

言葉をベースとした拡張型述語知識の推論処理法

An Inference Method for a Knowledge Representation Scheme Using Ordinary Words

北野 正樹 石川 勉
Masaki Kitano Tsutomu Ishikawa

拓殖大学 工学部 情報工学科
Department of Computer Science, Takushoku University

We have proposed a knowledge representation scheme WPL and an inference method for it. WPL is an extended predicate logic using ordinary words as predicate symbols and terms. Knowledge-base represented by WPL are converted to order-sorted logic format and resolution principle is basically used as inference scheme, in which inference rules proposed by Beierle et al. are extended for dealing with noun phrase as sort symbol. In this article, we propose a more enhanced inference method which can deal with complex sorts including variables in addition to noun phrase.

1. はじめに

我々は、“言葉を理解し、言葉で考え、言葉で答える” コンピュータの実現を目指し研究を進めている [1]。このコンピュータの一つの核となる言葉ベースの知識表現法 WPL (Words-based extended Predicate Logic) とその推論法についてはすでに提案してきている [2]。WPL は、言葉をベースとした一階述語論理の拡張であり、これを用いて表現された知識ベースは順序ソート論理の考え方に基づき推論処理される。推論では、C.Beierle 等によって提案されている推論規則 [3] を名詞句等の複合概念をソートとして扱えるよう拡張して用いる。本報告では、ソートとして用いられる複合概念の中にさらに変数が含まれる場合にも対処可能となるよう前記推論法を拡張する。

2. WPL の概要と推論の考え方

2.1 WPL

WPL は、その知識構成要素をすべて言葉 (概念) とする知識表現法であり、単文、複文とも一つの文は一つの述語式で表される。述語式の述語部はその文の述部であり、引数はその述部に対する深層格が用いられる。それら述語部や引数部に用いられる概念としては、単語だけでなく名詞句や節を伴った概念 (節付概念) も許容される。例えば、“本庁の刑事は犯人が隠れている家を探している” という文は “探す (本庁の刑事, [家]{隠れる (犯人, #)})” のように表現される。ここで、# は “家” が “隠れる” に対して格関係にあることを示す識別子である。なお、実際は引数にはラベルが付加されるが、ここでは記述の簡略化のため省略する。WPL の詳細については文献 [2] を参照されたい。

2.2 推論の考え方

推論処理では、WPL で表された知識は順序ソート論理で扱えるよう変換され用いられる。具体的には、述語式は以下のように概念 (複合概念) G を用いて表される。

述語式: $L =$ 述語部 (引数₁, 引数₂, ..., 引数_n)

述語: 概念 G

引数: x or c : 概念 G

ここで、引数の概念はソートとして機能する。また、概念 G は以下のように、複数の単位概念 g から構成され、 g は単語あるいは節を伴った概念 (節付概念) である。単位概念 g の指示対

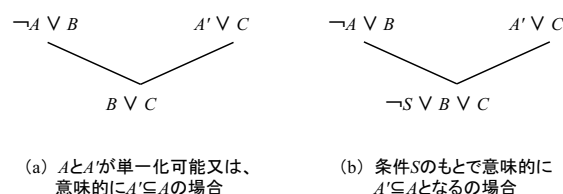
象は、一般概念あるいは特定固体を示す概念 (その概念をソートとする変数または定数あるいは固有名詞) である。

概念 (複合概念): $G = g_1 g_2 \cdots g_n$

g_i : 単語 (形態素) w or 節付概念 $G\{L\}$

$$g(\text{構造}) \begin{cases} w \\ G\{L\} \end{cases} \quad g(\text{指示対象}) \begin{cases} \text{一般概念 } w \\ x \text{ or } c: w \\ \text{固有名詞 } w: T \end{cases}$$

推論処理は、図 1 に示すような導出処理を用いる。この基本的な考え方は、ある条件が成立すれば推論を進められる場合、その条件を導出節に付加して推論を進めるというものである (図 1(b))。この条件節を SL 節と呼ぶ。導出時の具体的な推論規則は、文献 [3] の 3 つの規則を、前記の概念構造を扱えるよう拡張して用いる。具体的には、SL 節の生成を次章で示すように改良すると共に、述語部が同一である述語式間での導出規則 “EOS resolution rule(EOS)”, 述語部が共にソート述語である場合の導出規則 “Subsort resolution(SUBS)”, 代入処理の結果を消去する規則 “Elimination rule(ER)” を 4 章で示すように拡張して用いる。



