

eラーニングシステム使用時における 定型発達者と広汎性発達障害者の指尖脈波、主観的負担の検討

熊井正之*¹, 森つくり*², 橋本陽介*^{1,*3}, 菅原弘*¹, 古山貴仁*⁴, 楊娟*¹, 松浦淳*⁵

*¹ 東北大学大学院教育情報学研究部・教育部 *² MORI SPEECH CLINIC

*³ 日本学術振興会特別研究員 (DC)

*⁴ 筑波大学附属桐が丘特別支援学校

*⁵ 青森中央短期大学

要旨: この研究の目的はeラーニングシステム使用時における定型発達者と広汎性発達障害者の指尖脈波や負担度を比較検討することである。定型発達者7名を対象にeラーニングシステム使用課題および他の知的作業課題実施時の指尖脈波と負担度の測定を行い、先に行った広汎性発達障害者を対象とした測定の結果と比較検討した。検討では最大リアプノフ指数 (LLE)、低周波成分と高周波成分のパワの比 (LF/HF)、負担スコアを算出した。定型発達者のeラーニングシステム使用時におけるLLE、LF/HF、負担スコアは他の知的作業時より低いことが示唆された。また、eラーニングシステム使用時と他の知的作業時の広汎性発達障害者のLLE、LF/HF、負担スコアは、定型発達者と大きく異なるものではないことが示唆された。

キーワード: eラーニングシステム, 定型発達者, 広汎性発達障害者, 指尖脈波, 負担度

1. はじめに

従来我が国の高等教育機関における障害のある学生への教育的配慮、支援(「障害学生の高等教育」国際会議実行委員会, 1997; 日本障害者高等教育支援センター問題研究会, 2001)は、視覚障害、聴覚障害、肢体不自由等の身体障害を主な対象としてきた。発達障害者支援法がその第8条2項で「大学及び高等専門学校は、発達障害者の障害の程度に応じ、適切な教育上の配慮をするものとする。」と、発達障害のある学生への教育的配慮を高等教育機関に求めたことにより、広汎性発達障害を含む発達障害も明確にその対象とされることとなった。

近年、アスペルガー障害等の広汎性発達障害のある学生に対する支援の検討が進められつつある(福田, 1996; 岩田, 2003; 中島, 2003; 小田切, 2007; 毛利, 2009; 斎藤・西村・吉永, 2010; 東北大学発達障害学生修学支援研究会, 2010; 2011)が、支援を充実させるためには研究報告のさらなる蓄積が必要とされている(萩原, 2010)。

こうした状況を受けて、熊井・森・今野・橋本(2009)、古山・熊井・今野・森(2010)は広汎性発達障害者本人を対象に面接や質問紙による調査を実施した。その結果、広汎性発達障害者が、自分の特性にあわない学習方法・教材の使用等に困難さを感じ

ていたこと、自分の特性にあった進め方や内容の授業科目か否かについての情報を履修登録前に必要としていたこと、音声とビデオ映像だけでなく文字と図で解説されているといった自分の特性にあった学習教材の提供を必要としていたこと、繰り返し復習できる仕組みがあれば便利と感じていること、様々な相談におけるやりとりの内容を文字としても示されるとわかりやすいこと等が確認された。

さらに、熊井・森・橋本・古山・橋本(2010)は、熊井ら(2009)、古山ら(2010)で必要性が確認された「授業を録音・録画した音声とビデオ映像だけでなく文字と図で解説する、繰り返し使える」学習教材としてeラーニング教材を作成し、また、「授業の進め方や内容についての情報を履修登録前に提供する」仕組みとして東北大学インターネットスクール(Internet School of Tohoku University: 以下ISTU)のシラバスを、「相談のやりとりの内容を文字として示す」仕組みとしてISTUの電子掲示板を用意し、その教材とISTUのシステムが広汎性発達障害者にとって使えるものになっているか確認するためにユーザビリティテストを実施した。その結果、ユーザビリティの構成要素(ISO9241-11)のうち最も重要とされている「効果(遂行の完全・正確さ、主観的有効感)」についてはほぼ問題がないことが確認され

た。また、「効率（費やした時間・労力等、主観的効率感）」と「満足感（使用への肯定的態度、不快感の少なさ）」についてはやや課題があるが、使用した際に負担や疲労を強く感じることもなく、全体としてはISTUのシステムと作成したeラーニング教材は、広汎性発達障害者にとって使えるものになっていることを報告した。

