

## 数式入力インタフェース研究への誘い

福井 哲夫

武庫川女子大学

私の数式処理との関わりは大学院生時代(約33年前)に遡る。当時、素粒子論や重力場の理論を学んでいたころ、REDUCE という数式処理システムにより、素粒子物理学の問題を数値計算ではなく、数式のまま(代数的に)計算することに成功したと聞いて衝撃を受けたことを覚えている。手で計算していたら数十年はかかりそうな問題を短期間で終わらせていた。その頃私は、全ての力を統一しようとする超重力理論について調べていた。この理論は反可換( $a \cdot b + b \cdot a = 0$ )なグラスマン代数に従っており、そのための数式処理パッケージを作成して計算していた。その後、数式処理学会で数学者の関口次郎先生と出会い、Weyl 群のルート系による直線配置分類問題の解決に数式処理を使ってみたりして、今日までのりくりと数式処理の応用研究に関わってきたに過ぎない。

一昔前の数式処理に比べ、さまざまな数学分野の計算をこなせるパッケージが充実し、方程式を代数的に解くアルゴリズムやグラフ描画など数式処理研究は大きく発展し、数学・物理学・工学などの研究者に大いに役立っており、近年では、産業や教育分野にも応用・実用化が進みつつある。しかし、まだ(本学会を含め、)数式処理およびそのシステムの一般利用者への知名度は高いとは言えない。私はかねてより、数式処理を専門家から初学者へ広げるためには、高度な数式処理機能と並行して、使いやすいインタフェースにも力を入れる時期に来ているのではないかと考えてきた。

数式入力インタフェースは学問か?もちろん、情報処理学会にも HCI(ヒューマン・コンピュータ・インタラクション)の分野が確立しており、愚問かもしれない。しかしおそらく、数式処理学会に所属している多くの研究者にとって、あれば便利と思っても、研究してみようと思う人は少数派であろう。私はこの数年、MathTOUCH という数式入力インタフェースの開発に取り組んでいる。しかし、やってみると、数式処理分野から見ても以外と魅力的な問題が山積みで、とても面白いことをお伝えしたい。

MathTOUCH の方式は、数式の読みスタイル文字列から変換処理によって候補数式を算出し、所望の数式を選択してもらって構築する、いわば、仮名漢字変換に似た手順で数式をデジタル入力できるものである。この入力方式の従来方式(L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X や Word などに附属する数式エディタなど)との決定的な違いは、従来方式は人が機械に合わせて完全にフォーマットできる情報を入力

しなければならないのに対して, MathTOUCH 方式は曖昧な読みスタイル文字列を機械が人に合わせて予測する点にある.

入力する数式の内部表現は, 数式処理システムが生まれた初期の頃に多くの研究がなされ, 一般に木構造で表現されることはよく知られている. しかし, 数式処理システムでは計算または処理できる数式しか扱わず, 今日的一般ユーザに利用を広げるためには, 表記のための数式に拡張しなければならない. 表記のための数式では,  $\frac{7}{9} = 0.\dot{7}$ ,  $a^3 \times a^5 = a^8$ ,  $A = \angle BAC = 30^\circ$ ,  $\log_{10} 2 \doteq 0.3010$ ,  $A \cap \bar{B} = \phi$  のような表現も含まれる. すなわち, かつては処理・計算・求解のための数式に対する研究であったものを表記のための数式にまで拡張・再研究する必要があるのである. 例えば,  $a + b + c$  は加法の結合則  $(a + b) + c = a + (b + c)$  から括弧が省略されているのであるが, 表記は同じでも, 内部の木構造は 2 通りの異なる表現が可能となる. このことは, インタフェースをインテリジェント化する上で, どちらを優先 (学習) すればよいか不明となり, 大変不都合である. すなわち, 「表現の一意性の問題」を解決する必要がある. この問題も数式処理で扱う多項式などの数式では Knuth と Bendix による項書き換え理論による簡単化を適用し, 解決してきたが, 私も再び, 表記のための数式に対する項書き換えを定義し, 新たな正準表現 (一意性) を提案した. 項書き換えの停止性までは示したが, 完備性はまだ未解決である.

インテリジェント化に話を移すと, 数式の読みスタイル文字列から所望される可能性の高い数式を算出するために, 出現頻度を既存の教科書等の数式データから構造化パーセプトロンにより機械学習させた予測関数を使うことを提案し, 予測精度 85 % を実現した. この意義は, 自然言語処理で発展してきた機械学習が, チェーン構造の文章ではなく木構造の数式においても適用可能であることを示した点にある. しかし, 精度や計算時間にはまだまだ改良の余地があり, 機械学習に, 多層ニューラルネットワーク, SVM (サポートベクターマシン), 深層学習など最新のアルゴリズムへの拡張研究の可能性が残されている. しかも, 機械学習に重要な, 数式の特徴抽出処理 (数式の要素分解や部分式抽出など) は数式処理研究者にとっても興味深いのではないかと考える.

MathTOUCH は当然, 数学 e ラーニングへのインタフェースとしての活用が考えられており, 昨年白井詩沙香氏と共同で, Moodle 上で動く数式自動採点システム STACK の数式入力インタフェースプラグインとして MathTOUCH を組み込み, スムーズに学習できることを確かめることができた. STACK では, 学習者によって解答入力された数式を正誤判定させるために数式処理システム Maxima と連携しており, MathTOUCH は Maxima 形式に変換する機能をもたせた. 現在の MathTOUCH は  $\text{\LaTeX}$ , MathML, Jpeg, PNG, eps, Maxima, Maple, Mathematica, Word の形式に変換可能である. したがって, 数式を扱うさまざまな数学ソフトウェアのインタフェースとしても利用可能であり, そのような取組に賛同してくれる研究者を募集したいところである.

確かに, スマホや手書き認識時代に, キーボード主体の MathTOUCH は何をいまさらという気もする. しかし, 企業のオフィスでは未だにスマホよりも PC が使われ, 私も論文や教材作成にスマホを使う気にはなれない. かつて文書作成が手書きからワープロに移ったように, MathTOUCH が進化して, 手書きを追い越す時代が来ないかと夢見てこの筆を終わる.