

# 談話管理理論を用いた対話処理

## —名詞句の解析と生成について—

### Discourse Processing based on Discourse Management Theory —Analysis and Generation of Noun Phrases—

伝 康晴\* 長尾 眞\*  
Yasuharu Den Makoto Nagao

\* 京都大学工学部電気工学第二教室  
Dept. of Electrical Engineering, Kyoto University, Kyoto 606, Japan.

1990年8月31日 受理

**Keywords:** discourse processing, relation theory of meaning, discourse management theory, constraint based context processing.

#### Summary

In the current researches in natural language processing and formal semantics, several studies have been made for modeling discourse processing. One of the powerful approaches is to build a model based on the relation theory of meaning, in which utterances are interpreted as mappings between situations or beliefs. In this paper, we construct the model of discourse processing based on the Discourse Management Theory (DMT), which is a kind of semantic theory inspired by the idea of the relation theory of meaning.

As is discussed in detail in DMT, some natural language expressions, for instance, Japanese noun phrase expressions such as 'Tanaka', 'Tanaka-toiu-hito (a man named Tanaka)', 'ano-hito (that man)', and 'sono-hito (also that man)', are used selectively depending on the contents of the speaker's and hearer's knowledge, that is, the context when those expressions are uttered. A principle for choosing an appropriate expression to a context is formalized by considering constraints which those expressions have. These constraints are processed uniformly according to the same schema of DMT.

Context processing, both context analysis and generation, is modelled as the mapping between contexts using constraints; that is, the schema of DMT. Using each constraint one context is mapped to another, and the whole context processing is constituted by the composition of these mappings. In this model, no specific procedures, such as analysis and generation of anaphoric expressions, are used. All contextual processes, for instance, identifying the antecedent of an anaphora in context analysis and deciding which expression to use for a description in context generation, are done by the mapping using concerned constraints as a part of the course of the whole context processing according to the DMT schema. We will illustrate these processes with some example dialogues.

#### 1. はじめに

現在、自然言語処理や形式意味論の分野において対話処理をモデル化しようという試みがなされている。なかでも意味の関係理論<sup>(1)</sup>に基づくモデルは、我々人間の対話処理に近いモデルによって計算機による対話処理を行おうという立場からみて、非常に有力である。

このモデルでは、対話の際に、状況や信念が発話によって順次変化すると考える。これは、直観的にみて、我々人間が対話している際に行っていることに近いと思われる。本稿では、このような意味の関係理論の考え方を用いた意味論の一種である談話管理理論<sup>(2)</sup>を用いて対話処理をモデル化することを試みる。

談話管理理論では、話者・聴者の知識の状態（文脈）を発話によって順次更新していくという対話モデルを

用いる。この際、発話中に用いられる表現が対話時における文脈に依存する場合があることが知られている。例えば、日本語の名詞句の表現形式（裸の形式、指示詞など）は文脈に応じて使い分けられる。そこで本稿では、談話管理理論に基づくモデルによる対話処理の例として、日本語の名詞句の場面に応じた表現形式の使い分けの問題について論じる。ただし、本稿では、名詞句の表現形式のうち、①裸の形式『田中』、②引用形式『田中という人』、③「ア」系の指示詞『あの人』、④「ソ」系の指示詞『その人』の使い分けに問題を限る。本稿のモデルにおいては、こうした場面に応じた表現の使い分けの問題は各表現が持つ文脈に対する制約を考えることによって定式化され、それらの制約は談話管理理論の一般的な図式に基づいて処理される。

本稿のモデルにおける言語処理過程は Fig. 1 のように表される。

このモデルは次のモジュールから構成されている。

**統語解析** 入力文  $\phi$  を制約集合  $S$  に変換する。

**文脈解析** 制約集合  $S$  を用いて文脈  $C$  を新しい文脈  $C'$  へ写像する。

**プランニング** 文脈  $C$  から発話内容  $S'$  を決定する。

**文脈生成** 発話内容  $S'$  から制約集合  $S$  を生成し、それを用いて文脈  $C$  を新しい文脈  $C'$  へ写像する。

**統語生成** 制約集合  $S$  を出力文  $\phi$  に変換する。

統語解析・生成は統語規則を、文脈解析・生成は文脈規則を参照して行う。なお、従来の意味解析や語用論的な解析はすべて文脈解析として行う。

以下、次のような順序でこのモデルについて説明する。まず 2 節で、本モデルの理論的基盤となる談話管理理論の枠組みについて説明し、本稿で論じる日本語の名詞句の表現形式の使い分けの原則を定式化する。

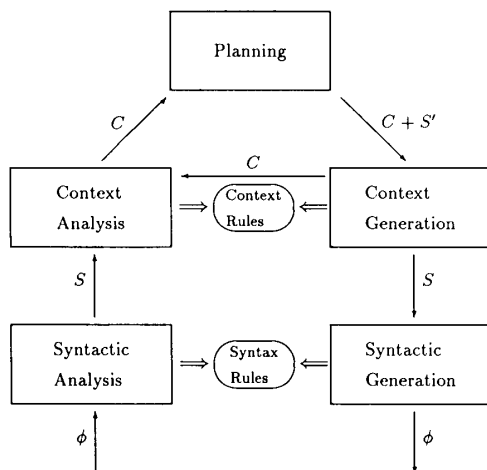


Fig. 1 Computational model of natural language processing.

