

推理パズル問題における条件文の意味構造の提案とその解答システム

五十嵐 力 中村 純平 乾 伸雄 小谷 善行
 東京農工大学工学部 情報コミュニケーション工学科

1 はじめに

推理小説を読んで犯人などを推理する場合、物語に登場する人間や物といった要素同士を繋げていくことで既知の事実から未知の事実を推論する。長編の推理小説は登場人物の感情など膨大な要素が絡んでくるため、この処理を計算機で行うのは現時点では大変困難である。そこで推理小説の縮小版ともいえる推理パズルを計算機に解かせることを考える。

推論を行う論理構造としては意味ネットワークや述語論理によるものが一般的である。しかしこれらは自然言語文からの変換が容易でないため、変換の途中に自然言語文の意味構造をはさむ必要がある[1]。本稿では推理パズルを解くために有効な、文の名詞同士の対応、およびその対応の真偽に注目した意味構造を提案し、その意味構造を用いて推論用の論理構造に変換、推理パズルを解くシステムを論理型プログラミング言語 Prolog によって作成した。

2 推理パズルとは

推理パズルは図1の例題[4]に示すように、問題文、条件文、表から構成される。問題文には物語と何の組合せを求めるかが記述され、条件文には登場要素同士の対応を示すヒントが記述されている。パズルを解くときは、条件文を読んで要素同士の対応が真であれば、偽であればxを表に記入していく。最終的に表をすべて埋めたとき、条件文を満たす登場要素同士の対応が求まったということになり、これが答えとなる。

3 システムの流れ

問題の入力から答えを導くまでの流れを図2に示す。システムには登場要素などの知識、および手書きで作成した条件文の意味構造を入力する。そして問題の答えとなる登場要素同士の組がリストとして出力される。

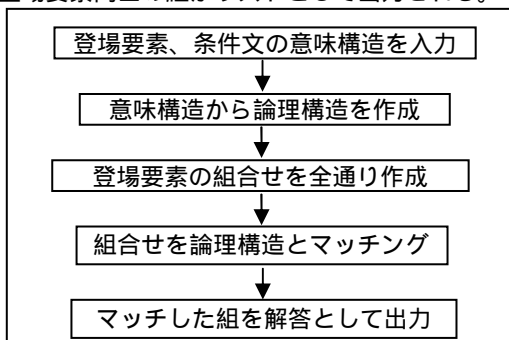


図2. 問題解答処理の流れ

4 条件文の意味構造

システムで扱う条件文は、述語に応じて動詞文、名詞文、形容詞文に分かれる。

Proposal of Semantic Structure of Conditional Sentences in Inference Puzzles, and its Answering System
 Chikara Igarashi, Junpei Nakamura, Nobuo Inui, Yoshiyuki Kotani
 Tokyo Univ. of Agriculture and Technology.
 2-24-16 Naka-cho, Koganei, Tokyo, 184-8588, Japan
 Email: igaras-c@fairy.ei.tuat.ac.jp

問題文:
 ちはる、ちなつ、ちあき、ちふゆの4人はペットを飼っています。4人の話から、何を飼っていて、何という名前なのかあててください。

条件文:
 ちはる「私のペットの名前はディーンよ」
 ちなつ「私はモルモットを飼っています」
 ちあき「インコの名前はビート。私はシータは飼ってません」
 ちふゆ「ちあきはリスザルを飼っているよ」

表:

要素の種類 登場要素	種類				ペット名			
	イグアナ	モルモット	インコ	リスザル	エース	ビート	シータ	ディーン
人名	ちはる							
	ちなつ							
	ちあき							
	ちふゆ							
ペット名	エース							
	ビート							
	シータ							
	ディーン							

解答:

要素の種類 登場要素	種類				ペット名			
	イグアナ	モルモット	インコ	リスザル	エース	ビート	シータ	ディーン
人名	ちはる	○×××	××××	××××	××××	××××	××××	○
	ちなつ	×○××	××××	××××	××××	××××	××××	○
	ちあき	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×
	ちふゆ	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×
ペット名	エース	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×
	ビート	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×
	シータ	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×××○	×
	ディーン	○×××	××××	××××	××××	××××	××××	○

図1. 推理パズルの問題例([4]より引用)

4.1 動詞文の意味構造

述語が動詞句の文を動詞文と呼ぶ。動詞文では格となる名詞と文の真偽に注目する。格となる名詞が登場要素であった場合、文が肯定文ならばこれらの登場要素すべての対応が真であるといえる。逆に、否定文ならば、それらの登場要素すべての対応が偽となる。動詞文の意味構造は述語動詞、文の真偽、格から構成され、図3のように表す。

```

vf([<述語動詞>, [真偽, <文の真偽値>,
  [[<深層格 1>, <名詞 1>,
    [<深層格 2>, <名詞 2>, ...]]].
例: 「花子がスプーンでカレーを食べる」
vf([食べる_1_, [真偽, t],
  [[agent, 花子],
    [implement, スプーン],
    [object, カレー]]]).
    
```

図3. 動詞文の意味構造

4.2 名詞文の意味構造

「AのBがCである(でない)」のように、述語が「<名詞句>である(でない)」という文を名詞文と呼ぶ。このとき、主体名詞Aが持つ属性Bが属性値Cに対応していることを意味する(図4)。

```

AのBがCである(でない)
nf([<主体名詞 A>,
  [[<属性 B>, <文の真偽値>, <属性値 C>], ...]].
例: 「犬の名前がボチである」
nf([犬_1_, [[名前, t, ボチ]]]).
    
```

