

講義振り返り支援のための板書速度の可視化

岡澤 大志^{1,a)} 江木 啓訓^{1,b)}

概要：本研究では、教授者に自身の板書速度を提示する講義支援システムを提案する。近年、学習者の意欲や興味の多様化により、教授者が多くの学習者の状況を客観的に把握することが難しくなっている。また、教授者が板書を用いて講義を行う形式の授業において、教授者が自身の板書速度を把握するのは困難である。そこで、本研究では、教授者の板書具であるチョークにマイクを取り付け、板書音の測定を行う。これにより、板書の速度である文字のストロークを測定し、結果を可視化した。板書音の情報として音量を用い、チョークの音を拾って回数として検知し、可視化グラフを作成した。結果として板書中の発言の有無に関わらず76%の精度が得られた。今後の展望として、本研究で作成したシステムを実際の講義で用いることによって評価実験を行う。本システムを用いることで、教授者は自身の板書速度を客観的に把握できるため、講義の内容に合わせて板書速度を調整できると考えられる。

Visualization of writing Speed on a chalkboard for Supporting Lecture Review

TAISHI OKAZAWA^{1,a)} HIRONORI EGI^{1,b)}

Abstract: In this research, we propose a system to present teachers their own writing speed for supporting lectures. In recent years, teachers have difficulties in understanding the situation of students objectively because of their diversification of motivation and interest. Teachers also have difficulties in grasping their own writing speed on a chalkboard during lectures. We detect the writing stroke by measuring the sound of a chalk with a microphone and visualized the result. A visualization graph is created from detected chalk stroke times using sound volume. From a preliminary experiment, the recognition rate exceeded 76% in the detection of writing speed on a chalkboard. In future work, it would be necessary to perform evaluation experiment by using this system in actual lectures. From the result of this research, teachers will be enabled to adjust their writing speed on a chalkboard according to the contents of the lecture.

1. はじめに

教授者が教え方を工夫することによって、講義を受講する学習者に対して講義内容を効果的に伝達できる。教授行動の分類の一つには板書があり、教授者の板書行動は教え方に影響を与えることが分かっている [1]。

しかし、教授者が客観的に正確な板書速度を把握することは困難である。教授者の板書が速すぎて学習者の筆記が追いつかないような状況は、内容理解の妨げとなる。

そこで、板書速度を計測して教授者に提示するシステムを提案する。本研究では、教授者の板書具であるチョークにマイクを取り付け、音声の測定を行うことにより、板書の速度である文字のストロークを測定し、結果を可視化した。

これまでも学生の筆記状況を検知し、提示する研究が行われている [2]。しかし、板書速度を検知し、教授者に提示する研究は行われていなかった。教授者は学生の状況に応じて講義形式を変えることがわかっている [3]。教授者は学生の筆記状況を把握しつつ、同時に自身の板書状況を把握することで、学生の筆記状況に合わせた板書行動を行うことが可能になると考えられる。

教授者が自身の行動を振り返る方法として、講義のビデ

¹ 電気通信大学 大学院情報理工学研究科
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications, Japan

^{a)} okazawa@uec.ac.jp

^{b)} hiro.egi@uec.ac.jp

オ録画，専門家によるピアレビュー，学生へのアンケートなどが挙げられる．しかし，それらの方法は，客観的であり教授者に負担をかけずにあらゆる状況で使用可能という条件を満たすことが困難である [4]．上記の問題を解決するため，教授者が自身の板書速度を振り返るためのシステムを提案する．本システムを用いることで，教授者は自身の板書状況を把握し，自身の板書速度を調整することが可能になると考えた．

最終的な目標は，教授者の板書状況の検知と学生の筆記状況の検知を組み合わせることで，教授者が学習者の状況と自身の状況を手掛かりに講義を振り返ることが可能なシステムの作成である．本研究では，学習者の板書速度を検知し，教授者に提示するシステムの作成を行った．

