

機械システム調査開発
24-D-1

ストレス測定技術の応用展開と実現への方策策定
に関する調査開発
報 告 書

平成25年3月

一般財団法人 機械システム振興協会

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業は、世界経済の減速、長期間のデフレ、エネルギー供給制約のなか、消費と投資の低迷、労働生産性の伸び悩みという厳しい事業環境にあるうえに、震災地域の復旧・復興の加速化を求められており、過酷な状況に置かれています。加えて、新興国の勃興や海外市場におけるグローバルな競争の激化により、海外需要獲得の道りも平坦ではなく、一層の厳しさを増しています。こうした中、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、先端設備投資等の促進やイノベーション基盤の強化、エネルギー制約克服のための省エネ・自家発電導入支援等に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、一般財団法人機械システム振興協会では、機械システムに関する調査開発事業を実施しております。

これらを効果的に実施するために、当協会に機械システム開発委員会（委員長：東京大学名誉教授 藤正 巖氏）を設置し、同委員会のご指導・ご助言のもとに推進しております。

この「ストレス測定技術の応用展開と実現への方策策定に関する調査開発」は、上記事業の一環として、当協会が実施した成果であります。映像酔い及び映像刺激を利用した心理負荷測定システムに関する一連の研究から、映像視聴中の視覚機能、自律神経を計測すれば、社会生活で被る人々のストレスが増大する状況の中、身体や精神の健康状態まで推定できる可能性があることがわかり、日常生活の中で簡単に安定して評価をする客観的な指標が得られる測定器があれば、心身の疾患予防だけでなく、ストレス状態を緩和して心身の健康状態の維持に向けた対処も可能と考えられます。

「ストレス計測技術の応用展開と実現への方策策定に関する調査開発」の実施については、医学系・工学系大学の研究者の方々、関連企業や団体の皆様をはじめ、多くの方々にご協力をいただきました。

ここに謹んで、感謝の意を表するとともに、関係諸分野に関する施策が展開されていくうえで、本調査開発の成果が一つの礎石として皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成25年3月

一般財団法人機械システム振興協会

1. 調査開発の目的

(一財)機械システム振興協会がこれまでに実施した映像酔い及び映像刺激を利用した心理的負荷計測システムの開発に関する調査開発において、幅広い分野に応用展開可能な多くの基盤技術を生み出した。例えば、その中で映像コンテンツの視聴者への影響の定量的計測や悪影響を避ける手法が開発され、その成果は、既に国際標準化 I S O / T C 159 / S C 4 / W G 12 (image Safety) を主導するための基本ツールとして利用されているほか、24年度から当協会が始める3D映像評価事業の基盤となっている。

これら人体への心理的負荷(ストレス)の定量的把握につながる技術は、製品評価や就労活動上での障害発生防止や新たな医療への支援機能など、さまざまな分野にも展開可能であると考えられる。

本調査開発テーマでは、これらの成果のさらなる社会的普及を図るため、技術の応用分野拡大の可能性を検討し、その実現への方策を実用化テーマとして提言することを目的とする。

2. 実施上の条件

(一財)機械システム振興協会が設置する「機会システム開発委員会」、並びに本調査開発事業に関連する専門家からなる「ストレス計測技術応用調査開発委員会」(以下、「委員会」という。)を運営する。

委員会において、3.で示す調査開発の各項目を検討し、これを実施可能な外部機関等に委託するための詳細な内容を作成する。

委託された外部機関等で2.の①～④の本調査開発事業の各実施項目を行う。なお、必要に応じて、委託者と事業実施の調整・管理を行うとともに委員会で進捗状況の聴取とその後の事業実施の再検討を行い、委託先に指示する。

(本調査開発事業の各実施項目の委託先)

