

原著論文

文脈への意味の位置付けを用いた 対話システムとその評価[†]

野口 靖浩^{*1*3}・池ヶ谷 有希^{*2}・小暮 悟^{*3}・近藤 真^{*3}・麻生 英樹^{*4}
小林 一郎^{*5}・小西 達裕^{*3}・高木 朗^{*6}・伊東 幸宏^{*7}

先行研究において、我々は、入力文の表層の依存構造に依らずに、意味内容の比較・参照を可能にする意味表現方式及び意味の位置付けに基づく意味解釈手法を提案してきた。本研究の目的は、我々が提案してきた意味表現方式、意味解釈手法を用いた対話システムを構築し、対話データによってシステムを評価することで、この意味表現方式及び意味解釈手法の有用性を確かめることである。

自然言語では、同一の意味を伝える際にも様々な表現を用いることができるため、対話システムが受理しなければならない表現は非常に多様なものになってしまう。しかし、従来開発されてきた意味表現では、異なる依存構造を持つ同義文が入力された場合に、異なる意味表現が生成されるため、このような意味表現間で意味内容の比較・参照を行おうとすると、意味表現同士を比較するための個別の規則が必要になる。このような規則は、意味表現の組み合わせごとに必要になるため、予めこれを用意しておくことは現実的ではない。

我々が提案してきた意味表現方式及び意味解釈手法では、表層表現に対応する個別の規則を用意する必要がない。本論文では、この意味表現方式及び意味解釈手法を用いて、浜松市周辺のホテル検索・観光名所検索を主タスクとする対話システムを構築し、その評価を行った。

評価実験では、Wizard of Oz法によって収集したホテル検索・観光名所検索を主タスクとする対話データを用いて、構築したシステムが適切な応答を返すことができるかどうかを調査した。また、提案した意味解釈手法の一部を用いない場合に、同様に適切な応答が可能かどうかについても調査した。これにより、本論文で構築した対話システムが適切に応答可能であること、更に、それが我々の提案した意味解釈手法に基づく効果であることを確認した。

キーワード：自然言語処理、意味表現、意味理解、自然言語対話システム

1. はじめに

対話システムを構築する際には、様々な問題が存在するが[1][2]、その中でもユーザの入力文を解釈し、

対話を進める上で必要な情報を抽出する機能は非常に重要である。

自然言語では、同じ意味内容を伝える場合であっても様々な表層表現を用いることができる。例えば、あるホテルの駐車場の料金について問い合わせる場合に、「Aホテルの駐車場にいくらで駐車できますか?」とも「Aホテルの駐車場の料金はいくらですか?」とも表現できる。また、「Aホテルの駐車場に車を停めたいのですが、いくらで駐車できますか?」のように複数節・複数文で表現することもできる。このように、同じ意味内容を伝える際にも依存構造が大きく異なる表現が自然に用いられるため、対話システム側はどの表現からも同じ意味内容を理解できる必要がある。

一般に音声入力を受け付けるシステムでは、音声認識器の精度の問題から認識した依存構造を信頼して、入力文を解釈することが難しい。そのため、いくつかの音声対話システム[3][4][5]では、予め対話領域で入力される内容を想定した上で、それを受けるスロットを用意し、入力文に含まれる単語の意味制約等に

[†] Construction and Evaluation of a Dialog System Based on Mapping Sentence Meanings to the Dialog Context
Yasuhiro NOGUCHI, Yuki IKEGAYA, Satoru KOGURE, Makoto KONDO, Hideki ASOH, Ichiro KOBAYASHI, Tatsuhiro KONISHI, Akira TAKAGI and Yukihiro ITOH

*1 静岡大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University

*2 ヤマハマリン株式会社
Yamaha Marine Co., Ltd.

*3 静岡大学 情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

*4 (独)産業技術総合研究所情報技術研究部門
Information Technology Research Institute, AIST

*5 お茶ノ水女子大学 理学部
Faculty of Science, Ochanomizu University

*6 言語情報処理研究所
NLP Research Laboratory

*7 静岡大学大学院 創造科学技術大学院, 静岡大学 情報学部
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, Faculty of Informatics, Shizuoka University

よってスロットを埋め、埋められたスロットの組み合わせによって、ユーザが伝える意味内容を推定している。

これに対して、テキスト入力を受け付けるシステムでは、入力文から認識した依存構造をある程度信頼して解釈することができる。日笠らのシステム[6]では、自立語や、文節の深さ、係りタイプ等によって各文節ごとの類似点を算出し、その合計を正規化した値を確信度として用いることで、WH質問文と知識ベース中の文とを照合している。また、村田らのシステム[7]では、自然言語で記述された知識データとWH質問文との間の類似度を計算することによって、質問の解を持つ文を知識データから抽出する。更に類似度が最大になるように、変形規則によって互いの文を変形した上で、質問文の疑問詞を含む文節に対応する知識データ上の文節を、解として抽出している。

しかし、自然言語では、同じ単語の組み合わせであっても、依存構造によって異なる意味内容を示す場合や、同義文であっても大きく依存構造が異なる場合がある。これらのシステムでは、表層表現で用いられる単語の組み合わせや、表層表現の各部分において算出した類似点の合計によって文全体の意味を近似しているが、類似を用いる方法は、回答となりうる情報を含む文書を検索する際には有効であるが、入力されたWH質問文の意味内容を理解し、それに対して正確に回答をすることは難しいと考えられる。また、Chu-Carrollらのシステム[8]、Traumらのシステム[9]では、入力文を意味表現へと変換し、その意味表現からルールによって発話意図を推定して問題解決に利用している。しかし、ユーザが用いることができる多様な表現に対応してルールを整備することは実際には難しい。

このように、従来のシステムでは、多様な表現に対して文の意味内容を正確に理解することが十分には実現されていない。この原因は表層の依存構造の多様性をそのまま引き継いだ意味表現で文を記述し、それを解釈しようとしていることにあると考えられる。従来の意味表現では、表層表現が異なれば、意味内容に関わらず、構造の異なる意味表現に変換されるため、表層の依存構造に応じて多様な意味表現が存在することになる。そのため、文全体の意味内容を求めるために意味表現同士を比較しようとする、意味表現の組み合わせごとにそれらを比較するための規則の整備が必要になってしまう。

我々はこのような困難の低減を2つの方法で試みている。まず、意味表現を構成する際に、属性概念の中に依存構造を繰り込み、すべての述語の意味を「断定」

の述語概念によって記述することで、依存構造の多様性を出来る限り排除する。詳細は3章で述べるが、これにより意味表現同士の比較を容易にすることができる。次に、依存関係の作用によって、どのような意味の限定が起きるかを認識して節内の意味内容を理解し、更にその意味内容を基に節間・文間での意味の統合を行う。

本論文では、我々が提案してきた意味表現及び意味表現同士の比較と意味の統合処理を用いた対話システムの構築とその評価について述べる。2章において文を解釈するプロセスについて議論する。3章では文の解釈に必要な意味表現の能力と本論文で用いる意味表現について説明する。4章では節内の意味解釈、5章では節間・文間の意味解釈について述べる。6章で構築した対話システムについて説明し、7章でその評価を行う。最後に8章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 入力文の解釈

本稿では、言語表現が持つ内包的意味を表す意味表現システムを検討し、それに基づいて、自然言語文の意味解釈のあり方を論じる。

意味表現とは、文で伝達可能な外界の事物に対する人間の認知結果あるいは思考内容を内包的に記述した構造化データ表現であり、語義(語の意味)及び、それを依存関係に従って結合することによって得られる句、節、文の意味を表現する。

本稿においては、同義表現(異なる構文構造を持ちながら、同等な意味を表す言語表現)間の意味の同等性の認識[10][11]、及び、言語表現間の意味の位置付け(単語間、句間、節間、文間において、同じ事柄について記述していると判断できる部分を探し、相互に対応付ける操作)を、対話システムが持つべき特に重要な能力として論じる。

その際、同義性の判断や意味の位置付けの可否の判断は、最終的には、問題とする言語表現が外界における同じ事物を指示し得るか否か等によって行える可能性があるが、本稿では、直接外延の世界には立ち入らずに、内包的な意味の表現の範囲に留まって、意味の同等性および意味の位置付けを論じる。即ち、言語表現間の同義性や言語表現間の意味の位置付けの可否は、その外界におけるreferentの同一性その他として捉えられる以前に、まず、意味表現同士が等価と判定できるか否かで判断される段階が存在する(その意味で、言語表現が外界のあり得ない事物を記述し、referentが存在しない場合であっても、同義性という現象は存在する)。

例えば、「100km/hの速度で移動する」と「移動速度は100km/hである」という2つの表層表現は、本稿において後に論じる意味表現方式を採用した場合、共に「移動速度100km/h」と意味表現され、これらの表層表現が外界のどのような現象をreferするかを問う以前に、意味表現の段階で機械的に同義であると判定される。また、それと同時に、これら2つの表層表現の意味が互いに位置付け可能であると判断される。本稿における同義性や意味の位置付けの可否の判断は、専らこの段階で行われる。

