

手書きによる創作支援環境の試作

加藤直樹, 中川正樹

(東京農工大学 工学研究科 電子情報工学専攻)

文書作成などの創作活動にコンピュータが頻繁に用いられるようになった。しかし、既存の文書作成システムや支援システムには思考を妨げる要因が含まれている。本報告では、「手書き」インタフェースを用いた「創作支援環境」を提案する。

「手書き」は人にとって自然でかつ「自動化」されているため、思考に集中できる。この環境では、手書きパターンをコード化するために認識処理を、既存の情報や過去に作成した情報を再利用するためにデータベースを統合する。

Towards a Creative Writing Support System with Handwriting

Naoki Kato, Masaki Nakagawa

Department of Computer Science,
Tokyo Univ. of Agriculture and Technology
2-2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, Tokyo 184, Japan

Computers have come to be used for creative activity, such as idea processing and document preparation. However, the majority of present writing systems or writing support systems include factors interfering with thinking. In this paper, we propose a creative writing support system with handwriting interfaces. Handwriting is natural and automatic for humans so that they can concentrate on thinking. The system incorporates recognition engines to code handwritten patterns as well as a database subsystem to utilize common data resources and one's previous creative activities.

1. はじめに

一般の人々にも道具として使われるようになったコンピュータは、ただ高速に計算ができるという「計算機」としての能力だけではなく、より「人間に使いやすい」という要素が求められるようになってきた。現在のコンピュータもこの要素について考えられていないわけではないが、まだ不十分な点が多い。コンピュータ上であるがための手間が生じ、円滑な思考を妨げてしまっていることが多くある。

我々が進めている HANDS (Human AND Systems) プロジェクトでは、この点に目を向け、より人間にやさしい対話環境を作り上げようと研究を行っている。

HANDS プロジェクトでは、「手書きユーザインタフェース」を研究の軸としている。これは、人にとって「手書き」が自然な行動であり、思考の邪魔にならないとの考えから、対話方法として「手書き」を採用しようとの試みである。

筆者は、HANDS プロジェクトで行われている数々の研究を部品として、コンピュータ上で創作活動、特に文書創作を快適に行える環境、「手書きによる創作支援環境」の実現を目標に研究を行っている。研究の第一歩として、創作支援環境の内容の考察、環境構築の基礎となる環境構築基盤の試作、そして創作支援環境の試作を行ったので、報告を行う。

2. 創作支援環境

2.1 なぜ創作支援環境が必要なのか

2.1.1 エンドユーザの拡大

一般ユーザがコンピュータを道具として、特に文書作成の道具として用いることが多くなってきた。ところが、現在提供されているコンピュータシステムがユーザに十分な快適さを提供しているとは言いがたい。パーソナルコンピュータでさえ汎用性をもたせているため、システム自体が複雑になってしまい、特に一般ユーザに使いこなせないことが多い。また文章入力という目的に限っても、キーボードによる入力の問題、仮名漢字変換の思考への悪影響の問題があり、「自動化」するまでに相当の訓練が必要である。

コンピュータの利用が一般の人にもまで広がってきた現在、人がコンピュータに合わせ、余計な手間をかけなければならないシステムであってはならない。

2.1.2 コンピュータの可能性の拡大

エンドユーザの拡大と表裏一体の関係にあるが、コンピュータの処理対象と目的には、その範囲の飛躍的拡大が求められている。

現在のコンピュータは、符号化された情報を扱うものがほとんどである。それはコンピュータが符号化された情報を容易に扱うことができるというコンピュータ側の都合からくるものである。しかし人間は符号化された情報よりも、符号化されていないより表現度が高い情報を多く用いる。手書きで書かれる文字や絵などがその例である。したがって、コンピュータ上で手書きパターンなどの符号化されていない情報も扱えることが必要である。

また符号化された情報を主に扱っているということから、コンピュータの利用範囲として情報を処理する段階が中心であったが、情報を考えそして作る生成の段階から一貫して利用できることも、これからのコンピュータに必要なことである。

