

# Classroom Response System の教育利用における 学習者行動に関する研究

## A Study for Student Behaviors about Using the Classroom Response System in Education

水谷 晃 三  
Kozo Mizutani

### 1. はじめに

一人の教授者が複数名の受講者を対象に行う講義形式の授業において、受講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 Classroom Response System (以下 CRS と略す) がある。特に近年は CRS の受講者用端末としてスマートフォンやタブレットなどのスマートデバイスや PC を活用する試みが行われている。例えば、Steven らが開発した ClassQue と呼ばれる CRS は PC 上で動作し、主に MATLAB や Java プログラミングなどの授業で活用されている[1]。スマートデバイスの使用を前提としたシステムも開発されている。例えば Andergassen らの Learn@WU[2]、Dunn らの VotApedia[3]、Nielsen らの Student Response System[4]などがある。筆者も PC 上で動作する CRS や WebSocket などの新しい Web 技術を用いた Web 型の CRS を試作し実授業での実証実験を始めている[5,6]。

スマートデバイスでは CRS 以外のアプリケーションも使用可能である。そのため、受講者は CRS 上で提示された質問に対して十分に思考することなく適当に回答した後、別のアプリケーションに切替えて講義に無関係な操作をスマートデバイス上で行っている可能性がある。スマートデバイス上の CRS を有効的に活用するためには、このような受講者を自動的に発見して未然に注意を促すなどの新たな機能の実現が求められる。

そこで、本研究では CRS 上における学習者行動について質問の応答とアプリケーションの切替え操作の関係を K-Means 法により分類することを試みた。

### 2. 方法

本研究のためには、CRS 上における学習者の行動を正確に記録する必要がある。スマートデバイスや PC 上で動作する CRS において講師側と受講者側の各システムがネットワークを介して連携して動作している場合、正確な記録のためにはネットワーク上の遅延の影響を考慮する必要がある。また、Web 型の CRS では HTTP の仕様上リアルタイムな動作が実現しにくく、例えば教授者が応答開始のメッセージを受講者側に送っても、それがリアルタイムに受講者側に伝達され応答が実際に開始されるかは保証されない。

この問題に対し、本研究では筆者が試作した Response Analyst と呼ぶ PC 上で動作する CRS[5]を改良することにした。図 1 に Response Analyst のシステム概要を示す。教授者側のプログラム (以下 TA と略す) と受講者側のプログラム (以下 ST と略す) があり、TA と ST はメインサーバ

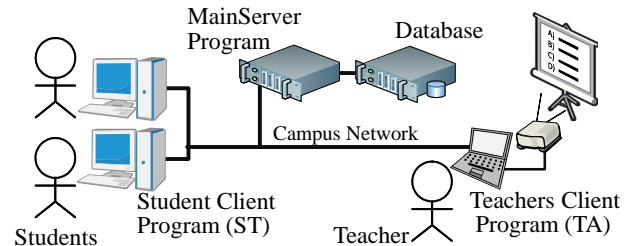


図1 Response Analyst のシステム構成

に接続している。メインサーバはそれぞれのプログラムからの通信を仲介すると同時に通信ログをデータベースに蓄積する。

Response Analyst はリアルタイムに動作するよう実装されているが、ネットワーク通信上の遅延による影響は避けられない。そこで ST に操作ログの収集機能を新たに実装して収集されたデータを分析に用いることにした。ST は以下のイベントの内容をセクションデータとして記録する。

- ・ 質問コンテンツの受信：時刻と内容を記録
- ・ 応答開始の受信：時刻と応答制限時間を記録
- ・ 応答の送信：応答の時刻と内容を記録
- ・ アクティブ化：他のアプリケーションから ST の画面に切替えた時刻を記録
- ・ デアクティブ化：ST の画面から他のアプリケーションに切替えた時刻を記録

#### 2.1 ログデータの分析

セクションデータにはミリ秒単位で学習者行動が記録されているが、各データに記録された時刻は、ST が動作していた PC 内部の時計に準じたものである。PC ごとの時計の狂いを考慮してログデータを分析する必要がある。

そこで本研究では、収集されたセクションデータごとに以下のデータを分析の前処理として抽出した。なお、質問ごとに応答制限時間が異なるため、各時間の値は制限時間を基準にして正規化した数値を用いた。

- ・ 応答時間 (RT) : ST が応答開始を受信してから受講者が応答するまでの時間
- ・ アクティブ化時間 (AT) : ST が応答開始を受信してから、受講者が他のアプリケーションから ST の画面に切替えるまでの時間
- ・ デアクティブ化時間 (DT) : 受講者が応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

† 帝京大学理工学部, Faculty of Science and Engineering, Teikyo University

得られたデータを Time Span Data (TSD) と呼び以下のように定義する。

$$TSD_n = \{ sid, C_n, RT_n, AT_n, DT_n \} \quad (1)$$

ここで、 $n = 1, 2, \dots, N$  であり  $N$  はセクションデータの総数、 $sid$  は受講者の識別番号を表す。また、 $C$  は該当セクションにおける受講者の応答が正解であったか否かを表す。次に、 $TSD$  の各値について受講者ごとの平均値  $TSD_{(sid)}$  を算出する。

$$TSD_{(sid)} = \{ \bar{C}_{(sid)}, \bar{RT}_{(sid)}, \bar{AT}_{(sid)}, \bar{DT}_{(sid)} \} \quad (2)$$