(a) A と A' が単一化可能又は、意味的に $A' \subseteq A$ の場合
(b) 条件 S のもとで意味的に $A' \subseteq A$ となる場合

図 1: 推論処理の基本的な考え方

3. SL 節の生成法

文献 [3] では代入結果のソートが代入される側のソートのサブソート (下位概念) でない場合に SL 節を生成している。しかし、SL 節は推論処理上は処理の繰り延べ部分と言えるものであり、これをむやみに生成して推論を進めることは探索空間の爆発につながる。ソート間が明確に排他的関係にある場合は、その間での代入は不適切な代入である。排他関係とは、“赤い”と“青い”のように両ソートが共通の要素を持ち得ない関係である。従って、これを除外した以下のような SL 節の生成規則を用い推論の効率化を図る。

$$SL(\sigma) = \wedge \{S_i(\sigma(x)) \mid S_r \not\subseteq S_i, S_i \cap S_r \neq \phi,$$

$$\text{where } S_i = \text{sort}(x), S_r = \text{sort}(\sigma(x))\} \quad (1)$$

ここで、 $S_r \not\subseteq S_i$ は S_r が S_i のサブソートでないことを表す。また $\text{sort}(x)$ は代入されるソート、 $\text{sort}(\sigma(x))$ は代入結果のソー

連絡先: 拓殖大学 工学部 情報工学科

〒 193-0985 東京都八王子市館町 815-1

E-mail: y5m305@st.takushoku-u.ac.jp

トであり, $S_i \cap S_r \neq \phi$ はソート S_i と S_r が排他関係でないことを示す.

4. 推論規則の拡張と適用法

(1) EOS

EOS は, “ $L_1, L_2 \neq$ ソート述語” の場合の推論規則である. σ を引数部間における代入とすると EOS は以下の式で表せる.

$$\frac{\neg L_1 \vee A, L_2 \vee B}{\sigma(A \vee B) \vee \neg SL(\sigma)} \quad (2)$$

この規則の適用は, $L_1 = L(x:S_1(y)), L_2 = L(c_1:S_2(c_2))$ とすると, 次のように行う.

- ① 引数部の変数への定数の代入 ($\sigma : x = c_1$) を行う.
- ② $S_2(c_2) \subseteq S_1(y)$ ならば $SL(\sigma)$ は生じない.
- ③ $S_2(c_2) \not\subseteq S_1(y)$ かつ $S_2(c_2) \cap S_1(y) \neq \phi$ なら $SL(\sigma) = [S_1(y)](c_1)$ を生成する.
- ④ ②,③以外のときは導出を行わない.

この EOS では導出過程は 3 通りとなり, 以下にその例を示す.

- “ \neg 賢い ($x:(y:外国)$ の医者)” と “賢い ($c_1:米国の医者$)”
代入: $x = c_1$ SL 節: $[(y:外国) \text{ の医者}](c_1)$
- “ \neg 賢い ($x:外国の専門家$)” と “賢い ($c_1:西洋の医者$)”
代入: $x = c_1$ SL 節: なし
- “ \neg 賢い ($x:貧しい医者$)” と “賢い ($c_1:豊かな医者$)”
導出は行わない

(2) SUBS

SUBS は, 引数部間における代入を σ , 述語部間における代入を σ_p とし, 以下のように拡張する.

$$\frac{\neg S_1(t_1) \vee A, S_2(t_2) \vee B}{\sigma\sigma_p(A \vee B) \vee \neg SL(\sigma\sigma_p) \vee \neg SLp(\sigma_p)} \quad (3)$$

この適用は, $S_1(t_1) = [S_{11}(x)](y:S_{12}), S_2(t_2) = [S_{21}(c_1)](c_2:S_{22})$ とし, 次のように行う.

- ① 述語部のソート間での代入 ($\sigma_p : x = c_1$) を行う.
- ② SLp 節 (5 章) を生成する.
- ③ σ_p を S_{11}, S_{21} 自体に適用する.
- ④ 引数部間での代入 ($\sigma : y = c_2$) を行う.
- ⑤ EOS の②~④と同様に SL 節 ($S_{12}(c_2)$) を生成する.

例えば, “ $S_1=(x:外国)$ の政治家 ($y:(x:外国)$ の賢者)” と “ $S_2=$ 米国の議員 ($c:米国の青年$)” の場合, 以下のようになる.

