

Research Report IIAS-RR-91-4J

図的思考支援を目的とした
図の多視点遠近画法について

On Multi-focus Perspective Display Method of Figures
for Computer Aided Diagrammatical Thinking

三末 和男・杉山 公造

January, 1991

International Institute for Advanced Study of Social Information Science
FUJITSU LABORATORIES LTD.

140 Miyamoto, Numazu-shi, Shizuoka 410-03, Japan
Telephone:(Numazu) 0559-23-2222 Telex:3922508J Fax:0559-24-6180

Tokyo office
17-25, Shinkamata 1-chome, Ohta-ku, Tokyo 144, Japan
Telephone:(Tokyo) 03-3735-1111 Telex:J28448FUJITSU Fax:03-3730-6830

図的思考支援を目的とした図の多視点遠近画法について

On Multi-focus Perspective Display Method of Figures for Computer Aided Diagrammatical Thinking

三末 和男・杉山 公造
Kazuo Misue and Kozo Sugiyama

(株) 富士通研究所 国際情報社会科学研究所

〒 410-03 静岡県沼津市宮本 140

E-mail: {misue,sugi}%iiias.flab.fujitsu.co.jp@uunet.uu.net

概要

KJ 法に代表される発想法を計算機支援する際の重要な課題の一つである「全体視・詳細視問題」について考察する。限られたサイズの画面において図解の一覧性をいかにして達成するかを議論し、「多視点遠近画法」と呼ばれる新しい表示方式を提案する。まず使用者の立場から表示方式への五つの要求(詳細性, 全体性, 同時性, 表示像の単一性, 写像の適性)を明確にし, それらの要求を満たすものとして3種類の多視点遠近画法(魚眼表示方式, 直交魚眼表示方式, 二様表示方式)の写像を与え, それらの写像の性質を整理する。さらに我々が目的としている図的思考支援における本方式の有効性を示すため, 発想法で用いられる図解を抽象化した複合グラフを表示対象とする場合をとりあげ, 二様表示方式が五つの要求全てを満足する有効な表示方式であることを示す。

キーワード: 全体視・詳細視問題, 多視点遠近画法, 図的発想支援, 複合グラフ

Abstract

For computer aided diagrammatical thinking, it is an important problem to display effectively the whole and details of a figure on a limited workstation screen. This problem is called WDVP (Whole and Details View Problem).

In this paper, we focus on WDVP. First, from a cognitive viewpoint, we analyze user's requirements for viewing the whole and details of a figure and distinguish five kinds of requirements: detailedness, wholeness, simultaneity, image-singleness, and appropriateness. Then, we propose a new display method named as "multi-focus perspective display method" which includes three variations: fisheye display method, orthogonal fisheye display method, and biform display method. Finally, we consider the effectiveness of applying these methods to diagrams of compound graphs which are used in idea organizing methods such as KJ-method. It is shown that the biform display method is effective for WDVP of the diagrams of compound graphs where all requirements are satisfied.

Key words: whole and details view problem, multi-focus perspective display method, diagrammatical abduction support, compound graph

1 はじめに

人間の知的活動のうち発想活動の計算機支援に関する研究が盛んになってきている [1]. このような研究は、発想の機械知能化を目指すものと人間の発想過程の対話型支援を目指すものの二つに大きく分けることができる. 後者は一般にアイデアプロセッサと呼ばれているもので、日本では特に、KJ 法 [2] に代表される発想法を図的な方法を用いて計算機支援する試みが盛んである [3, 4]. これらにおいては、発想法における手作業を計算機上で行なうことで、作業の記録、やり直しなどを容易にし、また図解の描画など面倒な作業から人間を開放することで、発想活動をよりしやすくすることが試みられている. またそのための柔軟な編集機能や自動描画機能が研究されている [5, 6, 7].

発想法を計算機支援する際の大きな別の課題として作業空間のサイズの問題がある. すなわち、KJ 法などの発想法においては図解の一覧性が特に重要視されるにも関わらず、ワークステーションの画面の限られたサイズと解像度では大きな図解に対してそれを得ることが困難なことである. この図解の一覧性をいかにして達成するかが、発想法に基づいた計算機支援の重要な課題である [8, 9].

このことは発想支援に限らずより一般的な問題として次のように言うこともできる. つまり、図解、図面、テキストなどを対象とするビジュアル・システムにおいて、表示対象の全体を詳細に表示するには画面が十分でないとき、詳細情報を見たいという要求と全体構造や視点位置を把握するための大局的情報を見たいという要求を同時に満たす問題である. 限られた領域内で全体的な情報と詳細な情報をいかに組み合わせて表示するかという問題をここでは「全体視・詳細視問題」と呼ぶことにする.

我々は、全体視・詳細視問題に対して、新しい表示方式「多視点遠近画法」[10, 11] を提案する. これは、写像によって平面上の図を変形させることで、全体の概略と部分的な詳細を 1 枚の図として同時に表示するものである. 詳細性を必要とする視点の近くを拡大してより近くに見せ、概略だけでも十分な視点から離れた部分を縮小してより遠くに見せることから、「遠近画法」と呼ばれる.

以下、第 2 章で、まずヒューマン・インタフェースの観点から表示方式への要求を整理する. 第 3 章では、その要求に基づいて全体視・詳細視問題を解決するための新しい表示方式「多視点遠近画法」を提案する. 3 種類の多視点遠近画法、魚眼表示方式、直交魚眼表示方式、二様表示方式、を定式化し、それらの性質を整理する. 第 4 章では、目的を図的思考支援に絞り、発想法で用いられる図解を抽象化した複合グラフ [5, 6] を対象に実際の適用例を示すと共に、二様表示方式が複合グラフに対して大変有効であることを示す. 第 5 章ではこれまでに全体視・詳細視問題に関連してなされた研究と多視点遠近画法との関係について述べる. そして、第 6 章でまとめと今後の課題を述べる.