(2) で得られた結果を本研究では K-means 法により分類する。K-means 法におけるクラスタ数  $K$  については、 $K=2, 3, 4, \dots$  と順番に  $K$  値を変化させながら、クラスタ内に含まれる各データとクラスタ重心の平均二乗誤差の和の変化から判断する手法 (Reconstruction Error) により決定する[7]。

### 3. 結果及び考察

改良した Response Analyst を実講義にて試用し学習者行動の記録を試みた。試用対象とした授業は、情報処理技術者試験の1つである IT パスポート試験の試験対策を含む講義である。授業では、座学型講義を行った後に Response Analyst で当該試験の過去問演習を行うというサイクルを知識領域ごとに行った。50 の過去問題が Response Analyst で出題され、53 名の受講者が応答した。合計 1863 のセクションデータが記録された。

53 名の平均応答数は 25.0 回で、最大で 50 回、最小で 1 回であった。応答数が極端に少ない受講者のデータは分析において悪影響を及ぼす可能性があるため、平均値から標準偏差値 (13.7) を引いた値 (11.3) を閾値として、これよりも応答数が多い受講者のデータを対象に分析を行った。

最適なクラスタ数  $K$  を決定するために  $K=1, 2, \dots, 20$  の範囲で Reconstruction Error を計算した。その結果  $K=5$  を最適なクラスタ数であると判断された。そこで表 1 には、 $K=5$  としたときの K-means 法によるクラスタリング結果を示す。各クラスタ内のデータの正答率、応答時間、アクティブ化時間、デアクティブ化時間の各平均値をまとめた。Cluster No. は各クラスタの平均正答率の順に付番した。

表 1 において、最も正答率が低い No.1 と最も高い No.5 のクラスタを比較すると、応答時間とアクティブ化時間にほとんど差が見られない。一方、デアクティブ化時間に注目してみると No.1 は 0.399、No.5 は 0.890 となっており差が大きい。

したがって、デアクティブ化時間に注目することで注意や支援が必要な受講者を特定できる可能性がある。例えば、授業に集中せず CRS の質問に対しても十分に思考せずに適当に回答している受講者は、応答直後に CRS 以外の画面に切り替えている可能性がある。そのような受講者は正答率も低くデアクティブ化時間も短いと考えられ、そのようなクラスタが実際に抽出された (No.1)。No.4 のように正答率が比較的高く、デアクティブ化時間が短いクラスタもある。このような受講者は問題に対する理解度はあるものの、やはり応答するとすぐに CRS 以外の画面に切替

表 1 K-means 法によるクラスタリング結果 ( $K=5$ )

Cluster No.	データ数 (受講者数)	正答率	平均時間		
			応答	アクティブ化	デアクティブ化
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

えている可能性がある。No.1 や 4 に分類された受講者に対しては、授業に積極的に取り組むよう注意を促すなどの対応が考えられる。

一方、No.2 に分類された受講者はデアクティブ化時間が長い (あるいは画面を切替えていない可能性もある) が、正答率は低い傾向である。このような受講者は、真面目に授業に参加しているにもかかわらず理解が不十分である可能性があり、新たな学習支援を行うなどの対応が考えられる。

### 4. おわりに

本論文では、スマートデバイスや PC 上で動作する CRS の問題点を指摘し、その問題を解決するための基礎的な研究について述べた。PC 上で動作する CRS を改良して正確に受講者の操作ログを記録するようにした。改良した CRS を実授業において使用し、記録された操作ログを K-means 法により分析して受講者の分類を試みた。その結果として、CRS 以外のアプリケーション画面に切替える操作の発生時間に注目することで、注意喚起が必要な受講者や学習支援が必要な受講者を特定できる可能性を示した。

#### 謝辞

本研究は独立行政法人日本学術振興会平成 24 年度科学研究費助成事業 (若手 (B) 24700911) の助成を受けて実施した成果の一部である。

#### 参考文献

- [1] Robbins, S., "Beyond clickers: using ClassQue for multidimensional electronic classroom interaction", In Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education, pp.661-666 (2011).
- [2] Andergassen, M., Guerra, V., Ledermüller, K. & Neumann, G., "Development of a browser-based mobile audience response system for large classrooms", International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL), Vol.5, No.1, pp.58-76 (2013).
- [3] Dunn, P. K., Richardson, A., McDonald, C. & Opreescu, F., "Instructor perceptions of using a mobile-phone-based free classroom response system in first-year statistics undergraduate courses", International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, Vol.43, No.8, pp.1041-1056 (2012).
- [4] Nielsen, K. L., Stav, J. B., Hansen-Nygård, G. & Thorseth, T. M., "Designing and Developing a Student Response System for Mobile Internet Devices", Learning with Mobile Technologies, Handheld Devices, and Smart Phones: Innovative Methods, Vol.56 (2012).
- [5] 水谷晃三, "高機能端末を用いたレスポンスア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) .
- [6] 水谷晃三, "スケ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) .
- [7] Alpaydin, E., "Introduction to Machine Learning. Cambridge, MA", MIT Press (2004).