

JINS MEMEを利用した大学講義における受講者の学習状態の推定

長尾 光悦 齋藤 一
谷口 文威 佐瀬 雄治
北海道情報大学

Estimation of Learning State of Student in University
Lecture using JINS MEME

Mitsuyoshi NAGAO, Hajime SAITO
Fumitake TANIGUCHI and Yuji SASE
Hokkaido Information University

平成29年12月

北海道情報大学紀要 第29巻 第1号別刷

〈論 文〉

JINS MEME を利用した大学講義における 受講者の学習状態の推定

長尾光悦* 斎藤一† 谷口文威‡ 佐瀬雄治§

Estimation of Learning State of Student in University Lecture using JINS MEME

Mitsuyoshi NAGAO* Hajime SAITO† Fumitake TANIGUCHI‡ Yuji SASE§

要旨

本論では、JINS MEME を利用した大学講義における学生の学習状態の推定方法を提案する。JINS MEME は、株式会社ジェイアイエヌが発売している眼鏡型ウェアラブルセンシングデバイスであり、3点式眼電位センサー、3軸ジャイロセンサー、3軸加速度センサーを有している。本研究では、このJINS MEMEにより取得した生体情報から学習環境における学習者の状態を推定する方法を実現する。更に、提案手法の有効性を検証するために被験者を用いた実験を実施する。実験結果から、本手法により大学講義における学習者の状態を的確に推定することが可能であることが示された。

Abstract

In this paper, we propose an estimation method for learning state of student in university lecture using JINS MEME. JINS MEME is a glasses-type wearable sensing device, and has three-point electrooculography sensors, three-axis acceleration sensors and three-axis gyroscope sensors. In our research, we implement a method that estimates learner's state from biological information obtained by JINS MEME. Moreover, we perform some experiments using subjects in order to confirm the effectiveness of proposed method. The experimental results revealed that our proposed method could accurately estimate learning state of student in university lecture.

キーワード

JINS MEME 学習状態 SVM ファカルティ開発

* 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科教授, Professor, Dept. of System and Informatics, HIU

† 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科教授, Professor, Dept. of Information Media, HIU

‡ 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科准教授, Associate Professor, Dept. of Information Media, HIU

§ 北海道情報大学情報医療情報学部医療情報学科講師, Lecturer, Dept. of Medical Management and Informatics, HIU

1. はじめに

近年、大学において教育の質向上を目指し、ファカルティデベロップメントの取り組みが盛んに行われている。ファカルティデベロップメントとは、教員が授業内容や授業方法を改善し、向上させるための組織的な取組の総称である。具体的には、教員が互いの講義を聴講し、その改善方法などについて議論するといった取り組みなどが実施されている。更に、既に講義に関する知識を有している教員による評価だけではなく、実際に講義を受講している学生に講義を評価させる取り組みも実施されている。

学生による講義の評価は、アンケート調査に基づき実施されるものが主流である。例えば、講義の難易度や進度、資料の理解しやすさなどに関する設問を設定し、これに回答させることによって評価を行っている。しかしながら、このようなアンケートに基づく講義評価においては、全ての学生が講義に対して適切に取り組んだ上で回答しているわけではないため、正しい評価が行われていない可能性が考えられる。このような問題を解決するためには、講義の際、学生がどのように学習に対して取り組んでいるのかを把握する必要がある。

学生の状態を把握するためには、学生の学習行動を観察する方法が最も単純な方法と考えられるが、多くの学生に対して同時に実施することは現実的ではない。このため、学習時の学習者の状態を姿勢、視線、脳波などの生体信号に基づき推定する研究が実施されている。しかしながら、従来研究で利用されている機器は、非常に大掛かりなものであり、実際の学習環境で利用するには、学生の負担が大きく、学習に集中することも難しい。また、機器も高額であるために、多くの学生からデータをリアル

