

講義画面の自動連続キャプチャを行う 講義・学習支援システムの試用

古井 陽之助^{†1}

概要: 教員と受講者の双方を支援することを目的として、教員 PC の画面表示を自動ないし手動で選択的に記録し、即座に受講者に提供する、講義・学習支援システムを開発している。このシステムを使うと、教員は小さな手間でもノイズの少ない講義記録を残すことができ、受講者はこれを講義中の適時あるいは講義後に Web ブラウザで閲覧することができる。本稿では、本システムを実際の講義で試用した結果について報告する。受講者の 75.6% が講義中に画面の記録を閲覧したうえで、学習に役立つと評価した。

The experimental use of a system for capturing the screenshots of educational materials

YUNOSUKE FURUI^{†1}

Abstract. We have been developing a system that selectively captures the screenshots of the educational materials displayed on the teacher's PC during a lecture and provides them to the students immediately, aiming to support both the teacher and the students. With this system, the teacher can record the lecture with less noise in a small effort, and the students can view the screenshots timely during or after the lecture. This paper reports the result of the experimental use that we conducted. 75.6 % of the students browsed the screenshots in the lectures and evaluated the usefulness of the system favorably.

1. はじめに

今日、大学等の講義において、教員が PC の画面表示をスクリーンに投影し、受講者にそれを見せることはごく一般的である。本研究では、このような講義において教員と受講者の双方を支援することを目的として、教員 PC の画面表示を自動ないし手動で選択的に記録し、即座に受講者に提供するシステムを開発してきた[1][2]。

このシステムは、事前に設定された条件に基づいて記録対象のソフトウェアを自動的に選択し、また画面表示の変化を検出して、変化が生じた瞬間の画面全体を静止画像(スクリーンショット)として記録(キャプチャ)し、その画像を Web サーバに転送する。教員が手動でキャプチャを実行することもできる。この画面をキャプチャする仕組みは PowerPoint 等の特定のソフトウェアのみに限定されないが、あらかじめ条件を設定しておくことで選択的に動作する。

このシステムを使うと、教員は小さな手間でも、不要な部分を除いた講義記録を即座に受講者に提供することができる。受講者は、次々に蓄積されていくスクリーンショットを講義中あるいは講義後に Web ブラウザで閲覧することができる。想定される使いかたは、たとえば講義中にスクリーンの見づらい箇所を手元の PC で確認したり、講義中にある画面を見逃したときにはすぐに時系列順をさかのぼってその画面を確認したり、講義後の復習のために講義中の画面を一覧したりするといったものである。

本稿では、実際の講義で本システムを試用した結果について報告する。

2. 背景

2.1 電子的な教材を用いた講義

スクリーンに投影される電子的な教材の典型的な例としては、Microsoft PowerPoint や LibreOffice Impress などのプレゼンテーション用ソフトウェアによるスライドショーが挙げられる。

大きなスクリーンに投影される電子的な教材は、活字で清書されていて手書きの板書よりも読みやすい。図解を活用することで説明を解りやすくすることもできる。電子ペン等を使用して、説明しながら教材に注釈を入れるという使いかたもある。画面表示を他のソフトウェアに切り替えてデモンストレーション等を見せることもできる。教材の再利用も容易である。

一方、スクリーンに投影される情報の時間あたりの量は、手書きの板書よりも多く、また図解やデモンストレーションなど文字以外の情報が多くなりがちであるため、受講者がノートをとることが難しいこともあるという問題もある。

この問題の解決方法は大きく分けて二つである。一つは、受講者に資料を配布することである。PowerPoint などで作った電子的な教材から配布資料を作るのは容易である。配布資料としては、コンピュータネットワークを通じて配布できる電子的な形式も、教室内で配布できる紙媒体もありうる。しかし、このような配布資料には、講義中にその場

^{†1} 九州産業大学 理工学部 情報科学科
Department of Information science, Faculty of Science and Engineering,
Kyushu Sangyo University

で書いたプログラムやその実行結果などの、いわば動的な教材は含まれない。

もう一つの解決方法は、講義を録画することである。受講者はあとで講義の録画映像を視聴することにより理解を深めることができる。一方、このような方法の短所としては、講義が終わって録画処理が完了したあとでなければ視聴できないので講義中に見逃した画面を即座に確認するといった使いかたはできないこと、講義全体の流れを一覧して把握することが難しいこと、学習上は不要な場面をも含んで冗長であり必要な箇所を見つける操作が面倒であることなどが挙げられる。

2.2 問題点

現状の問題点を整理すると次の通りである。

- [問題 1] プレゼンテーション形式の講義は魅力的ではあるが情報が多くなりがちで、受講者がノートをとりにくい状況に陥ることがある。
- [問題 2] 配布資料は[問題 1]をある程度まで解消するが、その場で書いたプログラムなどの、いわば動的な教材を含まない。
- [問題 3] 講義録画は[問題 1]をある程度まで解消するが、(a) 講義中には視聴できず、(b) 不要な情報をも含んでおり、(c) 一覧性が低い。

3. 講義・学習支援システム Modern Times

3.1 システム構成

本研究では、教員と受講者の双方を支援することを目的として、教員 PC の画面を選択的にキャプチャし即座に受講者に提供するシステムを開発している。本システムを講義中に用いることによって、前章で述べた[問題 1]~[問題 3]を解決すると考える。

本システムは教員側クライアント（以下、Gear）、サーバ（以下、Server）、受講者側クライアント（以下、Viewer）という三つの部分からなる。クライアントが2種類あるので、Gear と Viewer という名称で呼び分けている。本システムの構成を図 1 に示す。実装上の工夫などについては [1][2]にて発表済みであるので本稿では割愛する。