次に 3 節で、統語処理の部分について述べる。4 節では、談話管理理論の図式に基づいた文脈処理について述べ、名詞句の解析・生成を例として、文脈解析・生成の過程を具体的に説明する。最後に 5 節で、まとめを述べる。なお本稿では、プランニングおよび文脈生成で発話内容から制約集合を求める処理については扱わない。

## 2. 談話管理理論と名詞句の表現形式

### 2・1 談話管理理論の枠組み

形式意味論の分野においては、近年、意味の関係理論<sup>(1)</sup>の考え方が主流となってきている。この理論では、言語の意味を状況や信念を変化させる機能として捉える。談話管理理論<sup>(2)</sup>はこのような考え方に基づいた意味論の一種であり、対話を以下のようにモデル化する。

対話は話者と聴者に関する知識からなるデータベースを順次更新していく写像である。すなわち、

$$C_{i-1}[[U_i]]C_i \quad (i=1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

ここで、 $[[U_i]]$  は  $i$  番目の発話による写像、 $C_i$  は  $i$  番目の発話後の知識の状態（データベースの内容）である。以下では  $C_i$  を文脈と呼ぶ。式(1)は、話者と聴者が発話によって獲得した情報を用いて順次文脈を更新していくことを表している。

文脈を記述する際には、話者・聴者の知識をどのように表現するかが問題になる。このような知識は入れ子構造をなすと考えられている。そこで、文脈  $C_i$  を記述するのに知識の入れ子構造を表現できる枠組みが必要になる。このような枠組みについて 2・2 節で略述する。

一方、発話には、発話時の文脈が満たすべき前提条件や発話後に文脈がどのように更新されるかといった情報が含まれる。このような情報を文脈に対する制約と呼ぶ。文脈の写像はこのような文脈に対する制約を用いて行う。 $i$  番目の発話による写像を決める  $U_i$  は発話文の各構成素から得られる文脈に対する制約の集合として与える。写像  $[[U_i]]$  は、 $U_i$  の要素である各制約  $\sigma_{ij}$  に関して文脈を写像し、それらを合成することによって得られる。各制約に関する写像の内容は文脈規則と呼ぶ宣言的な規則を用いてすべて同一の形式で記述し、これらの写像は談話管理理論の一般的な図式に従って行う。このような文脈処理の詳細については 4 節で述べる。

### 2・2 知識の構造の記述

入れ子をなす知識の構造を表現するには、『自分の知

識』や『相手の知識についての自分の知識』（以下、『自分の中の相手の知識』と略記）などのひとまとまりの領域を状況やスペースによって表現する状況理論<sup>(1)</sup>やメンタルスペース理論<sup>(3)(4)</sup>を用いるとよい。しかし本稿では、簡単のため、『自分の知識』『自分の中の相手の知識』『自分の中の相手の知識の中の自分の知識』の三つの知識領域の入れ子構造のみを考慮した表現を用いる。

例えば、「昨日『田中』がきたことを相手が知っていることを自分が知っている」という知識の状態は、次のような素制約\*1の集合によって記述する。

$$\begin{aligned} & \{ \text{belong}(\text{sp}(I! y), \text{sp}(I)), \\ & \text{belong}(\text{sp}(I! y! I), \text{sp}(I! y)), \\ & \text{name}(\text{tanaka}, e(A)), \\ & \text{hold}(e(A), \text{sp}(I! y)), \\ & \text{hold}([\text{come}, e(A), \text{yesterday}], \text{sp}(I! y)) \} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $\text{sp}(I)$ ,  $\text{sp}(I! y)$ ,  $\text{sp}(I! y! I)$ はそれぞれ、『自分の知識』『自分の中の相手の知識』『自分の中の相手の知識の中の自分の知識』を表す。制約  $\text{belong}(M, N)$  は知識領域  $M$  が知識領域  $N$  の中に埋め込まれていることを表し、制約  $\text{name}(r, X)$  は個体  $X$  の名前が  $r$  であることを表す。また、制約  $\text{hold}(X, M)$  は個体  $X$  が知識領域  $M$  の中に存在する、あるいは、命題  $X$  が知識領域  $M$  において成立することを表す。ここで、例えば、個体  $e(A)$  が知識領域  $\text{sp}(I! y)$  の中に存在するとは、「個体  $e(A)$  を相手が知っていることを自分が知っている」ことを意味する。このような知識の構造を記述する素制約の集合を環境と呼ぶ。

今、 $A$  と  $B$  が対話している状況を考えると、 $A$  が上のような構造を持つ知識を獲得するのは、 $B$  が例えば、『昨日田中が来た』というような発話を行った場合である。しかし、 $A$  と  $B$  の『田中』に対する知識の内容や対話の進行状況によっては、 $B$  は『田中』という表現の代わりに、『田中という人』『あの人』『その人』のような表現も使える。これらの表現形式が、 $A$  と  $B$  の知識の内容と対話の進行状況がどのような場合に用いられるかということは、各表現形式ごとに決まっている。つまり、それぞれの表現形式は、それを使用する際の知識の内容と対話の進行状況に対してある種の制約を課す。以下の節では、これらの表現形式が持つ制約について考え、表現形式の使い分けの原則を定式化する。

### 2・3 共有の制約と名詞句の表現形式

談話管理理論では、名詞句を例として、言語表現を

\* 1  $\text{belong}(M, N)$ ,  $\text{name}(r, X)$ ,  $\text{hold}(X, M)$  および 2・3 節で導入する  $\text{well\_know}(X)$  を素制約と呼ぶ。

使用する際の知識の内容とその言語表現の形式との関係について詳しく論じている<sup>(5)</sup>。例えば日本語の名詞句では、次の例のように、記述する対象が自分と相手に共通に知られているかどうかによって、表現形式を使い分けなければならない。