タイムに収集することが困難である

[1][2]。このようなことから、安価、かつ、学習の妨げにならないデバイスにより、リアルタイムに学生の学習時の状態情報を収集することが必要とされる。

一方、平成27年11月5日に、株式会社ジェイアイエヌより JINS MEME という IoT デバイスが発売されている。JINS MEME は、眼電位センサー、3軸ジャイロセンサー、3軸加速度センサーを有している眼鏡型のウェアラブルセンシングデバイスであり、装着者の目の動き、体の動きに関する情報を取得することが可能である。また、JINS MEME は、一般的な眼鏡と大きな差異はなく、Bluetooth 通信機能も搭載されているため、装着者の負担になることなく生体情報を収集することが可能である。

本論文では、JINS MEME を利用した大学講義における学生の学習状態の推定方法を提案する。本研究では、JINS MEME により取得した生体情報に基づき学習環境における学習者の状態を推定する。更に、被験者実験を実施することにより提案手法の有効性を検証する。このような推定を可能とすることにより、正確な受講者による講義評価が実現可能となるだけではなく、推定結果と学習結果を分析し、学習状態と学習効果の関係性を明らかにすることも可能になる。

2. JINS MEME

本研究で採用する JINS MEME は、二種類のセンサーを搭載した眼鏡型のウェアラブルデバイスであり、外観は一般的な眼鏡と大きな差異はない。また、視界を遮るようなセンサーも搭載されておらず、使用感も一般的な眼鏡とほぼ同等である。更に、Bluetooth 通信機能が搭載されており装着者に負担を掛けるこ



図1 JINS MEMEの外観

となくデータの収集が可能となっている。すなわち、学習者に情報が取得されていることを意識せず、自然な状態での学習時のデータを収集することが可能である。

図1にJINS MEMEの外観を示す。図に示されるように、本体はプラスチックフレームで、重さは36gである。搭載されているセンサーは、ノーズパッド部とブリッジ部分に3点式眼電位センサーが、テンプルエンド部分に3軸加速度センサーと3軸ジャイロセンサーが取り付けられている。

3点式眼電位センサーは、眼球の動きを計測することが可能なセンサーであり、目の動きにより生じる電位変化を検知する。これは、ブリッジ部のノーズパッドに搭載されたセンサーの電極から目や瞼の状態をEOG (Electro-Oculography) 法により数値化する。

また、テンプルエンド部分の3軸加速度センサーと3軸ジャイロセンサーにより、 x , y , z の三軸に対する加速度、及び、角速度を計測することが可能である。これにより顔や体の



図2 JINS MEME Data Logger 外観

動きを計測することができる。

JINS MEMEでは、専用のソフトウェアを利用することにより、最大100Hzのサンプリングレートでセンサーからの情報を取得可能である。また、各センサーからRawデータの取得が可能である。図2にJINS MEMEにおけるデータ取得ソフトウェアであるJINS MEME Data Loggerの外観を示す。図における左側の3つのグラフは、上から加速度センサー、ジャイロセンサー、眼電位センサーにより取得されたデータを表す。また、これら取得されたデータは、計測終了後にCSV形式によりファイルに保存される。

3. JINS MEME を利用した学習状態の推定

本研究においては、学習者の学習状態を、集中状態、及び、学習行動の二つに基づき推定する。以下、それらの推定方法の詳細について説明する。

3-1 学習者の集中状態の推定

本研究においては、学習者の学習状態を把握するための一つの指標として、学習に対する集中状態を目の動きから推定する。このために、眼電位センサーから得られる情報を基

に、瞬目回数の検出と注視度の算出を行う。集中状態においては、瞬目回数が減少することが報告されている[3]。また、集中状態の際や重要である部分に対して注視が発生することが知られている[4]。このため、これらを基に集中状態の推定を行う。

