

課題番号 06-016

平成 20 年度シーズ発掘試験（発掘型）研究報告書


報告日：平成 21 年 4 月 20 日

技術分野 診断技術（装置）


課題名：感覚疲労検査方法と検査装置の開発

研究期間：平成 20 年 7 月 4 日～平成 21 年 3 月 31 日


1. 担当コーディネータ

氏 名（役職）	田草川 信雄（科学技術コーディネータ） 		
所属機関名	国立大学法人 信州大学 産学官連携推進本部 知的財産支援部門（長野）		
連絡先	所在地	〒380-8553 長野市若里4-17-1 信州大学地域共同研究センター 2F	
	TEL/FAX	TEL. 026-269-5642 FAX 026-269-5641	
	E-mail	takusagawa@crc.shinshu-u.ac.jp	

2. 代表研究者（代表研究者のみ記入してください。）

氏 名（役職）	降旗 建治（准教授） 		
所属機関名	信州大学工学部		
連絡先	所在地	〒380-8553 長野市若里4-17-1	
	TEL/FAX	026-269-5248	
	E-mail	kennfur@shinshu-u.ac.jp	

3. 共同研究者（JST と委託研究契約を締結した共同研究機関の場合のみ記入してください。）

氏 名（役職）			
所属機関名			
連絡先	所在地		
	TEL/FAX		
	E-mail		

4. 試験研究の結果報告

(1) 試験内容

① 当初の研究計画

【試験項目】(1) 短時間検査が可能な感覚刺激呈示プログラムの開発 (H20.8~11 に実施)。(2) 基準値の構築 (H20.12~H21.3 に実施) (3) 携帯可能な小型検査装置の試作 (H20.8~12 に実施)

【試験内容】

(1) 感覚刺激として骨導超音波を用いる。呈示プログラムとは、一定時間 (T) の感覚刺激を t 時間の間隔で断続的に呈示するプログラムである。被験者に T 及び t が異なる感覚刺激を呈示して閾値を検査し、その結果から最小回数の感覚刺激で検査が可能な呈示プログラムを開発する。このために、成人の被験者 10 名について、疲労程度が低い、中間、高い状態で検査する。

(2) 基準値は、被験者の感覚疲労状態を評価するために必要。企業の協力を得て 100 人以上の被験者について、骨導超音波刺激による閾値を計測し、検査結果を年齢、自覚疲労度、作業前後などの要因を考慮し、実態に即した基準値を構築する。

(3) 各種作業現場などで検査が可能な携帯型の検査装置を試作する。試作には、感覚刺激呈示器、応答器等の小型化とこれらを一体格納する筐体の設計・試作を行う。その後、PIC や CPU を組み込んだボードを開発して筐体に組込む。

② 試験期間において、実施した内容

当初の予定に対して、(1) と (3) に関してはすべて実施できた。その実施過程で、脳に一番近い外耳道内脈波の有効性、及び脈波の最大値あるいは最小値に同期した時の諸感覚特性の変化について新たな成果が得られた。(2) に関する基準値は、今回新たに製作した感覚疲労検査装置の完成を待って実施した方が最良であることから、実施できていない。しかし、これまでの研究成果[1]から、年齢、自覚疲労度、作業前後、徹夜状況下等数多くの要因に関して、感覚疲労検査装置による各種基準値設定の可能性を見出している。

論文 [1] 降旗建治: “骨導超音波の 2 音融合閾値と自動車運転における精神疲労との関連性”. 自動車技術 62(7) (2008) pp. 110-115.