#### 例 1

A: 昨日, 田中一郎に会ったよ。

B: あいつ, 元気にしてたかい。

#### 例 2

A: 昨日, 田中一郎って人が君を訪ねてきたよ。

B: 何の用だろう。

A: その人の手紙をあずかっているよ。

すなわち、自分と相手が共通に「知っている」ものは裸の名詞句『田中』や「ア」系の指示詞『あの人』によって表現し、共通には「知らない」ものは引用形式『田中という人』や「ソ」系の指示詞『その人』によって表現する。

ここでいう「知っている」という概念は（前節で使ったような）一般的な「知っている」という概念とは少し異なる。以下では、前者の「知っている」という概念を「well-know である」という用語で表すことにする。ある個体を well-know であるということは直接的体験によってその個体を知覚した（例えば、直接会った、手紙をやりとりした、テレビなどを通して直接見たなど）ということである。前節では、制約  $\text{hold}(X, M)$  によって「個体  $X$  を知っている」ことを、制約  $\text{name}(r, X)$  によって「個体  $X$  の名前が  $r$  である」ことを表した。ここでは、制約  $\text{well\_know}(X)$  によって「個体  $X$  を well-know である」ことを表す。本稿では、ある個体が well-know であるか well-know でないかという区別は、対話の初期状態において与えられているか、あるいは、相手の発話からの情報によって知り得るものと仮定する。

今、『自分の知識』 $\text{sp}(I)$ 、『自分の中の相手の知識』 $\text{sp}(I! y)$ 、『自分の中の相手の知識の中の自分の知識』 $\text{sp}(I! y! I)$  のおのおのにおいて、名前  $r$  の個体が存在し、かつ、それらがいずれも well-know であるとき、自分と相手は  $r$  を共有しているといい、これを制約  $\text{share}(r, 1)$  で表す。すなわち、

#### 【定義 1】 共有の制約

$\text{share}(r, 1) \iff$

$$\exists X \exists Y \exists Z [\text{name}(r, X) \wedge \text{hold}(X, \text{sp}(I)) \wedge$$

$$\text{well\_know}(X) \wedge$$

$$\text{name}(r, Y) \wedge \text{hold}(Y, \text{sp}(I! y)) \wedge$$

$$\text{well\_know}(Y) \wedge$$

$$\text{name}(r, Z) \wedge \text{hold}(Z, \text{sp}(I! y! I)) \wedge$$

well\_know(Z)].

また、 $r$  を共有していないことを制約  $\text{share}(r, 0)$  で表す。

裸の形式の名詞句や「ア」系の指示詞は、それが記述する名前が共有されているという制約を文脈に対して課す。一方、引用形式の名詞句や「ソ」系の指示詞は、それが記述する名前が共有されていないという制約を文脈に対して課す。すなわち、名詞句の表現形式の使い分けは次の原則に従う。

#### 【原則1】 名詞句の表現形式の使い分け1

1.  $\text{share}(r, 1)$  なら  $r$  の裸の形式か「ア」系の指示詞
2.  $\text{share}(r, 0)$  なら  $r$  の引用形式か「ソ」系の指示詞

例えば、前節の式(2)の環境では、 $\text{share}(\text{tanaka}, 0)$  が満たされる ( $\text{sp}(I)$ ,  $\text{sp}(I! y! I)$  において名前  $\text{tanaka}$  の個体がない) から、個体  $e(A)$  を記述するには、『田中という人』または『その人』という表現を用いなければならない。

#### 2・4 照応化可能性の制約と名詞句の表現形式

次に、名前を用いた表現と指示詞の使い分けについて考える。指示詞のような照応表現の使用の可否は話題の推移によって作られる談話の構造（話題構造と呼ぶ）と関係する。話題構造は3つ組〈CT, TCL, TS〉（CT：現在の話題，TCL：次話題の候補のリスト，TS：上位の話題からなるスタック）によって表し，Sidner の Focusing Algorithm<sup>(6)</sup>に従って更新されるとする。

今、名前  $r$  の個体が照応表現で記述できるとき、 $r$  は照応化可能であるといい、これを制約  $\text{anaphor}(r, 1)$  で表す。 $r$  が照応化可能かどうかは話題構造  $T$  の内容による。本稿では、 $r$  が  $T$  中に存在するときかつそのときに限り、 $r$  は照応化可能であると考え\*2。すなわち、

#### 【定義2】 照応化可能性の制約

$\text{anaphor}(r, 1)$

$\iff \text{element}(r, T)$

$\iff r = \text{CT} \vee r \in \text{TCL} \vee r \in \text{TS}$ .

また、 $r$  が照応化可能でないことを制約  $\text{anaphor}(r, 0)$  で表す。

指示詞は、それが指す名前が照応化可能であるとい

う制約を文脈に対して課す。一方、名前を用いた表現は、それが指す名前が照応化可能でないという制約を文脈に対して課す。したがって、名前  $r$  の個体を記述する名詞句の表現形式の使い分けは次の原則によって定式化することができる。

#### 【原則2】 名詞句の表現形式の使い分け2

1.  $\text{share}(r, 1)$ ,  $\text{anaphor}(r, 1)$  なら「ア」系の指示詞
2.  $\text{share}(r, 1)$ ,  $\text{anaphor}(r, 0)$  なら  $r$  の裸の形式
3.  $\text{share}(r, 0)$ ,  $\text{anaphor}(r, 1)$  なら「ソ」系の指示詞
4.  $\text{share}(r, 0)$ ,  $\text{anaphor}(r, 0)$  なら  $r$  の引用形式

これは極めて単純化された原則であり、実際の対話の分析には不十分であるかもしれない。しかし、本稿では簡単のため原則2によって、四つの表現形式の使い分けの問題を定式化し、原則のより詳細な検討については今後の課題とする。

