

学習者の問題解決を支援する知識ベースシステム  
 — 知識の対称性を考慮した知識検索の効率化 —

4J-3

鈴木昭二 伊藤紘二  
 東京大学 工学部

1. はじめに

我々が現在研究、試作中の問題解決支援システムCAFEEKS<sup>[1], [2], [3]</sup>は、任意の問題に対して学習者が問題解決につながる可能性のある糸口(以後、これを検索要求と呼ぶ)をシステムに入力することにより、システムはその検索要求に関連した、問題解決に使えるような適当な知識を知識ベース内から検索してきて学習者に提示し、それを問題に適用することによって問題解決を図るシステムである。システム側の支援は問題解決の各ステップ毎に、知識を提供するという程度にとどめるが、知識ベースを取り替えることにより共通の知識検索機能を用いて様々な分野の問題解決を支援することを目標にしている。

システムの行う知識検索機構は、「検索要求内の概念述語を含む(検索要求内の述語が完全にマッチする)知識を捜しだしてくる」わけであるが、「検索要求」は学習者が任意に設定するものであるため、かなり曖昧な検索要求でも知識を検索できるようにするのが我々の目的ではある。しかし、その設定の仕方によっては、知識が一つも検索できなかつたり、逆にたくさんの知識が検索されたりするなど(それも一つの知識に対して一般には複数通りのマッチングが存在する)、知識検索にかなりの負荷がかかる危険性が大きい。

その原因の大きな要因として、知識内に同じ概念が幾つも存在することによる、マッチングの組合せ論的増大があげられる。しかしそのような場合、知識に「構造的な対称性」が存在することを利用すれば組合せ論的爆発を抑えることができる。<sup>[4]</sup>

2. 知識の対称性を利用した知識検索機構

話を簡単にするために、ここで考える知識として「三角形の三辺相等の合同条件」を取り上げる。

例えば学習者が、検索要求として「辺(p)、辺(q)を含むような知識はないか?」と尋ねたとする。単純にこの2辺を、合同条件に存在する2つの三角形の辺、計6辺にマッチングさせようとする、そのさせ方は  $6 \times 5 = 30$  通り、即ち30個のマッチングペアができる。

そこで知識の対称性を利用して、無意味なマッチングを回避するために、図1のように、検索要求からのマッチングに対し、知識として同値な変数の入れ替えを表にした、同値類表を各知識ごとに用意する。使い方としてはこの表の第1行目の変数のある組合せに、述語を介して、検索要求を

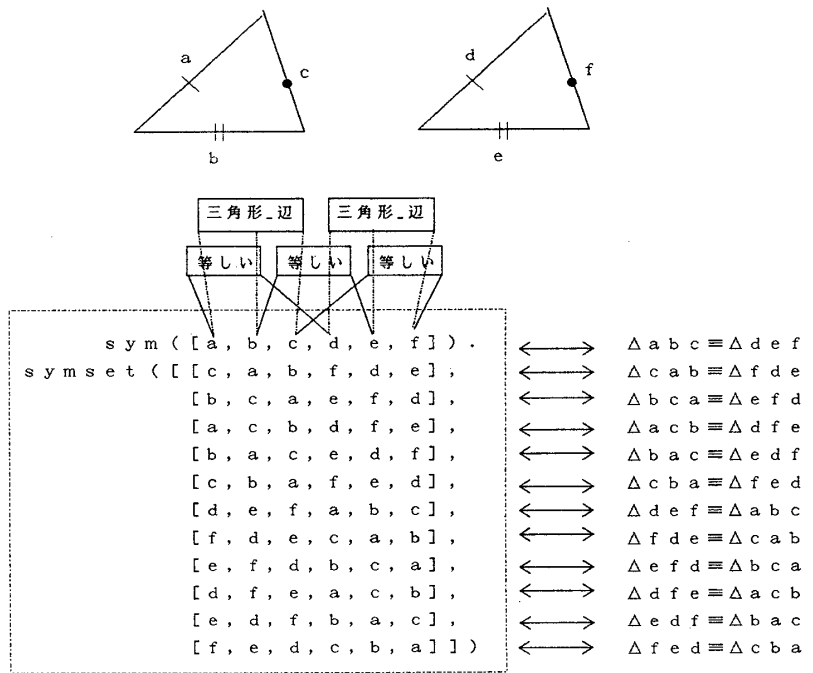


図1 同値類表の例(三辺相等の三角形合同条件、辺についてのみ)