次に、このような意味表現システムに基づいて行われるべき自然言語文の意味解釈について述べる。入力文の解釈とは何かを厳密に論じることは困難であるが、我々は、句、節中の単語の意味を合成して、その句、節で表現されている実体や現象の記述を作り出す操作を含むものであると考える。そしてその操作を実行する過程で、前述した「意味の位置付け」が重要な役割を果たす、と考えている。

まず、名詞句の解釈について考える。名詞が連体修飾を受ける場合には、連体修飾成分によって名詞句のヘッドである名詞の意味が限定される。これは、以下のようなプロセスで実現されると考えられる。即ち、ヘッドの名詞の意味の中から、連体修飾成分の意味に対応する部分を見つけ出して、その部分と連体修飾成分の意味とを位置付ける。そして、連体修飾成分の意味をその部分へと伝播させることで、名詞句全体の意味が合成される。

例えば、「Aホテルの駐車場」という名詞句を例に挙げる。「Aホテルの」という連体助詞句において、「Aホテルの駐車場」は「Aホテルが持っている駐車場」と解釈できる。そこで、ヘッドの「駐車場」の意味を、「Aホテル」の意味の中に知識として含まれている「Aホテルが持っている(実際の)駐車場」に関する記述に位置付け、ヘッドの「駐車場」の意味を、その具体的な“駐車場”の意味で限定することによって、「Aホテルの駐車場」という句の意味が「ある特定の駐車場」という1つの名詞の意味へと合成される(限定は双方向であり、ヘッドの「駐車場」から「Aホテルが持っている駐車場」に向かっても起こりうるが、この場合は、ヘッドの「駐車場」が一般的クラス名詞であり、何らの修飾も受けていないので、特に有効な限定情報は、「Aホテルが持っている駐車場」に向かつては伝搬されない)。

述語が連用修飾を受ける場合には、同様に、連用修飾成分によってヘッドの述語の意味が限定される。ヘッドの述語の意味の中に連用修飾成分の意味を位置付け、連用修飾成分の意味をその部分に伝播させることによる意味の合成が行われ、ヘッドの述語の意味が

限定される。

これは、上述の名詞句における意味の限定と同様の仕組みであり、このように、依存構造で関係付けられた単語同士の間で、修飾成分の意味を、被修飾成分の対応する意味へと伝搬し、被修飾成分の意味を直接限定することを、意味の直接的限定と呼ぶことにする。

この直接的限定によって、名詞Nが格助詞を介して述語Pを修飾する際、名詞Nの意味の中に、Pと同等の現象に関する知識Qが含まれていることがある。例えば、「Aホテルの駐車場に車を停める」という文において、「Aホテルの駐車場」の知識の中に、「Aホテルの駐車場には500円で車を止められる」(知識Q)というような、解釈対象の述語Pと同等の「停める」という現象に関する知識が含まれている場合である。4章で詳しく述べるが、このような場合には、名詞Nが格助詞を介して述語Pを直接的に限定することに加えて、知識Qと述語Pとが位置付けられることによって、知識Qが述語Pを間接的に限定する。

上の例では、知識Qに記述されている「料金」に関する部分と、述語Pが意味として含む「料金」に関する部分(「～円で停める」等「で」格成分)とが位置付けられ、その結果、知識Qの「料金」の値「500円」によって、述語Pの「料金」の値が「500円」に限定される。これに基づいて、「Aホテルの駐車場は、いくらで駐車できるか」等の疑問文に回答したり、「Aホテルの駐車場は100円で駐車できる」などの主張を不合理なものと判断することが可能になる。このように、名詞が格助詞を介して述語に係るという依存構造を構成する時に、格名詞の意味に含まれる知識Qによって述語Pの意味を間接的に限定することを、意味の間接的限定と呼ぶことにする。

以上のように、句、節の解釈において行われる単語間の意味の位置付けは、直接的限定、間接的限定ともに、依存関係で関係づけられた単語同士の間で行われる。

一方、複数節・複数文による表現では、異なる節、異なる文内の単語の間に直接の依存関係が存在しないため、依存関係に基づく意味の位置付けによって解釈することはできない。しかしながら、複数の節・文で1つの事柄が記述される場合や、先行文で指定された状況を踏まえて言及される場合にも、先行文の意味の上に、入力文の意味を位置付けることで、各節、各文の意味の対応関係を認識し、相互に意味を限定することができると考えられる。

例えば、(a1)は、(a2.1)(a2.2)という2文の表現とほぼ同じ意味を持つ。

(a1) 「Aホテルの駐車場に車を500円で停めた」

(a2.1) 「Aホテルの駐車場に車を停めた」

(a2.2) 「500円で停めた」

従って、(a1)を解釈した結果と同等の解釈結果が、(a2.1)(a2.2)からも得られなければならない。これらの表現から同等の解釈結果を得るためには、(a2.1)に含まれる「停める」と(a2.2)に含まれる「停める」とを相互に位置付けて、異なる2つの「停める」現象を同一の「停める」現象として認識し、1つの現象の記述に統合することが必要である。

また、(b1)も、(b2.1)(b2.2)という2文の表現とほぼ同じ意味を持つ。

(b1) 「Aホテルの駐車場に車をいくらで止められるか」

(b2.1) 「Aホテルの駐車場に車を停めたい」

(b2.2) 「駐車料金はいくらか」

従って、(b1)において依存関係に基づいて、意味を位置付けることで解釈した結果と同じ解釈結果が、(b2.1)(b2.2)からも得られなければならない。(b2.1)「Aホテルの駐車場」に対し、上で述べた名詞句の解釈によって、「Aホテルの駐車場」における「駐車場」が「Aホテルが実際に所有する特定の駐車場」に限定され、その駐車料金が「500円」に限定される。その結果、同じく上で説明した意味の間接的限定に基づいて、(b2.1)「停める」が意味として含む「料金」成分の値が「500円」に限定される。これに対して(b2.2)「駐車料金はいくらか」が位置付けられ、「停める」の「料金」成分と「駐車料金」が対応づけられて、最終的に「駐車料金」の値として「500円」が得られる。

このように、複数節、複数文の意味解釈には、各節、各文から同じ事実を言及していると判断可能な部分を互いに位置付け、相互に意味の伝播・合成を行うことが必要であり、(b2.1)(b2.2)のように、異なる述語、異なる構文構造を持つ文同士が、共通する意味部分を含む場合にも、その共通する意味部分同士を相互に位置付けられるような意味表現方式を検討する必要がある。3章でこれについて述べる。

以上、句・節の意味の意味解釈、節間・文間の意味の意味解釈の検討から、意味の解釈において、単語間、句間、節間、文間での意味の位置付けが重要な役割を果たしていることが分かる。

3. 意味表現

3.1 意味表現に求められる能力

自然言語文には、同一の事実関係を表すにも拘らず、異なる構文構造を持つ同義文が広範に存在する。また、ある場合に単一の文で表現された意味内容が、別の場合には、複数の文に分割して表現されることも

ある。そのような場合、従来の意味表現[12][13][14][15]では、異なる意味表現が得られてしまい、意味の同等性を判断することが極めて困難であった。

(α1) 「Aホテルの駐車場にいくらで駐車できるか」という疑問文が入力されたとする。この疑問文に関係する知識として、「Aホテルの駐車場の駐車料金が500円である」という情報を含む知識が「Aホテル」にまつわる知識中に記述されるとすると、これを、

(β1) 「Aホテルは駐車料金が500円の駐車場を所有している」

(β2) 「Aホテルの駐車場には500円で駐車できる」などの表現で記述可能である。ここで、(α1)(β1)(β2)それぞれの意味は、述語形式の意味表現を用いると以下のように記述できる。ただし、述語Park, Have, Poss, Eqは、それぞれ「駐車する」[☆]、「所有する」、「内包する」、「＝」の意味の「である」を表す。

(α1') Park(いくら?, 駐車場a) ∧ Have(Aホテル, 駐車場a).

(β1') Have(Aホテル, 駐車場a) ∧ Poss(駐車場a, 駐車料金a) ∧ Eq(駐車料金a, 500円).

(β2') Park(500円, 駐車場a) ∧ Have(Aホテル, 駐車場a).

