

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 18 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501215

研究課題名(和文)自由記述式コースウェアに対応したLMSの開発と学習データの分析

研究課題名(英文)Development of LMS for fill-in-the-blank type courseware and the analysis of its learning data

研究代表者

渡邊 博之(WATANABE, Hiroyuki)

日本大学・工学部・教授

研究者番号：40147658

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、自由記述式のコースウェアを対象に、合格点に到達しない場合は繰り返し学習を行うことによって個別学習が可能なSCORM1.3対応LMSを開発した。また、C言語及び英語のコースウェアを作成し、授業で運用することによって、得られた学習データ(得点と学習時間)をMTS(マハラノビス・タグチ・システム)で分析する新しい方法を提案した。この結果、同一学習者へ問題項目を再提示することなく、コースウェアの構成に影響を及ぼす問題項目を推定した。自由記述式と選択式の繰り返し学習型コースウェアを比較することによって、学習者や問題項目の差異を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, the LMS based on SCORM 1.3 for answering the fill-in-the-blank type courseware was developed until the students can get the passing score by the iterative learning. The C programming and English courseware are made, and the learning data (score and learning time) were received by LMS in each class. The new analyzed method which uses MTS (Mahalanobis Taguchi System) was proposed for the analysis of learning data. As results, without receiving the answer of the courseware with some same problem items to the students, the affecting problem item to the structure of the courseware were estimated. Furthermore, the differences of iterative learning courseware between the fill-in-the-blank type and the check-box type were shown for the learners and the courseware.

研究分野：教育情報工学

キーワード：SCORM LMS 自由記述式 コースウェア 繰り返し学習 学習時間 MTS マハラノビス距離

1. 研究開始当初の背景

LMSの標準規格化は米国ADLの立案したSCORMによって代表され、国内ではALICによってSCORM対応が進められている。現在のバージョンはSCORM1.3であり、シーケンシングルールに基づき、学習者の理解度に応じて問題項目をLMSで制御できる特徴がある。しかし、LMS製品は幾つかあるが、次の問題点があり、SCORM対応LMSの普及は遅れている。

(1)C言語や英語の学習において、空欄穴埋め形式など自由記述形式問題を作成する場合は、正誤判定が難しい。このため、自由記述式に対応したLMSを開発する必要がある。

(2)自由記述式ではできる限り無回答問題を少なくするため、コースウェアの作成法及びヒントの与え方が問題となる。

(3)コースウェアの運用によって得られるデータには得点と学習時間がある。特に、自由記述式の場合は学習者の理解度を把握することが困難な場合が多い。繰り返し学習によって無回答問題は少なくなるが、合格点に到達するまでの学習時間が分析の対象となるため、新たな分析法が問題となる。

そこで、これまでの研究では実験・演習などの技術習得を目的とする選択式問題型のコースウェアを対象にSCORM1.3対応のSCOとLMSとを開発し、そのシステム名称をWebCAIとしてきた。また、個別学習で演習問題をスキップした場合を対象に学習データを分析し、無回答問題に対する理解度の推定を行ってきた。一方、回答が文章で記述される場合を対象に、文章処理技術を活用して公平・正確な文章判定を行ってきた。また、総務省の提唱するSNS(ソーシャル・ネットワークワーキング・サービス)を活用したコミュニティサイトを構築し、教師と学習者間及び学習者同士の交流の場を提供してきた。これらのシステムを統合させてSCORM1.3の対応化を図ることは、LMSの普及に貢献できる。また、自由記述式問題型のコースウェアに対する学習データ(得点や学習時間)の分析を行うことは、文章処理技術における新たな分析法としても期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、研究の背景をふまえて(1)LMSの開発、(2)コースウェアの作成、(3)学習データの分析の3項目に分類される。具体的な各項目は次のとおりである。

