Osaka University Knowledge Archive

Title	授業外学習支援のためのデジタル教材の自動要約
Author(s)	島田, 敬士; 大久保, 文哉; 殷, 成久 他
Citation	サイバーメディア・フォーラム. 2018, 18, p. 17-23
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70428
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

授業外学習支援のためのデジタル教材の自動要約

島田 敬士, 大久保 文哉, 殷 成久, 緒方 広明 （九州大学 基幹教育院）

1. はじめに

学習効果を高める方策として、予習の重要性がしばしば議論される。予習をすることで重要なキーワードや新しい表現、概念等を事前に把握することができ、講義の理解を深めることに繋がる。Beichner らは、講義前の効果的な予習は学生の能力を向上させると報告している[1]。そのため、大学において学生はしばしば教師から次回の講義までに講義資料を読んで予習をしておくように指導される。

著者らが所属する大学において、1 年生 326 名を対象に予習に関する下記のアンケートを行った。

Q1-1 予習にはどれくらいの時間を費やしますか？
Q1-2 いくつの講義で予習を求められていますか？
Q1-3 どのような予習資料を望みますか？（複数可）

図 1 に学生の回答結果を示す。予習時間については、6 割近くの学生が講義あたり 20 分以下の時間をかけて予習をしていることが分かる（Q1-1）。また、予習をするように求められている講義は少なくとも 2 つ以上ある学生が大半を占めていることもわかる（Q1-2）。どのような予習資料を望むかという点については、講義で使う資料の要約版を望んでいる学生の割合の方が多いことも分かる（Q1-3）。一方で、同様のアンケートを教師に対して行った結果を図 2 に示す。学生の回答とは対照的に、予習には長い時間をかけてほしいという結果と、要約資料ではなくすべての資料を予習資料として提供したいという結果が得られた。そのため、学生の要望を満たすには、教師は講義資料に加えて要約版の資料も併せて作成する必要があるが、それは教師にとっては大変時間のかかる作業である。

以上のような背景のもと、本研究では講義資料を解析することで自動的に要約版の資料を生成する方法を提案する。これまでに、ニュースやユーザビデオを対象とした映像要約[2][3]や、音声処理や映像処理による講義要約[4][5]などが取り組まれているが、講義資料を対象とした要約を行うのが本研究の特徴である。また、テキスト情報からスライド資料を自動生成する研究[6][7]も行われているが、我々の研究はすでに存在している講義資料を要約するという観点で異なる。

我々の研究では、Power Point 等で作成されたデジタル教材を利用する講義を対象とする。提案手法により、教師が作成した講義資料から重要なページを抽出して、短いページ数でまとめられた要約資料を生成する[1]。学生はその要約資料を予習に利用することで、短い時間で予習を終えることができる。スライド資料を要約するために、画像処理とテキスト処理を組み合わせて、各ページの重要度を計算する。また、各ページの予習に必要な想定時間をあらかじめ各ページには与えておく。資料の自動要約は、与えられた予習時間で重要度スコアを最大化するための組み合わせ最適化問題を解くことにより行われる。詳細については、次節以降で述べる。

