

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

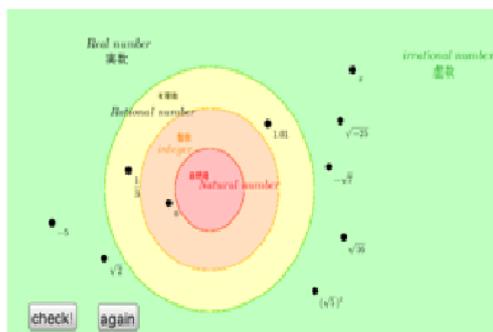
geogebra を用いた教材は geogebraTube[1] というサイトに集められており、10 万件を超える geogebra 教材がアップロードされている。このサイトには全世界に登録ユーザーがおり、自作の geogebra に教材をアップロードすることができる。しかし現状では日本の登録ユーザーは少ないこと、日本の指導要領に従って単元別に掲載されていないこと、日本語による検索ができないことから、実際に日本の教育現場でそのまま使うのは難しいのが現状である。この観点から日本語による教材を作成する活動を行っているが、ただ教科書の内容を見せるだけではなく、動的な機能を生かして感覚に訴えるような教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

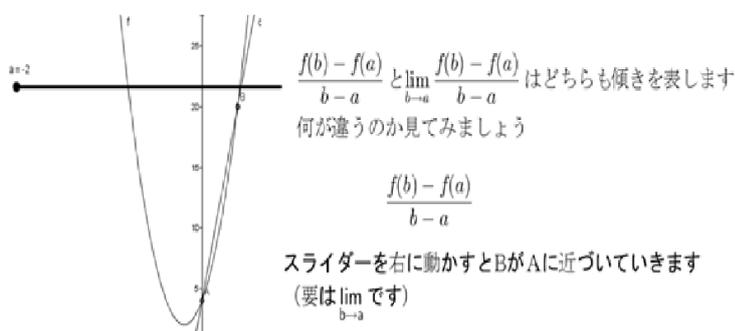
今回は JavaScript での拡張はせず、geogebra に本来備わっている機能のみを用いて作成した。

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。



3.2 平均変化率から微分へのストーリー



微分とは平均変化率から派生した概念だが、このことを紙面だけで説明すると極限の意味や関連性が十分に説明できているとは言い難い。この教材では平均変化率の「ある意味で行き着いた先」が微分であることを説明するための教材である。学習者は最初にスライダーを動かすことを促される。スライダーの位置に応じて、2つの点が近づいていく。スライダーをあるところまですすめてしばらくすると点Bは点Aに重なってしまっていて動いていないように見えるが、実は一致しておらず僅かずつだが近づいていることを感じさせるねらいがある。スライダーを一番右まで持っていくと、画面は一変し、右側に書いてあるテキストの表示が平均変化率の式から微分の式へと変わる。この教材で工夫した点は、紙面上に平均変化率の式と微分の式の2枚の画像を前もって準備しておき、スライダーの位置に応じて画面を切り替えることにある。この切り替えにより平均変化率から微分へのイメージ作りを促す狙いである。また僅かに動いていることを拡大して示すような画面を補助的に加えれば極限の説明にも効果的であると考えられる。

3.3 時間に応じてヒントが出現

これは数字の羅列が与えられていてその一般項を学習者が想像する教材である。数学Bで習う数列では様々な数列が出てくるが、数字の列から読み解くことは必ずしも容易ではない。この教材では様々な数列を見せて想像させることにより、学習者の分析能力を上げることが目的である。ただし、ヒントなしに想定させるのでは工夫も面白味もない。ここでアニメーション

次の数列の一般項(n を用いて)を求めよ
{5, 7, 11, 19}

差に注目して書き並べてみましょう

差が何数列になっているでしょうか

初項と公比から差の一般項を求めましょう

答え

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

$9x^2+6x+5$

$11x^2+6x+3$

$9x^2+6x+3$

$9x^2+9x+3$

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					

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どころはあるが, 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