

図を用いた思考展開における文章化支援

図式エディタPAN/KJの場合

森田 哲司 河合 和久 大岩 元
豊橋技術科学大学

文章作成における計算機支援には、2つの考え方がある。1つは、人が作業をしやすい環境を計算機が提供するというものである。もう1つは、人間がなんらかの情報を計算機に与えると、自動的に文章を組み立て出力するという、文章の自動作成である。我々は、KJ法を参考に設計したカード操作エディタPAN/KJに、文章を入力するためのエディタ機能を付加した。この機能はCRTと手元の資料との間で首を振る動作を抑えるように設計され、図と文章を同時に1つのCRTに表示する。また、PAN/KJにおける文章作成の自動化をめざし、図解中のカードの位置関係では左上から右下に、因果関係の示される場合には、原因・結果の順に文章化するアルゴリズムを提案した。

A Supporting System for Text Processing
in Chart-based Idea Processing

Tetsuji MORITA, Kazuhisa KAWAI and Hajime OHIWA

Department of Computer and Information Sciences, Toyohashi University of Technology
1-1, Hibirigaoka, Tempaku-cho, Toyohashi, Aichi, 440, Japan

The usage of computers in a text processing supporting system may be divided into two categories. One is the case that computers supply a user friendly environment for humans to use as tools in text processing. Here, we added a text processing window in the same screen as the card handling window of PAN/KJ so as to reduce the movement of the eyes and neck during the processing session. The other case is that computers automatically generate text according to the information provided by users. We proposed an automatic text generating algorithm that processes cards in the "up-to-down and left-to-right" order according to the position of cards in the chart. For cards that possess cause-effect relations, "cause-to-effect" ordering is used.

1. はじめに

近年、ワード・プロセッサ（ワープロ）の普及や卓上出版（DTP：Desk Top Publishing）の研究に代表されるように、文書処理に対する関心が深まってきた。ワープロは、従来の文書作成のための道具であるペン、紙に代わって、文書を清書するために使用される。さらに卓上出版では、文書の作成だけでなく、文章や図のレイアウトまでの一連の作業を計算機上でおこなう。これらにより、文章の体裁を整えることは簡単におこなえるようになった。そして、印字装置における技術的進歩、とりわけ、レーザープリンタに代表される高品位プリンタの開発が、印刷に近い品質を保証するようになり、卓上出版の研究に拍車をかけている。

また、文書管理の面では、大量の文書を管理するデータベースについて、情報検索の効率化等の観点から研究が進められており、より知的な文書管理システムをめざした研究が各所でおこなわれている。

しかし、ワープロや卓上出版といった文書作成環境によって、分かりやすい文章を書けるようになったわけではない。そのため現在では、思考の整理、展開を支援し、文書にすべき内容をまとめるための環境が求められている。この例として、アイデア・プロセッサ^{[1][2]}の登場があげられる。アイデア・プロセッサは、人工知能を応用したものではなく、思考をまとめるためのツールである。アイデア・プロセッサでは、頭の中にある個々の要素を取り出して記録し、それらを並べ、肉付けすることによって文章を組み立てていく。この過程において、章単位、段落単位といったアウトラインが構成されるため、アウトライン・プロセッサとも呼ばれる。

ところで、情報整理にカードを用いる方法がある。1枚1枚のカードには、断片的な情報しか記述されていない。つまり、情報は混沌として存在している。ところが、1枚1枚ではたいした意味を持たないカードも、組み合わせることにより、1つ1つの情報に関連ができ、混沌としたものから秩序が生まれる。このようなカード操作を用いた情報整理の方法として、KJ法^[3]がよく知られている。KJ法では、カードを用いて情報を整理し、思考の展開をおこない、その過程で新たな発想を得ることができる。そして、整理された情報は、図解や文章の形で管理される。

筆者らの研究室では、人間の創造的活動を支援する計算機システムの開発を進めており、これまでに、KJ法を参考にして、パーソナルコンピュータ（NEC PC9801シリーズ）上でカード操作をおこなう環境「PAN/KJ」^[4]を実現した。本稿では、PAN/KJにおける文章化過程の支援機能について述べる。さらに、KJ法の記事化過程を調査することにより、図解に含まれる情報に基づく文章化の規則を検討した。

2. KJ法

カードを用いて情報の管理、整理をおこなう代表的な方法に、KJ法がある。これは、1967年に、文化人類学者である川喜田二郎氏が発明したもので、KJ法という名称は、氏の名前からきている。以下、KJ法の手順について簡単に述べる。

KJ法は、次の4つのステップで構成される。

ステップ1：情報収集、カードの作成

ステップ1は素材集め、紙きれづくりと呼ばれている。このステップは、現在問題としていることがらに関するあらゆる情報をカードに書き込む。書き込む情報は、できるだけ簡潔にしなければならない。

ステップ2：カードのグループ編成

ステップ2はグループ編成、紙きれ集めと呼ばれている。このステップでは、まず、ステップ1で作成したカードを情報が読めるように机の上に広げる。そして、カードを眺め、親近感を感じさせるカードを1つのグループにまとめる。まとめられたグループ自体が意味する情報を、新たな1枚のカードに書き込む。この操作を繰り返し、さらに次元の高いグループへとまとめあげていく。これにより、ばらばらの状態にあったカードがグループに、さらに次元の高いグループにボトムアップにまとめられる。

