

概念素に基づく意味理解における音声認識への統合手法

永井 明人、石川 泰、中島 邦男

三菱電機株式会社 情報システム研究所

本稿は、自由発話に対する意味理解と、これを音声認識と統合する手法を述べる。まず、概念を理解単位(概念素)とし、発話を意図の伴った概念素列とみなす意味理解の枠組を提案する。次に、概念素仮説の言語尤度を評価しながら、文節ラティスから概念素を島駆動探索する概念素探索法を述べる。さらに、文意仮説の効率的な探索のために、概念素の脱落を許容して初期文意仮説を高速に得、これより想起される概念素予測知識を利用して脱落区間を再探索し、初期文意仮説を修復する手法を提案する。ホテル予約の自由な質問を対象とした音声理解実験の結果、第一位で92%の良好な理解率を得た。また、高速化手法により理解性能の低下なしに数倍～十倍の効率向上を達成した。

Methods for Integrating Semantic Interpretation Based on Concept with Speech Recognition

NAGAI Akito, ISHIKAWA Yasushi and NAKAJIMA Kunio

Computer and Information Systems Laboratory

MITSUBISHI Electric Corporation

This paper describes integration of speech recognition and semantic interpretation for spontaneous speech understanding. First, we propose a framework of semantic interpretation where a *concept* is a unit of semantic understanding and an utterance is regarded as a sequence of concepts with an *intention*. Secondly, we describe a basic search method which detects concepts from a phrase lattice by island-driven search evaluating linguistic likelihood of concept hypotheses. Moreover, an improved method to efficiently search for meaning hypotheses is proposed. This method quickly generates initial meaning hypotheses allowing deletion of concepts. Then, the initial meaning hypotheses are repaired by re-searching for missing concepts using prediction knowledge associated with the initial meaning hypotheses. Experimental results show that 92% of understanding rate has been achieved, and that the improved method has realized efficient search without reducing its performance.

1 はじめに

我々は、一般の利用者が発話文の制約を意識せずに、ユーザ主導的に問題解決できる音声対話システムの実現を目指している。そのためには、自由に発話された多様な文をロバストに認識・理解する言語処理技術が必須である。この技術の目標は、音声認識への言語的制約を失わずに発話文の多様な表現を許容することであり、先進的な音声対話システム [1, 2] において重要な課題である。

英語を対象にした音声理解では、文全体の解析に失敗した場合、統語的制約力を弛緩させる方法 [3] や、部分的な解析結果を利用して意味の抽出を行う *partial parsing* [4, 5] など、構文規則に合わない入力文を棄却せずに意味抽出する手法が提案されている。一方、日本語では文節の並びが比較的自由と考えられ、発話文中の長い範囲で構文規則に良く従っている英語と異なる。このため、部分解析木の抽出に依存した *partial parsing* の技術は日本語に対して有効とは考えにくい。日本語の自由発話理解では、文節程度の長さの単位には構文規則による統語的制約を適用し、文節間の言語的関係は意味主導的に解

析・制約する手法が、言語的ロバストネスを獲得する有望なアプローチと考えられる。

ただし、文節間の言語的関係に統語的制約を全く用いないことは得策ではない。意味主導のアプローチにおいては、文意を抽出するための意味表現として格フレームを用いた場合 [6]、格フレームの意味制約力のみ頼った文節単位のスロットフィリングを行なうと、意味的あいまいさのために文意仮説数の爆発を招くという問題が生じる。そこで、文節ラティスから文意表現を抽出する過程で、成長中の文意仮説に対し、統語的及び意味的な観点から言語的検証を行なうことで、文意仮説数の爆発を抑制する意味理解の枠組が必要である。

我々は以上の観点から、自由発話理解の枠組として概念素に基づく意味理解方式 [7] を提案した。本方式では、概念を意味理解の単位(概念素)として、発話文を意図が伴った概念素の列とみなす。言語的ロバストネスと音声認識のための制約の両者を得るために、概念素は、(1) 多様な表層的表現の解釈単位と、(2) 理解過程での言語的検証の単位としての役割を持つ。本研究の目的は、この

