

# 音声対話の特質と言語処理技術

## Technologies of Spoken Dialogue Processing

田中 穂積\*  
Hozumi Tanaka

\* 東京工業大学大学院情報理工学研究科  
Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology.

1996年11月21日 受理

Keywords: spontaneous speech, spoken dialogue, language processing, ill-formed sentence, GLR.

### 1. ま え が き

音声を用いてコンピュータと人間が対話を行う音声対話システムは、音声処理と言語処理とを統合化した立場から研究すべきだという指摘が多くの研究者によってなされている。70年代のこの種の研究の典型は、米国における Speech Understanding 計画であったが、当時の音声処理技術、言語処理技術、コンピュータ技術とも現在から見ると未熟な段階に留まっていたこともあり、十分な成果をあげるにいたらなかった。1980年代に入り、主として音声処理、音声認識に関する統計的な手法の有効性が明らかになり、コンピュータ技術の進展とともに、音声対話システムの実現に向けた研究が活発化してきた。一方、言語処理技術の進展も著しく、我が国でも、平成5年度に文部省の科学研究費補助金「重点領域研究：音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究」が取り上げられ、平成7年度まで3年間研究が行われた。この重点領域研究は、音声・言語だけでなく概念をも包含した統合処理を行う計算モデルを構築するための基礎研究を行うために組織された。我々のB班は「音声対話における言語の解析と生成に関する研究」を行った。対話表現には、文として書かれた表現には見られない現象がある。そこでB班が中心になり、対話表現の多様性について分析検討するWG（対話表現における多様性WG）を組織した。以下ではB班の研究成果の一端と多様性WGで行った分析結果の概要を述べる。

### 2. 音声対話の特質

「対話表現における多様性WG」では、音声対話を含む一般の対話表現における言語現象の多様性を二つの軸に分けて分類整理している。第一の軸は、音声、言語、対話状況という軸である。音声は音響レベルと音韻レベルに細分類される。言語は、形態素レベル、統語レベル、意味レベルに細分類される。対話状況は語用論や対話に直接関係するものである。第二の軸は、情報が不足しているか過多であるかという軸である。自然言語処理の立場からは、情報の不足は処理結果の曖昧性を増大させることになるので問題である。音声対話の特質の多くは、この第二の軸に関連するものが多い。以下では、「対話表現における多様性WG」の報告書の中から音声対話に直接関連するものを抜きだして音声対話の特質を述べてみたい[田中 96c]。ここで音声対話というとき、自然な発話 (spontaneous speech; 自由発話) に現れるはなし言葉を対象としている。

#### 2.1 音 声

##### (1) 情報不足 (漠然性, 曖昧性)

###### ● 同音異義語

- 「あめ」(雨, キャンディ)
- 「くも」(雲, 蜘蛛), 「こうしょう」(交渉, 公称, 考証, 校章, ...)

##### (2) 情報不足 (省略)

###### ● 発声のなまけ

- 「そすと」(そうすると), 「たいく」(体育), 「病院-美容院」

- 縮約
  - 「やめたきゃやめりゃいいじゃない」(止めたければ止めればいいではないか)
- (3) 情報過多
  - いい直し
    - 「ほ, ほくが」
- (4) エラー
  - 誤発声
    - 「スルリ満点」(スリル満点)

## 2・2 言 語

### (1) 情報不足(省略)

- 助詞欠落
  - 「行きます(?)」(「行きますか」,「行きますね」),「これ塩足しますか」(これに塩を足しますか)
- 格欠落
  - 「行きます」(僕が行きます)
- 述語の欠落
  - 「僕も」,「山田は?」
- 言いさし
  - 「山田ですが, ...」,「君も行けばいいのに, ...」

### (2) 情報過多(重複)

- 繰り返す
  - 「寒い, 寒い」,「確かにある, ある」
- いい直し, 言い換え
  - 「月曜, あっ, 火曜日」,「ほとんど並行に, 並行でやりますから」,「海外, つまり海の外では」

## 2・3 対 話 状 況

### (1) 情報不足

- 複数解釈
  - 「結構です」(肯定? 否定?),「はい」(肯定/否定/あいづち/提示/...)
- 間接言語行為
  - 「暑いですね」
- 断片文
  - 「だろうね」(「この家, 高いでしょうね」に対する応答)

## 2・4 そ の 他

- 分担表現
  - 「A: 山田さんが, B: 来たんだってね」(割り込みとも考えられる)

