

Wolfram Alpha と CDF の教育活用

千葉県立船橋啓明高等学校 大橋 真也 (Shinya OHASHI)
Chiba prefectural Funabashi-Keimei Highschool

1 はじめに

昨年, この RIMS で紹介した「Wolfram Alpha」を大学を含めさまざまな分野で活用した報告を多くの方からいただいた。しかし, 「Wolfram Alpha」は, 複雑な処理を行うことは難しく, ある程度の慣れも必要である。また初等中等教育においては, 英語の自由文の入力に難点があるのではなどの意見もいただいた。今回, 「Wolfram Alpha」を活用したの実習を実際に高校生について実施した。その際に配慮したことや, その際の生徒の反応などを元に今回は「Wolfram Alpha」について再度考察する。

また, 「CDF」というドキュメントフォーマットに関する新たなテクノロジーに関して, その教育分野の可能性について言及していく。

2 Wolfram Alpha

2.1 Wolfram Alpha

「Wolfram Alpha」(<http://www.wolframalpha.com/>, 以下 W|A と記す) は, 2009 年に数式処理ソフトウェア Mathematica の開発元でもある Wolfram Research 社が, Mathematica, webMathematica などの技術を検索エンジンに適用し, 公開したサイトである。「W|A」は, Google などに見られるような Web コンテンツをデータベースとして検索を行う検索エンジンとは大きく異なり, 株価や国勢調査などの各国のさまざまな統計データ, 気象, 宇宙, 科学, 地理などのさまざまなデータを元に計算し, グラフ処理などを行うことができる Computational knowledge engine と言われている。

「W|A」は, 現在無料で公開されているものだけでなく, 商用で提供するバージョンなども存在する。また, 現在では無料の「W|A」においても後述する「CDF」の技術を活用し, 出力結果に対してインタラクティブな処理を行うことも可能になってきている。

「W|A」の使用方法は, 以前にも述べているが, 英語で自由文を入力することによって, その文章を解釈し, 検索, 計算, 評価を行ってくれる。

たとえば, 本年 (2011 年) 3 月 11 日に東日本を襲った東日本大震災以降, 日本で起こった地震のデータを学習で活用しようとしても, それらのデータはあまり提供されていない。しかし, 「W|A」では, 「earthquakes Japan from 2011/11/March」のような中学生で

¹ 「W|A」の画面の右上で設定する。Mathematica または無料の CDF Player およびそのプラグインが PC にインストールされていることも必要である。

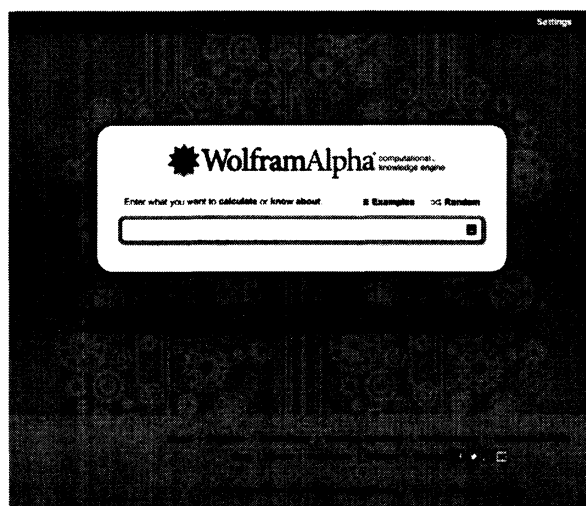


図 1: Wolfram Alpha

も入力できるようなキーワードを並べることにより、3月11日から現在までの震源地や地震の頻度を容易にグラフにしてくれる。

さらに、Mathematica Version8からは、Webブラウザを使うことなく、「=」や「==」を入力するコマンドの先頭に入力することにより、インターネットの接続環境があれば、「W|A」を呼び出し、その結果をMathematicaのノートブックに表示することも可能になった。

