

図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について

三 末 和 男[†] ・ 杉 山 公 造[†]

D-ABDUCTOR は、人間の発想能力と計算機の情報処理能力の効果的統合を目指して開発を続けている発想支援システムである。その特徴は、(1) KJ 法の過程を図的思考展開過程としてとらえた、対話型支援システムであること、(2) 図の高度な編集を可能にし、操作を容易にする図の自動描画機能を利用した高性能グラフィック・インタフェースの開発に最も重点を置いていること、(3) 直接操作環境とアニメーション環境を実現し、ユーザの手間と認知的負担を軽減していること、(4) 通信機能やマルチメディア機能などの計算機の能力を活用することにより、発想支援の新しい可能性を実現していること、などである。本論文では、KJ 法を参考にした発想支援システムの開発に対する基本的な考え方を述べ、実現した D-ABDUCTOR が提供する機能について詳しく説明する。また、実際に KJ 法的な作業を行った例を用いて D-ABDUCTOR の利用法を示すとともに、ユーザの実作業に対する試用報告に基づいて D-ABDUCTOR を機能的にまた総合的に評価する。

On Development of Diagram Based Idea Organizer D-ABDUCTOR

KAZUO MISUE[†] and KOZO SUGIYAMA[†]

D-ABDUCTOR has been developed to attain an effective integration of human thinking capability and computer information-processing capability. It has the following features: (1) an interactive system that can support diagrammatical thinking processes like the KJ method, (2) an advanced graphical user-interface providing powerful and simple editing facilities for diagrams, (3) direct-manipulation environment and animation environment where several kinds of automatic drawing facilities are exploited to reduce time-consuming chore and to lighten the cognitive burden imposed on the users, (4) communication facilities and multimedia facilities to developing potentialities of computer thinking-support. In this paper, basic ideas for developing thinking support system referring the KJ method are described. Then facilities provided by D-ABDUCTOR are explained in detail. Next usage of D-ABDUCTOR is shown through an example of a practical work like the KJ method. Finally D-ABDUCTOR is evaluated according to users' reports.

1. はじめに

計算機は人間の思考を支援または代行によって拡張強化する道具として開発されてきた。最近、研究者の興味も、人間の思考過程において形式的な情報処理が中心となる下流域だけでなく非形式的な情報処理が中心となる上流域にも広がってきたせいも、「発想」や「創造的問題解決」という言葉で表される人間の思考活動を計算機で支援することを目指す研究が盛んになってきた^{1)~3)}。その背景としては、近年の、ワークステーション、ネットワーク、ヒューマン・インタフェース、人工知能などの技術的進歩をはじめとして、我々の日常業務や研究活動において創造的なアイデア

生成を主体とする高度かつ組織的な知的活動⁴⁾が増加していること、また、文書作成やソフトウェア開発の構想段階やエキスパート・システム開発の知識獲得段階などのいわゆる上流工程に対する支援が重視され始めたことなどをあげることができる。すなわち計算機が本当に役立つ道具であるためには、情報が文節化⁴⁾、形式化される以前のいわば「モヤモヤした状態」から人間の思考活動を支援代行できる必要があることが良く認識されてきたからだといえよう。

発想技法の代表的なものとして日本で創始された KJ 法⁵⁾がある。そのためかわが国における発想支援の研究開発への取り組みには、KJ 法を参考としたものが多い⁶⁾。KJ 法の手作業を計算機上でシミュレートすることを目指した KJ エディタ⁷⁾や、KJ 法の考え方をういて知識獲得を支援する CONSIST⁸⁾などが開発されている。

[†] 株式会社富士通研究所 情報社会科学研究所
Institute for Social Information Science, FUJITSU
LABORATORIES LTD.

図的発想支援システム D-ABDUCTOR⁹⁾⁻¹¹⁾ は、「狭義の KJ 法」と呼ばれる、「ラベルづくり」から「図解化」を経て「叙述化」に至る技法を参考とし、人間の発想能力と計算機の情報処理能力の効果的統合を目指して開発を続けている発想支援システムである。これまでは基礎的な要素技術の開発を中心に研究を進め、図の自動描画法^{12),13)}、手描き様図の生成法¹⁴⁾、一覽性のための多視点遠近画法^{15),16)}、図素の重要度を反映した表示法¹⁷⁾などを開発してきた¹⁸⁾。このたび、これらの要素技術を直接操作環境とアニメーション環境のもとで統合し、さらにグループによる使用のための通信機能¹⁹⁾や画像を扱うマルチメディア機能などを整備することで、実用域にはほぼ到達できた。

D-ABDUCTOR の特徴は次のようにまとめることができる。

- (1) 狭義の KJ 法の過程を「図を描き替えながら思考を展開する過程 (図的思考展開過程)」としてとらえ、対話型支援システムとして実現している。
- (2) 図の高度な編集を可能にし、操作を容易にする高機能グラフィック・インタフェース (GUI) の開発に最も重点を置いている。
- (3) 直接操作環境とアニメーション環境を実現し、その中で我々が独自に開発した図の各種自動描画機能を利用することにより、図の編集作業におけるユーザの手間と認知的負担を大幅に軽減している。また、自動描画機能をどのように利用するかをユーザが選択できる機能も用意している。
- (4) 上記機能のほか、通信機能やマルチメディア機能などの計算機の能力を活用することにより、グループによる発想支援や画像データを用いた発想支援など新しい可能性を実現している。

以下、第 2 章では D-ABDUCTOR の開発の基本的な考え方を簡単に述べ、第 3 章では今回実現した D-ABDUCTOR が提供する機能について詳しく説明する。第 4 章では実施例を用いて D-ABDUCTOR の利用法を示し、第 5 章ではユーザの実作業に対する試用報告に基づいて D-ABDUCTOR を評価する。第 6 章ではまとめと今後の課題について述べる。

2. 図的発想支援システム開発の考え方

KJ 法は、研究、教育、ビジネス、産業などの広範な分野における定性的データに基づいた問題解決への系

統的接近法として有名である。KJ 法は問題提起から結果を味わうまでの「一仕事」の全体を対象としているが、このうち「狭義の KJ 法」と呼ばれる、本質追求の過程が KJ 法の核心をなしている。本稿では、狭義の KJ 法をあつかい、以後単に「KJ 法」と呼ぶ。

