

Perl 言語学習に脳波センサーを使った 遠隔教育システムの試み

吉田幸二† 坂本佑太† 佐藤勇輝†
宮地功†† 山田罔裕††† 藤井諭††††

私たちは、Perl 言語を使用した自己学習システムを開発した。これまで人間の状態を効果的に監視できる装置がなかった、しかし、近年、安価に脳波センサーを使って、人間の状態を監視し、その情報を効果的に分析して、人間にフィードバックできる脳波センサーが使えるようになってきた。

そして、このフィードバックシステムは、学生の集中力の状態ややる気の状態を計ることができる。また、効果的な情報を送受信することにより、学生のモチベーションを高めたり、やる気を醸成することができ、効果があることが判明したのでここに報告する。

Trial of distance learning System of Perl language using to a brain wave sensor

KOJI YOSHIDA† YUUTA SAKAMOTO†
YUUKI SATOU†† ISAO MIYAJI†††
KUNIHIRO YAMADA††† SATORU FUJII††††

We developed a self-study system using Perl language. To date, no device has been available to observe a human state effectively. However, brain wave sensors have become inexpensive recently, allowing observation of the human state. We analyzed the information effectively; a brain wave sensor for human feedback has become usable.

This feedback system can measure a student's state of concentration and a state of a motivation. Additionally, students show raised motivation because the system transmits a state indicating motivation. Sensing that motivation, effective methods can be recognized. This report presents our results.

† 湘南工科大学 情報工学科

†† 岡山理科大学 総合情報学科

††† 東海大学 情報メディア学科

†††† 松江高等専門学校 情報工学科

1. はじめに

近年、学習形態において遠隔教育学習が注目されている。特に e-learning を用いた学習システムは学習の進捗状況や結果を即座にフィードバックして確認できることから、企業の研修としても多く採用されている。しかしながら、実際に学習している様子を確認できないことや、学習状況や進捗情報などからの情報だけではサポートに限界が生じるため、学生の状態を把握しながら、フォローするのは難しい¹⁾。

ここで、安価に学生の状態を監視できる脳波センサーが使えるようになったので、これにより、効果的にフィードバックをしながら、学習に反映するシステムの構築実験をすることを試みた。

2. 問題点と現状分析

さて、一般の教育や遠隔教育システム及びブレンディッドなシステムをも含めて、学生の状態を細かく把握することは難しい。また、学生の気持ちや、やる気を計ることも難しい。こうした中、脳波センサーが安価に使い、それを容易にフィードバックできるシステムの構築が可能になってきた。

客観的に集中力やモチベーションを図ることが出来れば、学習者側では任意に集中力を知ることができ、自身の姿勢を自覚することができる。講師側も、学習者が理解しづらい部分やストレスがかかる項目を感知できる為、効率の良いフォローシステムを構築することも可能になる。さらに、e-learning のシステムの集中できる部分と集中できない部分を事前に実験で把握しておけばシステムの有効性を向上させることが可能になる。これらの問題に対処するために、学生の気持ちや意識レベルを測定でき、それを効果的にフィードバックできるシステムが出来れば、効果的な遠隔教育システムがサポートできると考えた²⁾³⁾。

そこで、これらの問題点に対処するためには、まず、学生の気持ちや意識のレベルを計測でき、それを効果的にフィードバックできるシステムができれば、効果的な遠隔教育システムがサポートできると考えた。

3. 脳波センサーについて

本研究では NeuroSky⁴⁾の MindSet を用いて脳波測定を行っている。この脳波センサーの特徴を次に列挙するとともに関連したワードについても解説する。

- ・コンパクトですぐに装着可能

従来の脳波センサーというのは医療、脳科学、心理学の分野で使われてきていた。精密なデータ採取を行うゆえに大掛かりな設備が必要であったり、計測するのに時間

を要したり、頭皮にジェルを塗るなどの手間やコストが生じていた。しかし、このセンサーはヘッドホンタイプで電極にジェルを塗る必要もなく、比較的安価で誰でも購入できるという特徴を持っている。

・脳波データを簡単に採取できる

この脳波センサーはイヤープッド内のチップオンボードでデータ解析を行う。取得できた脳波原波形にフィルタリングを施し、その波形から集中度や、瞑想度といった脳の活動レベルの指標となるデータを出力する。これにより採取できた脳波と脳の活動レベルの指標になるデータを照らし合わせることで、装着者の精神状態を分析しやすくなっている。

