

PDA 用手書き数式入力インターフェース AsirPad の開発*

藤本 光史

MITSUSHI FUJIMOTO

福岡教育大学

FUKUOKA UNIVERSITY OF EDUCATION†

1 はじめに

学校教育現場でコンピュータを利用する事例は近年益々多くみられるようになってきた。しかし、ほとんどがパソコン教室で行われており、授業ノートを開くスペースがなかったり、児童・生徒の関心がパソコンに集中してしまうなどの問題が出ている。また、パソコン教室を利用する場合は、教師にとっても授業準備が大きな負担となっている。コンパスや定規のように一般教室で手軽にコンピュータが利用できれば、より多くの授業でコンピュータを活用した授業が期待できる。

では、どのようなコンピュータを利用すればよいか。ノート型パソコンは持ち運びや管理が大変で、やはり机を占有する。多機能電卓は場所を取らず起動も速いが、解像度が低くカラーも使えない。これらの欠点を埋める候補として PDA(Personal Digital Assistants) が挙げられる。PDA は場所も取らず、起動が速く、解像度も高い。何よりも手書きで文字が入力できるので、キーボードによる入力方法の習得時間が省ける。これだけでも小・中学校での総合学習の時間における「調べ学習」に利用可能である。しかし、PDA に付属する計算機能は電卓程度の機能しかなく、算数や数学の授業での利用は難しい。

我々は、これまでに PC 用の手書き数式エディタ Infty Editor [2] を開発し、数式処理システムとの通信機能も実現してきた。我々はこれらの技術をベースに、これまで文字入力のみだった PDA の手書き入力に、数式入力を新たにサポートし、入力された数式を数式処理ソフトで処理し、結果を数式で表示するシステムを開発した。ここでは、このシステムの概要について紹介する。

2 システム構成

プラットフォームとしては、Sharp の PDA である Zaurus SL-C700 シリーズを選択した。この PDA を選んだ理由は、(1) PDA としては高速な CPU (2) OS が Linux (3) 解像度が VGA (640x480) の 3 点である。OS が Linux であることが必要なのは、Infty Editor の数式計算機能で動作実績のある数式処理システム Risa/Asir [7] 及び OpenXM プロトコル [6] を利用するためであり、VGA が必要なのは、狭い PDA の画面に手書きで細かい数式を入力するためである。

*本研究の一部は福岡県産業・科学技術振興財団からの受託研究として行われたものである。

†fujimoto@fukuoka-edu.ac.jp

ハードウェア (PDA)	Zaurus SL-C700/C750/C760/C860
CPU	Intel XScale PXA255 400MHz (C700 のみ PXA250 400MHz)
メモリ	64MB (C700 のみ 32MB)
OS	Metrowerks OpenPDA (Linux Kernel 2.4.18)
GUI 環境	Qt/Embedded 2.3.2
アプリケーション環境	Qtopia 1.5.4
数式処理ソフト	Risa/Asir (+積分パッケージ)
通信補助ソフト	ox (OpenXM サーバ起動ソフト)
手書き数式インターフェース	AsirPad

3 手書き数式インターフェース AsirPad

Infty Editor は、九州大学の鈴木昌和研究室を中心とする「数理科学文書情報処理システム研究プロジェクト」[3] で開発された PC 用の手書き数式入力対応エディタである。我々は 2002 年 [1] に、この Infty Editor に OpenXM プロトコルを利用して、様々な数式処理システムと通信し、数式の計算を行う機能を実現した。また、2003 年 [8] に、数式処理ソフト Risa/Asir [7] を Linux OS 搭載の PDA Zaurus に移植した。

