

## 言葉ベースで表現された述語知識の推論処理法

A Resolution Scheme for the Extended Predicate Logic Represented  
by Words and Noun Phrase北野 正樹†  
Masaki Kitano石川 勉‡  
Tsutomu Ishikawa

## 1 はじめに

我々は、ロボットの脳への応用を意識した“言葉を理解し、言葉で考え、言葉で答える”コンピュータ [1] の実現を目指して研究を進めている。このコンピュータでは、述語部や引数部に概念をそのまま用いる、言葉をベースとした拡張型述語論理形式 [2] の知識表現法を想定している。

本報告では、この形式で表現された知識に対する推論処理法について提案する。具体的には、従来の順序ソート論理を拡張し、導出時に単語や名詞句で表された概念の意味的な包含関係をチェックし、導出節を求める処理法を提案する。

## 2 想定する知識表現形式

拡張型述語論理形式は、既存の自然言語処理ツールを用い自然文から容易に変換可能な形式として設定した言葉ベースの知識表現形式であり、最大の特徴は素式の引数に概念をとることを許容していることである。すなわち、本形式では素式は基本的には述語部とラベル付きの引数部から以下のように表現され、引数部には従来の一階述語論理における固体を表す変数や定数の他に概念自体がとれる。

$$P(l_1 : t_1, l_2 : t_2, \dots, l_n : t_n)$$

ここで、 $P$  は述語、 $l_i$  はラベル、 $t_i$  は引数を表す。

従って、例えば“太郎は、車を運転する”という文は、一階述語論理では“運転する(太郎,  $x$ )  $\wedge$  車( $x$ )”と表現されるが、本形式では、一つの素式で“運転する( $agt$ : 太郎,  $obj$ : 車)”と表す。

さらに本表現法では、述語部や引数部の概念には単語だけでなく名詞句を用いることも許容する。この名詞句は、基本的には“～の～”のように名詞と助詞の繰り返し(実際は連体節を含まないすべての形式も含む)で構成される。例えば、“名古屋城の金のシャチホコは日本の宝です”という文は“日本の宝( $inst$ : 名古屋城の金のシャチホコ)”と表現する。

また、複数の素式よりなる知識において、その概念が同一の個体を示すならば同一の識別子を振り、異なる個体を示すならば異なる識別子を振る。以下に例を示す。

経営する( $agt$ : 事業家 1,  $obj$ : 会社 1)  
 $\wedge$  経営する( $agt$ : 事業家 2,  $obj$ : 会社 1)  
 $\rightarrow$  共同経営者( $inst$ : 事業家 1,  $inst$ : 事業家 2)

本知識表現形式の詳細は文献 [2] を参照されたい。また、自然文から本表現法への変換については文献 [3] を参照されたい。なお、本稿ではこれ以降ラベルは省略する。

## 3 推論処理法

推論方式は、後ろ向き推論のSLD法をベースとする。すなわち、推論は素式間の照合を核とする導出処理の繰り返しにより行なわれる。具体的には、2つの節  $\neg A \vee B$  と  $A' \vee C$  から、 $A$  と  $A'$  が単一化可能あるいは  $A$  が  $A'$  を意味的に包含するなら導出節  $B \vee C$  を導く。以下、この処理における概念の扱い方、具体的な処理法について述べる。

## 3.1 照合処理における概念の扱い方

概念を引数とする素式は、概念を順序ソート論理におけるソート付き変数や定数で表された固体と見なして扱う。順序ソート論理では、ソート  $s$  の個体  $t$  は、 $t : s$  のように表され、ソート間に上位下位の階層関係(ソート階層)が導入されている。例えば、“会社”と“組織”をソートとみなした場合、ソート階層では後者が前者の上位となる。このソート階層において最上位のソートはトップソートと呼ばれる。

具体的な引数中の概念の扱い方については、それを含む知識(素式)を問題知識と事実知識に分けて考える。問題知識は抽象的な事物を表し、事実知識はより具体的な事物を表すことが多いという特徴から、原則的に問題知識における概念は変数、事実知識における概念は定数により表された固体として扱う。例えば、“(ある)犬が走る”という文は、本表現法では“ある”の有無にかかわらず“走る(犬)”と表されるが、推論処理においてはそれぞれ以下のように扱うこととする。

