

音声理解システムにおける語彙解析部の設計

河内 雅亮 溝口 理一郎 山口 高平 角所 収
(大阪大学産業科学研究所)

1. まえがき

音声を認識・理解するシステムを構築するには、音響レベルの情報だけでなくより高次の言語情報（構文知識、意味知識、プラグマティックス等）を利用しなければならないと古くから言われている。

音声を認識する場合、音響レベルからの情報は正確であればあるほど良いことは自明であり、より精密な音響分析をめざした研究が進められており成果を上げている。しかしながら、音声特有の問題として音韻の調音結合や発音の曖昧さなどの問題のために音響レベルの処理における音韻の認識結果には、音韻の認識誤り、脱落、挿入といった誤りが含まれる。これらの誤認識を完全になくすことは現在の音響レベルの処理技術では到底不可能である。そのため、誤りを含む音韻系列から単語の候補を抽出する場合、多数の候補単語が選ばれる可能性がある。さらに、日本語を扱う場合、同音異義語が多数存在するために、さらに多くの候補単語が出てくる原因の一つとなっている。音声理解システムを構築するためにはこの音響情報の不備を言語情報や意味情報などのより高次の情報を用いて補う必要がある。

一方、言語を扱う研究としては、機械翻訳、マン・マシン・インターフェースなどの分野で自然言語処理の研究がなされている。言語の構文情報や意味情報を扱うための色々な方法が提案されており非常に興味深い研究である。しかし、入力として誤りを含んでいない文字列を対象とするものがほとんどであり、誤りを含む入力を始めから想定している音声理解システムに既存の自然言語処理の方法をそのまま取り入れるのは適当でないとと言える。特に実質的な同音異義語の増大の解消が重要な問題であり、候補となる単語が多数個存在する場合、そのまま一般に言われているような自然言語処理における構文解析を行うのは実行時間や組み合わせの爆発といった問題もあり極めて非能率的であると考えられ、音声理解システムに適した方法が必要である。そこで、我々はシステムを音響処理部、語彙解析部及び言語処理部の三つの段階に分けて、音響処理部と言語処理部の中間に位置する語彙解析部において、本格的な言語処理以前の段階から、ある程度の高次情報を用いて候補単語の絞り込みや順位付けを行うことを考える。

音声理解システムの実現には探索空間の縮小と部分分解の評価のために有効な知識が不可欠となるが、その知識として「意味」は重要な役割を演じるものと考えられる。「意味」の有効利用が汎用性のある音声理解システムの実現の成否を決定づけることとなろう。我々はシステムの処理の流れのできるだけ早い時期に意味処理を導入することを考えており、語彙解析部の設定はこの考えのもとになされたものである。本稿では、この語彙解析部における、構文規則、文章の主題、単語の持つ意味といった高次情報、及びそれらを用いた処理について検討した結果について述べる。

2. 音声理解システムの概要

不特定話者を対象とし、文節単位の発声を想定している。タスクとしては情景描写に関する比較的簡単な文章を対象としているが、システム自体はタスクに依存しない設計をする。

2.1 システム構成

システムは、図1に示すように大きく分けて音響処理部、語彙解析部及び言語処理部の三つのサブシステムから構成されている。

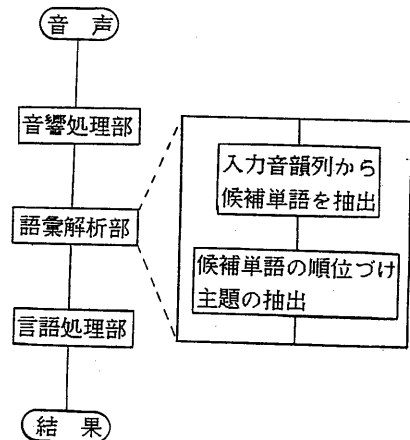


図1 音声理解システム構成

• 音響処理部 [1]

人間は連続音声の特徴パラメータ(パワー、ピッチ、ホルマント周波数)の視察により高精度で音韻認識することができる。この人間の認識時の振る舞いを、知識工学的手法を用いてシミュレートすることにより音韻認識を行う。認識時には音響的な特徴が類似している音韻を一つのグループとして認識している。音韻のセグメンテーションは90%以上、認識率は80%以上の正答率を得ている。