(α1)は主節と主節中の「駐車場」を修飾する連体修飾節とを2つの文に分けて、更にその両者の文で同一の「駐車場a」について言及していると考えことで、その意味内容を「駐車場aにいくらで駐車できるか」 ∧ 「Aホテルは駐車場aを所有している」と表現することができる。従って、(α1)の意味内容を(α1')で記述することができる。

同様に、(β1)は「Aホテルは駐車場aを所有している」 ∧ 「駐車場aの駐車料金は500円である」と表現することができる。更に、「駐車場aの駐車料金は500円である」は「駐車場」が「駐車料金」を内包する関係にあることから、「駐車場aは駐車料金aを内包している」 ∧ 「駐車料金aは500円である」と表すことができる。従って、(β1)の意味内容を(β1')で記述することができる。

(β2)についても、(α1)と同様に考えることで、「駐車場aに500円で駐車できる」 ∧ 「Aホテルは駐車場aを所有している」と表現することができ、意味内容を(β2')で記述することができる。

このように同じ意味であっても、用いられる述語や依存構造によって異なる意味表現が生成される。仮に知識が(β2')の形式で記述されていれば、(α1')とパターンで比較することができるが、知識が(β1')の形

☆ ここでは「可能」の意味は省略して表現している。

式で記述されていると簡単には比較できない。例えば、 $(\alpha 1')$ の述語Park及びその第1項「いくら?」と、 $(\beta 1')$ のEq(駐車料金 a, 500円)とを比較しようとしても、述語Eqと述語Parkではパターンで比較できず、個別の比較手続きが必要になる。しかしながら、こうした手続きを予め整備しておくことは、ある程度の抽象化が可能であるにしても現実的ではない。

このような困難は、述語形式による意味表現に固有の問題ではなく、従来検討されてきた意味表現一般に対して当てはまることである。従って、同一の事実関係を含む文同士であれば、異なる動詞や異なる文体によって記述されるなど、表層表現が多様性をもつ場合でも、互いに対応する意味部分同士を相互に位置付け、意味の比較を可能にする意味表現形式を開発する必要がある。

3.2 意味表現方式

我々は3.1節で述べた問題を軽減する意味表現方式として、表層表現の多様性に依らず、意味内容の比較・参照が可能な意味表現形式を開発してきた[16]。この意味表現方式は、以下の基本方針に基づいて設計されている。

- 述語概念とそれを修飾する連用修飾成分、名詞概念とそれを修飾する連体修飾成分の意味表現から、依存関係の表現を出来る限り排除する。
- 排除出来ない依存関係に関しては、意味によって変動しない共通の概念が構成する一定の依存関係のみが残るようにする。

付録に示すように、述語とその連用修飾成分、名詞とその連体修飾成分の表現を、同義変形によって「属性は属性値である」という依存関係の表現に変形することで、「属性 属性値」及び「ヘッドの名詞概念 \$ 属性 属性値」という一定の形式で意味表現を記述している。更に、この同義変形の際には、述語とその連用修飾成分、名詞とその連体修飾成分の依存構造の一部を属性名詞1語に置き換えることで、この部分の依存関係の表現を意味表現上から排除している。また、ここで用いられる属性については、対話の対象となる話題領域において例文を収集することで、その話題において用いられうる全ての属性を収集し、体系化することができる。

この意味表現方式では、表層の依存構造に拘らず、「属性 属性値」という一定の形式で意味表現を記述することができることから、任意の文の意味内容は「属性 属性値」が表す意味内容の組み合わせとみなすことができる。従って、対象とする話題領域において収集され、体系化された属性は、その話題に関して言及さ

れうる文の意味の全体集合を規定するものと捉えることができる。

また、ここで用いる属性の体系は、実体概念、部分実体概念、現象概念が持つ属性概念の階層になっており、与えられた文の意味が、意味の全体集合の中のどの部分の意味を含むかを、名詞1語単位での比較によって判定することができる。従って、この意味表現方式を利用することによって、動詞の違い等表層構造の違いを超えて、文同士の意味の比較を行うことが可能になる。

そこで、この意味表現上で、改めて2章で述べた句・節の意味解釈、節間・文間の意味解釈を適用すべき部分について検討する。具体的な意味表現の例として「Aホテルが所有している駅前の広い駐車場に車を停めたいのですが、駐車料金はいくらですか?」(図1)を挙げる[☆]。

この意味表現では、「駅前の駐車場」、「駐車場に停める」、「車を停める」等、名詞意味表現、述語意味表現中の「属性」の属性値として名詞句意味表現へのポインタを格納することで、意味の直接的限定が記述される。また、この図にはないが、「形容詞-名詞」や「副詞-述語」の依存関係は、形容詞および副詞の意味が「属性 属性値」の形で表現され、かつ、それらの語とそれらが修飾する語との依存関係がポインタの形で表現される(付録図10, 11)。この意味表現では、(1)節内の解釈の拠り所となる単語間依存構造がポインタで表現され、(2)各単語の意味は「属性 属性値」という均一な形式で表現されている。従って、2章で述べた意味の位置付けに基づく意味の合成および相互の意味の限定が容易に行えるようになっている。

意味の位置付けは「属性 属性値」のペアを基本単位として行われ、ある実体または現象概念意味表現中のある「属性 属性値」と、別の実体または現象概念意味表現中のある「属性 属性値」とが同一事物の同一属性に関する記述であると判定され、互いに位置付け可能であるとされた場合、「属性 属性値」のペア同士を、位置付け相手を指すポインタで結ぶ。また、このとき一方の属性値が他方の属性値よりも具体的である場合、より具体的な値を抽象的な値に代入して具体化することができる。このような伝播可能な値同士は、値の伝播先を指すポインタで結ぶ。

この例の場合、少なくとも

- ・ 「停留^{☆☆}料金 NIL」と「駐車場 \$ 駐車料金 NIL」の

☆ 図1では「駐車場a」以外のシステムの知識の意味表現を省略して記述している。

☆☆「駐車」「駐輪」「停泊」等の上位概念として「停留」を定義している。

「Aホテルが所有している駅前の駐車場に車を停めたいのですが、駐車料金はいくらですか？」

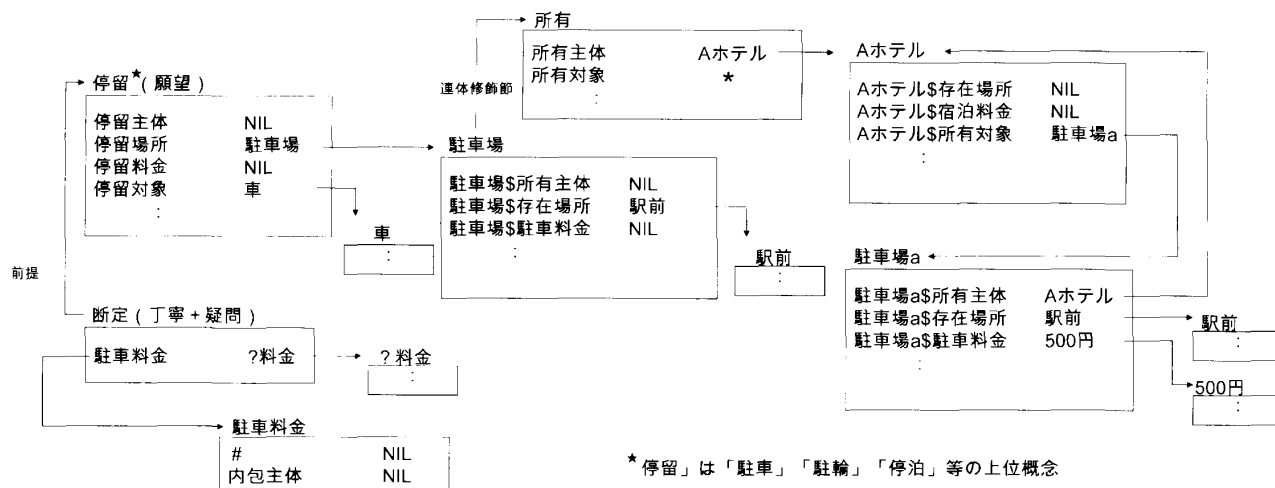


図1 意味表現例

間での、依存構造を利用した節内の意味の位置付け

- ・ 主節で問われている「駐車料金 ? 料金」と、従属節で言及された「Aホテルが所有している駅前の駐車場の「駐車場 \$ 駐車料金 NIL」との間での、節間の意味の位置付け

という2つの位置付けを行い、意味の伝搬、意味の合成を行う必要がある。前者の場合は同一節内における依存関係に従った「属性 属性値」の位置付けが行われ、意味解釈が実行される。後者の場合は主節と従属節の間で「属性 属性値」の位置付けが行われ、意味解釈が実行される。節内の意味解釈については4章で、複数節、複数文間の意味解釈については5章で検討する。

4. 依存関係に基づく節内の意味解釈

節内の意味解釈とは、2章で述べたように、依存関係で結合された単語の意味を合成して、句全体、節全体の意味を求めることである。これを実行するために、互いに依存関係で結合された単語の意味を相互に位置付け、意味の直接限定、間接限定を行う。以下で、述語を修飾する連用修飾成分、名詞を修飾する連体修飾成分のタイプごとに分類してこの問題を検討する。

