

名詞と文の階層関係を土台とする 自然言語の意味記述体系とその推論法に関する研究

結城隼人 西原典孝 横山晶一

山形大学大学院理工学研究科

1. はじめに

自然言語は柔軟でかつ優れた知識処理能力を持つ一種の記号体系であるが、これを計算機で扱うには何らかの形式化が必要である。自然言語的な知識表現とそれに伴う推論を、形式的な枠組みの中で扱おうとするこれまでの研究には、大別すると論理系と非論理系がある^[1]。

論理系は集合論や代数系を土台にした「意味」の数学的定義を行う厳密な数学的形式体系である。論理系の代表としては述語論理が挙げられる。述語論理は全ての概念の関係を個体集合上の関係にまで分解して意味を記述する。しかし任意に限量を組み合わせたなどの自然言語に無い表現も可能で、能力余剰な部分があると言える。さらに、高階述語論理上の推論はゲーデルの不完全性定理^[2]によって計算機で扱えないことが証明されている。よって計算機処理を前提とした述語論理の知識表現能力は自然言語を扱うには不適切な側面も持つ。

一方非論理系は柔軟性を持った知識表現が可能であるが厳密性に欠ける。非論理系の代表としては意味ネットワーク^[3]が挙げられるが、意味論や推論手続きの厳密な定義が無く、自然言語の形式的意味解析の枠組みとして用いるのには十分であるとはいえない。

以上のように論理系、非論理系のどちらも計算機で自然言語を扱うには不十分な点があり、より自然言語の意味記述法に対応した新たな形式的枠組みを考えることが必要だと考える。

自然言語は基本的には単語の入れ替えのみで推論を行うように見える。また例えば“こと類化”のように任意の文を名詞化することが可能で、いわば文概念(命題)を名詞概念と同等に取り扱える。

そこで本研究では、名詞の階層関係を構築し、それを土台として文の階層関係を構築して、推論の実行を入れ替え規則のみで行うことが可能な形式体系SHを構築する。また本体系の応用として、文を補語に持つような高階的表現と一意限量子“ヨ!”^[4]の導入を検討する。

2. 体系SHの知識表現法の概略

本体系の知識表現法は、大きく分けて名詞と文

A Formal Semantic Description System of Natural Language
Based on Hierarchical Relations of Nouns and Sentences
Hayato Yuuki, Noritaka Nishihara, Shoichi Yokoyama
Faculty of Engineering, Yamagata University, Yonezawa-shi,
992-8510 Japan

の階層からなる“階層関係”，命題や固有な知識を表す“表明”からなる。

2.1. 基本階層

基本階層は一般名詞と固有名詞からなる階層である。接点とリンクで構成されており各接点には名詞と個有名詞が入る。言語学的にはシソーラス

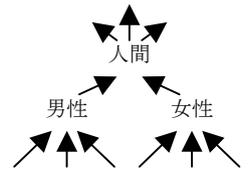


図1. 基本階層

と呼ばれているものに対応する。

“ $n \rightarrow m$ ”のとき n を下位概念， m を上位概念とする。直感的には n が表す概念が， m が表す概念に包含されることを表す。

基本階層は本体系では以下のような2項関係の集合で表される。

Ex1. 男性 < 人間 花子 < 女子大生

本体系ではシソーラスに該当する基本階層はあらかじめ与えられているとする。

2.2. 名詞オブジェクト階層

名詞オブジェクト

とは修飾句付きの複合名詞である。基本階層は単独の普通名詞と個有名詞の階層関係であったが、名詞オブジェクト階層

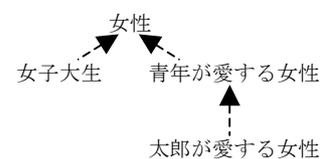


図2. 名詞オブジェクト階層

はいわば名詞句間の階層関係である。名詞句の表現法については後述する。

名詞オブジェクト階層は本体系では以下のような2項関係の集合で表される。

Ex2. 太郎が愛する男性 \square 青年が愛する男性

2.3. 限量化オブジェクト階層

限量化オブジェクトとは名詞オブジェクトに限量表現がついた名詞句に相当するものである。限量化オブジェクト階層は限量子が付いた名詞句間の階層関係である。

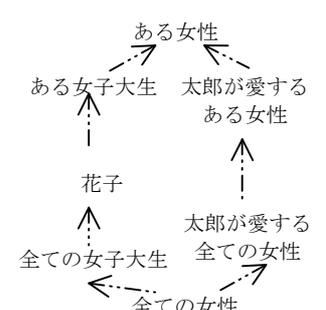


図3. 限量化オブジェクト階層

限量化オブジェク

ト階層は本体系では以下のような 2 項関係の集合で表される。

Ex3. \forall 女性 \ll \forall (太郎が愛する女性)

2.4. 修飾句

これまでは便宜的に名詞句を自然言語表現のまま記述したが、以下に本体系での名詞句（修飾句+名詞）の表記法を具体例を挙げて示す。

Ex4. (Pr \Rightarrow 愛する, Obj \Rightarrow *, Sbj \Rightarrow ヨ男)女性
 …… ある男性を愛している女性