• 語彙解析部 [2]

語彙解析部は二つの段階に分けて考えることができる。まず、音響処理部からの出力である音韻列から辞書とマッチングを行い文節として成り立つ候補単語を抽出する。次に、候補単語を単語の意味、文章の主題などに関する知識を用いて、本格的な構文解析や意味解析を行う以前の段階で候補単語の順位付けや絞り込み、主題の抽出・順位付け処理を行う。

• 言語処理部 [3]

語彙解析部からの順位付けされた候補単語に対し、島駆動方式(island driven)、及び構文・意味・文脈に関する知識を並行して用いる解析手法に基づいて処理が行われる。

本稿では、特に語彙解析部における文節内規則、音韻辞書、意味辞書、主題辞書などの各種の知識源及びそれらの利用法について述べる。

2.2 語彙の選択

対象とする文章は小学校中・上級向けの物語「大草原の小さな家」の情景描写に関する部分から採用した計26文から成る。語彙としてはそれらの文章に現われる単語をまず選び、それらの単語の類似した子音をグループ化した後の^{注)}同音異義語を考えられる限り追加することにより構成した。現在の語彙数は名詞276、動詞79、形容詞25、形容動詞5、副詞12、連体詞6、接続詞3、助詞27及び助動詞7であるが、その選択法から実効的にはかなりの大語彙となっている。

注) 例えば、無声破裂音と呼ばれる子音 /P/, /T/, /K/ は一つのグループとされる。従って「父さん」と「降参」は同音異義語となる。

3. 候補単語の抽出

誤りを含む音韻列から候補となる単語を抽出する

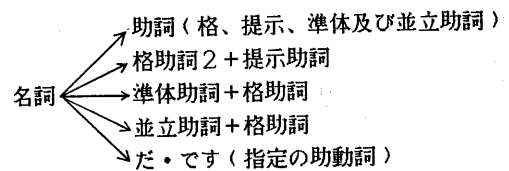
ためには、文節の構文情報(文節内規則)と単語の音韻辞書を用いて入力音韻列と辞書の音韻列とのマッチングを行い文節として成り立つ単語列を生成しなければならない。

3.1 文節内規則

日本語の文法[4]を参考にしてある程度音声理解システムに向くように変更している。単語の種類として表1に示す9種類に分類している。感動詞については取り扱っていない。代名詞及び数詞は名詞に含めている。文節として成り立つものは、名詞を含む文節、用言(形容詞、形容動詞、動詞)を含む文節、連体詞、副詞及び接続詞である。この中で単語の活用の仕方や単語間の接続関係として文節内規則が適用される。

表1 品詞の種類

品詞の種類	単語例
名詞	のこぎり 父さん
動詞	切る 書く
形容詞	美しい 大きい
形容動詞	きれいな 頻繁な
副詞	しっかり ちょうど
連体詞	その この
接続詞	そして
助詞	が の に だけ
助動詞	だ ではない



格助詞:は、が、の、を、に、へ、と、より、から、で、まで

格助詞2:に、から、で

提示助詞:は、も、こそ、さえ、しか、でも

準体助詞:ばかり、だけ、くらい、ほど

並立助詞:か、や、と、も、だの、やら

図2 名詞の接続と助詞の種類

3.1.1 名詞を含む文節

名詞を含む文節として成り立つものは、時制や数

量を表わす名詞(「春」、「三本」など)のように名詞のみで文節となりうるもの、又は図2に示す接続関係を満足するように名詞に機能語が付いたものとしている。

3.1.2 用言(形容詞、形容動詞、動詞)を含む文節
用言を含む文節としては、用言の語幹(この場合の語幹とは音韻について変化しない部分)に活用語尾、及び機能語が結合したものである。

