

## デザイナー・学生・ナレッジワーカーのための 知的活動を活性化するペンUI開発事例と今後の課題

田野 俊一, MUHD DZULKHIFLEE HAMZAH, 岩田 満, 橋山 智訓

次世代のユーザインタフェースの実現を目標に,人間の創造的感性的な活動を阻害することのない自然な利用形態を持ち,同時に,コンピュータの強力な計算能力を自在に享受可能な情報環境の試作を進めてきた.本論文では,特に,ペンを用いたユーザインタフェースに焦点を当てる.まず,従来研究では等閑視されてきた問題点として,ワープロ,日本語仮名漢字変換,整ったフォント・フォーマット表示を指摘する.次に,我々が開発した,動的でインタラクティブなデジタル教材への手書きアノテーションシステム,アイデア抽出過程を支援するデジタルペーパー,空間ビュー/時系列ビュー/タイムラインを特徴とするスケッチ支援システムをペンUIの事例として報告する.最後にこれらを統合した汎用的なペンUIを実現するための課題について議論する.

### Current Pen-based Systems for Intelligent and Creative Workers and Problems

Shun'ichi Tano ,MUHD DZULKHIFLEE HAMZAH ,Mitsuru Iwata, Tomonori Hashiyama

**Abstract** Recently, the multi media technology and the network technology enable us freely to access various multi media information spread in the world. On the other hand, it becomes obvious that the modern information systems have several disadvantages. Sometimes they do not promote the human's creative work but discourage it or let us stop thinking. In this paper, firstly we show several examples of the problematic systems. Secondly we analyze the causes of it. Then we report our current trial towards the pen-based systems for intelligent and creative workers. Finally we discuss the open problems for the future research.

#### 1. はじめに

マルチメディアやネットワークなどの情報処理分野において,ソフトウェア/ハードウェア技術が驚異的に進歩している.これらソフトウェア技術とハードウェア技術を融合し,高度な情報環境の実現へ向けて,種々のシステムが提案されている.

しかしながら,コンピュータの利用者は17インチや20インチの狭いモニタに縛りつけられ,コンピュータへの入力にはキーボード,マウスの組み合わせに限定されているのが現状である.コンピュータ中心ではなく,人間中心・実世界中心の考え方により設計され,音声,手書き,ユーザインタフェース(User Interface, UI)を有するコンピュータ利用環境が望まれている.30年近く続いたGUI(Graphical User Interface)の次に位置付けられる次世代ユーザインタフェースの出現が待たれている.

しかし残念ながら,現在の最先端技術を単に組み合わせただけでは,人間の知的な創造活動の支援とはならず,逆に人間の持つ創造力や感性を阻害しているという知見が得られている[1, 2].

そこで,我々は,次世代のユーザインタフェースの実現を目標に,人間の創造的感性的な活動を阻害することのない自然な利用形態を持ち,同時に,コンピュータの強力な計算能力を自在に享受可能な情報環境の試作を進めている.幼児[3],学習者[4],ナレッジワーカー[5],デザイナー[6],高齢者[7],障害者[8]など広範な分野/対象において取り組んでいる.

本論文では,特に,ペンを用いたユーザインタフェースに焦点を当てる.まず,従来研究では等閑視されてきた問題点をまとめる.次にペンインタフェースに関する我々の研究の過程を概観し,最近の3つの代表的なシステムを例示する.最後に,これらを統合した汎用的なペンUIを実現するための課題について議論する.

#### 2. 人間の知的で創造的な活動を<阻害>するコンピュータシステム: 3つの問題点

高度な情報システムが逆に人間の知的創造的活動を阻害している例が報告されている.本章では,ペンUIに関係する阻害例を分析し,3つの要因に分け問題点を明らかにする.

##### 2.1 ワープロの問題

現代では多くの人が文章作成するためにワードプロセッサを用いている.一旦ワープロに慣れてしまうとワープロなしでは文章を書くのが億劫になってしまうほどである.しかし,ワープロの利用が人間の知的活動の支援になっているか考えられる事例が報告されている.

ここでは,クリフォード・ストール著「インターネットはからっぽの洞窟」[9]での実験を例としてあげる.「インターネットはからっぽの洞窟」は4百ページ程度の比較的厚い書籍である.この書籍の執筆において,3種の入力メディアを交互に用いている.最初の3日間はワープロ,次の3日間は機械式タイプライタ,次の3日間は紙,さらにワープロに戻っ

て、,,と繰り返し1冊の本を執筆している。つまり、「インターネットはからっぽの洞窟」は入力メディアによって思考様式がどのように変化するかを検証するための実験データなのである。書籍を分析したところ、ワープロは字数が稼げるが論理的でない、機械式タイプライタは簡潔な文体、論理的な展開、紙は感情、感性的表現が多い、などの結果が得られている。