本研究の背景をなす図的思考支援の考え方や用語については文献 [12] を参照されたい. また、全体視・詳細視問題に関連してこれまでになされた研究としては、大岩らのスーパー

インポーズ型表示方式 [4], Spence らの bifocal display [13], Furnas の魚眼視の一般化 [14], そして Leung の地図を対象にした表示方式の考察 [15] などが重要である。

2 表示方式への要求

図解, 図面, テキストなど計算機で取り扱われる様々な表示対象は, ある写像により表示像に写され, 表示装置に表示される。この一連の方式を表示方式と呼ぶ。ビジュアルなシステムで作業する人間が抱き得る表示方式への要求として次のものが考えられる。

(1) 詳細性

表示対象の (必要な部分の) 詳細を見ることができること。すなわち, 文字や記号の解説, 線種やフォントの識別などが可能なこと。

(2) 全体性

全体構造の把握, 視点の周囲や位置の把握, 遠く離れた部分の参照などのために, 表示対象の全体が表示されること。

(3) 同時性

表示の切り換えなどで作業を中断したり, 表示していない情報の記憶を人間に強いな
いために, 必要な全情報が同時に表示されること。

(4) 表示像の単一性

同一対象物に対する複数像間での同一性の判定を人間に強いな
いために, 一時には単一像だけが表示されること。

表示方式としてはこれら四つの要求を全て満たすことが望ましい。また全体視・詳細視問題のためには全体性と詳細性は必ず満たされなければならない。

現在多く採用されている表示方式には, スクリーンエディタのように常に詳細図を表示する「詳細図方式」, 拡大率の異なる図を画面を切り換えて表示する「画面切替方式」, 同様な複数の図をマルチウィンドウなどで同時に表示する「多画面方式」などがある。これらを, 全体性と詳細性を満たすことを前提として, 他の二つの要求を満たすかどうかで分類したものが表 1 である。表中の「多視点遠近画法」は本稿で提案する表示方式である。詳細図方式は全体性を満たさないため表には現れない。

表 1 の示す通り, 画面切替方式と多画面方式は同時性または表示像の単一性を満たしていない。その理由はそれらが相似写像を採用しているからである。相似写像では, 限られた表示領域において詳細性と全体性の両方を一つの表示像で満たすことができず, 両方を満たすためには同時性か表示像の単一性が失われる。

どのような写像を用いるべきかは, 表示対象や利用目的に密接に関連している。表 2 に示したような写像の性質の内から, 表示対象や利用目的に対して適切なものを選択する必要

表 1: 表示方式の分類

		表示像の単一性	
		不満足	満足
同時性	不満足		画面切替方式 [16]
	満足	多画面方式 $\left(\begin{array}{l} \text{スーパーインポーズ型 [4]} \\ \text{タイリング型 [17]} \\ \text{オーバーラップ型†} \end{array} \right)$	多視点遠近画法 $\left(\begin{array}{l} \text{魚眼表示方式} \\ \text{直交魚眼表示方式} \\ \text{二様表示方式} \end{array} \right)$

†X 上のアプリケーション xdvi など

表 2: 写像の性質

相似性	形状, 角を保存
正距性	2 点間の距離の比を保存
正積性	領域の面積比を保存
正方位性	ある点に対する他の点の方位を保存
直交性	直交する 2 直線の直交性を保存
直線性	直線の直線性を保存
同相性	位相を保存
拡大率	拡大率に関する性質 (一定, 連続など)

がある。このことは上記の四つの要求の他に、次のような要求が存在することを意味している。

(5) 写像の適性

表示対象の性質を損なわずに見ることができるために、写像の性質が適切であること。たとえば、形状を重視する機械部品などの図面では相似性が、分布地図などでは正積性が、鉄道の路線図では同相性が必要である。

次の章で提案する多視点遠近画法は、上記の五つの要求を満たすものとして考えられている。ただし、写像の適性が表示対象や利用目的に依存するため、それらに対する表示方式の適切さの考察が重要である。第 4 章では図的思考支援に対する多視点遠近画法の有効性を検討する。

3 多視点遠近画法

多視点遠近画法は、全体の概略と部分的な詳細を1枚の図として同時に表示する方式である。多視点遠近画法の図はある写像によって図を変形することで得られる。その写像は、図全体を一定の大きさに保つと同時に視点部分を局所的に拡大する性質をもつ。そのため、その写像によって写された図は拡大率、縮小率が図全体に渡って一様ではない。ただし、最低限、図の位相を保存するために、その写像は対象となる図を含む範囲で局所的に同相であるとする。

以下、実際に写像を定義することで多視点遠近画法を3種類定式化する。ただし、いずれにおいても写像は f, g で表され、元の点 (x, y) が $(f(x, y), g(x, y))$ または $(f(x), g(y))$ に写されるとする。