動詞の活用の種類は、表2に示す10種類を考えている。音便形を考慮して五段活用を細分類して表わしている。例えば、動詞「書く」については表3のように活用2と活用4で表わす。上一・下一段活用については語幹を音韻について変化しない部分としているので、まとめて一つとして扱える。受け身の助動詞「れる」「られる」及び使役の助動詞「せる」「させる」は動詞の一部とみなしており、「書く」と「書かせる」は異なる動詞として扱っている。形容詞、形容動詞についても動詞と同様に語幹と活用語尾に分けて、各々の活用形に対してそれらに続く助動詞や助詞の情報を持たせている。

表2 動詞の活用の種類

活用の種類	説明
活用1	普通の五段活用
活用2	音便のあるもの
活用3	音便から助動詞'だ'へ続くもの
活用4	音便から助動詞'た'へ続くもの
活用5	未然形が'わ'のもの(思わ-ない)
活用6	一段活用(上・下)
活用7	カ変く'来る'のみ)
活用8	サ変
活用9	'言う'
活用10	'有る'

表3 「書く」の活用

語幹	活用語尾	活用形	接続	活用の種類
KAK	O A I U E E	未然形 未然形 連用形 終止形 連体形 仮定形 命令形	う ない *,ます,ません * *,の ば	活用 2
KAI	-	連用形	た	活用 4

*の付いた活用形はそのままでも文節として成り立つ。

3.1.3 助動詞の接続関係

助動詞はそれぞれ独自の活用と接続関係を持っている。表4に否定の助動詞「ない」の活用とそれらの活用に続く助詞や助動詞の例を示す。図3に助動詞の接続関係を示す。

表4 助動詞「ない」の活用と接続

音韻	活用形	接続
NAKARO	未然形	う
NAKAQ	連用形	た
NAKU	連用形	*,て
NAI	終止形	*
NAI	連体形	*,の
NAKERE	仮定形	ば

*は後続の単語がなくても文節として成り立つ

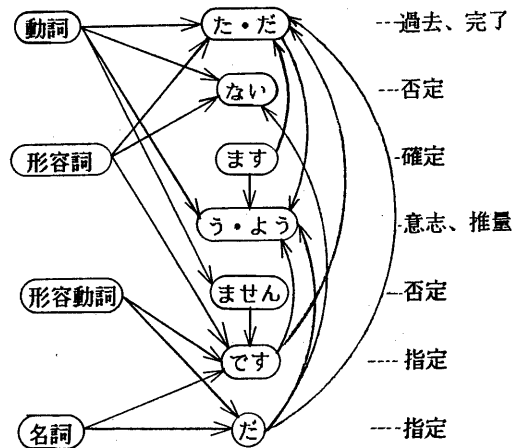


図3 助動詞の接続関係

3.2 音韻辞書

現在、語彙解析部は C-Prolog でインプリメントされており、辞書も Prolog の fact の形式で表わされている。音韻はモーラ記法で書かれており、リスト表現で表わしている。これらの音韻を音響処理部で行っている音韻のグループ化に従って書き変えて入力音韻列とのマッチングに用いる。また、活用のあるものは活用の種類や活用に続く単語の情報も持たせている。名詞の音韻辞書の例を図4に示す。表3に対応する動詞「書く」の音韻辞書を図5に、表4に対応する助動詞「ない」の辞書を図6に示す。

meisi([j,a,m,a],[ms,'山']),
 meisi([d,o,r,i,r,u],[ms,'ドリル']),
 meisi([b,e,q,d,o],[ms,'ベッド']).

図4 名詞の音韻辞書

dousi([k,a,k],[ds,'書く'],kty_2).
 dousi([k,a,i],[ds,'書く'],kty_4).

(a) 語幹の辞書

katyou(kty_2,[o],mizen,u).
 katyou(kty_2,[a],mizen,nai).
 katyou(kty_2,[i],renyou,Setuzoku):-
 Setuzoku=[];
 Setuzoku=masu;
 Setuzoku=masen.
 katyou(kty_2,[u],syusi,[]).
 katyou(kty_2,[u],rentai,Setuzoku):-
 Setuzoku=[];
 Setuzoku=no.
 katyou(kty_2,[e],katei,ba).
 katyou(kty_2,[e],meirei,[]).
 katyou(kty_4,[],renyou,ta).

