

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：32643

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700911

研究課題名(和文)リアルタイム動作可能なレスポンスアナライザを活用した教育方法に関する研究

研究課題名(英文)A Study about Pedagogy using Real-Time Response Analyzer

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) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：講義中における教授者と受講者のインタラクションを支援するシステムとしてレスポンスアナライザ(RA)がある。学校教育等においては、多人数型講義における受講者と教授者とのインタラクションを改善するためのツールとしてRAの活用事例とその有効性が報告されているが、実験的な利用にとどまっているのが実情である。本研究では、新しいアーキテクチャを持つRAの開発とRAの教育利用に関わる分析を行った。その結果、RAの運用が従来に比べて容易になる可能性が示された。また、RAを用いた講義の教育効果を高めるための受講者の分類方法について知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：The Response Analyzer (RA) is a well-known tool for enhancing interactivity between teachers and students in the classroom. Many studies on the use of RA in classrooms have shown its effectiveness in improving students' understanding of the learning material. However, as the true facts, the use of RA has not spread in school education. This research has developed RA that has new type system architecture, and has analyzed for educational use of RA. The result showed a possibility that the system operation of the experimental system is easier compared to conventional RA. Moreover, the findings for a method of student classification to enhance the educational effects are obtained.

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 WebSocket 学習記録の分析
学習者行動

1. 研究開始当初の背景

講義中における教授者と受講者のインタラクションを支援するシステムとしてレスポンスアナライザ(RA)がある。これまで専用のリモコンを用いたものや Web 技術を用いた RA が活用されてきた。学校教育においては、講義中の受講者と教授者とのインタラクションを双方化するためのツールとして RA の活用事例とその有効性が報告されているが、実験的な利用にとどまっているのが実情である。授業中の受講者の理解状況を把握するとともに、多人数型講義の教育効果の改善を進めるための RA の教育利用に関わる諸問題を解決することが必要である。

2. 研究の目的

まず、本研究では RA を、(1) 教授者の質問に対する質問コンテンツと回答選択肢を複数の回答者へ同時配信する機能、(2) 回答者が選択した回答項目を集計する機能、(3) 集計結果を教授者へ提示する機能、(4) 回答状況や集計結果を蓄積して利活用するための機能を、それぞれ有するソフトウェアと定義する。このような機能を有する RA が実験的な利用にとどまっている理由として、本研究では以下の点に着目する。

運用上のコストが大きい

現在普及している主な RA のシステム方式では、受講者に専用の回答用端末を配布する。端末の充電や、端末の配布/回収などの手間がかかるほか、混信しないように回答用端末のチャンネル設定が必要になるなど容易に運用しにくい。

システム上の通信が一方である

専用の回答用端末は回答用のボタンを配置しただけのものがほとんどであり、教授者側から受講者の端末に質問コンテンツを配信したり、個別のメッセージを送信したりして受講者を支援するといった活用は不可能である。事実上、システム上の通信は回答用端末から教授者側への一方のみであり双方向型の授業支援が行われているとは言い難い。

リアルタイム性とスケーラビリティ

授業中に使用するシステムであるため RA はリアルタイムに動作することが求められる。前述の 2 点を解決する新しいアーキテクチャの RA として Web ベースのシステムがあるが、プロトコルの制約から十分なリアルタイム性が実現されているとは言えない。また、学校規模での同時使用にも耐えられるようなスケーラビリティ性もシステムの導入を容易にするために重要であるが、リアルタイム性とスケーラビリティを同時に実現するための手法についても十分な議論がなされていない。

RA の効果的な利用方法

高機能な RA を実現しようとする、回答用端末に使用するハードウェアは単に回答ボタンが並ぶだけのリモコン型のものでなく、PC、スマートフォン、タブレットなどを活用する方式が考えられる。実際の授業でこれらの機器を活用する際には RA の効果的な利用方法と併せて検討が必要である。