3.1.1 教員側クライアント (Gear)

本システムの教員側クライアントを（受講者側クライアントとの区別のために）Gear と呼んでいる。Gear は Windows 常駐型アプリケーションである。Gear のウィンドウは通常は非表示になっており、マウスポインタが画面上の所定の区画にあるときのみ画面右端に表示される（図 2）。Gear のウィンドウ自身をキャプチャすることを防ぐため、その表示中は自動キャプチャを停止する。Gear のウィンドウにある[Capture]ボタンを押すことで、任意の時点のスクリーンショットを（Gear のウィンドウを隠した状態にして）キャプチャすることもできる。

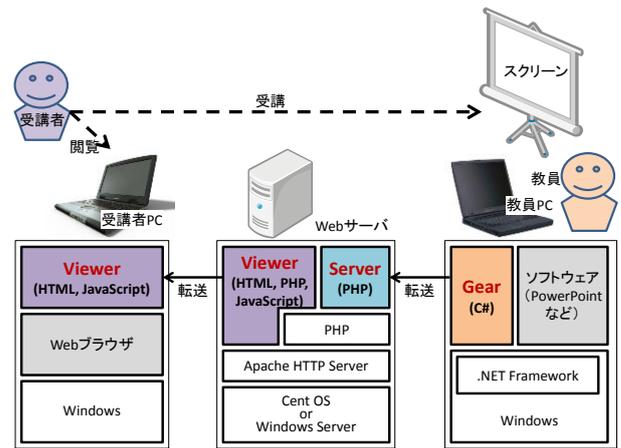


図 1 本システムの構成

Figure 1 The system configuration.

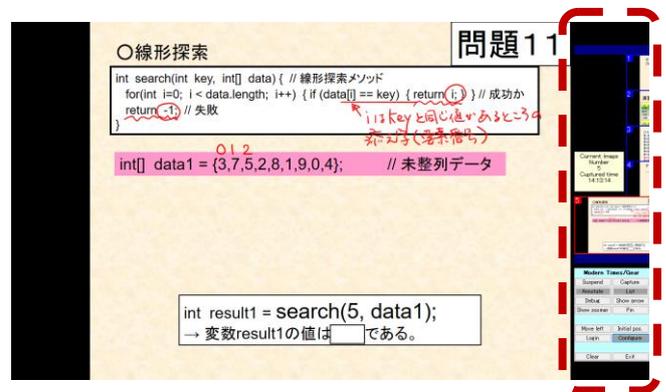


図 2 教員側クライアント(Gear)

Figure 2 The teacher-side client (Gear).

教員 PC においてキャプチャの条件（後述）が満たされ、なおかつ画面表示に変化があると、Gear はその都度自動的に教員 PC のスクリーンショットをキャプチャする。また、キャプチャによって得られた PNG 画像をタイムスタンプとともに即座に Server へ転送する。

キャプチャの条件としては、PowerPoint のスライドショー、Adobe Reader のフルスクリーンモード、Eclipse のウィンドウ最大化などが挙げられる。なお、画面表示の変化が連続するときには、変化がいったん終了した時点を検出したうえでキャプチャする。これによって、PowerPoint のスライドショーにおいてアニメーションの過程を全て記録して大量のスクリーンショットを生成するような事態を防ぐよう工夫した。

動的な教材の価値を高めるためには、スクリーンショットにペンやマーカーで注釈を入れる機能も必要であると考えているが、現時点では未実装である。たとえば、PowerPoint のペン機能を用いればスライドへの注釈は可能であるが、この場合に現在の本システムによる注釈の過程のスクリーンショットを完全に防ぐためには、ペン機能を用いる前に自動キャプチャを一時停止し、注釈が終わったときにこの

一時停止を解除するといった操作が必要である。

3.1.2 サーバ (Server)

本システムのサーバ(Server)は, Gear から受信したスクリーンショットの PNG 画像とタイムスタンプをサーバコンピュータ内に蓄積する. 1 回の講義のデータはパッケージという単位で蓄積される. また, 受講者の使用する受講者側クライアント(Viewer)に PNG 画像やタイムスタンプを送信する.

3.1.3 受講者側クライアント(Viewer)

受講者が Web ブラウザでサーバにログインすると受講者側クライアント(Viewer)を使用することができる (図 3). Viewer は Server からスクリーンショットの PNG 画像とタイムスタンプを取得して Web ブラウザウインドウ内に縮小画像の一覧を表示する. Gear から Server に新たなスクリーンショットが送られると, それは即座に Viewer の表示に追加される. 受講者が縮小画像をクリックすると, フルサイズのスクリーンショットが表示される. また, 「最新画像を常に表示」にチェックを入れておくことで, 常に最新のスクリーンショットを表示させることもできる.

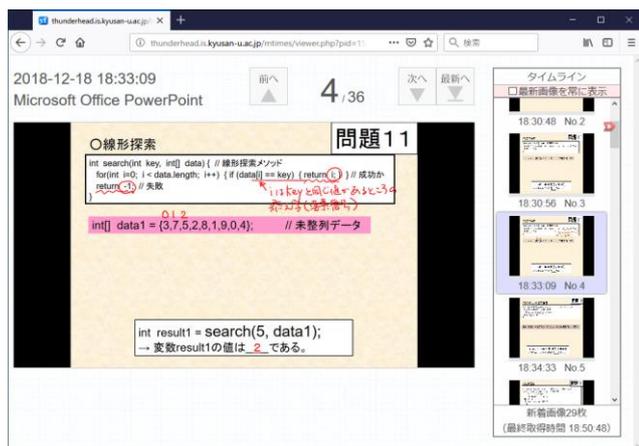


図 3 受講者側クライアント(Viewer)
 Figure 3 The student-side client (viewer).

