

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501012

研究課題名(和文)生徒用タブレット端末用の作図ツールの開発と授業実践

研究課題名(英文)Development of dynamic geometry software for tablet and educational practice with it

研究代表者

飯島 康之(Iijima, Yasuyuki)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号：30202815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：html5とJavaScriptを使うことによって、作図ツール(数学的な意味で図形を作図し、動かすことで数学的な探究を可能にするソフト)を開発した。これによって、同一のソフトを複数の機器(PC, iPad, Androidなど)で使えるスタイルの数学教育用ソフトを開発できるノウハウを取得できた。また、実際に10校程度での授業実践を行うことによって、4人1台のタブレットを使った授業実践で実用的に使えることが実証できた。

研究成果の概要(英文)：New version of Geometric Constructor(GC/html5), which has developed as windows application and Java applet, is developed based upon html5, JavaScript. It can be used with many type computer including PC, iPad and Android.

We used it in mathematics classroom at ten junior high schools. These practice show that we can use it with group collaboration (one iPad for four students).

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：数学教育 作図ツール 動的幾何 ソフト開発 授業研究 タブレットPC

## 1. 研究開始当初の背景

数学的な意味で図形を作図し、マウスやキーボードで変形、軌跡および測定を行うことによって図形の動的な探究を支援するソフトの開発と利用は1990年頃からはじまった。申請者が開発した Geometric Constructor に関しては、GC/DOS(1989-)、GC/Win(1996-)を経て2000年にはJavaアプレットとしてGC/Javaを開発してきたが、国内外のさまざまな動的幾何ソフトの動向もほぼ同様で、最近注目されている GeoGebra やシンデレラもJavaアプレットとして開発されてきた。

研究開始当初の背景として、iPadの登場がある。iPadの登場は、教育現場での生徒用端末がいずれタブレット端末に置き換わる可能性を示唆するものであったが、より具体的に二つの研究課題を示唆していた。

第一は、実用的なソフト開発の方法論に関するものである。上記に示したように、作図ツールは数学教育の中で、約20年間の中で開発・実践を進めてきたが、これまで、DOSアプリケーション windows アプリケーション Java アプリケーションという流れで、ソフト開発の方向性が変化してきた。しかし、iPad上では、Javaやflashは動かない。そのため、iPad用のソフトを開発するためには、iPad固有のソフトを開発するか、あるいはhtml5+JavaScriptによる開発のいずれかを選択する必要があった。

国内の学校で利用されるタブレット端末はiPadだけでなく、windows8も、Androidもありうる。どのタブレット端末でも動作すると同時に、既存のwindowsアプリケーションとしてのGC/Winと同程度の機能を実現するためのソフト開発の方法論を確立することが、一つの課題であった。

第二は、実践に関するものである。1990年代はコンピュータ室での利用を中心とした探究的な利用が中心であったが、2000年代は普通教室でプロジェクタ等を使った大画面での利用が中心であった。2008年以降、ネットブック等を使って普通教室での探究的な利用を模索してきたが、授業実践上の課題が存在していた。第一の課題をクリアし、ソフト開発が可能になったとき、タブレット端末を使って授業を実施することにより、既存の問題点が解消されるかどうかを検証することが第二の課題であった。

## 2. 研究の目的

以下の2点に関して明らかにすることを目的とする。

(1) html5の技術を使って、既存のGCの設計・機能を拡張して、iPad対応の作図ツールを開発する。

(2) 開発したソフトを元に、グループ(4人)1台のiPadを使った授業のための教材開発と授業実践を行い、そのノウハウを明らかにする。

## 3. 研究の方法

まず、次の段階を踏まえることによって、GC/html5の開発を行った。

(1) GC/Winで扱ってきた既存のクラス(数値、点、直線、円など)を、JavaScriptのオブジェクトとして実装する。

(2) GC/Winの作図等に関わる各種のプログラムを、JavaScriptのオブジェクトとして実装する。

(3) (既存の)GC/Winで作成する図形のファイルを読み込み、表示できるようにする。

(4) GC/html5単体で図形を作図・保存できるようにする。

(5) サーバ側のシステムを構築することによって、GC/html5がwebアプリケーションとして稼働するようにする。

上記の段階のそれぞれに対して実践的なテストを行うとともに、(5)以降は、実際の教室での授業の中での利用を進めることによって、その検証や改良を行うとともに、授業研究を蓄積していく。