本研究では、以上の観点を同時に解決する新しいアーキテクチャを有する RA を開発するとともに、それらを用いた効果的な教授方法を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 新しい Web アーキテクチャによる RA の開発

スマートフォンやタブレットなどのスマートデバイスの普及と学校教育での導入が進んでいる現状を踏まえると、前述の観点を解決する RA はスマートデバイスで使用するを前提とすべきである。スマートデバイスの使用により、教授者から受講者へ教材を配信したり、学習支援のためのメッセージを画面に表示したりするなどインタラクティブ性を向上させることができる。

システム導入の際の容易性を考えると、スマートデバイス上で動かす RA のプログラムは、専用プログラムなしに利用できることが望まれる。専用プログラムを利用する方式では、専用プログラムと端末の互換性問題が発生したり、専用プログラムのインストールやバージョンアップなどの作業が必要になったりするため、導入から運用までのコストの増加を招く恐れがある。そこで、本研究では専用プログラムを用意せず、スマートデバイスに標準でインストールされている Web ブラウザを用いる Web アプリケーションとして開発することにした。これにより前述の解決を試みた。

RA は教授者と受講者を 1 対 N で双方向な通信手段によってつなげる必要がある。Web の基本アーキテクチャである HTTP は、クライアントからの要求にサーバが応答する一方方向型の通信であるため、RA に必要な双方向性を実現しにくい。この問題に対しては、新しい Web 技術の一つである WebSocket を用いることにした。WebSocket を用いることで、サーバからクライアント側に要求を送信することができるようになる。RA においては教授者側と受講者側が双方向に通信できるようになるため、前述の が解決可能である。

また、WebSocket の採用によりプロトコルレベルで双方向性通信が可能になるためリアルタイム性を向上することができる。さらに本研究では、WebSocket をベースとした RPC 実装である SignalR を採用する。SignalR の ServiceBus と呼ばれる機構のサポートにより複数の Web サーバを用いた負荷分散処理

を実現できるようになり、システムのスケラビリティ性を高めることができるようになる。これにより前述の の解決を試みた。

(2)PC 上で動作するリアルタイム動作可能な RA による研究

に関して、本研究課題以前より運用していた独自開発の Response Analyst と呼ぶ PC 上で動作するリアルタイム動作可能な RA を使用した調査研究を行った。Response Analyst を改良して、教授者が受講者に質問を提示するタイミング、受講者が回答するタイミングを正確に記録できるようにした。同時に、回答前後のプログラム画面の切り替え操作についても記録できるようにして、受講者の正答率との関係について分析した。

4. 研究成果

(1)新しいWeb アーキテクチャによる RA の試作

前述した技術を導入した Web 型の RA “WebCRS (Web Classroom Response System)” を試作した。図 1 には WebCRS のシステム概要図を、図 2 には画面例を示す。WebSocket の採用のほか HTML5 や Responsive Web Design などの新しい Web 技術を導入して、PC、スマートフォン、タブレット等の異なる種類の端末で使用できるようにしたほか、異なる種類の OS およびブラウザでも動作できるよう実装した。

実際に実授業での利用も開始した。Web 型のアプリケーションであるため、専用プログラムを事前にインストールするなどといった準備は不要である。受講者はあらかじめ指定された URL へ自身が所有する端末を使ってアクセスするだけで本システムを使用することができる。すなわち、BYOD (Bring Your Own Device) での利用が可能である。実際に 37 名の受講者が自身の端末でアクセスし、19 種の異なる OS 及びブラウザにおいて動作可能であることが確認された。その際、受講者は自身が契約する低速な 3G / LTE 回線を使用した。事後アンケートでは 68% 以上が「快適に動作している」と回答しており、低速回線の環境下においてもシステムのリアルタイム性に関して実用的な性能が得られていることが確認された。

