

## 図面の論理構造マッチング手法

2N-7

松井浩二 美濃導彦 坂井利之  
(京都大学 工学部)

### 1.はじめに

図面をデータベース化するときには、図面を表すデータをいかに蓄積するかという問題と、必要な図面をいかにして検索するかという問題がある。図面の蓄積・管理については、エンジニアリングデータベースの分野で関係データベースを用いた方法が研究されている。一方、検索法については、図面に付与された名前や付属情報によるものがほとんどで、図面の内容による検索方法はない。そこで、本報告では論理回路図・化学プラント図などの論理型図面を対象とした図面内容による検索を提案する。検索キーとなる図面と、蓄積された図面との論理構造のマッチングによって図面を検索する。このとき高速なマッチングが必要となるが、ここではマッチング問題を整合ラベリング問題として記述し、緩和法を用いて解く方法について記述する。

### 2.論理構造をキーとする図面検索

論理回路図・化学プラント図などの図面は、図面シンボルと各シンボルの属性およびシンボルの間の接続関係を記述し、表現することが目的である。本稿ではこれを図面の論理構造と呼び、次の様に定義する。

図面の論理構造 $LS$ は、二つ組 $(S, C)$ からなり、 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ は図面に含まれるシンボルの集合、 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_M\}$ ,  $c_m = (s_i, s_j)$ はシンボルの組の集合で接続関係を表す。また、 $S, C$ の要素は、それぞれ属性をもち $Ats(s_i), Atc(c_j)$ で表す。ここでシンボルの属性とは、その種類や入力の数などを表し、接続関係の属性とは、例えば化学プラント図の場合、電気配管・空気配管・油圧配管などを表す。

論理型図面の内容に基づく検索法として論理構造の類似する図面を検索することを考える。その流れを図1に示す。キーとなる論理構造は、CADのように対話によって与えてもよいが、ここでは画像として与えられた図面から自動的に抽出することを考える。論理構造を利用することの利点としては次のこ

とが上げられる。

- ・データ量が少ない
  - ・シンボルの配列・位置によらない検索が可能
- 但し、自動認識の誤りを考慮して、論理構造のマッチングには、ある程度の誤差を許すものをする。

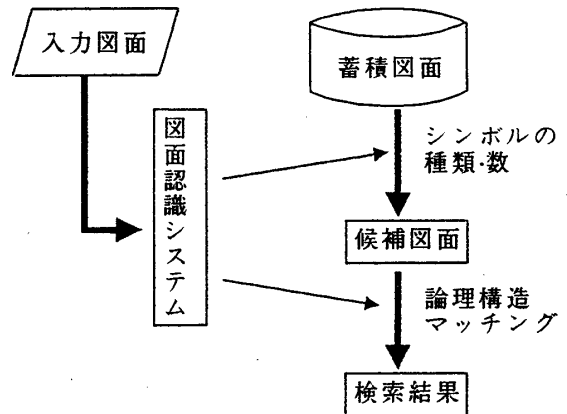


図1 図面検索の流れ

### 3.論理構造間の誤差を許すマッチング

二つの論理構造 $LS(S, C)$ 、 $LS'(S', C')$ と写像 $f: P \rightarrow P'$ が与えられたとき $C$ のある要素 $(s_i, s_j)$ に対し $(f(s_i), f(s_j)) \in C'$ 、 $Ats(s_i) = Ats(f(s_i))$ 、 $Ats(s_j) = Ats(f(s_j))$ 、 $Atc((s_i, s_j)) = Atc((f(s_i), f(s_j)))$ ならば接続関係 $(s_i, s_j)$ は $(f(s_i), f(s_j))$ と局所的に整合するとし、 $(s_i, s_j)$ は $f$ によって保存されると呼ぶ。また写像 $f$ の誤差を次のように定義する。

$ER(f) = \{\text{fによって保存されない接続関係の数}\}$   
誤差を許すマッチング問題を解くとは、 $ER(f) \leq \epsilon$ を満たす写像 $f$ をすべて見付けることである。また、この最小値 $\min ER$ を2つの図面間の差と呼ぶ。

### 4.整合ラベリングによる記述

整合ラベリング問題は、四つ組 $(U, L, T, R)$ で与えられる。ここで $U$ はユニットの集合、 $L$ はラベルの集合、 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ はユニットの多項関係でユニット拘束関係、 $R = \{R_1, R_2, \dots, R_M\}$ の各 $R_i$ は $T$ の要素 $t_i$ に対応するラベルの多項関係でありラベル拘束関係と

呼ぶ。Tの各ユニットは、その成分がある拘束条件を満たす必要があることを表し、Rは局所的に可能なラベルの全候補を表す。誤差を許す整合ラベリング問題は、局所的解釈との矛盾(誤差)が、ある許容値 $\epsilon$ 以下になるように全体のラベルを求める問題である。