一覧性を高めるためには, 類似度の高いスクリーンショットのクラスタリングなどの機能も必要であると考えている. また, 任意の速さでスクリーンショットを次々の表示することで疑似的な講義録画の再生機能を実現することもできると考えている. さらに, 本システムとは別に録画された講義映像の索引づけのために本システムを応用することも可能であろう. しかし, これらの機能は現時点では未実装である.

3.2 システムの使用の流れ

教員 PC を液晶プロジェクタ等に接続することによりスクリーンに投影する講義において本システムを使用するときの手順を述べる.

1. 教員は教員 PC で Gear を起動する.

2. Gear から Server へログインし, 記録先パッケージを作成する.
3. 教員 PC の画面に教材を表示する.
4. 受講者には Web ブラウザを用いて Server へのログインを指示する. これによって受講者は Viewer を使用することができる.

4. 本システムの試用と評価実験

受講者が授業科目の受講や自主的な学習を行ううえで本システムが有用であるか, また積極的に使うほどの魅力の本システムに感じるかどうかについて知るために実験を行った. まず, 筆者の担当する実際の講義において 2 回にわたり受講者に本システムを使うよう指示した. そのうち, オンラインアンケートによって受講者の主観的な評価を調査した.

4.1 本システムを試用した授業科目

本実験は九州産業大学理工学部情報科学科の 2 年次を対象とする講義において行った (表 1). この講義は主に PowerPoint のスライド資料を用いて進行し, 板書をほとんど用いない. 必要に応じてペンタブレットを使用してスライドに注釈を書き込むことがある.

表 1 ModernTimes を試用した授業科目

科目名	データ構造とアルゴリズム I
実施日	2018/12/11(火) 4 限目 第 12 回, 2018/12/18(火) 4 限目 第 13 回, 6 限目 第 14 回, 2019/01/08(火) 4 限目 第 15 回
クラス担当	筆者
受講者	40~42 名 (回によって異なる). 主に 2 年次生
テーマ	連結リスト等のデータ構造や, 整列アルゴリズム等のアルゴリズムの概念から実装までを講義する. プログラミング言語としては Java を採用している.

各受講者は入学時点でノート PC を貸与されており, この講義にもこのノート PC を持参して臨むことになっている. したがって, 講義中には受講者全員が手元にノート PC を置いて使用できることが前提である.

また, 教員はスライド資料の PDF ファイルを別途用意し, Web サイトを通じて事前に配布する. 受講者は事前に PDF ファイルのハードコピーを作っておいて講義に持参することもできるし, 講義中に手元に置いているノート PC で PDF ファイルを閲覧しながら受講することもできる.

4.2 使用機器

本実験において使用した機器を表 2 に示す. 教員, 受講者とも同じ機種 of ノート PC を使用した. 教員はスライド資料の表示に Microsoft Office 2016 に含まれる PowerPoint

2016 を使用し、スライドへの注釈にはペンタブレットを試用した。受講者は Server へのアクセスおよび Viewer の使用のために Web ブラウザを使用した。

表 2 本実験の使用機器

ノート PC	Fujitsu LIFEBOOK SH75/B1
OS	Microsoft Windows 10 Home 64 ビット版
その他 H/W	Wacom ペンタブレット Intuos 3 (教員のみ)
その他 S/W	Web ブラウザ (Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox 等), Microsoft Office 2016 (教員のみ)

4.3 実験の手順

前節に述べた授業科目の各回における手順を説明する。

(1) 2018/12/11(火) 4 限目 第 12 回

受講者 40 名に実験への協力を要請した。本システムの実際の授業における動作確認も兼ねて、受講者には各自のノート PC の Web ブラウザで所定の URL にアクセスすることのみ指示した。そのうえで、PowerPoint スライド資料を用いてクイックソートについての講義を行った。

なお、受講者が本システムにこの日以降いつでもアクセスできる状態を保った。ただし、受講者に対して特にそれについて説明したり指示したりはしなかった。

(2) 2018/12/18(火) 4 限目 第 13 回

受講者 41 名に実験への協力を要請した。各自のノート PC の Web ブラウザで所定の URL にアクセスしてそのまま Web ブラウザを閉じないように指示した。また、このシステムを使用するとスクリーンに投影された画面をさかのぼって閲覧できることを説明した。ただし詳細な使いかたについては説明せず、各受講者が必要や興味に応じて操作するに任せた。そのうえで、PowerPoint スライド資料を用いてマージソートとヒープソートについての講義を行った。スライド中のアニメーションのような配布資料で再現されない表示についてはスクリーンを注視するか本システムで閲覧するべきことについて適宜注意を促した。

(3) 2018/12/18(火) 6 限目 第 14 回

補講のため第 13 回と同日であった。受講者 39 名を対象に、期末テスト対策の模擬テストへ取り組ませたのち、PowerPoint スライド資料を用いて模擬テスト正解の解説を行った。

(4) 2019/01/08(火) 4 限目 第 15 回

期末テストを実施する回であった。この期末テストの直前に、受講者 42 名を対象に無記名のオンラインアンケートを実施し、41 名からの回答を得た。

4.4 評価方法

前節(4)において実施したオンラインアンケートは選択式の 20 項目および自由記述の 4 項目からなる。本稿では選

択式の項目に(Q1)~(Q10), (S1)~(S10)という通し番号を振ることにする。また、自由記述の項目の番号は(C6), (C7), (C9), (CZ)とする。

アンケートの前半にある(Q1)~(Q4)は回答者自身の受講態度等についての項目であり(表 3)、次の(Q5)~(Q10)は本システムの使用状況についての項目である(表 4)。自由記述の(C6)は(Q6)に属し、選択肢の一つ「その他」についての説明を求める項目である。同様に(C7)は(Q7)に、(C9)は(Q9)に属する。

