

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 元年 6 月 10 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16312

研究課題名(和文) データ分析と論証活動を支援する探究型統計学習環境の開発

研究課題名(英文) Development of Inquiry-based Statistics Learning Environment to Assist in Data Analysis and Argumentation

研究代表者

大浦 弘樹(Oura, Hiroki)

東京工業大学・教育革新センター・准教授

研究者番号：90466871

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、統計的思考の育成を目標に「データ分析と論証活動を支援する探究型統計学習環境」を開発することであった。研究成果として、ノベルゲーム形式の問題解決シナリオの中で、統計データのサンプリング、分析、結果となる図表を比較できるゲーム型システムを開発した。また、「未来の学習のための準備(PFL)」の支援原理を元に、本システムを活用した問題解決活動(準備)と講義(説明)、演習を組み合わせた学習サイクルを大学生を対象に実験と実際の授業で検証した結果、本システム上で統計的問題解決活動に取り組むことができ、準備 講義 演習の学習サイクルを通して学習目標の知識とスキルの成績が向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年重要視されている統計的思考育成への高いニーズがある中、本研究の成果は特に初学者や数学や統計に苦手意識のために学習への動機や自己効力感をもてない学生に対して実際の授業でも活用できるシステムと授業設計を提案した点で社会的意義がある。また近年注目されている反転授業における説明(講義)動画 演習(討議)の学習サイクルに「形式的な説明を理解する準備としての問題解決活動」を加えた新たな学習サイクルを提案している点でも学術的意義を有すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The research goal was to develop an inquiry-based statistics learning environment that assists in data analysis and argumentation. As the outcome, developed was a game-based system that enables students to sample, analyze, and compare results in graph and table of statistical data. Also, a learning cycle model was proposed that engages students in preparation (with the game-based system), explanation (lecture), and exercise (discussion), by adding the preparation phase to the flipped classroom model with the sequence of explanation and exercise phases. Experiment and practical evaluation results show that students were able to engage in statistical problem solving with the game system in the preparation phase and could develop their statistical knowledge and skills along with the learning goals.

研究分野：教育工学・学習科学・科学教育

キーワード：統計教育 反転授業 シリアスゲーム

1. 研究開始当初の背景

(1) 不確実な事象に対して定量的にアプローチする統計的思考は従来から科学活動で重要な能力であり、近年では産業における統計の専門技能への高いニーズや統計的根拠を伴う報道の増加など、その重要性は産業や市民生活に拡大している(Watson,2006)。この流れを反映して、初等中等教育での統計単元の追加(学習指導要領)や高等教育における統計教育の重点化(統計教育推進委員会ほか, 2014)も議論されている。

(2) しかし、現在の学習コンテンツはテキスト・講義(動画)型が中心であり、統計の知識を現実に関連する課題に対して応用し、他者と協調的に学ぶ教授・学習プロセス支援やそのテクノロジー環境が不足している。統計の学習、特に、母集団の特徴を推定する推定統計(Moore & McCabe,1993)の学習には統計的有意性など直接観察できない事象に関する数学的概念の理解や思考を伴うが、数学的知識が十分でない生徒や学生にテキストや講義(動画)などの情報伝達型の学習コンテンツのみで統計概念の深い理解や統計的思考を育成するのは困難である。

(3) 近年、数学・統計教育の研究者を中心に数式を最初は(できるだけ)使わずに、「統計データの探索的または仮説検証的な分析を伴う探究活動」を通して統計の概念の理解や思考を育成する教授法の研究が活発になっている(Makar et al.,2011)。この教授法では、探究活動のシナリオに加え、数式の代わりに統計データの図表または「統計的表象」を扱うためのテクノロジー環境、統計分析や論証(議論)活動を通して深い理解や思考を促すプロセス支援の設計が重要となる(Linn et al.,2004)。しかし、これらすべての構成要素を現場の(統計学を必ずしも専門としない)教員個人が適切に設計・構築するのは極めて困難である(Wild et al., 2011)。

