

知識表現システムにおける分類器の実現とそれによる処理性能の向上*

5Q-06

森谷 俊洋 伊藤 貴康†

東北大学大学院情報科学研究科‡

1 はじめに

フレームとプロダクションシステムの機能を備えた高性能高性能知識表現システムの研究が DARPA HPKB (High-Performance Knowledge Bases) プロジェクトに刺激され盛んに行われている¹⁾。代表的なものに、KL-ONE²⁾ ファミリーに属する LOOM³⁾ などがある。筆者等により、KL-ONE ファミリーのシステムの基本機能を備え、知識の制約表現を充実させた知識表現言語 KRS-FZ の処理系が ISLISP の処理系 TISL⁴⁾ を用いて実現されている⁵⁾。KRS-FZ では、多様な知識表現に基づく各種推論を分類器を用いて効率良く実現している。KRS-FZ に実現した分類器の仕様と、分類器の利用による処理性能の向上について報告する。

2 知識表現言語 KRS-FZ の概要

KRS-FZ⁵⁾ は次のような知識表現の機能を備えた言語として実現されている。

- (1) 対象世界のモデルの記述：対象世界の概念や関係の定義には **defconcept**, **defrelation** を用い、概念は事例の属するクラス、関係は概念間の関係で記述し、事例間の関係はロール (role) と呼ばれる。
- (2) 対象世界の事実の主張と撤回：主張には **tellm**, 撤回には **forgetm** を用いる。
- (3) 知識ベースに対する質問と検索：**ask** と **retrieve** を備えたクエリー言語を用いる。
- (4) 対象世界のルールの記述：**defproduction** を用い、プロダクションルールで記述する。
- (5) アクションとメソッドの定義：**defaction**, **defact-method** により定義する。
- (6) 知識の制約表現：ロールに対する修飾子により記述し、確定制約とファジィ制約がある。

以上の機能を実現する KRS-FZ 処理系の構成図を

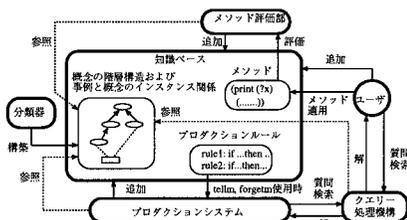


図 1: KRS-FZ 処理系の概要

図 1 に与えた。KRS-FZ 処理系は、知識ベース、プロダクションシステム、クエリー処理機構、メソッド評価部、および、分類器から成る。分類器は多様な推論を効率良く行うのに不可欠な機能である。

3 KRS-FZ における分類器

KRS-FZ 知識表現言語により記述された概念は、概念間の包含関係に基づいた階層構造をなす。分類器は、新たに記述された概念および事例に対して、概念の階層構造を基に以下の処理を行う推論機構である。

- 概念の分類**：概念の階層構造の適切な位置に新たに記述された概念を挿入する。“適切な位置”とは、それが包含する全ての概念が階層の下位に存在し、それを包含する全ての概念が階層の上位に存在する位置である。
- 事例の認識**：概念の階層構造を基に、新たに記述された事例がインスタンス関係を結ぶ概念を導出する。ファジィ制約を導入した KRS-FZ では、事例に対する概念の適合度が、**set-minimum** 構文により設定されるしきい値以上の場合にインスタンス関係が結ばれる。

3.1 分類器の仕様

分類器は新たに記述されたオブジェクトおよび概念の階層構造を入力にとり、概念分類器と事例の認識器から成る。新たに記述されたオブジェクトが概念の場合には概念分類器がその概念を階層構造の適切な位置に挿入し、事例の場合には認識器が階層構造を用いて事例とインスタンス関係を結ぶ概念を導出する。

3.1.1 概念分類器

概念間の包含関係から成る階層構造は、全概念を包含する概念 Thing を上限に持ち、全概念によって包含される概念 Bottom を下限に持つ束をなす。概念分類器は、新たに記述された概念を階層構造の適切な位置に挿入し、挿入後の新たな階層構造を返す。適切な位置は、新たに記述された概念と階層構造の各節点到位置する概念とを包含関係判定器を用いて比較し求める。

