

Gnuplotを用いた数学用e-ラーニングシステムSTACKの 描画環境の改良

深澤謙次*1, 中村泰之*2

*1 呉工業高等専門学校 自然科学系分野

*2 名古屋大学大学院情報科学研究科

Enhancement of Plotting Environment of STACK with Gnuplot

Kenji Fukazawa*1, Yasuyuki Nakamura*2

*1 Department of General Education, National Institute of Technology, Kure College

*2 Graduate School of Information Science, Nagoya University

本報告では、eラーニングシステムMoodleのオンラインテストモジュールである STACK の描画環境を改善する方法を説明し、STACK 上で陰関数のグラフや曲面を表示できることを示す。具体的には、科学技術系のグラフ描画ツールである gnuplot の適切なスクリプトを生成し、このスクリプトを使って gnuplot を起動する Maxima 関数を作成することによって実現する。また、改良した描画環境を利用したいくつかのSTACKの問題の例を提示する。

キーワード: e-ラーニングシステム, STACK, 描画環境, gnuplot

1. はじめに

近年、効果的かつ効率的な学習を可能にすることを旨として、様々な教育機関でeラーニングシステムが導入されている。オンラインで公開されている教材を使って学習し、理解度を確認するためにオンラインテストを実施し、その成績を管理するといった利用形態は今では珍しくない。そのようなオンラインテストで出題される問題の形式は、多肢選択問題、○/×問題、数値問題、記述問題などいくつか用意されているが、数学などの理数系科目では、数式の解答を扱い、数式として正誤評価・自動採点できることが望ましい。そのようなeラーニングシステムの1つにSTACK^{(1),(2)}がある。

STACKは、eラーニングシステムMoodleのオンラインテスト(小テストモジュール)で、数式による解答を受け付け、数式としての正誤評価を可能にするシステムである。数式を評価する際、数式処理システムとしてSTACKはMaximaを利用している。STACKとMaximaはフリーソフトウェアであり、無償で利用できるソフトウェアであるから、有償のソフトウェアと違い、手軽に試すことができる。

STACKには様々な問題作成機能があり、数式だけではなくグラフを利用した問題を作成することも可能であるが⁽³⁾、単純な1変数関数のグラフしか表示できないという制限がある。本研究報告では、科学技術系のグラフ描画ツールであるgnuplotを利用してSTACKの弱点である描画機能を改善する方法について説明し、陰関数のグラフや曲面の描画に対応できることを示す。

2. STACKの簡単な紹介

STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) は Sangwin⁽¹⁾ によって開

発された、数学オンラインテスト・数式評価システムであり、現在のバージョンでは、STACKはWebベースの学習管理システムの一つであるMoodleと完全に統合され、Moodleのテストモジュールの問題形式の1つとして利用できるパッケージになっている。解答として返される数式は、例えば、多項式、行列、関数などがある。STACKはこれらの解答を評価し、単に解答の正誤だけではなく、学習者へのフィードバックを含めた結果を生成する。その際、前述したように、数式処理システムの一つであるMaximaを利用し、解答の代数的な評価を行う。

例えば「 $\frac{d}{dx}((x+1)^2)$ を計算せよ」という問題に対して、学生が $2(x+1)$ という解答を解答欄に入力したとすると、この解答を数式処理システムを用いて評価し正解と比較することによって、送信した数式による解答の正誤評価・自動採点が可能になる。数式の入力書式はMaximaの書式と同じである。

解答が正解の場合でも望ましくない解答の場合、例えば、上の例でいうと $2x+2$ と解答した場合、 $(x+1)^2$ を x^2+2x+1 と展開してから微分したと考えられ、合成関数の微分(チェインルール)を用いておらず、望ましくない。そのような場合は、学習者に合成関数の微分をするようにフィードバックを返す、あるいは場合によっては部分点を付ける(減点する)ことができる。これはSTACKに用意されている、ポテンシャル・レスポンス・ツリーという機構を利用することで実現できるように設計されている。