これらのテクノロジーにより、中等教育におけるMathematicaの活用方法も変化すると考えられる。従来はMathematicaのコマンドのシンタックスを学習した上で、本来の学習内容をMathematicaで実習するというスタイルが取られていたが、自由形式で入力することにより、「W|A」がMathematicaのコマンドに変換し、変換されたコマンドを自分のPC上のMathematicaが解釈し、実行するということもできるようになった。たとえば、極方程式 $r = \sin(3t)$ のグラフを描きたいが、Mathematicaのコマンドが分からないときでも、関連性のある単語を並べて書き、「= polar plot sin 3t」などを入力することにより、必要なグラフを作成することが可能になる。また、CDFの技術を使い、スライダーも表示され、アニメーションやパラメータである t の変化の様子を調べることも可能になった。また入力の方法によっては、解釈し、実行したMathematicaのコマンドも表示されるので、Mathematica自体の学習を行う場合にも有効であると考えられる。

この自由入力に関しては、多少単語の綴りを誤っていても、「W|A」が解釈し修正して、実行してくれる。中学生や高校生では、プログラミングなどで綴りを誤ることが多く、その修正に多くの時間を費やしてしまうが、そのようなこともなく、本来の目的に即した活動を行うことができるのである。たとえば、「integral」の綴りを「integlal」と入力しても修正して解釈し、実行してくれる。

Mathematicaと「W|A」を組み合わせることによって、インタラクティブな処理を行うこともできる。本来のMathematicaを自由入力形式の特性を取り入れ、次のような処理も可能である。今、Mathematicaで取り込んだ写真(PCのカメラでそのまま入力でき

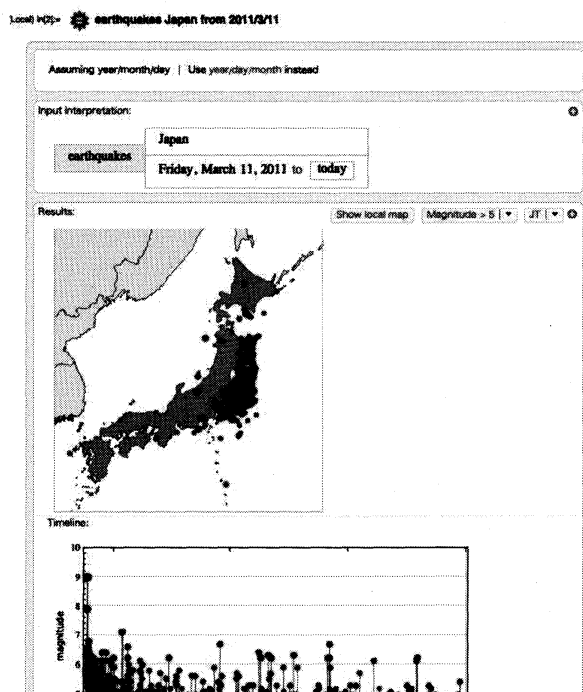


図 2: Wolfram Alpha の活用 1

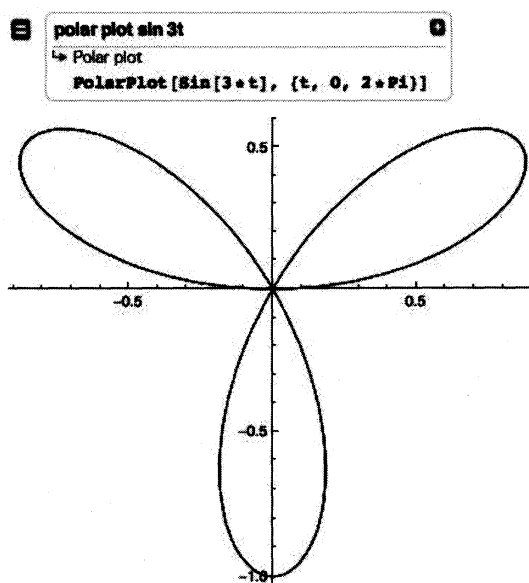


図 3: Wolfram Alpha の活用 2

る)に対して、自由入力によって、Mathematicaで画像処理などを行っている。その結果を活用して、さらにManipulateコマンドなどを行い、動的な処理を生成している。

