

遮蔽のない板書内容を提示するシステム

土江田織枝*, 山田昌尚*, 林 裕樹*, 香山瑞恵**

Development of a System for Presenting Contents of a Board without Obstruction

Orie DOEDA*, Masanao YAMADA*, Hiroki HAYASHI *, Mizue KAYAMA **

Abstract

In classes where the teacher writes on the whiteboard and shows it to the students, it can be difficult for the students to see the content because the teacher is in front of the whiteboard. Therefore, we wanted to quickly provide the students with the content of the whiteboard unobstructed by the teacher. This system is designed to automatically save the contents of the whiteboard when the teacher is not in front of the whiteboard and project them on the screen. In this paper, we report the specifications of the system under development and the results of the evaluation experiments.

Key word: Whiteboard Writing , Interruption Avoidance, Automatic Save

1. はじめに

講義などで黒板やホワイトボードに板書をする際には、受講者が板書内容をノートに書き写し終わる前に講師が消してしまうことや、講師の位置により板書内容が受講者から見え難くなる遮蔽問題などが生じることがある。筆者らは、板書内容を画像ファイルとして保存することで、必要に応じて板書内容の確認ができたり、後の授業で再提示するなどで利用できるシステム [1] [2] を開発している。しかし、これらのシステムは、講師の手動による操作を必要とすることや、保存した内容を利用するためにはいくつかの操作を行わなければならないなどの難点があった。特に、講義中に使用するシステムの設置や操作は、できるだけ単純で簡単にすることで、講師に極力負担を掛けないことが重要であると考えた。そこで、講師の位置により自動で板書内容の保存などの操作を実現できるシステムの開発を進めていた [3]。本稿では自動で板書内容の保存を行い、保存した内容をスクリーン上へ提示するシステム [4] について、仕様や評価実験の結果を報告する。

2. 関連研究

板書を支援するシステムの関連研究では、講義の映像から背景差分やフレーム差分などを用いて板書内容を遮っている講師の領域を取り除いた動画を生成するシステム [5] や、講師の動きを読み取れるように講師の輪郭などを残しつつ、遮蔽問題を解決した映像を生

成できるシステム [6] [7] の研究が行われている。また、PC を用いた講義を対象としたシステム [8] [9] の開発も進められている。本研究では、板書の際に生じる板書内容の見え難さを軽減するために、遮蔽のない板書内容の画面をリアルタイムに受講者へ提供するシステムの開発を目的としている。また、提供する画面の更新は講師の手を煩わせないように自動で行える仕様とした。

3. システムの概要

本システムは、板書をホワイトボードで行うことを想定している。システムを容易に導入できるように、安価で軽量の小型コンピュータ Raspberry Pi3 Model B+ で構築する。板書内容は Raspberry Pi に USB 接続したウェブカメラで取得するが、1280 × 720 画素で総画素数が 120 万画素程度のカメラを使用している。板書内容の画像は Raspberry Pi にプロジェクタを接続してスクリーンなどに投影することで受講者へ提示する。本システムの主な処理は Python3 により実装し、画像を OpenCV3 を用いて処理する。本システムを使用する際に必要な準備は、ホワイトボードの板書に使う部分である板書範囲全体が撮影できる位置に、システムを使用中に動かないようにウェブカメラを固定して設置するだけである。ウェブカメラは、できるだけホワイトボード (図 1(a)) の盤面以外を撮影部分に含まないように、図 1(b) の黒色の枠線内の部分のみを撮影範囲とす

* 釧路工業高等専門学校創造工学科

** 信州大学工学部

るように設置することが望ましい。図2に、本システムを使用している様子を示す。図2の環境ではプロジェクタは天井に設置されスクリーンも固定されているので、ホワイトボードはスクリーンと重ならないような縦 86cm × 横 115cm 程度の小型のものをスクリーンの右側に置いて使用した。大型のホワイトボードを使用する際は、ウェブカメラで撮影する範囲も広がるので、スクリーンに提示する板書内容が小さくなり見にくくなる。このような場合には、板書範囲をある程度制限して使用するか、板書する位置に合わせてウェブカメラの設置位置を移動することで対応できる。