- 割り込み, 割り込みからの復帰
- 倒置
  - 「何ですか, これ」,「読んだよ, その本」
- 挿入
  - 「そういう材料, 材料っていうのかしら, ...」
- 間投語
  - 「えー, これが...」

## 2・5 検 討

音声対話に関連する言語現象はこのように多岐にわたるが, 上記した個々の言語現象が組み合わされる場合も多い。例えば, 「台風抜けちゃったでしょ, 日本海へ」では, 助詞の欠落, 縮約, 倒置が含まれている。

以上の他に丸山は, “はなし言葉においては, 書き言葉とは異なる助詞が使われることがある”ことを指摘している[丸山 96]。「とか」,「なんか」,「なんて」である。例えば「近くにゲレンデとかあるんですか」,「ピンクフラワーなんて喫茶店, 知らないわよ」,「こんなことが起きるなんて」など。また, はなし言葉の特質として断片的であることを指摘し, これが一語文につながり, 曖昧性をもたらす要因となるとして, 「お茶」という文を取り上げ, 以下のように述べている。「お茶」という表現は, 「それは何?」と聞かれた答として発話されれば, 「それはお茶だ」の意に解される。「何飲む?」に対しての答であれば, 「お茶を飲む」という意味である。「お茶をくれ」という意味で, 「お茶!」ということもある。お茶がこぼれそうなを見て, 「あ, お茶!」ということもある”。この種の一語文は, 2・3節(1)項の中の断片文として位置付けることができるが, 助詞の欠落についての言語学的な検討は[丸山 96]を参照されたい。

## 3. 音声対話における言語処理技術

前章では, 事例とともに音声対話の特質を様々な観点から分析・整理・検討した。それらの多くは, 既存の言語処理技術では対応が困難な言語現象であることが分かる。例えば助詞の欠落, 繰り返す, 言いさし, 言い直し, 倒置, 断片文, 間投語などを考えると, このことがよく理解できるだろう。既存の言語処理技術でこれらの言語現象に対応しようとする, 途中でエラーを発生し処理を終りまで続けることができない。既存の言語処理技術は脆く頑健性に欠けるのである。これまでの言語処理技術が主として書き言葉を対象としていたため, こうした言語現象に注意を向けることが少なかったことによる。

近年、音声対話の研究が活発になるにつれて、音声処理技術と言語処理技術を統合化する必要性が指摘され、言語処理技術の側に、新たな技術開発を促すことになった。本章では、まずはじめに、音声処理技術と言語処理技術とを統合化する研究について触れ、次に、音声対話に見られる言語現象の幾つかを解決するための言語処理技術の研究を紹介する。

### 3・1 音声情報と言語情報を統合化する技術

言語処理の結果は音声の分析に役立つことがある。日本語の場合、認識された単語が名詞であれば、次に助詞の存在が予測できる。こうした言語の側からの制約が、音声进行分析の際の予測情報として利用可能となり、予測の範囲を絞ることができる。音声情報と言語情報を柔軟に統合化するアルゴリズムとして一般化LR法 (GLR法<sup>\*1</sup>) をベースにしたものが北と伊藤により開発されている [伊藤 92, 北 90]。田中らの方法は、それをさらに整理しアルゴリズムを単純化したものである [田中 96b]。

連続音声として発話された文を音素の並びとして認識する手法を考える。そのため辞書項目を音素の並びとして記述してCFGに加える。辞書項目の記述を以下のようにする。

$$\begin{aligned} N &\rightarrow a k_1 i \\ N &\rightarrow a k_2 a \end{aligned}$$

記号  $k_1, k_2$  などは音素  $k$  の異音とよぶ。音素  $a$  と  $i$  で挟まれた音素  $k$  と、音素  $a$  と  $a$  で挟まれた音素  $k$  とは互いに音響的な性質が異なり、異音として区別する必要がある。異音とは音素環境に依存した音素モデルである。上記の例では各単語の先頭の音素と末尾の音素は、それぞれ左と右にくる音素が不明のため異音化されずに残されていることに注意。これは語接合の問題とよぶ。