3.1 魚眼表示方式

無限の領域を有限の領域に写すために関数 $\tan^{-1}$ を用いて写像を構成した。この写像によると、視点の一つの場合に魚眼レンズを通して見たような図が得られるので魚眼表示方式と呼ばれる(図1(a), (b)参照)。ただし、魚眼レンズとは異なり、魚眼表示方式では複数の視点を同時に拡大することも可能である。魚眼表示方式で用いる写像 f, g は次のように記述される:

$$f(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} f_i(x, y) \quad (1)$$

$$g(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} g_i(x, y) \quad (2)$$

$$f_i(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } x = x_i \text{ and } y = y_i \\ l_i(x, y) \cdot \cos \theta_i(x, y) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

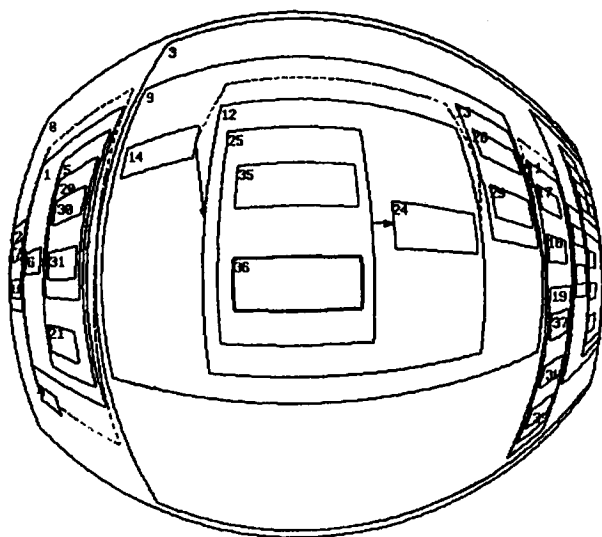
$$g_i(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } x = x_i \text{ and } y = y_i \\ l_i(x, y) \cdot \sin \theta_i(x, y) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$\theta_i(x, y) = \tan^{-1} \frac{y - y_i}{x - x_i} \quad (5)$$

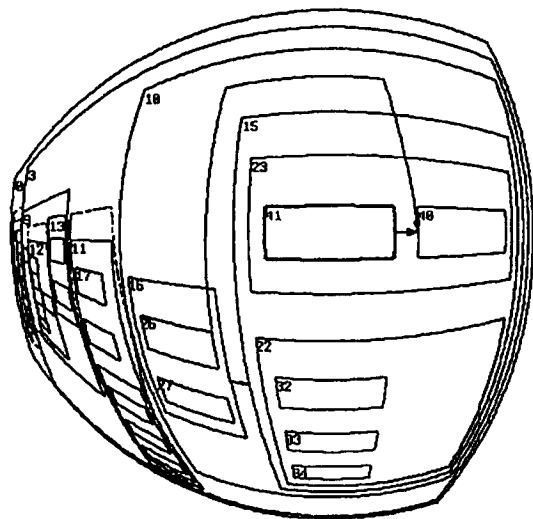
$$l_i(x, y) = \frac{2r}{\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}}{s_i} \quad (6)$$

$(i = 0, 1, \dots, n-1).$

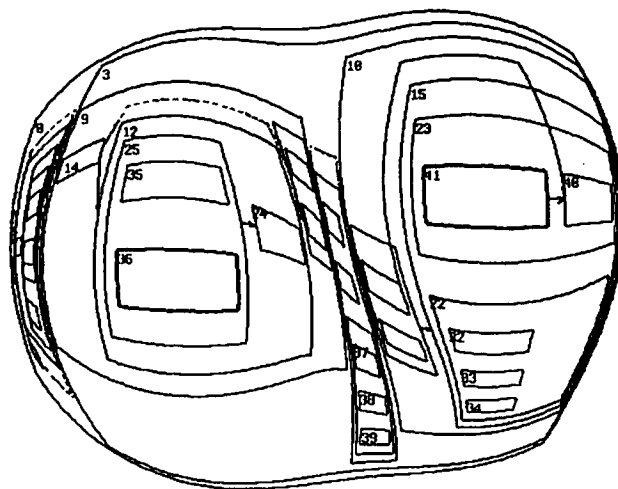
(x_i, y_i) は元の図における各視点の座標である。式(5)は視点 (x_i, y_i) に対する方位角 $\theta_i(x, y)$ を求め、式(6)は視点 (x_i, y_i) からの新しい距離 $l_i(x, y)$ を定数 s_i と関数 $\tan^{-1}$ で決定する。



