

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501106

研究課題名(和文) 講義中に行う演習を支援するシステムの開発

研究課題名(英文) Develop an e-Learning System to Support Teachers for Quiz in Class

研究代表者

高瀬 治彦 (Takase, Haruhiko)

三重大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10283516

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小テストにより講師が即時に学生の理解状況を把握できるように支援するシステムの構築をめざした。具体的には、記述式の小テストを対象として、その解答群を、キーワード・キーワード周辺・全文の順に徐々に閲覧範囲を広げることで多量の解答を一度に目にする事なく、主要な解答を把握できるようなシステムを構築した。このために、解答群からのキーワード自動抽出技術の確立・タブレット端末を前提とした解答群閲覧インターフェイスの検討を行った。

研究成果の概要(英文)：We aim to develop an e-learning system that supports teachers to grasp students' understandings. We develop a system that supports descriptive type quizzes. It gradually provides answers for teachers. It provides answers in order of keywords, phrases, and whole text. To develop the system, we proposed an automatic keyword extraction method, and discussed interfaces to browse answers.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：教育支援 自然言語処理 データマイニング データ可視化

### 1. 研究開始当初の背景

これまでに、我々の研究グループでは、eラーニングにおいて講義の復習・理解の補助に効果的な学習用コンテンツを容易に作成するシステムに関する研究を行ってきた。これにより、効果的なコンテンツを、講師の少ない労力で提供できるようになった。

しかし、eラーニングシステムに求められている機能は、コンテンツ管理システムとしての機能だけではない。学習管理システムとしての機能も求められる。これには、演習課題の管理や、学生の学習状況の管理などが含まれている。一般に、長期間にわたり蓄積した学習状況をもとに、学生の学習・理解状況を同定・管理する。この際、各学生の個々の演習課題に対する解答に対しては正誤判定しか行わず、演習を数多くこなすことで学生の理解状況を同定することが多い。

これをふまえ、講義中に行う小テスト形式の演習にこれを用いた場合、即応性・その演習に対する解答の分析という観点から、講師への支援が十分ではないと、我々は考えた。

eラーニングシステムを、今回対象とするような講義中に行う演習(小テスト)に利用する場合、その解答の分析方法が問題となる。たとえばクリッカーと呼ばれる装置を利用することで、選択問題に対する支援はこれまでも行われている。しかし、選択問題は、その解答から学生の理解度を測ろうとすると入念な準備が必要となり、講義中に気軽に行う実施できるものではない。

それに対し、記述式の問題では、学生が解答文を作成するため、その解答からはその正誤だけでなく、間違えた原因を推測するための情報を読み取ることができる。しかし、多人数に対して行う演習では、講師がそれぞれを丁寧に読む時間は講義中には無いため、解答に対する講師の応答が遅くなり、学生の理解度改善の効果が薄くなる。そこで、学生の解答文(レポート)に対して、その採点や採点の補助を行う試みが、これまでに多数なされてきた。たとえば[石岡恒憲, 2004]では、一定の基準で採点することが難しい小論文を計算機により採点することを試みている。また[Tubakimoto, et.al., 2007]では、レポートをその正誤ではなく内容で分類し、評価の助けとなる情報を提供する試みも行われている。しかし、講師のフィードバックを支援するという観点からは、解答の評点が分かるだけでは不十分であり、この目的に特化した分析が必要と考える。また申請者のグループでは、これまでに学生の解答だけでなくその作成過程を取得するシステムに関する研究を進めてきた。これらの情報も利用することで、学生の理解度をより正確にできるのではないかと考える。

### 2. 研究の目的

本研究では、講義中に行う演習において、講師がリアルタイムに学生の理解状況を把握

できるように支援するシステムの構築をめざす。具体的には、学生の演習中の活動を詳細に取得することで、学生の理解状況をシステムが正確に同定する(正確な学習者モデルを構築する)手法を提案する。

### 3. 研究の方法

本研究は次の手順で検討を行う。

- (1) 全学生の学習活動を保持することで、各学習者の理解状況を正確に同定する。
- (2) 講師・学生に負担がかからない運用環境を提供する。
- (3) 学生の理解の状況を講師が素早く把握できるように、分かりやすく提供する。

