

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330401

研究課題名(和文) 基礎知識学習のための作問を活用したe-Learningシステムの開発

研究課題名(英文) Development of an e-Learning System for Learning Fundamental Knowledge with Question-Posing

研究代表者

林 敏浩 (HAYASHI, Toshihiro)

香川大学・総合情報センター・教授

研究者番号：90264142

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、e-Learningコンテンツ視聴後に行われる問題解答に着目した知的教育システムASQ(Active S-Quiz)を開発した。e-Learning視聴で学習した基礎知識の定着を計ることを目指し、学習者主導による作問環境を導入し、作問を通じて学習者の基礎知識を判定する。ASQは、自由作問と誘導作問により学習者の基礎知識を判定した後、システム主導による多肢選択問題を用いたドリル学習へ移行し、学習者の基礎知識を定着させる。評価実験により、領域知識ベースが適切に準備されている場合は、十分な教育機能を提供できることを確認した。

研究成果の概要(英文)：We have developed an intelligent educational system called ASQ: Active S-Quiz focusing on question-solving process after watching e-Learning contents. ASQ introduces learner-centered environment for posing question in order to stabilize each student's fundamental knowledge which s/he has learnt through watching e-Learning contents. ASQ also infers acquired fundamental knowledge through question-posing by each student. As for learning process with question-posing, ASQ judges her/his fundamental knowledge through free question-posing and navigated question-posing. Then, he/she can stabilize the fundamental knowledge at the drill and practice environment which ASQ provides various kinds of multi-choice question about the target domain knowledge. We evaluated ASQ and confirmed it could provide enough educational functions in case that well-represented target knowledge base was implemented in ASQ.

研究分野：教育学

キーワード：作問 知的教育システム e-Learning 基礎知識学習 S-Quiz Active S-Quiz

## 1. 研究開始当初の背景

近年、e-Learningによる学習・教育が盛んになっている。特に、e-Learningは自分のペースで自由な場所、時間での利用が可能のため自主学習への利用が期待されている。しかし、学習者の自主学習(学習者主導性)を期待して設計されたe-Learningシステムでは、必ずしも期待した学習効果などが達成できるとは言えないことが実験・実践を通じて明らかになってきた。

第1期(2006年~2009年)として、我々は、教材作成者(大学の教員などを想定)の負担削減を目的として、学習者を教材作成者として捉え、教材(多肢選択問題)を学習者自身が作成し、それらを共有し、教材の充実をはかる「投稿型自主学習素材共有システム」を提案し、プロトタイプシステムKSSを開発した。KSS(後にS-Quizと改名)はサーバクライアント型のWWWシステムであり、学習者は問題作成・投稿や問題解答ができる。KSSは、試用実験や授業での活用などの結果、学習者主導による問題作成・投稿の環境を用意しただけでは学習者は積極的に作問をしないことが明らかになった。

第2期(2010~2013年)として、上記の問題に対して、学習者にとり作問は容易でないことに着目し、作問支援として、膨大なインターネットリソースを活用して、問題作成の参考情報を学習者に提示する機能を実現した。この支援情報により学習者は容易に作問できるようになった。しかし、作問過程を支援するだけでは、作問の文脈で学習者が適切に自主学習できているとは言えないという新たな問題点が明らかになった。この問題点に対する具体的な対策の検討が、本申請研究の開始点となっている。

## 2. 研究の目的

e-Learningはいつでもどこでも自分のペースで学習できるので、自主学習による学習効果が期待できる。しかし、学習者の自主学習を期待して設計されたe-Learningシステムは、必ずしも想定した学習状態の実現や学習効果を得ることができるとは言えない。そこで、e-Learningシステムに、システム主導による学習支援機能を導入して、想定した学習状態へ学習者を誘導し、学習効果を高めることを本研究の目的とする。なお、開発するシステムは、任意の学習対象領域で基礎となるべき知識(以下、基礎知識と呼ぶ)を習得する基礎知識学習を支援する。

本研究の目的は、KSSが作問過程を支援するだけでは、作問の文脈で学習者が適切に自主学習できているとは言えない問題点に対して、システム主導による学習支援機能を導入して、学習者を想定した学習状態へ誘導し、学習効果を高めることである。このため、我々は、作問環境と適応的な学習支援機能を持つ学習支援システム(ASQ: Active S-Quiz)を構築する。