①視覚計測技術の開発：(株)ニューオプト

②循環器系パラメータ計測技術の開発：福島大学

③ストレス計測技術の応用展開のための実験及び④実用化DBの作成用実験結果データの作成：東北大学、新潟大学、岐阜大学、埼玉医科大学、神奈川歯科大学

上記委託結果を分析・評価し、④実用化DBの作成を行う。

結果をとりまとめ、報告書を作成する。

(一財)機械システム振興協会

機械システム開発委員会

運営管理及び委託

客員研究員

千葉 滋

・ (特N) 映像評価機構

君島 美智子

・ (株) ユー・スタッフ

ストレス計測技術応用調査開発委員会

- ・ (独) 科学技術振興機構
- ・ 新潟大学(自然科学系)
- ・ (独) 産業技術総合研究所
- ・ 埼玉医科大学 (保険医療部)
- ・ 岐阜大学大学院 (医学系研究精神病理分野)
- ・ (株) ニューオプト
- ・ 福島大学 (共生システム理工学部)
- ・ 神奈川歯科大学 (眼科学)
- ・ 東北大学加齢医学研究所

機械システム開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学 名誉教授	藤 正 巖
委 員	東洋大学 総合情報学部 教 授	大 場 善次郎
委 員	東京大学 工学系研究科 教 授	佐久間 一郎
委 員	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教 授	廣 田 薫
委 員	芝浦工業大学大学院 工学マネジメント研究科 教 授	渡 辺 孝

「ストレス計測技術応用調査開発委員会」委員名簿

(委員/五十音順・敬称略)

委員長	特定非営利活動法人 映像評価機構 理事長	千葉 滋
委員	新潟大学 名誉教授 (医学博士) (独)科学技術振興機構 戦略的創造事業本部 技術参事 (独)産業技術総合研究所 客員研究員	板東 武彦 (平成 25 年 1 月以降委員長を代行)
委員	新潟大学大学院 自然科学系 大学院自然科学研究科, 工学部福祉人間工学科 准教授	飯島 淳彦
委員	(独)産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門 マルチモダリティ研究グループ グループ長	氏家 弘裕
委員	埼玉医科大学 保健医療学部 医用生体工学科 教授	加藤 綾子
委員	新潟大学大学院 自然科学系電気情報工学専攻 教授	木竜 徹
委員	埼玉医科大学 保健医療学部 医用生体工学科 教授	小林 直樹
委員	岐阜大学大学院 医学系研究科精神病理分野 教授	塩入 俊樹
委員	(株) ニューオプト 代表取締役	園田 重昭
委員	福島大学 共生システム理工学類 准教授	田中 明
委員	神奈川歯科大学 眼科学	原 直人
委員	東北大学加齢医学研究所 病態計測制御研究分野 教授	山家 智之
委員	(株) ユー・スタッフ 代表取締役	君島 美智子
オブザーバー	(一財) 機械システム振興協会 専務理事 (任期:平成 24 年 12 月 31 日迄)	佐々木 恭之助
	同上 専務理事 (任期:平成 25 年 1 月 1 日から)	樋口 正治
	同上 理事	水上 淳二
事務局	(一財) 機械システム振興協会 業務企画部長	亀屋 俊郎
	同上 調査開発部	中尾 宏子
	同上 業務企画部	堀越 美奈

3. 調査開発の内容

ストレス計測技術の応用展開の可能性を検討する。医療支援の分野では、ヘルスケアを含め、医療診断を支援する検査機器開発のための新たな計測機能の検討や予防医学を支援する高齢者健康管理や痴呆予防などの計測可能性の検討を行う。産業支援の分野では、製品評価を支援する利用者感応度などの計測可能性の検討を行う。こうした検討により、有望な分野・対象を抽出する。特に、ストレス計測の基盤技術となっている瞳孔計及び血管抵抗計測装置に関して、この応用展開の可能性を検討する。

平成 23 年度はこれまで蓄積してきた研究データを再解析・検討し、視覚計測、循環器計測ともに新たな有望生理指標を発見できたが、新たな改善点も見つかった。24 年度は、それらを改良し、実用化への道筋をつける。具体的な実施項目は下記のとおりである。

① 視覚計測技術（実用新型多目的瞳孔計）の開発

映像視覚刺激に対する眼球運動・瞳孔反応は、さまざまな応用の可能性があることが分かっていたが、生体の状態を的確に反映する有用なパラメータを抽出する方法はいままで存在しなかった。

