

## 概念図作成における概念指示語と図との対応法

田中一敏, 門田充弘, 山下紘一

A T R 通信システム研究所

図の中に存在する形状の規則性に着目し, その規則性を組み合わせた一群の図形集合(ひな形と呼ぶ)を図の作成編集の管理単位とする方式を提案する. これにより人は, 煩わしい図形操作の繰り返し作業から解放され, 思考を図の意味へ傾注させ, その結果, 図を作成編集する労力を軽減することが可能となる. また, 図をひな形の組合せとして構成するために, 組合せの傾向性を分析し, ひな形同志の組合せ方, 組合せインタフェースについて実現方式を検討した. 更に, 人間がこの支援システムを効率よく使うために, ひな形検索のための指示語を物理面, 論理面, A P (アプリケーション)面の3つの観点から分析し, 人間には, その3つの指示語の違いを意識させないこととした.

### A Relation between Keyword and Structure of Graphics in Graphical Image Representation

Kazutoshi TANAKA Michihiro MONDEN Koichi YAMASHITA  
A T R Communication Systems Research Laboratories

Twin 21 Bldg. MID Tower, 2-1-61 Shiromi Higashi-ku, Osaka 540, Japan

This paper proposes an idea which releases a graphic drawer from boring and troublesome operations such as positioning or moving several nodes in the same direction. A point of the idea is that each figure has several regulations. A Figure Template is made from some regulations, stored to data bases, and prepared for the drawers. He gives some keywords to system which is related with physical, logical or/and application term of figure, and system displays appropriate templates. He inserts characters into one of these templates, so he gets complete figure he has desired to represent his concept in the brain for communication. And it also reports class and tendencies of combination of templates, and user interface for combining them.

## 1 はじめに

概念図の作成編集を容易にする手段として、規則性を持った図形集合である『ひな形』を考え、その役割、対応する概念指示語との関係について述べる。

図には、一目で全体がつかめる、いろいろな関係が表現しやすい、考えをまとめる時の下書きとしてよい、等の特徴を持っている [1]。しかし、図を作成したり、修正したりするのが面倒なため、通信の手段としての活用が言語に比べておこなれているのが現状である。

この図にも、機械製図、地図等のような物理的、具体的な図から、分類図、フローチャートのような論理的、抽象的な図まで種々のものがある。そこで、後者の方、即ち人間が頭の中で考えた内容 (=概念) を図化したもので、意思疎通・思考操作のために用いる図を概念図と呼び、これを対象とした計算機支援を検討している。

## 2. 概念図作成支援とひな形

人間は、図を書く場合には、まず考えていることを整理し、次にそれにふさわしい図を考え、最後に、紙の上に描画する。また、図を用いて頭の中を整理する場合には、種々の図形を試行錯誤的に書いて、その上で内容を明確にして行く。この作業を計算機の支援により、効率よく行なうことを考えると、図1ようになる。

我々は、従来の清書支援としての図作成でなく、書きたい概念に対応する適切な図を決定し、適切な図の型板(テンプレート)をひな形と呼ぶ。

計算機が人に提示する図操作のレベルには色々なものがある。それには、①線、②四角・円等の図形要素、③構造の規則性、④回路等の機能図形で応用分野特有のもの等があり、ひな形は、この内の③に相当する。

以下、ひな形について、その意義、指示語との関係、組合せ等について述べる。

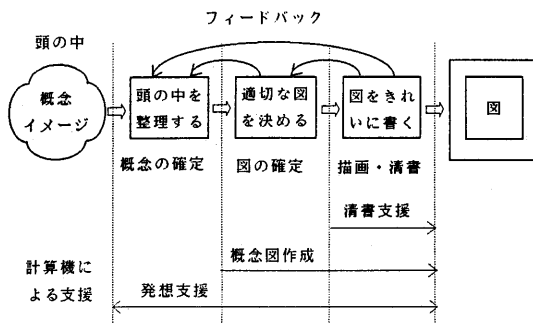


図1 人間の図の作成過程と計算機による支援

## 3. ひな形について

### 3.1 ひな形の役割

いろいろな図を見てみると、ある意図に応じて、その形状が決まり、形状は種々の規則性のもとに配置されていることが多い。ところが従来より、図を作成・編集するシステムでは、その規則性(構造)を生かしているとは言いがたい。その結果、以下の事柄に煩雑な思いをしながら、概念図を作成しているのが現状である。

