

学習時における自律神経機能測定を試み

井上 祥史 阿久津 洋巳 立花 正男 伊藤 敏*

(2012年3月5日受理)

Shoshi INOUE Hiromi AKUTSU Masao TACHIBANA Satoshi ITOU*

A Trial of Measuring Automatic Nerve Function during Learning

1. はじめに

学習指導の中でひときわ難しいのが、生徒に学習意欲を喚起することと授業中に学業に集中させることである。学業に取り組む時の生徒の心の状態を大まかであれモニターできれば、生徒の学習態度改善に1つの道が開けるであろう。従来から、緊張やストレス状態を推測するために自律神経の活動をモニターする方法が知られており、これを利用して心の状態を神経活動から推測することは今日の認知神経科学の流れの中で合理的方法と思われる。本プロジェクトでは、学習中の自律神経の活動をモニターする新しい方法を発展させた。

循環器系自律神経機能の定量的指標には、心電図による心拍間隔の変動（R-R間隔変動，以下RRI）を用いた検査法 [1] と、指先や耳の細動脈で血流量変動（以下VVI）を用いる検査法 [2] がある。このうちホルター心電図計では24時間の計測が可能であるが装着に専門的知識が要求されること、指先のVVIでは座位での計測中に動いてはいけないなどの制約があり、従来の方法では字を書いたりキーボードやマウスを操作するなどの学習中の測定は困難であった。

そこで我々は、指先や手あるいは頭を動かしてもノイズや動きに伴う血流量の変動が少ない場所として額を特定し、そのVVI変動から学習活動中の自律神経機能を測定することにした。

2. 脈波測定

2.1 測定装置の概要

図1に開発した血脈流測定装置の概要を示す。センサ部はピーク波長940nmの赤外LEDで皮膚を照射して反射光をフォトトランジスタで受光する。そして600倍の増幅をして12bitAD変換を行った後、IEEE802.15.4の無線通信でデータをデータレコーダに送信する。

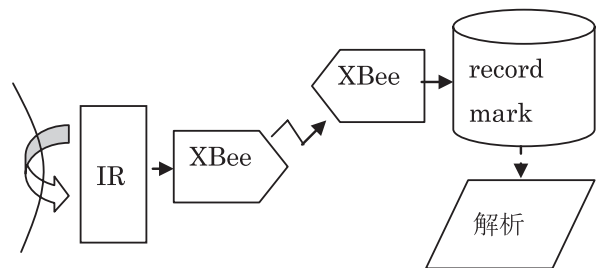


図1 血脈流による自律神経機能測定装置のブロック図

データレコーダでは液晶ディスプレイで血脈流をリアルタイムに表示するとともにイベントごとのマークの挿入を行い、それらのデータをSDカードに保存する。解析部はPC上の解析ソフトを指し、保存されたデータの表示、フィルタリング、ピーク検出、周波数解析、自律神経機能評価の5つの機能を受け持つ。周波数解析で得た低周波数（LF）成分（0.04～0.15Hz）と高周波（HF）成分（0.15Hz以上）の積算値の比LF/HFは、心臓・

*岐阜聖徳学園大



図2 開発した測定装置(左)と計測中の様子(右)

血管系自律神経機能の指標として用いられ、比の値が大きくなると交感神経が優位で活動的で、小さくなると副交感神経が優位でリラックスした状態を表わすとされている [3, 4]. 本装置と市販の心電図計および指尖脈波計との同時測定を行い、3者が良く一致していることを確認した [5, 6]. 図2に額に装置を装着して計測している様子を示す.