2. 先行研究

2.1 板書の社会的背景

近年の情報技術の発達により，Microsoft PowerPoint をはじめとするプレゼンテーションのためのソフトウェアを用いて，あらかじめ用意した講義資料を教室のスクリーンに表示する講義が多く行われるようになった．その中には，全く板書を行わず，スクリーンに資料を表示するのみの講義もある．そのため，講義受講者全体に文字が見えるようにするという点においては，板書を行う必要性は低下している．しかし，現状では黒板に板書を行う形式の講義も行われている．その理由として，プレゼンテーション型の講義と板書型の講義では「書く」作業の有無が異なることが考えられる．

ノートリビルディング法の提案と支援システムの開発と評価を行った研究がある [5]．この研究では，学習者自身により情報を再整理し，構造化ノートを組み立てることによる効果があると考え，プレゼンテーション型の講義ではその過程が表示できないため，板書された情報を自らで再整理することが重要であると考えている．この研究のように板書を再現していくための知識マップを作り，学習者に構築させるためのシステムを作れば，今までのように黒板に板書することでしかなかった情報の提示ができるようになると思った．しかし，この研究で用いられる構造化ノートは，重要かつ整理がなされている資料以外では用いることが不可能なため，全ての講義内容を構造化するまでに至っていない．また，この形式ではメモ書きを想定していないため，知識習得の仕方が限定されてしまうという欠点がある．

「黒板」「白板」「PowerPoint」の3種類のメディアを使用した講義の比較実験を行っている研究がある [6]．その結果，プレテストと一週間後のテストの差より，板書が必要とする講義の方が PowerPoint よりも学習効果が高いことを示した．さらに，黒板と PowerPoint による授業と学生のノートテイキングの関係に関する研究も行われて

おり [7]，一般的な大学生にアンケートを実施したところ，PowerPoint の授業では配布された資料にメモをするだけという意見が多く，教授者が板書するとノートを取りたくなるという意見もあった．

これらの先行研究を元に，「板書」という行動は自由度が高く，「書く」動作が学習者の集中力をあげることに繋がるため，教授者が「書く」動作を行わないプレゼンテーション型の講義にはない利点があると考えた．また，文部科学省が定める教科指導における ICT 活用 [8] では，「ICT による情報の提示は，板書のそのまま代わりになるものではない．提示した情報について説明等をした上で，従来通り重要な点は板書をし，児童生徒にノートをとらせる指導も重要となる」としている．

2.2 教室の板書状況検知

教室の板書状況を検出する研究として，講師の追跡動画と黒板全体の静止画を自動で作成するシステムの開発を行い，多様な環境に対応させるための追加開発を行っているものがある [9]．この追加開発により，多様性は満たせているが，単位時間ごとの板書状態の検知は不可能なため，本研究にはこのシステムを活用できない．

高周波慣性測定装置を用いて手の動きを検知し，垂直状態に書かれた文字を測定する研究も行われている [10]．この研究では，手の動き解析技術を使用してリアルタイムで空中に手書きされた文字を自動的に分析した．リアルタイムや垂直方向への応用性などの条件は満たせているが，システムの利用が可能な環境が限られており，従来の講義形式を変えることなくシステムを用いることが難しい．

三軸加速度センサを取り付けたチョークホルダーを用いて，教授者が自身の板書状況を把握して振り返るためのシステムの開発を行ったものがある [11]．この研究では，板書行動を「書いている」「動いている」「止まっている」の3つのパターンに分類し，実際の講義における総合識別率が80%以上であるため，分類に成功したとしている．しかし，このシステムではリアルタイムによる検知を行っておらず，また板書速度の検知を行っていないため，本研究の目標とは異なる．

3. 研究アプローチ

第2章で述べた通り，板書は教授行動における基本的かつ重要な要素である．しかし，教職経験年数の長い小学校の教師においてさえ，授業全体を構造化し，授業場面に応じて板書の量を調整することが難しいことがわかった [3]．

大学生を対象とした講義においても「授業全体を構造化し，授業場面に応じて板書の量を調節すること」は有効である．しかし，講義全体の流れや講義全体を通した板書速度などの把握は難しい．長時間の振り返りを行わずに教授者が自らの板書速度を把握する方法が主観に基づいた方法