(1) 四角、丸等を自分で配置、接続(位置ぎめが大変)

グリッドによる補助もあるが、やはり大変である。

(2) 繰り返し作業が大変

add/del時に他の多くのノード、アークの移動が必要、また複数個にわたる形状の変更も繰り返し作業が必要である

これは、図の中の各要素が有機的に結びついていないことが最大の原因である。この有機的な結びつき(規則性)をシステムが用意し、その規則性を容易に取り出し、その上で追加、削除、移動、複写等の編集作業を行うことができれば、人間はより図の意味に意識を集中させながら図作成編集を行え、その結果、適切な図を早く手にすることができ、省力化を図る事ができる [2]。

いま述べた、規則性を1つ以上組み合わせた一群のノードやアークの集まりを【ひな形】と呼ぶことにする。

### 3.2 ひな形と規則性

ひな形及び規則性を考える際には、その形状はもちろん、結果として形状に現われる意味も含めて追究する必要がある。この観点としては、以下のものがある。

- (a) 上下の有無、時間前後の有無
- (b) 数と同質性(ノード、アーク)
- (c) 方向性(一方向、ループ性、フィードバック性)
- (d) アークの有無及びノード間の関係(分離、接合、重ね)
- (e) 同質ノード間の関係有無
- (f) 座標系(x, y, r,  $\theta$ )

上記観点から実際の図(主として、連結系、領域系で形象系、座標系は除く)を観察し、形状の類似性、識別性の点からひな形とその中に内在する規則性を分類整理した。表1に規則性を、表2にひな形を示す。

(1) ノードに関する規則性

①親子関係（ノードの存在の従属性）

- ①-B 再帰性
- ②座標値の等値性
- ③座標値の等間隔性
- ④ノードの同質性（役割, 形状, サイズ）

(2) アークに関する規則性

- ⑤アークの接続性保持（ノードの連続性）
- ⑥アークの重合
- ⑦アークの等間隔性
- ⑧アークの同質性（関係性, 形状, 太さ）

このうち、①⑤がひな形の編集時の振舞いにおいて支配的な要因である。また②③⑦については、 $x, y$ 座標系と $r, \theta$ 座標系がある。なお、

・ $x, y$ 座標と $r, \theta$ 座標（縦/横回転）

は、容易に相互変換が可能なので、ひな形の区別には用いないこととする。（描画時の条件指示相当）

3. 3 ひな形と指示語

図を作成する場合に表2に示すひな形を一覧表示して選択させるのは、(1)ひな形が多い場合に一画面に表示しきれないので、画面を切り替えながら目的のひな形を見つけることになるがその作業が煩わしい、(2)表示しても形状が似ていて使う意味（規則性）が異なる場合に選択が難しくなる、等から好ましくない。そこで、ひな形を選択するための指示語を設けることにする。

表2の指示語例はひな形を特定する場合に有効な対応語を示すものである。この対応語（指示語）は、ひな形の特徴を形状面ではなく、図が表現する意味または描画の手段の観点から言い替えたものであり、逆に言うと、その語からひな形を検索することにより、『書きたい内容を指示すれば、それに見合うひな形を提示してくれ、そのひな形にデータを埋め込むことにより、所望の図が得られる。』という、概念図作成支援の実現を可能とする。


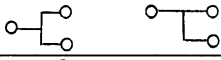
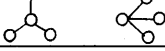
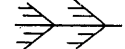