意味理解方式を音声認識と統合することにある。

本報告ではまず、概念素に基づく意味理解方式の概要を述べ、これを音声認識と統合するための概念素探索法 [10, 11] を提案する。次に、文意仮説を効率良く探索するための高速化手法 [12] を提案する。また、音声理解実験によって理解性能を評価した結果を報告する。

2 概念素に基づく意味理解方式

発話から文意を抽出するまでの理解過程を、(1) 構文制約が有効な単位である文節、(2) 一つ概念を表現する局所的な文節の集まり (概念素)、(3) 複数の概念素と、意図との両者の組合せで表現される文意、の三つの理解レベルで構成されると定義する。本方式は、(1)→(2)の理解過程で、複数の文節から成る意味的なまとまりのうち、言語的、音響的に尤度の高いものを概念素として抽出し、(2)→(3)の理解過程で、複数の概念素と意図との組を文意表現として抽出する二段階の理解方式である。

概念素は、タスクの意味内容を十分に表現するように準備し (表 1)、その表現形式は意味フレームに基づく (表 2)。文意の表現も意味フレームとして定義する。文意フレームは、概念素フレームをフィルターとするスロットと、意図の登録部を持つ。意図は入力文の発話タイプであり、文意フレームの属性として定義される (表 3)。これは文意フレームに登録可能な概念素を制約する役割を持つ。

表 1: 概念素の定義例 (ホテル予約)

遠近、地点、時間、交通手段、設備、費用、食事、眺望、雰囲気、日時、泊数、ホテル名、部屋、人数

表 2: 概念素フレームの表現形式の例 (概念素「遠近」)

スロット名	意味素性	助詞
主格	*場所	は、が
修節	*場所	の
起点	*場所	から、より
終点	*場所	まで、に
属性	*遠近	(任意)

表 3: 意図の定義例 (ホテル予約)

予約、検索、YN 質問、変更、取消、Where、Which、What、When、How、HowLong、HowMuch

図 1 に、本方式の基本動作を示す (詳細は文献 [9])。まず、述語と文節候補間の意味関係から発話文の意図を推定する。次に、概念素フレームを用いて文節候補のスロットフィリングを行ない、概念素を抽出する。スロットフィリングでは、助詞と意味素性が適合するスロットに文節候補を登録する。ただし、助詞の省略された文節候補は、意味素性のみで適合性を判定する。文節候補が登録された概念素仮説のうち、概念素の成立条件を満たすものを

抽出結果として選択する。また、概念素仮説のあいまいさ解消のために言語スコアリング手法 [8] を使い、ペナルティ規則を適用して概念素仮説の言語的な妥当性を評価する。ペナルティ規則は、概念素として望ましくない言語的特徴 (表 4) の条件を記述したもので、概念素仮説がこの規則に該当するごとにペナルティが加算される。抽出された複数の概念素仮説と意図は文意フレームによって統合され、最終的な理解結果として出力される。

本方式は、構文規則による強い統語的制約を文節内に限定し、文節間の言語的關係に対し概念素単位で比較的ゆるい言語制約を課すことで、多様な発話文への言語的ロバストネスを実現する。また、理解過程の早期に概念素に対して言語的検証を行ない、仮説の爆発を抑制して処理の効率化を図る。さらに、汎用的に設計した概念素の再構成によって、異なるタスクを表現できると考える。

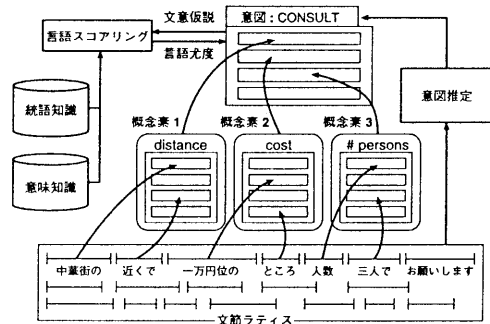


図 1: 概念素抽出動作の原理

表 4: ペナルティを与える概念素仮説の言語的特徴の例

統語的特徴	意味的特徴
重要な格助詞の省略	叙述格と他の格の倒置
連体修飾格と被修飾格の倒置	他の格を伴わない叙述格
叙述格を伴わない連用修飾格	文節共起の意味的不適合
述語の不適切な活用	修飾格を欠く抽象名詞

