

学習者の知識補完のための オンライン講義コンテンツ連携フレームワーク

斎藤 奨¹ 小林 哲則¹

概要: ビデオを部分的に推薦することで講義コンテンツの連携を実現し、学習者の円滑なビデオ学習を支援することを目的としたオンライン講義システムのフレームワークの開発を行った。近年、自学自習や予習・復習におけるオンライン講義への需要が高まっている。従来のオンライン講義システムでは、学習者がビデオ講義内で知らない用語に直面した場合に自ら解決することが負担であることから、一つの講義を修了するのが困難である。本報告では、学習者の不明点を解消しうる説明を他のビデオから抽出し推薦することで、講義コンテンツの有機的な連携を実現するフレームワークを提案した。学習者は推薦されたビデオの一部（セグメント）を優先的に視聴し、不足する知識を補完しながら一つの講義を修了することができる。セグメントの推薦は 1) コンテンツ解析, 2) お気に入り講義登録, 3) ビデオ上不明点クリック, の3つのステップにより実現した。

キーワード: オンライン講義, セグメント, ビデオ推薦, 知識補完

Cooperative Framework of Online Lecture Contents for Complementing Learners' Knowledge

Abstract: In this paper, we developed an online lecture interface to support learners' smooth video learning by recommending a portion of a video. Recent years, there is a high demand for online lectures on self-study, preparation and review. On existing online lecture systems, it is much difficult to finish an entire lecture for a learner because of a burden to look up the word in the lecture that the learner does not know. In this paper, we proposed a framework which realizes organic cooperation of lecture contents by extracting and recommending a portion from another video that would explain about and resolve a learner's question. A learner can watch the portion of the recommended video (segment) preferentially in order to finish an entire lecture while complementing knowledge. Segment recommendation is achieved by three steps: 1) content analysis, 2) marking a lecture as favorite and 3) clicking an unknown point on a video.

Keywords: online lecture, segment, video recommendation, knowledge complementation

1. はじめに

オンライン講義での学習における効率的な知識習得を目的としたビデオ推薦システムの開発を行っている。

自学自習や大学のオンデマンド授業などにおいて、インターネット上でのビデオ視聴によるオンライン講義システムが広く用いられている。オンライン学習は、学習者自らのタイミングでビデオの再生を一時停止することで講義の進行具合を変えられるという特徴を持つ。これにより、講

義コンテンツの中に不明箇所があった場合、ビデオを停止している間にインターネット上の検索エンジンや辞書などを用いて調べ学習をすることが可能である。しかしながら、講義ビデオからいったん離れて他の場所へ目を移すという行為は、集中力や意欲を低下させ、講義から離脱させる原因となる可能性がある。また多くの場合、調べ学習の結果提示されたウェブサイトなどには知識補完に最低限必要なもの以外の情報も含まれるため、必ずしもスムーズに講義ビデオへ復帰できるとはいえない。その情報の中にさらなる不明点を見つけて調べた場合には、講義ビデオの視聴を再開することはより困難である。

¹ 早稲田大学
Waseda University

講義ビデオの視聴中に生じうる不明点を効率的に解決して学習者の離脱を防ぐため、近年のオンライン講義システムではいくつかの機能が実装されている。例えば、ビデオ講義の教授者と学習者、あるいは学習者同士が講義内容について相談し合えるフォーラムを設けているシステムがある。しかしながら、質問した内容に対して返答が得られるまでには時間がかかるため、講義への集中力を保つことは非常に困難である。また、講義ビデオの途中で設問を出題することができるシステムも存在する。しかし、これらの設問を教授者に用意させることは大きな負担となるためコンテンツの充実が望めない上、用意した設問が学習者の不明点を解決するという保証はない。

以上のことから、オンライン学習中に不明点が生じた学習者にとって講義ビデオの視聴を完了することは困難であり、それらを確実に解決する方法は未だに見つかっていない上、学習者あるいは教授者にとって負担となるものであるといえる。この問題に対し本研究では、学習者および教授者にシステム利用の負担を感じさせずに効率的に学習者の知識を補完する、オンライン講義システムの新たな枠組みを提案する。システムは講義ビデオ内の分からない用語に対して、その意味をまさに説明している場所のみを他のビデオ講義から探し出す。それを学習者に即座に推薦して視聴させ、説明が終わった際に元の場所へ復帰させることにより、効率的かつ着実な知識補完しながら講義ビデオの視聴を完了させることができる。これにより講義ビデオコンテンツ同士がお互いに有機的な繋がりを持ち、必要となった時にお互いに参照し合える枠組みを実現することができる。