しか存在しないことが原因の一つと考えた。

そこで、本研究では講義中に教授者の板書速度を検知し、可視化するシステムを提案する。板書される文字はストロークの集合で、チョークが黒板に当たるストロークごとに音が発生する。このことから、マイクを使って板書音を収集することによって、ストロークを識別することができるのではないかと考えた。

教授者の単位時間あたりの板書回数を提示することで、教授者は客観的に時間あたりの自らの板書状況を把握することが可能となる。これにより、授業場面に応じて板書の量を調整できると考えた。また、板書状況から講義の状況を把握することが可能であるため [11]、本システムで提示する情報を手掛かりとして講義を構造化することが可能だと考えられる。

本研究の先行研究として授業において板書を行っている大学教員と普段板書を行わない大学生を対象として、板書速度を測定する研究を行った [12]。この研究において、標準板書速度、上限板書速度および下限板書速度を求めた。その結果、被験者によって標準板書速度が大きく異なることが分かった。また、普段板書を行う大学教員の標準板書速度が、普段板書を行わない学生の上限板書速度を超過しているものがあつた。これらのことから、教授者全体に共通する標準板書速度を定めることが困難だと考えられる。

本研究は、講義中に教授者の標準板書速度を測定して、その値が変化した場合に、教授者が客観的に速度の変化の割合を把握できることが重要であると考えた。これによって、教授者は自らの板書速度が大きく変化することを防ぐことができる考えた。また、教育実習などの場において、板書速度の変更調整が必要となったときに客観的に把握することは有効だと考えられる。

4. システム設計

本研究では、板書音から板書状況を可視化するシステムを提案する。教授者の単位時間あたりの板書時のストローク数を測定し、特徴量を用いて可視化グラフを作成して講義終了後に提示する。講義中の教授者に板書状況を通知するための特徴量として用いるため、リアルタイムで板書回数の計算が可能でなければならない。

4.1 システム要件

本システムの要件として以下の条件を満たす必要がある。

- 事前の準備を必要としない
- リアルタイムで教授者の板書状況を把握できること
- 振り返り時に大きな負担をかけないこと
- 教室環境に依存せず、講義に大きな影響を与えないこと

現在、機械学習による行動識別で一定以上の精度を出すためには教師データを必要とする。教師データのセットを

行う場合は、教授者に指示を行い、データをセットする必要があるため、簡易に使用することが困難になる。そのため、事前の準備を必要としないシステムが望ましい。また、あらゆる環境に対応させるために、黒板を使ったシステムや、ビデオカメラによる検知など環境依存のある手法は取らない。そこで、環境に依存せず、学生に影響しない方法としてチョークにマイクを取り付ける手法を用いた。

4.2 検知手法

ウェアラブル端末を用いて録音した音情報から板書音を取得する。ウェアラブル端末はワンボードコンピュータ (Raspberry Pi) に指向性マイクのついたチョークホルダーを接続したものと、バッテリーで構成される。また、ウェアラブル端末の制御とデータ収集を行うために、板書状況可視化サーバを設置する。

学習者が装着したウェアラブル端末を用いて、チョークホルダーの音量を判別してサーバに送信する。入力された音量を元に、サーバで板書の有無の判別を行い、板書状況を可視化したグラフを学習者に提示する。システムの全体構成を図 1 に示す。

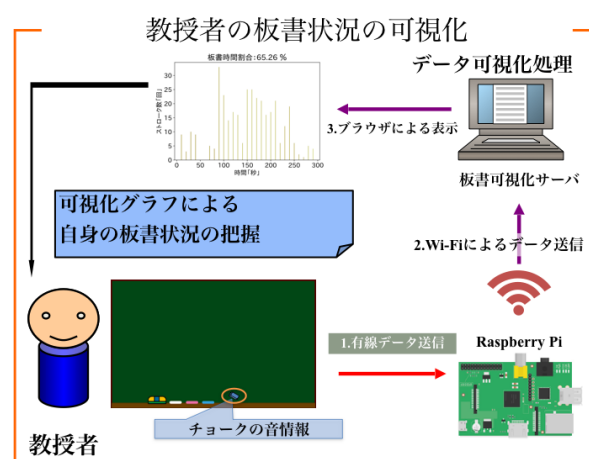


図 1 システム構成図

4.3 提示手法

教授者に提示する最適な方法を探索的に調査するため、python のライブラリである matplotlib を用いてグラフを作成した。横軸を時間軸 (単位は [秒])、縦軸をストローク回数とした縦棒グラフとし、板書後に被験者に提示した。図 2 に、可視化グラフの一例を示す。