2.1.3 HANDSプロジェクトにおける位置

HANDS プロジェクトでは、手書きユーザインタフェースを軸として、基礎分野からアプリケーションレベルの応用分野まで、数々の研究を行っている。

これらの研究はこれまで要求技術として個別に研究を進めてきたが、人間の創作を支援するためには有機的な関連を実現して提供しなければ、個々の結果には限界がある。また、それぞれが徐々にアプリケーションとして稼働する段階にたどりついてきたため、それらを統合する場が必要になってきた(図1参照)。なぜなら、それぞれが個々に別々のユーザインタフェースを持ったアプリケーションとして実現されると、ユーザに対して混乱をまねく要因になりかねないからである。この統合する場としての役目も創作支援環境にはある。

2.2 創作支援環境とはどのようなものか

2.2.1 創作活動を支援する環境

創作支援環境は、コンピュータを用いて快適に創作活動を行うための環境である。

創作活動というと、文書作成から作曲、絵画などいろいろなものがあるが、まずは我々自身の問題をとりあげ、論文や研究報告などの文書作成を中心に考える。文書作成には、(1)内容をねる(主張したい項目をあげる)、(2)資料を集める&文章



図1 HANDS プロジェクトの研究分野

を書く&図や表を描く、(3)推敲する、(4)編集する、(5)印刷する、(6)製本する、という要素が存在するが、(1)~(5)までを創作活動と定義し、この創作活動をコンピュータ上で快適に行えるようにするのが創作支援環境である。

従来のコンピュータを用いずに行う創作活動に比べコンピュータ上での創作活動は、綺麗なフォントによる出力ができる、削除や挿入などの編集が楽である、過去に作ったデータの再利用ができるなどの利点がある。そのため今までにも多くの文章作成ソフトが世の中に出回り、そして多くの人を使うようになった。しかし今までのものは、文章を編集、再利用、消す等の情報の処理段階で用いることを目的としたものが多い。

創作支援環境では、その内容をねる発想の段階からコンピュータを利用することを想定している。

2.2.2 だれが、なにを、どこでするのか

創作支援環境の対象者は、とりあえずは我々自身だが、次の段階での対象者はいわゆる一般ユーザである。学校の先生や学生からサラリーマンまでコンピュータを道具として用いるユーザ層である。このようなユーザが、報告書、会報誌、論文やプレゼンテーション用の資料などを作るときに用いることを想定している。つまり出版業界で用いるようなシステムではなく、あくまで個人レベルの文書作成を支援するシステムである。

文章創作活動は時と場所を選ばない。仕事場であったり、自分の部屋や茶の間であったり、特に内容をねる発想の段階では、電車の中から野山や河原などのフィールドまで、あらゆる所で行われる。

そのため創作支援環境を実現するハードウェアにも色々な形態が必要となってくる。その形態を、(1)デスク型、(2)ノート型、(3)手帳型の三つに分類する。デスク型は机の上もしくはコンピュータ

のディスプレイが机になっているような大型の形態である。ノート型はデスク型より小さいが、基本的には机の上に置いて利用する形態のものである。手帳型は手のひらに乗る小型のものである。

基本的な形態はデスク型もしくはノート型で、手帳型はいつでもどこでもメモができるように用意するものである。よって手帳型では、発想の段階のメモ書きが効率よくできる機能が重要となってくる。今回の実現では、このうちデスク型を中心に想定している。

2.3 創作支援環境の要点

2.3.1 統合化

一般ユーザの中には複数のソフトを自由自在に使い回すことができない者が多い。その原因の一つとして、複数のソフトを使い回すには多少なりとも OS の知識が必要であることなどがあげられる。またソフト間のデータ互換性の弱さ、ソフトによってユーザインタフェースが異なるなどの問題から、コンピュータを使いこなせる人であっても複数のソフトを効率よく利用できないことがある。

このような問題を解決するために、創作支援環境では OS の知識などの専門知識を必要としないように配慮し、複数のアプリケーションを統合する。一つの環境内に統合することによって、データの互換性やユーザインタフェースの統一性が確保される。