(a) 視点数 $n = 1$

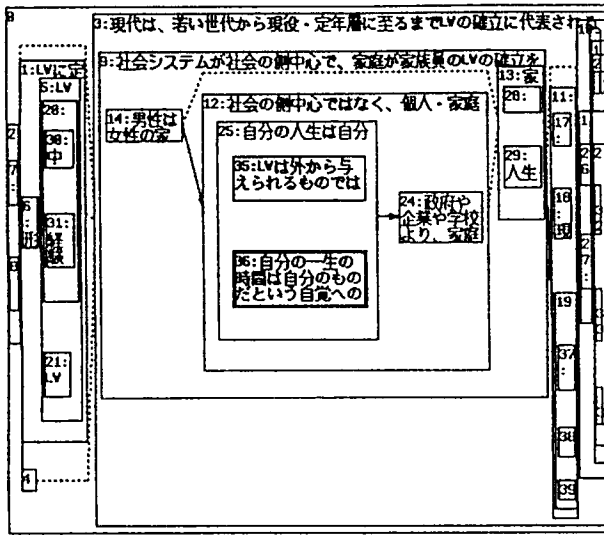


(b) 視点数 $n = 1$

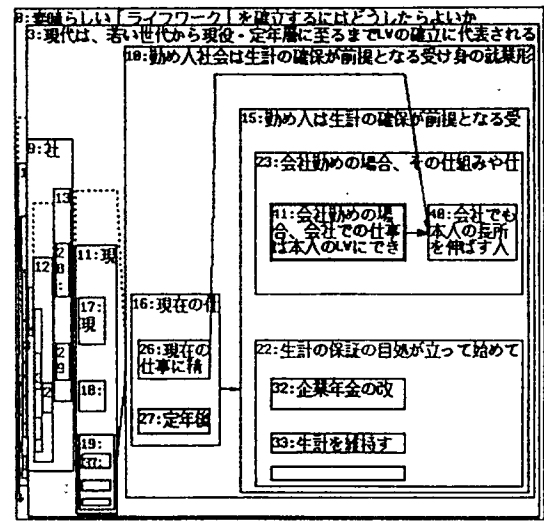


(c) 視点数 $n = 2$

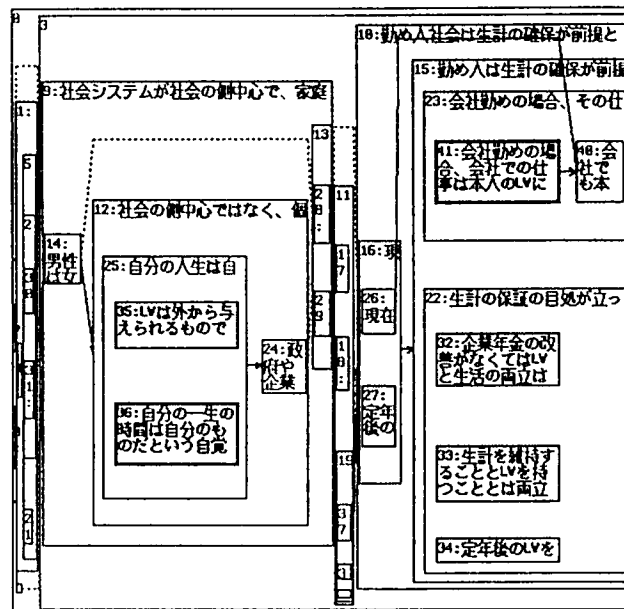
図 1: 魚眼表示方式による表示例



(a) 視点数 $n = 1$



(b) 視点数 $n = 1$



(c) 視点数 $n = 2$

図 2: 直交魚眼表示方式による表示例

写された図の全体を半径 r の円内に入れるために定数 $2r/\pi$ を掛けている．式 (3) (4) が各視点一つに対する写像で，視点に対する方位角を保存し，視点からの距離が $l_i(x, y)$ の位置に点を写す．各視点ごとの関数 (3) (4) の相加平均により，式 (1) (2) のように n 視点の写像が与えられる (図 1 参照)．

3.2 直交魚眼表示方式

魚眼表示方式では直線が曲線に写され図の形状が大きく歪むことが大きな特徴である．その魚眼表示方式を修正し x 座標と y 座標の写像を独立にして， x 軸または y 軸に平行な直線の直線性とそれらの直交性を保存するようにしたものが，直交魚眼表示方式である．直交魚眼表示方式で用いる写像 f, g は次のように記述される：

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} f_i(x) \quad (7)$$

$$g(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} g_i(y) \quad (8)$$

$$f_i(x) = \frac{r}{\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{x - x_i}{s_i} \quad (9)$$

$$g_i(y) = \frac{r}{\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{y - y_i}{s_i} \quad (10)$$

$(i = 0, 1, \dots, n-1).$

(x_i, y_i) は元の図における各視点の座標である．式 (9) (10) が各視点一つに対する写像で，各座標軸ごとに視点 (x_i, y_i) からの新しい距離を定数 s_i と関数 $\tan^{-1}$ で決定する．写された図の全体を 1 辺の長さが r の正方形内に入れるために定数 r/π を掛けている．各視点ごとの関数 (9) (10) の相加平均により，式 (7) (8) のように n 視点の写像が与えられる (図 2 参照)．

魚眼表示方式では無限の領域を一定の大きさの円内に，また直交魚眼表示方式では無限の領域を一定の大きさの正方形内に写している．このことから，これらの表示方式では対象のサイズが大きくなるほど，全体の形状が円または正方形に近付くため，元の形状が保存されない傾向にある．そして，「図の右上の方」とか「中心のやや左側」といった図全体に対する視点の位置把握が困難になる．また，無限の領域を有限の領域に写すことで，視点から遠い部分ほど縮小される (視点から無限に離れた部分は無限に縮小される) ため，理論的には全てのものが表示されるが，実際上は周辺がつぶれて見えなくなる．

3.3 二様表示方式

魚眼表示方式や直交魚眼表示方式の欠点を克服するために，外形状を保存し，周辺部が無限に縮小されることのない表示方式を構成した．この表示方式は魚眼表示方式などとは異

なり有限の長方形領域を相似の長方形領域に写すもので、各座標軸ごとに視点領域が一様に拡大され、その他の領域が一様に縮小されることから二様表示方式と呼ばれる。視点領域に対しては、両軸方向の拡大率が等しいので相似拡大となる。