KJ 法 1 ラウンドは大きく分けると、(1)ラベルづくり、(2)グループ編成、(3)A型図解化、(4)B型叙述化、の 4 ステップからなるが、これらのステップにおける手順は小道具を用いた手作業の体系として提示されている。我々はまず KJ 法を図的思考展開過程としてその特徴を分析し、研究課題を抽出するとともに、KJ 法の手順を図言語とその操作の観点から考察した^{20),21)}、表 1 に各ステップにおける作業内容と図的操作を示す。

我々は、KJ 法を参考とした図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発に際し、次のような考え方のもとに研究を進めた。ただし、実際の作業は下記の順序通りには進行せず、むしろ、(2)、(3)、(4)は繰り返し並行して行われた。

- (1) 表 1 に示したような KJ 法の手作業の模擬機能を D-ABDUCTOR のための必須機能として実現する。
- (2) 手作業のうち手間がかかり非本質的な作業を計算機の能力を使って代行できる部分がないかを考察し、そのような機能を実現する。
- (3) 計算機上で行うことで手作業の場合に比べて不利になることはないかを考え、それを克服する

表 1 KJ 法の各ステップにおける作業内容とそこで行われる図的操作

Table 1 Works and diagrammatic operations at each step of the KJ method.

ステップ	作業内容	図的操作	
(1) ラベルづくり	アイデアや情報を収集してカードに書く。	カードの作成、削除、テキスト、図、絵の記入。	
(2) グループ編成	(2-1) ラベル並び	カードを (ランダムに) 並べる。	カードの移動。
	(2-2) ラベル集め	関係のあるカードを近くに集めてグループを作る。	カードの移動。
	(2-3) 表札づくり	各グループに表札 (別のカード) をつけ、まとめて 1 枚のカードとして扱う。	カードの作成、テキストの記入、グループをカード (表札) にまとめる。
(3) A型図解化	(3-1) 空間配置	グループを展開しながらカードを適切に配置する。	カードの移動、グループの移動、カード (表札) をグループに展開する。
	(3-2) 図解化	グループの輪郭線やカード間の関係線を描く。	輪郭線の描画、関係線の描画。
(4) B型叙述化	図解の内容を文章化する。または、口頭で発表する。	図解のテキストへの変換。	

ための機能を実現する。

- (4) 計算機環境において情報処理技術を活用することで手作業では行えなかった新たな可能性について考察し、そのような機能を実現する。

3. D-ABDUCTOR の機能

図1は本システムの構成図である。本システムはUNIX ワークステーション上でXウィンドウ・システムのアプリケーションとして開発された。スタンド・アローンのワークステーションでも使えるが、ネットワークでつながれたワークステーションによりグループの協同思考作業にも利用できる。

以下、本システムが提供する機能それぞれについて前章で述べた開発の考え方の順に沿って説明する。

3.1 計算機上での手作業の模擬機能

複合グラフ

KJ 法で用いられる図解は、図的な分類²²⁾に従うと、領域による包含関係と関係線による隣接関係が表現できる領域網図複合系の図である。本システムでは領域網図複合系の図を表現できるようにグラフを拡張したデータを扱う。それは複合グラフと呼ばれ、数学的には複数種類のエッジを持つグラフとして定義される^{12),13)}。本システムでは、グラフの用語に従ってカードと関係線をそれぞれノードとエッジと呼ぶ。

操作環境

マウスによる直接操作、メニューによるコマンドの選択、ダイアログ・ボックスを通したシステムとの対話など、簡単で分かりやすい操作環境を提供している。特に、作業の中心となる、ノードの移動、エッジの作成、グループ（他のノードを包含するノード）へのメンバー（ノード）の追加、削除など図の編集操作はすべてマウスによる直接操作だけで行える。図2にメニューやダイアログ・ボックスを含む D-ABDUCTOR の画面例を示す。

視覚レスポンス

各操作に対して豊富な視覚レスポンスを提供している。たとえば、図の変更を引き起こすような操作や設定変更を行った場合には直ちにその変化を視覚的に知ることができる。また、ラバーバンドを用いてノードやエッジを選択するときの選択候補や、ノードの移動によってグループを変更するときの新グループの候補、エッジを作成するときの終ノードの候補など、すべてハンドルを動的に付加消去することで視覚的に示される。

3.2 計算機による手作業の代行機能

自動描画機能

手作業による図の再配置や描き替えは面倒な作業である。そこで、本システムでは認知的基準に基づいて

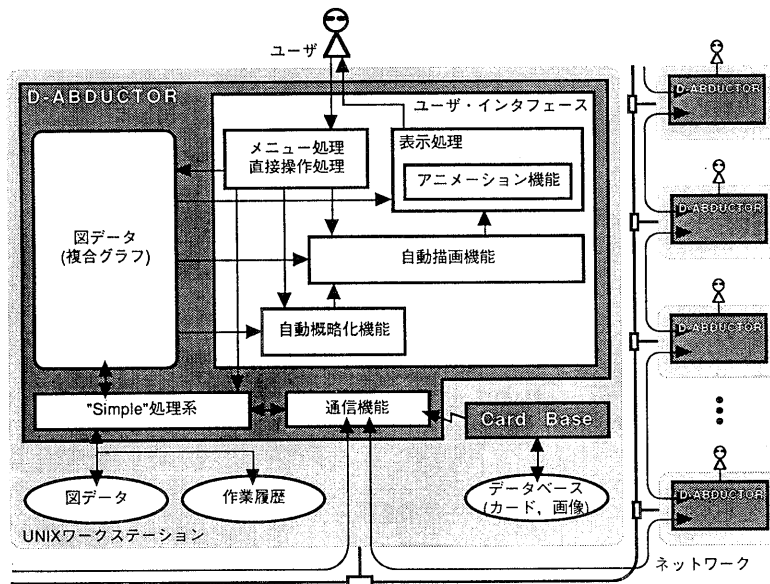


図1 図的発想支援システム D-ABDUCTOR の構成
Fig. 1 The architecture of D-ABDUCTOR.