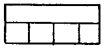

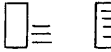
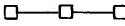
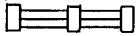



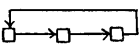




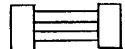




一方、図には表題というものがあり、ひとはこれを図を解釈するときの手がかりとして用いている。しかしながら、表題から指示語が得られることは非常に少ない。なぜなら表題は、読む人に図の解釈における解釈空間や前提条件を提示するものであり、読む人のレベル、及び図が単独で書かれたものか一連の文章の中で現われたものか、に応じて変化しうるものである。そして指示語に対応する内容は具体的な形状で表現され、読者の解釈に任されているからである。

この指示語については、5章で再度言及する。

表1 図における規則性

項目	内容	例	
ノ ー ド	①親子関係	子のノードの存在が親のノードの存在に左右される	
	①-B 再帰性	子の下に孫が存在する関係	
	②座標値の等値性	一群のノードの $x(y), r(\theta)$ の座標値が等しいもの	
	③座標値の等間隔性	一群のノードの $x(y), r(\theta)$ の座標値の差が一定である(②と直交することが多い)	
④ノードの同質性	役割, 形状, サイズ等のノードの属性値が等しいもの		
ア ー ク	⑤アークの接続性	中間のノードを削除しても全体として元の接続状態を保持する	
	⑥アークの重合	複数のアークが重なっているもの	
	⑦アークの等間隔性	一群のアークの隣接同志の座標値の差が一定のもの	
	⑧アークの同質性	役割, 形状, サイズ等の属性値が等しいもの	

表2 ひな形の分類例

分類	名称	形状	規則性	指示語例	
親子関係あり	再帰的 使用あり	分岐トリー		①②③④⑧	分岐, 階層, 構成
		分岐くし形		①②③④⑥	分類, 内訳, 列挙, 体系, 分岐判断, [組織], [家系]
		放射状		①②③④⑧	構成, 分類, 作用, やりとり,
		魚の骨		①②③④	分類, 体系, [要因分析], [施策]
		同心円分割		①②④	分類, 内訳, 構成
		分岐接合		①②④	分類
		要素集合		①④	分類, 包含, 列挙, 要素, (重なり→重複, 範囲, 比較)
親子関係なし	再帰的 でない	1 : N配列		①②③④	分類, 列挙, 内訳
	連続性の 保持	直列		⑤②③④⑧	構成
		直列(複数本)		⑤②③④⑦⑧	同上
		多角形頂点, ループ		⑤②③④⑧	構成, 相関
		レーダチャート		⑤③⑧	比較
		流れ(一方向)		⑤②③④⑧	処理, 手順, 順序, 状態遷移, 構成, 変化, 経過, サイクル, プロセス
		流れ(フィードバック)		⑤②③④⑧	処理, 手順, 物の流れ, 状態遷移, フィードバック, サイクル
		流れ(ループ)		⑤②③④⑧	同上
		流れ(分岐)		⑤②③④⑧	処理, 物の流れ, 上端遷移, 変遷, 順序, 過程, 経過, 変遷, 発展
		流れ(合流)		⑤②③④⑧	同上
連続性 なし	1 : 1		②④	作用, やりとり, 対応, 状態遷移, 進化, 効果	
	1 : 1 (複数本)		②④⑦⑧	構成, 接続	
	1 : N連結 a		②③④⑧	作用, 構成, やりとり	
	1 : N連結 b		②③④⑧	同上	
	1 : N連結 c		②③④⑦⑧	構成, 作用, やりとり	
	M : N		②③④⑧ (2グループ)	構成, 対応, 関連, 相関	

[ ] は, アプリケーション関連の用語

### 3. 4 ひな形の構造と柔軟性

ひな形は表2に示すように規則性の集合体であり、ひな形間を比べてみたときには、共通の規則性を持っている場合がある。そこで、意味は同じであるが形状の違う別のひな形を用いて書いてみたくなったり、さらには書き手の都合により図の一部を変更したくなったりすることが生じる。

