

## 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 4H-7 発想支援系の基礎技法の開発

三末 和男・杉山 公造

富士通株式会社・国際情報社会科学研究所

### 1 はじめに

我々は、発想支援系における図的インタフェースのためのグラフ自動描画法の研究を行っている[1][2][3]。この種の描画法は、従来のCADを中心とする描画法のように、物理的な基準によりレイアウトを行うものとは異なり、概念的な基準によりレイアウトを行うものは美的基準等の可読性基準を重視した描画を行うことを特色としている。

従来の図的インタフェースにおける自動描画法は、機能主義的な立場に立ち、簡潔性・規則性・対称性・精巧性などを重視した幾何学的な図を得ることを指向してきているように思われる。しかし、KJ法[4]等の既存の発想技法では、手描きの図が用いられることが多く、複雑性・不規則性・多様性・活動性等からくる人間味や親しみやすさ等の特徴を発想活動に積極的に利用していると考えられる。

我々の自動描画の研究においても、主として認知的基準による幾何学的な図の描画を行ってきたが、本稿では、発想を逆転し、機械により手描き様図を出力する試みについて報告する。このような指向は、今後ヒューマン・インタフェースの観点からも、より着目されるべきものであろう。

### 2 複合階層グラフと手描き様曲線

複合グラフは、カードを用いた発想法で使われる図表現を抽象化したもので、節点の集合と、隣接枝、包含枝と呼ぶ2種類の枝の集合を持つ。我々は、下に示した描画規約C1-C4、描画規則R1-R5を(規則は $R1 > \dots > R5$ の優先順位で)満たす、複合グラフの描画法を開発した[2][3]。

- C1: 節点は長方形の領域として描く
- C2: 包含枝は領域の包含関係で表現する
- C3: 隣接枝は折れ線として描く
- C4: 階層表現(並行な層上に節点を配置)

- R1: 隣接枝の交差数の最小化
- R2: 隣接枝と節点の交差数の最小化
- R3: 長い隣接枝の直線性
- R4: 隣接節点の近接性
- R5: 隣接枝の対称性

その出力例を図1に示すが、これは図2に示したKJ図解と構造的に同形なものである。本稿で提案する描画技法は、規約C1, C3において‘長方形’を‘閉曲線’に、‘折れ線’を‘曲線’に置き換えたものである。

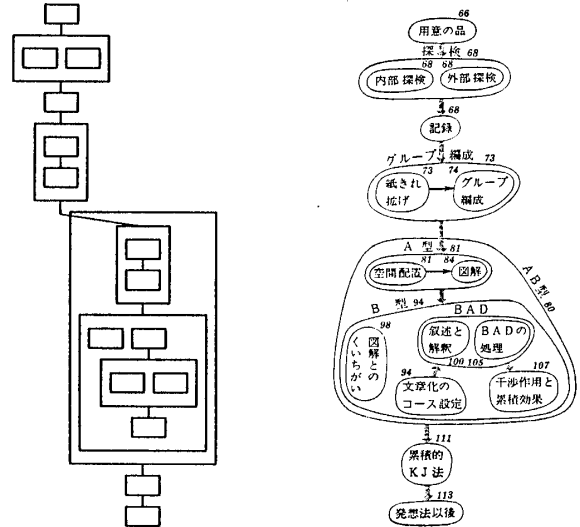


図1: 複合階層グラフの例

図2: KJ図解の例[4]

図2の様に部分グラフを閉曲線で囲むときの、人間の線の描き方に関して、15人×10サンプルを観察し、次のような知見を得た[1]。

- 1) 囲むべき対象に対して心的イメージを形成し、適当な距離(オフセット)を保ちながら滑らかな線で囲んでいる。心的イメージとして次の4タイプが識別できる。
  - t1: 対象に影響されない先験的規範(長方形、楕円等)
  - t2: 対象を単純化した最小被覆凸領域
  - t3: t1, t2 の中間、対象の特徴を捨象したもの
  - t4: 対象を忠実に捉えたもの
- 2) 同一閉曲線で部分的に上記タイプは混在しない。同一人でもサンプルによりタイプは異なり得る。
- 3) オフセットは各対象において比較的安定している。