3-1-1 瞬目の検出

瞬目の検出を、JINS MEME から得られる左右の眼電位情報を基に行う。図 3 に瞬目を 3 回連続で行った際の眼電位センサーから取得される情報の例を示す。図 3 に示されるグラフは、50Hz のサンプリングレートにより取得した左右の眼電位情報である。図 3 における赤線が左側、青線が右側の眼電位情報である。左右の眼電位情報とは、眼鏡のブリッジ部に取り付けられたリファレンス電極と左側ノーズパッド部分の電極、または、右側ノーズパッド部分の電極の電位差を表す。データの単位は LSB (Least Significant Bit : 量子化単位) である。図に示されるように、瞬目時に突発的な眼電位の変化が生じているのがわかる。本研究では、この急激な眼電位変化を基に瞬目の発生を検出する。

本研究における瞬目の検出方法は、村尾らが提案している加速度センサーにより取得されたデータからのジェスチャー検出方法をベースとする[5]。村尾らは、時刻 t から過去 20 サンプルのセンシングデータの移動平均 \bar{x} と現在のセンシングデータ x の差の絶対値が ϵ を超えた場合に加速度センサーの装着者がジェスチャーを行ったと判定する方法を提案している。本研究では、村尾らの手法をベースとし、時刻 t から過去 5 サンプルの眼電位センシングデータの移動平均 \bar{x} と現在のセンシングデータ x の差が閾値 $+\epsilon$ を 5 サンプル連続で超えた場合、瞼が下に動く動作が発生したと判定するものとした。また、 $-\epsilon$ を 5 サンプル連続で超えた場合には、瞼が上に動く動作が発生したと判定するものとした。突発的な電位変化の連続性の考慮は、眼電位センサー

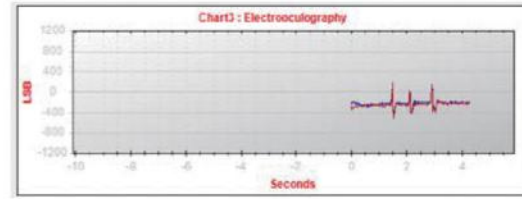


図 3 瞬目時の眼電位センサーの値

の値がノイズを多く含むためである。

更に、瞬目は、瞼の上下運動であるため、基本的に短時間の間に連続して上下両方向で瞼の動きが検出されることが想定される。しかしながら、予備実験を実施しところ、JINS MEME により取得されるデータを基に上述の方法により瞼の動きを検出した場合、上下片側の瞼の動きのみが検出される場合、左右片側のみにおいて瞼の動きが検出される場合、瞼の動きがないにも関わらず大きな眼電位変化が発生する場合、一度の瞼の動作を複数回の瞼の動きとして検出する場合など、ノイズを多く含むことが確認された。

このため、本研究では、瞬目検出のため以下のアルゴリズムを用いることとした。

1. 前述の方法により右目左目それぞれにおいて上下の瞼の動きの検出を行う。
2. 上への瞼の動き、及び、下への瞼の動きそれぞれにおいて、0.5 秒以内に各動作が連続で発生していると検出された場合、それらをノイズとして統合する。
3. 検出された右目左目の上下の瞼の動きの 4 つの中から検出回数の多いものを瞬目の検出結果として採用する。但し、検出数が同数の場合、瞼の動きが検出された時間間隔を算出し、この時間間隔の標準偏差が小さいものを採用する。これは、自然な状態での瞬目は、一定間隔で発生する可能性が高いと考えたためである。但し、左右における瞼の動きの検出回数が 2 回など標準偏差を算出できない場合には、ランダムに決定することとする。

このようなアルゴリズムを用いることによって、ロバストな瞬目検出を実現する。

3-1-2 注視度の算出

本研究における注視度の算出は、JINS MEMEにより取得される水平、及び、垂直方向の眼電位情報に基づき算出する。JINS MEMEでは、左右の眼電位情報の差を視線の水平方向の眼電位情報としている。また、垂直方向の眼電位情報として、左右の眼電位情報の平均値を採用している。JINS MEMEにおける、これら水平垂直方向の眼電位情報に基づき視線方向を推定することが可能であることが報告されている[6]。本研究では、これら二つの値の標準偏差値を注視度として採用する。

