

移植性の高いデータベース検索用 音声対話システムの試作

小暮 悟 中川 聖一

豊橋技術科学大学 情報工学系

〒441-8580 豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘 1-1

近年、音声認識技術や言語処理技術の要素技術に関しては確立しつつあり、実用化に向けシステム開発が進んでいる。実用化などを考慮した場合、今までのような使い易さ、頑健性などに関する技術だけでは不十分であり、拡張性や移植性なども十分考慮する必要がある。

そこで我々は一般的なデータベースと対話例を用意するだけで音声によるデータベース検索ができる汎用性の高いデータベース検索システムについて検討し、文献検索システムを実際に試作した。言語理解部はデータベースなどを用意するだけで各種辞書を半自動で生成出来る。また、音声認識部、応答生成・対話制御部についても検討を行なったので報告する。

Development of a Portable Spoken Dialogue System for Database Retrieval

Satoru KOGURE and Seiichi NAKAGAWA

Department of Information and Computer Sciences

Toyohashi University of Technology, Tenpaku, Toyohashi, 441-8580, Japan

Recently the technology for speech recognition and language processing has been improved, and speech recognition systems and dialogue systems have been developed to be practical use. But if these systems will become practical, not only those fundamental techniques but also the techniques of portability and expansibility should be developed.

We designed a domain independent platform of spoken dialogue system for database retrieval, and applied the platform to a literature retrieval system. The various dictionaries for understanding can be semi-automatically created by preparing the databases, dialogue samples etc. A speech recognition part, a response generation part and a dialogue manager part are also reported.

1 はじめに

近年、音声対話システムの研究が広く行なわれている。最近では特に「ロボаст性」や「ユーザビリティ」に関する研究が、注目を集めている。我々も、タッチスクリーンと音声による入力とグラフィカルな出力を実現した富士山観光案内システムを開発し、音声認識・言語理解・応答生成・マルチモーダルインターフェースのそれぞれについて、頑強で使い易いシステムを目指して、今まで開発を行ってきた[1][2][3][4][5]。しかし、これらのシステムはあるタスクやドメインに限定した上での開発であり、処理データにはタスクやドメインに依存している部分が多量にあると考えられる。

現在では音声認識システムなどはかなり実用化に近いものも開発され、音声対話システムなどもこれから益々実用になると思われる。しかしながら、実際に新しい音声対話システムの構築には莫大なコストがかかり、そのため、これまで開発してきたシステムを他のドメイン用に変更したり、汎用的なシ

ステムを開発することが重要になってくることは間違いない。実際、「移植性」や「拡張性」を重要視する研究も行なわれてきている[6][7]。

PIA[6]というシステムは、複雑な音声対話システムでもプロトタイプを簡単に構築できる。Visual BASICを用いて実装され、認識のロボаст性と対話の自然さを両立させることに重点をおいている。このシステムは、タスクを知識探索に限定している。

REWARD(Real World Applications of Robust Dialogue)[7]というプロジェクトで試作しているシステムは、開発者がシステムの開発、デバッグを一括して管理でき、従来の音声対話構築よりも早い時間でシステムを構築することが出来る。このシステムは、電話音声対話についての実装を目指している。

OGI(Oregon Graduate Institute)のCSLU(Center for Spoken Language Understanding)で研究が勧められているCSLU Toolkit[8]というシステムは、音声に関する知識を全然持っていないでも音声を使ったアプリケーションを素早く構築する

ことが出来る。また、音声処理の他、自然言語理解、音声合成や顔画像アニメーションなどのアプリケーションについても同様に構築できる。このシステムは、教育用の言語学習アプリケーションや、音声対話システムの学習など、教育現場ですでに用いられている。しかし、各構成要素は複雑な文法を意味理解できないなど解析能力が限定されている。

田中らは、「情報検索」にタスクを限定することで、データベース自体には依存しない汎用的な情報検索音声対話についての研究を報告している [9]。このシステムでは、アプリケーション開発者は、複雑な文法、語彙の設定を行なうことなく、手持ちのデータベースに対しての音声対話による情報検索を利用することが出来るが、ユーザの発話できる内容をメニューに提示することでユーザの発話を制限している。

