

オブジェクト指向型知識ベースの提案 —プロトタイプ・エキスパートシステムの設計について—

桑原 雅臣

(佐賀短期大学)

(平成18年12月22日受理)

A Proposal of an Object-Oriented Knowledge Base —On Design of Prototype Expert System—

Masaomi KUWAHARA

(*Saga Junior College*)

(Accepted December 22, 2006)

Abstract

A lot of knowledge representation methods have been discussed. Each method has its own advantages and disadvantages. We introduced a unique knowledge base, "ObjectOriented-ExpertSystem(OOES)". This prototype object-oriented knowledge processing system is an expert system tool developed in introducing a specific method as the best knowledge representation technique. This method not only has the features included in an object-oriented mechanism, such as encapsulation, inheritance and message processing, but also adopts and expands some features in frame theory, and semantic network. We propose a new user-friendly tool to transform the knowledge model. By using this tool, we could also draw and edit the semantic or frame and construct the knowledge base. This tool uses the standard algorithms that have been designed in various objects for transforming the knowledges. The transformed knowledges are shown in three phases: OOES-rules, OOES-event variables and OOES-database tables. Finally the knowledge base that its knowledges are represented in hierarchy of OOES is created as well as the maximum flexibility and convenience. The tool explores how to implement a visualized knowledge acquisition and data management shell and construct an expert system efficiently.

Key words : ①Knowledge Base (知識ベース)
②Object Oriented (オブジェクト指向)
③Expert System (エキスパートシステム)
④Rule (ルール) ⑤Property (属性)

1. 緒 言

オブジェクト指向の考え方を取り入れた知識ベース・システムは、汎用性の高いエキスパート・システムを構築するために多くの技術的メリットを提供することが可能である。ある事象の発生に伴って、適用プログラムに従ってデータベースに対する検索処理と推論エンジンの駆動により推論結果が導出されるまでのデータ構造をオブジェクト指向理論に沿って定義することは、エキスパート・システムの制御機構メカニズムをより柔軟な形態で運用することが可能となる。基本的なオブジェクト指向の知識表現モデルは、データ実体間の構造関係およびルール間の制御構造をトランザクションフレームワークの構成された規則として提供されなければならない。この提案で私達は、取り扱う全てのデータ群を抽象化することにより、次のように構成した。

- (a) 静的モデリング(Static Model)：データ構造の様々な連関関係を一目で把握する階層
- (b) 機能モデリング：静的モデルで把握したデータの入力を受けて、データを出力する関数群を一目で把握する階層
- (c) 動的モデリング：課題が問題領域から解決領域に移行するプロセスで、時間の流れに沿って行なわれる制御構造を一目で把握する階層

従って、オブジェクト（実体）およびルール（規則）と制御構造は、推論実行の過程で多重プロセッサ・システム下に導出された知識表示モデルとグラフに基づかせて導出したトランザクションモデルおよび非同期平行実行モデルの3種を評価することになる。今回は、最終目標としている高汎用性エキスパート・システムを構築するためのプロトタイプとして、全体構想に基づくプロジェクトの設計と共に各種処理モジュール（データ類の編集機能部、同データ類に対する検索機能部、事象変数の埋め込み機能部、同事象変数プロパティ（属性）設定部）および一部推論規則（ルール）の適用処理部の製作を行なったので中間報告する。

2. 知識ベースを作る手順

ユーザが概念として思い描いた知識を実体（オブジェクト）として反映するために、今回考案制作したシステムでは（図-1）に示すような基本データフローを適用した。

最初の段階[1]は、まず何をしたいのかという目標を明確にすることである。目標が決まった段階で、目標は知識ベースの実行結果としてどのように表現したらよいかを具体的に列挙する必要がある。ただ単に知識の繋がりに従ってコーディングを行なっていくと、まさにイモ

