

フレーム理論に基づくエキスパート・システム開発
ツール F M S の試作

東京電機大学 理工学部

上野晴樹

1、はじめに

エキスパート・システムとは、特定の問題領域のエキスパートの知識を用いて推論を行い、十分に複雑な問題を解決する知的プログラムをいう。これを用いて非エキスパートの意思決定を支援するシステムを、コンサルテーション・システムという。これはまた、専門知識の活用に重点が置かれたシステムということで、知識型システムまたは知識ベース・システム (Knowledge - Based System) とも呼ばれる。この種のシステムは D E N D R A L の成功以来、A I 研究の新しい流れとして、最近盛んに研究・開発されるようになった。ソフトウェア・システムの観点から見ると、知識ベースと推論機構の分離、柔軟で解り易い専門知識の表現、柔軟な推論制御の実現などが重要な課題であるとともに、ツール化さ

れたシステムが整備される必要がある。また、現時点では未だ色々な要求を満たすモデルが提案されていない点から、各種のアイデアを実験するためのツールともなり得ることが望まれる。これらの観点から考えると、研究開発用の知識型システムとしては、Minsky のフレーム理論に基づくシステムが適していると考えられる。我々はこの理論に基づいて、フレーム操作システム FMS (Frame Manipulation System) を試作し、これを用いて先に開発した Micro-RHEUM モデルを書くことにより、システムの柔軟性と汎用性を確認した。なお、FMS は UNITS を参考にして設計され、LISP で書かれており、FACOM M-160 上で稼動している。

2. 知識とその表現

エキスパート・システムにおいては、推論メカニズムよりも専門知識の方が重要である。ここでいう専門知識とは、専門的事実 (facts) およびエキスパートが体験を通して得た知識 (heuristics) の両方を意味する。前者は一般に科学的事実として専門領域で知られており、専門文献や専門書などに明記されているのでテキスト・ノーレッジとも呼ばれる。後者は、エキスパートが固有にもっているもので、科学的観

点から見ると不完全な論理であったり、あいまいである場合が少くないが、解の手がかりを直感的につかむとか、ありそうもないことは探索を避けるなど、いわゆる“うまいやり方”を多くふくんでいる。我々の日常生活や研究活動において、すぐれた直感の有効性は、誰もが認識しているところである。しかしこれはまた、高度な専門的事実に精通している者のみが持っている能力であるという事実も知る必要がある。エキスパート・システムの知的能力は、主として後者によって決定づけられると考えられる。最近、このような専門知識を取り扱う情報工学の一分野を、知識工学と呼ぶようになった(1)。

知識工学の主なテーマは、知識の獲得、知識の表現、および知識の利用の3つである。コンピュータ処理の観点からは、知識表現が最も重用な課題であると考えられる。知識は一定の形式で表現してはじめて効率良く利用できること、複雑かつ大量の専門知識を取扱うには体系的表現手段が必要なこと、柔軟な推論と柔軟な知識表現とは不可分の関係にあること、などの理由による。具体的には、個々の知識の表現形式、全体の知識の表現方法、および知識の管理技法が重要な課題となる。

この様にして表現された知識は推論機構 (Inference E

ngine) から独立した知識ベース (Knowledge Base) 内に置かれる。この両者を切り離すことにより、知識定義や更新を容易に行うことが可能となり、システムの柔軟性および汎用性を達成することが可能となる。図1にエキスパート・システムの構造を示す。推論機構と知識ベースとはお互いに密接に関係しているので、システム設計に際しては、推論モデルと知識モデルを慎重に決定しなければならない。

過去に開発されたエキスパート・システムの知識表現モデルは、モデル型、ルール型、フレーム型およびブラックボード型に分類できるようである。モデル型は、対象問題自身もっている構造をセマンティック・ネットワーク等のモデルで表わしたものであり、問題の構造が比較的明確なとき有効である。ルール型は、個々の知識を I F - T H E N 形式のプロダクション・ルールとして表現したもので、最も基本的かつ簡単な表現である。問題が比較的単純な場合には、この方法でも実現できることが実証されている。基本的な表現であるので、他のモデルの中でも用いられている。ブラックボード型は通話を自動的に記述文に置きかえる試作システム H E A R S A Y - I I において最初に採用された技法であり、階層化された概念とグループ化されたプロダクション・ルールによって表わされる。図形理解や信号理解の分野で主として