ステップ3：空間配置、A型図解化

ステップ3では、ステップ2でまとめられたグループやカードを、全体との関連、バランスを考え配置する。これを空間配置という。この作業は試行錯誤的におこない、グループの空間配置が終わったら、そのグループに含まれるカードの空間配置へと、次元の高いグループから低い次元のグループへと繰り返していく。そして、すべての配置をおえると、A型図解を作成する。ここでは、まず、小さなグループから順に、グループの境界を示すために、グループを線で囲むことをする。それが終わると、グループ間、カード間になんらかの関係がある場合は、関係付けの線で両者を結ぶ作業をし、A型図解としてまとめあげる。図解を作成していくうちに、新しい発想が得られるが、これはカードに書き込んで図解の一部とする。

ステップ4：B型文章化

ステップ3で完成した図解を参考にB型文章化をおこなう。B型文章化の目的は2つある。1つは、A型図解を文章という形に変換することで、図解で不足している論理の展開を補い、書類として管理するということ、もう1つは、文章化の過程で新たな発想を引き出すことである。

以上の各ステップをおこなう過程で、新しい発想が得られる。

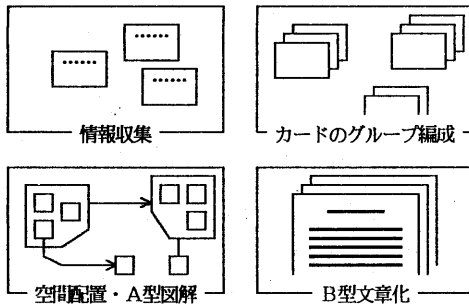


図1：KJ法の4つのステップ

3. 図式エディタPAN/KJ

パーソナルコンピュータ上で、カード操作をおこなう図式エディタPAN/KJについて説明する。カード操作には、カードを広げるための作業領域が必要である。計算機上で広い作業領域を扱うときに、全体を眺めることができないという問題が発生する。これを一覧性の問題と呼ぶ。PAN/KJでは、仮想的な広い作業領域を用意している。この領域は、メモリの許す限り大きく取ることができ、PAN/KJでは全角文字で横200、縦150文字分を割り当てている。このように確保した領域をCRTに表示する場合、カードに書かれた文字が読める大きさで全体を表示することは不可能である。そこで、全体のうちの一部の領域をローカル画面と定義し、これをCRTに表示する。そしてローカル画面を、作業領域内で自由に移動させることにより、CRT上で全体を見渡すことができる。また、作業領域全体の概略を表示し、ローカル画面が作業領域のどこに位置しているかを示すことにより、作業領域内で迷子になることが避けられる。ここで、作業領域の概略をユニバーサル画面と定義する。PAN/KJでは、ローカル画面とユニバーサル画面の2つを用いて、一覧性の問題を次のように解決した。

作業領域の任意の部分を自由に見渡すためには、ローカル画面を素早く表示しなければならない。そこで、ローカル画面はパーソナル・コンピュータのテキスト画面に表示し、ユニバーサル画面はグラフィック画面を利用する。文字を表示するのには、グラフィック画面より、テキスト画面を使う方が速度が得られる。例えば、半角1文字のデータ量は、テキストでは1バイトだが、グラフィックのフォントでは16バイト必要となる。扱うデータ量が増えれば増えるほど、処理に時間がかかるので、表示速度を得るためにはテキスト画面を使用する方が有利であることは明らかである。

ユーザは、マウスを用いて見たい領域を指定する。マ

ウスの動きに合わせて、ローカル画面は、ユニバーサル画面の中を自由に移動する。この動作をパニングと呼ぶ。テキスト画面の描換えによってこのパニングは実現されているが、パーソナルコンピュータPC9801VX21（CPU：80286、クロック：10MHz）を例にすれば、実測はしていないがクロック数をもとにした計算では、1画面の描換えに最大15msecという速度であり、マウスの動きに遅れることなく実行される。

この枠組みの中で、カード操作をする図式エディタがPAN/KJである。PAN/KJはその名の示すようにKJ法を参考に設計され、机上でおこなうKJ法の図解化までのステップが実現されている。カード操作を計算機上でおこなうあたり、次の利点が生じる。

- (1) 作業領域として、計算機を設置するスペースがあればよい。
- (2) カードの貼り付け等の物理的操作が不用となる。
- (3) 図解の保存、呼び出しといったデータの管理が容易におこなえる。

また、PAN/KJでは、カード操作のために以下に示す機能を有する。

- (1) カードを発生する機能
- (2) カードに文字を書き込む機能
- (3) カードの移動機能
- (4) グループ線の描画機能
- (5) 関係線の描画機能
- (6) 図解の印刷機能
- (7) 図解をファイルへ入出力する機能

