

モバイル端末を用いた学習時の取組状況把握の試み

藤本 光稀[†] 林 涼弥[‡] 佐藤 徹哉[‡]

[†]神戸市立工業高等専門学校 電気工学科 ICT 応用教育工学研究室 〒651-2194 神戸市西区学園東町 8-3

E-mail: [†] tesato@kobe-kosen.ac.jp

あらまし 近年、スマートフォンやタブレットの形で幅広く普及しているモバイル端末の学習における有効利用が期待されているが、教室外での利用が可能である一方、その学習時の取組状況の把握は容易でない課題がある。学習者個人毎の出題、回答のデータをリアルタイムに取得して分析することは可能であるが、要した時間や正誤を超えた集中の度合いなどの取組状況の把握ができれば遠隔地学習の効率化にも繋げられる。そこで本研究では従来の出題回答情報に加えて学習者の生体情報分析に基づく学習取組状況の把握を目的とした研究について報告する。

キーワード モバイル端末, 学習取組, 生体情報, 脳波, 脈波, まばたき, 眼球運動

An Attempt to Evaluating the Learner Engagement on Mobile Learning Opportunities

Mitsuki FUJIMOTO[†] Ryoya HAYASHI[‡] and Tetsuya SATO[‡]

[†] ICT Applied Educational Technology Lab., Department of Electrical Engineering, Kobe City College of Technology
8-3 Gakuen-higashimachi Nishi-ku Kobe-city, 651-2194 Japan

E-mail: [†] tesato@kobe-kosen.ac.jp

Abstract While various types of mobile devices are pervasively used recently, their effective utilizations are also expected especially in the distance learning opportunities. But it is difficult to evaluate the learner engagement compared to the conventional classroom situation. As an attempt to evaluating the learner engagement on mobile learning opportunities, this article reports on the measurements and analyses of biometric signals including brainwave, pulse wave, eye blink, and eyeball movements during their learning on top of the individual learner's learning data.

Keywords Mobile device, Learning engagement, Biometric signal, Brainwave, Pulse wave, Eye blink, Eyeball movement

1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレットの形でモバイル端末が幅広く普及しており、種々の形で学習における有効利用が期待されている。教室での授業において、分厚い教科書や参考資料を持参することなく迅速に必要な情報を参照できるメリットを活かすことができるだけでなく、教室外でも手軽に学習を行えるメリットを活かせれば忙しい現代の若者の学習効率の向上に寄与できると考えられる。

一方、筆者らが所属する高等専門学校は、中学卒業から5年間の一貫教育を通して若年からの技術者教育を行う学校であるが、数学等の理系科目や技術的な専門科目には興味を持って熱心に取り組む学生が多いものの、英語については苦手意識を持つ学生も少なくない実情がある。そこで学生が興味を持ちやすいモバイル端末を利用して、通学時の電車やバスの中でも手軽に英単語の学習ができるアプリを目標に開発を始めたのが KCCT (Kobe City College of Technology) Vocabulary Builder である[1,2]。

KCCT Vocabulary Builder は英語に苦手意識を持つ本校学生でも、基礎となる英単語を英語のまま理解する力を、隙間時間を利用して鍛えることを目的に開発した。画面のデザインは図1に示す基本画面構成のように、タッチディスプレイ上部に問題として出題する

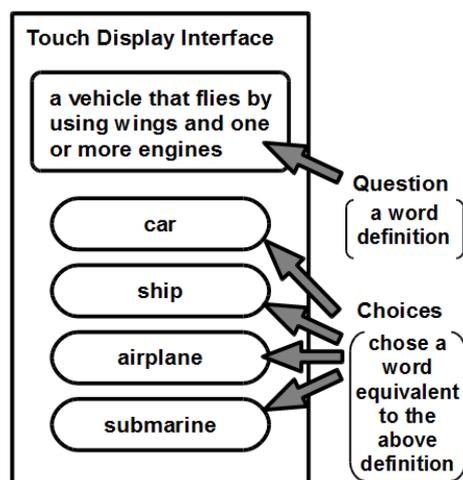


図1 KCCT Vocabulary Builder の基本画面構成

英単語の定義文(説明文)を英語で表示し、同時に正解となる英単語を含む4つの選択肢を下部にボタンとして表示して、学習者が選択する形式で出題した。

図2に実際にiPhone上に実装した画面を示す。英単語を英語のままでも瞬時に理解できる力を鍛えるため、一定時間内にできるだけ多くの正解を目指して取り組めるように、正解時は右上に表示したスコアを+1として次の問題に進む一方、不正解時は-1として同じ問題にとどまる仕様とした。