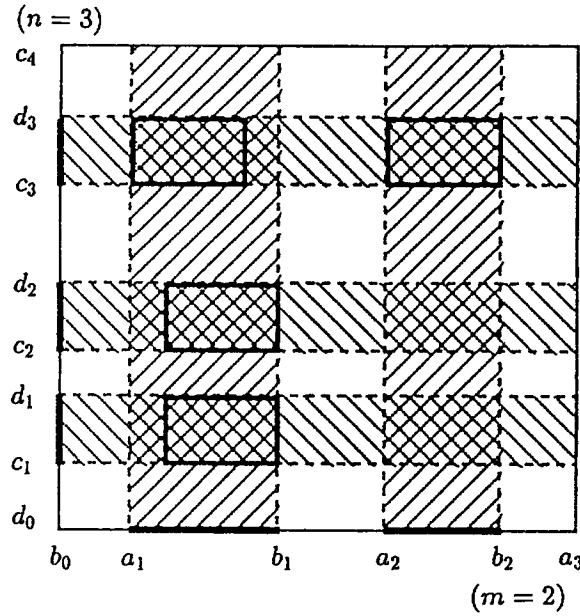


図 3: 二様表示方式で用いる写像における拡大領域

図 3 を用いてより具体的に説明する。最大の長方形が図の外枠に対応し、太線で表された四つの長方形が視点領域であるとする、\\\\ の部分が x 軸方向に一様に拡大され、\\\\\\\\ の部分が y 軸方向に一様に拡大される。残りの部分は図の外枠の形状を変えないように各軸ごとに一様に縮小される。

二様表示方式の用いる写像 f, g は次のように記述される:

$$f(x) = \begin{cases} b_0 + \lambda(x - b_i) + \sigma \sum_{k=1}^i (b_k - a_k) + \lambda \sum_{k=1}^i (a_k - b_{k-1}) \\ \quad \text{if } b_i < x \leq a_{i+1} \\ \quad (i = 0, 1, \dots, m) \\ b_0 + \sigma(x - a_i) + \sigma \sum_{k=1}^{i-1} (b_k - a_k) + \lambda \sum_{k=1}^i (a_k - b_{k-1}) \\ \quad \text{if } a_i < x \leq b_i \\ \quad (i = 1, 2, \dots, m) \end{cases} \quad (11)$$

$$g(y) = \begin{cases} d_0 + \mu(y - d_j) + \sigma \sum_{l=1}^j (d_l - c_l) + \mu \sum_{l=1}^j (c_l - d_{l-1}) \\ \quad \text{if } d_j < y \leq c_{j+1} \\ \quad (j = 0, 1, \dots, n) \\ d_0 + \sigma(y - c_j) + \sigma \sum_{l=1}^{j-1} (d_l - c_l) + \mu \sum_{l=1}^j (c_l - d_{l-1}) \\ \quad \text{if } c_j < y \leq d_j \\ \quad (j = 1, 2, \dots, n). \end{cases} \quad (12)$$

ここで、 m と n はそれぞれ x 軸方向と y 軸方向の拡大領域の数である。図 3 に示されるように、図全体における拡大領域の数と x 軸方向、y 軸方向の拡大領域の数は一般に異なる。x 軸方向の拡大領域と y 軸方向の拡大領域はそれぞれ $\bigcup_{i=1}^m [a_i, b_i]$ 、 $\bigcup_{j=1}^n [c_j, d_j]$ となり、そ

れ以外の領域が縮小される． (b_0, d_0) と (b_{m+1}, d_{n+1}) は，それぞれ図の外枠にあたる長方形の左下の頂点と右上の頂点である． σ は視点領域の拡大率である． λ と μ は視点領域以外のそれぞれ x 軸方向と y 軸方向の拡大率で， σ から次のように定められる．

$$\lambda = \frac{(a_{m+1} - b_0) - \sigma \sum_{k=1}^m (b_i - a_i)}{\sum_{k=1}^{m+1} (a_k - b_{k-1})} \quad (13)$$

$$\mu = \frac{(c_{n+1} - d_0) - \sigma \sum_{l=1}^n (d_i - c_i)}{\sum_{l=1}^{n+1} (c_l - d_{l-1})} \quad (14)$$

ここに示した二様表示方式では，視点領域が全て一様に拡大されるが，拡大領域が x 座標， y 座標共に重なり合わない場合には拡大領域ごとに異なる拡大率で拡大することも可能である．その他，二様表示方式のように外形状を保存し，かつ魚眼表示方式のように拡大率が連続的に変化するものも考えられるが，写像はかなり複雑になる．

表 3: 多視点遠近画法の各方式と写像の性質

表示方式 写像の性質	魚眼表示方式	直交魚眼表示方式	二様表示方式
相似性	×	×	$\triangle^d$
正距性	×	×	$\triangle^d$
正積性	×	×	$\triangle^e$
正方位性	$\triangle^a$	$\triangle^b$	$\triangle^{bd}$
直交性	×	$\triangle^c$	$\triangle^{cd}$
直線性	×	$\triangle^c$	$\triangle^{ce}$
同相性	○	○	○
拡大率	連続	連続	一定 ^e

^a 視点が唯一の場合，視点に対してだけ満足．

^b x 軸方向と y 軸方向についてだけ満足．

^c x 軸または y 軸に平行な直線についてだけ満足．

^d 拡大領域で局所的に満足．

^e 各部分領域で局所的に満足．

3.4 多視点遠近画法と写像の性質

多視点遠近画法の各方式が用いる写像の性質は表 3 のようになる．表中の○は写像がその性質を満たすことを示し，×は満たさないことを示す．また， $\triangle$ はその性質を条件または制限つきで満たすことを示し，右肩に付与されたアルファベットが各性質を満たす条件または制限を示す．アルファベットが二つ付与されたものはどちらかの条件の下で満たされる．

4 図的思考支援のための多視点遠近画法

はじめに述べたように、発想法における手作業の計算機化は、多くの利点をもたらすと共に作業空間のサイズに関する大きな課題を残している。つまり、発想法において重要視されている性質の一つ、図解の一覧性をいかにして達成するかという課題である。ここでは、発想法での図解の一覧性達成を目的として、複合グラフへの多視点遠近画法の適用を考える。

4.1 複合グラフ

複合グラフとは、発想法で用いられているカードやカードを含む領域とそれらの間の包含関係、隣接関係を表現した図解を抽象化したもので、数学的には複数種類の枝をもつグラフ G として次のように定義される。

$$G = (V, E, \partial^+, \partial^-, t) \quad (15)$$

- V : 節点集合
- E : 枝集合
- ∂^+, ∂^- : $E \rightarrow V$ (E の結合関数)
- t : $E \rightarrow Type$ (E の型関数).