4.1 述語意味表現の解釈

述語を修飾する連用修飾成分として以下のタイプを取り扱う。

- (1-1) 「名詞句-格助詞-述語」
- (1-2) 「副詞句-述語」

(1-3) 「名詞句-格助詞-動詞-接続助詞-述語」[☆]

(1-4) 「従属節-接続助詞-述語」

(1-1)「名詞句-格助詞-述語」の場合、一般に図2の述語E意味表現中の「現象属性Ei属性値Ei」表現($1 \leq i \leq n$)の属性値Eiが名詞N意味表現へのポインタである場合、述語E意味表現中に

【I】「属性Ej 属性値Ej」($Ej \neq Ei$)

が存在し、更に名詞N意味表現中に

【II】「N \$ 属性Nk 属性値Nk」

が存在すれば(ただし、「属性Nk」は「属性Ej」と同一か、あるいは上位下位関係にある属性とする)である場合、【I】と【II】は互いに参照可能な意味を持ち、相互に属性値を伝搬して照合することができる。これは、【I】と【II】が、同一の現象について、前者は話者

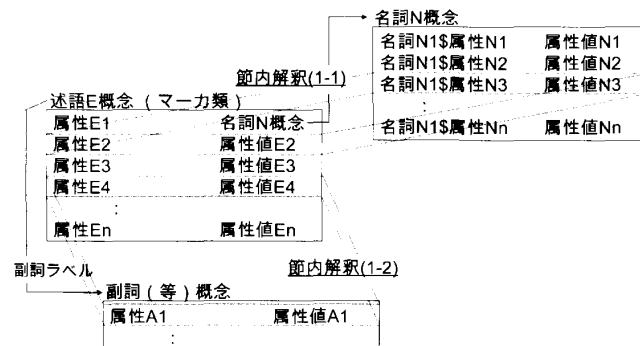


図2 述語意味表現の解釈

☆ 「北に向かって進む」「毎時10kmの速さを保って走る」などのように、「名詞句-格助詞-動詞」から構成される「属性 属性値」の属性がheadの述語の属性と上位-下位関係を構成する場合、このタイプとする。それ以外の場合は(1-4)に分類する。

が、後者はシステムが持つ知識がそれぞれ主張する内容を表し、2つの記述を比較参照出来る関係にある、ということの意味する[16]。

図2は、 $i=1, j=2, k=3$ でこの条件を満たした場合であり、図中の「節内解釈(1-1)」で示した対応関係で互いに位置付けて属性値を相互に伝搬させることで、「名詞句-格助詞-述語」の依存構造によって引き起こされる意味の間接的限定を述語E、名詞N意味表現上に反映し、「名詞句-格助詞-述語」の意味を合成することができる。

(1-2)「副詞句-述語」の場合、付録図10に示す意味表現が生成される。この場合、図2における「属性A1」と「属性E4」(「属性A1」と一致するか、上位下位関係にある属性)とが互いに照合可能な意味を表すことになり、図2の「節内解釈(1-2)」で示した「属性 属性値」間の位置付けにより、副詞句による意味の直接的限定を述語E意味表現上に反映し、「副詞句-述語」の意味を合成することができる。

(1-3)「名詞句-格助詞-動詞-接続助詞-述語」の依存構造の場合に、「動詞」に対応する述語意味表現中の「名詞句-格助詞」によって限定される「属性」と一致するか上位下位関係にある「属性」が述語意味表現中に存在する場合に、これらの「属性」同士を位置付け「名詞句-格助詞-動詞-接続助詞」による意味の限定を述語意味表現上に反映し、意味を合成することができる。ただし、名詞句が属性名詞句、格助詞が対象格、動詞が内包である場合、属性名詞句の意味表現を、副詞の意味表現と同様の方法で述語意味表現に位置付けて解釈を行う。それ以外の(1-4)「従属節-接続助詞-述語」の場合は5章で扱う。

4.2 名詞意味表現の解釈

名詞を修飾する連体修飾成分として以下のタイプを扱う。

(2-1)「連体形形容(動)詞句-名詞」

(2-2)「連体修飾節-名詞」

(2-3)「名詞句-連体助詞-名詞」

(2-1)「連体形形容(動)詞-名詞」の場合は、「副詞句-述語」の場合と同様であり、図4の「属性A1」と「属性E1」とが一致するか、あるいは上位下位関係にある場合、図中の「節内解釈(2-1)」で示すように位置付けられ、連体形形容(動)詞の意味の直接的限定を名詞N1意味表現上に反映し、「連体形形容(動)詞句-名詞」の意味を合成することができる。

(2-2)「連体修飾節-名詞」(例えば「Aホテルが所有している駐車場」)の場合、図4の連体修飾節の述語E1意味表現中の属性値「*」は、先行詞である名詞N1

意味表現を示す。従って、述語E1意味表現において、(1-1)「名詞句-格助詞-述語」の場合と同様の条件を満たす場合に、述語E1意味表現中の属性と名詞N1意味表現中の属性とが互いに参照可能な関係になる。

図4の「節内解釈(2-2)a」は、述語E1意味表現中の「属性E3 属性値E3」と名詞N1意味表現中の「名詞N1 \$ 属性N3 属性値N3」とが位置付けられた場合であり、属性値E3と属性値N3とが相互に伝搬される。また、「節内解釈(2-2)b」は、述語意味表現中の「属性E1 *」と名詞N2意味表現中の「名詞N2 \$ 属性N1 名詞N3」とが互い参照可能な関係になった場合である。このような場合には、相互に属性値を伝搬することで、名詞N1が名詞N3を指していると解釈される。そして、名詞N3意味表現中の各「属性 属性値」と名詞N1意味表現中の対応する「属性 属性値」についても位置付け、相互に属性値を伝搬する。

例えば、図1では「所有」意味表現中の「所有主体」属性値が「Aホテル」であり、更に「所有」意味表現中に

【I】「所有対象 *」

が存在し、更に「Aホテル」意味表現中に

【II】「Aホテル \$ 所有対象 駐車場a」

が存在する。従って、図3中の「節内解釈(2-2)」のように位置付けて属性値を相互に伝搬することができる。その結果、「駐車場a」と「*」が指す「駐車場」とが同一の概念であることが分かり、「駐車場a」意味表現中の各「属性 属性値」と「駐車場」意味表現中の対応する「属性 属性値」についても位置付け、相互に属性値を伝搬させることができる。

(2-3)「名詞句-連体助詞-名詞」の場合、本論文では以下のものを取り扱う。

(2-3-1)「実体名詞N2-連体助詞-実体名詞N1」

例：「浜名湖の遊園地」

(2-3-2)「値名詞V1-連体助詞-実体名詞N1」

例：「7000円のホテル」

(2-3-3)「実体名詞N3-連体助詞-部分実体名詞Np2」 例：「ホテルのフロント」

(2-3-4)「部分実体名詞Np1-連体助詞-実体名詞N1」 例：「(きれいな)フロントのホテル」

(2-3-5)「属性名詞Na1-連体助詞-実体名詞N1」 例：「(7000円の)料金のホテル」

(2-3-6)「実体名詞N4-連体助詞-属性名詞Na2」 例：「ホテルの料金」

(2-3-7)「値名詞V2-連体助詞-属性名詞Na3」 例：「7000円の料金」

(2-3-2)、(2-3-4)、(2-3-5)、(2-3-7)の場合については、修飾成分によって限定される意味内容が被修飾成分の各名詞意味表現上に「属性 属性値」の形式で