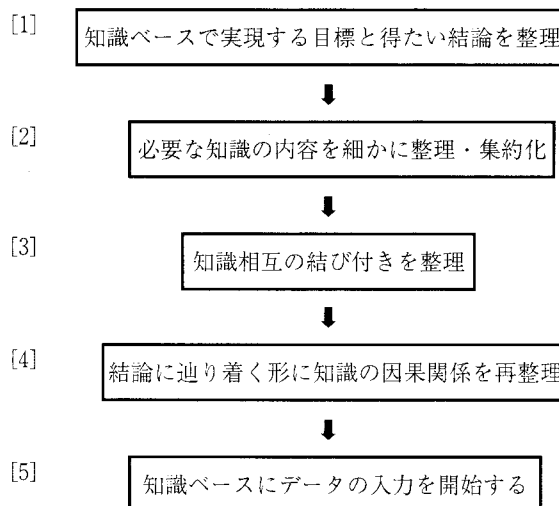


図-1 知識整理の基本的流れ

ズル式にずるずると事象が広がってしまい収集がつかなくなる結果を生む可能性が大きい。そこで、どこが最終的な結論になるべきかをしっかりと決めることが重要となる。

[2]の段階では、とにかく関連する知識をランダムに列挙してみる必要がある。そのプロセスにより、私たちが日頃から無意識に使用していた知識が洗い出され、思わぬ発見をすることがある。また、曖昧に済ましていた事柄も顕在化してくるようになる。このフェーズでは、各専門分野の適切な人にヒアリングを行ない、情報を収集したり再確認を行ったり、また各種の関連文献などを探索したりすることも必要になると考えられる。

[3]の段階は、無秩序に列挙された知識を互いに結び付ける作業に相当する。何となく関連のありそうな項目を線で結ぶところから始まって、その結び付きが有効なものかどうかを緻密に検討する処理に進むことになる。

[4]の段階では、結論が決まったならば、各々の知識の結び付きが最終的な結論に辿りつくようにもう一度整理し直す必要がある。このように整理していくと、多くの場合、結論が枝の先端に集約され、手掛かりとなる最初の知識が幹に該当する樹形型の図が描ける。この作業まで来ると、知識ベースについては、ほぼ半分はできあがったと考えて良い。

[5]の段階で、実際の知識データの入力作業に入ることになる。

3. 知識ベースの構築

実際に知識を整理する場合の例を分かり易く提示する。サンプルとして、当該知識ベースモデルの最終適用目標としている大腿義足用膝継手制御による義足歩行支援向けエキスパート・システムを製作するための診断用デー

タを基に知識の整理に入る様子を一例としてシミュレートしてみたい。まず、立脚相時の加重プロセスと遊脚相時の加重プロセスを診断するための知識を整理するところから出発する。

[1]の段階では、立脚状態と遊脚状態及びその中間相の状況における膝継手構造部に掛かる荷重をチェックすることが目的である。最終的にこの知識ベースの結論とすべきこととして、以下のような3つの状態が考えられる。