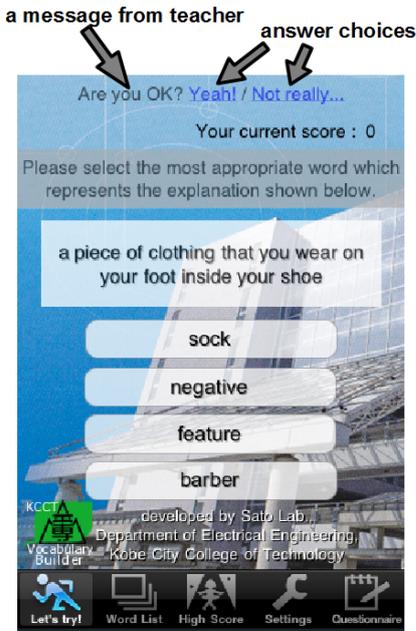


図2 iPhoneでのKCCT Vocabulary Builder実装画面

出題から正誤判定、スコア表示等の動作と、回答に要した時間も含む学習データの記録はiPhone上で行って通信環境が無い場面でも学習が行える仕様としたが、通信環境のあるところでは学習データを専用サーバに集積して、グループ内のハイスコアや、各人のスコアの推移等も共有できる仕様とした。

また、継続利用のモチベーションを高める工夫として、画面最上部に任意のwebページの表示機能も実装し、激励メッセージを表示したり、簡単な回答を選択できるようにして先生とのコミュニケーション等にも利用できるようにした。

しかしながら、本アプリが通信環境無しで利用できるという点は携帯ゲーム機用アプリとして市販されている英単語学習ソフトでも同じであり、通信環境下でサーバ上に集積したデータを活かせるという点も通常のwebベースの学習教材で幅広く行われていることである。

すなわち、本KCCT Vocabulary Builderでは、回答の選択をiPhone上のタッチディスプレイで行い記録もアプリで行っているため、通信環境の影響を受けずに

回答に要した時間が記録できるメリットはあるものの、本質的には通常のwebベースの学習教材の一部をアプリ化して端末に取り込んだに過ぎないものであった。

一般に携帯ゲーム機用のソフトであれwebベースの学習教材であれ、従来の教室での対面授業と比較して学習者の学習への取組状況の把握が課題である。教室での授業であれば、演習問題への取組状況も学習者の姿勢や筆記具の動きなどから自然と伝わって来るものであるが、モバイル端末を用いた遠隔での学習では、各問題の正誤や回答に要した時間等のデータでしか推し量ることができないことが課題であった。

2. 生体情報計測による取組状況把握

生体情報計測による取組状況把握を目的として、本研究では先ず近年ゲームコントローラにも利用され安価に入手できる脳波センサー(NeuroSky社製 Mindwave Mobile)による計測を試みた。実際に使用した脳波センサーを図3に示す。



図3 脳波センサー(NeuroSky社製 Mindwave Mobile)

一般に脳波はδ波(1~3Hz)、θ波(4~7Hz)、α波(8~13Hz)、β波(14Hz~)のように周波数成分毎に一定の意味合いを持つことが知られているが、NeuroSky社の脳波センサーではそれらを基にした集中度(Attention)と落ち着き度(Meditation)を0~100の独自の評価値としてリアルタイムで算出することが可能で、それらの評価値を用いて種々の取り組み時における脳負荷を推定できることが報告されている[3-6]。

iPhoneに実装したKCCT Vocabulary BuilderにBluetoothで本脳波センサーを接続し、英単語学習中の評価を行なった実験でも、取り組み中の英単語の難易度や品詞による違いを評価することができた[7]。