しかし、これらの我々の報告に対して「広汎性発達障害者には、調査実施者の意図を汲み取って調査実施者が望むように作為的に応答する傾向があるのではないか」という意見もきかれた。つまり、面接や質問紙による調査の結果は、調査対象者が感じていること、考えていることの実際を反映していないのではないか、という意見である。そこで熊井・森・橋本・古山・清水・楊・松浦（2011）は、調査実施者の意図を汲み取って作為的に応答（反応）することが比較的困難な客観的・生理的指標のひとつであり、測定手法が無侵襲かつ簡便で被測定者の身体的拘束も比較的少ないことなどからしばしば用いられる（渡邊, 2007; 曾我・三宅・和田, 2009a; 2009b; 水野（松本）・田中・林・岡本・西村・稲田, 2010）指尖脈波の測定を、質問紙等の主観的指標による測定とあわせて実施し、ISTUシステムとeラーニング教材を使用した際の広汎性発達障害者の負担度とその確認方法について検討した。指尖脈波については、最大リアプノフ指数（largest Lyapunov exponent: 以下LLE）、および低周波数成分（LF）と高周波数成分（HF）の比であるLF/HFを算出した。LLEが小さいことは精神的に弛緩した状態を、大きいことは緊張・集中した状態を示すと考えられている（藤田・小倉・落合・安田・土居・村田・亀井・上野・金子, 2004）。また、LF/HFは、心拍間隔（今回は脈間隔から算出）の周波数解析から得た低周波数成分（LF）と高周波数成分（HF）の比であり、自律神経機能のバランスの指標（山口・笹部・倉恒・西沢・渡辺, 2008）、相対的な交感神経活動の指標（五島・水足・國弘・小川, 2010）とされている。LF/HFは非常な安静状態では2.0より小さく、日常の安静時では2から3程度、副交感神経活動の抑制または交感神経の興奮状態では4.0以上になると考えられている（高田・高田・金山, 2005）。その結果、客観的・生理的指標からみた負担度は、主観的指標からみた負担度と大きく矛盾するものではない

こと、また、広汎性発達障害者はISTUシステムとeラーニング教材を使用する際に一定の負担を感じているが、それは、教室における対面授業場面でも必要とされる心理機能を用いた知的作業の際の負担と同程度、もしくはやや軽いものであることが確認された。

ところで、LF/HFは、アスペルガー障害児（平均10.7±0.9歳）においては定型発達児に比べて高い（Tiinanen, Määttä, Silfverhuth, Suominen, Jansson-Verkasalo, & Seppänen, 2011）との指摘や、高機能自閉性障害者に高い心拍数がみられるとの報告（岩佐・橋本・津田・森, 2010）がある。対象者の年齢、障害の状態・程度が異なるため、熊井ら（2011）の対象者にも同様の特徴、異常があると単純に考えることはできないが、その可能性を否定することもできない。そこで我々は、定型発達者を対象に熊井ら（2011）と同様の測定を実施し、それらの結果の比較検討を開始した。今回はその途中経過として、定型発達者7名の測定結果、およびそれらと広汎性発達障害者の結果との比較検討について報告する。

2. 方法

2.1 対象者

日本語を母語とする23歳から27歳（中央値24歳）の定型発達者7名（男性6名、女性1名）を対象とした。7名はいずれも人文社会科学系大学院の在籍者あるいは既卒者（在籍者6名、既卒者1名）である。測定の目的、内容等について事前に対象者に書面で提示しながら口頭で説明し、同意を得たうえで協力いただいた。結果の公表については、プライバシーが侵害されることがないように、対象者の属性、測定の結果について、個人が特定されない範囲の記述にとどめることを条件に了解いただいた。

2.2 設備・機器

課題の実施、指尖脈波の測定、主観的負担度の測定の全過程は、騒音を極力排除し、気温を調節した個室において実施した。個室内の暗騒音レベルは40dBA以下、気温は18.9-21.2度（中央値19.5度）であった。

対象者は教示に従いながらノートパソコン（Let's note R7, OS: Windows Vista(SP2), ネットワーク: 100Mbps, Panasonic）を基本的に自身で操作した。

入力にはマウス (M-BGUP2 R、ELECOM)、ノートパソコン本体のキーボード、USB テンキーパッド (TK2-BT3H、ELECOM) を用いた。出力には液晶ディスプレイ (SyncMaster 213T、SAMSUNG) とスピーカ (EABMPC70、Panasonic) を用いた。ウェブブラウザとして Internet Explorer 8.0 (Microsoft) を用いた。Internet Explorer のウィンドウは最大化表示とした。