また、システムのスケラビリティ性を評価する実験も行った。「回答用端末接続処理」と「教授者によるコンテンツ送信処理」のそれぞれについて処理時間(ターンアラウンドタイム)を計測した。実験のため、回答用端末に相当するモックアップを作成し、その数を 100 から 1000 まで変化させた。Web サーバ側はノード数を 2 から 8 まで変化させ、負荷分散の効果を検証した。それぞれの条件を 3 回繰り返す実験を行った。その結果を図 3 および図 4 に示す。図 3 は端末接続処理の結果である。実用的なターンアラウンドタイムを 2 秒とすると、受講者端末数が 1000 の場

合でも 4 以上のサーバノードがあればよいことが確認できた。図 4 はコンテンツ送信処理についての実験結果である。回答端末が 300 程度までであれば実用的な性能が得られることが分かった。このことから、通常授業だけでなく、学年集会等の大人数での利用も可能になると考えられる。しかしながら、400 以上の端末数では、サーバノードを増やしても冗長化の効果が得られておらず課題が残った。

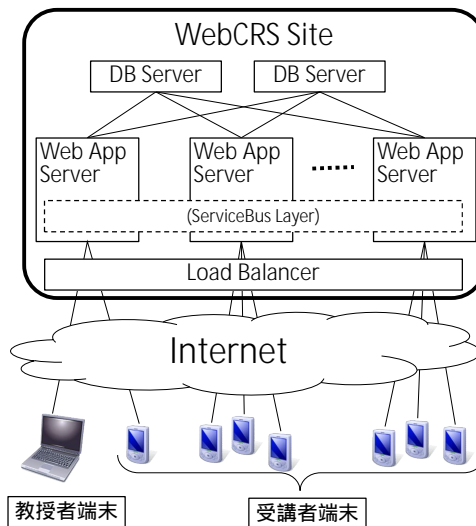


図 1 システム概要図

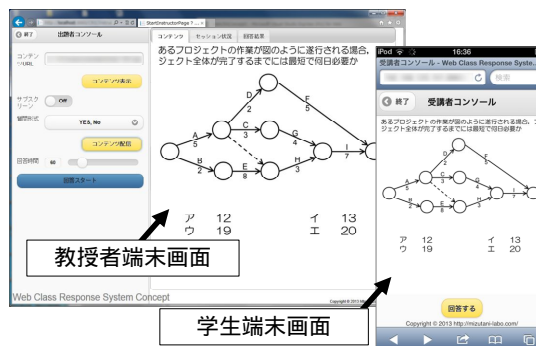


図 2 WebCRS の画面例

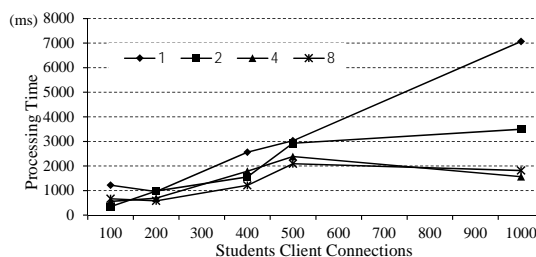


図 3 端末接続処理時間の計測結果

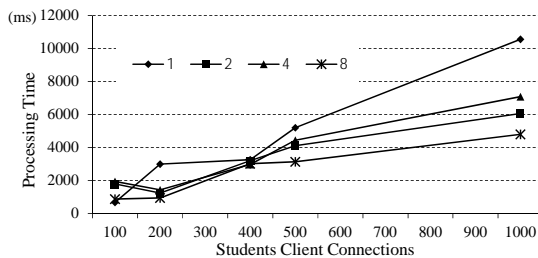


図4 コンテンツ配信処理時間の計測結果

(2) PC上で動作するリアルタイム動作可能なRAによる研究

改良した Response Analyst を実際の授業で使用し、受講者の回答状況とシステム上での受講者行動に注目した分析を行った。システムを導入した授業は国家資格である情報処理技術者試験の試験対策を中心としたカリキュラムで構成されている。授業中、過去問題を Response Analyst により出題した。問題は四肢択一式の問題であるが、知識を問う問題や論理的思考を問う問題が混在している。そのため、教授者が出題してから受講者が回答するまでの時間は問題ごとにばらつきがあり、単純に正答率と回答時間を用いて受講者の理解状況を把握するのは容易でない。そこで、受講者が問題を受取って回答するまでの行動の前後に生じるアプリケーション切り替え操作の記録を用いて、以下の3点に着目した分析を行った。

