

TM-0600, 0601

第8回知識工学シンポジウム

September, 1988

©1988, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191-5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

- TM 0600 知識獲得支援システムEPSILON/One(1)－異なる知識表現を用いたリファイン－
椿 和弘, 瀧 寛和, 大崎 宏(JIPDEC)
- TM 0601 知識獲得支援システムEPSILON/One(2)－専門家モデルの推論エンジンとPSI上でのインプリメント－
大崎 宏(JIPDEC), 椿 和弘, 瀧 寛和

知識獲得支援システム EPSILON/One (1)

— 異なる知識表現を用いたリファイン —

格 和弘、滝 寛和 (財) 新世代コンピュータ技術開発機構
大崎 宏 (財) 日本情報処理開発協会

1 はじめに

エキスパートシステム開発のボトルネックの一つに知識獲得の問題がある。この問題を解決するために知識獲得支援システムや知識獲得方法論[川口 87]、[松本 87]、[藤堂 88]、[Motta 88]の研究開発が活発に行われている。知識獲得における重要な問題として獲得知識のリファイン(洗練化)がある。従来の知識獲得支援システムではシステムの持つ問題解決モデルに即した有効なリファイン手法が提案されているが、リファインを行うのに十分な量の知識ベースが獲得されていることが必要であった。この知識は単一の知識表現に基づくものであった。しかしながら、E(ナレッジエンジニア)による知識獲得において、その知識ベースは多種多様な知識を統合して構築されている。これは色々な視点から知識を獲得し、リファインを行った結果得られた知識ベースである。EPSILON/Oneは専門家モデルとブリ・ポスト法[滝 87]に基づく知識獲得支援システムであり、初期知識ベース無しに専門家との対話により知識獲得を行う。しかし、単一の知識獲得方法では知識ベースを十分にリファインすることに限界があると考えられる。

本論文ではまずEPSILON/Oneの概要を述べ、次にEPSILON/Oneにおけるリファインと異なる知識表現を用いたリファイン方法について考察する。

2 EPSILON/Oneの概要

EPSILON/Oneは専門家の知的作業をオペレーションと呼ぶ小さな作業単位で収集し、知識ベースを構築する知識獲得支援システムである。オペレーションから成る知識ベースを表現するモデルである専門家モデルと、その専門家モデルのみの知識獲得方法であるブリ・ポスト法によって知識獲得支援を行う。図1にシステム構成を示す。

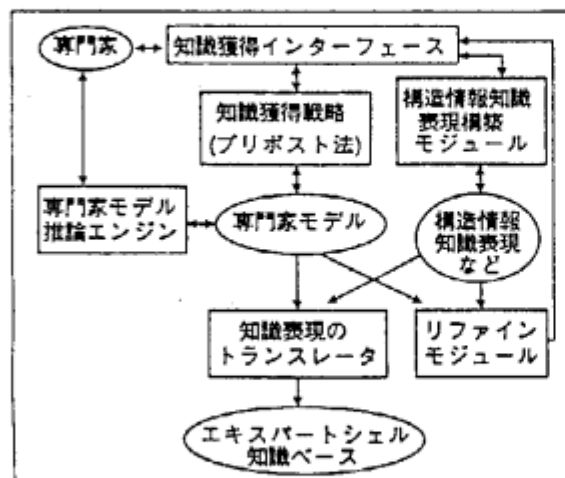


図1 EPSILON/Oneシステム構成図

ブリ・ポスト法に基づいた知識獲得戦略が知識獲得インタフェースを通じて知識を獲得し、専門家モデルを構築する。また、構造情報知識表現構築モジュールが知識獲得インタフェースを通じて構造情報に関する知識を構造情報知識表現として獲得する。そしてリファインモジュールが専門家モデルと構造情報を基に獲得した知識の不備の解消を行う。専門家モデルは専門家モデル推論エンジンで評価が行われる。最後に知識変換トランスレータによってエキスパートシェル用の知識表現に変換され、知識獲得作業を終了する。

