

ペン、スケッチ、フリーハンド図 ~ 創造支援への手書きの利用

Pen, Sketching, and Freehand drawing --- Use of Handwriting in Creative Activity Support

三末 和男
Kazuo Misue

筑波大学 大学院システム情報工学研究科
Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

E-mail: misue@cs.tsukuba.ac.jp

概要

入力デバイスとしてのペン、入力方法としてのスケッチ、表現形式としてのフリーハンド図など、いわゆる「手書き」(あるいは「手描き」)には様々な形態があり、創造支援に対してそれぞれメリットを備えている。そのような「手書き」に着目し、手書きを採用しているシステムやツールを紹介するとともに、手書きが活かされる創造作業のドメインを考察する。さらに、論理構造を対象とするドメインへの手書きツールの利用を検討し、今後の一つの方向を提案する。

1. はじめに

創造作業はおそらく人間にとって最も高次元の作業の一つであり、その遂行において自分自身でうまくコントロールできない要素が多分に存在する。そのような作業を少しでも容易にするために、人は道具やメディアにこだわりを持つ。たとえば、ペンや原稿用紙にこだわる作家は少なくない。それらに、文字を書く道具、文字が書かれるメディアとしての機能だけでなく、創造にポジティブに働く「プラス」の何かが含まれているからであろう。

計算機はその情報処理能力により、人間の創造性を増強できると期待されている。これまでも創造作業の支援を目的とした計算機ツールが数多く開発されている[1]。しかしながら、それらの多くはあくまでも高機能の「文字を書く道具」、「文字が書かれるメディア」である。その結果、デザイナーによっては、高機能の計算機ツールがあるにも関わらず、創造作業の初期段階において紙とペンを利用している[2]。

近年、実世界指向という考え方の中で、計算機のユーザインタフェースが実世界における作業に

適したものへと変わりつつある。ペン(スタイラス)や大画面ディスプレイ(図1参照)なども実作業に適したインタフェースと言えよう。そこでは様々な種類の「手書き」が見られる。従来からインタフェース技術の一環として手書き文字認識が研究されているが、ここで言う「手書き」は、創造支援において、計算機がプラスの機能を提供し人間に歩み寄るために、別の観点の役割を担うと考えられる。

本稿では、創造支援におけるプラスの機能を目指して、「手書き」の利用に着目する。本稿の目的は次の3点である。(1)計算機環境における「手書き」という概念およびその特徴を分類・整理する。(2)手書によって支援される創造活動のドメインを整理する。(3)手書きを活かした創造支援の新しい方向を提案する。

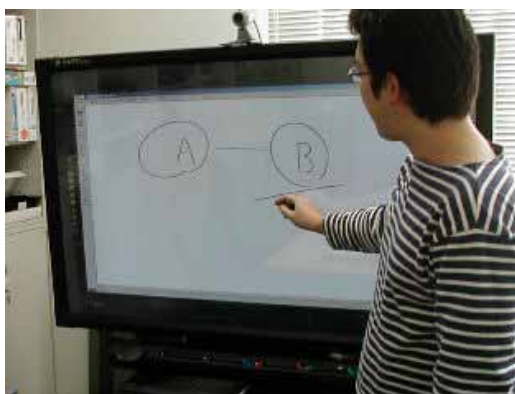


図1:大画面手書き環境 (SMART Board™)

2. 「手書き」とは何か

本章では、まず「手書き」に対して共通の認識を得るために、「手書き」の概念整理を行う。そして、その概念に基づいて計算機環境において「手書き」と称されるものを分類整理する。

2.1 「手書き」の概念整理

人により多少の意見の違いはあるが、本稿では「手書き」を下のように定義する。

紙の上にペンで定規などを使わずに書く(描く)こと、または書いた(描いた)もの

紙でなくても黒板やホワイトボードなど別のメディアでもよいし、ペンでなくても、鉛筆や筆など別の筆記具でもよい。それらは適宜読み替えて欲しい。

ちなみに広辞苑(第五版)では次の通りである。

て-がき【手書き】 印刷などでなく、(その人が)自分で書くこと。また、その書いたもの。「-の賀状」
て-がき【手描き】 染物で、型紙などを使わず筆で模様をかくこと。

広辞苑の「手描き」の説明は、本稿での定義に近い。道具は「筆」、方法は「型紙などを使わず」とある。ただし、「かくこと」とだけあり、「かいたもの」との記述はない。

一方「手書き」の説明からは、もうひとつ別の次元の「手書き」が見て取れる。つまり、印刷に対する手書きである。ただし、本稿ではこの方向については議論しない¹。

先の定義を掘り下げると、手がきには三つの要件が関わっている。ひとつは道具であり、ペンや筆などの筆記用具を用いるということである²。二つ目は方法で、定規や型紙などを使わない、いわゆるフリーハンドである。三つ目は、そのようにして書かれた(描かれた)ものである。

さて、これ以降、特に断ることなく、「手書き」と「手描き」の両方を意図して「手書き」と記す。

2.2 計算機環境における「手書き」の分類

上記三つの要件は、計算機環境において、入力デバイス、入力方法、表現形式にそれぞれ対応づけることができる。つまり、計算機環境において、「手書き」と称されているものは、入力デバイス、入力方式、表現形式のいずれかにおいて下記のような要件を満たしていると考えられる。

(1) 入力デバイス

入力デバイスとして「ペン型」のデバイスを利用する。ペン型デバイスとして、広く用いられているの

¹ 年賀状等においては重要かも知れないが、創作作業への影響は現時点では思いあたらない。

² 指で地面などに文字を書くこともあるが、この場合は指を筆記用具とみなす。

はPDAなどのスタイラス(図2参照)である。

紙に対応する書かれる側のデバイスとしては、タブレットやタッチパネルが多く使われる。そこでは、ペン先において筆記に対するフィードバックが得られること(つまり、書いた線がその場ですぐに見えること)が重要である。そのようなデバイスとしては、PDAやタブレットPC(図2参照)に採用されているような、タッチパネルが張り合わせてある液晶(あるいはプラズマ)ディスプレイ(図1参照)が代表的である。



図2: タブレットPCとスタイラス

(2) 入力方法

入力方法としてフリーハンドによるスケッチ入力を利用する。つまり、マウスやスタイラスなどのポインティングデバイスの軌跡がそのままインクデータとして入力される方式である。この方式をコマンド入力に利用したものがジェスチャである。この場合はポインティングデバイスの軌跡はインクデータとしてではなく、コマンドとして解釈される。ジェスチャによるコマンド入力がうまく機能すれば、描画とコマンド入力を、モードを気にせずに行えるため便利である。しかしながら、現実にはインクデータとジェスチャの自動判別が難しく、スタイラスのボタンを押した場合はジェスチャによるコマンドの入力と解釈する手法が多い。

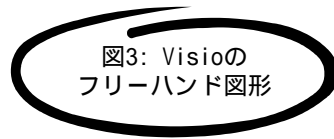
(3) 表現形式

フリーハンドによって描かれたインクデータによって表現されたもの。あるいはそのように描かれたかのような曲線によって表現されたものである。

この要件は、どのように作成されたかではなく、作成されたものの性質による。したがって、いわゆる「手書き風」の表現もここに含まれる。

たとえば、手書き風のフォントの代表である Comic Sans MSや、作図ツールであるVisioに用

意されている図形「フリーハンド」(図3参照)なども、表現形式としては手書きだと言える。「手書き風」かどうかという判断は主観的要素を含むが、ここでは判断基準については議論しない。



手書きに関する三つの要件を述べたが、これらは独立したものではなく、しばしば相互に関連する。たとえば、手書き(風)図形をカーソルキーで入力することは不可能ではないが、実用的ではない。むしろ、ペン型のデバイスを用いたフリーハンド入力による方が簡便かつ自然である。

2.3 「手書き」の特徴

先述の3種類の要件に沿って、手書きの特徴を整理する。

(1) ペン型デバイス(スタイラス)

【簡単】操作が簡単である。道具としての単純さもあるが、子供の頃から使っている道具であるため、マウスやキーボードに比べて使い慣れているということも要因であろう。

【自然】操作点と入力点が一致している。マウスでは操作する位置と入力の位置が離れている。そのため、マウスカーソルによる視覚的なフィードバックに頼って操作しなければならず、メニュー選択など位置の指示には問題ないが、描画のように位置を連続的に変化させるような操作は容易でない。それに対して、ペンは操作位置において直接入力が可能であるため、マウスカーソルのような間接的な指標を必ずしも必要とせず、容易に入力が行える。さらに、目的位置への移動も直接行えるため、画面(あるいはタブレット)上での移動が速い。

ペン型デバイスには上記のような特長があるものの、現状ではいくつかの問題も抱えている。たとえば、タブレット上でスタイラスを滑らせる感触は、ペンを紙の上で動かす感触とは違う。また、スタイラスの先と入力位置は慎重にキャリブレーションを行っても完全には一致しない。また、入力から表示までに遅延もある。これらはそれぞれ微妙な差異ではあるが、心理的な影響は大きくフラストレーションにつながる。

(2) スケッチ入力

【直接性】フリーハンドによるスケッチ入力では、

書きたいものを書きたい場所に直接書くことができる。漢字変換や各種の図形描画ツール、テンプレートなどが不要で、それらの操作手順を覚える必要もない。

【柔軟性】フリーハンド入力では、文字、数式、図形、絵など何でも書くことができる。曲線も自由自在に描ける。入力モードを必要としないため、文字を書きながら図形を描くことも簡単に行える。

(3) フリーハンド図

【インフォーマル】活字体のフォント、幾何学的な図形、規則的な配置など形式的(フォーマル)な表現から受ける「固い」印象とは違って、手書き表現は「柔らかい」印象を与える。さらには、形式的な表現は、精巧、規則的、静的、安定、完結、無矛盾といった印象を与えることが多く、逆にフリーハンドで描かれた手書き表現は、雑然、不規則、動的、不安定、不完全、曖昧といった印象を与える傾向にある。

後者の与える印象は、雑然、不規則、不安定、などと、言葉としてはどちらかというとながティブな意味合いであるが、必ずしも悪い印象を与えている訳ではない。たとえば、プレゼンテーションにおいて手書き風のフォント(Comic Sans MSなど)が使われることはよく見かける光景である。これは、形式的な表現からは得られない独特の好印象が好まれるためだと思われる。

3. 手書きを利用した創造作業支援

創造支援と手書きの関係を考察する。手書きの特徴がもたらすメリットを整理した後、手書きを利用した代表的なツールを紹介する。さらに、それらが対象とする創造作業のドメインを整理する。

3.1 創造作業支援とは

以後の議論に向けて「創造」および「創造支援」について、簡単に定義しておく³。本稿で言うところの「創造」とは、何か概念的に新しいものを作ることとする。音楽を作る、詩を作る、プログラムを作る、コンピュータシステムを作る、Webページを作る、建物を作る、機械を作る、など例には事欠かない。特に「概念的に新しいもの」という部分が重要で、たと

³深い議論に加わりたい方は日本創造学会のWebページ(<http://www.soc.nii.ac.jp/jcs2/teigi.html>)を参照されたい。会員の方々による様々な定義が掲載されている。

えば機械を作る場面では、製造よりも設計のような上流を指す。同じ設計のものを繰り返し製造しても、それはここで言う創造ではない。

そのような創造作業の支援の仕方にはさまざまな形態があるが、本稿での「支援」は、特に情報技術(IT)を利用して支援することを想定している。

創造作業の最上流では、人間の頭の中の「情報」の外在化が必要であり、また外在化により思考を加速することができる。この外在化をいかに効率的かつ適切に支援するかが創造作業支援を目的とする計算機ツールにとって重要な使命である。

運よくなんらかの発想が浮かんでも、しばしばすぐに、時には一瞬で忘れてしまう。また情報と呼ぶにはモヤモヤとして曖昧であり、全体が整っていることはほとんどなく、部分的かつ不完全なことが多い。つまり、このような短命、曖昧、部分的、不完全な情報をいかに効率的に書き留めるかが重要である。さらに、効率だけでなく適切に書き留めることも重要である。たとえば、計算機の都合で曖昧さを排除し、形式的な情報へと変換してしまうと、本来考えるべき観点を失ったり、誤解を生じたりという危険がある。曖昧であることや不完全であることを率直に表現し、思考の次の段階へとつなげなければならない。

3.2 創造支援における「手書き」の利点

創造作業においては、短命、曖昧、部分的、不完全な情報を効率的かつ適切に書き留める必要があるため、創造支援ツールに対しては次のような要求がなされる。

- 浮かんだ発想を消えないうちに素早く簡単に書き留められること。
- 書き留める際に、無用な間接作業によって思考を中断させないこと。
- 思いつくままに(思いついた順に)自由に書き留められること。
- 曖昧、部分的、不完全な情報を適切に書き留められること。

このような要求に対して、手書きは、先に整理した特徴から分るように、それらの多くにうまく応えることができる。

- [簡単・自然] ペン型デバイスによる入力、ユーザにとって自然でかつ簡単であり、発想を素早く

入力することを可能にする。

- [直接] スケッチ入力により、特別な描画ツール等の操作に悩む必要がなく、書きたいものを書きたい場所に直接書くことができる。
- [柔軟] スケッチ入力により、文字、数字、図形、絵などを適宜行き来しながら自由な順序で書くことができる。
- [インフォーマル] フリーハンド図によって、曖昧さ、不完全さを含んだ表現が可能である。

3.3 手書きを利用したツール

手書きを利用した代表的なツールのいくつかを、目的別のおおまかな分類に沿って紹介する。

電子ホワイトボード

Tivoli [3] はLiveboard⁴上のソフトウェアとして開発された電子ホワイトボードシステムである。その目的はインフォーマルなワークグループのミーティング支援である。Tivoliにおける「手書き」とはペン(スタイラス)による入力であり、ミーティングにおいて、「走り書き用の面」が、アイデアの生成、伝達、明確化に役立つ。

Electronic Cocktail Napkin [4] [5] も、ホワイトボードや(パーティでの)ナプキンのもつインフォーマルな特長を電子的に実現することを目指して開発された手書き描画環境である。ここでの手書きは、フリーハンドによるスケッチ入力である。それにより、抽象的な、曖昧な、あるいは漠然とした表現が可能である。

Flatland [6] は、インフォーマルなオフィスワークのために設計された電子ホワイトボードである。ホワイトボードの面上にいくつかのセグメントを配置でき、セグメントを管理する機能を充実させている。アクティブでないセグメントを自動的に縮小して移動することや、セグメント毎にユーザの入力に対する動作(behavior)を指定することなどが可能である。

形状作成

Pegasus [7] は、幾何学的図形を正確に手早く描くことを目的としたシステムである。対話的整形と予測描画機構を備えることで、手書きによって精緻な図の作成を可能とする。手書きの自然さと直接性が生かされたシステムである。ただし、図が自動的に整形されるため、先の分類に従うと、表現形式

⁴ PARCで開発されたスタイラスによる入力が可能な大画面ディスプレイ

としては手書きではない。

Teddy [8] は、自由曲線に基づく3D形状のモデル構築を目的としたシステムである。初心者でも学習しやすく、あるいはエキスパートが設計の初期段階でラピッドプロトタイピングに使用できることを目指している。手書きによって3Dモデルの輪郭(シルエット)となる自由曲線を直接描くことが入力の基本である。モデルを必要に応じて回転させながら、手描きの自由曲線により輪郭を描き加えることで、3Dモデルを構築する。

GUI設計

Silk[5][9]は、GUIの設計支援を目的としたツールである。紙ベースのスケッチの利点と計算機ベースのツールの利点を組み合わせたもので、スケッチによってGUIの設計を進めることができる。設計の上流において、スケッチにより曖昧さを許容することで必要以上に詳細を強要しない。これにより、デザイナーは不必要に細部に悩むことなく各段階で考えるべき事項に専念し、より多くのアイデアを探ることが可能になる。

DENIM [2] は、Webサイトの上流設計を支援する。Webサイトの異なる詳細度レベルにおける設計を支援するとともに、それらのレベルをズームングによって統合している。スケッチが曖昧さを許容することで、デザイナーは、それぞれの段階において本質的でない詳細にとらわれることなく、重要な問題に集中できる。また、曖昧さは複数の解釈を許し、さらなる設計のアイデアを導く。スケッチの迅速さにより、デザイナーは異なるアイデアを迅速にまた繰り返し探索することができる。

ソフトウェア設計

Knight [10] はオブジェクト指向モデリングの支援を目的としたツールである。ソフトウェア開発用のホワイトボードシステムと言うことができる。ホワイトボードがユーザに特別なスキルを要求せず、創造性を阻害しないのに対して、従来のCASEツールは技術指向であり、創造性、アイデア生成、問題解決の支援が弱い。KnightはそのようなホワイトボードとCASEツールのそれぞれのよい面を合わせ持つことを目指している。インフォーマルなスケッチからフォーマルなUMLの要素におよぶ範囲のさまざまな描画をサポートする。

その他(数学教育など)

MathPad² [11] は数学的なスケッチを支援するツールである。フリーハンド入力により、数式の記述と図の描画を自在に行き来できる。またスケッチによって自由な描画が可能である。MathPad²の特徴は、スケッチによって入力された数式と図の関連付けにあり、フリーハンドで描いた図を数式に従って動かすことができる。

3.4 創造支援のドメイン

前節で紹介したツールがどのようなドメインを指向しているか整理するために、二つの分類軸を取り上げる。図4はその二つの軸に沿ってツールのドメインを配置したものである。ツールが汎用かあるいは特定の目的専用かという観点を横軸に取り、創造作業の対象となる情報の形態が幾何学的か論理的(論理構造的)かという観点を縦軸に取った。当然のことながら、特定のドメインに特化する(左に寄る)にしたがって、幾何学的か論理的かへの分離が顕著になる。

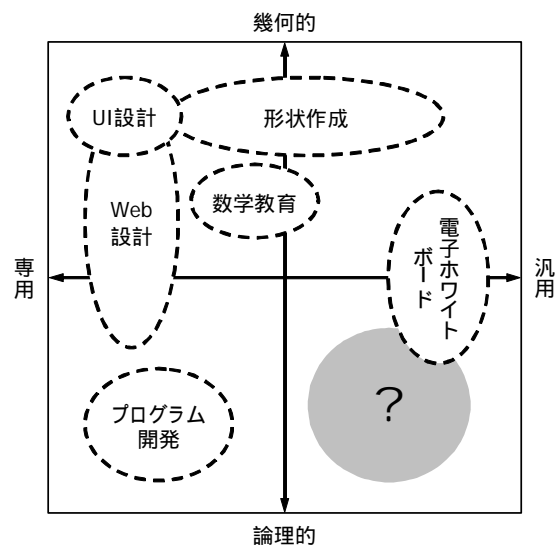


図4: 創造支援の対象となるドメイン

4. 論理的ドメインの支援

さて、問題は図4の右下の領域である。本章では、この汎用的な論理的ドメインの支援に焦点を合わせ、論理構造のような情報を一般的に扱えるツール(手書き作図環境)を提案する。

4.1 論理的ドメインにおける手書きの有効性

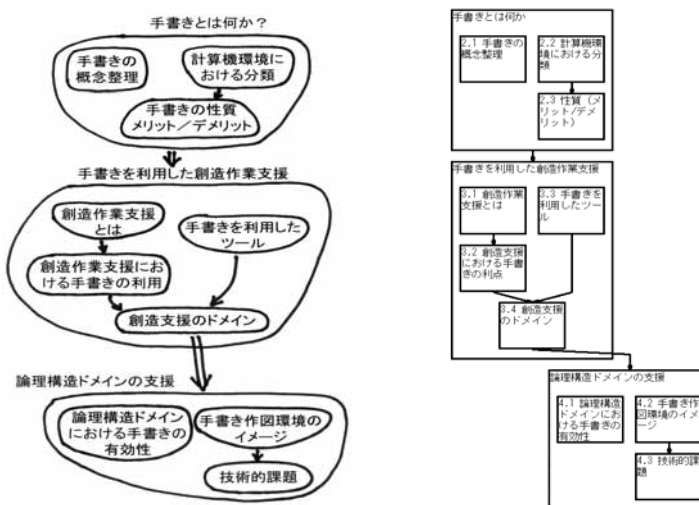
創造的活動の上流では未整理で断片的な情報を整理・統合化する作業が必要とされる。そのような作業を頭の中だけで進める場合もあるが、むしろ思いついた概念を言葉、記号、図形などで紙の上に表現し、それらを領域線で囲む、関係線をつなぐ、というような作図がしばしば行なわれる。特に概念が多い場合や関係が複雑な場合には、頭の中の情報を図として外在化させ客観的に眺めることが作業を加速することが多い。創造活動における外在化の重要性はここで繰り返すまでもないが、この場合外在化される情報は論理的な構造を備えるということを強調しておきたい。

創造活動における外在化は頭の中の情報を外部に表現して終わりではなく、内省を伴うため、そのような作図作業は試行錯誤による繰り返しも多い。そのため、そのような作業を紙とペンで行うことは効率が悪く、計算機による支援が期待される。

論理構造ドメインを対象にした創造活動を支援する技法として最も有名なものが川喜田によって開発されたKJ法[12]であろう。KJ法を計算機により支援する試みは1980年代より盛んに行われ、さまざまな計算機ツール(ソフトウェア)が開発されてきた[1]。このような論理構造を対象にしたツールはKJ法支援に限らず、近年においてもART#001 [13] などが開発されており、論理構造を扱うことの必要性が伺える。

オリジナルの(計算機によって支援されるものではない)KJ法では手描きの図が利用される。KJ法の解説書(たとえば[12])に掲載されている図は基本的に手書きによるものと見受けられる。元々は計算機に頼らない技法であるので、手描きは当然ではあるが、手描きの図と計算機によって生成された図(幾何学的な形で構成された図)とでは、それらから受ける印象は非常に違ったものである。

図5に手書きによるKJ法の図と、それと同じ構造の図を計算機によって自動生成したものを対比して示す。計算機による自動生成が、機能主義的な立場に立ち、規則性、対称性、精巧性、簡潔性などを重視した幾何学的な図を得ることを指向してい



(a) 手描きによるKJ法の図 (b) 計算機によって自動描画された図

図5: 手書きと計算機による自動描画の対比

るのに対して、手描きによるKJ法の図は、不規則性、多様性、活動性、複雑性などからくる人間味や親しみやすさなどの特徴を発想に利用していると思われる[14]。

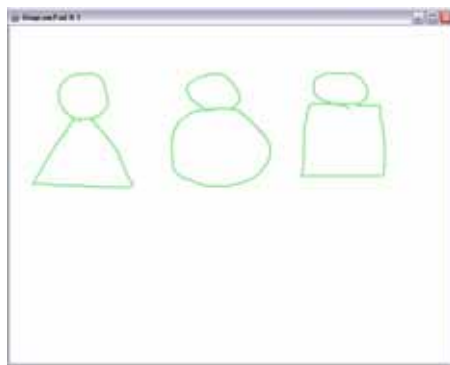
4.2 手書き作図環境のイメージ

ここで提案する手書き作図環境は、図の論理的な構造を解析し、その構造をレイアウトに関する制約や自動レイアウト機能と連動させることで、手書きによる論理的な作図作業を支援するものである。提案するツールの特徴を簡単にまとめると以下のようになる。

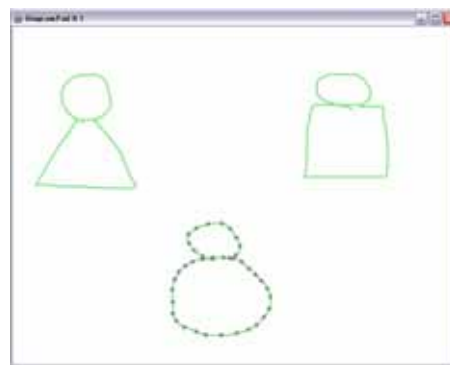
- 論理的構造を持つ図を主な処理対象とする。
- 手描きによるスケッチベースの入力インターフェースを提供する。
- 作図における手描きの微妙なニュアンスや曖昧さを維持する。
- 知的にかつ能動的に描画を支援する。

ここで「論理的構造を持つ図」とは、座標上の配置や幾何的な形状が本質的に重要ないわゆる「図面」ではなく、接続関係や包含関係といった論理的な関係構造が重要な図である。システムの論理構成図、フローチャート、概念マップ、ネットワークポロジ図などがその例である。

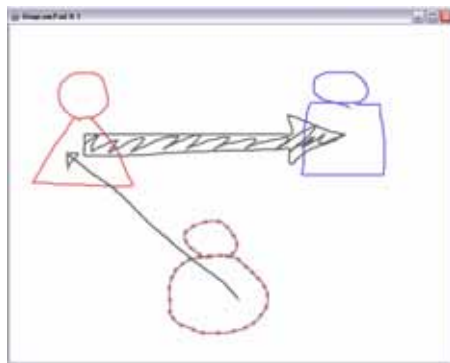
本ツールの特色は、論理的構造を持つ図に対する手書き環境と計算機による描画支援の統合で



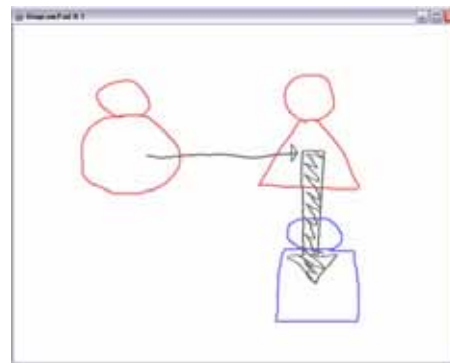
(a) 3名の人物を描いた



(b) 中央の人物を移動した



(c) 人物間に2種類の矢印を描いた



(d) 人物の移動に従って矢印も変形された

図6: 論理的ドメインを対象とした手描きツールのイメージ図

ある。つまり、手描きを入力手段として使うだけでなく、手描きの特徴を保存したままの図を処理対象とし、計算機により変形・変換等の描き換えを支援することが特徴である。

ツールの提供する機能と特徴のイメージを図によって紹介する。図6はツールのイメージ画面を表示している。画面に表示されている図は、図の編集に対する計算機の支援を説明するための仮想的なものであり、特に意味はない。

画面(a)は、構成要素である3名の人物を描いた様子である。画面(b)では中央の人物の位置を修正している。このように図的なトークン(意味単位)をかたまりとして、移動等の編集が可能である。さらに画面(c)では、人物間の関係を表す矢印を描き加えた。矢印用のテンプレートを使うことなく、人物と同じようにフリーハンドで描いている。この時、矢印が単なる絵ではなく人物間の関係を論理的に表現していることを計算機は把握している。さらに、人物を移動したものが、画面(d)である。人物の移動に追従して自動的に矢印が変形されている。

既存のツールにおいても、たとえばMicrosoft Officeの図形描画機能に含まれる「コネクタ」などを

利用すれば、基本図形間に論理的な関係線を付与することが可能であり、画面(c)から(d)への変更と類似の操作を行うことは可能である。しかしながら、ここでの要点は自由に描いた手描き図から、論理的な構造を自動的に抽出し、手描きのスタイルを失わずに論理構造を保存した変形を自動的に行うことである。

4.3 技術的課題

このような機能を実現するには、手描き図を対象とした空間解析器と、手描き風のスタイルを保存した変形処理が必要である。手描きには直接影響しないが、空間上の規則に対する制約解消系も必要であり、その規則は手描き図の変形に対して「自然な」規則を準備する必要がある。先の例では人物を移動すると、矢印が人物から離れないように移動あるいは変形するのもそのような規則の一例である。

さらに、手描き作図環境を柔軟かつ汎用なものとするためには、空間解析器の規則や制約解消系の規則が固定的でなくカスタマイズ可能であることが求められる。どのような範囲のカスタマイズを許

容するか、どのような方式でカスタマイズさせるか、などが検討課題である。

5. まとめ

創造作業には様々なドメインがあるが、筆者の個人的な経験では、しばしば論理構造の組み立てに頭を悩まされることが多い。そのような時、テキストエディタ(Emacs + SKK)で文章を入力したり、Wordのアウトラインモードで構造を編集したり、PowerPointやVisioで図解したり、ノートに手書きで書き散らかしたりと、いろいろなツールやメディアを渡り歩くが、なかなか満足できるものがない。

この十数年の間に手書きを利用した様々なツールが開発されてきている。本文でも紹介した通り、その内のいくつかは創造作業の支援を目指したものである。筆者は、個人的な経験もさることながら、KJ法支援を研究目標としていたこともあって、創造支援の中でも論理構造ドメインに特に興味を持っている。そのような興味から手書きを利用した創造支援ツールの研究に常々共感を覚えていた。そして、論理的な図解に対しても手書きを利用したツールが欲しいという思いから、第4章の提案に至った。技術的課題は本文で述べたが、手書きの影響、効果の評価など残された課題は他にも多い。

手書の利点について蛇足ながら、一点補足しておきたい。本文では述べなかったが、手書きの利点を感じられる別の場面に教室での「板書」がある。最近増えているプレゼンテーションソフト(PowerPoint)を使った授業は教師には便利であるが、学生にとってはノートを取るスピードが追い付かないという問題がある。事前に資料を配布することも可能であるが、教育上の配慮から学生に手書きでノートを取らせるのであれば、教師も手書きで板書する方が良さそうである。しかしながら、ここでの手書きの利点はプレゼンテーションソフトによる授業との対比によるものであり、観点が異なると判断した結果、第2章では言及しなかった。

参考文献

[1] 國藤, 山下, 西本, 藤波, 宮田: 知識創造支援システムの研究開発の動向とJAISTにおける開発の現状, 第1回知識創造支援シンポジウム報告書, pp. 1-10, 2004.
[2] J. Lin, M. W. Newman, J. I. Hong, and J. A. Landay, DENIM: Finding a Tighter Fit Between Tools and Practice for Web Site Design, CHI

2000, pp. 510-517, 2000.
[3] E. R. Pedersen, K. McCall, T. P. Moran, and F. G. Halasz, Tivoli: An Electronic Whiteboard for Informal Workgroup Meetings, INTERCHI '93, pp. 391-398, 1993.
[4] M. D. Gross and E. Y.-L. Do, Ambiguous Intentions: a Paper-like Interface for Creative Design, UIST '96, pp. 183-192, 1996.
[5] M. A. Hearst, M. D. Gross, J. A. Landay, and T. E. Stahovich, Sketching Intelligent Systems, IEEE Intelligent Systems, Vol. 13, No. 3, pp. 10-19, 1998.
[6] E. D. Mynatt, T. Igarashi, W. K. Edwards, and A. LaMarca, Flatland: New Dimensions in Office Whiteboards, CHI '99, pp. 346-353, 1999.
[7] T. Igarashi, S. Matsuoka, S. Kawachiya, and H. Tanaka, Interactive Beautification: A Technique for Rapid Geometric Design, UIST 97, pp. 105-114, 1997.
[8] T. Igarashi, S. Matsuoka, and H. Tanaka, Teddy: A sketching interface for 3d freeform design, SIGGRAPH 1999, pp. 409-416, 1999.
[9] J. A. Landay and B. A. Myers, Sketching Interfaces: Toward More Human Interface Design, IEEE Computer, March 2001, pp. 56-64, 2001.
[10] C. H. Damm, K. M. Hansen, and M. Thomsen, Tool Support for Cooperative Object-Oriented Design: Gesture Based Modeling on an Electronic Whiteboard, CHI 2000, pp. 518-525, 2000.
[11] J. J. LaViola Jr. and R. C. Zeleznik, MathPad2: A System for the Creation and Exploration of Mathematical Sketches, ACM Trans. on Graphics, Vol. 23, issue 3, pp. 432-440, 2004.
[12] 川喜田二郎, 発想法, 中公新書, 1967.
[13] Y. Yamamoto, K. Nakakoji, and A. Aoki, Spatial Hypertext for Linear-Information Authoring: Interaction Design and System Development Based on the ART Design Principle, Hypertext 2002, pp. 35-44, 2002.
[14] 三末, 杉山, 複合階層グラフ自動描画における手描き様曲線の利用について --- 発想支援系の基礎技術の開発 ---, 情報処理学会第37回全国大会公演論文集, 4H-7, pp. 1304-1305, 1988.