応用されている。

フレーム型はMinskyが提案したフレーム理論に基づいて設計された知識表現用の階層的データ構造である。1つのフレームは1つの概念対象を表わし、その概念の具体的性質や事実の記述はフレームの構成要素であるスロットに記入される。知識概念には抽象的な階層性があるので、全体の知識は1つの階層構造をもったフレーム・システムとして構築される。フレーム型の他の特徴は特定のフレームに特定の推論手続きをattached procedureとして定義できることである。これもスロットの一種として取り扱える。更に、他のモデルと違って特定の推論機構をもっていない点が重要である。システムの利用者が目的に応じて自由に推論機構を設計できるが、このときattached procedureは柔軟な推論を実現する上で極めて有効な手段となり得る。また、単なる知識あるいはデータ管理用の手段として、他のモデルに対する補助的ツールとすることも可能である。表1にいくつかのシステムを機能も考慮に入れて分類してみた。

以上の様な点から、研究開発用ツールとしては、フレーム型システムが最適であると考えられる。FMS開発の目的はここにある。但しモデルが柔軟かつ汎用であるということは、裏を返すと利用者の負担が重いということでもある。また

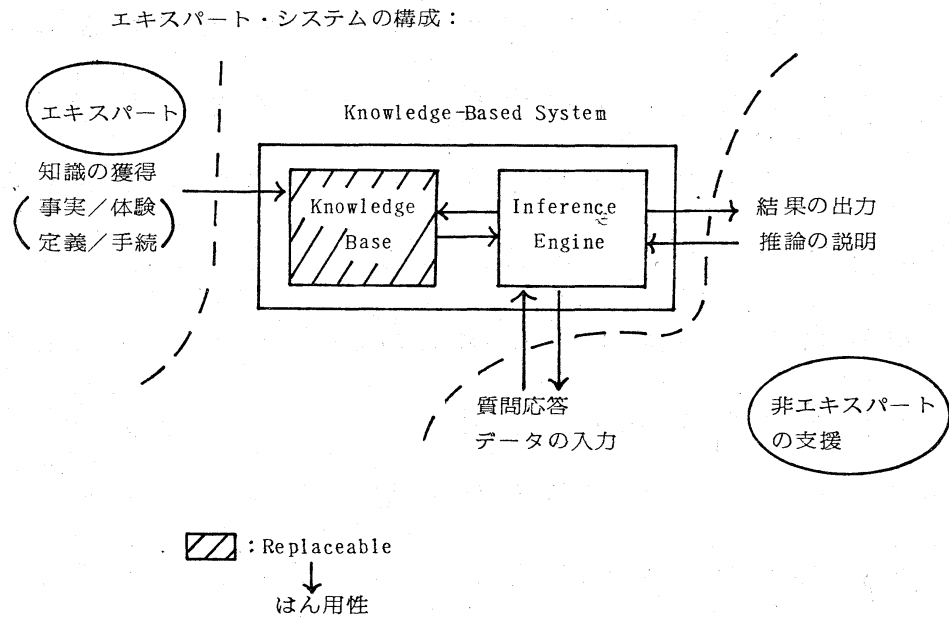


Fig. 1 A simplified structure of an expert system.

Table 1 A classification of typical expert systems in terms of knowledge representation models.

1. Rule-based approach (Production systems)
MYCIN(EMYCIN), ROSIE, OPS4,
EXPERT, MECS-AI
2. Model-based approach
CASNET, DART
3. Frame-based approach
KRL, FRL, UNITS, FMS,
PIP, CENTAUR, WHEEZE, MICRORHEUM
4. Blackboard-based approach
HEARSAY II, HEARSAY III, AGE

、FMSはLISPで書かれているが、これは、データ構造が極めて柔軟なことから、利用者がattached procedureとして自由に手続を定義できることを可能にすること、の理由による。

3. FMSの概要

フレーム理論についてはMinsky自身による論文(2)を、またこの理論に基づくエキスパート・システムのサーベイについては、報告(3)を参照されたい。フレーム型システムが研究用汎用ツールとして勝れていると考えられるのは、次にあげるような知識表現に関する要求事項をほぼ満たすと思われるからである。

— 複雑で大量の知識を体系的に表現し管理するには、各知識は概念対象の周辺に組織すべきである。

— 柔軟性を高めるためには、定義型知識ばかりでなく、手続型知識もそれと関連する概念対象の記述として、表現できることが望ましい。

— 概念は一般に階層構造をもっているので、知識表現にも階層構造を導入すべきである。

— エキスパートによる問題解決においては、複数の論理手順が、局面に応じて、組合せて適用されると思われる。知

識表現もこれに対応できる機能をもつ必要がある。

— 適切な推論の種類は、対象問題の性質、システムの目的、および問題解決のプロセスによって異なると考えられる。したがって、推論の方法が固定されていたり、特定の問題領域の知識表現のみに向いているというツールは、試行錯誤をともなう研究開発用ツールには適さない。

