情報処理学会論文誌　Vol. 50　No. 10　2426–2439 (Oct. 2009)

学生が作成した問題の類似度算出手法の提案と評価

高　木　輝　彦[†1]　　高　木　正　則[†2]　　勅使河原　可海[†1]

本研究室では，2002 年度から学生が協調的に作問可能な WBT システム「CollabTest」を開発し，実装・評価を行ってきた．これまでに作成された問題数は 15,000 問を超えた．しかし，1 つの講義内でオンラインテストに出題する問題数は多くても 100 問から 200 問程度であり，多くの問題が再利用されずに埋もれている．そこで，我々は過去の問題の有効利用を目的とし，学生が作成した問題の類似度算出手法を提案する．問題の類似度から類似問題を自動検索することができれば，類似問題を利用したオンラインテストや作問支援などが可能となる．一方で，学生が作成した問題では，語の出現頻度や出現分布などからその重要度を判断できるとは限らない．提案手法の基本的なアプローチは，問題間の類似度を算出するうえで重要となる語が出現する箇所を自動で特定するというものである．このアプローチを達成するために，まず，学生によって入力された問題情報のどの部分に重要な語が出現するのかを分析した．そして，分析結果から出現箇所を自動で識別する手順を検討した．既存手法や既存システムとの比較実験の結果，出現箇所の自動決定の有効性や提案手法による類似度算出の精度の向上が示された．

A Proposal and Evaluation of a Method of Calculating Similarity between Quizzes Created by Students

Teruhiko Takagi,[†1] Masanori Takagi[†2] and Yoshimi Teshigawara[†1]

We have developed a Web-based on-line test system called “CollabTest” with which students can collaboratively create quizzes. We have used this system in our university and evaluated the effectiveness of this system since 2002. The total number of quizzes created by students is more than 15,000. However, many of those quizzes have not been reused because the number of quizzes that are used for the online test in one class is about 100 to 200. Therefore, we propose a method of calculating similarity between quizzes created by students in order to utilize past quizzes more effectively. If quizzes can be retrieved based on their similarity, it is possible to effectively provide online tests and to support students to create quizzes. On the other hand, it is not always the case that the importance of a term in a quiz can be judged based on the frequency of its occurrence or distribution. The approach of our proposed method is based on automatically identifying the part in which the important term in calculating similarity between quizzes has occurred. In order to accomplish this, we first analyzed the part of the quiz content in which their important terms occur. Next, from the result of the analyses, we discussed a procedure for automatically identifying the part. From the result of the experiments which we conducted for comparing the proposed method with an existing method or a system, we showed the effectiveness of automatically identifying the part and the improvement in the accuracy of calculating similarity by the proposed method.

1. 研究の背景と目的

本研究室では，2002 年度から高等教育における e-Leraning コンテンツの不足解消と教師–学生間，学生同士のインタラクティブ性の向上を目的とした，学生が協調的に作問可能な WBT システム「CollabTest」を開発し，実装・評価を行ってきた[1),2)]．本システムでは学生が問題を作成し，作成した問題をグループ内で相互に評価（グループレビュー）する．また，教師はその問題を集めてオンラインテストを作成する．これまで過去 6 年間にわたり，本学の講義，本学通信教育部の講座，八王子市の小学校などで利用実験を実施し，導入科目（事例）は 100 以上，作成された問題は 15,000 問以上，レビューで投稿されたコメントは 40,000 件以上となった（2009 年 3 月時点）．この結果は，e-Learning コンテンツの不足解消に寄与できると考えられ，また，教師–学生間，学生同士のインタラクティブ性の向上に有効であると考えられる．

しかし，CollabTest の問題点の 1 つとして，作成された問題の管理・再利用が十分行われていないことがあげられる．本システムでは学生が問題を作成するため，講義を重ねるごとに問題は増加し，それらの問題の種類や内容の把握・管理が困難になる．また，1 つの講義内でオンラインテストに出題する問題数は多くても 100 問から 200 問程度であり，過去の講義で作成された多くの問題は再利用されずに埋もれている．

†1 創価大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Soka University
†2 創価大学工学部
Faculty of Engineering, Soka University

© 2009 Information Processing Society of Japan

一方で，我々は先行研究において，学生による類似問題の作成が可能なシステムの開発を行った[3]．実験やアンケートの結果から，類似問題の出題により，テストを繰り返し解答することによる答えの丸暗記の防止が示唆された．また，学生が作成した類似問題は類似度合に偏りが生じた．そのため，学生が作成した新規問題の類似度を，コンピュータで自動識別することで類似問題群を形成する必要性が示唆された[4]．

これらの背景から，本研究では問題内容の類似性に着目して問題を管理・再利用することを目的とし，学生が作成した問題の類似度算出手法の提案を行う．問題間の類似度を定量的な数値により算出できれば，類似問題の自動検索が可能となり，類似問題を利用したオンラインテストの実施や作問支援などが可能となる（5.3 節参照）．これにより，問題を効果的に再利用できる．また，検索結果から，既存のクラスタリング手法[5] などを利用することにより類似問題群として問題を管理することが可能となる．

以下，2 章では，一般的な文書間の類似度算出手順を説明し，関連技術や関連研究を述べる．3 章では，類似問題を定義し，研究目標や問題間の類似度を算出する際の課題を明確にする．4 章では，それらの課題を解決するために 2 つの検討を行い，検討結果を基に 5 章で類似度算出手法を提案する．さらに，6 章では，既存手法と提案手法で類似度の精度を比較し，提案手法の有効性を検証する．7 章で今後の課題について述べ，最後に，8 章で全体をまとめる．

2. 研究動向

近年，文書の分類や検索に関する研究がさかんに行われている．それらの研究において，文書間の類似度を算出する方法が多数提案されている[6)–8)]．それらが対象としている文書集合は，シラバス文書[6] や特許文書[8] などである．また，川谷は，文書間の共通性分析に基づいた文書・クラスタ間の新たな類似度算出手法を提案しているが[7]，実験で対象としている文書集合は，TDT2 コーパス[9] の放送系のニュースソースや電子ニュース系から採取されたものである．これらの文書集合はその種類や内容によって，文書の構成や文書内で出現する語の性質が異なるため，その他の種類の文書集合に適応できるとはいえない．同様に，学生が作成した問題は，その構成や問題内で出現する語の性質がこれらの文書集合とはまったく異なるため，いずれの手法も問題に適用できるとはいえない．

図 1 に一般的な類似度算出手順を示す．まず，類似度を算出する際に使用する各文書のテキスト情報を決定する（図 1 中①）．次に，決定された各文書のテキスト情報を形態素解析[10] により形態素に分解し，索引語（文書の内容を表す要素）を抽出する（図 1 中②）．形態素解析プログラムは奈良先端科学技術大学院大学で開発された「茶筌」[11] などがある．索引語の単位としては形態素や名詞などがあげられる．そして，類似度を算出する際にノイズとなる語を不要語として削除する（図 1 中③）．さらに，抽出した語に対して重み付けを行う（図 1 中④）．重み付け手法としては，索引語頻度（TF（Term Frequency））や IDF（Inverse Document Frequency），それらを組み合わせた TFIDF がよく用いられる[10]．ある索引語頻度（TF）の重みを tf，総文書数を N，その索引語を含む文書数を df とすると TFIDF による重み w は次の式で表される．