2.1 専門家モデルとブリ・ポスト法

専門家モデルは単純化専門家タスクモデルと診断エキスパートシステムのルールの分析から考案された。その構造を図2に示す。

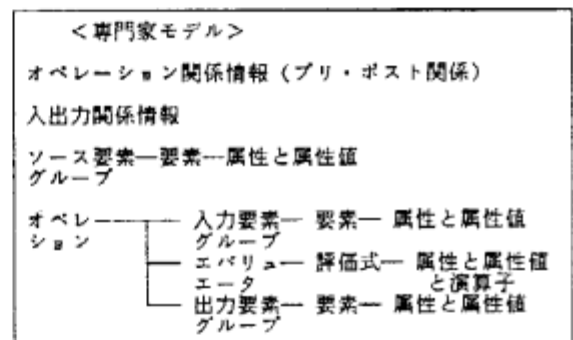


図2 専門家モデルの構造

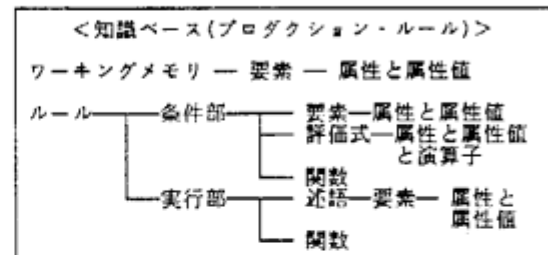


図3 プロダクション・システムの知識ベース構造

専門家モデルとプロダクション・システムの知識ベース(図3)を比較してみると、専門家モデルの各要素グループはワーキングメモリに、オペレーションはプロダクション・ルールにそれぞれ対応している。プロダクション・システムの知識ベースと専門家モデルの相違は問題解決戦略に関する知識である。つまり、ブリ・ポスト情報と入出力関係情報が専門家モデルには隔に現われている点である。次にオペレーションの例として、図4に選択オペレーション

を示す。例では、入力要素グループ内の要素が海に棲む動物という選択基準によって選択されることを示している。

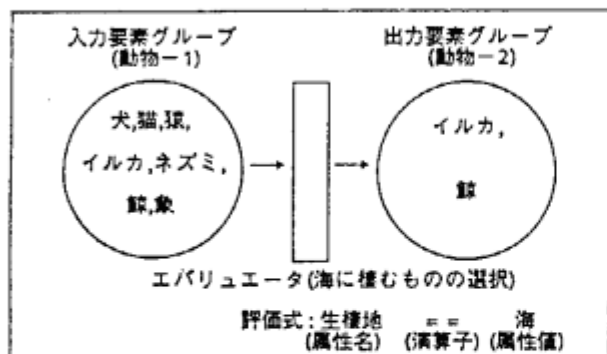


図4 選択オペレーションの例

プリ・ポスト法とは、あるオペレーションに関係する前後(プリ・ポスト)オペレーションの連想を専門家に促すことによってオペレーションを獲得し、そしてオペレーションの構成要素であるエバリュエータ(属性、属性値、評価式)と要素の獲得を行う手法である。

エキスパートシステム構築のための知識を大きく概念(対象領域の事実に関する知識)、概念間の関係(概念間の関係に関する知識)、基本戦略(概念知識と概念間の関係に関する知識)、戦略の効率化(基本戦略を効率良く実行するための知識)の4種類に大別すると、EPSILON/Oneの特長は専門家との対話により基本戦略と戦略の効率化を中心に知識獲得を行うことである。

2.2 EPSILON/EMとの相違

EPSILON/OneとEPSILON/EM [滝 87]の違いは下記の4点である。

(1) 専門家モデルの構造がフラット

EPSILON/EMではオペレーションの上位階層としてメタスクリプト、オペレーションブロックがあった。EPSILON/Oneではこれらの階層がなく、モデルの構造がフラットなものになっている。

(2) 専門家モデルの推論制御が全探索・逐次処理

専門家モデルでは全探索・部分探索、逐次処理・並列処理の推論制御が用意されていたが、EPSILON/Oneでは全探索・逐次処理のみである。

(3) リファインモジュールの追加

獲得知識の不備の修正を行うためのリファインモジュールがEPSILON/Oneに追加された。

(4) 専門家モデル用推論エンジン

EPSILON/EMには専門家モデルの評価のための専用推論エンジンはなく、専門家モデルを他のエキスパートシステムシェルの知識ベースへ変換して評価することになっていた。EPSILON/Oneでは推論エンジンが追加された。

3 専門家モデルにおけるリファイン

リファインとは獲得した知識ベースの性能が専門家・ユーザにとって満足のゆかない場合に、知識ベース内の不備

を検出してその不備を解消することである。システム支援によるリファインには、タスクの基本的な推論構造を構成する知識の抜け落ちを補うリファインと、知識ベースの問題解決能力向上のためのリファインが必要である。

