

## 6J-03 ペン入力指向の図形整形インタフェース

加藤直樹, 中川正樹

東京農工大学 工学部 情報コミュニケーション工学科

### 1. はじめに

ペン入力を採用した携帯情報機器の普及や、ペン入力タブレットの性能向上、低価格化に伴って、スタイラス（ペン）でコンピュータへの入力を行うペンユーザインタフェースの認知度が上がっている。ペン入力の最大の特長は、紙に描くように文字や図形を手書きで描け、それをコンピュータへの入力とできる点であり、この点を活かした入力インタフェースが多く提案、研究されている。また、オブジェクトの入力をペンで行う場合、編集もペンで行った方が自然であり、ペン指向の編集インタフェースの研究も行われている。本稿では、これらの研究の一環として、幾何図形を描くためのドロー系作図ソフトウェア（以下、ドローソフト）における、編集時のペン入力指向対話技法を二つ提案し、それらを採用したソフトウェアの実現について述べる。

### 2. ペン入力指向の図形整形インタフェース

#### 2.1 マーキングジェスチャ

ドローソフトでは、複数の線を平行や同じ長さにしたり、角度や長さを設定したりし、図形の整形を行う。これらの整形を行うとき、従来のマウスインタフェースでは、整形するオブジェクトの選択と整形の種類をそれぞれ指定するのが一般的である。さらに、数値パラメータを入力する場合、入力デバイスをマウスからキーボードに切り替える必要がある。

我々は、等長や等角を意味する記号、または、数値を直接図形上に描くことで整形を指示する対話技法（マーキングジェスチャ）が、これらの煩雑さを解決し、ペン入力に適すと考える（図1）。マーキングジェスチャはその位置で整形の対象を、その形状で整形の種類を同時に指定することが可能である。数値パラメータの入力もペンをういた手書きで行え、デバイスを持ち替えるが必要ない。代表的なマーキングジェスチャの例を図2に示す。

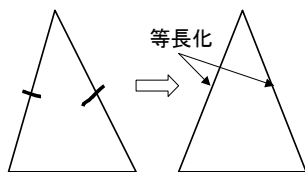


図1 マーキングジェスチャ

#### 2.2 ドラッグによる数値変更

ドローソフトにおいて数値パラメータの変更を行うとき、従来のマウスインタフェースではダイアログボックスを通して、キーボードから直接数値を入力するか、値を変化させるボタンのクリック、または、スライダを利用する。ダイアログボックスを出現させるためにはなんらかの操作が必要である。ボタンによる数値操作はクリックを繰り返さなければならず、また、ボタンやスライダのハンドルは一般的に小さいため、ペンによる操作には向かない。

これらの問題を解決する対話技法として、表示されている数値パラメータ上からドラッグを行うと上下への移動量に従って数値が変化するものを提案する（図3）。数値は描いている図形といっしょに表示することも可能でダイアログボックスを介する必要がない。また、数値だけを表示すればすみ、ボタンやスライダに比べ表示面積が小さくなるため数字自体を大きく表示できる。このため、操作性の問題も解決できる。さらに、短い距離のドラッグは書く操作に一致し、クリックの繰り返しよりもペンに向く。

#### 2.3 実装のための詳細設計

##### 2.3.1 制約の利用と明示

三角形を直角二等辺三角形にするとき、二辺を等長にする条件と、間の角を直角にするか他の角を45度にする条件を指示する。二つの指示の順番は任意であるが、二つ目の条件による整形は一つ目の条件も満たさなければならない。このためには、一連の条件をすべ

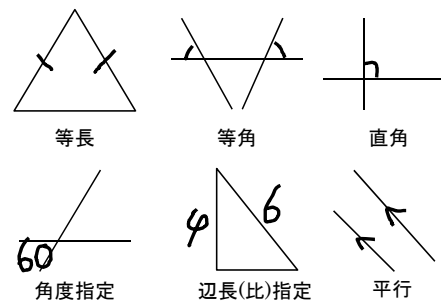


図2 マーキングジェスチャの例

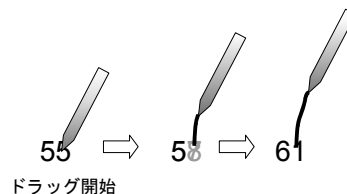


図3 ドラッグによる数値変更

て指示してからそれらすべてを満たす整形を実行する方法と、それまでに実行された整形条件を保存し、新たな指示が行われたときには前の条件も含めて満たす整形を行う方法がある。複雑な図形を整形する場合、一度にすべての条件を考えるのは難しい。そこで、我々は後者の方法を採用する。これは一般に制約 (constraints) として知られている方式で、これを利用した作図ソフトも存在する。