「Aホテルが所有している駅前の駐車場に車を停めたい」

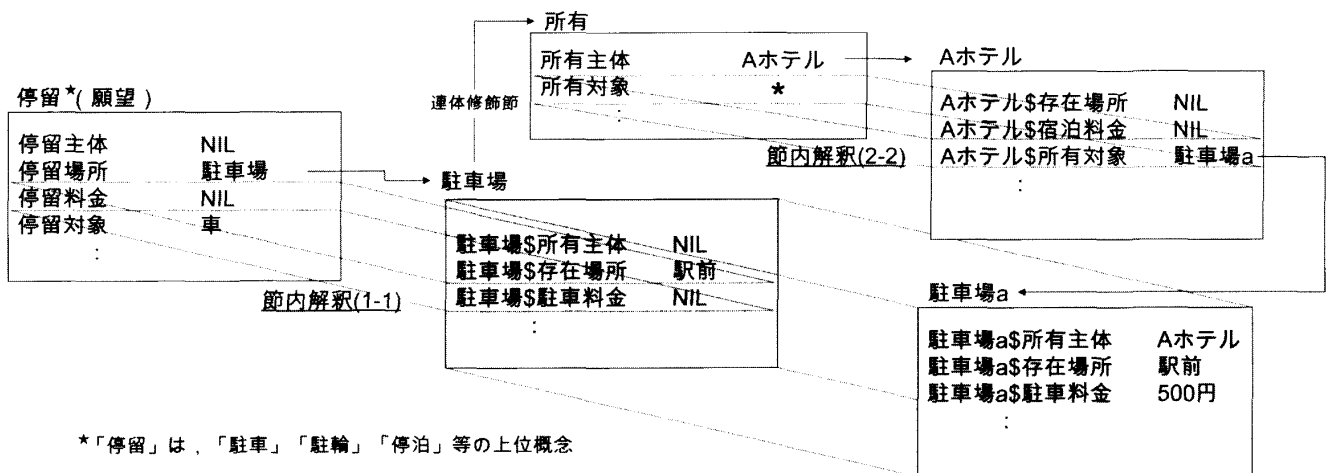


図3 解釈例

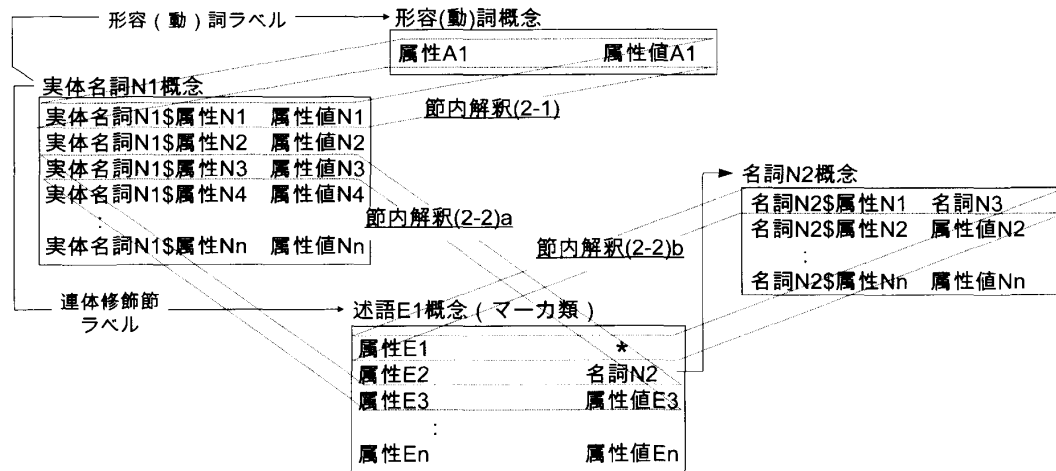


図4 名詞意味表現の解釈

記述されているため改めて解釈の必要はない。

(2-3-1)「実体名詞N2-連体助詞-実体名詞N1」の場合、図5における実体N1概念、実体N2概念中に

- 「実体N1\$属性N1 実体N2」(実体N1中)
- 「実体N2\$属性N2 (実体N1と同一あるいは上位下位関係にある)実体N3」(実体N2中)

が存在しており、属性N2が、属性N1に繰り込まれた現象Vと実体N1との間の格関係と同一の格関係を表す属性である場合に、この実体N1と実体N3は互いに参照可能な関係にある[16]。従って、実体N1と実体N3中の対応する「属性 属性値」間で相互に属性値を限定し、「実体名詞N2-連体助詞-実体名詞N1」の意味を合成することができる。

例えば、「浜名湖の遊園地」(図6)では、実体名詞N1に「遊園地」、実体名詞N2に「浜名湖」が該当する。ここで、「浜名湖」の意味表現中に「浜名湖」に関する知

識として「浜名湖には遊園地aが存在する」ことが記述されているとすると、これらの意味表現中には、

- 「遊園地\$存在場所 浜名湖」(「遊園地」中)
 - 「浜名湖\$存在主体 遊園地a」(「浜名湖」中)
- が存在する。ここで、「浜名湖\$存在主体 遊園地a」の「存在主体」属性は、「遊園地\$存在場所」における「遊園地」と「存在」との間の格関係と同じ「主格」の格関係を表す属性である。従って、「遊園地」と「遊園地a」中の対応する「属性 属性値」間で相互に属性値を伝搬させる。

(2-3-3)「実体名詞N3-連体助詞-部分実体名詞Np2」の場合、「実体名詞N3-連体助詞」によって、部分実体名詞Np2中の「内包主体」属性の属性値が限定される。(2-3-1)の場合と同様に部分実体名詞Np2、実体名詞N3中に

- 「部分実体名詞Np2\$内包主体 実体N3」

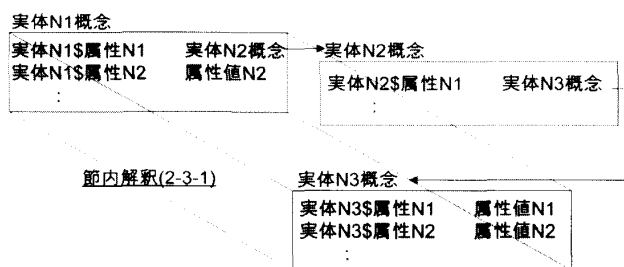


図5 「実体名詞-連体助詞-実体名詞」の解釈

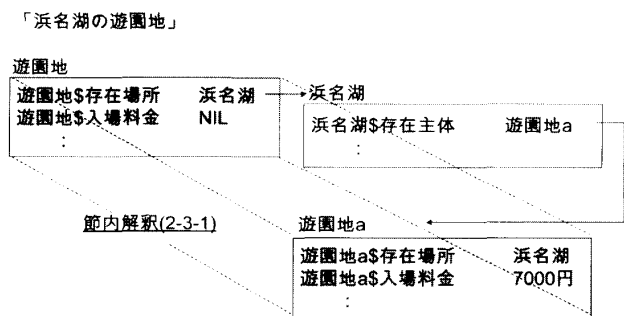


図6 「実体名詞-連体助詞-実体名詞」の解釈例

- 「実体名詞N3 \$ 内包対象部分実体Np2と同一あるいは上位下位関係にある部分実体Np3」が存在する場合、部分実体 Np2と部分実体 Np3とが互いに参照可能な関係にある。従って、部分実体 Np2と部分実体 Np3の間で相互に属性値を限定し、「実体名詞N3-連体助詞-部分実体名詞Np2」の意味を合成することができる。

付録図12では、「Aホテルのフロント」の意味表現中に「属性 属性値」が存在する。

- 「フロント \$ 内包主体 Aホテル」
- 「Aホテル \$ 内包対象 フロントa」

従って、「フロント」意味表現と「フロントa」意味表現とが互いに参照可能な関係にあることが分かり、「フロントa」意味表現中の「属性 属性値」によって、「フロント」意味表現中の「属性 属性値」を限定し、「Aホテルのフロント」という名詞句の意味を合成することができる。

(2-3-6)「実体名詞N4-連体助詞-属性名詞Na2」の場合、図7の「属性名詞Na2 \$ 内包主体 実体名詞N4」の依存関係から「#」と「実体名詞N4 \$ 属性N2」とが、同一あるいは上位下位関係にある属性の場合に互いに参照可能な関係になる。従って、節内解釈(2-3-6)のように位置付けを行い、属性名詞Naの意味を限定し、「実体名詞N4-連体助詞-属性名詞Na2」の意味を合成することができる。

付録図13では、「料金 \$ 内包主体 駐車場」の依存関

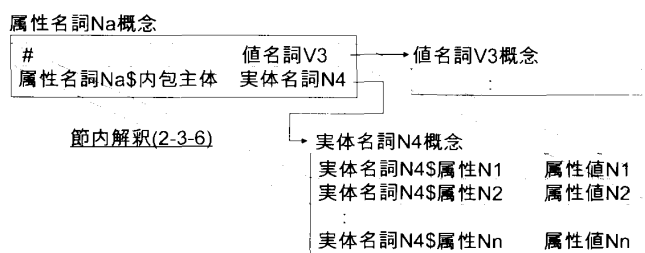


図7 「実体名詞-連体助詞-属性名詞」の解釈

係及び、「#」が指す「料金」と「駐車料金」とが上位下位関係にあることから、「# NIL」と「駐車場 \$ 駐車料金 NIL」とが互いに位置付け可能な関係にある。従って、これらの「属性 属性値」間で属性値を相互に伝搬させる。

5. 複数節・複数文の解釈

5.1 節内の解釈と複数節・複数文間の解釈

異なる節、文間では単語同士が依存関係を持たず、意味の位置付けの相手が依存関係で直接指定されない。しかし、2章で述べたように、異なる節、文の間においても、意味の位置付けをベースとした意味解釈が起こると考えられる。即ち、現在の節、文の意味を、文脈に蓄積されている節、文の意味に位置付けることによって、位置付けた節、文の間で相互に意味内容が限定され、節内の意味解釈と同様の意味解釈結果を得ることができる。