秋葉らは、マルチモーダルインターフェースの汎用性に関する研究を報告している [10]。彼らは、MILES というマルチモーダル対話記述言語を開発し、ジャンケンや地下鉄乗り換え案内などいくつかの対話タスクを実際に試作している。

荒木らは、音声対話システムにおけるタスクを「スロットフィリング」「データベース検索」「説明」「それ以外」に分割している [11]。前3つのタスクについては、その対話をスクリプト言語で記述できる。

我々は「音声対話システムにおける移植性」に関する考察をシステム開発を通して行なっている。ここでは一般的なデータベースを用意すれば音声対話によるデータベース検索ができる汎用性の高いデータベース検索音声対話システムの枠組を「文献検索」というタスクに適用した。すでに形態素解析辞書、意味解析辞書の自動生成については報告している [12]。今回、意味表現を SQL に変換するモジュールとデータベース検索部を一通り完成させた。また、音声認識部について試作・検討、応答生成・対話制御部についても考察を行なったので報告する。

2 移植性の高いデータベース検索システム

本節では、移植性の高いデータベース検索システムの構築について検討している。

2.1 使用データ

まず、タスクを適用する時に、そのタスク特有の知識としてどのようなデータを用意すれば良いかである。本システムでは以下のものをシステム開発者に用意してもらう。

- 一般に使用可能なデータベース
- (上の)データベースの各フィールドのフォーマット情報
- ユーザ発話文コーパス (対話例)

データベース検索システムということで、まず、検索対象となる (一般に公開されている) データベースが必要となる。また、そのデータベースにアクセスするために、データベース内の各フィールドのフォーマット情報を指定する。さらに、データベー

ス検索システムをタスク適応するために、ユーザ発話例の文集合が必要となる。システムの構築後に新しいデータを追加することは可能である。

2.2 辞書の生成

ユーザ発話文を解析する際に必要な辞書は、形態素解析辞書と意味辞書である。

前述の富士山観光案内では、形態素解析に京都大学で開発されている形態素解析アプリケーション JUMAN 3.2 [14] を利用している。データベース検索案内システムでも同様に JUMAN 3.2 を利用する。

形態素解析辞書のうち普通名詞辞書と固有名詞辞書は、データベースの項目やユーザ発話文コーパスから作成する。データベースのフォーマット情報には、データベースの各フィールドをどの辞書に登録するか情報が書かれており、そのデータに従って辞書を作成する。また、助詞辞書には、「に関する」「のような」といった話し言葉で頻出する格助詞相当句を格助詞として前もって登録しておく。その他の辞書については、デフォルトのものを使う。

次に、意味解析時に使用する意味辞書は、ユーザ発話文コーパスに存在する動詞と形容詞を格とした格フレーム情報と、データベースとユーザ発話文コーパスに存在する名詞の概念情報から構成されている。格フレーム作成時に必要となる格と名詞間の接続関係、名詞の概念情報は、EDR の日本語動詞共起パターン副辞書、日本語共起辞書、概念辞書等 [15] から抽出する。

EDR 電子化辞書は、多くのコンピュータ関連企業の出資の元で開発されてきた辞書で、25万単語の日本語単語辞書、40万概念の日本語概念辞書などを持つ。

2.3 意味表現の生成

前節により生成された形態素解析辞書と、意味辞書を用いて意味解析を行なう。前述の富士山観光案内で使用している意味理解部では、意味表現の統一化や省略語補完など、「富士山観光案内」というタスクに依存した処理が含まれているため削除し、それ以外の構文解析、意味解析、指示詞処理についてはそのまま使用する。

2.4 文献データベース検索システムへの適用

実際のタスク適応の大まかな流れを図 1 に示す。アプリケーション開発者はデータベース、ユーザ発話の文集合を用意し、辞書生成ツールを実行することによって、システムへのタスク適応を行なう。ここからは、「文献検索」を例にして説明していく。

