

日本語モンテギユ文法の実働化と質問応答への応用

松本 裕治・田中 穂積
(電子技術総合研究所・パタン情報部)

1. はじめに

日本語による物語理解とその実証としての質問応答システムを目標として、現在、著者らは日本語の意味解析システムを作成しようとしている。物語の深い理解のためには、知識表現及び文の意味表現が最も基本となる。日本語による質問応答システムのオーステッパとして、意味記述の基礎に、述語論理を置く事を考えた。そのため、意味解析の手段として、自然言語と論理の関係を密接に扱ったモンテギユ文法[1, 2, 3, 4]を採用し、自然言語から論理式への翻訳に利用した。また、文解析中の意味処理に利用するために、日本語の名詞や動詞などはフレーム的な表現で記述した。名詞句、動詞句間の格決定や、埋込み文とそれらに修飾する名詞句間の意味関係の決定はこれらの意味記述をもとに行なわれる。名詞や動詞は述語として表現されるが、これらはそれぞれ概念ツリー、動作フレームとも見る事ができ、またその他の述語は、フレーム間の関係やフレームが持つ種々の性質の記述とも見る事ができる。このように、基本的なレベルでは、フレームと述語論理表現はうまく整合が取れる。フレーム的な知識表現に述語論理を意識することの利点としては、推論等の演算を機械的に行う事ができ、またその健全性や完全性などが保証されていること、冗長な知識表現を防ぐことや矛盾の検出が比較的容易なこと、などが考えられる。本稿ではまた余り複雑な論理式は扱っていないが、今後、内包論理に至るまでの高階の論理式を扱うために、論理式の解釈として、それを1つのモデル(あるいはモデルの集合)とで考えようと思っている。これについては、3章で触れる。本章では、モンテギユ文法の考え方を日本語に適用した日本語モンテギユ文法[5]と、その Prolog 上での実働化について説明する。3章では、上にも述べたように、物語理解に対する著者の考え方や、日本語モンテギユ文法システムを利用した簡単な質問応答例を紹介する。

るいはモデルの集合)とで考えようと思っている。これについては、3章で触れる。本章では、モンテギユ文法の考え方を日本語に適用した日本語モンテギユ文法[5]と、その Prolog 上での実働化について説明する。3章では、上にも述べたように、物語理解に対する著者の考え方や、日本語モンテギユ文法システムを利用した簡単な質問応答例を紹介する。

2. 日本語モンテギユ文法

本稿で使用する語彙範疇の一覧を表1に示す。e, t は基本カテゴリであり、それぞれ、対象としている領域(domain)、真実・偽よりなる集合を表わす。VP は、文もしくは文としての一般動詞である。動詞(本稿では形容詞、形容動詞は全て動詞とみなす)はいくつかの格を持つ、それらを引数としてもつ述語(predicate)と考えられるが、文としての動詞は、そのいくつかは限量され、いくつかは自由変数のまま残された形をとる。名詞は限量詞と結合して名詞句(NP)を形成する。ただし、固有名詞はそれだけでも名詞句の範疇に属する。名詞句はカテゴリとしては t/V

表1. 語彙範疇の一覧

カテゴリ名	カテゴリ	名称	例
VP	t	文, 動詞	愛している。
NOUN	NOUN (t/e)	名詞	男, 犬, 箱
V	V (t/e)	述詞	愛している。
NP	(t/V)	名詞句	太郎, ある男
DET	NP/NOUN	限量詞	ある, その。
NPP	t/V	主辞	太郎は。
MP	NOUN/NOUN	連体辞	美しい(t)

に属するが、それだけでは述詞を伴って文にはなれない。NPのカテゴリが($\wedge$ /V)になっ、ているのはそのためである。助詞を伴って、文の格となる資格を備えた名詞句を主辞といい、そのカテゴリは $\wedge$ /Vである。主辞は述詞と結合して、文を形成する。連体辞は名詞を修飾する節には向である。本稿では連体辞としては埋込み文とし、連体格助詞による名詞修飾を考えている。

