

Mathematica v8 の紹介

中村 英史*

Wolfram Research Asia Limited

1 Mathematica®の新しい方向性と v8

2010年, 11月に v8 が米国で, 12月に v8 日本語版が日本でリリースされました。2007年にリリースされた v6 は, 大幅な変更が加えられました。単なるアーキテクチャの変更ではなく, それまで Mathematica が目指していた世界最高の科学技術計算機や数式処理ソフトという枠さえ踏み出す一歩でした。その新たな方向性は v6 と v7 を経て v8 に至り, 真の姿を現し始めたとも言えます。

v6 で実装された, インタラクティブ操作, プレゼンテーション機能, OpenGL® や Direct3D® など標準的なコンピュータ・グラフィックスのサポート, 計算可能データなど, 個々の機能だけ見ればさほど目新しくなかったかも知れません。実際, Mathematica 自身もそれ以前のバージョンから実装している物もあります。しかしながら, その後も絶えることなくこれらの機能をブラッシュアップし続けてリリースされた v8 は, もはや, 単なる一つのアプリケーション・ソフトウェアではなく, キャンパスで唯一の教育・研究プラットフォームとして, 新たに生まれ変わりました。

さらに, Mathematica がユニークな所は, 難しいプログラミングや複雑な計算はなるべく Mathematica が自動的に引き受けてしまう点です。数学や諸分野の基礎理論を知らなくとも, 現実の問題をモデル化して, 所与のデータでフィッティングし, シミュレーションして新しい知見を得るためのフレーム・ワークという側面もあります。

また v8 では, 数学・物理・工学のベースとなる関数に加えて, いくつかの専門分野に特化した関数群を新たに実装しました。これらは, ユーザに深い専門知識が無くとも利用できるように設計されています。他の分野の人が, 使っても良い訳です。まさしく学際的な研究を志す研究者にとっては大いに助けとなるでしょう。

本稿では, この新たな v8 の新機能や新しい側面を御紹介しながら, Mathematica によって実現できる新しい教育・研究の様式の可能性を示したいと思います。

*fusashin@wolfram.com

2 新しい入力パラダイム

2.1 旧来からのシンプルな入力方法

先ず強調したいのは、新しい v8 には、処理するためのコマンドやデータの入力作業において、ユーザの負担を軽減し、処理結果を、プレゼン・出版、ウェブ・アプリケーションとしてデプロイするための関数や機能が実装されたことです。

元々、Mathematica のコマンドは、次の様な比較的シンプルなシンタックスを満たすように作られています。

- 良く知られた専門用語（英語）の頭文字を大文字にする
- 引数は、「()」でなく、「[]」で囲む
- 集合や、範囲は、要素を並べて「,」で区切り「{ }」で囲む

これに従って

```
Expand[(a+b)^2]
Plot[Sin[x], {x, 0, 2Pi}]
```

などが実行（Windows ではシフト・キー + エンター・キー）できます。ところが、実際の問題を解いたり、より面白い結果を得るためには、関数を組み合わせたり、プログラミングをする必要があります。初めて Mathematica を操作する人にはハードルが高い（Mathematica に限った問題ではありませんが）と言われていました。

2.2 新しい自由形式入力

最新の v8 では、自由形式入力と呼ばれる新しい入力方法を導入しました。コマンドを全く知らない初めてのユーザでも Mathematica を使える、画期的なユーザ・インタフェースです。

= をキー入力した後、平文（英語）で次の様に入力してみます：

```
= solve the equation x2+2x+1=0
```

この入力を実行されると、Mathematica が走っているマシンから、インターネットを通じて、Wolfram® 本社に設置されているサーバに送られ、そこで自然言語解析エンジンが解釈して、Mathematica のコマンドが生成されローカル・マシンに送り返されて来ます。そして、ローカル・マシンの Mathematica がこれを実行して、 $x=-1$ という重解を表示します。注目すべきは、自然言語解析エンジンが、入力式中、 $x2$ は、変数名ではなく x^2 だと解釈する事によって、所与の式を二次方程式として定式化するのがもっとも自然だと判断することです。日本人は、英語が苦手と言われていますが、決してネイティブな英語である必要はなく、キーワードがそれなりに並んでいるだけで OK です。例えば、

```
= plot sinx with red dashing
```