複合グラフを見やすく美しい図として描く描画アルゴリズム^{12),13)}を実装した自動描画機能を提供している。自動描画機能は、図の清書機能としていつでもメニューから選んで実行できる。図3は第4章で説明するKJ法的作業の画面例であるが、このうち(d)が自動描画機能の適用前、(e)が適用後である。この自動描画機能は清書機能だけでなく、次に説明するインクリメンタル編集機能や自動概略化機能など本システムが提供する多くの機能の基礎をなしている。

インクリメンタル編集機能

図の編集においてユーザが最小限の指定を行うだけで図が適切に描き替えられるとありがたい。本システムではノード、グループ、エッジの追加、削除、変更などの編集操作のうち適当なものをユーザが自動描画のトリガとして設定することを許している。それにより、図を編集するごとに、直ちに図が描き替えられるインクリメンタル編集が可能である。

3.3 計算機の不利を克服する機能

自動概略化機能

KJ法が行われる机の上や黒板に張り付けた横造紙に比べて一般に計算機の画面は小さすぎる。従来からの対策としてはスクロール機能などが利用されているが、それだけでは一覽性という図の重要な性質が失われてしまう。

自動概略化機能は、図の構造、ノードの意味、そしてユーザの視点に基づいて与えられる重要度に従ってノードの可視性やサイズを変更する¹⁷⁾。これにより、重要なノードだけが大きく残された概略図を得ることができる。ユーザは重要度の与え方などをパラメータで調節できるので好みの概略化を行える。たとえば、重要度がユーザの視点に強く依存するようにし、重要なノードが拡大され、他のノードは存在が分かる程度に縮小されるようパラメータを設定すると、視点とその近傍が大きく詳細に描かれるが、視点から遠いノードは縮小されて、全体としては表示領域が節約できる。

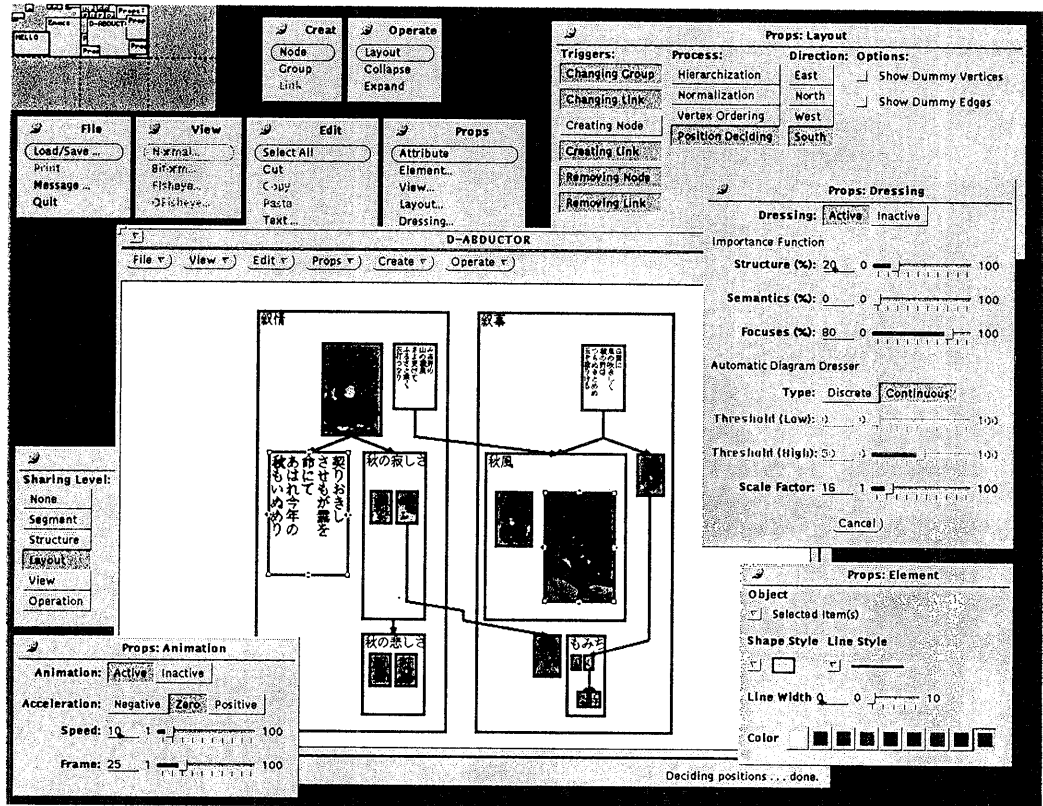


図2 D-ABDUCTORの画面例(主ウィンドウとともにメニューとダイアログ・ボックスを表示している.)

Fig. 2 An instance of a workstation screen with D-ABDUCTOR (a main window, menus and dialog boxes are appeared.).

図4は重要度に応じてノードのサイズを変えて表示した例である。

ノードの拡大縮小に対してテキストも拡大縮小するかまたは固定サイズとするかはユーザが選択できる。縮小にはグレースケールを用いているので、単色での縮小より認識性がよい。

アニメーション機能

図の消書機能や、インクリメンタル編集機能を用いる場合、計算機による描き替えが図を瞬時に急激に変化させるためユーザのメンタル・マップ²³⁾を破壊して作業の効率を低下させる可能性がある。本システムではアニメーション機能により図の変化を徐々に見せることでメンタル・マップの保存を助けている。

3.4 進んだ計算機環境の活用機能

言語 Simple

D-ABDUCTOR が扱う図のデータ、ユーザの操作、コマンドをすべて記述できる言語“Simple”を用意した¹¹⁾。これにより図をテキスト・ファイルに保存でき、また、そのファイルを読み込んで作業を継続できる。D-ABDUCTOR は言語 Simple のインタープリタとして機能するので、言語 Simple のステートメントを与えることで対話的な操作なしで D-ABDUCTOR を制御できる。これにより、次に説明する作業履歴の記録・再生や通信機能などが実現できた。