課題実施時の行動は対象者の了解のもとでデジタルビデオカメラ (HDR-SR1、SONY) で記録した。

2.3 課題

用いた課題は、eラーニングシステム使用と他の知的作業の2種類であった。まず、他の知的作業を実施し、その後、休憩をはさんでeラーニングシステム使用を実施した。

2.3.1 eラーニングシステム使用

熊井ら (2011) の用いたeラーニングシステム使用の課題と同様に、1) ユーザ ID とパスワードを入力してログインする、2) 「タスク選択」メニューから「受講/教材確認」を選択し、シラバスを表示して参照する (読む)、3) 指示された所属 (大学院研究科名等) を選択してから検索し、指示された授業科目を選択して受講申請 (受講申込) する、4) 指示された授業科目の「授業コンテンツ一覧」から指示されたタイトルの「配布資料」をダウンロードする、5) 指示されたタイトルの「Web/動画教材」を参照 (Web 学習) する、6) レポート提出のために指示されたタイトルのレポート課題文を参照する (読む)、7) 指示されたレポート (提出ファイル) を選択して提出する、8) 「ログアウト」ボタンを押してログアウトするという、ISTU の eラーニング教材とシステムを使用する際の基本的な行為を遂行する課題とした。なお、指尖脈波測定の都合で、今回はこれらの基本的行為を片手でのマウスのクリックとキーボード入力によって遂行した。

画面、ユーザ ID とパスワード、受講申請 (受講申込) する授業科目名とその所属、配布資料をダウンロードする授業科目名、配布資料のタイトル、参照 (Web 学習) する Web/動画教材のタイトル等が書かれている紙、及び eラーニングシステムの基本的操作方法を文字と図で解説した受講者用簡易マ

ニュアル (ISTU 公式の受講者用操作マニュアルから今回の課題に必要な13ページを抜粋したもの) で必要な情報を提示し、口頭で教示しながら課題を実施した。課題の開始から10分を経過した時点で終了とした。

遂行の結果は、独力完遂 (教示のみで独力で完遂できた)、補助説明付き完遂 (教示に加えて「xx という文字がどこかにあります」等の遂行を補助する説明があると完遂できた)、一部代行完遂 (補助説明があっても完遂できず一部の遂行を代行してもらって完遂できた)、非完遂 (完遂できなかった) の4段階で評価した。評価は2名で実施し、結果が不一致の場合には合議により決定した。

2.3.2 他の知的作業

日本語版 WAIS-III (日本文化科学社) の中の、視覚情報処理や抽象的推理に関わる「行列推理」26問と、注意・集中力やワーキングメモリーに関わる「数唱」30問を、2問ずつ交互に行う課題とした。「行列推理」は、紙製の問題冊子に書かれている複数の選択肢の中からあてはまるものを選んで指さして回答する方法で行った。「数唱」は、日本語版 WAIS-III においては、口頭音声で伝えられた数系列を口頭で復唱もしくは逆唱する課題であるが、今回は音声で回答させることによる呼吸への影響が指尖脈波の測定結果を歪める可能性があるため、口頭音声で伝えられた数系列を USB テンキーパッドのキーを指で押して入力 (回答) する方法で行った。なお、日本語版 WAIS-III の「行列推理」と「数唱」には中止基準 (一定数連続して誤答した場合に検査を中止するという基準) が設けられているが、今回は知的作業としての実施であるため中止基準には従わずに実施した。課題の開始から10分を経過した時点で終了とした。

遂行の結果は日本語版 WAIS-III の採点基準 (日本版 WAIS-III 刊行委員会, 2006) に準じて評価した。

2.4 手続き

指尖脈波の日内変動の影響を統制するため、測定は13時から17時までの間に行った。直前の食事から測定まで1時間以上を経過していること、測定前12時間以内に多量の飲酒、喫煙、服薬、カフェイン摂

取がなかったことを、測定前の聴取により確認した。指尖脈波の測定は、他の知的作業前（10分間の安静後）と作業時（実施を開始してから約5分後）、eラーニングシステム使用前（10分間の休憩後）と使用時（使用を開始してから約5分後）、両課題終了後（10分間の休憩後）の計5回実施した。自覚症しらべ（城, 2002など）への回答は、他の知的作業実施前と実施後、eラーニングシステム使用前と使用後の計4回、また、NASA-TLX（Hart & Staveland, 1988など）への回答は、他の知的作業実施後とeラーニングシステム使用後の計2回実施した。他の知的作業実施前とeラーニングシステム使用前の測定・回答は指尖脈波測定、自覚症しらべの順、他の知的作業実施後とeラーニングシステム使用後の回答はNASA-TLX、自覚症しらべの順で実施した。