以上を基に手描き様曲線の生成法を開発した。

### 3 手描き様曲線による描画法

#### 3.1 処理手順

手描き様曲線を用いた複合階層グラフの描画手順は、次のようになる。f1-f3については、すでに[3]で報告しているので、ここではf4についてだけ述べる。

- f1: 複合階層化
- f2: 節点(長方形)の順序、座標を決定

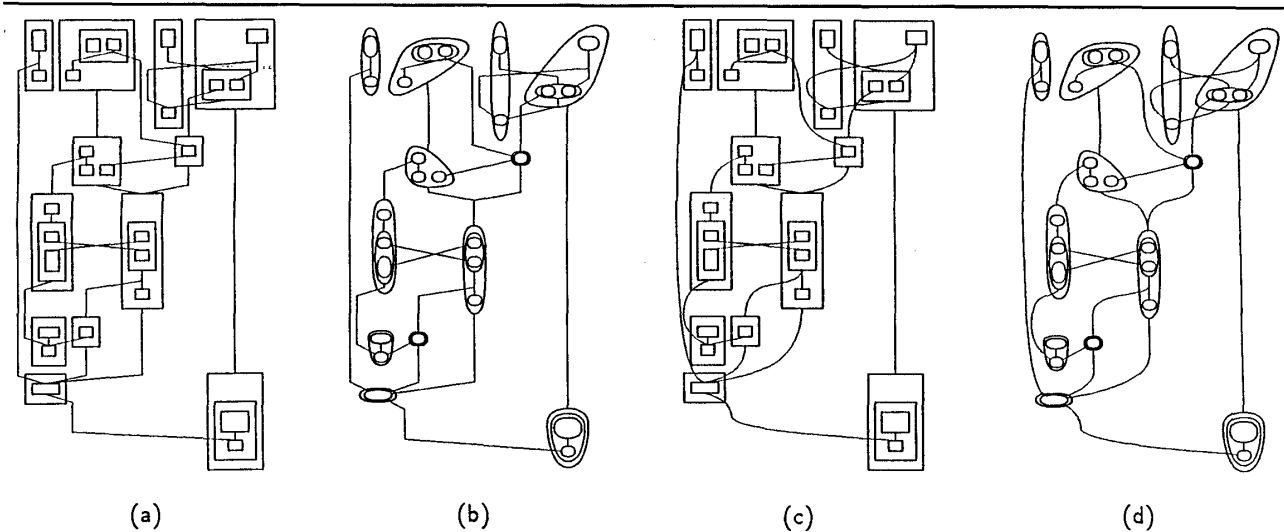


図3: 手書き様曲線を用いた描画例 (描画規則 R1 - R5 も考慮されている)

- f3: 隣接枝(折れ線)の通過点を決定  
 f4: 形状を手書き様曲線に変更

### 3.2 曲線の条件

節点(領域)を表す閉曲線の条件を, 次の様に定めた. これらの条件は, 描画規約 C1, C2 のために必要となる.

- q1: 領域の境界線は単純閉曲線であること  
 q2: 領域の境界線は内部形状を完全に囲むこと  
 q3: 領域の境界線自身を再度囲めること

### 3.3 曲線の生成方法

前述の知見を基に, 上記条件を満たす曲線を, 2次の Bézier 曲線を用いて構成した. その曲線は制御 $n$ 角形:  $P_0, P_1, \dots, P_{n-1}$  に対して,

$$C_i(t) = Q_i(1-t)^2 + 2P_{i+1}t(1-t) + Q_{i+1}t^2$$

( $0 \leq t \leq 1$ ) で与えられる. ただし, 開曲線の場合,  $i = 0, 1, \dots, n-3$  で,

$$Q_j = \begin{cases} P_0 & \text{if } j = 0 \\ P_{n-1} & \text{if } j = n-2 \\ \frac{1}{2}\{P_j + P_{j+1}\} & \text{otherwise} \end{cases}$$

閉曲線の場合,  $i = 0, 1, \dots, n-1$  で,

$$Q_j = \frac{1}{2}\{P_{j \bmod n} + P_{(j+1) \bmod n}\}$$

となる. 制御多角形  $A$  から生成されるこのような開曲線, 閉曲線をそれぞれ  $C_A^o, C_A^c$  と表す.

### 3.4 曲線の性質

この曲線は次のような性質を持つ. これらの性質から条件 q1 - q3 を満たす曲線が得られることが分かる.

- p1: 曲線  $C_A^o, C_A^c$  は制御多角形  $A$  の各辺に接する  
 p2:  $A$  が凸多角形なら  $C_A^o$  は  $A$  に内接する  
 p3:  $A$  が凸多角形なら  $C_A^c$  は単純閉曲線である  
 p4:  $A'$  が凸多角形  $A$  を十分拡大した凸多角形なら  $C_A^c$  は  $A$  を囲む

## 4 描画例

図3に複合階層グラフの4種類の描画例を示す. この描画例から次のような特徴が観察される.

- 形状差の心理的影響は大: (a), (b); (c), (d).
- 曲線の節点は個性的かつ印象的: (b), (d).
- 線種の差が見やすさに効果的: (b), (c).
- 曲線を含むものは親しみやすい: (b), (c), (d).

これらの特徴は直線だけの描画では得られないものである.

## 5 まとめ

複合階層グラフ自動描画における手書き様曲線の利用について, アイデアと手法を紹介し, 描画例を基に簡単な考察を行った. 曲線が直線よりはるかに自由度を持つことによる技術的な難しさと共に, 議論が, 人間の心的な部分へ密接に関連していることから, 評価を始める問題が多く存在する. しかし, この様な曲線の自動描画への利用はヒューマン・インタフェースへ新たな方向を与えると思われる.

最後に, 本研究の機会を与えて頂きました北川敏男会長ならびに榎本肇所長に感謝いたします.

## 参考文献

- [1] 杉山, 三末: ヒューマンインタフェースとしての図形言語 I, II, III, 第1, 2, 3回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, 1985, 1986, 1987.
- [2] 三末, 杉山: 複合階層グラフとその描画法について—発想支援系の基礎技法の開発—, 情報処理学会第36回全国大会, 5Z-5, 1988.
- [3] 三末, 杉山: カード・システムを抽象化した複合グラフとその階層的描画法について, 情報処理学会グラフィクスとCAD研究会, CG-32, 1988.
- [4] 川喜田二郎: 発想法, 中公新書, 1967.