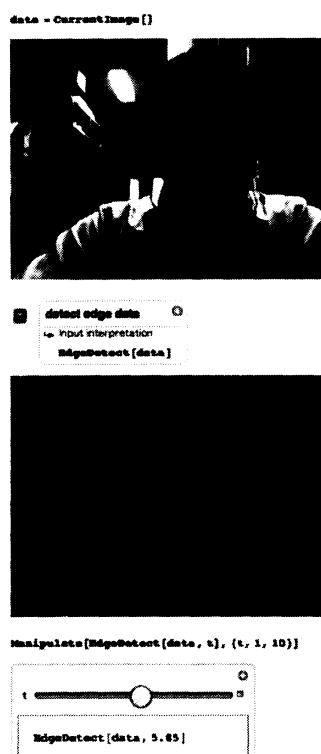


図 4: Wolfram Alpha の活用 3

2.2 Wolfram Alpha Knowledge Base

「W|A」を活用するには、多少コツが必要である。単純な処理であれば、単語を並べるだけで、それなりの処理を行うが、複雑な処理を入力すると、先頭のキーワードのいくつかだけ解釈するだけで、実際に望んだ処理などを行えないこともある。そのため、Mathematica から、複数回にわたって逐次処理などを行う必要もある。その際に参考となるのが、「Wolfram Alpha Knowledge Base」²である。このサイトでは、さまざまな分野の例における「W|A」の活用方法を示してくれる。かなり複雑な処理もこのサイトを見れば、「W|A」で利用可能であることが理解できるだろう。また「W|A」を活用しての教育を行う場合、最初にここの例を見せて、実施することも有効であると考ええる。

以下の例には、「天気および気象学」の例である。単純な例も多いが、活用のヒントになるようなものもある。またそこにある自由形式の例を「W|A」で解釈させ、結果を表示することも可能である。

2.3 Wolfram Alpha を用いた教育実践例

昨年度、この「W|A」を RIMS で紹介した直後に、千葉市立千葉高等学校 (以下市立千葉高と記す) の SPP (Science Partnership Program) の一環で、「W|A」を活用した数学の

²<http://www.wolframalpha.com/examples/>

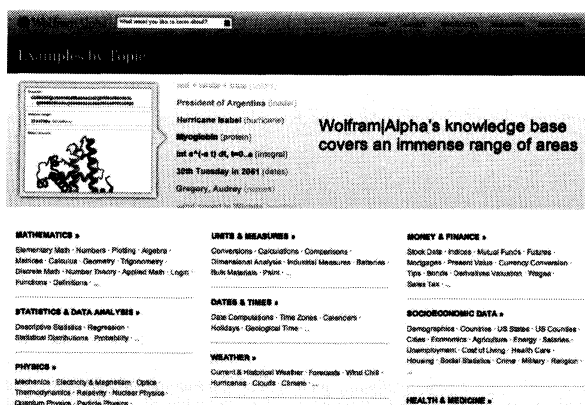


図 5: Wolfram Alpha Knowledge Base

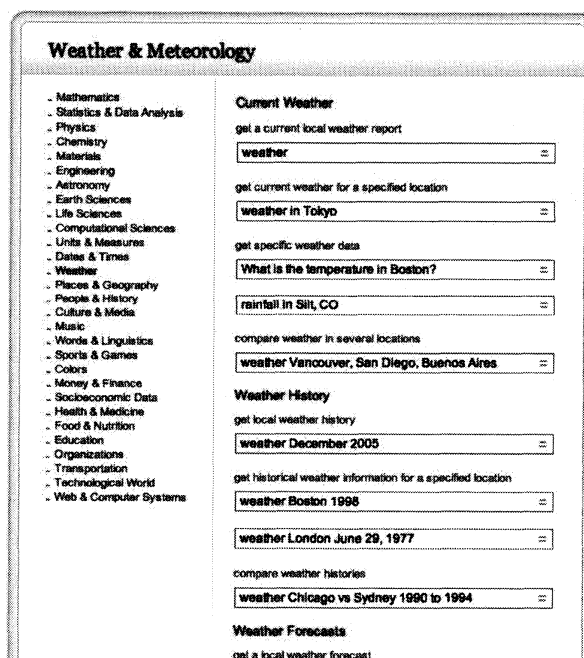


図 6: Wolfram Alpha Knowledge Base

授業を実施する機会に恵まれた。本来は、Mathematicaなどの数式処理ソフトウェアを活用した数学の楽しみについての講義であったが、生徒が利用する環境のPCのスペックがかなり低く、さまざまな処理を行うことが難しいため、「W|A」を活用することに変更した。市立千葉高のSPP参加の約20名の生徒に対して、Mathematicaにおける数学と数式処理の関係についての講義を行い、その後「W|A」の活用方法を簡単な例を用いて、実際に触れさせながら、二つの数学的活動に当たる実習を行った。