2.3.2 手書き対話の採用

人が文章の内容をねる発想の段階ではメモ書きなどを頻繁に行う。メモ書きは当然のことながら紙とペンを用いて手書きで行う。手書きは人にとって幼少期から行ってきた自然な行動である。そのため思考と同時に行うことができる、つまり思考の妨げになることが少ない。

そこで液晶表示一体型タブレットを利用して、「手書き」をコンピュータとの対話方法として採用した。先の理由から、手書き対話は従来のキーボード入力に比べてユーザに負担をかけることなく入力（オンライン入力）ができる。

「手書き」のメリットは他にもある。キーボードでの入力では、符号化された特定の情報だけしか入力を行うことができない。それに比べて「手書き」による入力では、人が紙とペンで描くことができるものは、何でもかつどこにでも描くことができる。

またイメージスキャナを利用することで、実際の紙に描いた情報をコンピュータ内に取り込むこと（オフライン入力）ができるようになる。オフライン入力によって、コンピュータを持ち運べないところでも入力ができるようになり、活動への制限が小さくなる。

2.3.3 仮想化

手書きで何かを描くときには紙を用いる。そこで、コンピュータ上にも仮想化した「紙」を用意し、この「紙」に対して入力や処理を行うようにする。

コンピュータ上に用意する「紙」は実際の紙と同様の機能以外に、コンピュータ上であるがゆえの機能を含めることができる。例えば、「紙」に描かれている情報を他の「紙」に移したり、「紙」の大きさを自由に変えたりすることである。

また紙以外にも、文房具や本棚など現実にあるものを仮想化してコンピュータ上に用意する。このような仮想化によって、一般ユーザが「コンピュータ上であるから」という余計な意識を持たないで利用できるようになる。

2.3.4 手書きと認識処理

直接（オンライン）または間接（オフライン）的に手書きで「紙」に描かれた情報は、コンピュータ内では順番を持った点の集合（筆点列）またはただ単なる点の集合にすぎない。

手書きで描かれた情報は符号化された情報に比べて広い表現が可能である。しかしこのままでは、人が見ればそれが何であるのか理解できるが、コンピュータにとってはその意味がわからない。筆点列としての価値もあるが、コンピュータの利点（例えば文字列検索や綺麗なフォントでの印刷）を最大限に利用できない。そこで認識処理を用いて筆点列を文字コードにする。また図形認識処理によって、手書きで描いた図を綺麗に整形することができる。

このように認識処理を利用することで、手書き入力されたものが有効に利用できる。

ただし認識処理には、誤認識および認識不能（リジェクト）がつきものである。そこで自由な発想段階での筆記と認識処理を分離する、遅延認識方式（lazy recognition）[曾谷92]を研究している。思考段階と認識処理を時間的に分離することによって、誤認識やリジェクトに対する処理の手間が、文章を考える思考の妨げになることを防ぐ。

2.3.5 情報の再利用

創作活動では、過去に自分または他人が作成したものを再利用する場面がよくある。再利用する対象は文書、文章、ときには手書きのメモであったり、図や表であったりする。再利用するために探し出すときのキーワードも、題名のようにはっきりしたものから、あの頃書いたものであるとか、このような感じの絵が欲しいなどと曖昧なものであることもある。

このような要求を満たす情報を管理する機能は、創作活動を支援する上で重要な要素となる。この機能は HANDS プロジェクトの栗村[栗村93]が研究を行っている。

2.3.6 誤り操作を考慮したユーザインタフェース

人はときに（よく）間違いを起こす。その間違いのために長い時間をかけて作ったものが永久的に失われるようなことがあつては、創作活動への意欲がなくなってしまう。そこで、いつでも前の状態に戻れるような機能（アンドウ及びリドゥ）を用意する。

2.4 創作活動を支援する環境構成要素

コンピュータ上に「紙」を用意し、手書き入力を提供することによって、創作活動を行う最低限の要素はそろそろ。「紙」には通常の紙の能力を越えた機能を備えることができ、この「紙」だけでもコンピュータ上での創作活動を快適にすることができる。