2. 関連研究

オンライン学習における学習者の理解を支援する方法についてはこれまでも多くの研究がなされてきた。単純なビデオデータのみでの講義では効果的な学習が必ずしも期待されないことから、ビデオの情報を拡張する方法が特に多く提案されている。山本ら [1] は、ビデオ講義の音声認識結果とあらかじめ用意された同内容の講義テキストを関連付けてトピックセグメンテーションを行っている。また北出 [2] らは、講義音声と予め人手で類似したものをまとめたスライド群からキーワードをそれぞれ抽出し、対応付けを行うことで自動インデキシングを可能としている。ただしこれらの研究は着目するキーワードを決めるために人手による作業を要するため、教授者の負担が生じてしまう。この問題に対しては、古田ら [3] や Uke [4] らの研究のように、音声認識や画像認識などを用いた方法が提案されている。

拡張されたビデオ情報を用いて教師の代わりに教授内容を示唆する研究も存在する。松田ら [5] は講義音声、講義スライド、講義資料などを用いて教授者の教授意図を推定し、「特定の箇所を見て欲しい」、「覚えてほしい」などを教

師エージェントのアニメーションによって促す方法を提案している。これにより学習者が自ら考え直す、理解し覚えようとするなどの活動が促進されるとしているが、学習者の知識が不足する場合の根本的な解決方法とはならないといえる。

近年では、学習者の講義内容理解のためビデオ推薦を用いた方法が多く提案されている。高橋ら [6] が開発した、学習者への最適な学習教材の配信を目的としたシステム AIRS がある。講義の各節の内容それぞれについて文章量や図の量を変化させた3つの表現方法のコンテンツを用意し、学習者の閲覧履歴情報の協調フィルタリングを用いて適切な表現方法のコンテンツを推薦している。しかし、同一の内容に対して3種類のコンテンツを用意することは教授者にとっての大きな負担となる。また同システムにおいて、松澤ら [7] は学習者全体の閲覧履歴の傾向を用い、あるコンテンツについて新たな内容と以前閲覧した内容の両方を推薦することによる双方向推薦システムを開発し、効率の良い復習方法を提案している。学習者の不明点をピンポイントで解消する工夫はなされている一方で、学習者が元々閲覧していたコンテンツへ復帰させ講義の離脱を防ぐことには言及していない。

3. アプローチ

本提案では、学習者に生じた不明点に対して最小限かつ直接的な補足情報を即座に提示することが、効率的な学習のために最も重要であると考えられる。そのような支援をオンライン講義システム上で実現するには、不明点を適切に補足する内容を含む他のビデオコンテンツからその部分のみを切り出し、学習者に推薦できればよい。本章では、ビデオコンテンツの一部分の推薦を取り入れた視聴方法でどのように一つの講義を修了するかを述べる。

図 1 において、システム上でのビデオ推薦の様子を示す。ビデオコンテンツを大量の画像（フレーム）が並んだものと捉え、図の手前から奥へ向かってビデオが再生されるものとする。ここで、ある学習者がビデオ A の視聴を開始し、ある程度進んだ場所で学習者の知らない用語が講義

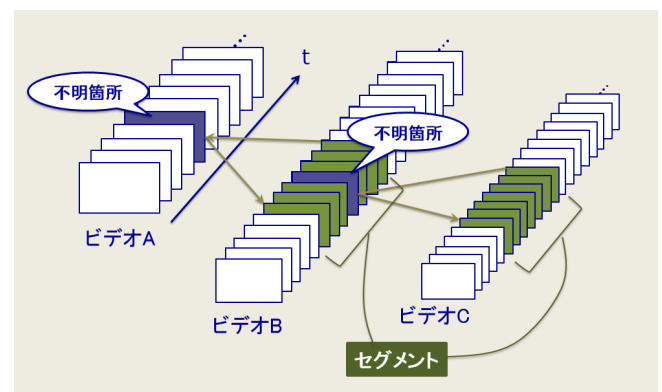


図 1 ビデオセグメント推薦

で使用されたとする。一方で、同じくシステム上に存在する講義ビデオ B は、その用語についての知識を補完できる内容を含むと仮定する。すると、システムがビデオ B からその該当する一部分（以後、セグメントと定義する）を切り出し、先に学習者に視聴させる。セグメントを問題なく視聴し終えることができれば、その時点で学習者の知識は補完されているはずであるから、元のビデオ A の中断した場所へ戻り、視聴を進めることができる。