一つは昨年も紹介した、「 $x^n - 1$ の因数分解」に関する性質に関する探求授業であったが、もう一つは、「Pascalの三角形とセル・オートマトン」についての話であった。セル・オートマトンの基礎を学び、シェルピンスキーのガasketやその他の図形のルール

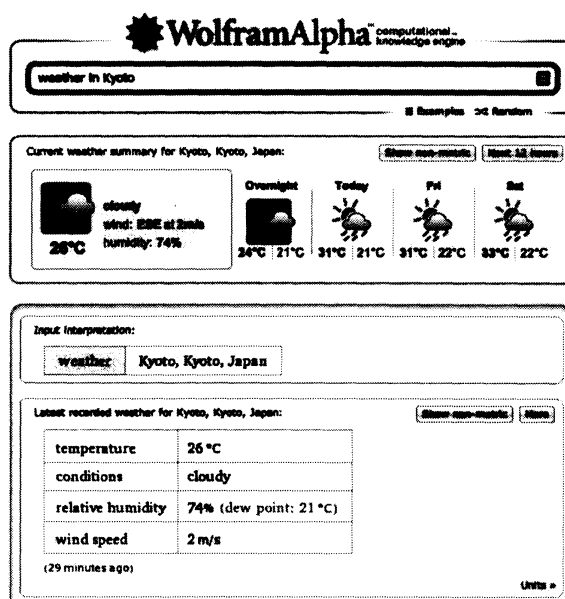


図 7: Wolfram Alpha

■ さあ、使ってみよう

英語だからといってどきることはない。まずはこんなキーワードを入れてみよう。

chubby today

何が出ただろうか。じっくり眺めればわかるはずである。次に自分の誕生日を入れてみよう。

1974 1994

自分と同じ誕生日の人には誰がいるだろうか。誰か有名な人はいない？
次は化学かな。

calcium

と入れてみよう。何が出た？
次はこれだ。何が出るかな。

Apple

iPhoneが売れているからね。株価もどんどん上がっているね。誰かの股票分析なんかでもできそうだね。

図 8: 千葉市立千葉高等学校における実践 1

■ さて、そろそろ数学をやってみよう

■ 数列遊び

Wolfram Alphaに次の数列を入れてみよう

1,2,3,4,5

予想された結果が出たかな。では次だ。

1,2,3,1,2,3

次の数列を知っているかな。

1,1,2,3,5,8

有名なフィボナッチ数列と言うんだ。どういう数列でできたものかわかるかな。
次の数列はどうだろう。

2,1,3,4,5

逆順な数列を入れてみよう。どんな結果が出るのかな。

図 9: 千葉市立千葉高等学校における実践 2

を見いださせるという内容である。図の内容は、その際に用いた講義用の Mathematica のノートブックの一部であるが、生徒はこのテキストの内容を見て、「W|A」でその内容を探求していった。