作業履歴の記録・再生

作業履歴を保存することで、前に戻って考え直すことが可能になる。また、思考履歴として分析することで、発想過程の研究にも利用できる。そこで、ユーザの作業をすべて言語 Simple のステートメントに直し、ファイルに書き出す機能を用意した。このファイルを見ることでどのような作業がどのような順で行われたか知ることができる。さらに、D-ABDUCTOR でそのファイルを読み込むことで、作業過程を再生することもできる。

他のワークステーションとの通信

ネットワークで接続された他のワークステーションと情報を共有する機能を提供する¹⁹⁾ことで、個人だけでなくグループでの、また同室だけでなく遠隔での協同の思考作業が可能になる。D-ABDUCTOR では、言語 Simple のステートメントに直したユーザの作業を、ネットワークでつながった他のワークステーション上の D-ABDUCTOR のプロセスに送ることができる。受け取ったプロセスはそれを直ちに解釈、実行する。この機能により複数のワークステーション間でコ

マンドや操作を共有することが可能である。

他のツールとの通信

カードデータベース Card Base¹¹⁾ を提供し、本システムと連携可能にした。Card Base は、キーワードを用いた論理式に基づいてテキストや画像を検索できるデータベース管理システムで、テキストや画像をもつノードを作成する言語 Simple のステートメントを D-ABDUCTOR に送る。

また、D-ABDUCTOR はグループによる発想作業を総合的に支援するグループ発想支援システム GrIPS²⁴⁾ においても機能する。その際、「ドラッグ・アンド・ドロップ」と呼ばれる簡単な直接操作によって他のツールからテキストや画像などの情報を受け取る機能を備えている。

マルチメディア機能

人間が思考に用いるメディアは多様であるため発想支援システムでもマルチメディア化が期待される。それにより、静止画はもちろん、紙のカードでは取り扱えなかった動画や音声もラベルとして利用可能になる。

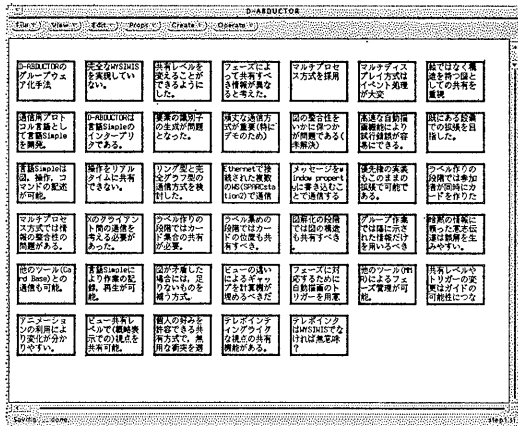
本システムでは、マルチメディア化へ向けての第一歩として、画像の管理を行う Card Base を用意し、テキストだけでなく画像もノードに付加できるようにしている。さらには音声や動画の利用も技術的には可能であるが、図的発想支援においては、いくつかの問題が考えられる。それらの問題については第6章で述べる。

4. KJ 法的作業の実施例

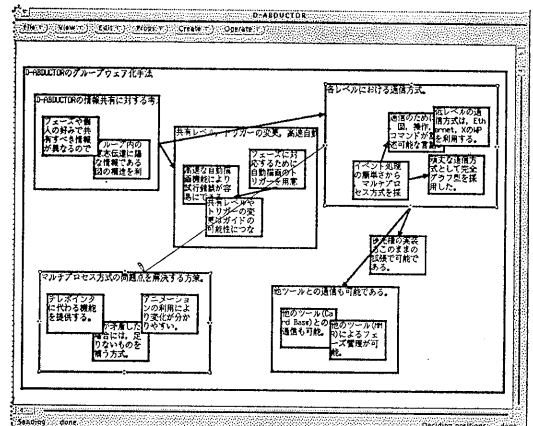
開発したシステムを使って「D-ABDUCTOR のグループウェア化手法」というテーマで KJ 法的作業を実施した例を用いて、前章で説明した機能がどのように利用されるかを説明する。以下、各ステップで行った操作を具体的に説明し作業途中の画面例(図3)も一緒に示す。なお、この作業は文献19)を作成するために実際に行われたものである。

(1) ラベルづくり

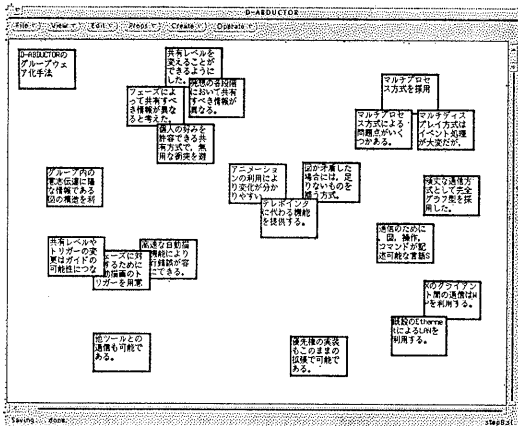
テーマに関してアイデアを思い付くごとに、ノードを一つ作成しテキスト(または画像)として入力する。あらかじめ図5(a)のようなラベルのデータをテキスト・エディタで作成しておいて一度に読み込ませることもできる。いずれのやり方でも、ノードはまず図3(a)のように格子状に配置される。



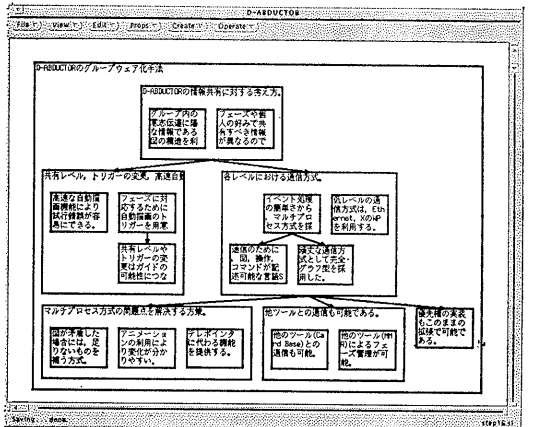
(a) ラベル(ノード)の初期配置
 (a) Initial layout of labels (nodes).



