

伊藤寿, 西原典孝, 小松香爾
(山形大学工学部)

1 はじめに

自然言語的な知識表現やそれに伴う推論を, 形式的な論理的枠組の中で扱おうとする研究のほとんどは, 述語論理を土台として行われている. 述語論理は概念および概念間の関係を, 個体集合上の関係として表現する論理体系である. しかし, 我々が普段知識や意味の表現法として用いる自然言語は, 名詞間の文法的な係り受け関係のみによって文の意味を表現しており, 述語論理における意味記述法とは大きく異なるといえる. 一方, 論理以外の知識表現法として, 意味ネットワークがある. 意味ネットワークは, 概念間の関係を直接的に表現でき, かつ柔軟な表現力を持つ知識表現法であるが, 意味論や推論手続きの厳密な定義がなく, 理論的な意味記述, 意味解析の枠組として用いるには適さない.

これらに対して, 形式的な意味論を持ちつつ構造的意味表現が可能な論理体系であるフレーム構造論理が提案されている [1][2][3]. フレーム構造論理は, 名詞概念間の階層関係, 属性関係, および名詞句に相当する複合概念などを, 記号間の直接的関係として記述できるという特徴を持つ. いわばフレーム構造論理は, 自然言語や意味ネットワークのような“構造的意味表現”が可能な数学的論理体系である.

本研究では, このようなフレーム構造論理の枠組に, 動詞文の扱いを取り入れることを考えた. ここでは, 動詞概念を名詞化して捉え (いわば, 日本語でいう“こと類化”に相当), 動詞文自体を一つのオブジェクトとして扱う. このようなオブジェクト化された動詞概念をイベントオブジェクトと呼ぶ. 本稿ではこのようなイベントオブジェクトを導入したフレーム構造論理の拡張体系を提案し, この体系を用いた動詞文の取扱い方や, 連体修飾句の意味表現法について述べる.

2 基本体系の表現法

フレーム構造論理の基本的な意味記述法は, F-logic[4] 等で提案された手法を土台としている. すなわち, オブジェクト間の階層関係や属性関係を中心に

意味を記述する. 但し, 変数を一切用いず, 名詞概念自体を一つのオブジェクトとみなす点が異なる.

[オブジェクトの例]

- (a) 学生
- (b) (男性・学生)
- (c) 学生 [ペット→ポチ, 友人→{花子}]
- (d) ペット (太郎)

(a) は「学生」, (b) は「男性かつ学生であるもの」すなわち男子学生を表す, (c) は「ペットの値がポチのみで友人の値に花子がいる学生」, (d) は「太郎のペットであるもの」を表す.

オブジェクト間の関係を表すオブジェクト関係として, 階層関係および属性関係を扱うことができる.

[オブジェクト関係の例]

- (a) 太郎 \leq 学生
- (b) 太郎 \leq 男性 [友人→{次郎, 花子}]
- (c) 太郎/[趣味←{スポーツ}]
- (d) En (男性・学生)

(a), (b) はそれぞれ「太郎は学生である」, 「太郎は友人に次郎と花子がいる男性である」という階層関係を表し, (c) は「太郎は趣味がすべてのスポーツである」という属性関係を表す. (d) は「男子学生が必ず存在する」という関係を表す.

3 イベントオブジェクトの導入

3.1 イベントオブジェクト

イベントオブジェクトとは動詞文で表明されるようなイベント概念をオブジェクト化して捉えたものであり, いわば動詞文の名詞化 (こと類化) に相当する. オブジェクト化されたイベントは通常のオブジェクトと同様の取り扱いが可能である.

例: (a) 走る [Sbj → {男}] … 男が走ること

(b) 愛する [Sbj → {男}, Obj → {女}] … 男が女を愛すること

3.2 否定イベントオブジェクト

イベントオブジェクトに対し, それぞれに対する否定のイベントオブジェクトも考えられる.

[定義] 否定イベントオブジェクト

γ をイベントオブジェクトとする, γ の否定イベントオブジェクト γ^* を以下のように定義する.

$\cdot\gamma = v[ap_1, \dots, ap_n] (n \geq 0)$ のとき

$$\gamma^* = \bar{v}[ap_1^*, \dots, ap_n^*]$$

$\cdot\gamma = \bar{v}[ap_1, \dots, ap_n] (n \geq 0)$ のとき

$$\gamma^* = v[ap_1^*, \dots, ap_n^*]$$

但し, 各 $ap_i^* (1 \leq i \leq n)$ は $ap_i (1 \leq i \leq n)$ に対し, 以下のように定義される.

$$ap_i = Sl \rightarrow \{\alpha\} \text{ のとき, } ap_i^* = Sl \leftarrow \{\alpha\}$$

$$ap_i = Sl \rightarrow \alpha \text{ のとき, } ap_i^* = Sl \leftarrow \{\alpha\}$$

$$ap_i = Sl \leftarrow \{\alpha\} \text{ のとき, } ap_i^* = Sl \rightarrow \{\alpha\}$$

$$ap_i = Sl \leftarrow \alpha \text{ のとき, } ap_i^* = Sl \rightarrow \{\alpha\}$$

3.3 イベント関係

オブジェクト化された動詞概念は, 以下の拡張構文による記述でイベント化 (動詞文化) することが可能である.

