

複数の生体情報計測技術による学習活動測定システム開発の試み

林 秀彦*, 中林 大**, 曾根直人*

従来、授業実践の評価や学習効果の測定は、アンケート集計による事前評価及び事後評価が定性的な評価手段として実施されてきた。また、授業や学習の過程を評価する手段は、授業観察記録等の分析によって実施されてきたが長時間に渡る分析作業が必要となり、より効果的な評価手段の開発が望まれている。提案する学習活動測定システムは、複数の生体情報計測技術によって定量的な評価指標を生成し、これらの教育評価をより効果的に実施するものである。本システムでは、評価対象者の注目する領域の検出、思考活動や疲労の推定等を想定しており、視線、脳波、重心動揺の計測技術を活用する。本稿では、これらの計測技術を説明し、定量的評価のフレームワーク開発について述べる。

[キーワード： 脳波，視線，重心動揺，学習評価，複数属性]

1. はじめに

複数のセンシング機器から情報を獲得し、それらを組み合わせることで測定対象の認識・理解を高めることで、あらゆるものが実現できる技術の研究・開発が進められている。これらは、広義にはセンサーフュージョンやセンサーネットワーク等の概念に関連する技術であり、応用範囲が広い。ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会報告書[1]によれば、地震モニタリング等による防災・災害対策、不正侵入・盗難防止等の防犯・セキュリティ、温室管理システム等の食・農業、産業廃棄物マップによる環境保全、自宅での健康管理チェック・検査による医療・福祉への応用、電機機器コントロールによる施設制御、交通流モニタリング、ビルメンテナンス等による構造物管理、トラック・荷物位置把握による物流・マーケティング等への応用が挙げられており、計測が比較的容易な部分であれば既に製品化されているものもある。その一方で、センシングが容易でない人間の活動を計測する分野は基礎研究も含めた測定実験が実施されているものの今後のさらなる研究・開発が望まれている。

生体情報計測技術を活用する関連研究では、例えば、人間の脳機能の計測を画質評価へ応用する研究[2]、視線計測技術を用いて英語文章の読解学習を支援する研究[3]、人間の水平回転運動に伴う前庭感覚と視覚情報の協調の特性を明らかにした基礎的研究[4]がある。これらは測定対象を1つのセンシング機器を用いて測定しており、生体情報の伝達プロセスを含めて分析するには、より多角的な観点から測定する複数のセンシング技術を用いることが必要であり、これらを体系的に構成した研究の本

格的な実施はこれからである[5][6]。その1つとして、人間の心理的プロセスや学習活動等の複雑なプロセスを推定し、教育分野へ応用する測定技術の研究開発をはじめたところである。本システムが稼働すれば、従来、授業実践の評価や学習効果の測定は、アンケート集計による事前評価及び事後評価が定性的な評価手段として実施されているが、これを補間したり、また、授業や学習の過程を評価する手段は、授業観察記録等の長時間に渡る分析作業を必要としていたが、これを改善したり、定量的な評価を実現することで、教育評価の高度化を図ることができる。

2. 学習活動測定システム

提案する学習活動測定システムは、複数の生体情報計測技術によって定量的な評価指標を生成し、これらの教育評価をより効果的に実施するものである。本システムでは、評価対象者の注目する領域の検出、思考活動や疲労の推定等を想定しており、授業や学習過程の評価指標の生成によって定量的な評価の実現を目指している。

本システムでは、脳波、視線、前庭反応の計測技術を応用した各種の評価指標の基礎的研究に基づき設計している[1][2][3]。また、これらの計測技術から複数の検出を行う実験・解析手法の開発は今後進める必要があるが、本稿では、提案する学習活動測定システムとその構成機器の概要を説明する。

学習活動測定システムは視線測定装置、脳波測定装置及び重心動揺測定装置により構成される。視線測定装置は視線の停留や急速眼球運動を検出し、例えば授

* 鳴門教育大学 大学院 自然・生活系教育部

** 鳴門教育大学 学校教員養成課程 小学校教育専修技術科教育コース

業中の教師の指示に対応する生徒の反応を推定できれば、より精細な授業分析が可能となる。また、脳波測定装置は、脳機能推定による評価指標を生成できれば、授業の質的な側面に対応する定量的な評価が実現できる。重心動揺測定装置は、姿勢制御系の情報を得ることから疲労度の推定を想定している。これらの計測技術によって構築するシステムは、評価パラメータを抽出分析し、評価指標を生成することで教育評価を実施し、教育の質を向上する特徴を持つ。本システムの充実により、これまでの知見を教育評価活動に活かすことで、評価研究の発展に寄与することが期待できる。

