第 1・第 3 層においてシグモイド関数を適用した。入出力が各人の質問に対する回答で、バックプロパゲーション則にしたがって、入出力が同一になるように学習させた。学習後の中間第 2 層の 5 ユニットと、A~E の系統値の相関を調べた結果、D 及び E 系統値が三つのユニットと相関が強く (相関係数の絶対値が 0.7 以上)、お互いが正負逆の相関となっていた。これは D・E 系統値が互いに対極の性格であることと関連する。また、C 系統値は残りの一つのユニットと正の相関があったが、A および B 系統値はユニット出力と相関がみられないという結果となった。

### 今後の課題と展望

種々の条件刺激に対する健常者の痛反応の変化から臨床痛患者特有にみられる閾値上昇現象という痛反応を説明するためのいくつかの手がかりを得ることができた。まだ、測定値のばらつきに関する問題なども残されているが、臨床痛患者の痛反応モデルが構築できる段階になってきたと言える

る。このモデルでは、侵害刺激（ストレッサー）に対する被検者の感受性や耐性、刺激からの快復過程が考慮されることになる。そこで用いるパラメータの変化で健常者群、臨床痛患者予備群、臨床痛患者群を説明できれば、新たなストレス反応の評価として有望である。

侵害刺激や VDT 作業に対する自律神経系活動変化の指標として心拍リズムを測定したが、その反応には個人差がかなり大きいことを再確認した。これまでの結果から、単純な平均心拍数の評価では現れない心拍リズムのダイナミクスにこそ問題解決の手がかりがあり、スペクトル解析や種々の信号処理法を複合させて用いる事により個々の刺激に対する応答を評価する必要があると考えられた。今後、多くの条件下で測定した際の応答を調べることにより、被検者の感受性などのグループ化をしていきたい。

心理テストの処理に関しては、まだ十分な結果

が出る段階には至らず、痛反応や VDT 作業に対する生理反応との比較は行えなかったが、これらの結果を総合して、ストレス反応に関していくつかのタイプにグループ化できないかを検討していきたい。さらに、心理テスト全体の背景と心身症の診断に適用される MMPI を導入し、特に臨床痛患者の判定結果と痛反応の関係を調べて行く予定である。

#### 発表論文

- 1) 輻射熱を利用した痛覚測定法に関する基礎的検討—反復刺激に対する刺痛閾値上昇の局所性—, 平成 3 年度電気関係学会東北支部連合大会 (1991).
- 2) 輻射熱発痛刺激に伴う心拍変動の計測による注意集中度の評価に関する検討, 平成 3 年度電気関係学会東北支部連合大会 (1991).
- 3) 輻射熱の反復刺激による刺痛閾値の変化に関する検討, 第 6 回生体・生理工学シンポジウム (1991).
- 4) 輻射熱の反復刺激による刺痛閾値上昇機構, 第 13 回日本疼痛学会 (1991).