を実行すると $\sin(x)$ のグラフが赤い点線で描画されます。Mathematica の関数のオプションも数多いのですが、上記の様なややルーズな指定でも、本社のサーバでは正確に解釈してくれることが分かります。さらに面白いのは、

```
= plot sinxy
```

とすると、 $\sin(x \cdot y)$ という 2 変数関数のグラフの 3D 表示が得られます。これらの自由形式入力の解釈結果である Mathematica のコマンドが、その都度示されますので、同様なコマンドを何度か使えば、自然に Mathematica のコマンドも覚えられるでしょう。

3 斬新なオーサリング・ツール機能

情報の共有化が進むと、計算するツールと、計算結果を他の人と共有するための発表資料を作成するツールが別々では、効率がよくありません。Mathematica は、ごく初期のバージョンから計算結果を美しく出力するため typeset を開発し、MathML として標準化にも大いに貢献しました。さらにバージョンを重ねるごとにドキュメント作成機能を拡張し、様々な形式の発表資料を作成することが可能になりました。

3.1 プレゼンテーション

スクリーン環境をスライド・ショーのモードにすれば、通常のプレゼンテーション・パッケージの様にページを行き来する事が可能です。このスライドには、次の 2 つの特徴があります。

- Mathematica のコマンドを実行できる
- スライドの大きさは、画面の大きさに限定されない

Mathematica のコマンドを実行すると、当然結果が表示されます。その分、スライドが大きくならなければなりません。また、コマンドによっては、GUI を操作する事によって、出力結果をリアルタイムにコントロールする事も可能です。このような場合でも、Mathematica がスライドの大きさを適切に管理してくれるので、ユーザは、通常のファイルの様に、スライドバーを操作するだけで、必要な部分を見せる事が出来るのです。さらにスタイルシートを変えることによって、理工系の、式やグラフを交えた論文や記事、あるいは Textbook スタイルシートで編集して PDF 形式でエクスポートして写真製版の要領でそのまま出版する事も可能です。

3.2 数式編集を統一したワープロ機能

スタイルシートを選択すると、テンプレート上にコンテンツを入力していくことになりませんが、タイトルやセクション・箇条書き・ページングなどの構造化や、文字のサイズ・色・フォント、図表などへのアノテーションなど、通常のワープロ機能が提供されています。数式の表示には、コマンドで入力した式を TraditionalForm という数式特有の書体に変換できます。また数式は、独立の段落内だけでなく、インラインでも可能です。数式をコマンドではなく、主要な入力パターンを網羅したテンプレート方式によっても入力する事が出来ます。もちろん、これらは Mathematica のコマンドとして実行する事が可能です。出力も TraditionalForm で表示し、前後に文章を書けば、そのまま論文・解説記事・テキスト本・プレゼンテーション・パッケージとなる訳です。

3.3 CDFTM (Computable Document Format : 計算可能ドキュメント形式)

折角、Mathematica で効果的なデモを含む教材を作っても、学校にパソコンや Mathematica が導入されていなかったら、プロジェクターで見せるだけに終わってしまいます。以前のバージョン

ンでは、Mathematica Player という専用のビューワがありましたが、v8 ではより一般的に以下の様にして、Mathematica を持っていないでも見る事が出来る様になりました。

1. Mathematica 専用の NB 形式ファイル(拡張子: .nb)を、CDF 形式ファイル(拡張子: .cdf)にエクスポートする
2. CDF Player という無償のプラグ・インをウェブ・ブラウザにインストールする
3. CDF 形式ファイルを、CDF Player がインストールされたウェブ・ブラウザで開く