板書率は、測定時間全体における板書時間の割合を示している。本研究では、講義中に通知する情報を調査するために、本グラフによる板書行動終了後の振り返りを行った。

5. システム評価実験

板書行動識別の精度と可視化グラフの評価を行うための

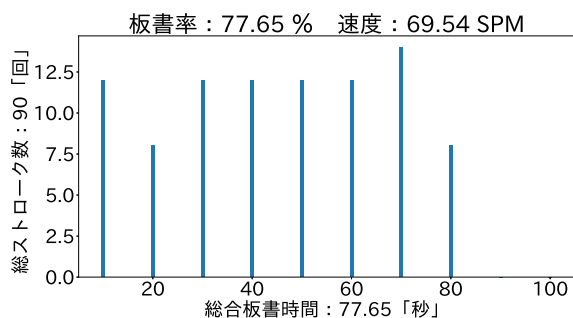


図 2 板書状況を表す可視化グラフ

実験を行った。実験では以下の3つのことの調査を行った。

- (1) システムが検知したストロークの精度を確認する
- (2) 被験者が主観的に判断した板書速度と実際の板書速度がどの程度異なるか調査する
- (3) 講義中に必要な板書状況の情報を調査する

実験の被験者は普段板書を行うことのない理工系大学の学生5名とした。また、板書具として、チョークホルダー（シンワ社製）を用いた。実験で板書を行う文字として、以下の3つを用いた。

- 「電気通信大学研究総覧」（以下、漢字1）
- 「原著論文提出期限直前」（以下、漢字2）
- 「量子計算機指定参考書」（以下、漢字3）

これらの漢字文字列は全て10文字95画となっている。なお、この漢字文字列は筆者らが以前使用した基準[12]をもとに、小学校で習う教養漢字の中から選択し、文字が重複しないようにした。さらに、以下の指示を順番に行いそれぞれの漢字文字列ごとに黒板に書いてもらった。

- 自然な速度で板書を行う
- 早く板書を行う
- ゆっくり板書を行う

この際、順序効果を避けるために半数の被験者は「ゆっくり板書を行う」の後に「早く板書を行う」とした。実験の様子を図3に示す。

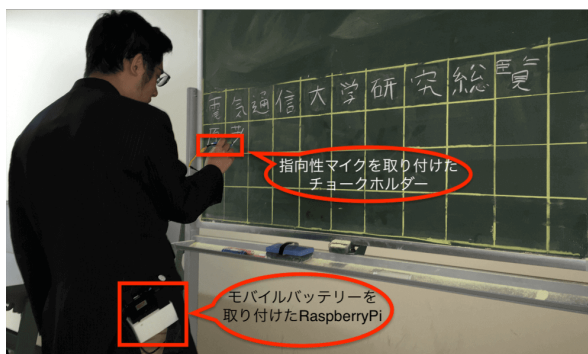


図 3 実験の様子

実際の講義では板書内容を説明する時間が設けられるため、板書後に体感速度のインタビューを行い、被験者の発話音声を一定時間取得した。また、板書の文字の大きさの変更による速度の調整を避けるため、1文字あたりの大きさを縦横それぞれ11cmとした。これは一般的な教室においてどの位置からも十分に見える大きさと考えられる[13]。先行研究[12]では縦横9cmとしていたが、被験者の大学教員にインタビューを行ったところ、縦横9cmより少し大きく書いているという人が多かったため、変更を行った。文字を書く位置は、固定式黒板の高さを考慮し、床上110cmから180cmの位置とした。

