

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 9 月 5 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350357

研究課題名(和文) Geogebraを用いた電子教材開発の調査と開発支援環境の構築

研究課題名(英文) Investigation into development of electronic teaching materials using Geogebra

研究代表者

阿原 一志 (Ahara, Kazushi)

明治大学・総合数理学部・専任教授

研究者番号：80247147

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：GeoGebraは世界で広く使われている数学教材作成ツールであり、特に動的幾何学とインタラクティブな教材作成にたけている。本研究では、日本国内の中等教育の数学教材ツールとしてのGeoGebraのありようについて調査研究を行い、かつ広いコミュニティを募りながらGeoGebraを使った電子教材の実例を提供することを目標とする。

研究成果の概要(英文)：GeoGebra is a making tool of mathematics teaching materials, utilized widely in the world. Using GeoGebra, we can make easily teaching materials with dynamic geometry and interactive materials. In this study, we propose new skills of making materials of mathematics with GeoGebra for high school teachers in Japan. Rasing a larger community, we aim for offering many examples in Japanese using GeoGebra.

研究分野：教育工学

キーワード：GeoGebra 動的幾何学ソフトウェア 電子教材

## 1. 研究開始当初の背景

申請者(阿原)は1990年頃より、数学(特に幾何学)のためのソフトウェア開発を研究のひとつの軸においてきた。その流れの中で、2003年に幾何学作図ソフトウェア「シンデレラ」の日本語版作成に携わり、この革新的な教育ソフトウェアを日本の数学教育で利用してほしいと広報を行った。ある程度シンデレラ日本語版は拡散したが、「有償ソフト」であることが重く課題として残った。有償のものは中学高等学校で使ってもらえないのである。そこで、シンデレラ日本語版に匹敵する無償ソフトウェアを作成してみようと思い立ち、2007年にソフトウェア「KidsCindy」を作成した。これは一般的な幾何学作図ソフトに加えて、グラフ描画機能(GRAPESを念頭に置いた)やスライドショー機能(パワーポイントを念頭に置いた)を追加したもので、オープンソースとして公開し無償で配布を行い、現在でもなお広く頒布されている。このKidsCindyを使った実験授業は一応の成功を収めたが、長く継続するための「ソフトウェアのメンテナンス体制構築」や広く利用してもらうための「コミュニティづくりの拡大」に大きな課題が残った。

なお海外では、ヨーロッパにおいて数学教育にコンピュータを導入する多くの先行研究が発表され、Mathematica、Mapleなどの数式処理ソフトを始め、Cabri、Cinderella、GeoGebraなど幾何学ソフトについても、中等教育のための教材開発が盛んに行われている。しかし、日本はこの点において決定的に立ち遅れているのが現状である。

以上のような経緯から申請者はいくつかの試みを通じて、「無償で使いやすく」「教材のたくわえが可能で」「コミュニティに期待の持てる」規格を模索してきた。そのひとつはMathematicaをベースとした

DyGeomプロジェクト(2011)である。これはCDFファイルで教材を頒布しようという考え方で、WolframのCDFフリーライブラリに登録することで拡散できるが、教材開発にはMathematica8が必要でありこれは高価であることが課題であった。次に考えたのが本研究のGeoGebraによる数学教材ライブラリ作成である。GeoGebraはメンテナンス・開発がヨーロッパを中心に継続的に行われており、しかもオープンソースなので新機能を自由に提案することが可能である。また数多くの言語用に翻訳され、海外に大きな教材コミュニティGeoGebraTubeもある。実際に数学教材を作り始めてみると、幾何学、解析学には非常に強力であることがわかったが、そのほかの代数学、組み合わせ論、などの教材作成には困難や特別なノウハウが必要であることが判明し、課題が残っていることがわかってきた。

## 2. 研究の目的

初等・中等教育における電子教材の重要性が社会問題として議論されることが多い。しかし、どのような電子教材が適切であるかという議論はそれに比べて少ないように思われる。GeoGebraは世界で広く使われている数学教材作成ツールであり、特に動的幾何学と数式処理に長けている。

本研究では、中等教育の数学教材のツールとしてのGeoGebraのありようについて調査研究を行い、かつ広いコミュニティを募りながら、GeoGebraを使った電子教材の実例を提供し、かつGeoGebraに機能を追加する提案を行うことを主たる目標とする。

### (1) 日本の教育課程を前提としたGeoGebra電子教材の整理・拡充

GeoGebraを用いた電子教材および電子端末を用いた実験授業のプランを構築・公

開し、数学の指導要領の全内容と比較することにより、GeoGebra との親和性について検討する。また、海外における成功事例の情報を日本語に翻訳してこれを日本国内で紹介し GeoGebra の利用拡大を図る。さらに GeoGebra 教材独特のノウハウを開拓し、これらを専用サイトを通じて情報公開する。そして、アクティブ・ラーニングの手段としての電子教材のあり方も研究する。以上の過程を経て、数学の指導要領の全ての単元の表現に応用可能であることを実証する。

## (2) 数学電子教材のコミュニティの国内の広がり

中学高等学校の現場に一律に電子教材が導入される事例が日本各地で現れる一方で、現場の教員による電子教材への興味は、15年前と比べて進んでいないように思われる。GeoGebra 講習会やインターネットを通じた交流を通して、GeoGebra に関する啓蒙活動を引き続き行っていく。