2. 研究の目的

本研究の目的は、大学生の初学者を主な対象として、統計的思考の育成を目標に、「データ分析と論証活動を支援する探究型統計学習環境」を開発することであった。

3. 研究の方法

(1) 簡易に統計のデータ分析と論証を体験できる探究型学習環境の検討

データ分析やその結果に基づく論証といった統計的な問題解決活動に従事させる方法として、Excel や専門ソフトウェア(e.g., SPSS)の利用が一般的であるが、統計が専門でない、数学に苦手意識をもつ学生にとっては操作方法自体が難しく、操作方法の学習自体に時間がかかってしまう等の課題がある。また、抽象的な問題やデータだけを与えても、初学者にとっては学習の動機を醸成することが難しい。そこで、初学者でも使用でき、操作方法の学習時間を最小限に抑えることができるゲーム型のシステムを開発することにした。

また、一般的な学習サイクルは講義(説明)→演習の順序で進行するが、統計が専門でない、数学に苦手意識をもつ学生にとっては、まず数学を伴う理論的な説明を与えても、その内容を理解できない、または学習の動機が醸成されない傾向にある。そこで、「未来の学習のための準備」(Preparation for Future Learning: PFL) (Bransford & Schwartz, 1999)の理論を援用し、説明を与える前に、説明を理解するための準備活動となる問題解決活動に従事させる、準備→説明→演習の学習サイクルでアプローチすることにした。

(2) 実験による形成的評価

(1)で考案した学習サイクルと準備活動向けに開発したシステムを検証するため、6名の学生を対象に実験を行った。都内の公立・私立大学に所属する大学生6名(男性:2名, 女性:4名)が本実験に参加し、ランダムに2人ずつのペアに分かれて3つの活動を行った。最初の準備活動では、各ペアで会話しながら統計ゲームをプレイした。次に、個別に講義動画を視聴した。動画は5つで、スライドの内容を音声で説明する形式であった。参加者は動画視聴中にメモを取ることはできた。その後、同じペアで知識の定着を目的とした問題演習を行った。演習はワークシート形式で、各動画の説明に対応する基本的な問題で構成された。評価方法として、ゲームをプレイする前の事前、ゲームをプレイして講義動画を視聴した直後の事中、演習後の事後テストの3つのタイミングで理解度テストを実施した。

(3) 実際の授業での実践評価

実際の大学授業の中で、(2)と同様に、提案したシステムと学習サイクルで実践を行った。具体的には、都内の大学で開講された統計基礎を教える科目(N=16)の2コマの第1週で本システムを使った準備活動を行い、第2週までに関連する講義動画を視聴してもらい、第2週の授業で演習を行った。(2)の実験と同様のタイミングで事前・事中・事後テストで評価を行い、事前-事中、事前-事後の間でそれ

それぞれt検定を行った。

4. 研究成果

(1) ノベルゲーム型学習環境システムの開発

統計が専門でない、数学に苦手意識をもつ学生に統計のデータ分析や論証の学習活動に従事させる方法として、ノベルゲーム型の学習環境システムを開発した。ノベルゲームとは基本的に背景画とキャラクター、台詞の組み合わせでストーリーが進行し、ユーザの選択によってそのシナリオが分岐していくゲームジャンルの1つである。このノベルゲーム型のシナリオの中に統計的問題を埋め込み、シミュレーションによるデータによって無作為抽出やデータ分析機能を実装し、学生にイメージしやすいコンテキストの中でデータ分析および論証を行えるWEBアプリケーションを開発した。技術的には、ノベルゲームを制作することができるオープンソースのティラノスクリプト (<https://github.com/ShikemokuMK/tyranscript>)に、統計の様々な分析コードが利用可能なR言語のコードを実行できるオープンソースのRApache (<http://rapache.net/>)を組み合わせることでシステムを実装した。本ゲームは基本的に以下の4つのステップで進行する。

① 背景のストーリーとミッション(解決すべき問題)

例として以下のシナリオでは、飴工場で「サイズが小さい」という消費者からのクレームに対して(図1左)工場のどのベルトコンベアがおかしいかを特定する(図1右)、といった学生にイメージしやすいシナリオとミッションを提示する。



図1. 背景のストーリー(左)とミッション画面(右)

