

RESEARCH REPORT ISIS-RR-94-22J

思考支援システムの評価法および  
**D-ABDUCTOR** の評価実験について

三末 和男・杉山 公造

November, 1994

Institute for Social Information Science (*ISIS*)  
at Numazu

**FUJITSU LABORATORIES LTD.**

140 Miyamoto, Numazu-shi, Shizuoka 410-03, Japan  
Telephone: (Numazu) +81-559-24-7210 Fax: +81-559-24-6180

# 思考支援システムの評価法および D-ABDUCTOR の評価実験について

三末 和男・杉山 公造

Institute for Social Information Science (ISIS)  
at Numazu

FUJITSU LABORATORIES LTD.

140 Miyamoto, Numazu-shi, Shizuoka 410-03, Japan

Email: {misue,sugi}@iias.flab.fujitsu.co.jp

## Abstract

思考支援システムの定量的かつ客観的な評価に関する実験と考察について述べる。思考支援システムの評価法に関して新しい枠組を提案し、比較実験に適した基準となる作業を開発した。そして、その作業を図的発想支援システム D-ABDUCTOR の設定を自動レイアウト機能が利用できる／できないというように使える機能を制限した五つのモード (計算機を使わない手作業も含む) において行なった。被験者 5 名、のべ 245 回の作業で D-ABDUCTOR が生成した作業履歴に基づく作業時間の分析によって、手作業に比べて D-ABDUCTOR を利用すると、基本的な編集機能だけで 3 倍、さらに自動レイアウト機能を使うと 6 倍効率が良いという結果が得られた。

**Key words:** 思考支援システム, KJ 法, 評価法, グラフ自動レイアウト

# 1 はじめに

近年、発想支援あるいは思考支援に関する研究が盛んになり、思考支援システムと呼ばれるソフトウェアもかなり開発されてきている [1]. その中には発想法として広く知られている KJ 法 [2] を支援対象にしたシステムも少なくない [3]. 我々は KJ 法を図的な思考展開技法とみなし、その作業過程での図の扱い方を参考にして、図を動的に用いた思考作業を支援する対話型システム D-ABDUCTOR を開発している [4-6](特に本稿で述べている機能や操作に関しては文献 [6] を参照されたい). D-ABDUCTOR が、他の KJ 法支援システムと異なる点は、図の自動レイアウト機能を中核とした図を扱うための機能を充実させていることである. 言い替えると、D-ABDUCTOR は次のような図を扱うための機能をシステムとして統合したものである.

- 図の直接操作による編集機能
- 図の自動レイアウト機能 (中核機能)
- インクリメンタル自動レイアウト機能 (編集操作を自動レイアウトのトリガーとする機能)
- アニメーション機能 (図の変化を動画で見せる機能)
- 図ドレッシング機能 (図の見かけを様々に変える機能)

D-ABDUCTOR に限らず、思考支援システムに期待される効果としてまず第一に考えられるのは思考作業のプロダクト (つまり、アイデア) の量の増加や質の向上であろう. しかしながら、その効果の定量的な評価となると、アイデアというものの測度が明確になっていない現状では、有効な評価法が確立されていないため、たいへん困難な問題である. そこで我々は、まず、評価法を開発すること自体を新たな研究テーマとしてとらえ、思考支援システムの評価に対して次のような段階的アプローチを考えた.

- (1) 要素技術レベル: システムを構成する各機能ごとに、アルゴリズムの理論的な速さやプログラムの実行測度といった、技術的観点から評価を行なう. このレベルでは技術の応用を思考支援に限定せずに評価を行なう.
- (2) 操作レベル: 思考作業 (たとえば KJ 法) に含まれる、カードをさがす、集める、並べる、といった「操作」をどう支援できるかを評価する. このレベルでは作業の効率や快適さなどが評価の対象となる.
- (3) 思考レベル: 思考作業に含まれる操作だけでなく「思考」をもどう支援できるかを評価する. 計算機支援によってアイデアを早く出せるか、たくさん出せるか、より良いものが出せるか、などが評価の対象となる.

これまで行なわれた、D-ABDUCTOR の評価としては、まず、要素技術レベルにおいて、D-ABDUCTOR の中核機能である図の自動レイアウト機能に関しては、その機能の基礎となる複合グラフの自動描画アルゴリズムがノード数を  $V$  とすると最悪の場合でも時間オーダー  $O(V^3)$  で停止すること [7] や、SPARCstation 2 で実現したプログラムではノード数 60 の複

合グラフのレイアウトを約 0.1 秒で計算できることがすでに示されている [8]. さらに, 操作レベルにおいて, ユーザに各機能の使用感や満足度を問うアンケートを実施した結果, 思考作業に関して総合的には 5 段階の 4 という良い評価が得られている [6]. ただし, このアンケートによる評価はあくまでもユーザの主観をベースにしたものであり, 定量的な評価ではない.

次の段階は操作レベルの定量的な評価である. D-ABDUCTOR が提供するものは図を扱うための機能であり, それらは図を扱う作業を容易にしたりあるいは作業の一部を代行したりできる. そのような機能がシステムとして統合されている状態で実際の思考作業に含まれる操作に対して効果的かどうかの評価の対象である. たとえば, 複合グラフの自動レイアウト機能は人間よりはるかに速く図のレイアウトを求めることができるが, そのことが繰り返し図を描き替えながら行なう作業にどの程度役に立つのかといったことを明らかにする必要がある. さらに続く段階では, それらの機能がアイデアの量の増加や質の向上などに, 直接あるいは間接的に結び付くかどうかの評価の対象となる.

我々は, 操作レベルの時間的な観点での定量的な評価を行なうために, まず評価法の枠組を考えた. その評価法とは作業時間や作業工数などを比較するために基準となる作業を利用するもので, 我々の考案した作業は, (1) 実際的な一連の作業である, (2) 作業対象以外の参照を必要としない, (3) 必要な思考の量や質が可変である, といった特徴を持つ. その枠組は操作レベルに閉じたものではなく, 思考レベルへの発展を念頭においたものである. 我々は, その枠組において D-ABDUCTOR の設定を自動レイアウト機能が利用できる/できないというように使える機能を制限した五つのモード (計算機を使わない手作業も含む) において比較実験を行ない作業時間を計測した.

以下, 第 2 章では, まず我々の評価法の枠組について説明する. 第 3 章では D-ABDUCTOR に関して行なった評価実験の方法について説明し, 第 4 章でその結果を示す. 第 5 章では実験の結果および観察結果を基に作業時間に影響を与えるものについて考察する. 第 6 章で今後の課題を, 第 7 章でまとめを述べる.

## 2 評価法

システムあるいは特定の機能の評価には, 一般にシステムを使う場合と使わない場合や, ある機能を使う場合と使わない場合とでの比較実験が有効であろう. そのような比較実験に基づいて, 思考支援に適した評価法を開発した. 本章ではまず, KJ 法支援システムに関してこれまで行なわれた評価法を検討するとともに, 評価法に対する我々の考え方および開発した評価法について説明する.