よって論理構造のマッチング問題は、整合ラベリング問題として次のようにして記述することができる。

$$U:=S, L:=S', T:=C, R=\{R_1, R_2, \dots, R_M\}$$

ただし  $R_i := \{c | c \in C', c' \text{は } t_i \text{ に対応する } C \text{ の要素と局所的に整合する}\}$

以下では、整合ラベリング問題はこのように記述されたものを取り扱うとする。

### 5.緩和法を用いた近似解法

整合ラベリング問題はNP問題であり、図面のように複雑で大きな構造を持つものを対象とした場合、これを厳密に解こうとすると時間・記憶量の点で困難である。またここでの目的は、2つの論理構造間の誤差を許す整合ラベリングをすべて見付けることではなく、そのようなラベリングが存在するかどうかを調べることにある。また、図面の検索に用いるためには、それを高速に判定する必要がある。そこで緩和法を用いて、整合ラベリングの最小誤差を近似的に求める解法を採用した。

#### 限定操作(refine)

**step 1** ユニット集合Uのすべての要素 $u_i$ に対してラベル集合を求める

$$L(u_i) = \bigcup_{t_j \in T, u_i} \{o_{u_i R_{t_j}}\}$$

但し  $o_{u_i R_{t_j}}$  は  $R_{t_j}$  の  $u_i$  に対応するラベル集合を表す。

**step 2** 局所的に整合しないRの要素を取り除く

$t_i = (u_{i1}, u_{i2})$  とするとき  $R_i$  の要素  $(l_{j1}, l_{j2})$  のうち  $l_{j1} \notin L(u_{i1})$  あるいは  $l_{j2} \notin L(u_{i2})$  となるものを  $R_i$  から取り除く ( $1 \leq i \leq M$ )

#### 近似解法のアルゴリズム

$T_0 := \{t_j | t_j \in T, t_j \text{ に対するラベル集合 } R_j \neq \phi\}$   
**L1:**  $i := 0;$   
 $R_i := R;$   
 repeat  
    $i := i + 1;$   
    $R_i := \text{refine}(R_{i-1}) \text{ under } T_{i-1};$   
    $T_i := \{t_j | t_j \in T_{i-1}, R_j \neq \phi\};$   
   if  $T_i \neq T_{i-1}$  then goto L1;  
    $\text{aprxER} := T - T_i;$   
 until  $R_i = R_{i-1};$

限定操作は、あるユニットを拘束する関係だけに注目し、その範囲内で整合しないすべてのラベルを取り除く操作である。2つの図面が一致する場合は、限定操作を収束するまで繰り返すことによって整合ラベリングに不必要なラベルのほとんどを取り除くことができる。しかし、一致しない場合には、すべてのラベルが取り除かれてしまう。そこで、限定操作の後ユニット拘束関係Tのある要素に対するラベルが空になったならば、それをTから取り除き、限定操作をやり直すという方法を使った。このようにして取り除かれた拘束の数  $\text{aprxER}$  は、整合ラベリングの最小誤差を近似する。よってこの値を2つの図面の差の近似解とする。

### 6.実験と評価

シンボル数9~85個の論理回路図を対象として正しく認識された論理構造と誤りを含む論理構造との差(厳密解)とその近似解を求め、比較を行った。その結果を図2に示す。ただし誤差はTの大きさと同様に表した。近似解は厳密解よりも大きくなる傾向があるが、差が小さいときにはよい近似を与えることがわかる。

### 7.おわりに

本報告では、図面を論理構造をキーとして検索することを提案し、そのとき必要となる論理構造のマッチングを、近似的に解く方法について述べ、その有効性を実験によって示した。今後は本手法を他の分野に応用していきたい。

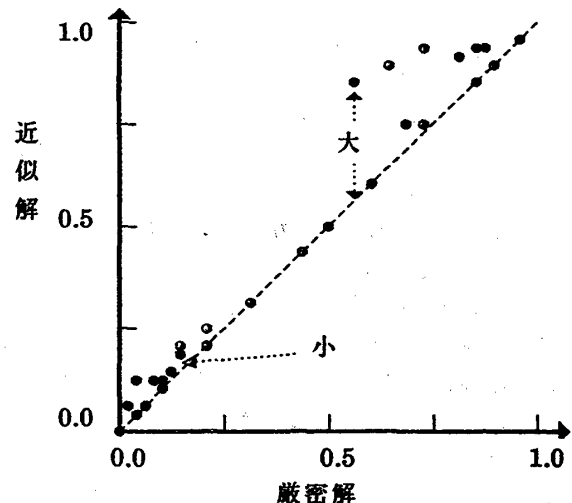


図2 論理構造間の差の厳密解と近似解

#### 参考文献

- [1] L.G.Shapiro, R.M.Hararic; "The Consistent Labeling Problem: Part I"; IE3 Trans. PAMI, Vol.1 1979  
 [2] L.Kitchin, A.Rosenfeld; "Discreet Relaxation for Matching Relational Structure"; IE3 Trans. SMC, Vol.9 1979