(1)eラーニングの普及に伴い、CAIシステムは問題項目とシステムとが一体化している環境から、問題項目の再利用・共有とLMS(学習管理システム)の相互運用とを兼ね備えたSCORM対応の環境へと変化している。しかし、市場では問題項目側がSCORM対応であっても、LMS側はSCORM対応機能を十分に実装したシステムが少ないため、文部科学省が認めているeラーニングによる単位認定が普及していない。特に、演習問題型コース

ウェアにおいて、学習者が文章を自由に記述する形式では文章内容を分析しなければならないため、正誤判定が難しい問題点がある。また、無回答問題が多いと学習者個別に対してヒントをどのように提示するかが問題点となる。このため、自由記述式は選択式などに変更して演習問題を作る場合が多い。本研究では、自由記述式の繰り返し学習型コースウェアを対象に、回答の正誤判定を自動で行うことができ、かつ合格点に到達しない場合は、繰り返し学習を行うことによって無回答問題を少なくし、理解度を推定することによって個別学習が可能なSCORM 1.3対応LMSを開発する。

(2)C言語と英語を対象とした学習のため、次の2つのコースウェアを作成する。

①C言語では、演習問題型コースウェアと繰り返し学習型コースウェアを作成し、プログラミング演習の学力向上を目指すと共に、作業の効率化によって、さらに高度な学習を行うことに貢献する。また、ランダム出題型のコースウェアによって、暗記による学習の防止に貢献する。

②英語では、繰り返し学習型コースウェアを対象に、単語集の例文を四択式の日本語から正解を選ぶ選択式問題を作成し、データベース化する。また、英文法のコースウェアを自由記述式で作成し、データベース化する。この結果、語学力の強化に貢献する。

(3)ペーパー試験では制限時間内の得点が評価の対象となる。一方、eラーニングによる繰り返し学習では合格点に到達するまでの学習時間が評価の対象となる。従来のコースウェアの分析にはSP表が用いられているが、任意の問題項目で構成されるコースウェアの学習時間の推定はできない問題点がある。同一学習者へ問題項目を再提示することなく、コースウェアの構成に影響を及ぼす問題項目を選択した学習時間を推定することによって、自由記述式の繰り返し学習型コースウェアの再編成に貢献する。また、演習問題型と繰り返し学習型を比較することによって学習者やコースウェアの問題項目の差異を明らかにする。

3. 研究の方法

研究目的を達成するため、図1は平成24年度から平成26年度までのLMSの開発と学習データの分析の流れを示している。本研究ではこれまでのWebCAIシステム開発の成功を基に、研究目的に示した(1)LMSの開発、(2)コースウェアの作成、(3)学習データの分析の3項目について、具体的には、各項目に対応して、次の方法で研究をすすめる。

(1)LMSについては、自由記述式を含む演習問題が利用でき、繰り返し学習が可能なコースウェアをLMSで運用できるシステムをSCORM 1.3対応型で開発する。これによって、システムの相互運用を可能にする。

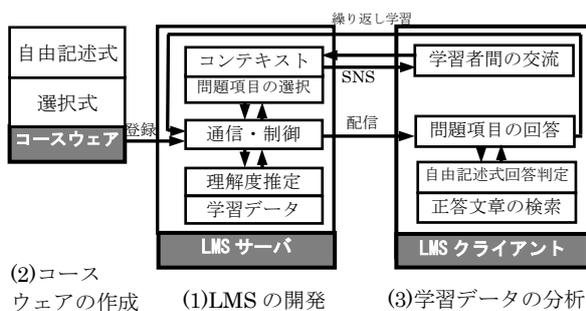


図1 LMSの開発と学習データの分析

(2)コースウェアの作成については、学習者の学力向上と教師の効率よいコースウェアの提示方法を検討する。また、異なる学習環境での多種多様な形式の問題項目の再利用を可能にするため、C言語と英語について、次のコースウェアを作成する。

