

デー04 数式処理システムへの手書き数式入力インターフェイス

岡村 博文[†] 金堀 利洋[†] 叢 偉[§] 福田 亮治[‡] 玉利 文和[§] 鈴木 昌和[†]

[†]九州大学大学院数理学研究科 [‡]大分大学工学部福祉環境工学科 [§]福岡教育大学教育学部

1 はじめに

ネットワークやコンピュータの加速的な進歩に伴い、数学の研究や教育の分野において、様々な可能性が生まれて来ている。例えば、数式処理システムや数式のデータベースに接続した電子ボードなど数学の授業や講義の新しいスタイルを生み出すかもしれない。

しかし、現在の計算機システムにおいて数式を入力することは、各種のワープロに付属の数式入力機能を用いても、 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ を用いても、相当な時間と心理的な負担が必要とされる([1][2])。前者の入力方法は、直感的で、どのような数式を作成しているか分かり易いが、その反面、入力操作の繰り返しが、スムーズな入力を妨げ、ユーザーの思考の流れを中断させやすい。後者は、数式をスムーズに入力できるが、使いこなせるようになるまで、相当な修練が必要とされる。また、入力された数式の意味を一目見ただけで把握することも難しいであろう。

我々は、この問題を解決するために、手書き数式入力インターフェイスを開発した([4])。そして、その効果を見るために、数式処理システムである Mathematica に MathLink を通して接続したシステムを開発した。

以下、そのシステムについて述べる。

2 本システムについて

本システムの基本的な機能は以下のとおりである。

- ・ユーザーは、マウス、データタブレット、ペンディスプレイなどを用いて手書きで数式入力することができる。(図 1-①)
- ・手書きで入力された数式は、OK ボタンを押すことにより構文認識され、本システムのメインボードに活字体で表示される。(図 1-②)
- ・メインボードに表示された数式は、切り取り、コピー、貼り付けといった基本的な編集機能により、簡単に編集することができる。(図 1-③)
- ・メインボードに表示された数式を Mathematica で計算することができる。(図 1-④) この機能は、MathLink を用いたデータの受け渡しにより実現し

ている。計算のメニューは、それぞれ Mathematica のコマンドに対応している。

- ・ Mathematica による計算結果はメインボードの至る所に貼り付けることができ、表示されている他の数式と同じように編集できる。(図 1-⑤)
- ・メインボードに表示された数式の正確なグラフを表示することができる。(図 1-⑥)
- ・本システムは、手書き入力だけでなく、 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ 、MathML による数式フォーマットからの入出力もサポートしている([5])。

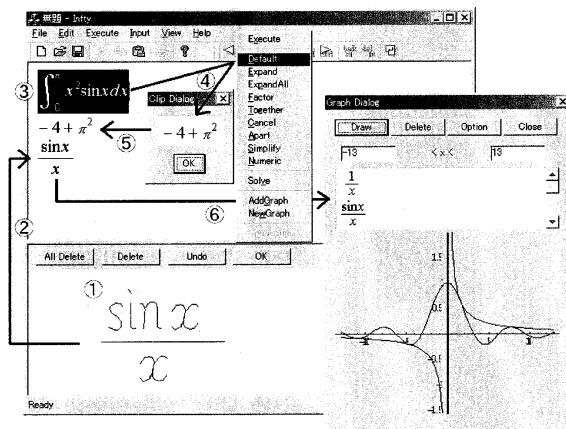


図 1: 本システムの全体図

本システムは、これらの機能を持つことにより、数式処理システムで扱う数式を手書きで入力したり、 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ や MathML フォーマットによる数式を手書きで編集したりすることが可能となる。また、その過程で用いられる編集時の数式を計算させたり、その結果を再度編集したりすることも可能となる。

3 手書き数式入力インターフェイス

ユーザーは、本システムに手書きで数式を入力することができる。この章では、この手書き数式入力インターフェイスについて述べる。ここで用いている文字認識の手法については、論文 [3] を見られたい。

3.1 仕様

現在、本システムでは、分数、根号、極限、級数、積分などを含む、高校または大学初年度の授業で扱われる数式を認識対象としている。使用する文字や記号の種類もその範囲でよく使われるものに限定している。アルファベット、数字、使用頻度の多いギリシャ文字、積

Handwriting Interface for Computer Algebra Systems
Hirofumi Okamura[†], Toshihiro Kanahori[†], Wei Cong[§],
Ryoji Fukuda[‡], Fumikazu Tamari[§], Masakazu Suzuki[†]
[†]Graduate School of Mathematics, Kyushu University
[‡]Faculty of Engineering, Oita University
[§]Faculty of Education, Fukuoka University of Education

