

e-Learningにおける講義コンテンツの階層構造に基づく スライド推薦方式の提案

桐原 牧紀[†] 王 元元^{††} 河合由起子^{†††,††††} 角谷 和俊[†]

[†] 関西学院大学総合政策学部メディア情報学科 〒669-1337 兵庫県三田市学園2丁目1

^{††} 山口大学大学院創成科学研究科 〒775-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1

^{†††} 京都産業大学情報理工学部 〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山

^{††††} 大阪大学サイバーメディアセンター 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘5番1号

E-mail: †{deg44553,sumiya}@kwansei.ac.jp, ††y.wang@yamaguchi-u.ac.jp, †††kawai@cc.kyoto-su.ac.jp

あらまし e-Learningの普及により、オンライン教材を用いて学習を行うユーザが増加している。さらに、新型コロナウイルスの感染拡大によって、学生の学習形式は、対面の授業形式から同時双方向の授業やオンデマンドの授業形式に変化している。また、オンデマンドの授業では講義スライドと音声を用いて、授業が行われるが、一度の視聴ではスライドの内容を完全に理解することができない学生も多く、オンデマンド授業の課題となっている。そこで、本研究ではスライドのインデントの階層構造を利用して質問に関連するスライドにおける単語の寄与率を求め、値の高い順にランキング形式で関連スライドを推薦することによりこの課題の解決を目指す。

キーワード e-Learning, 情報推薦, 学習支援, 階層構造, オンデマンド

1 はじめに

新型コロナウイルスの影響により、図1のように学生は対面式の授業からスライド、音声を用いた学習教材を使用して個人で学習することが主流となっている。主な学習教材として2つの形式が存在する。1つ目が同時双方型である。同時双方型の授業はリアルタイムで教授と学生が対話しながら授業を進める学習方法である。講義形式をとる授業もあれば、少人数制で学生同士のディスカッションやディベートに用いられることもある。2つ目がオンデマンド型である。これは各々の学生が1人で学習することを想定としている。音声を埋め込んだスライド、または事前に撮影した講義映像を教科書や講義資料と照らし合わせて個人で学習を進める方法である。この方法は学生が決まった時間に学習しなくてよいというメリットがあり、自分の好きなペースで学習を進めることが出来る。本研究ではオンデマンド形式の「学生が容易にスライドを参照できる」という点に着目している。一方で、現代のオンデマンドの形式でのデメリットとしてスライドを見て疑問に思った点がある際に、その場で講義者に質問することができないという点が挙げられる。その場合学生は疑問点を持ったまま受講するため、講義を完全に理解できず、講義理解を深めることが出来ない。また、オンデマンドの形式で授業を行う際に講義者1人で学生からの大量の質問を処理することは難しい。よって、柔軟かつ効率的な解答推薦を行う必要がある。

そこで本研究では学生の質問に関連する候補スライドをランキング形式で推薦することで学生の講義内容の理解をより深めることを目的としている。受講者側は講義中でも疑問点を減らすことで講義理解を深めることが出来る。また、講義者側は作



図1 授業形式の変化

成した講義資料を受講者側により理解されやすい講義の実施支援に繋がるのである。

本論文の構成は以下のとおりである。2章でe-Learningに関する関連研究について述べる。3章では本研究のシステムの概要を述べる。4章ではこの関連スライドの提案手法について述べる。提案手法ではインデント階層に基づく単語の寄与率について述べる。次に単語の寄与率に基づく推薦方式について述べる。5章ではこのシステムを用いた評価実験について述べた後、最後に6章でまとめと今後の課題について述べる。

2 システム概要と関連研究

2.1 システム概要

システム概要として、図2では表示されているPC画面の左側が学生が現段階で見ている該当スライド¹、右側が上から順にランキング形式で表示している推薦候補スライドである。画面左上に該当スライドに対しての質問を入力する。そうすると該当スライドを見た学生の質問キーワードが含まれる推薦候補スライドを小さく表示し、ランキング形式で推薦する。そして学生が推薦候補スライドで見たいと思ったスライドをクリックすると、図3のように右側の画面で選択したスライドが大き