これまでの成果で眼球運動・瞳孔反応の計測により脳の状態、ストレスの強度や精神状態、自律神経系のバランスなどが推定できる可能性が得られており、ストレス状態や快不快の感覚を簡便にモニタする視覚機能検査システムの可能性が見えている。23 年度は従来からの瞳孔の動特性に加え、書籍読み取り時の視線移動及び三次元的移動物体の追跡機能に心理的ストレスの影響が表れ、自律神経系や中枢神経の状態を推定するのに特に有望であることを見出した。ただし、それらの指標を安定して抽出するにはセンサ機能のさらなる高度化が必要である。これらの要求仕様を満たすようセンサ機能と画像処理機能を高度化する。さらに昨今 3D コンテンツの子供への影響に関心が高まっているため、現在の大人のみを対象としている本計測器を子供にも適用可能なように改良する。

② 循環器系パラメータ計測技術の開発

生体の血管調節機能に着目した評価方法についても、これまで循環調節において重

要な要素であるにもかかわらず有効な手段がなく、ほとんど利用されていなかった血管調節機能であったが、血脈の伝播特性を制御工学的な見地よりモデル同定して評価する方法は時間分解能が高く、高齢者にも有効であることが示された。23年度の検討では循環器パラメータでは血管の伝達特性の逐次的モデル同定（時間窓3秒）が特に有望であることが分かった。ただし、現在利用している連続血圧計が大型のため実用化には、それを脈波センサに置き換える必要がある。脈波センサを複数使った血管の伝達特性の逐次的モデル同定システムを設計開発する。また、センサ装着法及び信号処理法を改善し、ノイズや個人差を受けにくい計測法を追求する。

③ ストレス計測技術の応用展開のための実験

上記、2つの改良型技術を応用すれば、多くの人々が直面する心の病を誘発するストレスを定量的に評価するシステムを構築できる可能性が高い。それには、日々の生活の中で簡便に心の状態を検査できる方法と判定アルゴリズムを最適化する必要があるが、23年度は計測で常に問題となる個人差に関し、正規化可能な視覚課題として視覚弁別課題とぼやける文字目視課題を見出した。

24年度はこれらの視覚課題を最適化するとともに新瞳孔計と改良型血管抵抗計で健常者、非健常者によるストレス計測実験を進め、データ収集、実用化に向け全体システムの最適化を図る。

また、利用者に負担の少ない非接触型視覚・循環器計測装置開発のための基礎実験と検討を開始し、可能性を見極める。

④ 実用化データベース（DB）の作成

ストレス計測技術の実用化を図るためには、どのような実験装置でどのような実験条件で行ったかを明確にするのはもちろん、視覚課題の内容、被験者の素因、病歴、心理テストGHQ28のスコア、視覚計測及び循環器系計測の生データの時系列の客観計測結果、主観的アンケート結果等すべてを臨床データベースとして残しておき、さまざまな評価の際、参照することが必要不可欠である。

データベースは、拡張可能なように構造を体系的に設計して、今後も充実させていくプロトタイプとして開発する。

4. 調査開発の成果（まとめ）

ここでは、平成24年度「ストレス計測技術の応用展開と実現への方策策定に関する調査開発」の成果を簡潔にまとめることにする。主な内容は次のとおりである。

1 ヘルスケアにおけるストレス計測技術の必要性

1-1 既存のストレス計測装置の実態

ストレス状態は一般的に主観的検査、例えば精神科領域で使われているGHQ28のような質問形式の主観検査により、判断を行ってきた。しかし、ストレス状態は、自律神経系や内分泌の状態など本人の意識に上らない身体状態を反映する。したがって、客観的・身体的なストレス計測が必要となる。本調査研究では、検査時に弱いストレス刺激（ストレッサー）を人工的に与え、生体パラメータ変化と、その平常値への復帰の経過を計測することにより、逆に、その人のストレス状態を推定する方法について検討した。生体パラメータとして、瞳孔系の変化、及び循環パラメータの計測により、ストレス状態の推定を行った。これらの反射系はよく研究され、その性質が知られているが、本研究グループをはじめとする過去の研究成果をふまえ、さらに、簡易で精度の高い計測を行うため、新しい方法や機器の開発を行った。