以下、各段階について簡潔に説明する。

まず(1)を行う。具体的には、講師が学生の解答から学生の理解状況を判断する際に、注目している箇所をできるだけ正確に抽出することをめざす。近年、計算機技術の発達により、学習者の状況を観測・記録することが可能となっている。多量に取得したこれらの情報を、そのまま講師に提案しても講師の助けにはならない。そこで、テキストマイニング・ソフトコンピューティングなどの技術を用いて、これらを分析する。テキストマイニングは、与えられた文書集合において、各文書の相関・全体の傾向を分析するための技術である。我々は、講義コンテンツの作成支援、病院のインシデントレポートの分析・可視化などに関する研究をこれまでにやってきた。これを応用し、学生の解答の傾向を分析する。またソフトコンピューティングは、人の行う情報処理手法を手本とした情報処理手法である。我々は、これまでにニューラルネットワークなどの基礎的研究を行ってきた。これを、学習履歴の分析に応用することを検討する。特に、ニューラルネットワーク・ファジーシステム・ベイジアンネットワークを用いたデータの分析に着目する。

次に(2)を行う。具体的には、計算機室以外でも、提案システムを利用した演習を実施できるようにする。このためには、計算機リテラシーの低い講師・学生でも容易に使用できるインターフェイスが必要である。そこで、文字認識技術・携帯端末の利用を検討する。

最後に、(3)を行う。これにより、講師が少ない操作で学生の理解の状況を把握できるようなインターフェイスの実現をめざす。この際には、データ可視化技術・人間工学に基づいた知見を取り入れる。多人数講義では、各学生に対しては少量の情報でも、全学生分をそのまま表示すると膨大な量の情報になってしまう。適切な要約技術と、計算機の操作に習熟していない講師にも容易に利用できるインターフェイスについて検討する。

### 4. 研究成果

- (1) 全学生の学習活動を保持することで、各学習者の理解状況を正確に同定する。
- まず、講師が記述式の解答群からどのように

学生の理解状況を把握しているのかを、簡単なアンケート調査に基づき分析した。その結果、講師は解答全文をいきなり読むのではなく、解答中のキーワードを探し、その周辺を読み、必要な場合のみ全文を読んでいることが分かった。

これより、キーワードを自動的に抽出し、適切に提示することで講師の支援になるといえる。ここで、キーワードとして、多くの学生が使用しており解答群を特徴付ける語を抽出することにする。このような語を使った記述を講師に提示することで、講師は解答群の主要な内容を（予期していた・いないに関わらず）素早く把握できる。そのうえで、誤りだと気づいたものに対応すればよい。

ここで、記述式の解答群がもつ特徴をふまえ、このようなキーワードを自動的に抽出する手法に対する要求事項を以下で検討する。

第1の要求事項は、各解答は文字数が少なく類似しがちであることを考慮に入れて、分析をすることである。小テストは講義中に実施するため、解答の記述量はおのずと制限される。また多くの場合、解答は講義で説明した内容となる。そのため、解答に使用される語は限定的なものとなり、さらに文章表現も類似しやすい。

第2の要求事項は、事前に特別な準備を必要としないことである。これは、事前に問題を登録したり、問題以外にも必要な情報を登録したりすることは、学生の理解状況を把握したいときに、小テストを随時実施することの妨げとなるためである。

これらをふまえて、我々は語の使用頻度を用いてその語の重要度を推定することにした。一般に、ある文書で何度も使用される語は、その文書の内容を表す重要な語であるとされる。また、多数の文書で使用される語は一般的な語であるとされる。実際、この考え方に基づいた tf・idf 法は、さまざまな文書においてキーワードを特定するために用いられている。しかし、小テストの解答は短いため、一つの解答内で同じ語が何度も繰り返されることは少ない。さらに、小テストに解答するために重要な語は、多くの解答で用いられることが多い。そのため、そのような語を一般的な語として判定してしまうことには問題がある。

これらをふまえ、解答群内の各単語の頻度だけでなく、その単語の一般の文書群（コーパス）内での頻度にも着目することを提案する。コーパス内、解答群内の両方で頻度が高い語は一般的な語であると考えられる。すなわち、解答群内で頻度が高く、コーパス内ではそれほどではない語をキーワードとして抽出すればよい。提案法では、二つの頻度情報からその語の重要度を求める関数（重要度関数）を適切に定め、候補となる語の中でその関数値が上位の語を抽出することで、キーワードを自動的に抽出する。なお候補となる語には、単体で講師に示して意味が分かるものと