・独自のアプリケーションを開発できる

アプリケーションと脳波センサーをリンクさせることが可能になっている。脳波の変化の仕方次第で特定のイベント処理を行うアプリケーションを開発することによって、装着者によりダイレクトで自分の精神状態がフィードバックされる。

(1) NeuroSky

米国カリフォルニア州サンノゼにあるコンシューマー向けの脳波センサーを開発している企業

(2) MindSet

本研究で使用している脳波センサーはBluetoothをデバイスに使用しており指定のPCにデータが送信できるようになっている。



図1：MindSet 脳波センサー

この脳波センサーはイヤープッドにある3つの電極により基準点を決定し、頭額部にあるセンサーとの電位差を脳波として検出している。この脳波データ以外にも取得できた脳波データからδ波、θ波、α波、β波を基本コンポーネントとしたアルゴリズムにより、集中度と瞑想度を算出している。

また、研究用として標準的な、BIOPAC SYSTEM社の生体信号測定装置を用いて、ニューロスカイの脳波センサーと比較する様々な実験を行っている。FFT分析テストでは、ニューロスカイの脳波センサーから得られるデータが、脳の認識状態(cognitive states)や情動状態(emotional states)を含む、重要な周波数帯を検知するのに十分な

感度があることを示している。最近は特に脳波とITに関連した様々な研究がなされている⁵⁾。

(3) 周波数成分解析

脳波には様々なものがあり、なかでも脳内の大部分を形成する特定の脳波活動を基礎律動という。基礎律動は、脳波の振幅(脳内電位の変動の波)の数により分けられる。一般に健常者は、安静・閉眼・覚醒状態では後頭部を中心にα波が多く出現する。本研究は「被験者の行動」・「脳波」・「心理状態」を関連付けるためのデータ採取を行うと共に、その結果に基づいた学習システム構築を目指す。

表1：周波数成分表

周波数帯域 (Hz)		心理状態
δ (デルタ) 波	0.5 ~ 3	ノンレム睡眠, 無意識
θ (シータ) 波	4 ~ 7	まどろみ, ひらめき
低α (アルファ) 波	8 ~ 10	リラックス, 平穏
高α波	11 ~ 12	集中,
低β波	13 ~ 15	落ち着いているが集中している
β (ベータ) 波	15 ~ 18	思考, 緊張, 興奮
高β波	19 ~ 30	警戒, 動揺
γ (ガンマ) 波	30 ~	高次認知活動, 運動機能

4. 学習システム概要図

このシステムは、プログラムの作成学習を通して、設計からプログラミングまでを理解する。次に、Perl言語によりプログラミングの基本から応用までを学ぶこと共に、グループによるプログラムの結合その中のプロセスを通して議論やコミュニケーションの学習もする。そして、グループによるプログラムの組み合わせの実習を体験することにより、プログラムを繋いだり結合したりする注意点を体得できる特徴がある。

学習者はまず支援システムエントリから閲覧し、Perl言語学習支援、コミュニケーション支援等により学習とグループ作業を進めて行く。また、プログラム作成やプログラム結合についても学ぶことができる。また、確認問題を解くことによって理解度をチェックする。一方、学習内容を閲覧するだけでなく、学習者間や講師とコミュニケーションすることや、データベースの検索機能により情報の検索と閲覧が可能となり、

情報も検索することができる。

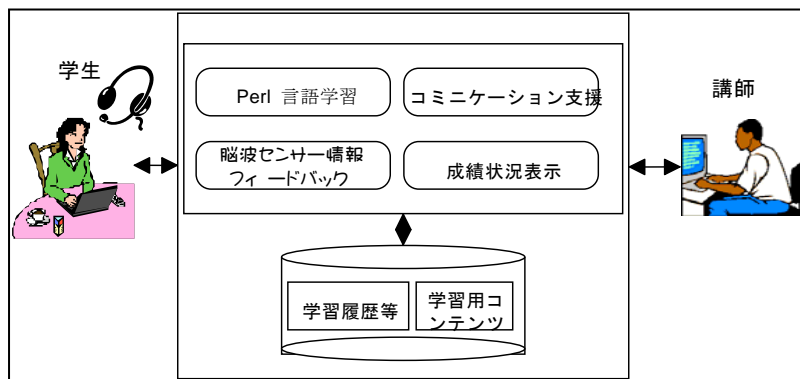


図 2 : システム概要図

5. 支援機能とその活用

(1) Perl 言語学習支援

この Perl 言語学習機能は、プログラムの初心者でも Perl 言語解説の画面で勉強することにより理解できる。また、解説だけではわかりづらいため、実際にプログラムの一部を学習者が入力することにより、その実行を確かめ確認することができる。そして、簡単なプログラムだけでなく、応用的なプログラムも問題画面では用意されており、段階的にプログラミング技術を高めることができる。