しかし、一部変更によりひな形を生成し、各々のひな形を完全に別の構造として管理すると、上記の場合にひな形間で既入力データの交換しなくてはならなくなる。

これに対処するために、ひな形をそれが表現する内容と形状に関わる記述とに分け、相互の連携を取った構造にしている。[3] これにより、例えば表2の親子関係を示すひな形の記述は共通で、各々異なる形状面の構造を持つことになる。また、座標に関わる一部変更は、後者の構造の中に閉じ、内容面の記述には影響を及ぼさないようにしている。

### 4. ひな形の組合せ

#### 4. 1 図とひな形との対応

図には、単純なものから複雑なものまで種々のものがあるが、それをひな形という観点から見ると、1つのひな形から成り立っている図、複数個のひな形から構成されている図、ひな形の存在しない図などがある。

1つのひな形から構成される場合は、単純な内容を表現したり、または慣習によって内容と形状が1:1に対応するようになったものであり、前者の例には組織図や分類、後者には魚の骨、レーダーチャート等がある。

しかし、実際の図は複数の規則性を持った部品図(ひな形)を結合して用いられていることの方が多い。表3にひな形が用いられる場合の傾向性を示す。そこで、以下では、ひな形の組合せ方とその意味づけについて考える。

#### 4. 2 ひな形の組合せ方

ひな形の組合せ方には、並置、重ね合わせ、接続、包含の4種類がある。このうち前3者は横/平面の方向の、残りの1つは縦/垂直の関係にある。

- (1) 並置：ひな形同志の結合なし、位置関係の保持。
- (2) 重ね合わせ：ひな形のノード同志の重なりによりひな形が結合する。
  - ① 重ね合わせ1：1ノード
  - ② 重ね合わせ2：複数ノード
- (3) 接続：ひな形のノード同志がアークにより接続。

表3 ひな形の単独性と組合せ性

分類	ひな形の例
単独で用いられる	魚の骨、レーダーチャート、[エネルギーフロー]、[交信図]、[系統樹]
単独で用いられることが多い	分岐トリー、同心円分割、要素集合、
組み合わせる方が多い	分岐くし形、放射状、直列、多角形頂点、流れ(一方向)、流れ(フィードバック)、流れ(ループ)、流れ(分岐)、流れ(合流)、1:1、1:N、[バス型]
組み合わせられて用いられる	分岐接合、直列(複数本)、1:1(複数本)、1:N配列、M:N

[ ] :表2では未出

(4) 包含：1つのひな形が別のひな形の1ノードの内におさまる。

- ① 包含1：内部ひな形のノードと外部との関係なし
- ② 包含2：内部ひな形のノードと外部との関係あり

表4にひな形の組合せを示す。この包含2において、内部のひな形のノードと外部との関係を明示しなければ包含1と同じになる。即ち包含2は包含1の部分集合の関係にある。(書き手からみると、包含性を重視するか、接続性を重視するかという視点によりどちらかを決定することになる。)

また、同心円分割、要素集合のように親が子を内包するひな形は、重ね合わせ1=包含1、重ね合わせ2=包含2になる。

組み合わせた場合の規則性については、基本的に以下のような関係を持ちながら組合せひな形を制御する。

- ・並置、接続――独立
- ・重ね1――重ね合わせた方のひな形がもう一方のひな形に従属する。
- ・重ね2――両方のひな形が対等の位置づけで全体を制御する。
- ・包含1――内部ひな形全体が親子の子へ(規則①)
- ・包含2――サイズ面(外が内部ひな形を含む)以外は独立。但し削除対象が内部ノードで外とのつながりがある場合その部分のみ包含1になる。