1: 九州大学牛尼剛聡教授の講義資料

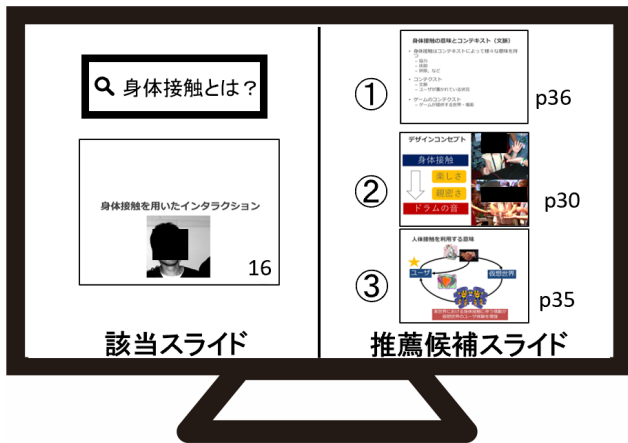


図 2 スライド推薦の概要図

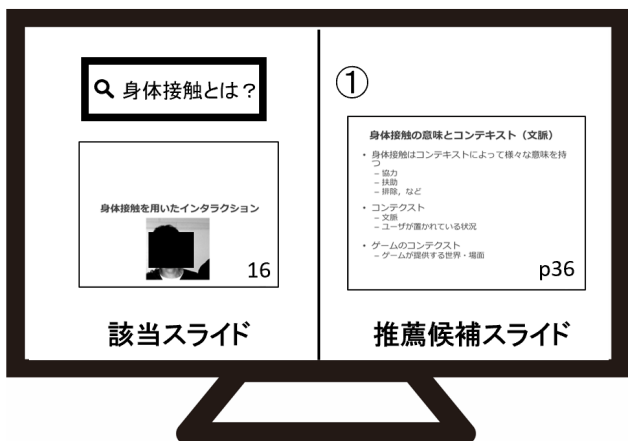


図 3 推薦候補スライド選択後の画面

表示されるようになっていく。これにより学生が推薦候補スライドを分かりやすく参照できる。

2.2 関連研究

e-Learning における講義コンテンツにおける研究は以下の研究があげられる。

講義コンテンツの中でもポスター生成を行っている研究がある。Wang ら [5] は、プレゼンテーションスライドの概要を把握するために、スライドを使用して iPoster と呼ばれるポスターを生成する方法を提案している。友安ら [3] は意味的關係に基づき、スライドの構成要素を配置し、プレゼンテーションの全体像を表現するポスターの生成システムを提案している。尾畑ら [10] と北村ら [11] は、感性を反映したポスターや対話型の進化計算によるポスター作成支援を行っている。本研究はスライドの構造を用いてポスター生成を行うのではなく、スライドが含まれる講義コンテンツ内でのスライド推薦を目的としている点で異なる。

また、講義のシーン抽出およびスライドの構造抽出を行っている研究がある。王ら [4] は複数コンテンツにおけるシーン間の関係、シーン間の区間を定義、解析し視聴区間を抽出している。戈ら [7] は質疑応答の資料操作を用いたアーカイブコンテンツの再構成手法を検討しており、ユーザが指定したスライド

に対し、重要度の高い操作ログを特定し、その操作ログの特徴を抽出している。羽山ら [14] は、スライドページに含まれる情報の構造抽出方法を提案している。Edge ら [12] と Pschetz ら [13] はスライド内の構成要素の配置によって、プレゼンテーションの編集支援を行っている。Watanabe ら [9] はスライドのアニメーションや色の分布などの視覚的効果の高い情報を抽出し、発表映像の要約を行っている。Pradhan [15] らは断片的なビデオ区間集合を抽出し、組み合わせることで新しい区間を生成する手法を提案している。Ricoh ら [16] は実況コメントから映像のメタデータを生成し、ビデオ区間を抽出する手法を提案している。小林ら [17] は資料や映像の結合を行い、生成したコンテンツを提供する手法を提案している。村木ら [18] はプレゼンテーション資料などのコンテンツをスライドと映像のキーワードの適合度から構成されたコンテンツをメタデータを用いて結合する方式を提案している。本研究はスライドのシーン抽出や特徴抽出を行うのではなく、スライドのインデントに値を付与し、質問に関連するスライドを推薦することを目的としている点で異なる。