2.5. 文階層

これまでの階層は全て名詞概念の階層関係であったが、文階層は文を接点を持つ階層関係である。本体系では文を文表現と呼ぶ。

文階層は本体系では以下のような 2 項関係の集合で表される。

Ex5. 太郎は(全ての)女子大生を愛する

\leq 太郎は花子を愛する

上記では便宜的に文表現を自然言語表記のまま記述したが、以下に本体系の文表現の表記法を具体例で示す。

Ex6. (Pr \Rightarrow 愛する, Sbj \Rightarrow 太郎,
 Obj \Rightarrow \forall (Pr \Rightarrow かわいい, Sbj \Rightarrow *)女子大生)
 …… 太郎が全てのかわいい女子大生を愛すること

2.4. 表明と帰結

本体系では命題に相当するものとして、“名詞オブジェクトの階層関係”，“文表現の階層関係”，“文表現”を“表明”として定義する。固有な知識として与えられた表明から階層関係で導かれる結論を“帰結”と呼び、表明と帰結の関係は新たに定義される。表明と帰結の関係の例を以下に示す。

Ex7. 基本階層 BH \Rightarrow 猫 \ll 動物とする。
 (Pr \Rightarrow 好き, Sbj \Rightarrow 太郎, Obj \Rightarrow \forall 猫) \vdash_{BH}
 猫 \sqsubseteq (Pr \Rightarrow 好き, Obj \Rightarrow *, Sbj \Rightarrow 太郎)動物

3. 述語論理との比較

本体系上の推論は階層関係を使って簡単に扱うことができる。以下に本体系の推論例を示す。

Ex8. “(全ての)猫が好きな(全ての)人間は
 (全ての)犬が嫌い” …… P_1
 から
 “(全ての)猫が好きなある男性は
 (全ての)犬が嫌い” …… P_2

 基本階層 BH \in 男性 \ll 人間とする。

(Pr \Rightarrow 嫌い, Sbj \Rightarrow \forall (Pr \Rightarrow 好き, Sbj \Rightarrow *,
 Obj \Rightarrow \forall 猫)人間, Obj \Rightarrow \forall 犬)

\vdash_{BH} (Pr \Rightarrow 嫌い, Sbj \Rightarrow \exists (Pr \Rightarrow 好き, Sbj \Rightarrow *,
 Obj \Rightarrow \forall 猫)男性, Obj \Rightarrow \forall 犬)

一方 P_1 に対応する述語論理式は以下ようになる。
 $\forall x \exists z \forall y$ (人間(x) \wedge (猫(z) \rightarrow
 好き(x, z)) \rightarrow (犬(y) \rightarrow 嫌い(x, y)))

上記の式には全称限量で束縛された存在限量が生じ、また節表現に変形すると非ホーン節になる。一般にこのような論理式を含む述語論理上の推論は、非効率で複雑になる。

4. 体系 SH での“こと類化”の扱い

本体系は名詞と文を同様に階層関係で扱う。よってこの特徴を生かすと文を名詞の如く扱うことが可能になる。

Ex9. (Pr \Rightarrow 好き, Sbj \Rightarrow 太郎,
 Obj \Rightarrow \forall (Pr \Rightarrow 運転する, Obj \Rightarrow ヨ車))
 …… 太郎は車を運転することが好き

5. 体系 SH での個有化宣言の扱い

本体系は限量子と名詞句をセットにして扱う。この特徴を生かすと、一意限量子“ヨ!”に相当するもの（ここでは固有化限量と呼ぶ）も扱えると考えられる。述語論理では $\exists! P(x) = \exists x (P(x) \wedge \forall y (P(y) \rightarrow x=y))$ で表され、集合 P の要素が唯一ということを表す。本体系ではヨ!により個有化宣言された名詞概念は、固有名詞のように振舞う（限量子 \forall とヨ!による区別がなくなる）。

Ex. 10 $\exists!$ (Pr \Rightarrow かっこいい, Sbj \Rightarrow *)大学生
 太郎 \sqsubseteq (Pr \Rightarrow かっこいい, Sbj \Rightarrow *)大学生
 (Pr \Rightarrow 愛する, Sbj \Rightarrow 花子, Obj \Rightarrow
 \exists (Pr \Rightarrow かっこいい, Sbj \Rightarrow *)大学生)
 \vdash_{BH} (Pr \Rightarrow 愛する, Sbj \Rightarrow 花子, Obj \Rightarrow 太郎)

6. むすび

本研究では名詞の階層関係を構築し、それを土台として文の階層関係を構築して、推論の実行を入れ替え規則のみで行うことが可能な形式体系 SH を構築した。また応用として、文を補語を持つような高階的表現と一意限量子ヨ!の導入を検討した。

参考文献

- [1]Elain A. Rich 著 廣田薫 宮村 勲 訳 “人工知能 I” マグロウヒル ブック株式会社 1984
- [2]廣瀬健, 横田一正 著 “ゲーデルの世界” 海鳴社 1985
- [3]John F. Sowa. “Principles of Semantic Networks” Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1991.
- [4]Stuart Russell・Peter Norvig 著 古川康一 監訳 “エージェント アプローチ 人工知能” 共立出版 1997