これらの機能を繰り返し使い、カードを図解にまとめあげる。

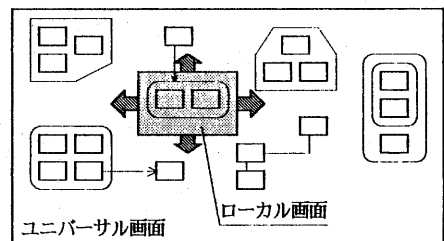


図2：PAN/KJにおける作業領域

4. 計算機による文章化工程の支援

計算機による文章化工程の支援には、2種類の方法が考えられる。1つは、計算機は文章化作業をするための場を提供し、ユーザが文章を入力しやすい環境を構成す

ることである。ここでの主体は「人」であり、計算機はペンや紙などと同じ道具として使われる。この場合の課題は、如何に使い勝手のよい環境を生み出すかである。4.1節で、これについて述べる。

もう1つは、計算機が主体となって文章化作業をおこなうものである。この典型的な例として、図解を入力すれば文章が出力されるといった、計算機による文章の自動生成があげられる。4.2節では、自動化による支援について考察する。

4.1. 作業環境の提供^[5]

PAN/KJに、文章化作業の支援機能が用意されていない場合には、文章化作業は、ここで作成した図解をプリンタで印刷出力し、この印刷結果を見ながらワープロで文章を入力する。この状態では、図解とワープロの画面の両方を見るため、首振り運動がおり、思考が乱されたり、肩こりなどの身体的苦痛につながる。したがって、このような問題を解決するような文章化支援環境が必要となってくる。まず、支援環境に対する要求をあげる。

- (1) 首振り運動をしないで済むようにしてほしい。
- (2) 文章を作るためにエディタ機能が必要である。
- (3) カードの内容と同じ文字はキーボードから再度入力するのは面倒である。
- (4) 文章化で得られた発想をカードとして図解に取り入れたい。

(1)以外は、文章化作業ではどのような機能が必要かをいっている。(1)では、文章化環境のあり方を問題としている。したがって、最初に要求(1)についての仕様を求める。

入力中の文章と、図解とが、非常に近づいて表示されていたら、これら両方を見るにしても、視線の移動はそれほど大きくなりません。したがって、文章を入力する領域を図解の中に用意し、この領域は画面上の見やすい位置に配置することにする。また、位置だけでなく、領域の大きさも変更できなければならない。さらに、文章化作業は、図解を見ながらおこなうため、図解を見渡すことが必要となる。この領域は、位置や大きさの変更ができることから、「文章化用ウィンドウ」と名付ける。

文章化用ウィンドウを設定したことにより、計算機上でおこなう文章化過程を次のように細分する。

- (1) 文章化用ウィンドウで、図解を眺めながら文章を入力する。
- (2) できた文章をファイルに出力する。
- (3) 市販の、フォーマッティング機能を持ったワープロソフトで、作成した文章の体裁を整え印刷する。

つまり文章化過程では、文章の体裁を整え、印刷出力するのが目標ではない。この部分に関しては、市販のワープロソフトの、フォーマット、印刷機能が充実しているので、これを利用することで十分な結果が得られる。本来の目的は、内容のある文章を構成することである。したがって、文章化用ウィンドウには、必要最低限の入力機能だけを留意し、システムにかかる負担を軽減する。

要求(3)のカード内容の取り込み、(4)の文章からのカード化では、図解と文章化用ウィンドウの間でデータのやりとりがおこなわれる。そこで、図解とウィンドウとのインタフェースが重要になる。PAN/KJの図解化機能は、操作のほとんどをマウスによっておこなっている。この操作とのバランスを考え、マウスを用いて、図解と文章化用ウィンドウの間で情報のやりとりをおこなう。カード内容の取り込みは、必要なカードをマウスで指定するだけで、また、カード化では、ウィンドウの中の必要な部分をマウスで指定し、次に図解中でカードを発生させる場所をポイントするだけでよい。

文章化用ウィンドウの実現に際しては、プログラムをできるだけ短くするため、エディタには簡単な機能しかもたせない。パーソナルコンピュータ用のOS(MS-DOS)ではメモリ空間は640KBに限られており、PAN/KJでは、カード操作の作業領域用に大量のメモリを使用しているため、文章化機能用に使用できるメモリはそれほど残っていない。そこで、文章作成用にはA4サイズ(40字×50行)で5枚まで扱うことできるように、メモリを割り当てる。また、編集機能としては、文字の入力と削除に限定し、入力された文字はカーソル位置に挿入される「挿入モード」のみを留意する。

テキストエディタ機能のためのデータ構造を検討する。テキストを格納する編集バッファを、1行の文字列に必要なバッファ×編集可能な行数という2次元配列で表現するのは、一番簡単なエディタの実現手法である。しかし、文章化用ウィンドウでは、その大きさを変更できるようにする必要があり、1行分のバッファを一意に決めることはできない。そこで、編集機能として文字の挿入・削除、入力は「挿入モード」のみであることに目を向け、これらを容易に実現できる双方向リストによって、いくつかの文字列を連結し、文章を表わす。この文章を文章化用ウィンドウに表示する際には、ウィンドウの幅で文章を折り返す必要がある。そのためには、文章を格納している編集バッファに、表示すべき位置の情報をつけ加えなければならない。すなわち、ウィンドウの左上の原点に対応するのは、編集バッファのここであるという情報が必要となる。このデータ構造は、テキストを表示する毎に、位置の情報を参照することになり、高速な表示には向かないが、編集バッファと、表示位置情報という簡単なデータ構造でエディタ機能を実現できるため、この方法を採用する。