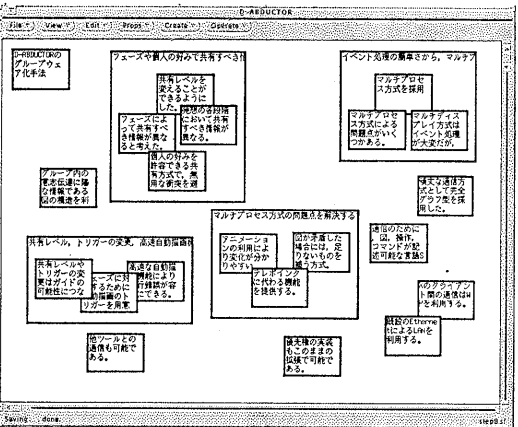
(d) グループを展開しながら、関係線を付けているところ
 (d) The scene of that some groups have been expanded, and some adjacency edges have been added.



(b) 関係あるノードを近くに集めたところ
 (b) The scene of that some related nodes have been collected.



(e) 自動描画機能により描き変えられたところ
 (e) The scene of that the diagram has been redrawn by the automatic drawing facility.



(c) グループを作成し、ラベルを入力したところ
 (c) The scene of that some groups have been made and their labels have been entered.

図 3 KJ 法的作業の画面例

Fig. 3 An example of the KJ method like work represented by some D-ABDUCTOR windows.

(2) グループ編成

全体が数個のグループになるまで以下の(2-1)から(2-3)を繰り返す。(2-1)各ノードをそれぞれが見えるように移動(マウスでドラッグする)する。(2-2)ノードを移動して関係あるもの同士を集める(図3(b))。(2-3)近くに集まったノードを選択してグループを作成(メニューからグループ作成を選択)し、ラベルを入力する(図3(c))。作成したグループを一つのノードにまとめる(ノードのメニューから Collapse を選択)。

(3) A型図解化

グループを展開(ノードのメニューから Expand を選択)しながら、エッジの作成(始ノードを選択し、ハンドルから終ノードへマウスをドラッグする)を続

ける(図3(d))。自動描画機能を利用すると直ちに図3(e)のように清書できる。最終的にA型図解化によって得られた図解(最終ノード数59)を表示した例を図4に示す。自動概略化機能により、限られたサイズの画面において図解全体を表示しながらも、一部のノードを文字が十分に読めるまでに拡大できている。

(4) B型叙述化

完成した図解をテキストに変換(メニューからセーブを選択しアウトライン・テキストの形式で保存)すると、図5(b)に示したテキストが得られる。テキストには、図解におけるノードの配置や包含関係を反映し、章節項のようにネストした番号が付けられていて、以後はそれを基にしてテキスト・エディタでも編集できる。

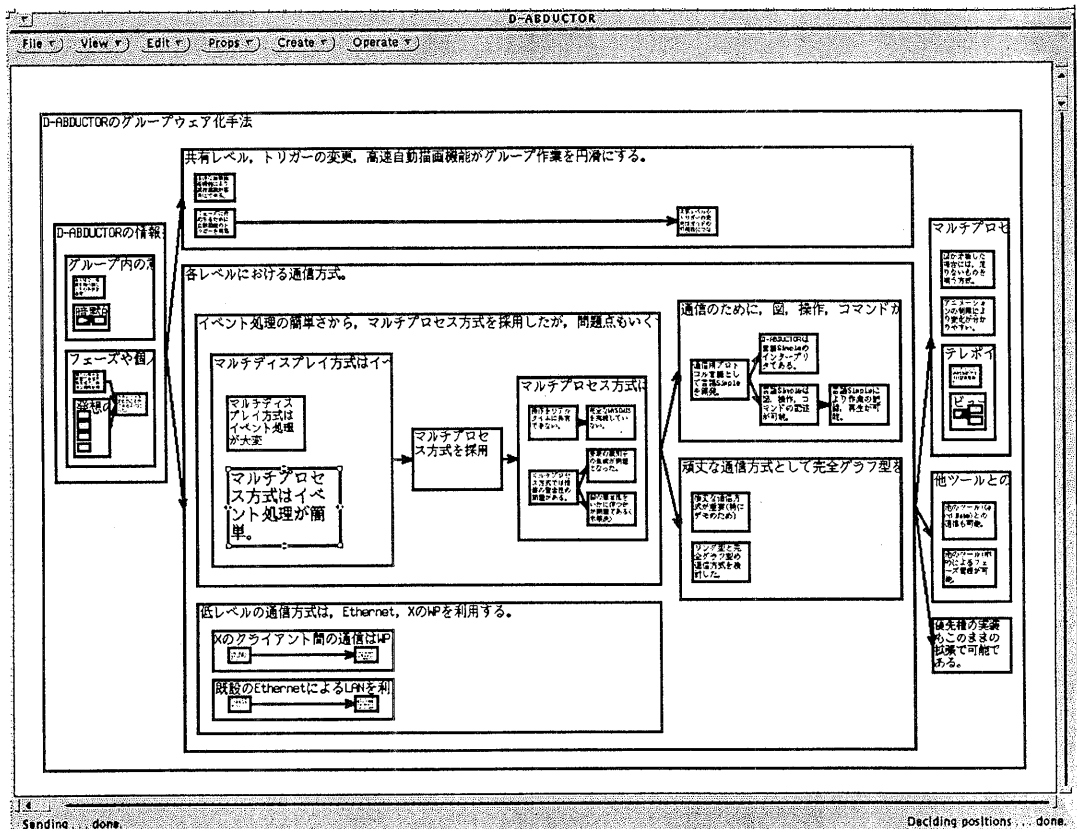


図4 D-ABDUCTOR による図解の表示例(自動概略化機能を使用, 最終ノード数59) 「D-ABDUCTOR のグループウェア化」というテーマで KJ 法的作業を行って得られた図解
 Fig. 4 An instance of a diagram displayed by D-ABDUCTOR (with the abridgment facility, final number of nodes is 59)
 This diagram was obtained by the KJ method like work on "Adding groupware facilities to D-ABDUCTOR."