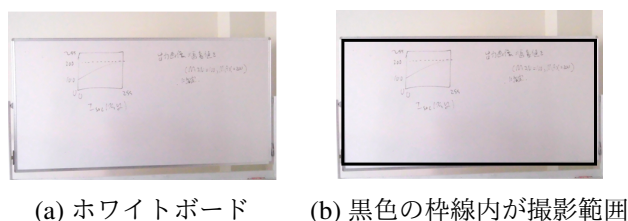


図 1: 撮影対象とする範囲

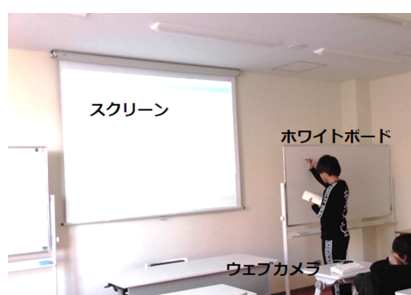


図 2: システムを使用している様子

4. システムの動作と機能

4.1 板書内容の取得と提示

本システムは、ホワイトボード上に書いてある内容を定期的にスクリーンへ投影し受講者へ提示する。提示する内容の更新のタイミングはホワイトボードが遮蔽されていない状態、すなわち、図3(a)のようにホワイトボードの前に人が居ないと判断したときであり、このタイミングで自動でウェブカメラの画像を保存し、その画像をプロジェクタから投影する処理を行う。図3(b)のようにホワイトボードが遮蔽されている状態のときには、ホワイトボードの前に人がいると判断し保存などの処理は行わない。システムがこのような判断を行うため、講師は、板書内容の保存や提示のために手動で何かを操作する必要はないが、定期的にホワイトボードの前から移動して遮蔽がない状態にしなければならない。板書内容の保存や提示の操作をこのような方法により実現することで、受講者へは講師が写っ

ていない板書内容を提供できることになる。尚、本システムはリアルタイムに板書内容を提供することを目的としているため、提示のために保存した板書内容の画像ファイルを永続化して、再利用できるようにはしていない。

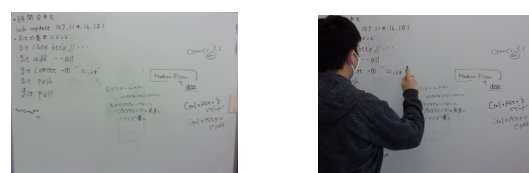


図 3: 遮蔽の有無による画像の違い



図 4: 2 値化画像

4.2 判定値

本システムのウェブカメラで取得した画像(図3)は、2 値化することで講師や板書の内容が黒、ホワイトボードが白の画像になる(図4)。そこで、2 値化した画像の黒画素の割合があらかじめ定めた固定値である判定値よりも小さい値のときに、ホワイトボードの前に講師が居ないと判断しカメラ画像を保存する。その判定値はシステムが起動した際に自動的に決定されるが、適切な判定値が設定されるようにするために、ホワイトボードは何も書かれていない状態にし、その前には誰も居ないことを確認してからシステムを起動する必要がある。システム起動時の判定値の決定では、以下の処理を行う。

1. ウェブカメラでホワイトボードの画像を取得
2. 取得した画像を 2 値化
3. 2 値化した画像から黒画素の割合を取得

しかし、システムを実際に使用する環境では照明などの影響で 2 値化画像が大きく変化する場合があるため、この処理を 20 回繰り返して黒画素の割合の平均値を求め、さらに画像の状態の細かい変化への耐性を持たせるために、この平均値に 5 を加えた値を判定値とする。この方法で求めた判定値を用いて遮蔽状態を正しく判断できるかどうか 100 回程度テストを行ったところ、適切に判定できることが確認できたため、このようにして求めた値を本システムの判定値としてい