包含関係を除く組合せ方を調べてみると重ね合わせが最も多く、  
並置：重ね合わせ1：重ね合わせ2：接続=4:10:10:1  
程度の差になっている。

ひな形毎の組合せ方の傾向性を表5に示す。

#### 4.3 組合せ方のインターフェース

上で述べたひな形の組合せ方は以下の3種類としている。

(1) 対象となるひな形を表示し組合せのノードを直接指示する。

(2) 1つのひな形を表示し、特定のノードに対して、指示語を入力する。そして候補を選択する(指示語の与え方により接続方法も決定する。例えば、M:Nの1ノードに対し『内訳』を指示→該ノードに1:Nの1側が重ね合わせ1で組合さる。複数ノードに『集約』→1:NのN側が重ね合わせ2で組合さる)

(3) 指示語を複数個入力すると、システムがひな形の候補同志を接続してその内適切な組合せを表示し、人が選択する。

将来は、(3)をねらっていくが当面は(1)(2)ベースで組合せを行う。

#### 4.4 複合ひな形

組合せ方に偏りがあり、しかもよく使用されるものは複合ひな形として登録し、使いやすくする。(図2)

- ① 1:N:1=1:NとN:1とが重ね合わせ2
- ② M:1:N=1:Mと1:Nが重ね合わせ1
- ③ 中核連結+サブ=多角形頂点の各頂点に1:Nが重ね合わせ1
- ④ 放射状+ループ=放射状と多角形頂点が重ね合わせ2

複合ひな形の登録の仕方は、複数のひな形を表示、接続し、呼び出すための指示語を付与するもので、ワード

表4 ひな形の組合せ方

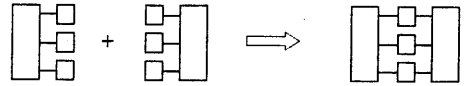
分類		組合せ例	
並置	直接的な接続関係はないが相互の位置関係をもつ	距離条件なし	
		距離条件が1つ(特定ノードからの距離が一定)	
		距離条件が複数	
重ね合わせ	ノード同志が重ね合わせることにによりひな形同志が結合する	重ね合わせ1(1ノード)	
		重ね合わせ2(複数ノード)	
接続	ノード同志がアークを経由して接続する		
包含	ノードの中に別のひな形を包含する	包含1(内部ノードが外との関係を持たない)	
		包含2(内部ノードが外との関係を持つ)	

プロセッサにおける単語登録に近いイメージである。システムの内部では、ユーザが指示した語とひな形の指示語と複合ひな形の3者が関係づけられる。

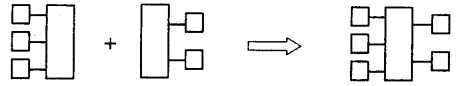
表5 ひな形の組合せ方の傾向性

	A:ひな形	B:組合せ相手のひな形	組合せ方
単独が多いもの	分岐トリー	1:N配列	(重ね1 B A)
		M:N	(重ね2 B A)
	同心円分割	1:N,直列等のxy座標系のもの	(包含1 B A)
		放射状等のrθ座標系のもの	(包含2 B A)
要素集合	分岐トリー	並置	
	連結系	(包含2 B A)	
組合せが多いもの	分岐くし形	1:N配列	(包含1 A B)
		連結系	(重ね1 A B)
	放射状	1:N配列	(重ね1 B A)
		多角形頂点, ループ	(重ね2 B A)
		同心円分割	(包含1 A B) (包含2 A B)
	直列, 流れ(一方向)	1:N連結a	(重ね1 A B) (重ね1 B A) (重ね2 B A)
		1:N連結b	(重ね1 B A)
		1:N連結c	(重ね1 A B) (重ね1 B A)
	多角形頂点	分岐トリー	(重ね1 B A)
		放射状	(重ね1 B A)
		1:N連結a, b	(重ね1 B A)
	流れ(ループ)	1:N連結a, b	(重ね1 B A)
		1:N配列	(重ね1 B A)
流れ(フィードバック), 流れ(分岐), 流れ(合流), 流れ(一方向)	フローチャートを構成するために重ね1で相互に接続することが多い		
組合せが通常	1:1, 1:N	連結系	(重ね1 B A)
	分岐接合	連結系	(重ね1 B A)
	直列(複数本)	1:N連結c	(重ね1 B A)
	1:1(複数本)		(重ね1 B A)
	1:N配列	連結系	(重ね1 B A)
	M:N	M:N	(重ね2 B A)
		1:N	(重ね1 B A) (重ね2 B A)