また、推薦された講義セグメント内でさらなる知らない用語が使用される可能性も考えられるが、この問題も同様の仕組みによって解決が可能である。ビデオ B のセグメント内での用語に対する説明を持つビデオ C のセグメントを推薦し、先に視聴させればよい。もしビデオ C のセグメントを視聴し終えることができれば、ビデオ B のセグメントを視聴する知識は補完されているはずである。このように、知らない用語を見つけた時点で補足説明のセグメントを先に視聴させ、セグメントを視聴し終えれば元の場所へ帰るというルールによって、順番通りに知識を補完していくことが理論上可能である。

4. システム設計

前章で述べたアプローチをシステム上で実現する方法について述べる。適切なビデオセグメント推薦のために必要なステップは、コンテンツ解析、お気に入り講義登録、不明点クリックの3つであり、アクターはそれぞれシステム、学習者 A、学習者 B である。なお本報告では、ビデオコンテンツとは英語スライドと音声のみが記録されたものとする。

4.1 コンテンツ解析 (システム)

このステップで行うことは、1) ビデオをスライド単位に分割すること、2) 講義ビデオが表示するスライド内の文字を検出し、かつそれらの時間的・空間的位置を特定すること、の2つである。これにより、後述する2つのステップに必要なコンテンツのメタデータを生成することが目的である。

コンテンツ提供者によってシステムにアップロードされた講義ビデオに対し、学習者へ公開する前に画像処理による解析を行う。この処理が完了すると、講義ビデオは学習者に視聴可能となる。ビデオをスライド単位に分割する処理では Chang[8] らの手法における Connected Components という指標を用い、隣り合ったフレーム同士の変化量を測定し、閾値を用いることでスライド遷移のタイミングを検出する。スライド内の文字検出には Yang らの手法 [9] を用い、文字を判別しそれらの座標を特定する。

4.2 お気に入り講義登録 (学習者 A)

学習者がお気に入り登録を行ったビデオの一部分を、他

の学習者に推薦するセグメントとしても流用する。このステップは本提案における最も重要な機能である。

お気に入り登録機能は Amazon.com などの通販サイトや YouTube などの SNS において広く提供されており、ユーザーの好むコンテンツをマーキングしておくことで後からの再閲覧を容易にするものである。今日では、大半の会員制サービスにおいて同様の機能が実装されていることから、ユーザーはお気に入り登録機能をほぼ違和感なく扱えると推測される。

そこで本提案においても、学習者用インターフェース上において講義ビデオのお気に入り登録機能を用意した。学習者に求められる操作は、1) 一枚あるいは連続した複数枚のスライドを選択する、2) そのスライド群を代表するような任意のキーワードを1つ入力する、の2つである。この操作によって、学習者は自らが付与したキーワードによって整理されたお気に入り講義リストから、講義ビデオ内でも特に参照したい一部分への容易なアクセスが可能となる。

しかし、本機能の主たる目的は別に存在する。それは、学習者のお気に入り登録内容を、他の講義の補足説明になり得るとし、他の学習者ための推薦セグメントとしても用いることである。お気に入り登録されたコンテンツは、そのスライド群がビデオ内で表示される時間帯の情報を持つ。さらに登録を行った学習者にとってこのコンテンツは理解しやすいものであることが期待され、入力されたキーワードについての説明が行われている可能性が高い。したがって、学習者のお気に入り登録結果をセグメントとして用いることは妥当であるといえる。

4.3 不明点クリック (学習者 B)

学習者にビデオ上の分からない箇所をクリックさせ、その周辺に存在する用語をキーワードとして持つセグメントを探しだし、推薦する。

学習者の講義中における疑問を受け流さずに解決するには、その場で推薦セグメント候補を提示する即時性が重要である。しかしながら、各学習者には学びやすいペースがそれぞれ存在する上、用語についての知識の程度も異なる。そのため、全ての学習者に対して一方的に一律なセグメントを推薦することは効果的でないと考えられる。

そこで、学習者が分からない箇所を指し示したタイミングにセグメントを推薦する。このとき、コンテンツ解析は既に完了しているため、マウスでビデオ上の任意の箇所をクリックすることで、周辺に存在する単語を調べることができる。見つかった単語と同じ単語を持つセグメントが存在するかどうかを調べ、あればそのセグメントへのリンクをインターフェース上にて提示する。こうすることで学習者が推薦を受けるペースを尊重できる上、そのセグメントを視聴するかどうかは学習者に委ねることができる。