すなわち、入力メディアによって人間の思考様式が影響を受けており、さらに、ワープロは知的活動を阻害している可能性がある、という結果が得られている。

## 2.2 日本語仮名漢字変換の問題

前節の問題点に加えて、日本では特有の日本語仮名漢字変換に起因する問題点が指摘されるようになってきている。単に漢字を覚えられないという表層的な問題を越えた、本質的な問題点が報告されるようになってきた[10, 11]。

最大の問題は、ローマ字 かな 漢字という2段階のギャップがあることである。人間の短期記憶容量はマジックナンバー7と言われるように極めて小さく、また、半減期も短い。このような貧弱な短期記憶容量にも関わらず、単に入力するだけで2段階のギャップが存在し、「騒々しい部屋で、いつもじゃまされているような状況で、考えているようなものだ」という指摘がなされている。文献[10]の小説家の事例も興味深い。

このように、仮名漢字変換はアイデアを創造している時に使うべきではない。しかし、ワープロに慣れてしまった我々は使いがちであり、せっかくのアイデアを失っている可能性が高い。また、アイデア創出時点では紙を用いている人でも、アイデアをまとめる段階には、ワープロを使う。しかし、とめる段階で、さらに新たなアイデア創出がなされる状況になっても、紙に戻ることは極めて稀である。

## 2.3 整ったフォント/フォーマット表示の問題

例えば、GUIデザインは手間がかかるため支援ツールが開発されている。多数のUI部品を準備しそれをユーザがきれいに配置し、GUIソフトウェアを自動生成するというシステムである。しかし、このようなシステムをデザイナーは使いたがらない。デザイナーはラフな感じで画面を設計したいのにもかかわらず、精密な作図を要求されてしまう。換言すれば、だいたいGUIの感じを知りたい、動きを知りたいと希望しているにも関わらず、精緻な配置を求められ、配置してしまうと、今度は逆にその配置が1ドッドずれた、などといった細かいところにアテンションが移ってしまい、全体的な構成を考えづらくなってしまふのである。このような設計支援ツールを使えば見た目はきれいであるが、ユーザビリティの配慮に欠けたユーザインタフェースが出来てしまう[12]。

同様な事例が、建築家[13]、カーエクステリアデザイナー[14]においても報告されている。

つまり、細部にわたり精密かつきれいに呈示されたデザインを見ると、それ以降はデザインの細部に熱中してしまい、デザインではなく、単なる作業に陥ってしまう。その結果、最も重要な「全体的なデザインを繰返し構想する」ことはなくなり、きれいであるが『ブア』なデザインになってしまう。

同様に、文書作成においても同様なことが考えられる。整ったフォントで、きれいにフォーマットされた文章を見てしまうと、全体的にもう一度書き直そうという気が起こらない。

## 3. ペンUIの我々の取り組みの概要

我々は、単なる便利さ、入力効率の高さ、使いやすさという観点でのペンUIの追求は行っていない。我々の知的創造的活動をいかに支援するかを中心にペンUIのあるべき姿を模索している。

ペンUIが対象とする物理的空間で分けると、3次元空間と2次元空間に分けることができる。

3次元空間向けのペンUIとしては、主に、三次元形状のデザイナー向けのシステムを開発してきた。具体的には、2D画像と3D画像をシームレスに用いるデザイン支援環境[14]、力覚フィードバックデバイスを用いて3次元空間に書き心地を与えた3次元デザインシステム[15]、人間の描画特性を考慮し、視覚的補助として影メタファ、鏡メタファを持つ3次元スケッチシステム[16]、さらには手書きプリミティブ図形を構成要素とすることにより、任意の形状をデザイン可能とした2D3Dシームレススケッチシステム[17]などを開発してきた。

2次元空間、つまり、現実の紙に近い空間を対象としたシステムとしては、ユーザ自身の書き癖やペンジェスチャを自然に覚えてくれる、強化学習を用いたペンインタフェースシステム[18]を始めに、会議環境での共有、準共有、個人の3つの情報環境におけるペンインタフェースシステム[19]、散在する液晶一体型タブレットのためのユーザインタフェース[20]、ダイナミックかつインタラクティブなデジタル情報におけるアノテーションシステム[4]、メモ書きから清書までシームレスに適應するデジタルペーパーコンセプト[5]、発散・収束型思考を活性化させるスケッチ支援システム[21]などを開発してきた。

以下ではデザイナー・学生・ナレッジワーカーを対象とした最近の3システムを紹介する。

## 4. デジタル情報へのアノテーション[4]

- DynaGraffiti -

### 4.1 背景と目的

近年のマルチメディアを用いた教育システムでは、教材の理解度が思ったほど上がらないという問題点が認識されつつある。その原因としては、(a)マルチ

メディアを用いて情報を提示してしまうと、内省的な思考、即ち、最も大切な分析的、抽象的思考が阻害されるという認知心理学的な問題点、および(b)コンピュータ画面上に提示された教材は熟読することが困難であるというコンピュータのユーザインタフェースの問題点が指摘されている。