また、当初のKCCT Vocabulary Builderは図1、図2に示すように、英語で表示された英単語の定義文(説明文)を読むことでReading力を鍛える仕様であったが、次第に安価に入手可能となったAndroid端末に実装して英語で読み上げることでListening力を鍛えることも出来るようにした実験でも、正誤の状況や読み上げ速度の違いなどによる取組状況を評価することができ

た[8,9]。また、対戦型とすることでも集中度が向上する様子进行评估することができた[10]。

学習時の取組状況把握に活かせる可能性のある生体情報として、本研究では脳波の次に脈波計測に着目した。心臓の鼓動は心筋信号を計測する心電図か、血流を計測するパルスオキシメータを用いて波形として記録することができるが、本研究では指先で簡単に計測可能なパルスオキシメータ(Konica Minolta 社製 Pulse oximeter SR-700bs)を Bluetooth で Android 端末上に実装した KCCT Vocabulary Builder に接続して用いた。実際に使用したパルスオキシメータを図 4 に、測定した脈波を図 5 に示す。



図 4 Konica Minolta 社製 Pulse oximeter SR-700bs

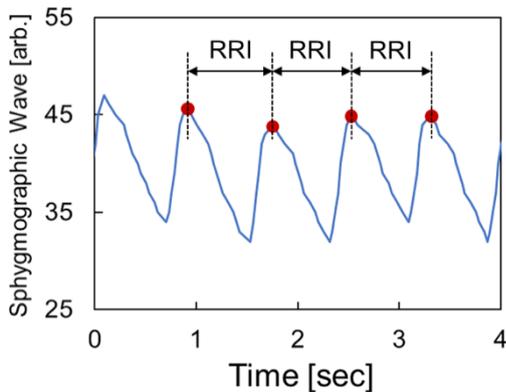


図 5 パルスオキシメータで測定した脈波と R R I

図 5 に示した R R I は、心室の収縮に対応する R 波の間隔 (inter-beat(RR) interval) を示し、一般に非ストレス下の通常の状態では一定では無く心拍変動(心拍ゆらぎ)がある一方、ストレス状態に置かれると心拍変動が減少し R R I が一定に近づくことが知られている。この変化は図 6 に示すように、時系列の R R I を、n 番目の R R I を X 軸に、続く n+1 番目の R R I を Y 軸にプロットしたローレンツプロット用いて分析すると、ストレス下ではプロットのばらつきが減少して集中する傾向があることが知られている[11]。さらに R R I の周波数分析を行なうことも幅広く行われているが、本研究では学習取組状況をリアルタイムに把握して効果的な学習に活かすことが目的であるため、Android 端末上でもリアルタイムに演算が可能な評価値として図 7 に示す

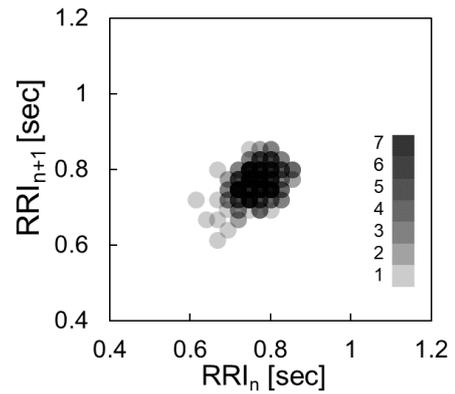


図 6 R R I のローレンツプロット

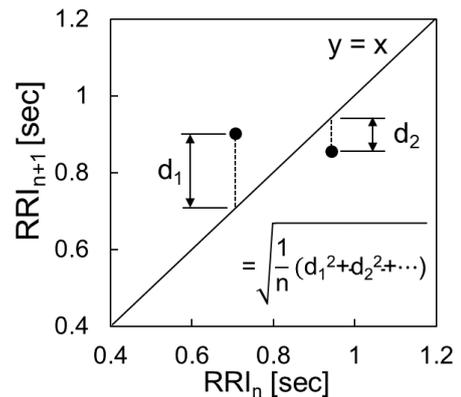


図 7 新たな評価値 R R I fluctuation の定義

R R I fluctuation を新たな評価値として算出して用いた。この評価値は n 番目の R R I が続く n+1 番目の R R I と同じであればゼロとなり、ローレンツプロット上のプロットのばらつきと集中を定量的に扱うことが可能で、KCCT Vocabulary Builder に接続して用いた実験でも脳波による評価と同様に取組状況の評価を行うことができた[12-16]。

