

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870157

研究課題名(和文)統計的な表象理解を促す学習支援システムの開発

研究課題名(英文)Development of a Learning Support System to Promote Learners' Understanding of Statistical Representations

研究代表者

大浦 弘樹(Oura, Hiroki)

東京大学・大学院情報学環・特任助教

研究者番号：90466871

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学習者自身のデータまたはシミュレーションによって生成したデータから統計的表象を生成可能なWebベース学習支援システムを開発した。本システムでは専門的な知識やスキルがなくとも平均値や標準偏差といった代表値の計算や、ヒストグラムや箱ひげ図といった統計的表象を生成することができ、パラメタを指定することで理論分布からデータを生成することも可能である。本システムの評価実験の結果、被験者は自ら生成した図表の解釈やその比較をしながらデータの解釈に向けた会話が起きることが確認された。

研究成果の概要(英文)：In this research, a web-based learning support system was developed to enable novice learners to generate statistical representations of their own or simulated statistical data. This system allows for calculating representative values such as mean and standard deviation, generating statistical representations such as histogram and box plot, and generating simulated data by setting parameters of theoretical distributions. The experiment demonstrated that learners engaged in interpretive discourse through interpreting and comparing the representations they generated during the activity.

研究分野：教育工学、科学教育、学習科学

キーワード：学習支援システム 統計教育

## 1. 研究開始当初の背景

不確実な状況下の批判的思考の1つとして統計的思考がある(Moore, 1993)。統計的思考は従来から多くの科学活動で必要不可欠であり、近年は産業を中心にビッグデータに対する関心が高まり、メディアでも統計的根拠(evidence)を伴った報道が増加している。21世紀型スキル(Griffin et al., 2012)で定義されるような、現実社会の不確実な状況下で適切な判断を行うための批判的思考力の1つとして、統計的思考の育成に対するニーズは今後ますます高まることが予想され、学術分野でもその流れが活発になっている(Watson, 2006; 垣花, 2011)。

専門教育外で統計的な思考に従事させることが難しい理由の1つは、統計学の学習には本来相当の数学的知識が必要な点にある。この課題に対し、近年、数学や統計教育のコミュニティを中心に数式を(できるだけ)使わずに統計的な概念の深い理解や思考力を育成するための教授方法に関する研究、Informal Statistical Inference (ISI)が活発になってきている。ISIでは、探究型学習活動の中に図表等の統計的表象を伴う統計的な思考に従事させ、(推測)統計の基礎的知識や統計的思考の認識論の発達を促す(Makar et al., 2011)。

上記の学習を支援する活動のデザインには1)学習者に身近でかつ統計的な知識や思考を必要とする真正な探求課題、2)図表やアニメーションといった統計的表象の可視化とその解釈のための分析タスク、3)これら一連の探究活動を通して深い理解を促すための足場かけの3つのデザインが重要である(Linn et al., 2004)。国内の学校現場でこのような分析活動を行う場合、Excelのような市販ソフトウェアかSPSS/Rのような専門ソフトウェアを利用するケースが多い。しかし、市販ソフトウェアの多くは学習支援の目的で設計されておらず、専門ソフトウェアも含め操作方法の学習自体に相当の時間を要するため、限られた授業時間内での探究型学習には実践上の課題がある。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では(1)統計的な思考を育成する上で必要な知識の整理を行い、学習活動デザインに必要な認知的タスクや表象の要件を特定する、(2)統計的表象の可視化や統計的思考を促すインタラクティブな機能を実装した学習支援システムを開発する、(3)統計的思考に関わる学習効果を評価する、(4)統計的表象の理解を促すためのシステムも含めた学習活動デザインの理論的フレームワークを構築する、を目的として統計的な表象理解を促す学習支援システムの開発を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) システムの設計と開発

システムの要件として、学校現場で広く利用できるようにするため(Dillenbourg et al., 2011)、複数のPCにソフトウェアやインストールや更新等が不要のWebアプリケーションにし、専門的なプログラミングではなく基本的なマウスとキーボードで操作できるインターフェース、各機能をモジュール化することで拡張性のあるシステムになるように設計した(図1)。