る。また、判定値を決めるための画像取得の回数を 50 回や 100 回に増やしてみたところ、精度にほとんど違いがないにも関わらず判定値決定に要する時間が長くなることから、本システムでは 20 回で決定することとした。

4.3 室内環境による画像の違い

判定値はシステムの起動時に自動で求めているためシステムの利用者が特別な操作をする必要はないが、システムを使用する室内の明るさはホワイトボード周辺の明るさにも影響するため、室内の明るさに大きな変化が生じたときには、その環境に適した判定値を設定し直す必要がある。図 5 に、室内環境を変えたときのホワイトボードの画像について、左側に撮影したホワイトボードの様子、右側にその画像を 2 値化したものを並べた画像の組を 6 組示す。図 5 の右上は、室内が最も暗い時の画像となっており、2 値化画像においても黒画素の割合が多い。また、図 5 の右下の画像は最も明るい時の室内の状態となっており、黒画素の割合が少ない。このように室内の明るさの違いによって、ホワイトボードの画像は大きく異なる。判定値を変更するときにはシステムを起動し直すか、キーボードの c キーを押すことで再設定の処理が開始され、システムを使用している室内環境に適した判定値に置き換えることができる。

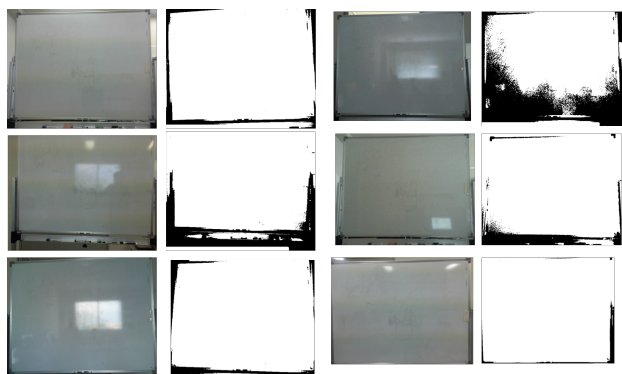


図 5: 室内の明るさによるホワイトボードの画像の違い

4.4 カメラ画像の黒画素数の割合

図 3(a) と図 4(a) はホワイトボード前に講師がおらず保存可能状態と判断した際の撮影画像と 2 値化画像の例である。また、図 3(b) と図 4(b) は、講師がホワイトボード前にいて保存可能と判断されなかった例となっている。表 1 に、2 値化画像の総画素における黒画素の割合の 5 回分のデータを示す。表 1 から、ホワイトボードの講師による遮蔽の状態によって黒画素の割合に大きな違いがあることがわかる。

表 1: 保存の有無を判断する黒画素の比率

回数	遮蔽有り 保存しない (%)	遮蔽無し 保存する (%)
1	37.017	17.003
2	37.155	18.706
3	37.181	18.480
4	37.216	18.124
5	37.431	17.770
平均	37.200	18.017

4.5 提示画面の大きさの変更

ホワイトボードとウェブカメラ間の距離やウェブカメラの性能によってもカメラ画像の大きさや見え方は異なるため、受講者へ提示する画面の大きさを適宜変更できるようにしている。図 6 は、大きさの変更をしていない通常画面 (図 6(a)) と、通常画面の 0.8 倍の縮小画面 (図 6(b))、そして通常画面の 2 倍 (図 6(c)) と 4 倍 (図 6(d)) の拡大画面となっている。このように通常画面から画面の大きさを変更したいときには、キーボードの s キーを押すことで画面の大きさの切り替えができる。変更できる画面の大きさについては試行実験の際の意見を反映して決定した。

