



Research Report IIAS-RR-91-1J

図的発想支援システム D-ABDUCTOR
における図の操作機能について

On operations of figures for
diagrammatical abduction support system
D-ABDUCTOR

三末 和男

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

図的発想支援システム D-ABDUCTOR における図の操作機能について
On Operations of Figures for Diagrammatical Abduction Support System
D-ABDUCTOR

三末 和男

Kazuo Misue

(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%iiias.flab.fujitsu.co.jp@uunet.uu.net

概要

D-ABDUCTOR は図を用いて人間の発想活動を支援するシステムである。本稿では D-ABDUCTOR の備えている図の操作機能を、既存の発想法の手作業を計算機で再現するための機能と、その手作業を計算機を用いることで代行しようとする機能とに分けて説明する。前者については、データ構造として複合グラフ、表現形式として領域網図複合系、手描き様曲線の生成を、後者については、本稿作成時に使用した図解を例に、複合グラフの自動描画、図の概略化 / 詳細化、変形 / 翻訳について述べる。

キーワード: 図的発想支援システム, 発想法, 複合グラフ

Abstract

D-ABDUCTOR is a system to support human's abduction processes using diagrams. Facilities about diagram operations available in D-ABDUCTOR can be divided into some facilities for simulating an idea organizing method using cards, and other facilities to take human's place partially in such a method. This paper describes compound graphs, area-net diagrams and freehand-like curves for the former, and automatic drawing, abridgment, transformation and translation of compound graphs for the latter.

Key words: Diagrammatical Abduction Support System, Idea Organizing Method, Compound Graph

1 はじめに

D-ABDUCTOR は図を媒体とした人間の発想活動を支援するためのシステムであり、KJ 法 [1] に代表される発想法に基づいて計算機で発想活動の支援を行なうことを目標としている。ところで、発想法に基づく計算機支援としては、まず次の二つの形態が考えられる。

1. 発想法の手順に従った手作業を計算機上で再現する。
2. 発想法の手順に従うが非本質的作業を計算機が代行する。

ただし、第 1 の形態においてはインタフェースや処理の高速化など様々な問題がある。第 2 の形態においてはそれらに加えてさらに、発想活動を行なう上で人間が本来行なうべき本質的作業とそうでない非本質的作業を区別し、人間が本質的作業に専念できるような機能や環境を用意する必要があるが、そもそも人間が本来行なうべき本質的作業とは何か、未だ明確にはなっていない。

D-ABDUCTOR は発展途上のシステムであり、現在我々は、発想法の手順に従った作業を計算機上でより高効率に実行できる環境作り、つまり第 2 の形態を目指している。そして D-ABDUCTOR 開発へ向けての一つのアプローチとして、図を操作する機能を目的ごとに開発し、それらをボトムアップ的に積み上げることでシステムを構築してきた [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]。これらの機能を組み合わせてシステムを構成して使用実験を繰り返すことで、人間が行なうべき作業と計算機が代行すべき作業の区別が明確になってくることを期待している。

これまで D-ABDUCTOR のために開発してきた機能を大別すると、手作業を再現するための機能と、計算機を使うことで手作業を部分的に代行しようとする機能とに分けられる。本稿ではそれらの機能が、どのような目的で開発され、どのように発想活動に役立つかを説明する。特に後者に分類される機能については、本稿を作成するために D-ABDUCTOR で行なった図解化を例に用いて説明する。なお、図的思考展開に関する考え方や用語については文献 [9] を参照されたい。

2 発想法に基づく機能

KJ 法など既存の発想法に基づいて計算機で発想支援を行なうためには、まず、最低限机上で行なえることが計算機上でも行なえなければならない。そのためには、

- 発想法と同様な図解、
- 発想法で使用する (七つ) 道具、

を計算機上で用意する必要がある。ここでは D-ABDUCTOR の持つ、そのような、発想法を基礎に置くことで必要になる機能を説明する。

2.1 図解: 発想法の図解を摸倣

発想法に基づいて計算機によって発想支援を行なうためには、発想法で用いられる図解をそのままの形式で計算機上で取り扱える必要がある。D-ABDUCTORでは、発想法で用いられる図解の特徴を摸倣するためのデータ構造や表現形式を採用している。

基本データ構造: 複合グラフ

KJ法で用いる図解は、カードと領域、そしてそれらの間の包含関係と隣接関係から構成される。そのうち隣接関係は因果関係のような有向関係や対立関係のような無向関係などその種類は多様である。

D-ABDUCTORでは基本データ構造として複合グラフを採用している。複合グラフは、包含関係と隣接関係を表現できるように拡張したグラフで、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。

$$G = (V, E, \partial^+, \partial^-, t) \quad (1)$$

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 $e \in E$ の始点と終点である。関数 t は枝に型を与える。ここでは $Type$ は整数とする。たとえば、 $t(e) = 0$ のとき e を包含枝と呼び、 $t(e) \neq 0$ のとき隣接枝と呼ぶ。包含枝全体の集合と隣接枝全体の集合をそれぞれ E_I と E_A で表す。このとき、二つの有向グラフ G_I と G_A をそれぞれ

$$G_I = (V, E_I, \partial^+|_{E_I}, \partial^-|_{E_I}) \quad (2)$$

$$G_A = (V, E_A, \partial^+|_{E_A}, \partial^-|_{E_A}) \quad (3)$$

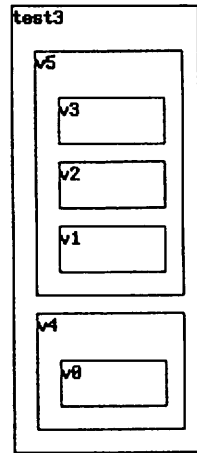
のように定義すると G は二つのグラフ G_I と G_A の複合した構造であると見なせる。このことから G を複合グラフと呼ぶ。