### 2.1 これまでの評価法

一般に比較実験は大きく, (1) 複数の被験者による比較, または (2) 同一の被験者による比較に分けられ, それぞれ次のような特徴と問題点を持つ.

- (1) 複数の被験者による比較: 比較すべき条件ごと (たとえば, システムを使う/使わない) に被験者を割り当て, 同一の作業をしてもらう方法である. 思考作業の場合, 一般に作業の難易度が被験者に大きく依存する. たとえば, 全く同一の作業であってもある被験者にとっては簡単な作業が, 別の被験者にとっては大変難しい作業であるという可能性もある. つまり, 同一作業であっても被験者が異なれば同一条件とは言えない.
- (2) 同一の被験者による比較: 同一の被験者に比較すべき条件を変えて作業をしてもらう方法である. このとき, 一般にどのような作業でも, 同一種類の作業を繰り返すと作業に習熟するため, その習熟の影響を取り除く工夫が必要となる. 特に作業が思考作業の場合には, 1度作業をすると, そのテーマに関してはもはや考える必要がなくなり同じ作業を比較のために繰り返すことに意味がなくなる.

KJ 法支援を目的とした他の代表的なシステムとしては, KJ エディタ [9], 郡元 [10], ISOP [11] などがあり, それぞれ時間的な観点から評価がなされている. 小山らは, カードを拡げる, カードに文字を書き込むといった, それぞれ小さな単位の基本的な作業において KJ エディタを使う場合と使わない場合で作業時間を比較している [9]. 宗森らは, 実際の KJ 法を大勢の学生に, 郡元を使う場合と, 使わない場合とで行なわせて, 作業時間やラベル, グループの数の比較をしている [10]. また, KJ エディタと ISOP に関して山口らは, 完成図を参照しながらそれを基に KJ 法の手順をそれぞれのシステムと計算機を使わない場合とで行なって, 作業時間を比較している [12].

それぞれ実験法は異なるが, いずれも (2) 同一の被験者による比較を基本にして, システム (計算機) を使う場合と使わない場合とで作業を行ないその結果の比較に基づいて評価を行なっている. さらに, それぞれにおいて, 作業を同一条件にするために, テーマに慣れないようにテーマを変える (宗森ら), 作業を操作的な小単位にする (小山ら), 完成図を参照することで作業から考える部分を除く (山口ら), といった工夫がなされている.

これらは, 習熟の影響を取り除く工夫といえる. しかしながら, 計算機を使う場合と使わない場合とでテーマを変えるという方法は, 作業ごとに難易度が異なるという問題があり, また, 作業単位を小さくする方法や, 完成図を参照する方法にも, 一連の作業全体に対する評価ができない, 作業が中断される, といった問題がある.

## 2.2 評価法の開発

我々は次の点を考慮いれた, より厳密で拡張性の高い評価用の作業を開発した. その作業は上で述べた問題点を解決するものでもある.

実際的な一連の作業とする. 一連の作業から見たとき断片作業間のつながりも無視できない一過程である. 小単位の断片作業による評価ではそのつながりの部分が評価できないため, 実際の一連の作業への有効性が判断できない.

作業対象以外の参照を必要としない. 作業対象 (作成中の図) 以外のものを参照しなければならない作業では, 視線を参照物へ動かすことなど, 余分な動作が必要となる. また, 参照するという動作が本来の作業を中断してしまうことにもなる.

必要な思考の量や質を可変にする。必要な思考の量を減らすことができれば、作業全体を操作的にでき操作レベルの評価が行なえる。そのような操作レベルの評価を基礎に置き、必要な思考の量を徐々に増やしたり、質を変えたりして実験を行なうことで、思考レベルの評価へと発展させることが期待できる。

## 2.3 LCR 法

LCR 法 (Labeled Construction-Rule method; ラベル化作図規則法) は、あらかじめ用意するノードのラベルと規則によって一定の作図作業を規定する方法である。作成される図は KJ 法で用いられるようなノード間の包含関係と隣接関係が表される図である。LCR 法は完成図 (特にその包含関係や隣接関係による構造) を規定するものであり、図を作成するための手順は規定しない。

LCR 法は、ラベル文法 (ノードに記されるラベルの文法)、グループ規則 (グループの作成に関する規則)、関係線規則 (関係線の引き方に関する規則)、ラベル規則 (グループのラベル付けに関する規則)、から構成され、その特徴は下のようにまとめることができる。

- 作図のための規則が明確に与えられている。規則が明確になっていることで、いつ誰がどのような手順をとっても完成図は規則で定められた範囲で同じになる。つまり作業に対する条件を同一にできる。また規則を緩やかにして幅をもたせることで、完成図解に一定の許容範囲を与えることも可能である。
- あらかじめ用意されるノードのラベルに完成図の情報が全て記述されている。これにより作成中の図以外のものを参照したり、作業を中断したりすることなく、一連の作業全体を通して行なうことができる。
- 図を作成するために手順を規定しないので、手順の比較実験にも利用できる。KJ 法に忠実に、ノードのグループ編成、ノードやグループの空間配置、そして境界線や関係線を描く図解化という手順と、それ以外の手順との効率の比較も可能である。
- バリエーションを作ることが容易である。ラベル文法と規則を変化させることで、ラベルの意味内容を考える必要なくパターンマッチング的な処理で行なえる作業から、意味を考えなければならない作業まで、多様なバリエーションをつくることができる。また考える対象を、ラベルの意味のような言語的なものだけでなく、図の構造や配置など図形的なものへも拡張できる。これにより操作レベルの評価から思考レベルの評価に向けての段階的なアプローチが可能になる。

## 2.4 単純 LCR 法

単純 LCR 法は LCR 法の最も基礎となるものである。作図の過程においてグループを作る、関係線を引く、グループのラベルを付ける、といった KJ 法では深く考える必要があり、作業者ごとにやり方や作業時間のばらつきが最も生じやすい部分が、ばらつきにくい形式的

で単純な作業に置き換えられている。つまり、操作レベルの評価に適した作業となっている。単純 LCR 法は次のように構成される。

ラベル文法: 各ラベルは、1 行以上からなり、一つの行は平仮名 1 文字の後ろに角括弧で括られた数字とアルファベットが続いたものか、または#の後ろにアルファベットが続いたものからなる。アルファベットは省略できる。

ラベル文法を形式的に生成規則で記述すると次のようになる。非終端記号 *label* がラベルを、終端記号 *CR* は改行、*KANA* は平仮名 1 文字、*ALPHABET* はアルファベット 1 文字、*DIGIT* は数字 1 文字、*EMPTY* は空文字列を表したものである。

```
label ::= lines
lines ::= line | lines CR line
line ::= node-label [ group-member ] edge-label | # edge-label
node-label ::= KANA
edge-label ::= EMPTY | edge-label ALPHABET
group-member ::= DIGIT | group-member DIGIT
```