ここで注目して頂きたいのは、CDF Player は、単なるビューワでは無く、後述するインタラクティブなデモを Mathematica 無しでも実行できる事です。CDF については、電子辞書との関連で、後でまた述べたいと思います。

さて、ここから、実際に Mathematica の関数を御紹介しますが、組み込み関数だけでも何千とあり、また 1 つの関数を持つオプションの数も何十にも達する事もあります。その全てを御紹介するのは無理ですので、新しい Mathematica の典型的な機能を実現する関数をいくつか選びました。

4 ダイナミック・インタラクティビティ

Mathematica は、既に v2 からアニメーションなどのダイナミック・コンテンツを表示する機能があり、バージョン・アップと共にブラッシュアップされて来ました。本節で御紹介する Manipulate 関数は、実は v6 で実装されています。どのような機能なのでしょう？

4.1 パラメータの GUI 化

例えば、 $\sin(x)$ のグラフを表示することを考えましょう。物理学では波を表す周期関数である $\sin(x)$ には、いくつか重要なパラメータを設定する事が出来ます。

- 振幅
- 波数
- 角周波数

振幅は何となく想像できるにしても、他のパラメータを言葉で説明してもなかなかイメージが湧きません。これは、従来の紙の上に描画した静的な説明では、パラメータが関数の特徴を支配しているのか、直感的には捉えにくいからです。このような場合、パラメータを変化させたときに、関数のグラフがどのように変化するかを見れば一目瞭然です。実際に、変化を試みましょう。

```
Manipulate[
  Plot[振幅*Sin[波数*x-角周波数*t], {x,-2*Pi,2*Pi}, PlotRange -> {-5,5}],
  {振幅, 1, 5}, {波数, 1, 10}, {角周波数, 1, 10}, {t, 0, 10 Pi}]
```

を実行すると図 1 の様な出力が得られます。ここで、例えば、振幅という表記の右隣りにあるつまみ(スライダー)をクリックして、ドラッグすると図 2 の様にグラフが変化します。

すなわち、振幅は縦方向の大きさを制御するパラメータです。{振幅, 1, 5}というのは、式中の振幅というパラメータ(何と、日本語が自然に使えます!)の範囲が [1.0, 5.0] の範囲で変化させられるという意味です。同様に、波数は横方向にのスケールを制御するパラメータ

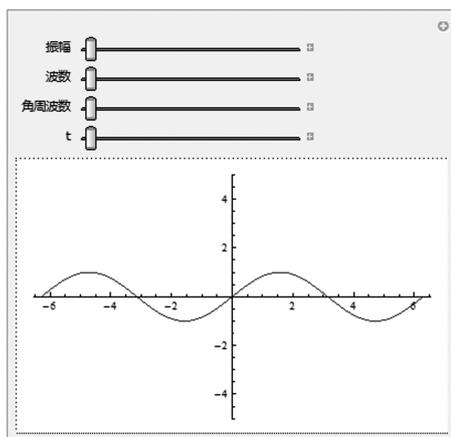


図 1: Manipulate の実行結果

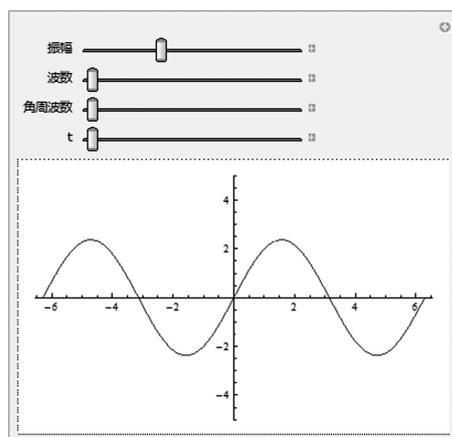


図 2: 振幅スライダーのドラッグ結果

である事が分かります。ところが、角周波数のスライダーを動かしても変化はありません（図 3 参照）。実は、運動に関するパラメータなので、時間変化を見る必要があります。この場合、 t