(b) 動詞の活用

図5 動詞の音韻辞書と活用

zyodousi(nai,[n,a,k,a,q],[zd,'ない',renyou],ta).
 zyodousi(nai,[n,a,k,u],[zd,'ない',renyou],[]).
 zyodousi(nai,[n,a,k,u],[zd,'ない',renyou],[]).
 zyodousi(nai,[n,a,i],[zd,'ない',syusi],[]).
 zyodousi(nai,[n,a,i],[zd,'ない',rentai],Setuzoku):-
 Setuzoku=[];
 Setuzoku=no.
 zyodousi(nai,[n,a,k,e,r,e],[zd,'ない',katei],ba).

図6 助動詞「ない」の辞書

3.3 候補単語の抽出

文節単位の入力音韻列に対して文節内規則に基づき辞書の音韻列とマッチングを行う。マッチングの得点が、定められたしきい値を超える単語に対し、それに接続可能な単語を次々にマッチングして文節として成り立つ単語列を求める。こうして得られた単語列の音韻列と入力音韻列を再度マッチングして得点の高いものを候補単語とする。マッチングの方法はDPマッチングを用いている。

4. 高次情報の記述

人間が話を理解する場合、話の内容や筋に関する知識や単語の表わすものについての知識を有効に用いて処理を行っており、我々が行った心理実験[5]においても、文章の主題や単語間の連想といった情報が文の読解に重要な役割を果している事が確認で

きた。音声理解システムにおいても、このような高次の情報を用いることにより候補単語の限定、文章の曖昧さの解消などに有効であると考えられる。そこで我々は文章の主題と単語の意味に注目し、それらの記述を行った。

4.1 主題について

話の内容に関する知識として主題を用いる。我々のいう主題とは、「何について話をしているか」についてのおおまかな記述であり、人間が経験を繰り返して得た一般化された知識である。主題「工作」の例を考えると図7に示すように「工作」に関連してより一般的な主題として「生活」や「趣味」、より具体的な主題として「加工」や「組み立て」どの関係が考えられる。また、「加工」という主題に関して「锯ぎり」や「ドリル」などの工具類や「板」などの材料が関連し、「木を切る」場面や「穴をあける」場面を容易に連想できる。このような一般化された知識を人間は無意識のうちに用いて話を理解しており、曖昧な発音の単語を予想し理解できるのである。計算機にもこのような知識を導入することにより候補単語の絞り込みに効果があると思われる。

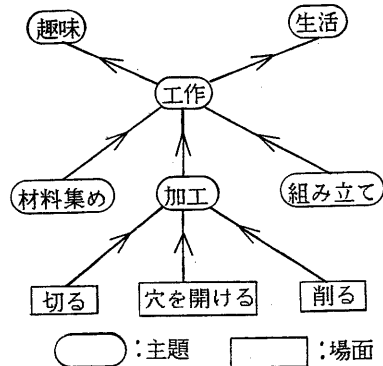


図7 主題と場面の関連

主題として何を選ぶかは問題になるところであるが、より抽象的な主題からより具体的な主題の階層的な構造になると考えられる。このような主題が、一つ又はそれ以上組み合わせさせて文の大きな内容を表わしているのである。この主題の関係をうまく利用し主題を動的に変えることにより、ある程度文脈にそった処理ができると考えられる。

主題の内容としてはそれに関連の深い他の主題、関連する単語の意味属性、関連場面及び特に関係の

ある単語に関する情報を持っている。関連場面については、動詞とそれに関連の深い名詞の意味属性を持たせており、特に動詞を限定する場合に有効である。図8に「加工」の例を示す。

syudai(‘加工’,
 [‘工作’],
 [‘人工物’,‘材料’,‘工具’,‘基準’],
 [[‘切る’,‘材料’,‘工具’,‘基準’]],
 [‘削る’,‘材料’,‘工具’],
 [‘割る’,‘材料’,‘工具’],
 [‘あける’,‘穴’,‘材料’,‘工具’]],
 [‘鋸ぎり’,‘ドリル’,‘斧’]).