て、解答に含まれる名詞・動詞・形容詞を用いる。この手法は、前節の第1の要件で示した解答群の特性を、考慮に入れたものとなっている。具体的な重要度関数  $I(w)$  には、式(1)に示す球形基底関数と呼ばれる関数を用いる。

$$I(w) = \exp\left(-\frac{|w-c|^2}{\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$$w = (R_a, R_c) \quad R_a = \frac{r_a}{\max r_a} \quad R_c = \frac{r_c}{\max r_c}$$

ここで、およびベクトル  $c$  はパラメータである。これらにより重要度を調整できる。また  $r_a$ ,  $r_c$  は、解答内およびコーパス内での指定された語の頻度による、対象語内での順位である。 $R_a$ ,  $R_c$  は、これらを  $(0, 1]$  に正規化したものである。なお、重要度関数で頻度そのものではなく、順位  $r_a$ ,  $r_c$  を用いたのは、コーパス内での頻度が語により大きく変化するためである。

以上の考え方に基づいた、キーワードの抽出手順を以下に示す。

- ( ) 形態素解析により各解答を形態素（単語）に切り分け、名詞・動詞・形容詞を候補語とする。
- ( ) 各候補語の解答群内での頻度およびコーパス内での頻度を計数し、候補語内での順位を求める。
- ( ) 式(1)に従い各候補語の重要度を求める。
- ( ) 重要度の高い順にキーワードとして抽出する。

なお、手順( )で計数するコーパス内の頻度は、各語のコーパス内頻度をデータベースとして用意しておくことで、毎回計数する手間を省くことができる。この手法は、形態素解析により解答文から形態素を切り出し計数するのみで、キーワードを抽出できる。これは、講師からの追加情報を必要としないことを意味し、前節で示した第2の要件も満たす。

提案法によりいくつかの小テストの解答群からキーワードを抽出する実験を行った結果、一問あたり20語程度抽出することで、80人程度の解答群から、講師が望むキーワードをすべて自動で抽出することができた。

- (2) 講師・学生に負担がかからない運用環境を提供する。

特に講師に負担がかからないように、携帯端末を従来の指導の補助に利用する方法を検討した。特に多人数講義で困難となる小テスト中の机間巡視・机間指導を補助する携帯端末用のシステムを構築した。

ここで注目したのは、以下の二点である。第一に、机間巡視でクラス全体の理解状況を把握するには、時間がかかりすぎることである。特に演習中に机間巡視を行うのであれば、演習時間を超えて机間巡視をすることは好ましくない。第二に、講師はクラス全体の理解状況を机間巡視中には把握しきれないので、学生のつまづきを発見しても個別指導

で対処すべきか、一斉指導で対処すべきかを正しく判断できないことである。つまり、つまずいている学生が少なく個別指導すべき場合に一斉指導をすると、指導が必要でない学生の意欲をそぐことになる。逆に、つまずいている学生が多く一斉指導すべき場合に個別指導をすると、何度も同じ指導を繰り返さなければならず指導の効率が悪い。また、いずれの場合でもより深刻な誤り（同様の誤りを犯している学生数が多いもの、より重大な間違い方をしているもの）から対処してゆく必要がある。しかし、クラス全体の理解状況が把握できていないと、これを適切に行うことは困難である。

机間巡視を補助するために、学生の解答をリアルタイムで収集し、講師のタブレット端末上に表示するシステムを構築した。システムは、講師に座席表をベースにした表示を通じて提供する(図1)



図1: 机間巡視を補助するシステム

講師は、机間巡視中に気になる学生を発見したら、その学生の座席をタップし、学生の解答を閲覧し、気になるフレーズを選択し検索することで、同様の記述を行っている(指導が必要な)学生の座席を知ることができる。これにより講師は従来どおりの机間巡視を行いつつ、教室全体の状況も把握できるようになる。また、タブレット端末上でのタップ操作主体のインターフェイスなので、携帯性・操作性にも優れている。