2.2 心理課題実験

装置の特徴を把握するために、簡単な問題を出して正解数を評価する課題を行いLF/HFの経時

変化を観察した. その結果, (1) 問題を解くときのLF/HFは増加傾向であるが, (2) 同様な問題を繰り返すと増加する特徴は失われる, (3) 最初に評価される時は値が大きいが, (4) 評価に慣れると増加傾向は失われる, 等の特徴が明らかとなっている. 同様に心電図と本装置の同時測定でも, 測定の初回で心電図測定実験への不安(アンケート結果より)でLF/HFが大きくなるが2回目以降では小さな値のままという結果が得られている. このようにLF/HFは不安や他人からの評価を気にする時に大きな値を取り, 簡単な学習ストレスを繰り返し与えるような課題ではLF/HF

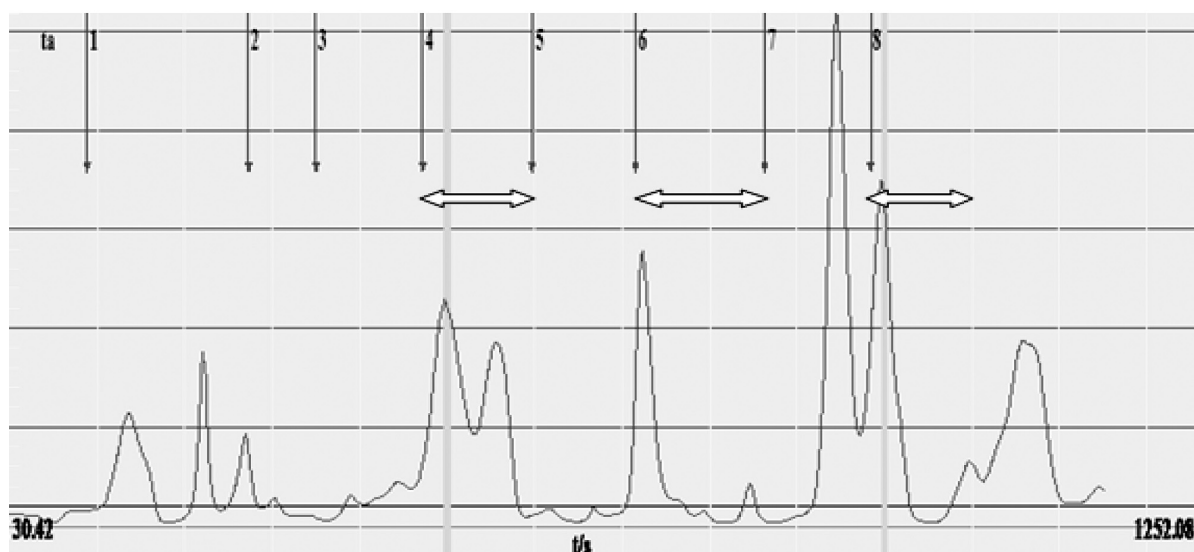


図3 男子大学生のLF/HFの経時変化の例.
水平矢印は左から順にAnzan, Read, Stroop課題の実施時間を示す.

の増加は見られなくなる傾向がある。

このためやや難度の高い4桁の暗算（以下 Anzan）、文章を声に出して読む課題（以下 Read）そして文字色をキーボードで応える Stroop 課題（以下 Stroop）の3種類の課題を順に出した時の LF/HF の変化を観察して、心理課題を LF/HF で把握できるかどうかの調査を行った。Read の課題は心理学の専門書からおおよそ500字の文章を30秒ほど声に出して読む課題で、かなり早口で読み上げないと時間内に読み終わらず、どの被験者も読み終わらずにフラストレーションを感じていた。そして内容を理解すると集中できる傾向が見られた（アンケート結果より）。また Stroop 課題は赤青緑色の漢字3文字の色をキーボードで応える課題である。被験者は大学生7名（うち女性3名。その中の1名は脈拍が弱く、データ取得できず）および40と50代の男性2名である。男子大学生の LF/HF の経時変化のグラフを代表例として図3に示す。

図3において、横軸は経過時間、縦軸は LF/HF、上側の垂直矢印マーカーはデータレコーダ上でイベントごとに押したタイムスタンプであり、1-2が唾液アミラーゼテスト、2-3が事前アンケート、4-5が Anzan、6-7が Read、8-9が Stroop の実施時間を表わし、その他の時間は安静状態で