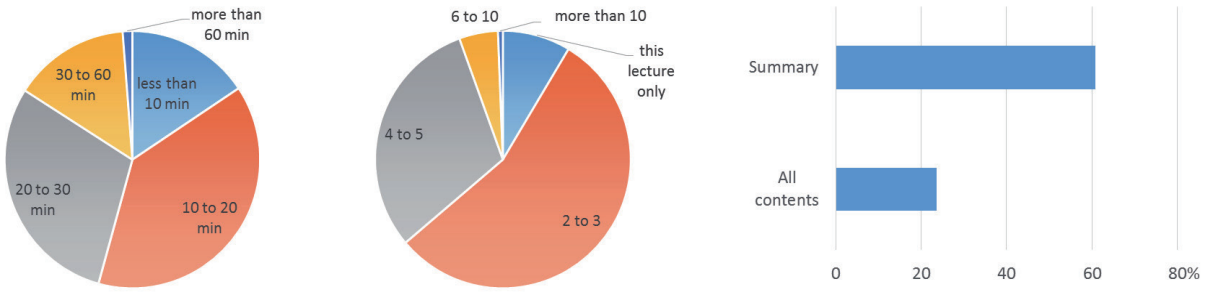
2. 講義資料の自動要約

2.1 概要

提案する講義資料の自動要約手法では、設定された予習時間に応じてスライドの各ページに与えられている重要度の和が最大となるページ群を選択する。例えば、すべてのスライドページを予習するために必要な時間をT_{all}とすると、その資料を要約して、時間$T_{sub}(T_{sub} < T_{all})$以内で予習が完了するようなページの組み合わせを自動的に選択することが目的である。より良い要約資料を生成するためには、元の資料の内容や流れをできるだけ失うことなく、重要なページを選択する必要がある。本研究では、重要なページには次のような特性が含まれていると想定する。

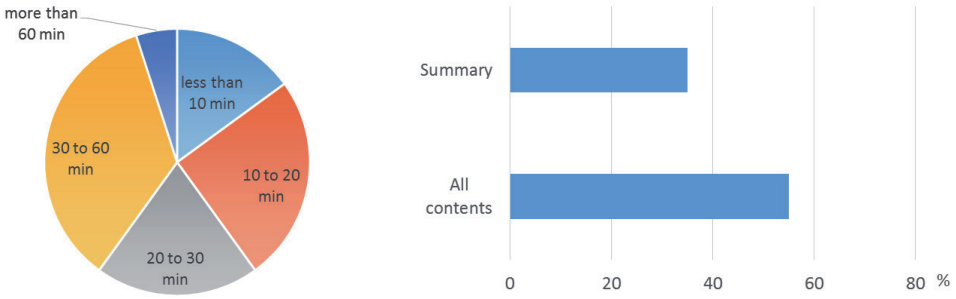
- 十分なコンテンツ量がページ内に含まれている
- 特有のコンテンツがページ内に含まれている

[1]例えば、教師が 10 分で予習できる資料を生成するようにシステムに時間を入力すれば、それに応じた予習資料が生成される.



(a) Q1-1　(b) Q1-2　(c) Q1-3

図 1　予習に関するアンケートへの学生の回答 (回答数 326)



(a) Q1-1 for teachers　(b) Q1-3 for teachers

図 2　予習に関するアンケートへの教師の回答 (回答数 20)

- 頻出する単語が含まれている
- スライド全体を通して特有の単語が含まれている

これらの特性について画像処理とテキスト処理の組み合わせにより評価する。

図 3 に提案手法の流れを示す。基本的な処理の流れは、ビデオ自動要約手法[8]のアイデアを踏襲しているが、画像処理とテキスト処理を組み合わせて、ページの重要度を計算する点は本研究のオリジナルな点である。まず、スライドのページ群**S**の各ページについて、画像処理とテキスト処理を適用し、重要度をそれぞれ計算する。画像処理では、ページに含まれるテキストや図、数式、表などのコンテンツの量を評価する。また、連続するページ間でのコンテンツの変化量についても評価する。テキスト処理では、TF-IDF (term frequency-inverse document frequency) [9][10]を用いて、ページ内に含まれる単語の重要度を評価する。一方、教師は各ページに対して予習に費やして欲しい時間を付与する。各処理により得られたコンテンツ量や単語の重要度は、ページの重要度スコア$I(S_i)$として統合される。ここで、iはスライドのページ番号である。最後に、要約資料を生成するために与えられる予習時間 (例えば 10 分以内など) に応じて、ページの重要度スコアを

