

本多 正明, 五十嵐 健夫, 坂井 修一, 田中 英彦

{honda,takeo,sakai,tanaka}@mtl.t.u-tokyo.ac.jp

東京大学工学部*

1 はじめに

従来の描画システムでは図形の複写自体は一つのコマンドで行えるが、さらにそれを拡大、縮小、または回転させたものを描こうとすると編集操作は急に複雑になる。また、図形の位置や倍率、回転角度を画面上に描かれている図形に合わせて決めたい場合、従来の描画システムでは描画不可能、もしくは厳密な計算や複雑な操作が必要であった。

本稿では、これらの問題点を克服する描画機構を提案する。とくに、幾何学図形の描画に注目しある制約に基づく図形の描画をよりスムーズに行う事を目的としている。幾何学的制約に基づく図形の描画支援機構としていくつかの関連研究 [1] が行われているが、本研究の最大の特徴は図形の拡大縮小 / 回転を同時に行うことによって、操作の手間を省くことである。

本稿では大きく2つの手法を提案し、実装、評価を行う。1つは画面上の対応する線分を指示して図形の複写を行う方法で、編集操作を必要としない対話的整形による線分描画手法 [2] と親和性が高い。もう1つは直接操作によって図形を編集する方法で、こちらは従来のドロー系ツールの編集操作の延長上にあるものである。

2 制約を考慮した図形編集手法

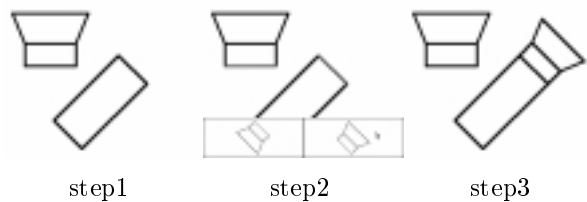
2.1 対応する線分の指示による方法

対応する線分の指示による方法の基本的アイデアは、複製元の図形の一本の線分と複製先の対応する線分を指示することにより、複製元のその他の線分を拡大縮小、回転して複製するというものである。図形複製時に必要となる幾何学的な情報は、複製元の線分と複製先の線分の長さの比、なす角度、位置のずれから自動的に計算されユーザの入力を省くことができる。

図1にユーザの指示による図形予測の例を示す。まず、step1のように棒と台形状の図があるとす。始めに、複製先になる線分をクリックして選択し、次に複製

元の図形の対応する線分をクリックして選択する。するとウィンドウの下に予測候補が表示される (step2)。意図する図形の形を選ぶと図形が描画される (step3)。

線分と線分との対応から予測される図形は四つである。線分に関する180度回転と鏡対称の図形、及び180度回転したものの鏡対称の図形である。この例の場合左右対称なので候補は2つになる。



step1 step2 step3
図1: 対応する線分の指示による方法

2.2 直接操作による方法

直接操作による方法では、図形の移動、拡大縮小、回転をモードの切り替え無しに行い、図形編集集中に画面上から図形の制約を抽出して整形を行うというものである。

従来の描画システムでは図形を操作するとき、図形を選択した後または選択する前に、移動、拡大縮小または回転というモードに設定してから図形を編集した。しかし、モードの切り替えなどの負担を減らす為、本システムでは、

1. 図形の中心部をつかんでドラッグすると移動
2. 周辺部をつかんで重心方向に動かすと拡大縮小
3. 周辺部をつかんで重心方向と直角方向に動かすと回転

という方法を採用している。また、拡大縮小、回転の中心は従来の描画システムでは手動で設定していたが、本手法では編集図形と画面上の図形に接点がある場合、自動的にその点にスナップされる。

図2に操作方法を示す。step1で移動の対象となる図形を選択する。図形の中心付近をドラッグすると移動、周辺部をドラッグすると拡大縮小 / 回転操作になる。それぞれの領域で移動、拡大縮小 / 回転を表すアイコンが表示される。図形の中心にある丸は拡大縮小、回転の中心点である。始めに図形の中心付近をドラッグして移動する (step2)。次に図形を移動して棒に接する位置に移

* "Interaction techniques for precise diagram manipulation"

Masaaki Honda, Takeo Igarashi, Shuichi Sakai, Hidehiko Tanaka

University of Tokyo, Faculty of Engineering,
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