問題知識: 走る( $x$ : 犬)

事実知識: 走る( $c$ : 犬)

ただし、事実知識でも文の概念レベル [4] が前記の例のような現象レベルでない場合(同文献では事態命名レベルと呼ばれている)には、変数により表された固体として扱う。例えば“太郎は犬が好きです”という事実知識(好き(太郎, 犬))は、「犬全般が好き」ということを意味し、「特定の犬が好き」ということを意味しているのではないので“好き(太郎:  $T$ ,  $x$ : 犬)”として扱う。なお、ここで“太郎”のような固有名詞のソートはトップソートとして扱う。

また、知識中に同じ概念が使われている場合には、それらを識別して扱う。例えば、2章の例で示した知識は以下のように扱う。

経営する( $x_1$ : 事業家,  $y_1$ : 会社)  
 $\wedge$  経営する( $x_2$ : 事業家,  $y_1$ : 会社)  
 $\rightarrow$  共同経営者( $x_1$ : 事業家,  $x_2$ : 事業家)

† 拓殖大学大学院工学研究科電子情報工学専攻

‡ 拓殖大学工学部情報工学科

3.2 具体的な照合処理法

照合処理の中核は単一化であり、引数に概念が用いられている場合は、まずその代入におけるソートの上位下位の判定を行う。例えば、 $\neg P(c : s_1)$  と  $P(x : s_2)$  の照合においては、代入する側のソート ( $s_1$ ) と代入される側のソート ( $s_2$ ) を比較し、 $s_2$  が  $s_1$  の上位ならば ( $s_1 \subseteq s_2$ ) 空節を導く。例えば、“ $\neg$ 賢い ( $c : 医者$ )” と “賢い ( $x : 専門家$ )” の照合では、“ $医者 \subseteq 専門家$ ” であるので空節が導かれる。

逆に、代入する側のソート ( $s_1$ ) と代入される側のソート ( $s_2$ ) の関係が ( $s_1 \not\subseteq s_2$ ) の場合には、C.Beierle 等によって提案されている拡張型順序ソート論理 [5] の “EOS resolution(以下 EOS)” を用いる。EOS は以下のように定義される。

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

ここで  $\sigma$  は単一化における代入である。また SL 項は、 $x$  に代入される要素のソートが  $x$  のソートより下位でないときに、その代入した要素を引数に、 $x$  のソートを述語部にした素式であり、以下のように定義される。

$$SL(\sigma) = \wedge \{S_i(\sigma(x)) \mid sort(\sigma(x)) \not\subseteq sort(x), S_i = sort(x)\}$$

例えば、“ $\neg$ 賢い ( $c : 専門家$ )” と “賢い ( $x : 医者$ )” との照合では、 $専門家 \not\subseteq 医者$  であるので、SL 項 “ $医者(c : 専門家)$ ” が生成される。

また、述語部がソートの素式 (ソート述語) の照合においては、さらにその述語のソートの上位下位の判定を行う。具体的には  $\neg s_{p1}(c : s_1)$  と  $s_{p2}(x : s_2)$  の照合においては、否定側のソート ( $s_{p1}$ ) と肯定側のソート ( $s_{p2}$ ) を比較し、 $s_{p1}$  が  $s_{p2}$  の上位ならば ( $s_{p1} \supseteq s_{p2}$ ) 空節を導く。例えば、“ $\neg$ 賢者 ( $c : 医者$ )” と “天才 ( $x : 専門家$ )” の照合では、“ $賢者 \supseteq 天才$ ” であるので空節が導かれる。

この場合も、引数部において代入する側のソート ( $s_1$ ) と代入される側のソート ( $s_2$ ) の関係が ( $s_1 \not\subseteq s_2$ ) の場合には、文献 [5] の “Subsort resolution(以下 SR)” を用いる。SR は以下のように定義される。

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

SL 項は先ほどと同様に生成される。例えば、“ $\neg$ 賢者 ( $c : 専門家$ )” と “天才 ( $x : 医者$ )” の照合では、“ $専門家 \not\subseteq 医者$ ” なので、SL 項として “ $医者(c : 専門家)$ ” が生成される。