①C言語については、選択式と自由記述式の演習問題型コースウェアと繰り返し学習型コースウェアを作成する。

②英語については、選択式と自由記述式の繰り返し学習型コースウェアを作成する。

(3)学習データ(得点と学習時間)の分析に関しては、品質管理の分野で用いられているMTS(マハラノビス・タグチ・システム)を教育工学の分野へ適用する方法を提案する。具体的には、次の方法で研究方法(2)の①と②のコースウェアの分析を行う。

①C言語の演習問題型コースウェアと繰り返し学習型コースウェアを対象に、学習時間をLMSで収集する。基準空間を仮想教員グループとする学習時間を作成し、メンバーシップ関数を用いて有限の値に変換し、マハラノビス距離を求める分析法を提案する。また、MTSによって、問題項目のコースウェアに及ぼす影響を要因効果図で示す。更に、学習時間の短時間グループを基準空間として、長時間グループとの差異を比較する。

②英語の繰り返し学習型コースウェアを対象に、英単語では選択式の各問題項目が90%以上、英文法では自由記述式の各問題項目が80%以上を合格点とした繰り返し学習を行う。合計人数は総問題項目数の3倍である。単位空間を作成し、繰り返し学習型を選択式と自由記述式のマハラノビス距離の特徴を明らかにする。また、直交表を用いてマハラノビス距離からSN比を求め、学習時間を長引かせる問題項目を明らかにし、任意の問題項目で構成されるコースウェアの学習時間のSN比を推定する。合格点に到達した最終の学習時間を用いて単位空間を作成し、選択式コースウェアと自由記述式コースウェアにおけるマハラノビス距離の特徴を明らかにする。また、SN比を求め、学習時間を長引かせる問題項目を明らかにする。

4. 研究成果

研究の方法(1)から(3)に対応して、得られた結果は次のとおりである。

(1)LMSの開発

図1に示すようにLMSシステムはLMSサーバとLMSクライアントで構成される。C言語や英語の問題項目を作成し、コースウェアとして設計して登録する。LMSサーバでは設計した情報を読み取り、データベース(MySQL)に書き込む。また、コースウェア情報をLMSクライアントに送り、学習者の得点と学習時間を管理する。データベースを用いているため、大量の問題項目や学習者の情報を高速かつ効率よく検索できる。LMSクライアントはLMSサーバから受取ったコースウェア名や問題項目を提示する。LMSサーバとLMSクライアントとは独自の手順で通信を行っている。しかし、LMSクライアントのAPIアダプタの中継によって、SCOはLMSサーバとSCORM規格で通信を行っている。授業で運用した結果、本システムは次の特徴があることを確認した。

①LMSシステムはUNIXのデータベースを用いているため、このシステムは多くの学習者に対して一斉に利用できる。

②問題項目提示プログラムはJava ScriptとJavaAppletの両方を用いて開発しているため、学習者の理解度に応じて問題項目やヒントを提示するように、拡張した使い方が容易にできる。

③学習者の得点と学習時間からSP表と注意係数がグラフィカルに提示できるため、教師は学習者の理解度やどの問題項目につまづきがあるかを把握できる。

④問題項目はユーザが問題を自由に選択できないようにSCORM1.3規格のナビゲーションルールに基づき非提示とすることも可能である。M系列乱数を用いて擬似的に一樣分布で、任意の問題数のランダム出題を提示可能とするSCORM対応のLMSを開発した。また、M系列乱数の発生には初期値が必要なため、ユーザに応じて異なる初期値をデータベースに格納し、中断時にもランダム出題を継続して再開可能とした。この結果、全ての問題を回答する周期が長いと、回答の暗記ができにくいコースウェアの提示ができた。

