

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26590230

研究課題名(和文)ゲーミフィケーションに基づく、家庭学習用協働型論証ゲームの開発

研究課題名(英文)Development of Collaborative Learning Game at Home with Gamification

研究代表者

松岡 樂 (MATSUOKA, Yasushi)

信州大学・教育学部・名誉教授

研究者番号：50135117

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)：本研究は、家庭での中学生による論証の学習を改善・充実するために、ゲーミフィケーションの視点から、開発済みの論証学習支援システムをもとに、論証学習ゲームを製作した。次に、論証学習ゲームを家庭学習用協働型論証ゲームとして再構成することに関する可能性と限界を特定し、HTML5により動作するコンテンツの再制作及び、家庭学習で生徒達が主体的に取り組めるようにするために、フローチャート証明を利用して、よりシンプルなゲームを試作した。

研究成果の概要(英文)：This research developed a game for learning formal proofs in geometry from the view point of gamification by remaking the developed learning system of formal proofs in order to improve and advance students' learning of formal proofs at home. Then, the prospects and limitations related to using the game at home collaboratively were specified, and in order to resolve the limitations of Flash technology simpler games for learning proofs are produced experimentally by using HTML5 technology and Flow-chart proof format.

研究分野：数学

キーワード：ゲーミフィケーション 家庭学習 協働 論証

1. 研究開始当初の背景

(1) 論証の学習状況の改善は重要な課題

教育課程実施状況調査及び全国学力・学習状況調査の結果から、我が国の証明の学習状況が望ましくないままになっていることが明らかとなっており、その改善が喫緊の課題として認識されている(国立教育政策研究所, 2013)。こうした学習状況は国際的にも同様であり、状況改善はグローバルかつ重要な課題であるといえる(ICMI, 2009)。

(2) 証明学習支援システムのゲーム化による改善の可能性

既に、論証学習支援システムを開発済みである(科研費(基盤研究(B)):平成18~21年度, 課題番号:18330187)。このシステムでは、フローチャート証明が採用されており、この証明の学習が証明の導入期における学習の足場として有効であることが実証されている(湯本, 2007)。同システムには、コンテンツ20題が含まれる。また、図形の辺などを所定の箇所にドラッグすると、例えば“AB”と自動的に記号化され、回答の正誤判定及び修正促進がなされる。

授業での学習支援システム利用に加え、自習や家庭学習で生徒が主体的にシステムを利用することにより、証明の学習状況が改善される可能性がある。

2. 研究の目的

本研究は、家庭での中学生による論証の学習を改善・充実するために、ゲーミフィケーションの視点に基づき、開発済みの論証学習支援システムを用いて、家庭学習用協働型論証ゲームを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究の目的を次の方法で達成する。

ゲーミフィケーションの視点から、開発済みの論証学習支援システムをもとに、論証学習ゲームを製作する。

製作された論証学習ゲームを試用により改良する。

改良された家庭学習用論証ゲームを協働型として再構成する。

4. 研究成果

(1) ゲーミフィケーションの概念規定

Karl (2012)によると、ゲーミフィケーションとは、「人々の関心を惹きつけ何かをしたくなるよう動機付け、学習を促進し、問題を解決するために、ゲーム固有の仕組み、美的感覚、ゲーム思考を用いること」(p.10)を意味する。ある制作物がゲーミフィケーションと呼ばれるには、次の事項が考慮されている必要がある(ibid, pp.28-49): 構造化されたゴール、ルール、コンフリクト/競争/協働、制限時間、報酬のしくみ、フィードバック、レベル、ストーリー性、関心の起伏、美的センス、リプレイ。これまでの先行研究では、育成されるべき資質・能力に応じて、ゲーミフィケーシ

ョンの特性が異なることが指摘されている(ibid, pp.167-190)。

(2) 論証学習ゲームの製作

ゲームの基本設計の決定

市場における様々なゲームについて情報を収集し、中学生にとって身近で興味のもてる基本設計としてRPGを採用することにした。

論証学習としてのコースウェアの作成

既に開発済みの論証学習コンテンツについて問題文及び画面構成を改善し、中学生にとって適切な論証学習となるように、改善されたコンテンツの難易度に応じた配列を決定し、各コンテンツでの学習問題に応じ解答レベルを定め、解答レベルに応じ、獲得できるアイテムとポイント数を定めた。また、学習上必要となるコンテンツを既に作成済みのコンテンツに加えて作成した。