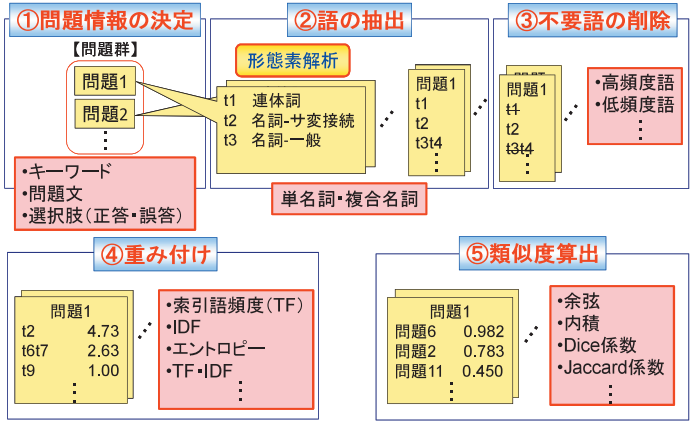

図 1　一般的な類似度算出手順
Fig. 1　General procedure of calculating similarity.

$$w = tf \times \left(\log \frac{N}{df} + 1 \right) \tag{1}$$

最後に，重みによりベクトルや行列で表された文書間の類似度を算出する（図 1 中⑤）．類似度算出式としては，余弦や内積などがある[10]．x_i，y_i をそれぞれ文書 d_x，d_y の索引語 i に対する重みあるいは索引語の存在を表す 2 値変数，T を索引語の総数とすると，余弦による類似度 $\sigma(d_x, d_y)$ は次のような式で表される．

$$\sigma(d_x, d_y) = \frac{\sum_{i=1}^{T} x_i \cdot y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{T} x_i^2 \times \sum_{i=1}^{T} y_i^2}} \tag{2}$$

また，文書中から専門用語を抽出する研究として，湯本らは専門用語を専門分野コーパス

© 2009 Information Processing Society of Japan

から自動抽出する方法を提案し実験的評価を行っている[12]．この研究では，専門用語の多くが複合語，とりわけ複合名詞であることが多いことに着目し，名詞（単名詞と複合名詞）を対象として専門用語を抽出する．

基本的なアイディアは単名詞のバイグラムから得られる単名詞の統計量を利用するという点である．バイグラムとは，扱う文字とその前後にある文字の 2 字の関係である．より具体的にいえば，ある単名詞が複合名詞を形成するために連接する名詞の頻度を用いる．この頻度を利用した数種類の複合名詞の重み付け手法を提案している．

単名詞 $N_1, N_2, \ldots, N_L$ がこの順で連接した複合名詞を CN とすると，連接する頻度による重み付けの式は以下の $LR(CN)$ で定義される．

$$LR(CN) = \left(\prod_{i=1}^{L} (LN(N_i) + 1)(LR(N_i) + 1) \right)^{\frac{1}{2L}} \tag{3}$$

このとき，$LN(N_i)$ は N_i の左方に連接した全単名詞数で $LR(N_i)$ は N_i の右方に連接した全単名詞数である．CN の出現頻度を $f(CN)$ とすると，最終的な CN の重み $FLR(CN)$ は次式で表される．

$$FLR(CN) = f(CN) \times LR(CN) \tag{4}$$

ただし，$f(CN)$ は索引語頻度（TF）とは違い，対象とする語が，ある複合名詞に含まれていたとしてもカウントはしない．

この提案手法を基に「専門用語自動抽出システム」[13] やテキストマイニングツール「termmi」[14] が開発されている．

さらに，Tane らは e-Learning のコンテンツの有効利用を目的とし，オントロジ基盤のコースウェア「Courseware Watchdog」の開発を行った[15]．これは，オントロジのようなセマンティック Web 技術を利用し，分散しているコンテンツの発見や組織化をサポートする．セマンティック Web のように各問題に付加情報を付与することは問題を検索・管理することに有効であると考えられるが，現在までに蓄積されている膨大な問題に対して手動で行うことは多大な時間と労力を費やす必要がある．

以上のように，文書間の類似度算出に関する研究や学習コンテンツの再利用に関する研究が存在する．しかし，教育工学や情報教育の分野において問題間の類似度を算出し，類似問題を管理・再利用するような研究やシステムは著者の知る限り存在しない．従来の学習システムでは，既存（市販）の学習コンテンツ（問題）を利用するか，教授者やチューターが作成した問題を利用するようになっている．市販の問題はあらかじめ内容ごとに問題が管理されていることが多く，教授者が作成した問題は教授者が問題内容を把握しているので，容易に問題を管理できる．また，問題数も本研究が想定する 10,000 問を超える膨大な数を扱っていない．そのため，本研究のような学習者が作問する場合において要求される膨大な問題の管理や，問題間の類似度の算出に着手した研究が存在していないと考えられる．

3. 研究目標と検討課題

3.1 類似問題の定義

類似度算出手法を検討していくうえで，また，実験での類似問題の評価を行ううえで問題の類似性を判断する客観的な指標が必要となる．そこで，類似問題を「問題で問われている知識や解決の中心となる知識が一致する問題」と定義する．以下に本研究で定義する類似問題の例を示す．

＜問題 1 ＞

利用者のパソコンから電子メールを送信するときや，メールサーバ間で電子メールを転送するときに使用されるプロトコルはどれか．			
1. SMTP	2. HTTP	3. POP	4. IMAP

＜問題 2 ＞

SMTP の説明で間違っているものはどれか．
1. このプロトコルに従って，送信元のコンピュータから宛先のユーザボックスがあるコンピュータまで転送される．
2. サーバ–サーバ型のプロトコル．
3. MTA はメール転送を受けつけるときには，SMTP のサーバ，メールを他のサーバに転送する場合はクライアントとして振る舞う．
4. クライアントが送信元のアドレスを直接サーバに伝えている．クライアントが自由に自分のメールアドレスを変更できる．

両問題ともに作問者が問うている知識は SMTP である．問題 1 では SMTP の説明を問題文で述べ，選択肢の中から SMTP を選択させる問題であり，問題 2 では，SMTP の説明として不適切な選択肢を選ばせる問題である．問題 2 では適切な選択肢を選ばせるように問題を作成することもできる．このように，1 つ，あるいは，複数の知識を中心として様々な問題を作成できるため，この知識に着目して類似問題を定義付けした．本研究で対

© 2009 Information Processing Society of Japan

表 1　対象知識の各種類の割合と例
Table 1　Percentage and examples of targeted knowledge types.

対象知識の種類		割合 (%)	例
単名詞	日本語	16.4	ルータ
	英語	22.7	Telnet，UDP
複合名詞	日本語	51.6	電子的コミュニケーション
	英語	2.4	TCPIP，BtoB
	日本語・英語	7.2	OSI 参照モデル

象とする知識とは分野特有の概念や法則，人物，歴史など様々であり，ほとんどが専門用語である（以下，対象知識と呼ぶ）．対象知識は単名詞か複合名詞の大きく 2 種類に分類される．単名詞とはそれ以上分割できない名詞とする．さらに，それらが日本語か英語，または，日本語と英語の組合せによって 5 種類の単位が存在する．実際に学生が作成した問題 749 問（4.2 節で対象とする問題）を対象とし，915 個の対象知識を抽出したところ，5 種類の単位に分類された．**表 1** に各種類の割合と例を示す．

3.2　研究目標

類似問題群を正確に生成するためには，問題間の類似度を正確に算出する必要がある．本研究では，この正確さの要件を，(a) 類似問題を漏れなく検索する，(b) 余計な問題を除き，類似問題だけを検索する，(c) 類似問題が上位に検索される，の 3 つとした．要件 (a)，(b) を評価するための指標として，再現率と適合率のマイクロ平均[10] を用いる．