3. 日常的に利用可能な取組状況把握

本研究の目的である学習取組状況の把握に関しては、上述の脳波・脈波の計測を利用して一定の評価が可能であることは実証することができたが、いずれも専用のセンサーを装着する必要がある、通学中の電車やバスの中で隙間時間を利用した学習を効率化する目標に向けて日常的に利用可能なセンサーではない。

また、本研究を進める中で培われた技術を本校学生の英単語学習以外に活用することも目標とするには、より日常的に手軽に利用可能な取組状況把握手段が必要になるものと考えられる。例えば、2015 年の国連総会で採択され、2016 年から世界的に取り組みが開始された SDGs(Sustainable Development Goals)の 4 番目に掲げられている Quality Education は、後発開発途上国や小島嶼開発途上国を含む全ての地域に教育を普及させ

ることを目標としているが、通学困難な地域ではモバイル端末を利用した教育が期待されている。そのような遠隔地教育では、モバイル端末を利用した学習時においても手軽に利用可能な取組状況把握手段が必要になるものと考えられる。

さらに我国では近年の高齢化の進展に伴い、新たな社会問題として対策が急務と考えられている認知症対策においても、これまで英単語学習で用いてきた双方向の対話を活かすことができると考えられるが、毎日の認知トレーニングを効果的に行うには取組状況の把握が重要になるものと考えられる。

これらの目的に合致する日常的に利用可能なセンサーとして、新たに図8に示すスマートメガネ(JINS社製 JINS MEME)の利用を試みた。

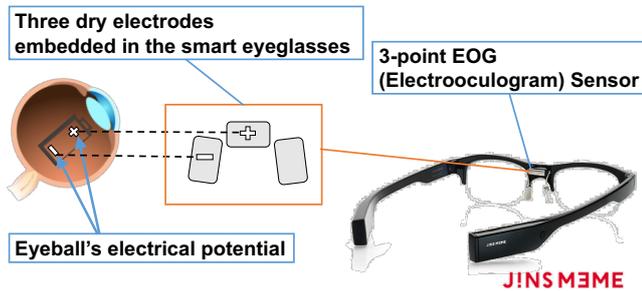


図8 スマートメガネ(JINS 社製 JINS MEME)

このセンサーは約 34g と重量もサイズも通常のメガネと変わらないフレームに図8に示す3個の金属電極を配置し、筋電信号と眼球電位をリアルタイムに計測することで、まばたきのタイミング、強度、速度と、上下左右4方向への眼球運動を測定し、加えてフレームに内蔵された加速度センサーと角速度センサーにより、頭部の向きと動きを計測できる。

一般に映画や演劇鑑賞時の観客のまばたきは、無意識の内に大きな場面の切り替わりに同期することが知られており、何らかの形で観客の心理的な内面が反映されているものと考えられる。また、古来より『目は口ほどに物を言う』とのことわざにある通り眼球の動きもまた心理的な内面が反映されるものと考えられる。

実際に本センサーを用いて、これらの測定値が特定の場面で被験者の心理的な内面を反映していることが報告されているが[17,18]、本研究では先ず日常の場面で眼球運動とまばたきの回数の多少を比較する実験を行った。実験はバッティングセンターでの野球のバッティング練習中、自動車の運転中、TOEIC 模擬テストの受験中、パソコンでのプログラムのデバック中、ビデオゲームでシューティングゲームを行なっている時、テレビで猫のビデオを見ている時の6種類とし、全て3分間の眼球運動回数とまばたきの回数を計測した結果を図9にそれぞれ EyeMove・Blink として示す。