$\partial^+(e)$, $\partial^-(e)$ はそれぞれ枝 e の始点と終点である。関数 t は枝に型を与える。ここでは $Type$ は整数とし、 $t(e) = 0$ のとき e を包含枝と呼び、 $t(e) \neq 0$ のとき隣接枝と呼ぶ。

表 4: 複合グラフの描画規約

C1	節点は 2 辺が水平線に平行な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示する
C3	隣接枝は直線または折れ線として描く
C4	階層表現をとる (平行な層上に節点を配置)

我々は既に複合グラフの自動描画法 [5, 6] を開発している。この方法は、節点を長方形の領域として描き、包含枝を長方形の領域の包含関係で表現し、隣接枝が一定の向き (たとえば右向き) になるように、階層的にその長方形を配置するものである。これらの描画規約を表 4 に示す。

KJ 法で使われる図解 [2, pp.138-139] と同形の複合グラフを我々の自動描画法で描いた例を図 4 に示す。長方形内のテキストは、文字サイズを一定にして長方形のサイズに依存して文字数を変えている。

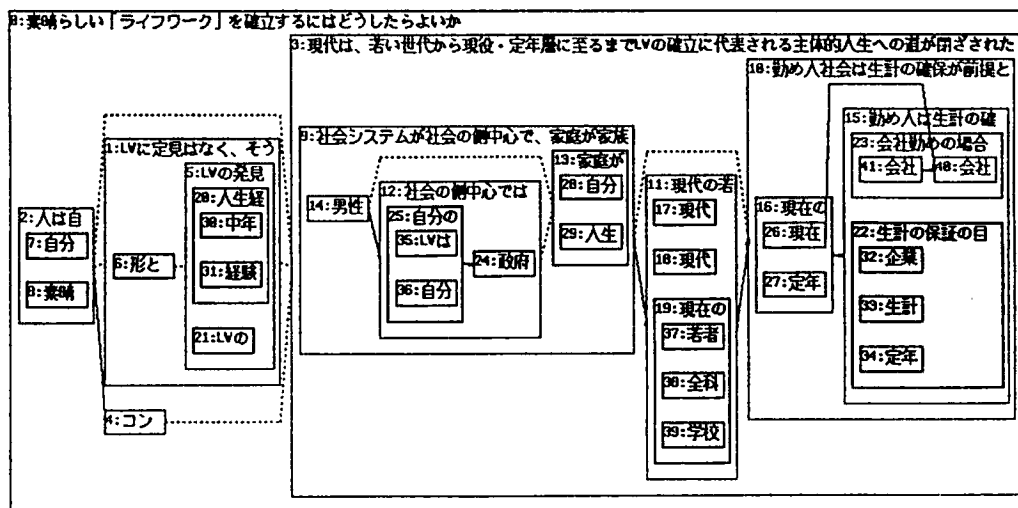


図 4: KJ 図解 [2] と同形な複合グラフの表示例

4.2 多視点遠近画法による表示例

図 4 に示した複合グラフを魚眼表示方式を用いて表示した例を図 1 に示す。(a) と (b) はどちらも視点数が 1 の例である。(c) は (a) における視点と (b) における視点の両方を同時に視点にしたもので視点数が 2 である。式 (1) (2) から判るように、(c) の各点の座標は、対応する (a) の点の座標と (b) の点の座標の相加平均、この場合は (a) の点と (b) の点の midpoint、になっている。

直交魚眼表示方式を用いて同じ複合グラフを表示した例を図 2 に示す。(a), (b), (c) の各々の関係は図 1 と同様である。

二様表示方式を用いて同じ複合グラフを表示した例を図 5 に示す。(a) は視点数が 1, (b) は視点数が 3 の例である。図 4 と比較すると、外枠の形状が変化せず視点領域が相似拡大されていることが判る。