3. 複数の生体情報計測技術

本システムでは、視線計測装置、脳波計測装置、重心動揺計測装置の組合せによる多計測型のシステムを構築している。視線測定はEMR-9(NAC, Inc.)、脳波測定はNurofax EEG-1200(Nihonkouden, Inc.)、重心動揺測定はWii Board(Nintendo, Inc.)を活用した(図1, 図8, 図17)。以下に、各計測技術の概要を説明する。

3.1 視線計測技術

医療では、眼を診ることによってさまざまな症状を推定する手がかりとすることがあるように、学校教育においても同様に、児童・生徒のまなざし、表情、しぐさ等の外観から観測可能な情報を統合的に判断し、教師の次の行動につなげることがある。これらの情報計測する場合、表情、しぐさ等は、ビデオ映像から抽出することも可能であるが、眼の動きや、どこを注視しているかの情報を得るには視線計測装置を活用することが一般的である。代表的な視線測定の方法には、EOG法、リンバストラッカー法、角膜反射法、画像処理による方法等がある。本システムでは、角膜反射法の1つの手法である瞳孔/角膜反射法を採用している。眼前にIR LEDを配置し、それを光源として角膜に反射させ、角膜と眼球の回転中心の違いにより、眼球運動に伴って並行移動するのをIRカメラによって検出する。また、瞳孔中心も同時に抽出し、それを基準とするため、センサが多少動いても検出が可能である。図1に示すグラス中央に搭載したカメラで視野映像を記録し、視線を重畳させた視野映像を記録する。検出分解能は、240Hzを採用し、サックード計測にも対応させている。

3.1.1 視線計測装置

図1に示すグラスタイプの研究器具を装着し、視線を測定する。測定に使用する操作パネルは、表示部と記録部を含めたとしても小型設計であり、片手で持てるサイズである。また図2のようにバッテリーも装備してあるため、移動環境での計測も可能である(図3)。



図1 グラスタイプの視線測定機器 EMR-9 (NAC)



図2 小型モニタを装着した操作パネルとバッテリー



図3 移動環境（消費者行動）の測定例

3.1.2 視線測定方法と解析

図4はグラスを装着後にカメラのセッティングを行っている様子であり、図5では、2値化の自動処理が実施されている。2値化処理はこれまで手で設定していたが、自動化されることで利便性が高まっている。図6は、キャリブレーションした結果を、小型モニタで確認している様子である。データを記録するときは、図6に示す赤いボタンを押すことで記録できる。図7は解析ソフトウェアによる解析画面の一例である。解析ソフトウェアを活用すれば、アイマークデータの軌跡・時系列の分析、停留データの軌跡分布・時系列分析、停留データの領域別の停留回数・停留時間の分析、停留データの停留時間、移動速度、移動方向角度の各頻度分布、瞬目時系列分析、輻輳角時系列分析、輻輳角頻度分布、瞬目分析、瞳孔の時系列分析、注視分析等が可能である。また、csvファイルに変換することで、計測したデータは独自の別のソフトウェアで解析することもできる。



図4 セッティングの様子

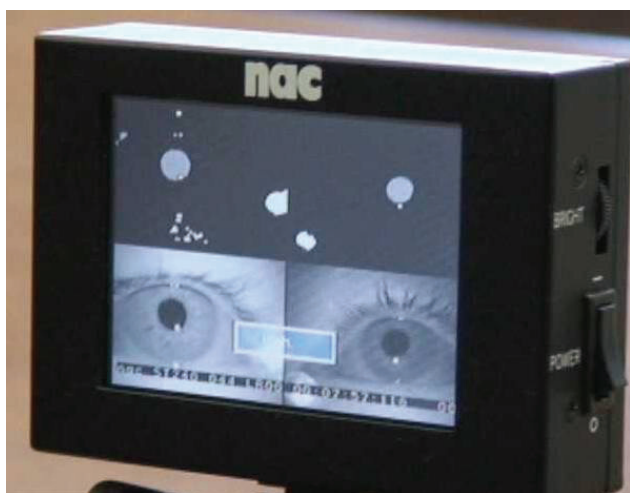


図5 2値化処理



図6 キャリブレーション確認の様子



図7 解析画面の例

3.2 脳波計測技術

脳波測定は、周波数分析結果を簡易表示する機器や、電極等を装着して臨床用に使用する機器、また、主に研究用の誘発脳波、事象関連電位等を計測する機器等のいくつかの種類がある。本システムは、研究・教育用に活用する機器であり、また臨床に用いることも可能な機器を導入している。多チャンネルでの誘発脳波測定にも対応した128chまでの測定が可能で、サンプリングレートは10k Hzまで対応しており、本格的な研究に活用できる。