名詞及び動詞などの語彙にはフレーム的な意味記述が与えられており、また論理式へ変換するために、論理式上での意味表現も与えられている。図1にこれらの例を示す。

これらの語彙をもとにして、本システムでは、次に示す構文規則と翻訳規則によって、日本語の文章を論理表現に変換する。各構文規則には、意味的な整合性を試す意味規則が付け加えられており、構文的には正しくても、意味的に矛盾するものは、その文法規則が適用されない。構文規則を次に示す。

- (S1) NP $\rightarrow$ DET, NOUN
- (S2) NPP $\rightarrow$ NP, P^(注1)
- (S3) NPP $\rightarrow$ NOUN, P
- (S4) V $\rightarrow$ VP
- (S5) VP $\rightarrow$ (NPP), V
- (S6) MP $\rightarrow$ VP
- (S7) MP $\rightarrow$ NPP^(注2)
- (S8) NOUN $\rightarrow$ MP, NOUN

次に、これらの構文規則に伴う意味規則(論理式への翻訳規則)を示す。名詞、動詞等は図1に示したフレーム内に論理表現が記述されている。限量詞「ある」、「すべての」はモントギュー文法では英語の"a", "every"に相当し、

$\lambda P \lambda Q [(\exists x) (P(x) \wedge Q(x))]$

$\lambda P \lambda Q [(\forall x) (P(x) \Rightarrow Q(x))]$

(注1) 本稿では、助詞は格関係等を示す指標と考へ、論理的意味は持たない。

(注2) NPP^(注2)は、このNPPを構成している助詞が「の」であることを示す。

[男, λx man(x)
(self, man)]

[目, λx eye(x)
(self, thing)
(part of, animal)]

(a) 名詞フレームの例

[愛す, love(x, y, *, *)
(x, (human), (ga))
(y, (human), (wo))]

[買う, buy(w, x, y, z)
(w, (human), (ga))
(x, (thing), (wo))
(y, (human), (ni))
(z, (shop), (de))]

(b) 動詞フレームの例

[太郎, $\lambda P P$ (tarou)
(self, man)]

[花子, $\lambda P P$ (hanako)
(self, woman)]

(c) 固有名詞フレームの例

図1. 語彙のフレーム記述

と表現することから、後述する質問応答システムに用いるために、「ある」は、 $\lambda P \lambda Q Q([aru, x, P(x)])$ と表現されている。その他、

「その」 $\rightarrow \lambda P \lambda Q Q([sono, x, P(x)])$ 。

$[aru, x, \dots]$, $[sono, x, \dots]$ の意味は質問応答システムでは文脈などの情報を用いて解釈される。また、規則(S3)により、無限量詞の名詞も主辞になり得るが、省略された限量詞の決定に文脈上での処理が必要な場合には、無限量詞として、次の表現を定義する。

「無限量詞」 $\rightarrow \lambda P \lambda Q Q([fi, x, P(x)])$

(T1) $\alpha \in \text{DET}$, $\beta \in \text{NOUN}$ ならば、 $\alpha \beta \in \text{NP}$ に対応する翻訳は $\alpha' \beta'$ である。ここに、 α' , β' は α , β の論理式への翻訳。

(T2) $\alpha \in \text{NP}$, $\beta \in \text{P}$ ならば、 $\alpha \beta \in \text{NPP}$ に対応する翻訳は α' である。ここに、

α は α の、論理式への翻訳である。

(T3) $\alpha \in \text{NOUN}$, $\beta \in P$ とし、 $\alpha\beta$ は α の制限詞をとると、 $\alpha\beta \in \text{NPP}$ に対応する翻訳は $\lambda x \alpha'$ である。

文が形成されるのは、主辞に、その主辞を受け入れる述詞 (V) が結合された時である。主辞と述詞かのような格関係を持って結合されるかは、主辞を形成する名詞子には固有名詞、助詞、および述詞を形成する動詞の持つ意味により決定される。