ある。マーカー9は表示されていないが水平矢印に示したイベントの終了時間に相当する。

図3から1-2のアミラーゼテスト、Anzan、Read、Stroop の各イベントおよび7-8の安静時間に LF/HF の値が高いことが分かる。安静時の7-8には次に行う Stroop 課題の説明を行っており、被験者はキーボードと色の対応を覚える必要があるため、他の被験者でもこの説明時の値は高かった。

3. 考察

図3に代表される LF/HF の経時変化は、心理課題に対する自律神経の活動との相関がうかがえる。すなわち心理負荷を与えた時の LF/HF 値が高い傾向にある。しかしながら心理負荷を与え続けていても、LF/HF は持続した高い値とはなっていない。この理由には心理負荷に対する人間の慣れが考えられる。

この実験で与えた心理負荷は Anzan が数量関係、Read が読解と発音、Stroop が運動の反射神経というように異なったジャンルの負荷であるため、同じ負荷を繰り返し与えた時に見られたような LF/HF の低下は見られず、どの負荷に対しても最初の LF/HF 値は高くなっている。ただし被験者によっては負荷に対応した LF/HF の変化が判別できない場合もあった。

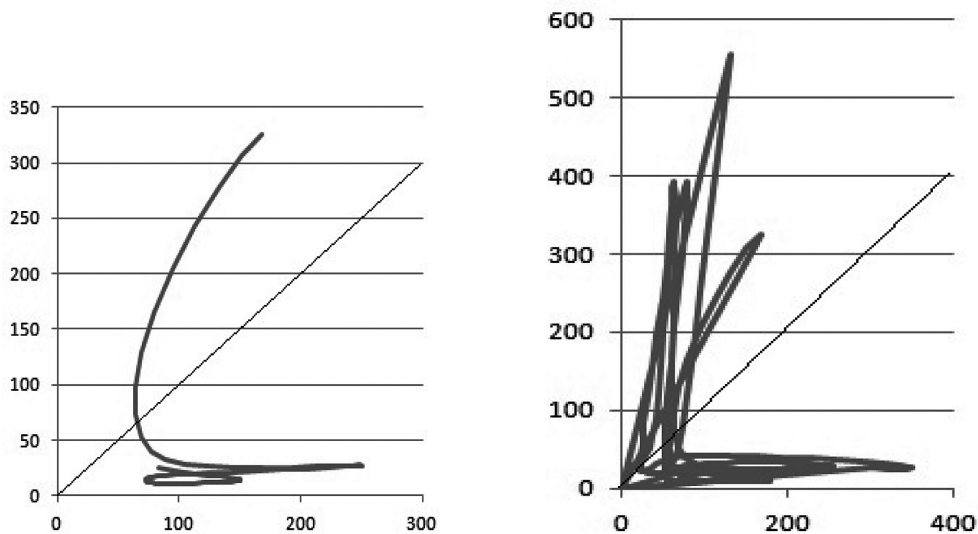


図4 Anzan実行中の(LF,HF) グラフ(左)とAnzan・Read・Stroopを実行中の(LF、HF) グラフ(右). 横軸がLF、縦軸がHF. 図中の45° の実線より下がLF/HF>1のストレス状態を表す.

一方、LF/HFは比の値であるため、LFやHFの大きさを表してはいない。仮にLFの大きさが交感神経指標を表してストレスの大きさと相関があり、HFも副交感神経と相関があるとするならば横軸LF縦軸HFの(LF,HF)グラフはストレス状態と関連つけられる可能性がある。このため図3の被験者のイベントごとの(LF,HF)グラフを図4のように描いた。