動する (step3)。すると、システムは点の接したところが拡大縮小、回転の中心点になることを予想し、中心点を移動する。次に対象図形の周辺をつかんで拡大縮小、回転を開始する (step4)。マウスを動かし、棒の辺と台形状の図形の辺が一致するように動かす (step5)。最後に候補の中から望む図形を選ぶと図形が確定する (step6)。各操作においてスナップ機能が働き、幾何学的制約を満たした図形が得られる。

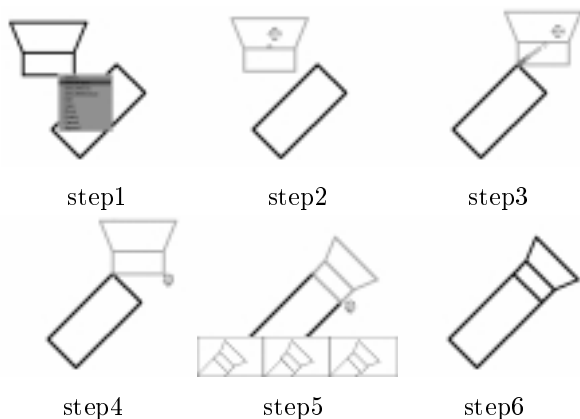


図 2: 直接操作による方法

本システムでは拡大縮小、回転操作を 1 つのコマンドで行っているが、図形を回転させず拡大縮小のみしたい、あるいはその逆の要求を満たすため、図形編集集中に、元の図形の 1 ~ 4 の定数倍、1 ~ 4 の定数分の 1 の大きさにスナップする。また、回転については 30 度、45 度の定数倍の角度にスナップする。

図 3 に本手法を用いた図形の描画例を示す。

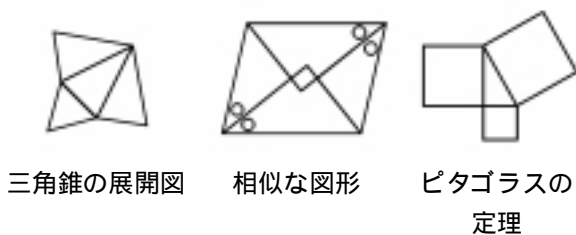


図 3: 描画サンプル

3 評価

Java™ で実装されたプロトタイプシステムと市販の CAD ソフトウェア (Ashlar 社 Vellum 3D™、以下 CAD) を使用して操作量の分析を行った。分析の内容は図 4 左のような図形が既に与えられているとして、図 4 右のように直角三角形の斜辺に正方形を移動するという操作を行うものである。

CAD、本システムの 2 手法を用いるときに、操作を誤らなかつた場合の操作数を調べた。結果を表 1 に示す。



編集前の状態 編集後の状態

図 4: 操作量の分析に用いた図形

理想的な操作の数では、大幅に本システムの方が少ない。CAD の操作は各モードの切り替えにクリックが 4 回、図形選択、移動、回転、拡大縮小にドラッグが 4 回、回転、拡大縮小中心の指示にクリックが 2 回、確定にクリックが 1 回となっている。CAD を用いた場合、ユーザが明示的に点を指定することがたびたび必要となっている。CAD の拡大縮小、回転はメニューのアイコンから選択する方式をとっているため、使用者は図形とメニューを交互に見なければならぬ。本システムでは、図形だけを見ていればよいので思考の中断もなく、ユーザの負担は軽くなると考えられる。

表 1: 図形編集時のマウスの操作数

ツール名	クリック数	ドラッグ数	計
CAD	7	4	11
対応する線分の指示	3	0	3
直接操作	2	2	4

4 まとめ

本稿では幾何学的制約を満たす図形描画方法を 2 つ提案した。また、プロトタイプを実装し、従来の CAD と併せて比較、分析を行った。その結果、本手法により幾何学図形の描画操作を削減されることが示された。

今後は、評価実験として被験者に本システムおよび CAD を使用してもらい、操作数や描画時間の計測などを行う予定である。

参考文献

- [1] Bier, E.A. and Stone, M.C.: Snap-Dragging, *Proc SIGGRAPH '86*, pp.233-240 (1986).
- [2] 五十嵐健夫, 松岡聡, 河内谷幸子, 田中英彦, "対話的整形による幾何学的図形の高速描画", 情報処理学会論文誌, Vol.39 No.5, pp.1373-1384, 1998.