① ひざ折れ発生⇒
急激な膝屈曲⇒転倒⇒ **ケガをする**

② 適正な荷重制御⇒
イールディング可能⇒ **安心して楽な歩行追随**

③ 過度の膝ブレーキ発生⇒
膝部固定⇒脚部振出不可⇒ **歩行不能**

[2]の段階では、膝継手荷重を診断する知識を列挙する。

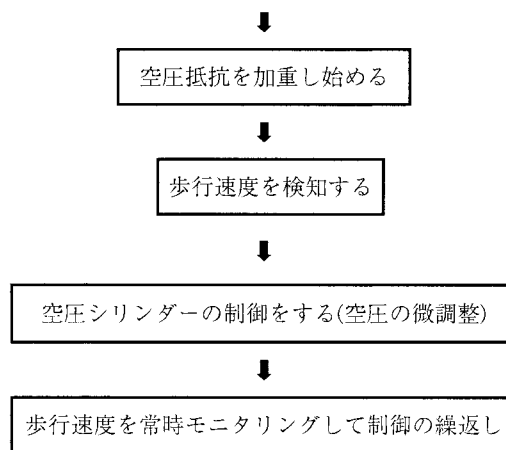
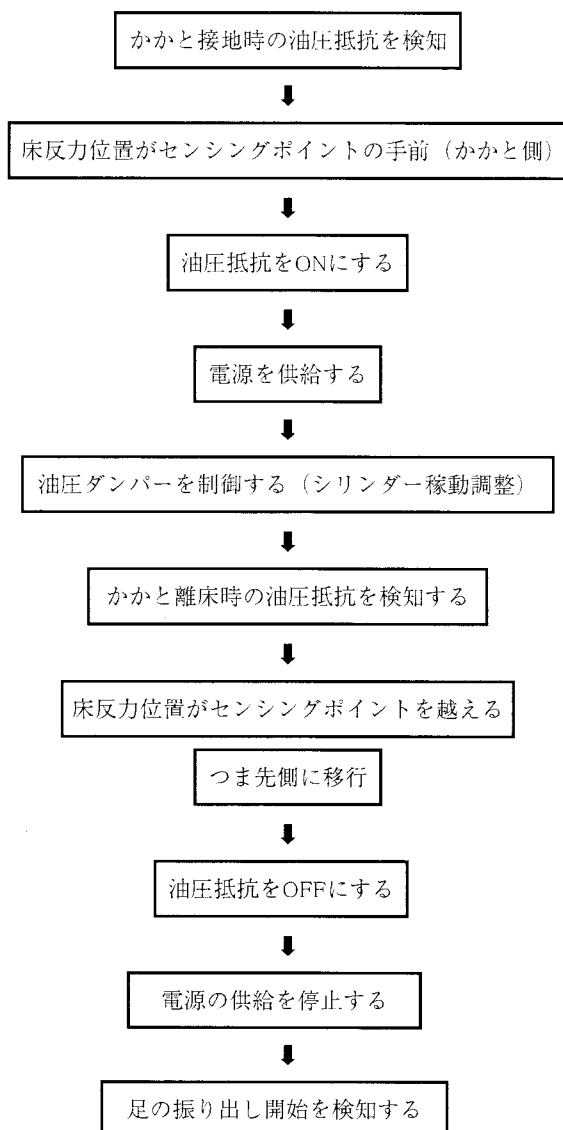


図-2 知識の内容に対する集約手順例

これは、(図-2)に示されるような細やかな義足歩行のための事象ファクタと事象変数として挙げられることになる。

[3]の段階

一般的にどのような判断を下す時にも言えることであるが、この場合は歩行時のイールディング(体重を支持しながら膝を曲げる)条件を緻密化しようとする。これらの根拠となる事前知識が必要となる。たとえば、体重一つ取っても基準となる知識は、年齢層、性別、職業(義足の使用目的と生活環境など)、地方(温度・湿度などの自然環境)、断端状況、切断からの期間などによって全て違うということも考慮しながら基準となる平均値を決め、扱う知識を詳細に決定する。また、個人の歩行嗜好や癖などの感覚的なファクタなども加味されることが必要となり、このような数値化できにくいデータも取り扱うことが可能なシステムを考案していくことになる。これら知識の収集と整理を試行錯誤しながら関連する知識として(図-2)のような知識集約フローに従って行っていく。

[4]の段階

今度は、結論を木の枝に見たてて幾つかの知識を組み合わせることで結論の一つ一つに辿り着くように知識間の因果関係を整理(ツリー構造の描画)する。このように整理ができればエキスパート・システムを作成する準備がひとまず完了する。適用する規則(ルール)を簡略化するために、身長、体重、性別、年齢に応じた平均的なファクタを選び出し、それと比べてどれ位の過不足があるかを診断するところまでをまず作成する。