2.4.1 データベースの準備

学術情報センターの文献検索システムの対話データ [16] から、電子情報通信学会誌、情報処理学会誌、日本音響学会誌、人工知能学会誌の日本語の論文情報 (3092 件) を実際に使用した。

次に、データベースのフィールド情報 (図 3) を用意した。このファイルは、データベースの各項目のデータの形式と、そのデータの処理の方法を定義している。例えば、図 3 の CTIN というフィールドを例にとる。これは、データベース (図 2) の、

TITL: 計算場における分散プロセスの準最適配置

AUTH: 上原, 稔 / 所, 真理雄

AUTE: Uehara, Minoru / Tokoro, Mario

CTIN: 情報処理学会論文誌

ABST: 「論文を執筆できる」ということは、大学教育における大きな到達目標のひとつであるに違いない。にもかかわらず、大学生にとって論文を書くことがどのような意味をもつのか、また大学人は学生に対して論文執筆をどのように教育したらよいのか、といった基本的な問いに対しては、従来、正面から答えられることが少なかった。本稿では、論文執筆の原点は、他者との交流を通じて自らの主張を節度をもって根拠づけることであるとの認識から出発し、レポートと論文の相違点、論ずるに足る主題とは何か、論拠の示し方などについて述べ、さらに、執筆上のトラブルや悩みの対処の仕方などを論じた。

KYWD: 大学教育 / 論文執筆の意義 / 「論文が書けない症候群」 / 「知の技法」 / 「知の論理」 / 論文執筆のトラブル / 主題と論拠 / よい論文と悪い論文 / 論文審査

図 2: 文献データベース

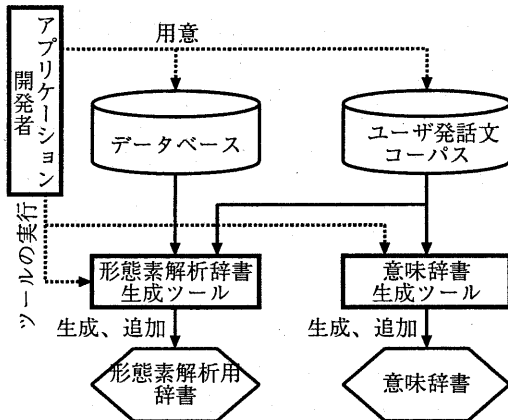


図 1: タスク適応

[CTIN:] という場所に学会の情報が書かれてあり、固有名詞の辞書に登録する必要があるということを示している。

2.4.2 形態素解析用辞書生成ツールの実行

データベース、ユーザ発話コーパス、フィールド情報を元に、形態素解析用の辞書を生成する。

著者についての例を図 4 に示す。同じように、キーワード、組織名についても辞書を生成していく。この例では、3092 件の論文の各データから、キーワード (5503 単語) とタイトルから抽出された名詞 (4008 単語) を普通名詞辞書に、名前 (姓+名、姓、6755 単語)、組織名 (4 単語) を固有名詞辞書にそれぞれ登録した。

```
S|TITL: |$|tit_j
R|AUTH: |,|/|$|aut_j1,aut_j2
R|AUTE: |,|/|$|aut_e1,aut_e2
S|CTIN: |$|ctin
R|KYWD: |,|/|$|keyword_japanese
$tit_j, SENTENSE
$aut_j1, WORD_REPEAT, 著者, 固有名詞
$aut_j1.$aut_j2, WORD_REPEAT, 著者, 固有名詞
$ctin, WORD, 学会, 固有名詞
$kywd, WORD_REPEAT, キーワード, 普通名詞
```

図 3: フィールド情報の例

データベース:

AUTH: 上原, 稔 / 所, 真理雄

AUTE: Uehara, Minoru / Tokoro, Mario

形態素解析用辞書:

(名詞 (固有名詞 ((見出し語 上原) (読み Uehara))))

(名詞 (固有名詞 ((見出し語 上原稔) (読み UeharaMinoru))))

(名詞 (固有名詞 ((見出し語 所) (読み Tokoro))))

(名詞 (固有名詞 ((見出し語 所真理雄) (読み TokoroMario))))