後者の問題点の原因を、「マルチメディア教材へのメモ書きが自由に出来ない」点にあると考え、デジタル情報に対しても自然にアノテーションが行え、なおかつデジタル情報の特徴を活かした新しいユーザインタフェースを試作した。

デジタル情報の特質は、(1)ダイナミックであること(動的)、(2)インタラクティブであること(対話的)の2つが必須であると捉え、これらの特質を有する情報に対する自由なアノテーションを指向する。紙では、情報を表現するために静止画と文字を用いている。しかしデジタルな情報ではその他に動画像や音声を用いることができる。我々はこのような動きのある情報を「動的(ダイナミック)である」と呼ぶ。また、紙であればそこに書かれている情報は変化することはないが、デジタルな情報ではユーザ側から情報を送り操作することによってコンピュータ側の情報が変化することによって我々は「操作による情報の相互作用(インタラクティブ)性がある」と呼ぶ。例えば、(1)のためには、アニメーションやビデオなどの動画や音声からなるデジタル情報へのアノテーションの記入、および再生などが出来ることが必須となり、(2)のためには、アノテーションを手で書くのと同様な操作で、デジタル情報を操作、即ち、クリックしたり、文字情報を入力できなければならない。

#### 4.2 システムの概容

##### (1)基本システム構成

本システムは、動画・音声などのデジタル情報を出力するアプリケーションソフトウェアとユーザの間に、独立して置く構成とした。

図1(a)に示すように、利用者からは、デスクトップ上に半透明なウィンドウがあり、この上に自由にアノテーションの書込みが行えるように見える。この構成により、すべてのインターネットマルチメディア教材を修正することなく、それ上でのアノテーションが可能となった。

##### (2)アノテーションシステムの主な機能

本システムにおいて必要な機能は、アノテーションを書いたり消したりする「アノテーション機能」、ダイナミックな情報を後で見るための「再生機能」、インタラクティブなデジタル情報のボタンを押したりデータを入力するための「アプリケーション操作機能」であり、以下を実現した。

###### (a)アノテーション機能

動画上、アニメーション上、音声再生中など、いつでも、どこにでも、ペンを用いてアノテーションを書くことができる。また消しゴム付き鉛筆のよう

に、ペンの後ろでアノテーションを消すことができる。またペン先を画面に押しつづける(2秒間)ことによって現れる円型メニューを用いて、アノテーションの太さや色の変更や、アノテーション全消去ができる。アノテーションの移動は、移動したい部分をペンで囲み、移動先へドラッグすることで行える。

###### (b)再生機能

アノテーションを書いた時点で表示されていた動画、流れていた音声を再生することができる。図1(a)に示すように、アノテーション上を横ボタンを押しながらペンでなぞる事により、その時点での情報が再生される。なぞるスピードで再生するスピードを制御できる。

###### (c)アプリケーション操作機能

アノテーションと同様の操作で、デジタル情報を

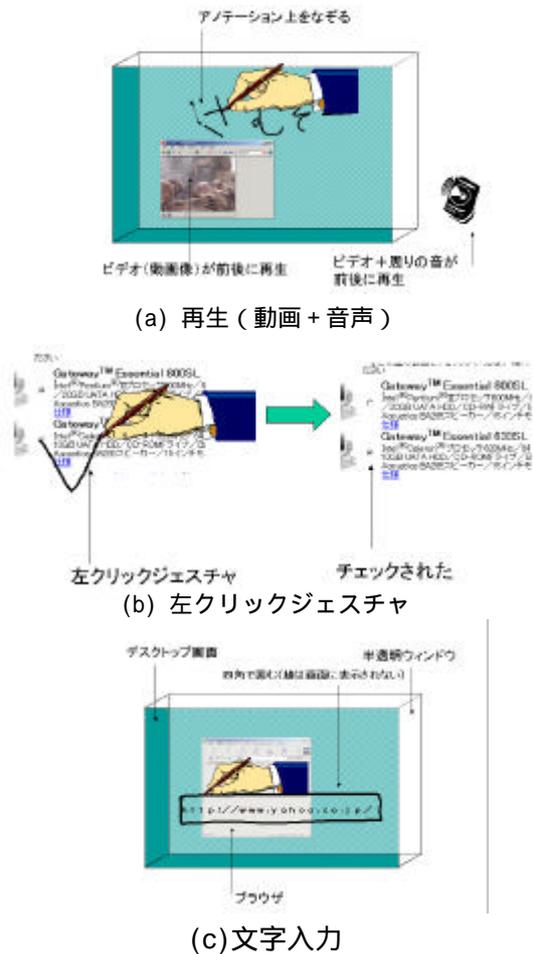


図1 操作例

操作できる。図2(b)のように横ボタンを押しながら「V」の形をしたアノテーションを書くことにより、デジタル情報の特定のボタンをクリックできる。また「W」のアノテーションでダブルクリックができる。

