

## 実時間手書き数式入力システムにおける

1 D - 3

## 機能の拡張

青島史郎 森健策 末永康仁

名古屋大学 大学院 工学研究科 計算理工学専攻

## 1 はじめに

人間とコンピュータ間の直感的かつ簡便なインタフェースとして、タブレットと電子ペンを利用した手書き文字入力の実用化され、携帯情報端末を中心に広く利用されている。これまでに開発された手書き文字認識手法[1,2]では、手書き入力による文章入力が可能であるが、技術文章の作成に不可欠な数式の手書き入力は不可能である。筆者らはこれまでに直感的かつ簡便な数式入力システムとして、マウスを用いて画面上に数式を描画することにより手書き数式入力可能なシステムの開発を行ってきた[3]。このシステムでは添え字を含む多項式の認識が可能であったが、分数のような2次元構造を持つ数式や数式途中への文字の書き足しといった入力は不可能であった。そこで本論文ではこれらの問題を解決するために、この数式入力システムにおける機能の拡張を行ったので報告する。

## 2 システムにおける数式入力機能

## (1)従来システム

これまでに実現したシステムでは、手書きの特徴を利用することで数式の認識が行われる。ここではユーザからマウスを介して入力される各ストロークごとに対して解析を行い、各ストローク同士の相対的な情報からストロークの最適な組み合わせを決定し、文字の認識・切出しを行う。切出された各文字に対し添え字の判定を行うことで、添え字を含む多項式の認識が可能であり、結果をLATEXのソースコードとして出力することが可能であった。

## (2)本手法により実現する機能

従来のシステムでは、数式の最大の特徴である分数のような2次元構造の認識が実現されていない。数式において、添え字を除けば2次元構造をとる数学記号の種類は限られており、その構造は各記号ごとに固有であることが多い。そこで2次元構造をとる記号を予め登録しておき、その記号と他の文字との上下の位置関係を調べる手順を付加することで、数式における2次元構造の認識を実現する。これにより(a)記号の真

Functional Expansion of a Numerical Formula Inputting System  
by Real-time Handwritten Stroke Analysis

Shirou AOSHIMA Kensaku MORI Yasuhito SUENAGA

Nagoya University

上真下にくる添え字(b)根号(c)上線(d)下線(e)分数の5種類(Fig.1参照)の数式の手書き入力が可能となる。

またより自然な入力を実現するために、数式途中への文字の書き足しも実現する。

## 3 処理手順

本手順では従来のシステムにおいて認識されていた各記号の文字情報と位置情報を基に数式の2次元構造認識並びに文字の書き足し機能を実現する。

## 3.1 2次元構造の認識

## (1)概要

ここでは数式の2次元構造を認識する手順について述べる。本稿では2次元構造をとる記号(例えば $\Sigma$ 、分数記号)を親ブロックと呼び、上下に付随する数式部(例えばFig.2における“ $i=0$ ”, “ $n$ ”, “ $a+b$ ”, “ $c$ ”)を子ブロック群と呼ぶ。

数式において2次元構造は入れ子構造をとるので、子ブロック群内にさらに2次元構造をとる記号が含まれる。この場合でも、子ブロック群内の2次元構造をとる記号について、同様に親ブロックと子ブロック群とに分けることができる。さらに分解すれば、最終的に子ブロック群は2次元構造をとる記号を含まない数式となる。2次元構造をとる記号を一つの文字とみなせば、Fig.3(b)に示すように分解された各数式部分は添え字を含む多項式となる。すなわち、文献[4,5]と同様、数式を親ブロックと子ブロック群の関係を用いた木構造として考える。

## (2)具体的処理手順

これまでに添え字を含む多項式の認識は実現されているので、3.1(1)の考え方を利用し、2次元構造を含む数式の認識を行う。今回、入力をシステムで取り扱う2次元構造をとる記号はFig.1に示す5種類である。そこで、従来システムの文字同士の接触判定部を改良することで入力機能を実現する。入力された文字が2次元構造をとる記号と交わっており、かつ入力文字がFig.1の斜線で示す部分に含まれている場合、その記号を入力文字の親ブロックとする。次に、同じ記号を親ブロックとする子ブロック群の中でも同様の処理を行い、子ブロック群が2次元構造をとらなくなるまで処理を繰り返す。この分解された子ブロック群は添え

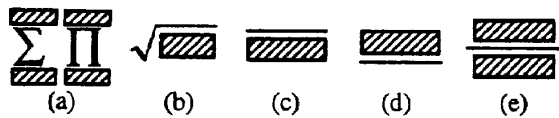


Fig.1 (a) Superscripts and Subscripts attached on or under Symbols (b) Root (c) Overline (d) Underline (e) Fraction