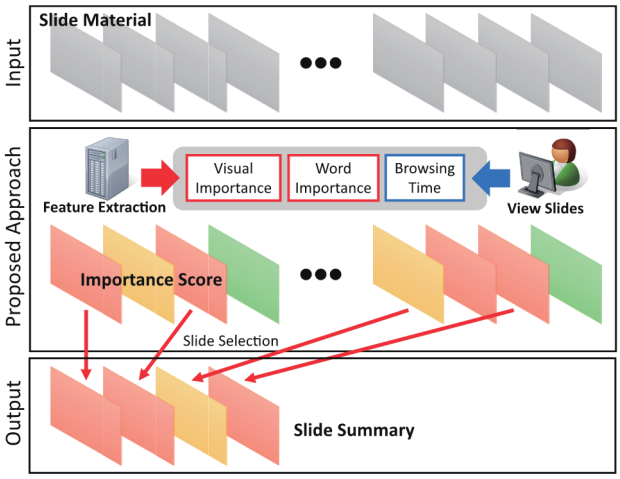
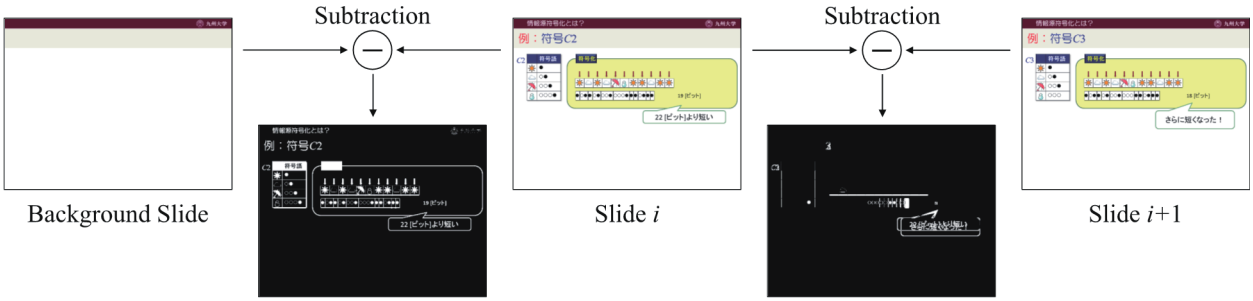


図 3　提案手法の処理の流れ

最大化するページの部分集合$\hat{\mathbf{S}}$を選択する。

2.2 画像特徴

2 種類の画像処理を適用する。まず、コンテンツが含まれていない白紙のスライド (背景スライド) を用意し、背景差分処理により、各ページに含まれるコンテンツ領域 (前景領域) を抽出する。二値化処理を行った後に、ページiの前景領域の画素数$\mathrm{f}(S_i)$を計数してコンテンツ量を得る (図 4(b))。スライドの幅と高さW、Hを利用して、ページiの前景スコアF_iを



(a) Background Image (b) Foreground Mask (c) Inter-frame Difference Mask

図 4 画像処理例

$$F_i = \frac{f(S_i)}{W \times H}$$

により得る。この前景スコアはページ内により多くのコンテンツが含まれる場合に値が大きくなる。

次に連続するページ間でフレーム間差分により変化量を得る（図 4(c)）。ページiの差分スコアD_iは、

$$D_i = \max\left(\frac{d(S_{i-1}, S_i)}{W \times H}, \frac{d(S_i, S_{i+1})}{W \times H}\right)$$

により計算される。ここで、$d(S_i, S_j)$は、ページiとページjのフレーム間差分により得られた前景領域の画素数である。提案手法では、注目ページiに対して、その両側のページとの差分を計算し、前景領域の大きい方を採用している。この処理により、前後のページで大きく内容が変化しているページの差分スコアを強調するとともに、変化の少ないアニメーションなどのスライドの影響を小さくすることができる。

2.3 テキスト特徴

スライドの各ページに含まれる単語の重要度を TF-IDF により得る。TF-IDF は情報検索や文章要約などの分野で利用されており、単語の出現頻度（Term Frequency）と逆文書頻度（Inverse Document Frequency）のふたつの指標を用いて計算される。TF-IDF の詳細については、文献[9][10]を参照されたい。