まずはじめに、1) 辞書項目の記述、2) 各音素と異音化された音素とをつなぐCFG (例えば音素  $a$  に異音  $a_1$  と  $a_2$  があれば、 $a \rightarrow a_1, a \rightarrow a_2$  など)、3) 日本語なら日本語の文を解析するためのCFGを用意する。1), 2), 3) からLR表を作成する。LR表の作り方については [Aho 86] に詳しい。LR表は、GLR法に基づくパーザ (GLRパーザ) が次にどのような動作を行いどのような状態に移行すべきかを、パーザの現在の状態と先読み記号とから決める重要な表である。LR表には1), 2) の音素レベルの制約と言語レベルの制約

が組み込まれているので、このLR表を用いた処理は、音声情報と言語情報を完全に統合化した処理になっていることに注意したい。

LR表の例 (一部) を以下に示す。

状態	先読み	アクション			
		...	$k_1$	$k_2$	...
⋮					
$i$			sh $j$		
⋮					
$j$				sh $m$	
⋮					

上記のLR表では、GLRパーザが状態  $i$  で先読み音素が  $k_1$  のときに、sh  $j$  という動作を行い、記号  $k_1$  を処理してからパーザの状態を  $j$  に移行するということを意味している。音声認識では先読み音素 (異音) を決めるために次のようにLR表を利用する。

GLRパーザが状態  $i$  にあるとき、LR表で状態  $i$  に属す各アクションに対応する先読み音素  $k_1$  などを見だし、 $k_1$  などを予測音素 (異音) として音素探索の範囲を絞り込み音素認識の精度向上をはかるのである。

隣接する異音間には接続可能なものと接続不可能なものがある。隣接する異音間の接続可能性を表形式で表したものを異音接続表と以下ではよぶことにすると、上記したLR表にはこの異音接続表の制約が組み込まれていない。異音接続表の制約は次のようにしてLR表に組み込むことができる [Li 96, Tanaka 95, 田中 96a]。このLR表を例にしてその概略を説明する。

GLRパーザが状態  $i$  で sh  $j$  という動作により異音  $k_1$  を処理して状態  $j$  に移行したとき、先読みが  $k_2$  であることが分かれば、次の動作 sh  $m$  を引き続き行うことができる。これは、 $k_1 k_2$  という異音の連鎖を処理していくことを意味している。

ところがこのとき異音接続表で、 $k_1 k_2$  という連鎖が許されていないならば、処理を続行する意味がない。そこで、異音  $k_1$  を処理してから状態  $j$  で行う動作 sh  $m$  をLR表から除去し、それ以後の処理を続行不可能にする。このようにして異音接続表の制約に従って、LR表中の動作を取り除く。その結果、連鎖反動的に、それ以外の動作が除去可能になることがある。

例えば上記のLR表で状態  $j$  の sh  $m$  が除去された結果、状態  $j$  に動作が一つもなくなってしまえば、状態  $j$  に移行する動作 sh  $j$  を実行する意味がなくなるので、LR表中のすべての sh  $j$  を除去することができる。sh  $j$

\*1 GLR法は、CFGが扱えるようLR法を拡張したバージョンアルゴリズムである [Tomita 86]。

の除去が他の動作の除去を促すこともある。我々はこれを制約伝播とよんでいる [Li 96, 田中 96a]。

こうして異音接続表の制約を LR 表に組み込むことにより、大量の動作が LR 表から除去され、結果的に語接合の問題を解決し、予測音素の精度をさらに向上させることができる。なぜなら、ある状態に存在する動作の数が少なくなればなるほど、それに対応する予測異音の数も減少するからである。

以上に述べた方式は、GLR 法という処理の枠組のみを用いて、音声情報と言語情報とを完全に統合化することができるだけでなく、音声認識における音素予測の精度を向上させることができる。このことは実験により確認されている。また LR 表に音素間のバイグラム統計情報を組み込むことにより、さらに精密な音素予測を行うことが可能なことも報告されている [Li 96]。

### 3・2 頑健な言語処理技術

音声対話には既存の言語処理技術では対応不可能な言語現象が多く含まれていることをすでに述べた。既存の言語処理技術でこれらの言語現象に対応すると、途中でエラーを発生し処理を終りまで続けることができず、脆く頑健性に欠ける。音声対話を処理するための頑健な言語処理技術について、本節では、松本、斉藤の研究を紹介するが、2章で列挙したすべての言語現象をカバーするものではない。以下では、音声対話文にしばしば出現する語句の欠落（助詞・格・述語）、繰り返し、倒置、間投語などを含む文を不適格文とよぶことにする。

