

## e-learning 受講中の生体情報を用いたコンテンツの 質の評価に関する実験

矢島邦昭<sup>†</sup> 小川信之<sup>††</sup> 高附祐輔<sup>†</sup> 野村収作<sup>†††</sup> 福村好美<sup>†††</sup>

e-learning 受講中の学生の生体情報を計測し、それらの分析結果から、コンテンツの質の評価を客観的に評価する方法について検討する。これまでの実験で血行力学パラメータを用いたコンテンツの質の評価についてある程度の結論を導き出すことができていた。今回、皮膚電気抵抗、心拍数が有効な情報としてとらえ、同じ内容のコンテンツを異なる時間分割方法で再構成したコンテンツを用いて、20才(高専5年生)の学生36名を対象とし計測実験を行った。その解析結果をコンテンツへの集中度の客観的評価として用いることが可能か検討し報告する。

### Experiment about Evaluation of the Quality of the e-learning Contents Using by Student's Biological Information

KUNIAKI YAJIMA<sup>†</sup> NOBUYUKI OGAWA<sup>††</sup> YUUSUKE TAKATSUKI<sup>†</sup>  
SYUUSAKU NOMURA<sup>†††</sup> YOSHIMI FUKUMURA<sup>†††</sup>

We evaluated contents from student's biological information. This time, we conducted the measurement experiment to 36 students who were 20 years olds. The experiment was conducted on the composition which differ the contents of the same contents. We notice that the evaluation using the student's biological information was possible from the result of the vagus nerve disease and the The galvanic skin response.

#### 1. はじめに

インターネットの利用は過去10年間急速に一般化している。日本におけるインターネットの世帯普及率は2011年末には76.0%に達している。こうした高度情報処理社会の発展に伴い、e-learning環境においてもmoodleに代表されるオープンソースLMS(Learning Management System)の適用やコンテンツ教材の開発が進展しており、利便性から近年では学校や企業においてもオンラインによる教育が活発になりつつある。現状のe-learningシステムでは、選択した講義のコンテンツに対し、受動的に受講する形態が主流であり、受講中に集中力ややる気の低下が誘発されることが考えられる。また、集中的に取り組んでいても定着度を確認すると思っただけ理解ができていない場合がある。受講する学生の性格、学習コンテンツとのマッチングが取れるとe-learningは非常に有効な手段であるが、それ以外の場合にはあまりいい結果を生まない。

通常の授業形式であれば、教師が学生の発言や反応、態度から集中力や理解度といった情報を把握し、課題の出題や授業の進行速度を変更するなどして学生の理解に対するフォローすることが可能となる。

これに対しe-learningにおいては、受講者が受講を行うPC上であらかじめ録音や録画されたデータを受講する。そのため受講者が理解しているか、コンテンツ中に集中しているかどうかを把握するには受講後のアンケートやテストしか方法がなく、受講者のコンテンツに対する評価以外の外的因子の影響を多く含んでいる。

近年のセンシングデバイスや生体アンプの発展により、個人個人の不随意かつマルチモーダルな生理情報を、客観的な精神状態の評価に関する研究が急速に発展している。このような生体情報による生理心理評価研究では、脳波(electroencephalogram: EEG)や心拍数変動(heart rate variability: HRA)の評価が最も一般的であるが、皮膚電気活動(electro dermal activity: EDA)や皮膚表面温度などの生化学物質指標をも含めた血行力学のパラメータを用いた血行力学によるストレスの評価研究が進められてきた。e-learningや学習一般に対しても、血行力学のパラメータによる生理評価研究が進められているが、受講者の生理反応の種類、その頑健性の違いなどにより統一した理解はされていないが、コンテンツの質を客観的に評価するために受講中の学生からの生体情報を記録、解析することで、受講者のコンテンツへの集中度を客観的に評価する研究を進めている[1]。