表 3 選択式の項目(Q1)~(Q4)

※回答の選択肢については 4.5 節を参照。

(Q1)	学年
(Q2)	「データ構造とアルゴリズム I」の授業内容への理解
(Q3)	「データ構造とアルゴリズム I」の受講態度について
(Q4)	「データ構造とアルゴリズム I」の時間外学習について

表 4 選択式の項目(Q5)~(Q10)

※回答の選択肢については 4.5 節を参照。

(Q5)	「データ構造とアルゴリズム I」授業時間中の使用
(Q6)	閲覧した理由 ((Q5)で「多少は閲覧」または「よく閲覧」を選択した場合のみ。複数回答可)
(Q7)	閲覧しなかった理由 ((Q5)で「アクセスしなかった」または「積極的には閲覧しなかった」を選択した場合のみ。複数回答可)
(Q8)	授業時間外の使用
(Q9)	閲覧した理由 ((Q8)で「~閲覧した」を選択した場合のみ。複数回答可)
(Q10)	「データ構造とアルゴリズム I」学習への効果 ((Q5)ないし(Q8)で「~閲覧した」を選択した場合のみ)

表 5 SUS の項目(S1)~(S10) ※同意の強さを 5 件法で回答

(S1)	わたしはこのシステムを頻繁に使いたいと思う。
(S2)	このシステムは無駄に複雑であると思った。
(S3)	このシステムは簡単に使えると思った。
(S4)	このシステムを使えるようになるにはわたしは技術者の支援を必要とするだろうと思う。
(S5)	このシステムでは様々な機能がよくまとまっていると思った。
(S6)	このシステムにはあまりにも多くの矛盾があると思った。
(S7)	ほとんどの人々はこのシステムの使い方をすぐに覚えるだろうと思う。
(S8)	このシステムはとても扱いにくいと思った。
(S9)	このシステムを使うのにとっても自信があると感じた。
(S10)	わたしはこのシステムを使い始める前に多くのことを学ぶ必要があった。

後半の(S1)~(S10)は System Usability Scale (SUS)[3][4]の日本語訳[5]である(表5)。SUSでは実験参加者に各項目への同意の強さを5件法で回答してもらい、これを集計して得点を算出する。この得点が高いシステムほど優れたユーザビリティを備える。SUSの得点の平均は68点であることが知られている[4]ので、これをユーザビリティのよし悪しを判断するうえでの目安とすることができる。

最後に(CZ)が実験全体に対する自由な感想を求める。

4.5 実験結果

アンケート結果を次に示す。

4.5.1 受講者自身について

(Q1) 学年

省略する。

(Q2) 「データ構造とアルゴリズム I」の授業内容への理解

回答の集計結果を表6に示す。そもそも講義自体に理解がついていかないという受講者はほとんどいなかった¹。

(Q3) 「データ構造とアルゴリズム I」の受講態度について

回答の集計結果を表7に示す。そもそも講義自体を聴いていないという受講者はいなかった²。

(Q4) 「データ構造とアルゴリズム I」の時間外学習について

回答の集計結果を表8に示す。アンケートを実施した時期が期末テストの直前であったからか、半数以上の受講者が時間外学習を行ったと回答した。

表6 (Q2)への回答

(Q2)の選択肢	回答数
a. よく理解している	1
b. まあまあ理解している	35
c. あまり理解していない	4
d. ほとんど理解していない	1

表7 (Q3)への回答

(Q3)の選択肢	回答数
a. しっかり聴いた	20
b. まあまあ聴いた	21
c. あまり聴かなかった	0
d. ほとんど聴かなかった	0

表8 (Q4)への回答

(Q4)の選択肢	回答数
a. よく学習した	2
b. まあまあ学習した	22
c. あまり学習しなかった	14
d. ほとんど学習しなかった	3

4.5.2 本システムの使用状況について

(Q5)~(Q10)では項目間に依存関係があるので、集計にあたって次の処理を行った。

- (Q5)でa, bのいずれかを選択した10名から(Q6)の回答があってもそれは無効とした。
- (Q8)でa, bのいずれかを選択した38名から(Q9)の回答があってもそれは無効とした。
- (Q5)でa, bのいずれかを選択し、なおかつ(Q8)でもa, bのいずれかを選択した9名から(Q10)の回答があってもそれは無効とした。

(Q5) 「データ構造とアルゴリズム I」授業時間中の使用

回答の集計結果を表9に示す。受講者41名のうち75.6%にあたる31名の受講者が、授業時間中に本システムを使用して画面を閲覧したと回答した。

表9 (Q5)への回答

(Q5)の選択肢	回答数
a. アクセスしなかった	0
b. アクセスしたが積極的には閲覧しなかった	10
c. アクセスして多少は閲覧した	18
d. アクセスしてよく閲覧した	13

(Q6) 閲覧した理由

回答の集計結果を表10に示す。(Q5)c, dの31名に対し、(Q6)aとeがともに約半分を占め(a, eの重複は6名)、(Q6)cとdがともに約2割を占めた。(Q6)c, d, eのいずれか一つ以上を選択した回答者数を調べたところ21名であり、(Q5)c, dの31名のうち約3分の2を占めた。

(C6) 自由記述

(Q6)のgは0名であったので(C6)にも回答はなかった。

表10 (Q6)への回答

(Q6)の選択肢 ※複数回答可	回答数
a. 教員から指示があったから	17
b. このようなシステムが動くのが面白かったから	3
c. 教室のスクリーンより見やすかったから	7
d. PDFファイルや紙の資料より見やすかったから	6
e. 見逃した画面を見ることができたから	16
f. 自分のPCに画像を保存できるから	2
g. その他	0

