



数式処理システムにおけるユーザインタフェースとしてのMathBlackBoardの開発とその考察

出口, 博章

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2006-11-24

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2909

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002909>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【 2 7 7 】

氏 名・（本 籍） 出口 博章 （ 兵庫県 ）

博士の専攻分野の名称 博士（学術）

学 位 記 番 号 博ろ第112号

学位授与の 要 件 学位規則第5条第1項該当

学位授与の 日 付 平成18年11月24日

【 学位論文題目 】

数式処理システムにおけるユーザインタフェースとしての
MathBlackBoardの開発とその考察

審 査 委 員

主 査	教 授	高橋	正
	教 授	船越	俊介
	教 授	稲垣	成哲
	教 授	白倉	暉弘
	教 授	野呂	正行

論文内容の要旨

氏名 出口 博章

推薦教授氏名 高橋 正

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

数式処理システムにおけるユーザインタフェースとしてのMathBlackBoardの開発とその考察

論文要旨

本論文は、大きく分けて主に4つのパートにより構成されている。背景となった研究「ミドルレギュレータ」と「黒板アプレット」のそれぞれについてのパートと、それらの発展としての「MathBlackBoard」についてのパート、そしてMathBlackBoardの開発の中から生まれた新たな情報入力方法についてのパートとなっている。これら全てに共通しているのは、使いやすい数式処理システムの提供を目指していることである。「使いやすい」の実現は、ユーザが新たに覚えるべき操作方法の質と量に大きく依存している。操作方法の質と量のうちの質においては、従来のシステムやシステム以外の身の回りの事柄をベースとして「類推しやすい」度合いが大きいことが一つの指針となり、また、システムを利用して作業中である利用者の思考を可能な限り中断しないということが一つの指針となる。

1. ミドルレギュレータの開発とオブジェクト指向

数式処理システムがそれ自身で備えているユーザインタフェースを利用するのではなく、別に用意したユーザインタフェースから、数式処理システムの持つ数式処理機能のみを利用することは「数式処理システムを数式処理エンジンとして利用」することだといえるが、そのようなケースにおいて、それぞれが独自の仕様を持つ複数の数式処理システムの違いを吸収して、統合的な仕様を持つインタフェースを提供するための仕組みとしてミドルレギュレータを提案した。

その一例としてHTTPプロトコルを介してwebアプリケーションとして数式処理システムを利用するようなシステムを作成した。このミドルレギュレータはwebサーバから情報を受け取るCGI部分と、数式処理システムに情報を渡すMathサーバ、そしてページにアクセスした利用者を特定するためのエントリサーバの3つのオブジェクトを中心に構成され、それらのオブジェクトが互いに通信して情報をやりとりすることによって動作する。これらのオブジェクトどうしにおけるインタフェースに汎用性を持たせるように設計した

ため、電子メールの処理が可能な新規オブジェクトを作成し、CGI部と入れ替えるだけで、Mathサーバとエントリサーバなどの他のオブジェクトはそのまま、電子メールの送受信によって数式処理システムを利用するためのシステムも容易に構築することができた。

これらは、1998年から1999年にかけて開発されたものであり、2006年現在においてはそのまま利用できるものではないが、開発に際してオブジェクト指向について考察を行なったことは、後のパートに活かされることになる。

2. 黒板アプレット

黒板アプレットは、1997年に神戸大学大学院の学生であった松嶋純也が作成したJavaアプレットであり、簡単な数式処理システムである。2001年に松嶋よりソースコードが受け継がれ、2002年より開発が継続している。黒板アプレットの最もユニークな特徴は、数式をドラッグ&ドロップにより操作するという点であり、2006年現在も他には類を見ない。他には類を見ない理由は、他のシステムは数式を「テキスト」の組み合わせによって構成することを基礎としているためである。従って、ワープロなどの文章入力において入力位置を示すために画面上で点滅しているキャレットが、数式の入力においても利用されている。一方、黒板アプレットではキャレットを利用せずに数式が入力されていくように設計されている。GUI操作によって数式を構成するための基礎が黒板アプレットによって示されたことになるが、システムとしてはまだ不完全であったため、他のシステムにまでは波及していかなかったのではないかと考えられる。