システム使用時の測定時間はそれぞれ100秒とした。これは実際の講義において板書行動時間だけを測定するのではなく、全体の講義の時間に板書割合がどの程度あるかを見るため、常時録音を行う必要があると判断したためである。100秒の測定時間の間に、被験者は板書を行い、板書を終了したら残りの時間にチョークホルダーを持ったまま主観の板書速度の割合を回答してもらう。録音中にどの程度のノイズが入り、板書行動とみなされたかを検証する。

全ての文字の板書を終了した後、測定した音情報から作成した可視化グラフを被験者に提示し、以下の質問を行う。

- グラフを見たときに、主観の板書速度と客観の板書速度はずれていると感じるか
- グラフの形や足りない情報がなんであるか
- リアルタイムで振り返るときにどんな情報が必要か
- グラフを表示する単位の意見と単位時間でどんなことを振り返ることが可能か

これらの質問の回答を元に、システムの有用性の評価とリアルタイムで振り返るために必要な情報の調査を行う。

6. 考察

6.1 ストローク回数

本研究では、板書量を測定するための要素として板書の画数を用いた。実験でシステムが判定した板書回数の結果を以下の表1に示す。以下の表の値は全ての被験者の平均値となっている。実験における板書行動時間の平均値は、39.45秒であった。

「システムが100秒で判定したストローク数」は測定時間である100秒全体でシステムが判定した画数の合計値、「板書時間のストローク数」は被験者の板書行動時間の間でシステムが判定した画数の合計値となっている。

理工系大学の数学科目における板書行動の割合を測定した研究[11]では、講義全体に対する板書時間は26.22%であったとしているため、本実験の板書割合と比較してシステムの精度を算出した（TWAとする）。

「る」「ゑ」を除くひらがな71文字と教養漢字の画数の平均値はそれぞれ3.42画と9.42画である。教科ごとの漢字使用率として、大学の数学科目のひらがなと漢字の割合

表 1 システムの画数判定

	システムが 100 秒で判定したストローク数	板書時間のストローク数
漢字 1 (普通)	103.2	95.0
漢字 1 (早い)	107.8	87.0
漢字 1 (遅い)	105.6	102.4
漢字 2 (普通)	109.0	97.8
漢字 2 (早い)	96.2	90.2
漢字 2 (遅い)	107.8	103.0
漢字 3 (普通)	106.8	95.8
漢字 3 (早い)	93.2	86.2
漢字 3 (遅い)	104.8	98.6
総合平均	103.8	95.1

はそれぞれ 40.73%と 21.83%であったため、板書時の 1 文字の平均ストローク数として用いた (WSA とする) [14].

$$100 * (1 - (\frac{103.8 - 95.1}{10 * WSA} * TWA)) = 76.26\% \quad (1)$$

本システムの精度はストローク数に大きな影響を及ぼさなかったと考えられる. ここでは数学科目を基準として扱ったが, 新聞を用いた講義を対象とした場合, 漢字の比率が上がるため [15], 結果としてノイズの割合は減る. しかし, 講義ごとにノイズの影響が変化するのは望ましくないため, システムを改良する必要がある.

6.2 板書速度の調整

板書行動を行っているときに自身の板書速度の変化を把握できるか確認するために, 実測値, システムによる計測値, および被験者の主観的な判断での比較を行った. 比較の結果を以下の表 2 に示す. 以下の表の値は全ての被験者の平均値となっている.

表 2 実測値と主観による板書時間との比較

	実測値	システム	主観判断
漢字 1 (普通)	1	1	1
漢字 1 (早い)	0.84	1.24	0.66
漢字 1 (遅い)	1.54	1.36	1.66
漢字 2 (普通)	1	1	1
漢字 2 (早い)	0.76	0.70	0.68
漢字 2 (遅い)	1.39	1.15	1.64
漢字 3 (普通)	1	1	1
漢字 3 (早い)	0.78	0.78	0.69
漢字 3 (遅い)	1.37	1.16	1.72
倍率の平均距離	0.32	0.23	0.50

「実測値」はストップウォッチで板書の開始から終了までの時間を測定, 「システム」は録音した 100 秒のうち, システムが判断した板書時間, 「主観判断」は板書行動直後に回答させた時間である. それぞれ標準の時間を 1 とした

場合の倍率を示している.