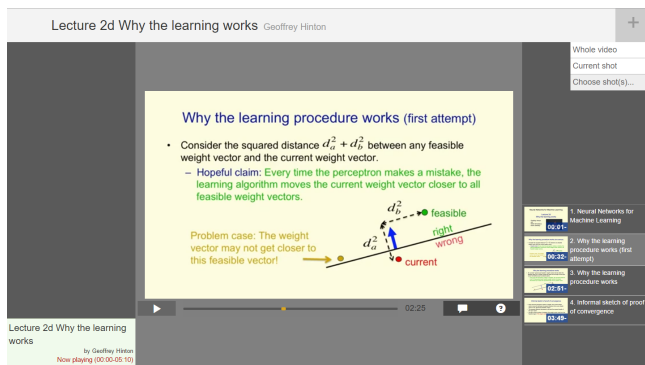


図 2 学習者インターフェース全体図

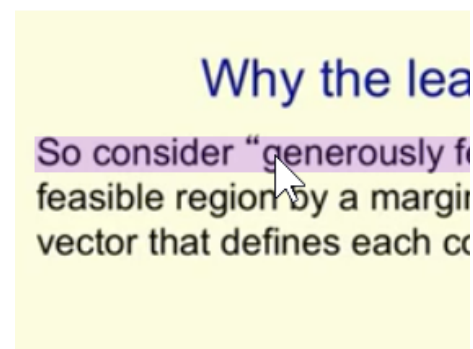


図 3 講義ビデオ内に表示された文字のハイライト

5. ユーザーインターフェース

これまでに述べたビデオセグメント推薦機能を実現する学習システムのプロトタイプを実装した。ユーザーインターフェースの全体図を図 2 に示す。4.1 節で述べたコンテンツ解析は、コンテンツが閲覧可能となる前に完了している。4.2, 4.3 節で述べた学習者による操作は全てこのインターフェース上で可能である。

実装には HTML5, JavaScript, PHP を用い、ビデオやユーザーに関する情報のデータベースとして MySQL を用いた。主要機能に関して以下で述べる。

5.1 講義ビデオ (中央)

講義ビデオが再生される部分である。ビデオ下部には既存の動画閲覧サイトと同様、再生/停止ボタンと再生時間を示すバーを設置した。学習者がビデオ内の文字を含む部分にマウスカーソルを乗せると、該当する箇所の行をピンク色にハイライトする。行のハイライトされる様子を図 3 に示す。これはコンテンツ解析において文字を認識した範囲を表しており、時間経過ごとのスライドの遷移に合わせて再描画する。不明点がクリックされると、システムはこのハイライトされた行に含まれる単語を検索文字列としてセグメントを検索する。セグメントのキーワードが複数語となり得ることも考慮し、検索文字列には全ての隣接する単語のセットも含む。該当するセグメントが見つければ、画面左部のセグメント遷移履歴にリンクを表示する。

5.2 セグメント遷移履歴 (左部)

ビデオセグメントの推薦は、他のビデオを補足的に提示することで学習者の知識補完を支援するが、その分だけ学習のプロセスも複雑になるという懸念もある。セグメントが階層的にも渡り推薦された場合、学習者はどのようにコンテンツを辿ってきたかを忘れてしまうことが考えられる。そこで、セグメントを遷移した履歴を可視化する機能を設けた。図 4 では、セグメントが続けて 2 回推薦され (図 1 における A → B → C の順) その後セグメントの視聴

