

## 2 次元図形描画における煩雑さの原因解明と解消法

2 Z C-0 2 山田 方根<sup>†</sup> 石川 康博<sup>†</sup> 大政 崇<sup>†</sup> 酒井 健作<sup>†</sup> 福井 幸男<sup>†</sup> 西原 清一<sup>†</sup>

<sup>†</sup>筑波大学 電子・情報工学系

<sup>†</sup>産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究ラボ

### 1 はじめに

計算機上での図形描画では、ユーザが操作に煩わしさを感じてしまう場面がしばしばある。本報告では、図形描画における煩雑さの原因をアンケート調査し考察を加える。さらにその検討結果に基づいて実装したシステムの特徴を述べ、実行例を示す。

### 2 原因解明

#### 2.1 アンケート調査

図形を描画する際に、ユーザがどのような点において手間取っているかを調べるために、アンケート調査を行った。

#### 調査環境：

被験者は、描画ツールの使用頻度が様々である 20 代の男女 21 人を対象とし、提示された図形を Illustrator8.0 又は PowerPoint2000 により描画する。

#### 調査手順：

図形の見本と満たすべき条件を提示し、限られた領域に、まずはその図形を新規に (図 1)、次にその図形に変更を加える場合 (図 2) の 2 つについて描画してもらう。描画終了後、アンケート用紙に記入してもらう。

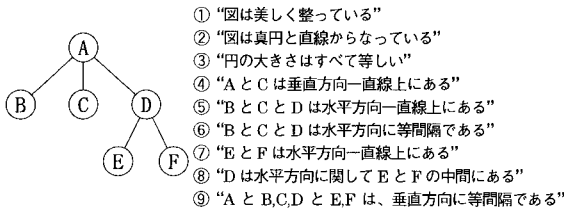


図 1 新規に描画する図とその満たすべき条件

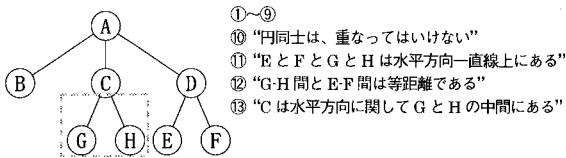


図 2 図 1 に変更を加えた図とその満たすべき条件

Clearing and Resolving Troublesome Operations in 2-D Drawing  
Katane Yamada<sup>†</sup>, Yasuhiro Ishikawa<sup>†</sup>, Takashi Ohmasa<sup>†</sup>, Kensaku Sakai<sup>†</sup>,  
Yukio Fukui<sup>†</sup>, Seiichi Nishihara<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Institute of Information Sciences and Electronics,  
University of Tsukuba

<sup>†</sup>Digital Human Laboratory, AIST.

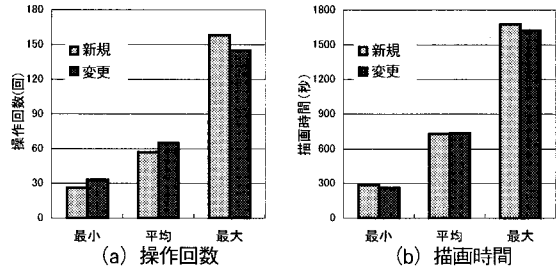


図 3 新規/変更時の操作回数と描画時間

#### 結果：

操作回数および描画時間は、それぞれ図 3(a) (b) に示す結果となった。

### 2.2 考察

アンケート結果に対し、被験者間と描画操作間の特徴について考察した。

#### 2.2.1 被験者間に見られる差

新規描画における操作回数について、描画ツールの使用頻度による比較を行ったが、明確な関係性が見られなかった (図 4)。そこで、被験者の描画手順に注目したところ、円 B, C, D を水平方向等間隔に配置する操作を操作  $\alpha$ 、円 D, E, F を水平方向等間隔に配置する操作を操作  $\beta$  とすると、先に操作  $\alpha$  から行う場合と操作  $\beta$  から行う場合の二通りの傾向が見られた。操作  $\alpha$ 、 $\beta$  の手順の前後による操作回数と描画時間の分布を調べたところ、偏りが見られた (図 5)。操作  $\alpha \rightarrow \beta$  の手順による描画では、操作  $\beta$  を行うと円 D がずれてしまい、操作  $\alpha$  で満たされた配置関係が失われる (図 6)。この意図に反した状況により、被験者は描画作業の中断や、反復的な修正を行っていた。一方、操作  $\beta \rightarrow \alpha$  の手順では、上記の現象は発生しないので、スムーズに描画が行われていく。