図 4: データベースからの形態素解析用辞書の生成

2.4.3 意味辞書生成ツールの実行

次に、意味辞書を生成する。対話の文集合は、情報検索のユーザ発話文集合 (ユーザ発話 365 文)[16] を使用した。文集合に含まれる、動詞、形容詞を格とする格フレームの情報を EDR の辞書から抽出する。例えば、図 5 のような意味辞書を生成する。このような意味辞書 (及び形態素解析用の辞書) が生成されている状態で、「秋田成司さんの書いた論文はありますか」という入力に対して、図 6 のような意味理解結果 (意味表現) を得る。今回のユーザ発話文からは、形容詞 10 単語、動詞 33 単語について、それぞれを格とする格フレーム情報を抽出した。

```
(ある ((frame (object ((が) G-RONBUN)))))
(書く ((frame (object ((を) G-RONBUN)
(agent ((が) G-TYOSYA)))))
```

```
(論文 ((sem-features G-RONBUN)))
(秋田成司 ((sem-features G-TYOSYA)))
(音声認識 ((sem-features G-KEYWORD)))
```

図 5: 意味辞書の例

入力文: 「音声認識の論文はありますか」

意味表現:

```
(ある (FORM YN-Q) (NEGATION NIL)
(OBJECT (論文 (OF (音声認識))))))
```

図 6: 意味理解の例

次に、この意味表現から「著者が秋田成司さんの論文を知りたい」というユーザの意図を抽出し

意味表現：
 (ある (FORM YN-Q) (NEGATION NIL)
 (OBJECT (論文 (OF (音声認識))))))

SQL 意味表現：

```
(select aut.famlas,ref.tit
  from ref,aut,key
  where key.keyword=' 音声認識' and
        ref.ref_id = key.ref_id and
        aut.ref_id = key.ref_id )
```

図 7: SQL 記述言語

```
( (ある (FORM YN-Q) (NEGATION NIL)
  (OBJECT (* (OF (_M1_ sem-feature
                 'G-KEYWORD')))))
  ("select aut.famlas,ref.tit
   from ref,aut,key
   where key.keyword='\'' _M1_ '\'' and
         ref.ref_id = key.ref_id and
         aut.ref_id = key.ref_id")
  )
```

図 8: SQL 変換ルール

(抽出する方法はデータベース検索というタスクに依存)、図 7 のような SQL 記述言語を出力する。

方法としては、図 8 のような変換ルールを自動で生成し、その変換ルールを用いて意味解析結果 (意味表現) を SQL 表現に変換する。

2.5 検索部

実際の検索には PostgreSQL と呼ばれる DBMS を使用している。この PostgreSQL へのデータベース登録は変換ルールを記述すればシステム構築時に自動で行なえるようにした。意味理解時に質問文から生成した SQL を入力することで随時検索結果を得ることが出来る。

2.6 その他の構成要素

今まで意味理解部と検索部についての説明をしてきた。意味理解部についてはデータベース検索に関連したタスクについて汎用性を高くし、辞書にのみタスク依存の情報を持たせることによって汎用性の高いシステムを実現させることが出来ると考えている。また、未知語の処理についても同時に検討する必要がある。

今後、音声対話システムを構築していく上で、音声認識部や対話管理部、応答生成部についても汎用性のある構成を目標に構築する。

2.7 音声認識部

音声認識部は我々の研究室の文脈自由文法をベースとした SPOJUS-Y[3] と、n-gram をベースにした SPOJUS-Z[19] を使用する。

2.7.1 言語モデル

数千文のユーザ対話集合があれば、人手で作成した文脈自由文法よりもバイグラム言語モデルを

文法とする方が認識率が高いということが分かっている [17]。しかしながら、新しいタスクに関する対話文集合を数千文集めることは困難であると考えられる。

そこで、「データベース検索」というタスクにおける文集合をあらかじめ数千文用意してデフォルトのバイグラムを求めておき、タスクを適用する時に、徐々にバイグラムをユーザ発話で再学習していく方法などが考えられる。