図8 主題「加工」の辞書

4.2 単語の意味記述

語彙解析部においては、現在のところ意味辞書は最も単語数の多い名詞と動詞についてのみ用意している。これらの単語の意味辞書の内容は、タスクに依存しないように一般性を持たせて記述している。

4.2.2 名詞の意味辞書

名詞は表5に示すように六種類のスロットを持たせている。

表5 名詞の意味記述の例

単語	意味スロット					
	IS-A	PART-OF	NORMAL-USE	属性	主題	連想
鋸ぎり	工具		切る 主: 人 対: 木, 材料, 物 状: 基準	大きさ 重さ	加工	板 木こり
ドリル	工具		あける 主: 人 対: 穴 相: 材料, 物	大きさ 重さ	加工	穴 螺旋 板
工具	道具		使う 主: 人	大きさ 重さ	工作 修理	
丸太	木 材料			大きさ 重さ 太さ		小屋

主:主体 対:対象 状:状態 相:相手

IS_A : 名詞の上位概念。

PART_OF : その単語が表わすものを部分として含むものに関する情報。

NORMAL_USE : その単語の一般的な使われ方であり、話のある場面に対応する。主題の関連場面の形式と同様に動詞とその動詞に関係の深い名詞の意味属性を持たせている。普通は主題の場面

に関する記述よりも詳しいものとなっている。

属性 : 性質や形態についての情報。

主題 : 関連する主題の情報で、単語から主題を抽出するときに参照する。

連想 : 連想される単語。

IS_A と PART_OF が単語自身の持つ意味を表わすものである。特に IS_A は、単語間の階層関係を表わす最も重要なものである。この IS_A の階層により単語間及び単語と意味属性の類似度を求める。

NORMAL_USEは主題の関連場面と同様に、一般化された知識であり、文の中心的な意味を表わす動詞の絞り込みに有効である。

図9は「ドリル」の意味辞書の例である。

msimi(‘ms,ドリル’,
 [‘工具’],
 [],
 [[‘あける’,‘人’,‘穴’,‘材料’]],
 [],
 [‘加工’],
 [‘穴’,‘螺旋’,‘板’]).

図9 名詞「ドリル」の意味辞書

4.2.3 動詞の意味記述

動詞は格としてとりうる名詞の意味属性、関連主題、連想される単語及び同義語についての情報を持たせている。図10に動詞「切る」の意味辞書の内容を示す。

dsimi(‘ds,’切る’,
 [‘人’,‘基準’,‘形状’],
 [‘加工’],
 [‘鋸ぎり’,‘ナイフ’],
 [‘切断する’]).

動詞名
 関連意味属性
 主題
 連想
 同義語

図10 動詞「切る」の意味辞書

5. 候補単語の順位付け

主題及び単語の意味を用いて候補単語の順位付けを行う。例えば、候補単語として「鋸ぎり」がある場合、「鋸ぎり」という単語から「鋸ぎりで木を切る」という場面(NORMAL-USE)が連想できる。このような連想は一般的な経験に基づくものであり、単語間の意味の近さを表わす尺度と考えられる。さらに、「鋸ぎり」からは、何か物を「加工」している話をしていること(主題)が予想され、「加工」に

関連した単語が文章中に現われる可能性が高いと考えられる。図11は「鋸ぎりで／父さんは／扉に／ちょうど／いい／長さに／丸太を／切ります」と発音した時の候補単語群（図では自立語のみ）と主題などとの関連についての簡単な例である。この「鋸ぎり」に関連する主題やNORMAL-USEと関係の深い単語を結び付けることにより、正しい単語をある程度選択できることを示している。また、主題が何であるかが予想できればその主題に関連する単語を優先的に順位付けすることができる。さらに、主題が多数抽出された場合でも、それらの主題の中で関係する単語の数が多いものが最も確からしい主題であるとすることもできる。このように単語から主題を予想し、逆に主題からも単語を予想するという処理を適切に行うことにより、候補単語から正しい単語をある程度選択でき、主題についても候補単語から予想できると考えられる。