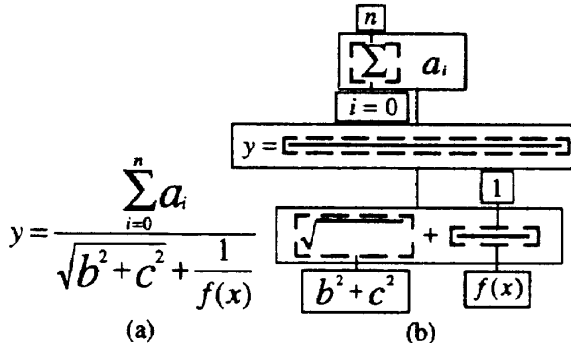
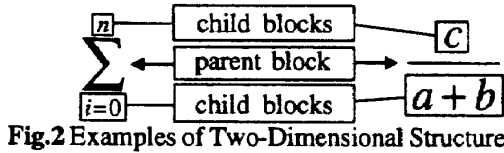


Fig.3 (a) A Numerical Formula having Two-Dimensional Structure and (b) Its Tree Structure

(a) 
$$y = \frac{\sum_{i=0}^n a_i}{\sqrt{b^2 + c^2} + \frac{1}{f(x)}}$$

(b) 
$$y = \frac{\sum_{i=0}^n a_i}{\sqrt{b^2 + c^2} + \frac{1}{f(x)}}$$

(c) 
$$y = \frac{\sum_{i=0}^n a_i}{\sqrt{b^2 + c^2} + \frac{1}{f(x)}}$$

Fig.4 An Example (a) Input and (b)(c) Outputs

字を含む多項式のみで表されるので、従来システムの添え字判定処理による多項式の認識を行い、各子ブロック群と親ブロックとの対応から2次元構造を含む数式の認識を行う。但し、子ブロック群の範囲を示す斜線部分の横幅は各記号の横幅とし、縦幅は根号は記号の縦幅とし、それ以外の記号では無限とする。これは2次元構造は垂直方向に展開するためである。2次元構造をとる記号が入力された場合、その記号に接触する文字に対し同様の処理を行う。

もし上記の5種類の記号同士が接触した場合、その位置関係から親ブロックと子ブロック群に判別する。

### 3.2 文字の書き足し

文字の書き足しを実現するため、入力文字の水平方向の位置に依存する出力機能を実現する。具体的には、木構造化された各多項式内で位置が左側の文字から順に出力することで行われる。一番最初に出力される多項式は画面上で最も左側にある文字を含む多項式

である。多項式内に2次元構造をとる記号が出現した場合、続けてその記号を親ブロックとする子ブロック群を同様に出力する。

### 4 実験結果及び考察

5種類の2次元構造を含む数式を、筆者が各10回ずつマウスにより入力し、その2次元構造の認識率を調べた。ここで認識率とは、入力した数式中、文字認識などの誤りを除外して、2次元構造が正しく出力された数式の数である。実験に用いた計算機は、CPUがPentiumPRO 200MHzのPC/AT互換機である。実験の入力及び出力例をFig.4に示す。但し、出力例は(b)システムの出力であるLATEXのソースコード及び(c)そこから生成された結果を示す。その結果73.2%の認識率であった。

### 5 まとめ

本報告では、マウスを用いた手書き入力による数式入力システムにおける機能の拡張を行った。その結果、(a)記号の真上真下にくる添え字、(b)根号、(c)上線、(d)下線、並びに(e)分数の5種類の2次元構造をとる記号の認識を実現した。また手書き入力の特徴である文字の書き足しが可能となった。

今後の課題としては、文字認識の精度向上、行列の認識、文字の訂正等の実現が挙げられる。

謝辞 日頃、御指導頂く名古屋大学大学院鳥脇純一郎教授、齋藤豊文助教授、ならびに日頃御討論頂く同大末永研究室、鳥脇研究室の諸氏に感謝する。本研究の一部は、文部省科研費、第7回堀情報科学振興財団研究助成によった。

### 参考文献

- [1] 中島直樹, 宮原末治, 若原徹, 小高和己, “マルチメディア端末用手書き入力インタフェースの設計とその応用”, 信学論(D-II), J79-D-II, 4, pp.592-599 (1996-04)
- [2] 加藤真, イッシヤイカモン, “オンライン文字認識における文字検証の一手法”, 信学論(D-II), J76-D-II, 11, pp.2295-2303 (1993-11)
- [3] 青島史郎, 森健策, 末永康仁, “実時間手書きストローク解析による数式入力システム”, 信学技報, PRMU98-19 pp.45-51 (1998-05)
- [4] 岡本政行, 東裕之, “記号のレイアウトに注目した数式構造認識”, 信学論(D-II), J78-D-II, 3, pp.474-482 (1995-03)
- [5] Wnag Z, Faure C, “Structural Analysis of Handwritten Mathematical Expressions”, Proc. ICPR, pp.32-34 (1988)