(2)コースウェアの作成

プロトタイプとして、C言語及び英語のコースウェアを作成し、LMSシステム部分とSCO提示部分の動作を確認した。

図2は自由記述式問題項目の一例を示している。LMSクライアントから、LMSサーバにアクセスすることによって、SCOに関するデータを初期化する。C言語か英語のいずれかのコースウェアを選択した時、問題項目を制御し、かつXMLで書かれた制御ファイルをSCO内のJavaAppletによって読み込み、問題(図2右上部)と解答欄(図2右下部)を提示する。画面右下の[判定]ボタンを押すと、正誤判定され、正答が提示される。

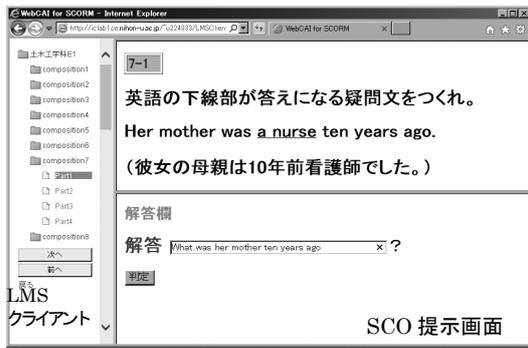


図 2 自由記述式問題の一例 (英文法)

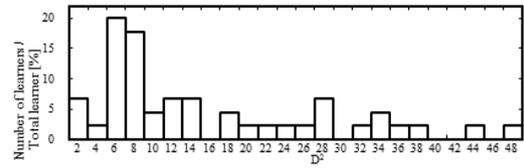
(3) 学習データの分析

MTS を用いて、①C 言語の選択式と自由記述式の演習問題型コースウェアと繰り返し学習型コースウェア、②英語の選択式と自由記述式の繰り返し学習型コースウェアで得られた学習データ (得点と時間) を分析した。得られた結果は次のとおりである。

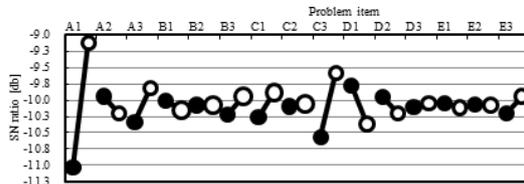
①C 言語の演習問題型コースウェアと繰り返し学習型コースウェアのマハラノビス距離 D^2 は共に短時間グループは正規分布である。しかし、長時間グループはそれぞれ正規分布と一様分布を示している。長時間グループは各問題項目の学習が定着しないためと考えられる。演習問題型コースウェアの D^2 は短い、繰り返し学習型コースウェアのマハラノビス距離は前者の約 10 倍である。しかし、繰り返し学習によって、学習時間が短時間に合格点に到達するグループに加えて、長時間グループの 50%以上が合格点に到達している。また、演習問題型コースウェアと繰り返し学習型コースウェアとも全学習者にとって C 言語基礎の 16 進数は学習時間が長い。C 言語応用のポイントは学習時間が長い、関数 1~関数 3 は学習時間が短い問題項目である。

短時間グループに対する長時間グループの差異は、演習問題型コースウェアでは C 言語応用で大きい。繰り返し学習型コースウェアでは C 言語基礎で大きく、C 言語応用では全学習者が長時間となるために小さい。従って、長時間グループは基礎ができないため、応用ができない。

②図 3(a)は英単語の選択式コースウェアのマハラノビス距離 D^2 を示している。図中にはないが、単位空間の D^2 の平均値は 1.0 になることを確かめている。クラスター分析により、70%は学習時間が短く、短時間に回答できるため、 D^2 の値が 20 までは徐々に減少している。繰り返し回数が 6 回以上の学習者がいるため、 D^2 の値は 48 まで広がっている。図 3(b)は SN 比を要因効果図で示している。各問題項目の左端 (●) は直交表の第 1 水準、右端 (○) は第 2 水準の SN 比を示している。0db に近づくほど、単位空間の学習時間に近づく。A1 (高校英語 I) と A~E の各 3 (熟語) は繰り返し回数が多く、バラつきも大きいため、左下がりであり、学習時間を長引かせる要因となっている。しかし、その他の問