5. D-ABDUCTOR の試用評価

発想支援システムが扱おうとしているアイデアというものは質や量に関して尺度が明確になっていないため、システムが発想にどう役立つかを客観的に評価することは現状では困難であり、評価法自体が別の研究課題とも考えられる。そこでまず我々は、本システムを試用中のユーザの使用感や満足度を把握するために、各機能やシステム全体の使い勝手に関しアンケート方式でユーザから試用報告を求め、D-ABDUCTORの機能的評価や総合的評価を行うことを試みた。本章では、アンケートの方法と取りまとめ結果を示す。

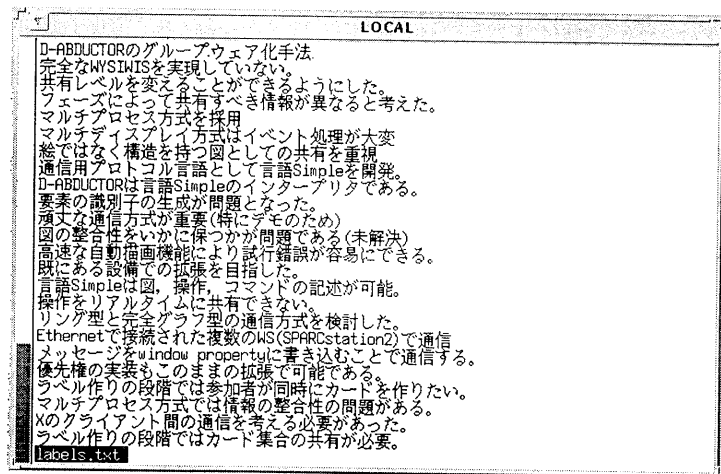
5.1 アンケートの方法

報告者（アンケートに回答したユーザ）は、(株)富士通研究所内5名および富士通(株)内3名、大学2名の計10名である。報告者は、日常的にワークステーションを使って仕事をしていて、ウィンドウ・システムには十分に慣れているレベルの人たちである。報告者によるD-ABDUCTORの試用はこちらからの依頼ではなく、報告者側からの希望によるものである。報告者がD-ABDUCTORを利用して行った作業もこちらから指定したものではなく、各報告者は自分の実作業に対して自由にD-ABDUCTORを利用した。

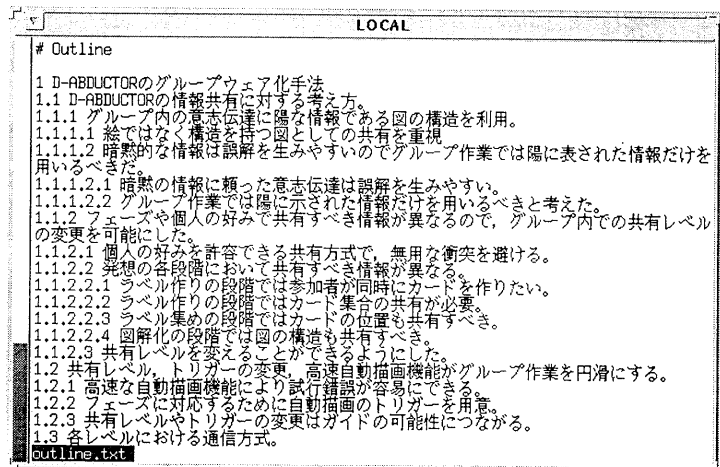
アンケートはすべて電子メールで行った。はじめに各ユーザに自由形式で利用状況の報告を求め、報告を受けた作業を分類し各ユーザにフィードバックするとともに、報告者のうちまだ実作業に利用していなかった(株)富士通研究所の1名および大学の1名を除く8名に評価のための詳細なアンケートを依頼した。アンケートの質問項目は次のとおりである。

- A. 作業名/作業内容の概要
- B. 作業者数/ワークステーション数

- C. 図解サイズ（ノード数/隣接エッジ数）
- D. 下記項目に対する5段階評価（5：とても役立つ、優れている、…、1：全く役立たない、劣っている）とその理由
 - (1) 複合グラフ（複合グラフの表現能力）
 - (2) 操作性（直接操作環境、メニュー、ダイアログボックス）
 - (3) 視覚レスポンス（操作に対して動的にノードやエッジにつくハンドル）
 - (4) 自動描画機能（図の描き変え機能）
 - (5) インクリメンタル編集機能（操作に対して自



(a) テキスト・ファイルとして作成したラベル
(a) Labels made as a text file.



(b) 図解から変換され、番号付けされたテキスト
(b) Numbered text converted from a diagram automatically.

図5 KJ法的作業で利用するテキストの例
Fig. 5 Examples used by the KJ method like work.

動的に図を描き変える機能)

- (6) 自動概略化機能 (視点を選択すると自動的にノードを拡大縮小する機能)
- (7) アニメーション機能 (図の変化を動画で見せる機能)
- (8) 言語 Simple (図のデータや操作を記述する機能)
- (9) 作業履歴の記録・再生 (作業履歴を言語 Simple で記録・再生出来る機能)
- (10) 通信機能 (グループウェア機能)
- (11) 総合(あなたの作業に対するD-ABDUCTORの総合的な評価)

E. 特に良い点/悪い点

F. 全体的なコメント

5.2 集計結果

報告された 16 種類の作業を大きく五つのカテゴリに分類した。表 2 はそのカテゴリに沿って、アンケートの質問 A-D の数量データを集計したものである。作業数、ワークステーション数、図解サイズは報告されたもののうちそれぞれ最大のものをあげた。質問

D の 5 段階評価は各カテゴリごとの平均と作業全体の総平均を求めた。(未使用のため評価できない場合は「-」で表した。)

利用された作業の種類

D-ABDUCTOR は、もともと KJ 法のようなアイデア発想・整理を想定して開発されたシステムであるが、報告者はそれ以外の様々な種類の作業に利用していた。このことは開発者が想定していたよりも用途の広がりの可能性がもっと大きいことを示している。

項目別評価

表 2 の項目 (1)-(7) の評価に着目する (項目 (8), (9), (10) はまだ利用者が少ないので考察の対象からははずす)。総平均で点が高い (4 以上の) 項目は、(1), (4), (6), (7) であった。これらに高い評価を与えた理由としては次のものが挙げられた ((6) に関しては具体的なコメントは得られなかった。

- (1) KJ 法ライクな図解をつくるのに十分役立つ。「流れ」と「まとめり」の両方を表現できる。
- (4) 図解作成作業が楽である。時間短縮・思考の円滑化に効果的である。

表 2 D-ABDUCTOR の試用評価アンケート A-D の集計結果
Table 2 Results of questions A-D of the questionnaire for evaluating D-ABDUCTOR.