3.2.1 脳波測定装置

図8は、脳波計測装置の外観であり、パソコンユニット、ディスプレイ、電極接続箱等で構成してある。図

8の電極接続は標準タイプであるが、本システムでは、128ch測定に対応するため、多チャンネル高サンプリング電極接続箱を導入している。図10は、ミニ電極箱を拡大表示しており、電極箱と電極に接続されるものである。このボックス1つで64chの測定が可能である。



図8 脳波計測装置 Nurofax EEG-1200 (Nihonkoden)

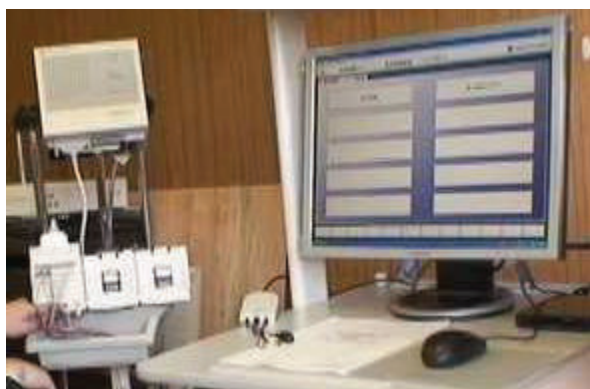


図9 電極接続箱と操作画面

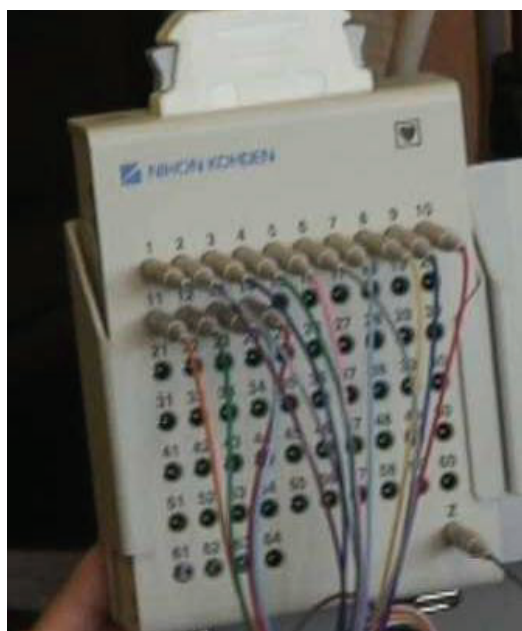


図10 ミニ電極接続箱

3.2.2 脳波測定方法と解析

図11に示すように臨床用の測定と同様に、本システムの脳波測定は、被験者が皿電極を装着した状態で測定する。図11では、脳波測定時の様子をビデオ撮影し、脳波と同期して再生している。図12は、測定した脳波の再生画面であり、下部に色表示されている部分はDSA(Density Spectral Array)と呼ばれる脳波解析法の1つである。図13はDSA表示を拡大したものであり、脳波の時間軸(横軸)に合わせて、縦軸はパワースペクトルが変化していることがわかる。図14、図15、図16はそれぞれ脳波分析の様子である。図14は脳波の波形から周波数や振幅等を確認する様子を示しており、図15では、波形の分析を行っている。図16は頭部3DMAPに脳波の分布を配置して表示している。また、この他の解析ソフトウェアを用いて、誘発脳波の測定・解析にも対応できる。