平成21年度、長岡技術科学大学との共同実験にて、e-learningで用いられる教材に関する生理研究として血行力学のパラメータによる生理評価研究として、1つはビデオで講師が説明を行い受講者が随所で簡単な問題を解く「対話型」の教材、もう1つは文章と説明と結果のみの「非対話型」の教材で、生体情報として心臓迷走神経活動(High Frequency Component: HF)、血行力学のパラメータの測定実験を行った。この実験結果より、血行力学のパラメータの変化は、対話型コンテンツ受講中においてはパターンI、即ちストレスに対する能動的対処を惹起し、非対話型コンテンツ受講中はパターンIIの受動的対処を喚起したという

結果が得られた。測定の結果は、コンテンツの理解度や問題の回答、受講者の測定当日の体調や測定時間帯などが影響し、学習時間や集中力に個人差が生じる結果となったが、この実験より、受講者の血流と指先の温度から能動的、受動的な受講状態を判別できることが報告している。

本論では、同世代の学生を対象に前実験で得られた全抹消抵抗に着目するとともに、心拍数の変動に着目した。

また、これらのパラメータから血行力学的パラメータの一種である全抹消抵抗に着目した。これは指先の末梢血管の血圧変化を測定した結果であり、その実験結果より、コンテンツ受講中の受講者の血圧がおおよそ7～8分周期で変化している様子が認められた。これより、受講者の指先の温度をリアルタイムで計測を行うことで、末梢血管の血圧変化を収集した。その結果、集中力の低下がみられると体温が低下することから、同じコンテンツを再構築し、2つのパターンで学生に受講してもらい、生体情報の計測を行うことで、コンテンツへの集中度の変化を客観的にとらえることが可能かの実験を行った。

対象学生は、前回と同様に19～20歳の男性学生（高等専門学校4年生）に対して行い、計測環境も外部からの刺激を遮断した状態で行った。その結果、同じ内容であっても、コンテンツの構成方法により、受講者の集中具合の変化が皮膚電気抵抗の変化に現れることがわかった。

## 2. 生体情報によるコンテンツの質の評価

### 2.1 生体情報によるコンテンツ評価

通常の授業形式であれば、教師が学生の発言や反応、態度から集中力や理解度といった情報を把握し、課題の出題や授業の進行速度を変更するなどして学生の理解に対するフォローすることが可能となる。

これに対し e-learning においては、受講者が受講を行う PC 上であらかじめ録音や録画されたデータを受講する。そのため受講者が理解しているか、コンテンツ中に集中しているかどうかを把握するには受講後のアンケートやテストしか方法がない。しかし、受講中の生体情報を計測し、集中力などを算出することができればそのコンテンツの有用性を確認できると考えられる。また、この結果をもとにコンテンツの修正を行えば、質の高い計測システムを作成することができると考えられる。

また、e-learning を受講する上で集中度や習熟度といった情報はコンテンツに依存する。そこで、コンテンツの評価を行うシステムや習熟度を向上させるシステムを開発する必要がある。このシステムを開発することにより、コンテンツの質を高めることが可能となり、受講者の習熟度や集中度も向上させる事が可能になると考えられる。

そこで本研究では生体情報を用いたコンテンツの評価研究に着目した。この生体情報には近年の生理心理学において注目を集めている血行力学的パラメータを用いる。

近年のセンシングデバイスや生体アンプの発展により、個々人の不随意かつマルチモーダルな生理情報を、客観的な精神状態の評価に関する研究が急速に発展している。このような生体情報による生理心理評価研究では、脳波 (electroencephalogram: EEG) や心拍数変動 (heart rate variability: HRA) の評価が最も一般的である。これに加え、皮膚電気活動 (electro dermal activity: EDA) や皮膚表面温度、あるいはホルモン分泌などの生化学物質指標も用いられている。こうした指標は血行力学的パラメータと呼ばれ、これまで生理心理学の分野において血行力学によるストレスの評価研究が進められてきた。e-learning や学習一般に対しても、血行力学的パラメータによる生理評価研究は進められているが、受講者の生理反応の種類、その頑健性の違いなどにより統一した理解はされておらず、現時点では個別の研究事例を積み重ねている段階である。

