

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501123

研究課題名(和文) 学習支援システムにおける学習者の負担と最適な学習時間、休憩時間の提案

研究課題名(英文) Proposal concerning learner load, optimal learning time and rest time as it relates to learning support systems

研究代表者

本多 薫 (Honda, Kaoru)

山形大学・人文学部・教授

研究者番号：90312719

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：学習内容をモデル化し、計算、読む、照合の課題を提示できる実験用の学習支援システムを構築した。そして、学習中の生体情報の計測と主観的評価を実施し、学習中の学習者の負担を分析した。その結果、心拍のパワースペクトル解析より、課題開始30分程度で負担が大きくなることを示した。また、学習支援システムを用いて30分間連続で学習(課題遂行)した場合には、10分以上の休憩を取ることで、学習者の負担や疲労感を抑えられる効果があることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：I constructed an experimental learning support system that can create a model for study content and present calculation, reading, and comparative problems. The system measures biologic information during study and conducts a subjective evaluation to analyze the load borne by the learner. The results of a pulse power spectrum analysis indicate that load increases approximately 30 minutes from the start of the problem. Furthermore, during continuous study (consecutive problems) for 30 minutes using the study support system, the inclusion of a 10-minute rest had the effect of reducing stress and fatigue felt by the learner.

研究分野：情報科学(ヒューマンインタフェース)

キーワード：学習支援システム 学習者 負担 生体情報 生理指標

1. 研究開始当初の背景

インターネットの普及により、学習支援システムによる学習（遠隔授業）が増加している。学習支援システムの設計において、情報提示方法や双方向のコミュニケーションについては、多くの研究が行われている。また、授業で学習支援システムを導入すると、疲労感などを訴える学習者が多く見られる。これらのことから、学習支援システムによる学習は、学習者の生体への負担が大きいことが推測される。しかし、国内外の研究を調査したが、学習者の生体への負担を検討した報告は非常に少ない。特に生体情報の経時変化（時間的な変化）の視点から、最適な学習時間とそれに必要な休憩時間を明らかにしている研究は皆無である。

2. 研究の目的

本研究では、応募者が開発してきた学習支援システムを基盤とし、実験用の学習支援システムを構築する。そして、学習支援システム（コンピュータのディスプレイに学習情報を提示し、マウスで操作する）による学習中の生体情報（脳波、心拍、筋電）の計測と学習後の主観的評価（アンケート）を実施し、生体情報の変化から捉え、学習支援システムによる長時間の学習による学習者の生体負担を分析する。そして、生体情報の経時変化から算出した適切な学習時間とそれに必要な休憩時間を提案する。

3. 研究の方法

(1) 実験用の学習支援システムを構築と学習中の生体情報の計測・分析（実験 A）

実験概要

学習支援システムの学習内容をモデル化し、計算、読む、照合の課題を提示できる実験用の学習支援システムを構築した。そして、学習を連続で行わせた場合の生体情報（脳波、心拍）を測定し、生体情報の経時変化を分析するとともに、精神活動や負担の測定の有効性を検討した。

実験内容

実験は、計算課題、読む課題、照合課題の 3 種類を行わせた。計算課題は、ディスプレイ中央に表示される一桁の足し算について、その周囲に表示される 0~9 の数字を囲む四角から、答えの一桁目の数字に合致するものをマウスでクリックさせた。読む課題は、ディスプレイ中央に表示される色を示す漢字について、その周囲に表示される 10 種類の色で描画された四角から、漢字の色に該当するものをマウスでクリックさせた。照合課題は、ディスプレイ中央に表示される記号について、その周囲に表示される 10 種類の記号を囲む四角から、中央の記号と合致するものをマウスでクリックさせた。被験者には椅子に座り楽な姿勢を取らせた。そして、ディスプレイの正面を向かせ、マウスの位置を調整した。事前に、「途中、休まずに連続で作業

してください。」と指示した。

実験内容を被験者に説明した後、2 分間の練習を行った。その後、5 分間の閉眼座位安静による休息を取った。そして、被験者が落ち着いていることを確認し、実験を開始した。計算課題、読む課題、照合課題の 3 種類を各 20 分、合計 60 分間連続で行わせた。なお、課題の順番は被験者毎にランダムとした。