② サンプルング選択画面

ユーザは、データの対象と標本サイズを選んでサンプルングを行うことができる(図2)。抽出されるデータは、予めプログラムで制御された母集団分布と母数の値に沿ってシミュレーションされる。初期のバージョンではサンプルサイズしか選択できなかったが、3. 研究の方法(2)の実験中の使用シーンの分析から、無作為抽出の対象をより意識させるために、抽出対象の選択までできるようシステムを修正した。

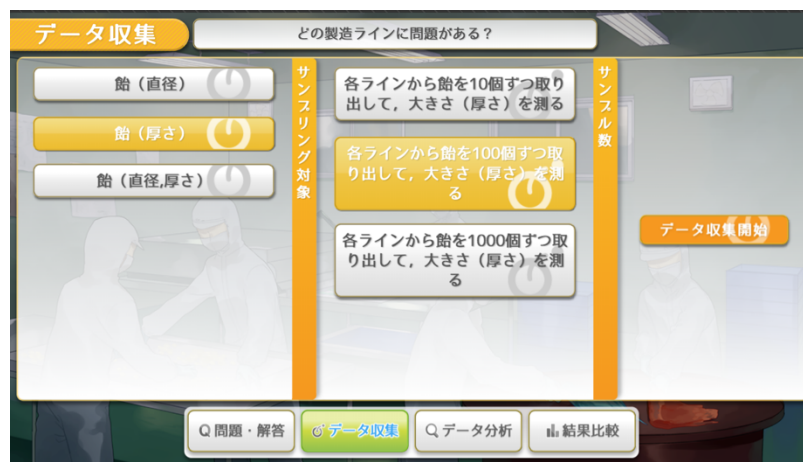


図2. サンプルング画面(左:無作為抽出の対象, 中央:標本数, 右:実行ボタン)

③分析ツール選択画面

収集した（シミュレーションで生成した）データに対して、分析ツールを実行することができる（図3）。図3では代表値とヒストグラム、箱ひげ図となっているが、本ツールは全て R コードで定義されているため、理論上、R で実行可能な様々な分析方法を必要に応じて追加することもできる。

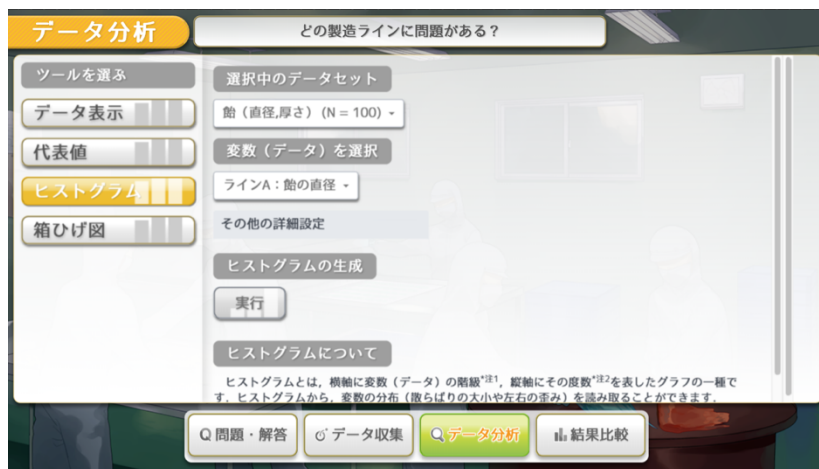


図3. 分析ツール画面

④分析結果比較画面

各分析の実行結果は図表で出力され、図4のように比較して検討することができる。学生はこの図表をエビデンスとしてグループで議論（論証）を行いながら解答（結論）を検討する。



図4. 結果比較画面

(2) 実験結果と考察

(2)の実験における各学習者の事前・事中・事後テストの得点推移を図5に示す。個別の推移を見ると、説明動画の視聴後（事中）で習熟度（満点に対する得点の割合）が90%以上に達した参加者が2名、ペアでの問題演習後（事後）まで徐々に伸びた参加者が3名、事後の時点で習熟度が43%に留まった参加者が1名いた。

記述統計で見ると、事前の平均（2セットの合計点の平均）は6.75 ($SD = 3.82$)、途中で12.9 ($SD = 5.20$)、事後では16.7 ($SD = 4.27$)であった。合計点に対する平均の割合で習熟度を計算すると、事前・事中・事後でそれぞれ32%、62%、79%となり、段階的に伸びていることがわかった。