4. 各種ファクタと独立変数および

従属変数に対する編集機能の強化

機能の選択メニューは、

- ① ルールの編集 : この機能では、ルール、ファクタ、ルールセット、ラベルの編集が可能である。こ

のメニュー内で作業している時には、ルールやファクトの構成要素である事象変数、選択肢、一般変数、画面と各グループの編集も可能となる。

- ② 事象変数の編集 : 事象変数の編集をすることができ、必要に応じて事象変数の構成要素である選択肢や画面の編集も可能となる。
- ③ 選択肢の編集 : 選択肢の編集が可能となる。
- ④ 一般変数の編集 : 一般変数の編集が可能となる。
- ⑤ ディスプレイ情報の編集 : 画面上のデータ編集が可能であり、埋め込みの指定時には、事象変数、選択肢、一般変数や他の画面からの情報も編集可能である。
- ⑥ ツリー階層の表示 : 編集中の知識ベースに対するルール間の相関をビジュアル的な木構造で表示可能となる。
- ⑦ デフォルトの推論属性 (プロパティ) : 各々の

推論に対する確信度について、その初期値を設定する。

- ⑧ ゴールの変更 : 推論実行時に一番初めのゴールとなる事象を設定する。
- ⑨ ファイル操作 : Windowsフォーマットのデータ・ファイルの全操作を行なうことが可能。

5. 知識ベース要素の検索

検索の目的は、一覧表示された各種の知識ベースの要素となるルール、事象変数、一般変数、選択肢、データベースウィンドウ、フレーム、スロットなどの各一覧を指定した条件を満たすオブジェクトだけに絞り込んで表示するための機能である。

検索作業を実行する時に必要な要素を整理すると以下のようになる。

- どの一覧なのか? ⇒ これは一覧表示の種類に

表-1 データ一覧の種類と検索方法

一覧の種類	使用データ	使用データ選択後の動作
ルール一覧	①カレントルールの内容 ②事象変数 ③選択肢 ④事象 ⑤一般変数 ⑥画面 ⑦フレーム ⑧スロット ⑨組み込みの命令	①カレントルール表示後に対象項目を選択 ②事象変数一覧から選択 ③選択肢一覧から該当する選択肢を選択 ④事象変数一覧から選択後、埋め込み選択肢を選択 ⑤一般変数一覧から選択 ⑥表示リスト一覧から選択 ⑦フレーム一覧から選択 ⑧スロット一覧から選択 ⑨組み込み命令の中から選択
事象変数一覧	①カレント事象変数の内容 ②選択肢グループ ③画面 ④フレームグループ ⑤フレーム	①カレント事象変数を表示の後、対象項目を選択 ②選択肢グループ一覧から表示 ③画面一覧から画面選択後、コメントメッセージ、データ入力、結論導出画面から対象範囲を入力 ④フレームコレクションから選択 ⑤フレーム一覧から選択
選択肢一覧	①カレント選択肢の内容 ②画面	①カレント選択肢表示後、対象項目を選択 ②コメント画面一覧から選択
一般変数一覧	①カレント一般変数の内容 ②画面	①カレント一般変数表示後、対象項目を選択 ②コメント画面一覧から選択
画面	①事象変数 ②一般変数	①事象変数一覧から選択 ②一般変数一覧から選択
フレーム	①カレントフレームの内容 ②フレーム ③スロット ④選択肢 ⑤スロットの値	①カレントフレーム表示後、対象項目を選択 ②フレーム一覧から選択 ③スロット一覧から選択 ④選択肢一覧から選択 ⑤スロット一覧から選択

よって決定するプロセス

- 使用データは？ ⇒ どのデータを検索に利用するかを決定するプロセス
- 検索条件は？ ⇒ 検索を行なう対象をどこに定めるかを決定するプロセス

使用するデータについては、どのデータ一覧に対して的確な検索式を作用させるかによって異なることになる。選択可能な検索方法は、(表-1)に示すような種類と方法を今回準備した。