具体的実装する機能について、入門レベルの統計学書や初等中等の数学の教科書を参考に検討を行った。その結果、まず入門レベルでしばしば扱われる二項分布、正規分布、ポアソン分布の理論的な分布図を生成できる機能を実装した。同様に、平均や分散(標準偏差)、中央値のような代表値を計算できる機能、ヒストグラムや箱ひげ図、棒グラフを生成できる機能、さらに上記の理論分布からデータをシミュレーションによって生成できる機能を実装した(表1)。

### (2) システムの評価

開発したシステムを評価するため、7名(男性:4名、女性:3名)の学生(学部生:6名、大学院生:1名)を対象に実験を行った。推測統計入門としてその目的と母集団と標本の違いについて確認した後、2~3名の小グループでサンプルサイズや抽出回数など異なる条件で繰り返し抽出のデータを生成し、その標本平均分布を生成しながら、中心極限定理の性質(正規分布に近づく)を学ぶシミュレーション活動を行い、その様子をビデオカメラとICレコーダーで記録し、実験後に映像・音声分析を行った。

## 4. 研究成果

### (1) システムの開発

3.で述べた統計的表象の生成を支援する学習支援システム「統計学習オンライン」を開発しWebに公開(stat.doscience.jp)した(図1)。本システムは、ユーザ自身の統計データまたはシステム上で生成したデータに対し、基本的なマウス操作やキーボード入力での平均値や標準偏差といった代表値の計算や、ヒストグラムや散布図といったグラフの生成が可能なWebアプリケーションである(表1)。

本システムはユーザのブラウザ上にHTML、CSS、JavaScriptを通信するPHPスクリプトと、ブラウザから受信した統計処理を行うRスクリプト(Horner, 2013)の2つで構成され、処理によって生成されたデータや図表はブラウザからアクセス可能な一時ディレクトリに保存し、そのURLをブラウザのクッキーに保存することで(再度)アクセス可能な

仕様になっている(図2)。

理論分布機能では、正規分布や二項分布、ポアソン分布のパラメータを指定することで分布図を生成できる。代表値機能では、選択した変数の平均や分散(標準偏差)、中央値を計算できる。箱ひげ図機能では、(複数の)選択した変数について箱ひげ図を生成できる。散布図機能では、2つの変数を選択して散布図を生成でき、オプションで回帰直線を挿入できる。棒グラフ機能では、(複数の)選択した変数の平均の棒グラフを生成でき、各変数の標準偏差、標準誤差、95%信頼区間をオプションで挿入できる。無作為抽出機能では、正規分布や二項分布、ポアソン分布のパラメータと(標本当たりの)サンプルサイズ、無作為抽出の回数を指定することで人工的にデータを生成でき、そのデータをダウンロードできる。標本平均分布機能では、各変数がある変数の繰り返し抽出とみなして、その標本平均分布を生成できる。最後に、信頼区間機能では、標本平均分布機能と同様に各変数を各回の抽出データとして各変数の95%信頼区間の図を生成できる。なお、上記の機能で生成した図の画像をクリックすることでユーザのローカルのコンピュータ上に保存できる。

また、各機能はモジュール化されており、それぞれの機能をカスタムに並び替えて1つのデータ分析の「シナリオ」を制作することができる。具体的には、設定(JSON)ファイルを編集することで、各機能の見出しや記述をカスタマイズすることができる(現在のツール・ページは1つのシナリオとして定義されている)。このように、今後新たな機能やシナリオを追加できる拡張性のある設計となっている。