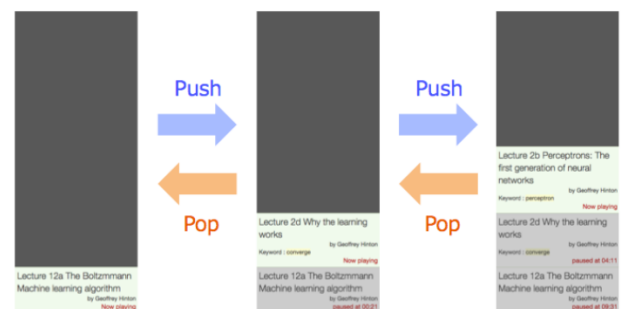


図 4 セグメント遷移履歴の変化の様子。Push は新しいセグメントへの遷移, Pop は一つ前のコンテンツへの復帰に対応する。

を終えて元のビデオに復帰する (図 1 における C → B → A の順) までの表示部の様子を示す。これにはコンテンツを上積み上げて上から消化するイメージが適しているため、スタックデータ構造のような外見となるよう設計した。それぞれのコンテンツ (元のビデオまたは推薦されたセグメント) を表すオブジェクトには講義のタイトル, 教授者名, 視聴を中断した時間を記述しているが、再生中のセグメントのオブジェクトのみ再生時間帯も記述する。辿ったセグメントは逆順に戻るのが原則であるが、いずれかのオブジェクトをクリックすることで、該当するコンテンツまで戻ることも可能である。

また、推薦されたセグメントへのリンクもここで提示する。再生中コンテンツのオブジェクトの上部に積まれるように表示され、複数の推薦候補が多い場合にはアクセス数の多い順に 3 つ表示する (図 5)。

5.3 スライド目次 (右下部)

ビデオコンテンツにて使用されるスライドの目次を表示する。それぞれのスライドにつき、サムネイル画像, 再生開始時間, スライドタイトルの情報が含まれる。この機能に使われる情報はコンテンツ解析により取得するため、コンテンツが閲覧可能となる時点で目次の生成が可能である。任意のスライド目次をクリックするとそのスライドが表示される再生時間までジャンプすることができる。

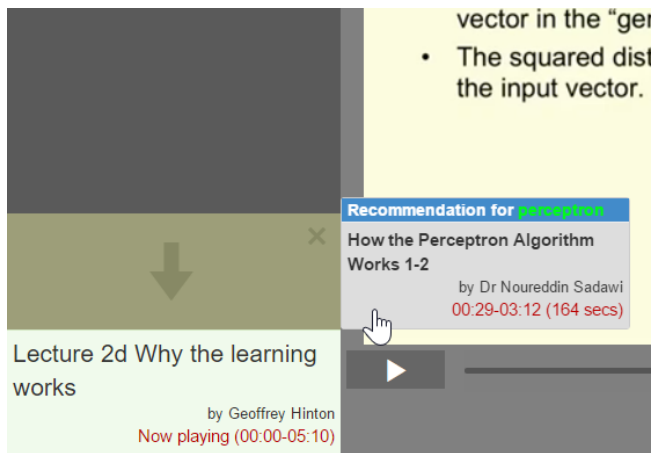


図 5 セグメント推薦候補の提示

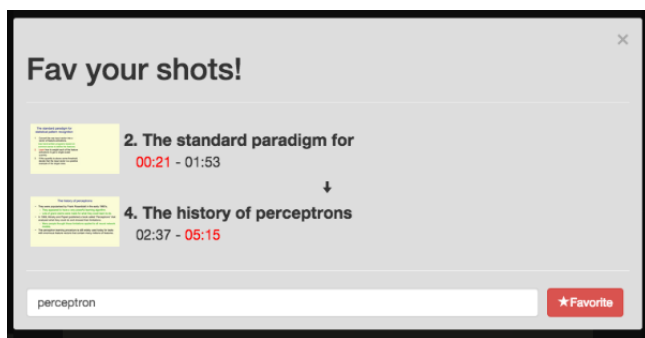


図 6 お気に入り登録のキーワード入力画面

5.4 お気に入り登録メニュー (右上部)

画面右上の「+」マークをクリックすると、お気に入り登録機能に関するプルダウンメニューが出現する。選択肢は「ビデオ全体」「再生中のスライド」「選択したスライド」の3つである。「選択したスライド」をクリックした際のみ、続けてスライド目次から登録したいものを選択するが、スライドが複数枚となる場合は隣り合ったものしか選ぶことができない。スライドの決定後はキーワードを入力する画面(図6)となり、登録ボタンを押すと完了となる。

5.5 セグメント再生終了画面

セグメントの再生が終わるとビデオを一時停止し、画面全体にその旨のアラートを表示する。この様子を図7に示す。セグメント視聴によって学習者の不明点が解消された場合は、黄色のボタンをクリックすることで元のコンテンツへ復帰する。もし説明が不足する場合は、緑色のボタンをクリックすることによりセグメントの視聴を続けることができる。