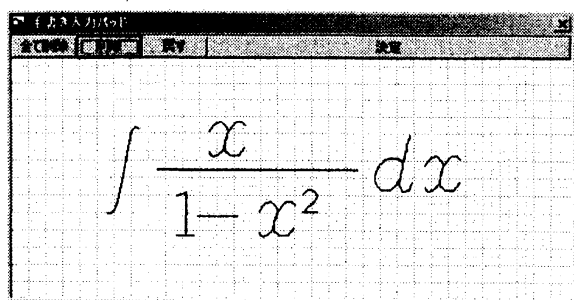


図 1: InftyEditor の手書き数式入力パッド

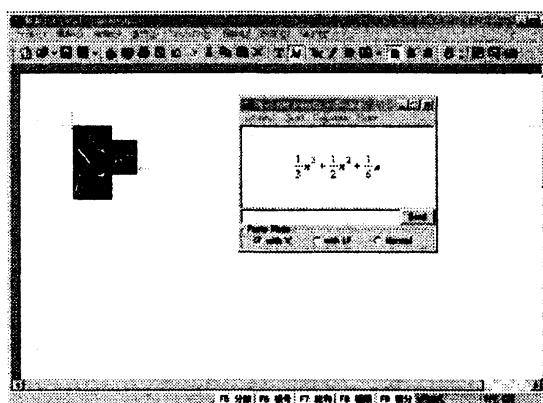


図 2: InftyEditor の数式計算機能

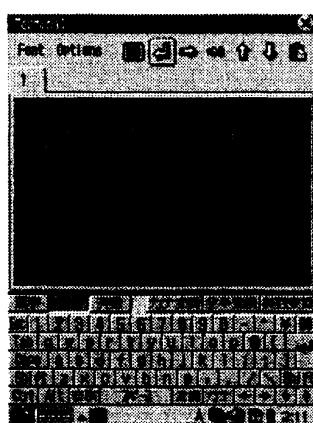


図 3: Risa/Asir on Zaurus

我々はこれらの技術をベースに、AsirPad を開発した。AsirPad は以下の手書き数式入力部、数式表示部、IML-Asir コンバーター、そして、OpenXM 通信部から構成されている。

3.1 手書き数式入力部

Zaurus の GUI 環境は、ノルウェー Troll Tech 社の Qt/Embedded 及び Qtopia を利用している。そのため、GUI アプリケーションを作成するには、Qt/Embedded 及び Qtopia の API を使う必要がある。元になる Infty Editor の手書き数式インターフェースは、Win32API 及び MFC を利用しているため、この部分の書き換えを行った。

手書き数式の認識アルゴリズムについては、Infty Editor と同じアルゴリズムを用いた。(アルゴリズムの詳細は、[4, 5] を参照のこと。)

3.2 数式表示部及び IML - Asir コンバーター

数式表示部も上記の手書き数式入力部と同様に、Infty Editor の数式表示部のコードを Qt/Embedded 及び Qtopia の API で書き換えることで実装を行った。また、Infty Editor と親和性を高めるために、扱う数式の内部形式も Infty Editor と同じ XML 形式 (IML2.5) を採用した。Infty Editor における IML と Asir 文字列の変換は、IML → Asir 文字列は Infty Editor 内部で、Asir 文字列 → IML は Risa/Asir 内部で行っていたが、本ソフトウェアの IML - Asir コンバーターはすべて AsirPad 内部で変換を行うようにした。これは、一般に Asir 文字列の方が IML よりもデータサイズが小さいので、通信データを Asir 文字列に統一することによって、通信路に流れるデータ量を抑えることができると判断したからである。また、Infty Editor のコンバーターは、XML パーサーとして、マイクロソフト社提供の MSXML を利用していたが、Qt/Embedded には、これに相当するパーサーがないため、独自に Qt/Embedded 用の XML パーサーも実装した。

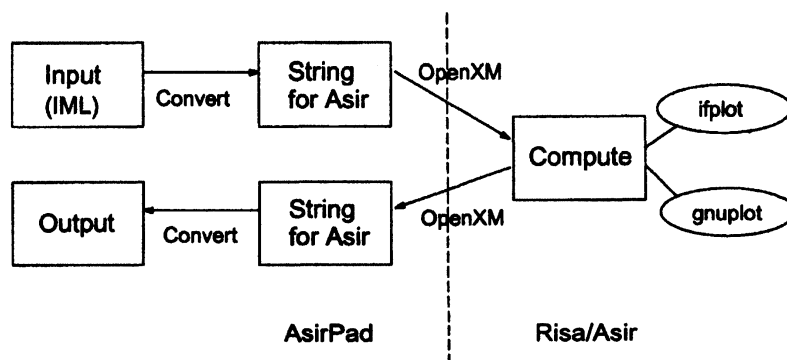


図 4: 通信経路

3.3 OpenXM 通信部

本システムで採用した OpenXM プロトコルは、神戸大学を中心とした「数学ソフトウェア間の通信規約に関するプロジェクト」[6] によって研究され、定められた仕様である。現在、OpenXM を利用可能な数式処理ソフトとして、Risa/Asir, Mathematica, gnuplot, PHC, kan/sml などがある。OpenXM を利用することにより、一つのインターフェースから様々な数式処理ソフトを透過的に利用することが可能とな

る。また、いくつかのソフトを組み合わせた複雑な計算も実行可能となる。AsirPad と Risa/Asir はこの OpenXM プロトコルを用いたソケット通信によってデータのやりとりをしている。OS の違いにより、Infty Editor では WinSock を利用した実装であったが、本システムでは UNIX の BSD Socket を用いた。