2.4.1 客観的・生理的指標

客観的・生理的指標として指尖脈波を用いた。

他の知的作業実施前における指尖脈波の測定は、椅子に深く腰かけ、リラックスした着席状態で約10分間過ごした後に開始した。測定は、マウス操作に用いない側の腕（今回の対象者では左腕）を測定用のテーブルの上に置いて第2指尖にセンサ（CFT01、CCI）を装着し、脈波収集装置（BCU202、CCI）を経由してパソコン（ThinkPad T400s、Lenovo）に記録する方法で実施した。テーブルの上面は被験者の心臓位であった。測定する指に爪の変形や着色がないこと、指輪の装着がないこと、左腕を圧迫するサポーターやバンド等の装着がないことを測定前の視察と聞き取りにより確認した。測定時のサンプリング周波数は200Hz、1回の測定時間は120秒とした。測定・解析にはBACS Advance 2.0.0（CCI）を用い、LLEとLF/HFを算出した。測定・解析時のパラメータはCCIデフォルト設定とした。

2.4.2 主観的指標

主観的指標としてNASA-TLXと自覚症しらべを用いた。

a) NASA-TLX

米国航空宇宙局によるNASA-TLX（Hart & Staveland, 1988）の日本語版（芳賀・水上, 1996）をパソコンで実施するためにkikiwwl（西本, 2010）を用いた。負担スコアとして、簡易手法であるカードソート法（芳賀・水上, 1996）に準じた方法による重みづけ平均値（CSTLX）と単純平均値（Byers, Bittner, & Hill, 1989；三宅・神代, 1993；三宅・佐々木・神代・古田・久保田, 1995）（RTLX）を算出した。

b) 自覚症しらべ

日本産業衛生学会産業疲労研究会による「自覚症しらべ」（城, 2002；久保・城・武山・榎原・井上・高西・荒薦・村崎・井谷, 2008；八谷・泉・大貝・森, 2009；片山・庄山・栃原, 2010）を用いた。八谷ら（2009）に準じて合計訴えスコアを算出した。

3. 結果と考察

3.1 eラーニングシステム使用と他の知的作業の遂行結果

表1は「eラーニングシステム使用」課題の遂行結果である。8種の基本的行為のうち6種を全員が独力完遂可能であり、補助説明付き完遂まで含めると8種全てを全員が完遂可能であった。今回用いたISTUシステムとeラーニング教材は、定型発達者にとっても実用水準にあることが示唆された。

熊井ら（2011）によると、広汎性発達障害者は8

表1 eラーニングシステムを使用する際の基本的行為の遂行結果

基本的行為	遂行結果（人）			
	独力	説明	代行	非完
ログインする。	7	0	0	0
シラバスを表示して参照する（読む）。	7	0	0	0
受講申請（受講申込）する。	6	1	0	0
配布資料をダウンロードする。	7	0	0	0
Web／動画教材を参照（Web学習）する。	7	0	0	0
レポート課題文を参照する（読む）。	7	0	0	0
レポートを提出する。	5	2	0	0
ログアウトする。	7	0	0	0

独力：独力完遂、説明：補助説明付き完遂、代行：一部代行完遂、非完：非完遂

表2 他の知的作業の遂行結果 (n=7)

	行列推理		数 唱	
	正答数 (問)	実施問題数 (問)	正答数 (問)	実施問題数 (問)
中央値	20	22	20	23
最大値	22	24	23	24
最小値	17	18	13	21

種のうち6種を独力完遂可能、補助説明付き完遂まで含めると8種全てを完遂可能であり、「eラーニングシステム使用」課題の達成度は、今回の定型発達者と大きく異なるものではなかった。

表2は「他の知的作業」課題の遂行結果である。「行列推理」の正答数は17問から22問の範囲、実施問題数は18問から24問の範囲にあった。また、「数唱」の正答数は13問から23問の範囲、実施問題数は21問から24問の範囲にあった。

熊井ら(2011)によると、広汎性発達障害者においては、「行列推理」の正答数が19問、実施問題数が20問、「数唱」の正答数が16問、実施問題数が22問であった。これらの正答数、実施問題数とも、今回の定型発達者における最大値と最小値の間にあり、「他の知的作業」課題の達成度も、今回の定型発達者と大きく異なるものではなかった。

以上のことから、少なくとも達成度の観点からは、我々が検討に用いている「eラーニングシステム使用」課題と「他の知的作業」課題の、広汎性発達障害者にとっての難易度は、定型発達者と同程度であると考えられる。

