

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：32643

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16262

研究課題名(和文) Classroom Response Systemの自律的な授業支援機能の研究

研究課題名(英文) A study for an Autonomous Learning Support Function on Classroom Response System

研究代表者

水谷 晃三 (MIZUTANI, Kozo)

帝京大学・理工学部・講師

研究者番号：30521421

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：授業における教授者と学習者のインタラクションを改善するツールとしてClassroom Response System(CRS)がある。多くの研究においてCRSを用いた授業の効果が示されてきたが、今日において普及しているとはいえない。本研究では、既存のCRSの課題を整理し、システムの運用コストの低減、リアルタイム性とスケーラビリティの維持、自動的な学習支援機能を実現するための方法について検討した。具体的には、エージェント指向システムの概念の導入を検討した。また、自動的な学習支援機能の実現方法の検討のために、機械学習による自動分類方法を用いて学習者のCRS上での応答を予測する試みを行った。

研究成果の概要(英文)：The Classroom Response System (CRS) was developed as a tool for enhancing interactivity between teachers and students in the classroom. Many studies have revealed the effectiveness of using CRS in educational environments. However, the popularity of CRS has not increased sufficiently. This study discussed the problems of conventional system, and considered the methods for reducing operational costs, keeping the characteristic of real-time and scalability, and realization of automatic learning support function on CRS. In this regard, I considered applying the concept of an agent-oriented system (AOS) to realize the implementation of this support function on web-based CRS. In addition, I examined the feasibility of applying the concept of an automatic learning support function by examining the prediction of student responses by using student activity logs.

研究分野：情報システム学，教育工学

キーワード：Classroom Response Sys. レスポンスアナライザ 教育支援システム 学習記録の分析 学習者行動
機械学習

1. 研究開始当初の背景

近年の学校教育においては、従来のような知識詰め込み型教育で得られるような能力だけではなく、批判的な思考力や問題解決能力、コミュニケーション力の育成が不可欠とされている。我が国の新学習指導要領においても、主体的・対話的で深い学びが必要であることが示され、これを実現するために①知識及び技能、②思考力、判断力、表現力等、③学びに向かう力、人間性等の3つの柱で全ての教科等の再整理が行われた。

主体的・対話的で深い学びを実現するためには、課題の発見・解決に向けた主体的・協働的な学習活動（いわゆるアクティブ・ラーニング）が有効であるとされている。アクティブ・ラーニングの効果を得るためには、その学習内容に関連するある程度の知識、技能を学習者が得ていることが求められる。したがって、学習初期の段階においては従来型の講義に相当する教育活動も必要になる。

Classroom Response System（以下、CRSと略す）は、授業中における教授者と学習者のコミュニケーションを支援するシステムである。教授者は問題や質問を CRS により学習者に提示する。学習者は教授者から問題や質問に対して CRS を使用して応答する。学習者の応答はシステムによって集計され教授者に報告される。このような機能を活用して、教授者は授業中の学習者の理解度をリアルタイムに把握することができる。CRS を教育活動に使用する研究は半世紀以上前から存在しており、その有効性は度々報告されてきた。近年はスマートフォンやタブレットなどのスマートデバイスを用いた CRS が登場し、これを活用した授業の実践研究が世界的に行われている。

しかし、長きにわたり CRS の有効性が指摘されつつも今日の教育の場において CRS は普及していない。その原因として、筆者は以下の問題があると考えている。

ア) システムのリアルタイム性と運用性

近年のスマートデバイスを用いた CRS は、システムのリアルタイムな動作を実現するために専用のソフトウェアのインストールが必要になる場合が多い。専用のソフトウェアは中継サーバにネットワークを介して接続し、中継サーバが教授者と学習者の間の通信の仲介役を担うことでリアルタイムなコミュニケーションを実現している。専用ソフトウェアのインストールは、端末の準備や運用コストを押し上げる原因となる。ソフトウェアのインストールの際に互換性の問題が生じたり、運用の際には定期的なバージョンアップが必要になったりする。また、あらかじめ教授者が準備した端末を使用するのではなく、学習者が個人で所有している端末を使用する BYOD (Bring your own device) による運用では、学習者に対してインストール方法等のサポートが必要になることもあ

り、運用コストの低減策として十分な効果が得られていないのが実情である。

これらの問題を解決するために、Web 型のシステムアーキテクチャによる CRS も登場している。Web 型のシステムアーキテクチャによる CRS では端末に標準的にインストールされている Web ブラウザを使用するため、専用のソフトウェアのインストールが不要である。しかし、Web 型のシステムアーキテクチャは、本来リアルタイムな双方向通信には向いていない。そのため、Web 型のシステムアーキテクチャによる CRS においては、リアルタイム性が損なわれるという課題が残っていた。