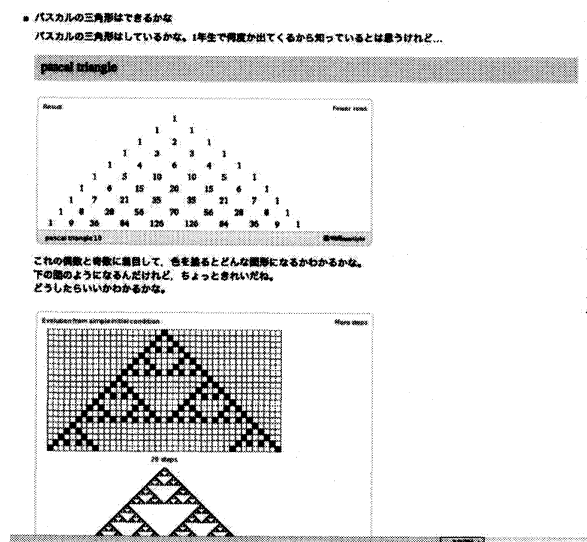


図 10: 千葉市立千葉高等学校における実践 3

高校生の数学の授業で、「W|A」を活用してみたが、Mathematica を利用するよりも簡単に数式処理や数学の内容の理解を進めることができたと考えている。生徒は、Google などの検索エンジンの利用にはすでに慣れており、それと同様の手法でさまざまな処理を行うことができ、無料で仮定などでも活用できる「W|A」にかなり関心を持ったようであった。専用のコマンドのシンタックスなども理解しなくとも、いつでも活用できる点が生徒の関心を高めることができると考えた。

3 CDF

2011 年、Wolfram Research 社より、「CDF(Computable Document Format)」の発表があり、「W|A」や Mathematica でもそれらの実装が行われ、容易に CDF を作成し、活用することが可能になった。また、以前から Mathematica のさまざまな教材を提供していた「Wolfram Demonstrations Project」³でも 7000 以上のコンテンツが、CDF 化され、Web 上で動的なコンテンツを活用できるようになった。

3.1 CDF の機能と仕組み

CDF は、Mathematica で簡単に作成できるドキュメント形式の一つである。無料で提供されている CDF Player で Mathematica で作成した Manipulate などの動的なコンテン

³<http://demonstrations.wolfram.com/>

ツを実行することができる。このように書くと、以前のバージョンにあった Math Reader や Mathematica Player と同様なものと考えがちであるが、CDF は、Mathematica で保存する形式を変更するだけであり、簡単に生成することができ、すぐに活用することが可能である。(Mathematica Player で実行できる nbp ファイルは、Wolfram のサイトで形式変更が必要であった。) しかも、この CDF ファイルは、Mathematica の標準的なノートブックを保存したファイルである nb ファイルと内部形式的にもほぼ同じであり、容量も小さく抑えることが可能である。これによって、従来のデジタルコンテンツや出版物 (e-book や電子教科書など) も CDF で作成可能になった。

さらに CDF ファイルは、CDF Player とそのプラグインをインストールしておくことにより、Web コンテンツとして、公開することも簡単にできる。CDF Player には、Mathematica 同様の強力な Kernel を含んでいるために同様の動的な処理が可能なのである。

CDFはWebブラウザ内の全画面または埋込みオブジェクトとして、あるいはデスクトップ上のアプリケーションまたはドキュメントとして配備することができます。

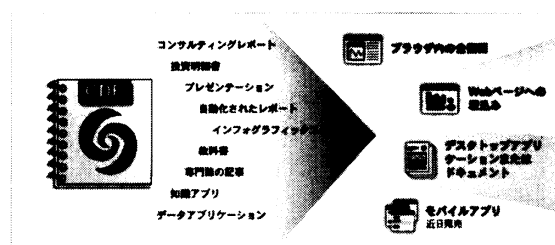


図 11: CDF の機能

これによって、以前 Mathematica Player などの時にも実施していた、教員が Mathematica で教材を作成し、CDF Player をインストールしてある生徒の PC によって、その教材を活用することが可能となっている。つまり Mathematica によるプログラミング教育や研究を行うのであれば、CDF Player である程度は、活用できるのである。特に中等教育などにおいては、学習指導要領や教科書にある内容のコンテンツをあらかじめ CDF ファイルとして作成しておけば、容易に生徒に活用させることが可能になるのである。

3.2 CDF の可能性

CDF ファイルの例は、かなり複雑なものも作成されており、CDF のこれからの可能性を感じさせる。以下の例は一般的な解析の教科書の一部であるが、教科書全体が CDF ファイルで作成されており、すでに販売されている。

CDF ファイルとして実行できる Mathematica の命令の中心は、Manipulate コマンドで作成されるものである。その際に入力されるコマンドは、意味を持たず、Manipulate で作成されるスライダーなどで動作させることのできる出力のみである。これらのパネルを持つ出力は、入力コマンドを消してしまっても動作し、かつ容量を抑えた形で存在