伊藤らは大量の既存データが存在する場合に、ある特定タスクの少量のデータがその大量の既存データと共通性があれば、その少量のデータを用いて N-gram の性能を改善できると報告している [18]。

現在試作用として、データベースに含まれる著者やキーワードのいくつかを手作業で登録した語彙数 100 程度の音声認識用の CFG を構築し、音声認識部と意味理解部との接続を行なった。システムの動作例を図 11 に示す。また、EDR の 40 万の概念を 100 個程度にグルーピングし、NHK ニュース音声コーパスを用いて求めてある語彙 20,000 の単語バイグラムから、概念 (クラス) 100 個のクラスバイグラムを求め、次に、対話文集合を用いてクラスバイグラムを適応化する予定である。こうすることによって、新しい単語でも対応するクラスを割り当てることが出来る。

2.7.2 概念のグルーピング

EDR の概念には、「概念に対し一つの名詞を割り当てている」実体概念と、「実際に名詞が割り当てられていない」中間概念がある。日本語についての分布を表 1 に示す。

表 1: 実体概念と中間概念

概念	200495
実体	194284(96.9%)
中間	6211(3.1%)

上位概念側を根、下位概念側を葉とすれば、概念のネットワークを疑似的に tree として考えることも出来る。この時、ランク (深さ) の平均は 8.6 であった。分布を図 9 に示す。

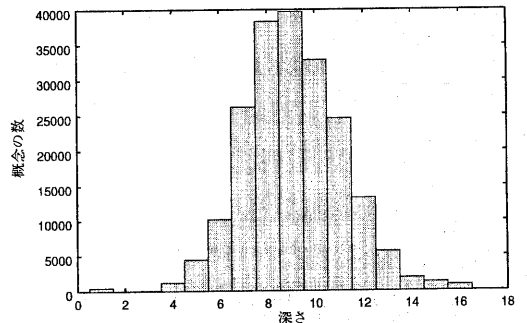


図 9: 深さの分布

どのようにして概念を自動的にグルーピングするかであるが、以下の方法が考えられる。

1. ランクに制限を与える。

2. 葉を切り落とす。

ランクに制限を与える方法は、ランク1までの使用に制限しても概念を14563までしかグルーピングできなかった。

葉を切り落とす 木の葉(下位概念を持たないもの)をカットする。図10に概略図を示す。

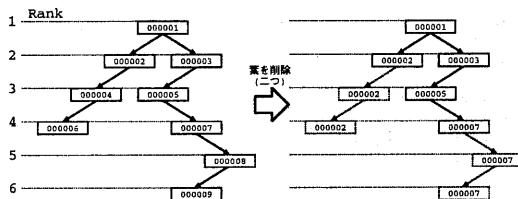


図10: 葉を切り落とすグルーピング

この方法によるグルーピングの結果を表2に示す。ここで、ランクの制限に示してある数字は『葉を切り落とすルーチンを何度実行したか?』(元の葉から根方向にどれだけ辿り、マージしたか?)ということを示す。

表2: 葉を切り落とすグルーピング

ランクの制限	クラス数	ランクの制限	クラス数
なし	402027	10	618
1	11031	11	379
2	7799	12	246
3	7165	13	157
4	6185	14	98
5	4918	15	63
6	3514	16	41
7	2352	17	27
8	1502	18	17
9	960	19	10

以上の結果で『葉を切り落とすグルーピング』において、14回実行すると、約40万の概念を98にまでグルーピングできることが分かった。

しかし、この方法で問題になるのが、実際の概念の出現頻度の情報を用いていないことである。そこでEDRの日本語コーパス(語彙21711、単語数152636)を用いて概念の出現頻度を求め以下のようなアルゴリズムで概念をグルーピングした。

- EDRの日本語コーパスから概念毎の頻度 $freq(i)$ を求めておく。(iは概念子)
- EDRの概念関係辞書から、上位概念集合 $up_context(i)$ と、下位概念集合 $down_context(i)$ を求める。
- 下位概念集合 $down_context(i)$ が空である概念 i のうち、 $freq(i)$ が一番小さい概念 i_d について、
 - 上位概念集合 $up_context(i_d)$ の要素 j について、下位概念集合 $down_context(j)$ から、概念子 i_d の枝を除去し、概念子 j とマージする。