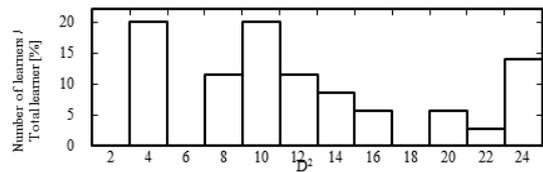


(a) マハラノビス距離

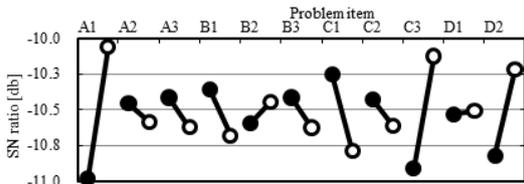


(b) SN 比

図 3 選択式コースウェア (英単語)



(a) マハラノビス距離



(b) SN 比

図 4 自由記述式コースウェア (英文法)

題項目は単位空間に近い学習時間で、バラつきが小さい。全て第 1 水準で構成される問題項目 (今回) のコースウェアの SN 比 η_{all} は -11.6db である。図 3(a)の D^2 の平均値は 14.6 であるから、 $-10\log 14.6$ で SN 比を求めると -11.6db となり、 η_{all} の値と一致している。SN 比の平均値 η_0 は -10.1db であるから、利得 (SN 比の幅) は $\eta_{all} - \eta_0 = -1.5db$ となる。長時間の要因である A1 と A~E の各 3 を除いたコースウェアの学習時間の利得は +0.5db ($\eta_{all} = -9.6db$) と推定できた。

図 4(a)は英文法における自由記述式コースウェアのマハラノビス距離 D^2 を示している。 D^2 の平均値は 12.5 である。 D^2 の値が 16 以下の 75%は学習時間が短く、それ以上は長い学習者に 2 分化している。繰り返し回数が 6 回以上の学習者はいないため、 D^2 の値は選択式のように広がらず、単位空間に近い学習時間となっている。図 3(b)の平均値 η_0 は -10.5db で選択式とほぼ同じであるが、利得は -0.5db と小さい。繰り返し回数は 1~2 回が多いため、全体的に左上がりである。特に、C1 (be 動詞過去形の復習) は単位空間の学習時間に近い。しかし、A1 (be 動詞現在形)、C3 (be 動詞過去形)、D2 (一般動詞過去形) は学習時間を長引かせる要因となっており、これらの問題項目を除いたコースウェアの学習時間の利得は +0.7db ($\eta_{all} = -9.8db$) と推定できた。

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 6 件)

- ① 渡邊博之、川嶋正士、繰り返し学習型コースウェアにおける学習時間の MTS による分析、電子情報通信学会論文誌(D)、査読有、Vol.J98-D、No.1、pp.163-166、2015 年 1 月。
- ② 鳥居隆彦、渡邊博之、複数避難経路探索システムのマルチスレッドを用いた高速化、日本大学工学部紀要、査読有、56、1、pp.9-15、2014 年 9 月。
- ③ Katsunori Oyama, Hiroyuki Watanabe and Atsushi Takeuchi, "Visualization of Turn-Taking and Mental Workload in Collaborative Working Environment", IEEE, 査読有, CSCWD2014, pp.118-223, 2014 年 5 月。
- ④ 大山勝徳、渡邊博之、金子正人、武内惇、協調学習者間の話者交替と脳波変動差のマルチモーダル対話解析、査読有、ヒューマンインタフェース学会論文誌、15 卷 4 号、pp.353-362、2013 年 11 月。
- ⑤ Hiroyuki Watanabe and Susumu Sakano, "Analysis of C-Programming Iteration Type Courseware by Mahalanobis-Taguchi System", 査読有, ICCE2012, pp.30-33, 2012-11。
- ⑥ 渡邊博之、ほか 5 名、モバイル端末を活用した災害時最短避難経路提示システムの開発、査読有、情報処理学会論文誌、53、7、pp.1768-1773、2012 年 7 月。