これに加えて創作活動を支援する各種の要素をユーザに提供する。要素には「紙」を綴じておくためのファイル、「紙」とファイルを保管しておくための本棚、手書き入力と組み合わせて色々な入力を行うための文房具、そして従来のコンピュータシステムではアプリケーションとして提供されていたものである道具がある。次に道具の例を二つあげる。

(1) グラフ作成ツール

手書き入力された数式や表に記入された数値データからグラフを作るツールである。このツールによって、従来は手作業で時間をかけて作っていたグラフを簡単に作るができるようになる。またキーボードによる入力が困難であった数式入力を手書きで行える。

(2)文章校正ツール

従来の手作業では書き上げた文章に赤ペンで校正記号を書き込み、それをみながら書き直しを行っていた。コンピュータを用いた作業でも、一度印刷を行い手作業と同ような作業を行っていた。

文章校正ツールは、手書き入力によってコンピュータ上で直接校正記号を書き込み、自動的に文章の書き換えを行うツールである。

これら「紙」や道具など創作活動を支援するために環境上に用意されるものを、環境構成要素と呼ぶ。

3. 環境構築基盤プロトタイプ的设计と実現

3.1 環境構築基盤とはなにか

創作支援環境の実現は、仮想的な「紙」や道具などの環境構成要素の実現である。環境構成要素の実現は HANDS プロジェクトで行われている数々の研究を利用する。また、筆者以外の者が環境構成要素を実現することもある。そのために、創作支援環境を実現するためには、

- ・すべての研究で利用可能なデータ構造の決定
- ・一つの環境にまとめる上でのユーザインタフェースの考察
- ・効率的にインプリメントするための土台の用意

が必要である。そこで、創作支援環境の実現とその実現に必要な枠組みの実現の二つに分ける階層的設計を行った。環境構築基盤は、この枠組みを提供するライブラリであり、(1)(2)をふまえて作成した(3)そのものである。

3.2 環境構築基盤の概要

環境構築基盤はハードウェア資源管理部、内部表現管理部、入力管理部、認識管理部の四つの部分に分類される機構を提供する。この機構を利用して環境構成要素を実現する。環境構築基盤が提供する機構と環境構成要素の関係を図2に示す。

3.2.1 ハードウェア資源管理部

ハードウェア資源管理部は、ハードウェアにアクセスするための関数群を提供する。ハードウェアアクセスは複雑であるにも関わらず、あらゆる所で同じように利用するため、一括して管理し提供する。

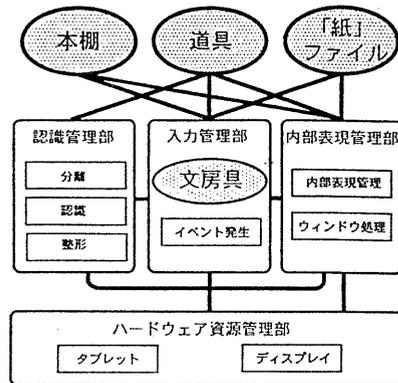


図2 環境構築基盤と環境構成要素の関係

ハードウェア管理部が提供する関数は、環境構成要素を実現するプログラムに提供するものではなく、主に環境構築基盤の残りの三つの部分に提供されるものである。

3.2.2 内部表現管理部

コンピュータ上に仮想的な「紙」を実現するには、実際の紙に描かれる情報を「紙」上に表現できるようにしなければならない。そのためには紙に描くことができる多種多様な情報を管理し、可視化することが必要である。この機能を実現するために内部表現管理部が、情報の管理、可視化の機構を提供する。

また、道具や本棚もユーザに見せるときは「紙」と同じように表現できるので、これらの実現にもこの管理部の機構を利用する。

(1)情報の階層構造と階層間関係

「紙」上に表現される情報は多種多様であることは先に述べた。我々はこの多種多様な情報を、図3に示すような四つの階層に分けて管理する[中川92]。

画素は点、筆跡は手書きパターンを表現するものである。プリミティブとは図形を構成する最小単位で、直線、楕円弧、自由曲線の3種類がある。コンポーネントとは四角や三角など図形として意味を持つものを表現するものである。シンボルとはフローチャートの中に現れる意味が付随した図形や、文字、数式などである。図では上の階層になるにつれて論理的な利点が大きくなり、コンピュータで高度な処理ができるようになる。逆に下