イ) システムのスケラビリティ

従来型の多くの CRS は教室単位でシステムを導入して、その範囲内で使用するものが多い。実際の運用では、複数の教室でそれぞれ使用したり、学校集会のような多人数で使用したりするなどが考えられるため、学校単位の規模でシステムを導入、利用できることが好ましい。従来システムが教室単位での小規模な範囲での使用に限られていた背景には、リアルタイム性とスケラビリティの両立の困難さがある。リアルタイム性の実現には高いスケラビリティが求められるため、多人数の同時利用を想定すると、中継サーバの台数を増やして1台当たりのサーバ負荷を分散させるなどのシステム構成が必要になり、初期導入から運用に至るコストの増加要因となる。多人数で使用する機会が少ない場合は、複数台の中継サーバの運用は無駄になりかねない。コストを削減しつつ高いリアルタイム性を実現するためには、システムのスケラビリティを柔軟かつ容易に変更できるシステムアーキテクチャが必要である。

ウ) 個別の学習支援機能の必要性

CRS を活用した授業では、システムを通じて各学習者の理解状況を教授者が把握することができる。しかし、各学習者に個別の学習支援が必要な時は、教授者自らがその対応をしなければならぬ。多人数の授業において、全体的な授業の進行を踏まえたうえで個別の学習支援を行うことには限度がある。各学習者の理解状況を把握できても、具体的な支援方法が伴わなければ教育的効果は限定的である。

2. 研究の目的

1. で述べたように、システム導入から運用に至るコストに対して、得られる教育的効果が限定的であることが CRS の普及が遅れている要因であると考えられる。多人数型の講義での教育効果を向上させるために、これらの問題点を解決できる CRS の新しい方式と、個別の学習支援機能の両方の実現が必要である。本研究では、ア)、イ)を同時に解

決しながら)を実現するための具体的な方法を検討することが目的である。

3. 研究の方法

(1) システムアーキテクチャの設計

システムのリアルタイム性を維持しながら、BYODの利用を含むコストの低減とスケーラビリティ性の向上を両立するために、本研究では WebSocket と呼ばれる新しい Web 技術を導入する。WebSocket は Web ベースのシステム上でサーバとクライアント (Web ブラウザ) の間の通信を双方向化するための仕組みであり、CRS のように利用者間で双方向の通信が発生するような用途において高い効果が見込まれる。筆者は前研究課題において WebSocket を用いた WebCRS と呼ぶ CRS を独自に試作した。

本研究では、自動的な個別の学習支援方法を実現するためのシステムアーキテクチャを検討する。自動的な個別の学習支援の実現においては、システムが各学習者の学習状況をリアルタイムに分析して、学習支援が必要かどうかを判断するとともに、適切なタイミングで支援を行う必要がある。そのためには、学習状況の記録データへの頻繁なアクセスが必要となる。そのようなシステムの振舞いは、学習状況の記録が蓄積されているデータベースへの負荷の増大を招く可能性がある。その結果、システムのリアルタイム性やスケーラビリティ性が低下する恐れがある。したがって、システムのリアルタイム性やスケーラビリティ性の低下を抑える仕組みを導入しつつ、自動的な個別の学習支援を実現する必要がある。そこで、まず現状の WebCRS のシステムアーキテクチャをリアルタイム性やスケーラビリティ性の観点から見直して改良方法を検討した。

(2) 学習者の学習状況の分析モデルに関する検討

自動的な個別の学習支援を実現するために、学習者の学習状況の記録の分析モデルについて検討した。CRS 使用中の個別の学習支援については、さまざまな方法が考えられる。本研究では、教授者が出題した問題に対して正答率が単に低いかどうかを判断するのではなく、CRS 使用中の学習状況の記録から誤った応答をする可能性を予測して、事前に教材を提示したり、不真面目な学習者に対して注意を喚起するメッセージを提示したりする機能の実現を目指す。

従来のように、学習者が応答したあとに支援するような方式では、その支援を学習者が受け入れなければ教育効果は向上しない。不真面目な学習者ほどその支援を受けたがらない可能性があるためである。教育効果の向上のためには、学習者が応答する前にシステムが学習者に積極的に働きかける方が効果的であると考えられる。