— 複雑な問題解決を専門家と同等のレベルで行うための専門知識は、あいまいさをかなり含んでいると考えられる。この種の知識の妥当性はエキスパートの目を通してのみ検証できると考えられる。したがって、知識表現はエキスパートに理解できるものでなければならない。

3・1 FMS設計の基本方針

設計の基本方針として考えたことは次のような点である。

— 汎用知識ベースに必要と考えられる上記の要求事項を基本的に備えているか、もしくは容易に追加できること。

— フレーム型システムとして必要な基本的機能を備えたコンパクトなシステムであること。

— 知識獲得の機能はエキスパート・システムにとって最も重要な要素である。したがって、これを支援するためのインターフェイスを持つこと。フレーム・エディタに主として

この機能をもたせる。

— 特定の推論技法を固定せず、当面は利用者定義の推論
手続と attached proceduresによって推論機能を実現する。

— ケース・スタディを通して、システムの拡張部分の開
発を行う。

データ構造の設計に関して考慮した点を次にのべる。フレ
ーム型知識ベースは、一つの階層構造をもったフレーム・シ
ステムとして構築される。各フレームはそれぞれ一つの概念
対象 (conceptual objects) を記述したものであり、記述
の具体的情報はフレーム構成要素であるスロットに記入され
る。特定の概念対象に特有な推論手続は、attached proced
uresとして、そのフレームのスロットの一つに記入される。
階層の上位の方は抽象度の高い概念であり、下位の方はより
具体的な概念を現わす。したがって最下位のフレームは個々
の対象を具体的に記述したものである。

このような考え方に基いて知識体系を記述するために、一
般に、上位フレームのスロットには、そのフレームの下位に
位置するフレームに共通の事実、あるいはそのスロットに対
応する下位フレームのスロットの属性もしくは値に対する制
約条件が記入される。これは、知識の定義、更新や利用をス
ムーズにするとともに、矛盾や混乱を防止するのに役だって

いる。例えば、動物 - ペット - 犬 - ブードル - プチ は、上位 - 下位概念の一例である。動物フレームには、動物共通の属性や情報が記入され、ペット・フレームには、ペットに共通の知識が記入される。ここで、ペットに対する記述は動物に対するそれと矛盾しないものとなっている。フレーム・システムは一つの階層構造をもったフレームの集合であるが、フレーム間にも参照関係が成立する。例えば、飼育法 - 家庭での飼育法 - 運動のさせ方 - 犬の散歩、も一つの階層であり、プチの散歩に関する知識は、多分、プチ・フレームのスロットの一つとして、犬の散歩フレームへのポインタが付けられる。ポインタを用いることによって、ネットワーク構造をもった知識体系を表現することができる。

また、知識ベースを長期記憶 (L T M) とし、特定の問題解決に対する当面の情報や知識を推論実行時に短期記憶 (S T M) として、同様なフレーム・システムに構築する機能も必要になる。この例については N U D G E (4) を参照されたい。

これらの機能を組合せることにより、複雑で大量の専門知識を知識ベースとして構築でき、しかも極めて柔軟で強力な推論を実現できると考えられる。

3・2 フレームの構造

図2にフレームの基本構造を示す。各フレームは、そのフレーム・システムにおいてユニークなフレーム名をもち、複数のスロットから構成されている。そのなかの3つは、全てのフレームがもつ共通のスロットである。一つはa-kind-ofスロットで、親フレームへのポインタである。二つ目は、そのフレームが最下位に位置するか否かを示す値をもつスロットであり、三つ目は、そのフレームに関する備考などをテキスト値としてもつスロットである。上記以外のスロットは、目的に応じて自由に定義されるものであり、数の制限はない。各スロットは、図3に示されたように、現在のところ、5つの要素から構成されている。すなわち、スロット名、階層遺伝指定、データ型、データ値、およびオプションから成る。

スロット名： そのフレーム内においてユニークなスロット識別名である。

階層遺伝指定： そのフレームの親フレームから受継ぐスロット、もしくは子フレームへ引渡すスロットの属性の指定であり、現在、U (Unique)、S (Same)、R (Restriction)、I (Independent) の4つをもっている。具体的

Frame-name	a-kind-of slot
Bottom-frame slot	
Description-information slot	
Slot-1	
Slot-2	
...	
...	
Slot-n	