平成 21 年度、長岡技術科学大学との共同実験にて、e-learning で用いられる教材に関する生理研究として血行力学的パラメータによる生理評価研究を行った。血行力学的パラメータは実験心理学的にデザインされた心理的ストレスに対して特徴的なパターンを示し（「パターン I」および「パターン II」）、それがまた、行動的にはストレスに対する「能動的対処」および「受動的対処」に関連付けられる。人間はストレスを感知すると血圧が上昇するが、実際には負荷されるストレスの種類により、「パターン I：心臓型」および「パターン II：血管型」の別々の生理反応を介して“結果的に”血圧の上昇を引き起こしている。この血行力学的パラメータにおける生理反応の分化は、行動的にはストレスに対する「能動的対処/受動的対処」のモデルにより説明される。つまり、パターン I は暗算や電撃回避により典型的に惹起されるパターンである。これはある程度コントロール可能なストレスに対して自ら行動を起こして対処するような文字通り「能動的対処」により出現する。反対に、パターン II は騒音など有効な対処の手立てがなく、置かれた状況に耐えてストレスが過ぎ去るのを待つといった「受動的対処」により出現すると考えられている。

実験では2種類の異なる e-learning コンテンツを用意し、受講中の血行力学的パラメータによる生体情報を測定、比較を行った。1つはビデオで講師が説明を行い、受講者が随所で簡単な問題を解く「対話型」の教材、もう1つは文章と説明と結果のみの「非対話型」の教材である。生体情報として心臓迷走神経活動 (High Frequency Component: HF)、血行力学的パラメータである最高血圧 (systolic blood pressure: SBP)、最低血圧 (diastolic blood pressure: DBP)、平均血圧 (mean blood pressure: MBP)、心拍数 (heart rate: HR)、心拍出量 (cardiac output: CO)、一回拍出量 (stroke volume: SV)、全末梢抵抗 (total peripheral resistance: TPR) を測定した。この実験より、血行力学的パラメータの変化は、対話型コンテンツ受講中においてはパターン I、即ちストレス

に対する能動的対処を惹起し、非対話型コンテンツ受講中はパターンⅡの受動的対処を喚起したという結果が得られた。測定の結果は、コンテンツの理解度や問題の回答、受講者の測定当日の体調や測定時間帯などが影響し、学習時間や集中力に個人差が生じる結果となったが、この実験より、受講者の血流と指先の温度から能動的、受動的な受講状態を判別できることが報告されている[2]。

## 2.2 生体情報の計測

受講者の心拍数を測定する汎用生体アンプ(BIOPAC MP150 system)を図 1 に、測定画面を図 2 に示す。また、血圧を容積補償法により測定する連続・非観血式血圧測定システム(Finometer)を図 3 に、測定画面を図 4 に示す。



図 1 BIOPAC MP150 system の外観図  
Figure 1 BIOPAC MP150 system.

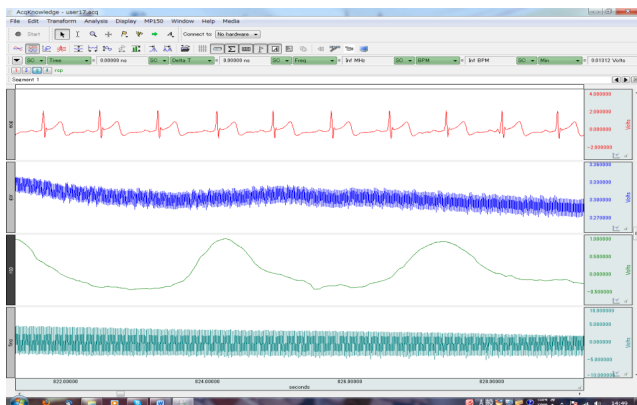


図 2 BIOPAC MP150 system の測定画面  
Figure 2 Measurement of Bio Signals.