・ Perl 言語解説

Perl 言語の基本機能から使い方までを項目別に分け階層的に表示し説明する。個々の関数や仕様もすべて解説し、関数の使い方やそのパラメータの指定方法も容易に調べられるよう工夫した。主な機能は、printf, scanf, if-else, 配列, for, while 等である。

・ Perl プログラムの理解確認問題

Perl 言語解説で理解した内容について確認する問題である。練習は選択式になっており、最後に、どのくらい理解できているかその比率がパーセンテージで表示される。

・ Perl プログラム練習問題

Perl プログラム練習確認問題とその応用的な作成問題よりなっている。ステップ 1 は確認問題よりなり、プログラムの前後の内容は表示され、基本的な項目を必要に応じて穴埋めに機能を入力し、実行することにより確認できる。基本的な事項がわからない場合でも、解答例が必要なら表示されるため、初心者でも段階を追って確認でき理解可能である。ステップ 2 は応用的な作成問題よりなり、組み合わせプログラムや、

複雑なプログラムの作成やデバッグの体験できるようになっている。



図 3 : ユーザーインターフェース

(2) 脳波センサー機能

脳波センサーは被験者の EEG から、フィルタリングされた波形とそこから算出される集中度と瞑想度をデバイスに出力する。以下にデータの概要と解析ツールを使って分析した脳波データのサンプルを提示する。

・ 脳波原波形

脳波測定者の脳データであり、脳の測定箇所の電位差をそのまま示すものである。

・ フィルタリングされた波形

脳波原波形そのままでは解析することが出来ず、一度フィルタリングをし、離散フーリエ変換を行った後に、パワースペクトラム化を行い周波数帯域ごとに分けることによって、周波数成分を分析できるようになる。

・ 集中度レベル

集中度は、高度に集中しているときや意識的精神活動などの間に生じる装着者の「集中」または「注意」の度合いを示す。集中度レベルは脳波データから主に β 波が強く現れると上昇する値であり、被験者の集中度具合を示唆するものである。また注意散漫、集中力の欠如、不安などの状態では、集中度レベルは低くなる。強さのレベルとして 1 ~ 100 まであり、値が大きいほど集中している。つまり脳の活動が活発である状態を示す。

・ 瞑想度レベル

瞑想度は装着者の「平穏」または「リラクゼーション」の度合いを示す。リラクセス度は、脳内のアクティブな精神過程の活性低下に関係する。瞑想度レベルは脳波データから主に α 波が強く現れると上昇する値であり、被験者のリラクセス度を示唆するものである。強さのレベルとして 1 ~ 100 まであり、値が大きいほどリラクセスしている、つまり、脳波活動が低い状態であることを示す。

次の左の図は集中度レベルを、右の図は瞑想度レベルをメーターと折れ線グラフで表示している例である。横軸は時間、縦軸はレベルを示す。

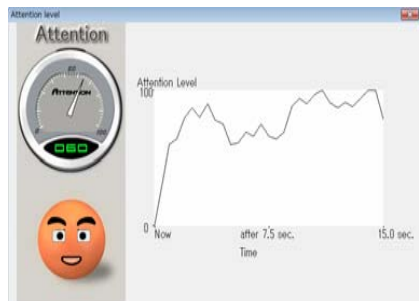


図 4 : 集中度グラフ

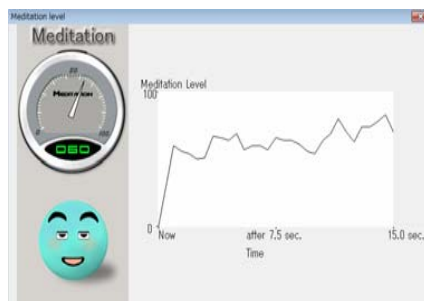


図 5 : 瞑想度グラフ

6. 実施実験

6.1 実験方法

脳波センサーと学習システムを用い、電子メディアとゼミ形式で被験者の脳波を観察した。

実験は学習システムを操作しているときの脳波以外に、本(漫画, 小説, 専門書)を読む, 音楽を聴く, ゲームをするなど, 限定した行動をとってもらい, 精神状態や好みや感想も関連させたデータ採取を行った。脳波センサーからは脳波以外に α 波や β 波などの周波数成分と集中度と瞑想度の脳の活動指標となるデータも得ることが出来るため, これらのデータと被験者の行動, 脳波のパターンを解析し, 関連性や特徴を探った。