#### 〔1〕コストと報酬に基づく不適格文の処理

松本らは、不適格文を以下のように三つに分類し、コストと報酬に基づく不適格文処理の枠組を提案している [松本 96]。

タイプ 1 統語的および意味的な制約違反

タイプ 2 構造違反

タイプ 3 文脈情報を必要とする不完全で断片的な句

タイプ 1 の典型は a boys などの数の不一致であるが、その他に助詞の欠落もここに含める。タイプ 2 には倒置（「私は読みました、その本を」）が含まれる。タイプ 3 には省略や格要素の欠落が分類される。タイプ 2, 3 の不適格性を処理するためには語の結合価値情報や文脈情報を必要とする。タイプ 1 の不適格文は単一化文法 [Shieber 86] の枠組では、単一化の失敗として捉えることができるが、コストと報酬に基づく方法では、単一化を拡張したコスト付き単一化を行う。コスト付き単一化は以下の性質をもつ。

(1) 単一化する素性構造に矛盾した情報が含まれて

いない場合、通常の単一化と等価である。

(2) 単一化する素性構造に矛盾した情報が含まれている場合、

(a) 常に成功する、

(b) 単一化の結果にコストを付与、

(c) 単一化の結果として矛盾した情報を保持する。

例えば NUMBER 素性の値が singular と plural である二つの素性をコスト付き単一化した結果は、 $T\{\text{singular, plural}\}$  として、矛盾が含まれていることを記号 T で表しコストを付与する。

システムの構成は、一文内処理プロセスと文脈処理プロセスからなる。一文内処理プロセスは、適格文処理プロセスと不適格文処理プロセスに分けられる。使用する CFG 規則には、コスト付き単一化を行う制約が付加されているものとする。

適格文処理プロセスでは、規則の適用にあたりコスト付き単一化を行わず、規則の適用結果と、規則に付与されたコスト付き単一化の条件（制約条件）をメタプロセスに送り、矛盾があるかどうかを調べてもらう。矛盾がなければ適格文処理プロセスに制御を返し処理を続行する。矛盾があれば、メタプロセスはそれまでの部分解析結果をすべて不適格文処理プロセスに送る。不適格文処理プロセスは、失敗を回復するために、部分解析結果のうちからどれを選択するかを決めなければならない。このとき、回復を行った効果（報酬）が最も大きく、コスト最小の部分解析結果を選択し、回復を施してから、適格文処理プロセスを続行する。回復には、タイプ 1 の不適格性（例えば欠落した助詞の補強）を扱ったり、タイプ 2 の倒置（位置を変える）や間投語（スキップする）、繰り返し（スキップする）、いい直し（直前の語、句をスキップする）などを行う。タイプ 3 は文脈処理を必要とするが、この部分に関する詳細な検討は今後の課題とされている。

コストと報酬に基づく方式は、失敗が生じた段階で制約を緩和して処理を続ける従来の方法と次の点で異なる。まず失敗の原因を制約違反として捉え、その制約違反がどの程度のものか（コスト）、制約を緩和したときどのような構造が生成されるか（報酬）という指標を考え、コスト最小・報酬最大の処理結果を解とする。したがって、複数個の解を同時に保有する横型探索をベースにしている。従来の方法が、制約違反の緩和を、縦型探索のバックトラックに頼っていたため、複数個の解の中から適切な解を取り出すことが困難であったのと良い対照をなす。しかしコストと報酬の計算方式に関してはオープンであり、そのための種々の

計算方法の提案と、いずれが最適であるかを検討するための詳細な実験を行う必要がある。タイプ3の不適合文の処理については、文脈処理技術の成熟をまたねばならないだろう。

## 〔2〕 GLR 法に基づく不適合文の処理

典型的な統語解析アルゴリズムである GLR 法の利点を生かした不適合文処理の方法が提案されている [Lavie 93, 斉藤 96]。[Lavie 93] はノイズな部分の単なる飛び越し技術であるが、斉藤は LR 表を用いて不適合文を適合文となるよう、語の置換、語の飛び越し、語の挿入、ギャップ埋めを行う技術を開発した [斉藤 96]。このとき用いる CFG では、語が先読み記号となる場合を想定している。ギャップ埋めは、語の上位に位置する非終端記号の挿入を行うものである。以下の説明では、GLR 法に関する知識を前提にしているが、これは [Tomita 86] に詳しい。