ASQは、基礎知識学習を対象とする。種々の学習対象領域の学習で「まずは覚える、知っておくべき」という基礎となるべき知識(基礎知識)がある。本研究では、基礎知識をある程度まとまりのある単位で学習することを「基礎知識学習」と呼ぶ。ASQは、対象領域の基礎知識学習を3段階のフェーズ(序盤・中盤・終盤)に分割し、作問を学習者に行わせながら学習者支援を行う。

## 3. 研究の方法

本研究は作問環境と適応的な学習支援機能を持つ学習支援システムASQを構築する。作問環境は既に開発済みのKSSを利用し、学習支援機能は、知的教育システムのアーキテクチャを参考に新規に開発する。なお、ASQの構築は、学習対象領域を固定した一次試作、学習対象領域の固定しない二次試作の2段階で実施する。

(1)一次試作について、高校程度の化学の基礎知識学習を対象としてASQを開発する。基礎知識学習の3段階のフェーズの支援について、知識状態を推定するための学習者モデルと推論機構、学習者の不足知識の補完や誤った知識の修正のための教授戦略制御機構、学習者モデルと学習ログに基づくドリル制御機構のシステムモジュールを開発する。また、インタフェースはKSSの作問環境を参照するモジュールとして開発する。なお、領域知識ベース、学習者モデル、教授戦略制御機構は領域依存の形で実装する。

(2)二次試作について、大学生を対象に一次試作システムの機能評価を実施する。主に一次試作システムの領域知識ベース、学習者モデル、教授戦略制御機構の妥当性を評価する。実験で得られた各種データを分析する。これと平行して、学習対象領域を固定しないASQの二次試作を実施する。領域知識ベース、学習者モデル、教授戦略制御機構の領域依存性を分析して、学習対象領域を変更できるように、領域依存部分をシステム管理者(教員を含む)がカスタマイズできるオーサリング機能を新たに付与する。

研究体制としては研究代表者の林は情報工学および教育工学の観点から、研究分担者のHCI(Human Computer Interface)の観点から、協働的に学習支援機能の設計・実装を進める。研究分担者の八重樫はシステム開発を側面支援する。また、研究分担者の村井は作問された多肢選択問題は学習者の著作物であるという観点から、システム設計、授業運用について検討する。

## 4. 研究成果

(1)平成26年度:高校程度の化学の基礎知識を学習対象としてASQを一次試作した。具体的には基礎知識学習の3段階のフェーズ

に支援について、知識状態を推定するための学習者モデルと推論機構、学習者の不足知識の補充や誤った知識の修正のための教授戦略制御機構、学習者モデルと学習ログに基づくドリル制御機構のシステムモジュールの設計を行い、プロトタイプシステムを開発した。図1はASQのシステム構成を示す。

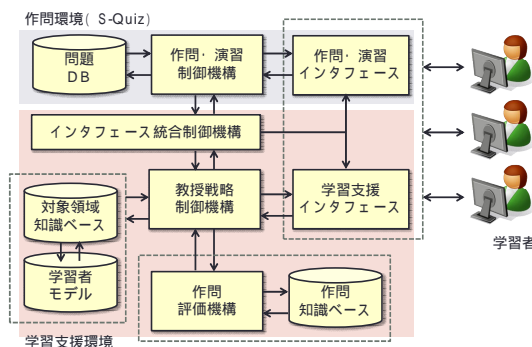


図1 ASQのシステム構成

また、インタフェースはS-Quizの作問環境を参照するモジュールとして開発した。この実装を容易にするため、他のWebアプリケーションからS-Quizの作問インタフェースなどを呼び出すAPIを先行開発して、そのAPIを用いてASQを開発した。また、学習者の作問行動の誘導および、作問された問題の出題方法についても平行して研究を進めた。研究成果は、国際会議ICCE2014も含めて、国内の教育工学系研究会等で口頭発表した。

(2)平成27年度：上半期に一次試作システムASQの機能評価を実施した。主に一次試作システムの領域知識ベース、学習者モデル、教授戦略制御機構の妥当性を評価し、改良・新規開発の指針の材料とした。また、学習対象領域を固定しないASQの二次試作を目指して、e-Learningコンテンツの一般的な教育素材であるPowerPoint資料やPDF資料から学習対象知識を半自動的に抽出するモジュールを試作した。また、現実的なe-Learning支援として作問学習を位置づけることにより、当初、領域知識ベース、学習者モデル、教授戦略制御機構の領域依存性を分析して、学習対象領域を変更できる仕組みを提案していたが、その方略によらない開発の可能性が明らかになった。なお、得られた成果については教育工学や教育システムなどの関連学会や国際会議で成果発表した。また、平成28年1月の研究会発表では、本研究が高く評価され、研究奨励賞を受賞した。