型関数 t は枝を包含枝と隣接枝とに分類するだけでなく隣接関係の多様性に対応するためにも用いられる。枝は複合グラフの定義では形式的には有向であるが、同値関係や対立関係など無向の関係をも表現できるように、型関数 t の値によっては無向枝として取り扱うと取り決める [5]。

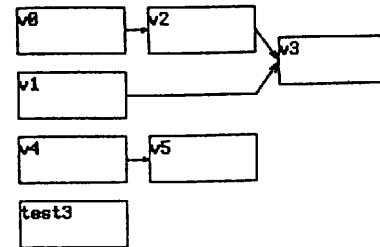
基本表現形式: 領域網図複合系

基本データ構造である複合グラフを、発想法で用いる図解の様に包含関係と隣接関係を表現した図として表すために、表現形式 [10, 11] に領域網図複合系を採用する。複合グラフを構成し

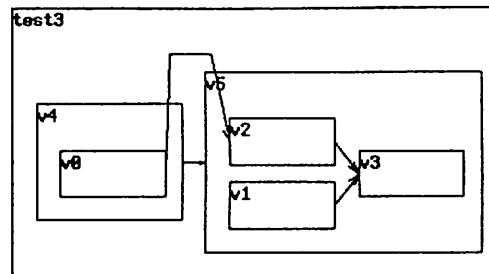
ている二つのグラフ G_I と G_A をそれぞれ領域系¹と網図系の表現形式で表現することで、複合グラフの領域網図複合系における表現が得られる。図 1 に領域系と網図系でそれぞれ表現されたグラフと、領域網図複合系で表現されたそれらの複合グラフの例を示す。



(a) 領域系によるグラフ G_I



(b) 網図系によるグラフ G_A



(c) 領域網図複合系による複合グラフ G

図 1: 複合グラフの表現

手描き様図

発想法では手描きの図解が多く用いられる。手描き図は、複雑性、不規則性、多様性、活動性等の特徴をもち、人間味や親しみやすさなどが感じられる。しかし、従来の計算機による処理はむしろ直線や円で構成される幾何学的な図を生成し、簡潔性、規則性、対称性、精巧性等を重視した機能主義的な立場に基づいているように思われる。D-ABDUCTOR では、手描き図のもつ特徴が計算機を用いることによって失われることがないように、2 次の Bézier 曲線を用いた手描き様図の生成機能も備えている [3]。図 2 に D-ABDUCTOR で生成した手描き様図の

¹D-ABDUCTOR ではグラフ G_I を領域系で表現する場合、描画時に G_I は木または森でなければならないという制限が課せられる。この時 G_I は複合グラフの包含木と呼ばれる。

例を示す。

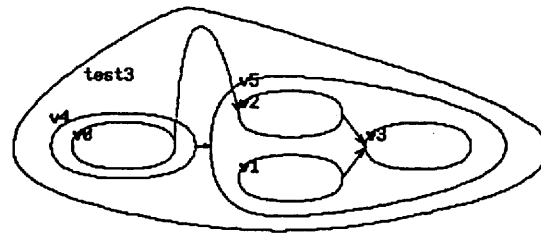


図 2: D-ABDUCTOR で生成した手描き様図

2.2 図解の編集機能: 発想法七つ道具

発想法に基づいて発想支援を行なうために、机上で、紙切れ、のり、クリップ、輪ゴム、筆記用具、などいわゆる七つ道具を用いて行なう図解の編集作業と同等な作業が全て計算機上で複合グラフとその図に対して行なえる必要がある。ただし、それらは単にグラフの編集機能という立場や、または作画システムにおける図の編集機能という立場からはごくありふれたものであるので項目を列挙する程度に留めておく。

節点の追加 / 削除 / 属性の設定

節点の追加 / 削除が行なえる。図解における節点の属性、形状、サイズ、位置、可視性などの設定も可能である。節点を削除する場合、グラフとしての整合性を保つためにその節点に接続する枝も削除される。

枝の追加 / 削除 / 属性の設定

枝の追加 / 削除が行なえる。包含枝と隣接枝は枝としては型が異なるだけで同様に扱われる。節点と同様に図解における枝の属性の設定も可能である。

グループ化 / 開放

節点の集合をグループ化して別の 1 節点に包含されるようにできる。また、既にグループ化されている節点の集合の開放ができる。これらの操作は、節点と包含枝に対する操作をいくつか組み合わせることで構成できる。図 3 にグループ化と開放の操作例を示す。