実験は特に集中度と瞑想度に重点を置き, 観察・分析・評価・考察を行った。

6.2 実験データ

脳波センサーを使い Perl 言語学習画面で問題を解いていると, 集中力が高まっていることがアプリケーションにより表示され明確にわかるので, 学習者は良いフィードバックを得ることができる。同じように集中力が落ちている部分も明確にわかるので学習後の効果的なサポートを行うことも可能であると考えられる。

実験の際のグラフ化したデータと分析結果の例を次に示す。被験者の行動を限定させて状態で, 集中度と瞑想度変化を時間ごとに観察した。

6.3 結果と評価

(1) Perl 言語の解説を読む

ある程度はゼミで Perl 言語を理解している前提がある。そのため, 開始時は, リラックスして入っている。そして, 内容はそれ程難しくなく, 理解している内容のため集中度も落ち, 瞑想度は逆に上がってきている。4分位すると集中度が高まり, 集中が上下しながら続いている。

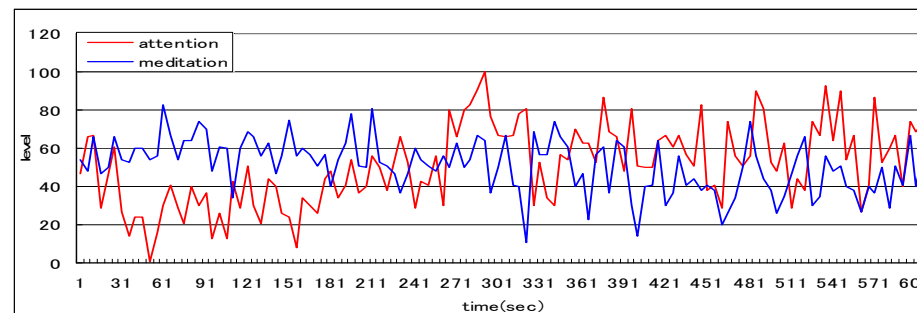


図 6 : Perl 言語の説明を読む

(2) Perl 言語の問題を解く

Perl 言語問題も序盤の所は, Print 文などやさしいので特に考えることなく瞑想度も高くリラックスして解いている。そして, 変数や配列は簡単だが, 条件文になると色々と思が必要になってくるため, 集中力が上昇してきている。そして, 10分位たつと集中力も落ちてきているのがわかる。

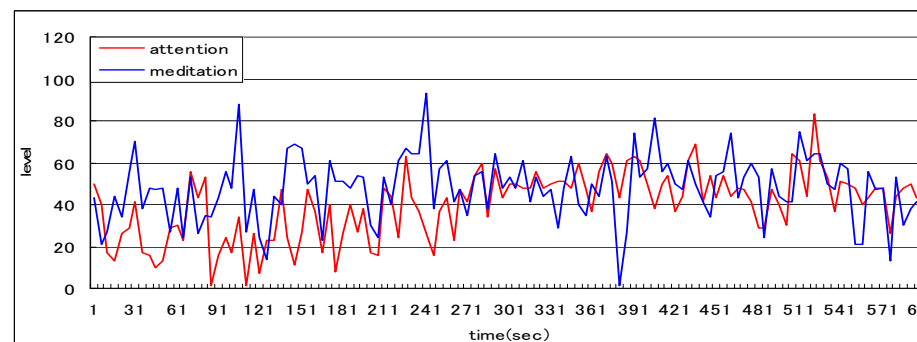


図 7 : Perl の問題を解く

(3) ソフトウェア工学の本を読む

本のはじめは、リラックス状態を保ち時々集中している。そして、少し集中度を増しながら読んで行くようである。やはり興味があまりないのか5分たつと集中度は落ちたままで、瞑想度の方が逆に上がり、ずっとその状態を保っている。