問題 i に対して，類似問題の数を A_i，検索された問題の数を B_i，検索された問題のうち類似問題と同じ問題の数を C_i とすると，再現率，適合率のマイクロ平均 $\overline{R}$，$\overline{P}$ の式は以下のように定義される．

$$\overline{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \tag{5}$$

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{\sum_{i=1}^{n} B_i} \tag{6}$$

また，要件 (c) を考慮に入れるために，検索された問題に閾値を設け，類似度が閾値以上の問題だけを抽出し，それらを検索結果として式 (5)，(6) に適用させる．この評価指標を基に類似問題の検索実験を行い，これらの尺度の向上を目指す．

3.3　検討課題

既存手法ではテキスト中の語の出現頻度や出現分布から語の重要度を判断する．つまり，不要語の削除（図 1 中③）や重み付け（図 1 中④）において，これらの情報に基づいた手法が適用される．しかし，本研究で対象とするテキスト情報は学生が作成した問題である．CollabTest に登録される問題の入力項目を**図 2** に示す．そのテキスト情報は，キーワード，問題文，選択肢（正答・誤答），解説（以下，これら 4 つのテキスト情報を問題情報と呼ぶ）から構成されており，それぞれデータベースの別々のフィールドで管理されている．各選択肢も別々のフィールドで管理されており，正答の選択肢番号が格納されているフィールドを参照することで，正答の選択肢を抽出できる．このような問題を対象とした場合，一般的な文書とは異なり，必ずしもテキスト中の表面的な情報から重要度を判断できるとは限らない．たとえば，問題の場合，1 度しか出現しない語が対象知識となる場合もあれば，何回も出現する語が対象知識となることもある．

図 2　CollabTest の問題情報
Fig. 2　Contents of quiz on CollabTest.

そこで本研究では，テキスト情報の決定（図 1 中①）において類似度算出の精度を向上

© 2009 Information Processing Society of Japan

させたいと考える．具体的には，あらかじめ，対象知識が含まれるテキスト情報を最小限に自動で絞り込む（出現箇所の自動決定）というアプローチをとる．出現箇所の自動決定を実現させるために，まず，対象知識の出現箇所を特定する．これは，対象知識が問題情報のどの部分に含まれるのかを分析し，特定する．次に，対象知識の出現箇所を自動決定する手順を考案する．特定された出現箇所を自動で識別する方法を検討し，その出現箇所を決定する手順を考案する．

4. 出現箇所の自動決定の検討

本章では，検討課題で述べた対象知識の出現箇所の分析と出現箇所の自動決定手順の検討を行う．**表 2** に分析・検討を行ううえで対象とした問題を示す．これらの問題は，2004 年度から CollabTest を継続的に利用している講義「コンピュータネットワーク論 I」の 27 個のサブカテゴリにおいて作成されたものである．CollabTest では，教員によって提示されたカテゴリ項目を参考に問題を作成し，問題登録時にそれらのカテゴリ項目を選択するようになっている[2)]．4.1 節の分析では，分析を始めた時点の 2007 年度までに作成された問題 485 問を対象とする．4.2 節の検討では，2008 年度に追加作成された問題 264 問を含めた全 749 問を対象とした．

4.1 対象知識の出現箇所の分析

本節では，対象知識が問題情報のどの部分に出現しているかを分析する．ただし，解説は他の問題情報に比べ，記述の仕方に偏りがあるためここでは対象外とした．また，対象知識はその問題の問われ方によって出現箇所が異なる．そこで，問題を出題パターンに分類したうえで分析を行った．分析方法は，まず，全問題を出題パターンに分類し，出題パターンごとに対象知識が問題情報のどこに出現するか，割合を算出した．

各出題パターンの問題数 N_p，対象知識が各問題情報に出現した問題数を N_t とすると，出題パターンごとに対象知識が各問題情報に出現する割合 P_t を次のような式で算出した．

$$P_t = \frac{N_t}{N_p} \tag{7}$$

問題の出題パターンへの分類は，対象知識の問われ方によって手動で分類した．例や説明，種類や属性，関連する事柄などが問われているのか，また，正しいものを選ぶのか（+），誤っているものを選ぶのか（−）によって細かく分類を行った．**表 3** に，問題を出題パターンで分類した結果とそれらの例，全問題中の各出題パターンの問題の割合を示す．分類された問題はすべて専門用語に関する問題であった．「その他」というのは，計算問題やある事

表 2　分析・検討で対象とした問題
Table 2　Outline of quizzes targeted by analysis.

講義名	カテゴリ名	サブカテゴリ名	問題数
コンピュータネットワーク論 I	第 1 章 序論	1.1 コミュニケーション	33
		1.2 コンピュータシステム	26
		1.3 分散システム	47
	第 2 章 コンピュータネットワーク応用技術	2.1 身近のコンピュータネットワークの応用例と家庭の情報化	38
		2.2 インターネット上で構築されている応用プログラム	34
		2.3 電子メール	34
		2.4 WWW	40
		2.5 インターネットの活用事例	31
	第 3 章 コンピュータネットワークとその基本機能	3.1 コンピュータネットワークの発展経緯	33
		3.2 コンピュータネットワークの基本的な考え方	60
		3.3 OSI 参照モデルと基本機能	70
		3.4 TCP/IP 参照モデルと基本機能	46
		3.5 ネットワークアーキテクチャや基本技術	34
	第 4 章 データリンク制御	4.1 誤り制御	22
		4.2 フロー制御	15
		4.3 データリンクプロトコル	14
		4.4 基本型データ伝送制御手順	13
		4.5 ハイレベルデータリンク制御手順	19
		4.6 Internet のデータリンク層	12
	第 6 章 WAN 技術	6.1 データ交換方式	21
		6.2 パケット交換	19
		6.3 X.25 パケット交換網	16
		6.4 フレームリレー	14
		6.5 広帯域 ISDN と ATM	15
		6.6 ルーティング	20
	第 8 章 伝送技術	8.1-8.4 情報通信の基本構成から通信方式まで	14
		8.5 伝送方式と変調	7
計			749

© 2009 Information Processing Society of Japan

表 3　問題の出題パターンと割合
Table 3　Quiz types and percentage.

パターン ID	出題パターンと例	割合 (%)
Pa+	ある専門用語について正しい例や説明などを選択する問題 例：モールス信号の説明として正しいものを選べ.	22.1
Pa−	ある専門用語について誤った例や説明などを選択する問題 例：リアルタイム処理分散システムの例として，適切でないものを選べ .	8.0
Pb+	ある専門用語についてその種類・属性と同じ専門用語を選択する問題 例：以下の中で目視的コミュニケーションはどれか.	2.9
Pb−	ある専門用語についてその種類・属性と異なる専門用語を選択する問題 例：次のうち目視的コミュニケーションでないものを選べ.	6.6
Pc+	ある専門用語に関連する事柄について正しい例や説明などを選択する問題 例：分散環境におけるデータ管理に関する記述として，適切なものはどれか.	4.1
Pc−	ある専門用語に関連する事柄について誤った例や説明などを選択する問題 例：コンピュータネットワークの構築理由として誤っているものを示せ.	6.0
Pd+	ある専門用語に関連する事柄について関係する専門用語を選択する問題 例：電話通信をするために，適しているものはどれか.	5.6
Pd−	ある専門用語に関連する事柄について関係しない専門用語を選択する問題 例：コンピュータネットワークの応用例として，銀行やコンビニエンスストアにないものはどれか.	3.7
Pe+	各選択肢に記述された専門用語とその説明の組み合わせのうち正しい組み合わせを選択する問題 例:OSI 参照モデルのうちの 4 つの階層で正しい説明がされているものを選べ.	1.2
Pe−	各選択肢に記述された専門用語とその説明の組み合わせのうち誤った組み合わせを選択する問題 例：以下に示した語句の説明の中で，最も正しくないものはどれか.	6.0
Pf	ある専門用語についての例や説明からその専門用語を選択する問題 例：単一のホストコンピュータを複数の端末から利用するホスト集中システムとは.	26.2
	その他（計算，穴埋め，不備）	7.6

表 4　出題パターンと対象知識が各問題情報に出現する割合
Table 4　Quiz types and percentage of quizzes that targeted knowledge occurs in each quiz content.