(3)平成28年度：一次試作システムの機能評価と学習対象知識を半自動的に抽出するモジュール試作の成果に基づき、領域知識ベース、学習者モデル、教授戦略制御機構を中心に改良を進め、Webアプリケーションとして二次試作システムを開発した。領域知識ベ

ースについて、図2に示す意味ネットワークの形式で教授知識をサーバシステム上にデータベースモジュールとして格納・利用できるように構築した。学習者モデルについては、意味ネットワーク形式の教授知識のデータベースを学習者ごとに複製して、ノードに知識状態を付与する方式で、オーバレイ型学習者モデルを実装した。これにより、複数の学習者が特に本システム上で個別に学習できる基本的な枠組みを実現した。

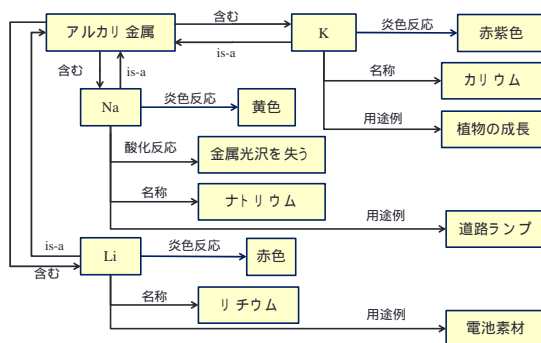


図2 意味ネットワークによる知識表現

また、教授戦略制御機構は主に対話制御を中心にインタフェース実装した(図3)。具体的には、作問における曖昧な表現から学習者の知識状態を推定して、教育対話を制御する仕組みを実現した。レーベンシュタイン距離などを用いて知識推定の精度向上もはかった。



図3 ASQと学習者との対話

開発した二次試作システムの評価は実際の大学の授業で実施予定であったが、システム改良とブラッシュアップに予定以上の時間を要したため、規模を縮小して評価実験を実施した。評価実験では領域知識ベースのノードとリンクが適切に整理されている場合は、高い精度で学習者の知識状態を推定できるが、そうでない場合は、推定精度に影響が出ることが明らかになった。それ以外の教授戦略の適応的な切り替えや終盤のドリル&ブラクティスは当初想定していた性能が確認できた。一次試作システムと同様に対象領域の汎用性を担保しつつ、二次試作システムと

しては想定した性能が実現できたと言える。得られた成果は育工学や教育システムなどの関連学会で成果発表して、関係する研究者と情報共有・情報交換を行った。二次試作システムは平成 30 年度以降の大学の授業で利用して教育実践研究を行う予定である。

#### 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 2 件)

Toshihiro Hayashi, Shimpei Nakagawa, Takuya Kishimoto, Yuji Hirai, Kazuhiro Ura, Rihito Yaegashi, Hiroshi Murai, Hiroyuki Tarumi, Active S-quiz: An Intelligent Educational System for Basic Knowledge Learning by Question-Posing, Proceedings of SNPD 2015, 査読有、2015、583-585

Toshihiro Hayashi, Yuji Hirai, Kazuhiro Ura, Akihiro Iwaki, Rihito Yaegashi, Hiroshi Murai, Hiroyuki Tarumi, Balance Control of Question-Posing Focusing on Learning Target Words on the Self-Study Material Contribution and Sharing System, Proceedings of ICCE2014, 査読有、2014、388-393

[学会発表](計 16 件)

林敏浩、千葉直杜、後藤田中、八重樫理人、藤本憲市、村井礼、垂水浩幸、作問を用いた知的教育支援システム ASQ における継続性を目指した対話環境の検討、ゲーム学会第 15 回全国大会、2016 年 11 月 5 日～11 月 6 日、コンパルホール(大分市)

千葉直杜、後藤田中、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、林敏浩、作問を通じた学習支援を行う e-Learning システムの開発～作問からの学習者の知識推定～、平成 28 年度電気関係学会四国支部連合大会、2016 年 9 月 17 日、徳島大学(徳島市)

林敏浩、後藤田中、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、作問を用いた知的教育支援システム ASQ における学習支援のインタラクション、第 11 回医療系 e-Learning 全国交流会、2016 年 9 月 10 日～9 月 11 日、酪農学園大学(江別市)