3.1 知識獲得支援システムのリファイン手法

リファインを行う知識獲得支援システムとしてはTEIRESIAS [Davis 79]、SEEK [Politis 84]、MORE [Kahn 85]、MOLE [Eshelman 87]等がある。これらのシステムの使用するリファイン戦略は知識ベースやドメインモデルに特化したリファイン戦略やプロダクション・ルールのトレース情報によってリファイン支援を行う。しかしながら、これらのシステムのリファイン戦略ではタスクの基本部分を処理するだけの量の知識が獲得されている必要がある。

3.2 専門家モデルに必要なリファイン

下記の表1に専門家モデルの構成要素(リファイン対象)とリファイン内容について記す。

表1 リファイン対象とリファイン内容

リファイン対象	リファイン内容
オペレーション	不足オペレーションの追加、余分なオペレーションの削除
プリ・ポスト関係	適用順序の修正
入出力関係	入力元、出力先の修正
エバリュエーション(評価式、属性、属性値)	評価式の追加・削除、評価式の修正(強化、緩和)
要素、及び要素の属性と属性値	不足要素の追加、余分な要素の削除

専門家は専門家作業の処理状況に応じて柔軟な対応ができるというもの、そのノウハウを整理している訳でない。KEでさえも対話のみでは専門家から必要な知識総てを獲得することは困難である。このため初期知識ベースの構築過程を含めて知識獲得支援を行うとすれば、知識の抜け落ちを補うためのリファインと、知識ベースの問題解決能力を向上させるためのリファインが必要である。しかしながら、知識ベースの抜け落ちを補うためのリファインは非常に難しく、システム化された効率的な方法はまだ報告されていない。

3.3 異なる知識表現を用いたリファイン

図5はKEが知識ベース構築に用いる知識源を表したものである。KEは専門家との対話によって得たノウハウから専門家のタスクの基本的な推論構造を獲得し、ドメインの基本原則・構造情報や事例から知識の抜け落ちの補足と推論構造の修正を行っていると考えられる。つまり、KEは異なる知識間の比較・統合によってリファインを行っている訳である。そこで各知識表現をモデル化して体系的な支援が行えれば、リファインを行う上で有効であると考えられる。異なる知識によるリファインの特長は知識獲得初期における知識の抜け落ちの補足が行えること、専門家が気づかないような間違いの検出、及びその間違いを修正する

知識の獲得が行えることである。

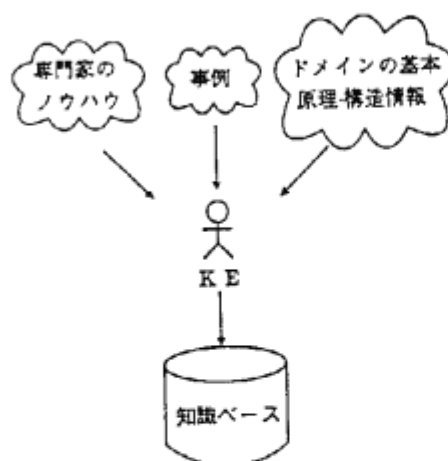


図5 知識ベース構築のためのKEの知識源

種々の知識を表現するモデルについて考えてみると、事例と観察データのモデルとしてはDecision Tree[Quinlan 86](以下DTと略する)があり、専門家のノウハウのモデルとしては、ドメインモデルがある。また基本原理・構造情報の表現の一つとして深い知識がある。知識のレベルとしてはDT、ドメインモデルは浅い知識である。

DTは観察データと結果を基に帰納的なアルゴリズムによって作成されたものである。ドメインモデルは専門家のヒューリスティックをドメインで用いられる限定された概念と関係でモデル化したものである。深い知識は対象ドメインの構成要素を機能・原理レベルで表現したものである。

表2に専門家モデル、DT、ドメインモデル、深い知識を概念、概念間の関係、基本戦略、及び戦略の効率化の知識の量から比較したものを示す。

表2 各モデルの知識内容の比較表

モデル名	概念	概念間の関係	基本戦略	戦略の効率化
専門家モデル	△	△	○	○
DT	○	△	○	△
ドメインモデル	○	○	○	△
深い知識	◎	○	×	×