(Q7) 閲覧しなかった理由

回答の集計結果を表11に示す。なお、(Q5)a, bの10名のうち、(Q7)に回答しなかった者が4名いた。

¹ 担当講師としての感触からいうと、この結果よりいくらか悲観的である。

² 担当講師としての観察からいうと、この結果よりいくらか否定的である。

表 11 (Q7)への回答

(Q7)の選択肢 ※複数回答可	回答数
a. 教員の指示に従うのが面倒だったから	0
b. このようなシステムはつまらないから	0
c. 教室のスクリーンのほうが見やすかったから	2
d. PDF ファイルや紙の資料のほうが見やすかったから	3
e. 見逃した画面を見られることに価値が無かったから	0
f. 見逃した画面を見られることに気付かなかったから	2
g. 自分の PC に画像を保存できることに価値が無かったから	0
h. 自分の PC に画像を保存できることに気付かなかったから	1
i. その他	1

(C7) 自由記述

(Q7)で i を選択した 1 名から次のような回答があった。

- 何のためにしているかがわからないから。

(Q8) 4. 授業時間外の使用

回答の集計結果を下表に示す。ほとんどの受講者は授業時間外に本システムを自発的に使用しなかった。一方、(Q5)で b を選択しながら(Q8)で e を選択した者が 1 名いた。

(Q9) 閲覧した理由

回答の集計結果を下表に示す。

(C9) 自由記述

(Q9)の e は 0 名であったので(C9)にも回答はなかった。

表 12 (Q8)への回答

(Q8)の選択肢	回答数
a. アクセスしなかった	34
b. アクセスしたがほとんど閲覧しなかった	4
c. 合計で 5 分間以内の閲覧をした	0
d. 合計で 5~10 分間程度の閲覧をした	1
e. 合計で 10 分間以上の閲覧をした	2

表 13 (Q9)への回答

(Q9)の選択肢 ※複数回答可	回答数
a. PDF ファイルや紙の資料より見やすかったから	1
b. 見逃した画面を見ることができたから	1
c. このようなシステムが動くのが面白かったから	1
d. 自分の PC に画像を保存できるから	0
e. その他	0

(Q10) 「データ構造とアルゴリズム I」学習への効果

回答の集計結果を表 14 に示す。

表 14 (Q10)への回答

(Q10)の選択肢 ※複数回答可	回答数
a. 全く役立たなかった	0
b. あまり役立たなかった	1
c. まあまあ役立った	21
d. よく役立った	4

4.5.3 System Usability Scale (SUS)

(Q5)で a, b のいずれかを選択し、なおかつ(Q8)でも a, b のいずれかを選択した 9 名については、SUS の回答を無効とした。また、SUS の 10 項目全てに回答しなかった 2 名分を無効とした。この結果、有効回答数は 29 であった。

これらの回答から SUS の得点を算出したところ、平均値は 64.1、中央値は 65.0 であった。SUS の項目ごとの得点にはあまり意味はないが、参考として表 15 に示す。なお、奇数項目の得点は同意の強さに比例するのに対し、偶数項目の得点は反比例する。

表 15 SUS の項目ごとの得点 (平均値)

(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)	(S6)	(S7)	(S8)	(S9)	(S10)	計
6.9	6.7	7.4	5.2	5.9	6.3	7.2	6.7	5.3	6.5	64.1

4.5.4 自由記述(CZ)

次のような感想があった。

- 悪くはなかった
- 静止画だけでなくアニメーションなども表示できると良いと感じた。
- 映像の時間差を改善できれば、より使いやすくなると思います。
- PC に表示される画面と前のスクリーンに表示されている画面との間に、大きなタイムラグを感じるがありました。

5. 考察

評価実験の前提として、受講者が講義内容のある程度まで理解できることと、しっかりと受講していることが必要であると考えた。この前提条件は満たされているものと(Q2), (Q3)の回答から判断する。

受講者には Viewer を開くところまでは指示したが、強制的に使用させるようなことはせず、積極的に使用するかどうかは各受講者本人の判断に任せた。この結果、受講者のうち約 4 分の 3 は講義中に画面の記録を閲覧したことが(Q5)の回答から判った。一方、時間外学習にまで積極的に活用しようとした受講者はほとんどいなかったことが(Q8)から判った。本システムを講義で使用する機会を増やすことでこの状況は変わっていくかもしれない。講義中に記録を閲覧した理由としては、見逃した画面を見られること、

従来の方法より見やすかったことなどが比較的目立つことが(Q6)から判った。さらに、閲覧したことが学習の役に立ったと感じていることが(Q10)から判った。

ユーザビリティの評価については、SUS の得点は平均 64.1 であり、目安となる 68 より若干低めではあったが、概ね平均的と考える。

以上のことから、研究の方針としては有望であり、今後も改善を継続するべきと考える。

6. 関連研究・関連技術

本研究の特徴としては、画面表示の変化をキーとして講義中の映像を静止画像として記録・蓄積すること、この画像をリアルタイムに受講者に提供すること、これによって音声やテキストなどのデータを欠く代わりに高い一貫性と適時性を実現すること、事前準備の手間が小さいこと、後処理は全くないことなどが挙げられる。これを踏まえて関連研究や関連技術を参照し、本研究の独自性を確認した。

6.1 スライドショーのリアルタイムな共有

まず、Microsoft PowerPoint や Apple Keynote などのプレゼンテーション用ソフトウェアにはオンラインプレゼンテーションの機能がある。また、Google スライド³、Prezi⁴、Microsoft PowerPoint Online⁵のように Web 上でプレゼンテーション資料を作成・共有するためのサービスもある。