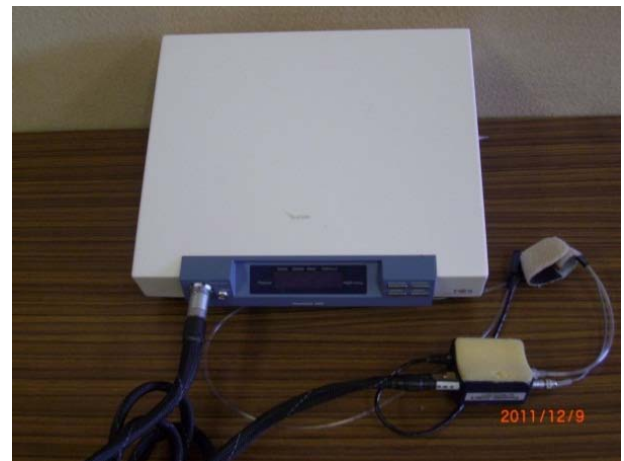


図 3 Finometer の外観図  
Figure 3 Finometer.

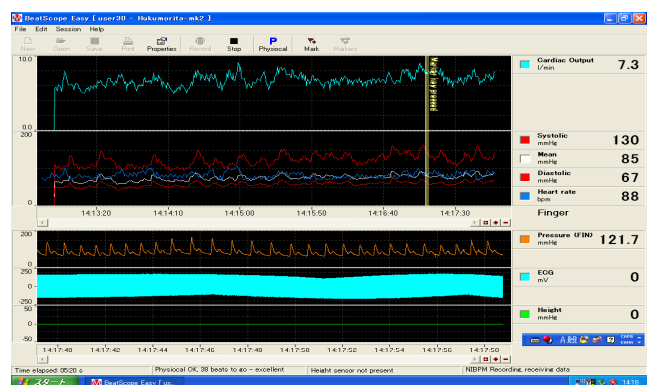


図 4 Finometer の測定画面  
Figure 4 Measurement by Finometer.

## 2.3 コンテンツ構成と生体情報の変化

前実験から対話型と非対話型のコンテンツにより受けるストレスの違いがあることを血行力学的パラメータの一種である全抹消抵抗より確認した。これは指先の末梢血管の血圧変化を測定した結果であり、その実験結果より、コンテンツ受講中の受講者の血圧がおよそ7~8分周期で変化している様子が認められた。

しかし、コンテンツの1つのセッションの長さによるストレスの違いは確認されていない。そこで長さの違いによる傾向を調べるために2パターンのコンテンツを準備した。今回使用するコンテンツは岐阜高専の数学アラカルトを使用した。受講を行う画面を図 5 に示す。また測定パターンは同じ内容のコンテンツであっても、コンテンツの長さによって集中力に変化がみられるか確かめるために2種類準備した。その組み合わせを図 6 に示す。

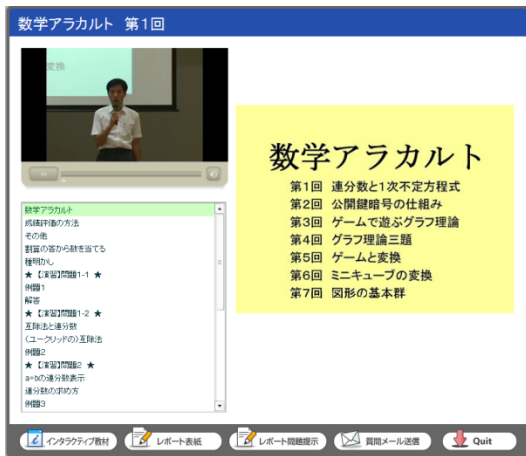


図 5 数学アラカルトトップ画面  
 Figure 5 Top of Mathematics contents.

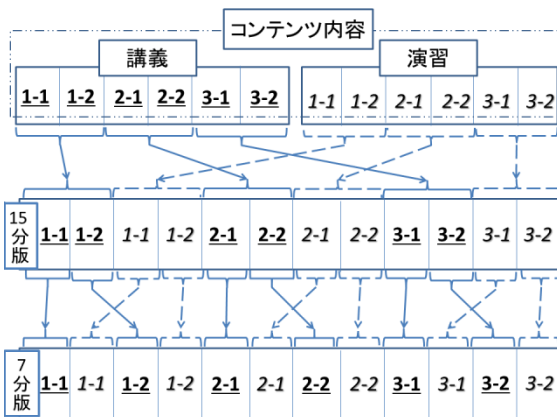


図 6 講義と演習の組み合わせ  
 Figure 6 Combination of contents.