制約を利用した作図ソフトでは、既に設定されている制約がわかりにくいという問題があった。そこで、マーキングジェスチャとして描いた記号を表示することにする。手書きのまま表示しても構わないが、見易さのため整形したものを表示する。

### 2.3.2 等長, 等角記号の拡張

一角が直角な四角形の辺の長さを調整して長方形にするためには、対辺ごと二組を等長にする。このとき二組が同じ長さになると正方形になるため、別の長さにする必要がある。異なる辺長か辺長比の設定でも解決できるが、面倒である。そこで、等長記号と等角記号などは一つの辺や角に複数回設定できるようにし、同じ数 (次数) だけ設定されている辺や角同士で等長、または等角になるように整形するようにする。

### 2.3.3 認識実行のタイミング

制約を利用することで、一つのマーキングジェスチャが描かれるたびに認識実行することができる。しかし、マーキングジェスチャには、数字のように複数ストロークのものもある。また、項 2.3.2 で採用した 2 次の等長記号を描くときに、途中で 1 次の等長記号と認識実行され、余計な整形が行われてしまう可能性もあるため、1 ストロークごとに認識実行すると不都合である。明示的に実行を指示する方法もあるが、操作が増えることになる。そこで、マーキングジェスチャが入力された後、ある一定時間入力がないとき、それまでに入力されたマーキングジェスチャを認識し、整形を実行することにする。なお、このまとまりをセッションと呼ぶことにする。

### 2.3.4 入力と操作の割り当て

前述の対話技法を採用すると、少なくとも図形の入力、移動などの基本的な図形編集、マーキングジェスチャ、ドラッグによる数値変更の 4 種類の入力があり、どの入力であるかを区別しなければならない。しかし、ボタンによるモード切り替えは操作が増えてしまうことになる。そこで、位置で判別できるものは位置で区別し、それが難しいところにはペンの停留[1]を採用する。具体的な実装は次章で述べる。

## 3. アプリケーションソフトウェアの実現

前述の対話技法を採用したアプリケーションソフト

ウェアとして、マーキングジェスチャで三角形を変形しながら三角形の性質と角度の関係を学べる算数教育用ソフトを実現した。マーキングジェスチャとしては、等長, 等角, 直角, 角度指定, 辺長比指定が行える。

実現は前章で述べた詳細設計に従っているが、教育効果を上げるために、角度は非表示も可能とし、正しい角度を書く并表示するようにした。また、どのように整形が行われるかを確認しやすくするために、変形を連続的に見せるようにした。入力の割り当ては、頂点からのドラッグは頂点移動、数値の上で停留をするとドラッグによる数値変更、三角形内部で停留すると三角形全体の移動、他はマーキングジェスチャの入力とした。なお、認識処理の都合上、数字は他のマーキングジェスチャと同じセッション内では書けない。

## 4. 関連研究

記号を描くことで編集を行うインタフェースには、文章を対象とする研究が多い。図形の編集インタフェースとしては、児島による報告[2]の中で提案されている以外なく、[2]でも詳細な設計、実現までは報告されていない。数字上からドラッグすることで数値を変化させる対話技法は、数字をクリックすることで数値を変えるもの[3]と、値を変化させるボタンからドラッグすると数値が変化するもの[4]の特長を合わせたものである。本対話技法は前者に比べペン入力に向き、後者に比べ表示面積を小さくできる利点がある。

## 5. おわりに

本稿では、幾何図形のペン入力指向編集インタフェースについて二つの対話技法の提案、実装のための詳細設計、それを利用したソフトウェアの実現について述べた。二つの対話技法を採用することで、ペン入力での図形の入力から編集まで行え、かつ、ペン入力に適したインタフェースの実現が可能となる。今後の課題は作図ソフトウェアへの実装とユーザインタフェース評価、今回実現した教育ソフトの評価が挙げられる。

### 謝辞

本研究の一部は科研費奨励研究(A)13780205の補助による。

### 参考文献

- [1] 加藤他, 携帯型ペン入力情報機器におけるペンジェスチャ入力指示インタフェース, 情処学論, Vol.41, No.9, pp.2413-2422 (2000).
- [2] 児島, 隣接線分構造解析法によるオンライン手書き図形入力方式, 情処学JDP 研報 6-2, pp.1-8 (1986).
- [3] Rappoport, et.al., User interface devices for rapid and exact number specification, ACM Trans. on Graphics, Vol. 12, No. 4, pp.348-354 (1993).
- [4] 小國他, 対話型電子白板システムを用いた種々のアプリケーションのプロトタイピング, 情処学HI研報67-2, pp.9-16 (1996).