

GeoGebra による数学自習支援システム

明治大学・総合数理学部 阿原 一志 (Kazushi Ahara)

Department of Frontier Media Science,
Meiji University

明治大学・総合数理学部先端メディアサイエンス学科 原 知己 (Tomoki Hara)

Department of Frontier Media Science,
Meiji University

1 まえがき

GeoGebra は幾何, 代数, 解析等の数学を学習するための補助として開発されたフリーの動的幾何学ソフトウェアである. GeoGebra を用いて作成した教材は, GeoGebratube を通して, インターネット上に公開することができる. 本研究では, 機能を拡張させるために GeoGebra 特有のスクリプト言語および JavaScript によるプログラミングができるようになっていいることを利用して, 生徒が自ら学習を進め確実な理解を促すことができるような教材開発の提案を目標とする.

2 他研究との関係

先述した GeoGebratube には, 主に海外のユーザが自作した GeoGebra による数学教材が 26 万件以上アップロードされている. これらの教材はグラフや図形をアニメーションで表現したものが大半を占め, 授業で補助的に用いて説明を加えることで生徒が学習することを促進することができる. しかし自学自習で用いるための教材として設計されておらず, 生徒が自習により理解を定着させるためには不十分であると思われる. この観点から, アニメーションだけではなく解答の正誤判定をインタラクティブに行い, 繰り返し試してみることができるようなものを製作し, 確実な理解と自主的な学びが行えることを目標としている. また似たようなシステムとして Maple TA がある. これは, CAS の上に同様の目的でシステムを構築しているものの, この環境を用いるために料金を払わなければいけないものであり, 教育現場への普及を妨げる可能性があると考ええる.

3 システムの概要

3.1 システムの目的・特徴

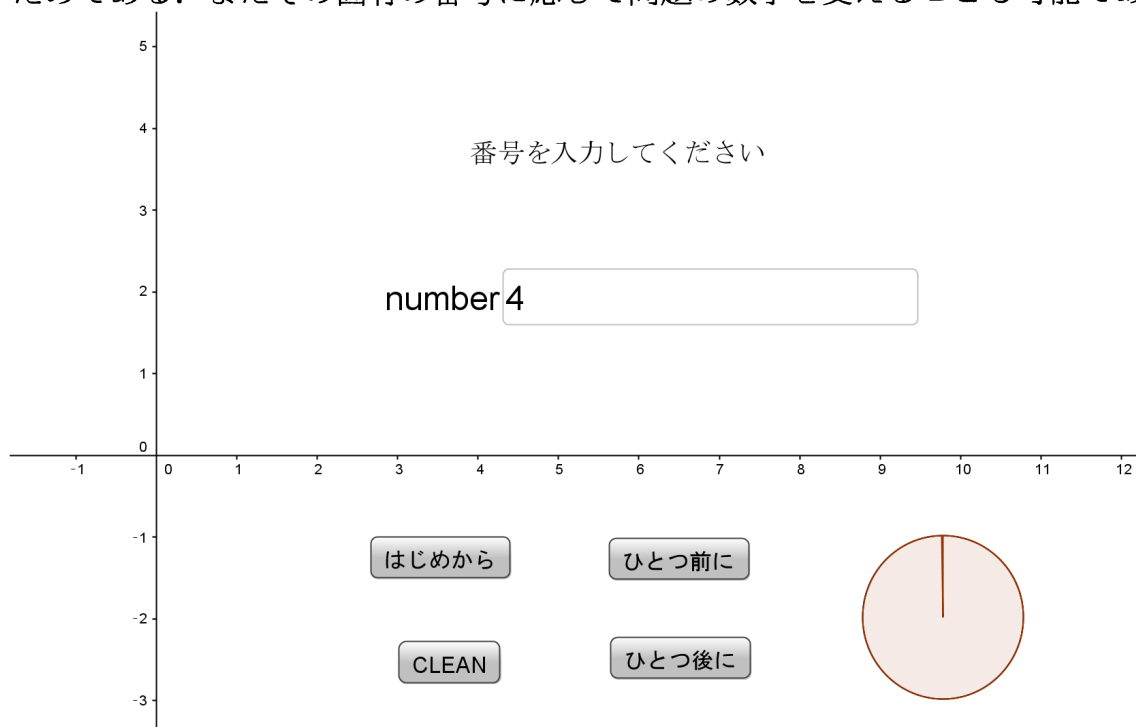
典型的な数学の問題に対し, 解法を小さく区分けし, 段階的に質問を投げかけていく. 各段階で様々な入力方法で答えるように促すことにより手を動かしながら