Fig. 2 A simplified frame structure of FMS

Slot:	Slot-name	Inheritance-role	Data-type	Data-value	Option
-------	-----------	------------------	-----------	------------	--------

Inheritance role: U ... Unique value

S ... Same value

R ... Restriction

I ... Independent value

Data type: ATOM, TEXT, TABLE, BOOLEAN, LISP, FRAME, LIST

Fig. 3 The slot structure and attributes of FMS

機能は後述する。

データ型： このスロットがもつデータ値のタイプの指定である。現在、ATOM、TEXT、TABLE、BOOLEAN、LISP、FRAME、LISTの7種をもっている。詳細は後述する。

階層遺伝指定 (inheritance role) の各指定子の意味は次のようなものである。知識ベースとしてのフレーム・システムは、後述するフレーム・エディタを用いて、対話的に定義し構築される。このとき、定義しようとするフレームの直接の親は、必ずすでに存在していなければならない。つまり、フレームの追加、変更を除いて、一般に上位から下位へ向って定義されなければならない。但し、最上位のフレームROOTは、システムに備えられている。したがって、全てのフレームはROOTの子孫となる。さて、あるフレームで新たにスロットが定義されると、それはその子孫となるフレームを定義するとき、階層遺伝指定に従って、自動的に定義される。

U： そのスロットおよび属性は子フレームへ受け継がれるが、値はフレーム毎に独自のものでよい。

S： そのスロットが属性および値とも子フレームへ受け継がれる。

R : そのスロット及び属性が子フレームへ受け継がれ、値はここで規定された制限内（範囲内）でなければならない。

I : そのフレーム内だけで定義され、個フレームへは受け継がれない。

各フレームの値部がとりうる値の属性を指定するデータ型の意味は次のとおりである。

ATOM : アトム。

TEXT : テキスト。

TABLE : 表。

BOOLEAN : T, F, NIL を値としてとる。

LISP : attached procedure。定義されると関数名が値部に記入され、本体はLISP PROC フレーム（後述）にLAMBDA式として登録される。

FRAME : 他のフレーム名。これを用いてフレーム間のリンクを表現することができる。a-kind-ofスロットのデータ型もFRAMEである。

LIST : リスト。NILも可。

なお、オプション部は、システム利用者が自由に用いることができるように融通性をもたせたものである。システムは何のチェックもしないので十分注意しなければならない。S

T M の代用や、デフォルトなどのために利用できる。

3.3 推論の制御

F M S は特定の推論制御機構を持たない。F M S における推論の制御は一般に次のように行なわれる。図4がそのメカニズムを示すが、ここでK B は知識ベース（フレーム・システム）を、I E は利用者が書いた推論制御プログラムを意味する。推論はI E を起動させることによって開始される。I E が特定のフレームに、attached procedure を持つスロット名をパラメータとしてメッセージを送ると、そのprocedure が起動され、結果として値が返される。I E はこの値を評価して、更に必要なフレームにメッセージを送る、ということをくりかえしてgoalへちかづいていく。

ローカルな推論の為の情報と手続、注視点の制御（focus of attention）の為の情報、終了状態の評価の為の情報や手続などを、K B とI E にどのように分担させるかは、問題の性質やシステム利用者の方針によって大きく異なる。一般的には、なるべく定型化してK B にもたせる方が、I E がスッキリしたものとなり、システム全体の構成も解り易くなると思われる。

3.4 プログラムの構成

FMSシステムは、4つの主なモジュールから構成されている。それらは、フレーム・エディタ、ルール・チェツカ、ACTIVATE、およびシステム関数群である。

フレーム・エディタは、知識ベースの定義や更新など、フレーム・システムの構築のために用いられる。推論制御プログラムもこれを用いて書かれる。これは知識ベースの管理において、ユーザ・インターフェイスとなる。

ルール・チェツカは、フレーム・エディタを用いて構築された知識ベースの規約上のミスを検出するために用いられる。部分的なミスは、フレーム・エディタでも検出されるので、これは主に全体的な矛盾などの検出を行なう。

ACTIVATEは、IEを起動するためのものである。システム関数群は、attached procedure等を書き易くする為に備えられているLISP関数群である。ただしこれらは共通関数であるので、システム自身もついている。

4 例題：Micro-RHEUMモデルの表現

ここではFMSの応用例として、我々が先に開発したエキスパート・システムMicro-RHEUMを書き、更にこれを用いてリウマチ診断支援モデルRHEUMを表現した例に