パターン ID	Pa+	Pa−	Pb+	Pb−	Pc+	Pc−	Pd+	Pd−	Pe+	Pe−	Pf
キーワード(%)	48.6	61.5	35.7	59.4	5.0	13.8	7.4	27.8	50.0	55.2	22.8
問題文(%)	100	100	100	100	100	96.9	70.4	100	100	82.8	0.8
正答(%)	1.9	2.6	0	0	0	3.4	29.6	0	0	17.2	100
誤答(%)	1.9	2.6	0	0	0	3.4	3.7	0	0	0	0

表 5　出題パターンと対象知識の出現箇所
Table 5　Quiz types and occurrence parts.

出題パターン	出現箇所
Pa+，Pa−，Pb+，Pb−，Pc+，Pc−，Pd−，Pe+	問題文
Pd+，Pe−	問題文・正答
Pf	正答

柄の順序問題，穴埋め問題，または，不備のある問題などの問題であり，類似問題を特定することが困難であるため対象外とした問題である．

表 4 に出題パターンごとに対象知識が含まれる各問題情報の割合を示す．表からも分かるように，Pf 以外の出題パターンでは問題文に出現する割合が高い．Pd+，Pe− の問題群では問題文と正答によって 100%を満たしており，Pc− の問題群では 1 問を除いたすべての問題で問題文に対象知識が出現していた．

表 5 に出題パターンごとの対象知識の出現箇所を示す．以上のように，出題パターンごとに対象知識の出現箇所を特定することができた．

4.2　出現箇所の自動決定手順の検討

本節では，出題パターンごとの問題文や正答の記述形式に着目し，それらの特徴から出現箇所の自動決定を検討する．分析・検討で対象とした問題は表 2 に示した 749 問のうち，計算問題やある事柄の順序問題，穴埋め問題，または，不備のある問題などの問題群を除いた，705 問とした．

前節の分析結果から，出題パターンを自動で識別できれば，それにともない出現箇所も特定できると考えられる．そこでまず，出題パターンごとに問題の問われ方に着目する．Pa，Pc，Pe の問題群は主に例や説明などが問われている．Pb，Pd，Pf の問題群では専門用語が問われている．つまり，後者の場合，正答はある専門用語 1 語のみとなると予想される．3.1 節でも述べたように，対象知識はほとんどが専門用語であった．つまり，専門用語は表 1

© 2009 Information Processing Society of Japan

表 6　記述形式と出題パターンの対応
Table 6　Quiz types corresponding to expression types.

記述形式		出題	形式
正答	問題文	パターン	ID
5 種類の単位の語	+	Pb+，Pd+，Pf	a+
1 語のみ	−	Pb−，Pd−	a−
5 種類の単位の	+	Pa+，Pc+，Pe+	b+
語以外の語が存在	−	Pa−，Pc−，Pe−	b−

に示した 5 種類の単位の語であると考えられる．したがって，これらの出題パターンは，正答を形態素解析や 5 種類の単位の語の抽出により識別することができる．

また，正しいものを問うもの（+）と誤っているものを問うもの（−）とで出題パターンを分類することができる．後者の場合，問題文中に「誤っている〜」，「間違った〜」などの否定的な表現が存在する．したがって，これらの出題パターンは，あらかじめ否定的な表現を登録しておき，それらの語と問題文の一部がマッチングするかどうかで識別することができる．そこで，対象とする問題 705 問において，正答が 5 種類の単位の語 1 語から構成されているものとそうでないものとに分類し，さらに，問題文が正しいものを問うものか，誤っているものを問うものかによって分類した．**表 6** にそれらの記述形式と対応する出題パターンを示す．

表 6 の結果と表 5 に注目し，記述形式ごとに出現箇所を決定する．形式 a+では，対応する出題パターンから，出現箇所は問題文と正答となる．形式 a−，b+，b− では，対応する出題パターンから出現箇所は問題文となる．形式 b− の問題では，出現箇所は対応する出題パターンから問題文と正答になるが，Pe− の問題では対象知識が正答に含まれるとき，問題文に 5 種類の単位の語が出現しないことが多い．そこで，形式 b− では，出現箇所を問題文とし，問題文に 5 種類の単位の語が存在しない場合のみ出現箇所を正答とする．

以上から，出現箇所の自動決定手順を**図 3** に示す．まず，正答を形態素解析し，5 種類の単位の語を抽出する（図 3 中①）．このとき，抽出された語数が 1 かつその他の語（助詞や助動詞など）が存在しない場合，問題文とあらかじめ登録されている否定的な表現とのマッチングを調査する（図 3 中②）．マッチする場合は問題文，マッチしない場合は問題文と正答が出現箇所となる．一方，正答に 5 種類の単位の語が複数，または，それ以外の語が存在する場合（図 3 中①），問題文を形態素解析し，5 種類の単位の語を抽出する（図 3 中③）．抽出された語数が 0 の場合は正答，語が抽出された場合は問題文が出現箇所となる．

また，記述形式ごとに対象知識が問題文と正答に出現する割合を算出した．その結果を

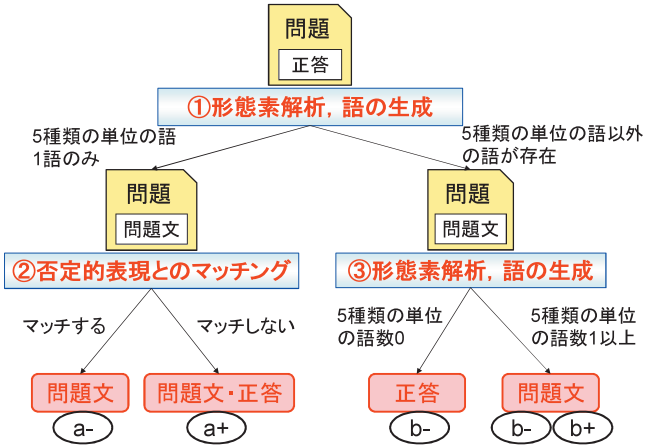

図 3　出現箇所の自動決定手順
Fig. 3　Procedure of automatically identifying the occurrence part.

表 7　対象知識が問題文と正答に出現する割合
Table 7　Expression types and percentage of quizzes that targeted knowledge occurs in question or correct choice.