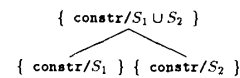
### 3. 単一化文法を用いた統語処理

本節では、発話文と制約集合とを相互に変換する役割を果たす統語解析・生成について述べる。

#### 3・1 制約素性とその伝播原理

発話文の統語解析・生成は日本語句構造文法 (JPSG)<sup>(7)</sup>の句構造規則と辞書を用いて行う。

原則2で述べたように、それぞれの表現形式の名詞句は共有の制約および照応化可能性の制約と対応づけられている。一般に、すべての句や文は文脈に対する制約の集合と対応している。そこで、各範疇と対応づけられた制約の集合を記述するために、制約素性 (constr 素性) という素性を用いる。制約素性は下図に示すように、親範疇の制約集合が娘範疇の制約集合の和集合となるように伝播する。



統語解析では、各語彙に対応づけられた制約を集め、文全体の制約集合を求める。統語生成では、文全体の制約集合中の要素を各語彙に振り分ける。このように、統語処理は発話文と制約集合とを相互に変換する。

#### 3・2 語彙の記述

次に、名詞句に関する語彙の記述について説明する。『田中』『田中という人』『あの人』『その人』の

\*2 ただし、照応化の適切性は  $r$  が  $T$  のどの部分に現れるかによって異なる。適切性の順序としては①CT, ②TCLの要素, ③TSの要素 (スタックのtopに近いほど優先される) といったものが考えられる。

ような名詞句は次の語彙から作られる。以下において、英大文字は変数を表す。また、意味素性 (sem 素性) には名詞句が記述する個体の名前、個体自身、個体が属する知識領域の三重対を書く。

**田中 (個体を指示する場合)** 固有名詞『田中』が裸の形式で用いられる場合。

```
{pos/n, type/entity, sem/<tanaka, X, M>,
  constr/[name(tanaka, X), hold(X, M),
          share(tanaka, 1), anaphor(tanaka, 0)]}
```

**田中 (名前を表す場合)** 『田中という人』という引用形式の名詞句の構成素として用いられる場合。

```
{pos/n, type/name, sem/<tanaka, X, M>,
  constr/[name(tanaka, X)]}
```

**という** 名詞句『田中という人』の構成素である連体詞。

```
{pos/adn, sem/<R, X, M>,
  adj/{cat/n, type/name, sem/<R, X, M>},
  adn/{cat/n, type/class, sem/<R, X, M>},
  constr/[share(R, 0), anaphor(R, 0)]}
```

**あの** 名詞句『あの人』の構成素である連体詞。

```
{pos/adn, sem/<R, X, M>,
  adn/{cat/n, type/class, sem/<R, X, M>},
  constr/[share(R, 1), anaphor(R, 1)]}
```

**その** 名詞句『その人』の構成素である連体詞。

```
{pos/adn, sem/<R, X, M>,
  adn/{cat/n, type/class, sem/<R, X, M>},
  constr/[share(R, 0), anaphor(R, 1)]}
```

**人** 名詞句『田中という人』『あの人』『その人』の構成素である普通名詞。

```
{pos/n, type/class, sem/<R, X, M>,
  constr/[hold(X, M)]}
```

これらの語彙記述には、原則 2 が反映されている。各形式の名詞句と対応づけられた制約は、名詞句を構成する語彙の記述中に素性として書くのが自然である。このように本モデルでは、語彙記述の中に統語的な情報とともに、文脈に対する制約といった意味的、語用論的な情報を記述している。これは、統語論と意味論、語用論レベルの記述を統合する試みの一つである<sup>\*3</sup>。

上の語彙と JPSG の素性伝播原理および制約素性の伝播原理を用いると、例えば、名詞句『田中という人』の構造は Fig. 2 のようになる。図からわかるように、名詞句『田中という人』は、tanaka という名

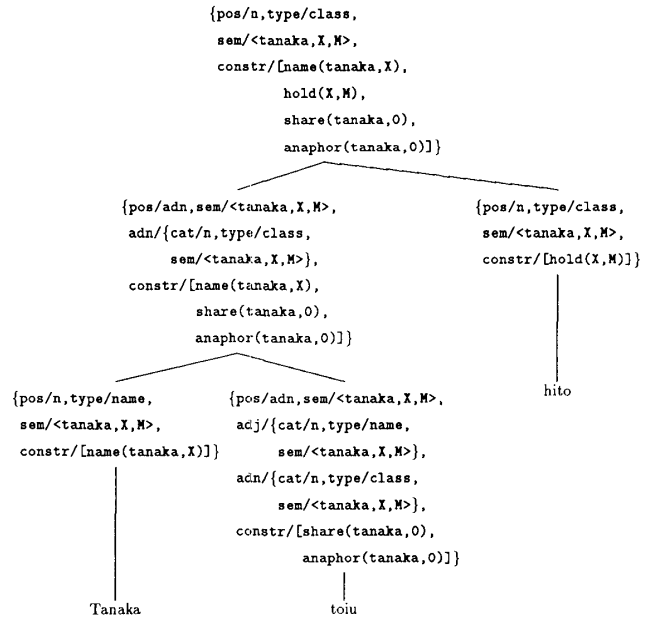


Fig. 2 Phrase structure of noun phrase 'Tanaka-toiu-hito'.