グループ規則: ラベルの 1 行目が同じ平仮名で始まるノードを括弧内の数だけ集めて同じグループとする。ラベルが#で始まるノードはどのグループにも含まれない。

関係線規則: ラベルの 1 行目が同じアルファベット (たとえば, A と a) を持つノード間に大文字 (A) を持つノードから小文字 (a) を持つノードの向きに関係線を引く。

ラベル規則: グループに含まれるノードのラベルの 2 行目以降をグループのラベルとする。

図 1 に単純 LCR 法のラベルの例を示す<sup>1</sup>。また、そのラベルから作成された完成図の例を図 2 に示す。

第 3 章以降で説明する実験はこの単純 LCR 法を用いて行なったものである。

## 2.5 LCR 法のバリエーション

LCR 法は先に説明した単純 LCR 法を基に、様々なバリエーションを作ることができる。ここでは、3 種類のバリエーションの構成法について説明する。

### ラベル文字によるバリエーション

ラベルに使用する文字を変更するものである。

たとえば、グループを漢字 (1 文字あるいは 1 文字以上) で表すものを漢字 LCR 法とする。漢字は 1 文字でも意味をもつためノードに対するイメージを思い浮かべることができる

<sup>1</sup>例ではラベルの全ての行が表示されているが、D-ABDUCTOR を用いた作業では、ラベル規則に従ったラベル付けを計算機が自動的に行なうため、各ノードのラベルは図 2 の例に示されるように、グループ規則と関係線規則で参照される最初の 1 行だけが表示される。

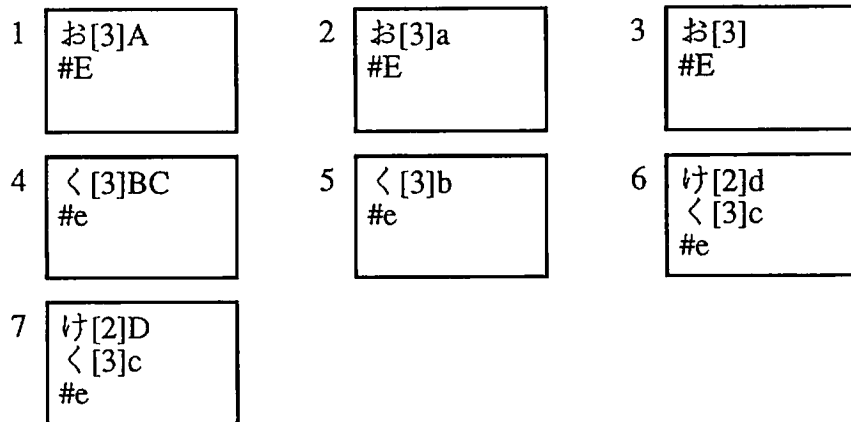


図 1: 単純 LCR 法のラベルの例

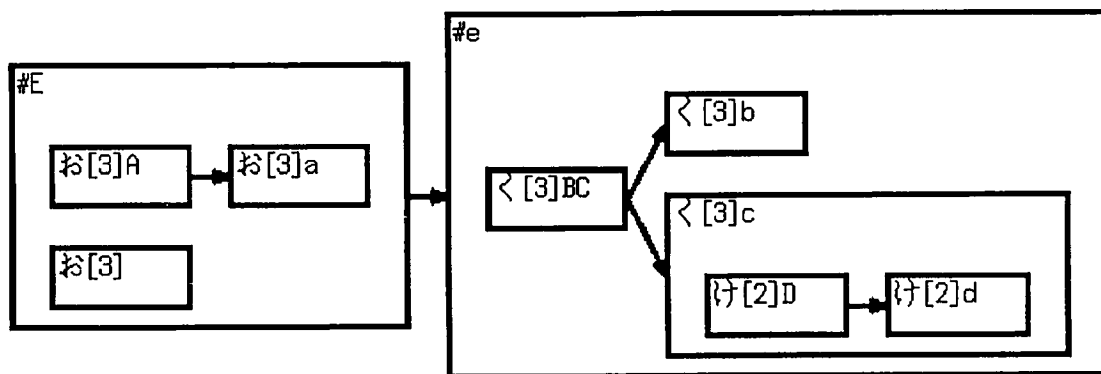


図 2: 完成図の例 (図 1 のラベルから作成)

ので、漢字 LCR 法ではラベルの印象やノードの捜しやすさなどが仮名 1 文字の場合とは異なると予想される。また、漢字の場合、同じ漢字をグループにするという規則だけでなく、同じ部首を持つ漢字をグループにする、といったグループ規則や、さらには共通する意味を持つ漢字 (動物、植物、魚、花など) をグループにするといった、単なる形式的な文字合わせを越えて背景知識や思考を必要とする作業へと拡張することができる。

また、英語圏の被験者向けには、仮名や漢字の代わりに意味のある英単語を利用する英単語 LCR 法や、さらに進んで、文字の代わりに図形などを利用する図形 LCR 法も考えられる。図形 LCR 法を用いれば、国による使用文字の違いの影響を受けにくいいため、日本人と欧米人で比較実験をすることも可能になる。

#### ラベル文法や意味によるバリエーション

ラベル文法や規則で与えられるラベルの意味を変えるものである。

単純 LCR 法では仮名が一つのグループを表し、ネストの内側のグループを表す仮名がラベルの前の方 (上の行) にある。たとえば、この順序を逆にしたものを逆単純 LCR 法とする。単純 LCR 法ではラベルの先頭に着目してグループを作成すると、自然にボトムアップ式のグループ編成が行なわれるのに対して、逆単純 LCR 法ではラベルの先頭に着目してグルー



ブを作成すると、トップダウン式のグループ分けが行なわれることになる。分類作業をカードを用いて行なうような作業を対象として評価する場合には単純 LCR 法よりも逆単純 LCR 法が適していると考えられる。

### 規則のバリエーション

グループ規則、関係線規則、ラベル規則を変更するものである。

単純 LCR 法 (あるいは逆単純 LCR 法) は三つの規則がすべてラベル情報だけしか利用していない。これに対して規則が図の構造を利用するものを構造的 LCR 法とする。たとえば、単純 LCR 法の関係線規則に「関係線で接続されたグループが同数のノードを含むならそれらが同形の構造をもつように関係線が追加される」という規則が加えられる。単純 LCR 法ではノードのラベルに着目し、2 項関係 (包含関係と隣接関係) だけを考慮するだけで作業を進めることができるのに対して、構造的 LCR 法ではラベルだけではなく図の構造にも着目しなければ作業を進められない。つまり、単純 LCR 法に比べて作業の図的な側面が強くなる。

## 3 実験法

開発した評価法を用いて D-ABDUCTOR に関して行なった実験法について説明する。

### 3.1 作業

作業は単純 LCR 法を KJ 法に準じた手順で行なう。つまり、まず (1) グループ編成 (BU): 同じ平仮名を持つノードでグループを作り、それらをコラプスする (束ねて 1 枚のカードとして扱う) ことを繰り返す。グループをすべて作り終えた (すべてのノードのラベルが # で始まる) なら、(2) 図解化 (TD): 同じアルファベットの大文字から小文字へと関係線を引きながらグループをエキスパンドする (束ねたカードを解く) という手順で行なう。グループのラベル付けに関しては、D-ABDUCTOR を使って作業する場合には、ラベル規則に従って自動的にラベルが付けられる。