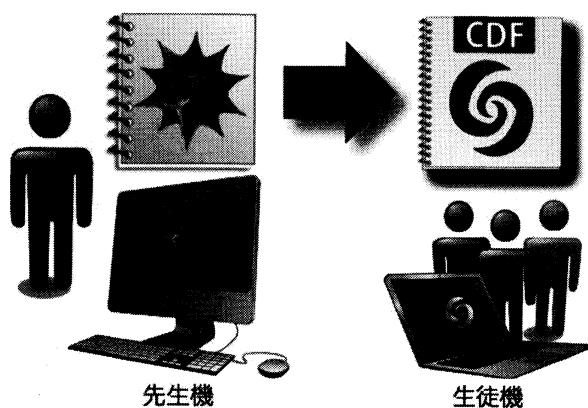


図 12: CDF の機能

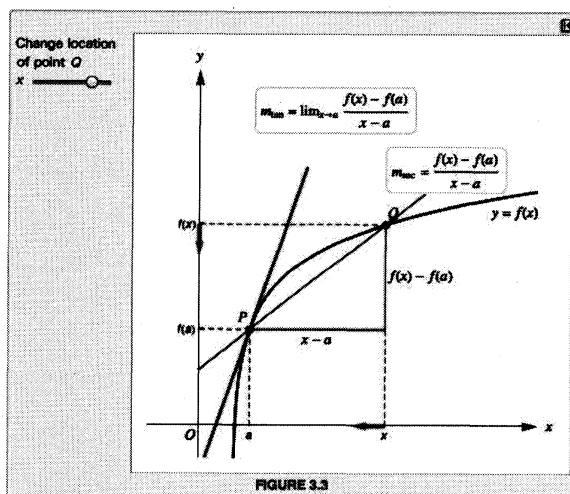


図 13: CDF のサンプル

している。以下の例で簡単な Manipulate の教材例を作成し、その内部表現を表しているが、簡単なテキストのみであり、そのテキスト内でその定義なども含んでいる。

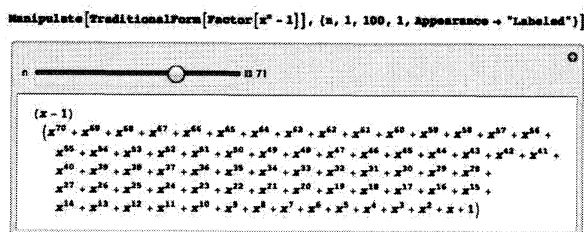


図 14: CDF の仕組み

```
Cell[BoxData[
TagBox[
StyleBox[
DynamicModuleBox[{$CellContext`n5$ - 86, Typeset`show$ - True,
Typeset`bookmarkList$ - {}, Typeset`bookmarkNode$ - "Menu", Typeset`animator$,
Typeset`animvar$ - 1, Typeset`name$ - "\"untitled\"", Typeset`specs$ - {{
Hold[{$CellContext`n5$, 1, 100, 1}], Typeset`size$ - {
482.103515625, {118.9375, 9.}}, Typeset`update$ - 0, Typeset`initDone$,
Typeset`skipInitDone$ - True, $CellContext`n547521$ - 0},
DynamicBox[Manipulate`ManipulateBoxes[
1, StandardForm, Variables -> {$CellContext`n5$ - 1}, "ControllerVariables" -> {
Hold[{$CellContext`n5$, $CellContext`n547521$ - 0}],
"OtherVariables" -> {
Typeset`show$, Typeset`bookmarkList$, Typeset`bookmarkNode$,
Typeset`animator$, Typeset`animvar$, Typeset`name$, Typeset`specs$,
Typeset`size$, Typeset`update$, Typeset`initDone$, Typeset`skipInitDone$},
"Body" -> TraditionalForm[
Factor[{$CellContext`x`$CellContext`n5$ - 1}],
"Specifications" -> {$CellContext`n5$, 1, 100, 1, Appearance -> "Labeled"}],
"Options" -> {}, "DefaultOptions" -> {}],
ImageSizeCache->{526., {104., 110.}},
SingleEvaluation->True,
DoInitialization->None,
DynamicModuleValues->{},
SynchronousInitialization->True,
UnsavedVariables->{Typeset`initDone$},
UntrackedVariables->{Typeset`size$}], "Manipulate",
Deployed->True,
StripOnInput->False],
Manipulate`InterpretManipulate[1]], "Output",
CellChangeTimes->{{3.5230586503850403, "9, 3.334265016597032", "9}}]
```