関係の交換

包含関係と隣接関係を入れ替えることができる。この操作は枝の型を変更する操作である。図 4 に包含関係と隣接関係の交換操作の例を示す。

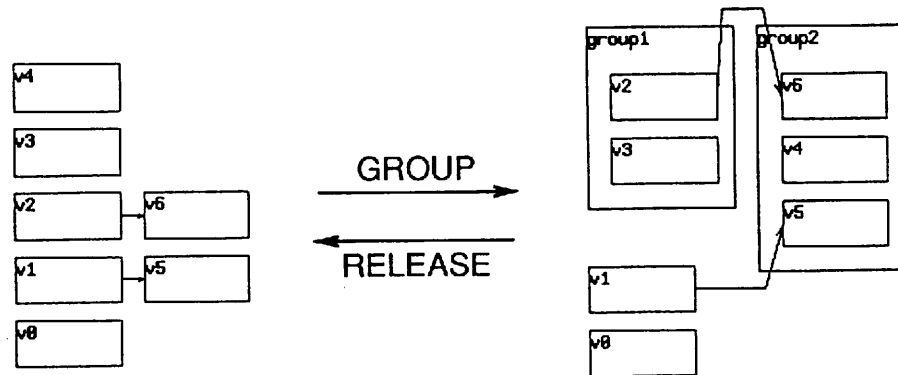


図 3: グループ化操作と開放操作

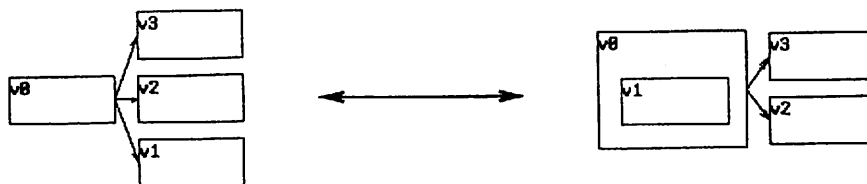


図 4: 関係の交換操作

3 計算機の能力を活かす機能

D-ABDUCTOR は発想法に基づいて発想支援を行なうが、単に計算機上で発想法の七つ道具を用いた手作業をシミュレートするだけでは計算機を用いることの有利さが認められない。

D-ABDUCTOR は先の基本機能に加えて計算機の能力をより活かした図の操作機能を備えている。それらは計算機を用いることによって可能または容易になる操作で、これらを備えることが計算機による支援の本質である。また本来の七つ道具の代わりに計算機を使うことで生じる不利を克服するための機能も必要である。

図 5は、本稿を作成する際に D-ABDUCTOR を用いて KJ 法 A 型図解化を行なった時の図解の変化過程を行列で表現したものである²。変化は、まずグループ化とラベル作りを交互に繰り返すため、 $B4 \rightarrow A3 \rightarrow B3 \rightarrow A2 \rightarrow \dots \rightarrow B1$ とジグザクに進んだあと、空間配置の過程で $C1 \rightarrow \dots \rightarrow C4$ とまっすぐ下に進み、図解化を完了して、その後は文章化へと移る。この図解化の過程を先に挙げた基本機能だけで行なうことは不可能ではないが、非効率的で机上での手作業以上に手間を要する可能性もある。この章では、この図解化および文章化への移行過程において、D-ABDUCTOR の機能がどのように役立つかを中心に残りの計算機ならではの機能を説明