3.1.2 包含関係判定器

包含関係判定器は、2 つの概念 C_1, C_2 を入力にとり、双方の概念の **defconcept** 構文による定義内容を参照し、 C_1 が C_2 を包含する場合に真を返す。ただし、全概念を包含する Thing および全概念によって包含される Bottom は、固有の判定規則を設定し実現する。

3.1.3 認識器

認識器は新たに記述された事例とインスタンス関係を結ぶ概念の集合を返す。階層構造の各節点到位置す

*An Implementation of the Classifier in Knowledge Representation System to Improve System Performance.
 †Toshihiro Moriya, Takayasu Ito
 ‡Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

```

classify[obj,h] = if concept[obj] then c-classify[obj,h] else if instance[obj] then i-classify[obj,h]      {objの種類により場合分け}
c-classify[c,h] = insert-sort[c,Thing,NIL,clear-old[c,h]]                                     {Thingを起点に挿入ソート}
insert-sort[c,target,super,h] = if c-equiv[c,target,equivs[h]] then insert-equivs[c,target,super,h]   {Cnew = Ctarget}
else if subsume[c,target,equivs[h]] then insert-corners[c,target,super,h]                 {Cnew ⊇ Ctarget}
else if subsume[target,c,equivs[h]]                                                       {Ctarget ⊇ Cnew}
then map-insert-sort[c,expand[target,covers[h]],target,insert-corners[target,c,super,h]]
else map-insert-sort[c,expand[target,covers[h]],NIL,h]                                     {CnewとCtargetには包含関係未成立}
subsume[c1,c2,c-equivs] = or[eq[c1,Thing], eq[c2,Bottom],                                {Thing, Bottom固有の判定規則}
indicate[feature[c2],c1,c-equivs], {c2の定義内容に、c2がc1によって包含されることが明示されている場合}
check[feature[c1],feature[c2],c-equivs] {c1の定義内容がc2の定義内容を暗黙に包含する場合}
i-classify[i,h] = recognize[told-concepts[i],told-roles[i],h]                             {属することが主張された概念およびロールを基に認識処理を行う}
recognize[told-pairs,told-R,h] = add-eq[search[belong-c[told-pairs,h],                    {主張された概念からインスタンス関係を結ぶ概念を検出}
belong-r[told-R, belong-c[told-pairs,h]], {インスタンス関係を結ぶ概念が持つロールの継承}
told-pairs,list[Bottom],h], {充足される定義内容をもつ概念を、hを探索することにより検出}
equivs[h]] {hの探索終了後、同値関係にある概念を追加}

```

図 2: KRS-FZにおける分類器 **classify** の仕様

る概念の適合度を算出し、しきい値と比較し実現する。

3.2 分類器の実現

図 2 に KRS-FZ で実現されている分類器 **classify** の仕様のトップレベルの部分の記述を与えた。 **classify** は新たなオブジェクト **obj** および概念の階層構造 **h** を引数にとり、 **obj** が概念の場合は概念分類器 **c-classify** が起動し、事例の場合は認識器 **i-classify** が起動する。 **h** は概念間の被覆関係および同値関係の 2 つの部分から成るリストによって表現される。 **c-classify** は、 **clear-old** により **h** から新たに記述された概念 **c** を削除後、階層構造の各節点に位置する概念と **c** を包含関係判定器 **subsume** を用いて比較し、その結果に基づき **c** を挿入する。 **subsume** は、比較対象の 2 つの概念 **c₁**, **c₂** の他、階層構造における同値関係の部分 **c-equivs** を引数にとり、 **Thing**, **Bottom** 固有の判定規則および **c₁**, **c₂** の定義内容の比較に基づき真偽値を返す。 **i-classify** は事例 **i** および階層構造 **h** を引数にとり、 **tellm** 構文により **i** が属すると主張された概念およびロールを基に、インスタンス関係を結ぶ概念の認識 **recognize** を行う。 **recognize** では、 **i** が属すると主張された概念およびロールによって充足される定義内容をもつ概念の探索 **search** が主な処理となる。