4 操作方法について

AsirPad による基本的な計算手順は以下の通りである。

1. 数式入力部に計算させたい式を手書き入力する。
2. 決定ボタンをクリックする。
3. 数式表示部に認識結果が表示される。
4. 計算種類を選択し、実行ボタンをクリックする。
5. 数式表示部に計算結果が出力される。

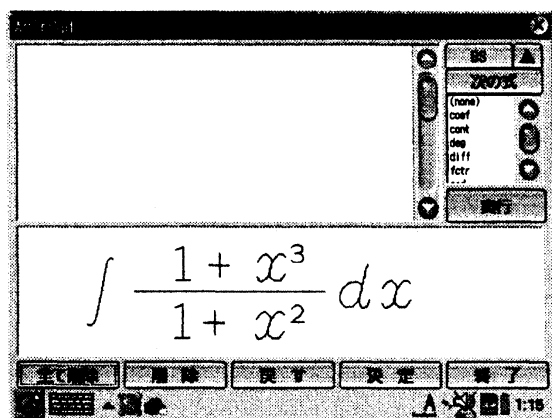


図 5: AsirPad の手書き数式入力

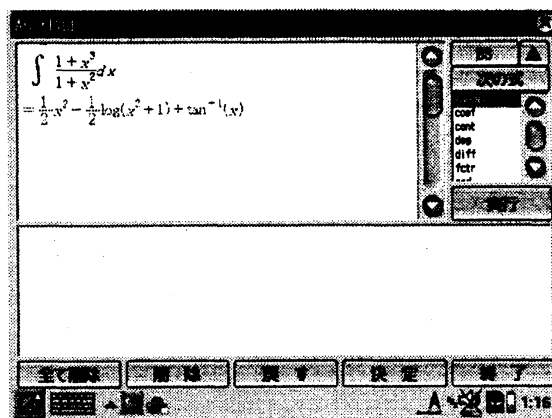


図 6: 計算結果の表示

この他に、連立方程式のような 2 個以上の数式を入力するための数式追加ボタン、及び簡易的な履歴編集ボタンが用意されている。

5 積分機能の Risa/Asir への実装

Risa/Asir は、初等関数の微分は組み込み関数として有しているが、積分については一部の有理関数を積分する機能がユーザー定義関数として提供されているだけである。高校などで本システムを利用する場合、初等関数の積分はどうしても必要な機能である。そこで、新たに Risa/Asir のユーザー言語を用いて積分関数を定義することにより、積分機能を実装した。現在対応している被積分関数は、多項式、指数関数、対数関数、三角関数、双曲線関数、無理関数、有理関数などで、高校から大学学部までの微分積分学の教科書レベルの問題がある程度 Risa/Asir 上で解けるようになった。

採用したアルゴリズムは、教育的な観点からヒューリスティックなものである。この利点は、計算の途中結果などを出力できる点にある。様々なタイプの数式に対応できるように、タイプ毎に積分関数を用意し、

入力された数式を独自開発の数式パーサーにかけることで、どのタイプの数式かを判定し、実行する関数を選択する。

6 グラフ描画について

UNIX 版の Risa/Asir は陰関数描画関数 ifplot を有している。また、OpenXM を利用することにより、汎用グラフ描画ソフト gnuplot を呼び出すことも可能である。AsirPad では、これらを移植してグラフ描画機能を実装した。しかし、どちらも X-window 用のソフトであるため、Zaurus で利用する場合は X サーバーを組み込む必要がある。一方、Zaurus で採用されている Qt/Embedded はフレームバッファを直接制御しているため、X サーバーと競合し共存できない。¹⁾そこで、バックグラウンドで起動した X-window を VNC を用いて Qt 側に表示するようにした。

グラフ描画に関する問題点は、計算速度が極端に遅くなるケースがあることである。これは、ifplot が浮動小数演算を多用しており、Zaurus の CPU が浮動小数演算コプロセッサを搭載していないためである。これについては ifplot のコードを固定小数点化する必要があると思われる。