そこで本研究では、CRS を用いたこれまで

の授業実践において得た学習状況の記録データについて機械学習による分類を試みる。

4. 研究成果

(1) 現状の WeCRS のシステムアーキテクチャの問題点

図 1 に現状の WebCRS のシステムアーキテクチャを示す。WebCRS は複数の Web サーバによる負荷分散構成に対応した Web アプリケーションである。パブリッククラウドサービスを使って運用することを想定しており、システムの負荷状況に応じて Web サーバの数を柔軟に変更することができるようになっている。図 2 は Web サーバ上において、ある利用者 (Student A) の WebSocket による接続 (Session) に関する様子を表している。はじめ、Student A の接続は Node A に接続されている。同時に Node A は接続状態の情報 (Session Info) を DB へ書込む。ここで、システム全体の負荷状況が変化し、負荷分散装置 (LB) によって Student A の接続が Node B に変更された場合を想定する。このとき、Node B は Session Info を DB から取得する。こうすることで、Student A の接続状態が維持され、システムを継続して使用できるようにしている。

負荷分散装置による接続先は動的に変更されるため、Session Info は常に DB へ保存するようになっている。利用者が増えると DB アクセスが増えるため、この機構がボトルネックとなってスケーラビリティが低下する。本研究が目指している自動的な個別の学習支援機構を実現しようとする、DB アクセスの頻度はさらに増える。したがって、DB を用いずに Session Info を複数の Web サーバ間で効率的に共有できる仕組みが必要になる。

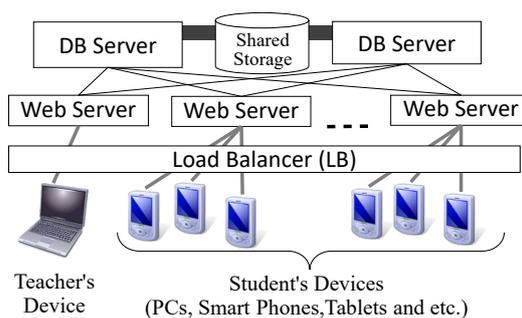


図 1 WebCRS のシステム概念図

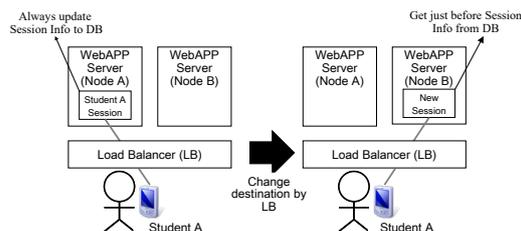


図 2 負荷分散時の接続情報の取扱い

(2) システムアーキテクチャへの AOS の導入

前項の問題点を解決するため、本研究では AOS (Agent Oriented System) の概念をシステムアーキテクチャとして導入する方法を検討した。AOS は、エージェントと呼ばれるプログラムをシステムの要素とし、その集合体としてシステムを構成する。エージェントの重要な概念として移動エージェントがある。移動エージェントはネットワーク上を移動できる特徴を持つ。この特徴を WebCRS のシステムアーキテクチャとして導入する。

図 3 は AOS を導入した WebCRS のシステムアーキテクチャである。各 Web サーバを横断する形でマルチエージェント層を構成する。この中で活動するエージェントをセッションエージェント (Session Agent) と呼び、利用者との接続状態の管理を担う役割を実装する。負荷分散装置により利用者の接続先が変更されたときは、それに合わせて該当利用者の Session Agent を変更先の Web サーバに移動する。Session Info を保持したまま Session Agent は移動するので、従来のように DB へアクセスして情報を取得する必要がなくなる。加えて、Session Info を常に保存する必要もなくなるためシステム全体の負荷を低減する効果が得られると考えられる。

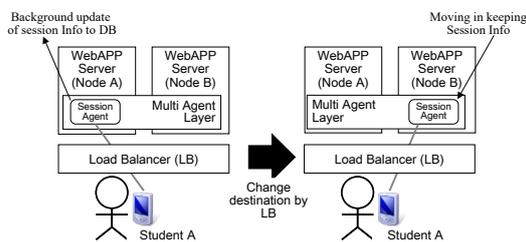


図 3 AOS の導入

(3) 学習者の学習状況の分析モデルに関する検討

Session Agent が学習者の接続状態を管理し、同時に Session Info を保持していることを想定すると、学習者の学習状況の情報についても Session Agent に持たせておき、この情報を活用して分析する方法を取ることができる。そうすることによって DB の負荷の増加を抑える効果も期待できる。

そこで本研究では、CRS を用いたこれまでの授業実践において得た学習状況の記録データを、①1つの Session Agent が保持可能な情報、②複数の Session Agent が共有する情報、③DB などに記憶しておき必要に応じて使用する情報の 3 つに分け、①と②の情報だけを用いた学習者の学習状況の予測実験を行った。

図 4 に、実験に用いたデータセットの概要を示す。1 セット分のデータには、学習者の直近 N 回分の応答についての情報が含まれ

る。1 つの応答情報には、質問に対する応答の正解/不正解のフラグのほか、CRS 上で質問内容を確認したタイミング、応答に要した時間などに関する情報がミリ秒単位で記録されている。実際の授業で得られた学習記録のデータを本形式に従って構成したところ N に応じたデータセットの数 I は表 1 のようになった。