形式 ID	問題数	対象知識が出現する割合	
		問題文 (%)	正答 (%)
a+	235	25.5	75.3
a−	84	98.8	1.2
b+	189	96.8	4.8
b−	197	96.4	10.2

表 7 に示す．前節の分析結果よりも対象とした問題を増やしたため多少の誤差はあるが，記述形式ごとに決定した箇所に対象知識がほぼ 100%に近い割合で出現していることが分かる．算出には，式 (7) を利用した．このとき，N_p は各記述形式の問題数にあたる．

5.　出現箇所の自動決定による類似度算出手法の提案

5.1　類似度算出手順

図 4 に本研究で提案する類似度算出手順を示す．まず，各問題において対象知識の出現箇所を 4.2 節の手順により自動で決定する（図 4 中①）．全部で 3 通りの出現箇所が考えら

© 2009 Information Processing Society of Japan

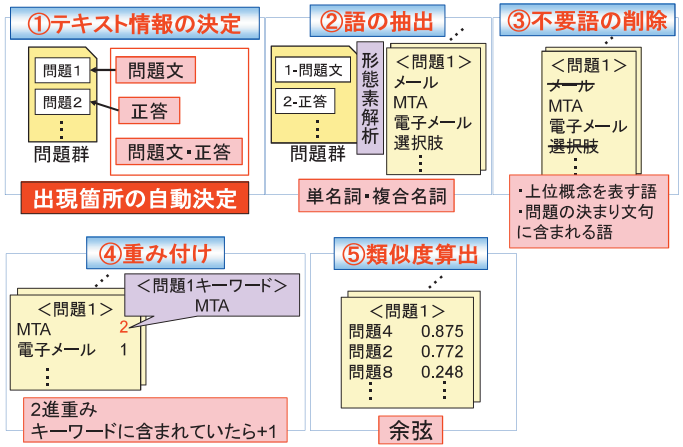

図 4　出現箇所の自動決定による類似度算出手順
Fig. 4　Procedure of calculating similarity between quizzes by automatically identifying the occurrence part.

れる．次に，問題ごとに決定された出現箇所を形態素解析し，3.1 節で述べた 5 種類の単位で語を抽出する（図 4 中②）．続いて，不要語の削除を行う（図 4 中③）．不要語の対象としては，上位概念を表す語と問題の決まり文句に含まれる語としている．問題内で上下関係のある語が存在する場合，下位概念を表す語が対象知識となることが多く，上位概念を表す語は対象知識となることが少ない．また，問題の決まり文句に含まれる語は問題内容とはまったく関係がない．図 4 の③に示した例の場合，電子メールに対してメールは上位概念を表すので削除する．さらに，抽出された語に対して重み付けを行う（図 4 中④）．しかし，語の出現頻度や出現分布などとその重要度の関連性が明らかになっていないため，それらの情報を使用しない最も単純な手法として 2 進重みを適用する[16]．これは，抽出されたすべての語に対して重み 1 を付与する．また，キーワード部分には対象知識を入力するように学生に指示し，問題登録時の必須項目になっているので，抽出された語の中でキーワードにも含まれる語が存在する場合さらに重み 1 を加える．最後に余弦（式 (2)）により類似度を算出する（図 4 中⑤）．

5.2　類似問題検索手順

CollabTest の問題管理手法を**図 5** に示す．各講義で作成された問題群をクラスライブラリ，カテゴリ統合機能により統合された問題群をコースライブラリ，各教師が保持するコー

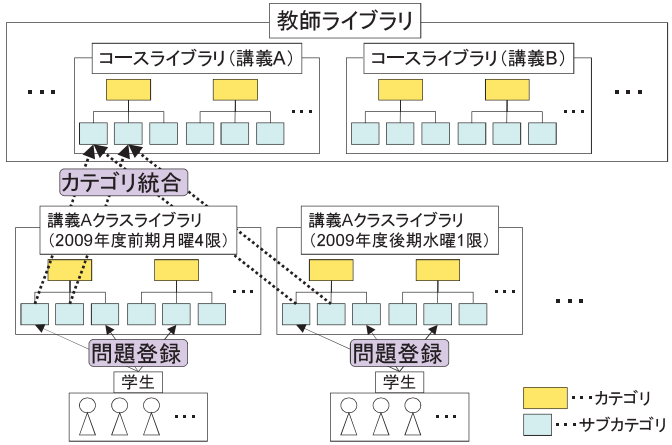

図 5　CollabTest の問題管理手法
Fig. 5　Method of managing quizzes on CollabTest.

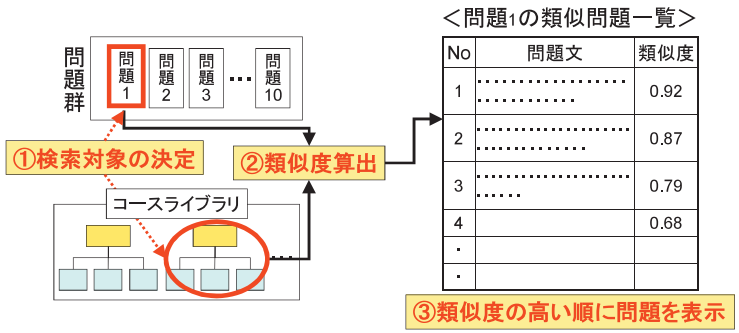

図 6　類似問題の検索手順
Fig. 6　Procedure of retrieving similar quizzes.

スライブラリの集合を教師ライブラリと定義する．コースライブラリに登録されている問題は同一科目の問題群であるため，問題の出題範囲や内容にそれほど変わりはない．そのため，問題数が増加するにつれ，内容が類似した問題も増加していく．

図 6 に類似問題の検索手順を示す．まず，問題群の中から類似問題を検索したい問題を選択し，類似問題を検索する対象をコースライブラリから指定する（図 6 中①）．検索対象

© 2009 Information Processing Society of Japan

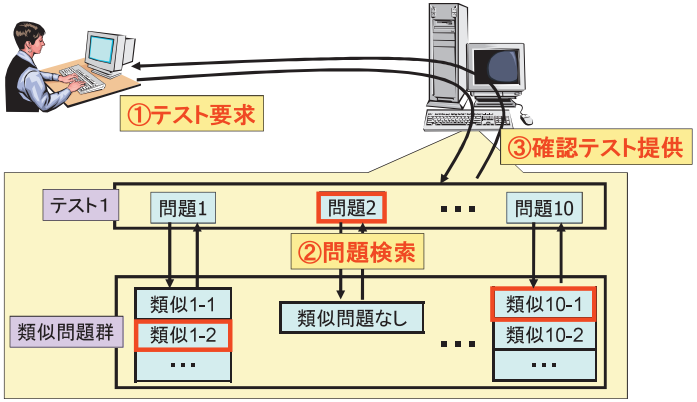

図 7　類似問題群からの動的なテスト出題
Fig. 7　Dynamically test setting from the similar quiz group.

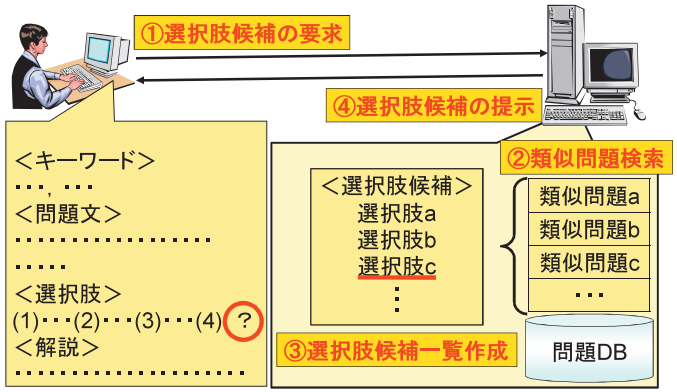

図 8　選択肢候補の要求と提示
Fig. 8　Requesting and showing the choice candidates.