以下にグラフ描画時のスクリーンショットを示す。

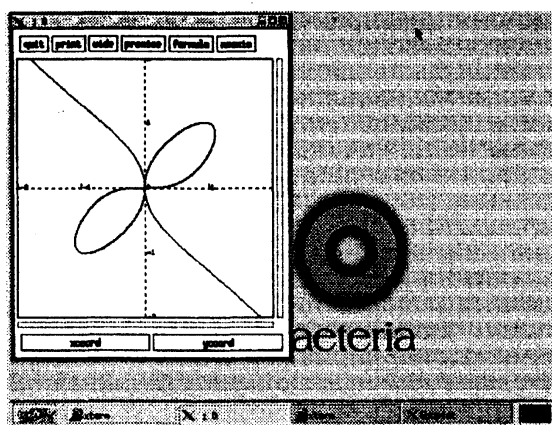


図 7: ifplot による $x^5 - 2x^2y + y^5 = 0$ のグラフ

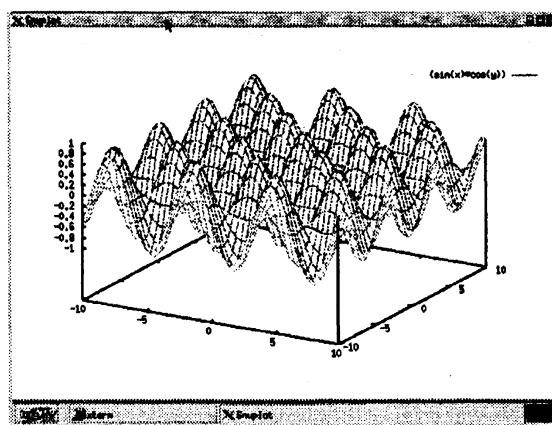


図 8: gnuplot による $z = \sin x \cos y$ のグラフ

7 利用可能な計算機能

現在利用可能な主な計算機能は以下の通りである。

- 整数演算
 - － 加減乗除, 最大公約数, 最小公倍数, 階乗
- 分数計算
- 数列計算
- 多項式有理式演算
 - － 加減乗除, 最大公約式, 因数分解, 無平方分解, 終結式

¹⁾現在、Qt 上で動作する X サーバー X/Qt が開発されている。詳細は <http://xqt.sourceforge.jp/> を参照のこと。

- 微分積分
- 連立一次方程式
- グラフ描画
 - 陰関数描画 (2 次元), 陽関数描画 (2 次元及び 3 次元)

8 結論と課題

PDA に手書き数式インターフェースを有する数式処理システムを開発した。これによって、数式の入力が簡単になり、特殊なコマンドを知らずとも分数計算、因数分解、微分・積分などの数式計算を実行することが可能になった。本システムにより、教育現場での PDA の利用形態の可能性が広がり、ネットワークを利用した理系問題の提示・解答システムにも応用されることを期待したい。今後は、このシステムを用いて手書き数式インターフェースの有効性と必要性を検証する作業が必要なると考えられる。

システム自体の課題としては、Qtopia ネイティブのグラフ描画機能の実装が必要であろう。これについては、現時点でも X-window を利用すれば可能であるが、速度面などで問題がある。X-window を用いない Qt 用のグラフ描画コンポーネントを作成する必要がある。また、OpenXM を用いて他の数式処理ソフトとの通信もできるようにしたいと考えている。

参 考 文 献

- [1] M.Fujimoto, T.Kanahori and M.Suzuki, Infty Editor – A Mathematics Typesetting Tool with a Handwriting Interface and a Graphical Front-End to OpenXM Servers, *Computer Algebra – Algorithms, Implementations and Applications*, RIMS Kokyuroku Vol.1335, (2003) 217–226.
- [2] *Infty Editor*, CAI システム, <http://www.caisystem.co.jp/infty/>
- [3] Infty project, <http://infty.math.kyushu-u.ac.jp/>
- [4] T.Kanahori, K.Tabata, W.Cong, F.Tamari and M.Suzuki, On-Line Recognition of Mathematical Expressions Using Automatic Rewriting Method, *Advances in Multimodal Interfaces - ICMI2000, Lecture Notes in Computer Science 1948*, Springer (2000) 394–401.
- [5] H.Okamura, T.Kanahori, W.Cong, R.Fukuda, F.Tamari and M.Suzuki, A Handwriting Interface for Computer Algebra Systems, *Proceedings of the Fourth Asian Technology Conference on Mathematics*, Guangzhou (1999) 291–300.
- [6] OpenXM project, <http://www.openxm.org/>
- [7] Risa/Asir, <http://risa.cs.ehime-u.ac.jp/>
- [8] 藤本 光史, Pocket Asir – a computer algebra system on PDA, 科学技術分野における電子的情報処理に関する研究集会 予稿集 (2002)
<http://www.hwe.oita-u.ac.jp/rfukuda/homepage/07fujimoto.asir.pdf>