²この図は文献 [12] の手作業による KJ 法 A 型図解化を表す図マトリックスに対応付けて作成した。

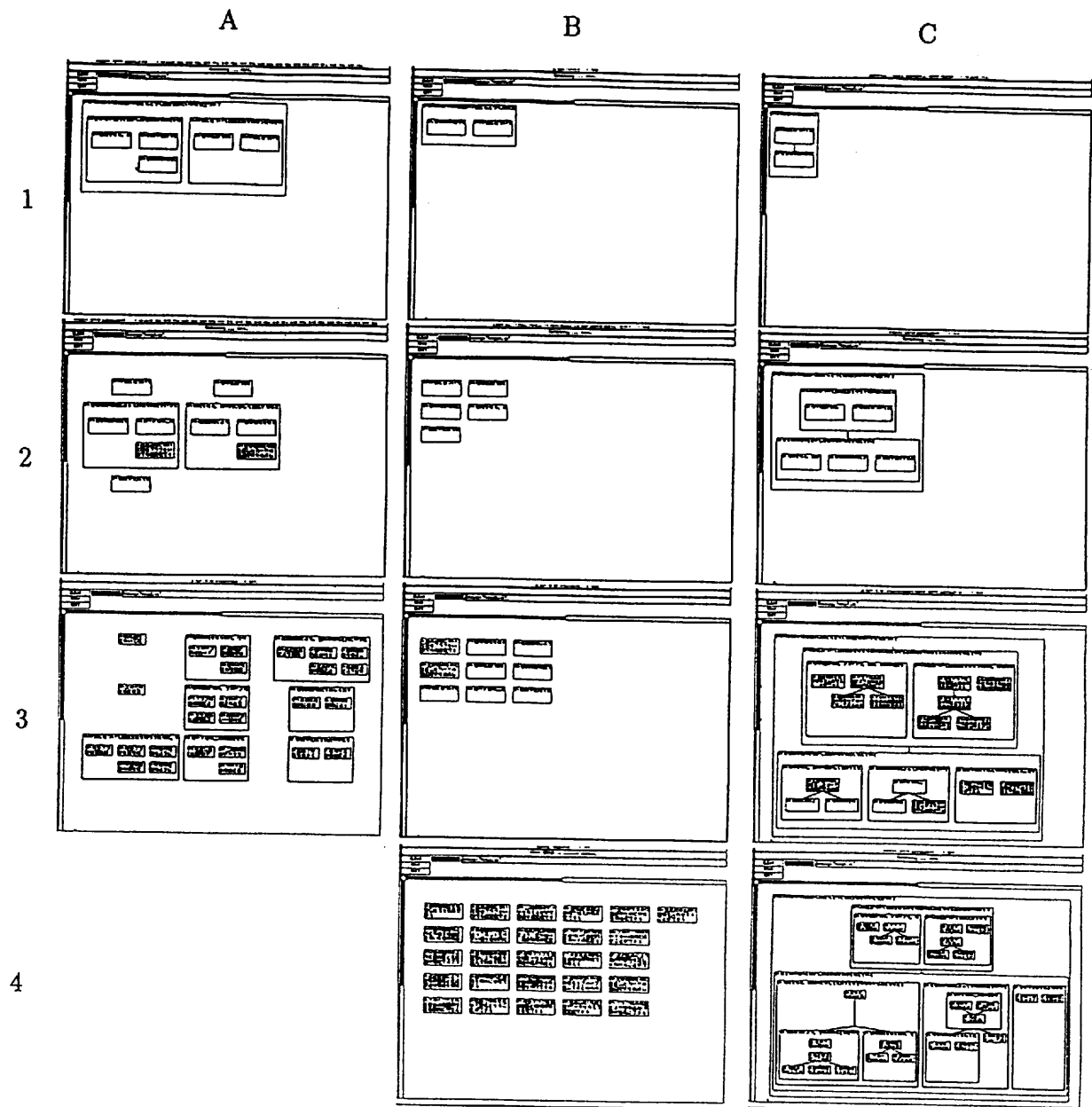


図 5: D-ABDUCTOR による KJ 法の図行列

する。

3.1 自動描画機能

自動描画機能によって、複合グラフを領域網図複合系の美しく見やすい図として視覚化できる。図 6 に D-ABDUCTOR の自動描画機能 [6] により複合グラフを視覚化した例を示す。この図は図 5 の C4 と同じものである。

以下に、D-ABDUCTOR の自動描画機能の特徴を述べる。

局所的関係から大局的配置

D-ABDUCTOR の自動描画機能の必要とする情報は複合グラフとしての位相情報だけであ

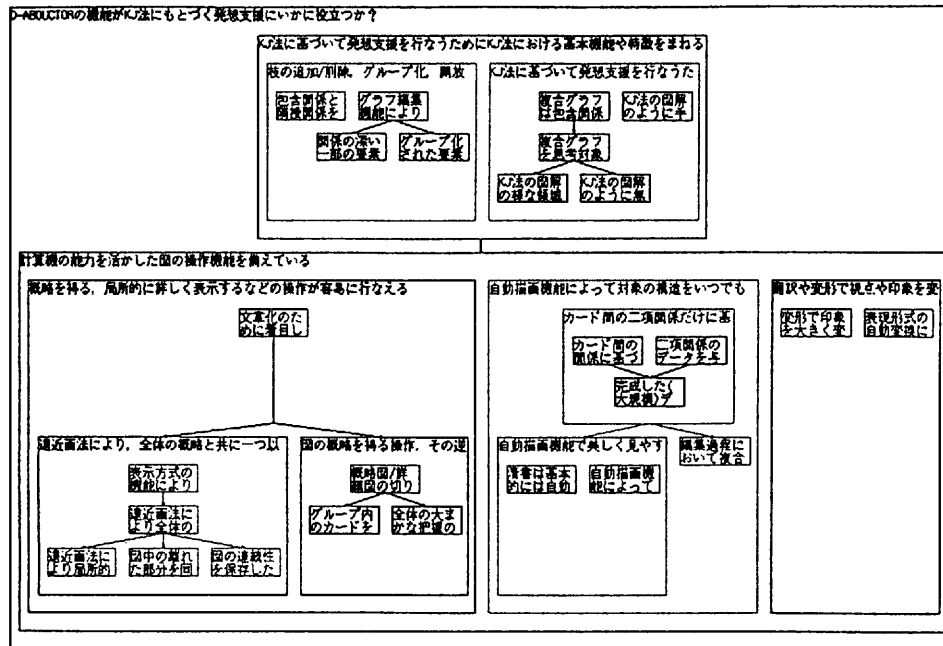


図 6: 自動描画機能で描いた複合グラフ

る。各節点間の包含関係と隣接関係を与えるだけで、節点の配置と隣接枝の配線を行ない視覚化できる。

これはつまり、C1以降の空間配置の段階において、包含関係は既にグループ化の段階で与えられているので、局所的に節点間に隣接関係を与えるだけで空間配置が自動的にこなせることを意味する。大局的な関係を考慮する必要はなく、局所的に取り出した二つの節点に対して、隣接関係があるか?、どのような関係か?、の判断だけが必要とされる。

自動描画機能はここに示した図解化過程で利用できるだけでなく、既に包含と隣接の2種類の2項関係の付けられた完成した(大規模)データを視覚化することも可能である。たとえば、プロダクション・ルールの推移構造、プログラムやモジュールの呼び出し構造、ハイパーテキストのネットワーク構造などを図解化できる。

見やすさのための認知的基準

D-ABDUCTORの自動描画機能は認知的基準をもとに美しく見やすい図を生成する。認知的基準には、表1に示した描画規約と表2に示した描画規則とがある。描画規約は描画のスタイルに関する基本的約束であり、必ず満たさなければならないとする。描画規則は描画に際し考慮される見やすさのための基準で、満たすことが望まれる。ただし、描画規則は規則間で競合する可能性があるので優先順位を定めている。

自動描画機能は認知的基準に基づいて美しく見やすい図を生成することから、図解の清書機能を含む。つまり、既に手作業などで配置した図解を改めて自動描画することで清書が行

表 1: 描画規約: 描画のスタイルに関する基本的約束

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 : 隣接枝は直線または折れ線として描く
C4 : 階層表現をとる (並行な層上に節点を配置)

表 2: 描画規則: 描画に際し考慮される見やすさのための基準

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
描画規則間の優先関係 : $R1 > R2 > R3 > R4 > R5$