図4. 名詞文の意味構造

4.3 形容詞文の意味構造

「AのBがC(形容詞)」のように述語が形容詞の文を形容詞文と呼ぶ。形容詞文は名詞文とほぼ同じで、主体名詞Aが持つ属性Bが属性値Cのようであるということを表している(図5)。

```
「AのBがC(形容詞)」
nf([<主体名詞A>,
  [[<属性B>,<真偽値>,<属性値C>],...]])。
例：「ポチの色が白くない」
nf([ポチ,[[色,f,白い]])。
```

図5. 形容詞文の意味構造

4.4 連体修飾句の意味構造

「太郎が飼う犬の名前がポチである」のように、名詞を連体修飾している文がある。このような文はいくつかの文に分けることができ、それぞれの文について意味構造を作成する(図6)。

```
例：「太郎が飼う犬の名前がポチである」

動詞文「太郎が犬を飼う」
名詞文「犬の名前がポチである」
vf([飼う_1_,[真偽,t],
  [[agent,太郎],[object,犬_1_]])。
nf([犬_1_,[[行為0,飼う_1_],[名前,t,ポチ]])。
nf([太郎,[[行為A,飼う_1_]])。
```

図6. 連体修飾句を含む文の意味構造

4.5 比較、最大最小などの意味構造

「太郎の年が次郎より上である」「太郎の数が次郎より5個少ない」というような比較を表す文は、名詞文、形容詞文の属性値に「何よりどれだけ大きい(小さい)」という述語として表す。また、「太郎の年が最も上である」「太郎の数が最も少ない」という最大や最小を表す文は、属性値にmaxかminを記述する(図7)。

```
例：「太郎の数が次郎より5個少ない」
nf([太郎,[[数,t,small(次郎,5)]]])。
例：「太郎の年が最も上である」
nf([太郎,[[年,t,max]])。
```

図7. 比較、大小関係を含む意味構造

5 意味構造からの推論

システムは、登場要素同士のすべての組合せを作成し、すべての条件関係を満たすならばその組合せを解として出力する。この条件関係は条件文の意味構造を推論用の論理構造に変換したものである。論理構造への変換は、意味構造における名詞のリンクをたどり、同一意味構造中に含まれる登場要素同士を対応しているとみなす(図8)。また、この場合対応の真偽値は、リンク中に一つも偽となるものがなければ真、一つ偽があれば偽、二つ以上偽があればその要素同士は対応していないものとした。

```
「カレーを食べる人の犬の名前がポチでない」
nf([犬_1_,[[の,t,人_1_],[名前,f,ポチ]])。
nf([人_1_,[[行為A,食べる_1_]])。
vf([食べる_1_,[真偽,t],
  [[agent,人_1_],[object,カレー]])。
論理構造作成：
pair([ペット名(ポチ),食べ物(カレー)],f)。
```

ポチとカレーが対応(真偽値：偽)

図8. 要素同士の対応リンク

5.1 登場要素同士の対応関係

登場要素同士の対応関係では、例として「花子がスプーンでカレーを食べる」という文から、「花子」と「スプーン」と「カレー」という3つの登場要素の対応が真であるという関係を作る。つまり、[花子,スプーン,カレー]という組合せが正しいことを表す。このうちどれか一つでも違えばその組合せは正しくない。逆に、「花子がスプーンでカレーを食べない」という否定文の場合は、[花子,スプーン,カレー]という組合せだけが正しくなく、一つでも違っていればその組合せは正しい可能性がある。

5.2 数字の大小関係

「太郎の年が次郎より上である」や「太郎の数が5個より多い」といった条件の場合、「太郎」と組になっている「数」の属性を持つ数字と、「次郎」と組になっている「数」の属性を持つ数字や具体数字「5」を比較する。これらの数字と大小の関係が合っていれば、この条件は満たされる。また、最大最小条件においても、対象の組となっている「数」の属性を持つ数字が、同じ種類のどの数字よりも記述された最大最小の関係に合っていれば条件が満たされる。

6 評価実験と結果

システムの評価実験として推理パズルの問題を[2][3]から出題した。システムには問題の登場要素とその種類の知識、そして条件文の意味構造を入力する。結果、74問中42問が正解できた。解けなかった問題は表1に示すとおりで、同一要素が存在する問題や要素が未記入である問題、前後関係の知識が必要な問題が多かった。知識を必要としない基本的な問題についてはほぼすべて解くことができた。

表1. システムで解けなかった問題

同一要素が存在する問題	10問
要素が未記入の問題	7問
曜日などの前後関係知識が必要な問題	6問
掛け算等の計算が必要な問題	2問
文脈理解が必要な問題	2問
その他	5問

7 まとめ

システムに解けなかった問題の多くは、知識不足や論理構造の種類が少なかったことなどが原因であった。提案した意味構造自体には問題がなく、推理パズルを解くために有効であるということを示すことができた。今後、知識の導入や推論方式の拡張などにより、今回解けなかった問題を含めて様々な問題を解けると考えられる。

参考文献

- [1]中川聖一,竹本信治,田口勝豊:交通規則文に関する質問応答システム LICENCE における日本語文から一階述語論理式への変換,情報処理学会論文誌, Vol.32, No.3, pp.354-363, 1991
- [2]ニコリ 編:ペンシルパズル本 12 推理パズル1,株式会社ニコリ, 1989
- [3]ニコリ 編:ペンシルパズル本 16 推理パズル2,株式会社ニコリ, 1990
- [4]ニコリ 編:ペンシルパズル本 26 推理パズル3,株式会社ニコリ, 1993