ら問題の理解を進めさせることをめざす。GeoGebra ベースで作成しているが適宜 JavaScript も用いている。問題の解法がわからず解法・解説を読むものの、自学自習の範囲では理解に達しない生徒は一定数いるものと考えられる。このような生徒には「納得できなくとも理解したつもりになってしまっている」「計算ばかりに目が向いてしまい解説文を読んでいない」という傾向があるのではないかと考えた。このような生徒の自学自習を促す方法として、「ポイントを理解しているかどうかを、キーボードやマウスの動作を通して確認させるようなシステム」や「解説文を読まないで先へ進めないようなシステム」をめざした。

3.2 システムの流れ

3.2.1 生徒固有番号を入力する

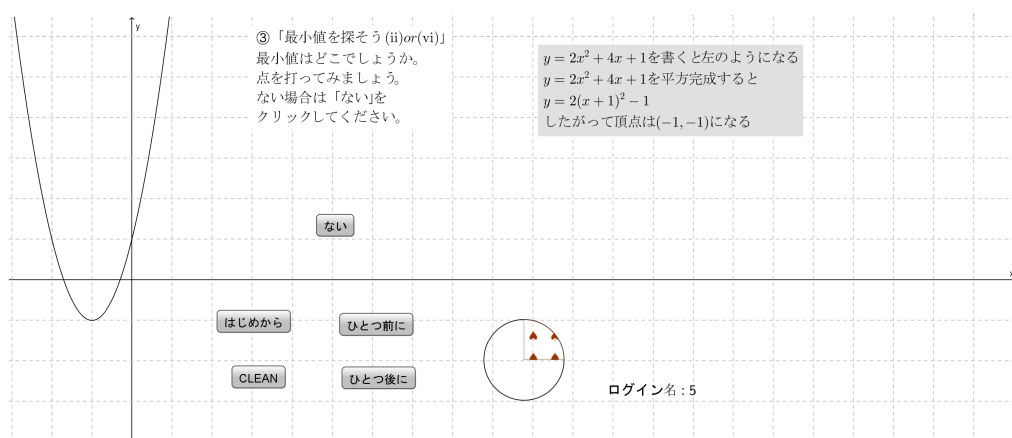
まず初めにユーザ ID となる生徒固有の番号 (学生番号や出席番号など重複しないもの) を入力する。これにより生徒を判別することができる。強い意味で生徒を管理しようとするのではなく、生徒が自分自身の力で達成している感じを与えるためである。またその固有の番号に応じて問題の数字を変えることも可能である。



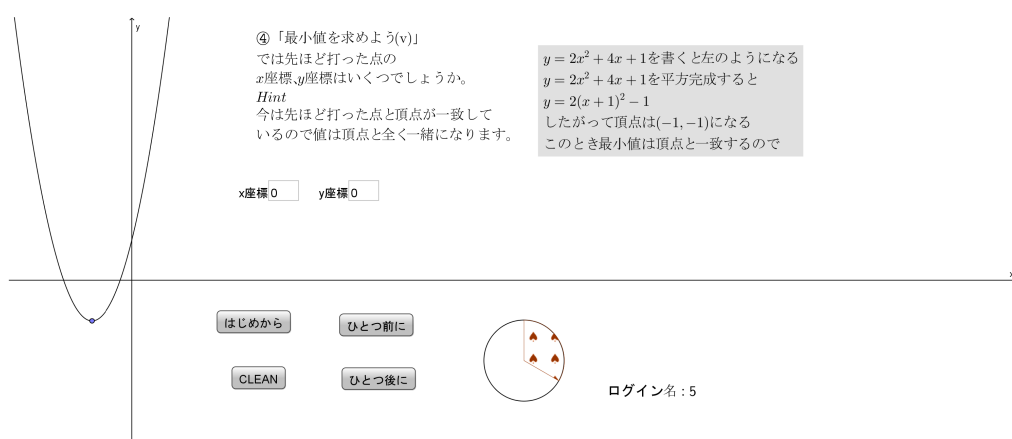
3.2.2 解法を分割した問題に答える

解答の途中の押さえてほしいポイント (利用する公式, 計算の過程, 間違いやすい点など) を質問して正答を入力させる。当たっている場合は次の質問に移る。このようにステップをふむことにより問題に対して分析的に取り組ませることをめざす。紙面で解説が与えられた場合は何となく読み飛ばしてしまいわからなくなっ