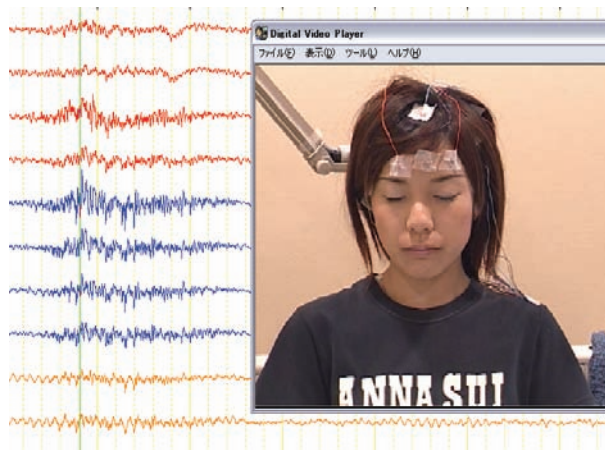


図11 脳波測定と被験者モニタリング

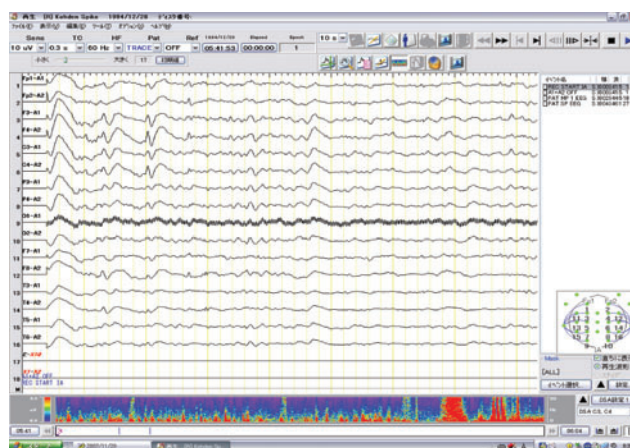


図12 波形の再生

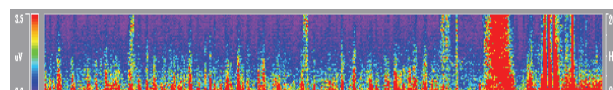


図13 DSA表示による脳波分析

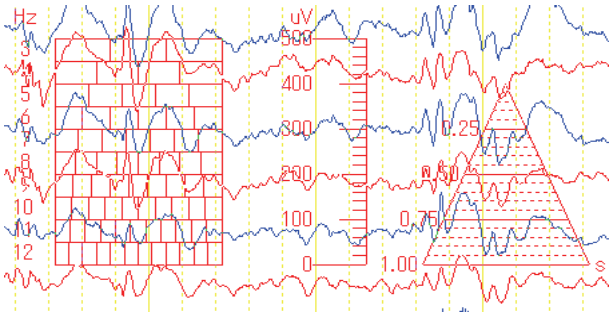


図14 脳波分析：脳波スケール表示による分析

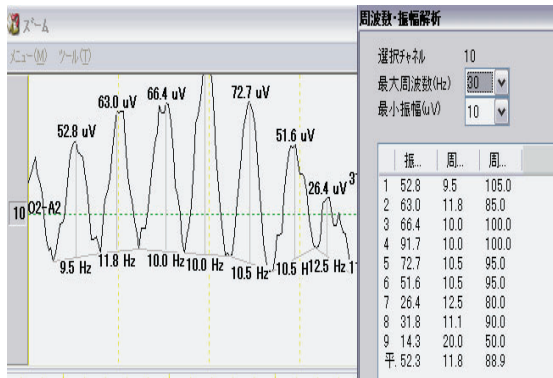


図15 波形分析：振幅，周波数，周期の分析

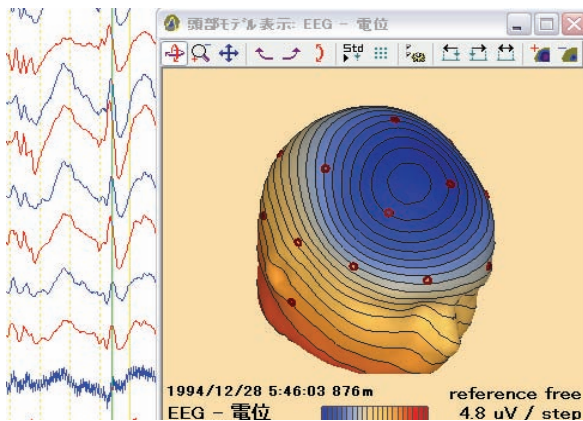


図16 脳波分析：3D電位MAPによる分析

3.3 重心動揺計測技術

重心動揺測定は、低コストで測定することを検討し、Wii boardを用いた重心動揺計の活用を試みた。

図17, 図18は、重心動揺計を測定している様子である。図17のように立位による測定や、図16のように座位による測定などをいくつか試している。図18のように、座位で測定する場合は、乗せ板を重心動揺計の上に置くことで測定しやすくなるが、逆に立位で測定する場合は、板のどこに乗ればよいのかが分かりづらくなるため、足の位置をマークするなどの測定ノウハウを蓄積している。