## 4. 研究成果

### (1) ソフト開発について

研究の方法に示した段階を経ることによって、GC/WinやGC/Javaでの基本的な機能の多くをGC/html5およびサーバ側のソフトの組み合わせによって実現することができた。処理速度は使う機種によって異なるものの、iPad、PC(windows8)、Androidで動作することを確認できた。そして、その動作は、作図・軌跡・測定などをインタラクティブな使い方を使う場合には、数学的活動には支障のないくらいの円滑さで動作することも確認できた。

既存のGC/WinやGC/Javaにない機能等として、以下のものを新たに実装した。

#### a. マルチタッチ

iPad(Safari)での利用と、PC(Internet Explorer11)での利用に関して、複数の点を同時に動かすことができるようになった。同時にそれは、新しい数学的探究の可能性をもたらすこともわかった。

#### b. 角や(内部に色をぬれる対象としての)多角形の実装

特に小学校などでの利用を考える場合に、内部も含めた形としての図形を扱いたい場合に便利になった。

#### c. 格子点上への点の束縛

自由な点の動きを、これまでの幾何学的対象上のみでなく、格子点上へ制限することもできるようになった。これによって、ジオボートの環境を作ることができ、たとえば、ピククの定理のようなものも扱えるようになった。

ソフトの公開やコンテンツの蓄積・公開

まず、ソフト自身に関しては、[http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc\\_html5/](http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc_html5/)

に開発の目的や経緯，さらにオンライン保存の場所を掲載するなどの情報提供を行った。また，各種教材などの蓄積に関しては，GC/RC(Recourse Center) [http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/iijima/gc\\_rc/](http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/iijima/gc_rc/) に公開するとともに，数学的探究・教材・作図の手引き・マニュアルなどを，蓄積・公開した。

学部や大学院の授業用の環境の中でのコンテンツの蓄積と利用

また，学部の数学科教育 CII という授業の中では，このソフトを使って数学的探究を進めるとともに，中学校や高校の授業の中で使う場合の指導案作成や授業スキルについての検討等を行った。

それらは，GC/html5 は独自のオンライン保存機能を使い，授業用のコンテンツサーバとしては，PukiWiki に GC/html5 独自のプラグインを追加した環境の中で行ったが，のべ 200 名程度の学生向けの授業の中で，作図，探究，指導案作成，発表などの作業に関して，ほぼ支障なく実施することができた。

現在実装できていない機能の代表的なものは，「条件を満たす点の集合」を求める機能である。これは画面内のすべての点に関して処理するのに必要な時間が長くなるため，ブラウザが自動的に処理を停止してしまうことに起因する。このような機能の実装の仕方は今後の課題として残っている。

## (2) 授業研究について

GC/html5 を利用した授業研究は，愛知教育大学附属名古屋中学校，附属岡崎中学校，川崎市立玉川中学校，愛知県岡崎市立葵中学校，愛知県みよし市立南中学校，愛知県愛西市立佐屋中学校，愛知県蒲郡市立北部小学校，静岡市立竜爪中学校，鳥取県三朝市立三朝中学校，佐賀県有田町立有田中学校，宮崎県日向市立日向中学校，北海道札幌市立札幌中学校，東京都足立区立第 12 中学校などにおいて実施した。3 年間で 10 校以上の中学校で 20 実践以上を行うことができた。そして，これまで多くの学校で実践してきた GC/Win を使った授業実践とほぼ同じ程度に授業を円滑に行えることを確認することができた。