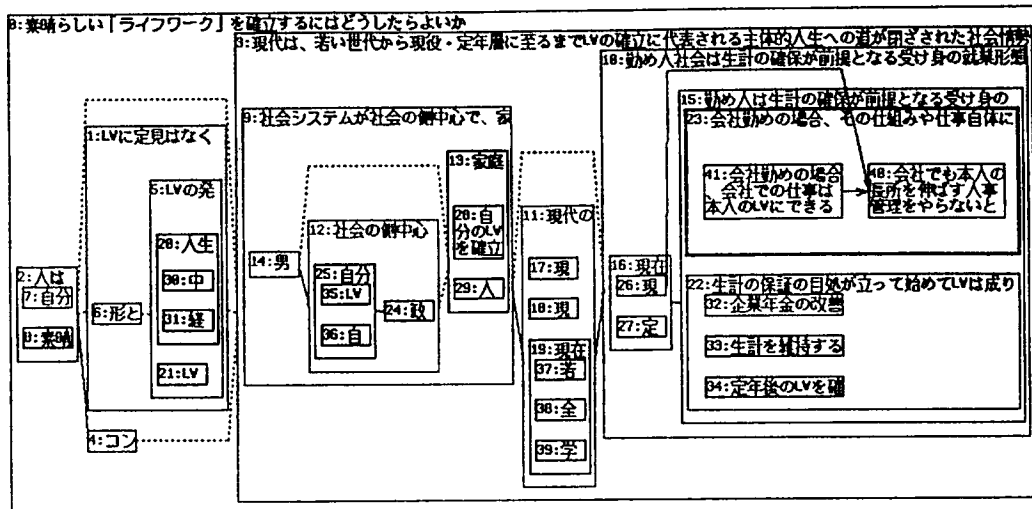
4.3 複合グラフへの適合性

ある特定の表示対象に対する多視点遠近画法の適合性を検証するためには、表示方式への要求のうち写像の適性の検証が必要となる。その他の要求は満たされているので考慮不要である。

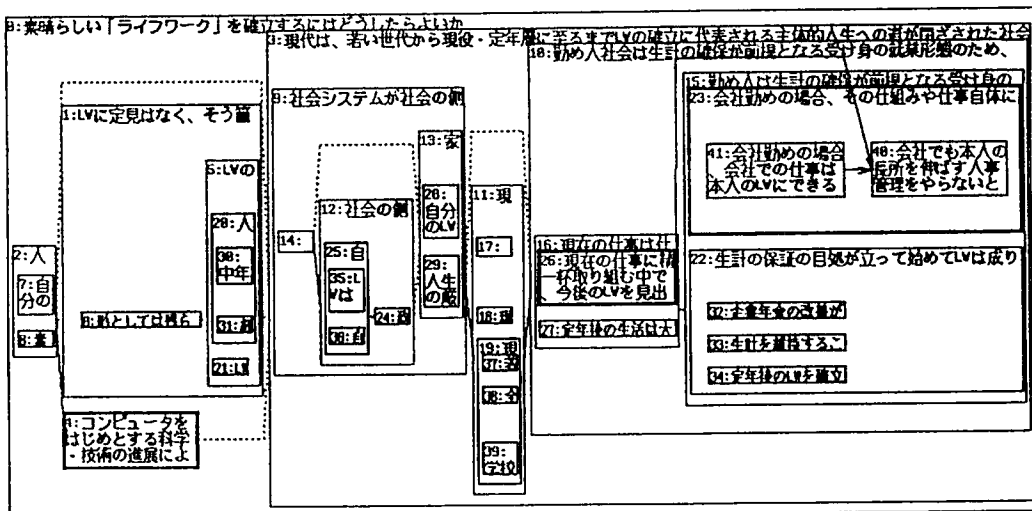
表示対象がグラフに基づく図解である場合、写像の性質として同相性は必要条件となる。さらに、グラフが何らかの描画規約に基づいて平面上に描かれている場合、その描画規約に整合する写像の性質が満たされるべきである。表 4 の描画規約に対応して必要とされる写像の性質は下記ようになる。

C1 : x 軸または y 軸に平行な直線の直線性、直交性が満たされる。

C2 : 対象を含む範囲で同相性が満たされる。



(a) 視点数 $n = 1$



(b) 視点数 $n = 3$

図 5: 二様表示方式による表示例

C3：直線は、直線または折れ線に写る。

C4：x 軸または y 軸に平行な直線の直線性と、x 軸方向と y 軸方向の方向性が満たされる。

表 5: 階層描画された複合グラフに必要な写像の性質

正方位性	x 軸方向と y 軸方向の方向性を保存
直交性	x 軸または y 軸に平行な直線について満たされる
直線性	x 軸または y 軸に平行な直線について満たされ、 それ以外の直線は折れ線に写っても良い
同相性	対象を含む範囲で同相

これを写像の性質について整理すると表 5 のようになる。表 3 と表 5 を比較して、多視点遠近画法の複合グラフへの適合性を判断する。同相性については全ての方式が満足している。しかし、魚眼表示方式は直交性と直線性を満たさないのが不適当である。直交魚眼表示方式は x 軸または y 軸に平行な直線については直交性と直線性を満たすが、x 軸と y 軸の両方に平行でない直線の直線性は依然満たされない。二様表示方式は上記条件を全て満たす。

以上より、階層的に描かれた複合グラフを表示対象とする場合、二様表示方式は表示方式への五つの要求、写像の適性、詳細性、全体性、同時性、表示像の単一性、を全て満足する有効な表示方式であるといえる。また、表 3 に示される通り、二様表示方式は、条件付きながら最も多くの写像の性質を満たしている。そして、局所的ではあるが、視点領域で写像の性質として望ましい相似性が満たされている。これらのことから、複合グラフ以外の表示対象に対する二様表示方式の有効性も十分に期待できる。

5 多視点遠近画法と他の研究との関係

多視点遠近画法は、階層的に描かれた複合グラフの表示における全体視・詳細視問題の解決のために、独自に開発されたものである。概念的に関係する研究がいくつかなされているので、それらとの関係をここで述べておく。

Furnas は魚眼レンズのアナロジーから魚眼視の一般的な定式化を行ない、関心度関数 DOI を提案した [14]。この関数 DOI は、対象の特定の点を見ることに対する人間の要求の度合を、視点からの距離と潜在的な重要度を用いて、関心度として与えるもので、この考え方は様々な対象に適用可能であり、概略情報と詳細情報を組み合わせる際の指針となる。ただし、これは一般的な議論であって、特定の対象に対する具体的な関数を与えてはいないため、実際の応用に対しては不十分である。