(2) 得られた成果

(1) 短時間検査が可能な感覚刺激呈示プログラムの開発

(3) 携帯可能な小型検査装置の試作

① 研究成果 被験者は 11 名である。検査に用いた感覚刺激は、聴覚刺激 (骨導 FM 超音波と 2kHz の高音 T=10ms)、視覚刺激 (フリッカー T=10ms) および皮膚触覚刺激 (200Hz 振動 T=10ms) を用いて、遅延時間 t を 10ms から 65ms までの上昇系列と逆の下降系列で変化させた。被験者は、上記呈示刺激がどのように感じるかを五段階の心理尺度「完全に一つ、どちらかという一つ、どちらとも言えない、どちらかという二つ、完全に二つ」の中から答えてもらった。その結果[2]から、(a) 上記遅延時間に対する各程度表現語の分布はロジスティック関数で精度良く近似できる (決定係数 0.99 以上)。(b) 系列範疇法に基づく心理尺度構成法により、得られた標準心理尺度値と遅延時間の関係は良い対応性を示す。(c) ここでは「どちらとも言えない」に相当する二つの呈示刺激間の遅延時間を「融合弁別閾値」と呼ぶ。具体的に、被験者の融合弁別閾値と敏感度 P% (100 人中 P 番目の敏感度を表し、疲労程度が大きいほど P 値が大きくなる) との関係を累積度数曲線で表している。(d) 心理評価尺度とロジスティックモデル[3]との組合せから、各被験者の融合弁別閾値は、一回の応答だけから推定でき、得られた推定値と実測値の相関係数が 0.96 以上である。(e) 最終的に、測定遅延時間をランダムに設定した 10 回の呈示刺激 (30 秒程度) に対する応答から正確に融合弁別閾値が得られることを明らかにした。

試作には、感覚刺激呈示器、応答器等の小型化とこれらを一体格納する筐体の設計・試作を行った (写真 1)。その後、SH7047 マイコンを組み込んだ感覚疲労検査装置用ボードを開発して筐体に組込んだ。また、上記研究成果に基づき新たな感覚疲労検査装置用プログラムを開発し、完動することを確認した。製作した感覚疲労検査装置は、上記感覚刺激呈示ばかりでなく、疲労判定に有効であると考えられる脳に一番近い外耳道内脈波用マイクロホン[4]の入力端子を備え、血流量 (最大あるいは最小) に同期した信号を検出でき、そのトリガー信号により制御された感覚刺激呈示が可能である。



写真 1 感覚疲労検査装置

発表 [2] 伊藤直樹, 降旗建治: “2 パルス刺激間の諸感覚系に

における弁別閾の推定モデル” 電子情報通信学会技術研究報告 108(255), EA2008-78 (2008) pp.79-84.

論文 [3] K. Furihata: “A logistic prediction model for individual allowable noise levels” J. Acoust. Soc. Am. 124(6) (2008) pp.3544-3560.

発表 [4] 中曽根久, 降旗建治: “耳栓型マイクロホンのバイタルサインモニタへの適用” 電子情報通信学会技術研究報告 108(255), EA2008-78 (2008) pp.79-84.

② 達成状況

(1) 短時間検査が可能な感覚刺激呈示プログラムの開発

当初掲げた目標の達成率は 100%である。その実施過程で、脳に一番近い外耳道内脈波の有効性、及び脈波の最大値あるいは最小値に同期した時の諸感覚特性の変化について新たな成果 (図 1 参照) が得られた。

(3) 携帯可能な小型検査装置の試作

写真 1 は、キャリングケース付き感覚疲労検査装置を示す。製作した装置は、視覚 (フリッカー)、聴覚 (骨導超音波と 2kHz の可聴音)、皮膚触覚 (振動) 刺激全てが出力でき、また外耳道内脈波用マイクロホンの入力端子も備えている。したがって、当初掲げた目標以上の達成率であると言える。

(2) 感覚疲労判定基準値

今回新たに製作した感覚疲労検査装置 (プログラム開発を含めて) は、完成するまでに平成 21 年 3 月中旬まで時間が掛かり、数多くの被験者の方をお願いして、数多くのデータに基づく疲労判定基準値が全く検討できなかった。

③得られた研究成果から、実用化の見通し

新感覚疲労検査装置は、視覚・聴覚・皮膚触覚すべての「融合弁別閾値」が検査でき、しかも脳の血流量によってこれらの閾値が影響を受けることが示唆された。今後、企業や仕事の現場で検査を実施することにより、それぞれの現場に適した検査項目だけに特化した超小型検査装置が実用化できると考えられる。例えば、振動を伴う仕事の場合は、皮膚感覚のみに特化した検査装置が考えられる。故に解決すべき課題として、(a) 疲労現象に対する信頼性の高い定量化、(b) 外耳道内容積脈波を利用した疲労評価法の確立、(c) 数多くの検査項目の中から労働者等の被験者の実態に即して用いることが最適な項目の選定、(d) 携帯可能な小型検査装置の試作等が浮上する。これらの課題が解決すれば、感覚疲労検査装置の実用化は十分可能であると考えられる。