文字を入力したい場合は、図1(c)に示すように、入力したい文字をペンでアノテーションとして記入

し、それをペンで囲んで、記入したいところに持っていき、押し込むと、そのアノテーションが文字認識され、押し込んだ位置の入力枠に自動的に入力される。

#### 4.3 実行例と評価

インターネットに公開されているフリーの教育用ソフトウェア「おもりの衝突」[12]を用いた例を述べる。これは球を斜面上で転がし、静止している球に当てたときの、当てられた物体の運動の仕方は、当てた物体の重さや速さに関係があることをシミュレートするものである。

本アノテーションシステム起動後、まず学習者はマルチメディア教材を起動させるため、教材起動用アイコン上でダブルクリックジェスチャ(「W」の形のアノテーション)を行った。ついで、クリックジェスチャ(「V」の形)により斜面の高さや長さ、球の大きさや重さのパラメタを様々に変更し、シミュレータでその動きを確かめた。

学習者は3つの高さでそれぞれシミュレーションをし、当てられた物体の飛距離を覚えておくため、落下地点に矢印のアノテーションをした。その後、3つの斜面の高さを再確認するため、それぞれの高さの時に書いたアノテーション上をペンでなぞり、各アノテーションが書かれた時点の画面を再生した。

最終的に、学習者は、各アノテーションを見て、斜面の高さと当てられた物体の飛距離との関係は比例ではないということを確認することができた。図2のように、位置エネルギーと運動エネルギーの式を画面上に書き、高さの平方根に飛距離が比例すると予測して、シミュレーションを実行し、予測が正しいことを確認した。

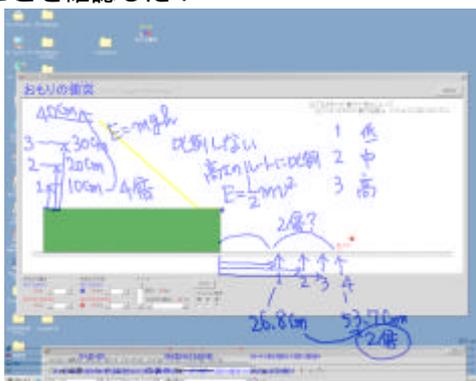


図2 学習の最終状態

### 5. デジタルペーパー

#### 5.1 背景と目的

情報を創出し、表現する主体が人間であることは、今後も変わらない。人間の知的活動の中で、「ものを書く」行為は知的活動に広く関わる最も重要な活動である。そこで、ユーザのメモ書きから清書までの知的活動を支援するデジタルペーパーコンセプトを提案した(図3)。具体的には下記の3つの要素から

構成される。

#### (1) ペン先中心オペレーション

ワークスペース上の現在入力しているデータから目をそらすような、低レベルではあるが作業にとって生産性を低めるインタラプトを減らすことを目的として、ユーザの焦点を被操作対象(ペン先)位置のみに集中できるインタラクションが必須である。

#### (2) 計算機的処理での支援

キーボード、マウス主体の操作から、ペン主体の操作へ移行させるには、従来以上に自然かつ強力な、現実の紙のメモ帳にはない、利便性を提供する必要がある。つまり、ペン主体の計算機の計算能力を背景にした複製、繰り返し、検索処理等の基本機能、アイデアプロセッサの機能が必須である。

#### (3) シームレスなトラバース

ユーザがあたかも紙とペンを使用するときのように、発想のかけらを集め推敲を重ねながら徐々に清書を目指す一連のフローを促し、メモ書きから清書までのすべての段階をシームレスに行き来可能にするUIにより、ユーザの文書作成における高度な認知活動を支援する。



図3 デジタルペーパーコンセプト

#### 5.2 システムの概要

上記のデジタルペーパーコンセプトの3つの構成要素ごとにユーザインタフェースを設計した。

#### (1) 「ペン先中心オペレーション」に基づくUI

ペン先へ作業中の意識を集中させることが実現課題である。本研究では、この課題に対して、ペンでストロークを入力し、ペンジェスチャ(ストローク)で文字や図(ストローク)を操作するユーザインタフェースが必要であると考えた。

紙とペンでものを考えながら書くスタイルに倣い、手書きUIを実現する。

#### ノーマル/ジェスチャストロークの同一化

現実の紙とペンを用いてもものを書く場合、書かれたものに対して自然な注釈(個人的または正式な校正記号)を施しながら次の編集に備えることが自然に行われる。そこで、校正記号はひとつひとつ、どの編集をするかに関して見直される。内容の記述から校正記号の記述、また校正記号の実行判断まで全てをペン一本で行える。

本システムでは、ジェスチャストロークですべて

の操作を行う。そのため、従来のシステムによくあるメニューやボタンは存在しない。

ジェスチャストロークは、操作対象の周辺などでジェスチャボタンを押しながら入力する。ユーザはジェスチャを用いた作業をペン先中心で直接的に行える。

入力されたジェスチャストロークとノーマルストロークは、ストロークの色によって区別できる。ノーマルストロークが書いたものに相当し、ジェスチャストロークが校正記号に相当する。