この結果から, 被験者が自らの板書速度を適切に調整するのは困難であることがわかった. 実験終了後, 被験者に可視化グラフを提示し振り返ってもらったところ, 自身が考えたほど板書時間の変化がないことが読み取れたという意見があった.

6.3 講義中に提示する情報

板書終了後にグラフを提示し, リアルタイムに必要な情報についてインタビューを行った. ほとんどの被験者が板書速度が早くなった時にバイブレーションによる通知があると望ましいと回答した. そのため, 教授者の板書速度をリアルタイムで検出し, 速度が早くなった時, バイブレーションによる通知を行うシステムを検討する.

また, 90 分の講義全体の板書の流れを思い出すことが困難であるため, 講義終了後にこのグラフをみて振り返ることは, 難しいという意見があった. そのため, 講義後の振り返りを行うためには, 講義中に自身の板書状況が印象に残る仕組みを作る必要がある.

6.4 音量の閾値

本研究では, マイクによる音量のみで板書行動の判別を行った. 実際の講義では, 発言を伴う板書行動が考えられる. このため, 発話音声や環境音とチョーク音の分離が必要である. 人の発言の周波数は 4000Hz を超過することがないという特徴を利用し, 実験において録音した音声にハイパスフィルタを通し, 発話音声とチョーク音の分離を試した.

この時, 音の遮断周波数を 4000Hz 以下とし, 減衰傾度を 6dB とした. 図 4 はフィルタ前後の音声波形の例である.

フィルター前



フィルター後

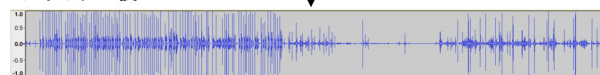


図 4 ハイパスフィルタを通した音声波形

マイクの入力の音量を数量化した値 (ここでは V とする) とデシベル値 (ここでは B とする) の関係性は以下の式のようにになっている.

$$B[dB] = 20 * \log_{10} |V| \quad (2)$$

本システムでは, 音量を数量化した値の板書開始識別値を 30000 とし, 板書終了識別値を 10000 とした. 一度板書終了識別値を下回ってから板書開始識別値を上回った場合

に1ストロークとした。教室の環境音は約50dBであるため[16]、教室の環境音がストロークに影響しないようにするためには、板書終了識別値がこの値以上でなければならない。上記の式2を用いて計算すると、10000は80dBとなり、指向性マイクが環境音のみで到達する値ではないと言える。また、板書とみなす値は約90dBであり、80dBと大きく離れているため、板書行動の判別が可能だと判断し、識別値の設定とした。

実験で検知したデータ群の中で特に誤差が激しいデータ3つに対してハイパスフィルタを通してから板書行動識別を行った。以下の表3はハイパスフィルタを通す前後を表したものである。

表3 ハイパスフィルタによるストローク数の変化

	フィルタ前の ストローク数	フィルタ後の ストローク数	板書時間のス トローク数
データ1	117	84	81
データ2	127	82	99
データ3	127	100	97

ハイパスフィルタを通した結果、2つのデータのストローク数が実際の値に近づいた。しかし、1つのデータにおいて板書を行っているにもかかわらず、数えられないという問題が生じたため、ハイパスフィルタをかける場合は適切な閾値に調整する必要がある。また、板書行動が早い場合にストロークを分離できない箇所が存在する問題もあったため、閾値の見直しおよびハイパスフィルタの適応が必要だと考えられる。

7. おわりに

本研究では、教授者に自身の板書速度を提示する講義支援システムを提案した。今後は、システムの検知方法の改善とリアルタイム通知システムの開発を行う。

システムの検知方法として、指向性マイクを用いることで環境音や発話音声の分離が可能となったが、紙をめくる音やチョークを置く音の分離ができていないため、音の特徴を調査してノイズとして入らないような手法を検討する。また、実験後の振り返りに用いたグラフでは、ストローク単位ではなく、文字単位の表示が望ましいという意見があったため、書いている文字を推定する技術を組み合わせることを検討する。