### 3.2 図のクラス

作業対象となる図はその規模によって 8 クラス (クラス 0 — クラス 7; クラス 0 は練習用) 用意した。各クラスの要素数は表 1 の通りである。

「リーフ」と「グループ」はどちらもノードであるが、別のノードを包含しているかどうかによって呼び分けている。別のノードを包含しているノードがグループであり、そうでないノードがリーフ<sup>2</sup>である。LCR 法ではリーフがあらかじめ用意され、グループは作業過程で作成される。

<sup>2</sup>包含関係を木で表現した時に「葉 (リーフ)」に当たるノードなのでそう呼ぶ。

表 1: 各クラスの図の要素数

クラス	ノード	リーフ	グループ	エッジ
0	8	6	2	4
1	21	16	5	13
2	22	16	6	13
3	25	18	7	13
4	28	20	8	15
5	32	24	8	19
6	38	29	9	24
7	41	30	11	25

実験には時間的な都合で、クラス 1, 3, 5 のみを利用し、また被験者が図に慣れてしまうのを防ぐために、各クラスにつき五つの図を用意し作業ごとにランダムに選んで用いた。参考として図 3 にクラス 3 の図の一つを示す。

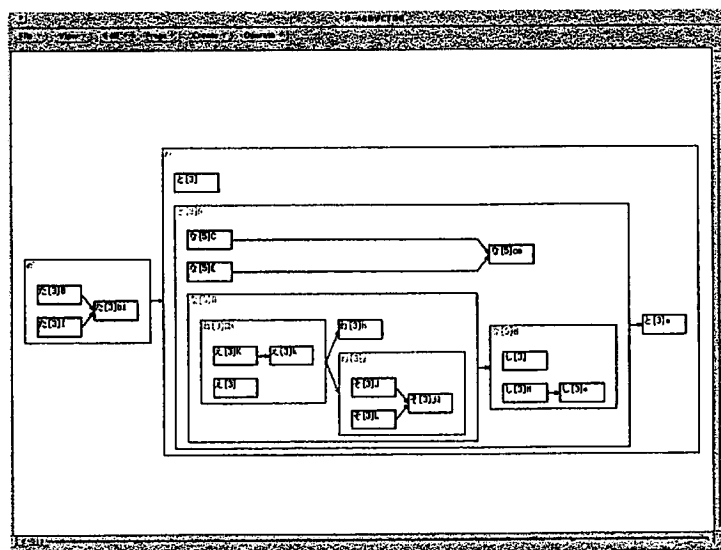


図 3: クラス 3 の図の例

### 3.3 モード

D-ABDUCTOR の持つ基本的な直接操作による編集機能と自動レイアウト機能を中心とするオリジナルの機能について評価するため、D-ABDUCTOR の機能を自動レイアウト機能が利用できる／できない、というように使える機能を制限した五つのモード (計算機を使わない手作業も含む) で作業を行なう。作業は各モードによってあらかじめ決まったシステムの設定で行なうものとする。

## モード 0

D-ABDUCTOR(計算機)を使用しないで紙の上でカードを利用して作業する。はじめに用意するカードにはラベルが印刷してあり、裏にはあらかじめ両面テープ<sup>3</sup>が貼り付けてある。また、グループの表札には附箋紙を利用する。グループを束ねるための大小のクリップや、展開したグループの境界を一時的に表すための紐が用意される。

なお、D-ABDUCTORを使って作業する場合には、グループへのラベル付けが自動的に行なわれるのに対して、モード 0 で作業を行なう際にはグループのラベルを作業者自身が書き写す必要がある。

## モード 1

D-ABDUCTORを利用する。ただし、自動レイアウト機能は利用できない。自動レイアウト機能に対応するメニューはグレーで表示され選択することができない。モード 0 と比較した場合の特徴は、まず図の構造(複合グラフ)を計算機が管理している点である。これにより、グループを動かすとそれに含まれるすべてのノードも追従し、ノードを動かすとそれに接続する関係線も一緒に移動あるいは変形する。また、手作業のカードを束ねるとか逆に解くといった操作が、グループのコラプス、エキスパンドといったそれぞれ一つの操作で行える(同時に複数のグループをコラプスまたはエキスパンドすることも可能である)。また、自動的な機能として、グループをエキスパンドした際にさらに再帰的にそのグループを含む外側のグループの境界線も必要に応じて拡大してくれる。

## モード 2

モード 1 に加えて、いつでも好きな時に自動レイアウト機能が利用できる。作業を進める上での注意点として、このモードでは自動レイアウトを行なったあと、コラプスされていたグループをエキスパンドすると中に含まれるノードが束ねられた状態のまま重なって表示されるため、ノードが一つしか含まれていないように見える。その時は自分で重なりをとるかもう一度自動レイアウトをし直す必要がある。

## モード 3

モード 2 に加えて、インクリメンタル自動レイアウト機能が利用できる。自動レイアウトのトリガーは、あらかじめエッジの作成、削除とエキスパンドに設定されている。これにより、エッジを作成した際やエキスパンドした際に、いちいちメニューから自動レイアウトを選ばなくても、図の再レイアウトが行なわれる。ただし、トリガーの設定の変更は許されない。

---

<sup>3</sup>はがして貼り直すことができるもの。

### モード 3a

モード 3 に加えて、アニメーション機能が使われる。これにより、自動レイアウト (または、コラプスやエキスパンド) による図の変化がアニメーションで表示される。図が変化する間ユーザは次の操作をせずにアニメーションの終了を待たなければならない (マウスの移動は可能である)。アニメーションのフレーム数は 10、フレーム間の時間は 10 ミリ秒で、これに関しても設定の変更は許されない。

## 3.4 ユニット

実験は一定のクラスの図に対して、次の 8 回の作業を 1 ユニットとして繰り返す。

モード 3a → モード 3 → モード 2 → モード 1 →  
モード 1 → モード 2 → モード 3 → モード 3a

つまりモード 1, 2, 3, 3a の作業をモード 3a → モード 3 → モード 2 → モード 1 の向きとその逆のモード 1 → モード 2 → モード 3 → モード 3a の 2 通りの向きで交互に繰り返す。これは、作業者が習熟することで徐々に作業が速くなる — 片方の向きだけを繰り返すと、最初のモードよりも最後のモードの方が習熟が進んだ状態でのデータが得られる — ことを想定したものである。この習熟による影響を取り除くために 2 通りの向きを繰り返し、作業時間を平均することにした。

## 3.5 実験プログラム

実験の目的や進め方に関する知識も同一条件にそろえるために、実験に先だってオリエンテーション資料として A4 サイズ 7 ページの実験マニュアルを被験者に配布した。