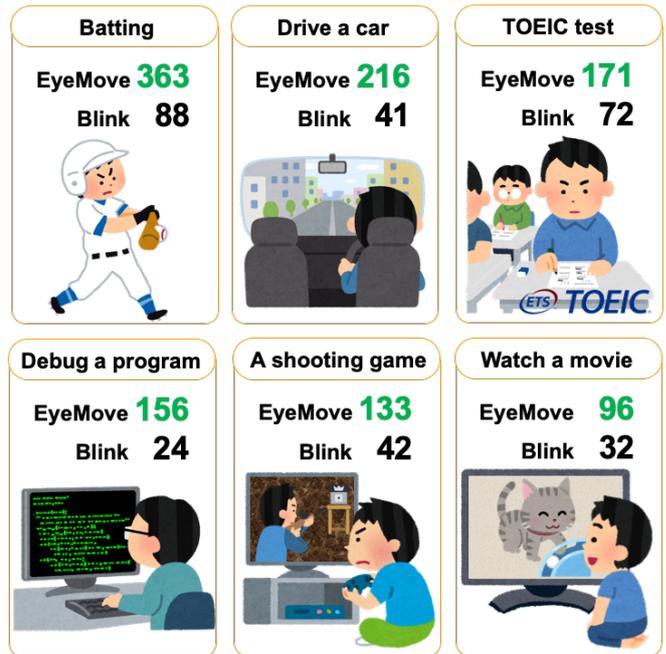


図9 種々の活動中の眼球運動回数とまばたき回数

眼球運動の回数はバッティング>自動車運転>TOEIC 試験>デバック>シューティングゲーム>猫のビデオ感鑑賞の順で、各活動時の眼球運動が計測できているものと考えられる。一方でまばたき回数については眼球運動回数と同じ順序では無く、何らかの心理的な内面が反映されているものと思われる。例えば、パソコンでのプログラムのデバック中に顕著にまばたきが少ないのは、一般にオフィスワークでパソコンでの仕事に集中しすぎるとまばたきが減少することで乾き目に悩まされることが多いことと一致しているものと考えられ、何らかの集中度の指標として用いることができる可能性を示唆しているものと考えられる。

4. 統合的な分析が可能なシステムの開発

上述のように日常的に利用可能なスマートメガネを用いることで本研究の目的である学習取組状況の把握が行える可能性はあるものと考えられるが、これまでに培ってきた英単語学習時の脳波・脈波の分析結果と統合的な解析を行うことで被験者の心理状態を把握することを目指して図10に示すシステムを開発した[19,20]。スマートメガネで計測可能なデータのみから直接的に学習者の心理状態を解明することは困難であっても、これまでに培った脳波・脈波の分析と統合的な解析を行うことで、脳波・脈波の分析結果とスマートメガネで計測可能なデータの相関を明らかにすることができれば、スマートメガネのデータからだけでも間接的に学習者の取組状況把握が行える可能性があると考えられるからである。



図 1.0 KCCT Vocabulary Builder のシステム全体構成図

本システムでは、Android 端末に実装した KCCT Vocabulary Builder と 3 つのセンサーを同時に Bluetooth で接続することで、英単語学習時の学習者の脳波センサー、パルスオキシメータ、スマートメガネからの生体情報を全て同時にリアルタイムに記録することが可能であり、統合的な分析を行うことができる。また、図 1.1 に示すように、実際の実装画面には残り時間をバググラフで表示するようにした他、データとしては脳波センサー・脈波センサー・スマートメガネから得られるデータに加えて、モバイル端末そのものの加速度センサーから得られたデバイスの保持角度データも記録できるようにした。