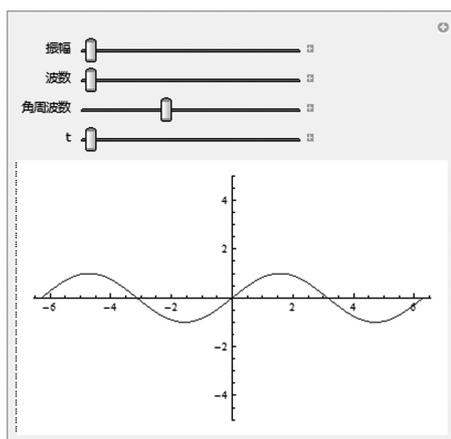


図 3: 角周波数スライダーのドラッグ結果

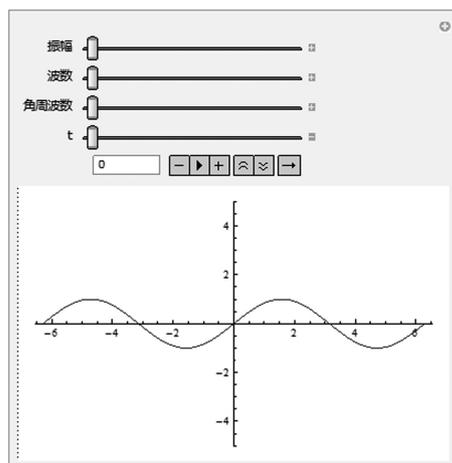


図 4: コントロールの表示結果

のスライダーの右端に小さな十字形のボタンを押すと図 4 の様な一連のコントロールが表示されます。

これらのコントロールのうち、を押すと、グラフが右側に向かって動き始めます。すなわち進行波です。ここで、右から二番目のボタンを何回か押して、アニメーションの測度を落としてから、角周波数のボタンを動かしてみましょう。右に動かすと段々と進行波のスピードが上がる事が見て取れます。

複数のパラメータの値におけるグラフを並べても、パラメータの持つ意味はある程度は理解できますが、学習者が自分でパラメータの値をコントロールして得られる印象の強さには到底及びません。もし、パラメータの変化に対して不連続な変化が起こる場合なら尚更です。

上記の例では、パラメータは連続変数でしたが、離散パラメータも可能です。例えば、スライダーで変化させた $n = 1, 2, 3, \dots$ の値に対する $(a + b)^n$ の展開式を表示する事が可能です。この他に、func=Sin, Cos, Tan, Cot に対する func[x] のグラフを描画することも可能です。この場合、例えば Cos というボタンを押せば、 $\cos(x)$ のグラフが描画されます(図 5 参照)。

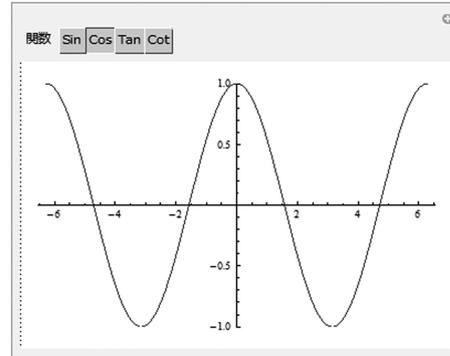


図 5: 各種三角関数のインタラクティブな描画

4.2 デモのデプロイ

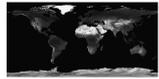
前節で御紹介したインタラクティブな GUI を備えたデモは、Manipulate 関数を実行した NB 形式のファイルの中に出力されますが、このままの形で CDF 形式のファイルにエクスポート出来ます。これを、ウェブ・ページに貼れば、CDF Player がインストールされたウェブ・ブラウザで誰でも実行する事が出来ます。Mathematica を使って得られた成果は、Mathematica を持っている人だけが利用できないという特権的な成果物ではありません。一度作られた情報はオープンにするのが Wolfram 社の哲学なのです。