黒板アプレットの改良において、主にはGUI操作やGUI部品の改良が行なわれた。ミドルレギュレータで構想した、複数の数式処理システムの利用のための改良も行なわれたが、その改良と前後してプログラムの名称の変更が行なわれた。黒板アプレットという名称は、松嶋のオリジナルバージョンから始まって、独自の計算エンジンを利用する事が主である間のバージョンにおいて使用するものとする。

3. MathBlackBoard

MathBlackBoardは「黒板アプレット」という名称が固有名詞には向かないことから変更された新たな名称であり、2004年に変更された。MathBlackBoardには、黒板アプレットのGUI操作と一般的なOSのGUI方法との整合性の調整の他に、他の数式処理システム利用のための仕組みの追加が行なわれた。

最初のパートであるミドルレギュレータの開発と考察においては、複数の数式処理システムを統一的に扱うための仕組みをクローズアップしたが、MathBlackBoardにおいては、複数の数式処理システムを統一的に扱うためにJavaのオブジェクト指向を利用している。数式処理機能と呼び出すための基本的なインタフェースを持つカーネル抽象クラスを設定し、そのサブクラスとして具体的に各数式処理システムに対応したそれぞれの数式処理システム用の個別のカーネルクラスを設定した。MathBlackBoardの内部で数式処理機能と呼び出す際には、カーネル抽象クラスの持つインタフェースを通じて、サブクラスであるそれぞれのカーネルクラスを利用するため、内部的には統一的なインタフェースが用意されているといえる。

また、MathBlackBoardに名称変更した後も、いくつかのGUI部品の改良が行なわれている。コピー&ペーストを視覚的に行なうための仕組みや、実践授業で利用する際にあったリクエストに基づいたグラフ表示の変更などである。基本的な操作方は黒板アプレットから踏襲されており、黒板アプレットにおいての不完全さはまだ解消されてはいなかった。

4. GUI を用いた新たな情報入力方法 (MathBlackBoard Ver. 2)

黒板アプレットと MathBlackBoard において「数式のドラッグ&ドロップが可能であること」が他のソフトウェアとは一線を画す特徴であったが、数式の入力画面に配置された GUI ボタンをマウス操作でクリックすることによって行なう必要があった。他の数式入力システムにおける「テンプレートの利用」に近いものであるといえるが、用意されている記号が少ないため、他のシステムよりも見劣りするものであった。数式が入力されてからの操作感には非常に優れたものがあっても関わらず、黒板アプレットや MathBlackBoard のようなキャレットを利用しない方法が波及していかなかったことの原因の一つではないかと考えられる。

そこで、数式の入力時にもドラッグ&ドロップを利用できないかと考えたのが新たな入力方法の考案のきっかけとなった。2004 年 3 月に着想があり、試行錯誤を重ね、2005 年 2 月には情報を入力するための GUI について特許出願を行なった。この新たな入力方法によって、OS がコマンドラインベースから GUI へ進化していったにも関わらず、テキスト入力については依然としてキーボード利用中心であったことに焦点が当てられ、この部分についての進化の方向性を示すことになった。具体的には、キーボード利用を中心とするのではなく、マウスやスタイラスペンなどのポインティングデバイス利用を中心とするテキスト入力の実現が可能となる。新システムは、手書き文字入力システムにおける入力文字の判定処理と比較すると、簡単な処理の組み合わせによって実現されているため、手書き文字入力システムに代わるものとなるか、あるいは、手書き文字システムを補う方法として有力なものとなると考えられる。

数式においては文字や数字を含む各種記号が二次元的に配置されているため、従来のテキスト入力方法の延長線上にあると考えられる「キャレットの利用」による入力ではない、使いやすい入力方法が求められていた。この問題を解決するため、数式処理システムの利用における利用者にかかる負担を軽減することを目的として開発を続けてきたが、開発された新入力システムについてさらに考察した結果、この入力方法は、数式入力に限らず、ワープロ等におけるテキスト入力にも応用可能であることも明らかになった。