◎：完全にある △：不足している
○：充分にある ×：ほとんど無い

専門家モデルでは、概念と概念間の関係に関する知識を充分に獲得することは難しい。DTやドメインモデルはEPSILON/Oneによる知識獲得の前に構築されていることは望めない。しかしながら、深い知識は設計情報等により獲得可能であるので、概念の知識のリファインは深い知識との比較による獲得で行うのが容易である。専門家モデル内の概念間の関係に関する知識は充分では無いが、専門家モデルに即した問題解決を行う上では問題は無い。基本戦略と戦

略の効率化に関する知識はプリ・ポスト法によって充分獲得されているので、専門家モデルの問題解決の点からのリファインを行うことが可能である。

そこで次に深い知識である構造情報、特にpart-of情報を用いたリファイン手法と、専門家モデルの問題解決の点からみたリファイン手法について述べる。

4 専門家モデルに基づくリファイン方法

4.1 構造情報(part-of情報)に基づくリファイン手法

構造情報(part-of情報)を用いたリファイン手法とは、part-of情報を基に予め獲得された要素と、プリ・ポスト法で獲得された要素を比較することによって、抽出漏れ要素の検出を行い、専門家からその要素に関する不備の解消情報の獲得支援を行うリファイン手法である。この手法の特長は設計情報等からpart-of情報をたやすく入手可能であること、専門家の気づいていない対象問題の要素の指摘によりオペレーションの抜け落ちを気づかせることができること、part-of階層を用いることにより抽出漏れ要素の専門家モデルの適切な位置への付加支援を行うことができることである。

知識の不備の検出は各知識ベースの要素間の比較によって行うが、比較対象となるのは下記である。

表3 比較対象要素

知識ベース	比較対象要素
専門家モデル	ソース要素グループ内要素、変換オペレーションで生成される要素、組み合わせオペレーションで生成される要素
構造情報知識ベース	part-of木の末端要素

不備の解消は抽出漏れ要素を専門家モデル内の適切な場所(ソース要素グループ、或いは変換オペレーションの変換前要素)への設定と、その要素の属性値の獲得によって行われる。適切な場所の設定ではpart-of階層を利用して、抽出漏れ要素と同じpart-of階層にある要素の属する場所をシステムが指摘する。またソース要素グループ、変換オペレーションの内容表示を行って専門家が適切な位置に付加することを視覚的に訴えて支援する。但し、part-of階層の要素の中には専門家が推論に使用しないものも含まれているので、専門家モデルへ付加するか否かの判断は専門家が行わなければならない。

4.2 問題解決能力に基づくリファイン手法

専門家モデルを問題解決能力の点からリファインを行うとすれば、モデルの質・効率を考慮しなければならない。モデルの質に関するリファインとはモデルをユーザの要求するレベルの解を導くことができるようにするためのリファインであり、効率に関するリファインとはモデルを解に最小の労力で到達するようにするためのリファインである。この手法の特長としては専門家が気づいていない無駄な処理の指摘・修正のためのリファインを行うことができることである。

(1) 質の改善

専門家モデルにおいて質の改善は、専門家の意図するように要素がオペレーションを通過することにより行われ、それはエバリュエータの制約の強さに依存する。そこでエバリュエータの制約を緩め(評価式の削除・修正)たり、きつく(評価式の追加・修正)したりすることによってリファインを行う。制約を緩めるリファイン支援としては、その式の削除によって通過すべき要素の数が増える式をユーザに指摘して、式の削除・修正を求めることになる。エバリュエーションの制約をきつくするリファイン支援としては通過すべきでない要素を通過させた式の指摘と、要素の属性・属性値を表示して、式の修正・追加をユーザに求めることになる。

(2) 効率の改善

効率の改善はオペレーション内での要素の処理個数を最小にすることによって行われ、それはオペレーションの適用順序・冗長なオペレーションに依存する。効率を向上させるためには要素の処理個数を最小にする順序にオペレーションを並び換えること、共通のオペレーションを統合化することによって行える。