コンテンツの講義部分にはひとつなぎで45分の講義の講義を用いる。これを内容により6分割に分ける。また、それぞれの講義の内容に対応する演習を6個用意する。そして図8のように講義2つを行いそれに対応する演習2つを解くのを交互に繰り返すパターンを15分版、講義1つを行いそれに対応する演習を1つ解くのを交互に繰り返すパターンを7分版と呼ぶ。これらのコンテンツに対し、本科5年生15名ずつを対象とした測定実験を行う。

また、測定環境は本校空教員室1室を利用し、受講者と測定者を隔離して集中できる環境において測定を行った。この環境を図7に示す。図7のように受講者には集中できるよう一室をホワイトボードで区切り、受講者に最低限の負荷しかかけないようにした。また、図8のように左手と耳にセンサを取り付ける。また、受講中の様子を監視できるようビデオカメラで記録を行う。



図 7 実験環境  
 Figure 7 Experiment environment.



図 8 計測の様子  
 Figure 8 The situation of measurement.

## 2.4 計測した生体情報の解析

測定した生体情報の解析を行った。解析方法としてはBIOPAC MP150 systemの測定ソフトを用いた。解析する情報は迷走神経の変動と皮膚電気抵抗の2つから集中力を算出する。迷走神経の変動は、測定した心電図を用いて行う。心電図のある拍動から次の拍動までの周期をゆらぎと呼ぶ。このゆらぎは常に変動しており、この変動のみを示したグラフを心拍変異グラフと呼ぶ。この心拍変異グラフでは、変異度の減少が見られた場合、慢性的な疲労状態やストレスがかかっている状態であるといえる。今回はこのグラフに対しFFTをかけることで副交感神経の活動指標の値が求められる。皮膚電気抵抗は、皮膚電位を記録し、30秒ごとに平均を取ることで皮膚電気抵抗が求められる[2]。

それぞれのパターンにおいてランダムに選出した5人に対して皮膚電気抵抗の変動調査の結果を図9～図16に示す。

図9,図10に迷走神経の変動調査の結果を示す。図11,図12は、コンテンツの講義版、演習版でまとめたものである。図13,図14は、皮膚電気抵抗の変動調査の結果を示す。図15,図16は、コンテンツの講義版、演習版でまとめたものである。図中の縦の線はコンテンツの切り替わりを示す。7分版、15分版では、講義と演習のコンテンツ



が切り替わっている。講義、演習では、15分でのコンテンツ切り替え時、つまり7分版2回分で線が入っている。

7分版

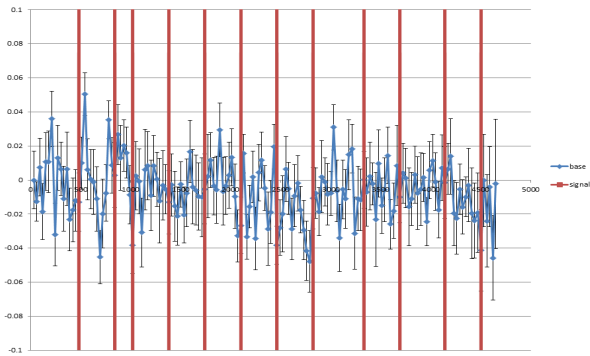


図 9 7分版における迷走神経の変動  
 Figure 9 The vagus nerve disease(7min sets).

15分版

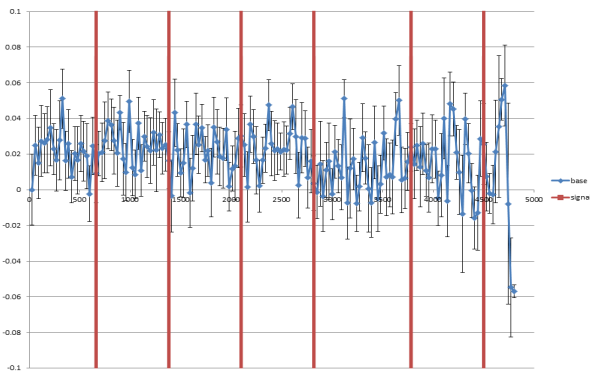


図 10 15分版における迷走神経の変動  
 Figure 10 The vagus nerve disease(15min sets).