論文審査の結果の要旨

氏 名		出 口 博 章	
論文題目		数式処理システムにおけるユーザインタフェースとしての MathBlackBoard の開発とその考察	
判 定		合 格 ・ 不 合 格	
審 査 委 員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	高橋 正
	副 査	教 授	船越俊介
	副 査	教 授	稲垣成哲
	副 査	教 授	白倉暉弘
	副 査	教 授	野呂正行
要 旨			
本論文は、これまでの数式処理システムに関するインタフェース開発の研究が、教育用として使い易い入力と見て分かりやすい表示という視点を十分に考察していないことを明らかにし、それらを可能にする方法を提案する研究である。海外ではこのような数式処理システムに関するインタフェース研究が 1980 年代に数多く行われた。現在、数式の入力に限定すれば多くの方法がありそれらは文章作成用のタイプセット等で用いられている。しかしながら、計算エンジンとの接続を行い、計算を行い問題を解決する過程（問題解決過程）における、人間の思考を妨げない数式の入出力に焦点を絞った研究は進展していない。 出口氏は、この人間の思考を妨げない数式の入出力方法の開発が数式処理システムの広範囲な使用において、重要な役割を果たすという研究テーマに取り組んできた。数式処理システムは時代とともに求められる機能も変化し、理論研究の道具としてだけでなく、システム自体が新たな問題を提起することもある。その際、そのインタフェースは表に出ないことが多い。しかし、人間は数式処理システムを使う際、必ずインタフェースを介して使用する。出口氏は、そのような数式処理システムの基本であるインタフェースの負担を軽減し、使用時における思考をより円滑に行えるインタフェースとは何かという問題に対する自己の考えを自ら開発したインタフェースの機能を示す中で展開している。			

本論文は、5章で構成されている。

第1章「序論」では、数式処理システムのインタフェース開発において、これまでどのようなインタフェースが開発され、当時の技術との関連でどのようなインタフェースが使用されてきたかを明らかにし、出口氏の考える2次元入力方法（Dynaput 操作）が、いかに人間の記号的思考を支援できるのかを明らかにしている。第2章「ミドルレギュレータの開発とオブジェクト指向」では、出口氏が研究の初期段階で開発したミドルレギュレータについて、様々な数式処理システムを同じインタフェース上で使用する意義を明らかにしている。その際、インタフェースをオブジェクト指向の観点から考察し、エンジン、インタフェース、ミドルウェアすべてをそれぞれのオブジェクトとして設計することの意義を明らかにしている。第3章「MathBlackBoard」では、出口氏が開発した数式処理システムのインタフェースMathBlackBoardの機能を示し、MathBlackBoardが人間の思考を妨げずに記号演算を実行できることを明らかにしている。第4章「Dynaput」では、MathBlackBoardの機能がこれまでのインタフェースと異なる部分を明らかにし、その設計がもたらす新規性について明らかにしている。第5章「考察」では、4章までの内容をまとめ、従来の数式入力における問題点への対処と今後の課題を示している。付録には、出口氏がMathBlackBoard開発時に、その技術の特許出願した内容を付している。

本論文において、特に第3章と第4章に意義および独創性を認めることができる。それらは以下の通りである。

- ① これまでの数式処理システムのインタフェースの考え方に対し、新たな視点（人間の思考を妨げない2次元数式入力の視点）での独自インタフェースの開発とその論理性が貫かれていること。
- ② 先行研究の検証を踏まえ、その上での2次元数式入力技術を自ら考案したこと。（この技術の考案は、特許出願として公的に示されていることを含む）
- ③ 数式処理システムに関する研究において、システム自体の研究、数理学理論への応用（理論研究の道具としての応用）ではない、インタフェース機能に焦点をあてたこと。

本論文は、開発したインタフェース（MathBlackBoard）を用いた実践結果を含んでいる（3章5節）。その観点からの今後の発展も大いに期待される。

以上の審査結果から、本論文の審査委員会は、学位申請者 出口 博章氏が博士（学術）の学位を授与される資格を有するものと判断する。