ジェスチャストロークはすべて、一筆のストロークであり、各々はボタン、筆圧、形状、入力位置などによって区別され、特有の機能を有する。ジェスチャコマンドにより、選択、削除、移動、コピー、拡大縮小、BS、挿入など、書くために必要な機能が実現されている。

ジェスチャストロークの実行

また、本システムでは、2つのジェスチャ実行モードを選択することができる。まず、ジェスチャの入力と同時にジェスチャを即実行するのが、従来型の即時実行モードである。もうひとつは、ジェスチャの実行のタイミングをユーザが自己決定するモードである。

本システムでは、ユーザが自分の書いたジェスチャをもう一度吟味しながら実行するかどうかを判断して、実行したいものだけを後で実行できる。これにより、校正記号を見直ししながら編集をするスタイルに似せたインタラクションを実現している(図4(a)参照)。

(2)「計算機的処理での支援」に基づくUI

計算機的処理を背景に、手書き機能を新たに設計し、デジタルペーパーを用いた知的作業を実現する。

(a) ペン入力を促進する基本機能

キーボード、マウス主体の操作から、ペン主体の操作へ移行させるために、ペンで書く基本機能が最も必要である。

意味 sensitive なバックスペース・選択機能

本システムでは、文字、文章、段落などの文法的な単位をシステムで認識して、ユーザはそれらの単位を選択することが可能で、段落の削除や移動を簡単に行える。これを適用した手書き機能に、図4(b)に示す一文字単位のバックスペースがある。

さらに、ストロークの時間的な巻き戻しと巻き戻す途中での早送りを可能にし、時間に基づく削除が行える(図4(c))。

スポイト：手書き文字・図形対応の Cut&Paste

スポイトは、手書きデータの再利用をする機能である。ユーザは、ジェスチャボタンを押しながらデータ上を軽くなぞることで吸い取り、強くなぞると貼り付けることができる。これで、画面に散在したデータをまとめて整理、サイズ調整しながら貼り付けることができる。

スポイト機能では、図4(d)に示すように、見た

目の大きさが違うデータを一番最初に吸い取ったデータの大きさにあわせるように、あとに吸い取ったデータの大きさを収縮して整列出力することが可能である。従来の Cut&Paste では、複数の UI を用いて複数のステップを踏まなければ実現できなかった操作を、手書き用に設計したスポイト機能を用いて、簡単に行える操作にまとめた。

ジェスチャの UNDO / データ中心 UNDO

ユーザは、ジェスチャの UNDO によって、ジェスチャの実行によって変更されたデータを、実行前のものに戻すことができる。UNDO によって、ジェスチャストロークと変更前の元のストロークに分割されて復元される。これにより、ジェスチャでシステムにさせた仕事は、ジェスチャ UNDO によって容易に見直しできる。

従来の UNDO によるヒストリカルな状態回復は、ある場面のユーザにとっては有効である。しかし、コマンド入力の逆順に履歴を辿ってコマンドを消していくことは制限でもある。消したいコマンドの UNDO に伴って生じる、それよりも新しく入力したコマンドの取り消しは必ずしもユーザの意図にそぐわない冗長なものである。

それに対して設計したデータ中心 UNDO 機能では、消したいコマンドを施したデータを指示することで、コマンドの履歴全体から、一部のデータに関わるコマンド履歴のみを取り出し、その範囲内で UNDO を行える。

(b) 発想を発展させるための支援

上記の基本機能に加え、いったん書いたアイデアを発展させていく時の支援を目的とした拡張機能も持つ。

書いたものの断片から、アイデアの分類などを行い、再び構成しなおす作業を、発想者は行っている。しかし、ここで、書いたものの再利用がしづらいつという非電子ツールの性質は障害となる。それを解消するものとして、デジタルデータの、構造化に長けているという性質を活用することを考えた。

具体的には、本システムでは、アイテムというグループ単位を設定し、ユーザは、任意の単位にデータをグループにまとめてそれを構造化できる。アイテムの成員は、一本以上のストロークまたはアイテムである。

アイテム化とともに、アイテム化の反対の操作であるアイテムの解除ができる。ユーザはアイテム化により、いつでも自由にまとめたいデータをまとめ、解体したいときに元のデータに戻すことが可能である。

また、関連付け操作によりアイテム間の関係を表示することができ、階層木構造など、データの組織化を行うことが可能である。関連そのものへの意味付与もできる。

図5(a)(b)(c)に示すように、関連付けによって接続されたアイテムのレイアウトを自由に変更するこ

とができる。アイテムの構造の開閉とアイテムの更なるグループ化ができ、自らの発想をさまざまな角度から見直すことができる。

(3) 「シームレスなトラバース」に基づく UI

ものを書く際の理想的な作業フローを実現するには、ユーザが全作業をひとつのシステムで行えることと、全作業間で自由な行き来を許す必要がある。ものを書くなかで、各作業において扱う表現は多様である。それ故、ユーザの多様な表現形態を受容する環境が求められる。それに対し、多様なデータの混在を念頭に置いたインタフェース設計を行った。

