

学生の批判的思考を促進するオンライン学習支援 Online Learning System based on Encouraging Critical Thinking

井上 沙紀*
Saki Inoue

王 元元†
Yuanyuan Wang

河合 由起子‡
Yukiko Kawai

角谷 和俊*
Kazutoshi Sumiya

1. はじめに

近年、オンライン教育が普及し、学生がリモートで講義を受講する機会が増加している。今後オンライン教育が教育システムの中核的な役割を担うことが期待される一方で、教師との意思疎通の難しさや一方向の授業スタイルであることが懸念される。そこで、本研究は学生の批判的思考を促進する質問の生成および質問と関連したスライドの自動推薦を行う。

批判的思考とは、自身の推論プロセスを意識的に吟味する内省的思考である。本研究は、批判的思考において質問は本質的な要素であり [1]、よき思考者はよき質問者である [2] という立場から、ユーザに質問の生成を促し、批判的思考を促進させることを目的としている。

川崎の研究 [5] によると、大学生にとって質問行動は、学業において有益な行動ではあるが、自らの技能や知識の不足が露呈する可能性を伴う危険な行動である。また、道田らの研究 [11] によると、授業において質問に触れる経験をすることが、学生の質問に対する態度の向上や質問量の増加に寄与することがわかった。そこで、本研究は学生の質問生成を支援し、質問が学習者個人の中で思考・解決されることを最終的な目標としている。

図 1 は、本研究で想定するユーザの批判的思考を促進する質問生成システムの概要である。左図はユーザが操作を行う画面を示しており、右図はユーザの操作に対応したシステムの動作を示している。ターゲットスライドはユーザが閲覧中のスライドのことを指し、その右上にはターゲットスライドに出現するキーワードのリスト、下部にはキーワードに関連する質問形式が提案される。そして、ユーザがキーワードと質問形式をそれぞれ選択することにより質問が生成され、質問と関連する推薦候補スライドをランキング形式で推薦する。

2. 関連研究

2.1. スライドの構造化

桐原ら [6] はインデントによる階層に値を付与し、推薦候補スライドに対する質問キーワードの寄与率を算出した。インデント階層に付与する値については、この研究のアイデアを踏襲しているが、ターゲットスライドにおいてキーワードの重要度を算出し、ターゲットスライドに対してどのキーワードがどれ程マッチしているかをランキングするという点は本研究のオリジナルな点である。

毛利ら [10] は構造化学習のための学習支援システムとして、講義シーンの構造による分類とシーン同士の関連付けを提案している。本研究は、講義スライドの階層構造やキーワード出現率を用いて、学習者が生成した質

問に関連する推薦候補スライドをランキング形式で提示するという点で異なっている。

2.2. スライド推薦システム

王ら [4] はスライド映像の階層構造やビデオの発言量からシーン間の意味的関係性を判定し、プレゼンテーションコンテンツ間の視聴区間検索と関連シーンの提示を提案した。本研究では映像コンテンツを利用してはいるが、将来的に映像コンテンツや他コンテンツへの拡張の際に参考にできると考えている。

坂本ら [7][8] は PowerPoint スライド全体の構成を単語の出現やインデント情報により抽出した。そしてセグメントと呼ばれるシートの集合を作成し、セグメント同士を対応付けることでセグメント間の推薦を可能にした。本研究では、スライドから単語を抽出する際にインデント構造や単語の出現率を利用するという点で異なっている。また、将来的にシートの集合であるページ群やその推薦への拡張の際に参考にできると考えている。

2.3. 質問生成

生田ら [3] は批判的思考を促進する質問語幹リストによる学生への質問生成の指導を提案している。本研究ではこの質問語幹リストを参考にキーワードベースの質問形式を作成し、それに関連する推薦候補スライドを自動的に推薦する手法を提案する。