このように、瞬目回数と注視度の算出を行い、これら値が小さい状態を集中状態として扱うこととする。

3-2 加速度センサーに基づく学習行動推定

JINS MEMEの加速度センサーから得られるデータを基に講義時の学習行動を推定する。ここでは、x, y, zの三軸の加速度センサーから得られるデータを基に「板書を見る」、「PC入力」、「ノートテイク」、「睡眠」、「太もも上での携帯端末の隠し操作」の5種類の学習行動の推定を行う。図4に各状態における加速度センサーにより取得されるデータ例を示す。

本研究では、3軸加速度センサーの単位時間当たりの平均値をサポートベクターマシン(SVM)に学習させることによって学習行動の推定を行う。ここでは、SVMのためにlibSVMを利用する。libSVMは、マルチクラス分類に対応したオープンソースのサポートベクターマシンライブラリである。

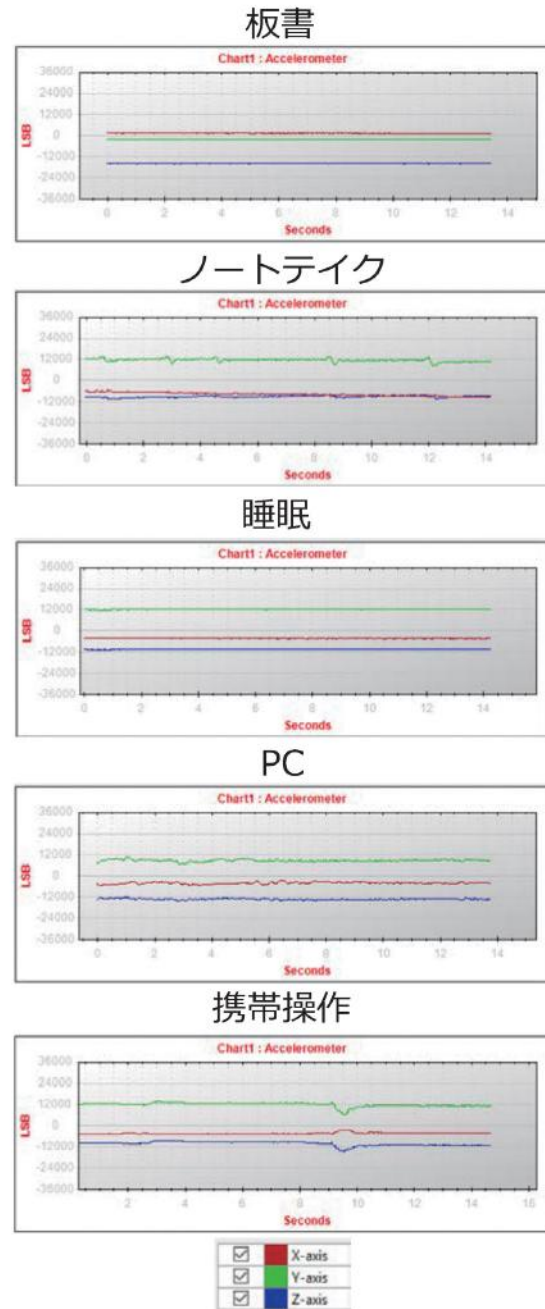


図4 学習行動における加速度センサー値

4. 評価実験

JINS MEMEから取得されたデータから本手法に基づき学習者の学習状態を推定可能か検証するための実験を行った。ここでは、瞬目検出の検証実験、注視度の検証実験、学習行動推定の検証実験の三種類の実験を実施し、本提案手法の有効性を検証した。更に、実際の講

義受講時に取得されたデータを基に学習者の学習状態を推定することにより、実際の受講時における提案手法の有効性を検証した。以下、各実験の詳細を示す。

4-1 瞬目検出実験

本実験においては、大学生の被験者 1 名を採用した。実験では、被験者に JINS MEME を装着させ、424 文字から 196 文字までのフォントサイズや行間を変更した 8 種類の文章を黙読させた。8 種類の異なる文章を利用したのは、被験者の瞬目回数を変化させることを意図したためである。

