

MuPAD の紹介

石井 彰文

兵庫県立武庫工業高等学校*

1 はじめに

以下に紹介する数式処理システムは、インターネットからダウンロードできるようになっていますが、フリーのものではありません。日本では、(株)ライトストーンが、販売しています。同社は MuPAD 単体だけでなく、技術系原稿作成ツール ScientificWorkPlace v3.5 に Maple V または MuPAD を組み込んで販売しています。その意味でも、商用の数式処理システムと言うべきです。しかし後述するように、販売されているものとはほぼ同機能のものを、個人が非営利的に利用するなら自由であると認めています。

2 システムの沿革と特徴

MuPAD(Multi Processing Algebra Data Tool) は、ドイツ Paderborn 大学において、B. Fuchssteiner 教授の指導のもと、数学者とコンピュータ科学者のチーム MuPAD Research Group によって提供されている computer algebra system です。プロジェクトは 1989 年にスタートし、92 年に最初にバージョンがリリースされた。v2.5 のアナウンスも出ているが現在の最新バージョンは 2.0 である。

特徴として謳われているのは、Object 指向プログラミングであり、データタイプをユーザーが定義できること、MuPAD ではデータタイプ = 代数構造体を domain と呼び、Categories (集合・群・環・体など) axiom と共に宣言して使用するが、それらを継承した domain を新たに定義することができる。AXION の考え方を引き継いだもののようなものである。さらに、MuPAD Application Programming Interface (MAPI) によってモジュールを動的にリンクできること、The MuPAD Source Code Debugger を装備していることなどである。

インターフェースは、“MuPAD Pro 2.0 for Windows” 版が充実しており、文章・数式・グラフを書き込める Notebooks 形式になっている。他のバージョンは、数式はテキストキャ

*shoishii@mac.com

ラクターの組み合わせで表現し、グラフは別ウィンドウで表示される。実行ウィンドウは session と呼ばれ、session からマニュアルページを呼び出したり、逆にマニュアルページの例題の式を session にコピーができるようになっている。いくつかの操作を覚えるとすぐに実際的な使用ができるようになると思われる。MuPAD がカバーする領域は、広汎で、項目だけを挙げると、Solve, Calculus, LinearAlgebra, Numerics, Assumptions and Properties, Set Theory, Polynomials, Liner Optimization, NumberTheory, Combinatorics, Statistics, Networks and Graphs, Lindernmayer Systems, Algebraic Structures。詳しくはオンラインドキュメントに書かれています ([1])。

3 システムを用いた事例

初等的な利用で、MuPAD の特徴を示している例を 3 つ挙げます。

3.1 三角方程式

三角方程式で、解が無限にある場合、

```
>>sol:=solve( sin(x)=1/2,x);
```

に対して、v1.4 では、解は、" $\{PI/6, 13PI/6, -11PI/6, \dots, 5PI/6, 17PI/6, -7PI/6, \dots\}$ " と表現されていた。v2.0 からは、より厳密に

```
{ PI/6+2*PI*X55 | X55 in Z_ } union{ 5PI/6+2PI*X57 | X57 in Z_ }
```

と解空間として与えられる。但し $Z_$ は、整数全体の集合です。集合演算はこのような無限集合に対しても有効で、区間を表すデータと組み合わせて、次のようにも使える。

$0 \leq x \leq 3\pi$ における解は、解空間と区間との共通部分となる。

```
>>sol intersect Dom::Interval([0,3*PI]);
      { PI  5 PI  13 PI  17 PI }
      { --, ----, -----, ----- }
      { 6   6   6     6     }
```

3.2 条件付きデータタイプ

piecewise という domain が、バージョン 2.0 から提供されている。例えば、

```
>>p:=piecewise([a<=0, 0],[a>0,a^2]);
      piecewise(0 if a<=0, a^2 if a>0 )
```

と定義すると、 p は a に依存したモノになる。 a が具体的に定義されないかぎり、 p は piecewise のままであって、" $b*p+c$;" という入力に対しては、

```
piecewise( c if a<=0, b*a^2 + c if a>0 )
```