3 概念素探索法

本章では、文節ラティスから概念素を鳥駆動探索する概念素探索法を提案し、音声理解性能を評価する。

3.1 全体の基本動作

概念素を探索して文意候補を生成するまでの処理の概要を図 2 に示す。まず、スポッティングに基づく音声認識 [13] が提供する文節ラティスから、概念素仮説を抽出して概念素ラティスを作成する。次に、概念素ラティス中の概念素仮説の組み合わせを探索し、文意仮説を生成する。文意仮説の探索では、発話区間の時間軸方向に、尤度の高い文意仮説を優先して展開する。発話区間全体をカバーする文意仮説を受理し、尤度の高い順に出力する。

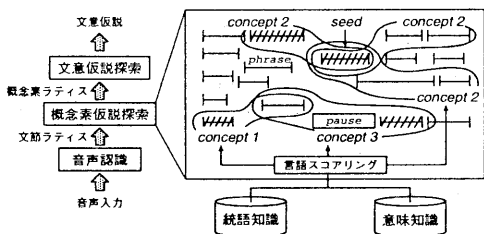


図 2: 島駆動探索による概念素ラティスの抽出

3.2 スコアリング

概念素仮説と文意仮説には、音響尤度と言語尤度の両者が与えられる。音響尤度は、文節候補のスポッティング尤度から計算する。スポッティング尤度は、(1) 文節ネットワークの両端に、単語や文節の全接続型ネットワーク (background model) を接続したスポッティングモデルが出力する尤度と、(2) background model のみを全音声区間に適用した尤度、との差分値 (差分尤度) である。概念素仮説の音響尤度は、概念素仮説が含む文節候補の差分尤度を文節候補の継続時間で正規化し、これらの総和を文節数で正規化する近似的方法により計算する。文意仮説の音響尤度も同様に文節候補の差分尤度の平均値として計算する。また、概念素仮説の言語尤度は言語スコアリング手法に基づき、ペナルティ規則によって与える。文意仮説の言語尤度は、文意仮説が含む概念素仮説の言語尤度の総和とする。

こうして求めた音響尤度と言語尤度を用いて仮説の順位付けを行なう。正解仮説の尤度は、音響 / 言語尤度の両者とも良いとは限らないので、二つを総合したスコアを用いることが望ましい。そこで、以下のように総合スコアを、音響 / 言語尤度の線形加重和として定義する。

$$S_T = \alpha S_L + (1 - \alpha) S_A \quad (1)$$

ただし、 S_T : 総合スコア、 S_L : 言語尤度、 S_A : 音響尤度、 α : 重み係数 ($0 < \alpha < 1$)、である。

3.3 概念素ラティスの生成

次の手順で概念素ラティスを生成する。

Step 1. seed の検出: 音響尤度の高い文節候補のうち、上位から N 個を選択して seed とする。

Step 2. 島の生成: seed を受理する概念素フレームを用い、seed のみが登録された初期概念素仮説を生成する。

Step 3. 島の拡張: 初期概念素仮説に統合可能な文節候補を接続し、概念素仮説を左右方向に伸ばす。

文節候補を接続して概念素仮説を左右方向に伸ばす際、文節候補間の接続判定基準として次の条件を用いる。

時間軸上の連続性: 概念素は時間的に連続した音声区間を占有すると仮定し、文節候補を接続する。このとき、文節候補間の overlap や gap の長さが予め設定された許

容範囲内ならば接続する。ポーズも文節候補と同様に扱い、また、概念素仮説内にもポーズの存在を許す。

必須格: 概念素は予め指定された必須格を含む、という条件を満たす文節候補を接続する。

尤度: 文節候補が概念素仮説に選択されるごとにスコアリングを行ない、尤度の低い概念素仮説を棄却する。

3.4 文意仮説の生成

以下の手順で、発話区間全体をカバーする概念素仮説の組を探索して文意仮説を生成する。

Step 1. 概念素仮説の統合: 概念素仮説を left-to-right に接続し、最良尤度の文意仮説を優先して成長させる。概念素仮説を接続することに言語スコアリングを行ない、尤度の低い文意仮説を棄却する。

Step 2. 文意仮説の受理: 文意仮説の長さが音声区間全体をカバーし、音響 / 言語尤度がいき値以上であれば、受理する。受理された文意仮説数が設定された個数に達すると、文意仮説の展開処理は終了する。