2 ストレス計測技術の開発

2-1 視覚系

2-1-1 多目的瞳孔計

これまでのゴーグル型接触瞳孔計は眼球とカメラの相対位置が固定されるというその特性から両眼の瞳孔径とその位置関係を、同時に時間ずれなしで計測できるように設計されており、医療器として使用されているニューオプト製「ET-200」をベースに、瞳孔径を計測する際のパラメータから左右の瞳孔位置を算出するよう改造を行うことで両眼の眼球運動と瞳孔反応を詳細に計測できるようになった。また、計測数値のグラフ化を行うことでさまざまな刺激などを加えた際の反応をリアルタイムに観測でき、これにより多目的に使用できる可能性が生まれ、将来可能になっていくであろう非接

触型瞳孔計で計測できる情報の基礎を得るのに適している。

2-1-1-1 多目的瞳孔計の応用可能性について

現状では、瞳孔計は主に医療現場に導入され活用されている。目視による瞳孔の観察は難しく、また電気的方法でも瞳孔径を記録するのは不可能である。近年は、眼球運動の記録にはビデオによる方法が導入され普及してきた。これは、回旋眼球運動も含め眼球運動の3成分の定量が可能であり、主に耳鼻科、眼科、神経内科などの診察など、今後のさらなる普及が期待される。ビデオによる眼球の記録では瞳孔運動の詳細も記録される。この瞳孔部を画像解析により定量するのが多目的瞳孔計の原型である。瞳孔観察のニーズのある診療科も眼球運動と同様に脳神経系の疾患を対象とする科である。瞳孔は自律神経の影響を大きく受けるため、脳神経系の診療科に留まらず、精神科領域、広く一般内科領域にも利用価値はある。また、瞳孔計測はヒトや動物の精神状態を推定する方法として応用が考えられる。病気の診断、ストレス状態の推定などヘルスケアとして、また日常生活内の情動の解析などに瞳孔計の活用が期待できる。

2-1-2 非接触型瞳孔計

計測されていることを意識させない瞳孔計測を目的として非接触型瞳孔計を開発した。開発の目標性能は非接触型、高解像度、高時間分解能を有するものとした。非接触計測を実現するため拡大レンズを用いて遠隔から瞳孔を撮影する。また、近赤外光に対して高感度を有する高解像度のCMOSカメラを用いSSDに記録する方式を採用することで、画像解像度が2,048×1,018pixel、最高のフレームレートが200fpsの高解像度と高時間分解能を実現した。画像処理によって自律神経系の変動を検知するための瞳孔面積、瞳孔幅、変動量などを算出できる。寒冷負荷を用いたテスト実験の結果、本装置が瞳孔計測のための基本性能を備えていることを確認した。実用性を高めるためには瞳孔の自動追尾機能とオートフォーカス機能の追加が望まれる。また、家庭導入に向けては、日常生活において自然に計測できる状況に合わせたカメラ選定と機能開発が必要である。

2-2 循環器系

2-2-1 血管運動計測の実用化

心拍数揺らぎ解析を利用した自律神経機能解析における問題点である、時間分解能の低さと大きい個人差を改善することを目的として、生体の血管調節機能に着目した指標を提案した。本指標は橈骨動脈圧波形から指尖容積脈波までの動特性を表すモデルの自己回帰項の係数で与えられる。本指標は理論的に血管の実抵抗と正の相関を持つことから、指標の変化によって生体の血管調節機能に関する情報の取得が期待できる。上腕部の動脈を圧迫しない程度に圧迫と解放を行ったところ有意な変化ではなかったものの指標の値も増減する傾向があり、仮定と矛盾しない結果を得た。本指標は最低で1拍分のデータから算出可能であり、血管弾性の物理的特徴量に起因することから循環系指標として有効である可能性がある。一方、各波形が正しく計測できていない場合は指標の信頼度が低くなるため、信頼性の評価も同時に行う必要がある。また、実抵抗とコンプライアンス成分との分離も課題である。