5 驚異のグラフィックス

グラフィックスに関して v6 で、OpenGL や Direc3D というメジャーなコンピュータ・グラフィックス・ライブラリをサポートする事によって、大きな飛躍を遂げ、v8 に至っては、ゲームや映画に使われているコンピュータ・グラフィックスの技術による高度な可視化を実現できます。いくつか例を紹介する事にします。

5.1 テクスチャ・マッピング

テクスチャ・マッピングとは、2D の画像を 3D オブジェクトに滑らかに貼り付ける技術のことです。例えば、世界地図を球面に貼れば、地球儀になります。実際に、次の命令を実行すると、図 6 の出力を得られます。

```
SphericalPlot3D[ 1, {u,0,Pi}, {v,0,2Pi}, Mesh->None,
  TextureCoordinateFunction->({#5, 1-#4}&),
  PlotStyle->Directive[Specularity[ White, 10], Texture[

  ],
  Lighting->"Neutral", Axes->False, RotationAction->"Clip"]
```

注目して頂きたいのは、貼るべき 2D イメージは、そのままコマンドの中にインラインで挿入されていることです。フォルダの中にある画像ファイルをコピー & ペーストしたり、あるいは

ドラッグ & ドロップすることも可能です。これは、Mathematica が提供するユーザの利便性を考慮した優れた GUI の一例です。

3D オブジェクトにマウス・カーソルを重ねて、左ボタンをクリックしたままドラッグすると思う様に回転します。なお、このインタラクティビティは、Manipulate 関数を使ったデモによっても実現できます。

貼るべき 2D イメージは、Mathematica の出力結果を使う事も出来ます。例えば、上記の地球儀の上に、任意のベクトル場を積分した流線の場合や、等高線図を貼ることも可能です。

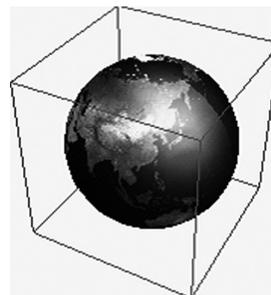


図 6: テクスチャ・マッピング

5.2 光の計算

次のコードは、空間に浮かんだカラー・ボールの間に点光源を動かして、リアル・タイムに光の計算をするものです。

```
myspheres = Table[{RGBColor[Random[], Random[], Random[]],
                  Specularity[White, 128], Sphere[{x, y, z}, 1]},
                  {x, 0, 10, 4}, {y, 0, 10, 4}, {z, 0, 10, 4}];
Manipulate[
  Graphics3D[
    {White, PointSize[.02], Point[{t[[1]], t[[2]], 5}], myspheres},
    Background -> Black, Boxed -> False,
    Lighting -> {RGBColor[.3, .3, .3],
                 {White, {{t[[1]], t[[2]], 5}, {0, 0, 0}}, 2}},
    PlotRange -> {{-1, 10}, {-1, 10}, {-1, 10}}, ImageSize -> 500],
  {t, {-15, -15}, {20, 20}}, SaveDefinitions -> True]
```

「何と長くて複雑なコードだ、これだから Mathematica は、、、」という声が聞こえそうですが、もし上記のコードを C 言語と OpenGL+GLUT で書いたらどのくらいの行数になるでしょうか？ おそらく数百行にはなるでしょう。点光源を平面上で動かす GUI も結構面倒な部分です。一方、Mathematica のコードのうち、光の計算に係わっている部分はごく僅かです。たったこれだけのコードで納まるというのは、むしろ驚くべきことなのです。