(T4) $\alpha \in \text{VP}$ とし、 x を α 内にある格を占める変数とすると、その格に対応する述詞 $\alpha \in V$ の翻訳は $\lambda x \alpha'$ である。

(T5) $\alpha \in \text{NPP}$, $\beta \in V$ ならば、 $\alpha\beta \in \text{VP}$ に対応する翻訳は $\alpha'\beta'$ である。

次に連体辞について考える。本稿で考察する連体辞は、埋込み文 (関係代名詞節) と連体格助詞「の」を伴う名詞修飾である。ただし、埋込み文は、1) 修飾される名詞が埋込み文と格関係を持つ場合、2) 修飾される名詞が埋込み文中の名詞句と意味的関係を持つ場合、を扱っており、「調べる必要」のような修飾は扱っていない。連体格助詞「の」を伴う名詞修飾については、「 a の b 」の、 a, b が属性、所有などの意味的関係と有する場合のみを扱い、「数学の勉強」のように格関係を表れる「の」や形式名詞の「 a 」などは扱っていない。

(T6) $\alpha \in \text{VP}$ とし、 x を α 中にある格を占める変数とすると、その格に対応する連体辞 $\alpha \in \text{MP}$ に対する翻訳は $\lambda x \alpha'$ である。

(T6') $\alpha \in \text{VP}$ とし、 α 中にある格を占める名詞の翻訳として用いられている述語を noun とすると、その名詞と関係 relation を持つ連体辞 $\alpha \in \text{MP}$

の翻訳は

$\lambda y [\alpha'(\text{noun}(x)\text{relation}(x,y)/\text{noun}(x))]$ である。ここに $\beta(a/b)$ という記法

は、 β 中の b を a で置き換えることを意味する。

(T7) $\alpha \in \text{NPP}(\alpha)$ とする、修飾する名詞と関係 relation を有する連体辞

$\alpha \in \text{MP}$ に対する翻訳は

$\lambda y \alpha'(\lambda x \text{relation}(x,y))$ である。

(T8) $\alpha \in \text{MP}$, $\beta \in \text{NOUN}$ ならば、 $\alpha\beta \in \text{NOUN}$ に対応する翻訳は、

$\lambda x (\alpha'(\alpha) \wedge \beta'(x))$ である。

ここで述べた埋込み文の 2 つの型の特殊な例として、構文的には (S5) で扱われるが、意味的には、(S6), (S6') の操作と似た翻訳を行うべき次のような文がある。「花子は目か美しい。」

この文においては、花子はこの文の動詞である「美しい」とは格関係を持たず、「目」と関係をもち、それが「花子の目」であること示す。いわゆる題述の係助詞「は」の働きである。勿論「目」は兼務として格関係も代行することもある。したがって助詞「は」の処理に関

図 2. 出力例

1: tarou wa me ga utsukusii onna wo aisiteiru.

execution time = 404 ms

太郎は目か美しい
女を愛している。

1-sentence

1-vo

1-app

1 1-np -- tarou

1 1-p -- wa

1-vo

1-app

1 1-np

1 1 1-det -- (fi)

1 1 1-noun

1 1 1-vo

1 1 1-app

1 1 1-np

1 1 1 1-det -- (fi)

1 1 1 1-noun -- me

1 1 1 1-p -- ga

1 1 1 1-vo

1 1 1 1-verb -- utsukusii

1 1 1 1-noun -- onna

1 1 1 1-p -- wo

1-vo

1-verb -- aisiteiru

love(tarou, [fi, _901, woman(_901) and
beautiful([fi, _974, eye(_974) and
partof(_974, _961)], *, *, *)], *, *)

しては、それを居る主辞が結合する述詞として、(T4) の他に次の (T4') を追加する必要がある。

(T4') $\alpha \in VP$ とし、 α 中である格を占める名詞の翻訳として用いようとしている述語を noun とすると、その名詞に関係をもつ述詞 $\alpha \in V$ に対する翻訳は、
 $\lambda y [\alpha'(\text{noun}(x) \wedge \text{relation}(x, y) / \text{noun}(x))]$ である。

