

感覚に訴える Geogebra 教材作成のための提案

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 は代数・幾何・解析を一つに結び付けた動的幾何学ソフトである。フリーソフトとして公開されており、全世界にユーザーがいる。geogebra は主に中等教育（中学校・高等学校）における教材開発のツールとして設計されている。本研究では、geogebra の本来の機能を組み合わせて新しい見せ方をする教材、特に、学習者の感覚に訴えるような手法を用いた教材の実例を作成することを目標とする。

2 先行研究との関係

geogebra を用いた教材は geogebraTube[1] というサイトに集められており、10 万件を超える geogebra 教材がアップロードされている。このサイトには全世界に登録ユーザーがおり、自作の geogebra に教材をアップロードすることができる。しかし現状では日本の登録ユーザーは少ないこと、日本の指導要領に従って単元別に掲載されていないこと、日本語による検索ができないことから、実際に日本の教育現場でそのまま使うのは難しいのが現状である。この観点から日本語による教材を作成する活動を行っているが、ただ教科書の内容を見せるだけではなく、動的な機能を生かして感覚に訴えるような教材を開発することに意味を見出している。

3 実現できた教材

今回は JavaScript での拡張はせず、geogebra に本来備わっている機能のみを用いて作成した。

3.1 数の分類

この教材はある要素が適する集合に属しているかを判定する教材である。これを用いて「数の分類」の教材を作成した。この教材ではベン図の上にある数字を自ら動かすことで、単に「有理数を選べ」と言われ答える教材よりも学習者が自発的にそれぞれの集合の関係を意識しながら問題に取り組むことができる。またボタンを押すことにより正解の判定ができるので自学自習をするための教材として適している。この教材で工夫した点は、数字を割り振ってある「点」がベン図のどの位置にあるのかを判定するために、円の中心からの距離を計算していることである。軸は非表示にしてそれぞれ数字に割り振られた点と円の中心との距離を計算して正解判定をしている。

機能を用いて、時間の経過によってヒントが出現したり、数列の項数が増えたりする仕組みを作った。回答が分からずに諦めてしまいがちな学習者に対してタイマー方式でヒントが出現すれば、学習者は集中力を持続させることができ、諦めず徐々に問題を解き進めて正解を得る経験をするのが期待される。この教材で工夫した点は、スライダーに付されたアニメーション機能であり、スライダーが動くとともにヒントとなるテキストを順次表示するようにしたことである。

3.4 微分の問題作成

$3x^3+3x^2+3x-4$ を x について微分したものは次のうちどれか

これ→ $9x^2+6x+5$

これ→ $11x^2+6x+3$

これ→ $9x^2+6x+3$

これ→ $9x^2+9x+3$

次の問題

ヒント

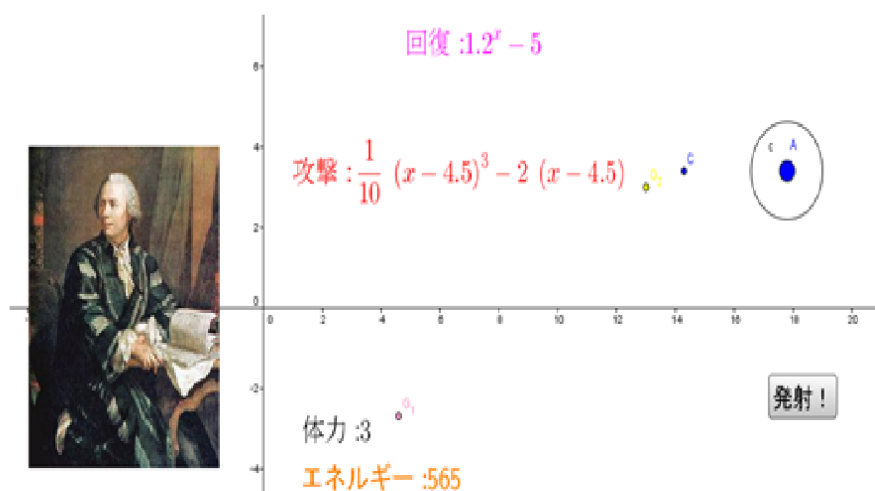
これは4者択一問題を自動で作成し、学習者に答えさせる教材である。今回は微分の計算の問題を題材としたが、計算問題の単元であれば同様の考え方により教材を作ることが可能である。まず式の係数を乱数で発生させ割り振ることにより自動で問題を作成している。次に正解の式を1つ、不正解の式を3つ用意する。(不正解のパターンもいくつか準備することが必要である。)それに伴い正解のボタンを1つ、不正解のボタンを3つ用意する。これら4つのボタン(に式を付したものを)を指定された4か所のうちのランダムな場所に配置していく。正解のボタンはいつでも正解なので、学習者が押したボタンが正解であるかどうかは容易に判定ができる。(このため、正解のボタンがどの場所に置かれるかをランダムに設定するのである)この教材で工夫した点は、学習者から見れば無尽蔵に4者択一問題が出題されること、一方で教材作成者からすれば関数を入力する手間はなく、答え合わせも簡単にできることである。