[学会発表] (計 14 件)

- ① Masashi Kawashima and Hiroyuki Watanabe, "Developing English Learning Courseware for an e-learning System Named WebCAI", Thailand TESOL 35th International Conference, p.147, Jan.29, 2015 (バンコク)。
- ② 川嶋正士、渡邊博之、英語コースウェアを用いた WebCAI システムの開発、第 57 回日大工学部学術研究報告会、p.33、2014 年 12 月 13 日 (郡山市)。
- ③ 漆畑彰洋、大山勝徳、武内惇、渡邊博之、クレペリン作業時における脳波の自己回帰モデルによる解析、平成 25 年度電子情報通信学会総合大会、D-7-1、p.66、2014 年 3 月 21 日 (新潟市)。
- ④ 穂積裕樹、川嶋正士、渡邊博之、e ラーニング英語における反復学習時間の MT 法による分析、平成 25 年度電子情報通信学会総合大会、D-15-26、p.165、2014 年 3 月 21 日 (新潟市)。
- ⑤ 鳥居隆彦、渡邊博之、複数避難経路探索システムのマルチスレッドによる高速化、電子情報通信学会技術研究報告高度交通システム研究会、no.ITS2013-71、pp.19-24、2014

年 3 月 13 日 (京都市)。

- ⑥ 漆畑彰洋、大山勝徳、金子正人、武内惇、渡邊博之、学習時における脳波の自己回帰モデルによる解析、第 56 回日大工学部学術研究報告会、pp.9-10、2013 年 12 月 14 日 (郡山市)。
- ⑦ 鳥居隆彦、渡邊博之、マルチコアを用いた複数避難経路同時探索アルゴリズムの高速化、第 56 回日大工学部学術研究報告会、pp.11-12、2013 年 12 月 14 日 (郡山市)。
- ⑧ 穂積祐樹、川嶋正士、渡邊博之、e ラーニングで学ぶ英語の反復学習時間の MT 法による分析、第 56 回日大工学部学術研究報告会、pp.13-14、2013 年 12 月 14 日 (郡山市)。
- ⑨ 大山勝徳、渡邊博之、金子正人、武内惇、共同作業間の話者交替と脳波変動のマルチモーダル対話解析、情報処理学会、第 88 回 GN・SPT 合同研究発表会、GN-7、2013 年 5 月 16 日 (東京都)。
- ⑩ 大山勝徳、渡邊博之、金子正人、武内惇、協調学習者間の話者交替と脳波変動の時空間データマイニング、電子情報通信学会技術研究報告、ヒューマンコミュニケーション基礎研究会、HCS-5、2013 年 5 月 30 日 (沖縄)。
- ⑪ 渡邊博之、"M 系列乱数によるランダム出題可能な SCORM 対応 LMS の開発"、平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会、1C05、2012 年 8 月 30 日 (秋田県本荘)。
- ⑫ 穂積祐樹、渡邊博之、"M 系列を用いた疑似正規乱数発生法の提案"、第 55 回日大工学部学術研究報告会、pp.15-16、2012 年 12 月 1 日 (郡山市)。
- ⑬ 漆畑彰洋、渡邊博之、クレペリンテスト時における脳波解析の基礎的検討、第 55 回日大工学部学術研究報告会、pp.17-19、2012 年 12 月 1 日 (郡山市)。
- ⑭ 鳥居隆彦、渡邊博之、"避難経路表示のマルチスレッドを用いた高速化に関する一検討"、第 55 回日大工学部学術研究報告会、pp.20-21、2012 年 12 月 1 日 (郡山市)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 博之 (WATANABE Hiroyuki)

日本大学・工学部・教授

研究者番号：40147658