提案手法では、スライドページS_iに含まれる単語をすべて抽出し、単語pに対する重み$w_{p,i}$を次式により計算する。

$$w_{p,i} = tf_{p,i} \times \log\left(\frac{N}{df_p}\right)$$

ここで、Nはスライドの総ページ数、$tf_{p,i}$は単語pのスライドS_iの出現頻度、df_pはスライド全体での単語pの出現頻度である。最後に、各ページにおいて$w_{p,i}$を集計することでスライドS_iの単語スコアW_iを得る。

$$W_i = \sum_p w_{p,i}$$

この単語スコアはスライド全体を通して特有な単語を含む場合に高くなる。

2.4 想定閲覧時間

教師はスライドの各ページに対して、予習に必要な想定時間を付与する。本研究では、実際に講義を行う教師がスライドを閲覧することで、想定時間T_iを記録する。

2.5 重要度スコア

上述の画像特徴、テキスト特徴、想定閲覧時間から得られるスコアを統合することで、スライドの各ページに対する重要度スコアを計算する。

$$I(S_i) = (F_i + D_i + W_i) \times T_i$$

2.6 ページ選択

スライドのページ選択問題は、スライドの集合$\mathbf{S}$に対して、与えられた予習時間L_Sを超えない範囲でスライドの各ページの重要度スコアの総和が最大となるページ集合を見つける問題に帰着できる。

$$\underset{x}{\text{maximize}} \sum_{i=1}^{P} x_i I(S_i),$$

$$\text{subject to} \sum_{i=1}^{P} x_i T_i \leq L_S$$

ここで、$x_i \in \{0,1\}$であり、スライドS_iが選択される場合は$x_i = 1$、そうでなければ$x_i = 0$となる。すなわち、スライドの各ページを選択するかしないかの組み合わせ問題を解く 0/1 ナップサック問題[11]であり、動的計画法を用いて解を得ることができる。本研究では、$I(S_i)$がアイテムの価値、各ページの想定閲覧時間T_iをその重さとして

表 1 要約資料の概要

	Short		Medium		Long		All	
	ページ数	L_s (秒)	ページ数	L_s (秒)	ページ数	L_s (秒)	ページ数	L_s (秒)
1st week	21	300	30	600	37	900	47	1600
2nd week	10	300	18	600	25	900	38	1700
3rd week	4	200	8	400	12	600	20	1100

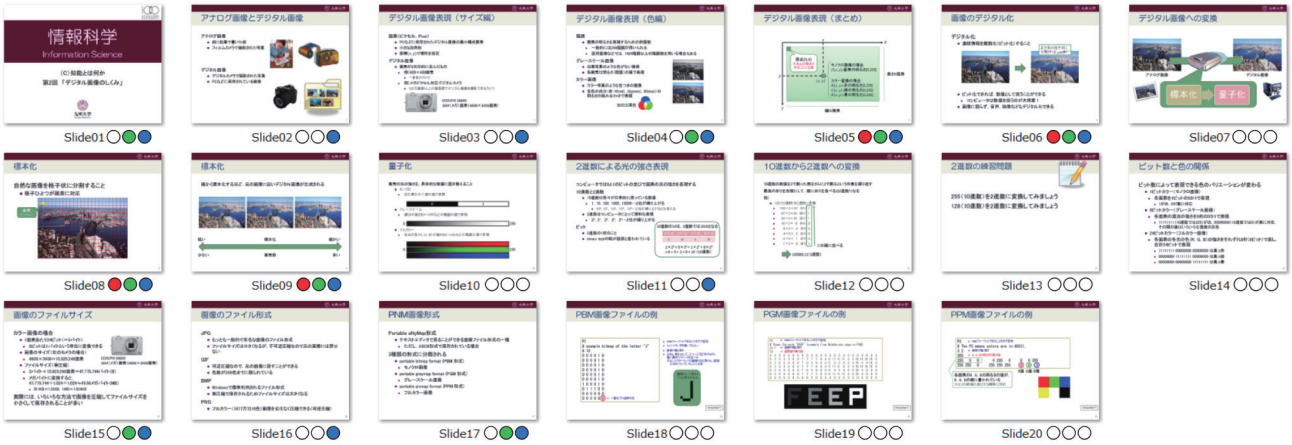


図 5 3rd week の講義資料とその要約資料．赤、緑、青の丸がそれぞれ Short 版、Medium 版、Long 版の要約資料に選択されたページ

表 2 各グループの学生数

	Short	Medium	Lomg	All	None
1st week	44	39	40	92	157
2nd week	40	30	33	111	124
3rd week	43	42	51	105	100