2-2-2 非接触循環系計測の検討

カメラ映像による非接触計測によって循環系の計測が行えるかを検討した。LED照明を用いて撮影された映像の緑チャンネルには脈波情報が十分含まれており比較的簡単なフィルタ処理のみで顔部の映像脈波が安定して得られる可能性が示唆された。顔部の映像脈波を利用することにより瞬時心拍数をECGによる計測と同定の精度で得られる可能性があり、従来の心拍数解析を非接触で行える可能性が示唆された。また、何人かの被験者では手部の脈波も精度よく計測できており、顔部の映像脈波との伝播の違いを利用した循環系解析の可能性が考えられる。一方で、照明によって計測精度が左右されることも明らかとなったことから、今後は、より安定した照明・撮影方法の検討を行うとともに、被写体の動きにも対応する必要がある。加えて、映像脈波から得られる自律神経情報や脈波の伝播情報を利用した解析方法の検討を行う必要がある。

3 ストレス計測技術の応用展開に向けた被験者実験

3-1 視覚系

3-1-1 ストレス評価としての瞳孔機能

瞳孔は、暗黒下でも絶え間なくその大きさを変化させており、これを hippus・fluctuations あるいは瞳孔振動や瞳孔のゆらぎと表現される。瞳孔縮瞳+瞳孔振動パワースペクトラム 0.25Hz の出現を fatigue wave とした身体疲労の他覚的評価法として実用化されている。一方、我々は pilot study の中で、モーツァルトの音楽を刺激とした場合、眠気のない状態であっても同様な瞳孔振動を確認 (relax wave 命名) したが、眠い状態であっても心地良い状態でも同じ瞳孔反応を示すことに疑問を覚え、瞳孔振動の生理学的起源の追及とその意義を瞳孔振動と心電図との同時記録から再考した。瞳孔径 1 mm 以上の縮瞳に伴うパワースペクトラム 0.25Hz の瞳孔振動の出現した場合には、心・交感神経系の活動低下が追従していた。以上、瞳孔の生理学的な反応を評価することで非侵襲的なストレス評価法となり得る。

3-1-2 瞳孔反応と眼球運動の応用

瞳孔は、眼球に入る光に対してサイズを変える。この対光反応は網膜に照射される光の量を一定するフィードバック機構であり、生物にとって重要な反射の1つである。対光反射は縮瞳と散瞳が連続して起こるので自律神経系の状態を推定する最適の生体現象である。これ以外にも近見反応、日内変動、さまざまな感覚入力に対して反応する。瞳孔反応の動特性と静特性にそれぞれ注目すると詳細な生体情報を得ることができる。動特性ではストレス状態の判定が、静特性では生体リズムの推定が可能である。動特性を利用した実験では、ストレス状態の高い被験者は交感神経系が優位の傾向を示しつつ、自律神経系のバランスが崩れているということを示唆する結果が得られた。また、静特性に注目して1時間毎に瞳孔径を計測すると瞳孔径の変化にリズム性を確認した。瞳孔径の計測は眼球運動計測も含めて、ストレス状態の推定、生体リズムの解析、さらには日常生活の中の健康管理などにも応用可能である。

3-2 循環器系

3-2-1 血管運動計測実験

血管運動指標 a_1 の有効性を検証することを目的として、寒冷昇圧試験と暗算負荷実験及び運動負荷実験を行い、負荷時の a_1 の変化と他の循環系指標との変化を比較した。寒冷昇圧試験では a_1 は血圧とともに負荷時に優位な上昇を示し、交感神経が賦活化した際に本指標が上昇する可能性が示唆された。暗算負荷時にも血圧上昇が認められたがこれは心拍数の上昇に起因していると考えられ、指標によって生体の血圧上昇の振る舞いを詳細に説明できる可能性が示唆された。運動負荷実験では、運動時の a_1 の応答の違いで被験者を2群に分けたところ、両群で心拍数の変化にも有意差が存在した。いずれの実験結果においても、 a_1 が血管運動と相関するという仮定に矛盾しない結果となり、本指標が生体の循環調節系計測において有用な指標となり得ることが示された。課題として、本指標の算出に必要な橈骨動脈圧を用いずに同等の情報を得る方法の検討を行う必要がある。