6 計算環境

Mathematica の計算環境は常にブラッシュ・アップされ続けています。計算スピード、新しいアルゴリズムの採用による精度の向上、などはこれまでの通りです。ここでは、Manipulate 関数の応用と、並列計算についてのトピックを取り上げます。

6.1 数値計算と Manipulate 関数

4.1 で Manipulate 関数の効用を紹介しました．既に形が分かっている関数の中のパラメータを変えると関数がどのように変わるかを知るには Manipulate 関数は非常に効果的でした．では、表示すべき関数がある方程式の解として決定される場合はどうでしょうか？もし、元の方程式がパラメータを含めて厳密解を持ち、数式処理でその厳密解を求める事が出来れば、得られた解の式の中に含まれるパラメータを Manipulate 関数でコントロールすれば 4.1 と同様です．

厳密解が無い場合は、数値解を求める事になります．例えば微分方程式の数値解は NDSolve (Numerical Differential equation Solve) 関数を使いますが、解くべき方程式の中に値が不定な文字が含まれては数値積分が出来ません．パラメータも、数値として与えられている必要があります．このような場合、以下の様に、パラメータを遅延引数として定義して、各パラメータの値について NDSolve が出力した数値解の族を格納するコンテナを用意します．

```
ss[a_] := NDSolve[{y'[x]==y[x]*Cos[x+a*y[x]], y[0]==1}, y, {x, 0, 30}];
```

この ss という関数を用いて

```
Manipulate[Plot[Evaluate[y[x] /. ss[a]], {x, 0, 30},
               PlotRange -> {0, 3.0}], {a, 0, 2}]
```

を実行すれば、図 7 の様な、パラメータ a の値をスライダーで変化させると、それに対応した数値解の解曲線を滑らかに補間して描画するデモが作成されます．

このような、パラメータ付きの数値計算は、あらゆる分野で大きなベネフィットをユーザに与えます．教科書、参考書に掲載されている様々な例を大がかりなプログラミングをする事もなく、ほぼ与えられた数式のまま入力して、パラメータを変化させながら数値解を求め、その結果を可視化することによって、元の数式が表現するモデルのシミュレーションと可視化が行なえるからです．

より厳密な数値解を計算するにしても、その前に、パラメータの「当たり所」を探るという意味で、シミュレーションの Rapid Proto Typing が可能になるのです．

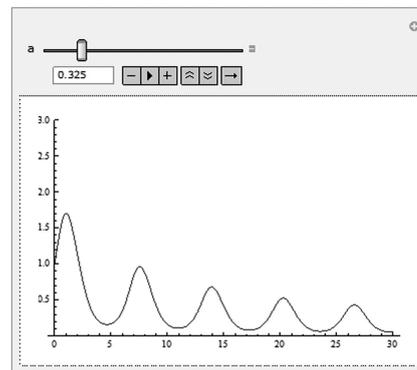


図 7: 微分方程式の数値解の表示

6.2 並列計算と GPU

以前は並列計算の機能をパッケージの形式で実装していましたが、その後 v7 で組み込み関数として実装し、Parallelize などの主要関数を v8 でブラッシュアップしました．v8 での目玉は、GPU のサポートです．GPU の最新ドライバーをインストールし、専用のパッケージをロードする必要があります．開発環境としては、CUDA と OpenCL をサポートしています．

Mathematica が GPU をサポートしている部分は、セットアップを全て Mathematica が引き受けているという点です．ユーザは、いわゆる GPU のコア・プログラムだけに注力すれば十分です．

ここで、注意して頂きたいのは、何でもかんでも GPU で計算すれば速い訳では無い事です。例えば巨大な行列の計算は、CPU から GPU, GPU から CPU へのデータの転送に思いの外、時間が掛かり、トータルの実行時間は CPU のみで計算するのと余り変わらないかもしれません。GPU に合った問題を選べば大いなる恩恵を被ることが出来ます。