なえる。

構造的編集による図解の編集

自動描画機能により、構造的編集に対応して図を自動的に変化させることができる。たとえば、 $B4 \rightarrow A3$, $B3 \rightarrow A2$ のように新しくグループに節点を追加する場合に、図的にグループの領域を広げてやる必要はなく、グループへの節点の追加操作を構造に対して行なうだけで、自動的に領域が広がり追加節点が領域に包含されるように描かれる。また、 $C1 \rightarrow \dots \rightarrow C4$ のように、新しい隣接枝を追加する場合にも、隣接枝の配線ルートを指示する必要はなく、始点と終点の指定だけで、自動的に配線が行なわれる。その際、枝の交差が新たに生じるような場合には、描画規則を考慮して枝の交差が減少するように既に存在する節点の移動さえ自動的に行なわれる。

この様に、D-ABDUCTOR が自動描画機能を持つことで、図解の編集において必要となる図の修正が、複合グラフの構造的な編集だけで行なえる。また、構造的に行なった複合グラフの編集操作の結果を視覚的に確認できる。

3.2 概略化 / 詳細化

計算機では画面サイズが限られているため、大規模な図解の全体を詳しく表示することはできない。また、人間も大規模で複雑な図を一目で把握することはできず、一度に詳しく見ることができるのは局所的な一部分である。

D-ABDUCTORでは、単に平面座標を長方形で切り取る方法だけでなく、概略と詳細を組み合わせることでより有意に局所的部分を構成する機能を備えている。表示方式「遠近画法」[7]と構造変換による概略化機能[8]である。

表示方式: 遠近画法

図解の表示を拡大縮小する、表示領域を移動するなど、表示上の効果はシステムの表示方式の機能に依るものである。D-ABDUCTORの採用している表示方式、遠近画法は、高い詳細性を必要とする視点の近くを拡大し、概略だけでも十分な視点から遠い部分を縮小して、全体を同時に1枚の連続な図として表示するという特徴を持つ。

遠近画法によって複合グラフを表示する場合、視点付近が拡大され節点内に描かれた文字情報を読みとることが可能になり、なおかつ、他の部分は画面に納まるように縮小され複合グラフの全体構造が分かる。また、複数のウィンドウに拡大図と縮小全体図を別々に表示する方式と違って、図の連続性が保存されるため、複合グラフ全体に対する視点の位置の把握も容易である。さらに、複数の視点を指定できることから、図解中の離れた部分を同時に参照し比較することなども可能である。これは、図解化の全過程において全体を表示しながら特定節点のラベルを読む場合に有効である。

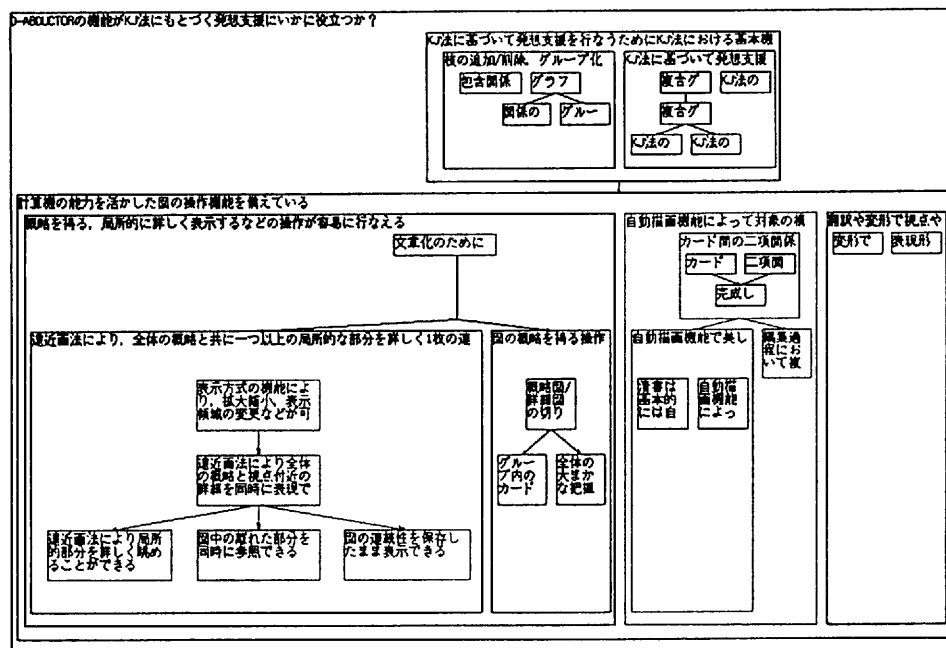


図 7: 複合グラフの遠近画法 (二様表示方式) による表示

D-ABDUCTORでは、魚眼表示方式、直交魚眼表示方式、二様表示方式³の3種類の遠近画

³以前は「2重焦点表示方式」と呼んでいた。xとyの各軸において、視点部分とその他の部分がそれぞれ一様(uniform)に拡大縮小されることから「二様(biform)」と名付けた。

法を備えている。それぞれ異なる特徴を持つが、表1に示された描画規約に従って描かれた複合グラフには二様表示方式が適している。二様表示方式は、遠近画法の一般的な特徴の他に、全体の外枠の形状を相似的に保存し、視点領域を相似的に拡大するという特徴をもつ。図7に複合グラフを遠近画法(二様表示方式)で表示した例を示す。