また、文章を黙読している際の目の状況をビデオカメラにより撮影し、本手法により検出された瞬目回数と撮影した映像から目視によりカウントした瞬目回数を比較した。ビデオカメラにより撮影した映像データ例を図 5 に示す。また、実験結果を表 1 に示す。

表 1 に示されるように、提案手法と目視による瞬目回数が 8 回中 2 回の実験で同一回数となった。また、一致しない場合においても、数回程度の誤差の範囲内であることが確認された。一致しないケースとしては、本手法では、眼電位がある一定時間内に連続で閾値を超えた場合には、それらを統合する処理を行っているため、連続して発生した瞬目を検出できなかった場合が確認された。また、瞬目ではなく、目の動きにより眼電位に大きな変化が生じ、これを瞬目と誤認識したケースが確認された。予備実験において、一定時間内の眼電位を統合する処理において統合する時間間隔の変更や瞼の動きとして判定される眼電位変化量の閾値の変更が、判定結果に影響を与えることを確認している。このため、これらの誤認識は、提案手法におけるパラメータを調整することによって低減することが可能であると考える。



図 5 撮影映像例

表 1 瞬目検出実験結果

	提案手法	目視
文章 1	10	9
文章 2	6	6
文章 3	4	5
文章 4	14	10
文章 5	13	12
文章 6	12	10
文章 7	13	14
文章 8	8	8

4-2 注視度の検証実験

本実験においては、JINS MEME により取得されるデータにより注視度を推定可能か否かの検証を行う。ここでは被験者 3 名を採用する。被験者には JINS MEME を装着させ、55 インチモニタから約 2 メートル離れた場所において、モニタ中央に表示される点を 30 秒間、注視させる場合と、四隅、及び、中央に表示される点を注視せず順に眺めた場合で、縦横方向における視線の移動量の標準偏差の値を比較した。実験結果を表 2 に示す。

表に示されるように、注視状態における視線の横移動の標準偏差の平均値が非注視時と比較して小さな値となり、注視状態において視線の移動量が減少していることが確認され

表 2 注視度実験結果

	注 H	注 V	非 H	非 V
s1	17.17	43.33	46.85	63.01
s2	19.25	104.38	28.66	42.36
s3	34.87	45.34	41.64	32.25
平均	23.76	64.35	39.05	45.87
分散	93.6	1202.8	245.8	245.8

注 H, 注 V: 注視時の縦横方向における標準偏差

非 H, 非 V: 非注視時の縦横方向における標準偏差

た. しかしながら, 視線の縦移動の標準偏差が, 非注視時の方が小さな値となった. これは分散からもわかるように被験者 2 の値が非常に大きな値となったことに影響する. ノイズ, もしくは, 突発的な視線移動が原因の可能性が考えられるため, より多くの被験者を採用し, 検証を実施する必要があると考える.

4-3 学習行動推定実験

本手法において, JINS MEME から取得される 3 軸加速度センサーの値に基づき, 学習者の「板書を見る」, 「ノートテイク」, 「PC 入力」, 「睡眠」, 「携帯端末の隠し操作」の 5 状態を推定可能か検証した. 実験においては, トレーニングデータとして 4 名の学生に 5 種類の動作を 30 秒間 3 回実施させ, この時の 3 軸加速度センサーの各平均値を特徴量として採用した. すなわち, 各動作において 12 回分のデータを利用することとした. このデータに基づき SVM の学習を実施した.

トレーニングデータとは異なる学生 1 名に 5 種類の動作を 30 秒間 3 回 (15 動作) 実施させることにより得られた 3 軸加速度センサーの平均値をテストデータとして正しく状態を推定可能か検証した. 検証の結果 73.3% の割合で正しく状態を推定することが可能であることが確認された. 本実験では, SVM のためのトレーニングデータ数が 12 と少ない. このため, トレーニングデータを増やすことにより, より正確な推定が可能になると考えられる. 以上ことから, 本研究の手法により, 学

習行動を概ね正確に推定することが可能であることが確認された.