図4の左側の図はAnzanを実行中の(LF,HF)グラフで、課題を始めて大きなストレスを受けているが、時間が経つに従って軌跡は原点に近づいたあと45°の実線を越えていき、LFの値は大きいHFがそれ以上に大きくなっていく様子が分かる。Anzan課題にReadとStroopの軌跡を重ねて表示したのが図4の右側の図である。いずれもLF/HF>1のストレスを感じている状態とLF/HF<1のリラックス状態から成る。一方、安静状態ではLF/HF<1の状態が大部分を占めることは図3と同様である。この(LF,HF)グラフは被験者と課題の種類ごとにその軌跡は異なり、図4のL字型をはじめ比例型や水平型などいくつかのパターンに分類できる。このため実験例を増やすことにより(LF,HF)グラフから集中度や課題のジャンルごとの得手不得手などと比較できる可能性がある。また、(LF,HF)グラフの特徴として-45°の軌跡は存在しないことがある。これは体内の心肺圧(HF依存)と動脈圧(LF依存)の変化が逆比例の関係には成りえないためと考えられる。このように現時点では学習状態と血脈流変化のLF/HFとの間の相関については未解明な部分が多い。

研究の現在の段階として、学習課題の遂行の初期段階に自律神経のうち相対的に交感神経が優位になることが分かったが、その変化の詳細を課題遂行と対応させるまでには至っていない。この原因には学習活動と自律神経の活動度との間接的な関連性と、生体の刺激に対する慣れの効果や遅延効果などが考えられる。自律神経活動モニターを学習時の緊張などの心理現象にそって解釈し、実用化するまでには解決すべき多くの課題があり、自律神経の活動と直接関連する刺激の方法を工夫

しアンケートでそれを逐一確認するなど新たな試みが求められる。

参考文献

- [1] 日本自律神経学会：“自律神経機能検査第4版”，文光堂（2007）。
- [2] ユメディカ：“アルテット加速度脈波測定システム”，資料（2008）。
- [3] Takada H, Okino K, Niwa Y: "An Evaluation Method for Heart Rate Variability, by Using Acceleration Plethysmography", Health Evaluation and Promotion, 31: pp547-551, (2004).
- [4] 笹部哲也, 山口浩二, 倉恒弘彦, 渡辺恭良：“加速度脈波による疲労度評価の可能性について”，日本加速度脈波・複雑系研究会第七回抄録集p4（2009）。
- [5] 伊藤敏, 井上祥史：“拍動の視覚化教材の開発”，教育システム情報学会誌，第27巻，pp290-293（2010）。
- [6] 伊藤敏, 鷲野嘉映, 井上祥史：“光電脈波測定による自律神経機能計測装置の開発”，信技報 IEICE Technical Report ET2011-17（2011-06），pp1-6（2011）。

平成23年度 プロジェクト研究報告書

塚野 弘明 宇佐美 公生

(2012年3月5日受理)

Hiroaki TSUKANO · Kosei USAMI

Report on the 2012 Research Project

1. 目的

本研究プロジェクトの目的は、小学校の総合的学習の時間における情報教育カリキュラムの開発と小学生へのパソコン指導を通して教員養成学部学生の実践的指導力の育成を図ることである。

2. 方法

(1) 対象校について

盛岡市立河北小学校1年～6年、わかば学級(特別支援学級)

(2) パソコンシステム

サーバ、教師用パソコン、生徒用パソコン40台
ネットワーク：クライアント・サーバシステム
OS：Windows2000 Professional
ソフトウェア：教育用総合ソフト キューブき
っず2 (小学生用)

(3) 日程：4, 5月は基礎的学習、6月～12月毎
週木曜日3, 4時間目

(4) 児童：1年生はパソコン初体験

3年生以下：マウス、お絵かき、クリスマスカ
ード、自己紹介カードなど

4年生以上：お絵かき、日本語入力、ポスター
づくり、ブラウザでの調べ学習、
ネットマナー等

(5) 事前学習・準備 (4～5月)

パソコンシステムの理解

キューブきっず2の学習

指導計画、指導案の学習

(6) 授業の実施体制 (6～7月、10月～12月)