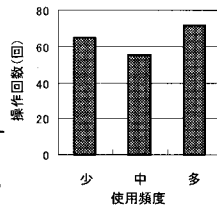


図 4 使用頻度別による操作回数

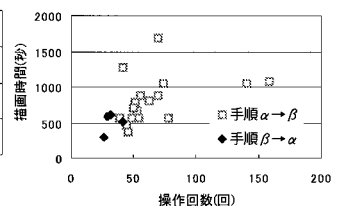


図 5 被験者別の操作回数・描画時間

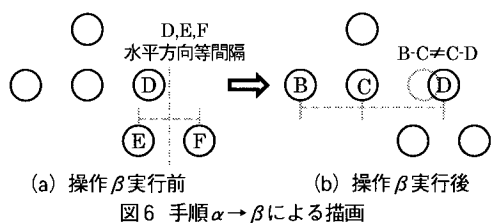


図1の場合、被験者の手間に大きく影響しているのは、一度満たされたDの配置条件が失われてしまうことにあると考えられる。

### 2.2.2 新規時と変更時の比較

図2に示した変更作業は、追加される図形構成要素は図全体の約3分の1に相当する4個(図2点線部)であるが、新規に描く図1の場合と同等の操作回数と時間がかかっていることがわかる(図3)。これは、追加する円が既存の円と重なって配置されてしまうため、すでに配置関係が満たされていた円を移動するという操作によって、図6と同様の現象が起るためと考えられる。

### 2.2.3 考察のまとめ

調査では、ある操作によって、以前に行った操作の結果が無視されてしまう場合、適切な描画手順を見つけるのが困難となり、その影響が操作回数に反映されている様子が確認された。

実際に、今回の描画で難しかった点として、被験者の9割以上が、円の配置関係を指示することを挙げており、そのうち過半数以上が具体的に図6のような場合を指摘した。また、描画中に「描く順番を間違えた」「無駄なことをした」「さっさから堂堂巡りだ」という発言が多く見られ、ユーザの意図を描画に直観的に反映できない煩わしさが覗えた。

以上のことから、既存の描画ツールでは、一度満たした配置条件を満足し続けることがうまくできず、ユーザの認識と異なる描画を強いられるということによって描画作業が煩雑化していると考えられる。

## 3 原因に対する解消法

考察で挙げた問題点を解消する方法として、本報告では、制約解消系を利用した描画支援システム(以下、幾何制約システム)に注目する。これは、配置条件を制約で記述し、それらを充足することで、図形配置の自動的な整形を実現するものである。

### 3.1 提案システムの特徴

幾何制約システムにおいては、一般に、制約は基本的な幾何条件(距離、角度などの具体値)によって定義される。図形を整形する上で必要なこれらの制約を正確に指定することは、非常に手間のかかる作業である[1]。これに対して、図形形状に基づいて制約を自動抽出する手法[2]が提案されているが、こ

れらには、本質的にユーザが意図しない制約が付与されてしまうという問題点が存在する。

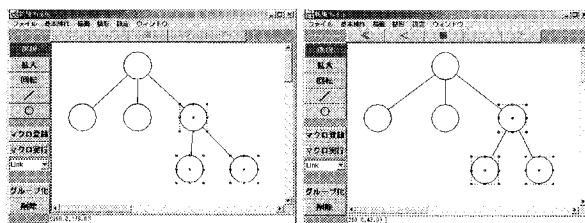
そこで、本報告で提案するシステムでは、汎用ツールで用いられている整形コマンドに対応した制約を定義し、インタフェースとの融合を図ることで、汎用ツールユーザにとって明解な制約付与方法をとる。さらに、制約集合をマクロ定義し再利用する機能により、描画作業において頻出する整形操作の簡便化を図る。

### 3.2 実行例

提案システムを実装し、図6に示した操作手順を実行した様子を図7に示す。

図7(a)は、操作α実行後であり、それまでにユーザが行った操作に対して“B,C,Dは水平方向等間隔”、“A,Cは垂直方向一直線上”、“線分の端点は円周上に接続”、“線分の延長線は円の中心を通過”となるような幾何制約がすでに付与された状態である。次に操作βを行ったところ、図形の各部分が自動的に整形され、図7(b)に示す結果が得られた。

また、各円を結ぶ線分の配置には、接続関係などを示す基本的な制約が、1線分につき5個前後必要とされるが、これらをマクロ定義して一括することで、図形全体で制約の付与回数を20回前後抑えることができる。



## 4 おわりに

本報告では、図形描画における煩雑さの原因を調査し、その解消法として制約解消系を用いたシステムの実装を行った。さらに、実行例によって原因の一つとなった場面が解決される様子を確認した。

今後は、さらなる調査を行い、より便利な描画ツールの開発を行う。

## 参考文献

- [1] 五十嵐, 松岡, 河内谷, 田中: 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, 39, 5(1998).
- [2] Pavlidis, T.: An Automatic Beautifier for Drawings and Illustrations, Proceedings of SIGGRAPH'85, 19, 3(1985).