さらに、スライドのインデント構造を用いた研究が多く存在する。川北ら [1] は、スライドの階層構造を用いることで講義スライドの特徴語抽出に基づきスライドのグループ化を行い、グループ化されたスライド群の専門性に基づく講義スライドを再構成するシステムを構築している。Sakuragi ら [2] は、スライドに含まれる図形の配置や関係性などを分析し、図形群の意味や階層構造を推定し、それを用いてプレゼンテーションスライド検索システムを提案している。大谷ら [6] は、スライドのインデントによる構造に値を付与しており、プレゼンテーションコンテンツにおけるシーン間の関係やシーンの役割を定義、解析し、視聴区間を抽出する方式について提案している。本研究と講義スライドであるスライドの階層構造を用いる点で類似している。しかし本研究はスライド内のインデントの階層構造を用いて、スライドのインデントごとに値を付与し、単語の寄与率を求めることでスライドをランキング形式で推薦している点で異なる。

また本研究では、学生からの質問キーワードを使用しているシステムである。質問キーワードを利用した研究が存在する。小山ら [19] は質問キーワードの出現位置を考慮した検索手法を提案している。湯本ら [20] は検索結果として質問キーワードの話題の広さと深さを両方を満たしたページをユーザーに推薦する手法を提案している。本研究は質問キーワードに関連するスライドページをユーザーに推薦している点で異なる。

3 提案手法

3.1 インデント階層に基づく単語の寄与率

まず、図 4 のようにスライドのインデント階層に値を付与する。1 番値が大きいのがタイトルであり値は 1.00, 2 番目に値が大きいのが大きいインデントで値は 0.50, 3 番目に値が大きいのは小さいインデントで値は 0.33, そして一番値が低いのがスライドの小さい字で値は 0.25 である。インデントに値を付

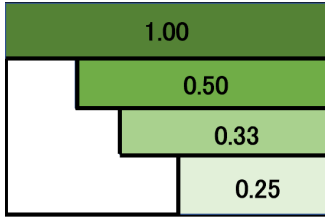


図4 インデント階層の値

与することによってスライドに対する質問キーワードの寄与率を求める。

ここで単語の寄与率とは、単語の出現するインデントの階層の変化、頻度を表している。該当スライドに出現していた質問キーワードが、推薦される推薦候補スライドではインデントの値が上昇、または単語の出現頻度が高いとき、単語の寄与率は上昇しているといえる。

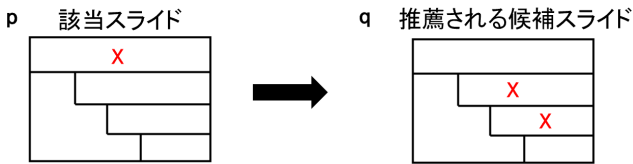


図5 該当スライド p, 推薦候補スライド

$$Y_{ki} = \frac{Indent_{ki}}{TF_{ki}} \quad (1)$$

$$C_{p \rightarrow q} = Y_q - Y_p \quad (2)$$

例として図5のような該当スライド p と推薦候補スライド q があり、学生から単語 X についての質問が出たとする。図4のインデント階層の値に基づく、該当スライド p ではタイトルに単語 X が出現しており、値は 1.00 である。推薦候補スライド q では大きいインデント、小さいインデントに出現している。単語 X が 2 つ出現している推薦候補スライドの単語 X の重要度として、式??を用いる。1枚のスライドの単語の重要度を Y とすると、各インデントの値単語 X が出現しているインデント階層の値 $Indent_{ki}$ を加算し、それを単語 X の出現頻度 TF_{ki} で除算すると、 $(0.50+0.33)/2=0.42$ となり、推薦される候補スライド q の値は 0.42 となる。そして複数のスライドでの単語 X の寄与率として式??を用いる。該当スライドを p, 推薦候補スライドを q とし、複数のスライドでの単語の寄与率を C とすると、 $(q, p)\{x, y\}=0.42-1.00=-0.58$ よって単語 X の p から q への単語の寄与率は -0.58 となる。この例の場合は値が負の値であるので、単語 X の寄与率は下降しているといえる。

3.2 単語の寄与率に基づく推薦方式

学生の質問の中に質問のキーワードが複数ある場合も考えられる。その際にどのように推薦を行うかを述べる。図6のように学生からの質問でプログラミング、Python という2つの単語を含む質問があったとする。プログラミングという単語を単語 x, Python という単語を単語 y とする。この質問に関する推薦候補スライドは質問で出てきたプログラミング、Python