講義

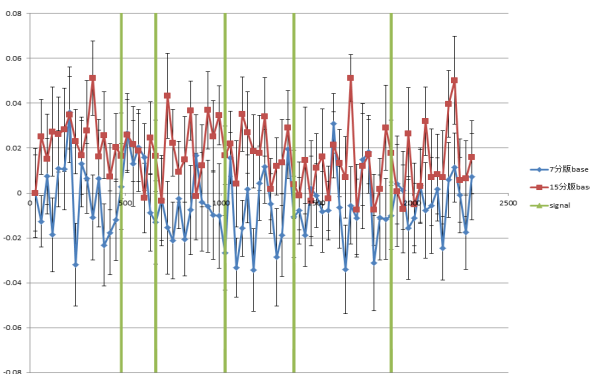


図 11 講義受講区間のみの変動  
 Figure 11 The vagus nerve disease(lectures sets).

演習

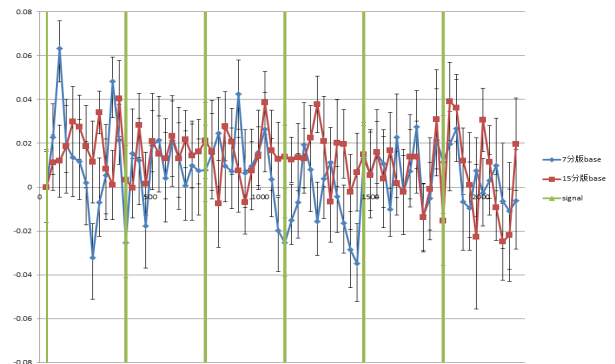


図 12 演習受講区間のみの変動  
 Figure 12 The vagus nerve disease(exercises sets).

7分版

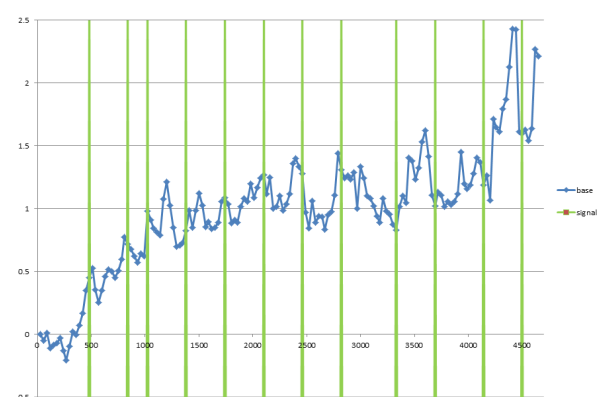


図 13 7分版における皮膚電気抵抗の変動  
 Figure 13 The galvanic skin response(7min sets).

15分版

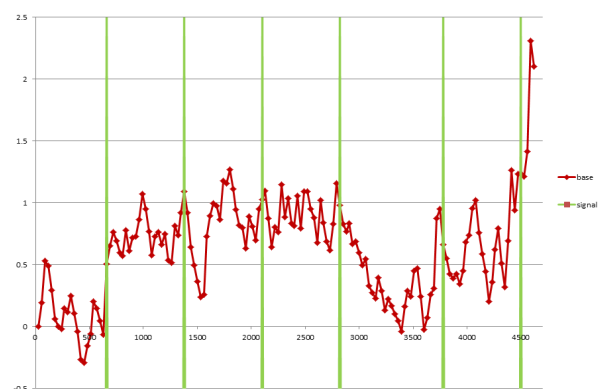


図 14 15分版における皮膚電気抵抗の変動  
 Figure 14 The galvanic skin response(15min sets).