3.2 客観的・生理的指標からみた負担

図1は「eラーニングシステム使用」課題時と「他の知的作業」課題時における定型発達者と広汎性発達障害者(熊井ら, 2011)のLLEである。定型発達者の「eラーニングシステム使用」課題時におけるLLEは「他の知的作業」課題時と同程度もしくはやや小さかった。LLEが小さいことは精神的に弛緩した状態を、大きいことは緊張・集中した状態を意味する(藤田ら, 2004)ことから、定型発達者の「eラーニングシステム使用」課題時の緊張・集中は「他の知的作業」課題時と同程度、もしくはやや低い状態であったと考えられる。

熊井ら(2011)による広汎性発達障害者のLLE

は、「eラーニングシステム使用」課題時、「他の知的作業」課題時のどちらにおいても今回の定型発達者の最大値と最小値の間にあった。このことから、広汎性発達障害者の「eラーニングシステム使用」課題時と「他の知的作業」課題時の緊張・集中の状態は定型発達者と

同程度であったと考えられる。

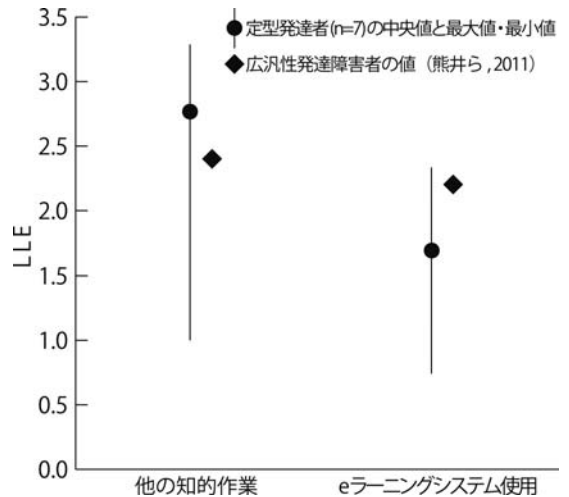


図1 eラーニングシステム使用時と他の知的作業時におけるLLE

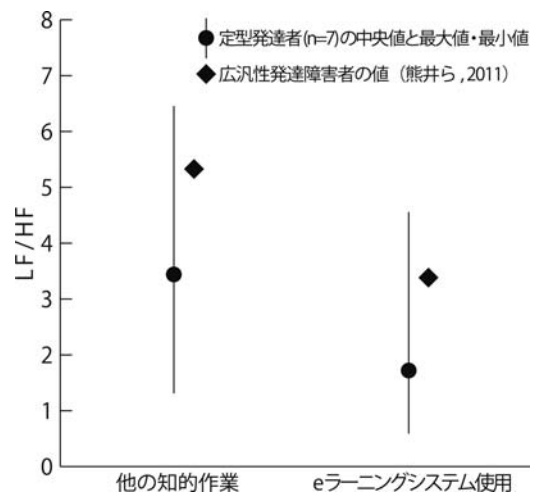


図2 eラーニングシステム使用時と他の知的作業時におけるLF/HF

図2は「eラーニングシステム使用」課題時と「他の知的作業」課題時における定型発達者と広汎性発達障害者(熊井ら, 2011)のLF/HFである。定型発達者の「eラーニングシステム使用」課題時におけるLF/HFは「他の知的作業」課題時と同程度もしくはやや小さかった。LH/HFが大ききことは副交感神経活動の抑制または交感神経活動の興奮状態を意味することから、定型発達者は「eラーニングシステム使用」課題時に比べて「他の知的作業」課題時において副交感神経活動がやや抑制された状態、または交感神経活動がやや興奮した状態にあったと考えられる。

熊井ら(2011)による広汎性発達障害者のLF/HFは、「eラーニングシステム使用」課題時、「他の知的作業」課題時のどちらにおいても今回の定型発達者の最大値と最小値の間にあった。このことから、広汎性発達障害者の「eラーニングシステム使用」課題時と「他の知的作業」課題時における副交感神経活動の抑制または交感神経活動の興奮状態は、定型発達者と同程度であったと考えられる。

3.3 主観的指標からみた負担

図3は「eラーニングシステム使用」課題後と「他の知的作業」課題後における定型発達者と広汎性発達障害者(熊井ら, 2011)のCSTLXとRTLX

である。「eラーニングシステム使用」課題後における定型発達者のCSTLXとRTLXはどちらも「他の知的作業」課題後よりやや低かった。eラーニングシステム使用のメンタルワークロード、すなわち主観的負担は、今回の他の知的作業に比べると低かったと考えられる。