多視点遠近画法は 2 次元平面上の図を対象に実際の応用に向けて写像を定義したもので、魚眼視の一つの具体化として位置付けられる。また、同時に複数の視点を与えることが可能

な点では関数 DOI を拡張している。さらに我々は、魚眼視の一般化において議論の欠けていた写像の適性のような対象に依存する性質などについても考察を行なった。

Spence らはデータベース検索を目的とし、全体的な概略情報と部分的な詳細情報を組み合わせて表示する手法 bifocal display を提案した [13]。これは 1 次元的に配列された情報を木構造によっていくつかの詳しさのレベルに分けて管理し、視点部分をより詳しいレベルで、かつその前後 (周辺) をあまり詳しくないレベルで同時に表示するものである。ただし、これも議論が一般的であるため具体的な対象ごとに一層の考察が必要である。

多視点遠近画法の一つ二様表示方式は 2 次元平面上の図を対象に bifocal display の議論を推し進めたものとして捉えることができる。二様表示方式においては、詳しさのレベルを拡大率として厳密に与え、写像を具体的に定義した。さらに、対象が図であることから、外形状の保存や、視点部分での相似性などについて考慮した。また、複数の視点を指定可能なことも、bifocal display にはない特徴である。

6 まとめ

我々の提案した多視点遠近画法は、表示方式への要求のうち、詳細性、全体性、同時性、表示像の単一性を満足する有効な表示方式である。さらに、多視点遠近画法の一つ、二様表示方式は、階層的に描かれた複合グラフを表示対象とした場合、もう一つの要求、写像の適性も満足する適切な表示方式であることも示された。本文中で定式化を行なった多視点遠近画法の表示方式は全てワークステーション Sun-4 上で実現され、現在我々が開発中の図的発想支援システム D-ABDUCTOR の一機能として組み込まれている。

全体視・詳細視問題に対して、多視点遠近画法は図上の距離に基づいた図の局所的な拡大縮小により目的を果たした。さらにこれとは別のアプローチとして、次の様な方法も考えている [18]。(1) 図の拡大縮小でなく、図解の不要な要素を削除することで、部分的な詳細と共に全体の概略構造を示す。また、(2) 図上の距離でなく図に表された構造 (例えば、グラフ) 上の距離に基づいて、拡大縮小または削除を行なう。

参考文献

- [1] 杉山 公造: 発想支援のためのインタフェース研究 – 発想系情報学に向けて, Research Memorandum IAS-RM-90-1J, 富士通株式会社 (1990).
- [2] 川喜田 二郎: KJ 法, 中央公論社, p.581 (1986).
- [3] 篠原 靖志: 知識整理支援システム CONSIST の開発, 電力中央研究所報告 Y86003, (財) 電力中央研究所 (1987).
- [4] Hajime Ohiwa, Kazuhisa Kawai and Masanobu Koyama: Idea Processor and the KJ Method, Journal of Information Processing, vol. 31, no. 1, pp.44–48 (1990).
- [5] Kozo Sugiyama and Kazuo Misue: Visualizing Structural Information : Hierarchical Drawing of a Compound Digraph, Research Report no. 86, IAS-SIS, FUJITSU LIMITED (1989) , (to appear in IEEE T.SMC, vol. 13, no. 2 (1991)).
- [6] 三末 和男, 杉山 公造: 図的思考支援を目的とした複合グラフの階層的描画法について, 情報処理学会論文誌, vol. 30, no. 10, pp.1324–1334 (1989).
- [7] 三末 和男: 図的発想支援システム:D-ABDUCTOR のための図の操作について, 第 41 回情報処理学会全国大会論文集, 6G-4 (1990).
- [8] 杉山 公造: 図的思考展開支援からみた KJ 法の分析, 第 5 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.325–330 (1989).
- [9] Kozo Sugiyama and Kazuo Misue: Good Graphic Interfaces for Good Idea Organisers, Proc. of the IFIP TC 13 Third International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT '90), pp.521–526 (1990).
- [10] 三末 和男, 杉山 公造: グラフィック・インタフェースのための全体と詳細を同時に見せる遠近画法, 第 5 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.463–468 (1989).
- [11] 三末 和男, 杉山 公造: 複合グラフ描画における全体と詳細を同時に見せる遠近画法, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料, HI-29 (1990).
- [12] 杉山 公造: 図的思考展開支援に関する基礎的研究 — 発想系情報学の構築にむけて —, 国際情報社会科学研究報告 第 24 号, 第 25 号, 富士通株式会社 (1988).
- [13] Robert Spence and Mark Apperley: Data base navigation: an office environment for the professional, Behaviour and Information Technology, vol. 1, no. 1, pp.43–54 (1982).

- [14] George W. Furnas: Generalized Fisheye Views, Proceedings of Human Factors in Computing Systems, pp.16-23 (1986).
- [15] Y. K. Leung: Human-Computer Interface Techniques for Map Based Diagrams, Designing and Using Human-Computer Interfaces and Knowledge Based Systems, pp.361-368 (1989).
- [16] OASYS 100FII 文書作成ガイド, 富士通株式会社, p.615 (1986).
- [17] Sharon Zardetto Aker: SuperPaint User Manual, Silicon Beach Software (1988).
- [18] 三末 和男: 図の概略化と発想支援への応用, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料, HI-31 (1990).