生体情報のデータ処理

脳波の測定：国際 10-20 法に準拠する Fp1, Fp2, A1 の 3 箇所 に電極を装着した。データ処理として、脳波を δ 波 (4Hz-6Hz), θ 波 (7Hz-13Hz), α 波 (14Hz-30Hz) の 3 帯域に分類した。様々な刺激や暗算などの精神活動時には、 α 波におき替わると言われている [1] ことから、 α 波の出現に着目し、精神活動の変化を見ることにした。

心拍の測定：CM5 誘導法に準拠する胸部 3 箇所 に電極を装着した。心拍のデータ処理は、R - R 間隔のデータに対してウェーブレット変換によるパワースペクトル解析を行い、0.05Hz~0.15Hz のパワーの総和を LF 成分、0.15Hz 以上~0.475Hz のパワーの総和を HF 成分とした。LF 成分と HF 成分の比率から交感神経活動と副交感神経活動のバランスを分析することが一般的であり [2], LF/HF を算出した。交感神経活動（生体の負担）の変化を見ることにした。

(2) 学習時間と休憩時間の抽出（実験 B）

実験概要

実験 A の結果より、学習支援システムを想定した学習（課題遂行）を行うと、開始後 30 分程度で心拍の LF/HF の値が最大となり、学習者の負担がピークになることを示した。そのため、学習（課題遂行）開始してから 30 分程度で休憩を取ることも考えられる。本研究では、学習支援システムを想定して、パソコンによる学習（課題遂行）の生体情報（心拍）の測定と、質問用紙法による主観的評価を実施し、途中で休憩を入れた場合の効果について実験を通して検討した。

実験内容

被験者を休憩時間 5 分間、10 分間、15 分間の 3 グループ（各 3 名）に分けた。被験者には椅子に座り楽な姿勢を取らせた。そして、ディスプレイの正面を向かせ、マウスの位置を調整した。また、ディスプレイの画面と被験者の目の位置までの距離を 60cm に設定した。事前に、「途中、休まずに連続で作業してください。」と指示した。

実験内容を説明した後、2 分間の練習を行った。その後、10 分間の座位安静を取った。そして、被験者が落ち着いていることを確認し、実験を開始した。学習の課題として、計算課題を 30 分間行い、その後、休憩（5, 10, 15 分間）を取り、再び計算課題を 30 分間行う実験を実施した。計算課題には、ディスプレイ中央に表示される一桁の足し算を表示し、その周囲に表示される 0~9 の数字を囲

む四角から、解答の一桁目の数字に合致する数字をマウスでクリックさせた。実験中は、心拍の R - R 間隔を測定するとともに、実験終了後に質問用紙に回答させた。質問内容は、身体の状態（腕、肩、背中、首、目の疲労感など 8 項目）と休憩時間の効果（休憩後の疲労感や集中など 6 項目）であり、7 段階で評価させた。

4. 研究成果

(1) 実験 A の結果と考察

図 1 に課題作業中 60 分間（3600 秒）の各時間帯の脳波（ α 波）を示す（被験者 4 名の平均、システム上 32-35 分のみ 4 分間）。時間の 16-20 分、36-40 分、56-60 分に 3 つのピークが見られる。このピークは課題 3 種類に対応している。課題の内容が変わると精神活動が一旦低下するが、徐々に精神活動が高まると考えられる。