各一覧に対して、各々その中に含まれる要素が検索のメソッドとして選択されていると考えることができる。たとえば、ルールならばその中に含まれている事象変数や選択肢や画面やフレームなどが含まれるルールを探索することを意図している。ただし、検索方法の中にはいくつかの例外処理があることを考慮する必要がある。それは、ルール一覧に対する使用データとして挙げられた「カレントルールの内容」と「組み込み命令」、一般変数一覧の中の「カレント一般変数の内容」およびフレーム一覧に対する使用データとして挙げられた「カレントフォームの内容」である。このことは、「カレントルールの内容」というオブジェクトは、ルールの中に登録されている項目を任意に選択して、それと同等の内容を有するルールを検索したいという場合に使用することを意味している。また更に、「カレント一般変数の内容」というオブジェクトに対しても、カレント一般変数の構成要素を任意に選択して、それを有するフレームを検索しようとするプロセスと考えられる。同様に「カレントフレームの内容」は、カレントフレームを構成する要素を任意に選択して、それを持つフレームを検索するプロセスであり、「組み込み命令」というのは、組み込み命令の種類を任意に選択し、その組み込み命令を有するルールを検索することになる。結果として、一覧表示時にその時点でのカレント項目が、グループに存在するのか、ラベルに存在するのか、登録された項目すなわちルールや事象変数や一般変数や選択肢などに存在するのかによって使用データに対する選択メニューに各々差異が発生することになり、通常の場合、グループやラベルにターゲットがある時は、カレント情報の内容を表示しないという処理をする。

実際の操作としては、ルール内から検索したい目的の項目を選択すると検索処理が実行されることになる。ルール内で選択するアイテムとして、比較式、フレーム、埋め込み指定、次ゴール指定のコマンドが発生する。また、推論起動を選択した時には、さらに下部階層のサブメニューによってコマンドが出される。このことは、これらの処理に対しては、組み込み命令内で使用されているデータが複数の場合が考えられ、この中から対象となる一つを選択する必要が出てくるからである。たとえば、推論起

動命令を選択した場合には、推論起動命令で指定した“ルールセット”を検索するのか、指定した“ルールセット”のゴールとなる事象を検索するのかを、ユーザが任意に指定することになる。また、その場合の式には、複数の一般変数、選択肢、フレーム名、スロット名が登録可能となることから、式を指定した時には、その中からどれを検索するかが操作として必要になる。その後に、検索する項目を選択した段階で次の検索条件指定の操作に移行する。

6. 事象変数の埋め込み指定

① ローカル選択肢の登録

ローカル・データの選択肢(Private)とグローバルデータの選択肢(Public)との違いは、グローバルの場合は複数の埋め込みと関連する事象変数で共有が可能であることに対して、ローカルでは、その事象変数の埋め込みに限定して所属することになり共有されていないことである。従って、1つの埋め込みに登録した選択肢は、対象アイテム以外の埋め込みや事象変数の上では、例外処理として事象変数を全複写しない限り共有使用は不可能ということになる。

② フレームの指定

埋め込み処理にフレーム・グループを登録した場合は、選択肢グループを登録した場合と全く同様に処理プロセスが進行する。すなわち、選択肢グループの場合には、指定されたグループに属する選択肢群が埋め込みに登録されるが、それと同様に、フレーム・グループの時には指定されたフレーム・グループに属するフレーム群のみが登録処理に使用される。しかし、埋め込みにフレームが指定された場合には、グループの場合とは異なり、そのフレームの全てのオブジェクトに対するインスタンス・フレーム、つまり指定されたフレームを直接または間接的にその上位フレームとしているフレームの中で、タイプがインスタンスであるフレームのみがその埋め込みに登録されることになる。選択肢と異なり、フレームは実行時に直接作成処理を行なったり削除したりすることができ、さらにその継承関係も変更することが可能だからである。従って埋め込み処理にフレームを指定することにより、ユーザによる入力処理のメニューや候補推論の対象を実行時に作成または変更することが可能となる。

7. 事象変数のプロパティ(属性)の指定

推論方法については、いくつかの基本タイプが提唱されている。今回採用した「後ろ向き推論」法は、ゴールとなる事象から遡って、その条件を満たすルールや事象を探索する方法である。推論実行時に、一回でもこの事