3. STACKの描画環境の拡張

STACKは有効なeラーニングシステムであるが、グラフ描画環境が貧弱であることが大きな欠点である。ここでは、STACKのグラフ描画環境をgnuplotを利用して改善する方法について説明し、改善したグ

ラフ描画環境の利用例を示す。

3.1 gnuplot を利用した改善する方法

現在のバージョンでは Maxima のグラフ描画関数を利用して関数のグラフを描いているが、これらの描画関数は裏で gnuplot を呼び出しているので、陰関数のグラフや曲面の描画が可能はずであるが、実際には陽関数のグラフしか描画できていない。このことは、Maxima のグラフ描画関数を使わずに直接 gnuplot を呼び出す方が良いことを示唆していると思われる。具体的な STACK のグラフ描画環境を改善する方法は以下ようになる。

- (1) gnuplot を呼び出して望みのグラフを描く Maxima 関数を定義する。
- (2) (1) で定義した Maxima 関数を使うために必要な STACK の設定を行う。

(1) の Maxima 関数は以下の5つの部分から構成されていなければならない。

- (i) Maxima 関数 `absolute_real_time()` と STACK で定義されている `rand()` を使用して後で利用する2つのファイル名を決める。
- (ii) 新しく作成する Maxima 関数に渡される引数をチェックする。
- (iii) gnuplot に渡されるオプションを決める。
- (iv) 望みのグラフの png 形式の画像ファイルを作成するための gnuplot のスクリプトを生成する。
- (v) gnuplot を呼び出し、(iv) で生成したスクリプトを実行する。

上で新しく定義した Maxima 関数を STACK で使えるようにするための設定方法は以下ようになる。

- (a) 新しい関数の名前をディレクトリ(フォルダ)

```
(Moodle Top Directory)/question/type  
/stack/stack/cas
```

の中にある、`casstring.class.php` というファイルで定義されている変数 `$studentallow` に追加する。

- (b) 新しい関数を定義しているファイルをディレクトリ

```
(Moodle Data Directory)/stack
```

にコピーする。

- (c) 以下の2行をディレクトリ

```
(Moodle Top Directory)/question/type  
/stack/stack/maxima
```

にある `stackmaxima.mac` というファイルの中に追加することによって、Maxima に (b) のファイルをロードさせる。

```
PKG_DIR: "(Moodle Data Directory)  
/stack/"  
load(concat(PKG_DIR, "<filename>"))$
```