カード化、編集した文章のファイルへの入出力や、必

要のなくなったウィンドウのクローズは、メニューからコマンドを選択する。この操作も、図解編集機能との操作の統一を図るため、このようになっている。

今回、試作した文章化用ウィンドウは、簡易エディタ機能しかもっておらず、市販のワープロに慣れた人にとつては、機能面、速度面で使いにくいものになってしまった。逆にいえば、ワープロはこれらの操作性を第一に考えて設計されているということになる。文章化用ウィンドウは、図解との情報のやりとりを重視している点で異なる。文章化用ウィンドウは、図解と同時に表示することで、首振り運動をしなくてすむようにしているが、ウィンドウを表示するために図解の一部が隠されてしまう。これは、ウィンドウを一時的に表示しないようにしたり、表示位置を変えたり、図解をパニングすることで隠れた部分を見ることはできるが、問題として残る。

4.2. 自動化による支援

人間が、図解から文章を組み立てるときには、そこに含まれるさまざまな情報を読み取り、論理の流れを文章として記述する。したがって、計算機に自動的に文章化工程をさせるためには、どんな情報が図解に含まれるかを知らなければならない。そこで、図解に含まれる情報として考えられるものを次にあげる。

(1) カードに書かれたテキスト情報

カードに書かれた文字は、整理すべき情報そのものであり、文章化ステップでは重要な情報となる。

(2) 親近感のあるもの同士を1つにまとめたグルーピング情報

グループの輪どりは、親近感のあるカードを囲むように描かれる。すなわち、あるグループに含まれるカードは、親近感のあるもの同士となる。これが、グルーピング情報である。

(3) カードやグループの配置された情報（位置情報）

図解化作業で、関連のあるものは、近くに配置する。したがって、近くに置かれたものは、遠くに置かれているものに比べて、強い関連があると考えられる。

(4) カードやグループの大きさや形

カードに書かれた内容が多いときには、カードは大きくせざるをえない。同様なことがグループについてもいえる。また、配置の状態により、グループの形もさまざまなものとなる。

(5) 関係線の接続情報

強い関係のあるカードを示すため、関係線がつけられる。

(6) 関係線の種類

関係の意味を示すため、線の種類を変える。したがって、関係線は文章化で話を展開するとき、標識のような働きをする。

これらの情報を用いて、現在の計算機環境で、自動的に文章化をおこなうことを考える。まず、(1)のカードに書かれた文字情報が、自動化にどんなヒントをもたらすか、考察する。

カードに書かれた断片的な文の意味を、計算機が理解することは現状では難しい。自然言語理解は、言葉が曖昧性を持つため、多くの問題をかかえており、現在、各所で研究されている段階である。これが完成されたとしても、文章化ステップで計算機が新たな発想を生み出すのは容易でないだろう。例えば、ある文脈理解システムでは、あらかじめ与えてある枠組みに、入力文から得られた事象を示す意味表現を適切に埋め込んでいくことによって理解をおこなっている。仮に、このような枠組みがあらかじめ与えられているシステムを、発想を得るために用いたとすると、そこからでてくる発想もまた、この枠組みに縛られたものになる。つまり、与えられた枠内での発想しか得られず、「まったく新鮮な」発想を得ることは困難であろう。このようにカード内容の意味を理解して、文章化することを計算機がおこなうには、多くの問題があり、現時点では困難なので、テキスト情報を用いた文章化は本稿では取り上げない。したがって以後、特に断わらないときには、「文章化」というのは、新たな発想を得ない、カードの内容を適当な順に並べ変える作業を意味する。今回、文章化の規則を探るために、

(1) グルーピング情報

(2) 位置情報

(3) 関係線情報

の3点について、図解と文章化の順序との関係を調査した。これらの情報は、PAN/KJで管理されているため、文章化の規則が得られた後、文章化機能として追加することができる。調査するためには、実際に文章化されている例が必要となる。今回は、図解とそれを文章にした例が、多数掲載されている『続・発想法』（中公新書）^[6]より、調査用図解を得た。得た図解のカードには、文章にされている順に通し番号をつける。ただし、PAN/KJでは、グループにその内容を示す「グループ見出し」をつけることができないので、これには番号を与えない。このようにして準備した図解に含まれる3つの情報と、カードに与えられた番号との関連を調べていく。

4.2.1. グルーピング情報による規則

グループには、カードや、階層的にグループが含まれる。ここで、カードのみを含むグループを最下位レベルグループと呼ぶことにする。「最下位」という言葉は、もうこの中には、階層的にグループがないという意味で用いた。