手書き コード

まず、ユーザの多様な表現を常時受容するインタフェースの実現である。本システムでは、次の4つの表現形式が同時に混在する。

- ・手書きの言語表現（手書き文字）
- ・code 化された言語表現（フォント文字）
- ・手書きの非言語表現（図、表）
- ・code 化された非言語表現（きれいな図表）

手書き code 機能は、手書き code と code 手書きの双方向の変換を実現することを目的として設計した。

図6に示すように、ユーザは、選択したストローク（群）の上をタップすることで、手書き文字ならcode文字へ、またcode文字なら手書き文字に、いつでも相互に変換することができる。また、非言語表現も同様に相互変換可能である。

この機能により、書き手は、初期のアイデア段階では手書き表現を相手にして、アイデアを発展させていくことが可能である。また、一度内容を確定した、完成形に近い段階においては、きれいに整ったフォント文字や図を相手にして作業を行う。また、編集修正が必要になったときには、手書き表現に逆変換して、再び手書き表現を相手に編集や修正を行える。このとき、手書きとコードという2つの表示形式で、確定部分と編集しようとしている部分の区別をさせることができ、ユーザは編集対象に自然に注意を払える。

全表現形式をシームレスに扱う

従来のシステムでは、表現形式の違うものは、異なるUIの使い分けや、コンピュータと紙などの異なる道具の持ち替えによって扱っていた。

本コンセプトに基づくインタフェースでは、ひとつのワークスペースで4つの表現形式すべてを、それらの違いを意識することなく、同一のUIによって操作することができる。



データを選択してそのデータをタップする

図6 コード化と手書き化



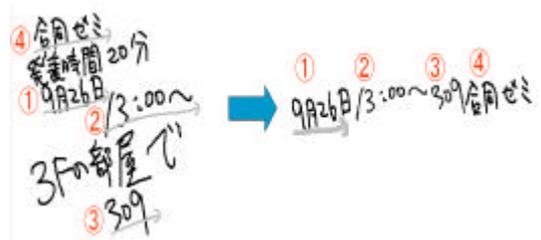
(a) ジェスチャストロークの実行指示



(b) B S (バックスペース)



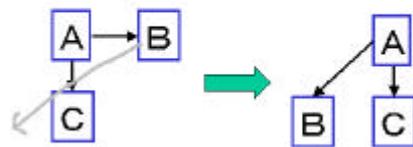
(c) 時間に基づくデータ削除



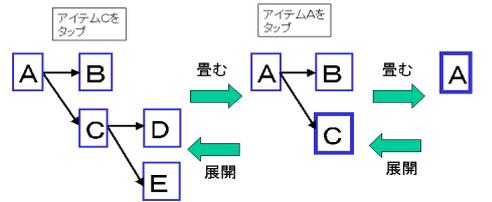
(d) スポイトの使用例

図4 基本操作例

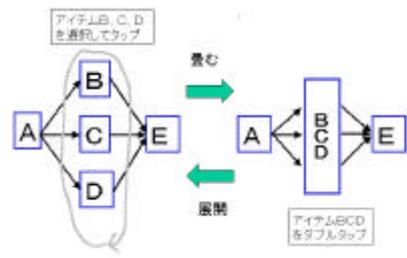
アイテムBを移動 アイテムの関連性は維持される



(a) アイテムの関連維持



(b) 木構造の畳む 展開



(c) 非木構造の畳む 展開

図5 基本操作例

## 6. 発散・収束型思考を活性化するスケッチ支援システム[21]

### 6.1 背景と目的

アイデアを創造する重要なスケッチ作業を支援することが目的である。デザイナーにとって最小限の関与で、より効果的にアイデア創造に重要な内省思考を促す自然かつ直接的な表現方法を模索する。

以上を踏まえ本システムの目的は、デザイナーの創造性、感性を阻害せず、逆に創造性、発想性を高めるための

(1) 発散型思考、収束型思考を活性化させるデザイン発想の支援

(2) 計算機的能力を利用するが、思考を中断させない自然な UI の提供

を満たすスケッチ支援システムの構築とした。

### 6.2 システムの概要

まず、デザイナーがどのように何を手がかりにアイデアを創出していくのかを分析するため、6 人の自動車のエクステリアデザイナーを被験者に、紙とペンをうい 60 分間、「カローラクラスの大きさで休日を楽しむ 2BOX カー」というデザインコンセプトを表現する車のデザインを作成する実験を行った。