- ・回答時間 (RT): 回答用端末 (回答用プログラム) が回答開始を受信してから受講者が回答するまでの時間。
- ・アクティブ化時間 (AT): 回答用端末が回答開始を受信したあと、受講者が他のプログラムより回答用端末の画面に切替えるまでの時間。
- ・デアクティブ化時間 (DT): 受講者が回答してから他のアプリケーションに切替えるまでの時間。

延べ 1863 の回答の記録について上記の時間をそれぞれ算出し、さらに受講者ごとに平均した値を用いてクラス分析を行った。その結果を表1に示す。RT, AT について各クラスに大きな差は生じなかったが、DT については差が生じた。この差について t 検定を行ったところ、有意水準 5% でクラス間に差があることを示す結果が得られた。以上の結果から、以下の点が推察された。

- ・正答率の最も低いクラスターの DT は短い。回答後すぐに他のプログラムに画面を切り替えている可能性がある。
- ・正答率の最も高いクラスターの DT は長い。回答後に他のプログラムに画面を切替えるまでに時間が長いのか、切替える操作を行っていない可能性がある。
- ・クラスター間で正答率に差があっても RT, AT

は差が生じなかった。RT, AT に注目して正答率との関係性を測ることは困難である。

DT の最も短いクラスターの正答率が最も低かった理由として、該当の学生が積極的に授業へ参加しておらず、質問に対して適当に回答した後、授業に無関係なプログラムに切替えていることが考えられる。このような学生には注意喚起が必要である。また、DT の最も長いクラスターの正答率は、5つのクラスター中2番目に悪い。このクラスターの学生は、授業に積極的に参加しているにもかかわらず、正解がわからずに誤答が多い傾向にある可能性が考えられる。このような学生にはヒントを提示するなどのさらなる学習支援が必要である。

以上のように、本分析により、RA を活用することによって適切な指導を行うための学生の分類が可能であることが示唆された。

表1 K-means 法によるクラスターリング結果 (K=5)

Cluster No.	データ数 (受講者数)	正答率	平均時間		
			RT	AT	DT
1	16	0.364	0.459	0.149	0.399
2	5	0.528	0.562	0.116	0.964
3	11	0.559	0.536	0.130	0.725
4	6	0.682	0.498	0.158	0.470
5	4	0.823	0.515	0.133	0.890

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)

水谷晃三, "Classroom Response System 活用のための BYOD 導入に関する一考察," 帝京大学ラーニングテクノロジー開発室年報, 第12巻, 2015, 査読無。

Kozo Mizutani, "A Study of Student Behavior in Classroom Response Systems," Proceedings of the 22nd International Conference on Computers in Education, pp.483-488, 2014, 査読有

[学会発表](計3件)

水谷晃三, "Classroom Response System の教育利用における学習者行動に関する研究," 第13回情報科学技術フォーラム (FIT2014), K-010, 2014年9月3日, 筑波大学筑波キャンパス(茨城県・つくば市), FIT 奨励賞受賞, 査読無。

水谷晃三, "スケーラブルでリアルタイム動作可能なレスポンスアナライザの開発," 教育システム情報学会第38回全国大会講演論文集, TE2-3, pp.323-324, 2013年9月3日, 金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市), 査読無。

水谷晃三, "高機能端末を用いたレスポンス

スナライザの試作と効果的な教育的活用に関する研究,” 情報科学技術フォーラム (FIT2012), Vol.11, pp.561-562, 2012年9月4日, 法政大学小金井キャンパス(東京都・小金井市), 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/webcrs/>

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

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし