

## 文房具メタファを用いた手書き作図インタフェース

風間信也 福島英洋 中川正樹  
東京農工大学

計算機上での作図は、図形をメニューで選択し、画面上に配置していく方式が一般的である。一方、紙面上での手書きの作図を考えると、紙面にペンと文房具を用いて作図するのが普通である。そこで、表示一体型タブレットを利用した手書き作図インタフェースとして、“紙面”の上に表示され物理的なイメージで操作できる仮想的文房具を提供する。これを文房具メタファと呼ぶ。本報では、この文房具メタファと表示一体型液晶タブレットを組み合わせた手書き作図インタフェースについて報告する。

### Handwriting interface for figure drawing with 'Stationary Metaphors'

Shinya Kazama Hidehiro Fukushima Masaki Nakagawa

Tokyo University of Agriculture and Technology

The choosing of figures from a menu is a common method used in computer drawing. However, when considering hand-written drawings on paper, the idea of using a pen and drawing tools comes easiest to mind. So, for a hand-writing interface on a display integrated tablet, we use concepts like these drawing tools that are displayed on paper-like images and can be manipulated with a realistic feel. We call this the 'Stationary Metaphor'. In this paper, we present a hand-drawing interface that combines these 'Stationary Metaphors', and a LCD integrated tablet.

## 1. はじめに

現在、計算機の大幅な普及によって、多くの人が計算機やワープロ上で文書を作成するようになった。これは、計算機上での文書作成には、きれいな出力が得られ、文書の管理も容易であるといった利点があるからである。文章の入力においては、効率のよい仮名漢字変換アルゴリズムの採用や、辞書語数の増加といった日本語入力のパフォーマンスの向上によって、ほぼ快適に行えるようになっている。しかし、文書における、もう一つの重要な構成要素である図形の入力においては不十分で、出力や管理における利点と引き替えに、人々は大変な入力の手間を強いられている。これは、従来の作図システムが計算機よりに作られていて、人間が操作するには、特別な意識と訓練を必要とするからである。

このように、現在の計算機上における文書作成環境には、人間が計算機に合わせなくてはならない場面が多い。人間にとって自然な入力方法を確立し、計算機上での文書作成の手間、特に図形入力の手間を軽減することは急務であるといえる。我々は、将来の計算機への図形入力には、もっと容易で直感的な方法を実現したいと考える。思い通りの図形を、容易に計算機に入力できるようになれば、文章と図形の混在した文書を、より早く作成できるであろう。さらに、図形の入力が自然に行えれば、人間は発想段階でさまざまな図を描き、対話することで一層思考を発展させることが期待できる。

## 2. ペンインタフェース

近年、計算機の新しいインタフェースとしてペンが注目されている。このペンインタフェースは、入出力デバイスとして液晶ディスプレイなどの薄型の表示装置と一体化したタブレット装置（以下、表示一体型タブレットと呼ぶ）を用い、入力と出

力を同一盤面で行うことができるという特徴を持っている。さらに、入力をペンで盤面をポイントすることにより行うので、座標の指定を直接行える。このためペンインタフェースは、マウスに置き換えるだけでも、座標のポイントを、マウスを引きずってカーソルを移動させることなく直接行えるので、それだけでも便利である。しかしペン入力とその威力を特に発揮するのは、手書き入力の場合であると考えられる。

## 3. 手書きインタフェース

古来、人間は意図するものを紙に筆やペンなどの筆記用具を用いて記してきた。これは、計算機が普及した現在でも、人間にとって最も簡単で慣れ親しんだ方法であることは明らかである。人間の脳皮質の、手書きを司る領域が、最も発達した領域のうちの一つであることがこれを裏付けている。したがって手書きで計算機と対話できるインタフェースは、入力の際の思考の中断が少なく、人間にとって使いやすいものであると考えられる。

例えば、白紙とペンを与えられたとき、ユーザは、自由な大きさで、自由なオブジェクトを、自由に書くことができる。こうした環境を計算機上で実現できれば、プログラムやデータ構造を設計したり、ソースリストに図のコメントやメモ書きを入れたり、文章作成の際の下書きなどが、計算機と対話しながら行えるようになる。つまり、ユーザの自由な発想や思考を支援することが可能になる。

また、計算機特有の機能を活かして実際の紙とペンでは実現できないような高機能な図形や文章の入出力環境が構築できる。例えば、きれいな出力が得られ、管理が容易に行えること以外にも、書いたものに編集操作を加えたり、見たいものだけを画面に表示したりすることも可能である。紙面上では簡単な手書き入力も、計算機上での実現に際しては、解決すべき問題が多々あり、容易

ではないが、それらを解決し、ペーパーイメージのシステムを構築できれば、新しい計算機の世界が広がることは明らかである。

#### 4. 手書き作図インタフェース

ウィンドウシステムでは、アイコンとの組合わせにおいて、非言語的インタフェースを提供し、初心者や素人に馴染みやすい操作環境を実現している。この成功の原因として、人間が動作として知覚しているものを文字コマンドとして言語に直して指令するよりも、その動作のイメージのまま指令できることの利点が大きいということが考えられる。作図システムの場合も、人間が動作として知覚している個々の作業を、その感覚にできるだけ近いコマンドで作成できることが重要である。

現在あるペンベースの作図システムは、大別して、システム定義の図形を選択して画面上に配置する方式のものと、フリーハンドのストロークから図形認識を行いシステム定義の図形に置き換える方式のものがある。前者は従来のマウスベースのシステムの入力をペンに置き換えただけで、操作が抽象化されすぎていて、実際の作図における人間の動作とはかけ離れている。後者は、手書き入力の手軽さを取り入れ、入力の際の手間は少ないが、図を正しく認識できるかが問題であり、また正しく認識できてもその図形の大きさや位置などの修正の手間が多いと考えられる。さらに、両者とも描くことのできる図の種類に限りがあるため作図の結果に妥協を強いられる。そのため、システムの応用範囲が狭い。

そこで我々は、手書き感覚を重視し、従来のシステムよりもさらに柔軟な作図を可能にするため、文房具メタファを用いた、手書き作図インタフェースを構築することを考える。

#### 5. 文房具メタファ

文房具メタファとは、表示一体型タブレットの表示画面を紙、入力ペンを鉛筆とする世界で使用する文房具である[1]。ユーザはこれを利用して図形入力を行う。

例えば、ユーザが定規をとって直線を引きたいと考えたとき、定規のメタファを選ぶことにより定規のメタファが画面上に表示され、それをペンで動かして直線を描く位置を決定する。その後、定規のメタファに沿ってペンを動かせば直線を描くことができる。ユーザが円弧を描きたいのであれば、コンパスのメタファを選ぶことにより画面にコンパスメタファが表示され、コンパスの位置や開きを決めた後、ペンでコンパスを回転させて任意の円弧を描画する。

この文房具メタファの利点は四つある。

まず最初の利点は、まさに文房具を使用することのそれである。つまり、直線や円といった、幾何学的図形を正確にかつ容易に描けることである。手書きだけでは、このような正確な描画は不可能なので、定規やコンパスなどの文房具の働きをするものが必要である。

二つめの利点は、ユーザが作図操作を直感的に行えることである。文房具メタファの操作方法を現実の文房具に対応させることによって、人間が知覚している動作で計算機上の作図操作を行える。作図操作の実行が直感的に行える。また、文房具メタファが画面上に表示されているので、作図操作の確認も一目でできる。

三つめの利点は、表示一体型タブレットの問題点である視差を吸収することである。現在の表示一体型タブレットはその構造上、ユーザの眼の位置によって入力座標と出力座標に視差を生じる(図1)。文房具メタファは入力ペンの先端の座標に対して描画を行うのではなく、入力ペンの座標と、画面上の文房具メタファがそのとき保持している情報を用いて作図を行う。例えば円弧を描くとき、円弧は入力ペンの座標ではなくコンパスの

先の位置に描画される（図2）。

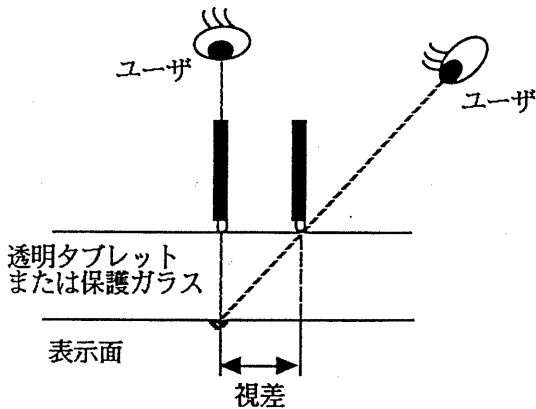


図1. タブレットの視差

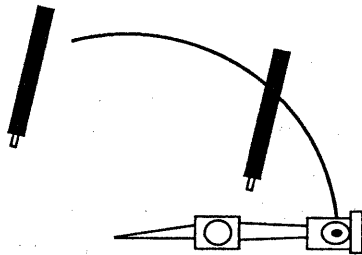


図2. メタファの動き

四つめの利点は、手書きパターンが多義性が容易に解消できることである。入力された手書きパターンに何の制限もなければ、それが文字なのか図なのか、もしくはジェスチャのような機能をもつものなのか区別が付きにくい場合がある。ところが、文房具メタファを選べば、それが書くパターンの解釈は非常に強く限定される。例えば、定規を選んで描いた図形は直線であり、コンパスを選んで描いた図形は円弧であることが分かる。

## 6. 図形階層記述の思想

ここで、我々が考える図形の階層について少し述べる。

計算機上で図形を扱う場合、図形を次の四つの論理的レベルに分類する[2]。

- (1) 機能シンボル
- (2) 図形コンポーネント
- (3) 図形プリミティブ
- (4) 筆点パターン

機能シンボルとは、フローチャートや回路図といった、記号で表現できる図形の分類で、図形全体と構成要素が意味をもち、それが作図上のルールをもっている。

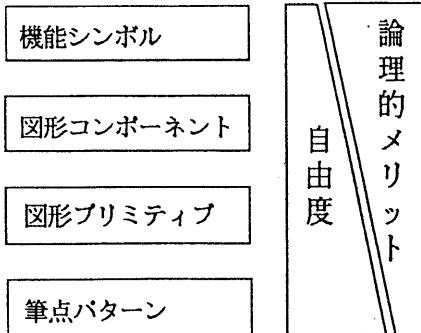
図形コンポーネントとは、長方形やひし形、円といった図形、またはその組合せの分類である。

図形プリミティブとは、図形コンポーネントのさらに下位に位置する図形レベルである。つまり、図形コンポーネントが三角形や円といったレベルであるのに対して、図形プリミティブは、例えば、直線や円弧といった、図形コンポーネントを構成する、より細かい分類の図形である。筆点パターンとは、順序をもつ、複数の点である。

論理的メリットは機能シンボルが高く、自由度は筆点パターンが高い（図3）。

この分類に当てはめると、図形配置型のシステムが扱うのは図形コンポーネントであり、文房具メタファの扱う図形は、図形プリミティブであり、そして、フリーハンドの場合は筆点パターンである。したがって、文房具メタファは図形配置型のシステムより描ける図形の自由度が高く、フリーハンド描画よりも論理的メリットが高いといえる。

抽象度 高



抽象度 低

図3. 図形の階層

## 7. 文房具メタファを用いた手書き作図システム「すごくE」

前に述べた文房具メタファを入力手段とした手書き作図システム「すごくE」を作成した。次に本システムについて述べる。

### 7.1 「すごくE」の開発目的

「すごくE」は、次の2点を目的として作成した。

ひとつは、手書きによる作図のインタフェースを確立することである。計算機上でフリーハンドで自由に何でも描けるという環境は非常に有用である。

もうひとつの目的は、当研究室で研究されている、手書き図形認識のための手書き図形データベース[3]に登録する筆跡データの収集に利用することである。作図の際のフリーハンドの入力をデータベースに登録しておき、それを図形認識に利用する。

### 7.2 「すごくE」の概要

本システムは表示一体型タブレットを入出力デバイスとしてワークステーションに接続した環境で実現した。そして、表示一体型タブレット接続用に拡張した OS/omicon [4]上で稼働する。

本システムの特徴としては、次の3点があげられる。

- (1) フリーハンド描画機能
- (2) 文房具メタファによる図形入力
- (3) 下書き画面と清書画面を持つ

### 7.3 フリーハンド描画

本システムでは、ペンインタフェースの利点を活用したフリーハンド描画を実現した。ユーザはタブレット盤面を紙、入力ペンを鉛筆のように使用し、自由に何でも描くことができる。

本システムでは、図形をストローク単位で管理する。ストロークとは、1回の操作で入力できる図形の単位である。例えば、フリーハンド描画でペンが押されてから離されるまでの1本の自由曲線は1本のストロークである(図4)。

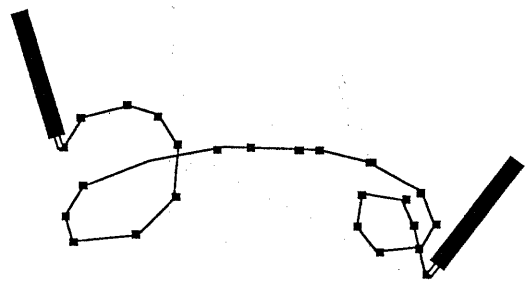


図4. ストローク

ベジェなどの補間法を用いてフリーハンドのストロークを整形することも考えている。

### 7.3 文房具メタファを使用する操作系

本システムで使用する文房具メタファを次に挙げる。

(1) 定規メタファ：直線を描く際に使用する。定規の配置を決定した後、入力ペンを定規に概かに沿って動かすと、入力ペンの座標を定規に投影した部分に直線が描かれる（図5）。

直線定規以外に、三角定規、T形定規、雲形定規などを実現し、滑らかな曲線や正確な直線を描く際に使用することを考えている。

(2) コンパスメタファ：円弧を描く際に使用する。コンパスの中心の位置を変えるには、コンパスの針の部分を持つ。半径を変えるには、コンパスの先の部分を持つ。コンパスを回転させるには、画面上のどこでもペンを動かすと、ペン座標とコンパスの中心の座標から回転角を算出し、その角度分コンパスが回転する（図6）。

(3) 消しゴムメタファ：描画したオブジェクトを部分的に消去する際に使用する。3種類の太さの消しゴムを用意する。ストロークの途中の部分に消しゴムをかけるとそのストロークを分割する処理を行う。分割されたストロークはそれぞれ別個のストロークとして管理される（図7）。