この意味の位置付けを考えるにあたって、いくつかの点に注意する必要がある。

- 1) 文の意味を文脈にある節、文の意味の上に位置付ける際、節、文を構成する単語の意味をそれぞれ独立に位置付けたのでは、単語単位の意味の照合しかできないため、文として意味を位置付けたことにはならない。その結果、無関係もしくは不適切な節、文間で意味の位置付けが起こる可能性がある。従って、文を構成する単語の意味表現を、そのまま文脈にある節、文の意味表現に位置付けるのでは不十分であって、4章で検討した依存関係に基づく節内の意味解釈を行った結果得られる文の意味表現を、文脈にある節、文の意味表現と照合しなければならない。
- 2) そのようにしても尚、現在の文の意味を位置付ける文脈中の相手が依存関係で直接指定されている訳ではないので、位置付け先に関して曖昧性が生じる可能性が常に残されている。
- 3) その問題と関連して、現在の文の意味が抽象的であればあるほど、位置付け先の曖昧性は高くなり、逆に、現在の文の意味が具体的であればある

ほど、位置付け先の曖昧性は小さくなって、誤解の余地が減少する。

- 4) 位置付け先候補となる節、文の述語が概念的に同一もしくは互いに上位下位関係にある場合には、2つの節、文は同一の現象を言及しているから、両者で時制、相、助動詞、終助詞情報が異なっても位置付けを行う必要がある。

以下のように、(a1)(a2)に続けて(b1)から(b3)のいずれかが入力された場合を考える。

- (a1) 「名古屋のホテルに泊まって、買い物をした後、浜松でもう一泊した」
 (a2) 「浜松のホテルはきれいでとても良かったし、浜名湖の遊園地もおもしろかった」
 (b1) 「料金は5000円だった」
 (b2) 「ホテルの料金は5000円だった」
 (b3) 「浜松のホテルの料金は5000円だった」

(b1)が入力された場合、仮に(a2)の「遊園地」の意味表現の中に「遊園地 \$ 入場料金 NIL[☆]」(遊園地の入場料金はNILである)が含まれている場合には、(b1)の意味表現「料金 5000円」が、この「遊園地 \$ 入場料金 NIL」に位置付けられ、「料金」が「遊園地 \$ 入場料金」と解釈される可能性がある。また、「浜松のホテル」の意味表現の中に「ホテル \$ 宿泊料金 NIL」(ホテルの宿泊料金はNILである)が含まれていれば、「料金 NIL」がそこに位置付けられ、「料金」が「(浜松の)ホテル \$ 宿泊料金」と解釈される可能性もある。同様にして、「料金 NIL」が「浜松に行った」際の「移動」意味表現中の「移動料金 NIL」に位置付けられるかもしれないし、「名古屋のホテルで泊まった」際の、「名古屋のホテル」意味表現中の「ホテル \$ 宿泊料金 NIL」あるいは、「宿泊」意味表現中の「宿泊料金 NIL」(これらの「属性 属性値」は4章の「名詞句-格助詞-述語」の意味解釈によって位置付け可能である)に位置付けられるかもしれない。従って、(b1)の「料金」には位置付け先に応じて少なくとも4種類の解釈が存在してしまう。

一方、(b2)が入力された場合、「ホテル」の意味表現中に「ホテル \$ 宿泊料金 NIL」が含まれているとすると、節内の解釈により(b2)の意味表現「料金 5000円」が「料金」の「内包主体」属性値である「ホテル」意味表現中の「ホテル \$ 宿泊料金 NIL」と位置付けられて相互に属性値が伝搬され、合成される。そして、合成結果の「ホテル」意味表現(「ホテル \$ 宿泊料金 5000円」を持つ)が文脈にある文の意味と位置付けられる。その結果、(b2)の意味表現の位置付け先候補は「浜松の

ホテル」意味表現中の「ホテル \$ 宿泊料金」か、「名古屋のホテル」意味表現中の「ホテル \$ 宿泊料金」に限定され、(b2)の「料金」の解釈が2種類に限定される。

更に、(b3)が入力された場合には「浜松のホテルの料金は5000円だった」が「ホテル \$ 宿泊料金 5000円」かつ「ホテル \$ 存在場所 浜松」と解釈され、この「ホテル」意味表現を文脈にある文の意味と位置付けようとする。「名古屋のホテルに泊まった」の意味表現には、「ホテル \$ 宿泊料金 NIL」かつ「ホテル \$ 存在場所 名古屋」が含まれているが、(b3)の「ホテル \$ 存在場所 浜松」と一致する記述が存在しないので、位置付け先ではないと判断される。これに対して、「浜松のホテルはきれいでとても良かった」の解釈結果には、「ホテル \$ 宿泊料金 NIL」かつ「ホテル \$ 存在場所 浜松」が記述されており、(b3)の解釈結果と照合されて、位置付け可能であると判断される。

このように、後続文がより具体的になるに従って、後続文の意味解釈結果として得られる「料金」の意味が、文中の他の単語の意味によって詳しく限定され、先行文脈中の位置付け可能な候補が絞られて、曖昧性が減少する。これに対して、単語単位で「料金」の意味を照合しているだけでは、後続文(b1)(b2)(b3)のいずれの場合においても位置付け先は4つ存在するままであり、不適切な位置付け先を選択してしまう可能性がある。従って、後続文を先行文脈に位置付けようとする場合には、節、文全体の意味を考慮して位置付け先を探す必要がある。以下の節で、文脈を構成する先行文や新たに入力された文に対し、節内の意味解釈が行われていることを前提に、意味の位置付けを行う方法について検討する。

5.2 位置付け先の分類

節間・文間の意味の位置付けを行う方法を検討するにあたり、文脈に蓄積されている先行文の1つ(以下、単に「先行文」という)に対して、後続文がどのような関係で言及しうるかを考えると、表1のようなタイプ(例文は後述)を考えることができる。

(A-1)先行文で言及している現象全体を後続文が言及する場合

以下の例を挙げる。

- (1) 先行文 「私は、Aホテルに泊まった」
 (2) 後続文 「5000円で泊まった」

例文(1)(2)は先行文と後続文でヘッダの述語「泊まる」が一致している。このような場合、2つの文が同じ現象を言及している場合と、異なる現象を言及している場合とがある。この場合、対話が協調的になされ

☆ 「遊園地」は一般名詞であるから属性値は不定である。

表1 先行文と後続文との関係

(A)後続文が、先行文で直接話題になった現象あるいは直接話題になった実体概念の知識中に記述されている現象について言及する場合
(A1)先行文で言及している現象全体を後続文が言及
(A2)先行文で言及している現象の部分現象に後続文が言及
(A3)先行文で言及している現象の属性に後続文が言及
(A4)先行文で言及している現象に参画する1つの実体に後続文が言及
(A5)先行文で言及している現象に参画する1つの実体をもつ部分実体に後続文が言及
(A6)先行文で言及している現象に参画する1つの実体をもつ属性に後続文が言及
(A7)先行文で言及している現象に参画する1つの実体を修飾する連体修飾節中の現象を後続文が言及
(B)後続文が、上記以外の現象について言及する場合
(B1) 先行文で言及している現象を部分現象としてもつ全現象に後続文が言及
(B2) 先行文で言及している現象に参画する1つの実体に後続文が言及
(B3) 先行文で言及している現象に参画する1つの実体をもつ部分実体に後続文が言及

るとすると、後続文の意味表現を先行文のヘッドの意味表現と比較し、2つの述語意味表現の間に、間接的限定を考慮しても矛盾するものが無い場合、通常は同じ現象を言及しているものと考えられる。2つの述語意味表現間での矛盾のチェックの方法は表2に示す。この例の場合、先行文(1)の「Aホテル」の知識中に「Aホテル \$ 宿泊料金 x 円」があるとすると、それは主動詞の「宿泊」意味表現の「宿泊料金」属性を間接的に限定するため、後続文(2)の「宿泊料金 5000円」と比較して「x 円」と「5000円」の間に矛盾がないことが、無矛盾とみなす条件となる。

同じ現象を言及すると判定できた場合は、相互に属性値を伝搬させあい、意味の統合を行うことができる。上の例では「宿泊主体 私」「宿泊場所 Aホテル」「宿泊料金 5000円」の3組の「属性 属性値」の記述を持つ「宿泊」現象が得られる。

(A-2) 先行文で言及している現象の部分現象に後続文が言及する場合

(3) 先行文 「昨日、浜松に出張した」

(4) 後続文 「東京から新幹線で行った」

例文(3)(4)では、先行文と後続文で共通の述語は使われていない。しかし、この場合、先行文の「出張する」には、「(出発地から出張先まで)行く」「出張先で仕

事をする」「出張先で泊まる」「(出張先から出発地まで)行く」といった一連の部分現象が含まれると考えられ、先行文と後続文との間で共通の述語「行く」が存在する。従って、先行文のヘッドの現象が部分現象をもつ場合、各部分現象の意味表現と後続文の意味表現を比較し、位置付け可能か否かをチェックする必要がある。