前の個体 X が知識領域 M\*4中に存在するという制約 (name(tanaka, X) および hold(X, M)) と原則 2 が述べている引用形式を使用する際の制約 (share(tanaka, 0) および anaphor(tanaka, 0)) に対応づけられている。これらの制約は次節で述べる文脈処理において処理される。

#### 4. 談話管理理論を用いた文脈処理

本節では、統語解析やプランニングによって得られた制約集合を用いて文脈の写像を行う文脈解析・生成について述べる。

##### 4.1 文脈処理のモデル

文脈処理は、発話文と対応づけられた文脈に対する制約の集合を用いて文脈を写像することによって行う。この様子は Fig. 3 のように表せる。ここで、一重矢印は文脈解析・生成が文脈 C を入力、文脈 C' を出力とするような写像として行われることを表している。また、二重矢印はこの写像が制約集合 S を用いて行われることを表している。S 中の制約は解析の場合も生成の場合も一般に変数を含んでおり、写像を行う際の副作用としてこれらの変数が具体化される。したがって、二重矢印の方向は変数への値の代入といった情報の流れを必ずしも表してはいない。また、Fig. 3 の文脈生成のモデルでは、発話内容 S' を用いて文脈 C を文脈 C' に写像する際に制約集合 S が得られるかのように書いてあるが、現在実現している文脈生

\* 3 同様の試みは Hobbs ら<sup>(4)</sup>によってもなされている。  
 \* 4 M は解析では sp(I ! y) と生成では sp(I ! y ! I) と単一化する。

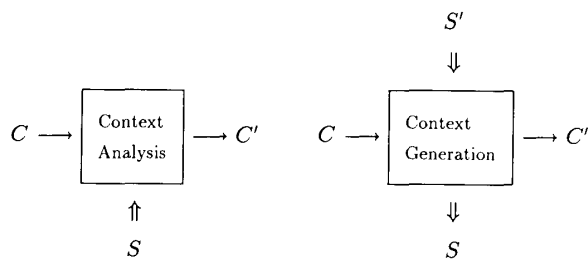


Fig. 3 Models of context analysis and context generation.

成のモデルでは、発話内容  $S'$  から手続き的な手段によって制約集合  $S$  の (変数を含んだ) ひな型を作り、 $S$  を用いて文脈  $C$  を文脈  $C'$  に写像している。

このように文脈解析・生成はいずれも、制約集合  $S$  を用いて文脈  $C$  を文脈  $C'$  に写像するというふうにモデル化できる。したがって、文脈処理は談話管理理論の図式(3)によって統一的に扱える。

$$C[[S]]C' \quad (3)$$

制約集合  $S = \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n\}$  を用いた写像は、 $S$  の要素  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$  に関する写像を合成することによって得られる。すなわち、

$$C[[\{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n\}]]C' = C[[\sigma_1]]C_1[[\sigma_2]]C_2 \dots C_{n-1}[[\sigma_n]]C'. \quad (4)$$

ここで、制約  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$  の処理順序をあらかじめ決めておくことはできないので、制約の処理順序は制約の処理内容とは独立に記述する。

各制約  $\sigma_i$  に関する写像  $C_{i-1}[[\sigma_i]]C_i$  は次の形をした文脈規則を参照して行う。

$$\begin{aligned} & \text{c\_rule}(\sigma, C, C', \\ & \quad \text{precond}(\text{PreConds}), \\ & \quad \text{body}(\text{Bodies})). \end{aligned} \quad (5)$$

制約  $\sigma$  に関する文脈規則は、写像前の文脈  $C$ 、写像後の文脈  $C'$ 、写像を行う際の前提条件 *PreConds*、写像の手続き *Bodies* からなる。*PreConds* には写像前の文脈  $C$  が満たすべき条件を記述し、これが満たされない場合はこの規則による写像は行わない。*Bodies* には  $C$  から  $C'$  を求める手続きを記述する。

談話管理理論の図式(3)に基づく文脈処理は次のようにして行われる。まず、適当な評価関数<sup>\*5</sup>により制約集合  $S$  中から処理すべき制約  $\sigma_i$  を選ぶ。次に、 $\sigma_i$  (一般に変数を含む) と単一化する制約  $\sigma$  に関する文脈規則  $R$  を探す。現在の文脈  $C$  が規則  $R$  の前提条件を満たさなければ、別の規則を探す。前提条件を満たせば、写像の手続きを実行し、文脈  $C$  を文脈  $C'$  に写像する。以後、制約集合  $S$  の残りとして新しい文脈  $C'$  に対してこの処理を繰り返す。

\* 5 本稿では、この評価関数の内容については扱わない。

## 4.2 文脈規則の例

文脈規則の例を以下にあげる。文脈  $C$  は環境  $E$  と話題構造  $T$  の対によって表す。

### 素制約に関する文脈規則

$$\begin{aligned} & \text{c\_rule}(\text{name}(\text{R}, \text{X}), \langle \text{E}, \text{T} \rangle, \langle \text{E1}, \text{T} \rangle, \\ & \quad \text{precond}([\ ]), \\ & \quad \text{body}([\text{add}(\text{name}(\text{R}, \text{X}), \text{E}, \text{E1})])). \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、述語  $\text{add}(\text{Sgm}, \text{E}, \text{E1})$  を実行すると、環境  $E$  中に素制約  $\text{Sgm}$  と単一化するものがあればそれらを単一化し、 $\text{E1} = \text{E}$  とする。なければ  $\text{Sgm}$  を環境に新たに追加し新しい環境を  $\text{E1}$  とする。例えば、制約  $\text{name}(\text{tanaka}, \text{X})$  にこの規則を適用したとき、環境中にすでに名前  $\text{tanaka}$  の個体があるならその個体を  $\text{X}$  の値として代入し (前者の場合)、なければ  $\text{X}$  の値である新しい個体を環境に導入する (後者の場合)。後者では  $\text{X}$  はユニークな個体に具体化される。このように環境への素制約の追加は、単一化可能なものはなるべく単一化して、素制約の数の増加が最小になるようにするという最小化の原則<sup>(9)</sup>に従って行う。