これらのデータを用いて、2 つの機械学習アルゴリズムを用いて実験を行った。実験では、各データセットの N 回目の応答の正解/不正解フラグを $N-1$ 回目までのデータを使用して予測する。例えば N が 5 であれば、その直前の 4 回分の応答情報を使って予測する。機械学習のアルゴリズムには、(A) two-class locally deep support vector machine (Deep SVN) と、(B) 3 つの隠れ層をもつ全結合型のニューラルネットワーク (NN) による分類器を用いた。また、各アルゴリズムの予測精度を評価するため、実験においては 3:1 の割合でランダムに分け、一方を機械学習用に用い、他方を学習後のモデルの評価に用いた。

実験結果を表 2 に示す。比較的高い精度が確認されたのは $N=4$ のときの NN であった (0.649)。 $N=3$ の NN ではオーバーフィッティングとなり適切な結果を得ることができなかった。



図 4 実験に用いたデータセットの概要

表 1 データセット数

N	I
3	676
4	523
5	400

(4) 考察および今後の展望

本研究では、Web 型の新しいアーキテクチャを有する CRS において、リアルタイム性やスケーラビリティを維持しながら、自動的な学習支援機能を実現するための方法について検討した。システムのアーキテクチャについては、AOS の概念を導入することを検討した。AOS の導入によりシステム全体のスケーラビリティの向上が図れる可能性がある。しかしながら、AOS を導入するために必要となるエージェントフレームワークとして、パブリッククラウドサービスに十分対応できるものが存在していない。システムの導入から運用コストの低減のため、WebCRS はパブリッククラウドサービスに対応している。AOS を効果的に導入するには、パブリック

表 2 実験結果

Classifier	N	Accuracy	Precision	Recall	F-Score	AUC
Deep SVN	3	0.568	0.560	0.659	0.605	0.568
	4	0.550	0.566	0.671	0.614	0.552
	5	0.580	0.608	0.585	0.596	0.561
Neural Network (NN)	3	0.497	0.000	0.000	0.000	0.560
	4	0.649	0.633	0.814	0.713	0.640
	5	0.510	0.531	0.642	0.581	0.520

クラウドサービスに対応したエージェントフレームワークが必要になる。本研究では簡易的なマルチエージェント層を独自に実装したが、システムの互換性や保守性を維持するためにはパブリッククラウドサービスに対応した汎用的なエージェントフレームワークが必要である。

機械学習を用いた学習者の学習状況の分析モデルの検討においては、実際の授業で得られた学習記録のデータを用いて、学習者の応答を予測する試みを行った。使用したデータは、4つの選択肢から正答を1つだけ答える質問をCRSによって学習者に提供したときの応答に関わるものである。したがって、学習者の理解状況に関わらず0.25の確率で正答になる可能性がある。一方、実際の学習者の全体的な正答率は0.523であった。NNを用いた実験ではこれらを上回る0.649という精度で学習者の応答を予測することができた。実用化を踏まえると十分な精度とは言えないが、学習者が応答する前に応答の正答／不正答を予測できる可能性が示唆された。

予測精度の向上のためにデータセットの見直しを検討している。本実験で用いたデータセットには、学習者を識別するための情報が含まれていない。一般に、学習者の理解状況にはばらつきがあるため、ある学習者の応答を予測する場合は、その学習者の過去の応答の状況に基づいて予測するべきである。本研究においては、学習者を識別する情報を含めた場合、機械学習に用いるデータが不十分となり、特にNNにおいてオーバフィッティングが生じるなど結果を得ることができなかった。この問題については、今後もCRSを用いた授業を継続して行ってデータを蓄積していくなどして解決を試みたい。

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1件)

- ① Kozo Mizutani, “System Architecture and Predictive Experiment for an Automatic Learning Support Function on Classroom Response Systems”, Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education, pp.520-528, 2017, 査読有

[学会発表] (計2件)

- ① 水谷晃三, “Classroom Response Systemにおける応答状況に基づく自律的な学習支援機能の検討”, 情報処理学会第79回全国大会, 1F-05, 2017, 査読無
- ② 水谷晃三, “Web ベースのクラスレスポンスシステムにおける端末センサの活用方法の検討”, 第15回情報科学技術フォーラム (FIT2016), N-021, 2016, FIT奨励賞受賞, 査読無

[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

http://teikyo.mizutani-labo.com/?page_id=1121

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水谷 晃三 (MIZUTANI, Kozo)
帝京大学・理工学部・講師
研究者番号: 30521421