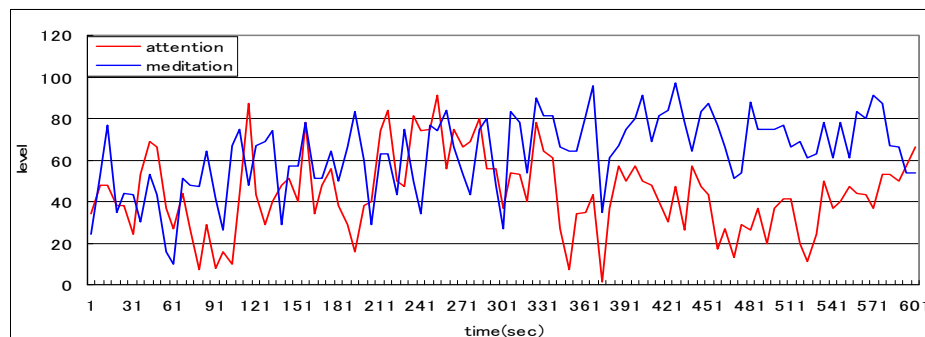


図8：ソフトウェア工学の本を読む

さて、脳波により色々測定してきたが、本当のリラックス状態ではどうなっているか？また、何もしていない時はどうかという疑問がでてきた。

そこで、音楽を聞いている時と何もしていない時の脳波を測ってみた(図9, 10)。そうすると興味ある事実が判明した。音楽を聞いている時は、瞑想度が上がり集中度は下がっており、すごくリラックスした状態を保持している⁶⁾。一方、何もしていない時は、集中度と瞑想度が交互に、しかも頻繁に上下しており心が安定していな状態を顕著に表している。

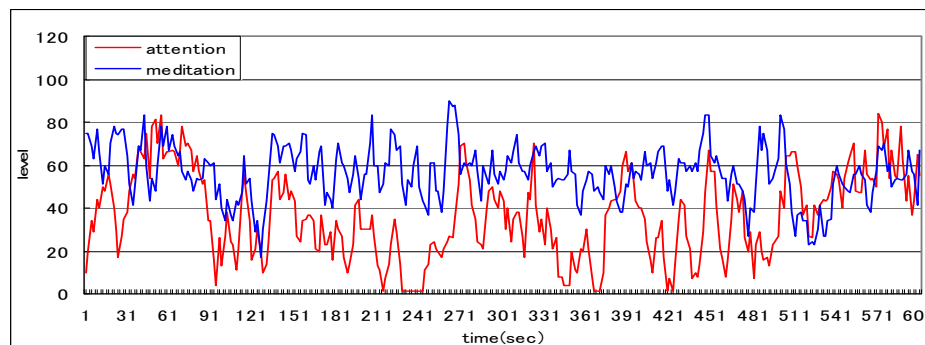


図9：音楽を聴く

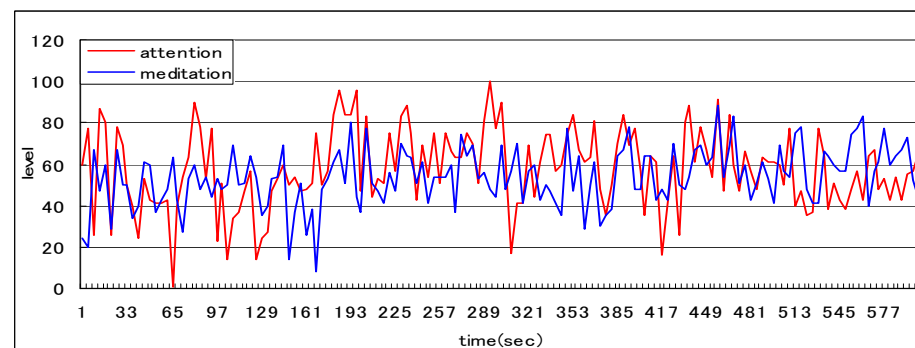


図10：何もしない

こうした中で、脳波センサーを使うことによるフィードバックを行った結果から、次のことが判明した。

- (1) Perl 言語学習のようなプログラミング言語を理解したり、繰返して学習すると効果のあるものは、学習にストレスがかからなく、モチベーションも持続しやすい。
- (2) 仕様書作成等で慣れていなくて、複雑で理解が簡単でないものやプログラムの結合など人とのコミュニケーションが重要な項目は、ストレスがかかり、うまく進まないモチベーションの低下が顕著に現れ、それに応じて脳波センサーに現れる。