構造変換による概略化

不要な節点や枝を削除して構造を変化させることで概略を得る操作が構造変換による概略化(以後、概略化)である。D-ABDUCTORでは、概略化の際に表示すべき節点、また逆に削除すべき節点を、できるだけ有意にかつ形式的に判断するために重要度関数 I を用いる。重要度関数は異なる観点から節点に重要度を与える基本重要度 I_s 、 I_m 、 I_v の一次結合で次のように与えられる。

$$I(x) = w_s I_s(x) + w_m I_m(x) + w_v I_v(x; y_1, \dots, y_n) \quad (4)$$

ここで、 w_s, w_m, w_v は重み係数である。各基本重要度は次のようなものである。

構造的な重要度 $I_s(x)$ ：構造の構成要素としての節点に与えられる基本重要度で、現在の定義では包含木の根からの距離に -1 を掛けたものである。

意味的重要度 $I_m(x)$ ：情報の表現物としての節点に与えられる基本重要度で、各要素の表現する意味内容などから定義される。

視点重要度 $I_v(x; y_1, \dots, y_n)$ ：視点 y_i ($1 \leq i \leq n$)との位置関係によって与えられる基本重要度で、現在の定義ではグラフ上の距離で最も近い視点からの距離に -1 を掛けたものである。

構造重要度の重み係数 w_s を1にそれ以外の重み係数を全て0にして、重要度が閾値0より小さい節点を不要とすることで、グループ内に包含される節点を一時的に消すことができる。たとえば、B2、B3の様にラベル付け後次のグループ化へと進む場合に役立つ機能である。

また、C列の図解において、C4に対してC3の様に下の図解に対して上の図解は、一番内側のグループ内の節点を消去した状態を表現している。上の図解はそれぞれ下の図解の概略図に当たることから、B型文章化を行なう際に、上の方の図解を基に文章化を行なうことで、要約文を作成することができる。また、閾値を変化させて概略の程度を変えることで、作成する要約文の詳しさの程度を変えることができる。

全体の大まかな概略と共に現在着目している付近だけを多少詳しく見たいこと、または、局所的作業を行ないながらも全体の概略を参照して見たいことがある。そのような場合には、構造重要度と視点重要度の重み係数 w_s と w_v を共に正の値にして、他の重み係数を0にすることで、全体の概略と共に視点付近がある程度詳しく表示される⁴。図8に例として、本稿を作成する際に用いた図解(図6参照)を本段落に対応する節点に着目して概略化した図解を示す。

⁴このとき視点の数が唯一なら、重要度関数はFurnasによって提案された、関心度関数DOI[13]と等価になる。

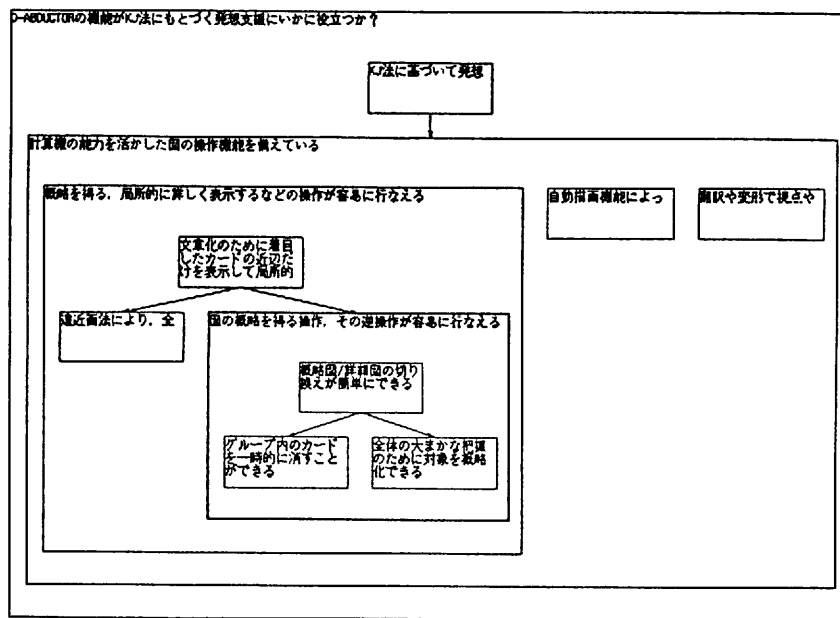


図 8: 本稿の構造を本段落に着目した場合の概略図

ここでは例を示さなかったが、意味的重要度も利用すると構造や視点とは独立に節点の意味的な重要性をより反映した概略図を作ることでもある。

3.3 変形 / 翻訳

図を変化させる操作は机上での手作業では困難である。しかし、この操作が容易に行なえると、図解取り扱いの自由度が増し新たな処理が期待できる。さらに、作画システムとは違って、背後に複合グラフという構造を持っていることで、その構造情報を利用した変形操作さえ計算機で行なうことができる。ここでは、D-ABDUCTOR に備わっている図解の変形操作と翻訳操作の機能について説明する。