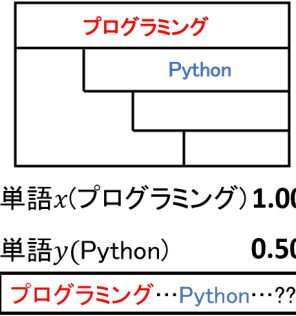


図6 質問に単語が複数含まれる場合

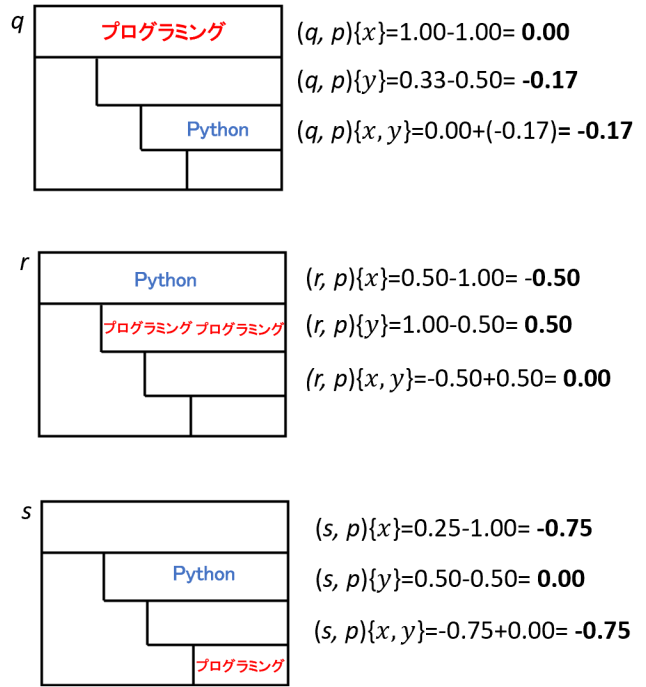


図7 推薦候補スライドの値

の両方を含むスライドである。

図7のように質問に関連する推薦候補スライドはスライド q, スライド r, スライド s である。スライド q, スライド r, スライド s で出現する単語 x, y それぞれの寄与率を求める。また、図6の質問では単語 x, 単語 y が2つあるのでどちらも考慮した寄与率を求めるために、単語 x, 単語 y それぞれの寄与率を加算した値を出す。

単語x(プログラミング)

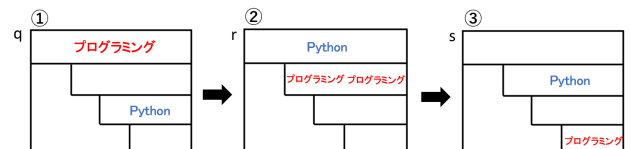


図8 単語 x(プログラミング) の推薦ランキング

推薦候補スライドのランキング結果は図8, 図9, 図10のような結果となる。

単語 x(プログラミング) のみを考慮した寄与率だとランキ

単語y(Python)

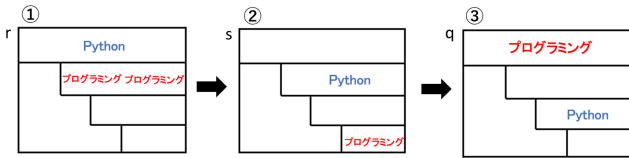


図9 単語 y(Python) の推薦ランキング

単語x(プログラミング) 単語y(Python)

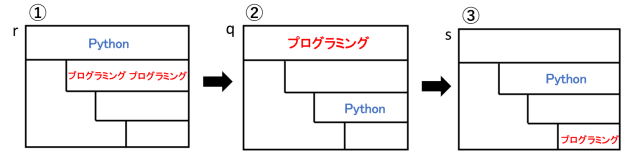


図10 単語 x(プログラミング), 単語 y(Python) の推薦ランキング

ングは q, r, s , 単語 y (Python) のみを考慮した寄与率だと、ランキングは r, s, q , そして単語 x (プログラミング), 単語 y (Python) どちらも考慮した寄与率だとランキングは r, q, s という結果となる. 考察として1番に推薦される推薦候補スライドは, 単語 x (プログラミング) のみを考慮した結果として単語 x (プログラミング) が上位のインデントに出現しており, 単語 y (Python) のみを考慮した結果として単語 y (Python) が上位のインデントに出現している. そして単語 x (プログラミング), 単語 y (Python) どちらも考慮した結果は単語 y (Python) が一番上位のインデントに出現し, 単語 x (プログラミング) の出現頻度が高いスライドが先に推薦されることが分かった.