7. 考察

7.1 システム評価

Perl の自己学習支援機能は、使う学生のプログラミングレベルにより評価が分かれた。また、プログラミング結合支援も、文書化や標準化を意識して、プログラムの繋ぎの難しさや問題が発生する具体例の例示により理解は進んだが、やはり知識程度に留まった。さらに脳波センサーのフィードバック効果を見ると、言語学習のようなプログラミング言語など、反復学習により効果のあるものは、学習者へのストレス負担が比較的少なく、モチベーションも持続しやすいことが判明した。

一方で不慣れな課題で、複雑で理解が簡単でないものや人とのコミュニケーションが多い項目などは、ストレスがかかり、進行が滞るとモチベーション低下の原因となり、それに反応して脳波センサーに顕著に現れる⁷⁾。

7.2 脳波センサー評価

脳波センサーを使うことにより、学習者のモチベーションや集中力を客観的に測ることができる。これにより、一般的に、学習者が理解しづらいことやストレスがかか

ることを感知できる。また、個々の学習者の得意/不得意な項目やその日の気分によるモチベーションや集中力の度合いも計ることが可能である。

そこで、この脳波センサーを組込んだ遠隔教育システムにより、より極めの細かいフォローシステムの構築も可能と考えられる。

7.3 実験データの分析

脳波測定の実験データから考察すると集中度と瞑想度は何らかの関連性を持っていると思われる。集中度が変化すれば瞑想度も変化することがグラフから見て取れる。また変化の仕方にも関連性があり、片方が小さく変化すればもう片方の値も小さく変動する。そして片方が大きく変化すれば、もう片方も大きく変化することがわかった。

さらに、集中度と瞑想度はある周期で同時にデータの値が落ち込む瞬間が見られた。これはおそらく、人が集中力を保つ能力によるだろうが、常に集中力を高い値に保つことが出来ないからではないだろうかと考えられる。または想像する、思い出す、眠気、ひらめくなどの精神状態のときに多く見られる θ 波の増加により、集中度や、瞑想を構成する α 波や、 β 波の出現率の低下が考えられる。

また、前頭中心部 θ 活動と呼ばれる、脳の集中度が最高レベルな状態であるにも関わらず、浅い睡眠時に現れる θ 波が大量に見られる現象が起こったとも考えられる。

8. 結論

本研究の結果、集中度やリラックス度が実験データから顕著に現れたことから、脳波センサーを遠隔学習システムに使うことは有効性を高めることが検証できた。また、学習には集中度だけではなくリラックス状態を保つことも学習結果をよりよくするということがわかった。

今後は、学習システムにフィードバックするために、集中度レベルと瞑想度レベルが上昇・下降するポイントを明確にする確証実験と分析を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 清水康敬, “e-Learning の在り方と展開の視点”, 教育システム情報学会誌, Vol.20, No.2, pp.238-246, 2003.
- 2) 市村洋, 鈴木雅人, 小畑征二郎, 吉田幸二, 酒井三四郎, 水野忠則: “学習意欲の喚起を目指したマルチメディア授業支援システム”, 日本工学教育協会「工学教育」, pp.2-8, Vol.48, No.2(2000/3)
- 3) Kouji Yoshida, Shin Maruyama, Isao Miyazi, Kunihiro Yamada and Satoru Fujii, “Trial of a distance learning system using a brain waves sensor”, IWIN2010 International Workshop on Infomatics, pp.73-77 (2010)

4) Neuro Sky Sensor

<http://www.neurosky.com/>

5) Dennis J.Mcfarland, Jonathan R.Wolpaw: “Brain-Computer Interfaces for Communication and Control” COMMUNICATIONS ACM, vol.54, No.5, pp60-66

6) 一井亮介, 前田陽一郎, 高橋泰岳: “脳波特徴抽出を用いたリラクゼーション効果測定手法” 日本知能情報フェジィ学会, vol.26, pp51-54 (2010)

7) 安瀬美知子, 刈谷夏陽土, 田部勉: “脳波の α 波と β 波を用いた e-learning 教材評価の試み” 経営情報学会, vol.2005s, pp72-76 (2005)