熊井ら(2011)による広汎性発達障害者のCSTLXとRTLXは、「eラーニングシステム使用」課題後、「他の知的作業」課題後のどちらにおいても今回の定型発達者の最大値と最小値の間にあった。このことから、広汎性発達障害者のeラーニングシステム使用時と他の知的作業時の主観的負担は定型発達者と大きく異なるものではなかったと考えられる。

図4は「eラーニングシステム使用」課題後と「他の知的作業」課題後における定型発達者と広汎性発達障害者(熊井ら, 2011)の合計訴えスコアである。定型発達者の「eラーニングシステム使用」課題後におけるスコアは「他の知的作業」課題後と同程度であった。定型発達者はeラーニングシステム使用後も一定の疲労を感じてはいるが、その程度は今回の「他の知的作業」課題後と同程度であったと考えられる。

熊井ら(2011)による広汎性発達障害者のスコアは、「eラーニングシステム使用」課題後と「他の知的作業」課題後のどちらにおいても今回の定型発達者の最大値と最小値の間にあった。このことから、広汎性発達障害者がeラーニングシステム使用時と他の知的作業時に感じた疲労は定型発達者と同程度

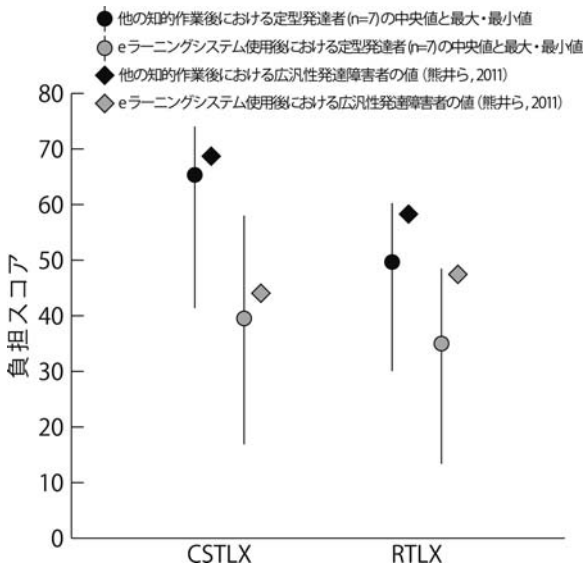


図3 eラーニングシステム使用后と他の知的作業後における負担スコア

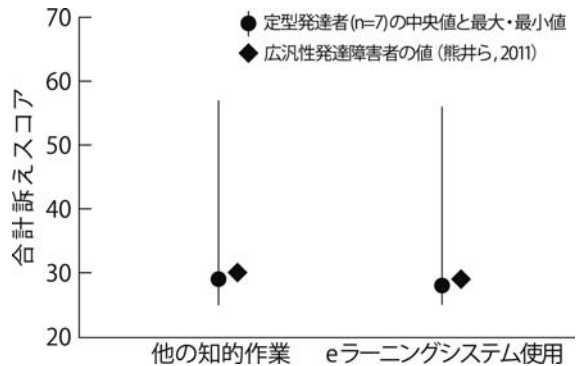


図4 eラーニングシステム使用后と他の知的作業後における合計訴えスコア

であったと考えられる。

3.4 まとめと今後の課題

客観的・生理的指標である指尖脈波を用いた検討から、今回対象とした定型発達者はeラーニングシステムを使用する際に一定の緊張・集中状態、副交感神経の抑制または交感神経の興奮状態にあったが、その程度は他の知的作業を遂行する場合と同程度もしくはやや低いものであったと考えられた。また、主観的指標であるNASA-TLXと自覚症しらべを用いた検討から、今回対象とした定型発達者はeラーニングシステムの使用に負担、疲労を感じてはいるが、それは他の知的作業の遂行と同程度もしくはそれよりやや弱いものであったと考えられた。

以上のことから、今回対象とした定型発達者はISTUシステムとeラーニング教材を使用する際に一定の負担を感じているが、その負担度は特別に高いものではなく、教室において対面で行われる授業などの場面でも必要とされる視覚的情報処理、聴覚的情報処理、記憶、推論といった心理機能を用いる知的作業を遂行する場合と同水準、もしくはそれよりやや低いものであったことが示唆された。

また、定型発達者の結果と熊井ら(2011)の広汎性発達障害者の結果の比較検討から、我々が検討に用いている「eラーニングシステム使用」課題と「他の知的作業」課題の広汎性発達障害者にとっての難易度は定型発達者にとっての難易度と同程度であること、これらの課題遂行時に広汎性発達障害者が感じた負担の程度は定型発達者と大きく異なるものではないこと、これらの課題遂行時の広汎性発達障害者のLLEやLF/HFは定型発達者と大きく異なるものではないことが示唆された。