グループに含まれるカードは、親近感のあるもの同士であることは前に述べた。また、B型文章化では、親近

感のあるものを同時に眺め、文章化を進めていく。グループは、そのための基準として用いられる。すなわち、グループはB型文章化において、1まとまりとして扱われる性質をもっている。このことから、グループに含まれるカードの内容は、連続して文章に取り入れられることが予想される。これを確かめるため、まず最下位レベルグループにおいて、カードが連続して文章化されているかを調べる。その結果、1例だけを除いて、その他の全ての最下位レベルグループのカードには連続した番号が与えられることがわかった(表1:調査用図解における最下位レベルグループ数)。これは、グループ内のカードが連続して文章化されることを意味し、グループが1まとまりとして扱われていることを示している。さらに、階層的にグループを含むものについても、最下位レベルグループの場合と同じ調査をした結果、ここでも全ての場合において、グループ内には連続した番号が与えられていた。これらから、1つのグループは階層的にグループを含んでいる、いないに関係なく、連続した番号が与えられていることがわかった。したがって文章化では、グループはそれを1まとまりとして扱うことができる。

4.2.2. 位置情報による規則

位置情報による文章化の規則を考える前に、「カードの位置」の定義をしなければならない。カードの位置の定義として、初めに思いつくのは、カードを質点として扱うことである。例えば、カードの中心(長方形の重心)をそのカードの位置とする。こう定義することにより、図解内でのカードの絶対位置は座標値として簡単に表わすことができる。しかし、カードは大きさを持っており、先ほどの定義の例で、同じ位置にあるカードでも、横に長いカードと縦に長いカードでは、文章化時にはかなり

扱いが変わってくる。このように絶対位置の定義が困難なので、2枚のカードの相対位置関係を定義する。2枚のカードがあれば、それらの間には上下左右という相対的な位置関係が決まる。今回は、2枚のカードが縦に並ぶ場合にのみ上下関係をつけ、それ以外の場合には左右の位置関係を定義した。次のような場合には上下の関係を定義する(図3、図4:カードの上下関係)。

- (1) 上のカードの重心が、下にあるカードの横幅内に納まっているとき。例えば、2冊の本が横にして積み上げられているとき、上の本の重心が、下の本の面内にあれば倒れない。これと同じような状態にある場合の定義である。
- (2) 下にあるカードの重心が、上のカードの横幅内に納まっているとき。

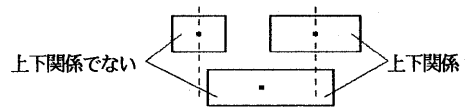


図3: 上下関係の定義(その1)

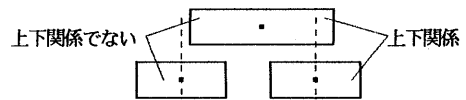


図4: 上下関係の定義(その2)

このような、上下関係にない2枚のカードは、重心の位置を比較し左右を決める。

文章化の単位としてグループを用いることは、すでに述べた。そこで、連続して文章化されているグループ内

表1: 調査用図解における最下位レベルグループ数

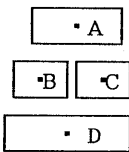
| グループに含まれるカード枚数 | 図解番号 | | | | | | | | | | | | | 合計 |
|----------------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| 2 | 8(4) | 4(0) | 3(0) | 1(1) | 1(0) | 1(0) | | 4(4) | 9(8) | 6(6) | 1(1) | 7(4) | 6(4) | 51(32) |
| 3 | 5(2) | * 3(0) | | 1(0) | 3(0) | 2(0) | | 4(3) | 3(2) | 4(3) | 3(2) | 6(3) | | 34(15) |
| 4 | 4(0) | 1(0) | 1(1) | 3(0) | 5(0) | 3(0) | 6(0) | 5(5) | 2(1) | | 2(2) | 1(0) | 1(0) | 34(9) |
| 5 | | 1(0) | | 4(0) | 1(0) | 2(0) | 3(0) | 2(0) | 1(0) | | | | | 14(0) |
| 6 | | | | 2(0) | | 2(0) | 1(0) | | 1(1) | | | | | 7(1) |
| 7 | | | | 2(0) | | | | | | | | | | 2(0) |
| 合計 | 17(6) | 9(0) | 4(1) | 13(1) | 10(0) | 10(0) | 10(0) | 15(12) | 15(12) | 10(9) | 6(5) | 14(7) | 7(4) | 142(57) |

*) 図解2、カード数3の欄には不連続な番号の付けられたもの1つを含む
()内はグループ内に関係線の存在しないグループの数

のカードに、どのような順序がつけられているかを、位置情報と文章化順序の関係から調べる。このとき、関係線などの情報を除外し、純粋に位置情報のみを扱う必要がある。関係線のまったく含まれない最下位レベルグループを調査対象にする。条件に当てはまるグループを眺めた結果、縦方向には上から下に文章化される傾向があり、横方向ではどちらかといえば左から右に文章化されていることに気づく。これをもとに、位置情報による文章化のアルゴリズムを次のようにした(図5:位置情報による文章化のアルゴリズム)。

- (1) 文章化するカードの中から、いちばん左にあるものを探し、候補Aとする。左にあるものを探すときには、カードの左の辺を基準に比較する。ただし、文章化するカードがなければ、位置情報による文章化は終了する。

カードの配置状態



アルゴリズムの追跡

| 手順 | 候補 | 文章化されたカード |
|----|----|-----------|
| 1 | D | |
| 2 | A | |
| 3 | | A |
| 1 | D | |
| 2 | B | |
| 3 | | AB |
| 1 | D | |
| 2 | C | |
| 3 | | ABC |
| 1 | D | |
| 2 | D | |
| 3 | | ABCD |