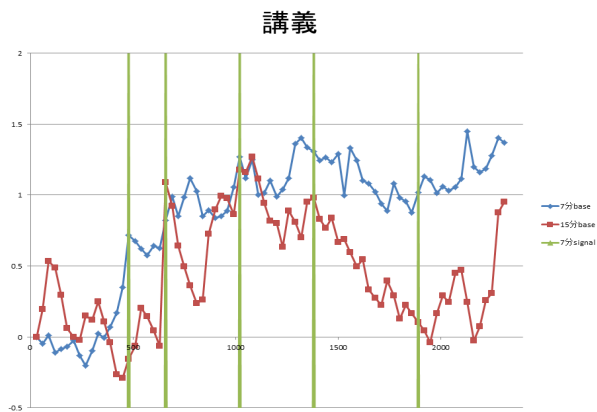


図 15 講義受講区間のみの変動

Figure 15 The galvanic skin response(lectures sets).

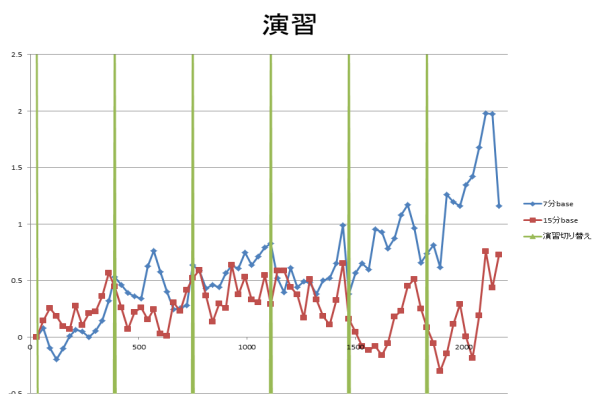


図 16 演習受講区間のみの変動

Figure 16 The galvanic skin response(exercises sets).

コンテンツの分割方法による集中度の違いは、副交感神経の変化から、あまり差はないと考えることができる。副交感神経の高まりはリラックス状態に近づく、集中力が低下の状態を示す。15分版のほうが比較的高い位置で遷移しているのに対し、7分版のほうは演習部分で低くなっているのが見える。図 11 の講義部分をまとめたグラフからも15分版のほうが高い。図 12 の演習では、どちらも集中していることがわかる。これから7分版のほうがより集中できるコンテンツと考えることができる。

皮膚電気抵抗は値が高いほど集中していると考えられることができる。図 13 と図 14 とも開始後1時間まで集中が持続していることがわかる。しかし、15分版では集中が途切れているのがわかる。これに対し7分版はコンテンツの終了まで集中が持続していると考えられることができる。図 15、図 16 から7分版では講義に集中できているからこそ、演習にも集中が持続していることができていると考えられることができる。これより、同じ内容のコンテンツでも講義、演習を合わせて15分程度のコンテンツとして繰り返し学習していくコンテンツの構成が受講者にとって効果的であると結論付けることができる。

### 3. おわりに

コンテンツの質を客観的に評価するために、受講中の学生の生体情報として、心拍数と皮膚電気抵抗に着目して評価を行った。比較実験として、同じ内容のコンテンツの時間構成を変えて計測した。結果、集中度を表す変化が心拍数、皮膚電気抵抗の変化に現れ、コンテンツを客観的に評価することが可能であることが分かった。今後、対象とするコンテンツを変更して実験を行い、同様の解析結果が得られかを検討する必要がある。

**謝辞** 生体情報計測ためにコンテンツの再構築を行ってくれた岐阜高専 岡田先生に感謝いたします。また、実験に協力をしてくれた仙台高専 電制御工学科 5年生の皆さんに感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 野村 取作, IRFAN C. M. Althaff, 山岸 隆雄, 黒澤 儀将, 矢島 邦昭, 中平 勝子, 小川 信之, HANDRI Santoso, 福村 好美: 血行力学的パラメータによる eラーニング受講者の生理評価研究, 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌, Vol.131(1), pp.146-151, 2011-01-01
- 2) C.M. Althaff Irfan, Shusaku Nomura, Takao Yamagishi, Yoshimasa Kurosawa, Kuniaki Yajima, Katsuko T. Nakahira, Nobuyuki Ogawa, and Yoshimi Fukumura, "Utilization of Bio-Signals to understand the physiological states of e-learners and improve the learning contents Date of Evaluation" IEICE Transactions on Information and Systems, E94-D(6), pp.1235-1242, 2011.6.1.