そして、各作業者に対して、表 2 のようなプログラムで実験を行なった。極度に飽きたり疲れたりしないように 1 ユニットの 1 日の午前と午後に (厳密に正午で分かれてはいないが、間隔は 1 時間以上あけた) 分けた。実験は 1 人につき 3 日行なった。連続した 3 日を割り当てたかったが、全員をそうすることは困難であったので 3 日がほぼ 1 週間 (最大 8 日) に収まるようにした。

## 3.6 被験者

被験者や計 5 名: KM(32 歳; D-ABDUCTOR の実装者であり本実験の設計者), KN(27 歳), KS(48 歳), TK(26 歳), TS(27 歳), 全員男性で、日常的に X ウィンドウ・システムあるいは Macintosh などを使って仕事をしていて、キーボードやマウスの操作には慣れている。

---

<sup>4</sup>この値はフレーム間の最小時間で、実際には 1 フレーム描くのにこれ以上要するためこれより遅くなる。

表 2: 実験のプログラム

日	時	クラス	作業	備考
第1日	AM	—	オリエンテーション	
		0,2	作業のデモを見る	
		0	前半 1/2 ユニット	練習
	PM	1	1 ユニット	
		1	1 ユニット	
第2日	AM	3	1 ユニット	
	PM	3	モード 0	手作業
		3	1 ユニット	
第3日	AM	5	1 ユニット	
	PM	5	1 ユニット	

### 3.7 作業数

以上のユニットおよびプログラムを整理すると被験者 1 名あたりの作業は次のようになる。

計算機を使わない作業: 1 回

計算機を使った作業: 48 回

モードによる内訳: 12 回 × 4 モード (1, 2, 3, 3a)

クラスによる内訳: 16 回 × 3 クラス (1, 3, 5)

### 3.8 データの収集と解析の仕方

D-ABDUCTOR を利用した作業 (モード 1, 2, 3, 3a) ではデータの収集はすべて D-ABDUCTOR の作業履歴保存機能を利用した。D-ABDUCTOR が生成する履歴から作業時間を抽出し、さらに表形式に出力するいくつかのプログラムを作成して、第 4 章で示すデータを得た。

モード 0 については、作業の様子をビデオに記録し、映像と共に記録された時間情報を利用した。また D-ABDUCTOR を利用する他のモードと条件を揃えるために筆記時間を作業時間から差し引いたが、その時間についてはビデオを再生しながらストップウォッチで計測した。

## 4 実験結果

### 4.1 作業時間の比較

作業開始から図の完成までに要した時間を作業時間とする。ただし、モード 0 の場合には条件を同一にするために筆記時間を差し引いたものを作業時間とする。表 3 は作業時間の平均をモード別に整理したものである。

表 3: 作業時間およびその比率

作業時間 (sec.)					
	モード 0	モード 1	モード 2	モード 3	モード 3a
c*	—	468.30	218.60	198.59	206.88
c3	1327.60	447.14	199.40	180.64	181.99
c3(BU)	245.80	159.62	101.67	99.16	101.94
c3(TD)	1081.80	287.51	97.72	81.48	80.04
c*(AM)	—	486.64	223.68	200.51	214.13
c*(PM)	—	449.96	213.52	196.67	199.63
c*(FH)	—	472.81	221.30	200.40	225.59
c*(SH)	—	463.79	215.90	196.77	188.16

作業時間の比率						
	モード 0	モード 1	モード 2	モード 3	モード 3a	備考
c*	—	1.000000	0.466795	0.424066	0.441768	m1 = 1.0
c3	1.000000	0.336803	0.150196	0.136065	0.137082	m0 = 1.0
c3(BU)	1.000000	0.649390	0.413629	0.403417	0.414727	m0 = 1.0
c3(TD)	1.000000	0.265770	0.090331	0.075319	0.073988	m0 = 1.0
PM/AM	—	0.924626	0.954578	0.980849	0.932284	AM = 1.0
SH/FH	—	0.980923	0.975599	0.981886	0.834080	FH = 1.0

註) c3 :クラス 3 の平均;                   c\* :クラス 1,3,5 の平均;  
 BU:グループ編成段階;                TD:図解化段階;  
 AM:1 日分の作業の前半;           PM:1 日分の作業の後半;  
 FH :1 ユニット前半 (3a → 1);   SH :1 ユニット後半 (1 → 3a)

手作業 (モード 0) はクラス 3 の図についてだけ行ったので、D-ABDUCTOR による作業 (モード 1) もクラス 3 で比較する。モード 0 の平均 1327.60 sec. に対してモード 1 は平均 447.14 sec. である。約 3 倍 (2.97 倍) の違いがある。つまり D-ABDUCTOR を使うと、使わない場合の 1/3 の時間で作業ができたことになる。

さらに D-ABDUCTOR で自動レイアウト機能を使う場合 (モード 2) と使わない場合

(モード 1) を全クラスの平均で比較する。モード 1 の平均 468.30 sec. に対してモード 2 は平均 218.60 sec. である。約 2 倍 (2.14 倍) の違いがある。つまり、自動レイアウト機能を使うと、使わない場合の 1/2 の時間で作業ができたことになる。

以上を総合すると、D-ABDUCTOR で自動レイアウト機能を使うと、手作業の場合の約 6 倍 (6.36 倍) の速さで作業ができることになる。手作業 (モード 0) との比較はクラス 3 でしかできないが、クラス 3 では 6.66 倍という結果がえられている。

モード 2, 3, 3a 間には顕著な差は認められない。

## 4.2 作業効率の比較

各作業別モード 0(手作業) を 1.0 とした時間比作業効率とする。ここではその効率に着目して比較を行う。表 4 は作業効率の平均をモード別に整理したものである。

表 4: 作業効率およびその比率

作業効率 (作業者ごとにモード 0(クラス 3) の時間を 1.0 としたもの)					
	モード 0	モード 1	モード 2	モード 3	モード 3a
c*	—	0.355358	0.163825	0.152367	0.157347
c3	1.000000	0.333249	0.150758	0.139536	0.141196
c3(BU)	0.195842	0.130540	0.079258	0.078619	0.082163
c3(TD)	0.804158	0.202710	0.071500	0.060917	0.059033
c*(AM)	—	0.366577	0.168457	0.155311	0.162562
c*(PM)	—	0.344139	0.159194	0.149422	0.152132
c*(FH)	—	0.363193	0.165679	0.153623	0.172943
c*(SH)	—	0.347524	0.161971	0.151110	0.141751

作業効率の比率						
	モード 0	モード 1	モード 2	モード 3	モード 3a	備考
c*	—	1.000000	0.461014	0.428770	0.442784	m1 = 1.0
c3	1.000000	0.333249	0.150758	0.139536	0.141196	m0 = 1.0
c3(BU)	1.000000	0.666558	0.404704	0.401441	0.419537	m0 = 1.0
c3(TD)	1.000000	0.252077	0.088913	0.075753	0.073410	m0 = 1.0
PM/AM	—	0.938790	0.945013	0.962083	0.935840	AM = 1.0
SH/FH	—	0.956858	0.977619	0.983642	0.819640	FH = 1.0