宇野ら[6]は、講義中に Web 上でスライド資料をリアルタイムに共有することによって学生参加型の双方向授業を支援する Web アプリケーションを開発した。事前にスライド資料を画像形式で Web サーバに置いておくと、講義中に講師も受講者も Web ブラウザでこれを見ることができ、このシステムはスライドへ書き込むための描画機能や、双方向性を持たせるためのクリッカー機能も備える。

6.2 講義資料の共有

SlideShare⁶はプレゼンテーション資料を Web 上で共有するためのサービスである。

稲場ら[7]は、Web 上のスライド教材を協調的に拡充することで学習を進めるシステムを開発した。これを使用すると、スライド資料を Web 上で画像として共有し、利用者がこの講義スライドに付箋を貼るようにコメントを追記することによって協調的に作業することができる。また、このシステムは利用者全体の状態（コミュニティ・アウェアネス）を支援するために状態を視覚化する仕組みを備える。

藤本ら[8]は、プレゼンテーション資料を Wiki ページとして作成し、Web 上で配布するとともに、プレゼンテーション時にはスライドショーに変換して全画面表示すること

のできるシステムを開発した。

6.3 講義の撮影と後処理

6.3.1 講義映像

動画は全体の一貫性が低く、その中から特定の箇所の頭出しを行うためには何らかの方法で索引づけ（インデクシング）がされていることが望ましい。[9]によると、講義の映像に対し画像検索技術を応用して索引づけする方法が研究されている。映像の検索キーとしては、画像特徴量、画像に含まれるオブジェクト、メタデータ、文字認識や音声認識によって生成されたテキストデータなどがある。スライド中のテキスト情報によって索引づけし、映像の頭出しを行うこともできる。

筆者の所属する九州産業大学理工学部情報科学科にも、講義中のスクリーンおよび教卓付近の様子を録画する「講義記録システム」が導入されており[10][11]、これについて索引づけ等の後処理を行うための試みがなされてきた。本研究の当初の動機もこれであった。一方、井上、下川ら[12][13]は、スライドのフッタ部分に文字情報を入れておき、これに基づいて自動的に映像への索引づけを行うシステムを開発した。

6.3.2 リコー MPMeister

MPMeister [14]は、発表資料を用いた講演や発表を撮影したその場ですぐに Web コンテンツを生成するツールである。PowerPoint スライドショーのスライド切り替えのタイミングを記録する機能や、資料内の文字情報を抽出する機能がある。Web コンテンツの形式は MPEG-7 であり、カメラ動画とスライド資料を同期して表示することができる。

レーら[15]は、講義の映像から撮影後に重要シーンを抽出してダイジェストを生成する手法を開発した。この手法では MPMeister を使用し、スライド資料中の単語の出現状況、スライドの表示時間などに基づいて重要シーンを抽出する。

吉次ら[16]も MPMeister を利用して、講義中の講師と受講者それぞれを撮影した映像をスライド資料とともに同期再生する仕組みを開発した。この映像には講師の立ち位置、指示の模様、受講者の顔の向きなどの情報が付加され、講師があとで講義を振り返る際に活用することができる。

6.3.3 スライド資料の活用

中村ら[17]は、スライド資料を用いた講義の映像を学習用コンテンツ使用するためのシステムを開発した。このシステムを使用すると、スライド資料中のテキストデータや講義中の音声データに基づいて両者の関連を判定し、これに応じて資料映像と講義映像の大きさを交互に切り替えながら表示して、学習者の目をひきつけることができる。このシステムの一部である「PowerPoint 記録ツール」は、VBA オートメーションの仕組みを利用してスライドショーの開始、終了、スライド切り替えなどを検出する。

中村ら[18]はさらに、PowerPoint スライド資料中のテキ

³ Google スライド: <https://docs.google.com/presentation/>

⁴ Prezi: <https://prezi.com/ja/>

⁵ Microsoft PowerPoint Online: <https://office.live.com/start/PowerPoint.aspx>

⁶ SlideShare: <https://www.slideshare.net/>

ストデータや講義中の音声データに基づいて重要と思われる語句を検出し、スライド資料を加工するシステムを開発した。このシステムはスライドに含まれる重要語句の前後にある文言を矩形で隠しておき、スライドショーを実行するとこの矩形が剥がれるようアニメーションを設定する。

6.3.4 スクリーン・板書の映像の活用

Liu ら[19]は、スライド資料が投影されたスクリーンを含むプレゼンテーションの様態を撮影し、その映像のスクリーン部分をより高品質のスライド画像と置き換えるシステムを開発した。このシステムはフレーム間の差分を利用して映像を分割し、スライドとのマッチングを行うことによって置換処理を行う。さらに索引づけや要約をも実現する。

市村ら[20][21]は、板書を用いた講義を e ラーニング教材として使用するためのシステムを開発した。撮影後の映像に画像処理を施すことによって板書を高品質の静止画とし、また講師の様子を低品質の動画として、ネットワーク通信量を抑える。板書の映像については変化があったときのみ静止画を作成する。板書の映像からは講師の部分は消去される。また、Web サーバを通じた配信においては板書の静止画と動画を同期させることができる。

品田、井上ら[22][23]は、板書を用いる講義の動画に対し索引付けを行うシステムを開発した。講義中に板書の強調したい箇所に明示的にカラーマグネットを貼っておくと、撮影後の映像に画像処理を施すことによってマグネットの色、位置および貼り付けた時刻を利用して動画に索引付けを行う。板書の映像からは講師の部分は消去される。