実験結果の分析により、デザイナーは過去に描いた絵を参照することでそれを描いていた時の気持ちや状態、デザインの流れを思い起こし、アイデア創造に役立てていた。しかし結果として描かれた過去の絵を参照するだけでは、なかなかデザインの流れを把握しにくい。より明確にそして即時にデザインの流れを知覚できる表現は、さらにデザイナーの内省思考を助けられるものだと考え、「時系列ビュー」という UI を考案した。

またデザイナーは過去に描いた絵の配置行為を行い、自分なりの配置にすることで、より効果的に知的触発を受けられていたと思われる。なおかつ配置行為そのものが刺激となっているとも考えられる。より自由に配置行為が行え、そして一覧することを容易にする支援は、デザイナーに知的触発を与える上で有用であると考えられ、「空間ビュー」UI を考案した。

さらにデザイナーは追加描画や模写で過去に描いた絵にアクセスすることで知的触発を受けていたと思われる。容易に過去のある時点へ戻れることは重要であると考え「タイムライン」UI を考案した。

#### (1) 時系列ビュー

他人のアイデアに触発されて新しいアイデアが創造されることを期待する時、他人のデザイン過程を理解することは重要であるが、一人でいうデザイン作業においても、自分のデザイン過程を理解することは知的触発に繋がる。今まで描いてきた絵を見て、デザインの流れを知覚・再認することは、アイデア創造にとってよい刺激になる。

そこで今までのデザイン過程の区切りや分岐を自動解析し、ツリー状に表示する「時系列ビュー」( 図

7 左) を考案した。ツリーを過去から現在へ追うことでデザインの流れの把握・再認ができ、アイデアを修正していく収束型思考を活性化されると考えられる。また分岐して広がったツリーを一覧することで、多様で広範囲な視点での知的触発が受け、新しいアイデアを創造する発散型思考が活性化される。

#### (2) 空間ビュー

2次元空間に配置する行為は2つの特性を持ち、デザイナーに2種類の内省思考をさせる。1つ目は配置行為の結果知覚する「位置」という特徴を手がかりに内省思考を行うという静的な特性である。もう1つは、配置するという「行為」内で内省思考を行うという動的な特性である。前者は Reflection on Action, 後者は Reflection in Action と呼ばれる。

そこで、図7右に示すように今まで描いてきた絵を2次元空間に自由に配置が行える「空間ビュー」を考案した。絵の配置行為の他、絵の大きさの拡大・縮小や、アノテーションの書き込みを可能にすることで、さらに幅広い刺激が受けられ、発散型・収束型の両思考が活性化されると考えられる。

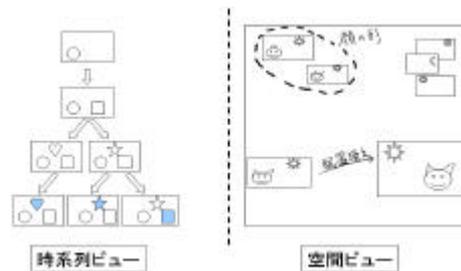


図7 時系列ビューと空間ビュー

#### (3) タイムライン

上述のように、容易に過去のある時点へ戻れる機能は必要である。また現在の undo は最後に行った描画に対してしか行えず、過去に行った描画に対する修正が難しい。また1ストローク単位でしか行えず、あるストロークの途中まで戻ることができない。

そこで図8に示すような「タイムラインと部分undo」を考案した。スライダを前後に動かすことで1ストローク単位よりも細かい自由な undo が行える。またある描画領域を選択するとその領域内に対応した時間が図8のように明示化され、その選択内のみ undo が行えるという「部分 undo」機能があることで、過去に行った描画でもどの場所でも自由に推敲でき、思考を中断せずデザイン作業に集中できる。(1)ボタンによる1ストローク単位の undo, (2)スライダによる1ストローク単位より細かい undo, (3)ある選択領域内の描画のみを対象とする undo(空間的選択による部分 undo), (4)ある選択時間内の描画のみを対象とする undo(時間的選択による部分 undo) の4種類の undo を提供している。



図8 タイムライン

本システムは電子ペンで全操作が可能であり、キャンバスにてスケッチを行いつつ、時系列ビューで今までのデザイン過程を参照したり、空間ビューで今までのアイデアの整理・参照をしたり、タイムラインで過去の任意の時間へ戻るなどして、知的触発を受けながらデザイン作業を進める。図9にシステムの概観を示す。



図9 システム概観

### 6.3 評価

本システムが自然に扱えるかどうかを測るための「シナリオ実験」と、本システムの有効性を検証するための「デザイン実験」の2種類の評価実験を行った。被験者は男性8名、女性3名の計11名であり、そのうち3名はプロのデザイナーである。実験中は被験者の様子をビデオで録画し、被験者が行った全操作はログファイルとして記録した。またデザイン実験中は視線検出装置を使用し被験者の視線を記録した。