3-2-2 心血管反応に関する実験

心臓と、動脈系の血圧反射機能の反応性の感受性を定量的に診断することができる全く新しい血圧反射機能計測装置を開発した。この新しい血圧反射機能推定のための定量診断システムを応用してストレス評価実験を行うことができる。時系列に対してスプライン補間を用いた方法論により、再サンプリングを行い、離散データとしてデジタル化した後に、平均、標準偏差などの統計量解析を行い、遅れ時間の決定のためには相互相関関数を応用し、最大値を遅れ時間として採用した。得られた二次元グラフより最小二乗法を用いて回帰直線を計算し、直線の傾きから血管の血圧反射機能を計算することができるので、低周波ゆらぎ、高周波ゆらぎなどをスペクトル解析結果から算出することができると同時に感度も解析できるシステムを構築できる理論になる。心臓と血管の反射機能を独立して定量診断することにより、定量的なストレス指標解析が具現化するものと期待される。

3-3 視覚負荷の最適化

本研究では、視覚負荷を与えることによって、自律神経に関わる生体信号を計測してストレス状態を定量的に計測することを目指している。本研究では、従来の視覚探索課題とともに迷路課題を加え、個人差を考慮して与える視覚負荷を最適化の実験検討を行った。被験者に、負荷量の異なる課題を与え、生体指標の変化とストレス状態（GHQ28）の関係の個人差を検証実験で明らかにした。

その結果、視覚探索課題（SEQ課題）では、精度よく負荷を与えるには検討がさらに必要であることが示された。一方、迷路課題では、GHQ28に応じて相関のある生体影響が現れ、負荷に応じた個人差の傾向も違いがあることから、適正な負荷を制御することによって個人差に対応できる可能性が示された。今後、継時的な変化も計測し、負荷の正規化方式の検討が求められる。

また、生体影響を精度よく求めるための複合生体信号を用いた計測系を構築し、実験システムで計測を行った。

4 ストレス計測の技術応用の可能性

4-1 視覚系

4-1-1 瞳孔による心理的状态と応用

(株)ニューオプト社製の瞳孔計が昨年、テレビ局のバラエティ番組で使用された。興味を示したり興奮状態になると瞳孔が開くということを利用した内容になっている。某男性タレントが出演しており、本人の好みの女性が近づいた際の眼（瞳孔）が驚くほどの変化を起こす。瞳孔は特に興味の有無や好き嫌いについては顕著な反応を示す。そのメカニズムについて興味を示したのが遊具機のメーカーである。プレイヤーが楽しんでいる、または退屈しているなどの反応を瞳孔から読み取り、演出に活かしたいという話であった。TVCMや広告、番組制作や映画製作などの視聴者の反応の評価にも有用と思われる。これらの分野は今まで、感性のみに頼ることが多く、不快なものや、ストレスを与えるものに対しても客観的評価指標は静的なものに限られてきた。この分野での技術の可能性を見出すことができれば、新しい商品開発などの客観的指標になると期待される。

4-1-2 瞳孔・眼球計測の可能性

近年のデジタルデバイスの普及によりパソコンなどを使って作業に従事する者の眼精疲労やその周辺症状が顕在化してきた。ディスプレイや照明に用いられる青色光はメラノプシン細胞が強く反応する波長帯域であるため、過剰な青色光は生体リズムに何かしらの変調をきたす可能性がある。サーカディアンリズムの乱れやストレス状態の増強を招く恐れがあるため、視覚系のメカニズムや最新の知見を考慮して照明やディスプレイ機器を開発すべきである。瞳孔や眼球運動は古くから病態の推定や全身状態の把握に活用されてきた。眼球運動は、特にめまい疾患の病巣推定や原因の特定が可能である。ビデオ眼振計は回旋眼振の定量化を可能としたため、めまいの診断に大きく貢献している。瞳孔は自律神経系の活動を推定する窓口であり病態の推定にも有効である。神経疾患や精神疾患の病態解析、さらに、アルツハイマー病の早期診断をする試みもなされている。