論証学習ゲームの試作と改善点の特定

ゲームの基本設計とコースウェアに基づいて、論証学習ゲームを製作した。製作にあたっては、所属機関内に開発チームを構成しWebコンテンツ業者とともに開発を進めた。

製作されたゲームについてタブレットでの試用によるゲームの改善点を特定した。その結果、コンテンツの難易度に基づく再編成、報酬システムの改善が必要であることが判明した。

論証学習ゲーム日本語版の完成

特定された改善点に基づいて、論証学習ゲームの日本語版を完成し、インターネット上で公開するとともに、本ゲームに関する情報サイトを設けた。



図1 論証学習ゲームの初期画面(日本語版)

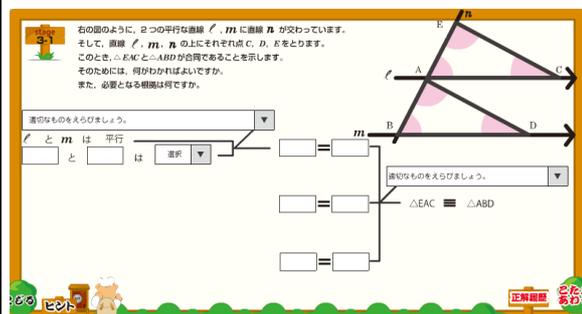


図2 問題コンテンツの例(日本語版)



図3 各ステージのスコア集計画面  
論証学習ゲーム英語版の作成  
論証学習ゲーム日本語版を英語版に翻訳し、インターネット上で公開した。



図4 論証学習ゲームの初期画面(英語版)

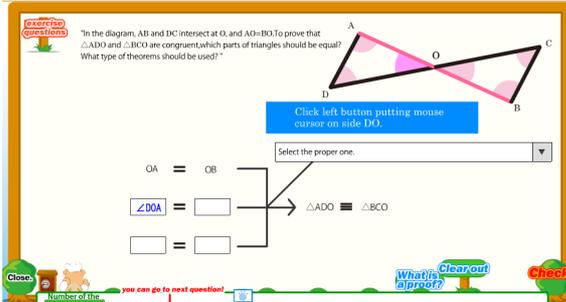


図5 問題コンテンツの例(英語版)  
(3)家庭学習用協働型ゲームとして再構成  
家庭学習用協働型ゲームの可能性と限界  
公開された論証学習ゲームについて、  
2・3人の生徒による協働的な学習が実現可能であることが確認された。一方、家庭学習を想定した場合、インターネット上での協働的な学習を実現することが必要であり、それには、同時間における学習ゲームの実行に関して困難が見出された。  
また、Flashで動作するゲームの普及が今後見込めないことから、HTML5等で動作する学習ゲームの開発を進めていくことにした。

基本となる論証学習コンテンツの再制作  
HTML5等で動作する学習ゲームの開発にあたり、その基となるFlashの学習コンテンツをHTML5で制作し直し、情報サイトを設けた。