作業	ユーザ数	WS数	図解サイズ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(I) KJ法等によるアイデア整理 (平均)				4.40	3.80	3.60	4.40	4.20	4.40	4.60	3.00	3.67	5.00	4.00
グループウェア利用の検討	12	3	392/324	5	4	2	4	4	5	5	-	3	5	4
ドキュメント執筆環境の検討	4	1	40/20	5	4	4	5	5	5	5	-	5	-	4
グループウェア執筆環境の検討	1	1	78/0	5	5	4	5	5	5	5	-	-	-	4
システムの問題点の整理	1	1	60/23	3	4	5	4	5	4	4	-	-	-	4
論文のアイデア整理	1	1	37/14	4	2	3	4	2	3	4	3	3	-	4
(II) 文章構成などの検討 (平均)				4.50	3.00	4.00	4.25	3.25	4.33	4.75	2.50	3.00	-	3.75
OJT報告書の題材・文章構成の検討	1	1	23/24	4	2	4	4	2	-	5	-	-	-	4
講義レポートの作成	1	1	15/50	5	3	5	4	4	5	5	2	-	-	3
プレゼンテーション手順の検討	1	1	27/8	4	2	3	4	2	3	4	3	3	-	4
ビデオ・プログラムの設計	1	1	123/70	5	5	4	5	5	5	5	-	-	-	4
(III) 構造の設計 (平均)				4.50	2.50	4.50	4.00	3.00	5.00	5.00	2.00	-	-	3.50
データベースのスキーマ設計	1	1	28/7	4	2	4	4	2	-	5	-	-	-	4
プログラム・モジュールの機能配分	1	1	10/10	5	3	5	4	4	5	5	2	-	-	3
(IV) 図解の作成 (平均)				4.00	2.50	4.00	4.50	3.50	-	5.00	-	-	-	4.00
プログラム・モジュールの関連図作成	1	1	22/33	4	2	4	4	2	-	5	-	-	-	4
OMT法でのオブジェクトの二次元配置	2	1	19/29	-	3	4	5	5	-	5	-	-	-	4
(V) 図解による考察 (平均)				3.50	3.33	4.00	4.00	4.33	4.00	5.00	4.00	-	-	3.33
プログラムの性能チューニング	1	1	50/69	3	2	3	3	4	4	5	4	-	-	4
自動生成した決定木の可視化	1	1	979/978	-	4	5	4	4	5	5	4	-	-	4
代数構造の図解化による学習	1	1	108/86	4	4	4	5	5	3	5	-	-	-	2
総平均				4.29	3.19	3.94	4.25	3.75	4.33	4.81	3.00	3.50	5.00	3.75

- (7) 図の変化がとても分かりやすい。
作業の円滑化につながる。
見ていて楽しい。

項目(2), (3), (5)は総平均が4未満であった。特に(2)と(5)は2がそれぞれ6件と5件あり、その理由として次のような不満や改良要求があった。

- (2) 日本語が入力しにくい。
表示の極小状態で難がある。
COPY, PASTE, UNDO などの機能が欲しい。
- (5) 変更の度に描き替えを待たなければならない。
動いて欲しくない時に描き替えが起こった。

総合評価

総合評価(項目(11))は、4が13件、3が2件、2が1件とほとんどが4の評価であった。特に我々が本システムの開発にあたり想定した作業に最も近いと思われるカテゴリ(I)の「KJ法等によるアイデア整理」の作業ではすべて4の評価を得ている。2や3を与えた作業は想定とはかなり異なった作業に用いられており、特に2を与えた「代数構造の図解化による学習」はあらかじめ定まった数学的構造を対象とした作業であった。以上より今回実施したアンケートによるD-ABDUCTORの総合評価は大体4と考えてよいであろう。

報告者の全体的なコメントのうち総合的な観点から発想作業への効果や使用感を述べたものを表3に紹介する。元の文章をそのまま残すように努めたが、冗長な部分は削除し文体は多少修正した。

今後改良すべき点

報告者のコメントの約3割は機能に対する要求であり、それらは下のようにまとめることができた。今後はこのようなユーザの意見を考慮してシステムを改良

表3 D-ABDUCTORの効果・使用感に関するユーザのコメント

Table 3 Users' comments on and impression of D-ABDUCTOR.

効果	前年の約1/2程度の時間で報告書の骨組みができたように思う。発表の手順表を簡単に作成でき準備時間の短縮に役立った。紙やホワイトボードでの作業と比較すると色/線種による効果が大い。レイアウトの変更により発想の転換が図れた。
使用感	表現できる図に制限はあるがKJ法ライクな絵を作るには十分。全体のイメージが即座に把握できるので思考の助けになる。多少の制限はあるがかなり手軽に考えをまとめることができる。作業内容を整理して表示してくれるので考えがまとめやすかった。自由度が低いことが逆に思考を制限しているのではないかと思われる。KJ法を普段から行っていないと性能を十分に生かし切れないかもしれない。

していく必要がある。

- 複合グラフのクラス拡張
- 自動描画スタイルの多様化
- 図の編集コマンドの充実化
- テキスト入力・表示機能の改良
- 図のマルチウィンドウ表示のサポート

6. ま と め

図を用いた思考過程の支援を目指して開発した図的発想支援システム D-ABDUCTOR について説明した。まず、KJ法を参考にしてシステムに求められる機能を整理し、それに基づいて開発した基礎技術を統合した D-ABDUCTOR の機能について説明した。さらに、それを使って行った KJ 法的な作業の例によって基本的な機能の利用例を示した。また、ユーザの試用報告に基づいて本システムを機能的および総合的に評価した。