林敏浩、千葉直杜、後藤田中、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、作問学習を通じた知的教育システムの開発 作問学習を

通じた知的教育システムの開発 - 作問誘導による学習支援 -、平成 28 年度教育システム情報学会全国大会、2016 年 8 月 29 日～8 月 31 日、帝京大学(宇都宮市)

林敏浩、後藤田中、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、作問を通じた基礎知識学習を支援する e-Learning システムの設計と開発、第 10 回医療系 e-Learning 全国交流会、2016 年 1 月 30 日～1 月 31 日、大阪府立大学(大阪市)

平井裕史、今井惇平、中川晋平、裏和宏、後藤田中、八重樫理人、村井礼、市野順子、垂水浩幸、林敏浩、投稿型自主学习素材共有システムにおける学習時間を考慮した出題問題数の最大化、電気系関連学会四国支部大会、2015 年 9 月 26 日、高知工科大学(香美市)

今井惇平、林敏浩、後藤田中、知的学習支援システム Active S-Quiz における領域知識ベースの自動生成、電気系関連学会四国支部大会、2015 年 9 月 26 日、高知工科大学(香美市)

林敏浩、後藤田中、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、作問過程を活用した学習者の知識の推定と教授、教育システム情報学会第 3 回研究会、2015 年 9 月 19 日、静岡大学(浜松市)

林敏浩、後藤田中、八重樫理人、藤本憲市、村井礼、学習進捗の状況把握を増幅するための学習者モデルの可視化、ゲーム学会合同研究会、2015 年 9 月 13 日、大阪電気通信大学(寝屋川市)

林敏浩、中川晋平、岸本卓也、裏和宏、後藤田中、村井礼、八重樫理人、垂水浩幸、e-Learning コンテンツと作問学習環境を活用する知的教育システムの開発、第 40 回教育システム情報学会全国大会、2015 年 9 月 1 日～9 月 3 日、徳島大学(徳島市)

平井裕史、岸本卓也、裏和宏、岩城暁大、八重樫理人、村井礼、市野順子、垂水浩幸、林敏浩、投稿型自主学习素材共有システムにおける作問誘導機能の設計、教育システム情報学会第 3 回研究会、2014 年 9 月 29 日、香川大学(高松市)

林敏浩、岸本卓也、平井裕史、裏和宏、岩城暁大、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、作問による基礎知識学習における教材知識の構成、電子情報通信学会教育工学研究会、2014 年 9 月 27 日、島根大学(松江市)

平井裕史、岸本卓也、裏和宏、岩城暁大、八重樫理人、村井礼、市野順子、垂水浩幸、林敏浩、投稿型自主学習素材共有システムにおける作問誘導の考察、2014 電気関係学会四国支部連合大会、2014 年 9 月 13 日、徳島大学（徳島市）

岸本卓也、平井裕史、裏和宏、岩城暁大、八重樫理人、村井礼、市野順子、垂水浩幸、林敏浩、基礎知識学習のための作問を活用した知的学習支援システム 作問 DB アクセスのための API の開発 - 、2014 電気関係学会四国支部連合大会、2014 年 9 月 13 日、徳島大学（徳島市）

林敏浩、岸本卓也、平井裕史、裏和宏、岩城暁大、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、基礎知識学習のための作問を活用した知的学習支援システムの設計、第 39 回教育システム情報学会全国大会、2014 年 9 月 10～9 月 12 日、和歌山大学（和歌山市）

平井裕史、岸本卓也、裏和宏、岩城暁大、八重樫理人、村井礼、垂水浩幸、林敏浩、投稿型自主学習素材共有システムにおける問題のバランスを考慮した作問制御、第 39 回教育システム情報学会全国大会、2014 年 9 月 10～9 月 12 日、和歌山大学（和歌山市）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

林 敏浩 (HAYASHI, Toshihiro)  
香川大学・総合情報センター・教授  
研究者番号： 90264142

### (2) 研究分担者

垂水 浩幸 (TARUMI, Hiroyuki)  
香川大学・工学部・教授  
研究者番号： 80293900

八重樫 理人 (YAEGASHI, Rihito)  
香川大学・工学部・准教授  
研究者番号： 30410848

村井 礼 (MURAI, Hiroshi)  
香川大学・大学連携 e-Learning 教育支援センター四国・准教授  
研究者番号： 30279111