ついて極く簡単に述べる。Micro-RHEUMについては、文献(4, 5)を参照されたい。これはクライテリア・モデルと呼んでいるが、一種の簡易フレーム・システムである。FMSを用いて表現するにあたっては、なるべく元のモデルが類推し易くなるように心掛けた。

図5に病気MCTDの診断クライテリアを、図6にこの中で引用されている中間仮説Miositis mildとMiositis severeのAND/ORトリートリーによる表現およびMicro-RHEUM表現を示す。この様に病気ごとの診断クライテリア・フォームとAND/ORトリートリーによる中間仮説の表現の組合せによって、解り易く強力な知識表現が可能となった。なお、以後の図はフレーム・エディタの表示コマンドを用いて出力したものである。

図7はフレーム・システムの階層構造を示す。LISTPROCはattached proceduresを、FINDINGは所見質問リストを、IH-AGGはすべての中間仮説の定義を各スロットに持つフレームである。7つの病気に対する診断クライテリアは、DISEASEフレームの子孫として定義されている。最下位のフレームMCTD-DEF-AはMCTDのdefinit-criteria-case-Aを意味する。

図8はIH-AGGフレームの一部とここで定義されてい

る attached procedure I H A G G L O G I C の L I S P 関数を示す。関数の中の下線はシステム関数である。

図9はフレームMCTDおよびMCTD-DEF-Aを示す。なお、各スロット表示の第3列は、定義された先祖フレームを示す。

このモデルはMicro-RHEUM (FORTRANバージョン)と同様な応答をするが、少し遅い。

5 まとめ

フレーム型エキスパート・システム開発ツールFMSの長期的目標は、複雑で高度な問題解決の為の専門知識を表現するツールの開発、およびこれを通して意思決定過程のメカニズムを究明することにある。そのためには、実際にエキスパート・システムを研究開発してみることが不可欠である。さもないければ、いわゆるtoy researchに陥ってしまう危険が大きい。現在は一応第一の段階が達成された。

一般に、推論構造を固定すれば知識の定義は容易となり専門領域特有の問題をうまく取扱うことができるが、汎用性に制限を受ける。Micro-RHEUMはこの例である。各種のProduction systemやblackboard-based systemにもほぼ同様なことが言える。一方フレーム型システムは汎用性は

極めて高いが、利用者の負担が大きい。FMSの上に問題向きのエキスパーテ・モデルをのせ、これを用いて具体的なエキスパート・システムを構築するのが一つの対策である。図10にFMSの上にMicro-RHEUMをのせ、その上にリユーマチ診断モデルをのせたものと、Micro-RHEUMシステムを用いた場合との比較を示す。フレーム・モデルがどこまで汎用であるかは、今後の課題である。

謝辞 システムのインプリメンテーションを行ってくれた伊藤秀明、小沢健司の両君に感謝する。

参考文献：

- 1) E. Feigenbaum ; The Art of Artificial Intelligence - Themes and Case Studies of Knowledge Engineering, Proc. 5th IJCAI (1977)
- 2) M. Minsky ; A Framework for Representing Knowledge, in P. Winston (ed.) The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill (1975)
- 3) 上野晴樹； フレーム理論に基づく知識型システム, I

P S J 人工知能と対話技法 21-3 (1981)

4) H. Ueno, D. Lindberg et al.; Design of a Criteria - Based Rheumatology Consulting System for a Microcomputer, Proc. MEDINFO80 (1980)

4) D. Lindberg, G. Sharp, H. Ueno, et al.; Computer - Based Rheumatology Consultant, Proc. MEDOINFO80 (1980)

5) P. Winston; Representing Knowledge in Frames, in Artificial Intelligence, Addison-Wesley (1977)

6) I. Goldman; NUDGE: A Frame-Based Scheduling System, Proc. 5th IJCAI (1977)

7) M. Stefik; An Examination of a Frame-Structured Representation System, 6th IJCAI (1979)

8) D. G. Bobrow and T. Winograd; An Overview of KRL, a Knowledge Representation Language, Cognitive Science, Vol. 1, No. 1 (1977)

- 9) R. G. Smith and P. Friedland; UNIT
Package User's Guide, Stanford Heurist
ic Programming Project Memo HPP-80-28
(1980)
- 10) D. Smith and E. Clayton; A Frame-
Based Production System Architecture, Pro
c. 1st AAAI (1980)
- 11) J. Aikins; Prototypes and Productio
n Rules: An Framework to Knowledge Repre
sentation for Hypothesis Formation, Proc.
6th IJCAI (1979)