### 共有の制約に関する文脈規則

$$\begin{aligned} & \text{c\_rule}(\text{share}(\text{R}, 1), \langle \text{E}, \text{T} \rangle, \langle \text{E}, \text{T} \rangle, \\ & \quad \text{precond}([\text{mem}(\text{name}(\text{R}, \text{X}), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{hold}(\text{X}, \text{sp}(\text{I})), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{well\_know}(\text{X}), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{name}(\text{R}, \text{Y}), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{hold}(\text{Y}, \text{sp}(\text{I}! \text{y})), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{well\_know}(\text{Y}), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{name}(\text{R}, \text{Z}), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{hold}(\text{Z}, \text{sp}(\text{I}! \text{y}! \text{I})), \text{E}), \\ & \quad \quad \text{mem}(\text{well\_know}(\text{Z}), \text{E})]), \\ & \quad \text{body}([\ ])). \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、述語  $\text{mem}(\text{Sgm}, \text{E})$  は素制約  $\text{Sgm}$  が環境  $E$  中に存在するとき成功する。制約  $\text{share}(\text{R}, 1)$  に関する写像では文脈は変化しない (写像は恒等写像) が、この写像は前提条件を持つ。この前提条件は制約  $\text{share}(\text{R}, 1)$  の定義 1 を反映したものである。すなわち、この制約に関する写像が行われるためには、知識領域  $\text{sp}(\text{I}), \text{sp}(\text{I}! \text{y}), \text{sp}(\text{I}! \text{y}! \text{I})$  における名前  $\text{R}$  の個体  $\text{X}, \text{Y}, \text{Z}$  がいずれも  $\text{well-know}$  でなければならない。この前提条件が満たされないときは、この制約は制約集合に含まれ得ない。つまり、相手が不適切な発話を行ったか、自分が不適切な発話を行おうとしていることになる。

制約  $\text{share}(\text{R}, 0)$  に関する文脈規則は式(7)の前提条件の内容に否定をかけたものである。

## 照応化可能性の制約に関する文脈規則

$$c\_rule(anaphor(R, 1), \langle E, T \rangle, \langle E, T \rangle, \\ precond([\text{element}(R, T)]), \\ body([\ ])). \quad (8)$$

ここで、述語  $\text{element}(R, T)$  は名前  $R$  が話題構造  $T$  中に存在するとき成功する。制約  $\text{anaphor}(R, 1)$  に関する写像でも文脈は変化しないが、この写像も前提条件を持つ。この前提条件は制約  $\text{anaphor}(R, 1)$  の定義 2 を反映したものである。すなわち、この制約に関する写像が行われるためには、名前  $R$  が話題構造  $T$  中に存在しなければならない。4・3 節で述べるように、この条件を利用して照応表現の先行詞の同定を行える。

制約  $\text{anaphor}(R, 0)$  に関する文脈規則は式(8)の前提条件の内容に否定をかけたものである。

## 4・3 文脈解析の例

A 1: 昨日ヨーコが来た。

A 2: あの娘はユキという娘を連れてきた。

A 3: その娘はかわいかったよ。

という対話において、 $B$  が名詞句『ユキという娘』『その娘』を解析する様子は以下ようになる。

## 『ユキという娘』の解析

発話文 A 1 の解析によって  $B$  は以下のような文脈  $C_1$  を得ている (ただし、個体や名前以外に関する素制約は省略した)。

環境  $E_1$ :

$$\{\text{name}(yoko, e(1)), \\ \text{name}(yoko, e(2)), \\ \text{name}(yoko, e(3)), \\ \text{hold}(e(1), \text{sp}(I)), \\ \text{hold}(e(2), \text{sp}(I! y)), \\ \text{hold}(e(3), \text{sp}(I! y! I)), \\ \text{well\_know}(e(1)), \\ \text{well\_know}(e(2)), \\ \text{well\_know}(e(3))\} \quad (9)$$

話題構造  $T_1$ :

$$\langle \text{nil}, [\text{yoko}], [\ ] \rangle \quad (10)$$

$A$  が『ヨーコ』という裸の形式の名詞句を使ったことからわかるように、名前  $yoko$  の個体は共有されている。発話文 A 2 から得られる制約集合を用いた写像のうち、次の部分が名詞句『ユキという娘』の解析に相当する。

\* 6 個体  $e(4), e(6)$  が  $\text{well-know}$  でないということは、制約  $\text{share}(yuki, 0)$  だけからはでてこない。ここでは、発話文 A 2 からの語用論的な情報によってこれがわかっているものとする。

$$C_1[\text{anaphor}(yuki, 0)] C_{11}[\text{share}(yuki, 0)] C_{12} \\ [\text{name}(yuki, X)] C_{13}[\text{hold}(X, \text{sp}(I! y))] C_{14} \quad (11)$$

前半の二つの制約に関する写像はいずれも前提条件を満たし、恒等写像 ( $C_{12}=C_{11}=C_1$ ) が行われる。後半の二つの制約に関する写像では、文脈規則(6)を適用することにより、個体  $X$  がユニークな値 ( $e(5)$  とする) に具体化され、新しい制約  $\text{name}(yuki, e(5)), \text{hold}(e(5), \text{sp}(I! y))$  が環境に追加される。

## 『その娘』の解析

発話文 A 2 の解析によって  $B$  は以下の文脈  $C_2$  を得ている\*6。

環境  $E_2$ :

$$E_1 \cup \{\text{name}(yuki, e(4)), \\ \text{name}(yuki, e(5)), \\ \text{name}(yuki, e(6)), \\ \text{hold}(e(4), \text{sp}(I)), \\ \text{hold}(e(5), \text{sp}(I! y)), \\ \text{hold}(e(6), \text{sp}(I! y! I)), \\ \text{well\_know}(e(5))\} \quad (12)$$