篠ヶ谷ら [9] は予習時の質問生成への介入及び質問に対する解答作成の効果とその学習者の特性について検討しており、そこで質問を低次質問と高次質問に分類している。本研究ではこの低次質問と高次質問の定義を変更し、キーワードベースの質問生成フレームとして抽出することとした。

3. 批判的思考を促進する質問生成方式

3.1. 対象とする講義スライド

本研究で対象とする講義は、講義スライドデータベースに存在するオンデマンド講義を想定している。オンデマンド講義はユーザのペースで受講可能であり、ユーザが質問をする際に容易に授業を中断できるという利点がある。

3.2. キーワードの抽出とランキング

講義で使用される PowerPoint スライドには、インデントによる階層構造という性質がある。本研究では、この階層構造からターゲットスライドに出現する各キーワードの重要度を算出することで、ターゲットスライドにマッチするキーワードをランキング形式で表示する。

まず計算の事前処理としてスライドの階層構造に階層レベルを付与する。図 2 のように最大の階層レベルをとるのはタイトルの $n = 1$ であり、以降は階層が降りごとに階層レベルは 1 ずつ増加していく。次に形態素解析を行い、ターゲットスライドからキーワードと

*関西学院大学

†山口大学

‡京都産業大学/大阪大学

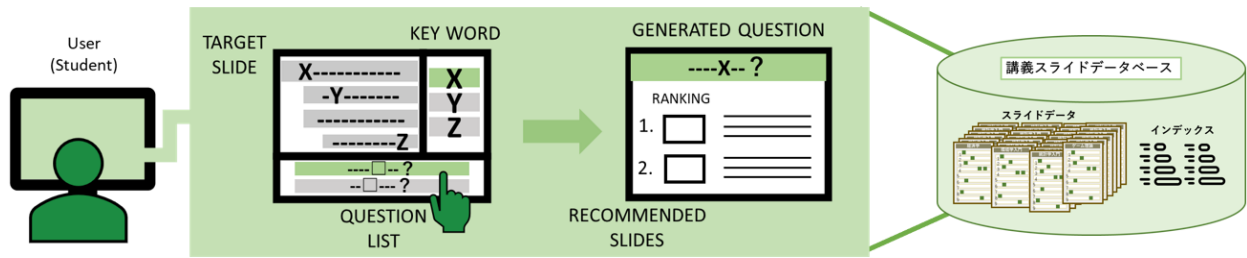


図 1: 批判的思考を促進する質問生成システム



図 2: スライドのインデントと階層レベルの例

して名詞を取り出し、スライド x におけるキーワード k の重要度を次式により算出する。

$$I(x, k) = \alpha(x, k) \times \beta(x, k) \quad (1)$$

(1) の式で、 $\alpha(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k の出現する階層レベルから得られる重要度を表す式であり、 $\beta(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k のインデント出現割合から得られる重要度を表す式である。

$$\alpha(x, k) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{l_n(x, k)} \times \frac{1}{L(x, k)} \quad (2)$$

$$\beta(x, k) = \sum_{m=1}^M |l_m(x, k)| \times \frac{1}{M} \quad (3)$$

(2), (3) の式で、 N は異なるインデント階層の種類であり、 $l_n(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層 n 、 $L(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層の総数、 M はスライド x のインデントの総数であり、 $|l_m(x, k)|$ はスライド x におけるキーワード k が出現したインデント m の総数を表す。

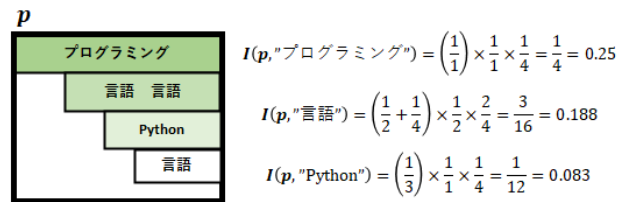


図 3: スライド p に出現するキーワードの重要度

例として図 3 のようなスライド p に出現する 3 つのキーワードの重要度を算出する。この中で最も重要度の高いキーワードは、高階層レベルに出現した「プログラミング」であり、次いで階層レベルが高く、出現頻度も高い「言語」、そして「Python」が最も重要度の低いキーワードとなっている。