- ① 代入 $\sigma_p : x = 米国$
- ② SLp 節: 外国 (米国)
- ③ ($x : 外国$) の賢者 \rightarrow 米国の賢者
- ④ 代入 $\sigma : y = c$
- ⑤ SL 節: 米国の賢者 ($c : 米国の青年$)

(3) ER

ER は, 引数部における代入を σ , 述語部と引数部のソート間における代入を σ_p とし, 以下のように拡張する.

$$\frac{\neg S(t) \vee A}{\sigma\sigma_p(A) \vee \neg SL(\sigma\sigma_p) \vee \neg SLp(\sigma_p)} \quad (4)$$

この適用は, $S(t) = [S_1(x, c_1)](y:S_t(c_2, z))$ とし, 次のように行う.

- ① 述語部と引数部間での代入 ($\sigma_p : x = c_2, z = c_1$) を行う.
- ② SLp 節 (5 章) を生成する.
- ③ σ_p を S_1, S_t 自体に適用する.
- ④ 代入可能な定数 “ c_3 ” を “ y ” に代入 ($\sigma : y = c_3$) する.

- ⑤ EOS の②~④と同様に SL 節 ($[S_t(c_2, c_1)](c_3)$) を生成する.

例えば, “ $S(t) = (x:外国)$ の会社の重役 (太郎:米国の IBM の専務)” の場合, 以下のようになる.

- ① 代入 $\sigma_p : x = 米国$ を行う.
- ② SLp 節: 外国 (米国), 会社 (IBM)
- ③ ($x:外国$) の会社の重役 \rightarrow 米国の会社の重役
- ④ 代入 σ : なし
- ⑤ SL 節: なし

5. SLp 節の生成法

基本的な考え方は文献 [2] と同様であるが, “一般概念と固有名詞間” だけでなく “特定固体を表す変数と定数 (固有名詞も含む) 間” でも SLp 節を生成する. SLp 節は SUBS では述語部のソート間において, ER では述語部と引数部のソート間において生成される. 具体的には,

$$\begin{aligned} G_b &= g_{a_1} g_{a_2} \cdots g_{a_n} : \text{SUBS の肯定側, ER の引数側} \\ G_b &= g_{b_1} g_{b_2} \cdots g_{b_n} : \text{SUBS の否定側, ER の述語部側} \end{aligned}$$

に対して以下のように生成する.

[SLp 節の生成条件]

次の条件がすべて成立する場合に生成する.

- ① 両ソート G_a, G_b の概念 g の中に逆概念が含まれない.
- ② 位置が同一で対応する概念 g が以下の場合に生成
 - SUBS では否定側, ER では述語部側が一般概念で, 他方が変数, 定数, 固有名詞
 - 一方が変数で他方が定数, 固有名詞
- ③ ②以外の部分については, 概念構造が同一で対応する概念 g の間に以下の関係が成立
 - SUBS の場合: 肯定側の概念 $g \subseteq$ 否定側の概念 g
 - ER の場合: 引数側の概念 $g \subseteq$ 述語部側の概念 g

ここで, 逆概念とは “~以外” のような他の概念に付随して用いられたときに, 全体として元の概念の意味範囲の大小関係を維持できないような概念である. また, “大きい” のような基準が特定できない形容詞も含まれる.

[SLp 節]

$$SLp \text{ 節} = \wedge \{ g_{b_i}(c_{a_i} \text{ or } x_{a_i} \text{ or 固有名詞 } (g_{a_i})), g_{b_j}(c_{a_j}), g_{a_k}(c_{b_k}) \} \quad (5)$$

ここで, 最初の項は G_b 側が一般概念で G_a 側が特定固体の場合, 第 2, 第 3 項は一方が特定固体の変数で, 他方が定数, 固有名詞の場合に生成される部分である.

6. まとめ

言葉ベースの知識表現法 WPL において, ソートとして用いられる複合概念の中に変数を含むことを可能にした推論方法を提案した. 具体的には, 文献 [3] の拡張型順序ソート論理における推論規則を拡張し, その適用方法および推論過程で生成される繰り延べ節 (SL 節, SLp 節) の生成法について示した.

参考文献

- [1] 石川勉:言葉で考えるコンピュータの実現に向けて, 人工知能学会第 17 回全国大会, 3C1-04 (2003)
- [2] 北野正樹, 石川勉:言葉をベースとした述語形式の知識表現法と順序ソート論理によるその推論処理法, 人工知能学会ことば工学研究会資料, SIG-LSE-A503-8, pp.43-52(2006)
- [3] C. Beierle, U. Hedtstück, U. Pletat, P.H. Schmitt, J. Siekmann: An order-sorted logic for knowledge representation systems Artificial Intelligence, Vol.55, pp-149-191(1992)