図5:位置情報による文章化アルゴリズム

- (2) 候補Aの上に位置するカードを調べ、あればそれを新たに候補Aとする。ここで、候補が複数存在するときには、いちばん左に位置するものを候補Aとする。新しい候補が得られなくなるまで(2)を繰り返す。
- (3) 候補Aのテキストを文章に貼り込み、文章化すべきカードの中から候補Aを取り除き、(1)からの手順を繰り返す。

調査用図解中の関係線の含まれない最下位レベルグループについて、このアルゴリズムに従って順序付けたものと、実際の順序を比較する。比較の方法は、まず対象となるグループ内のカードに、このアルゴリズムにしたがって、通し番号を付ける。そして、アルゴリズムにより付けた番号の隣合う2枚の組を取り出し、この並び方が実際の順序と同じように並んでいるかを調べる。例えば、4枚のカードからなる最下位レベルグループにおいて、アルゴリズムにより'1'と'2'の番号が与えられたカードを取り出す。つぎに、取り出したカードに、実際に与えられた番号を見る。ここではその番号として、「10」と「11」が与えられているものとする。アルゴリズムによる番号は'1'のようにシングルクォーテーションで、実際の文章化の順序は「10」のように括弧をつけて以下表現する。この場合、「1'」、「2'」と並ぶカードは、実際にも「10」、「11」と並んで文章化されていることがわかる。このように順序の対応のとれる場合を「一致する」と定義する。次に、「2'」と「3'」のカードを取り出す。これらには「11」、「13」が与えられていたとすれば、この場合は「一致しない」。同様に「3'」と「4'」についても「13」、「12」が与えられているならば、「一致しない」。このように、4枚からなるグループでは、3通りの取り出し方があり、一般にN枚から構成されるグループでは、(N-1)通りの取り出し方がある。そして、全ての取り出し方のうち、「一致する」場合を数える。

この方法により、調査図解中の全ての最下位レベルグループについて調べた結果、全体では94のうち62(66%)

表2:位置情報によるアルゴリズムと実際の順序の比較

| グループに含まれるカード枚数 | 図解番号 | | | | | | | | | | | | | 合計 |
|----------------|------|---|-----|-----|---|---|---|-------|-------|------|------|------|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| 2 | 4/4 | | | 0/1 | | | | 3/4 | 8/8 | 3/6 | 1/1 | 2/4 | 1/4 | 22/32 |
| 3 | 4/4 | | | | | | | 6/6 | 4/4 | 2/6 | 3/4 | 0/6 | | 19/30 |
| 4 | | | 3/3 | | | | | 11/15 | 1/3 | | 4/6 | | | 19/27 |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | 2/5 | | | | | 2/5 |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 合計 | 8/8 | | 3/3 | 0/1 | | | | 20/25 | 15/20 | 5/12 | 8/11 | 2/10 | 1/4 | 62/94 |

(一致数/取り出し数)

について「一致」した（表2：位置情報によるアルゴリズムと実際の順序の比較）。

4.2.3. 関係線情報による規則

調査用図解に含まれる関係線の種類は、

- (1) 関係ありの線
- (2) 因果関係の線 →
- (3) 相互関連の線 ↔
- (4) 対立関係の線 ↯

の4つである。それぞれの線が、文章化の順序にどのような影響を及ぼすのかを調べる。KJ法では、同じグループ内のカード間に限らず、グループを越えて関係線を引くことを許している。グループを越えるような関係線は、1つのグループを文章化した後、次にどのグループへ移って文章化するかを決める手がかりとなっている。ということは、1つのグループ内の文章化をおこなうときには、このグループを越えた関係線の情報は必要ない。そこで今回は、同一レベルのカードに付く関係線（グループ線を越えない関係線）について調査する。

関係線によって連結したカードには、連続した番号が与えられる。すなわち、関係線で結ばれたカードは、グループの場合と同じように、1まとまりとして扱える。また、4種類の関係線には

「関係あり」>「因果関係」>（「相互関連」、「対立関係」）

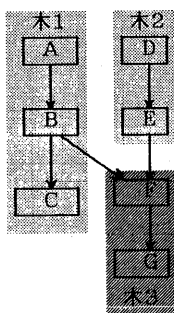
の優先順位が認められる。例えば、1つのカードに「関係ありの線」と「因果関係の線」が接続していれば、「関係ありの線」で結ばれるカード同士を1まとまりと考え、その1まとまりに「因果関係の線」が接続しているとみなし、順序づける。ここで、関係線により1まとまりにされたものを、「カード群」と呼ぶことにする。

「因果関係の線」には、関係線の矢印が示す方向に文章化するという規則が認められる。このように関係線が順序を決めるような性質は、他の3つの関係線にはみられない。「関係ありの線」によって1まとまりにされたものについては、前節で述べた位置情報による順序づけ規則が認められた。すなわち、「関係ありの線」によって連結されるカードを文章化する場合には、これらのカードの位置関係に従って、順序づければよい。しかし、その他の線は、規則を決めるのに十分な例がないので、順序付けは位置情報による規則を用いることにする。