(A-3) 先行文で言及している現象の属性に後続文が言及する場合

(5) 先行文 「車が走っている」

(6) 後続文 「速度は毎時40kmである」

この場合、後続文のヘッドは「断定」現象であり、その意味表現(「速度40km/h」)は、先行文意味表現中の現象意味表現が持つ1つの「属性 属性値」ペア(「走行速度 NIL」)が表す「属性は属性値である」に位置付けられる。従って、先行文意味表現中の現象の意味表現がもつ「属性 属性値」ペアが、後続文の現象の意味表現の位置付け先候補となる。

(A-4) 先行文で言及している文で現象に参画する1つの実体に後続文が言及する場合

(7) 先行文 「昨日、Aホテルに泊まった」

(8) 後続文 「Aホテルは2007年にオープンした」

ここで、先行文(7)のAホテルの創業年が「Aホテル」に関する知識として記述されていたとすると、後続文(8)は、その記述(「Aホテル \$ 創業年 2007年」)と位置付け可能である。名詞意味表現がもつ各属性(例えば「ホテル」意味表現がもつ「創業年」属性)には、現象概念(「創業年」の場合の「創業」現象)が含まれているため、後続文のヘッドの現象意味表現が先行文中の名詞の意味表現に位置付けられる場合がある。現象意味表現と名詞概念の意味表現の間での比較手順は、表3に示す。

表2 述語意味表現同士の位置付け

1.	述語意味表現の概念名が一致するか、意味体系上、上位下位の関係にあることを確認する。
2.	全ての「属性 属性値」間に矛盾がないことを確認する。 (属性同士が一致するか、上位下位の関係にあり、かつ属性値が値同士の場合には、値意味表現中の数値と単位が一致していること。属性値が名詞意味表現へのポイントの場合には、名詞意味表現同士の位置付けにより位置付け可能であること。ただし、少なくとも一方の属性値がNILの場合には、矛盾がないと判断する。)
3.	1,2を満たす場合、述語意味表現同士を位置付け、対応する「属性 属性値」も全て位置付けて属性値を相互に伝搬させる。

表3 述語意味表現／名詞意味表現間の位置付け

1.	述語意味表現中のいずれかの属性の属性値として、この名詞意味表現を取れるかどうかを確認する。
2.	述語意味表現中の「属性 属性値」の組と、名詞意味表現中の、述語と同一の現象に関する「名詞\$属性 属性値」の組間に矛盾がないことを確認する。
3.	1,2を満たす場合、対応する「属性 属性値」同士を全て位置付け属性値を相互に伝搬させる。

(A-5)先行文で言及している現象に参画する1つの実体をもつ部分実体に後続文が言及する場合

(9) 先行文 「昨日、Aホテルに泊まった」

(10) 後続文 「客室は広かった」

この例では、後続文で言及している「客室」は、先行文では表層に現れていないものの、後続文の現象意味表現は、先行文意味表現中の「Aホテル」意味表現がもつ部分実体意味表現として「客室」が存在する。従って、先行文意味表現中の実体意味表現がもつ部分実体意味表現が、後続文の現象意味表現の位置付け先候補となる。

(A-6)先行文で言及している現象に参画する1つの実体をもつ属性に後続文が言及する場合

(11) 先行文 「昨日、Aホテルに泊まった」

(12) 後続文 「宿泊料金は5000円だった」

この場合、後続文のヘッドは「断定」現象であり、その現象意味表現は、先行文意味表現中の名詞意味表現の1つの「属性 属性値」ペアが表す「属性は属性値である」に位置付けられる。従って、先行文意味表現中の実体意味表現がもつ「属性 属性値」ペアが、後続文の現象意味表現の位置付け先候補となる。

(A-7)先行文で言及している現象に参画する1つの実体を修飾する連体修飾節中の現象を後続文が言及する場合

(13) 先行文 「昨日泊まったホテルは浜松にある」

(14) 後続文 「5000円で泊まれた」

この場合、例文(13)の連体修飾節中の述語「泊まる」と、例文(14)の述語「泊まる」とが一致しており、両者の意味表現の間に、間接的限定を考慮しても矛盾するものが無く、この2つの「宿泊」現象は同一の「宿泊」現象を表していると考えられる。

従って、先行文の意味表現中の名詞意味表現を修飾する連体修飾節中の現象意味表現と、後続文の現象意味表現とが間接的限定を考慮しても矛盾するものがないかどうかをチェックし、これらの現象意味表現が同じ現象を言及しているものかどうかを判定する必要がある。

(B-1)先行文で言及している現象を部分現象としてもつ全体現象に後続文が言及する場合

(15) 先行文 「8時に出発した」

(16) 後続文 「のんびり浜松まで行った」

この場合、(A-2)とは逆に、後続文のヘッドの現象意味表現がもつ部分現象意味表現の1つが先行文と同一の現象であると考えられる。従って、後続文の意味表現全体を先行文に位置付けられない場合には、後続文の現象意味表現がもつ個々の部分現象意味表現を単位として、先行文への位置付けを試みる必要がある。

(B-2)先行文で言及している現象に参画する1つの実体に後続文が言及する場合

(17) 先行文 「昨日、Aホテルに泊まった」

(18) 後続文 「私は、そのホテルが好きだ」

前述の(A-4)とは異なり、先行文の「ホテル」の知識として「私はホテルが好きである」という記述がないとする。この場合、後続文のヘッドの現象「好き(嗜好)」に相当する現象意味表現は先行文意味表現中には存在しない。従って、後続文のヘッドの現象意味表現を先行文に位置付けることはできない。しかし、この例では、後続文で言及している「(その)ホテル」と先行文中の「Aホテル」とが同一の実体を指すと解釈される。そのような解釈を行うために、後続文のヘッドの現象意味表現を単位とした位置付けが困難な場合に、後続文意味表現中に存在する名詞意味表現を単位として、先行文への位置付けを行う(表4)。

(B-3)先行文で言及している現象に参画する1つの実体をもつ部分実体に後続文が言及する場合

(19) 先行文 「昨日、Aホテルに泊まった」

(20) 後続文 「駐車場にポルシェが停まっていた」

この場合も(B-2)の例と同様に、後続文意味表現中に存在する名詞意味表現(「駐車場」意味表現)を単位として、先行文への位置付けを行う。(B-2)の例では後続文中の名詞意味表現が先行文中で陽に言及された実体意味表現と位置付けられるのに対し、この例では先行文で直接言及されていない部分実体名詞に位置付けが行われる。

表4 名詞意味表現同士の位置付け

1.	名詞意味表現の概念名が一致するか、意味体系上、上位下位の関係にあることを確認する。
2.	全ての「属性 属性値」間に矛盾がないことを確認する。
3.	1,2を満たす場合、名詞意味表現同士を位置付け、対応する「属性 属性値」も全て位置付けて、属性値を相互に伝搬させる。

表5 位置付け先を探す順序

順序	探す意味表現
1.	ヘッ드의述語意味表現(Pとする)
2.	P中の部分現象として記述されている部分現象述語意味表現(PSとする)
3.1	P中の属性の値が名詞意味表現へのポイントである場合に、そのポイント先意味表現(Nとする)
3.2	Nが部分実体をもつ場合、その部分実体名詞意味表現(NSとする)
3.3	Nの属性の値が名詞意味表現へのポイントである場合に、そのポイント先意味表現(NTとする)
3.4	Nが連体修飾節の修飾を受けている場合、その連体修飾節中の述語意味表現(PRとする)
3.5	NTをNとみなして3.2～3.7を再帰的に適用
3.6	PRをPと見立てて2～4を再帰的に適用
3.7	NSをNとみなして3.2～3.7を再帰的に適用
4.	PSをPとみなして2～4を再帰的に適用

以上整理すると、(A-1)～(A-7)では、後続文のヘッ드의現象意味表現を単位として先行文に位置付けを行うが、位置付け先は、先行文のヘッ드의現象意味表現、その部分現象意味表現、ヘッ드의現象意味表現が持つ属性の値となる名詞意味表現、それが実体名詞概念で部分実体を持つ場合には、その部分実体意味表現、ヘッ드의現象意味表現中の名詞意味表現が連体修飾節による修飾を受けている場合は、その連体修飾節中の現象意味表現、等となっている。更に、連体修飾節中の現象意味表現がもつ属性の値となる名詞意味表現や、その名詞意味表現を修飾する連体修飾節中の現象意味表現についても、再帰的に位置付け先対象となる。これらを整理すると、後続文全体の意味表現を先行文の意味表現に位置付けようとする場合に、位置付け対象候補として探すべき箇所と、探す順序は表5のようになる。

