

ICOT Technical Report: TM-0060

TM-0060

論理型言語 Prolog に基づく知識ベースの 管理について

國藤 進, 北上 始,
宮地泰造, 古川康一

May, 1984

©ICOT, 1984

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

國藤 遼、北上 始、宮地泰造、古川慶一
（（財）新世代コンピュータ技術開発機構）

〔1〕はじめに
第5世代コンピュータシステム・プロジェクトの最終目標は、情報処理システムの知識情報を扱うシステムである。知能が持つ情報は、言語や音声などの表現形式で表現される。技術の発展は、知識の表現と利用技術の進歩によって、知識ベースシステムの研究開発が急速に進展する。知識ベース管理システムは、知識を構造化して管理するための技術である。その技術には、知識ベースの構築、知識ベースの操作、知識ベースの更新などがある。

(2) 知識獲得とメタ推論

本セッションのテーマである「知覚工学」や「認知科学」といった領域では、知覚装置の利用、および知識の獲得といった研究課題に、主導的な関心が集まっている（Kuni 83-1）。このうち最も注目されるのが、その問題解決の困難さ、問題そのもののもつ複雑さの故に、最も遅れている研究課題が知識の獲得に関する研究である。

他方、比亚ジエ心の構造の方では、知識の均化化過程をスムーズに進行する（Hata 7-4-1）。つまり、世界の知識は、外部の知識と内部の知識との間に適応的連絡を保つことで、知識の均化化が実現される。この過程は、知識の内面化と外面化の往復によって構成される。

(3) 知識選択における推論の複雑化

知能抑制・発達の問題に關する研究 第一回
人間の問題 [Kuni 83-1] 番が、(全) その問題の解決に基づくのである。本題出解するに當るが、(全) その問題の解決に基づくのである。本題出解するに當るが、(全) その問題の解決に基づくのである。

更にその上に知識の同化や認節の機能を実現している（Kita 84-1）。知識の均衡化や発想といった高度な機能は、当面、人間と計算機との知的な対話過程の中で吸収することにする。

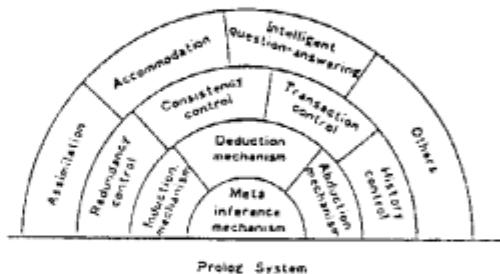


図 1 知識獲得機能の実現方式

(4) メタ措論環境

① demo(World,Goal,Control,Result)

このdemo語は、ある世界Worldにおいて、与えられた制御情報Controlに従って、与えられたゴールGoalを証明していくプロセスを実験的に示し(demonstrate)。その証明のプロセスから必要なメタ情報Resultを抽出する。

の説明のプロセスから必要なステップを省略して結果を抽出する。
上記のdemo述語①に対して、次のような省略した形式
のdemo述語がしばしばある種の応用では有効である。その
理由は、主としてそれらのインプリメンテーションの
容易さとパフォーマンスの向上のためにである。

② demo(World, Goal, Result)

```
    demo(World,Goal).
```

なお対象世界として、逐次型Prologの内部データベース自身を用いる場合は、①～③の第1引数Worldは省略できる。③の第1引数を省略したメタ述語“*demo(Goal)*”が“*Prolog interpreter in Prolog*”であり、マニュアル等で知られている。*demo*述語①～③をアリミティアとするメタ推論方式の応用例として、既に、(a) 知識獲得システムにおける知識同化機構の実現、(b) 知識再構成システムにおいて例外直通を含む知識同化の実現、(c) 知識再構成システムにおける知識調節機構の実現、(d) 逐次型推論マシンと関係データベースマシンのインターフェース構築論理演算の実現、といった研究課題が提起された。

(5) 智能同化模型

規範的知識構造とは、与えられたメタ知識に基づく制約

の範囲内で、外部世界からの入力知識を処理対象としている知識ベースに同化していく機構である。ここに論理データベースシステムの用語法にならって、この種のメタ知識のことを統合性制約と呼ぶ。すると本費構は、更新される知識ベースの一貫性を保持していく機構とみなすことができる。このような一貫性保持のためには、例えば次のような概念の順次チェックと対応する知識ベースの更新が必要である〔Kuni 83-3〕。

- (c1) 入力知識が例外値に基づいて証明可能であるが故に、その知識を同化しない場合。
- (c2) 入力知識が例外値に依存しないで証明可能であるが故に、その知識を同化しない場合。
- (c3) 入力知識を知識ベースに同化すると統合性制約による矛盾を生じるが故に、その知識を同化しない場合。
- (c4) 入力知識を知識ベースに同化すると冗長な知識が派生するので更にその冗長性除去を行なう場合。(冗長性除去はユーザの意図で適用される)
- (c5) 上記のいずれでもなく、入力知識が知識ベースと独立とみなし、それを知識ベースに同化する場合。