7 計算可能データとその応用

これも、既に v6 で初めて提供されて以来、バージョン・アップ毎に拡張されている機能です。Wolfram 社に巨大なクラスターがあり、理科年表、社会年表のような膨大なデータが格納されており、ユーザはインターネットを通じて、Mathematica の中からこれらのデータにアクセス、加工して様々なアプリケーションを作る事が出来ます。

7.1 Wolfram 社が提供するデータ

通常インターネット上で得られるデータは無償な半面、何回も再利用されていて出所や信頼性に疑問がありますが、Mathematica の中からアクセスするこれらのデータは、国際機関や米国情勢調査局等が発行する、全て出所の明らかなプライマリ・データで、Wolfram 社がユーザに提供しています。

さらに、これらのデータは、作られたままの形式ではなく、Mathematica の様々な関数が適応しやすい様に整えられています。また、それらのデータを加工したり可視化したりする関数も新たに用意され、ユーザは気軽に大量のデータにアクセスして、興味深いアプリケーションを作る事が可能になっています。

経済データなど時系列のデータは、適当な期間毎にアップデートされていますので、何か関数を実行した時点で最新の情報まで含めた結果を得る事が出来ます。主なデータは以下の通りです。

<p>数学： グラフ，多角形・多面体，有限群，結び目 自然科学： 元素，化合物，アイソトープ，素粒子，天候，測地，天文，たんぱく質，ゲノム 社会科学： 各国・各都市の経済・社会統計，測地学，金融 その他： 言語学</p>

例えば、各国の地図をその国の GDP や人口などで色付けした世界地図を球面にテクスチャ・マッピングしたら、GDP の値に従って色づけされた地球儀が得られます。もし、何も無い所からこのようなアプリケーションを作るとなったら、まず、データを集め、世界地図をその国ごとに色付けし、さらに、地球儀として表現する、など多くの作業が必要です。しかしながら Mathematica を使えば、深い知識や、データを集める苦勞をせずに、グローバルな世界の様相を簡単に知る事が出来る訳です。

7.2 幅広いファイル形式のサポート

Mathematica の他にも、様々なアプリケーションが存在し、それらが入出力する様々な形式のデータがあります。これらのデータも Mathematica に取り込み、Mathematica のユニークな関数を適用すれば、面白いアプリケーションが得られるでしょう。Mathematica は、実際に 100 種類以上のファイル形式でデータをインポートし、また、エクスポートする事が出来ます。

例えば、理工系の研究者が良く使う $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ のソースファイルを読み書きする事が出来ます。あるいは、医療画像、CAD データ、位置情報など、特定の専門分野で使われるデータ形式にも対応しています。

8 専門分野に特化した関数群

これまでは、ベースとなる数学や物理数学・工業数学の関数を網羅的に実装して来ましたが、v8 では専門分野に特化した関数族を実装しました。これは、Mathematica が、理工の枠を出て、キャンパスのプラットフォームとしての一步を踏み出したのみならず、様々な産業・ビジネスのソリューションとしての一步を踏み出した事を意味します。

面白いのは、これらの関数族は決して孤立しているのではなく、他の関数族と組み合わせるように設計されている事です。手元のデータを全く別の分野の分析手法で解析したら新しい知見が得られるかもしれません。最近よく言われる学際的な研究がごく自然に実施できる訳です。新しく実装された専門分野は以下の通りです。

画像処理，ウェーブレット解析，制御系，
グラフとネットワーク理論，金融工学，確率と統計，群論

これらの関数は、前出の計算可能データと組み合わせると面白いアプリケーションが考えられます。例えば、金融データとして、ある企業の株価を原資産とするデリバティブ商品の価格を計算するという、現実の問題に則したシミュレーションが実施できます。

画像処理の諸関数は、v8 からサポートされたウェブカメラと組み合わせると、より効果的です。まず、CurrentImage という関数で、スナップショットが取れます。これを Dynamic という関数の引数として次のように実行すれば、ライブ・ビデオが表示されます。

```
Dynamic[CurrentImage[ ]]
```