を返す。"a:=3;"と具体化すると、"b*p+c;" に対しては、"9 b+c "を返す。
このデータタイプの導入によって、二次方程式の解 solve は、次のように正確な解を返すことになった。

```
>>solve(a*x^2+b*x+c=0,x);
/
|
|
|
piecewise| C_ if a = 0 and b = 0 and c = 0,
\
{ c }
{ } if a = 0 and b = 0 and c <> 0, { - - } if a = 0 and b <> 0,
{ b }
{
2 1/2 2 1/2 } \
{ b (- 4 a c + b ) b (- 4 a c + b ) } |
{ - - - ----- - - + ----- } |
{ 2 2 2 2 } |
{ -----, ----- } if a <> 0 |
{ a a } /
```

但し、C_：複素数全体、{}：空集合を意味する。このテキストによる表現は、"MuPAD Pro 2.0 for Windows "版では、ほぼ次の様に表示されるようになっている。

$$\left\{ \begin{array}{ll} C & \text{if } a = 0 \wedge b = 0 \wedge c = 0 \\ \emptyset & \text{if } a = 0 \wedge b = 0 \wedge c \neq 0 \\ \left\{ -\frac{c}{b} \right\} & \text{if } a = 0 \wedge b \neq 0 \\ \left\{ \frac{-b}{2} - \frac{\sqrt{-4ac+b^2}}{2}, \frac{-b}{2} + \frac{\sqrt{-4ac+b^2}}{2} \right\} & \text{if } a \neq 0 \end{array} \right\} \quad (1)$$

3次以上の方程式については、公式は組み込まれていず、多項式の根の集合を表す関数 RootOf を返す。

```
>> solve(x^3-3*x+4=0,x);
3
RootOf(X26 - 3 X26 + 4, X26)
```

数値が必要なときは、

```
>> float(%);
{-2.195823346, 1.097911673 - 0.7850032633 I, 1.097911673 + 0.7850032633 I}
```

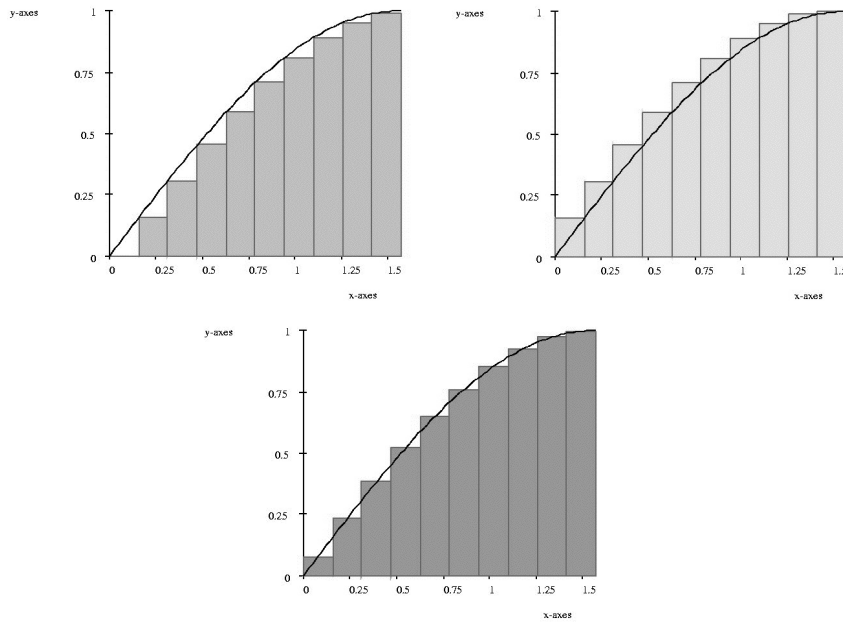


図 1: plotRiemann

3.3 教育用パッケージ

学生用ライブラリーとして、いくつかある中で積分の計算

```
student::plotRiemann( f,x=a..b);
```

を取り上げます。区間 $[a, b]$ における関数 f の階段関数をグラフ表示し、各段のポイントは左・中点・右と指定できる。値を計算する `student::riemann(f,x=a..b)`；と合わせて、定積分の導入・解説に利用できる。例えば三角関数の定積分で、

```
>>student::plotRiemann( sin(x),x=0..PI/2,10,***):plot(%);
```

***の部分をも Right, Middle, Left として、それぞれ階段関数と $\sin(x)$ のグラフが表示される(図1)。値は、

```
>>float(student::riemann(sin(x),x=0..PI/2,10,***);
```

***の部分をも Right,Middle,Left として、それぞれ 1.076482803, 1.001028824, 0.91940317 が返る。

刻み幅が 10 ですが、刻みを増やしていくことによって一定値に収束することが見て取れる。さらに続けて、シンプソンの公式による積分計算を、

```
>>student::plotSimpson( sin(x),x=0..PI/2,10):plot(%);
```