本実験では参加者が少ないため統計的有意性については言及できないが、映像記録を確認しても

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

どのグループも説明動画の視聴前にゲーム型システムを使って統計的問題解決に取り組むことができ
ており、準備→説明→演習の学習サイクルの実効性が定性的に確認できた。

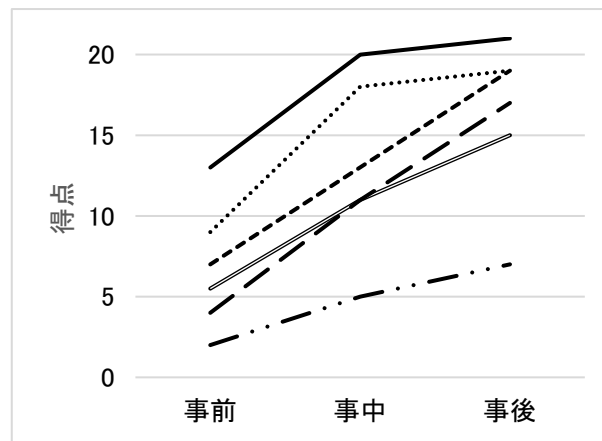


図5. 各学習者のテスト得点推移(N=6)

(3)実践結果と考察

(3)の実践においても事前一事中、事前一事後でそれぞれt検定を行った結果、それぞれ統計的に有意差が確認され、効果量も大きかった($t_{\text{pre-mid}(15)} = 5.97, p < .001, \text{Cohen's } d = 1.50$; $t_{\text{pre-post}(15)} = 7.83, p < .001, \text{Cohen's } d = 1.96$)。本結果は、母集団は特定の大学の授業に限られているものの、本研究で開発したゲーム型システムと提案した学習サイクルの有効性を示唆している。

まとめと今後の課題

本研究で開発したゲーム型システムを統合した準備→説明→演習の学習サイクルを通して、初学者でも容易にデータ分析や論証を通して統計的問題解決を探究できる学習環境を提案できた。また、実験と実践を通して、学習効果が上がることを確認できた。今後の課題として、本研究では統計学習をテーマに取り組んできたが、統計以外の分野においてもゲーム型システムや準備→説明→演習の学習サイクルが適用できるかについても検討の余地があるといえる。

参考文献

- Bransford, J. D., and D. L. Schwartz. (1999). Rethinking Transfer: A Simple Proposal with Multiple Implications. *Review of Research in Education*, 24:61-100.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004) *Internet environments for science education*. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Makar, K., Bakker, A. & Ben-Zvi, D. (2011) The Reasoning Behind Informal Statistical Inference, *Mathematical Thinking and Learning*, 13:1- 2, 152-173.
- Moore, D. S., & McCabe, G. P. (1993) *Introduction to the practice of statistics*. New York: Freeman.
- 統計教育推進委員会ほか (2014). 統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準 <http://www.jfssa.jp/statedu/shitsu.html>.
- Watson, J. (2006) *Statistical literacy at school: Growth and goals*. Mahwah, N.J: L. Erlbaum Associates.
- Wild, C. J., Pfannkuch, M., Regan, M., & Horton, N. J.(2011) Towards more accessible conceptions of statistical inference. *Journal of the Royal Statistical Society*, 174, 2.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 3 件)

①大浦弘樹, 統計分析シナリオを実装可能なノベルゲーム型学習環境の構築, 第 32 回全国大会講演論文集, p.685-686, 2016

②大浦弘樹, 池尻良平, 仲谷佳恵, 山本良太, 山内祐平, 統計学習におけるPFL型学習サイクルの形成的評価, 第 33 回全国大会講演論文集, p.151-152, 2017(日本教育工学会 第 33 回 研究奨励)

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

賞受賞)

③Oura, H., Ikejiri, R., Nakaya, K., Yamamoto, R., & Yamauchi, Y., Gaming, Watching, and Practicing: A Case Study of a Learning Cycle Model in Introductory Statistics (Accepted for the 13th International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2018), London, 2018

6. 研究組織

(1)研究協力者

研究協力者氏名: 吉川 遼

ローマ字氏名: Yoshikawa, Ryo

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。