てしまう可能性があるが，この方法により段階的にていねいに解決する習慣をつけることができる．さらにスモールステップに分割することにより生徒に解いているときに安心感，達成感を与えることができる．また回答するときの確認方法は選択式などヤマ勘で当たるものではなく，理解度が確実に確認できるように，入力ボックスへの数字，文字列の入力，関数，不等式の入力といったキーボードによる入力に加え，図の特定の箇所をクリックしたり，特定の2点を結ぶ線分を引く，点をドラッグして特定の場所へ移動させる，など，マウスによる入力も可能である．CASを用いることにより文字列の入力については文字式の一致，等式としての一致が実装できている．



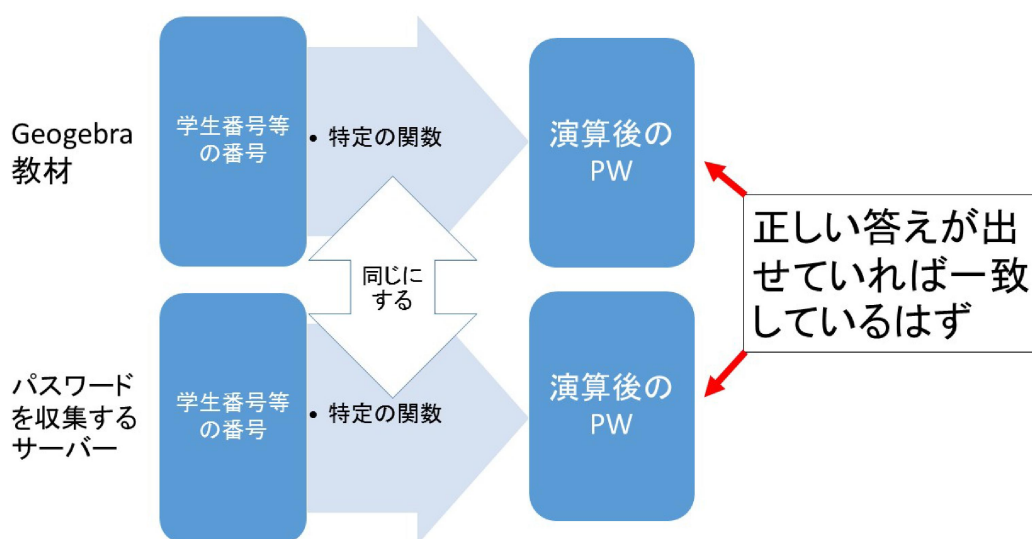
↓ 最小値を表すグラフの場所を
クリックすると画面が進む



3.3 パスワードを入手

すべての質問に回答し終わると，解説が完成しパスワードが手に入るしくみにした．生徒の固有番号からパスワードを生成するような関数を準備して，この作

業を行う。パスワードを生徒から先生へ報告させることにより教師が生徒の進捗状況の管理を行える。パスワードは生徒固有のものであることから、なりすましを防ぐことができる程度可能であると考え、パスワード入手をゲームクリアのように感じ、解くことをおもしろいと思ってくれれば代替で行うということはないと考えている。またパスワードを生成する関数をコードを見ることにより解かずに得てしまうこともできるが、JavaScript のコードが読める生徒がいればという話であり問題の中で答える数字を演算に用いることにより対策をとることも可能である。



3.4 パスワードを収集する

完成後に手に入れたパスワードをインターネット上のサーバーに提出させれば、それぞれの生徒の進捗管理を行うことができる。

4 モニタリング

阿原研究室の学生数名にモニタリングを行った。教材を与え、操作性についての説明を行わずに、教材に取り組んでもらった。終了後に簡単なアンケートを行った。人数は少数であったため、統計処理をとることはしなかった。アンケート項目とそれに対する主な解答は以下のとおりである。

問 次に何をすればよいかがすぐにわかりましたか（「どこに点を打つ」などではなく、「点を打つこと」自体がすぐにわかりましたか）

答 1. すぐにわかった

問 この教材により理解が進むと思われますか。またそれはどのような点で理解が進む、進まないと思いますか。

答 1. とても理解できる 3. やや理解しやすい (「高校の再復習ができた気がする。」「図を書くことに抵抗する学生が多いため図が勝手に表現できているところがいいです。」)

問 この教材を授業(予習, 授業中, 復習を含みます)で使うとしたらどう思いますか。

答 「自学自習にはよいと思います。授業でやるのはPCで遊んでしまう人がでくるのでよくないと思います。」「いいと思います。」

問 わかりにくい点はありませんか。

答 「ない。少しいうならボタンのきりかえがややこしかった。」「手書き入力式を導入したほうがいい。」

問 さらに工夫できる点, 欲しい機能などがありますか。

答 ない。少しいうならもうすこし文章の配置をわかりやすくしてほしい。

問 教材1つにつき, 何分くらいでできましたか

答 ○3分以内 ○3~6分以内 ○10分以上

問 他に何かありましたら書いてください

答 とくになし

このことから, 教材は取扱説明書なしに取り組んでもらえ, 単元の内容がわかりやすかったという傾向が見て取れる。阿原研究室学生は普段からパソコンに慣れているため, 入力の方法や進め方に関して苦情もなく進めることができたと解釈することもできる。将来的には高校生を対象にモニタリングを行うことが目標である。