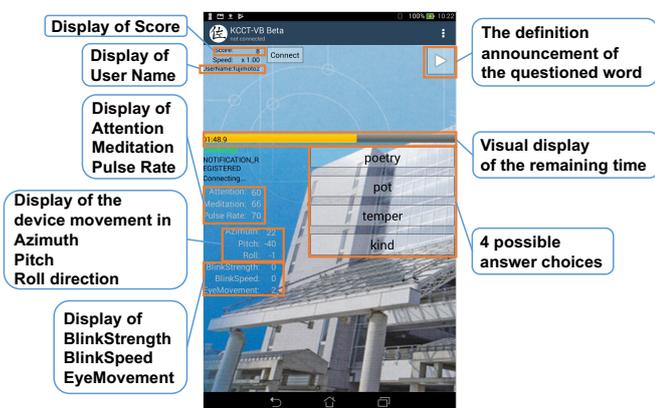


図 1.1 現在の KCCT Vocabulary Builder の画面

本システムで出題や回答に要した時間や正誤等の通常の学習情報に加えてリアルタイムに計測できるデ

ータをまとめて表 1 に示す。

表 1 KCCT Vocabulary Builder の計測・記録データ

測定デバイス	記録できるデータ
脳波センサー NeuroSky 社製 Mindwave Mobile	<ul style="list-style-type: none"> 集中度(Attention) 落ち着き度(Meditation)
パルスオキシメータ Konica Minolta 社製 Pulse oximeter SR-700bs	<ul style="list-style-type: none"> 脈動波形(Pulse wave) 脈拍数(Pulse rate) 血中酸素飽和度(Blood oxygen level, SpO₂) 脈波強度(PI: Perfusion Index)
スマートメガネ JINS 社製 JINS MEME	<ul style="list-style-type: none"> まばたき強度(Blink strength) まばたき速度(Blink speed) 眼球運動(Eyeball movements) 加速度(頭部の向き) 角速度(頭部の動き)
アンドロイド端末	<ul style="list-style-type: none"> 端末内臓加速度センサー出力(端末の向き)

5. まとめと今後の予定

モバイル端末を用いた学習時の取組状況把握を目標として、脳波・脈波センサーと日常的に利用することができるスマートメガネで計測可能なまばたきや眼球運動や頭部の向きと動き、モバイル端末の向き等のデータを統合的に分析可能なシステムを開発した。今

後開発したシステムを利用して英単語学習時の取組状況把握を目指して実験を進める予定である。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K02926 の助成を受けたものです。

