

事例ベース推論における構造写像エンジンの利用

4F-13

森下 太朗 椿 和弘 山路 孝浩

シャープ(株) 情報技術開発センター

1. はじめに

事例ベース推論(Case-Based Reasoning:以下CBR、[1])の最大の特徴は、部分マッチングによる拡大解釈機能であり、これは、他の領域知識の流用による推定や予測といったタイプの問題解決につながるものであると筆者等は考えている。現行のCBRシステムでは、類似性尺度とそのために必要な領域知識の与え方に関してこれといった方法論が存在しないのが現状である。本報告では、CBRにおける部分マッチングの手法の1つとして構造写像エンジン([2])を利用することを提案し、簡単なデジタル回路設計問題において構造写像エンジンの利用を検討した結果について述べる。

2. CBRと構造写像

CBRの事例検索では、類似度は各特徴毎にマッチングの度合いに適当な重みをかけたものの和として算出される場合が多い。しかしこの方法には、問題領域に対する十分な分析が必要であり、その有効性は疑問である。一方、事例修正を行うためには、与えられた問題と検索事例の何と何が対応しているかを計算しておく必要があるが、対応計算は用意された特徴内で単なるペアを作っている場合が多い。

構造写像は2つの系の関係を写像するための理論であり、構造写像エンジン(Structure Mapping Engine:以下SME)は木構造の関係表現を与えるとベースとターゲット間の対応関係の集合を評価点付きで計算し、ターゲットに不足している関係をベースから推論するプログラムである。

SMEは図1のような対応付けの下で、そのままCBRの枠組みとして使えることが予想される。

SMEの構造の類似性に依存した類似度計算の枠組みはアドホックな事例検索の類似度計算を避けるという点、また、事例修正に必要なと、より高次のレベルでの対応関係が計算可能という点でCBRに貢献するものと期待できる。

3. 構造写像エンジン

SMEの背景となる構造写像理論では系の間の写像は次のような性質を持つものとして理論が展開されている。

- 性質よりも、関係が写像されやすい
- 高階の関係をもつほど写像されやすい(Systematicity)

The usage of structure mapping engine for CBR

Taro Morisita, Kazuhiro Tubaki, Takahiro Yamaji,
SHARP corp. Information Systems Research and development center

SMEの処理の概要は次の通りである。

- ①対応する述語の組を計算
マッチ可能な述語のペア(マッチ仮説)を作る。
- ②対応する述語の組の集合(Gmap)を計算
マッチ仮説を矛盾が無いように結合する。
- ③Gmapの評価点づけ
・子孫のマッチ仮説に評価点の80%を伝える。
・述語名の一致、引数の個数の一致、orderの一致を評価。
- ④もとのベースの情報とGmapのベースの情報の比較によりターゲットに欠如している情報を計算(推論候補生成)。

SMEによる典型的な対応計算例を図2に示す。

筆者らは、KL1によってSMEをベースとするツールを作成しており、CBRでのより規則的、現実的な使用場面を考慮して、以下のような機能拡張を加えた。

- AND結合を表す述語はマッチングの対象外というセマンティックを与えた。
- AND結合の欠落部分の推論候補を与えた。
- 言い換え表現の導入(greater(a, b)<->less_than(b, a)等)

4. 構造写像の利用展開

筆者等はCBRの例題として、時計回路やタイマ回路等を対象とした簡単なデジタル回路の設計問題を探り上げシステムを作成中である。このシステムは与えられた仕様を満たす回路ブロック図を過去の事例を基に生成するもので、類似した機能を持つ基本ブロックを検索、組み合わせることによってブロックの設計を進める点に特徴がある。本システムでは、基本ブロックの構成知識は持っているが、特定回路に限定した設計ルールは用意していない。従って、通常のシステムでは用意された仕様項目しか受付ないのに対し、例えば、時計回路の設計を行う場合、時計回路としての基本範疇外の仕様である「特定の気温を越えた時刻を記憶し表示できる」というような仕様をユーザがある程度自由に与えることができる。

本例題に対して、SMEが利用展開できる局面として次のような例をあげることができる。

- ① 仕様構造から類似仕様の事例を検索して組み合わせる
仕様と対応するブロックの関係が十分に分かっている場合、例えば下記の例のような検索処理が可能である。処理方法としては、各仕様項目毎にその項目を含むSMEのGmapの候補で最も点数の高いものを集めればよい。

(例) 問題 : 月日<->時分表示切り替え可能な時計

- 事例1 : 月日時分を独立に表示する時計
-> 月日時分計数部
- 事例2 : 77-ム時刻と表示切り替え可能な時分表示の
77-ム付き時計 -> 表示部、表示切り替え部

また、仕様構造が深いレベルのものである場合は、SMEが上位のレベルから一貫性を持つ所までしか対応関係を取らないことを利用して、未対応の部分木に対して改めてSMEを適用する、検索の多段階化が可能である。