[定義] イベントに関する構文 [拡張構文]

$V = v[ap_1, \dots, ap_n]$ をイベントオブジェクトとする.

1. 普遍的タイプ

そのようなイベント関係が常に成り立っていることを示す. ここで λ は成立しているあらゆるイベントの集合を表す.

$$Univ(V) \stackrel{\text{def}}{=} En(\lambda \cdot v) \wedge \lambda \cdot v \leq \pi[ap_1, \dots, ap_n] \\ \wedge \sim En(\lambda \cdot \bar{v}[ap_1^*, \dots, ap_n^*])$$

2. 限定タイプ

そのようなイベント関係が特定の状況で成り立っていることを示す.

$$Spe(V) \stackrel{\text{def}}{=} En(\lambda \cdot v[ap_1, \dots, ap_n])$$

3.4 イベント関係の表現例

(a) $Univ$ (走る $[Sbj \leftarrow \{\text{男性}\}]$)

$$= En(\lambda \cdot \text{走る}) \wedge \lambda \cdot \text{走る} \leq \pi[Sbj \leftarrow \{\text{男性}\}]$$

$$\wedge \sim En(\lambda \cdot \bar{\text{走る}}[Sbj \rightarrow \{\text{男性}\}])$$

(b) Spe (走る $[Sbj \leftarrow \{\text{男性}\}]$)

$$= En(\lambda \cdot \text{走る}[Sbj \leftarrow \{\text{男性}\}])$$

(a) は直観的には「すべての男性が (常に) 走る」という意味を表す. 本体系ではこれを以下のように捉える. 「成立しているイベントに「走る」というイベントが存在し, かつそれらのイベントがすべての男性が走ることであり, かつ男性が走っていないということがない」.

(b) は直観的には「すべての男性が (ある状況で) 走る」という意味であるが, 本体系では「成立しているイベントに「すべての男性が走る」イベントが存在する」と捉える.

3.5 高階的な意味を含む連体修飾表現

イベントオブジェクトを導入した本体系では, 言語学的に「外の関係」などの高階的な意味表現を含むものを表すことができる.

例: (a) 魚を焼く匂い

$$\text{匂い} \cdot Obj(\lambda \cdot product[reason \rightarrow \\ \{\text{焼く}[Obj \rightarrow \text{魚}]\}])$$

(b) 空を飛ぶ話

$$\text{話}[content \rightarrow \{\text{飛ぶ}[loc \rightarrow \text{空}]\}]$$

(c) 学校を休む理由

$$\text{理由}(\text{休む}[Obj \rightarrow \{\text{学校}\}])$$

3.6 連体修飾表現とその推論

推論例

以下に, 本体系における実際の推論例をいくつか挙げる. 但し, その証明は略する.

(1) 太郎 \leq 学生, 太郎/[友人 \rightarrow {花子}], 学生 [友人

\rightarrow {花子}] \leq 青年 [背 \rightarrow 高い]

\models 太郎 \leq 学生 [背 \rightarrow 高い]

(2) ロボットは作業のみを行う ならば ロボットが行うことは作業である

$$Univ(\text{行う}[Sbj \leftarrow \{\text{ロボット}\}, Obj \rightarrow \text{作業}])$$

$$\models Obj(\lambda \cdot \text{行う}[Sbj \leftarrow \{\text{ロボット}\}]) \leq \text{作業}$$

(3) ある男は美人のみを愛する かつ 美人は女性である ならば ある男が愛する女性は美人である

$$Univ(\text{愛する}[Sbj \rightarrow \{\text{男}\}, Obj \rightarrow \text{美人}],$$

$$\text{美人} \leq \text{女性}$$

$$\models \text{女性} \cdot Obj(\lambda \cdot \text{愛する}[Sbj \rightarrow \{\text{男}\}]) \leq \text{美人}$$

4 むすび

本研究では従来のフレーム構造論理では表現できなかった動詞文を扱うことが可能となった. また, 連体修飾句の表現や一部の高階的な意味表現を含む連体修飾句の表現も可能となった.

参考文献

- [1] 佐藤朋信, 西原典孝, 鎌田拓, 横山晶一: “フレーム構造論理を用いた名詞句「A の B」の意味解析”, 電子情報通信学会技術報告, pp17-24, NLC97-3, 1997
- [2] 小松香爾, 西原典孝, 横山晶一: “3種のオブジェクト演算子とインスタンスを取り扱えるフレーム構造論理”, 電子情報通信学会技術報告, pp17-24, COMP98-53, 1998.
- [3] Koji Komatsu, Noritaka Nishihara, Shoichi Yokoyama: “Frame-Structure Logic with Extended Attribute Relations”, In Proc. PRICAI2000, Springer-Verlag, p789, 2000.
- [4] M.Kiffer and G.Lausen: “F-logic: A Higher-Order Language for Reasoning about Objects, Inheritance, and Scheme”, ACM SIGMOD, pp134-146, 1989.