なお、ソートの上位下位の判定は、概念の意味的な包含関係の判定であり、単語 (概念) を階層的に整理したシソーラス情報を用いる。

4 名詞句を用いた素式の照合処理

2つの名詞句において、それらを構成するすべての概念間の上位下位を判定し、その関係が1方向ならそれらに意味的な包含関係があるとする。例えば、“会社の社長” と “組織の長” では、“ $会社 \subseteq 組織$ ”、“ $社長 \subseteq 長$ ” なので後者が前者を意味的に包含することとなる。この判定は、名詞、助詞の数 (順番も含め) が一致した名詞句間のみで行う。

この判定において、一方の名詞句に固有名詞が含まれている場合には、前章に述べた SL 項と類似した繰り延

べ項 (SL<sub>p</sub> 項) を生成する必要がある。例えば、“ $\neg$ 会社の所有物 ( $x : 建物$ )” と “日芝の資産 ( $c : ビル$ )” の照合では、“ $所有物 \supseteq 資産$ ” であるが “会社” と “日芝” の関係は特定できない。従って、繰り延べ項として “ $\neg$ 会社 (日芝 : T)” 生成し、後の照合処理で事実知識中にこの肯定側の知識が在るか否かをチェックし、在れば先の照合が成立することとする。この SL<sub>p</sub> 項は先の SR, EOS の SL 項に付加され、以下のように一般的に表される。

$$SL_p = \wedge K_i(c_i)$$

ここで、 $K_i$  は、名詞句を構成する位置  $i$  の概念、 $c_i$  は  $K_i$  と比較される位置  $i$  の固有名詞である。

5 推論例

これまで示してきた照合法による推論処理の流れの例を以下に示す。同図に示すように、言葉ベースで表現された知識が直接使われ推論が行われる。

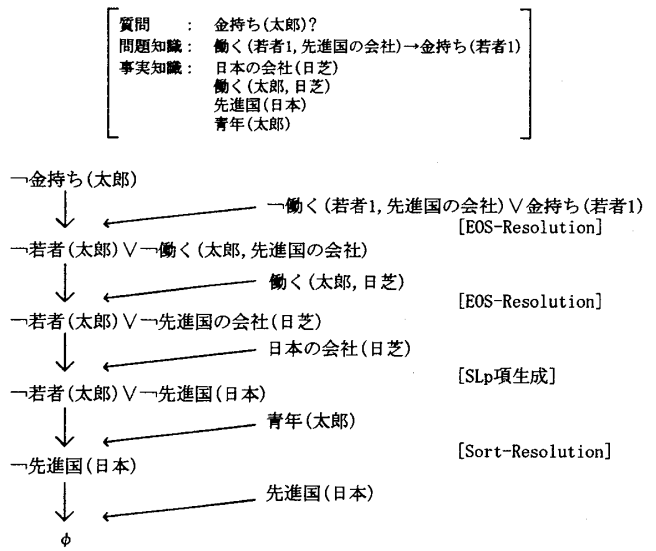


図 1: 推論処理の流れ

6 まとめ

本報告では、述語部や引数部に概念をそのまま用いる、言葉をベースとした拡張型述語論理形式の知識に対する推論処理法について提案した。本手法は、推論の核である照合処理において、引数部の概念 (単語だけでなく名詞句を含む) をソート付きの固体として扱えるよう従来の順序ソート論理を拡張したものである。今後は、この方式の実装を進める予定である。

参考文献

- [1] 石川 勉: “言葉で考えるコンピュータの実現にむけて”, 人工知能学会論文誌 (第 17 回) 論文集, 3C1-04(2004)
- [2] 石川 勉, 佐々木 智彦, 佐藤 雅彦: “言葉をベースとする拡張型述語論理形式の知識表現法”, 第 16 回ことば工学会研究会資料 P25~32 (2004)
- [3] 佐々木 智彦, 石川 勉: “連結定数で結合された素式群による複文の述語知識表現法とそれへの変換法”, FIT2004 情報科学技術フォーラム, E-017
- [4] 増岡 隆志: “新日本語文法選書 2 複文”, くろしお出版
- [5] C. Beierle, U. Hedtstück, U. Pletat, P.H. Schmitt and J. Siekmann: “An order-sorted logic for knowledge representation systems”, Artificial Intelligence, Vol.55, pp-149-191(1992)