ナップサック問題を解くことで、最適なページの組み合わせを得ている。

3. 実験結果

3.1 実験の準備

大学 1 年生向けに開講されている情報科学に関する講義を対象として提案手法の効果を検証した。講義には、文理混合の 372 名の学生が受講しており、全員が個人のノート PC を持参して受講する。今回の実験では、3 週間分の講義資料の要約版を生成し、学生には次回の講義までに与えられた予習資料で予習をしてくるように指示をした。要約資料については、Long 版、Medium 版、Short 版の 3 種類の長さの資料を作成した。各週において受講生を 4 つのグループに分け、各グループには、Long 版、Medium 版、Short 版ならびに要約前の全資料（All）を提供した。なお、グループ分けは事前テストを実施して、グループの平均点が同程度になるように調整した。さらに、各長さの要約資料を提供するグループも毎週変更した。

表 1 に実験で使用した講義資料ならびに要約資料の詳細を示す。例えば、第 3 週の資料について、全資料（20 ページ）を予習するためには総時間として 1100 秒が教師により見積もられている。それに対して、200 秒で予習を終えることができる Short 版、400 秒で予習を終えることができる Medium 版、600 秒で予習を終えることができる Long 版の 3 種類の要約資料を自動生成した。その結果、各要約資料にはそれぞれ、4 ページ、8 ページ、12 ページ分のスライドが選択された。図 5 に第 3 週の講義資料とその要約資料を示す。

4 つのグループに対して各資料は e-Book システム[12]を通して提供される。e-Book システムを利用することで、各学生が資料を開いて予習をしたかどうかを把握したり、各ページをどれくらいの時間をかけて閲覧したかという情報をえることもできる[2]。その結果、4 つのグループか