は選択した問題と同じサブカテゴリ内の問題群とする．そして，類似元となる問題と検索対象の問題との類似度を算出する（図 6 中②）．類似度を算出した結果，検索結果として類似度の高い問題から表示する（図 6 中③）．

5.3　類似問題の利用例

問題間の類似度により類似問題が検索できれば，それらを効果的に利用することができる．まず，オンラインテストでの利用が考えられる．**図 7** に類似問題群からの動的なテスト出題方式を示す．学生がテストを要求すると（図 7 中①），あらかじめ蓄積されている類似問題群から各問題の類似問題を自動で検索し（図 7 中②），それらの問題を学生に提示する（図 7 中③）．この方式では，テストを構成する各問題に類似問題が登録されている場合，毎回異なる類似問題が動的に出題されるように構成することで，テストを繰り返し解答することによる答えの丸暗記の防止や，多角的な学習により，より深い理解の定着が期待できる．

もう 1 つの利用例として，作問時での利用が考えられる．過去の実践では，学生が問題を作成する際，問題の正答に類似した誤答となる選択肢を考え出す作業に非常に苦労していた．この誤答の選択肢は問題の難易度に大きく影響を受け，問題の難易度を上げるには高度な知識が要求される．そこで，問題作成時に類似問題の選択肢を選択肢の候補として提示することで作問を支援する．**図 8** に選択肢候補の要求と提示の流れを示す．学生が選択肢候補を要求すると（図 8 中①），すでに入力されている問題情報から類似問題を自動で検索する（図 8 中②）．提案手法では，作問の途中段階であったとしても，問題文と正答のみから対象知識の出現箇所を特定し，類似問題を検索できる．そして，類似問題で登録されている選択肢を抽出し，選択肢候補の一覧を作成し（図 8 中③），学生に提示する（図 8 中④）．これにより，より難易度の高い問題が作成されることが期待される．

6.　実験・評価

6.1　実 験 概 要

本章では，まず，出現箇所の自動決定（図 4 中①）の有効性を検証するために対象知識の抽出実験（以下，実験 1）を行う．次に，出現箇所の自動決定による類似度算出手法（図 4 中①〜⑤）の精度の向上を検証するために類似問題の検索実験（以下，実験 2）を行う．

実験 1 では，重み付け手法は一定とし，出現箇所の自動決定により抽出する範囲を決定した場合と抽出する範囲を限定した場合で語を抽出し，それらの抽出結果を基に対象知識抽出精度の評価を行う．後者の場合の抽出する範囲は，①キーワード・問題文・正答，②キーワード・問題文，③問題文・正答の 3 通りとした．これは，4.1 節の分析結果から，対象知識は主に問題文に含まれ，場合によって，キーワード，または，正答に含まれるのでこのような範囲に限定した．

このとき，対象知識の正確な抽出の要件を，(a) 対象知識を漏れなく抽出する，(b) 余計な語を除き，対象知識だけを抽出する，(c) 対象知識が上位に抽出される，の 3 つとした．これらの評価方法は，3.2 節で述べた方法と同じで，抽出結果に閾値を設け，再現率と適合

© 2009 Information Processing Society of Japan

率を算出する．この場合，再現率と適合率は，問題 i に対して，対象知識の数を A_i，抽出された語の数を B_i，抽出された語のうち対象知識と同じ語の数を C_i とし，式 (5)，(6) に適用させる．

実験 2 では，提案手法と 2 章で述べた既存システム termmi や先行研究において我々が提案した，既存手法の組合せによる手法[17]，また，図 4 の提案手法で，テキスト情報の決定部分（図 4 中①）を問題文と正答に限定して類似度を算出する手法を用いて類似問題の検索実験を行う．

termmi では，まず，全問題情報から語を抽出する．このとき，抽出する語の単位は，単名詞・複合名詞である．そして，不要語の削除は行わず，抽出された語に対して重みを付与する．重み付け手法は，2 章で述べた語の出現頻度と連接頻度（式 (3)，(4)）によるものである．最後に，余弦（式 (2)）により問題間の類似度を算出する．

また，先行研究における類似度算出手法は，図 3 に示した一般的な類似度算出手順に基づき，各ステップの既存手法の中で最適と考えられる手法を選択し，既存手法を組み合わせた手法である．まず，テキスト情報の決定では，4 章で述べたような，誤ったものを問う問題（–）ではキーワード・問題文，それ以外の問題（+）では，キーワード・問題文・正答とする．前者のような問題の場合，正答はその問題とは異なった概念であることが多いため，除外する．次に，決定されたテキストから語を抽出する．抽出する語の単位は，複合名詞と単名詞である．そして，不要語の削除では，高頻度語，低頻度語，上位概念を表す語，問題の決まり文句に含まれるような語とする．今回の実験では，高頻度語はサブカテゴリ内において出現する頻度が，問題数の半分以上の語とした．また，低頻度語はサブカテゴリ内で出現する頻度が 1 の語とした．さらに，重み付けでは，単名詞に対しては語の出現頻度，複合名詞に対しては語の連接頻度と出現頻度（式 (3)，(4)）により重みを付与する．これは，対象知識のほとんどが複合名詞であることから，複合名詞により高い重みを付与するためである．最後に，余弦（式 (2)）により問題間の類似度を算出する．

評価は 3.2 節で述べたように検索結果に閾値を設け，再現率と適合率のマイクロ平均（式 (5)，(6)）を算出する．なお，検索手順は図 6 で示した手順と同じである．実験では，4 章で対象とした問題のうち 50 問近い問題を含むサブカテゴリを対象に行った．この条件に該当するサブカテゴリには「1.3 分散システム」，「3.2 コンピュータネットワークの基本的な考え方」，「3.3 OSI 参照モデルと基本機能」，「3.4 TCP/IP 参照モデルと基本機能」があり，これらのサブカテゴリに含まれる問題は全部で 223 問であった．このうち，計算問題やある事柄の順序問題，穴埋め問題，不備のある問題などの問題を除いた 208 問を対象として実験を行った．**表 8** に各出題パターンと記述形式の問題数を示す．

表 8　各出題パターンと記述形式の問題数
Table 8　Quiz types, expression types and the number of quizzes.

パターン ID	Pa+	Pa–	Pb+	Pb–	Pc+	Pc–	Pd+	Pd–	Pe+	Pe–	Pf
問題数	48	12	6	15	15	22	20	5	2	18	45

形式 ID	a+	a–	b+	b–
問題数	66	17	70	55

6.2　実験 1：対象知識抽出実験

実験 1 の実験手順を以下に示す．なお，手順 (1)〜手順 (4) を 1 問ずつ全 208 問に対して行い，最後に再現率と適合率のマイクロ平均を算出する．

(1)　教員による対象知識の決定

情報系の科目の知識を十分に持っている教員 4 名（共著者 2 名，共著者以外 2 名）により各問題の対象知識を決定する．教員によって異なった対象知識が選択された問題に関しては，著者や教員同士が話し合い一意の対象知識に決定した．なお，抽出する前に対象知識の説明を行った．

(2)　語の抽出

出現箇所の自動決定による語の抽出，また，①キーワード・問題文・正答，②キーワード・問題文，③問題文・正答からの語の抽出を行う．なお，抽出する語の単位は 3.1 節で述べた 5 種類の単位とする．

(3)　重み付け

抽出された語に対して重みを付与する．重み付け手法は，すべての抽出結果において 5.1 節で説明した図 4 の④の手法を用いる．また，抽出された語は重みの大きい順に整列する．

(4)　閾値による語の抽出

手順 (3) の結果から，教員が決定した対象知識の数だけ上位から語を抽出する．なお，教員が決定した語が 2 つに対し，各手法で抽出した語の 2 番目と 3 番目が同じ重みであれば 3 番目も含めて抽出することとする．

(5)　再現率，適合率のマイクロ平均の算出

全問題の抽出結果を基に，抽出範囲ごとに再現率と適合率のマイクロ平均を 3.2 節の式 (5)，(6) により算出する．この式において，対象知識とは教員が決定した対象知識とし，抽出された語とは手順 (4) で抽出された語とする．

© 2009 Information Processing Society of Japan

表 9　実験 1 の結果
Table 9　Result of experiment 1.