今後は、定型発達者、広汎性発達障害者とも、対象者をさらに増やした検討を行うこと、LLEやLF/HF以外の指標についてもあわせて分析・検討を行うこと、また、課題の順序効果についても検討を加えることが課題とされる。

謝辞・付記

本研究にご協力いただきました方々に深く感謝いたします。本研究は科学研究費補助金(基盤研究(C)), 課題番号22531050, 研究代表者:熊井正之)の一部として行われた。

4. 文献

- Byers, J. C. Bittner, A. C. Jr., & Hill, S. G. (1989) Traditional and raw Task Load Index (TLX) correlations: Are paired comparisons necessary? In A. Mital (Ed.) *Advances in industrial ergonomics and safety*. Taylor & Francis, London, 481-485.
- 藤田悦則・小倉由美・落合直輝・安田栄一・土居俊一・村田幸治・亀井勉・上野義雪・金子成彦(2004) 指尖容積脈波情報を用いた長時間着座疲労の簡易評価法の開発. *人間工学*, 40(5), 254-263.
- 福田真也(1996) 大学生の広汎性発達障害の疑いのある2症例, *精神科治療学*, 11(2), 1301-1309.
- 五島史行・水足邦雄・國弘幸伸・小川郁(2010) 指尖脈波解析を用いためまい患者の自律神経機能評価. *Equilibrium research*, 69(4), 207-212.
- 八谷百合子・泉博之・大貝晴俊・森晃爾(2009) 独立成分分析を用いたVDT作業時の疲労関連信号抽出方法の検討. *産業医科大学雑誌*, 31(3), 265-279.
- 芳賀繁・水上直樹(1996) 日本語版NASA-TLXによるメンタルワークロード測定—各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度—. *人間工学*, 32(2), 71-79.
- 萩原豪人(2010) 特別支援教育を受けてきたアスペルガー症候群の学生の支援体制—入学時の環境調整及び支援ネットワーク—. *学生相談研究*, 30(3), 167-178.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload*. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 139-183.
- ISO9241-11 (1998) Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11: Guidance on usability.
- 岩佐幸恵・橋本俊顕・津田芳見・森健治(2010) 高機能広汎性発達障害における前頭葉機能検査中の自律神経活動の変化. *自律神経*, 47, 132-137.
- 岩田淳子(2003) 高機能広汎性発達障害の大学生に対する相談について. *学生相談研究*, 23(3), 243-