もう1つの関係線「因果関係」では、矢印の方法に文章化される規則をもつので、このことに注意して文章化アルゴリズムを次のようにする。

- (1) 関係線による閉路が作られているか調べ、あればそれを1まとまりとする。
- (2) 関係線の入ってこないカードを「根」とし、矢印の

カード群の状態



アルゴリズムの追跡

| 手順 | 作業内容 |
|----|-----------------------------|
| 2 | 木1 (ABC) を作る 木2 (DE) を作る |
| 3 | 木3 (FG) を作る |
| 4 | 木1、木2、木3の 順に連結する |



結果：ABCDEF Gの順序

図6：因果関係の線による文章化の例

- 合流する（複数の関係線が入ってくる）カードを含まない「木」を深さ優先探索^[7]によりつくる。
- (3) 関係線の合流するカードを「根」とし、(2)と同様にして「木」をつくる。
- (4) できた木を、合流する点において、矢印の方向に従うように文章化する。
- (5) 閉路を作るカードは、位置関係をもとに左上から順序づける。

図6に因果関係の線による文章化アルゴリズムの例をあげる。

「関係ありの線」と「因果関係の線」のアルゴリズムを、位置情報によるアルゴリズムの比較と同様に、「一致する」、「一致しない」場合の数を数える。調査は、最下位レベルグループ中のカード群を対象とする。この結果、カード群とグループ外のカードとの間に関係線の接続しないものでは、「関係ありの線」で39のうち33（85%）について一致し、「因果関係の線」で22のうち13（59%）について一致した（表3、表4：関係線情報によるアルゴリズムと実際の順序の比較）。

4.2.4. 総合的な文章化規則

これまで、グルーピング情報、位置情報、および関係線情報それぞれによる文章化のアルゴリズムを考えてきた。しかし、実際には、これらの情報を総合的に見ながら文章化をおこなう。したがって、その作業を機械的におこなうためには、これらの情報を統合した文章化のアルゴリズムが必要となる。ここでは、これまでに導出したアルゴリズムの統合化をおこない、文章化規則として提案する。

まず、各情報の優先順位を考える。文章化作業は、グループ毎におこなわれることがわかったので、1つのグループについての規則を確立する。グループ内には、カードや関係線があり、位置情報、関係線情報が存在する。

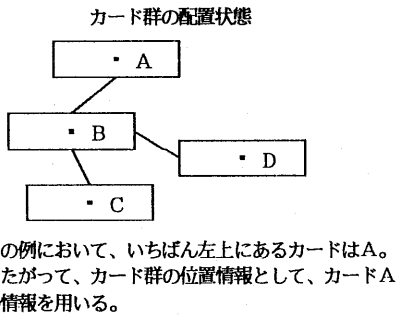


図7：カード群の位置の定義

関係線は、カードの関係を明確化するために用いられるので、位置情報より優先して文章化に利用される。そして、関係線の接続しないものは、位置情報により順序づけられる。ところで、カード群の位置を定義する必要が生ずる。ここでは、カード群を構成するカードのうち、いちばん左上にあるカードの情報をもってカード群の位置情報とする（図7：カード群の位置の定義）。これらの考えに従って、各情報に優先度を付け、文章化アルゴリズムを次のように統合する（図8：総合的な文章化アルゴリズム）。

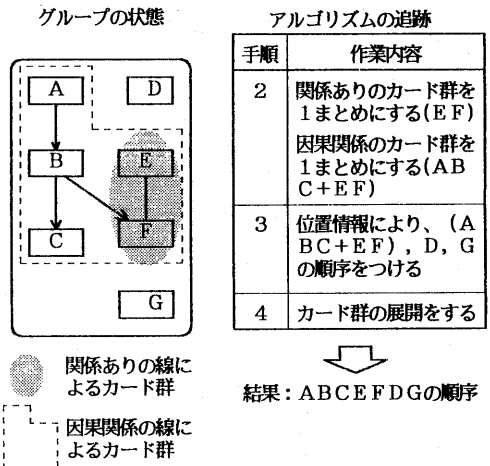


図8：総合的な文章化アルゴリズム

- (1) 1つのグループに注目する
- (2) グループ内の関係線を調べ、「関係ありの線」で連結されるカード群、「因果関係の線」で連結されるカード群、「対立関係の線」、「相互関連の線」の順で、カード群を1まとめにする
- (3) (2)でまとめたカード群を、位置情報に従い順序づける

表3：関係線情報によるアルゴリズムの一致性（関係ありの線）

| カード群を構成するカード枚数 | 図解番号 | | | | | | | | | | | | | 合計 |
|----------------|-------|---|---|-------|-----|-----|-----|---|-----|-----|----|-----|----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| 2 | 4/4 | | | 9/9 | 2/2 | 0/2 | 4/4 | | 2/2 | 0/1 | | 2/2 | | 23/26 |
| 3 | 6/6 | | | | | 0/2 | 2/2 | | | | | | | 8/10 |
| 4 | | | | 2/3 | | | | | | | | | | 2/3 |
| 合計 | 10/10 | | | 11/12 | 2/2 | 0/4 | 6/6 | | 2/2 | 0/1 | | 2/2 | | 33/39 |