### 3. 研究の方法

日本の学習指導要領に沿った GeoGebra 教材の分類・整理・拡充を調査・開発する。また日本国内における GeoGebra ユーザーの間の交流を深めていく。中等教育の教員が検索・投稿しやすいようなインターネットサイトの構築・維持、およびアクティブラーニング教材への新しい提言を行う。

(1) 本研究の研究経過、成果については、専用のインターネットサイトを通じて随時公開する。

([http://www56.atwiki.jp/geogebra\\_kyozai/](http://www56.atwiki.jp/geogebra_kyozai/))

(2) 学習指導要領の進行に沿った GeoGebra 教材の提案は上記インターネットサイトである程度はできている。平成 28 年度には、各単元に沿った GeoGebra 教材ごとに、「電子教材の作り方のドキュメント」と「授業進行案」とを付与する計画を立てている。前者は自分で教材を作ろうと

いう教員のためにノウハウを提供するものである。後者は電子教材を用いた授業案を提示することによって、電子教材の実践的授業を促進することが目的である。もちろん、荒唐無稽な授業案を提示しても仕方がないので、教室におけるモニタリングや、GeoGebra を教育現場で活用している教員の聞き取り調査を通して、より具体的で意味のある授業進行案を提示する。

(4) 日本国内における GeoGebra のユーザーは自然発生的に緩やかに増加しているように申請者は感じている。これは定期的な GeoGebra に関する研究発表や、インターネットサイトでの GeoGebra の有効性の宣伝などの活動からの影響であると考えられる。しかしその作用はまだあまりに緩やかで、GeoGebra というソフトウェアが持つ能力が十分に理解されている状況からは程遠い。本研究では引き続き GeoGebra の広報活動に努め、多くの教員によるコミュニティを形成し、その中から GeoGebra のさらなる有効活用への道筋、特に日本における数学教育に適した電子教材のあり方を議論できるようなコミュニティ作りを行う。具体的には、GeoGebra をテーマにした勉強会の開催（このことについての本研究での予算措置は行っていない）や、インターネットコミュニティの活用を行う。

### 4. 研究成果

GeoGebra を用いた日本語教材の提案については、ウェブサイトを通じて公開している。また京都大学、統計数理研究所などにおいて、研究成果を報告するとともに、関連研究者との研究交流を行った。

### 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3件)

- ・ 「GeoGebraによる説明と例題の交互の提示によるスライド教材とその作成の簡易化」(査読なし論文),原知己,阿原一志, 京都大学数理解析研究所講究録 2022, 40-47, 2016年9月
- ・ 「GeoGebraの日本語教材の単元別整理とサイト公開について」(査読なし論文), 阿原一志, 京都大学数理解析研究所講究録 2022, 192-196, 2016年9月
- ・ 「感覚に訴える GeoGebra 教材作成のための提案」(査読なし論文) 原知己、(阿原一志による研究指導) 京都大学数理解析研究所講究録 1951、2015年6月

[学会発表](計9件)

- ・ 「GeoGebra日本語教材のデータサイトの整備と普及」,阿原一志,統計数理研究所共同研究「動的幾何学ソフトウェア GeoGebra の整備と普及」, 統計数理研究所 2016年11月
- ・ 「GeoGebraの日本語教材の単元別整理とサイト公開について」, 阿原一志, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」,京都大学数理解析研究所, 2016年9月
- ・ 「GeoGebraによる説明と例題の交互の提示によるスライド教材とその作成の簡易化」, 原知己, 阿原一志, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」,京都大学数理解析研究所, 2016年9月
- ・ 「GeoGebraによる数学自学自習支援システム」, 原知己、阿原一志、京都大学「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」2015年9月2日
- ・ 「GeoGebraによる数学自学自習支援システム」, 原知己、阿原一志、統計数理研究所「GeoGebraの数学、数学教育、および統計教育での利用」2015年9月30日
- ・ 「数式処理を活用した数学教材開発につ

いて」(招待講演) 阿原一志、数式処理学会(仙台) 2014年1月26日

- ・ 「感覚に訴える GeoGebra 教材作成のための提案」(講演) 原知己、阿原一志、「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, 京都大学数理解析研究所、2014年9月1日
- ・ 「対話型幾何ソフトウェアと自動証明 - シンデレラとキッズシンディ」(学術講演) 阿原一志、「高信頼な理論と実装のための定理証明とよび定理証明器(TPP) 2014」, 九州大学、2014年12月5日
- ・ 「高校のカリキュラムを踏まえた geogebraの日本語マニュアルつくりについて」(講演) 岡田 知美、阿原一志、「GeoGebraの数学、数学教育、および統計教育での利用」統計数理研究所 2013年10月25日

[図書](計1件)

阿原一志著「作図で身につく双曲幾何学 -GeoGebra で見える非ユークリッドな世界」共立出版,2016

[産業財産権]  
出願状況(計0件)  
なし

取得状況(計0件)  
なし

[その他]  
ホームページ  
「GeoGebraで日本語教材を作ろう」  
<http://www.aharalab.sakura.ne.jp/geogebra/index.php>

6. 研究組織

(1)研究代表者

阿原一志 (Kazushi Ahara)  
明治大学・総合数理学部・専任教授  
研究者番号: 80247147