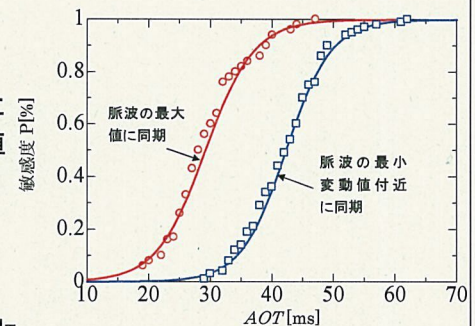


図 1 骨導超音波による敏感度と弁別閾値(AOT)の関係 (血流の影響)

(3) 今後の展開

①平成 21 年度内に、本結果を受けて具体的な活動

平成 20 年度シーズ発掘試験「発掘型 (A)」の課題「感覚疲労検査方法と検査装置の開発」で得られた成果に基づき「携帯可能な小型検査装置」へとさらに発展させる。試作した感覚疲労検査装置は、脳に最も近い外耳道内容積脈波 (極大あるいは極小値) に同期した二つの呈示刺激 (10ms 呈示刺激間の遅延時間を変化) に対する人の視覚・聴覚・皮膚触覚に関する「融合弁別閾値」を検査し、感覚疲労状態を敏感度で即時表示することを特徴とする。発展型 (B) への応募では、感覚疲労検査装置の有用性を検証し、さらに実用化に向けて日常生活中での疲労判定に役立てることである。ただし、実用化には、労働者の慢性疲労を適切にとらえ、作業現場で検査が可能であり、疲労現象に対する信頼性の高い定量化と疲労評価法を構築することが重要である。本試験研究では、(a) 新たに提案した外耳道内容積脈波を利用した疲労評価法の開発、(b) (a) の脈波による脳内血流量の観点から、疲労感に伴い活性が上昇する眼窩前頭野における機能的近赤外イメージングによる検証実験、(c) 被験者の実態に即して用いることができる最適な検査項目の選定、(d) 携帯可能な超小型検査装置の試作を目標とする。

したがって、積極的に展示会へ参加し、また企業や自動車学校等に協力を依頼して数多くの被験者について感覚疲労検査を実施する。その結果に基づき感覚疲労判定基準を確立することが目標で

ある。

②平成21年度にかぎらず、今後の実用化に向けた長期的な展望

自分の感覚特性、特に敏感度特性を知ることが重要である。例えば、アルコールを飲酒したとき、これまでの成果から、学生の被験者の場合、感覚特性が比較的安定している人と大幅に変化する人に分けられることを明らかにした。つまり、自分の感覚特性の変化を知ることにより、自動車の運転や仕事に感覚疲労の観点から、事故防止のために注意を喚起できると考えられる。また、製品的大量生産の現場において、感覚特性の敏感度や敏捷性は、生産能率とも密接に関連していることが考えられる。具体的には、労働者を最も生産効率の良い配置（日々の感覚疲労度に応じて）に設定できる。

(4) 知的財産権について

①今後出願を予定している知的財産権

「外耳道内脈波の脈流量に同期した感覚刺激呈示による感覚疲労検査法の確立」

②今後の知財権確保について、計画・方針・展望

「1回の測定だけからでも視覚・聴覚・皮膚触覚に関する融合弁別閾値が推定できるロジスティックモデルに基づく、各種労働条件に特化した感覚疲労検査装置の開発」

(5) 今後のフォローアップ等について（コーディネータ記載）

この試験研究で、感覚刺激呈示器・応答器等からなる小型検査装置の試作が完了し、11名の被験者について検査を実施した。その結果、短時間で検査が可能であることを実証した。また、新たな感覚刺激呈示方法が開発された。

実用化に向けた今後の課題として、「携帯可能な小型検査装置」の完成、当装置を使用して日常生活中での疲労判定、外耳道内容積脈波を利用した新規疲労評価方法の開発、開発成果の展示説明、作業現場での臨場検査、感覚疲労判定基準の性能向上などの課題がある。

すでに、ナノテク・材料・IT分野のコーディネータが今後のフォローアップを担当することとして、平成21年度シーズ発掘試験研究発展型に申請中である。この検査装置は、生産現場、オフィス、福利・福祉公共施設、家庭でも簡便に利用が可能となるような普及が望まれる。審査請求中の特許の適切な実施が必要であり、大学の知的財産管理担当コーディネータが支援する予定。