② 機能構造から類似機能のブロックを検索する

要求仕様とブロックの関係をシステムが持っていない場合、対話的な機能分析を通して、要求仕様から機能構造を抽出し、機能構造をSMEの入力として類似機能を持つブロックを検索する。この処理によって基本範疇外にある回路ブロックを検索することができる。

機能分析の方法は、VEの知識表現に従って仕様から機能展開木を作り、それをデータの流れに沿って分割し、制御情報を付加するという手順を踏む。図3に例を示す。

③ 失敗予測と回避

CBRにおいては、失敗のインデキシングによる事例記憶の手法がよく用いられる。一方、設計問題においても改良設計や新規設計は、不都合な問題(=失敗)を除去する行為であると見なせる。失敗回避は、ある状況により不

都合な状態が生起し、不都合な状態の回避要求により新たな状況が必要とされ、新たな状況を導くためにどのようなアクションが必要かという一連のイベント構造を持っていると考えられる。本例題におけるSMEによる失敗・失敗回避の表現を図4に、具体例を図5に示す。ターゲットとして類似状況のみが入ってきた場合、予測される失敗と失敗回避法は推論候補として出力される。

④ 事例修正

過去の修正事例を適用して事例修正を行う場合は、修正事例の検索が必要となるためSMEが利用できる。

5. 今後の課題

SMEを埋め込んだ、ある程度の事例数を持つデジタル回路設計システムの評価を行うこと、及び、SME自体の高速化が課題である。特に後者の問題はKL1の並列プログラミングに期待せざるを得ない状況である。

参考文献

[1] Kolodner, J "Case-Based Reasoning", In Proceeding of tutorial program of 11'th IJCAI' 89, 1989
 [2] Falkemhainer, B "The structure mapping engine", In Proceedings of the Meeting of International Association for Artificial Intelligence, 1986

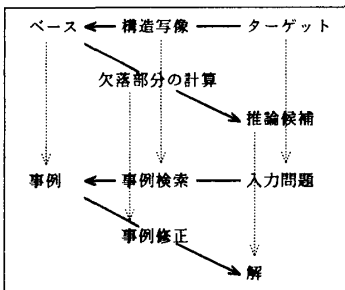


図1 構造写像とCBR

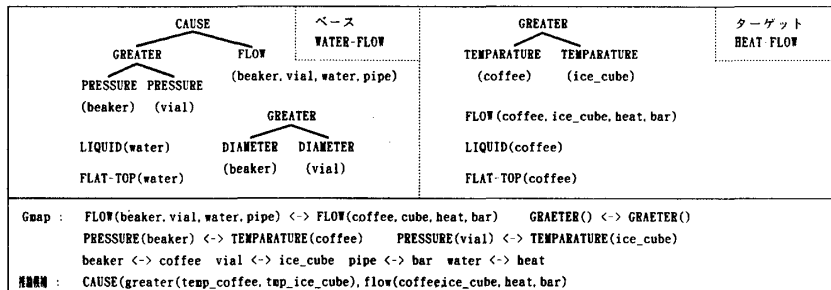


図2 構造写像エンジンの処理例

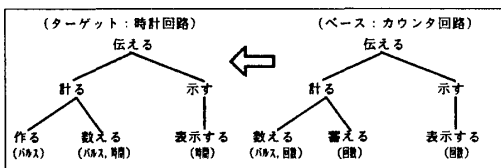


図3 回路ブロックの検索

```

cause( not_satisfied( constraint(
    function(F1), function(F2), ... ),
    undesirable_state(S) )
cause(required(remove(S), need(S1))
cause( S1, action(A) )
OR
cause( required(F1, F2, ... ), need(S1) )
cause( S1, action(S2) )
    
```

図4 失敗・失敗回避の表現例

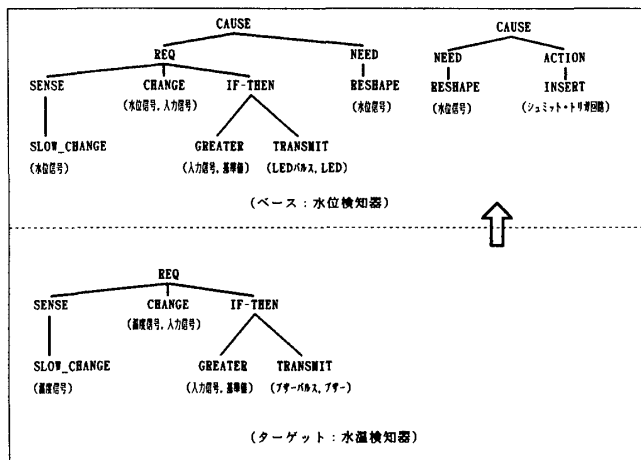


図5 失敗予測・回避による必要ブロックの推定