

ウェアラブル E-Learning 学習状況モニタ

古谷 萌浩[†] 松下 宗一郎[†]

コンピュータ画面に向かいながら学習する E-Learning において、学習者が集中している度合いを頭部に設置したウェアラブルモーションセンサでリアルタイムにてモニタリングするシステムの提案を行う。実験の結果、視線を固定する際に生じる頭部の角加速度から、集中時には静止安静時とほぼ同じ程度の運動パラメータが得られている。

Wearable Concentration Monitor for E-Learning

TOMOHIRO FURUYA[†] SOICHIRO MATSUSHITA[†]

We propose a real-time wearable monitoring system to evaluate how the user is concentrating on E-learning contents in front of the user. We found that almost the same motion parameter calculated with the 3-dimensional angular acceleration signals from the user's head can be obtained both in the cases of E-learning and of quietly sitting still.

1. はじめに

コンピュータを利用する学習である E-Learning では、教室における講義形式での学習と比べ、いつでもどこでも学習者のペースにて実施できる点が利点として挙げられる。また、E-Learning では教員による指導管理が基本的には存在しないことから、学習者自身の自主性がいかに発揮されるのかが重要となる。例えば、自主性を強く反映すると考えられる学習への集中度を推定するためには、問題集の進み具合や正答率といった学習成果による客観的な評価を用いることが広く行われている。一方、E-Learning において典型的に見られるネットワーク接続されたパソコンに学習者が向き合うという環境では、学習とは関係のないインターネットサイトの閲覧や、音楽聴取、動画の視聴といった、学習への集中度を低下させる要因が多々存在しており、単に学習成果をチェックするだけでは E-Learning の実施状況の評価することは困難であると考えられる。そこで本研究では、学習時にはパソコン画面への視線を安定するために頭部の運動量が極めて小さくなることで、学習への集中度を客観評価するパラメータが得られるのではないかと考えた。

2. ウェアラブル学習状況モニタ

ウェアラブル学習状況モニタは、市販のヘッドホンの頭頂部に 6 軸 (加速度 3 軸, 角速度 3 軸) モーションセンサ, マイクロコントローラ, 並びにワイヤレス通信モジュールを設置したデバイスである。このデバイスは、被験者が直立静止している際の微小な運動信号を数値処理することでバランス感覚を評価するために作成されたものであり、100 サンプル毎秒にて 6 軸モーションデータを取得しワイヤレスで PC 等に伝送することができる[1]。また、低消費電力化の結果、ヘッドホンの重量を約 120 グラムに抑えつつ、

連続にて 5 時間以上の計測を行うことができる。ここで、E-Learning による学習者が教材を注視する際に、視点がほぼ固定された状態になるという仮定のもとで、被験者の頭部がどの程度「動かなかったのか」を評価する運動パラメータとして、角速度ベクトル先端の時間軌跡距離を計算した角加速度軌跡長 (Angular Acceleration Trace Length, AATL) を用いることとした。AATL は角速度由来のパラメータであることから原理的に頭部のどの位置にセンサを設置しても同じ値が得られる。尚、AATL の積算時間はパラメータの時間安定度を考慮して 10 秒間とした。

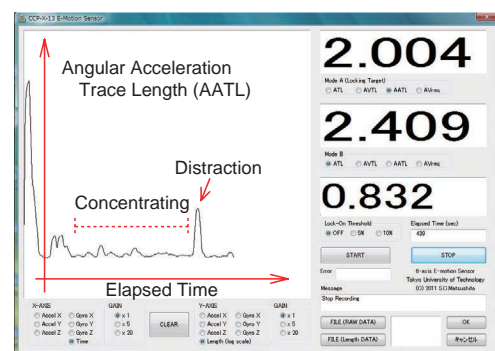


図 1 運動パラメータ表示画面

Figure 1 AATL monitoring display

図 1 は、ウェアラブル学習状況モニタからの運動データを受信し、AATL 等の時間変動を表示するプログラムの画面例であり、E-Learning にて学習を行っている際の動作結果を示している。ここでは、画面左上部分に 1 秒毎に更新されて行く AATL の変化が表示されており、集中して学習している期間 (Concentrating) では AATL は下限値付近にて推移するのに対し、よそ見や E-Learning 用コンピュータの操作といった、集中力がやや途切れた (Distraction) 場面では急激に増大していることが分かる。また、AATL の下

[†] 東京工科大学
Tokyo University of Technology

限値は、なにもせずに静かに着座している際に得られる値に漸近しており、被験者が E-Learning 用ディスプレイを注視していた時間帯を推定できることが示唆されている。