Step 3. 文意仮説の出力: 受理された文意仮説を最終的な理解結果として尤度順に出力する。

3.5 音声理解実験

概念素探索法により本意味理解方式と音声認識とを結合して、音声理解実験を行なった。評価音声には、被験者十名が対話を想定してホテル予約に関する質問文を自由に作成し、これらを男性一名が読み上げた 50 発声文を用いた。作成された質問文には長い文 (平均文節数 5.8) が多く、言い回しも次のように比較的自由であった。

- 安くなくてもいいので、なるべく駅に近いところ、品川駅でどこありませんか
- 八月一日横浜のホテル、ツイン二部屋あいているところ、できれば駅に近いところありませんか
- 関内の近くでシングルで一万円以下のところ八月一日一泊で探しているのですけど

音声認識部では、文節内文法の規模が規則数 375、語彙 356 単語 (自立語 330、付属語 26) で、音響モデルは不特定話者の環境独立音素 HMM である。background model は、単語全接続型、文節全接続型の二種類を適用した。スポッティングで得られた文節ラティスの質は比較的良好で、一文の入力文節数に対して約 10 ~ 30 倍の湧き出し誤りを含み、自立語の検出率は 100% であった。

意味理解部では、概念素フレームは 22 種類、overlap と gap の許容範囲は 13 frame (frame 周期 10 ms) とした。文意仮説の順位付けは、(1) 音響尤度順を優先し、同尤度の仮説は言語尤度順、(2) 音響 / 言語尤度の総合スコア順、の二種類を用いた。正解認定基準は、(1) 概念素の種類と境界が正しく、(2) 文節候補への格の割り当て

が適切で、(3) 自立語の意味素性が正しく抽出されている、ことを正解の条件とした。

理解率を表5に示す。第一位で80～92%、第五位までの累積で88～96%の良好な理解率が得られた。また、総合スコアを用いることで、background modelが文節全接続型の場合に顕著な性能向上を確認した。

理解誤りは、言語的には、(1) 助詞が省略された文節に対する格の解釈誤り、(2) 単独の格スロットからなる概念素仮説の言語尤度の悪化、などが主であった。(1)は、連体修飾格を示す「の」のような重要な格助詞が省略された場合、(2)は、叙述格と他の格が共存していない場合に、それぞれペナルティが与えられた結果であり、言語尤度の評価規準について今後検討が必要である。なお、表5で単語全接続型の場合に総合スコアの効果が少なかったのは、文節ラティスに助詞の脱落や置換誤りが多かったためと考えられる。

音響的な原因による理解誤りでは、(1) 助詞の脱落、ポーズの未検出、ポーズ境界の検出誤りなどでgapの許容範囲を越えたため、文節候補が概念素仮説に統合されなかった場合、(2) 概念素仮説を成長させるseedが脱落していた場合、などの例が観察された。(1)に対しては、さらに音声認識精度を向上させる必要があり、環境依存HMMや韻律情報の利用が必要である。(2)については、seedが概念素内に最低一つ含まれるように検出する必要があり、十分な数のseedを検出して対処することが考えられる。しかし、処理量が増加し効率的でないため、seedの脱落を考慮した探索法を検討する必要がある。

表5: 音声理解率(%) : 50 評価文、男性話者1名。表中、Aは音響尤度優先順、Tは総合スコア順を示す。

background model	単語全接続型		文節全接続型	
	A	T	A	T
順位				
1	82	80	82	92
～2	84	82	84	-
～3	-	86	90	94
～4	86	88	92	-
～5	88	-	-	96

4 効率的な文意仮説の探索手法

本章では、文意仮説を効率良く探索することを目的として、正解の脱落を考慮した概念素探索法を提案する。

対立仮説の多い文節ラティスの探索では、なるべく上位の信頼できる文節候補を利用して効率の良い探索を行なうことが重要である。しかし、探索対象を音響尤度の高い文節候補に限定すると、音響尤度の低い正解文節候補が脱落する危険があり、脱落を生じない程度の尤度のいき値を設定せざるを得ない。その結果、対立仮説が増