3.3. キーワードと質問形式による質問生成

表 1 の質問形式は生田ら [3] の作成した質問語幹リストや篠ヶ谷ら [9] の質問の分類を参考に作成した。

表 1: 低次質問形式と高次質問形式

低次質問	Q_{l_1} : k は何ですか?
	Q_{l_2} : k の事例はありますか?
	Q_{l_3} : k_1 と k_2 は何ですか?
高次質問	Q_{h_1} : k と同義なものはありますか?
	Q_{h_2} : k はターゲットスライド前後とどのような関係がありますか?
	Q_{h_3} : k_1 と k_2 の違いは何ですか?

4. 生成された質問に基づくスライド推薦

4.1. 質問と対応するスライドの抽出

表 1 の質問形式において、スライドの構造や単語の出現率などから関係する推薦候補スライドをランキング形式で推薦する。

4.2. 質問形式ごとのスライド推薦方式

- Q_{l_1} : k は何ですか?

このクエリにおいて、推薦候補スライドはキーワードをテーマとしたものや、キーワードの詳細を語るスライドである必要があると仮定した。その為、キーワードが上位階層に存在するか、キーワードの出現インデントの下に下位階層が存在するか

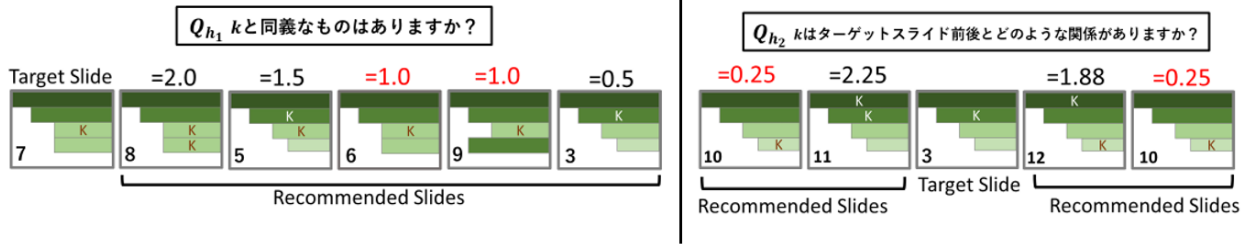


図 4: 左: Q_{h_1} の考察 右: Q_{h_2} の考察

を以下の計算式により明らかにした.

$$Q_{l_1}(x, k) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{l_n(x, k)} \times \frac{1}{L(x, k)} \times (D(x, k) + 1) \quad (4)$$

(4) の式で, $D(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k の出現インデントの下位階層レベルの数, $l_n(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層レベル n , $L(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層数を表す.

- Q_{l_2} : k の事例はありますか?

このクエリにおいて, 推薦候補スライドはスライド内におけるキーワードの出現量が多い必要があると仮定した. その為, キーワードの出現インデントが多いかを以下の計算式により明らかにした.

$$Q_{l_2}(x, k) = L_m(x, k) \times \frac{1}{M(x)} \quad (5)$$

(5) の式で, $M(x)$ はスライド x におけるインデント総数, $L_m(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k の出現するインデント数を表す.

- Q_{h_1} : k と同義なものはありますか?

このクエリにおいて, 推薦候補スライドはキーワードと同階層にあるキーワードに注目する必要があると仮定した. その為, ターゲットスライドに出現したキーワードと同階層にキーワードが出現するかを以下の計算式で明らかにした.

$$Q_{h_1}(x_{target}, x, k) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{|l_n(x_{target}, k) - l_n(x, k)|} \quad (6)$$

(6) の式で, $l_n(x_{target}, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層レベル n , $l_n(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層レベル n を表す.