4. 3の操作を、総概念数がある数(例えば100)になるまで繰り返す。

結果を表3に示す。クラス数100で、グルーピングを行なう前から枝切りされていない概念が5個(「アメリカ」「現時点」「この」「日本」「(事物を示す中称の指示代名詞)」)あった。これは、これらの概念を持つ単語がコーパス中に1000から2000程度の頻度で出現しているためである。また、「葉を切り落とすグルーピング」と「頻度を考慮した葉を切り落とすグルーピング」のそれぞれで17クラスにグルーピングしたところ、10概念は同じであったが、7概念が双方のグルーピングで異なっていた。

表3: 頻度を考慮した葉を切り落とすグルーピング

クラス数	出現頻度/クラス	概念数/クラス
10000	126 (min 3)	370 (min 1)
1000	1151 (min 72)	3316 (min 1)
500	2191 (min 184)	6363 (min 1)
200	4990 (min 621)	14536 (min 1)
100	9110 (min 1247)	26610 (min 1)
50	16409 (min 2827)	48731 (min 1)

2.8 対話制御・応答生成部

システムの動作例を図11に示してあるが、現在は、SQLによる検索結果をそのまま出力しているだけであり、応答生成、及び対話制御は行なっていない。今後は応答文の生成と対話制御を順に生成していく予定である。

大局的に見ると、対話制御は検索結果の状態によって以下のように分けられると考えられる。

- 検索条件を満たしていない場合
 - ユーザに条件を要求する。
- 検索結果が1つも見つからなかった場合
 - 「対象記事が見つかりませんでした」等をユーザに伝える。
- 検索結果が数個見つかった場合
 - その検索結果から、応答文を生成し出力する。また画面にも出力する。
- 検索結果が閾値以上見つかった場合
 - 「対象記事が○個見つかりました」等をユーザに伝え、検索条件の変更などをユーザにしてもらう。

この場合の3と4の閾値の決め方や、2の場合に検索に使ったキーワードを類似度の高い別のキーワードに変えて検索をもう一度行なうことなどが必要になってくる。今後はこの辺りを含めて、応答生成・対話制御部の検討と実装を行なっていく。

3 まとめ

汎用性の高い音声対話データベース検索システムの構築のための前段階として、文献検索システム

```

>(dialog)
***** 文献検索システム *****
文献検索システムです。ご用件をお願いします。

usr: 入力文:          音声認識の論文はありますか
     音声認識結果:   音声認識の論文あります [あ]

文節解析結果:
<(動詞:あります)>
<(名詞:論文)>
<(名詞:音声認識の)>
助詞落ち解析モード:
===== 構文解析木 =====
<(((OBJECT)を) (OF (名詞:音声認識の) (名詞:論文)) (動詞:あります)))>
===== 意味解析結果 =====
((ある (FORM ASSERT) (NEGATION NIL) (OBJECT (論文 (OF (音声認識))))))
===== SQL生成結果 =====
(select aut.famlas,ref.tit from ref,aut,key where key.keyword=' 音声認識'
and ref.ref_id = key.ref_id and aut.ref_id = key.ref_id )
select aut.famlas,ref.tit from ref,aut,key where key.keyword=' 音声認識'
and ref.ref_id = key.ref_id and aut.ref_id = key.ref_id;
Loading a.lsp
Finished loading a.lsp
検索結果:
((小林聡
  自然な音声対話における間投詞・ポーズ・言い直しの出現パターンと音響的性質)
(小林哲則
  並列HMM法とスペクトルサブトラクションによる非定常雑音環境下における音声認識)
(白井克彦
  並列HMM法とスペクトルサブトラクションによる非定常雑音環境下における音声認識))

```

図 11: システムの動作例 (『音声認識の論文はありますか』と発話)