[2]学生には e-Book システムを通じてログを収集することに対して事前に同意を得ている．

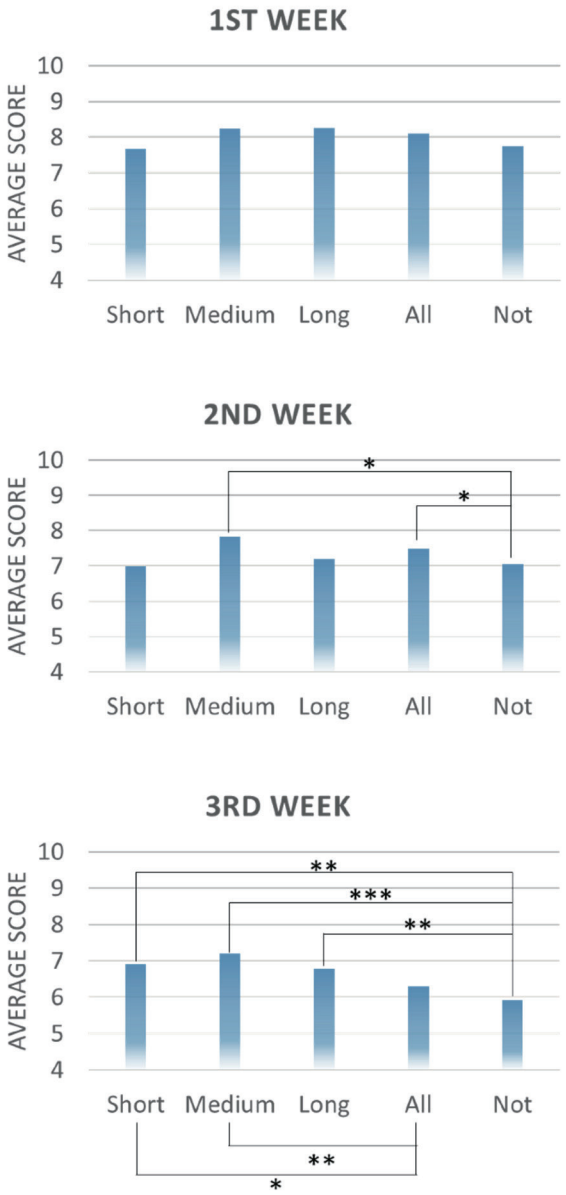


図 6 各週の小テストの結果

$(*\ p < 0.05, **\ p < 0.01, ***\ p < 0.001)$

ら予習をしていない学生を抜粋した第 5 のグループ（None）を作成することで、各グループに属する学生数は表 2 のようになった。

予習の効果を測定するために、各週の講義開始時に予習資料の内容に関する小テストを実施した。各回の小テストは 5〜7 問程度で構成され、総合点は 10 点となるように採点された。

3.2 要約資料と小テストの関係分析

まず、要約資料あるいは全資料を予習した学生の小テストの結果について検証した。図 6 にその結果を示す。各週において、小テストのスコアについてグループ間で t

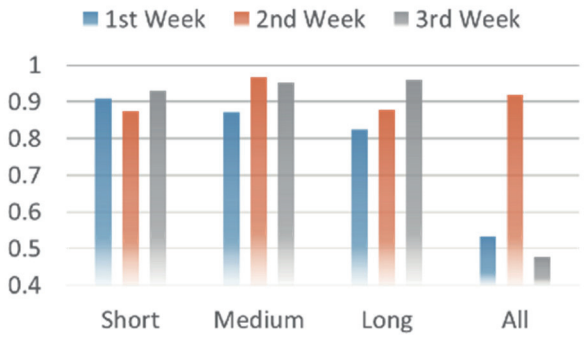


図 7 各週の予習達成率. 与えられた資料の 8 割以上のページを閲覧した学生の割合

検定を行い、有意差が認められたグループ間については、それぞれの有意水準に対応する記号を示している。全体として、予習をしなかったグループよりは予習をしたグループの方が小テストで高スコアを獲得していることがわかる。第 1 週は、講義の内容がさほど難しくないため、グループ間で小テストのスコアに大きな差はなかった。一方、第 2 週、第 3 週になるにつれて、講義内容の難易度が増すため、小テストのスコアにもグループ間で開きが出ていることがわかる。興味深い結果は、Short 版、Medium 版の要約資料で予習を行ったグループの小テストのスコアが全資料を予習したグループ（All）のスコアを上回っている点である。特に、Medium 版を予習した学生のグループは、第 2 週、第 3 週で最もよいスコアを獲得していることがわかる。つまり、要約版資料が予習に良い影響を与えていることが確認できた。本結果は、次節の予習達成率とも大きく関連している。

3.3 予習達成率

表 2 に示した各グループの学生の実際の予習状況を e-Book システムのログを利用して解析した。与えられた予習資料に含まれるページ数に対して 8 割以上のページを閲覧している学生の数を計数したところ、図 7 に示す結果が得られた。第 2 週については、予習を行ったグループの 9 割程度の学生が十分に予習をしていることがわかった。一方で、第 1 週、第 3 週については、全資料を予習用に提供された学生グループの約半数は、予習を途中で止めていることが分かった。その結果、小テストを受験しても一部解くことができない問題が含まれることになり、図 6 に示したような要約版資料を予習してきた学生よりも全資料を予習してきた学生の方がスコアが悪くな