註) c3 : クラス 3 の平均; c\* : クラス 1,3,5 の平均;  
 BU : グループ編成段階; TD : 図解化段階;  
 AM : 1 日分の作業の前半; PM : 1 日分の作業の後半;  
 FH : 1 ユニット前半 (3a → 1); SH : 1 ユニット後半 (1 → 3a)

クラス3だけでは、モード1は平均0.332、モード2では平均0.151、全クラスについては、モード1は平均0.355、モード2では平均0.163である。作業員別の効率という観点からも、やはり、手作業(モード0)とD-ABDUCTORを使う場合(モード1)とで約3倍(全クラス: 2.81倍、クラス3: 3.01倍)の違いがある。また、手作業とD-ABDUCTORで自動レイアウト機能を使う場合(モード2)と比較すると、約6倍(全クラス: 6.10倍、クラス3: 6.63倍)の違いがあった。

### 4.3 作業員間のデータのばらつき

作業時間が作業員によってどの程度異なるかを調べる。表5は作業時間と作業効率のそれぞれにおいて、作業員ごとの平均の最小、最大の比をモード別に求め、全モードを通して平均したものである。

モード別に各作業員の作業時間の平均を求めその最小と最大の比を求めると、最高はモード1の3.61倍、最低はモード0の2.63倍である。平均3.01倍の違いがあった。

時間でなく効率で同様のことを調べる。モード別(ただし、モード0は除く)に各作業員の効率の平均を求めその最小と最大の比を求めると、最高はモード3aの2.36倍、最低はモード1の1.72倍である。平均2.12倍の違いで、時間のばらつきよりも効率のばらつきの方が小さい。

最大や最小を記録した作業員は時間と効率で必ずしも同一ではない。時間と効率で最大、最小の記録が変わらないのはモード1(KM)の最小値だけである。また、モード別のばらつき方も時間と効率では異なる傾向にあり、時間ではばらつき方が最高であるモード1が効率で見ると最低になっている。

### 4.4 習熟度

第3.4節で述べたように、作業員の習熟による影響を取り除けるように1ユニット内の作業の順序を決めた。実際に作業員の習熟があったのかどうかを検証するために、1日の前半(AM)と後半(PM)に分けたデータと、1ユニットの前半(FH)と後半(SH)に分けたデータを比較する。

時間に関して、モード別にAMの平均とPMの平均を求めその比を求めると、平均0.948、分散0.000479である。同様にFHとSHの比で調べると、平均0.943、分散0.00397である。平均はほとんど同じだが分散が1桁異なっている。効率についても同様に調べると、AMとPMの比で、平均0.945、分散0.000103であり、FHとSHの比で、平均0.934、分散0.00449である。

つまりAMとPMと分けると習熟の仕方にモード間の差はほとんどないが、FHとSHとに分けるとモード間の差は大きい。このことは実験のユニットをモード3a → ... → モード1 → モード1 → ... → モード3a というように設計したことで、1ユニット内での習熟による影響をを全体では取り除けたといえる。



表 5: 作業者のデータのばらつき

作業時間 (sec.)					
	モード 0	モード 1	モード 2	モード 3	モード 3a
KM	949.00	219.18	107.63	102.27	96.30
KN	814.00	323.24	122.48	122.36	140.19
KS	1181.00	431.87	270.79	253.45	246.33
TK	2143.00	790.33	332.51	275.69	290.16
TS	1551.00	471.07	163.57	149.43	136.97
MIN	814.00 (KN)	219.18 (KM)	107.63 (KM)	102.27 (KM)	96.30 (KM)
MAX	2143.00 (TK)	790.33 (TK)	332.51 (TK)	275.69 (TK)	290.16 (TK)
MAX/MIN	2.63	3.61	3.09	2.70	3.01
MAX/MIN の平均 = 3.01					
作業効率					
	モード 0	モード 1	モード 2	モード 3	モード 3a
KM	1.000000	0.230956	0.113417	0.107770	0.101478
KN	1.000000	0.397096	0.150464	0.150317	0.172222
KS	1.000000	0.365679	0.229288	0.214603	0.208573
TK	1.000000	0.368796	0.155162	0.128648	0.135399
TS	1.000000	0.303719	0.105458	0.096344	0.088309
MIN	—	0.230956 (KM)	0.105458 (TS)	0.096344 (TS)	0.088309 (TS)
MAX	—	0.397096 (KN)	0.229288 (KS)	0.214603 (KS)	0.208573 (KS)
MAX/MIN	—	1.72	2.17	2.23	2.36
MAX/MIN の平均 = 2.12					

## 4.5 他のシステムとの比較

KJ法支援を目的とした他のシステムと比較してみる。表6は効率(手作業を1.0とした時間比)および実験方法について比較したものである。

表6: ISOP, KJ エディタ, 郡元, D-ABDUCTOR の比較

	ISOP* <sup>1</sup>	KJ エディタ* <sup>1</sup>	郡元* <sup>2</sup>	D-ABDUCTOR* <sup>3</sup>
TOTAL	0.392	0.627	?	0.136
BU	0.293	0.920	0.927	0.403
TD	0.433	0.560	?	0.0753
被験者数	1名	1名	約100名	5名
作業回数	1	1	33	245
作業内容	完成図を参照しながら KJ 法的手順で行なう図の作成作業	完成図を参照しながら KJ 法的手順で行なう図の作成作業	実際的な様々なテーマでの KJ 法	単純 LCR 法を KJ 法に準じた手順行なう図の作成作業

\*<sup>1</sup> 山口らによる実験 [12] より

\*<sup>2</sup> 宗森らによる実験 [10] より

\*<sup>3</sup> クラス3, モード3のデータ

本実験では文字入力(筆記, タイプ)時間は考慮に入れないため, 発表されたデータからもそれらは差し引いた。ただし, 郡元のデータについては文字入力時間が不明のため含まれたままである。ISOP [11] と KJ エディタに関しては実験に用いた図の規模が不明である。また, 郡元に関しては手作業と郡元で作成された図の規模が異なっている(手作業の場合リーフ数平均 63.8, グループ数平均 10.3; 郡元の場合リーフ数平均 36.4, グループ数平均 7.0)。ISOP でのグループ編成段階(BU)の作業は他と違って図的な手法ではない。

それぞれ実験法や図の規模などが異なるためシステム間の厳密な比較はできないが, 表6に示した効率において, D-ABDUCTOR を 1.0 として他の KJ 法支援システムと比較すると, ISOP が 2.9, KJ エディタが 4.6, 郡元が 2.3 となる(郡元に関してはグループ編成段階のみの比較)。

## 4.6 被験者の感想

この実験の目的はシステムの客観的かつ定量的評価であるので, 被験者の意見や感想は直接有効なデータとはなり得ないが, 実験中や実験後のインタビューによって興味深いものが集まったので表7に整理しておく。表ではモード別に肯定的コメントと否定的コメントとに分けた。モード2と3aに関しては特に否定的コメントはなかった。