4-1-3 医療現場での応用可能性

電子書籍への不満の第1位は目が疲れることである。30分間の文庫本と電子書籍読書後で比較検討した。読書量は、文庫本45ページ、電子書籍60ページであった。電子書籍読後では、調節緊張相の調節安静位の近方化すなわち近視化し、調節弛緩相の緊張持続がみられた。疲労の原因の1つとして調節機能への負担が大きい。また近距離での近見反応の酷使も影響している。

斜視手術前後の輻湊や融像の動的な連続刺激やステップ刺激での輻湊・融像の評価はなされていない。(株)ニューオプト社の立体視計測装置を用いて、斜視患者の手術前後での輻湊眼球運動を記録・解析した。連続刺激とステップ刺激を3D映像刺激とした。間歇性外斜視患者では、術前は輻湊できなかつたものが、手術後は視標にうまく追従するといった現象がみられた。斜視本態の近見反応や融像の病態生理を明らかにできる臨床機器の開発を目指す予定である。

4-2 循環器系

4-2-1 HMDを用いたストレス計測技術

心臓反射機能推定のための定量診断システムを応用して、映像に対する生体反応の解析によるストレス評価の評価実験を行った。被験者は、公募による健康な成人男

子でありヒーリング因子を持つ環境映像と、ストレスを感じる急展開画面を含む映像の2種類を用い、時系列パラメータ変化を定量化して解析した。

三次元のストレス映像により、心血管系の時系列曲線も影響を受ける症例が数多く認められた。三次元のストレス負荷映像の視聴覚刺激により、心電図RR間隔は短縮し、収縮期血圧は上昇傾向を認め、脈波伝播速度は短縮する傾向を認める症例が存在したが、全体としては統計的に有意な変動は認めない。心拍変動のLF、HF、LF/HFに関しても定量評価を行ったが有意な変動を認めなかった。

人体は時変であり、そのパラメータは日夜変動し、したがってリスク因子に対する反応性も、日々刻々変動している。したがって、個体々に応じたリスクを統計的変量などで解析していく必要もある。

5 心理的（主観的）・生理的（客観的）評価の統合に向けて

心理的（主観的）・生理的（客観的）評価から不快度の時間推移のモデルを調査した。心理的評価では、シミュレータ酔いアンケート（SSQ）が広く用いられている。しかし、SSQは映像刺激提示中に実施することができないため、時々刻々と変化する不快感を知ることはできない。一方、生理的評価には周波数領域と時間領域の指標があるが、ストレスを十分表現している保証はない。

そこで、映像ストレス負荷中のSSQによるストレス有無アンケートによる郡分けと、20段階の主観的不快感と自律神経系応答の生理的指標からなる空間でのクラスタ分析による郡分けとの一致率を調べた。

その結果、生理的指標は周波数領域の指標よりも時間領域の指標の方が高い割合で一致した。さらに、タスクの繰り返しで不快度の一致率が9割超えとなり、不快度の時間推移予測には時間領域の評価指標が有効であることが示された。

6 精神神経科分野におけるストレス計測技術の応用

前項までの内容に関する総括

7 実用化データベースの作成

得られた生体情報がどのような意味を持つのかということは臨床データとのすり合わせによって見えてくるものである。臨床実験のデータを蓄積し、参照するためのシステム、つまり臨床実験にかかるデータベースの作成が必要になる。

そこでまずは、本年度に行われた各研究機関の臨床実験についてデータベース化することとした。本格的な運用の前のプロトタイプという位置づけで開発を行っている。

具体的な仕様については下記のとおりである。

- | | |
|-----------------|-------------------|
| (1) サーバ | ロリポップ |
| (2) データベースソフト | MySQL |
| (3) CMS ソフト | Wordpress |
| (4) 動画配信 | 組み込み用の MPEG4 |
| (5) セキュリティ | パスワード及びユーザ I D 認証 |
| (6) Web サイト作成言語 | HTML 標準 |

本格的な運用については、実用化に向けての体系化、サーバに関する事項などの課題について検討する必要がある。

— 禁無断転載 —

機械システム調査開発

24-D-1

ストレス測定技術の応用展開と実現への
方策策定に関する調査開発報告書

平成25年3月

作 成 一般財団法人 機械システム振興協会

東京都港区芝大門一丁目9番9号

野村不動産芝大門ビル9F

TEL 03-6848-5036