5 システムの利点

このシステムの利点を3つ挙げたい。1つ目に問題を細かいステップに分割し, そのひとつひとつの正誤を確認しながら学習を進められる点である。初学者にとって初見の問題を解くときに自分の解き方が合っているかどうか不安となるあまり, 自主学習を妨げてしまうことがあるだろう。しかしこのシステムを使えば確認しながらステップごとに進めることができるので生徒が安心して問題に取り組むことができ, 知識の定着の曖昧さを減らせる。2つ目にパソコンの画面上で行えることから手軽に問題に取り組めるので問題に対するハードルが低くなる。紙に書く時間などが減るためスムーズに問題演習を行うことができる。3つ目に教師が進捗の管理を行うことができる。従来の方法では問題集の問題をノートに解き, それを提出させる等を行っているがそれでは教師はすべての問題に目を通さなければならない上に生徒が本当に自力で解いたのかが不明である。その点このシステムを用いれば教師は進捗の状態を一目で確認することができ, 課題への取り組みも保証され, 的確に評価が行うことができる。このような利点をもつ教材を, フリー

ソフトである GeoGebra により提供し、かつ GeoGebratube を通して、容易に教材の共有を行えることがすぐれた点であるといえる。

6 システムの欠点

上記のような利点を持つシステムではあるが、このシステムのみで学習を進めることは定着において十分とはいえない。これはあくまで問題に対する導入として用いる目的で開発を行った。紙に書いて解くという方法も合わせて行うことにより、問題への理解と定着を図っていくことを想定している。またこの教材はマウスやキーボードで入力するだけなので生徒の代わりに他の人が解くことができる。友達に教えてもらうことがあっても代わりに解いてもらうということはないという風に想定している。友達に教えてもらう必要のないくらいわかりやすい質問を準備することも1つの対策になると思われる。

7 実現したい機能と今後の展望

1. GeoGebra に備わっている機能を研究し、よりバラエティ豊かな正誤判定が行えるようにすることが第1の目標である。まだ数学1の二次関数しか扱っていないので GeoGebra でどの単元についてできるかできないかがはっきりしていない。例えば GeoGebra の CAS 機能では展開した式と因数分解式の区別ができないことがわかっている。(等しいという処理は可能である) それらを区別することができるのかも研究していく予定である。
2. 提出用のサーバーを作っていないので作っていきたい。現在は STACK+moodle と GeoGebra との組み合わせを考えている。進捗管理を STACK を通して行うことにより STACK+moodle の既存の枠組みを利用した教材づくりをめざす。
3. 高校生へのモニタリングを行っていないのでこのシステムの有効性が十分に示されていない。したがってモニタリングを行い、効果を明確にしていく。
4. このシステムを一般教員にも作りやすくする機能を追加したい。JavaScript のコードを関数化して呼びやすくはしているが、他人から見るとコードを使うことは難しいと考える。GeoGebra にもコマンド生成の機能はあるが簡易的なものであるため JavaScript のコードを用いることはできないようである。ボタン一つで作れるようにすれば他人が作る際にも容易になり教材として充実するのではないかと考えている。
5. 生徒の回答が間違っていた時の支援の方法を考察していく。間違えたとき、どのように修正していくかが全く実装できていないので正答と回答の類似度を調べてフィードバックできる機能を追加したい。

8 研究で得られた知見・結論

GeoGebra で JavaScript を使うと選択問題などのきまりきった回答方法だけでなく様々なインタラクティビティを持つ入力方法が取れるということが分かった。しかし JavaScript の拡張により教材作成の難易度を高くしている事も事実である。この点を克服しない限り広めていくことや作成のスピードを上げることは難しいと考えた。本研究を通して問題への理解を促進できる方法を実装できたと考える。

参考文献

- [1] GeoGebra の JavaScript に関するリファレンス
<https://wiki.geogebra.org/en/Reference:JavaScript>
- [2] GeoGebratube <https://tube.geogebra.org/>
- [3] 教材の掲載サイト
http://www56.atwiki.jp/geogebra_kyozai/pages/1.html
<http://www.aharalab.sakura.ne.jp/geogebra/index.shtml>
- [4] moodle のサイト <https://moodle.org/>