〔例 1〕例外値を含む知識同化の実現例

```
/* 多世界知識ベース */
pkb(can_fly(X):-bird(X),
     (cannot_fly(X),!,false(X);
      true)).
pkb(bird(consent)).
pkb(bird(restriction)).
pkb(cannot_fly(restriction)).

/* 知識獲得入出力例 */
:- passiminate([pkb,nkb],can_fly(restriction)).
!; pinput is exception !
yes
:- passiminate([pkb,nkb],can_fly(easier)).
!; pinput is deducible from PEB !
yes
:- passiminate([pkb,nkb],can_fly(bat)).
!; pinput is acquired in PEB !
yes
```

〔6〕知識調節機構

知識調節機構とは、外部世界からのファクト型入力知識に応じて、そのような入力知識を説明するルール型知識（モデル）を、涵納的な推論によって構築していく機構である。本費構は、その最も中核とする部分はShapiro〔Shap 82-1〕のモデル推論アルゴリズム（図2参照）のdeno述語による改良版〔Kita 84-1〕である。〔Kita 84-1〕の版では、統合性制約の導入により否定的知識（メタ知識）の記述力が強まること、反復による仮説保持による再計算の禁止に基づくモデル推論の高速化、等の工夫が施されている。

```
Tを{C}と設定する。
repeat
  つまみ事実を読む。
  repeat
    while 推測子が強くなる do
      示層法アリゴリズムを適用し、Tから反証を導く仮説を取り除く。
    while 推測子が弱くなる do
      先に反証を導いた仮説を洗練したものを、Tに加える。
    until 推測子が強すぎず弱すぎず。
    (読み込まれた事実に閉じる限り)
forever.
```

図2 モデル推論アルゴリズム

モデル推論アルゴリズムを組込んだ知識調節機構の実現例を示す。

〔例 2〕積木の世界におけるabove述語の発見例

f		i
c	e	h
b	d	g

図3 積木の世界の初期配置

:
Next fact(sentence,true/false) or end ? above(i,a),true.
Checking fact(s)...

:
:

Listing of above(X,Y):

(above(X,Y)-on(X,Y)).
(above(X,Y)-on(X,U),above(U,Y)).

〔例3〕自然言語の例文を与えてDCG文法を生成する帰納的推論の例〔Kita 84-1〕

:
:

Next fact(sentence,true/false) or end ? s([hermia,walks],[]),true.
Checking fact(s)...

:
:

Listing of s(X,Y):

(s(X,Y)-n(X,U),vi(U,Y)).
(s(X,Y)-n(X,U),vi(U,W),n(W,Y)).

Checking fact(s)...no error found.

(7) おわりに

本稿ではメタ推論方式を用いて、逐次Prolog上に知識の同化や知識の調節といった知識獲得支援機構を実現できることを示した。

今後の研究課題として、次に述べるようなものがある。

(1) 抽象されたconstraint概念に基づく論理データベースシステムの管理の研究。この研究は、知識表現言語でのdemonの利用法と密接に関連する。

(2) 初等的なReason Maintenance Systemの研究。この研究は、いわゆるBelief System実現の道となる。

(3) 知識プログラミング言語／システム（例えば、Logo、Smalltalk-80、Mandala〔Furu 84-1〕）にふさわしい知識表現力／知識利用力の検討。

〔参考文献〕

〔Furu 84-1〕 古川康一、竹内彰一、黒坂 達、Mandala: A unified system for modular programming and knowledge representation on Concurrent Prolog. 第2回日本大規模並列計算機研究会、「情報の構造化と意味に関する研究」研究集会、1984年2月。

〔Kita 84-1〕 渡辺 寛治、ピアジェの発達心理学、国士社、1974。

〔Kita 84-1〕 Kitakami,E., Kunifushi,S., Miyachi,T., and Furukawa,K., A Methodology for Implementation of A Knowledge Acquisition System. Proc. of the 1984 International Symposium on Logic Programming, Atlantic City, U.S.A., Feb. 6-9, 1984(TR-037).

〔Kita 84-2〕 北上 始、平井秀樹、吉川康一、知識獲得とDCG、情報処理学会第28回全国大会、電気通信大学、1984年3月。

〔Kuni 83-1〕 鶴見 達、問題解決と確立、計算と制御、Vol.22, No.1, 昭和58年1月, pp.153-159.

〔Kuni 83-2〕 鶴見 達、算数基礎、竹内彰一、吉地泰道、北上 始、横田治夫、吉川秀樹、吉川康一、Prologによる対象知識とメタ知識の統合とその応用、情報処理学会知識工学と人工知能研究会資料30-1、1983年6月(TR-009)。

〔Kuni 83-3〕 鶴見 達、吉地泰道、北上 始、吉川康一、知識獲得とメタ知識、情報処理学会第27回全国大会、名古屋六大学、1983年10月(TR-0016)。

〔Kuni 84-1〕 鶴見 達、北上 始、吉地泰道、竹内彰一、横田治夫、吉川康一、論理型言語によるメタ知識とその応用、京都大学管理解析研究所、「情報の構造化と意味に関する研究」研究集会、1984年2月。

〔Miy 84-1〕 Miyachi,T., Kunifushi,S., Kitakami,E., Furukawa,K., Takeuchi,A., and Yokota,H., A Knowledge Assimilation Method for Logic Databases. Proc. of the 1984 International Symposium on Logic Programming, Atlantic City, U.S.A., Feb. 6-9, 1984.

〔Shap 82-1〕 Shapiro,E.Y., Algorithmic Program Debugging, The MIT Press, 1982.