5.1 処理方法

主題と単語の意味を用いた処理手順について概要を図12に示す。

・主題の抽出

候補単語群の中から意味辞書の主題スロットにある主題を抽出し候補の主題とする。これらの主題の

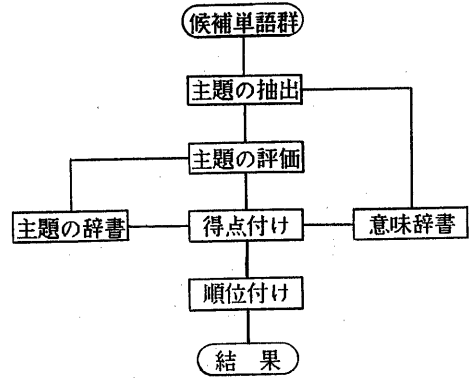


図12 処理手順

候補においていくつか正しい主題が含まれていると考えられる。

・主題の評価

もし主題の予測がつく場合（既に前の文が処理されていて主題が判っている時など）、抽出された主題との関連を調べる。関連ある主題があればその主題は文の主題である確率が高いと言える。抽出された主題の中に前の処理までで判っている主題がない場合はそれも主題の候補としておく。

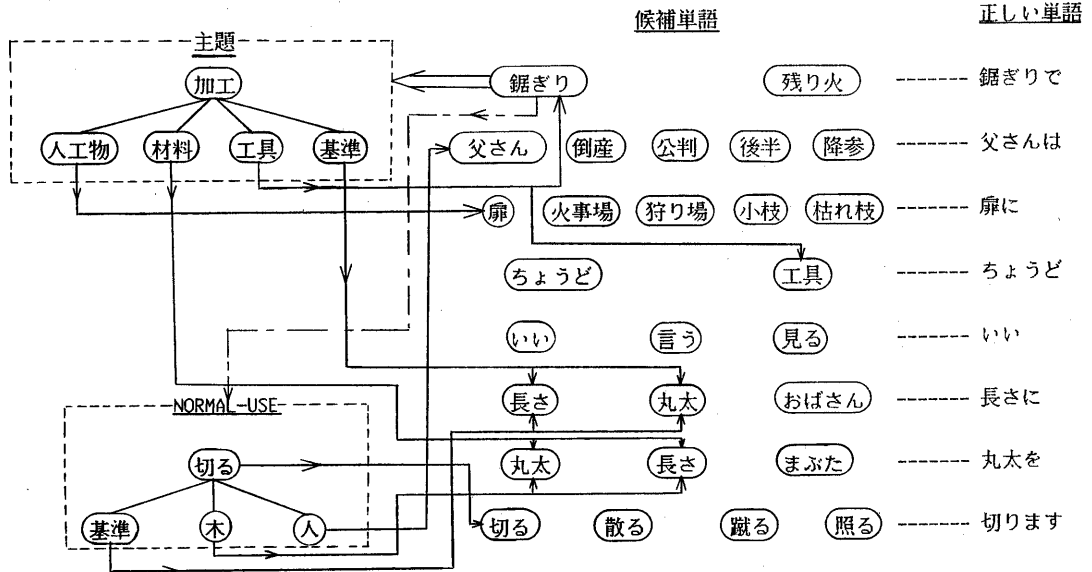


図11 候補単語と高次情報(主題、NORMAL-USE)の関連

・得点付け

候補の主題ごとに候補単語に得点を与える。候補単語を順位付けするための得点を主題と単語間及び単語と単語間の関係から求める。得点を与える基準は次のものとし、単語に得点を与える。

1. 主題に直接関連する単語。単語の意味辞書の主題スロットにその主題があるもの。
2. 主題に関連する意味属性に近い単語。意味属性と単語間の近さは、その意味属性と単語自身又は単語の IS_A スロットの意味属性との距離の逆数を基準とする。
3. 主題の関連場面に関係する単語。場面に関係する動詞が有った場合にのみ、その動詞と関連する意味属性に近い単語に点を付ける。
4. 上述の1～3の処理により点の付いた単語の中で NORMAL_USE の情報があればそれに関連する単語に点を与える。3と同様の処理を行う。