マッチングさせたとき、それと同じコラムの変数の組合せに対する等価なマッチングを行わずにすませることであり、述語の一つずつについて逐次、本質的に異なるマッチングのみを挙げてゆくことができる。図2に今の場合における、同値類表を利用した知識検索例を記す。対称性を考慮にいとマッチングペアの数は3個に減少する事がわかる。

実際には、図1のように第一行目には「三角形

A Knowledge-Based Assistant for Learning by Problem Solving  
 - Exploiting syntactic symmetry improves  
 knowledge retrieval efficiency -  
 Shoji Suzuki, Kohji Itoh  
 Univ. of Tokyo

の辺」、「等しい」による2辺間の対応」等の辺の間の束縛関係も存在するから、検索要求にそれらの関係がある場合には、検索されるマッチングペアの数はさらに減少する。

3. おわりに

以上、極く簡単な場合において、知識検索における「対称性利用」の一例を説明した。現在システム内にこの方式を取り入れ、その効果を評価、検討中である。

参考文献：

[1]田中克己、鈴木昭二、伊藤紘二、”学習者の問題解決を支援する知識ベースシステム”、情報処

理学会、知識工学と人工知能研究会資料、56-11、1988

[2]田中克己、鈴木昭二、伊藤紘二、”学習者の問題解決を支援するシステム -図形問題の場合- ”、情報処理学会第36回全国大会、4R-2,1988

[3]伊藤紘二、田中克己、鈴木昭二、”学習者の問題解決を支援するシステム -知識表現：初等幾何の場合- ”、情報処理学会第36回全国大会、4R-1,1988

[4]H.Gelernter、” Note on Syntactic Symmetry and the Manipulation of Formal Systems by Machine”、Information and Control 2,pp80-89, 1959

```

sym([a, b, c, d, e, f])
symset([[c, a, b, f, d, e],
        [b, c, a, e, f, d],
        [a, c, b, d, f, e],
        [b, a, c, e, d, f],
        [c, b, a, f, e, d],
        [d, e, f, a, b, c],
        [f, d, e, c, a, b],
        [e, f, d, b, c, a],
        [d, f, e, a, c, b],
        [e, d, f, b, a, c],
        [f, e, d, c, b, a]])
    
```

1.  
 $p \rightarrow \text{rest}([a, b, c, d, e, f])$ .  
 $q \rightarrow \text{rest}([a, b, c, d, e, f])$ .  
 を作る。  
 2、 $p \rightarrow a \dots$  下を見ると、~~a~~, ~~a~~, ~~a~~, ~~a~~, ~~a~~  
 $p \rightarrow \text{rest}([])$ .  
 $\text{symset}$ 内のリストの頭がaでないものは省く。

```

sym([a, b, c, d, e, f])
symset([[a, c, b, d, f, e]])
    
```

3、  
 3.1  $q \rightarrow \text{rest}([b, c, d, e, f])$ .  
 $q \rightarrow b \dots$  下を見ると、~~b~~  
 $q \rightarrow \text{rest}([d, e, f])$ .  
 $q \rightarrow d \dots$  下を見ると、~~d~~  
 3.2  $q \rightarrow \text{rest}([e, f])$ .  
 $q \rightarrow e \dots$  下を見ると、~~e~~  
 3.3  $q \rightarrow \text{rest}([])$ .

qの残りなし→バックトラックしてpへ  
 pの残りなし→終わり

答え：  
 $[p, q] \rightarrow [[a, b], [a, d], [a, e]]$

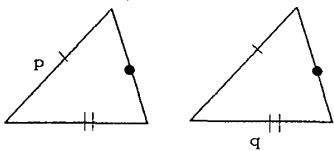
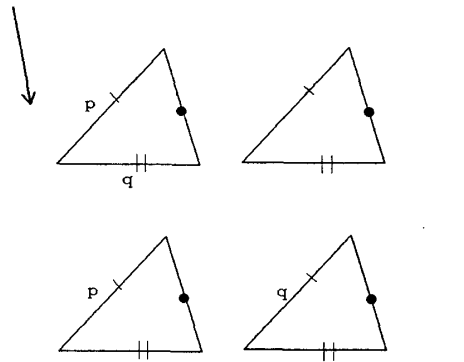
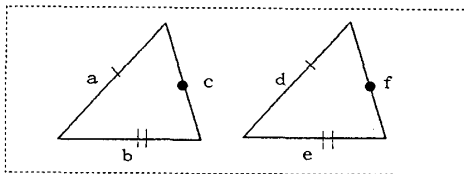


図2 同値類表を利用した知識検索例  
 (三辺相等の三角形合同条件、辺についてのみ)  
 検索要求(辺(p), 辺(q))