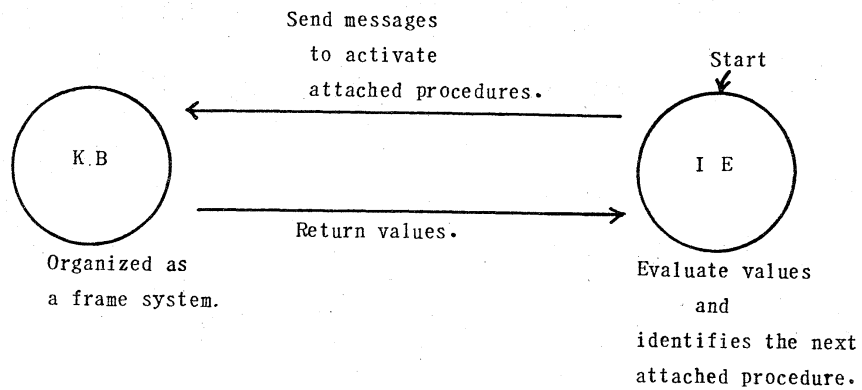
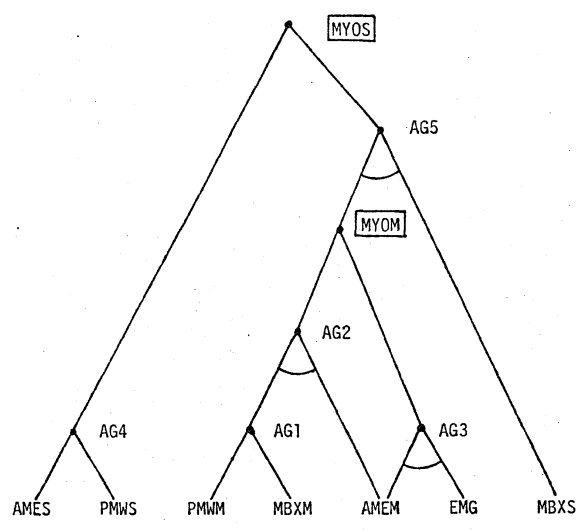


Fig. 4 A simplified view of the inference control of FMS.

	Major Criteria		Minor Criteria	
	1. Raynaud's or esoph. hypomotility 2. Myositis, severe 3. CO diffusing capacity < 70% 4. Swollen hands, observed 5. Sclerodactyly 6. Highest observed ENA >= 1:10000		1. Alopecia 2. Leukopectia < 4000 WBC/cmm 3. Anemia <= 10.0 gm% females, < 12.0 gm% males 4. Pleuritis 5. Pericaditis 6. Arthritis 7. Trigeminal neuropathy 8. Marlar rash 9. Thrombocytopetia . 100000/cmm 10. Myositis, mild 11. Swollen hands, history	
	Definite	Probable	Possible	
CLIN	4 major +	A. 3 major + B. 2 major + (include 1 or more from #1, #2 or #3) 2 minor +	A. 3 major + B. 2 major + C. 1 major + 3 major +	
SEROL	anti-RNP + with ENA >= 1:4000	anti-RNP + with ENA >= 1:1000	A. No requirements B. anti-RNP + with ENA >= 1:100 C. anti-RNP + with ENA >= 1:100	
ECXL	anti-Sm +	None	None	

Fig. 5 The diagnostic decision criteria form in the Micro-RHEUM model.



Intermediate hypotheses and aggregations.

E.G.

AG1	LOGIC :	1 OF	PMWM	MBXM	
AG2	LOGIC :	2 OF	AMEM	AG1	
AG3	LOGIC :	2 OF	AMEM	EMG	
MYOM	LOGIC :	1 OF	AG2	AG3	--- Myositis, mild
AG4	LOGIC :	1 OF	AMES	PMWS	
AG5	LOGIC :	2 OF	MYOM	MBXS	
MYOS	LOGIC :	1 OF	AG4	AG5	--- Myositis, severe

- PMWM Proximal muscle weakness, mild
- PMWS Proximal muscle weakness, severe
- AMEM Abnormal muscle enzymes, mild
- AMES Abnormal muscle enzymes, severe
- MBXM Abnormal muscle biopsy, mild
- MBXS Abnormal muscle biopsy, severe
- EMG Myopathic EMG

Fig. 6 Expressions of intermediate hypotheses myositis mild and severe in an AND/OR tree and Micro-RHEUM representations.