加して処理量が増加する。この問題に対し、理解処理の早期で正解の脱落を許容し、信頼度が高い概念素仮説からなる初期文意仮説を高速に得て、この仮説から想起される概念素制約知識を利用して、脱落区間を再探索して正解の概念素仮説を救うというアプローチをとった。

4.1 全体の基本動作

本探索手法の基本動作を図3に示す。まず、音響尤度の高い少数の文節候補のみを用いて概念素ラティスを生成し、これから脱落区間を含む初期文意仮説を生成する。次に、受理判定部が初期文意仮説を評価し、探索を継続してより良い尤度の仮説が得られるかを判断する。受理可能ならば初期文意仮説をそのまま理解結果とし、受理できないと判断された場合は、脱落区間の文節候補を再探索して初期文意仮説の修復処理を行なう。脱落区間の再探索では、成長過程の文意仮説からトップダウンに予測できる概念素仮説のみを探索対象とする。

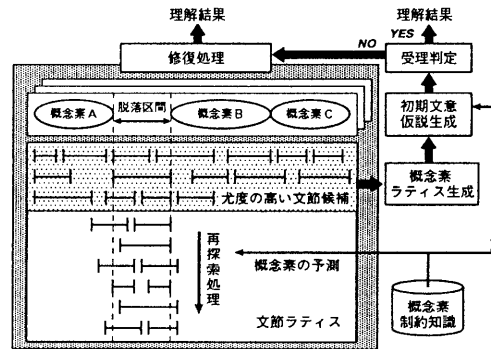


図3: 本探索手法の基本動作を示す概念図

4.2 概念素ラティスの良質化

精度の良い初期文意仮説を得るために、概念素仮説の境界の曖昧さを削減する必要がある。まず、概念素ラティス中に存在する概念素の各種類ごとに、総合スコア順にN-best候補を選択する。次に、それらの中から第一位概念素仮説の文節候補を共有して伸びている概念素仮説を選択し、第一位の概念素仮説とをあわせて、その種類の概念素仮説集合とする。

4.3 概念素の脱落を許す初期文意仮説の生成

音響/言語尤度の総合スコアが高いものを初期文意仮説とする。このとき、単純に尤度のみで初期文意仮説の順位付けを行なうと、尤度の高い文節候補をただ一つ含む初期文意仮説が最良となり、再探索の処理量の点で望ましくない。そこで、脱落区間長に比例したペナルティを初期文意仮説に与えることで、発話全体をなるべくカバーしている文意仮説を優先させる。また、極端に脱落区間が長い文意仮説は棄却する。

4.4 初期文意仮説の受理判定

初期文意仮説を修復するか、またはそのまま受理するかを判定する(図4参照)。始めに、初期文意仮説を脱落区間を含むもの(集合A)と、脱落区間を含まないもの(集合B)とに分類する。ここで、集合Bの文意仮説を受理するか、または、集合Aの文意仮説を修復するかを、以下のように判定する。まず、脱落区間に存在し得る文節候補数を、その脱落区間の長さから推定する。次に、seedの音響尤度を持つ仮の文節候補が、推定された文節候補数だけ存在すると仮定して、文意仮説の総合スコアの尤度を再計算する。この尤度が集合Bの第一位文意仮説の尤度より悪ければ、これ以上探索しても良い尤度が得られる見込みはないと判断し、集合Bの文意仮説を受理する。それ以外は、再探索処理へ進む。

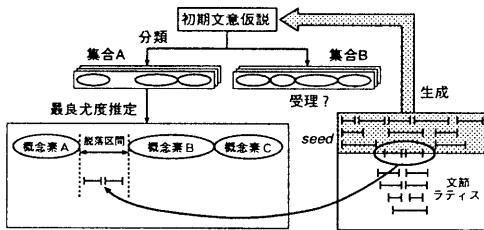


図4: 初期文意仮説の受理判定

4.5 初期文意仮説の修復処理

文節ラティスの探索範囲を初期文意仮説の脱落区間に限定して、脱落概念素仮説の再探索を行なう。ただし、脱落区間に隣接する概念素仮説は信頼度が低いと考えられる。そこで、図5に示すように、初期文意仮説を補正して、脱落区間の前後の概念素仮説を除去した文意仮説も同時に仮定して再探索する。