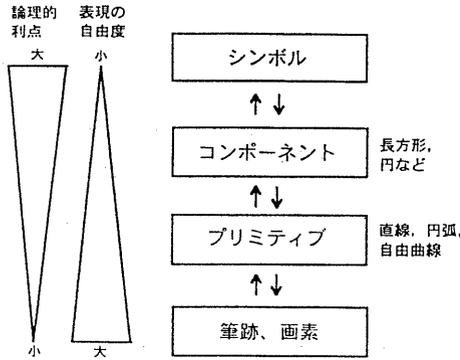


図3 情報の階層構造

の階層になると表現の自由度が大きくなり、あらゆるものが表現できるようになる。

階層間には認識処理や情報操作によって関係が生じる。たとえば手書きのまっすぐな線が図形認識によって直線に認識されたとする。このときどちらを「紙」上に可視化するかは時と場合によって異なるので、両方の情報を保存し、関係があることを残しておく。この関係を階層間関係と呼ぶ。

(2) 情報の内部表現と構成関係

今述べたように「紙」上に表現される情報は多種類あるが、内部ではそれらの情報を表現するためのデータ型として、画素、筆跡、直線、楕円弧、自由曲線と文字、それらを組み合わせるための子持ち型だけを用意する。

それ以外の情報は子持ち型を用いて表現する。例えば四角形（コンポーネント）は、4つの直線（プリミティブ）の組合せで表現することができる。このコンポーネントとプリミティブの間のような関係を構成関係と呼ぶ。

(3) データ型を意識させない

上記のように内部では数種類のデータ型を用意するのだが、データ型が異なるごとに処理を行う関数が違くと、実現を行うプログラムの負担が大きくなってしまいます。そこで環境構築基盤ではどのようなデータ型も同じ関数で同じように扱えるように設計している。

(4) データの可視化

「紙」を表現するために、BP 上のデータを「紙」上の情報として可視化する（図4参照）。そのためには、従来のウィンドウシステムが提供するウ

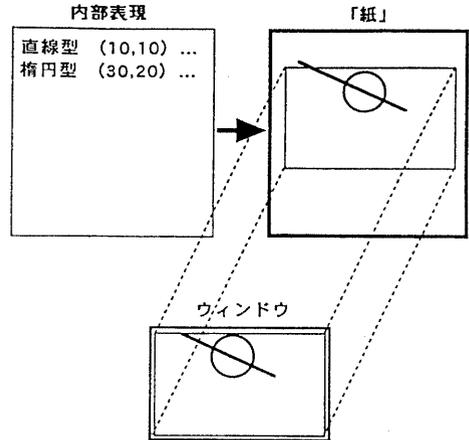


図4 データの可視化

ィンドウと同等の機構を用意し、一つの BP を一つの（もしくは複数の）ウィンドウに対応させてディスプレイ上に表示する。表示の際は「紙」の大きさがウィンドウの物理的な大きさに制限されないために、ウィンドウの大きさが小さい場合は「紙」の一部を表示する。また「紙」を拡大縮小して表示を行うこともできるようにする。