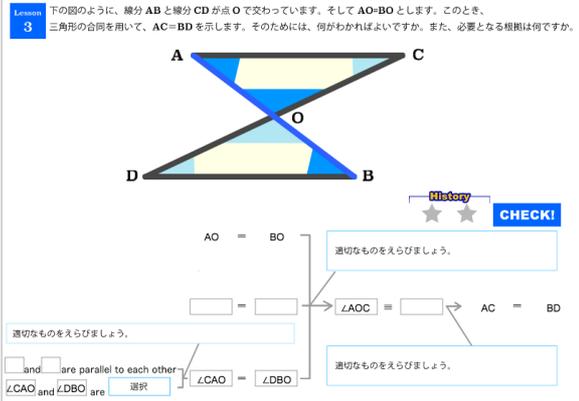


図6 HTML5による学習コンテンツの例

家庭学習用協働型ゲームの開発  
家庭学習で生徒達が主体的に取り組めるようにするために、フローチャート証明を利用して、よりシンプルなゲームを試作した。



図7 シンプルなゲーム

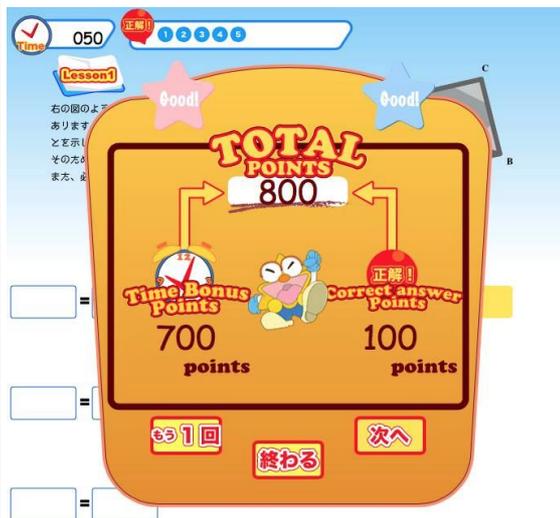


図8 スコア集計画面

試作された学習ゲームは、一つのコンテンツの解決に要する時間が短く、取り組みの成

果がわかりやすいため，RPG タイプに比べ生徒の主体的な取り組みが継続することが期待される。一方，HTML5 に関する技術的な問題により協働型にする部分については検討中である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 12 件)

Miyazaki, M., Fujita, T. and Jones, K. (in press). Designing a web-based learning support system for flow-chart proving in school, Digital Experiences in Mathematics Education. (国際共著, 査読有)

Miyazaki, M., Fujita, T. and Jones, K. (2017). Students' understanding of the structure of deductive proof, Educational Studies in Mathematics, 94(2), 223 - 239. (国際共著, 査読有) DOI: 10.1007/s10649-016-9720-9, オープンアクセス

Miyazaki, M., Fujita, T. and Jones, K. (2015). Flow-chart proofs with open problems as scaffolds for learning about geometrical proofs, ZDM, 47(7), pp. 1211-1224. (国際共著, 査読有) DOI: 10.1007/s11858-015-0712-5

Miyazaki, M., Fujita, T., and Jones, K. (2014). Functions of Open Flow-chart Proving in introductory lessons of formal proof. In Liljedahl, P., Oesterle, S., Nicol, C., & Allan, D. (Eds.) Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36, Vol. 4, pp. 225-232. Vancouver, Canada: PME. (国際共著, 査読有)

〔学会発表〕(計 8 件)

宮崎樹夫, 村松浩幸, 岩永恭雄 (2016). 中学校数学における証明学習支援システムの刷新: “定理ブロック”の活用による, 証明を構想する活動の充実, 日本科学教育学会年会論文集 40, pp. 329-330. ホルトホール大分, 2016/8/19-21(8/20 発表)

Miyazaki, M., Nagata, J., Chino, K., Fujita, T. Ichikawa D., Shimizu, S., & Iwanaga Y. (2016). Developing a Curriculum for Explorative Proving in Lower Secondary School Geometry, Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education (国際会議). 2016/7/24-31, University of Hamburg

Keith Jones, Mikio Miyazaki and Taro Fujita (2015.6). Aspects of scaffolding in a web-based learning system for congruency-based proofs in geometry, 12th International Conference on Technology in Mathematics Teaching, University of Algarve, Faculty of Sciences and Technology 2015/6/24-27

宮崎樹夫, 松岡樂, Taro Fujita, Keith

Jones (2014; 9月). オープンなフローチャート証明をすることの効果と限界, 日本科学教育学会年会論文集 37, pp.333-334. 2014/9/13-15.

〔図書〕(計 2 件)

Miyazaki, M. and Fujita, T. (2015). Proving as an explorative activity in mathematics education: new trends in Japanese research into proof. In Sriraman, B. (Eds.), First Sourcebook on Asian Research in Mathematics Education: China, Korea, Singapore, Japan, Malaysia and India (International Sourcebooks in Mathematics and Science Education) (pp. 1375-1407), Charlotte, NC: Information Age Publishing. (ISBN: 1623960290), 総ページ数: 1767

〔その他〕

- ・ 「ゲームで図形の証明を攻略！」  
<https://www.facebook.com/proofgameFC/>
- ・ 「Let's flowchart thinking」  
[http://www.sun-first.jp/fc\\_html5jp/](http://www.sun-first.jp/fc_html5jp/)

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

松岡 樂 (MATSUOKA, Yasushi)  
信州大学・教育学部・名誉教授  
研究者番号: 50135117

(2)研究分担者

宮崎 樹夫 (MIYAZAKI, Mikio)  
信州大学・学術研究院教育学系・教授  
研究者番号: 10261760