今後の課題としては、まず、実験による総合的な評価があげられる。多くの発想作業に利用して、本システムが提供する図的作業の支援の有効性を検討する必要がある。また、計算機で発想支援を行うのに従来の発想法の手順が適しているかどうかの検討も重要である。そのためには、KJ法など特定の発想法の手順に従ってユーザを導いてくれるガイド機能²⁰⁾およびガイドのカスタマイズ機能の開発なども併せて行うべきであろう。

今回実現した版には未実装のため本文中では触れなかったが、他にも図的思考展開支援のための基礎技術として、領域系・網図系間の図の翻訳⁹⁾、有向枝・無向枝混在グラフの自動描画法²⁵⁾、などをすでに開発している。今後はこのような技術も効果的に統合していきたい。

進んだ計算機環境の活用としては、マルチメディア化も検討すべきである。技術的には動画や音声をノードに付加することは困難ではない。しかし、それらのメディアを図と共に効果的に利用するには、全体を一度に(一瞬で)見渡せる図の利点に対して、一瞬では見聞きできない音声や動画をいかに組み合わせるかが問題である。

謝辞 D-ABDUCTOR の実現において多くの助言を頂いた富士通情報研 GrIPS 開発メンバーの神田陽治氏、渡部勇氏、増井誠生氏、平岩真一氏に深く感謝いたします。また、第5章で示した試用評価に協力していただいた筑波大学 中野勝次郎、鈴木孝幸、富士

通(株) 姫野望, 上坂博亨, 大河原弘美, (株)富士通研究所 浜田健生, 山中英樹, 小柴健史, 神戸隆行, 新田清の諸氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 杉山公造: 思考支援ツール, 電子情報通信学会誌, Vol. 74, No. 2, pp. 159-165 (1991).
- 2) 折原良平: 発想支援システムの動向, 情報処理, Vol. 34, No. 1, pp. 81-87 (1993).
- 3) 特集「発想支援システム」, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5 (1993).
- 4) 野中郁次郎: 知識創造の経営, p. 278, 日本経済新聞社 (1990).
- 5) 川喜田二郎: KJ 法, 中央公論社, p. 581 (1986).
- 6) 杉山公造: 収束的思考支援ツールの研究開発動向: KJ 法を参考とした支援を中心にして, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp. 32-38 (1993).
- 7) 小山雅庸, 河合和久, 大岩 元: カード操作ツール KJ エディタの実現と評価, コンピュータソフトウェア, Vol. 9, No. 5, pp. 38-53 (1992).
- 8) 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 Y 86003, (財)電力中央研究所 (1987).
- 9) 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, pp. 237-238 (1990).
- 10) Misue, K. and Sugiyama, K.: An Overview of Diagram Based Idea Organizer: D-ABDUCTOR, Research Report IIAS-RR-93-3 E, FUJITSU LABORATORIES, IIAS (1993).
- 11) Misue, K.: D-ABDUCTOR 2.0 User Manual, Research Report IIAS-RR-93-9 E, FUJITSU LABORATORIES, IIAS (1993).
- 12) 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).
- 13) Sugiyama, K. and Misue, K.: Visualization of Structural Information: Automatic Drawing of Compound Digraphs, *IEEE T. SMC*, Vol. 21, No. 4, pp. 876-892 (1991).
- 14) 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, 第 37 回情報処理学会全国大会論文集, 4H-7, pp. 1304-1305 (1988).
- 15) Misue, K. and Sugiyama, K.: Multi-viewpoint Perspective Display Methods: Formulation and Application of Compound Graphs, *Proc. of the Fourth International Conference on Human-Computer Interaction (HCI '91)*, pp. 834-838 (1991).
- 16) 三末和男, 杉山公造: 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, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 8, pp. 997-1005 (1991).
- 17) 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).
- 18) 杉山公造: グラフ自動描画法とその応用, p. 158, 計測自動制御学会 (1993).
- 19) 三末和男: 図的発想支援システム D-ABDUCTOR のグループウェア化手法, 情報処理学会グループウェア研究会資料, GW-2 (1993).
- 20) 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).
- 21) Sugiyama, K. and Misue, K.: Good Graphic Interfaces for Good Idea Organizers, *Proc. of the IFIP TC 13 Third International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT '90)*, pp. 521-526 (1990).
- 22) 出原栄一, 吉田武夫, 渥美浩章: 図の体系, p. 252, 日科技連 (1986).
- 23) Eades, P., Lai, W., Misue, K. and Sugiyama, K.: Preserving the Mental Map of a Diagram, *Proc. of the First International Conf. on Computational Graphics and Visualization Techniques (COMPUGRAPHICS '91)*, pp. 34-43 (1991).
- 24) 神田陽治, 渡部 勇, 三末和男, 平岩真一, 増井誠生: グループ発想支援システム GrIPS, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp. 65-74 (1993).
- 25) 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, 第 39 回情報処理学会全国大会論文集, 3L-9, pp. 81-82 (1989).

(平成 5 年 9 月 2 日受付)
(平成 6 年 6 月 20 日採録)

三末 和男 (正会員)



1962 年生. 1984 年東京理科大学理工学部情報科学科卒業. 1986 年同大学院理工学研究科修士課程 (情報科学) 修了. 同年より富士通(株)国際情報社会科学研究所 (現在, (株)富士通研究所情報社会科学研究所) に勤務. 発想支援のためのグラフ描画アルゴリズムおよび図のユーザインタフェースの研究開発に従事. 日本ソフトウェア学会会員.

杉山 公造



1974 年名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了. 同年, 富士通(株)国際情報社会科学研究所 (現在, (株)富士通研究所情報社会科学研究所) 入社. 現在, 同所首席研究員.

この間, 1982 年オーストリア国際応用システム解析研究所 (IIASA) 研究員. 環境科学, システム科学, ヒューマンインタフェース, 発想系情報学などの研究に従事. 計測自動制御学会創立 30 周年記念著述賞受賞. 理学博士. 計測自動制御学会等各会員.