

自律神経系指標を用いたバーチャル合奏時のストレス評価

4 G-1

坂口貴司 達野陽子 三輪祥太郎 下野太海 大須賀美恵子
三菱電機株式会社 先端技術総合研究所

1 はじめに

我々は作業者のストレスを自律神経系生理指標を用いて検出し、ストレス検出時にその場で主観申告を求め、作業内容などを検討することによって、作業システム／プロセス／環境の問題点を抽出する手法（問題発見型作業評価手法）を開発してきた[1,2]。

しかし、自律神経系生理指標を用いて検出されるストレスには、不快／緊張／イライラ／倦怠などのネガティブな情動反応（以下、不快ストレスと呼ぶ）だけでなく、快／興奮／熱中などのポジティブなもの（以下、快ストレスと呼ぶ）も含まれている。作業システムの改善では、これらを分離してネガティブな作業ストレスの発生原因を探り、これを取り除くことが課題となる。一方、ユーザが快適に使用できるシステムを開発するためには、快ストレスの評価も必要であり、これを増大するようなオフラインシステム設計や、快ストレスの増大化を図るオンライン適応制御などに用いられる。医療やアミューズメントに用いるシステムでは、このアプローチは特に重要である。

そこで、今回、快ストレスの出現が多いと予想されるバーチャル合奏システムを開発し、問題発見型作業評価手法を適用することによって、快／不快、両ストレスの検出を試みたので報告する。

音楽演奏中に生理指標を計測して演奏者の心理状態を評価する試みとしては、既にいくつかの報告があり[3]、生理指標と情動反応の対応づけが試みられている。本報の特徴は、生理指標によりストレスを検出した時にその場で主観申告を求め、快／不快ストレスの分離を試みたこと、実験後の内省記録やビデオ撮影した表情と比較検討したことにある。

2 バーチャル合奏システム

2.1 システム構成

3D 仮想空間内に配置したオブジェクトにそれぞれ音を対応させ、被験者の指が触れると割り当てた単音が鳴るといったバーチャル合奏システムを開発した。鍵盤楽器をイメージしたものである。1組2名の被験者によって、協調演奏を行うことができる。

鍵盤接触時に音だけでなく画像（色の変化）および

Stress detection in a Virtual Ensemble using autonomic indices
Takashi Sakaguchi, Yoko Tatsuno, Shotaro Miwa,
Futomi Shimono, Mieko Ohsuga
Mitsubishi Electric Corp. Advanced Technology R&D Center

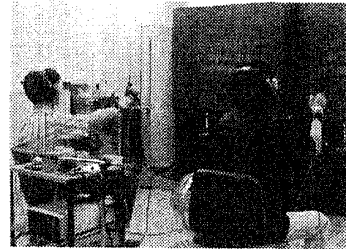


図1 バーチャル合奏システム

振動フィードバック（Cyber Touch）を返すことによって、また、3次元音像定位装置（RSS10）を用いて音源の3次元位置を知覚させることによって、リアリティおよび操作性の向上を図った（図1参照）。

2.2 バーチャル合奏課題

課題曲には2輪奏／2重奏／交互演奏／単音伴奏などの協調演奏を含む簡単な曲を3種類、選曲した。具体的には2輪奏用課題として「かえるのうた」、2重奏用課題として「きよしこの夜」、交互演奏&単音伴奏用課題として「ドレミのうた」を使用した。少しでも弾き易くするために各課題曲毎に音域ぎりぎりの鍵盤をもつモデルを作成した。

3 ストレス検出方法

ストレス検出のために用いる自律神経系指標には心拍と呼吸の指標だけを用い、血圧指標は用いなかった。これは血圧計測は装着による拘束感が大きいこと、また手の演奏動作によってノイズの混入が増えることが予想されたためである。抽出した指標は心拍／心拍変動呼吸性成分（以下、心拍RF（CV値））／呼吸重心周波数の3つである。これらの指標は作業中にも簡便に計測でき、作業による緊張／単調ストレスの評価にも有用であることが示されているものである[4]。

これらの指標値を個人毎に計測し設定する閾値によって二値化し、8通りの組み合わせに分類した。これまでの研究で、課題負荷による自律系生理指標の変化要因には交感神経賦活／副交感神経活動低下／呼吸変化の3つがあることがわかっている[5]。この3つはいずれかが起こるのではなく同時に起こるが、どの要因が大きく効くかは課題によって（刺激特異性）、また人によって（反応特異性）異なる[6]。以上を勘案して、表1に示す4パターンを検出対象パターンとした。