ネットブックのときに発生していた問題点に関して，次のことがわかった。

a. 起動に時間がかかったり，スタンバイしていた状態で配布しても生徒が「長押し」してしまうことによって再起動になり，時間がかかってしまう点は，iPad を使うことによって，「開いて使い，終わったら閉じる」というルールだけの確認でほぼ解消できる。

b. 機器の管理や準備に多大な時間と労力がかかっていた点は，(附属学校のように，実験授業用の端末を)インターネット接続可能な学校においては，大幅に解消できる。

c. 多くの公立学校では，実験授業用の端末を校内 LAN に接続することができない。このような場合は，準備に一定の労力と時間が

必要になるが，その方法論を確立することができた。(いずれ，機器が学校に普及するのに応じて解消されるはずの問題点である。)

d. 4 人グループで 1 台の授業実践を中心に行ったが，附属学校においても，また公立学校においても，適切な授業を実施することができた。特に多くの場合において，生徒の豊富な会話や活動を見受けることができた。

## 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 9 件)

飯島康之(2014)，2010 年代の日本の教育用数学ソフトに必要なこと，京都大学数理解析研究所講究録：数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究，査読なし，印刷中

飯島康之(2013)，作図ツール GC/html5 のマルチタッチ機能を生かした数学的探究と授業の実際について，教科開発学論集，査読あり，2，85-94

飯島康之(2013)，作図ツール GC/html5 のマルチタッチ機能を生かした教材開発について - 四角形の種類を保つような 2 点の動かし方について - ，日本科学教育学会研究会報告，査読なし，27-5，43-48

飯島康之(2012)，作図ツール GC/html5 の利用形態について - 現在の学校のネットワーク状況を踏まえて - ，日本科学教育学会研究会報告，査読なし，26-8，35-38

飯島康之(2012)，作図ツール GC/html5 を使った多様な探究のための教材開発の実際，イブシロン，査読なし，vol.54，7-24

藤岡祐紀・飯島康之(2011)，作図ツールを利用したグループ活動 - 二等辺三角形の問題に関するケーススタディ，日本科学教育学会研究会報告，査読なし，25-6，21-26

飯島康之(2011)，GC/html5 ビューア版の開発と iPad を使って授業の実際 - 「いろいろな四角形」の実践に焦点を当てながら - ，日本科学教育学会研究会報告，査読なし，25-6，17-20

飯島康之(2011)，作図ツール GC/html5 の開発と iPad を使った教育実践，京都大学数理解析研究所講究録：数学ソフトウェアと教育 - 数学ソフトウェアの効果的利用に関する研究，vol.1780，査読なし，243-253

飯島康之(2011)，iPad と GC/html5 を使った授業による二つの提案 - 附属名古屋中学校での鈴木実践に関連して - ，イブシロン，査読なし，vol.53，13-24

〔学会発表〕(計 7 件)

飯島康之，GC/html5 のマルチタッチ機能を生かした数学的探究について，秋期研究大会，日本数学教育学会，宇都宮大学，2013/11/16

飯島康之, 2010年代の日本の教育用数学ソフトに必要なこと, 京都大学数理解析研究所研究集会 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, 2013/8/20

飯島康之, GC/html5を使った授業設計に関する基礎的考察, 数学教育論文発表会, 日本数学教育学会, 奈良教育大学, 2012/11/10

飯島康之, 作図ツール GC/html5 の開発とiPad を使って授業実践例, 京都大学数理解析研究所研究集会 数学ソフトウェアと教育 - 数学ソフトウェアの効果的利用に関する研究, 京都大学数理解析研究所, 2012/8/21

Yasuyuki Iijima, GC/html5 : dynamic geometry software which can be used with iPad and PC - feature and some lesson with it -, International Congress of Mathematics Education, Korea Souel COEX, 2012/7/8-15

飯島康之, GC/html5の開発とビューア版による授業実践, 数学教育論文発表会, 日本数学教育学会, 上越教育大学, 2011/11/12

飯島康之, iPad上で操作可能なGC/html5(ビューア版)の開発と授業の実際, 日本科学教育学会年会, 東京工業大学, 2011/8/23

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

GC/Resource Center

[http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc\\_rc/](http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc_rc/)

GC/html5

[http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc\\_html5/](http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc_html5/)

GC & iPad

[http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc\\_iPad/index.htm](http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijima/gc_iPad/index.htm)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

飯島 康之 (Iijima, Yasuyuki)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 30202815