本システムのログファイルより取得した各UIの操作回数の割合を図10に示す。図10によると、キャンバス、空間ビュー、時系列ビューは同程度使用されており、デザインする上で有用に活用されていたと言える。これらと比べるとタイムラインの割合が少なくなっている。これは30分という短時間のデザイン作業では、まずアイデアを出すことに集中しあまり修正行為を行われなかった為と考えられる。

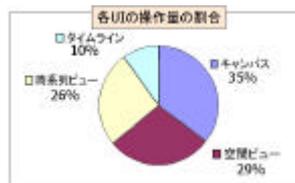


図10 操作回数の割合

## 7. 次世代のペンUIに向けての課題

上記の3つの開発事例は、使いやすい・便利である・効率が良い・美しく表示する、などといった従来とは異なる観点で開発されている。つまり、人間の知性・創造性・感性を中心に設計されている全く新たな種類のUIである。従来、「人間中心」という言葉でユーザインタフェースがもてはやされた時期があったが、我々のシステムはこれをもう一歩進め、かつ、より明確な方向へと進めている。つまり、「人間の知性・創造性・感性中心」とも呼ぶべき新たなUIの流れであると見なすことができる。

しかしながら、従来型のUIが人間の知的・創造的・感性的活動を阻害するという知見が得られているにもかかわらず、人間の知的・創造的・感性的活動とユーザインタフェースの関係に関する定量的な実験は全く行われていない。重要ではあるが、人間の活動ではなく生物的活動を対象にした実験が特に人間工学の分野では多い。高次の知的・創造的・感性的活動とユーザインタフェースの関係に関する定量的な実験が必要であると考えられる。

### 参考文献

- [1] 田野: 人間の知的で創造的な活動を支援・阻害する情報システムの分析, 第15回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, pp. 791-796, 1999
- [2] 田野: 高度ユーザインタフェースの研究動向と創造性への影響, 教育システム情報学会, Vol. 17, No. 4, pp. 588-600, 2001
- [3] 千川, 田野, 他: 動的に色が変化する子供のためのタンジブルなカラータイルの提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003, pp. 671-674, 2003
- [4] 荻澤, 田野: ダイナミックかつインタラクティブなデジタル情報におけるアノテーションシステムの実装と評価, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, pp. 1-8, 2001
- [5] 香村, 田野, 岩田: メモ書きから清書までシームレスに適応するデジタルペーパーコンセプトの提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003, pp. 125-128, 2003
- [6] 田野, 他: 2D画像と3D画像をシームレスに用いるデザイン支援環境の開発 IPA 次世代デジタル応用基盤技術開発事業論文集, pp. 189-196, 2000
- [7] 望月, 河尻, 田野: パーキンソン病の歩行障害のための視覚補助装置の開発, 第45回日本神経学会, 2004
- [8] 黒柳, 田野, 他: 視覚に依存しない音声主体思考支援システムの提案と試作, 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会, 信学技報 vol.103, no.745, 2004
- [9] クリフォード・ストール: インターネットはからっぽの洞窟, 草思社, 1997
- [10] ワープロを捨てた作家たち: 週間朝日, 2000.2.18号, 2000
- [11] 石川九楊: ワープロ徹底批判, 文学界, 2000年2月号, 2000
- [12] J.A. Landy: Interactive Sketching for the Early Stages of User Interface Design, CHI-95, pp. 43-50, 1995
- [13] Suwa, Tversky: What Architects See in Their Sketches Implication for Design Tool, CHI 99 Conference Companion, pp. 191-192, 1999
- [14] 田野, 他: 創造的スケッチ支援のための2次元・3次元空間シームレス連携環境の試作, ヒューマンインタフェース学会, Vol. 5, No. 4, pp. 111-121, 2003
- [15] Tano, Sugimoto: Natural Hand Writing in Unstable 3D space with Artificial Surface, CHI-2001, Extended Abstracts, pp. 353-354, 2001
- [16] Tano, Komatsu, Iwata: Extended Godzilla: Free-form 3D-object Design by Sketching and Modifying Seven Primitives at Single 2D-3D Seamless Display, APCHI-2004, 2004
- [17] Tano, Matsumoto, Iwata: Quantitative Analysis of Human Behavior and Implied User Interface in 3D Sketching, APCHI-2004, 2004
- [18] 築山, 田野: 強化学習を用いたペンインタフェースの設計, 電子情報通信学会, 信学技報, NLC97-57, pp. 17-24, 1998
- [19] 齊藤, 田野: 実世界と仮想世界を融合した知的な会議室の分析とキーデバイスの提案, 第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, pp. 733-736, 1998
- [20] 田野, 井上: LAP: 散在する液晶一体型タブレットのためのユーザインタフェース, ヒューマンインタフェース学会, Vol. 4 No. 1, pp. 41-50, 2002
- [21] 佐々木, 田野, 橋山, 岩田: 発散・収束型思考を活性化させるスケッチ支援システム, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, 信学技報 vol.103, no.744, 2004