表 7: 被験者のコメント

モード	肯定的コメント	否定的コメント
0	体感時間はあまりない。作業としては楽しかった。グループ作りは容易。	間違いやすく、修正が不可能／困難。ノードの位置決めが困難。紐によるグループの境界は不便で分かりにくい。
1	モード 0 と比べてグループ作成、展開が容易。再利用も便利であろう。間違いが少ない。修正が可能／容易で安心感がある。図の構造を計算機が知っているため、普通の作図ツールよりも楽。	展開後の配置を考えてグループをつくる必要がある。ノードに意味があれば楽しいかも知れないが、そうでないので楽しくない。1 回やったらたくさん。モード 2 を経験するとつらい。
2	一番気に入った。最も自動レイアウト機能のありがたみを感じた。モード 1 とは劇的に違う。モード 1 が終わってモード 2 に移るとき、安堵感を覚える。細かいことを考えなくてよいので、思考に集中できる。精神的余裕ができたので、ノードをアルファベット順に並べ替えた。	
3	急いでいるとき、ノードが多いときに適している。エキスパンド後のレイアウトが自動化されていることがありがたい。したがって、エキスパンドだけがトリガーになっていたら最良。	トリガーが適切でなかった。関係線作成で勝手にレイアウトされるのでメンタル・マップが壊されるため不利だ。同じ作業はまとめてやりたいのに、操作ごとにレイアウトが変わるのがいや。
3a	モード 3 やモード 2 よりよい (特に時間的余裕がある時)。画面がたびたび変わるがイライラは緩和され、楽しいと感じる。モード 3 の欠点が補えている。ローカルなエッジ作成の方針を崩さずに作業できる。	

## 5 考察

実験結果および作業の様子を観察結果を基に作業時間に影響を与えるものについて考察する。

### 5.1 モード

モード 0 よりモード 1 の方が約 3 倍速いことから、D-ABDUCTOR は基本機能レベルでも大きく効果を発揮するといえる。モード 0 よりもモード 1 (あるいはモード 2, 3, 3a) の方が不利な点はマウスという手とは違うデバイスの使用である。移動やリサイズのためにノードをマウスでセレクトするに、境界線をうまくセレクトできないで失敗するケースが多く見られた。その時間的ハンディを差し引いても D-ABDUCTOR の方が 3 倍速いということになる。

モード 2 よりモード 3 の方がごくわずかだが速い。観察結果からするとモード 2 ではどの被験者も一様にモード 3 程は自動レイアウトをしていなかった。したがって、自動レイアウトのメニューを選ぶためにマウスを動かす時間あるいはキーボードに手を動かしてショートカットキーを押す時間の方が、モード 3 がモード 2 より余分に行なう自動レイアウトによる描き替えに要した時間よりもごくわずかだが短かったということになる。

モード 3 では図の描き替えが頻繁にかつ一瞬で起こるのでメンタル・マップ破壊によって作業効率が低下し、逆にモード 3a では描き替えは同じ頻度であるが図がアニメーションで変化するのでメンタル・マップの保存に有利で作業効率が低下しないと予測していた。しかしながら、実験結果ではモード 3 よりモード 3a の方が少し遅い。その理由として、(1) アニメーションに要するの時間よりもメンタル・マップ破壊によって起こる作業の遅れ (ノードを見失って探す、など) の方が短かった、(2) モード 3a がユニットの最初に行なわれる、の二つが考えられるが、現時点ではそれらの妥当性について厳密な議論はできない。理由の(2)に関しては 5.3 でさらに考察を加える。

### 5.2 基本環境・基本操作

実験を行なう被験者の様子を観察すると、自動レイアウト機能のような高度な機能以前の問題として、作業時間や効率には、マウス・ボタンの数 (3 ボタン) や意味 (選択, 選択の追加・解除, メニューのオープン), メニュー構成, ショートカットキーの割り当てなどの基本的な環境や、ノードやエッジの作成, 移動, 変形といった基本的な操作が大きく影響しているように見受けられた。

D-ABDUCTOR は X ウィンドウシステムのアプリケーションとして OPEN LOOK [13,14] に準じて実現されているが、被験者のうち日常的にも OPEN LOOK 環境で作業を行なっているのは開発者 (KM) だけで、他は X ウィンドウシステムを利用している Motif 環境 [15] であったり、あるいは Macintosh ユーザであった。

実験で作業を繰り返すにつれて被験者は徐々に環境や操作に慣れていくのだが、1 ユニット終了すれば、また各自の環境に戻って作業をするため、今回の実験では D-ABDUCTOR

(あるいは OPEN LOOK) の環境に完全に慣れた状態での作業というのは行なわれていないと考えられる。言い替えると、基本環境や基本操作が各被験者が日常使用しているものと同じであれば、作業時間はもっと短縮できたと予想される。

### 5.3 習熟

1 ユニットの前半と後半のデータを比較すると、他に比べてモード 3a だけ習熟の仕方が大きく、それ以外のモードは同じ位であった。このことから次の 2 通りの習熟の仕方(慣れ方)が考えられる。

- 1 回目(モード 3a)は不慣れで遅く、2 回目以降はほぼ安定して速く作業できる。
- 7 回目までは遅いままほぼ安定していて、8 回目で急に速くなる。

現実には、1 回目だけが不慣れで遅いと考えるのが自然であろう。実験の様子を傍で見てもユニットの 1 回目は慣れない様子の被験者が多かった様に感じた。ただし、厳密には、モードの順序を変えたユニットで追試する必要がある。

ユニットの最初のモード 3a が不慣れな状態でなく行なわれていたと仮定して、データを補正すると(モード 1, 2, 3 の前半後半の習熟度(SH/FH)の平均を求め、それと、モード 3a の後半の平均時間(SH)を使って前半の平均時間を求める。求まった前半の平均時間と実際の後半の平均時間の平均をモード 3a の補正された平均時間とした)、モード 3a のクラス 1, 3, 5 の平均時間は 190.13 sec. となる。これは実際の結果(206.88 sec.)よりも約 8%小さい値であり、モード 3(198.59 sec.)よりモード 3a の方が逆に速いという結果になる。

以上の議論は操作への慣れとして習熟するという観点からなされているが、実際には作業に対する戦略の変化という形態の習熟もありえる。そして、適切な戦略への変更の方が操作への慣れよりも時間的には大幅な習熟に見えると思われる。

## 6 今後の課題

はじめに述べたように今回行なった評価実験は、巨大なテーマのほんの 1 段階であり、今後行なうべき課題が多く残っている。そこでここに 1 章設けて今後の課題を述べる。