誤判別されたデータとしては, PC 入力をノートテイクとして, 睡眠を PC 入力として誤判別していることが確認された. 本研究では, 加速度センサーのみの値を利用して状態を推定している. 睡眠と PC 入力においては目の動きを特徴量として加えることにより誤判別減少させることが可能になると考える [7]. また, トレーニングデータを追加することによっても誤判別率を減少させることが可能になると考える.

4-4 実講義における学習状態の推定

本手法により, 実際の講義受講時に正しく学習状態を推定可能か否か検証するための実験を行った. 実験では, 被験者として女子大学生 1 名を採用した. 実験では, 被験者に講義開始時から終了時まで JINS MEME を装着させ, 北海道情報大学における文学の講義を受講させた. また, 受講時の学習状態を確認するために, ビデオカメラを用いて受講時の被験者の状態を撮影した. 受講時の被験者の様子, 及び, JINS MEME により取得されたデータの例を図 6 に示す.

ここでは, 瞬目の検出方法と同様に, 時刻 t から過去 5 サンプルの y 軸加速度センサーの移動平均値と現在のセンシングデータの差の絶対値が閾値 ϵ を 5 サンプル連続で超えた場合に学習行動に変化が発生したと判定するものとした. ϵ はヒューリスティックにより設定した. 学習行動の変化が生じてから次の変化が生じるまでの間を一つの範囲とし, この範囲内の学習行動, 瞬目, 注視度を推定するものとした. 学習行動推定における SVM は, 前述の学習行動推定実験に利用した 4 名の学生から取得したトレーニングデータにより学習した SVM を利用した.

表 3 に実験結果を示す. 実験結果に示されるように全体の講義時間は約 75 分間, その中

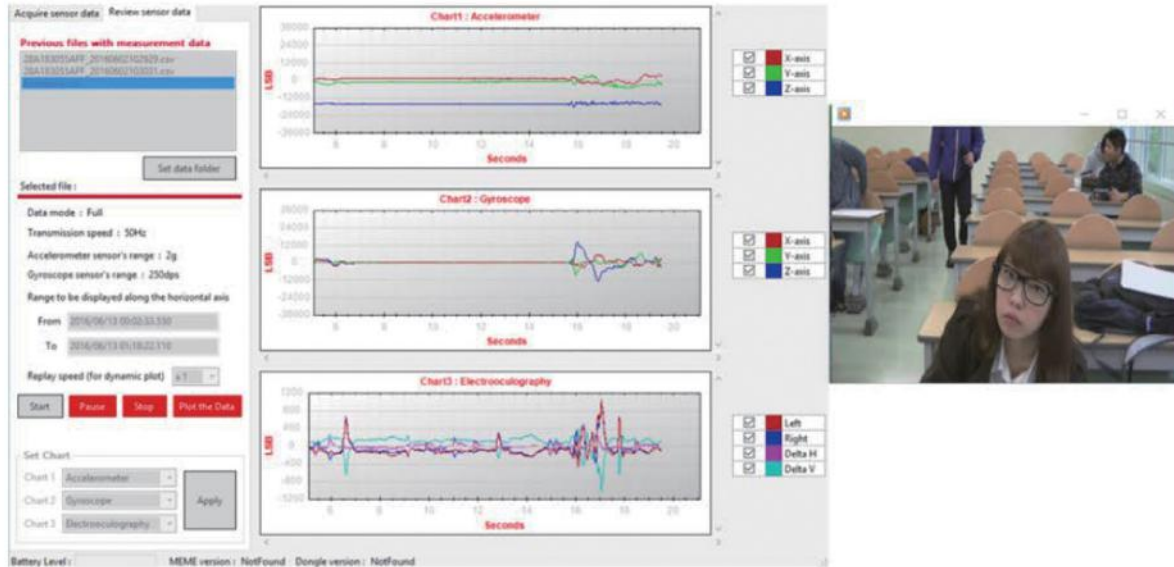


図6 実際の講義受講時における JINS MEME によるデータ取得の様子

表3 実講義における学習状態の推定結果

	推定時間	推定回数	割合	瞬目	横注視	縦注視
講義時間	75.6 min.	400				
PC 入力	19.9 min.	97	26.3%	5.7	70.0	227.4
ノートテイク	18.3 min.	143	24.1%	5.2	47.5	154.2
板書を見る	32.8 min.	135	43.4%	6.1	50.3	163.4
睡眠	0.06 min	1	0.08%	7	6797.0	22063.8
携帯操作	4.5 min.	24	5.9%	3.75	283.2	919.3