6. 議論

6.1 セグメント推薦の深さ

学習者の分からない用語に対して再帰的にセグメントを推薦して解決する手法においては、学習者の予備知識が極端に続く場合には推薦が際限なく繰り返されるのではない

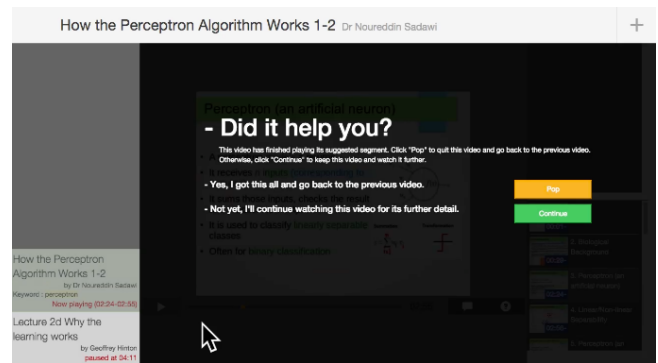


図 7 セグメント再生終了画面

かという懸念がある。しかし、言葉の概念には上下関係・包含関係といった概念階層があるため、ある用語についての説明はその上位概念のみによって構成されるべきである。したがって、無限なセグメント推薦が行われる可能性は低いと考える。

6.2 セグメントの質の保証

提案するシステムでは学習者のお気に入り登録結果をセグメントとして流用するが、学習者によってはセグメントの再生範囲が小さすぎたり大きすぎたりしてしまい、推薦にふさわしくないものがいくつも生成される恐れがある。しかし、前述のように学習者にセグメントを推薦する際、多数のセグメントが候補として存在する場合は人気度順に3つまでを推薦する機能を設けている。このため、多数の学習者が分かりやすいと感じるものだけが上位に残り、それ以外は淘汰されて推薦されなくなるはずである。ただし、現時点での実装では人気度をアクセス数によって定義しているが、必ずしもアクセス数が多いものほど人気が高いとは限らないので、アルゴリズムの改善が今後必要である。

7. おわりに

ビデオの一部分の推薦により講義コンテンツの連携を実現し、学習者の円滑なビデオ学習を支援するオンライン講義システムのフレームワークの開発を行った。学習者の不明点を解決しうる説明を他の講義ビデオから抜き出して優先的に視聴させることで、途中で離脱することなく講義を修了させる方法を提案した。今後は学習者の理解度や一つの講義から生成されるセグメントの数などの評価を行い、システムの実用性を検証していく予定である。

参考文献

- [1] 山本夏夫, 緒方 淳, 有木康雄: トピックセグメンテーションに基づく講義ビデオの構造化の検討, 技術報告 65(2002-SLP-042), 龍谷大学理工学部 (2002).
- [2] 北出 祐, 河原達也: 講義の自動アーカイブ化のためのスライドと発話の対応付け, 技術報告 12(2004-SLP-055), 京都大学 情報学研究所 知能情報学専攻 (2005).
- [3] 古田 均, 高橋亨輔, 中津功一朗: E-Learning における動

- 画視聴支援システムの提案, ファジィシステムシンポジウム講演論文集, Vol. 28, pp. 643–648 (2012).
- [4] Uke, N. J. and Thool, R. C.: Segmentation and Organization of Lecture Video Based On Visual Contents, *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, Vol. 2, No. 2, pp. 132–134 (2012).
- [5] 松田恵理菜, 室田真男: スライドベースのオンライン講義における学習者の理解を促すための教師エージェントの設計と実装, 信学技報, Vol. 112, No. 300, pp. 61–65 (2012).
- [6] 高橋泰樹, 松澤俊典, 山口未来, 土肥紳一, 和田雄次: 学習者に適した学習教材の推薦と配信, 技術報告 12(2007-CE-088), 東京電機大学大学院情報環境学研究科 (2007).
- [7] 松澤俊典, 山口未来, 和田雄次, 土肥紳一: 教材コンテンツ双方向推薦システムの実装, 技術報告 13(2008-CE-093), 東京電機大学大学院情報環境学研究科 (2008).
- [8] Chang, F., Chen, C.-J. and Lu, C.-J.: A linear-time component-labeling algorithm using contour tracing technique, *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 93, No. 2, pp. 206 – 220 (2004).
- [9] Yang, H., Siebert, M., Luhne, P., Sack, H. and Meinel, C.: Lecture Video Indexing and Analysis Using Video OCR Technology, *Signal-Image Technology and Internet-Based Systems (SITIS), 2011 Seventh International Conference on*, pp. 54–61 (2011).