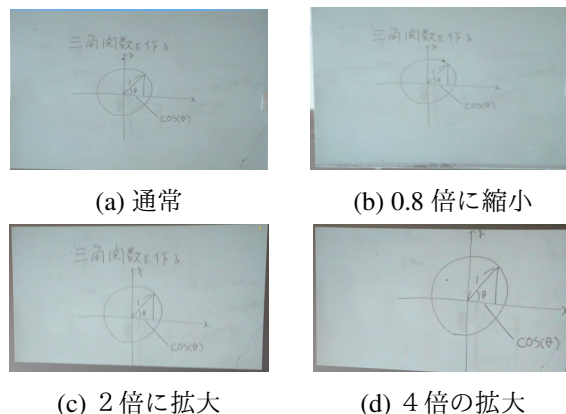


図 6: 提示画面の大きさの変更

5. 評価実験

本システムの使いやすさや、使ったときの板書内容の見えやすさについて評価実験を実施した。評価実験では被験者を、本システムを使用して講義を行う「講師」と、講義を受けて板書内容をノートに書き写してもらう「受講者」に分けて実施した。「講師」の被験者は 10 名で普段講義などを行っている人とし、「受講者」の被験者は 34 名で普段講義を受けている人をお願いした。実験内容は、「講師」がホワイトボードで板書と説明をする形態で、本システムを使用せずに約 8~10 分程度の講義の後に、本システムを使用した講義を行っ

た。1回の評価実験で「講師」の被験者は1名とし、「受講者」の被験者は3～4名とした。

5.1 「講師」としての評価実験の結果

被験者が「講師」として、本システムを使用する評価実験では、システムを準備するところから始めてもらい、システムの準備・システムの開始の操作・カメラ画像の保存とスクリーンへの投影を行ってもらった。これらについての評価は、「とても使いやすい（とても容易）」から、「とても使い難い（とても困難）」の5段階で回答してもらった。実験の結果を図7に示す。

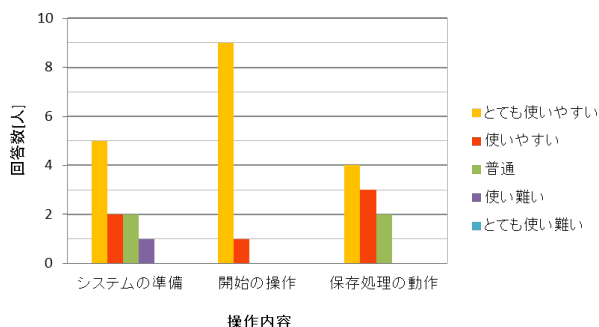


図7: 「講師」としての評価実験の結果

5.2 「受講者」としての評価実験の結果

被験者が「受講者」としての本システムの評価実験では、本システムを使わなかったときの講義と、使用したときの講義で、板書内容の見え方について比較を行ってもらった。これらについての評価は、「とても見やすい」から、「とても見にくい」の5段階とした。評価実験の結果を図8に示す。

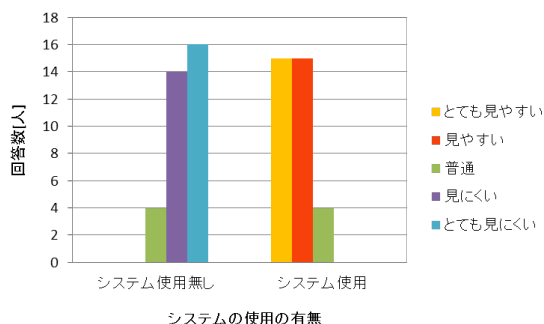


図8: 「受講者」としての評価実験の結果

5.3 評価実験の考察

「講師」の被験者からの回答では、システムの準備については「とても使いやすい・使いやすい・普通」が回答の9割を占めているものの、「使い難い」との回答が1割あった。「使い難い」との回答の理由は、ウェブカメラがRaspberry Piに固定されておらず設置しにくかったという内容だった。また、システムを開始する操作については「とても使いやすい」が9割を占めて