ここで、`<filename>` は新しい Maxima 関数が定義されているファイルの名前を表している。

3.2 改善したグラフ描画環境の利用例

ここでは、改善したグラフ描画環境を利用して陰関数と2変数関数で表される曲面の描画の例を示す。

3.2.1 陰関数の描画の例

ここでは、陰関数として

$$x^2 + y^2 + xy = 5 \quad (1)$$

を選び、STACK 上で表示した問題の例を図 1 に示す。この例では、式 (1) で表されるグラフの内部の面積を求める問題を提示している。

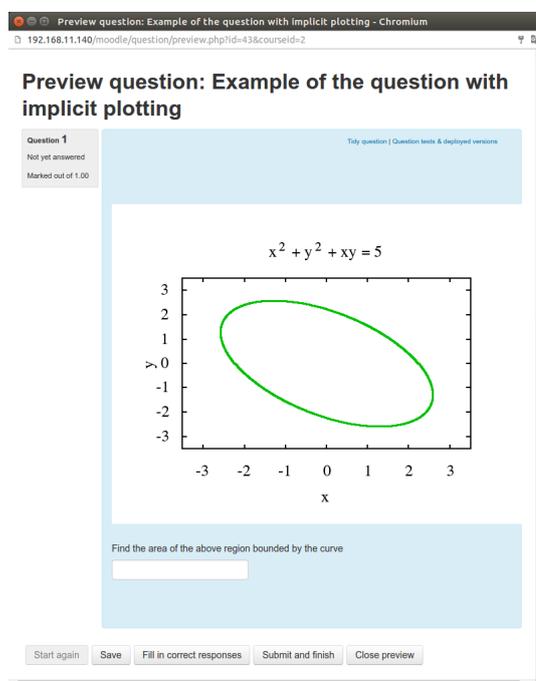


図 1 陰関数のグラフを表示した問題例
問題：陰関数

$$x^2 + y^2 + xy = 5$$

で表されるグラフの内部の面積を求めよ。

3.2.2 曲面の描画の例

ここでは、曲面を表す関数として

$$z = 1 - 3(x^2 + y^2)exp(-x^2 - y^2) \quad (2)$$

を考え、STACK 上で表示した問題の例を図 2 に示す。この例では、式 (2) で表される曲面と xy 平面で囲まれる z 軸を含む部分の体積を求める問題を提示している。図 2 を見ると、考えている立体は z 軸のまわりに軸対象になっており、体積を求めるヒントになっていると思われる。

- (1) Sangwin, C.: “Computer Aided Assessment of Mathematics”, Oxford University Press, Oxford (2013).
- (2) 中村泰之: “数学 e ラーニング”, 東京電機大学出版局, 東京 (2010).
- (3) Nakamura, Y., Amano, H. and Nakahara T.: “Enhancement of Plotting Function of Math e-Learning System STACK”, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Honolulu, U.S.A., pp.2621-2627 (2011).

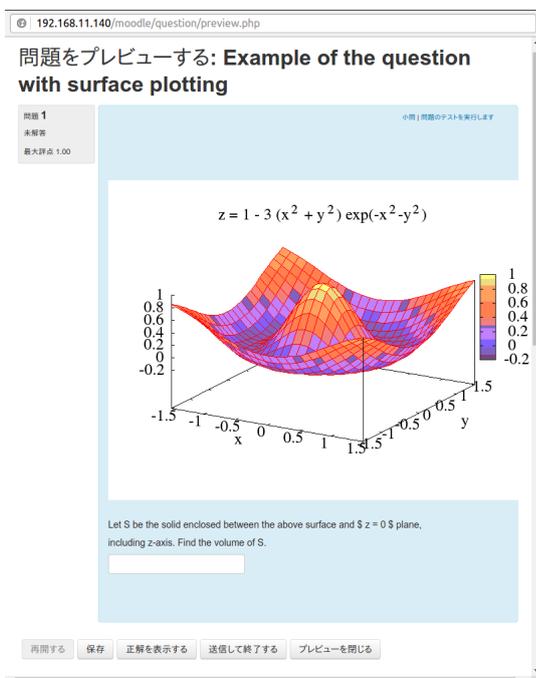


図 2 曲面を表示した問題例

問題： 2変数関数

$$z = 1 - 3(x^2 + y^2) \exp(-x^2 - y^2)$$

で表される曲面と xy 平面で囲まれる z 軸を含む部分の体積を求めよ。

4. まとめと考察

本報告では、eラーニングシステム Moodle のオンラインテストモジュールである STACK の描画環境を改善する方法を説明し、STACK 上で陰関数のグラフや曲面を表示できることを示した。描画環境の改善は、適切な gnuplot のスクリプトを生成し、それを gnuplot に実行させることで実現したが、この方法は gnuplot の能力を十分に活用することができ、さらに、matplotlib, Pyxplot などの他のグラフ描画ソフトウェアに応用することができるものである。改善した描画環境を利用した2つの問題例を示したが、ここで改善した描画環境は STACK の問題だけではなく、学習者に返されるフィードバックでも利用することが可能である。

gnuplot のスクリプトの生成においては、Maxima と gnuplot の数式の表し方の違いに注意をしなければならない。STACK 上では Maxima が呼ばれるので、Maxima の表式を gnuplot の形式に変換しなければならないが、もし gnuplot を直接呼び出せれば、このような手間を掛ける必要はなく、gnuplot のスクリプトを生成する関数の作成がしやすくなる。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究 (C) (課題番号 26282033) の補助を受けてなされた。