- ・教育実践研究Bを受講した大学2年生から4年生の学生を各学年ごとに授業担当チームを作って協力して学級を指導する。
- ・河北小のクラス担任と事前に協議をし、指導計画・指導案を作成する。
- ・児童理解を深めるために、事前にパソコン授業以外の授業を参観し、児童を観察し、パソコン授業における座席や指導する学生の割り振りを決定する。
- ・作成した指導案に基づき、大学又は河北小学校にて模擬授業を行う。
- ・事前にシステム・教材の準備をする。
- ・担当学級以外の学生は補助役を担う。

(7) 指導内容

キューブきっず2を使って作品や教科の学習、総合的な学習の時間におけるパソコン利用
情報倫理教育 (ネットマナー、携帯電話など)

平成23年度 河北小学校パソコン授業の指導内容

学年	時間数	学習目標	内容	教材等
1	2時間	マウスの使い方	クリック、ダブルクリック、ドラック、右クリック アイコン(筆、消しゴム、直線、ペイント、四角、丸)の学習	キューブきっず2「マウス レッスン」
		お絵かき	お絵かきの練習 クリスマスツリーの絵を書く	キューブきっず2「お絵か き」
2	2時間	お絵かきの練習	お絵かき機能の確認(筆、消しゴム、ペイント、スタンプ、取 り消し機能、色など)	キューブきっず2「お絵か き」
		カレンダーの絵	スタンプ機能で名前を挿入する カレンダーの枠を作る 好きな季節の絵を描く	キューブきっず2「お絵か き」 「ソフトキーボード」 「かんたんナビ」
3	2時間	ネット検索	ソフトキーボードを使った検索方法を学習する。 ソフトキーボードの出し方、BS、へんかん、かくてい、戻 る、クローリング機能の学習 盛岡市、宮古市の天気を調べる 岩手県の鳥、木、花、魚、ここが一番について調べる 盛岡市動物公園(休園日、催物)について調べる	キューブきっず2 「ブラウザ」 学習プリント
	2時間	ネットマナー ・教室での紙芝居を使った学習	ネット依存、ネット上での中傷、個人情報の保護など情報 モラルについて二人の登場人物のネット利用方法につ いていけない点を指摘する	紙芝居 学習プリント
		キーワード検索	ソフトキーボードを使ってキーワードを入力し、ネット検索 を使って調べ学習を行う。 わんだくん がんすけどん いわてつき3兄弟	キューブきっず2 「ブラウザ」 「ソフトキーボード」 ワークシート
	2時間	ネット検索	二語検索、クリック検索を使って岩手県について調べる 盛岡三大麺 けんじワールド 祭り キャラクター 郷土料理	キューブキッズ2 「ブラウザ」 「ソフトキーボード」 学習プリント
4	2時間	ローマ字入力	ローマ字入力の学習 ・「ん」や「っ」「ー」のような特殊文字の入力方法の確認 ・ローマ字表を使った大文字、小文字の学習 ・Enter, Back Space, Space キーの学習 社会科で学習した鎌津田基六について調べる パワーポイントのレイアウトを作る	キューブきっず2 「キーボードレッスン」 ローマ字表 パワーポイント 学習プリント
	2時間	発表会の資料を作る	表紙のスライドにタイトルと名前をつける 下書きを基に「わかったこと」のプリントをパワーポイントで 打ち込む これから調べたいこと、感想の下書きを書く	キューブきっず2 jパワーポイント 学習プリント
	2時間	資料が見やすくなるような工夫を する 発表会の準備をする	パワーポイントを使って文字やページの装飾の仕方を学 習する ・文字の種類(フォント) ・色の付け方 ・文字の大きさの変え方	キューブきっず2 「ブラウザ」 キューブきっず2 パワーポイント 見本 学習プリント
5	2時間	環境ポスターの絵と文字の下書 きを書く	教室で環境ポスターについて理解する ポスターの下書きを書く アピール文の下書きを書く	学習プリント