### 6.1 詳細な分析

今回の評価では作業に要した総時間だけに着目したが、D-ABDUCTOR の生成する作業履歴からはさらに詳しくマウスによる編集時間、テキスト編集時間、D-ABDUCTOR の処理時間、その内の描画時間などを分けて集計することも可能である。こうして、作業時間の内訳、つまり、どのような作業や処理がどのような配分で時間を要しているかを分析することで機能の拡張、改良などのヒントが得られると期待される。

## 6.2 実験方法の改変

基本環境・基本操作のカスタマイズ 評価としては、初心者がいかに作業を効率良く行なえるかという点も興味はあるが、実際には、いつまでも初心者のままではないので、ユーザがそのシステムを十分に、あるいはそこそこ使いこなしている状態でどの程度効率が良いかということの方が重要である。そのためには、先にあげたようなユーザごとに基本環境、基本操作を変更可能にすること、そして実験はユーザの最も慣れ親しんでいる環境や操作で行なうことが望ましい。

トリガー設定の許可 モード 3 や 3a で使われる自動レイアウトのトリガーを自分で選びたいという声があった。作業によって作業戦略が異なるので、その戦略に適したトリガーの設定を許せばもう少し違う結果が得られた可能性がある。自分の戦略に合わせて設定する(カスタマイズする)ということからも、これは上級者向けの機能とも言える。作業を良く理解した上で戦略を練ってそれに合わせて設定してから作業を行ない計測するといった別の方法が必要かも知れない。

性質の異なる作業 被験者のコメントではモード 3 と 3a の二つのモードはかなり違ったものになっているが、今回の実験では顕著な差は見られなかった。その理由は前章で考察したが、メンタル・マップ破壊による作業の遅れ(ノードを見失って探す)の方がアニメーションに要する時間より短くてすんだ原因は KJ 法的な作業手順では図があまり大きく変化しないことが考えられる。手順を変更するなどして、図の変化が大きくなる手順で作業をするとモード 3 と 3a の差(アニメーション機能の効果)が顕著になるかもしれない。

## 6.3 他の対象の評価

他の機能の効果 今回の実験では評価できなかった機能に関しても実験を行う必要がある。たとえば、図ドレッシング機能は大きい図を概略化して小さい画面にも表示することが可能であるが、それは大きい表示対象を扱うために従来からあるスクロール機能と比較すると、どちらが効率的に作業を進められるかといったことを評価する必要がある。

図の規模の影響 今回の実験では、図ドレッシング機能やスクロール機能を利用しなかったため、途中で図が大きくなり過ぎて作業ができなくなることを避けるため、比較的規模の小さい図を用いて実験を行なった。しかしながら、もっと大きい図に関してもいくつかの段階に分けた規模の図で実験を行ない、どの位の規模の図に対して D-ABDUCTOR が効果的か、さらに D-ABDUCTOR の効果あるいは自動レイアウト機能の効果が図の規模に依存するかどうか、するならどう依存するかを調べる必要がある。

手順・戦略の比較 今回は作業手順は KJ 法的な手順で行なった。KJ 法ではまずグループ編成を行なってから、配置を決めて、関係線を引く、という手順をとる。LCR 法は作業手順

を規定しないし、D-ABDUCTOR を使えば配置を決める前に関係線を引くという手順で作業を行なうこともできるため、この手順の違いが効率にどう影響するか調べるべきである。

また、同じ手順でも、たとえば、一つのグループを作るごとにコラプスしてまとめる、あるいは一通りグループを作った後まとめてコラプスする、というように異なる戦略をとることもできる。今回の実験では手順は全員同じであったが、戦略にはかなりばらつきがあった。また、戦略は同じ被験者でもモードによって違いがあった。そのような戦略とモードとの関係、効率との関係も調べる必要があるだろう。

## 6.4 思考レベルへの展開

今回の実験ではできるだけ作業が思考(特に深い思考)を含まないように単純 LCR 法を利用した。今後は漢字 LCR 法や構造的 LCR 法を利用して実験することを考えている。単純 LCR 法に比べて作業時間が思考に要する分だけ増えると予想されるが実際はどうか、増えたとしたらその増分はモードに依存するか、といった観点からの実験が思考レベルの評価へつなげると考えている。

## 7 まとめ

思考支援システムを定量的に評価する新しい枠組において、(1) 実際的な一連の作業である、(2) 作業対象以外の参照を必要としない、(3) 必要な思考の量や質が可変である、といった特徴を持つ LCR 法を開発した。それによって、D-ABDUCTOR に関して時間的な観点から比較実験を行なった。被験者 5 名がモードを変えてのべ 245 回作業繰り返した結果、次のような結論が得られた。

1. 手作業(計算機を使わない作業)に比べて D-ABDUCTOR(自動レイアウト機能なし)を使うと約 1/3 の時間で作業が行えた。
2. 手作業に比べて D-ABDUCTOR(自動レイアウト機能あり)を使うと約 1/6 の時間で作業が行えた。
3. インクリメンタル自動レイアウト機能、アニメーション機能による顕著な時間効果は認められなかった。
4. 作業者ごとのばらつきは作業時間よりも効率(手作業を 1.0 とした時間比)の方が小さかった。
5. D-ABDUCTOR を基準として他の KJ 法支援システムを効率で比較すると、ISOP が 2.9、KJ エディタが 4.6、郡元が 2.3 であった(郡元に関してはグループ編成段階のみの比較)。

最後に、実験に協力して下さった富士通情報研 下山武司、神戸隆行、新田清、の諸氏に感謝します。

## 参考文献

- [1] 特集「発想支援システム」, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5 (1993).
- [2] 川喜田 二郎: KJ 法, 中央公論社 (1986).
- [3] 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 —, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp. 568–574 (1993).
- [4] Misue, K.: D-ABDUCTOR 2.0 User Manual, Research Report IAS-RR-93-9E, FUJITSU LABORATORIES, IAS (1993).
- [5] 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, No. 93-GW-2 (1993).
- [6] 三末 和男, 杉山 公造: 図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 9, pp. 1739–1749 (1994).
- [7] 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).
- [8] 三末 和男, 杉山 公造: 図を対話メディアとする発想支援システム D-ABDUCTOR, 1994 年情報学シンポジウム講演論文集, pp. 143–152 (1994).
- [9] 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).
- [10] 宗森 純, 堀切 一郎, 長澤庸二: 発想支援システム郡元の分散協調型 KJ 法実験への適用と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 1, pp. 143–153 (1994).
- [11] 廣田 隆一郎: イソップマーケティング戦略情報システム, 第 2 回「発想支援ツール」シンポジウム講演論文集 (1993).
- [12] 山口 ふみ, 國藤 進, 林 義樹: 智的問題解決技法イソップの試用評価実験, 第 2 回「発想支援ツール」シンポジウム講演論文集 (1993).
- [13] Sun Microsystems, Inc., : OPEN LOOK ファンクショナルスペック, Addison-Wesley, 東京 (1990).
- [14] Sun Microsystems, Inc., : OPEN LOOK スタイルガイド, Addison-Wesley, 東京 (1990).
- [15] Heller, D.: *Motif Programming Manual*, O'Reilly & Associates, Inc (1991).