語の抽出範囲	再現率	適合率
出現箇所の自動決定	0.76	0.30
問題文・正答	0.76	0.24
キーワード・問題文	0.62	0.28
キーワード・問題文・正答	0.68	0.22

以上の実験手順から得られた評価結果を**表 9** に示す．出現箇所の自動決定により語を抽出する方法が他の抽出範囲による語の抽出に比べ，再現率，適合率が向上している．

6.3　実験 2：類似問題検索実験

実験 2 の実験手順を以下に示す．なお，手順 (2)，(3) は全 208 問に対して行う．

(1)　類似問題群への分類

実験 1 から得られた対象知識を基に，それらが一致している問題を類似問題とし，類似問題群を生成する．

(2)　類似問題の検索

出現箇所の自動決定による手法，既存手法の組合せによる手法，termmi，問題と正答から語を抽出する手法により，類似問題を検索する．類似問題の検索手順は図 6 で示した手順と同じとする．このとき，検索する対象は，実験で対象としているものと同じサブカテゴリ内の問題群とする．サブカテゴリごとに全問題の検索を行う．

(3)　閾値による問題の抽出

手順 (1) の結果を基に，ある問題に対する類似問題の数を閾値とし，手順 (2) の検索結果から問題を抽出する．たとえば，類似問題群 A（問題 1，問題 6，問題 21）があるとすると，問題 1 の検索結果に対する閾値は 2 となる．この場合，検索結果の 2 番目と 3 番目が同じ類似度であれば 3 番目も含めて抽出する．

(4)　再現率，適合率のマイクロ平均の算出

全問題の抽出結果を基に，手法ごとに再現率，適合率のマイクロ平均を式 (5)，(6) により算出する．これらの式において，類似問題とは問題 i と対象知識が一致する問題とし，検索された問題とは手順 (3) によって抽出された問題とする．

また，不要語の数は，提案手法では，決まり文句に含まれる語が 9 個，上位概念を表す語が 27 個，合計 36 個，抽出範囲を問題文・正答に限定した場合は，決まり文句に含まれる語が 9 個，上位概念を表す語が 40 個，合計 49 個，既存手法の組合せによる手法では，高頻度語が 18 個，低頻度語が 427 個，決まり文句に含まれる語が 9 個，上位概念を表す語が 15 個，合計 469 個であった．

表 10　実験 2 の結果
Table 10　10 Result of experiment 2.

類似度算出手法	再現率	適合率
出現箇所の自動決定による手法	0.51	0.49
問題文・正答からの抽出による手法	0.49	0.48
既存手法の組合せによる手法	0.38	0.37
termmi	0.30	0.30

以上の実験手順から得られた実験結果を**表 10** に示す．提案手法は他のどの手法に比べても再現率，適合率が向上している．

6.4　実験の考察

＜実験 1 ＞

出現箇所の自動決定では，問題文と正答から語を抽出し，問題文・正答からの抽出とともに再現率が一番高い．4.1 節の分析でも述べたように対象知識は問題文と正答に最も多く出現することが分かる．また，出現箇所の自動決定では，問題文・正答からの抽出に比べ，適合率のみ向上していることから，正確に出現箇所を絞り込むことができていると考えられる．一方で，全体的に適合率の値が低くなっているが，これは，今回用いた重み付け手法では，ほとんどの語が重み 1 となり，手順（4）において多くの語が抽出されたためである．以上のことから，出現箇所を自動で決定することにより，対象知識をより正確に抽出することができ，出現箇所の自動決定が対象知識の抽出に有効的であることが分かった．

今回の分析や実験で対象とした問題は，専門用語に関する問題であった．また，ほとんどの問題は表 3 の出題パターンに分類でき，問題文や正答の記述形式により出題パターンの識別ができる問題群であった．したがって，実験結果から，専門用語に関する問題であり，かつ，表 3 の出題パターン，または，表 6 の記述形式に分類できる問題群には，出現箇所の自動決定が可能であると考えられる．しかし，分析・実験で対象とした講義はコンピュータネットワーク論に関するものである．このような情報系の講義における問題では，対象知識がほとんどの場合専門用語であり，5 種類の単位の語に分類できた．しかし，専門用語に関する問題であっても，社会や歴史といった講義においては人名などの固有名詞も対象知識になると考えられる．これらの語に関しては，対象知識がどのような単位で出現するかまだ明らかになっていないので，本手法が適用できるかどうかは定かではない．

© 2009 Information Processing Society of Japan

また，出現箇所の自動決定において対象知識が出現しない箇所が指定されてしまう問題も存在した．以下にその問題の例を示す．

問題文： OSI 参照モデルのうち，ファイル転送やメッセージ通信（電子メール）など，ユーザが実行する多くのサービス間プロトコルを制御する層は次のうちどれか．		
正答：応用（アプリケーション）層	出題パターン：f	出現箇所：正答

図 3 の自動決定手順でこの問題の出現箇所を決定すると，問題文となる．これは，正答の応用（アプリケーション）層から語を抽出すると「応用」,「アプリケーション」,「層」の 3 つが抽出されてしまうためである．その結果，図 3 の①から③の処理へ移ってしまう．これらの問題では，表記の仕方を応用層，もしくは，アプリケーション層のどちらかに統一されれば解消されると考えられる．

また，図 3 の ② においても，失敗する可能性があると考えられる．現段階では分析結果から，否定的表現を特定しているが，登録されている表現以外の表現で否定的な問題を作成された場合，マッチングをとることができない．この場合，出現箇所が問題文と正答となり抽出範囲が広がるため不要な語が抽出されてしまう可能性が高くなる．

＜実験 2 ＞

実験結果から，出現箇所の自動決定による類似度算出手法では，再現率，適合率ともに最も高い値を示しており，既存手法や先行研究の手法に比べその精度の向上を示すことができた．また，既存手法の組合せでは，不要語の削除や重み付けにおいて頻度情報を利用しており，不要語の削除において最も多くの語が削除されているが，精度の向上が少ない．このことから，頻度情報を用いた既存手法により，問題間の類似度算出の精度の向上は困難であることが分かる．さらに，もし類似問題群で管理したいという要望が出た場合，提案手法では教員が選択した類似問題が上位に検索されていたことから，提案手法により正確な類似問題群を生成しやすくなったと考えられる．

しかし，提案手法により，出現箇所を絞り込んだとしても，その出現箇所となる問題文や正答に長い文章が入力されていれば不要な語も多く抽出されてしまう．このような場合，語の重要性の判断が別の方法で可能であれば，不要語の削除や重み付けにより類似度算出精度を保つことができる．このためには，語と語の間の関係からその重要性が判断できるかどうかを詳細に分析することが必要となる．

7. 今後の課題

今後は，提案手法により類似問題を検索できるツールを開発し実装する．今回対象としている問題は専門用語について問われている問題である．したがって，異なる講義においても専門用語に関する問題で表 3 のような出題パターンであれば，今回提案した類似度算出手法を適用することは有効であると考えられる．一方で，穴埋め問題や順序問題など，今回対象としなかった問題に関しては，今後，対象知識を詳細に分析し適切な類似度算出手法を検討する必要がある．

しかしながら，今回は本研究で定義した類似問題を対象とした．類似問題に対する考え方は，人や分野によって様々であるので，提案手法による検索結果に対して，問題間の類似度合を学生や教員に判定してもらう必要ある．これらをふまえ，より多くの講義で広範囲にわたる問題，また，より多くの学生や教員を対象とした検索実験を行い，提案手法の適用可能範囲や新たな課題を明確にする．