3.5 多項式の百マス計算シート

	2	1	$2x+1$	$x+2$	$(2x+1)^2$
1	2	1	$2x+1$	$x+2$	$4x^2+4x+1$
$(x-1)^2$	$2x^2-4x+2$	x^2-2x+1	$2x^3-3x^2+1$	x^3-3x+2	$4x^4-4x^3-3x^2+2x+1$
2	4	2	$4x+2$	$2x+4$	$8x^2+8x+2$
$(x+1)^2$	$2x^2+4x+2$	x^2+2x+1	$2x^3+5x^2+4x+1$	x^3+4x^2+5x+2	$4x^4+12x^3+13x^2+6x+1$
2	4	2	$4x+2$	$2x+4$	$8x^2+8x+2$
	2	1	$2x+1$	$x+2$	$(2x+1)^2$
1					
$(x-1)^2$					
2					
$(x+1)^2$					
2					

これは百マス計算を多項式にした教材である。geogebraには統計処理のために表計算シートが準備されている。この教材ではこの表計算機能を多項式の表作成に利用した。表計算ソフトは様々ある(EXCELなど)が、表計算と多項式の展開とを同時に行うためにはgeogebraが適している。百マス計算という学習方式の是非はさておき、geogebraを用いてこの種の教材を作成することができることを提示する目的で取り上げた。この教材では一例として多項式の計算を題材にしたが、それ以外にも平方根の計算などの単純な計算問題の教材にも応用可能であると考えている。百マス計算は計算の練習にもなるが特定の式に対しての学習者の勘違いを認識させる意味も持っている。例えば $(x+1)^2$ の行をすべて間違えたとするとそれは展開の式を間違えている可能性が高い。単に早く解かせる意味合いだけではなく、学習者の理解の傾向を明確化することにも利用できることを期待している。

3.6 シューティングのように点を打ち出す仕組み



geogebraを用いてシューティングゲームを作れるかどうかを考えてみた。シューティングゲームは「自機」があり「敵機」「敵が発射する球」が攻撃を仕掛けてきて、それを「自機から発射する球」で迎撃する、という仕組みが必要である。「自機」としては簡素な円形を用いた。「敵が発射する球」として、この教材では見えない関数グラフ上を動く点を設定した。関数の軌道が読めれば「自機」はよけることができるという意味で教材らしさを残した。「自機」「敵機」と球のあたり判定によりゲーム性を出すことができる。この教材で工夫した点は、球を打ち出す仕組みである。自機が点A、球が点Bであるとするとき、点Bのy座標を点Aのy座標($y(A)$ と表記される)により定義することは適切ではない。なぜなら、点Bを球として発射した後に自機Aを移動させることを想定すると、「発射する際には点Bのy座標はAのy座標であり」「発射後は点Aと点Bのy座標は独立」でなければならない。このため、点Bとして一度別のオブジェクトに複製するという機能を用いている。

4 実現できていないが実現したい機能, 今後のgeogebra教材作成についての展望

1. 現在のgeogebraの機能では, リストを作成時に分数や文字式で保存をすることができない. 間接的に呼び出す方法がないか考察中である. リストに問題式をストックし, そこからランダムに出題する形態の教材を想定したとき, この機能は必要である.
2. スライダーに依存した計算やggbスクリプトで設定した計算は, 更新されるたびにすべて再計算となるが, (表示させないなどの理由から) 不必要な計算の実行を排除できる方法があるだろうか. 実現できればよりスムーズな表示が可能となる.
3. 重複のない乱数の発生方法についても考察が必要である. また乱数で順列・組み合わせを発生させる仕組みも考えたい. このことが実現できれば重複のない問題群を提示することが可能になる.
4. 「感覚に訴える」「おもしろい」という観点から教材を作っているが, 実際に高校の現場でのとらえ方を観察してみたい. また高校の数学教員と共同研究をおこない, geogebraの研究授業を計画している.

5 研究で得られた知見・結論

Geogebraは簡易的にコンピュータ教材を作るのに適したソフトウェアである. スマートフォンのアプリやパソコンゲームなどにあらわれる対話的效果をgeogebraで再現することができるかという観点から工夫してみると, geogebraに搭載されている機能だけでは不十分なところはあるが, 研究を始める前に予想していたよりはるかにさまざまな教材を作れることがわかった. とはいえ, geogebraは機能補助のためにJavaScriptによるプログラミングを許容しており, この方向での拡張も考えていきたい. 本研究を通して, 教材作成者から学習者へ向けて情報を流し込むだけではなく, 学習者からのアクションを引き出すような魅力ある教材の作成術についてある程度の提案ができたものとする.

参考文献

- 1) geogebraTube <https://www.geogebraTube.org/>
- 2) 上に記した教材は下記のサイトに掲載している (一部掲載していないものもある)
http://www56.atwiki.jp/geogebra_kyozai/pages/1.html