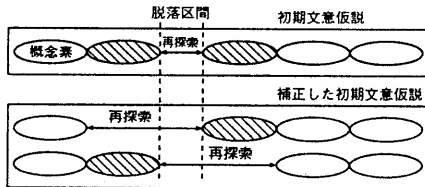


図5: 再探索用の文意仮説の作成

4.6 概念素への制約知識の導入

初期文意仮説が与えられた場合、既に得られている概念素仮説と意図により、脱落区間に存在可能な概念素を予測できる。例えば図6に示すように、値段を尋ねるWH質問「HowMuch」の意図と、「ホテル名」、「部屋の種類」、「値段」を表す概念素仮説とから、脱落区間を埋めることのできる概念素は「泊数」、「人数」、「日時」などであり、「場所」や「所要時間」などの概念素は棄

却可能である。そこで、概念素を予測する知識として、(1)意図と述語の対応関係、(2)意図と概念素との共存関係、(3)概念素同士の共存関係、の知識を用いた。

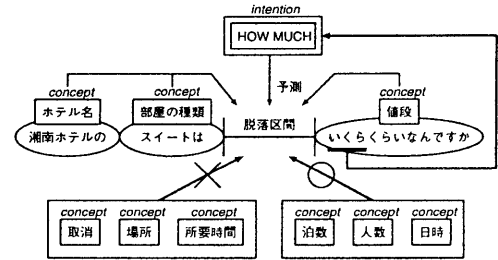


図6: 概念素制約知識による脱落区間の概念素予測

4.7 音声理解実験

実験条件は前章の条件とほぼ同様である。異なる点は、本実験では処理時間の違いをより明確にさせるために、湧き出し誤り数を増加させて前章の実験よりも処理量を増やした点である。background modelは文節全接続型である。意図は、表3に示した13種類を用いた。本方式による処理時間を、前章で述べた概念素探索法の基本方式と比較する。この基本方式は、文節ラティスから概念素仮説を抽出する際に、seedに接続し得る文節候補を全探索し、修復処理を行なわない方式である。

表6は、文節ラティス全探索型の修復処理を行なわない概念素探索法による実験結果、表7は本探索手法による実験結果である。seed数は、全探索+修復処理なしの場合は概念素ラティス作成の際の高駆動探索に用いたseed数を指し、本探索手法の場合は初期文意仮説の作成までの処理に用いた音響尤度の高い文節候補数を指す。修復された評価文数は、受理判定部で修復が必要と判断され、再探索処理が行なわれた評価文数を示す。

表6: 全探索+修復処理なし、50評価文、男性話者1名。False alarm数: 最大227、平均75

seed数	100	30	20	15	10	5
理解率(%) (~5位)	88 (98)	88 (96)	88 (96)	90 (96)	84 (90)	66 (72)
CPU time (s.)	15.6	14.2	16.9	12.3	11.2	6.0

表7: 本探索手法、50評価文、男性話者1名。

seed数	30	20	15	10	5
理解率(%) (~5位)	88 (98)	88 (96)	88 (96)	84 (94)	64 (76)
CPU time (s.)	1.7	1.2	3.1	3.8	3.7
修復された評価文数	2	3	10	13	27

表6、表7から、本探索手法により、処理効率が数倍～十倍に向上したことを確認した。また、理解率に関しては、少ないseed数で正解の脱落が生じた場合にも、本探索法における修復処理が適切に起動され、全探索+修復処理なしの場合の理解性能をほぼ維持していることがわかった。例えば、全探索+修復処理なしの場合、seed数を100までとらないと理解率の上限值(第一位88%、第五位の累積で98%)に達しないのに対し、本探索手法では、seed数が30で上限値を得ている。

ただし、受理判定を誤って、修復処理がなされなかった場合が一例あった。これは受理判定部で、脱落区間を含む文意仮説の言語尤度の推定において、他の文意仮説の悪い言語尤度を代用したことが原因であった。単純に他の文意仮説の言語尤度を代用するのではなく、自分自身の言語尤度から推定する合理的な手法が必要である。

また、修復処理が起動されると処理時間が増加する傾向が認められる。seed数が10の場合に修復された13評価文について、予測知識による概念素仮説の絞り込み効果を調査した結果、予測知識を用いない場合の仮説数の約一割しか削減されていないことがわかった。これより、概念素に対する制約知識があまり強力に働いていないと考えられる。これは、ホテル予約のタスクの特性として、検索パラメータとなるホテル属性に関する概念が多く、共存可能な概念素が多いことが要因である。しかしながら、意図と概念素の関係が明確なタスクであれば、概念素を強力に予測できると考えている。