話題構造  $T_2$ :

$$\langle \text{yoko}, [\text{yuki}], [\ ] \rangle \quad (13)$$

$A$  が『ユキという娘』という引用形式の名詞句を使ったことからわかるように、名前  $yuki$  の個体は共有されていない。発話文 A 3 から得られる制約集合を用いた写像のうち、次の部分が名詞句『その娘』の解析に相当する。

$$C_2[\text{anaphor}(R, 1)] C_{21}[\text{share}(R, 0)] C_{22} \\ [\text{name}(R, Y)] C_{23}[\text{hold}(Y, \text{sp}(I! y))] C_{24} \quad (14)$$

前半の二つの制約に関する写像は、照応表現の先行詞の同定に相当する。制約  $\text{anaphor}(R, 1)$  に関する写像は、文脈規則(8)を適用することにより、 $R=yuki$  または  $yoko$  のとき恒等写像として行われる。これらの  $R$  の値のうち、 $R=yuki$  のときのみ、制約  $\text{share}(R, 0)$  に関する写像が恒等写像として行われる。これは指示詞『その娘』の先行詞として名前  $yuki$  を同定したことを表す。このように本モデルにおいては、照応表現の先行詞の同定は特別な手続きを用いるのではなく、談話管理理論の図式に基づく文脈の写像の際の副作用として行われる。

式(14)の後半の二つの制約に関する写像は、名前  $yuki$  の個体  $Y$  を知識領域  $\text{sp}(I! y)$  中から探す処理に相当する。制約  $\text{name}(yuki, Y)$  に関する写像は、文脈規則(6)を適用した結果恒等写像となるが、このとき式(12)より  $Y=e(4), e(5), e(6)$  の3通りの可能性がある。次に制約  $\text{hold}(Y, \text{sp}(I! y))$  を処理すると、 $Y=$

e(4), e(6) の場合には新しい制約  $\text{hold}(Y, \text{sp}(I! y))$  ( $Y$  は e(4) または e(6)) が環境  $E_{23}$  に追加されるが,  $Y = e(5)$  の場合には制約  $\text{hold}(e(5), \text{sp}(I! y))$  が環境  $E_{23}$  中にすでに存在するため環境は不変である. このような場合には, 後者の処理が選ばれる. これは合成写像

$C_{22}[\text{name}(yuki, Y)] C_{23}[\text{hold}(Y, \text{sp}(I! y))] C_{24}$  に関して最小化の原則を適用した結果である.

#### 4・4 文脈生成の例

A 1: 昨日ヨーコが来た.

A 2: あの娘はユキという娘を連れてきた.

B 3: その娘はかわいかったか.

という対話において, B が名詞句『その娘』を生成する様子は以下ようになる.

##### 『その娘』の生成

発話文 A 1, A 2 の解析によって B は式(12), (13)で表される文脈  $C_2$  を得ている. 発話内容には個体 e(6) を言語化せよという要請が含まれているとする. まず, 個体 e(6) から名詞句を生成するために, 発話文 B 3 を作る制約集合のひな型に次の部分を加える.

$$\{\text{name}(R, e(6)), \\ \text{hold}(e(6), \text{sp}(I! y! I)), \\ \text{share}(R, P), \\ \text{anaphor}(R, Q)\} \quad (15)$$

発話文 B 3 を作る制約集合のひな型を用いた写像のうち, 次の部分が名詞句『その娘』の生成に相当する.

$$C_2[\text{hold}(e(6), \text{sp}(I! y! I))] C_{21} \\ [\text{name}(R, e(6))] C_{22} \\ [\text{share}(R, P)] C_{23}[\text{anaphor}(R, Q)] C_{24} \quad (16)$$

前半の二つの制約に関する写像は, 知識領域  $\text{sp}(I! y! I)$  中の個体 e(6) の名前を探す処理に相当する. この写像は恒等写像として行われ, 副作用として  $R = yuki$  が得られる. 後半の二つの制約に関する写像は, 名前 yuki を言語化する際の表現形式を決める処理に相当する. 制約  $\text{share}(yuki, P)$  に関する写像は,  $P = 0$  のとき恒等写像として行われる. 同様に, 制約  $\text{anaphor}(yuki, Q)$  に関する写像は,  $Q = 1$  のとき恒等写像として行われる. 3・2 節で見たように, ここで値の定まった制約からは名詞句『その娘』が生成される. このように本モデルにおいては, 名詞句の表現形式の決定も特別な手続きを用いるのではなく, 談話管

理理論の図式に基づく文脈の写像の際の副作用として行われる.

このようにして, B は名前 yuki を照応表現として生成できることがわかった. しかし, B が実際に照応表現を用いるためには, さらに次の手続きを踏まなければならない. ある名詞句を照応表現として生成するかどうかは, その照応表現が使われたとき相手が先行詞を正しく同定できるかどうかによる. そこで次に, A による照応表現の解析過程をシミュレートする.

$$C_2[\text{anaphor}(G, Q)] C_{25}[\text{share}(G, P)] C_{26} \quad (17)$$

によって, 照応表現を用いた場合の A の解析過程のシミュレーションを行う\*7. ただし, P, Q の値は上述の表現形式の決定処理において求めたもので, 今の場合  $P = 0, Q = 1$  である. この結果, 前節と同様にして  $G = yuki$  が一意に得られるので, 指示詞『その娘』によって相手が先行詞を正しく同定できることになる. そこで名前 yuki を照応表現によって生成することを決定する. もし, 相手が先行詞を正しく同定することができないとわかれば, B は制約集合のひな型を変更して制約  $\text{anaphor}(yuki, 1)$  を  $\text{anaphor}(yuki, 0)$  に置き換えなければならない.