6.3.5 講師の振る舞いの活用

芦川、菅沼ら[24][25]は、板書を用いた講義を撮影する際に、板書映像に対する画像処理およびチョーク音の検出によって講師の板書動作を判定し、板書部分をズームして撮影するシステムを開発した。板書すれば必ず発生するチョーク音という特徴的な音データをキーとして撮影の制御に使用する。

島田ら[26][27][28]は、板書とスクリーンを併用する講義をカメラで撮影することを前提として、画像処理によって講師の振る舞いが「板書中」「説明中」「移動中」のいずれであるかを推定することによって、カメラの撮影対象を決定するシステムを開発した。

横井、桐井ら[29][30]は、講義中の映像を要約する方法を開発した。カメラ映像に対する画像処理によって講師に追従する仮想カメラワークを実現した。また、講義中の発話や板書の起きた時間を検出し、これに基づいて映像を要約する。板書の検出においては板書映像から講師部分を消去する処理を行う。

丸谷ら[31][32]は、講義中に講師が受講者の注目を誘導するために行う教材への指示動作に着目し、これに基づいて講義コンテンツの重要部分を抽出し索引づけを行う仕組みを開発した。指示動作が *pointing*, *highlighting*, *outlining*,

emphasizing のいずれであるかを、指示棒の先端の軌跡、指示対象の種類、講師の態勢によって判定する。

6.3.6 受講者の反応の活用

田代ら[33]は、送信側から提供される講義映像のうち、受信側でユーザが選択した領域を拡大表示する機能を持つシステムについて検討した。受講者の希望に合わせた記録を実現するという点で示唆的である。

荻野ら[34]は、講義の様態を撮影したのちシーン単位に分割しておいて、コンテンツ作成者の主観に加え受講者アンケートの結果データを使用して講義の映像のシーンごとに重要度を設定するシステムを開発した。

村上ら[35]は、講義の映像をシーン単位に分割しておいて、受講者が各シーンにコメントしたり、自分の観点でシーンを選択し講義の要約を作ったりできるようにするシステムを開発した。シーン分割処理はスライドの表示時間、講師の行動の変化、発話開始時の語句などに基づいている。

6.3.7 教室内の状況の活用

講義中には講師と受講者との間で質疑応答もありうる。このような状況を想定し、講義の様態を撮影した映像の索引づけのために講師と受講者の双方を含む教室の状況を活用する方法に関する研究もなされている。

石塚ら[36]は、複数台のカメラによって講義を撮影する際に被写体（講師、受講者、資料）の位置や音声に基づいて索引づけを行うシステムを開発した。

椋木、美濃ら[37][38]は、講義中のイベント（複数の講義カメラからの映像、講師の体に取り付けたマーカ、講義室にとりつけたマイクからの音声、オンライン黒板への板書、PowerPoint による操作等）を利用して、複数台のカメラによる撮影を制御するシステムを開発した。

7. まとめ

教員 PC の画面表示をスクリーンに投影して受講者に見せながら進行する講義において、教員 PC の画面表示を選択的に記録して即座に受講者に提供する講義・学習支援システムを開発した。これを実際の講義で試用したところ、受講者のうち約 4 分の 3 は講義中に画面の記録を閲覧したうえで、学習に役立つと評価した。また、SUS によるユーザビリティの評価結果は平均的ではあるものの若干低めであった。以上のことから、研究の方針としては有望であり、今後も改善を継続するべきと考える。

謝辞 Modern Times の開発への貢献について、九州産業大学情報科学部情報科学科（当時）の前田環貴氏ならびに松本誠義氏に感謝する。また、本稿における「データ構造とアルゴリズム I」講義資料の使用に快く許諾を与えてくださった九州産業大学理工学部情報科学科 米元聡先生に感謝する。