を試作しながら、各構成要素を開発してきた。現在は意味理解部が完成し、音声認識部、応答生成・対話制御部についても、考察を行なった。今後さらに細かな設計及び実装を行なっていく予定である。システムが構築された後にはそのシステムの評価を必要とするが、移植性を評価する際には、いくつかのドメインを実際に適応してみて、適応化にかかった時間、出来たシステムの使い易さなどを総合的に評価する必要がある。

さらに、ユーザビリティを向上させるために逐次発話単位での対話や認識エラー時のユーザの振舞いを考慮した対話などについても検討していくつもりである。

参考文献

[1] 山本, 伊藤, 肥田野, 中川: 「人間の理解手法を用いたロバストな音声対話システム」, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.4, pp.471-481, 1996.4

[2] 傳田, 伊藤, 中川: 「マルチモーダル観光案内対話システム」, 人工知能学会誌, Vol.13, No.2, 1998.3

[3] 甲斐, 中川: 「冗長語・言い直し等を含む発話のための未知語処理を用いた音声認識システムの比較評価」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.80-DII, No.10, pp.26150-2625, 1997

[4] 伊藤, 小暮, 中川: 「協調的応答を備えた観光案内音声対話システムとその評価」, 情報処理学会論文誌 Vol.39, No.5, 1998.5

[5] S.Kogure, T.Itoh, S.Nakagawa: "A Semantic Interpreter for a Robust Spoken Dialogue System", ICM'99, Proceedings, pp.II-61-II-66, 1999.1

[6] Kaspar,S, Hoffmannn.A:Semi-automated incremental prototyping of spoken dialog systems,Proc. ICSLP 98, Vol.3, pp.859-862(1998)

[7] Brondsted.T, Bai.B, Olsen.J:The REWARD Service Creation Environment. An Overview, Proc. ICSLP 98, Vol.4,pp.1175-1178(1998)

[8] Stephen Sutton, Ronald Cole, Jacques de Villiers, Johan Schalwyk, Pieter Vermeulen, Mike Macon, Yonghong Yan, Ed Kaiser, Brian Rundle, Khaldoun Shobaki, Paul Hosom, Alex Kain, Johan Wouters, Dominic Massaro, Michael Cohen: "Universal Speech Tools:The CSLU Toolkit", Fr2C4, Proc. ICSLP98, Vol.7 pp.3221-3224

[9] 田中, 川原, 堂下: 「汎用的な情報検索音声対話プラットフォーム」, 情報処理学会, 音声言語処理研究会, SLP-24-14, pp.97-104, 1998

[10] 秋葉, 伊藤: 「スクリプト言語を用いたマルチモーダル対話記述の試み」, 情報処理学会, 音声言語情報処理研究会, 98-SLP-23, pp.1-6, 1998.10

[11] 荒木, 駒谷, 平田, 堂下: 「音声対話システム構築のための対話ライブラリ」, 人工知能学会, 言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-9901-1, pp1-6, 1999.1

[12] 小暮, 伊藤, 中川: 「音声対話システムの移植性に関する考察-観光案内システムとデータベース検索システム-」, 情報処理学会, 音声言語情報処理研究会, 99-SLP-25, pp13-18, 1999.2

[13] Nils Dahlbäck, Arene Jönsson: Integrating Domain Specific Focusing in Dialogue Models, Proceeding of EuroSpeech97, pp.2215-2218(1997)

[14] 長尾: 「日本語形態素解析システム JUMAN version 3.2」, 1997

[15] 日本電子化辞書研究所: 「EDR 電子化辞書 version 1.5」, 1995

[16] 藤崎, 大野, 飯島: 「音声対話の収録方法とその設定について」, 学振未来開拓事業プロジェクト 音声対話資料収録用参考資料, 1998.1

[17] 中川, 大谷: 「Bigramの使用による話し言葉用確率文脈自由文法の自動学習」, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.3(1998.3)

[18] 伊藤, 好田: 「対話音声認識のための事前タスク適応の検討」, 情報処理学会研究報告, 96-SLP-14, pp.91-98 (1996.12)

[19] 甲斐, 廣瀬, 中川: 「単語 N-gram 言語モデルを用いた音声認識システムにおける未知語・冗長語の処理」, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.4(1999.4)