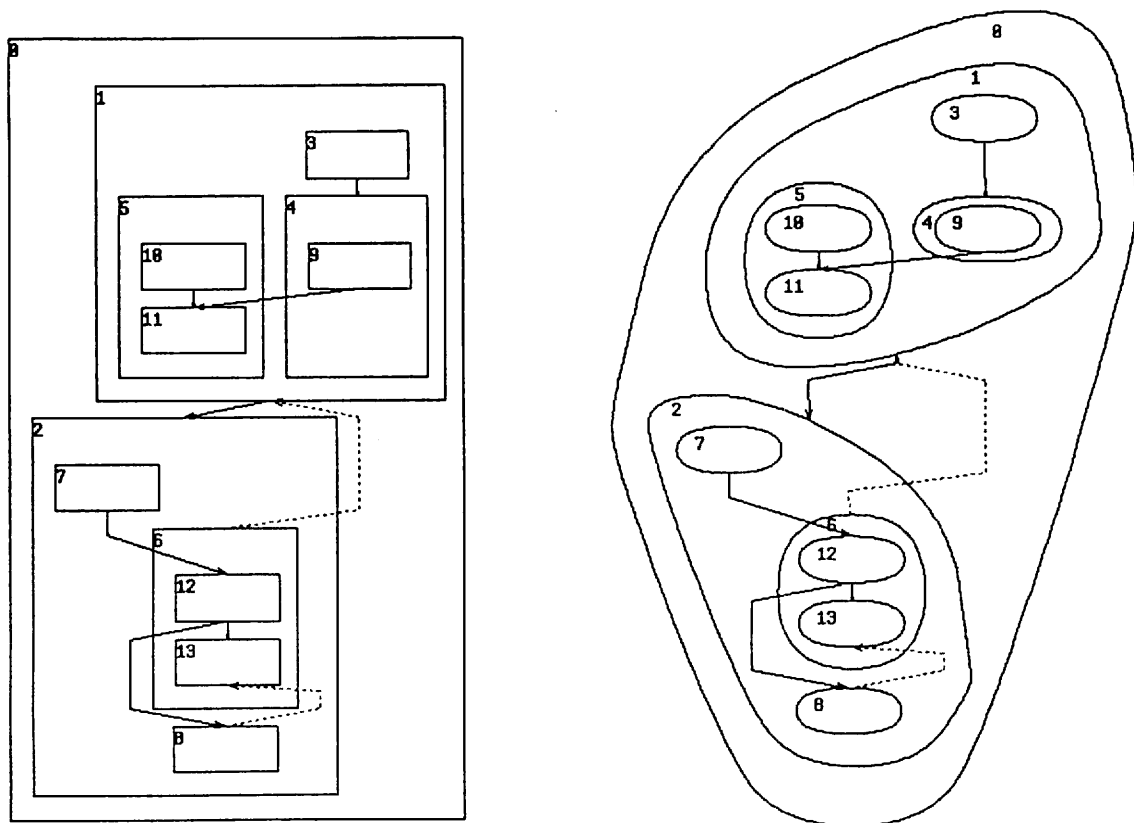
変形

図として表現された複合グラフの節点や枝は、位置の情報だけでなく、形状、線種、色など様々な属性を持っている。そして、それらの属性は様々な使われ方をしている。たとえば、エンティティ・リレーションシップ・ダイアグラムなどでは、節点の種類ごとに形状が異なり、節点のラベルを読まなくても一目で種類が判別できる。また、プログラムのフローチャートも節点の表す役割に応じて形状を変えている。そして、これらの図解に慣れ親しんだ人にとっては、“菱形 = リレーションシップ”，または“菱形 = 条件分岐”のように形状自身が意味を持つこともある。また印象の面からは、点線よりも破線で、破線よりも実線で表された関係の方が強力に思えるし、長方形、円など幾何学的図形による構成よりも非定型な曲線による構成の方が動的に感じられたりする。この様に形状、線種、色など図における節点や枝の属性も、図

解の表現力に大きな影響力を持っていることから、より良い図解を作成するためには、節点や枝の属性は表現内容に適したものが選ばれるべきである。

表現形式を変えないで要素の形状、線種、色など属性だけを変化させる操作が変形である。属性をも十分に活用してより良い図解を作成するには、この変形操作が自由に行なえる必要がある。しかし、机上での手作業で変形操作を行なうことは容易ではない。また、絵として変形操作を行なうことは既存の作画システムではありふれた機能であるが、図解を構造的には扱わないので手作業に近い手間が掛かり得る。

D-ABDUCTOR では図の要素各々に対する操作でなく、複合グラフという構造を後ろ楯にして、視覚化された複合グラフへの操作として変形操作が行なえる。重要度などを利用して、一定条件を満足する節点や枝だけに変形操作を適用することなど、手作業では非効率的で困難な操作が容易に行なえることで、図の印象を色々に変化させて、図の属性面でも最適な図解を模索することが可能になる。



(a) 直線だけによる表現

(b) 手描き様曲線を取り入れた表現

図 9: 直線から手描き様曲線への変形

図 9 に変形の例を示す。これは、直線分で構成された図解の一部を手描き様曲線へ変形した例である [3]。D-ABDUCTOR では、この変形操作はただ一つのコマンドの実行で行なうことができるが、この程度の変形でも印象が大きく変化することが明らかであろう。この変形は C4

の段階で図解が一応完成したあと、プレゼンテーション向けなどに図解を改良する場合に特に有効である。もちろん、それ以前の段階でも利用できるし、有効であることは言うまでもない。

翻訳

文章は、その構造である章立ては一般的に木構造であるが、読む際には多少の読み返しはあるももの木構造の探索経路などを頭に置く必要はなく、順序良く1次元的に読み進められる。いいかえれば、文章はそのように1次元的に読めるように記述しなければならない。したがって、そのような1次元の文章を作成するKJ法のB型文章化の段階は、2次元の広がりを持つ図解を1次元に変換する作業と見なすこともできる。

ところで、同じ木構造を表す2次元の図解でも、包含関係からなる木構造を表す場合には網図系の樹系図などよりも、領域系で領域の包含関係で直截的に表されている方が直感的で分かりやすいが、文章化に用いる場合には、領域系で表現された図よりも網図系で同一レベルの葉が直線上に配置されたいわゆる「木」の形の図の方が節点を逐次的に走査しやすい分、便利である。このように、表現形式は図解の用途によって使い分けられるべきである。