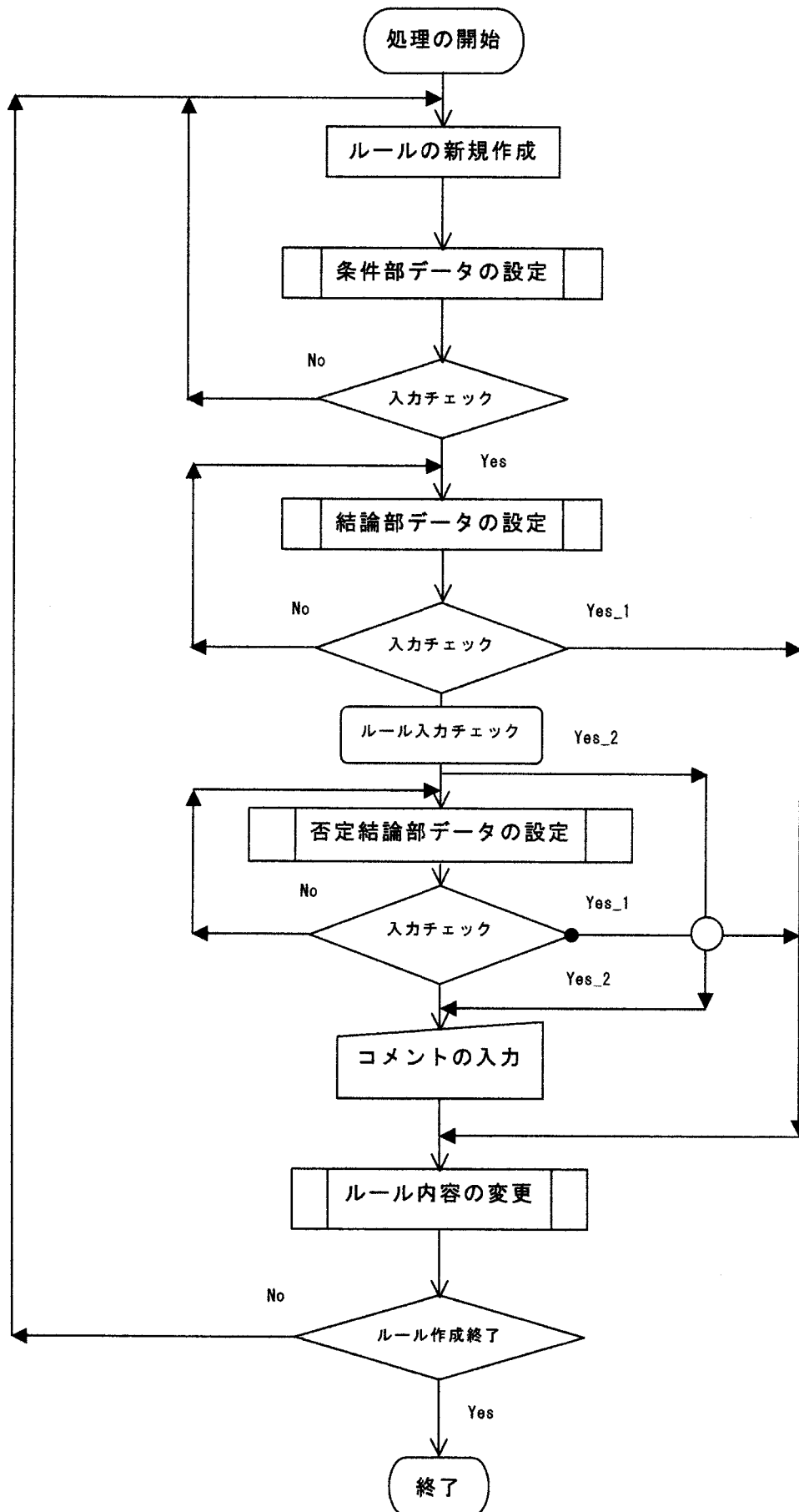


図-3 ルール作成の手順フローチャート

象変数の値（事象データ）が決定されると、既定されているルール内で、この事象変数の初期化あるいはクリア処理が行なわれるまで、この値は維持されることになる。また、今回部分的に適用している「論理型」については、事象の決定方法は“後ろ向き”の場合と類似しているが、その事象変数が必要になる都度に新規の値を設定し直すところが若干異なる。その他に「前向き推論」法などもあるが、現時点ではこの手法を採用しないことにした。