3.3 単語の寄与率に基づいた推薦候補スライドと隣接しているスライドに質問キーワードが含まれている場合の計算式の検討

推薦候補スライドに隣接しているスライドに質問キーワードが含まれている

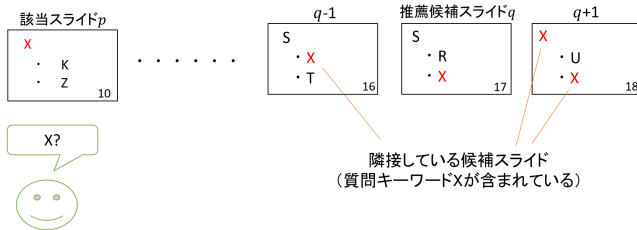


図11 推薦候補スライドに隣接しているスライドに質問キーワードが含まれている場合

図11のように学生がスライド p_{10} を見て単語 X についての質問をした場合, 推薦候補スライドに隣接しているスライドにも単語 X が含まれている場合がある. ここで推薦候補スライドに含まれている単語 X だけでなく, 隣接しているスライドに含まれる単語 X も考慮することで質問キーワードである単語 X の重要度がより反映されるのではないかと考えた. このような場合で使用する計算式は以下のとおりである.

$$Importance_{\{X\}} = C_{p \rightarrow q} \times \frac{indent_{q-(q-n)}}{dist_{q-(q-n)}} + \frac{indent_{(q+n)-q}}{dist_{(q+n)-q}}$$

この計算式は単語の寄与率と推薦候補スライド, さらに推薦候補スライドに隣接するスライドも考慮している. これによりターゲットスライドと推薦候補スライドを比較し単語 X の重要度が上昇しているのか, 降下しているのかを判断することができる. ターゲットスライドとは学生が参照しているスライドのことを指す. この計算式を用いた結果, 単語 X の重要度は図12になる.

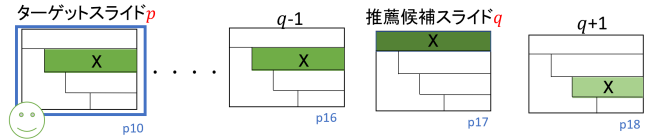


図12 単語 X のターゲットスライド p_{17} が推薦候補スライドだった場合

図12の例では p_{17} を推薦候補スライドとしている. この場合の計算式は以下の通りである.

$$Importance_{\{X\}} = C_{10 \rightarrow 17} \times \frac{1.00-0.50}{17-16} + \frac{0.33-1.00}{18-17} = -0.09$$

4 実験

実際に講義で使われているスライドを利用して計算を行った. 今回は3つの単語に着目して該当スライドと推薦候補スライド, 隣接しているスライドを表示している. 該当スライド p は学生がスライドを見て疑問に思ったスライドであり, 推薦候補スライド q は学生が疑問に思った該当スライドに対して関連しているスライドである. また推薦候補スライド q の隣接している次のスライドを $q+1$, さらに次のスライドを $q+2$, としてしている. また, 推薦候補スライド q の前のスライドを $q-1$, さらに前のスライドを $q-2$ としている. 今回は隣接しているという場合を想定しているので推薦候補スライドから隣接していない場合のスライドは考慮しない. 着目した単語は「ハッシュ値」, 「衝突」, である. 「ハッシュ値」は比較的スライドに良く頻出している単語であるが, 「衝突」, は頻出回数としては少ない. これを踏まえて実際の講義で使われているスライドを用いて実験を行った.

図13は「ハッシュ値」のターゲットスライド p_4 と推薦候補スライド群を表示している. 推薦候補スライドを p_9 としたとき, 隣接するスライドは p_8, p_{10} である. 推薦候補スライドが p_9 の時の「ハッシュ値」の重要度は,

$$Importance_{\{X\}} = C_{4 \rightarrow 9} \times \frac{1.83-0.33}{9-8} + \frac{1.83-1.83}{10-9} = 1.50$$

値は1.50となる. 値は正であるので推薦候補スライドが p_9 であるとき, 「ハッシュ値」の重要度は上昇しているといえる.