3.2.3 入力管理部（入力イベント管理部）

入力管理部は環境上での入力を一括して管理し、イベント情報を生成する。このイベント情報を取得する関数を用いて、「紙」や道具などを実現する。

(1) イベントの種類

環境内で発生するオンラインの入力イベントには大きく分けて、次の二つが存在する。

- ・ウィンドウ操作などのジェスチャ
- ・ウィンドウ内（「紙」など）への書込み

どちらの場合でも入力が起きたときにはイベント情報を発生する。また後者の場合では、書き込まれた情報を BP に登録する。

(2) 筆跡入力と文房具メタファによる入力

上記の書込み発生イベントには、ペンでなぞった筆跡をそのまま「紙」上の情報とする筆跡入力と、文房具の一つである文房具メタファによる入力の2種類がある。

文房具メタファは HANDS プロジェクトの風間[風間92]と福田[福田93]が研究を行っているもの

である。これは環境構成要素の一つとして実現されるものであるが、入力イベントを発生するものであるため、環境構築基盤の一部として実現される。

また、入力されるデータの属性（色や太さ）を決定する文房具であるインクやペン先も、入力管理部の一部として実現される。

3.2.4 認識管理部

現在 HANDS プロジェクトでは、文字認識[曾谷92, Webster93]、図形文字分離・図形認識[待井93]、数式構造認識[村瀬93]、ジェスチャ認識の研究が行われている。

これらを、道具を実現する部品として簡単に利用できるように、機構および関数群を提供する。

4. 創作支援環境プロトタイプ的设计と実現

上に述べた環境構築基盤を用いて、今回プロトタイプとして、創作活動のうちメモ書きを行える機能を持たせた創作支援環境を実現した。メモ書きが行えるためには、コンピュータ上に手書きで何でも描ける「紙」を用意し、その「紙」を保存でき、再度利用したいときには呼び出しができる機能が必要である、と考えた。

4.1 ユーザに提供するもの

創作支援環境プロトタイプがユーザに提供するものは次の通りである。

- ・「紙」
- ・本棚
- ・文房具
 - －インク（4種類）
 - －ペン先（5種類）
 - －テンプレートメタファ（3種類）

(1) 「紙」

「紙」は10cm×10cmの大きさのものを同時に複数利用できる。「紙」はディスプレイ上に表示されるウィンドウを通して表示される。ウィンドウの大きさは変更でき、ウィンドウの大きさが「紙」の大きさよりも小さいときは「紙」の一部が表示される。ウィンドウ内に表示される「紙」の部分は任意に移動可能である。また、ウィンドウもディスプレイ内で任意に移動可能である。「紙」には見出しを付けることができる。「紙」を利用している実行画面を図5 aに示す。

(2) 本棚

本棚は以前に使用した「紙」を再利用するため保存しておく場所である。保存された「紙」は、見出しをキーとして再度取り出すことができる。

(3) 文房具

インクは「紙」に描き込まれるデータの色を、ペン先は太さを選択するためのものである。

テンプレートメタファ[福田93]は、三角形、四角形とカードを描くためのものを用意した。テンプレートメタファを利用している実行画面を図5 bに示す。

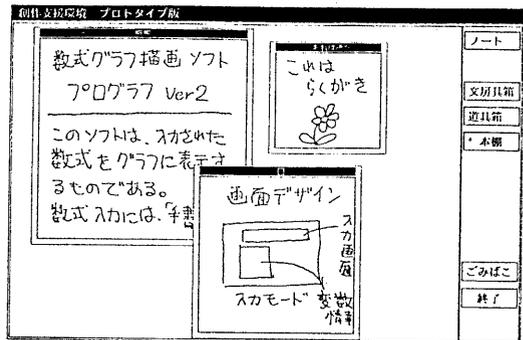


図5 a 「紙」を利用しているところ

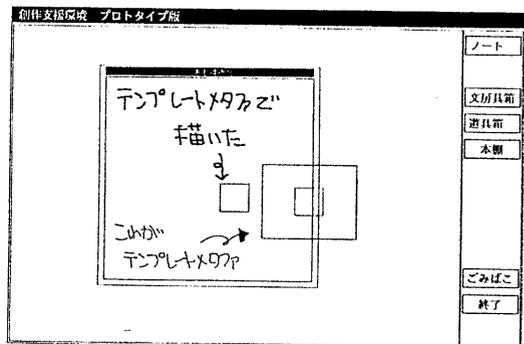


図5 b テンプレートを利用しているところ

4.2 テンプレートメタファの実現

テンプレートメタファは HANDS プロジェクトの福田が研究しているものであり、今回福田が作成したシステムのプログラムソースコード（以下ソース）を提供してもらい、筆者が創作支援環境上に移植を行った。