表1 検出対象パターン

パターン	心拍	心拍RF	呼吸重心周波数	生理学的メカニズム
1	high	—	high	交感系賦活&呼吸賦活
2	low	—	high	呼吸賦活
3	—	low	low	副交感系活動低下
4	high	high	low	交感系賦活

—は判定に用いないことを表す

4 ストレス評価実験

4.1 実験方法

前記バーチャル合奏課題を用いた協調演奏実験を3組の被験者に対して実施した。被験者は各組2名であり、主被験者1名の生理指標を計測した。主被験者は3組で計3名である。副被験者1名は各組共通とし、できるだけ課題演奏に習熟してもらった。演奏パートは2輪奏における追いかけるパートや伴奏など、より協調演奏意識を求められる方を主被験者に割り当てた。1回(1組)の実験で上記3曲の課題曲を用いた協調演奏課題を連続して行う。

実験の最初に安静状態と暗算課題実施時の生理指標を計測し、その分布に基づいて第1セッションの生理指標の閾値を設定する。セッションとは各課題曲に対応した実験の単位を表す。その後のセッションは直前のセッションの生理指標値の分布をもとに閾値を設定する。各セッション共、最初に20分程度の練習を行った後、本演奏に入る。本演奏の時間は約10分で、その間、繰り返し演奏を行う。ストレスパターンが検出されトリガーがかかったら、画面にWAITの表示が出て、システムは一時停止の状態になる。この時、両被験者には快/不快とそのレベル(5段階評価)だけを回答してもらい(主観申告)、各セッション終了後にその時の作業内容および快/不快理由を記述してもらう(内省記録)。なお、各セッションの開始直後と主観申告直後では一定時間、ストレス検出を行わないようにした。実験中は上半身のビデオ撮影を行う。

4.2 実験結果および考察

3組の実験において計31回のストレス検出が見られた。全31回の内、主観申告によると21回(68%)が快ストレス、10回(32%)が不快ストレスであった。快ストレスの検出を目的とした今回の実験としては適当な実験課題であったと考えられる。今回は心拍/呼吸のみを用いてストレス検出を行ったが、生理指標の時系列変化グラフを視察した結果、概ね妥当な検出ができることを確認した。

検出されたストレスパターンと主観申告の相関を分析した結果、生理指標の変化だけではストレスの質

(快/不快)の判定は困難であり、主観申告や表情、副次動作などを合わせた総合的な評価が必要であると言える。また、そのときどきのストレスの原因はセッション終了後の主観申告やオフライン解析では同定できないことが多いので、生理指標により作業中にリアルタイムでストレスを検出し、その場で主観申告する問題発見型作業評価手法が有効であると考えている。

5 おわりに

バーチャル合奏課題を用いて、心拍/呼吸によって快/不快、両ストレスの検出が可能であること、両ストレスの識別は心拍/呼吸のみでは困難であることを確認した。

作業システムや作業環境の改善には不快ストレスの減少および快ストレスの増加が今後ますます重要な指標となる。本システムの課題であるストレス検出精度の向上、計測ストレスの軽減、問題発見型手法の改善などを克服すれば、ユーザにとって快適な製品およびシステムの実現が可能となる。

謝 辞

本研究は通商産業省/工業技術院産業科学技術開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術」の受託研究の一環として実施したものである。関係各位に感謝する。

参考文献

- [1]大須賀, 寺下: メンタルワークロードの生理心理的研究: 新生理心理学 第3巻 新しい生理心理学の展望(宮田洋監修), 北大路書房, pp.116-125, 1998.
- [2]達野, 大須賀, 下野, 三輪, 坂口: 自律神経系生理指標を用いた問題発見型作業評価手法の開発と協調作業への適用, ヒューマンインターフェース学会研究報告集, 1-1, pp.1-6, 1999.
- [3]葛田, 加藤, 木村, 片寄, 金森, 井口: インタラクティブアートにおける演奏家と観客の緊張状態の生理的解析, 日本バーチャルリアリティ学会論文集, Vol.2, No.2, pp.9-16, 1997.
- [4]下野, 大須賀, 寺下: 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.
- [5]大須賀, 寺下, 下野: 自律系生理指標を用いたメンタルワークロードの評価に向けて, 計測自動制御学会論文集, Vol.29, No.8, pp.979-986, 1993.
- [6]佐藤, 朝長編: メンタルワークロードとストレス反応, 「ストレスの仕組みと積極的対応」, 藤田企画出版, pp.150-157, 1991.