おり、被験者のコメントには、システムの使用を開始する際に特別な設定などの必要ないことが使いやすかった。また、板書内容の保存などの操作については、「使い難い・とても使い難い」との回答はなかったが、「普通」との回答が2割程度あったため検討が必要と思われる。

次に、「受講者」の被験者からの板書内容の見え方についての回答では、本システムを使わなかった際には「見にくい・とても見にくい」との回答が約8割だった。しかし、本システムを使用した回答では「とても見やすい・見やすい」が約8割となり「見にくい・とても見にくい」との回答は無かった。

6. おわりに

ウェブカメラを板書範囲に合わせて設置しシステムを起動するだけで、板書内容をスクリーン上へ提示する動作を実現するシステムの開発と評価実験を行った。受講者へ提供する板書内容の画像を保存したりスクリーンへ投影するためには、講師はホワイトボードの前から移動する必要がある。しかし、本システムの評価実験の際に「講師」の被験者からは、移動については受講者の様子を見ながら、また説明をしながら行えたので、あまり気にならないとのコメントが多かった。また、講義中なので手動での操作が必要ないことは使いやすいと感じたとのコメントもあった。

今回は小型のホワイトボードで評価実験を行ったが、講師が保存や投影のために移動しなければならない距離が長くなると予想される大型のホワイトボードを使用した際の評価実験では、異なる評価が得られると考えられるため、大型のホワイトボードを使用した評価実験の実施を検討している。また、現在のシステムでは、図4のように講師が暗色系の服装であれば、ほぼ間違えずに保存の判断ができていますが、白色系の服装のときには正しく判断できない場合がある。今後は、講師の服装の色に関わらず、正確に処理を行えるように改善を進める予定である。

参考文献

- [1] 土江田織枝, 林 裕樹, 山田昌尚, 宮尾秀俊, 板書情報を再提示できる板書支援システムの開発, 釧路高専紀要第52号, pp.51-55(2018).
- [2] 松田智貴, 林 裕樹, 山田昌尚, 土江田織枝, 手描きでの範囲指定機能を備えた板書保存システム, 教育システム情報学会第44回全国大会論文誌 pp.293-294(2019).

- [3] 土江田織枝, 松井李璃乃, 山田昌尚, 林 裕樹, 講義者の位置情報を利用した板書自動保存システムの開発, 釧路高専紀要第 53 号, pp.33-36(2019).
- [4] 土江田織枝, 杉田侑弥, 林 裕樹, 山田昌尚, 香山瑞恵, 板書内容の遮蔽を改善する板書支援システム, 第 19 回情報科学技術フォーラム発表論文集, 第 3 分冊, pp.399-400(2020).
- [5] 市村 哲, 井上亮文, 宇田隆哉, 伊藤雅仁, 田胡和哉, 松下 温, ChalkTalk : 講師動画と板書静止画の同時記録が可能な講義自動収録システム, 情報処理学会論文誌 47(3), pp.924-931(2006).
- [6] 坂本良太, 村上宙之, 野村由司彦, 杉浦徳宏, 松井博和, 加藤典彦, PC 画像に講師画像を重ね合わせ
た講義映像生成システム, 日本教育工学会論文誌 31(4), pp.435-443(2008).
- [7] 奥本 隼, 山根恵和, 吉田光男, 岡部正幸, 梅村恭司, 講師のシルエットを透過表示した板書映像の生成とライブビューシステム, 日本教育工学会論文誌 41(2), pp.177-186(2017).
- [8] 梅村恭司, 岡部正幸, 手間の少ない講義録画を目的とした 4 チャンネル高解像度同時録画設備, 情報処理学会研究報告-システムソフトウェアとオペレーティングシステム研究会報告, Vol.2005, No.48, pp.157-158(2005).
- [9] 和田智仁, 荻原康幸, 高精細映像を用いた講義の記録とコンテンツ制作, 教育システム情報学会第 32 回全国大会講演論文集, pp.98-99(2007).