このテンプレートメタファの実現は、移植は筆者が行ったのだが、今回の実現の中で唯一筆者以外が作成した環境構成要素の実現であり、環境構築基盤の有効性の確認の一つとなった。

移植は、元のソースのモジュール化がよくできていたことと、環境構築基盤をあらかじめ用意しておいたことによって、容易に数時間で完了できた。具体的な移植作業は、ハードウェアからの入力関数およびテンプレートメタファを描画する関数を環境構築基盤が提供するものに取り替え、データの描画関数をイベント情報発生に変更した。

5. 課題

今回の創作支援環境の設計・実現を通していくつかの課題が明らかになったので、次に述べる。

(1) 手書きパタンの多義性

「手書き」による入力は、「紙」に描かれている情報の選択のための囲みや、システムへの指示のためのジェスチャ入力にも用いられる。つまり入力される手書きパターンには多義性が生じる。そのため、入力されたパターンが「紙」への描き込みであるのか、それともジェスチャであるのかの分離指示が必要になる。この指示はシステムの使いよさに関わるユーザインタフェースの重要な問題である。今後、この方法について検討する必要がある。

(2) 実現支援環境の向上

創作支援環境は、

- ・ユーザインタフェースのウエイトが大きい
- ・手書きパターンを扱うため、内部でのデータ管理が複雑である

などのために、実現の手間は大きなものとなる。そのために今回は階層的設計を行い、実現のために必要なライブラリを用意した。ライブラリを用意したことの効果はテンプレートメタファの実現によって有効と確認された。しかし、今回用意したプロトタイプ版では、情報操作に関する部分などに不十分な点が多い。

このような改善と共に、どのようなものをどのように用意すれば実現を行うプログラマの負担を減らすことができるのか考察が必要である。

6. おわりに

この論文では、創作支援環境の概要、環境構築基盤プロトタイプ、創作支援環境プロトタイプの

設計・実現について述べた。

今後は、創作支援環境第1版の実現に向けて、プロトタイプ実現時に得たことをもとに、

- ・すべての認識処理の組込みを可能にするためのデータ構造の拡張
- ・データベースを統合するためのユーザインタフェースの再考
- ・道具の設計、実現

などを行っていく。

参考文献

- [Webster93] R.G.Webster, 国島, 中川: 力学モデルによる超並列思考文字認識の実験, 情報処理学会第46回全国大会資料, 7J-06, 1993
- [風間92] 風間, 福島, 中川: 文房具メタファを用いた手書きユーザインタフェース, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料, 43-3, 1992
- [栗村93] 栗村, 中川: 手書き情報の管理機構の研究, 情報処理学会第46回全国大会資料, 4H-06, 1993
- [曾谷93] 曾谷, 福島, 高橋, 中川: 遅延認識方式を用いた手書きユーザインタフェースの基本設計, 情報処理学会論文誌, Vol.34, No.1, 1993
- [中川92] 中川, 福島, 風間: 手書きユーザインタフェースのための図形階層文法, 情報処理学会第44回全国大会資料, 7K-06, 1993
- [中川93a] 中川, 発想支援手書き環境の硬い技術と柔らかい技術, 情報処理学会第34回プログラミングシンポジウム資料, 1993
- [中川93b] M.Nakagawa, K.Machii, N.Kato and T.Souya: Lazy Recognition as a Principle of Pen Interfaces, INTERCHI'93, short papers, to appear
- [福田93] 福田, 風間, 中川: 文房具メタファを用いた手書き作図システムにおけるテンプレートメタファ, 情報処理学会第46回全国大会資料, 4H-08, 1993
- [待井92] 待井, 福島, 中川: オンライン手書き図における文字と図形の分離, 情報処理学会第45回全国大会資料, 4G-3, 1992
- [村瀬93] 村瀬, 佐藤, 中川: オンライン手書き数式認識システム「METAH」の実現, 情報処理学会第46回全国大会資料, 4H-05, 1993