図14は「衝突」のターゲットスライド p_9 と推薦候補スライド群を表示している. 推薦候補スライドを p_{11} としたとき, 隣接

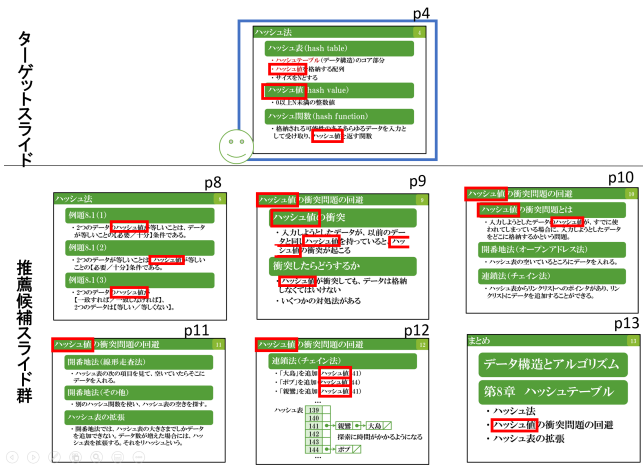


図 13 単語「ハッシュ値」のターゲットスライド, 推薦候補スライド群

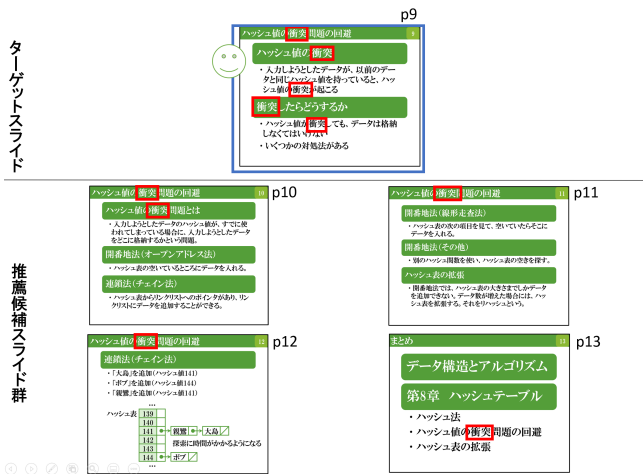


図 14 単語「衝突」のターゲットスライド, 推薦候補スライド群

するスライドは p10, p12 である。推薦候補スライドが p11 の時の「衝突」の重要度は、

$$Importance_{\{X\}} = C_{9 \rightarrow 11} \times \frac{1.00 - 1.50}{11 - 10} + \frac{1.00 - 1.00}{12 - 11} = 0.42$$

値は 0.42 となる。値は正であるので推薦候補スライドが p11 であるとき、「衝突」の重要度は上昇しているといえる。

5 おわりに

本研究ではスライドのインデント階層構造を用いて単語の寄与率を求めて値の高い順に推薦候補スライドを推薦した。そして、単語の寄与率をもとに推薦候補スライドを基準として隣接しているスライドも考慮した計算式を用いて、単語 X がどのように変化しているのかを実例を使用して実験した。今回は 1 枚の該当スライドに対して推薦候補スライドを 1 枚ずつランキング形式で推薦しているが、今後の検討として質問に関連する推薦候補スライドを 1 枚ずつではなく、何枚かの複数スライドを 1 つのまとまりとしてランキング形式で推薦することを考えている。質問のキーワードは含まれていないがそのスライドが推薦候補スライドを補足するような、学生に対して有益なスライドである可能性がある。今後は意味的まとまりを定義し、推薦

することを検討している。今回は推薦する推薦候補スライドは該当スライドと同じ講義内のスライドを想定しているが、今後の検討として同じ講義コンテンツではなく、他講義のコンテンツなどのスライドも推薦候補スライドとして推薦できるようなシステムを検討している。また、今後のもう一つの検討として、図の検討を行うことを考えている。階層構造を用いているスライドでは図はどのように値を付与するのか、図の中に書かれているテキストはどのように抽出するのかを検討する。