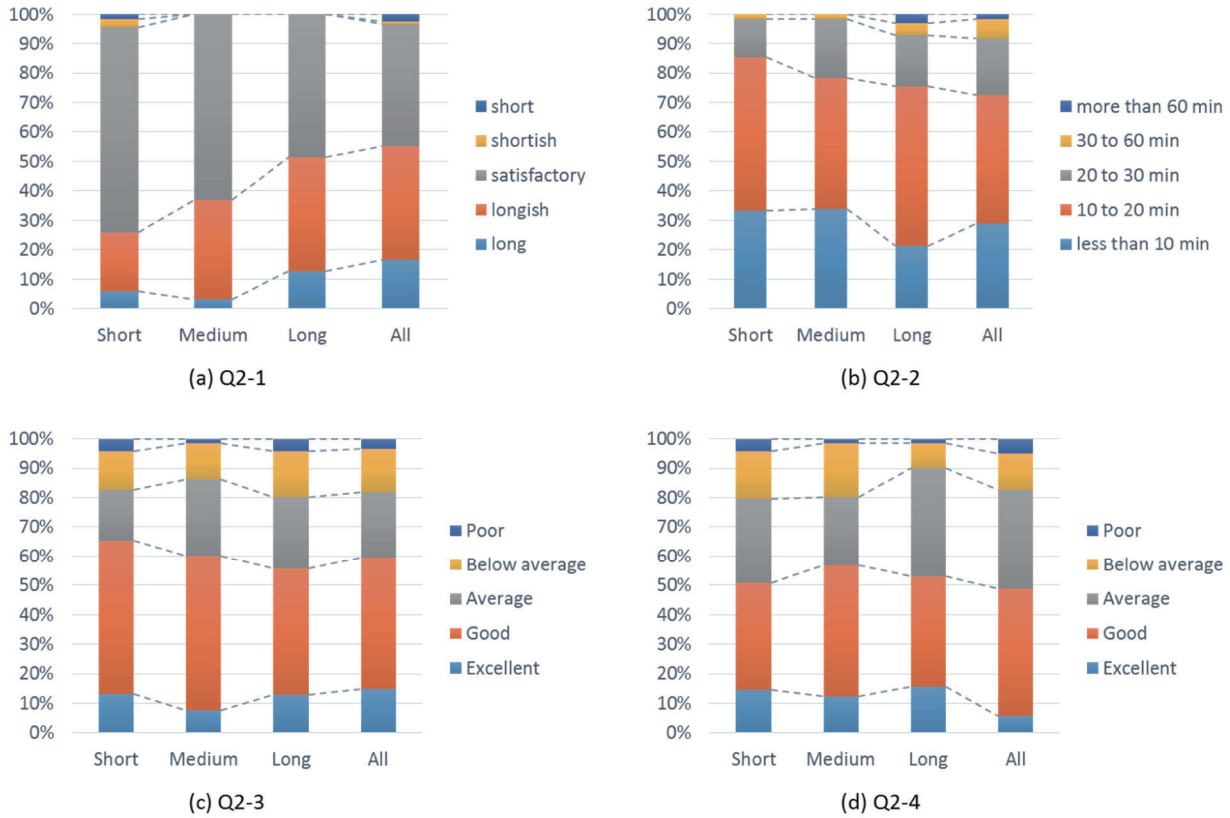


図 8 事後アンケートの結果（回答数 325）

ったと推察される。これらの結果から、学生が集中力を持続して予習をするためには、適度な長さの資料を用意する必要があり、そのような観点からも提案する教材の要約技術は有用であると言える。

3.4 事後アンケート

受講生に対して、予習ならびに小テストの実施後、以下の事後アンケートを実施した。

Q2-1 予習資料の長さはどうでしたか？

Q2-2 予習にはどれくらいの時間をかけましたか？

Q2-3 資料から説明の流れは把握できましたか？

Q2-4 資料から重要なポイントは把握できましたか？

325 名の学生から回答が得られ、集計結果は図 8 のようになった。

資料の長さに関する質問（Q2-1）について、Long 版あるいは全資料を提供された学生グループの約半数は、資料が長いと感じていた。これに対して、Short 版、Medium 版の資料を提供された学生グループは、長さについて満足と答えている学生の割合が 6 割以上となっていた。実際にどれくらいの時間をかけて予習をしたかという質問（Q2-2）に対しては、すべてのグループに共通してほとんどの学生は 20 分以内という回答が集中していた。つまり、どのような長さの資料を提供しても学生が予習に費やす時間にはさほど変化はなかったということになる。言い換えると、10〜20 分という限られた時間内で資料全体を閲覧できる程度の長さであれば、Q2-1 の満足度が向上している傾向にあると言える。