スタックの先頭の状態 (GLR パーザの状態) を  $s$ 、先読み記号を  $a$  とするとき、動作関数  $\text{action}(s,a)$  はその時点での動作 (シフト, 還元, 受理, error) を返す。還元動作後、スタックの先頭の状態を  $s$ 、還元された非終端記号を  $A$  とすると、 $\text{goto}(s,A)$  は、 $A$  をスタックに積んだ後のスタックの先頭の状態を返す。

入力語列  $x_1, x_2, \dots, x_n$  において、語  $x_i$  が先読み記号でパーザの状態が  $p_i$  において  $\text{action}(p_i, x_i) = \text{error}$  となったとき、次の四つの回復操作で処理を続行する。  
語置換  $x_i$  を、 $\{y_i \mid \text{action}(p_i, y_i) \neq \text{error}\}$  となるすべての  $y_i$  で置き換え、処理を続行する。

語飛び越し  $x_i$  を無視し、 $\{x_{i+1} \mid \text{action}(p_i, y_i) \neq \text{error}\}$  となる  $x_{i+1}$  について処理を続行する。

語挿入  $x_i$  の前に  $\{y_i \mid \text{action}(p_i, y_i) \neq \text{error}\}$  となるすべての  $y_i$  を挿入し、処理を続行する。

ギャップ埋め

$\{NT_i \mid \text{action}(\text{goto}(p_{j(<i)}, NT_i), x_{i+1}) \neq \text{error}\}$  となるすべての非終端記号  $NT_i$  を見つけ、 $x_i$  を含む部位を  $NT_i$  で置き換える。

ギャップ埋めの操作によりダミーの非終端記号を、文法的に適合な位置に挿入することが可能となるが、探索空間の増大を防止することが必要になる。挿入されたダミーの非終端記号については、「この非終端記号がこの場所にあるはずだ」という条件下で再度音声認識をやり直す方法と、その部位のみをもう一度話者に発話してもらう方法が考えられるが、斉藤は後者の方法を採用している。

ギャップ埋めの操作以外のものも、一般に複数の回復操作が不必要に適用される場合には、探索空間、計算量とも大幅に増大するため、それを回避する技法に

ついて今後研究する必要がある。

## 4. おわりに

不適合文の処理の中で、助詞の欠落を補うためには、助詞が欠落した名詞句の意味的な性質、動詞との結合価などを利用する必要がある。このとき、概念間の上位・下位関係に関する知識 (シソーラスの一部) が必要になることがある。鶴丸は国語辞典の語義文から半自動的に得た関係付けデータを利用した、上位・下位関係、部分・全体関係に関するシソーラス (見出し概念数約 80,000) を開発している [鶴丸 96]。この貴重なシソーラスが著作権の問題のために一般に公開されていないのは残念なことである。欠落した助詞の補強については、[鶴丸 96] とともに [奥村 96] の方法も注目される。

以下では紙頁の都合で本文中に触れることができなかった B 班の研究の概略を述べる。

- (1) 従来の派生に基づく理論ではなく、制約に基づく理論をベースにした日本語の音韻論と形態論を構築した。これは、言語の構造を局所的な制約の相互作用によって記述する初めての試みである [郡司 96]。
- (2) 発話において話し手がもつことが必要な聞き手のモデルを構築する過程を解明するために、聴覚だけでなく聞き手の表情・動作などの視覚情報が重要になることを認知科学的な実験により明らかにした [阿部 96]。
- (3) 大量のコーパスが利用可能になるにつれて、確率文脈自由文法が音声認識における数学モデルとして利用されているが、確率文脈自由文法における書き換え規則の適用確率を推定する理論を構築した [日高 96]。
- (4) 助詞の欠落が著しい対話文の意味解析を行うために、コーパスから抽出した動詞と名詞の共起情報を利用する方法を提案するとともに、語義の曖昧性を解消するために、談話のつながりを明示する表層情報を利用する方法を開発した [奥村 96]。
- (5) 被験者に動詞と格助詞付きの名詞を持つ文を与え、その受容度の強さを統計的に分析することにより、名詞と動詞の意味分類を行う方法を提案し、受容度は高いが動詞との親和性が低い名詞を持つ文を比喩文として同定する方法を開発した [石崎 96]。
- (6) 情景描写文の文末の述語句の性質により、たとえ現在時制であっても「た」を選択する機構を明