文 献

- [1] Yukihiro Nishida and Tetsuya Sato, "A Study on ESL Learning in Early Engineering Education using Smart Phones," Proc. of E-Learn2011(World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education) organized by AACE(the Association for the Advancement of Computing in Education), pp.337-342, Hawaii, USA, Oct.2011.
- [2] Yukihiro Nishida, Satoshi Itakura, Yushi Shirasu, and Tetsuya Sato, "A Study on the ICT-based Educational System Development for ESL Learning Using Smart Phones and Practical Educational Experiments," Proc. of ISTS2012(The Second International Symposium on Technology for Sustainability), pp.232-235, Bangkok, Thailand, Nov.2012.
- [3] An Luo and Thomas J. Sullivan, "A user-friendly SSVEP-based brain-computer interface using time-domain classifier," Journal of neural Engineering, Vol.7, pp.1-10, 2010.
- [4] Jack Mostow, Kai-min Chang, and Jessica Nelson, "Toward Exploiting EEG Input in a Reading Tutor," Proc. of the 15th International Conference on Artificial Intelligence in education(AIED) 2011, Lecture Notes in Computer Science(LNCS), Vol.6738, pp.230-237, 2011.
- [5] Eija Haapalainen, SeungJun Kim, Jodi F. Forlizzi, and Anind K. Dey, "Psycho-Physiological Measures for Assessing Cognitive Load, Proc. of the 12th ACM international conference on Ubiquitous Computing (UbiComp'10), pp.301-310, 2010.
- [6] Katie Crowley, Aidan Sliney, Ian Pitt, and Dave Murphy, "Evaluating a Brain-Computer Interface to Categorize Human Emotional Response," Proc. of 2010 IEEE 10th International Conference on Advanced Learning Technologies(ICALT), pp.276-278, 2010.
- [7] Satoshi Itakura, Toshiya Kira, Shigeki Suehiro, and Tetsuya Sato, "A Study on ESL Learning in Early Engineering Education using Smart Phones linked with Brainwave sensor," Proc. of E-Learn2013, pp.798-803, Las Vegas, USA, Oct.2013.
- [8] Yuki Kurata, Naoki Funahara, Junichi Hayashi, Eiichiro Ohashi, Nana Otsuka, and Tetsuya Sato, "Development of an Experimental Platform for English Vocabulary Learning in Early Engineering Education using Smartphones," Proc. of E-Learn2015, pp.844-849, Hawaii, USA, Oct.2015.
- [9] Naoki Funahara, Yuki Kurata, Junichi Hayashi, Eiichiro Ohashi, Nana Otsuka, and Tetsuya Sato, "A Study on English Vocabulary Learning Behaviors Based on Biological Data Analysis," Proc. of E-Learn2015, pp.1721-1726, Hawaii, USA, Oct.2015.
- [10] Yuki Kurata, Daichi Minayoshi, Shingo Morioka, Yoshiaki Yasufuku, and Tetsuya Sato, "Development of a Gamifunctional Experimental Platform Utilizing a Fighting Game Style Learning and an Avatar Encouragement for English Vocabulary Building Application on Smartphones," Proc. of E-Learn2016, pp.1016-1021, Washington DC, USA, Nov.2016.
- [11] Przemysław Guzik, Jarosław Piskorski, Tomasz Krauze, Raphael Schneider, Karel H. Wesseling, Andrzej Wykretowicz, and Henryk Wysocki, "Correlations between Poincaré Plot and Conventional Heart Rate Variability Parameters Assessed during Paced Breathing," J. Physiol. Sci., Vol.57, No.1, pp.63-71, 2007.
- [12] Ryosuke Shimmura, Ryohei Konishi, Ken Nakajima, Ryoya Hayashi, and Tetsuya Sato, "Development of a Versatile Experimental Platform for English Vocabulary Learning Based on Extended Biometric Information Analyses," Proc. of E-Learn2017, pp.771-776, Vancouver, Canada, Oct.2017.
- [13] Ryohei Konishi, Ryosuke Shimmura, Ken Nakajima, Ryoya Hayashi, and Tetsuya Sato, "A Study on Inconscient Learning Behaviors and Psychological Evaluations Using Biological Data for an Image-Based Vocabulary Building Application," Proc. of E-Learn2017, pp.718-723, Vancouver, Canada, Oct.2017.
- [14] Takaya Masaki, Tomohiro Nakahara, Hatsuho Nankai, Ryoya Hayashi, Akihito Fujimoto, and Tetsuya Sato, "Utilization of AI Voice Interaction for Educational Experiment System Based on Biological Data Analysis," Proc. of E-Learn2018, pp.53-55, Las Vegas, USA, Oct.2018.
- [15] Ryoya Hayashi, Tomohiro Nakahara, Hatsuho Nankai, Akihito Fujimoto, Takaya Masaki, and Tetsuya Sato, "A Study of Pulse Wave Analysis Based on Biological Data Measurements in Educational Experiments," Proc. of E-Learn2018, pp.139-144, Las Vegas, USA, Oct.2018.
- [16] 佐藤徹哉, "国際技術者養成のための ICT 応用教育を目指して,"教育システム情報学会誌, Vol.36, No.2, pp.43-46, Apr.2019.
- [17] Shoya Ishimaru, Kai Kunze, Katsuma Tanaka, Yuji Uema, Koichi Kise, and Masahiko Inami, "Smart Eyewear for Interaction and Activity Recognition," Proc. of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI 2015), pp.307-310, Seoul, Republic of Korea, Apr.2015.
- [18] Nathaniel Barbara and Tracey A. Camilleri, "Interfacing with a speller using EOG glasses," 2016 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics(SMC), Budapest, Hungary, Oct.2016.
- [19] Mitsuki Fujimoto, Ryoya Hayashi, and Tetsuya Sato, "Development of an Evaluation Platform of Learner Engagement: A Measurement of Eye Movement with Conventional Pulsewave and Brainwave," Proc. of E-Learn2019, pp.484-489, New Orleans, USA, Nov.2019.
- [20] Ryoya Hayashi, Mitsuki Fujimoto, and Tetsuya Sato, "A Quantitative Study on Learner Engagement Evaluation: Integrated Analysis of Biosignals Including Pulse Wave and Eye Movements," Proc. of E-Learn2019, pp. 496-501, New Orleans, USA, Nov.2019.