	2 時間	思いの伝わる環境ポスターを作る	ポスター用のお絵かきをする Enter, Backspace, Space, Shiftの確認 キーボードレッスンで日本語入力の練習 名前を入力してファイルを保存する	キューブきつず2 「ワープロ」 見本
	2 時間	環境ポスターの完成	ワープロにポスターの絵を貼り付ける テーマを入れる ワープロで書いた呼びかけの言葉を編集する。e.g.文字の色、サイズ、フォント、2D 装飾など	キューブきつず2 「ワープロ」 見本
6	2 時間	文章の入力 記憶に残る 1 ページを作る	キーボード操作やローマ字入力の確認	キューブきつず2 「ワープロ」 練習用文章
	2 時間	文章の編集	卒業文集の文章を入力する 卒業文集に貼り付ける写真を取り込む 2D や3D テキストアートを使って題名の編集を行う。 文字の色、サイズ、フォントなどを編集する。	キューブきつず2 「ワープロ」 見本
	2 時間	自己紹介のページを完成させる	これまで学習した機能を使って自己紹介カードを作る。 ・写真の取り込み ・罫線で枠を描く ・3D テキストアートなどで編集	キューブきつず2 「ワープロ」 見本
特支	2 時間	パソコンを使って学習発表会のお礼の手紙を作ろう	学習発表会お礼状を書く ・お絵かきで絵を描く ・アイコン(筆、消しゴム、直線、ペイント、四角、丸)の学習 ・Backspace Enter の機能の学習 ・ソフトキーボードで日本語の入力をする	キューブきつず2 「お絵かき」 「ソフトキーボード」

指導案の例



第3学年 情報教育指導案

日時：平成23年 6月2日（木）3・4校時

学級：盛岡市立河北小学校3年生

授業者 菅野美和

共同研究者 川畑修平

鈴木まや

本宮和奈

本時の指導

(1) 目標

- ・クリック検索、キーワード検索ができる。
- ・ソフトキーボードの使い方が分かる。

(2) 展開

	学習活動	時間	指導上の注意	備考
導 入	1. 約束ごとの確認をする。	15分	<ul style="list-style-type: none"> ・話を聞くときはパソコンから手を離して先生の方を向く。 ・分からないことがあったら周りの先生に聞く。 ・児童に発言させる。 ・インターネットとは何かを説明する。 	紙板書
	2. 二年生までの学習内容の振り返りをし、本時はインターネット検索の学習をすることを伝える。 3. 本時のめあてを確認する。 インターネットを使って調べ上手になろう。			紙板書
展 開	4. ソフトキーボードを使っての検索をする。 (1) ソフトキーボードの使い方を説明する。 (2) 練習プリントを配る。 ・天気（盛岡市、宮古市） (3) クイズの答え合わせをする。	20分	<ul style="list-style-type: none"> ・検索の意味 ・ソフトキーボードの出し方、入力の仕方（BS、へんかん、かくてい、スクロール、戻る）を説明する。 ・「BS」「へんかん」「かくてい」「スクロール」の意味を説明する。 ・練習させて、検索に慣れさせる。 ・児童に発言させる。 	紙板書 スカイメニュー 紙板書 学習プリント
1本けい5分				



展 開	5. インターネット検索を使って自力で調べ学習をする。 ・岩手県（鳥、木、花、魚、、ここが一番） ・盛岡市動物公園（休園日、どのくらいいるか、催物） ・岩手の地図	35分	・1枚目が終わった児童から2枚目に入るようにする。	学 習 プ リ ン ト
	6. 答え合わせをする。 7. クリック検索とキーワード検索の説明をする。	10分	・児童に発表させる ・調べ学習をする中で自然とやっていたことがクリック検索とキーワード検索だったということに気付かせる。	
ま と め	8. 本時の学習の振り返りをする。 9. 感想発表 10. 次時の学習内容の確認をする。	10分	・児童に発表させる。 ・次時はネットマナーについて学んだ後にキーワード検索をすることを伝える。	