修復処理における再探索の方法も、今後改良を要する。現状では、脱落区間の両端の概念素仮説を削除しているために、削除された概念素仮説の情報を利用していないことになる。改良策としては、まず脱落区間の両端の概念素仮説を伸ばして見て尤度が向上するかどうかを試みる事が考えられる。

5 おわりに

概念素に基づく意味理解方式を音声認識と統合することを目指して、言語尤度を活用しながら文節ラティスから概念素を鳥駆動探索する概念素探索法を提案した。実音声入力による評価の結果、最高性能で第一位92%、第五位までの累積で96%の良好な理解率を得た。

また、理解結果を効率良く得るために、正解の脱落を許容しながら信頼度が高い概念素仮説からなる初期文意仮説を高速に得て、この仮説から想起される概念素制約知識を利用しながら、脱落区間を再探索する手法を提案した。評価の結果、全探索型の方式の理解性能を保ったまま、数倍～十倍の効率向上が見られ、本探索手法の有効性を確認した。

今後は、受理判定部における判定手法の改良と再探索

処理の効率化について検討するとともに、複文の意味理解、未知語処理、及び異なるタスクでの評価を行なう。

参考文献

- [1] Wayne Ward and Sheryl R. Young, "Flexible Use of Semantic Constraints in Speech Recognition," Proc. ICASSP 93, pp. II-49-50, (Apr. 1993).
- [2] Victor Zue, Stephanie Seneff, Joseph Polifroni, Michael Phillips, Christine Pao, David Goodine, David Goddeau and James Glass, "PEGASUS: A Spoken Dialogue Interface for On-Line Air Travel Planning," Proc. ISSD-93 (Waseda Univ., Tokyo, Japan), pp. 157-160, (Nov. 1993).
- [3] Stephanie Seneff, "A Relaxation Method for Understanding Spontaneous Speech Utterances," Proc. DARPA Speech and Natural Language Workshop, pp. 299-304, (Feb. 1992).
- [4] David Stallard and Robert Bobrow, "Fragment Processing in the DELPHI System," Proc. DARPA Speech and Natural Language Workshop, pp. 305-310, (Feb. 1992).
- [5] Paolo Baggia and Claudio Rullent, "Partial Parsing as Robust Parsing Strategy," Proc. ICASSP 93, pp. II-123-126, (Apr. 1993).
- [6] 永井明人, 石川泰, 中島邦男, "構文的曖昧性を含む会話音声文に対する意味処理方式の検討," 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, pp. 99-100 (Mar. 1990).
- [7] 永井明人, 石川泰, 中島邦男, "話題想起に基づく音声対話文の意味抽出方式," 日本音響学会秋期研究発表会講演論文集, pp. 25-26 (Oct. 1993).
- [8] 永井明人, 石川泰, 中島邦男, "概念素に基づく音声対話理解方式における意味スコアリング法," 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, pp. 151-152 (Mar. 1994).
- [9] Nagai Akito, Ishikawa Yasushi and Nakajima Kunio, "A Semantic Interpretation Based on Detecting Concepts for Spontaneous Speech Understanding," Proc. ICSLP94 (Yokohama, JAPAN), pp. 95-98, (Sep. 1994).
- [10] 永井明人, 石川泰, 中島邦男, "文節ラティスからの概念素探索手法," 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp. 35-36 (Oct. 1994).
- [11] Nagai Akito, Ishikawa Yasushi and Nakajima Kunio, "Concept-Driven Semantic Interpretation for Robust Spontaneous Speech Understanding," Proc. SST94 (Perth, AUSTRALIA), pp. 558-563, (Dec. 1994).
- [12] 永井明人, 石川泰, 中島邦男, "概念素探索法における概念素仮説からの文意統合方式," 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, pp. 69-70 (Mar. 1995).
- [13] 花沢利行, 阿部芳春, 中島邦男, "意味主導型音声理解システムのための文節スポッティングの検討," 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp. 169-170 (Oct. 1994).