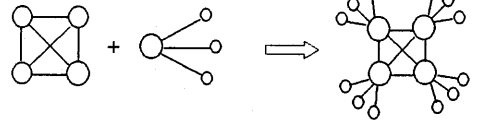
① 1 : N : 1



② M : 1 : N



③ 中核連結+サブ



④ 放射状+ループ

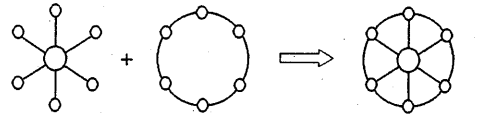


図2 複合ひな形の例

### 5. ひな形と概念指示語

3章で述べた指示語についてももう少し体系づけて考察する。図を前にして、これを人に説明することを考えると、①図の形状及びその特徴、②形状を支配している規則、③図が表現している意味、④③を実現するために用いている手段、等を言うことになる。これをひな形との対応で見ると、

①……ひな形の物理的形状(形状記述)

②④……ひな形が表現しうる意味(ひな形の意味記述)

③……ひな形が表現しうる意味を具体的なA P (アプリケーション)に対応する語に反映したものと解釈できる。即ち概念指示語には物理面、論理/手段

面、A P面の3つに分けられる。表2に示したひな形の名称は物理面の、指示語例は論理面の、組織図、LAN、フローチャート等の語はA P面の語になる。

我々の概念図作成支援システムは、現時点ではひな形を中心として動作する、即ち、論理面での指示語によりひな形を検索表示選択することを基本とし、魚の骨のように直接に物理面の語を入力した方が早い場合には、それも可能としている。

しかしながら、図を作成する人に、物理面、論理面、A P面の違いという内部処理的なものを意識させて物理面、論理面の語を入力させることは好ましくなく、またシステムが持つ物理面の語とユーザが思いついて入力し

た語とがたまたま一致していてもそれが同じひな形を指示しているとは限らない。そこで、入力された指示語は、一度論理面の指示語にマッピングされ、内部で、論理面の語とひな形とを対応させ、検索表示するようにしている。これにより、ユーザは3つの違いを意識しないで適当な言葉を与えればよいことになる。

現時点では、概念指示語としては、物理面、論理面を中心に蓄積している段階である。

## 6. まとめ

図が持つ規則性に着目し、その集合をひな形という観点からまとめ、概念図作成支援における基本単位とし、さらに、それを、概念指示語と結びつけることにより、作成編集の省力化（人間が本来の図の意味に集中して図の作成編集ができる）の実現方式を提案した。

今後の課題として、以下の項目を進めていく。

- ①ひな形検索・組合せの評価実験
- ②規則性なしの図との結合
- ③ひな形を核とした図形間の意味的、形状的結合を図形文法として体系化していく
- ④人間が図を書くときの思考・行動を分析することにより、人間の頭の中に構築される意味構造から図の構造を生成するためのメカニズムを追究する。

## 参考文献

- [1] 出原、他：「図の体系」日科技連，  
1986 No. 1432(1987)
- [2] 佐藤、田中、他：「図の意味的操作を指向する記述と処理について」情処全大，No. 6N-9(1988)
- [3] 佐藤、田中、他：「概念図作成支援のための図の意味記述」情報処理学会，知識工学と人工知能研究会，  
No. 59-15(1988)