図6にオペレーションの並び換えによるリファイン、オペレーションの統合化によるリファインを示す。

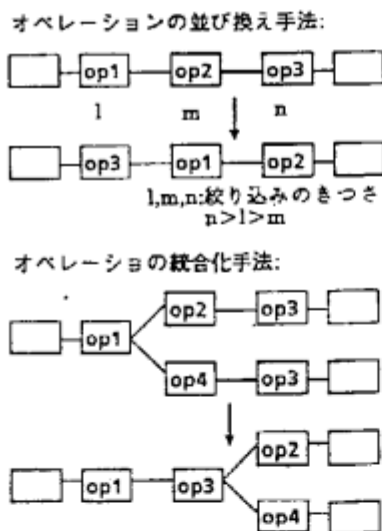


図6 オペレーションの並び換え、統合化リファイン手法

オペレーション1、2、3の絞り込みのきつさをそれぞれ1、m、n(絞り込みのための指標)とし、 $n > 1 > m$ とする。オペレーションの並び換えによるリファインでは絞り込みのきつ順になるようにオペレーションの順序の変更を指摘する。オペレーションの統合化によるリファインではオペレーション群に同様の内容のオペレーションがあることから統合化を行う。

5 構造情報(part-of情報)に基づくリファイン

リファインモジュールは構造情報(part-of情報)に基づくリファイン、及び構造情報の抽出・表示を行う。リファ

インモジュールの構成とEPSILON/One内における他モジュールとの関係を図7に示す。以下にリファインモジュールの基本機能とリファイン例について述べる。

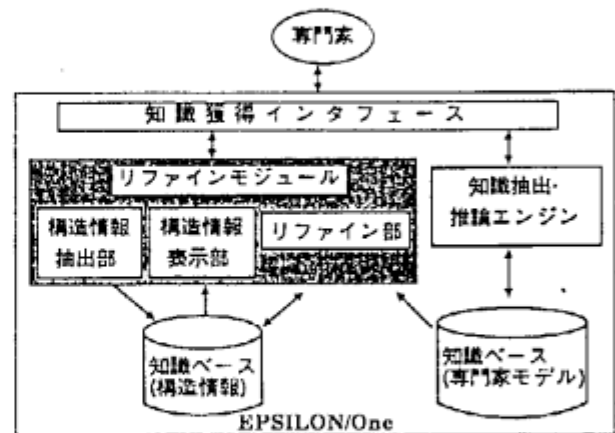


図7 EPSILON/One内のリファインモジュール

5.1 基本機能

リファインモジュールの提供する基本機能は下記である。

(1) 要素抽出支援

インタビューとtree構造エディタを用いて、専門家から要素と要素間のpart-of関係を抽出する。

(2) 抽出要素の表示支援

要素間のpart-of関係のtree表示を行う。以下の表示支援方法がある。

- ・システムの全構成要素のpart-of関係の表示
- ・ある要素の全構成要素のpart-of関係の表示
- ・ある要素と直接part-of関係にある構成要素の表示

(3) 要素の抽出漏れのリファイン支援

リファインモジュールで抽出された要素とプリ・ポスト法によって抽出された要素の比較を行うことにより、抽出漏れの検出を行う。基本的には下記のことを行う。

- ・要素比較による漏れ要素の検出
- ・専門家モデルへの要素付加支援
- ・構造情報知識ベースへの要素付加支援

専門家モデルへの要素付加支援ではシステムが抽出漏れ要素と同じpart-of階層にある要素の属するソース要素グループ名、変換オペレーション名を指摘する。そしてソース要素グループ、変換オペレーションに含まれている要素群をウィンドウで表示し支援を行う。構造情報知識ベースへの要素付加支援においては、システム構成要素のpart-of階層のtree上での直接付加が可能になっている。

5.2 リファイン例

リファイン例をPSIネットワーク環境整備問題を例に述べる。PSIネットワークはPSI及びDDXで結合したシステムであり、17のサイトのPSI間にネットワーク機能を提供している。環境整備の対象となるのはPSIネットワークを構成する各種装置、ホスト、及びPSI内のソフトである。