謝 辞

本研究の一部は、2020 年度国立情報学研究所公募型共同研究 (20FC04) の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] 川北久晴, 王元元, 河合由起子, 角谷和俊: 専門性を考慮した講義スライド再構成システムの検討. DEIM Forum 2016, G2-7, 2016.
- [2] Yuki Sakuragi, Atsushi Aoyama, Fuminori Kimura, and Akira Maeda: A method for estimating meanings for groups of shapes in presentation slides. International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 8, No. 1, pp. 74–79, 2016.
- [3] 友安航太, 王元元, 角谷和俊: スライドの構成要素と意味的關係に基づくインタラクティブポスター生成システム. DEIM Forum 2013, C8-4, 2013.
- [4] 王元元, 北山大輔, 角谷和俊: スライドと映像のメタデータを用いたシーンの意味的關係に基づくプレゼンテーション管理システム. DEIM Forum 2009, E9-4, 2009.
- [5] Yuanyuan Wang, Yukiko Kawai, Kazutoshi Sumiya: iPoster: Interactive Poster Generation based on Topic Structure and Slide Presentation. Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence, Vol. 30, No. 1, SP1-F, pp. 112-123, 2015.
- [6] 大谷亜希子, 北山大輔, 平元綾子, 角谷和俊: プレゼンテーションコンテンツのためのシーンの意味的關係を用いた視聴区間抽出方式. DEWS2008, E4-5, 2008.
- [7] 戈指夷, 角谷和俊: 遠隔会議システムにおける資料操作ログに基づくアーカイブコンテンツ作成支援方式. DEWS2006, 6C-i5, 2006
- [8] Jie Zhang, Chuan Xiao, Toyohide Watanabe, and Yoshiharu Ishikawa. Content-based element search for presentation slide reuse
- [9] Yousuke Watanabe, Yi Wu and Haruo Yokota: "Digesting Online Multimedia Presentation Archives Based on Visual Effects", Proc. of International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2010), pp. 477-482(2010)
- [10] 尾畑貴信, 荻原将文: 感性を反映できるカラーポスター作成支援システム, 情報処理学会論文誌 vol.41.No.3, pp. 701-710(2010)
- [11] 北村苑美, 狩野均: 対話型進化計算によるポスター制作支援システムの開発, 情報処理学会第 72 回全国大会論文集, 6V-6(2010)
- [12] Darren Edge, Sumit Gulwani, Natasa Milic-Frayling, Mohammad Raza, Reza Adhitya Saputra, Chao Wang, , and Koji Yatani. Mixedinitiative approaches to global editing in slideware. In Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2015), pp. 3503–3512, 2015.
- [13] Larissa Pschetz, Koji Yatani, , and Darren Edge. Turning-point: Narrative-driven presentation planning. In Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing

Systems (CHI 2014), pp. 1591–1594, 2014.

- [14] 羽山徹彩, 難波英嗣, 國藤進. プレゼンテーションスライド情報の構造抽出. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J92-D, No. 9, pp. 1483–1494, 2009.
- [15] Pradhan S., Tajima K., and Tanaka K. A Query Model for Retrieving Relevant Intervals within a Video Stream. In Proc. of the 6th IEEE Int'l Conference on Multimedia Computing and Systems(ICMCS 99)Vol.2, pp. 788–792, 1999.
- [16] Ricoh Corporation. MPmeister. <http://www.ricoh.co.jp/>.
- [17] 小林隆志, 村木太一, 直井聡, 横田治夫. 統合プレゼンテーションコンテンツ蓄積検索システムの試作. 電子情報通信学会論文誌 Vol.J88-D-I No.3, pp. 715–726, 2005.
- [18] 村木太一, 吉田誠, 小林隆志, 直井聡, 横田治夫. メタデータによる講演資料と動画の統合と検索. データベースと Web 情報システムに関するシンポジウム (DBWeb2002) 論文集, pp. 97–104, 2002.
- [19] 小山聡, 田中克己. 質問の階層的構造化を利用した Web 検索手法の提案. 日本データベース学会 Letters (DBSJ Letters), Vol.1, No.1, pp. 63–66, 2002.
- [20] 湯本高行, 田中克己. Web ページ集合を解とする全容検索 . データベースと Web 情報システムに関するシンポジウム (DB-Web2006),No16, pp. 135–142, 2006.