現在製作中のシステムでは、「後ろ向き推論」を主に適用したので、この方式でのプロパティ指定プロセスの概要を次に示す。

まず、推論を実行する最小ユニットを設定する。例として、[重心はセンシングポイントより“つま先”側にある]というように、[*]やルールを含まない事象の値が必要になった時の推論方式を指定することから開始する。変数を指定すると推論実行時に事象変数の埋め込み部分に[*]を当てはめて推論を行なった後、必要な事象の値を調べることにする。たとえば、

[重心はセンシングポイントより[*]側にある]

この場合には、指定された事象だけではなく、[*]に別の選択肢や文字列を当てはめて構成される別の事象が設立するか否かも、同時に推論することになる。この場合の推論方法としては、事象変数の「候補推論」プロパティで決定する方式と[値決定埋め込み]の2種類が考えられる。

「候補推論」の場合には、[重心はセンシングポイントより[*]側にある]のように、事象内に[*]や[* X]を含む場合の推論動作を指定することになる。推論実行時に埋め込みに登録されている選択肢やフレームを候補として[*]に順番に当てはめて事象を作成し、その各々について推論を行なう。選択肢の組み合わせの範囲は、あらかじめ各埋め込みに登録された選択肢、すなわち登録されている選択肢グループに属する選択肢または登録されているローカル選択肢、あるいは登録されたフレーム・グループのフレーム名、または登録されているクラス・フレームとして指示するインスタンス・フレームが処理の対象となる。

8. ルールと他作業の関係

ルールは、事象変数、選択肢、一般変数、フレームを結び付ける役割を持ち、知識ベースを構成する重要な機能である。ルールの新規追加や挿入の場合と既存ルールの変更処理は、根本的にデータの流れが異なってくることになる。(図-3)に示すように、追加または挿入の場合には、一連のルール編集作業が終了するまで一貫した処理の流れとなり、その後通常の変更モードに移行する。既存のルールが表示された状態で追加または挿入を行な

うと、指定された条件部、結論部、否定結論部に対して新たな項目の追加・挿入が可能となる。ここでもし、否定結論部の無いルールに否定結論部を追加する場合は、否定結論部の“もし、そうでなければ～”ルールを新規に作成した後に追加処理を実行する必要がある。

ここで一つ重要なファクタとして結合子優先順位の変更がある。今回、基本的に結合子については、新規にルールを作成しているシーンでは変更処理を受け付けることができないように設計した。また更に、知識ベース中の各ルールに対する配当順位（対応させる順番）や、ルール内の各アイテムの順番も、推論処理に少なからず影響を及ぼすことになる。従って、ルール内のアイテムの配当順位を整理するためにアイテムの移動は慎重に実施する必要がある。

9. まとめ

今回我々が行なったコンピュータ技術担当者としての情報のモデリング作業は、ヒアリングによって知識提供者（専門家あるいは経験者）から取り出したノウハウやスキルあるいはその分野での専門知識（常識あるいは経験則）を整理・集約することであった。ヒアリングを行なって知識提供者から聴き出した断片的知識は、首尾一貫していないことの多い未整理の知識と考えられる。モデリング作業では、これらを集約精査し知識の全体像を描き出す必要がある。今後は、知識モデルをいかに現実世界（リアル）に即した仮想オブジェクト（バーチャル）としてコンピュータ上に設定できるか、が人間の多様な生活環境に対応したエキスパート・システムを開発していく上での最大の焦点になると考えられる。