分記号などの特殊文字、演算子などが認識対象文字となる。

また、高校でも行列は使われるが、今回は認識対象外とする。表示があまり複雑でない限り、分数、添え字などの入れ子の構造にも対応している。

3.2 数式認識 (逐次認識方式)

本システムの最大の特徴は、全体の数式を書き終えてから文字認識や数式認識を行うのではなく、ペンを離す度に文字認識を実行し、文字 (或いは記号) として認識したら直ちに、整形された文字に書き直し、位置を調整して表示してしまう点にある。これを逐次認識方式と呼ぶ。

数式認識では、入力ストローク列の文字・記号の単位の切り出しや文字認識の誤り、数式構文中の位置判定の誤りが数式全体の認識を破壊してしまうことが多く、その修正が著しく困難である。また、数式の書き直しや整形に神経を裂かれることは、書き手の思考の中断を生み出すことになり、スムーズな入力の大きな障害になる。

こうした困難に対する解答が上述の逐次認識方式である。

この方式により、以下の効果が望める。

1. 文字が書かれる毎に、きれいな文字に位置も調整して書き直されるので、誤認識が起きたときには直ちに修正することができる。また、添え字は、小さく添え字位置に表示されるため、添え字判定の誤りも直ちに修正できる。修正方法としては、削除による書き直しだけでなく、1クリックによる第3位までの認識候補の切り替えも用意している。
2. 逐次、文字の大きさや位置が調整されて書かれていくため、数式構文認識の誤りが非常に少なくなる。
3. きれいな手書き文字に書き直されるため、これがお手本となり、自然と丁寧に書くように心理的な誘導効果がある。

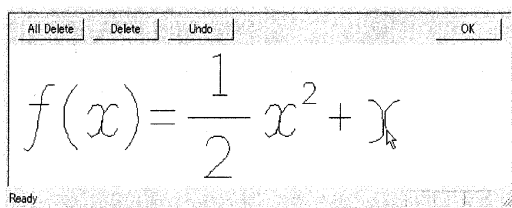


図 2: 逐次認識方式による自動書き換え

3.3 文字入力ルール

本システムでは、同じ形を持つ文字の識別 (C , c など) に関して、次の表のような入力規則を設けている。表の下段の小文字の q 、数字の 1 は、それぞれ数字の 9 、絶対値記号と識別するためのものである。

対象文字	入力ルール
C, S (大文字)	書き始めに縦線を付ける
U, V, W (大文字)	上に横線を付ける
P (大文字)	下に横線を付ける
X (大文字)	上下に横線を付ける
Z (大文字)	書き始めと終わりに縦線を付ける
q (小文字)	書き終わりにはねを付ける
1 (数字)	書き始めに斜線を付ける

また、数字の 0 、大文字の O 、小文字の o に関しては、常に 0 を認識結果の第1候補、 O を第2候補、 o を第3候補として出力するようにしている。

4 最後に

我々は、手書き数式入力インターフェイスを持った数式エディタを開発し、MathLinkにより、数式処理システム (Mathematica) へのアクセスを実現した。本システムでは、ペンによる数式の作成、編集ができ、必要であれば Mathematica で計算することが可能である。

また、編集した数式を \LaTeX や MathML のフォーマットでファイルに保存することも可能である。出力のフォーマットは、いくつかの仮想関数を置き換えるだけで、簡単に、Maple V や点字コードに対応したシステムを実現することができる。

参考文献

- [1] D. Blostein and A. Grbavec, "Recognition of Mathematical Notation", *Handbook of Character Recognition and Document Image Analysis*, (1997) 557-582
- [2] T. Sakurai, Y. Zhao, H. Sugiura and T. Torii, "A Front-end Tool for Mathematical Computation and Education in a Network Environment", *Proc. 3rd. Asian Technology Conference in Mathematics*, Springer (1998) 197-205
- [3] R. Fukuda, I. Sou, M. Xie, F. Tamari and M. Suzuki, "A Technique of Mathematical Expression Structure Analysis for the Handwriting Input System", *Proc. 5th. International Conference on Document Analysis and Recognition*, (1999) 131-134
- [4] H. Okamura, T. Kanahori, W. Cong, R. Fukuda, F. Tamari and M. Suzuki, "Handwriting Interface for Computer Algebra Systems", *Proc. 4th. Asian Technology Conference in Mathematics*, December (1999) 291-300
- [5] 岡村 博文, 金堀 利洋, 鈴木 昌和, "汎用入出力機能付き数式エディタ開発", 情報処理学会 第60回全国大会 (2000)