## 5. おわりに

本稿では, 意味の関係理論の一種である談話管理理論を用いて対話処理をモデル化した. 本モデルでは, 文脈処理を談話管理理論の図式に基づく一般的な過程として捉え, 名詞句の解析や生成がその過程の中で特別な手続きを用いることなく暗黙に実現されることを具体例によって示した.

本稿で扱った名詞句の使い分けに関連する研究としては, 共有信念モデルを用いた「コ/ソ/ア」の使い分けに関する吉本の研究<sup>(10)</sup>や焦点の推移に基づく談話の構造と照応表現の使用についての Sidner の研究<sup>(6)</sup>などがある. 前者は対話のある場面で指示詞として「ア」を用いるか「ソ」を用いるかに関するものであり, 後者は対話のある場面で照応表現を用いるか名前を用いるかに関するものである. この両者は従来別個の問題として論じられており, それらの対話処理への応用も個別的な手続きによってなされていた. 本稿では, 文脈に対する制約という概念によってこれらの問題を捉え, 文脈規則という統一的な記述と談話管理理論の図式という一般的な処理の原理を用いることによって, 個別的な手続きを用いることなく両者をうまく統合することができた.

このように, 自然言語処理を個別的な手続きの集ま

\*7 これは相手の処理のシミュレーションであるから, 知識の入れ子のレベルをもう一段深いところまで考慮しなければならない. そのため, 文脈規則(7)中の  $\text{sp}(I)$  などの定数を (入れ子のレベルを一段シフトできるように) パラメータ化する必要がある.



りとしてでなく、統一的な方法で行うことには、①システムを構築する際の見通しを良くする、②作成されたシステムの拡張を容易にするなどの利点がある。本研究は、広範囲の情報を扱う統合的な自然言語処理システムを作る際に不可欠といえる、これらの条件を備えたモデルに関する基礎的な研究として位置づけられる。

その反面、本モデルのように一般的な処理方法を用いるモデルでは、システムが大きくなって取り扱う制約が多くなると、処理の制御が複雑化し、実行効率が悪くなるという欠点もある。本モデルは論理型言語

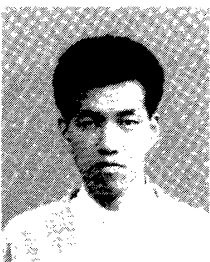
Prolog を用いて計算機プログラムとして実現されているが、現在のプログラムでは、制約の処理順序はプログラム中に明示的に書かれている。制約の処理順序が適切でないと、プログラムの実行効率を低下させるだけでなく、最小化の原則を満たさない不適切な写像を行ってしまう場合もある。このような制約処理の制御は、制約解消を用いるモデルに共通する重要な課題であり、ヒューリスティクスによって制約解消の過程を制御するさまざまな方法が提案されている<sup>(11)</sup>。このような制約解消系の上に本モデルを実現することが今後の課題である。

#### ◇ 参 考 文 献 ◇

- (1) Barwise, J. and Perry, J.: *Situations and Attitudes*, MIT Press, Cambridge, Mass. (1983).
- (2) 田窪行則：文脈理解一文脈のための言語理論，情報処理，Vol. 30, No. 10, pp. 1191-1198 (1989).
- (3) Fauconnier, G.: *Espaces Mentaux*, Edition de Minuit, Paris (1984).  
日本語版 坂原，水光，田窪，三藤訳：メンタル・スペース，白水社 (1987).
- (4) 伝 康晴：メンタル・スペース理論の形式化に向けて，認知科学の発展，Vol. 3, 日本認知科学会編，pp. 117-152, 講談社 (1990).
- (5) 金水 敏・田窪行則：談話管理理論からみた日本語の指示詞，認知科学の発展，Vol. 3, 日本認知科学会編，pp. 85-116, 講談社 (1990).
- (6) Sidner, C. L.: Focusing in the Comprehension of Definite Anaphora, in Brady, M. and Berwick, R. C. eds. *Computational Models of Discourse*, pp. 267-330, MIT Press, Cambridge, Mass. (1983).
- (7) Gunji, T.: *Japanese Phrase Structure Grammar*, D. Reidel, Dordrecht (1987).
- (8) Hobbs, J. and Kameyama, M.: Translation by Abduction, *Proc. of COLING'90*, Vol. 3, pp. 155-161 (1990).
- (9) 堂坂浩二：対話参加者の心的状態に関する制約を用いた文脈処理手法，ディスコースと形式意味論ワークショップ予稿集，pp. 123-132 (1989).
- (10) Yoshimoto, K.: On Demonstratives KO/SO/A in Japanese, 言語研究，第90号 (1986).
- (11) 橋田浩一：エネルギー最小化法による記号的推論の制御，日本認知科学会第7回大会発表論文集，pp. 54-55 (1990).

〔担当編集委員：堀浩一，査読者：西田豊明〕

#### 著 者 倉 介



伝 康晴(学生会員)

1988年京都大学工学部電気工学第二学科卒業。現在、同大学院博士後期課程在学中。自然言語処理の研究に従事。情報処理学会、日本認知科学会、日本ソフトウェア科学会各会員。1991年4月より、ATR自動翻訳電話研究所滞在研究員。



長尾 真(正会員)

1959年京都大学工学部電子工学科卒業。1961年同大学院修士課程修了。京都大学工学部助手、助教授を経て、1973年10月より京都大学工学部教授。1976年より国立民族学博物館併任教授。情報処理、特にパターン認識、画像処理、言語情報処理、機械翻訳などの研究に従事。情報処理学会前理事。