本研究で行った実験ではワンボードコンピュータに有線接続したマイクを用いたため、無線による音情報の送信を行えるような形にし、チョークホルダーに取り付けることでシステムの利便性を向上させる必要がある。本システムが実際の講義で運用が可能な形になった後に、実際の講義における評価実験を行う。

謝辞

本研究の実験にご協力いただいた電気通信大学の学生の皆様に深く感謝します。

参考文献

- [1] 北尾倫彦, 速水敏彦, 中村知靖. 教授スキル評価の視点に関する検討. 日本教育工学雑誌, Vol. 12, No. 3, pp. 91-99, 1988.
- [2] 中西祐貴, 岸野文郎, 伊藤雄一. 学習者の理解度を推定する電子ペン開発の一検討. ヒューマンインタフェース学会研究報告集, No. 16, pp. 139-142. ヒューマンインタフェース学会, 2014.
- [3] 南本長穂. 教師の板書技能に関する調査研究. 視聴覚教育研究, No. 15, pp. 19-35, 1984.
- [4] 米谷雄介, 東本崇仁, 殿村貴司, 古田壮宏, 赤倉貴子. 受講者による逐次評価と総括評価を教員の講義改善支援に利用する講義映像フィードバックシステム. 日本教育工学会論文誌, Vol. 37, No. 4, pp. 479-490, 2014.
- [5] 東本崇仁, 平嶋宗. 講義に対する理解促進のためのノートリビルディング法の提案と支援システムの開発・評価. 教育システム情報学会誌, Vol. 31, No. 4, pp. 264-269, 2014.
- [6] 柳沢昌義, 岸亜希子. 黒板・白板・powerpointの三種の提示メディアの模擬授業による比較実験. 日本教育工学会研究報告集 (JSET08-2), pp. 147-154. 日本教育工学会, 2008.
- [7] 柳沢昌義, 福田沙織, 岸亜希子. 黒板とpowerpointによる授業と学生のノートテイキング. 第24回日本教育工学会講演論文集, pp. 855-856. 日本教育工学会, 2008.
- [8] 板書 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/clarinet/002/003/002/005.htm.
閲覧日:2017年12月16日.
- [9] 新井崇也, 宮川直人, 市村哲. 多様な板書環境に対応した講義自動収録システム. 研究報告グループウェアとネットワークサービス, Vol. 2013-GN-88, No. 21, pp. 1-6, 2013.
- [10] Shashidhar Patil, Dubeom Kim, Seongsill Park, and Youngho Chai. Handwriting recognition in free space using wimu-based hand motion analysis. *Journal of Sensors*, Vol. 2016, No. 3692876, pp. 1-10, 2016.
- [11] Taishi Okazawa and Hironori Egi. Accelchalk: Detecting writing actions with chalk acceleration for collaboration between teachers and students. In *International Conference on Collaboration Technologies*, pp. 99-106. Springer, 2017.
- [12] 岡澤大志, 江木啓訓. 板書速度計測システムの開発に向けた板書行動の基礎分析. 日本教育工学会第33回全国大会予稿集, pp. 115-116, 2017.
- [13] 清水康敬, 安隆模. 板書文字の適切な大きさに関する研究. 日本教育工学雑誌, Vol. 1, No. 4, pp. 169-176, 1976.
- [14] 松吉俊, 近藤陽介, 橋口千尋, 佐藤理史. 全教科を収録対象とした日本語教科書コーパスの構築. 言語処理学会第14回年次大会発表論文集, pp. 520-523, 2008.
- [15] 野崎造成, 清水康敬. 新聞における漢字頻度特性の分析とnieのための漢字学習表の開発. 日本教育工学雑誌, Vol. 24, No. 2, pp. 121-132, 2000.
- [16] 辻村壮平, 上野佳奈子. 教室内音環境が学習効率に及ぼす影響. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 75, No. 653, pp. 561-568, 2010.