日本語モンテギュー文法システム

以上のような規則をもとにして作成した日本語モンテギュー文法システムの出力の一例を図2に示す。図中で先頭から下線の数字列は論理変数を表わす。 $[fi, x, A(x)]$ は、 $A(x)$ を真にするような個体を表わし、限量詞は空であることを示す。この省略された限量詞は、質問応答システムでは、文脈を考慮して解釈される。

本システムは DEC Z660 上で、Prolog によってインプリメントされている。

3. 質問応答システムへの応用

本章では、語彙にはフレーム的な意味記述とちえ、文の意味表現として、前章で紹介した日本語モンテギュー文法の出力として得られる論理表現を考えた物語理解システムあるいはそれに伴う質問応答システムについて、著者らが当面考えている方向と、現段階における簡単な結果とを示そうと思う。

フレーム的な語彙の意味表現(知識表現)と論理式の整合的なことは言えなくても述べた。より複雑な表現を試みると、これに関しても様々な問題があるが、ここでは余り細かい事には触れずに、論理表現された文の意味記述と如何に用いようとしているかについて述べる。

人間が物語を理解したり、対話を行ったりする時には、人間は自分な

の世界(モデル)を想定し、そのモデルに情報を付け加えたりして、それを完成していく事によって理解を深めていくと考えられる。

著者らはこの考え方に従い、文の意味を表現している論理式をモデルあるいはモデルの集合上に展開して理解しようと考えている。

- 1) 指示詞の指示するものへの照応
- 2) 新たな個体の導入
- 3) 高階表現の一階述語上への展開
- 4) 様相記号のモデル上での扱い
- 5) Default (暗黙値) の表現と取扱い
- 6) 信念の相意、(5)とも関連する)

などの問題はそれぞれ非常に困難な側面を持つが、著者らの考え方には既成し易い性質をもつ。

1), 2) は変数の例示化 (instantiation) という言葉で表現でき、まさにモデル上への制限である。指示語や名詞などの照応、モデルに新しい個体を導入するタイミングなどは、それ自身非常に難しい問題である。著者らは現在、一例として block world などの外延的な世界を扱っているが、その際、無冠詞の表現されたものは、助詞等との兼ね合いから、それが文脈指示であるか新しい個体であるかを、一応システムが判断する。ユーザが空目語を指定した場合は、文脈上でそれに対応する個体を推し、察見できない場合に限り新しい個体を作り出すようにしている。文脈を意識した照応処理としてはまた非常に単純なレベルの処理である。

前章の説明からわかる通り、著者らが作成している日本語モンテギュー文法が扱っているのは、一階述語の範囲内である。モンテギュー文法の特徴の一つが、内包論理と意味論の基礎とするところでもあり、より複雑な文章の意味を扱うためには、内包論理のような高階の論理を用いる必要がある。こ

図3、質問応答例

①
I: tarou wa me ga utsukusii onna wo
aisiteiru.
execution time = 402 ms

②
I: sono onna wa me ga utsukusii ka.
execution time = 108 ms
nai.

③
I: tarou ga aisiteiru onna wa me ga
utsukusii ka.
execution time = 697 ms
nai.

④
I: tarou wa dare wo aisiteiru ka.
execution time = 26 ms
[[x1,[human,x1]]]

⑤
I: tsukue no ue ni ookii hako ga aru.
execution time = 256 ms

⑥
I: sono tsukue wa ookii.
execution time = 31 ms

⑦
I: sono tsukue no ue ni chisai hako ga
aru.
execution time = 521 ms

⑧
I: chisai tsukue no ue ni
akai hako ga aru.
execution time = 315 ms

⑨
I: sono tsukue no ue ni ookii
hako ga aru ka.
execution time = 554 ms
iie.

⑩
I: ookii hako ga ue ni aru tsukue
no ue ni chisai hako ga aru ka.
execution time = 853 ms
nai.