そして，さらなる精度の向上のために，シソーラスやオントロジを利用した検索質問拡張の検討を行う．今回の実験でも，実際に同じ意味ではあるが作問者によって表記が異なる語が存在した．この問題は，作問する学習者数，問題数が増加するに従い深刻になる．それらを同一の語と見なすことができれば類似度算出の精度も向上すると考えられる．また，語と語の上位/下位関係から語の重要性を判断できる可能性もある．語の重要性に関しては，語の出現頻度や出現分布から判断できるかどうか詳細に分析する必要がある．

さらに，実際の問題を有効利用するために 5.3 節で述べたような，類似問題を利用した学習を実現させることも可能である．その際，効率的に類似問題を検索するためには，あらかじめ問題を類似問題群へ分類しておく必要がある．既存のクラスタリング手法の調査や我々が提案する類似度算出手法による検索結果の特性を分析し，最適な手法を検討する．

これらが実現されれば，効果的なオンラインテストの実施や作問支援などの応用的な利用が可能となる．また，テスト理論の調査や学生の作問に関するアンケート結果を分析し，類似問題の効果的な利用について検討を行う．

8. ま と め

本論文では，学生が協調的に作問可能な WBT システムにおいて過去の講義で作成された膨大な数の問題を問題内容の類似性に着目して問題を管理・再利用するために，学生が作成した問題の類似度算出手法を検討・提案し，実験・評価を行った．提案手法の基本的なア

© 2009 Information Processing Society of Japan

イディアは，あらかじめ学生が入力した問題情報から対象知識が出現する箇所を特定することによって類似度算出の精度の向上を図るというものである．出現箇所を自動で特定するために，まず，過去に作成された 485 問を分析対象として，問題を出題パターンに分類することで対象知識の出現箇所を特定した．そして，分析対象を 705 問に拡張し，問題文や正答の記述形式の特徴から出現箇所の自動決定の検討を行い，その手順を考案した．さらに，一般的な類似度算出手順に基づき，出現箇所の自動決定による類似度算出手法を提案した．

対象知識の抽出実験（実験 1）から，出現箇所の自動決定により，抽出範囲を限定することよりも対象知識をより正確に抽出することが可能となった．しかし，問題によっては自動決定手順において，対象知識が出現しない個所が指定されてしまう場合があるので，それらの改善も行う必要がある．また，類似度算出手法の比較実験（実験 2）から，出現箇所の自動決定による類似度算出手法により，既存手法やシステムに比べ類似度算出の精度の向上を示すことができた．しかし，本研究で定義した類似問題を対象とした場合，語の頻度情報や頻度分布を利用した既存手法により類似度算出手法の精度の向上を示すことは困難であることが分かった．

今後，問題間の類似度に基づき，5.3 節で示したような類似問題群からの動的なテスト出題や選択肢候補の要求や提示など，類似問題を効果的に利用した学習支援や作問支援の実現を目指す．

謝辞　本研究の一部は，科学研究費（若手研究（スタートアップ），No.20800055）の研究助成を受けたものである．ここに記して謝意を表す．また，実験にご協力いただきました教員の皆様に，深く感謝いたします．

参　考　文　献

1) 高木正則，田中　充，勅使河原可海：学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調型 WBT システム，情報処理学会論文誌，Vol.48, No.3, pp.1532–1545 (2007).
2) 高木正則，田中　充，勅使河原可海：協調的に作問する過程で競争可能なオンラインテストシステムの実装と評価，教育システム情報学会誌，Vol.24, No.1, pp.13–25 (2007).
3) 高木正則，田中　充，勅使河原可海：学生が作成した類似問題を利用するオンラインテスト機能の実装・評価，情報処理学会情報教育シンポジウム（SSS2003），同シンポジウム論文集，pp.27–34 (2003).
4) Takagi, M. and Teshigawara, Y.: A WBT System Enabling to Create New or Similar Quizzes Collaboratively by Students, *Proc. 2nd IASTED International Conference on Education and Technology* (*ICET2006*), Calgary, Canada, pp.263–268 (2006).
5) 宮本定明：クラスター分析入門：ファジィクラスタリングの理論と応用，森板出版 (1999).
6) 野沢孝之，井田正明，芳鐘冬樹，宮崎和光，喜多　一：シラバスの文書クラスタリングに基づくカリキュラム分析システムの構築，情報処理学会論文誌，Vol.46, No.1, pp.289–300 (2005).
7) 川谷隆彦：多文書間の共通性分析に基づく文書クラスタリング，情報処理学会論文誌，Vol.47, No.6, pp.1903–1917 (2006).
8) 高木　徹，藤井　敦，石川徹也：検索質問の主題分析に基づく類似文書検索と特許検索への応用，情報処理学会論文誌，Vol.46, No.4, pp.1074–1081 (2005).
9) http://www.ldc.upenn.edu/Projects/TDT2
10) 徳永健伸：情報検索と言語処理，東京大学出版会 (1999).
11) 松本祐治，北内　啓，山下達雄，平野善隆，松田　寛，高岡一馬，浅原正幸：形態素解析システム『茶荃』version 2.0 使用説明書 第二版，NAIST Technical Report, NAIST-IS-TR99012，奈良先端科学技術大学院大学 (1999).
12) 湯本紘彰，森　辰則，中川裕志：出現頻度と連接頻度に基づく専門用語抽出，自然言語処理，Vol.10, No.1, pp.27–45 (2003).
13) 東京大学中川研究室・横浜国立大学森研究室：専門用語自動抽出システム．
14) Windows 用テキストマイニングツール “termmi”. http://gensen.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/termmi.html
15) Tane, J., Schmitz, C. and Stumme, G.: Semantic Resource Management for the Web: An E-Learning ApplicationIn, *Proc. 13th International World Wide Web Conference* (*WWW2004*), New York, USA, pp.1–10 (2004).
16) 北　研二，津田和彦，獅々堀正幹：情報検索アルゴリズム，共立出版 (2002).
17) 高木輝彦，高木正則，勅使河原可海：学生が作成した問題の類似性に基づいた自動分類方式の提案，情報処理学会第 70 回全国大会，同大会論文集，Vol.4, pp.687–688 (2008).

(平成 20 年 11 月 26 日受付)
(平成 21 年 7 月 2 日採録)

高木　輝彦（学生会員）

2008 年創価大学工学部情報システム工学科卒業．現在，同大学院博士前期課程在学中．e-Learning，情報検索，自然言語処理等の研究に従事．情報処理学会第 70 回全国大会学生奨励賞，マルチメディア，分散，協調とモバイル（DICOMO2008）シンポジウムヤングリサーチャ賞受賞．人工知能学会会員．

© 2009 Information Processing Society of Japan

高木　正則（正会員）

2003 年創価大学工学部情報システム学科卒業．2007 年同大学大学院工学研究科博士後期課程修了．博士（工学）．現在，同大学工学部助教．e-Learning，教育工学，CSCL 等の研究に従事．情報処理学会第 65 回全国大会学生奨励賞，情報処理学会教育シンポジウム（SSS2003）奨励賞受賞．教育システム情報学会，日本教育工学会，環境情報科学センター各会員．

勅使河原可海（フェロー）

1970 年東京工業大学大学院理工学研究科制御工学専攻修了．工学博士．同年日本電気入社．コンピュータネットワーク，ネットワークアーキテクチャ，衛星データネットワーク等の開発に従事．1994〜1996 年ハワイ大学アロハシステム客員研究員．1995 年創価大学工学部教授，工学部長，工学研究科長を歴任．ユビキタスコンピューティング，グループウェア，e-learning，ネットワークセキュリティ等の研究に従事．情報処理学会，オペレーションズリサーチ学会各フェロー，電子情報通信学会，経営情報学会，IEEE，ACM 各会員．

© 2009 Information Processing Society of Japan