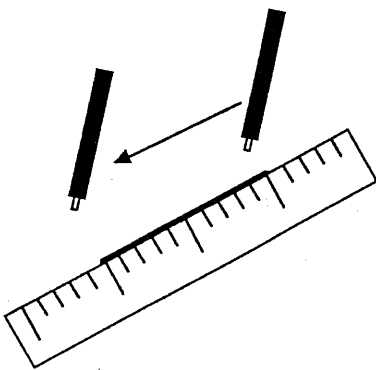


図5. 定規メタファ

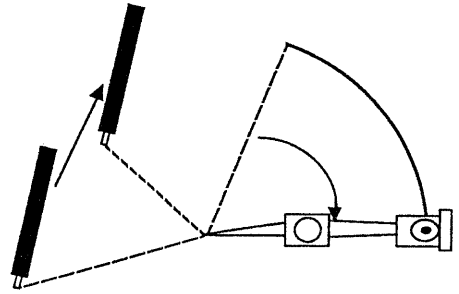


図6. コンパスメタファ

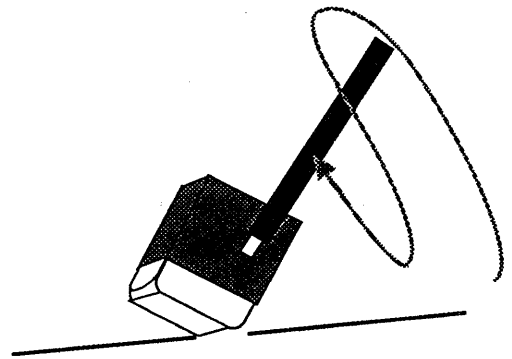


図7. 消しゴムメタファ

将来は、図形配置型や図形認識と統合し、それぞれの長所を活かすことも考えている。

## 7.4 図形の編集操作

本システムでは、フリーハンドや文房具メタファによって描かれた図形に編集操作をほどこす機能を用意した。プロトタイプであるので、次の3種類だけを用意した。

- (1) 移動
- (2) 複写
- (3) 削除

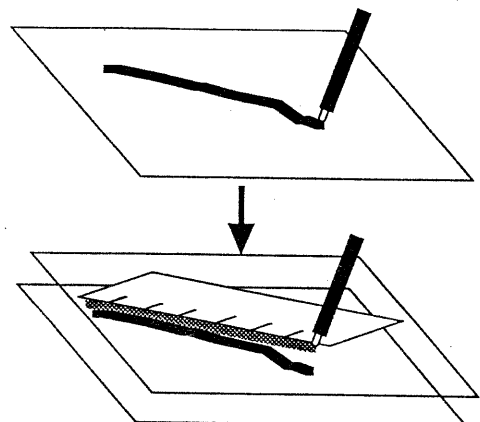
本システムでは、編集操作もストローク単位で行う。現在はストロークをポイントして選択するが、ペンで囲んだストロークを選択する方式に移行中である。

また、編集操作にも文房具メタファを割り当てることを考えている。例えば、削除の機能は鋏やカッターのメタファで表現する。

## 7.5 下書きモード

本システムでは、フリーハンド描画の機能を利用して、作図の作業を下書きと清書のフェーズに分けて持つ。つまり、フリーハンドで下書きを行った後、その上に清書用の画面を重ねて、文房具メタファなどを用いて清書を行う(図9)。この下書きと清書の画面は随時切り替えることができ、また清書画面を重ねたときに下書き画面を透視するかしないかも切り替えることができる。

### ラフスケッチ



### 文房具メタファで整形 (清書)

図8. 下書きと清書

## 8. 評価

手書き図形入力のためのプロトタイプシステムを作成し、一般ユーザに使ってもらった。その結果、初めは戸惑うものの、簡単な説明を加えるだけですぐに使いこなせるようになった。このことより、手書き入力システムは、入力の方法が非常に自然で、素人に受け入れやすいシステムであるといえる。

また、手本の清書になりがちだった既存の作図システムに比べ、下書きのフェーズを持ちフリーハンド入力でのラフスケッチを行うことで、作図を発想の段階から計算機で支援できることが分かった。

さらに、手書きインタフェースを利用した作図システムにおける新しい図形入力的手段として文房具メタファを提案した。

この文房具メタファは、操作がほとんど抽象化されておらず、一見手間が多くなりそうに思える。単純な図形を配置しただけの図では図形配置や図形認識のシステムの方が手間は少ないであろう。しかし、文房具メタファは、応用が広く、一つの

メタファでいろいろな使い方ができるため、複雑な図では、編集操作などを加味した最終的な作図の手間は、文房具メタファを使用した方が少ないと考える。

さらに文房具メタファの操作は視覚的、直感的であるので、ユーザの感覚に訴えることができる。そのため、高機能だけでなく、使って楽しい作図システムの実現にも寄与する。

## 9. むすび

本報告では、手書き入力が計算機上での作図に非常に適していることを示した。このことにより計算機上での描画対象は大きく広がると考える。今後は、表示一体型タブレットのヒューマンインタフェースに対する可能性と発展性をさらに追求し、よりよい作図システムを作成したいと考える。

## 参考文献

- [1]風間他：手書き図形入力インタフェースの試作，情報処理学会 第44回全国大会 7K-5，1992
- [2]中川他：手書き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7K-6，1992
- [3] 福島他：オンライン手書き図形データベースシステムの作成と手書き図形パタンの解析，情報処理学会 第44回全国大会，7K-4，1992
- [4]早川栄一他：表示一体型タブレットの接続に対する OS の機能拡張の一方式，情報処理学会オペレーティングシステム研究会 52-7，1991