さらに、間に画像処理関数を挟む事によって、画像処理されたライブ・ビデオを表示する事が出来ます。例えば、

```
Dynamic[EdgeDetect[CurrentImage[ ]]]
```

は、輪郭線だけが表示されるライブ・ビデオとなるのです。このようなアプリケーションを作成するのは、決して簡単ではありません。Mathematica では、USB のウェブカメラを装着し、上記の短い一行を実行するだけで良いのです。

9 Wolfram|Alpha® との統合

自由形式入力とは、未来の知識エンジン Wolfram|Alpha と呼ばれる Wolfram 社の新しい技術を統合しました。Wolfram|Alpha は、やや制限された形で、「<http://www.wolframalpha.com/>」というサイトで、誰でも利用できます。自由形式入力と同様に、英語の平文で、いろいろ質問すると、与えられた質問(クエリ)に関係する計算可能データを集め、適切に計算した結果を出します。たとえば Mathematica の中で

```
==integrate 1/(x^3-1)
```

と入力すると、原始関数の数式だけでなく、そのグラフやテイラー展開などの関連情報も出力し

ます。また、Show Steps というボタンをクリックすると、途中の計算過程も詳細に表示するので、学生は自分で納得するまで式を確認する事が出来ます。

あるいは次のように入力すると、2つの食物オブジェクトのカロリーや栄養価のデータをルックアップし、それらを成分毎に加えた一連の表を表示します。

```
==A glass of beer + a bigmac
```

通常の検索エンジンとは違い、関連するデータを集めて、広い意味で計算した結果をまとめてレポートするのです。クエリによってはレポートではなく、簡単なアプリケーションの場合もあります。このように、コンテンツやアプリケーションという形で答えを出す Wolfram|Alpha は、新たな人工知能の試みと言って良いでしょう。

10 CDF と電子書籍

まずは、「<http://www.wolfram.com/cdf/>」のページにある様々な例を見て頂くのが「百聞は一見に如かず」だと思います。データが並んでいる静的なドキュメントは、それらのデータを分析したり解釈したりする作業が更に必要となります。一方、前述の CDF ファイルのドキュメントは、データの可視化や分析をインタラクティブに行なう事が可能です。その場で、データを分析して意思決定をすることが出来る様になります。

あるいは、理工系の教科書に掲載されている説明図や例が GUI によってインタラクティブにコントロールできれば、基本的な概念を簡単にイメージすることが可能になります。このような電子教科書は、米国では既にいくつかの事例があります。

今後、電子書籍は大きな話題になりますが、強力な計算・可視化能力を有する CDF が大きな注目を浴びることでしょう。

11 最後に

かなりの長大な記事になってしまいましたが、全体像をかいつまんで御紹介したに過ぎません。ここでは述べなかったアプリケーション開発なども Mathematica の大きな可能性を示す要素ですが、また別の機会があれば述べたいと思います。

既に Mathematica は、その名前の由来である mathematics を遥かに超えてしまいました。しかしながら、その根底にある強力な計算力を様々な形でユーザに提供して、専門家だけでなく専門的な知識やスキルが無い人でも、より高度な知的活動に集中することをサポートする汎用プラットフォームとして生まれ変わりました。すなわち、抽象的な mathematics の概念を理解する一助となる Mathematica は、むしろ真の Mathematica と呼んでも良いのかも知れません。

なお、Wolfram 社は様々な専門知識や Mathematica などの製品に関する情報をオープンにしています。ぜひ、「<http://www.wolfram.com>」を訪ねていると探してみてください。情報量の多さには圧倒されるかもしれませんが、これだけ多くの情報を無償で提供するのは、Mathematica を通して、ユーザの方だけでなく非ユーザの方とも一緒に、新たな知識の平面を見たいという Wolfram 社の願いなのです。