次に、予習資料に対する満足度について考察する。資料として説明の流れが把握できたか（Q2-3）についての質問、ならびに重要なポイントが把握できたか（Q2-4）についての質問に対して、ネガティブな印象を持った学生は、2 割以内程度であった。全資料を提供された学生グループも同等のネガティブ印象を抱いていることから、資料の要約によりそれが助長されたわけではなさそうである。一方、ポジティブな印象についても全グループを通じて大きな差はなかったが、流れの把握については資料が短くなるにつれて印象がよくなっていた。また、重要なポイ

ントの把握については、Medium 版が最も印象がよく、この結果は小テストのスコアとも相関がある。

4. おわりに

本稿では、授業外学習支援を目的として講義資料を自動要約する手法を提案した。画像処理とテキスト処理を組み合わせて、資料の各ページに対して重要度スコアを付与し、各ページの予習に必要な時間を見積もっておくことで、要望の予習時間に応じて、講義資料を再編することが可能である。300 名を超える学生を対象として行った検証実験では、要約資料が効率かつ効果的な予習を促すことができることが分かった。今後の課題としては、資料要約に使用する他の特徴の検討、学生の能力に応じた予習資料の生成などがあげられる。

参考文献

[1] R~J Beichner. Improving the effectiveness of large-attendance lectures with animation-rich lecture notes. *AAPT Announcer*, 1995.

[2] Arthur G. Money and Harry Agius. Video summarisation: A conceptual framework and survey of the state of the art. *J. Vis. Comun. Image Represent.*, 19(2):121-143, 2008.

[3] Priyamvada and Keshaveni. A survey of automatic video summarization techniques. *International Journal of Electronics, Electrical and Computational System*, 3, 2014.

[4] Liwei He, Elizabeth Sanocki, Anoop Gupta, and Jonathan Grudin. Auto-summarization of audio-video presentations. In *Proceedings of the Seventh ACM International Conference on Multimedia (Part 1)*, pages 489-498, 1999.

[5] Yun nung Chen, Yu Huang, Ching feng Yeh, and Lin shan Lee. Spoken lecture summarization by random walk over a graph constructed with automatically extracted key terms. In *Proc. of InterSpeech*, 2011.

[6] Harish Mathivanan, Madan Jayaprakasam, K. Gokul Prasad, and T. V. Geetha. Document summarization and information extraction for generation of presentation slides. In *ARTCom*, pages 126-128. IEEE Computer Society, 2009.

[7] K. Sathiyamurthy and T. V. Geetha. Automatic organization and generation of presentation slides for e-learning. *IJDET*, 10(3):35-52, 2012.

[8] Michael Gygli, Helmut Grabner, Hayko Riemenschneider, and Luc Van Gool. Creating summaries from user videos. In *ECCV*, 2014.

[9] Gerard Salton and Christopher Buckley. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. *Inf. Process. Manage.*, 24(5):513-523, 1988.

[10] Ho Chung Wu, Robert Wing Pong Luk, Kam Fai Wong, and Kui Lam Kwok. Interpreting tf-idf term weights as making relevance decisions. *ACM Trans. Inf. Syst.*, 26(3):13:1-13:37, 2008.

[11] H. Kellerer, U. Pferschy, and D. Pisinger. *Knapsack Problems*. Springer, Berlin, Germany, 2004.

[12] Chengjiu Yin, Fumiya Okubo, Atsushi Shimada, Kojima Kentaro, Masanori Yamada, Hiroaki Ogata, and Naomi Fujimura. Smart phone based data collecting system for analyzing learning behaviors. In *22nd International Conference on Computers in Education (ICCE 2014)*}, 11 2014.