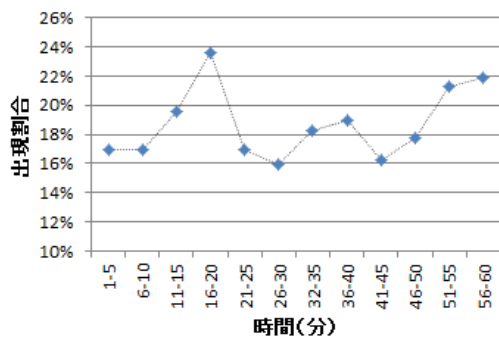


図 1 課題作業中の各時間帯の脳波（ α 波）

図 2 に R - R 間隔のデータをウェーブレット変換によるパワースペクトル解析した結果の一例を示す。課題作業開始直後 0-1000 秒までは LF/HF の変動が小さいが、後半になると LF/HF の増減が大きくなる傾向がみられる。線形近似直線を当てはめたところ、後半になるに従って LF/HF が増加していることが確認できる。図 3 に LF/HF の経時変化を見るために、600 秒間隔で区切り、LF/HF の平均値を算出した（被験者 4 名の平均）。0-600 秒では 1.5 後半であったが、1801-2400 秒で最大となり、その後 2.0 程度で推移している。LF/HF の増加は、生体の負担が増加したことであり、開始後 1800 秒（30 分）程度で負担が大きくなったと考えられる。

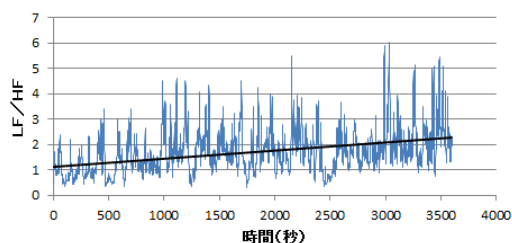


図 2 課題作業中の LF/HF（一例）

以上より、脳波（ α 波）および心拍の LF/HF の増減をみることにより、精神活動や負担の経時的な変化を捉えられる可能性がある。

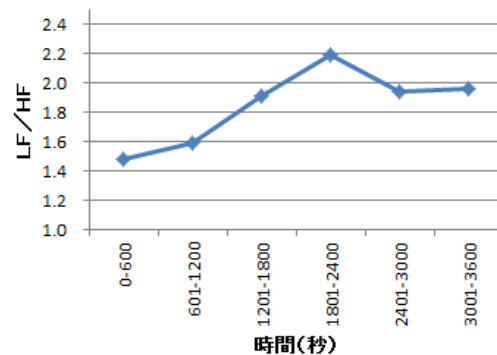


図 3 課題作業中の各時間帯の LF/HF

(2) 実験 B の結果と考察

図 4 に課題遂行の後半（休憩後）30 分間の R - R 間隔のデータをウェーブレット変換によるパワースペクトル解析した結果（LF/HF の平均）を示す。なお、各休憩グループ 3 名の平均値である。5 分間の休憩を取ったグループが LF/HF 値が 2 と最も大きく、休憩 10 分、15 分のグループでは LF/HF 値が 1.8 程度となっている。

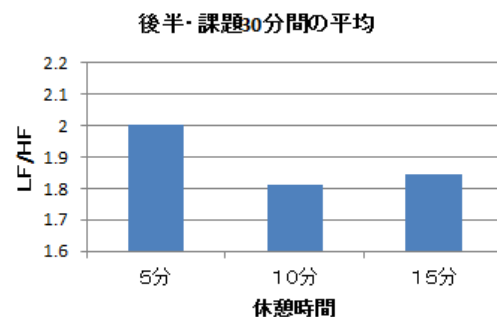


図 4 課題遂行中の心拍（LF/HF）

次に質問用紙法による主観的評価では、身体の状態と休憩時間の効果を質問した。その結果の一部を図 5 と図 6 に示す。図 5 では、課題終了後に「肩が疲れたか」の質問に対して、休憩 5 分のグループでは、評定平均値が 4.3 であるが、休憩 10 分、15 分のグループでは 3.5 前後となっている。また、図 6 では、課題終了後に「前半と比較して後半（休憩後）は疲れたか」の質問に対して、休憩 5 分のグループでは、評定平均値が 5.3 であるが、休憩 10 分のグループでは 4.6、休憩 15 分のグループでは 3.6 となっている。

課題遂行中の生体情報（心拍）と主観的評価の結果より、30 分間連続で課題遂行した場合には、10 分以上の休憩を取ることで、学習者の負担や疲労感を抑えられる効果があると考えられる。