らかにした。文中の助詞の格付与の過程についても分析した。これらの結果は文生成の基礎となるものである [佐藤 96]。

- (7) 発話者の願望、感情の変化などに応じた発話と行動が可能なシステムを作成した。心的過程にまで踏み込み、さまざまなエージェントが活性化したり不活性化して全体として一つの目的を達成するモデルを組み込んだ発話生成と行動を伴うシステムを作成した [岡田 96]。

### ◇ 参 考 文 献 ◇

- [阿部 96] 阿部純一：対話文の認知科学的研究，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [Aho 86] Aho, A., Ravi, S. and Ullman, J.: *Compilers, Principle, Techniques, and Tools*, Addison-Wesley (1986)。
- [郡司 96] 郡司隆男：対話文の言語学的研究，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [日高 96] 日高 達：対話文理解のための確率文法の設計法，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [石崎 96] 石崎 俊，田中茂範，今井むつみ：対話文理解のための解析手法と認知意味論的モデルの研究，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [伊藤 92] 伊藤克直，速水 悟，田中穂積：音素文脈依存モデルと高速な探索手法を用いた連続音声認識，信学論，Vol. J75-D-II, No.6, pp.1023-1030 (1992)。
- [Lavie 93] Lavie, A. and Tomita, M.: An Efficient Noise-skipping Parsing Algorithm for Context-Free Grammars, *Int. Workshop on Parsing Technologies*, pp.123-134 (1993)。
- [Li 96] Li, H.: *Integrating Connection Constraints into a GLR Parser and its Applications in a Continuous Speech Recognition System*, Department of Computer Science Tokyo Institute of Technology, TR96-0003 (1996)。
- [北 90] 北 研二，川端 豪，齊藤博明：HMM 音韻認識と拡張 LR 構文解析法を用いた連続音声認識，情処学論，Vol.31, No.3, pp.472-480 (1990)。
- [丸山 96] 丸山直子：対話文における，いわゆる「助詞の脱落」に関する研究，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [松本 96] 松本裕治：対話文理解のための対話文の解析—対話文解析のための文法的不適格処理の統合的枠組，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [岡田 96] 岡田直之：対話文の生成，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [奥村 96] 奥村 学：音声対話理解のための言語解析手法に関する基礎的研究—自立語のみを用いた音声対話文の意味解析，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [齊藤 96] 齊藤博昭：音声対話における自由発話理解の研究—一般 LR 構文解析法に基づいて，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [佐藤 96] 佐藤 滋，福地 肇，板垣完一：日英語対話文における時間の直示・照応表現の生成に関する研究—「情景描写文における時制辞の機能」および「助詞への格役割の付与過程」，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [Shieber 86] Shieber, S.M.: *An Introduction to Unification-Based Approaches to Grammar*, CSLI Lecture Note, 4, CSLI (1986)。
- [Tanaka 95] Tanaka, H., Tokunaga, T. and Aizawa, M.: Integration of Morphological and Syntactic Analysis based on LR Parsing, *J. Natural Language Processing*, Vol.2, No.2, pp.59-74 (1995)。
- [田中 96a] 田中穂積：パーズング—制約統合型モデルの提案，人工知能学会誌，Vol.11, No.4, pp.507-513 (1996)。
- [田中 96b] 田中穂積：言語情報と音声情報の統合処理，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [田中 96c] 田中穂積：音声対話表現における多様性，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。
- [Tomita 86] Tomita, M.: *Efficient Parsing for Natural Language*, Kluwer Academic Publishers (1986)。
- [鶴丸 96] 鶴丸弘昭：対話文理解のためのシソーラスの構築〈国語辞典に基づくシソーラスの構築について〉，音声・言語・概念の統合的処理による対話の理解と生成に関する研究，研究成果総合報告書 (1996)。

### 著 者 紹 介



田中 穂積(正会員)

1964年東京工業大学工学部情報工学科卒業。1966年同大学院理工学研究科修士課程修了。同年，電気試験所（現電子技術総合研究所）入所。1980年東京工業大学助教授。1983年同大学教授。現在，同大学院情報理工学研究科計算工学専攻教授，工学博士。人工知能，自然言語処理に関する研究に従事。情報処理学会，電子情報通信学会，日本認知科学会，言語処理学会，計量国語学会各会員。

(tanaka@cs.titech.ac.jp)