参考文献

- [1] 古井陽之助: 講義画面の自動連続キャプチャによる講義・学習支援, 情報処理学会研究報告 グループウェアとネットワークサービス(GN), Vol.2011-GN-79, No.18, pp.1-8 (2011).
- [2] Younosuke Furui: Providing students with continuous screenshots of educational materials, Proceedings of the Asian Conference on Technology in the Classroom (ACTC2011), pp.41-47 (2011).
- [3] John Brooke: SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale, Usability Evaluation in Industry, pp.189-194, London (1996).
- [4] John Brooke: SUS: A Retrospective, Journal of Usability Studies, Vol.8, Issue 2, pp.29-40 (2013).
- [5] 古井陽之助: 講義画面の自動連続キャプチャを行う講義・学習支援システムとその評価実験, 情報処理学会九州支部 火の国情報シンポジウム 2014, 4C-2 (2014).
- [6] 宇野健, 川元紗知: 学生の授業参加促進を目的としたプレゼンテーション型授業支援システムの開発, 県立広島大学経営情報学部論集, Vol.9, pp.107-113 (2016).
- [7] 稲葉光行, 大野晋, 細井浩一: スライド型 Web 教材へのアノテーションに基づく協調学習支援システムに関する研究, 立命館高等教育研究, No.5, pp.17-31 (2005).
- [8] 藤本健一, 古井陽之助: Wiki を利用した講義資料作成・配付支援システム, 情報処理学会九州支部 火の国情報シンポジウム 2009, B-4-2 (2009).
- [9] 柳沼良知: 講義映像のデータベース化と検索手法の動向, メディア教育研究, Vol.7, No.1, pp.S35-S43 (2010).
- [10] 牛島和夫: コラム「情報技術と教育」第7回, ファカルティ・ディベロプメント, 情報処理, Vol.45, No.1, p.84 (2004).
- [11] 下川俊彦, 牛島和夫: 講義記録システムの利用状況, 九州産業大学情報科学会誌, Vol.7, No.1, pp.23-24 (2008).
- [12] 井上宗徳, 下川俊彦: 講義スライドのフッターを用いたラベル付けによる講義映像のインデックス作成に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告(教育工学研究会), ET2007-55, pp.1-6 (2007).
- [13] 下川俊彦, 田中宏宗: 講義記録システム映像に対する自動索引作成システムの構築, 九州産業大学総合情報基盤センター広報誌 COMMON, Vol.29, pp.12-20 (2009).
- [14] 國枝孝之, 脇田由喜, 高橋暁: Multimedia Web コンテンツ自動生成ツール MPMeister, Ricoh Technical Report, No.29, pp.114-118 (2003).
- [15] レー ヒェウハン, ルートラットデーチャークン ティティポーン, 渡部徹太郎: 講義講演ビデオからダイジェスト自動作成のための重要シーン抽出手法の評価, 第19回電子情報通信学会データ工学ワークショップ DEWS2008 論文集, E4-1 (2008).
- [16] 吉次孝太, 森村吉貴, 上田真由美, 椋木雅之, 美濃導彦: 講義室の状況把握を支援する講師受講者映像の同期再生システムの構築, 第2回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM2010, F7-4 (2010).
- [17] 中村亮太, 井上亮文, 市村哲, 岡田謙一, 松下温: 誘目性の高い講義コンテンツを作成する自動編集システム, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.1, pp.172-180 (2006).
- [18] 中村亮太, 井上亮文, 岡田謙一, 市村哲: 学習者の注目を集めることのできる講義映像コンテンツの自動作成, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.7, pp.2439-2446 (2007).
- [19] Tiecheng Liu, Rune Hjelsvold, John R. Kender: Analysis and enhancement of videos of electronic slide presentations, Proc. IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Vol.1, pp.77-80, Switzerland (2002).
- [20] 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, Vol.47, No.3, pp.924-931 (2006).
- [21] 市村哲, 福井登志也, 井上亮文, 松下温: Web 学習用講義コンテンツを自動作成する板書講義収録システム, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.10, pp.2938-2946 (2006).
- [22] 品田良太, 井上亮文, 星徹: 講師の意図を考慮した板書講義コンテンツの自動生成, 情報処理学会研究報告 2009-GN-70, pp.19-24 (2009).
- [23] 井上亮文, 品田良太, 市村哲, 星徹: 板書の意識的な強調を利用した復習用コンテンツ自動生成システム, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.49-60 (2012).
- [24] 芦川平, 菅沼明, 谷口倫一郎: 黒板講義におけるチョーク音検出を利用した講義自動撮影システムの構築と評価, 情報処理学会九州支部 火の国シンポジウム 2003, pp.60-67 (2003).
- [25] Akira Suganuma, Taira Ashikawa: Automatic Camera Control System with Both Image and Sound Processing, Proc. IASTED International Conference Computers and Advanced Technology in Education, pp.722-727, Greece (2003).
- [26] 島田敬士, 菅沼明, 谷口倫一郎: 教師の動作推定を利用した講義自動撮影システムの構築と評価, 情報処理学会九州支部 火の国情報シンポジウム 2004, A-9-3 (2004).
- [27] 島田敬士, 菅沼明, 谷口倫一郎: 講義中の教師の動作に基づく説明対象の抽出, 画像の認識・理解シンポジウム MIRU2004, pp.353-358 (2004).
- [28] Atsushi Shimada, Akira Suganuma, Rin-ichiro Taniguchi: Automatic Camera Control System for a Distant Lecture Based on Estimation of Teacher's Behavior, Proc. 7th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education, pp.106-111, United States (2004).
- [29] 横井隆雄, 桐井孝嘉, 藤吉弘亘: 講義イベント検出に基づく短縮講義ビデオの自動生成, 第12回画像センシングシンポジウム SSII06, pp.535-540 (2006).
- [30] 桐井孝嘉, 篠木雄大, 藤吉弘亘: HD 映像からの視聴者の注目を考慮した講義映像の自動生成, 第3回デジタルコンテンツシンポジウム, 2-3 (2007).
- [31] 丸谷宜史, 西口敏司, 角所考, 美濃導彦: 講義コンテンツのための教材指示情報の抽出, 画像の認識・理解シンポジウム MIRU2004, pp.323-328 (2004).
- [32] 丸谷宜史, 西口敏司, 角所考, 美濃導彦: 教材中の指示対象を利用した講義コンテンツの作成, 電子情報通信学会技術研究報告 MVE, Vol.105, No.433, pp.49-54 (2005).
- [33] 田代直之, 島田敬士, 菅沼明: 遠隔講義受講者のためのアクティブな講義映像生成システムの開発, 情報処理学会 第47回プログラミング・シンポジウム, pp.203-208 (2006).
- [34] 萩野基, 越智洋司, 井口信和: 複合コンテンツによる e-Learning 教材作成支援システムにおけるアンケート機能の開発, 情報処理学会 第73回全国大会, 5ZC-2, pp.495-496 (2011).
- [35] 村上正行, 丸谷宜史, 角所考, 東正造, 嶋田聡, 美濃導彦: 映像シーンを用いた授業要約作成システムを活用した大学授業の実践と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.34, No.3, pp.299-307 (2010).
- [36] 石塚健太郎, 亀田能成, 美濃導彦: 講義の自動撮影系における音声・映像インデキシング, 電子情報通信学会技術研究報告 PRMU, Vol.99, No.709, PRMU99-258, pp.91-98 (2000).
- [37] 椋木雅之, 西口敏司, 美濃導彦: 複数台カメラによる講義の観測と撮像, 情報処理学会研究報告 2001-CVIM-131, pp.77-84 (2002).
- [38] 美濃導彦: 教室における画像処理, 人工知能学会誌, Vol.17, No.4, pp.458-464 (2002).