図8は環境整備問題のオペレーション群である。図9はP

SIネットワーク構成要素の一部である。

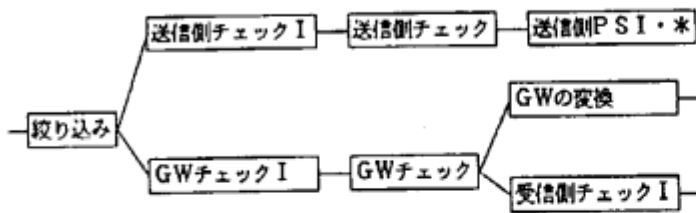


図8 環境整備問題オペレーション群

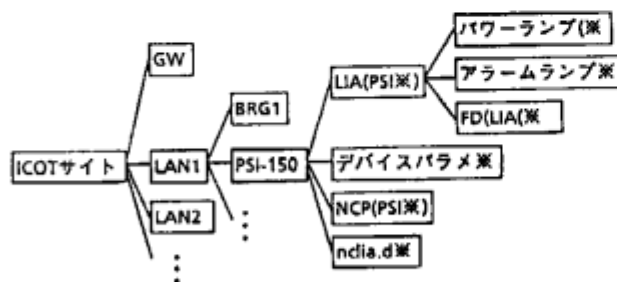


図9 PSIネットワーク構成要素

専門家モデルに要素PSI-150機のデバイスパラメータが抜け落ちていることを検出し、この要素を変換オペレーション送信側PSI・LIA要素変換に付加するリファイン例を示す。まず、専門家モデルと構造情報知識ベースの要素の比較が行われて要素PSI-150機のデバイスパラメータの抜け落ちが検出される。次に、図10のように要素付加支援のためのアドバイスが表示される。専門家はオペレーション群で使用されている変換オペレーションとその変換オペレーション内の生成要素を見て、変換オペレーション送信側PSI・LIA要素の変換を選択し、更にそのオペレーションに含まれる変換前要素の中からPSI-150を選択する。最後に要素PSI-150機のデバイスパラメータの属性値(他のオペレーション群で使用する属性)の獲得を行うことによりリファイン作業を終了する。

※※※ 同階層要素 nclia.dat(PSI-150)は変換オペレーション送信側PSI・LIA要素変換に属しています※※※

※※※ 同階層要素 NCP(PSI-150)は変換オペレーション送信側PSI・LIA要素変換に属しています ※※※

図10 要素付加支援アドバイス

6 おわりに

本論文ではEPSILON/Oneの概要、専門家モデルに基づくリファイン、及び異なる知識表現を用いたリファイン手法の一例を述べた。今後は構造情報なで入出力情報や機能情報を用いたリファイン手法、及び問題解決能力に基づくリファイン手法についての検討を更に進めて行きたい。そ

して他の知識表現モデルである、ドメインモデルやDTを用いたリファインについても検討を行ってみたい。

[参考文献]

- [Davis 79] Davis, Randall. :Interactive Transfer of Expertise: Acquisition of New Inference Rules, Artificial Intelligence 12(1979).
- [Eshelman 87] Eshelman, Larry. :MOLE:A Knowledge Acquisition Tool That Buries Certainty Factors, Proceedings of the 2ND KNOWLEDGE ACQUISITION FOR KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS WORKSHOP, 6-0, 1987.
- [Hays-Roth 83] Hays-Roth, F., Waterman, D. A., Lenat, D. B.: Building Expert Systems, Addison-Wesley Publishing comp., 1983
- [Kahn 85] Kahn, G., S. Nowlan, and J. McDermott.: Strategies for knowledge acquisition., IEEE transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 7(5), 1985.
- [川口 87] 川口, 他:インタビューシステムのためのシェルSISの開発, 人工知能学会第一回全国大会論文集, 1987.
- [松本 87] 松本, 太田:エキスパートシステム構築方法論-ES/SDM-の開発, 人工知能学会第一回全国大会論文集, 1987.
- [Motta 88] Motta, E., Pitman, K.M., West, M.: Support for knowledge acquisition in the Knowledge Engineer's Assistant(KEATS), Expert Systems, Vol. 5, NO.1, February 1988.
- [Quinlan 86] Quinlan, J.R.: Induction of decision trees, Machine learning 1,1.
- [Politakis 84] Politakis, P. and Weiss, S.M.: Using Empirical Analysis to Refine Expert System Knowledge Bases, Artificial Intelligence 22(1984).
- [鈴木 86] 鈴木:OPSS文法入門, Computer Today, サイエンス社, 1986/5 No.13.
- [滝 87] 滝, 椿, 岩下「知識獲得支援システム(EPSILON)における専門家モデル」情報処理学会, 知識工学と人工知能研究会報告 52-4, 1987年5月
- [藤堂 88] 藤堂, 松本:エキスパートシステム構築アドバイザー/SAKAS, 人工知能学会第二回全国大会論文集, 1988.