によって図示し、

```
>>float(student::simpson( sin(x),x=0..PI/2,10));
      1.000003392
```

による値を見れば、この公式がより精度の高い計算をする式であることが確認できる。

このような教育用のパッケージは、近年 JAVA によって作成され広く公開されるようになってきた。作成者の苦勞さえ厭わなければ、利用する側の敷居は低く実用性は高い。一方、汎用の数式処理システムであれば、単に見て実感するだけではなく、学習が本格的コンピュータ利用に直結できる。難点は敷居の高さだが、MuPAD は教育用に無償のバージョンが提供されていて、予算面の障壁はなく、今後いっそう活用されて行くと見られる。

4 入手先とプラットホーム

販売は、SciFace Software GmbH & Co.KG が行っていますが、日本ではライトストーン社が扱っています ([2])。無料のお試しバージョンは、インターネット上で公開されていて、ダウンロードできます ([3])。日本にも公式のミラーサイトがあります。

サポートされているプラットホームとバージョンは次の通りです。

(1) PC/AT (i486) で、Windows 95, 98, ME, NT 4.0, 2000 and XP 上に、"MuPAD Pro 2.0 for Windows" と "MuPAD Light 2.0 for Windows"、

(2) Linux 2.x(i486) with glibc 2.1 or later 上で、"MuPAD 2.0 for Linux/PC"、

(3) Sparc/Solaris Sun Sparc で Solaris 2.6 and 2.7 上に、"MuPAD 2.0 for Sun"、

(4) Apple PowerMacintosh で MacOS 7.x, 8.x and 9.x 上に "MacMuPAD 1.4.2" が、提供されている。

なお、FreeBSD 上では、Linux エミュレータによって動作するとのこと。

5 インストール・登録

筆者が実際にインストールをしたのは、PowerMacintosh OS 9.2 上で MacMuPAD 1.4.2、Vine 2.1Linux(for PC/AT) 上で MuPAD 2.0 for Linux/PC と、Windows98 上で MuPAD Light 2.0 for Windows の3通りです。いずれもダウンロードして解凍すると問題なく走っています。起動するためにすべきことは何もありませんでした。手間とえば、Linux 版で、二つのファイルを同一ディレクトリーにダウンロードして、解凍し、下位ディレクトリー linux/bin にパスを通すことぐらいです。X-window では、コマンドは xmupad です。

5.1 登録

購入の対象となるのは、"MuPAD Pro 2.0 for Windows" だけです。それ以外のバージョンは、次の条件に合えば、シングルユーザーとして登録すれば自由に使えます。短大・大学の学生・教職員・スタッフ、非営利の研究機関のスタッフ、SciFace が認める非営利団体のメ

ンバーであること。登録は簡単です。ネット上のページから出来ます ([4])。必要事項を記入して送ると、折り返し登録番号とキーの入力方法が送られてきます。

5.2 登録しない場合

どのバージョンも、ダウンロードしてから三十日間は評価期間中として使用できます。登録しない場合は、メモリーの制限があるとなっています。"MuPAD Pro 2.0 for Windows" 以外のバージョンは、登録せずとも、次の場合は、自由に利用して構わないとなっています ([4])。学生・教師・研究者が、非営利の教育・研究に利用する。個人が非営利的に自宅で利用する、あるいはラップトップにインストールする。但し、"MuPAD Pro 2.0 for Windows" だけは、30 日が過ぎると使用できません。

6 URL 集

<http://www.mupad.de/> MuPAD の公式サイトです。

[1] <http://www.sciface.com/doc/index.shtml> オンラインマニュアルのページです。

[2] <http://www.lightstone.co.jp/> (株) ライトストーンのサイト。

[3] <http://www.sciface.com/download.shtml> ダウンロードページです。

[4] <http://www.sciface.com/personal.shtml> Free Personal Licenses と登録ページへの入り口

<http://momonga.t.u-tokyo.ac.jp/~paoon/OriginalDoc/MuPAD.html>

降旗 大介氏のページで、MuPAD 関連の主要なサイトを網羅的に取り上げていて幸便です。

7 文献

最近 MuPAD Pro 2.0 for Windows の解説本が日本語で出版されたました。赤間 世紀 著 「はじめての MuPAD」シュプリンガーフェアラーク東京。