3. E-Learning 学習状況の評価実験

ウェアラブル学習状況モニタでは、E-Learning の学習者が頭部姿勢を安定させ、視線を集中している時間帯を推定することができる一方で、学習者が本当に「学習していたのか」どうかを知るという観点からは疑問が残る。そこで本研究では、学習に集中することによって生じる緊張の度合いを推定する手法として、心拍ゆらぎの計測を試みた。ここでは、被験者の左胸部に接触させた市販の心拍(ECG)センサを用い、1 ミリ秒単位にて拍動時刻の記録を行った。そして、サンプリング周波数 20Hz に相当するデータ列にスプライン関数により補間変換した後、2048 点 (102.4 秒間) の離散フーリエ変換を経て心拍ゆらぎのパワースペクトルを計算した。続いて、0.04~0.15Hz の低周波成分(LF)と 0.15~0.50Hz の高周波成分(HF)とをそれぞれ積算し、LF/HF を心拍ゆらぎの評価パラメータとして算出した [2]。また、心拍数 (10 秒間平均値) 並びに AATL (10 秒間平均値) の計測を同時に行った。ここで、E-Learning の対象としては情報処理に関する計算問題及び専門用語知識問題から構成されたオンライン版問題集を用い、画面上に表示される回答群から 4 者択一でクリックしながら前半 15 分、後半 15 分の計 30 分間の学習を行った。尚、計測開始から 5 分後に学習を開始し、学習後半の 15 分間ではステレオイヤホンにて音楽を聞きつつ学習を継続してもらっている。

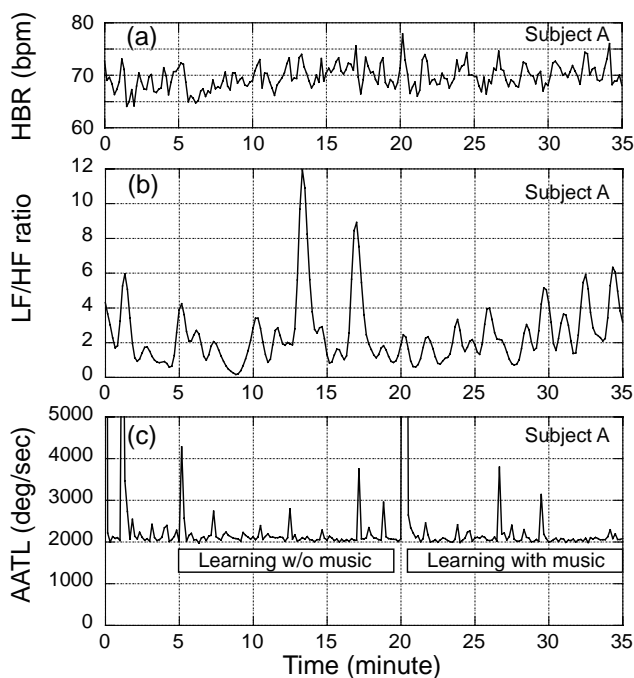


図 2 E-Learning 実施時の身体状況パラメータの推移
Figure 2 Changes in the physical parameters while studying

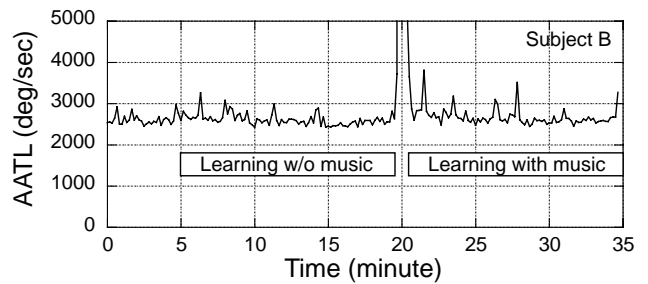


図 3 被験者 B における AATL の推移
Figure 3 AATL of the subject B while studying

図 2 は被験者 A (48 歳, 男性) について、(a)心拍数(HBR)、(b)LF/HF 比、(c)AATL を測定した結果である。最初に心拍数については若干の増減があったものの、学習による大きな変動は認められなかった。また、LF/HF 比は精神的な緊張により増加することが知られているが、実験開始後 14 分及び 17 分経過時点付近での急激な上昇を除けば、学習開始前からの顕著な違いは生じていない。一方、被験者の頭部運動に応答する AATL については、画面クリックや視線方向の変化による数値の増大が散見されるものの、学習中の大半の時間帯において着座静止安静時の値(被験者 A では約 2000 度/秒)に近い値が計測されている。ここで、図 3 は別の被験者 B (22 歳, 男性) について同じ実験を行った際の AATL の計測結果を示しているが、被験者 A と同様に学習に集中していた時間帯を AATL が静止安静時の値(約 2500 度/秒)に接近することをもって推定することができることが分かった。

4. 結論ならびに今後の展望

本研究では学習者の頭部に設置したモーションセンサの信号より、3 軸角速度の測定結果から角加速度軌跡長 AATL を計算することで学習への集中度の推移を推定するシステムの提案を行い、必ずしも静止安静とは言えないような身体運動の中にあっても、ディスプレイ注視時には AATL の下限値が静止安静時の値に漸近することを見いだした。そこで、今後は AATL の推移と学習状況との相関関係をより詳細に検討するとともに、推定された E-Learning への集中状況を学習者に効果的にフィードバックしていく手法の開発を行っていきたいと考えている。

謝辞 本研究は科研費(22500113)の助成にて実施した。

参考文献

- 1) 松下宗一郎, 細井悠貴, 岩淵圭太: 常時利用可能なヘッドホン型身体バランス状況モニタ, 第 10 回情報科学技術フォーラム (FIT2011) 講演論文集, 第 3 分冊, pp.47-54 (2011).
- 2) 日本自律神経学会編: 自律神経機能検査, 第 4 版, pp.164-182, 文光堂 (2007).