図1. 開発したシステムのサンプル・ページ

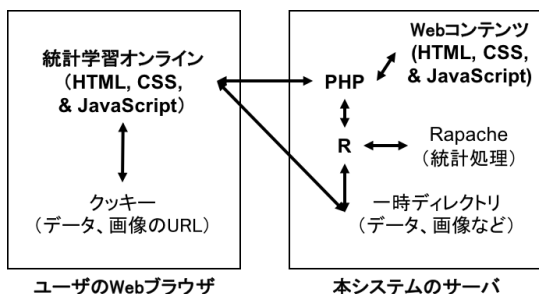


図2. 開発したシステムの構成図

表1. ツール(機能)一覧(2016年5月現在)

ツール名	機能
理論分布	正規分布、二項分布、ポアソン分布の図を生成
代表値	平均、分散(標準偏差)、中央値を計算
ヒストグラム	ヒストグラムを生成(代表値の挿入も可)
箱ひげ図	箱ひげ図を生成
散布図	散布図を生成(回帰直線の挿入も可)
棒グラフ	棒グラフを生成(誤差の挿入も可)
無作為抽出	正規分布、二項分布、ポアソン分布からサンプルサイズを指定して無作為抽出したデータを生成(繰り返し抽出も可)
標本平均分布	各変数を標本とみなして標本平均分布を生成
信頼区間	各変数を標本とみなして信頼区間の図を生成

## (2) システムの評価

シミュレーション活動中の様子を分析した結果、被験者は自ら生成した統計的表象やその比較をしながらデータの解釈に向けた会話がなされてことが確認された。一方で、問いをあまり意識せずに条件を設定し非効率なシミュレーションを行ってしまう点や、本システムでは1回に1つの図表を生成・表示するため、複数の図表を比較しながら解釈をしようとする際に手間がかかるといった課題も明らかになった。このことから、シミュレーションに入る前にどの条件を何のためにシミュレーションするのかを意識させるような活動や、複数の図表を比較しやすくする機能を追加した足場かけが必要であることがわかった。

## (3) まとめと今後の課題

本研究を通して、統計的表象を生成・表示できる学習支援システムを開発、公開した。本システムは拡張可能であり、今後、現場の教員からの要望に応じて機能を追加していく予定である。システムの評価から、本システム上でシミュレーション活動を行い、データの解釈に向けた会話が起きることが確認できたが、今後、授業等の実践を通して運用実績を上げる必要がある。また、統計の知識

をもたない学習者は問いを立てずに非効率なシミュレーションを繰り返す傾向が見られたため、シミュレーションの前に問いを立てる活動を先に行う、あるいは現実のデータを使って分析を行う活動などの学習活動を検討する必要がある。最後に、現時点ではシステムは一度に1種類の図表しか表示することができないが、複数の図表を併置できる機能を追加することで、学習者が図表を比較しやすくてできることが期待される。今後、本システムを活用した実践を増やし、機能や活動の改善を行いながら有効な統計学習のモデルを検討していきたい。

#### 参考文献)

- Dillenbourg, P. (Ed.) (2011). Trends in orchestration. Second research & technology scouting report, STELLARnet Deliverables, D1.5.
- Griffin, P. E., McGaw, B., & Care, E. (2012). Assessment and teaching of 21st century skills. Dordrecht: Springer.
- Horner, J. (2013). rApache: Web application development with R and Apache. <http://www.rapache.net/>.
- 垣花京子 (2011). 特集「科学教育における統計的思考力育成のための理論と実践」にむけて, 科学教育研究, Vol. 35 (2), 67-68.
- 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.
- Watson, J. (2006). Statistical literacy at school: Growth and goals. Mahwah, N.J: L. Erlbaum Associates.

#### 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0件)

〔学会発表〕(計1件)

大浦 弘樹 (2015.09.21) 統計的表象を伴う探究学習を支援するシステムの提案: 日本教育工学会 第31回全国大会 講演論文集 pp. 207-208. 電気通信大学(東京都・調布市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

成果物のWeb公開: 統計学習オンライン  
<http://stat.dosscience.jp/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

大浦 弘樹 (OURA, HIROKI)  
東京大学・大学院情報学環・特任助教  
研究者番号: 90466871

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

なし