図 15: CDF の仕組み

さて、CDF ファイルは、Manipulate を基本とすればどんなファイルでも作成できるのであろうか。Wolfram のサイトには以下のような Q & A が掲載されている。

使いたい Mathematica の機能はすべて使えるのですか。

はい、Mathematica の計算関数のほとんどすべてを CDF に組み込むことができます。しかし、無料の CDF Player 用に Mathematica 8 で直接保存されたファイルの場合、利用できない機能もあります。その例として、非数値の入力フィールド、ダイアログウィンドウ、データのインポートとエクスポート (ChemicalData, CountryData, WordData 等、Wolfram で厳密に管理されているデータソースを除きます) が挙げられます。CDF で高レベルのアプリケーションコンテンツを有効にしたいとお考えの方は、こちらまでお問い合わせください。

つまり、Wolfram で提供しているデータ以外のデータのインポートやエクスポート、またその場で入力できるような入力フィールドなどは認めていないのである。

そのため、次のようなコンテンツは作成できないことになる。以下の例は、高等学校の新学習指導要領で導入された箱ひげ図の例であるが、自分でデータを入力できるような入力フィールドを持つ以下のような教材は作成できないことになる。

Wolfram で提供しているデータや、予め用意してあるデータならば、入力データとして活用は可能であるので、自由にデータを入力させるものでなければ、教材の作り方によっては、ある程度の教材を作成することはできると考えるが、注意が必要である。

自由にデータが入力できないことは、無料で提供している CDF Player では、ある意味当然のことと言えるだろう。しかし、Wolfram Research 社では、有料の CDF Player Pro も発売を予定しており、これでは、入力フィールドやデータのインポートやエクスポートなども認めている。つまり、有料の CDF Player Pro では、自分のデータを処理できる教材やアプリケーションを作成可能となるということなのである。

CDF Player の可能性に関しては、今後の動向を注目しておく必要がある。iPad などのタブレット PC や iPhone などのスマートフォンでも実行可能な CDF Player を開発しているという。これらで活用することができれば、CDF ファイルの教育活用の可能性はかなり広がると考える。

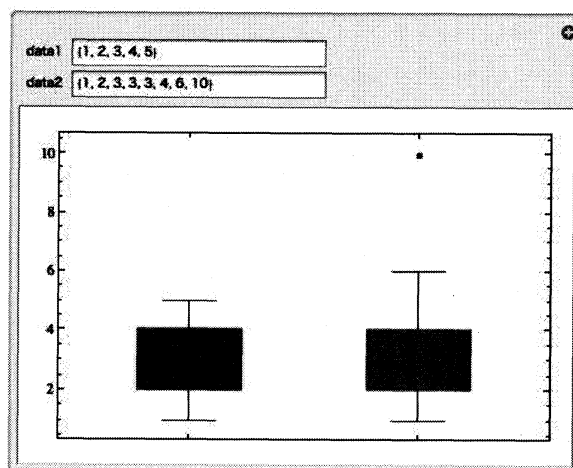


図 16: CDF ではできないこと

4 おわりに

数式処理ソフトウェアの Mathematica を直接活用しなくとも「W|A」や CDF Player を利用することにより，初等中等教育をはじめ，数学教育だけでなくさまざまな分野における教育において数式処理ソフトウェアを活用することが可能になる。また，Mathematica のコンテンツをこれらで利用だけでなく，Mathematica 自身をプラットフォームとしてこれらを活用することによって，数式処理ソフトウェアの活用の可能性も広がると考える。

今後も，CDF を活用したデジタルコンテンツの作成をさまざまな分野で実施し，その活用の可能性について報告していく予定である。