(一致数/取り出し数)

表4：関係線情報によるアルゴリズムの一致性（因果関係の線）

| カード群を構成するカード枚数 | 図解番号 | | | | | | | | | | | | | 合計 |
|----------------|------|---|---|---|---|-----|---|---|-----|----|----|-----|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| 2 | 6/6 | | | | | 1/1 | | | | | | 4/4 | 1/1 | 12/12 |
| 3 | | | | | | | | | | | | 0/2 | 0/2 | 0/4 |
| 4 | | | | | | | | | 1/6 | | | | | 1/6 |
| 合計 | 6/6 | | | | | 1/1 | | | 1/6 | | | 4/6 | 1/3 | 13/22 |

(一致数/取り出し数)

(4) 1まとめにしたものを、それぞれの規則に従い、展開する

ここで、これまでと同様に、アルゴリズムによる文章化の結果と、実際の文章化の順序を比較してみる。調査は、最下位レベルグループ全てを対象としておこなう。その結果、カードの接続総数が321個あるうち、197 (61%) について文章化の順が一致した (表5: 総合的な文章化アルゴリズムと実際の順序の比較)。

5. おわりに

本稿では、図を用いた思考展開を支援するツール「PAN/KJ」と、それにおける文章化の支援について述べた。計算機による文章化の支援として、文章化用ウィンドウを設計、実現した。また、文章化工程の自動化を目的として、既存の図解をもとに文章化アルゴリズムを導出した。

今後の課題は、導出した文章化アルゴリズムを文章化支援機能としてPAN/KJに組み込むことである。この機能は、アルゴリズムによって完璧な文章が得られるわけではないので、ユーザが逐次指示しながら、半自動的に文章化をおこなう形を取るようになる。この設計を慎重におこなわなければ、苦勞して組み込んだ機能が「無用の長物」となる可能性は高い。

本稿は、PAN/KJで図解をつくり、文章化用ウィンドウを使用して作成し、ワープロで書式を整え出力した。ここで問題となったのは、文章化用ウィンドウで作成した文章を、一度、ワープロの文書データにしてしまうと、文章化用ウィンドウで編集、校正するためには、フォーマットしたワープロの文書データを、ウィンドウで用いる形式に変換する手間がかかるということ

である。これは、文章化用ウィンドウに文章と、そのフォーマット情報の両方をもたせることによって、理論的には解決できる。しかし、実際には、メモリの問題、ワープロ毎にフォーマット情報が異なる等の障害が多く、解決は困難である。したがって、細かな校正は、ワープロ上でおこない、大きな内容変更は文章化用ウィンドウを用い再びワープロでフォーマットすることになる。

文章作成には構成から消書、印刷という流れがあり、それぞれを支援するツールの中で、いかにデータの流れを円滑におこなうかが、文章作成支援環境における課題である。現在、論文作成を対象に、論文データベースと文章作成を統合化した支援システム^[8]の開発も進めている。

参考文献

- [1] 日経パソコン1987年5月18日号, 日経マグローヒル, pp.151(1987).
- [2] 日経パソコン1987年6月8日号, 日経マグローヒル, pp.121-125(1987).
- [3] 川喜田: KJ法, 中央公論社(1986).
- [4] 小山: 発想支援ツールKJエディタ, 豊橋技術科学大学修士学位論文(1988).
- [5] 森田他: KJエディタにおける文章化工程支援の実現, 電気関係学会東海支部連合大会, 514(1988).
- [6] 川喜田: 続・発想法, 中公新書(1970).
- [7] 野崎, 野下共訳: アルゴリズムの設計と解析 I, サイエンス社, pp.154-177(1977).
- [8] 下島他: 論文作成支援データベースシステムの基本設計, 電気関係学会東海支部連合大会, 516(1988).

表5: 統合化したアルゴリズムの一致性

| グループに含まれるカード枚数 | 図解番号 | | | | | | | | | | | | | 合計 |
|----------------|-------|-------|-----|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-----|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| 2 | 8/8 | 4/4 | 2/3 | 0/1 | 1/1 | 1/1 | | 3/4 | 9/9 | 3/6 | 1/1 | 5/7 | 3/6 | 40/51 |
| 3 | 9/10 | 5/6 | | 2/2 | 4/6 | 3/4 | | 7/8 | 6/6 | 2/8 | 4/6 | 4/12 | | 46/68 |
| 4 | 12/12 | 1/3 | 3/3 | 5/9 | 5/15 | 1/6 | 9/18 | 11/15 | 2/6 | | 4/6 | 3/3 | 1/3 | 57/99 |
| 5 | | 1/4 | | 10/16 | 1/4 | 1/8 | 6/12 | 6/8 | 1/4 | | | | | 26/56 |
| 6 | | | | 8/10 | | 1/10 | 4/5 | | 2/5 | | | 3/5 | | 18/35 |
| 7 | | | | 10/12 | | | | | | | | | | 10/12 |
| 合計 | 29/30 | 11/17 | 5/6 | 35/50 | 11/26 | 7/29 | 19/35 | 27/35 | 20/30 | 5/14 | 9/13 | 15/27 | 4/9 | 197/321 |

(一致数/取り出し数)