3.3 分類器による推論機能の性能向上

KRS-FZ は、分類器による階層構造およびインスタンス関係の導出以外に、以下の推論機能を提供する。

- (1) クエリー処理: 知識ベースに対する質問と検索への解の導出であり、クエリー処理機構が導出処理を行う。
- (2) ルールマッチング: プロダクションルールの条件部と事例の適合検査、条件部が最も詳細なルールを選択する競合解消、行動部適用の順にプロダクションシステムが処理する。
- (3) メソッド適用: 引数と条件部の適合検査・実行メソッド選択・応答部適用の順にメソッド評価部が行う。

(2) と (3) の条件部適合検査は、(1) のクエリー処理に帰着できる。また、クエリー処理と (2) の競合解消は、包含関係およびインスタンス識別の問題に帰着でき、分類器の演繹結果を参照し実現している。(1), (2), (3) の各推論は、分類器の演繹結果の参照のみで処理

のほとんどが実現される。また、分類器は、(1), (2), (3) の各推論が行われる時点において新たに記述された概念あるいは事例が存在する場合のみ起動する。これにより、システム全体の推論効率が向上している。

4 実験評価

分類器の利用による性能向上を調べる例として、電子メール送受信シミュレータを用いた。これは KL-ONE の例²⁾を拡張し、KRS-FZ の機能を用いて記述したもので、メールの大量保持者に警告を与えるデーモンをファジィ制約およびプロダクションルールを用いて実現している。表 1 に、大量保持者となる個数である 5 通のメールを全ユーザに一齐に送信してから、各ユーザに警告が与えられるまでの PC 上での実行時間を示した。分類器の使用時には未使用時よりも 3 倍以上高

表 1: メール送受信シミュレータを用いた実験結果

ユーザ数	分類器使用	分類器の処理時間	分類器未使用
5	5.1	[4.6]	15.3
10	15.9	[14.5]	58.3
15	34.3	[31.7]	128

実行時間 [sec]

実験環境: CPU:PentiumIII 500MHz, Memory:64MB,
OS:Windows2000

速になっている。また、分類器使用の場合、分類器の処理時間が全実行時間の約 9 割を占めており、分類器の改良がシステム全体の効率向上に直結する。

5 おわりに

知識表現システム KRS-FZ における分類器の実現とそれによる性能向上について報告した。KRS-FZ システムにおける各種推論は分類器の利用によって効率的に実行される。KRS-FZ の分類器の改良による更なる高速化および分類器の理論的性質の研究を進めている。

参考文献

- 1) G. Tecuci, et al. An Innovative Application from the DARPA Knowledge Bases Program: Rapid Development of a Course of Action Critiquer, *A.I. Magazine*, pp. 43-61, 2001.
- 2) R. J. Brachman and J. G. Schmolze. An Overview of the KL-ONE Knowledge Representation System. *Cognitive Science*, Vol. 9, No. 4, pp. 40-62, 1985.
- 3) R. M. MacGregor. Inside the LOOM Description Classifier. *SIGART Bulletin*, Vol. 2, No. 3, pp. 88-92, 1991.
- 4) 泉信人, 伊藤貴康. TISL ISO 標準 Lisp 言語 ISLISP 処理系. <http://www.ito.ecei.tohoku.ac.jp/TISL/>
- 5) 森谷俊洋, 伊藤貴康. ファジィ制約を備えた知識表現システム KRS-FZ とその ISLISP による実現. 日本ソフトウェア科学会第 18 回大会論文集, 2001.

[註]Pentium は Intel Corp. の登録商標である。Windows は Microsoft Corp. の登録商標である。