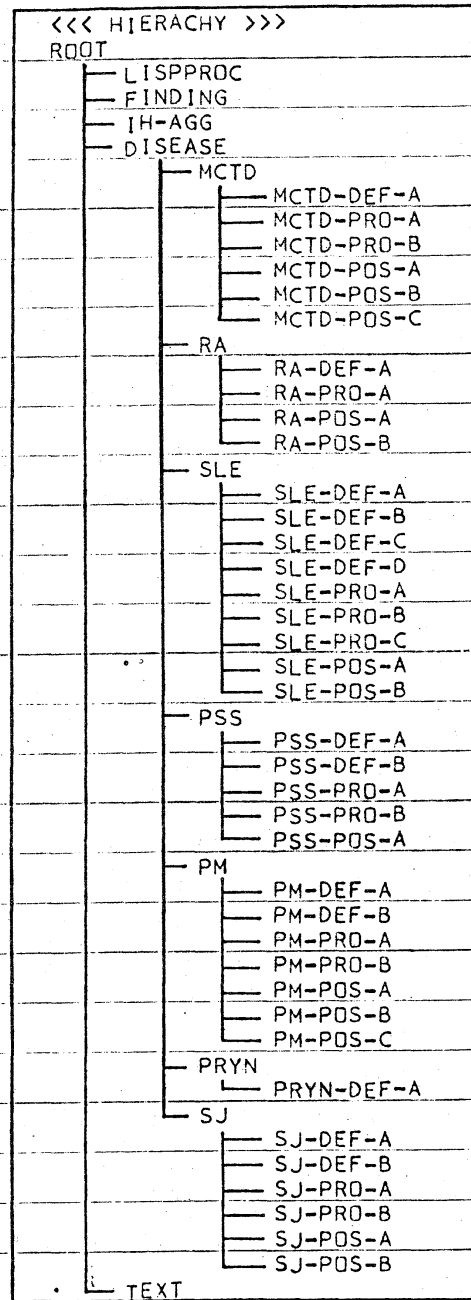


Fig. 7 The frame hierarchy of the Micro-RHEUM model.

FRAME-NAME: IH-AGG				
AKO	(U)	ROOT	FRAME	ROOT
BOTTOMFL	(U)	ROOT	ATOM	BOTTOM
DESINF	(U)	ROOT	TEXT	(MADE BY ITO AND OZAWA)
LOGIC	(I)	*TOP*	LISP	IHAGGLOGIC
UNKLOGIC	(I)	*TOP*	LISP	UNKIHAGG
AG1	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF PMWM MBXM)
AG2	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF AMEM AG1)
AG3	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF AMEM EMG)
MYOM	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF AG2 AG3)
AG4	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF AMES PMWS)
AG5	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF MYOM MBXS)
MYOS	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF AG4 AG5)
AG6	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF FEM ANE1)
AG7	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF MALE ANE2)
NMC3	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF AG6 AG7)
RYES	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF RAYN ESOP)
RNPE	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF RNP ENA4)
RNPN	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF RNP ENA1)
RNPA	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF RNP ENA0)
NOSM	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF *SM)
RAFL	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF *RAFH)
RAEX	(I)	*TOP*	LIST	(11 OF *SCLD *MALR *PHOT *H
NENA	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF *RNPN)
NEPR	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF FGLO MSG DGLO MEMG R
CNS	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF OBSY COMA SEIZ PSYC)
SERO	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF PLEU PER1)
HCMP	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF HCM3 HCM4)
SLSE	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF ANAP LE SM DNAP)
AG8	(I)	*TOP*	LIST	(3 OF RNP ENAP NOSM)
SLEX	(I)	*TOP*	LIST	(3 OF *SCLD *EART *AG8)
PLCO	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF PLID DC07)
SWHU	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF SWOH SW00)
RYED	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF RAYN ESOP DGUL)
ANRE	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF RNP ENAP)
PSEX	(I)	*TOP*	LIST	(2 OF *EQSI *ANRE)
RRES	(I)	*TOP*	LIST	(1 OF RAYN ESOP)
PMEX	(I)	*TOP*	LIST	(4 OF *SCLD *HEMA *RNPN *DN
PMXX	(I)	*TOP*	LIST	(3 OF *HEMA *RNPN *DNA6)
RYEX	(I)	*TOP*	LIST	(5 OF *MCTD *PSS *SLE *RA *
SJEX	(I)	*TOP*	LIST	(4 OF *MCTD *PSS *SLE *PM)

```

IHAGGLOGIC
(LAMBDA (SNAME)
(PROG (A)
(SETQ A (GETTHISPF SNAME))
(COND ((NOT (EQUAL A (QUOTE PF))) (RETURN (CAR A))))
(SETQ A (GETTHISVAL SNAME))
(SETQ A (INVEST (CAR A) (CDDR A) (QUOTE IHAGG)))
(SETTHISPF SNAME A)
(RETURN (CAR A))))

```

Fig. 8 The IH-AGG frame and the attached procedure IHAGGLOGIC.