で、PC 入力は、97 回で 19.9 分、ノートテイクが 143 回で 18.3 分、板書を見たのが、135 回で 32.8 分、睡眠が 1 回で 0.06 分、携帯操作が 24 回で 4.5 分という結果となった。この結果を検証するため、撮影された映像データから目視により板書を見ている時間を計測したところ、34 分間となり、本提案手法により推定されたものとほぼ同じ時間となった。これにより、板書を見ているか他の学習行動を行っているのかの正しい識別が可能であることが確認された。しかしながら、本システムでは、学習行動として、睡眠と携帯端末操作を実施したと推定されているが、ビデオカメラで撮影した映像を確認したところ、被験者は、講義中に睡眠をとることも隠れて携帯端末を操作することもなかった。これは、床に落下した

筆記用具を取る動作、考え込むことにより顔を下に向けた動作により誤った推定が行われたものと考えられる。

瞬目回数や注視度については、PC 入力、ノートテイク、板書を見る動作において大きな差はみられなかった。本実験の学習者が、これら三種類の学習行動においていずれも集中して学習を行っていた可能性が高いと考えられる。このため、数多くの被験者を用いて実験を行い、比較検証を行う必要があると考える。

5. おわりに

本論では、JINS MEME を利用した大学講義における学生の学習状態の推定方法を提案

し、被験者を利用した実験に基づき有効性の検証を実施した。実験結果から、提案手法により瞬目の検出、及び、注視度の計測が可能であることが確認された。更に、加速度センサーから得られる情報を基に講義中の学習行動をSVMにより判定することが可能であることが確認された。

本論文では、JINS MEMEを利用することにより大学講義における学生の学習状態の推定が可能か否かを検証するために被験者数は少数であった。しかしながら、実用性を検証する上では、より多くの被験者を用いて検証実験を実施していく必要があると考える。また、大学の講義においては、座学やPCを利用した演習、近年ではアクティブラーニングなど様々な形態の講義が実施されているため、様々な講義形態においても検証を実施していく必要があると考える。

更に、学習状態と理解度の関係性の分析を行い、提案手法に基づき学習を支援するアプリケーションを実現したい。これらは今後の課題である。

参考文献

- [1] 林秀彦, 中林大, 曾根直人: “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”, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, No.6, pp.51-56 (2009)
- [2] 渡邊栄治, 尾関孝史, 小濱剛: “問題に対する学習者の動作分析”, 映像情報メディア学会技術報告, pp.69-72 (2013)
- [3] 橋卓見, 岡部浩之, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之: “PC作業時の集中向上のための作業用壁紙”, 情報処理学会インタラクシオン2012, pp.843-848 (2012)
- [4] 平山高嗣: “人間の内部状態を顕在化する視覚的インタラクシオン”, 情報処理学会研究報告, pp.173-180 (2013)
- [5] 村尾和哉, 寺田努: “加速度センサーの定常性判定による動作認識手法”, 情報

処理学会論文誌, Vol.52, No.6, pp.1968-1978 (2011)

- [6] 薄井智貴, 坂匠, 山本俊行: “ウェアラブルメガネを用いた視線方向の推定に関する一考察”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, pp.1172-1174 (2018)
- [7] 内藤千裕, 杉本大樹, 高野博史, 小島祐幸, 河村弘之, 中村清実: “瞬目群発と単独瞬目を用いたリアルタイム居眠り検出方法”, 信学技報, MBE2013-1, pp.1-5 (2013)