- Q_{h_2} : k はターゲットスライド前後とどのような関係がありますか?

このクエリにおいて, ターゲットスライド以前の推薦候補スライドは, 一度閲覧したことがあるスライドである為, キーワードについて復習できるような内容である必要がある. またターゲットスライド以降の推薦候補スライドでは, キーワードの出現する全てのスライドが ユーザーに情報を与えられると仮定した. その為, ターゲットスライド以前はキーワードが高階層で出現し, キーワードの出現インデントの下に下位階層がある程よしとし, ターゲットスライド以後の推薦候補スライドはキーワードが高階層で出現する程よしとした.

ターゲットスライド以前の推薦候補スライドの式は (7) の式で算出し, ターゲットスライド以降の推薦候補スライドの式は (8) の式で算出する.

$$Q_{h_2}^{Before}(x, k) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{l_n(x, k)} \times \frac{1}{L(x, k)} \times (D(x, k) + 1) \quad (7)$$

$$Q_{h_2}^{After}(x, k) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{l_n(x, k)} \times \frac{1}{L(x, k)} \quad (8)$$

(7),(8) の式で, $D(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k の出現階層の下位階層レベルの数であり, $l_n(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層レベル n , $L(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層数である.

- Q_{l_3} : k_1 と k_2 は何ですか?

このクエリにおいて, 推薦候補スライドはキーワード k_1 と k_2 が同階層かつ上位階層に出現する場合, どちらについても知ることが出来ると仮定した. さらに, k_1 と k_2 が同階層に出現しない場合は, 各キーワードの重要度を算出し, ターゲットスライドでの階層が高いキーワードの方が重要であると仮定した.

$$Q_{l_3}(x, k_1, k_2) = W_1 \sum_{n=1}^N \frac{l_n(x, k_1, k_2)}{N(x)} + W_2 \left(\frac{1}{L(x, k_1)} \times \frac{1}{F_{k_1}} + \frac{1}{L(x, k_2)} \times \frac{1}{F_{k_2}} \right) \quad (9)$$

(9) の式で、 W_1, W_2 は 2 項間に作用する重みであり、これについてはまだ実験を行っていない為 $W_1 = 0.5, W_2 = 0.5$ を暫定式として設定した。 F_k はターゲットスライドでキーワード k が最初に出現した階層レベルである。また、 $l_n(x, k_1, k_2)$ はスライド x におけるキーワード k_1 と k_2 が出現した階層レベル n であり、 $L(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層数を表す。

- Q_{h_3} : k_1 と k_2 の違いは何ですか？

このクエリにおいて、推薦候補スライドには k_1 と k_2 が少なくとも 1 つ同階層に出現する必要がある、 k_1 と k_2 の同階層出現数が多く、上位階層である方がよいとする。

$$Q_{h_3}(x, k_1, k_2) = \sum_{n=1}^n \frac{l_n(x, k_1, k_2)}{N(x)} \times \left(\frac{1}{L(x, k_1)} \times \frac{1}{F_{k_1}} + \frac{1}{L(x, k_2)} \times \frac{1}{F_{k_2}} \right) \quad (10)$$

(10) の式で、 F_k はターゲットスライドでキーワード k が最初に出現した階層レベルである。また、 $l_n(x, k_1, k_2)$ はスライド x におけるキーワード k_1 と k_2 が出現した階層レベル n であり、 $L(x, k)$ はスライド x におけるキーワード k が出現した階層数を表す。

5. 考察と今後の課題

5.1. 低次質問

Q_{l_1}, Q_{l_2} については想定した値が出現した。一方で Q_{l_3} は計算式 (9) の 2 項間に作用する重みについて未検討である為、今後の課題である。

5.2. 高次質問

Q_{h_1} については 計算式 (6) より、推薦候補スライドとターゲットスライドのキーワード出現階層の差が小さいスライドが高くランキングされた。一方で、図 4 のように推薦候補スライドの構造については考慮されておらず、キーワードの出現階層レベルや階層数がターゲットスライドと類似したスライドを高くランキングさせるような式に修正する必要がある。