FRAME-NAME:MCTD				
AKO	(U)	ROOT	FRAME	DISEASE
BOTTOMFL	(U)	ROOT	ATOM	NOT-BOTTOM
DESINF	(U)	ROOT	TEXT	(MIXED CONNECTIVE TISSUE DISEASE)
LOGIC	(U)	DISEASE	LISP	DISEASELOGIC
CONCLUSION	(U)	DISEASE	LIST	
CASES	(I)	*TOP*	LIST	(MCTD-DEF-A MCTD-PRO-A MCTD-PRO-B M
MACR	(S)	*TOP*	LIST	(RYES MYOS DC07 SW00 SCLD ENAP)
MICR	(S)	*TOP*	LIST	(ALOP WBC4 NMC3 PLEU PERI ARTH TRIG
MAJOR	(U)	*TOP*	LIST	NIL
MINOR	(U)	*TOP*	LIST	NIL
SERDLO	(U)	*TOP*	ATOM	NIL
EXCLU	(U)	*TOP*	ATOM	NIL
NOTINV	(S)	*TOP*	BOOL	NIL
CONCL	(U)	*TOP*	ATOM	NIL
UNKLOGIC	(U)	DISEASE	LISP	UNKDISLOGIC
UNKDISP	(U)	DISEASE	LISP	UNKDISP

FRAME-NAME:MCTD-DEF-A				
AKO	(U)	ROOT	FRAME	MCTD
BOTTOMFL	(U)	ROOT	ATOM	BOTTOM
DESINF	(U)	ROOT	TEXT	(MADE BY ITO AND OZAWA)
LOGIC	(U)	DISEASE	LISP	CASELOGIC
CONCLUSION	(U)	DISEASE	LIST	
MACR	(S)	MCTD	LIST	(RYES MYOS DC07 SW00 SCLD ENAP)
MICR	(S)	MCTD	LIST	(ALOP WBC4 NMC3 PLEU PERI ARTH TRI
MAJOR	(U)	MCTD	LIST	(4 0 NIL)
MINOR	(U)	MCTD	LIST	(0 0 NIL)
SERDLO	(U)	MCTD	ATOM	RNPE
EXCLU	(U)	MCTD	ATOM	NOSM
NOTINV	(S)	MCTD	BOOL	NIL
CONCL	(U)	MCTD	ATOM	DEFINITE
UNKLOGIC	(U)	DISEASE	LISP	UNKCASELOGIC
UNKDISP	(U)	DISEASE	LISP	

Fig. 9 Frames MCTD and MCTD-DEF-A which is a son of MCTD and a bottom frame.

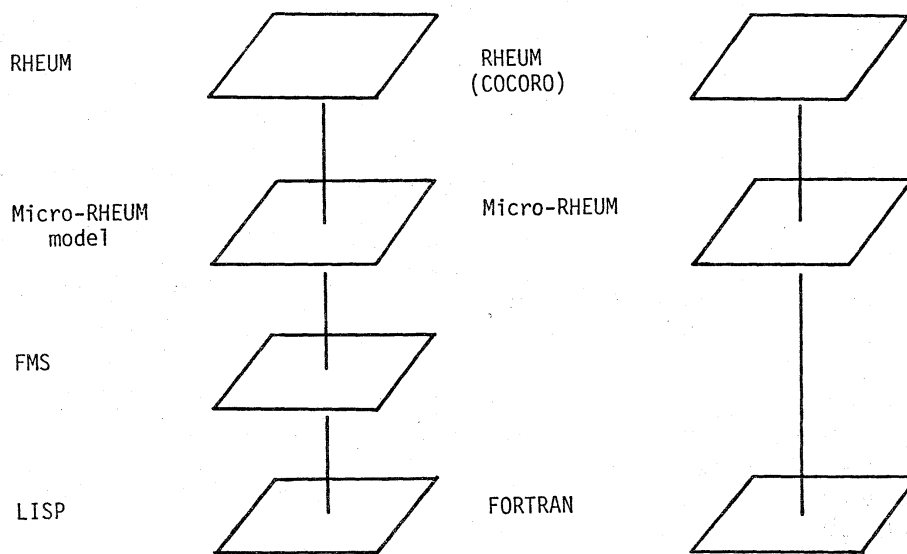


Fig. 10 Multi-layer models of FMS and Micro-RHEUM systems.