簡単な実験により、提案システムを用いることで同じ誤りをしている学生の多寡を講師が素早く判断できる可能性が示された。

(3) 学生の理解の状況を講師が素早く把握できるように、分かりやすく提供する。講師が、学生の解答群から主要な誤りにすばやく気づくことができるようなインターフェイスを開発した。具体的には、(1)の際にアンケートで明らかになった手順に沿って解答を閲覧するシステムを開発した。

このシステムを用いることで講師は、キーワード表示(図2)・フレーズ表示(図3左)・全文表示(図3右)の三つの表示を行き来することで、一度に解答群のすべてを読むことなく、主要な解答を把握できるようになる。



図2: キーワード表示



図3: フレーズ・全文表示

キーワード表示では、(1)で自動抽出されたキーワードをその使用頻度に応じて表示位置を・重要度に応じて表示色を変化させることで、教師が注目すべき語にすばやく気づくことができるようにした。フレーズ表示では、教師が指定したキーワードの前後の記述を表示することで、そのキーワードがどのように使われているのかを素早く把握できるようにした。それでも不足する場合は、フレーズを指定することでそれを含む解答の全文を閲覧することができる。

簡単な実験により、提案システムを用いることで、講師は解答群中の主要な誤りに短時間で気づくことができるようになったことを確認した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

TAKASE Haruhiko, KAWANAKA Hiroharu, TSURUOKA Shinji, Supporting System to Grasp Misunderstandings by Quiz in Large Class -Support for observation by walking-, Proceedings of 2013 international join conference on awareness science and technology and ubi-media computing, pp. 265-268, 2013. (査読有)

高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 森田直樹, 記述式小テストの解答群の分析手法 解答群からのキーワード自動抽出 ,

Computer & Education, vol.34, pp.46-49, 2013 (査読有)

TAKASE Haruhiko, KAWANAKA Hiroharu, TSURUOKA Shinji, Quick View of Descriptive Answers of Quiz by Auto-Extracted Keywords, Proceedings of the 20<sup>th</sup> international conference on computers in education, pp. 71-75, 2012. (査読有)

TAKASE Haruhiko, KAWANAKA Hiroharu, TSURUOKA Shinji, Real Time Keyword Extraction for e-Learning System Supporting Quiz, Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on soft computing and intelligent systems, and the 13<sup>th</sup> international symposium on advanced intelligent systems, pp. 222-225, 2012. (査読有)

〔学会発表〕(計 7件)

早川賢治, 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 記述式小テストの解答からの重要語の自動抽出 自動抽出に用いるデータベースに関する検討, 第35回東海ファジィ研究会予稿集, pp. 3-1-3-2, 2014年2月9日, 日間賀島公民館(愛知県南知多郡)

高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 多人数で行う記述式小テストにおいて机間指導を補助する解答提示方法に関する一検討, 第29回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp. 1020-1024, 2013年9月11日, 大阪国際大学(大阪府枚方市)

高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 記述式小テスト支援システム 学生の理解状況把握のための情報提示法, 2013 PCカンファレンス論文集, pp. 271-274, 2013年8月4日, 東京大学(東京都目黒区)

高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 記述式小テスト支援システム 学生の理解状況把握のための情報提示法に関する一検討, 第35回東海ファジィ研究会予稿集, pp. 1-1-1-2, 2013年7月6日, 蒲郡情報ネットワークセンター(愛知県蒲郡市)  
亀井大輝, 加藤友基, 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 記述式小テストの解答群からの誤りの発見を容易にする重要語の抽出法に関する一検討, 第34回東海ファジィ研究会予稿集, pp. 2-1-2-5, 2013年2月10日, 日間賀島公民館(愛知県南知多郡)

高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 多人数で行う記述式小テストの解答からの重要語の抽出, 第28回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp. 970-974, 2012年9月12日, 名古屋工業大学(愛知県名古屋市)

高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 記述式小テスト支援システム 学生の理解状

況把握のための情報抽出法, 2012 PCカンファレンス論文集, pp. 373-376, 2012年8月6日, 京都大学(京都府京都市)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高瀬 治彦 (TAKASE, Haruhiko)  
三重大学大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 10283516

(2) 研究分担者

鶴岡 信治 (TSURUOKA, Shinji)  
三重大学大学院地域イノベーション学  
研究科・教授  
研究者番号: 30126982

川中 普晴 (KAWANAKA, Hiroharu)  
三重大学大学院工学研究科・助教  
研究者番号: 30437115

(3) 連携研究者