1から4で得点を単語に与えるわけであるが、得点を単語に与えるごとに主題にも得点を与える。この主題に与えられた得点は、候補単語がどのくらい主題に関係があるかを示すものであり、得点の高い主題が文の主題として確からしいと言える。

・主題と単語の順位付け

主題ごとに候補単語の得点をソーティングして得点の高い主題から結果として出力する。

こうして得られた主題と候補単語を入力として順位の高いものから言語処理部で本格的な構文解析、意味解析を行うわけである。言語処理部で主題の確認又は変更や候補単語の断定がなされ、その結果を語彙解析部で次の文の処理のために用いることができる。

6. 実験結果

物を作っている場面に関する文章5文、45文節について実験を行った。実験結果を表6に示す。入力音韻列は音響処理部の誤認識の傾向をもとに正しい音韻列の音韻を適当に変化させたものを用いた。候補単語を抽出した結果、一文節あたり約10個の候補の文節が生成された。単語の順位付け処理では名詞と動詞のみについての扱いではあるが、主題の順位については正しい主題に最も得点が多く与えられ第一候補となった。その主題に関して45文節のうち23文節について正しい単語が第一候補となった。間違っている単語が第一候補となるのは、候補単語に得点付けする際に意味属性の近いものに点を与えているため、同一文節に対する候補単語の中で正しい単語よりも意味属性の近い単語があればそのほうに高得点を与えることによる。表6の3番の入力文の文節「次に」の候補単語の中に「釘に」があり、主題「加工」の関連意味属性の「工具」について得点付けする時に「釘」に得点を与えられ第一候

表6 実験結果

番号	入力文	抽出主題と得点 (上位3個)	正解の文節数 (注)	間違った単語に得点を与えられ 第一候補となった例
1	鋸ぎりで／父さんは／扉に／ちょうど／ いい／長さに／丸太を／切ります。	加工：29 工作：20 戦い：16	6(8)	ちょうど → 道具を
2	横木に／する／ためには／ 短いのを／何本か／切りました。	加工：12 工作：9 組み立て：6	3(6)	ためには → 紙には
3	次に／斧を／使って／丸太を／ 割り／表面を／きれいに／削ります。	加工：19 工作：9 組み立て：2	4(8)	次に → 釘に 表面を → 少年を
4	地面に／割った／長い／板を／ 並べて／置き／短い／割り板を／ それに／交差させて／おきました。	組み立て：23 加工：12 工作：3	5(11)	割った → 輪か 板を → 下を
5	次には／螺旋の／付いた／大きな／ ドリルで／横木の／上から／下の／ 長い／板まで／穴を／あけました。	加工：43 工作：36 組み立て：9	5(12)	下の → 板の(も) 長い → 穴が

(注) 得点の最も高い主題に対して第一候補となった単語の中での正解数。
()内は入力文の文節数。

補となった)。単語の順位付けには主題の関連場面と名詞の NORMAL_USE に関する情報が特に有効である。

7. まとめ

現在開発中の音声理解システムの語彙解析部における処理について述べた。C-Prologによるインプリメントはまだ未完成であり、各種の辞書の検討及び拡充を図る必要がある。現在は名詞と動詞のみの意味記述を行っているが、他の品詞についても意味を用いた処理を行う予定である。今後、音響処理部、言語処理部も合わせたトータルシステムを完成させることが課題として残されている。

謝辞

日頃適切な御助言を頂いている大阪大学産業科学研究所山下洋一技官に深謝します。

また本研究に対して協力して頂いている関西大学工学部学生米田育広君に感謝します。

(参考文献)

- [1] 福田 他：“音声理解システム - 音響処理部の設計-” 情学会第29回全大, 40-9, 1984.
- [2] 河内 他：“音声理解システム - 単語の意味記述とその利用-” 情学会第29回全大, 40-10, 1984.
- [3] 堀 他：“音声理解システム - 言語処理部の設計-” 情学会第29回全大, 40-11, 1984.
- [4] 時枝 「日本語文法 口語篇」 岩波書店
- [5] 溝口 他：“音声理解システムの認知科学的検討” 日本認知科学会第1回大会発表論文集, B-1, 1984.