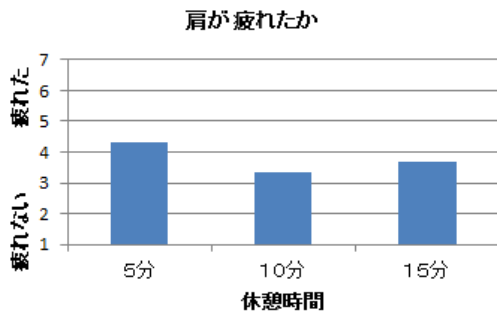


図5 主観的評価 (身体の状態)

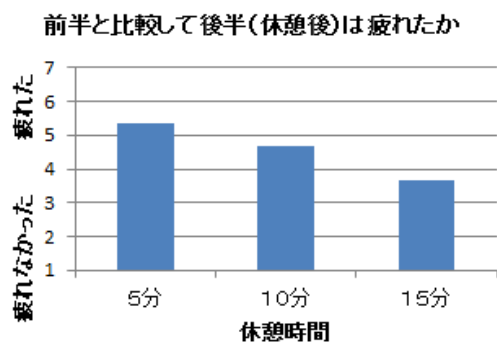


図6 主観的評価 (休憩の効果)

(3) まとめ

コンピュータを用いた学習支援システムによる学習による学習者の生体負担と適切な学習時間とそれに必要な休憩時間を提案するために、3年間で予備実験を含めて5回の実験を実施し、検討した。そのうち、研究成果として2実験の結果を示した。脳波については、学習中の精神活動の変化、心拍については、学習中の生体負担を捉えられることが確認できた。しかし、筋電は被験者間のばらつきが大きく、学習者の負担の評価には適していないと思われる。本研究の成果として、学習支援システムによる連続した学習では、30分程度が適しており、休憩を10分以上取ることで、学習者の負担を軽減できる効果があると考えられることを示した。

教育現場に学習支援システムを導入する場合には、1回あたりの学習時間をどの程度にするか検討する必要がある。しかし、単元などを基準として、学習コンテンツ(教材)が製作され、それに合わせて学習時間が設定されることが多い。そのため、学習者の負担や疲労の観点から1回あたりの学習時間が設定されることは国内外において極めて少ない。本研究課題の成果は、学習コンテンツの製作において、学習者の負担や疲労の観点から学習時間を設定することが必要であることを問題提起できたと思われる。提案した学習時間は30分程度という数字は、学習コンテンツ(教材)の製作におけるガイドラインとなり得る。日本教育工学会大会において成果報告した際にも、

現場の教員より、「30分間という時間は経験から妥当であり、納得できる」とのコメントが寄せられた。

上述したが、本研究課題では予備実験を含めて5回の実験を実施し、学習時の生体情報データの収集を行っている。今後も生体情報のデータを蓄積するとともに、実際の教育現場において、学習支援システムによる学習での1回あたりの学習時間は30分程度、休憩10分以上の妥当性を検証する予定である。

<引用文献>

三宅晋司, 快適工学(現代工業経営全書), 泉文堂, 東京, 1994, 5-31
 森本陽子ほか, ウェブレット変換による姿勢変換時の自律神経機能評価, 大同工業大学紀要, 第34号, 1998, 81-87

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 4件)

本多薫, パーソナル・コンピュータの長時間の使用による負担の測定, 日本教育工学会第28回全国大会, 2012年09月15日~2012年09月17日, 長崎大学文教キャンパス(長崎県・長崎市)

本多薫, 学習支援システムを想定した長時間使用時の生体情報の変化, 日本教育工学会第29回全国大会, 2013年09月20日~2013年09月23日, 秋田大学手形キャンパス(秋田県・秋田市)

本多薫, 学習支援システムを想定した学習での休憩時間の検討, 日本教育工学会第30回全国大会, 2014年09月19日~2014年09月21日, 日本教育工学会第30回全国大会, 岐阜大学(岐阜県・岐阜市)

Kaoru Honda, Changes in biological data during prolonged use of a learning support system and the effects of a rest break, 16th International Conference on Human-Computer Interaction, 2014年06月22日~2014年06月27日, Creta Maris, Heraklion, Crete (Greece)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www-h.yamagata-u.ac.jp/~honda/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本多 薫 (HONDA Kaoru)

山形大学・人文学部・教授

研究者番号: 90312719