Q_{h_2} については、計算式 (7) より、ターゲットスライド以前のスライドは、高階層でかつキーワードに対して下位階層のあるスライドが高くランキングされた。また、計算式 (8) より、ターゲットスライド以降のスライドは、キーワードが高階層に存在するスライドが高くランキングされた。一方で、キーワード出現が下位階層のスライドにおいて、ターゲットスライド前後の値に差が見られなかった為、今後はターゲットスライド以降の推

薦候補スライドの値が高くなるように修正する必要がある。

Q_{h_3} については、計算式 (10) より、推薦候補スライドの k_1 と k_2 の同階層での出現数が多く、高階層に出現しているスライドほど高くランキングされた。一方で、計算式 (10) の 2 項については正規化を行う必要がある。

5.3. 今後の課題

本研究では、質問生成システムの概要から、ランキングによるキーワード抽出、6 つの質問形式の定義、質問形式ごとのアルゴリズムの作成までを行った。今後は質問形式ごとの計算式の編集やスライド間の距離の考慮、質問形式の追加などを行い、各質問についての評価実験を行う。

6. おわりに

本研究では、オンライン講義において学生の批判的思考を促進するための学習支援について、ランキングによるキーワード抽出と 6 つの質問形式に対するアルゴリズムの提案を行った。今後は、5 章で記した計算式の編集、質問形式の追加に加え、複合語の取り扱いや、スライド間の値の変化率、複数スライドのページ群についても検討する。

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。

参考文献

- [1] Gray, P. "Engaging students intellects: The immersion approach to critical thinking in psychology instruction". *Teaching of Psychology*, Vol.20, pp.68-74 (1993).
- [2] King, A. "Designing the Instructional Process to Enhance Critical Thinking across the Curriculum: Inquiring Minds Really Do Want to Know: Using Questioning to Teach Critical Thinking", *Teaching of Psychology*, Vol.22, No.1, pp.13-17 (1995).
- [3] 生田 淳一, 丸野 俊一, "質問作りを中心にした指導による児童の授業中の質問生成活動の変化", *日本教育工学会論文誌*, Vol.29, No.4, pp.577-586 (2006).
- [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] 川崎 直樹, "大学生の質問・発言行動と恥への対処行動との関連" *人間福祉研究*, Vol.2008, No.11, pp.149-157 (2008).
- [6] 桐原 牧紀, 王 元元, 河合 由起子, 角谷 和俊, "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”, DEIM Forum 2021, H14-4 (2021).

- [7] 坂本 祥之, 清水 敏之, 吉川 正俊, ”プレゼンテーションスライドからの構成抽出”, DEIM Forum 2013, D5-4 (2013).
- [8] 坂本 祥之, 清水 敏之, 吉川 正俊, ”講義プレゼンテーションスライド部分対応付けを用いた学習支援”, 情報処理学会第 77 回全国大会講演論文集, Vol.2015, No.1, pp.615 - 616 (2015).
- [9] 篠ヶ谷 圭太, ”予習時の質問生成への介入及び解答作成が授業理解に与える影響とプロセスの検討”, 教育心理学研究論文誌, Vol.61, No.4, pp.351-361 (2013).
- [10] 毛利 亜紀, 船曳 信生, 中西 透, ”構造化学習のための講義シーンの分類・関連付け手法の提案”, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育, Vol.2008, No.13(2008-CE-093), pp.87-92 (2008).
- [11] 道田 泰司, ”授業において様々な質問経験することが質問態度と質問力に及ぼす効果”, 教育心理学研究, Vol.2011, No.59, pp.193-205 (2011).
- [12] 道田 泰司, ”叡智としての批判的思考—その概念と育成—”, 心理学評論, Vol.61, No.3, pp.231-250 (2018).