図17 低コストの重心動揺計



図18 板を乗せた重心動揺計

3.4 複数の計測技術の同期

複数同時計測による測定結果を取扱う方法論は、未だ十分には確立しておらず、今後の研究開発が必要になる。知覚・認知の測定であるが、複数同時測定の統計解析手法として、プロビット法を応用した手法を開発しており[6]、今後は脳波と視線の同時測定の解析への適用を検討している。また、視線測定映像と脳波測定結果をビデオ接続で同期させて解析する試みを行っている。図19は脳波解析用の画面に、視線映像を表示しており、脳波解析画面から映像表示タイミングを分析することや、逆に映像情報から脳波の波形にアクセスすることも可能である。一般に、脳波と映像の同期は、図11に示すように臨床用では患者のモニタリング機能として患者の様子を撮影した映像に同期させ

て使用する方法が一般的であろうが、本システムでは、被験者の視線映像を脳波に同期させて測定できる点が特徴の1つである。また、各測定装置を活用した測定方法は、測定する目的や必要とする精度によって多くの方法があるため、今後検討していく。

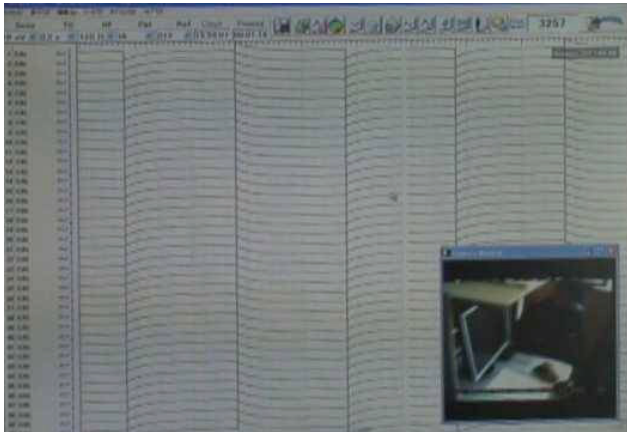


図19 脳波と視野カメラ画像の同期再生

4. おわりに

本稿では、複数の生体情報計測技術を活用した教育評価システムの構築を目指した学習活動測定システムについて説明し、システムの構成要素として、脳波、視線、重心動揺の各計測技術の特徴を述べた。従来、授業実践の評価や学習効果の測定は、アンケート集計による事前評価及び事後評価が定性的な評価手段として実施されてきた。また、授業や学習の過程を評価する手段は、授業観察記録等の分析によって実施されてきたが長時間に渡る分析作業が必要であり、より効果的な評価手段の開発が望まれていた。本システムは、生体情報計測技術によって定量的な評価指標を生成し、これらの教育評価をより効果的に実施することが期待できる。

今後は、各装置を用いた測定実験を実施し、また、評価目的を具現化したシステムの活用によって、評価対象者の注目する領域の検出や思考活動を推定する定量的な評価の実現を目指す。そのためには、測定スペース等が必要になるが、そのような計測実験環境を整備することが今後の課題となっている。

謝 辞

本システムにおいて、脳波測定装置、視線測定装置の導入にあたり、専門的な知見について、自然科学研究機構生理学研究所 柿木 隆介 教授、甲南大学 中易 秀敏 教授を始めとして様々な方々からご助言いただいた。ここに深謝する。

参 考 文 献

- [1] ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会：ユビキタスセンサーネットワークの実現に向けて 最終報告，総務省，2006.
- [2] 林 秀彦，國藤 進，宮原 誠：高品位映像の評価—脳波を指標とする客観評価法— 映像情報メディア学会誌，Vol. 56, No. (6), pp. 954-962, 2002.
- [3] 林 秀彦，前野 勉，國藤 進：第2言語としての英語文章読解学習環境における眼球運動特性を利用した理解モニタリング支援機構に関する実験研究，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol. 6, No. 2, pp. 169-176, 2004.
- [4] 林 秀彦，宇和 伸明，安藤 宏志：視覚系と前庭系の相互作用による水平回転感覚の基礎特性，映像情報メディア学会誌，Vol. 59, No. 6, pp. 876-883, 2005.
- [5] 林 秀彦：生体計測技術を用いた視覚認知計測に関する基礎的研究，北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士論文，2003.
- [6] Hayashi, H., Nakagawa, M., & Nakayasu, H. : Evaluation method of human cognitive ability based on psychometric measurement and statistical estimation , ICASP10(in Kanda, Takeda & Furuta (Eds.) , Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, Taylor & Francis Group, London, in CD-ROM), 2007.