- 252.
- 片山徹也・庄山茂子・栃原裕 (2010) コンピュータ画面の明度条件と作業効率及び疲労感との関連. 人間と環境, 17(1), 1-6.
- 古山貴仁・熊井正之・今野淳・森つくり (2010) eラーニングによる障害学生学習支援の必要性—発達障害のある学生・既卒者を対象とした質問紙調査による検討— (経過報告). 東北大学インターネットスクール年報, 6, 59-64.
- 久保智英・城憲秀・武山英磨・榎原毅・井上辰樹・高西敏正・荒薦優子・村崎元五・井谷徹 (2008) 「自覚症しらべ」による連続夜勤時の疲労感の表出パターンの検討. 産業衛生学雑誌, 50, 133-144.
- 熊井正之・森つくり・橋本陽介・古山貴仁・橋本真規 (2010) 障害学生支援におけるeラーニングの可能性—広汎性発達障害のある既卒者へのインタビューとユーザビリティテスト (その2) —. 東北大学インターネットスクール年報, 6, 31-37.
- 熊井正之・森つくり・橋本陽介・古山貴仁・清水春美・楊娟・松浦淳 (2011) 広汎性発達障害者にとってのeラーニングシステムのユーザビリティの検討—eラーニングシステム使用時と他の知的作業時における負担度—. 東北大学インターネットスクール年報, 7, 23-39.
- 熊井正之・森つくり・今野淳・橋本陽介 (2009) 障害学生支援におけるeラーニングの可能性—広汎性発達障害のある既卒者へのインタビューとユーザビリティテスト (その1) —. 東北大学インターネットスクール年報, 5, 39-54.
- 三宅晋司・神代雅晴 (1993) メンタルワークロードの主観的評価法—NASA-TLXとSWATの紹介および簡便法の提案—. 人間工学, 29(6), 399-408.
- 三宅晋司・佐々木十太・神代雅晴・古田富彦・久保田龍治 (1995) NASA-TLX簡便法の有用性の検討. 人間工学, 31(特別号), 404-405.
- 水野 (松本) 由子・田中康仁・林拓世・岡本永佳・西村治彦・稲田紘 (2010) 精神作業負荷時における作業環境と関連した脳波・脈波の定量解析. 生体医工学, 48(1), 11-24.
- 毛利眞紀 (2009) 広汎性発達障害を持つ女子学生との心理面接過程—障害と自己の特性理解についての考察. 学生相談研究, 30(1), 1-11.
- 中島暢美 (2003) 高機能広汎性発達障害の学生に対する学内支援活動—アスペルガー障害の学生の一事例より. 学生相談研究, 24(2), 129-137.
- 日本障害者高等教育支援センター問題研究会 (2001) 大学における障害学生支援のあり方. 星の環会, 東京.
- 西本卓也 (2010) kikiwwl. 2010年10月27日, <http://ja.nishimotz.com/project:kikiwwl> (2010年10月閲覧).
- 小田切紀子 (2007) 生相談におけるアスペルガー症候群の学生への援助のあり方. 学生相談研究, 28(1), 51-61.
- 斎藤清二・西村優紀美・吉永崇史 (2010) 発達障害大学生支援への挑戦. 金剛出版, 東京.
- 曾我知絵・三宅晋司・和田親宗 (2009a) 難易度の異なる計算課題遂行時における感情変化と生理反応の関係. 人間工学, 45(1), 29-35.
- 曾我知絵・三宅晋司・和田親宗 (2009b) 計算課題遂行における自律神経系指標の変化. 人間工学, 45(5), 294-302.
- 「障害学生の高等教育」国際会議実行委員会 (1997) 障害学生の高等教育, 多賀出版, 東京.
- 城憲秀 (2002) 新しい「自覚症しらべ」の提案. 産業衛生学雑誌, 44, 220.
- 高田晴子・高田幹夫・金山愛 (2005) 心拍変動周波数解析のLF成分・HF成分と心拍変動係数の意義—加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価—. 総合健診, 32(6), 504-512.
- Tiinanen, S., Määttä, A., Silfverhuth, M., Suominen, K., Jansson-Verkasalo, E., & Seppänen, T. (2011) HRV and EEG based indicators of stress in children with Asperger Syndrome in audio-visual stimulus test. Conference Proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, 2011, 2021-2024.
- 東北大学発達障害学生修学支援研究会 (2010) 平成21年度総長裁量経費「東北大学における発達障害学生修学支援システムの構築」に関する事業成果報告書.
- 東北大学発達障害学生修学支援研究会 (2011) 平成22年度教育学研究科長裁量経費・平成21・22年

- 度科学研究費（挑戦的萌芽研究）「発達障害学生修学支援体制の構築」に関する研究報告書.
- 渡邊弘美（2007）脈波検査. 日本自律神経学会（編），自律神経機能検査. 文光堂，東京，183-188.
- Wechsler, D. (1997) WAIS-III: Administration and scoring manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale-third edition. Harcourt Assessment, San Antonio. 日本版 WAIS-III 刊行委員会訳編 (2006) 日本版 WAIS-III 実施・採点マニュアル. 日本文化科学社，東京.
- 山口浩二・笹部哲也・倉恒弘彦・西沢良記・渡辺恭良（2008）疲労の客観的評価—加速度脈波を用いた方法. 精神医学, 50(6), 533-542.

Finger Plethysmograms and Mental Workloads of Normally Developing People and Person with Pervasive Developmental Disorders when Using an e-Learning System

Masayuki KUMAI^{*1}, Tsukuri MORI^{*2}, Yosuke HASHIMOTO^{*1,*3}, Hiroshi SUGAWARA^{*1},
Takahito KOYAMA^{*4}, YANG Juan^{*1}, Jun MATSUURA^{*5}

^{*1} Graduate School of Educational Informatics, Tohoku University

^{*2} Mori Speech Clinic

^{*3} Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science

^{*4} Kirigaoka School for the Physically Challenged, University of Tsukuba

^{*5} Aomori Chuo Junior College

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare finger plethysmograms and mental workloads of normally developing people and person with pervasive developmental disorders using an e-learning system. The finger plethysmograms and mental workloads of seven normally developing people were measured while doing two tasks, using an e-learning system as well as when performing other intellectual tasks. The largest Lyapunov exponent (LLE), the ratio of powers of low and high frequency (LF/HF), and the workload score were obtained. The results suggest that the LLE, the LF/HF ratio, and the workload score of normally developing people decreased when using an e-learning system compared with when doing other intellectual tasks. The results also suggest that the LLE, the LF/HF ratio, and the workload score of person with pervasive developmental disorders in both tasks were similar to those of normally developing people.

Key words: e-learning system, normally developing people, person with pervasive developmental disorders, finger plethysmogram, mental workload