⑪
I: sono tsukue no ue ni nani ga aru ka.
execution time = 298 ms
[[x6,[ponysob,x6]]]
[[x3,[physob,x3]]]

のような論理式も、文章の意味記述には用いても、解釈の段階ではやはりモデルあるいはモデルの集合上で理解することと考えている。

曖昧な表記からモデルを選択することは暗黙値を仮定することに相当するし、モデルに矛盾が生じて、他のモデルへ移行することは、信念の翻意と対応する。これらの問題の細かな考察は今後の課題と考えている。

図3に、理解段階での我々のシステムの質問応答例を示す。各文章は、日本語モンテギョ文法システムによって論理表現に変換され、質問応答システムはそれをさらに外延的に展開する。

例えは、次の論理表現は

```
love(tarou,[f1,-961,woman(-961) and
beautiful([f1,-974,eye(-974) and
partof(-974,-961)],*,*,*)],*,*)
```

であらう。これが解釈されると、新たな個体の導入が起って、この式は

```
love(tarou,x1,*,*)
woman(x1)
beautiful(x2,*,*,*)
eye(x2)
partof(x2,x1)
```

という論理式の集合に分解される。

次の文中の「その女」は、ここで導入された個体「x1」と照合することになる。疑問文に対しては、その文が表わす論理式が、その時点までの知識と矛盾したのかどうかを確かめて、「はい」又は「いいえ」の応答を行なうが、疑問詞を含む疑問文については、その疑問詞に当てはまる個体を今までの知識から捜すか、また、それと文章で表わすところは未定成で、例でもわかるように、個体の名称を覚えておくだけである。x1は文①で作りとされた「女」を表わす個体、最後の例に現れるx3は文⑤での「大きい箱」、x6は文⑦で作りとされた「小さい箱」を示す個体である。

照応操作を助けるために、新しく話

題に登場した個体から推しはかめるようにしているが、文⑪のように「その」で机を指示しても、個体として作り出された時期は古くても、文脈上で最も近い個体と照応しているのかもしれない。

4. あわりに

著者らが開発中の日本語モンテギウ文法システムと論理式を意味記述の基礎とする物語理解、質問応答システムの基本構想について述べ、現段階での簡単な質問応答結果について報告した。

次の章で述べた事は、殆どかゝる今後に残された課題と言える。当面の方向としては、語彙や文法の拡張と、それに伴う、より複雑な論理式の解析を考えている。また本文中では余り述べなかったが、日本語に顕著な、省略の問題も物語理解には重要である。これについては、照応関係の解析と並行に解決していこうと考えている。

謝辞

本研究の機会を与之し、日頃御指導いたしたく本所 刈一博パターン情報部長に感謝します。日頃討論いたしたく推論機構研究室の諸氏に感謝します。

(参考文献)

- [1] Montague, R., "Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague," Thomason, R. (ed.) Yale Univ. Press, 1974.
- [2] Dowty, D. R., "A Guide to Montague's PTQ," Indiana Univ. Ling. Club, 1978.
- [3] Dowty, D. R., "Introduction to Montague's Semantics," Reidel, 1981.
- [4] 坂井秀寿「日本語の文法と論理」勁草書房、1979.
- [5] 松本 裕治, "意味的整合性を考慮した日本語モンテギウ文法・自然言語の論理分析、モンテギウ文法と関連領域, 上智大, 1982
- [6] 松本 裕治, "Prologによる日本語モンテギウ文法" 第1回 Prolog Conference, 電総研, 1982
- [7] 三上 章, '象曰鼻が長い' <3し出版 1960
- [8] 久野 暁, '日本文法研究' 大修館, 1973.
- [9] Pereira, F.C.N. and Warren, D.H.D. "Definite Clause Grammars for Language Analysis - A Survey of the Formalism and a Comparison with Augmented Transition Networks" Artificial Intelligence, 13, 1980.
- [10] Pereira, L.M. et al. 'User's GUIDE to DCC System - 10 PROLOG,' University of Edinburgh, 1978.