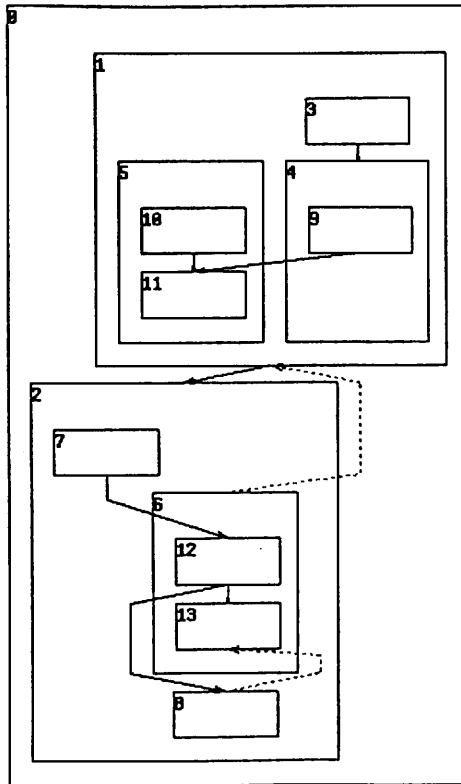
構造を変えずに表現形式を変換する操作が翻訳である。翻訳操作は翻訳先の表現形式に基づく描画規約に従う自動描画機能によって自動化可能である。D-ABDUCTORは領域網図複合系の図の自動描画機能を備えているので、領域系と網図系との間での翻訳操作が自動的に行なえる。

図10にD-ABDUCTORで行なった翻訳の例を示す。これは、D-ABDUCTORでのA型図解化の結果得られた複合グラフの包含木を網図系に翻訳した例である。葉の順序については人間が指定しなければならないが、その他の配置などは計算機が自動的に行なうため図解から文章を書き起こす作業が容易になる。同様な操作によって、包含関係を隣接関係へまたはその逆など関係全体の変換を行なって図解を変化させることも可能である。このような操作は視点を変えて対象を眺めるのに役立つ。

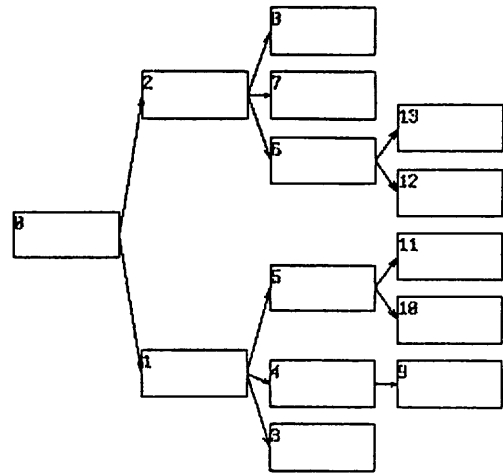
4 まとめ

D-ABDUCTORの持つ図の操作に関する機能を説明した。発想支援システムとしては、まだ決して十分な機能を備えているとは言い難く、今後はさらに人間にとって有意な機能を充実させていく必要があると考えている。しかし、本稿で説明した程度の機能でも、机上の手作業では困難だったり不可能だった作業が可能になってきている。

これまでは発想法の手順に従った作業が計算機上で行なえることを目指してきたが、支援システムが進歩するに連れて目指す所が微妙に変わりつつある。机上での作業は、机上での手作業であるがゆえの制約が含まれているかも知れないからである。その制約が取り除かれれば、発想法の作業手順さえ変わってくる可能性がある。たとえば、机上の手作業では全てのグループ化が終了した後空間配置のステップへと進むが、D-ABDUCTORではグループ化を行なった



(a) 領域網図系による複合グラフ



(b) 網図系による包含木

図 10: 複合グラフの包含木を網図系~~系~~で表現

各時点においてもグループ内の節点間に陽に関係付けを行なうことが可能である。

このような作業手順の違いが発想活動にどのような影響を与えるかは現時点では不明である。しかし、このような手順の変化から次のような第3の支援形態を考えることができる。

3. 発想法の手順を離れ、より優れた手順を計算機が支援する。

新機能の開発により制約が取り除かれるごとに、より良い手順を模索することは発想法を修正改良することにもつながる。今後は発想支援システムの開発と同時に、作業手順や方法をも議論の対象に含めた使用実験を繰り返すことが必要である。

最後に、本研究を行なうに当たり常日頃から有益な助言を頂いている同研究所 杉山公造博士に感謝します。

参考文献

- [1] 川喜田二郎：KJ法，中央公論社，p.581 (1986)。
- [2] Sugiyama, K. and Misue, K. : *Visualizing Structural Information : Hierarchical Drawing of a Compound Digraph*, Research Report 86, IIAS-SIS, FUJITSU LIMITED (1989)。

- [3] 三末 和男, 杉山 公造 : 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, 情処第 37 回全国大会, 4H-7 (1988).
- [4] 三末 和男, 杉山 公造 : 複合グラフの階層化について, 情報処理学会第 38 回全国大会, 5B-7 (1989).
- [5] 三末 和男 : 無向枝と有向枝の混在するグラフの描画法について, 情報処理学会第 39 回全国大会, 3L-9 (1989).
- [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, 情処論文誌, Vol.30, No.10, pp.1324-1334 (1989).
- [7] 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, 情処研究会, 90-HI-29-5 (1990).
- [8] 三末 和男, 杉山 公造 : 図の概略化と発想支援への応用, 情処研究会, 90-HI-31-1 (1990).
- [9] 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所報告第 24 号, 第 25 号, 富士通株式会社 (1988).
- [10] 出原 栄一, 他 : 図の体系 日科技連, p.252 (1986).
- [11] 杉山 公造 : 図形言語とスケッチ・エキスパート 情報処理学会情報学基礎研究会, 86-FI-3-2 (1986).
- [12] 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).
- [13] Furnas, G. W. : *Generalized Fisheye Views*, Proceedings of Human Factors in Computing Systems, pp.16-23 (1986).