(B-1)～(B-3)では、後続文の意味表現全体で位置付けを行えず、それが持つ部分的な意味表現を先行文に位置付けている。ここで位置付けの単位となるのは後続文意味表現中のヘッ드의現象意味表現以外の実体、部分実体意味表現、現象意味表現である。この場合も位置付け先を探す範囲と探す順序は表5に従う。

6. 意味の位置付けを用いた対話システム

6.1 システムの概要

ここまで述べてきた意味表現および意味解釈処理を用いて対話システムを構築した。浜松市周辺のホテル・観光名所案内を主タスクとする対話システムで、キーボードから入力を受け付け、図8のような対話[☆]を扱うことができる。

この対話例では発話2、6においてユーザはホテルの条件をシステムに伝えている。発話2では、ホテル

の宿泊料金を「ダブルで20000円程度で泊まれるホテル」と、ホテルを修飾する連体修飾節の形で指定していると同時に、「浜松に出張するので」という従属節によって、間接的に検索したいホテルの存在場所が浜松であることを伝えており、システムはその条件を認識して適切に検索結果を応答している。また、発話6の主節では「中田島砂丘の近くにありますか」と存在を表す述語「ある」を用いて、ホテルの存在場所を詳細に指定しなおしている。さらに、発話6の従属節「ホテルで部屋からインターネットに接続したいのですが」もホテルの条件として捉えて検索を行っている。発話4では、ホテル検索から観光地検索に話題を転じているが、システムは観光地の存在場所についても、それまでの文脈から「浜松」と解釈して検索を行っている。

検索結果として見つかったホテルに関し、WH疑問文、YES/NO疑問文や「～を教えてください」タイプの依頼文に応答している。疑問文においても、先行文脈を考慮した上で応答を行っている。例えば、発話10では「いくらですか?」とだけ入力されており、何に関する何の料金かは曖昧であるが、文脈を参照して「Aホテルの駐車場の駐車料金」と解釈して回答している。

このシステムは、詳しくは6.4節で述べるが、文構造によって個別の解釈ルールを用意したりせずに、「属性 属性値」単位の意味の位置付けをベースにした節内解釈および複数節、複数文間の解釈にもとづいて動作している。

システムの構成を図9に示す。ユーザが文を入力すると、入力文解釈部がその文に対して形態素・構文解析・意味表現生成処理を行う。そして、変換した意味表現を文脈情報へ対話の進行順に追加する。問題解決部では、文脈情報とシステムの内部状態を常時監視しており、必要に応じて問題解決知識を起動する[17]。各問題解決知識は、6.4節で説明する文脈情報の参照等の問題解決を行い、そこで得られた問題解決結果を基に応答文意味表現を生成して、応答文バッファへと

☆ 実際のシステムではホテル名、観光名所等の具体的な固有名詞を使って対話を行っているが、ここでは一部の固有名詞を「Aホテル」等の表現に置き換えた対話例を示す。

- 1:S: こんにちは。ホテル検索システムです。
 2:U: 浜松に出張するので、ダブルで20000円程度で泊まれるホテルを探しています。
 3:S: 浜松のダブルで20000円程度のホテルは16件あります。
 4:U: 観光名所はありますか？
 5:S: 浜松の観光名所は中田島砂丘など8件あります。
 6:U: ホテルで部屋からインターネットに接続したいのですが、中田島砂丘の近くにありますか？
 7:S: 中田島砂丘の近くのダブルで20000円程度の、部屋からインターネットに接続できるホテルは、Aホテルがあります。
 8:U: 駐車場はありますか？
 9:S: はい、あります。
 10:U: いくらですか？
 11:S: 500円です。
 12:U: 宿泊料金はいくらですか？
 13:S: Aホテルはダブルで素泊まりだと21000円です。
 14:U: 温泉はありますか？
 15:S: はい、あります。
 16:U: 温泉の泉質を教えてください。
 17:S: 泉質は単純硫黄泉です。
 18:U: インターネットにいくらで接続できますか？
 19:S: 300円で接続できます。
 20:U: 浜松西インターからの所要時間はどのくらいですか？
 21:S: 浜松西インターからAホテルまで車で40分です。
 22:U: Aホテルから中田島砂丘へはどう行けばよいですか？
 23:S: Aホテルから車で道なりに南に進みます。国道1号線に突き当たりますので、そこで左折し、更に道なりに進むと右手に砂丘が見えてきます。

図8 対話例

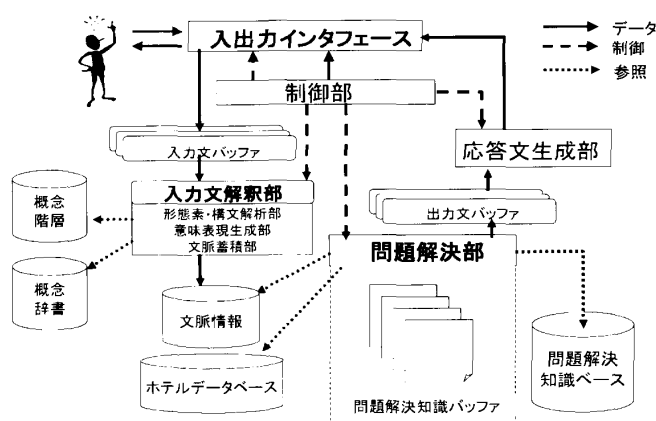


図9 対話システムの構成

択肢を決めておくことにしている。そして、生成した応答文をユーザに出力すると共に、その基となる応答文の意味表現を文脈情報へ対話の進行順に追加する。なお、現状のシステムでは、行き方の知識に関しては予め表層表現のテキストを用意しておき、それを出力している(発話23)。

4章、5章で説明した節内の解釈、節間・文間の解釈は、入力文解析部と問題解決部に分けて行っている。入力文を意味表現に変換する段階では、意味の直接限定に関する解釈のみを行う。意味の間接的限定の解釈及び、節間・文間の解釈は、問題解決部において文脈を参照する際に行う。

出力する。応答文意味表現は、問題解決知識の種類ごとに意味表現の雛型を用意しておき、そこに問題解決結果を埋め込んで生成している。

応答文生成部は応答文バッファ中の意味表現から表層表現を生成する。6.2節で説明する概念辞書には、各概念意味表現に対応する表層表現、その概念が持つ属性名、その属性の属性値を指定する際に使用可能な機能語等が定義してあり、応答文生成部では応答文意味表現を辿りながら、これらの情報を基にして実体概念意味表現とその中の「属性 属性値」から名詞とそれを修飾する連体修飾表現からなる表層表現、現象概念意味表現とその中の「属性 属性値」から述語とそれを修飾する連用修飾表現からなる表層表現を生成していく。ある実体あるいは現象概念に対して複数の表層表現が対応しうる場合にどの表層表現を用いるか、ある「属性 属性値」に対して複数の修飾表現が生成可能な場合に関しては、予め応答の際に優先的に利用する選

6.2 辞書の整備

本システムでは、意味表現の生成、文脈情報の参照を行う際に概念辞書、概念階層辞書、助動詞マーカー対応表、節間関係ラベル対応表を用いる。本システムで用いる辞書を構築するにあたり、ホテル検索の対話例やそれに付随する観光旅行案内、地理案内などの対話例やホテル、観光名所のWebページを利用した。

概念辞書は、本システムで扱う全ての概念に対応する意味表現の雛形を定義する辞書である。これは、以下の手順で作成する。まず、全対話例から実体、部分実体、現象、部分現象を表す単語を洗い出し、同時にその単語が使われている全例文を収集する。次に、その単語に対応して、単語概念を定義する。全対話例から収集されたその単語の用例において、その単語がどのような修飾を受けているかを整理し、各修飾表現が、その単語に対応する単語概念のどのような属性を限定しているかを推定する。これによって、その概念

表6 概念辞書の内訳

品詞	表層表現数	概念数
実体名詞/部分名詞(概念)	357	157
属性名詞(概念)	51	39
	-	381
単位名詞(概念)	67	26
値名詞(概念)	103	54
現象(概念)	486	107
形容詞(概念)	138	31
副詞(概念)	160	57

が、どのような属性を持つと考えるべきかを決定する。この概念によって、単語が持つ内包的意味が表現されるものとする。最後に、全属性概念の上位下位関係を判別し、概念階層を決定する。本システムにおいては、全ての語、句、節、文の意味は、上記の手順で抽出された属性の組み合わせのみによって表現されるため、全単語概念が持つ属性の集合が、本システムにおいて、表現&解釈可能な語、句、節、文の意味の全範囲を決定する。

現状の概念辞書に登録されている概念及び各概念に対応する表層表現の内訳は表6に示す通りである。現状、各概念は実体名詞/部分名詞(概念)が平均9属性、現象(概念)が平均9属性、形容詞(概念)が平均6属性、副詞(概念)が平均1属性で定義されている。概念階層辞書には、概念辞書で定義した各概念が持つ属性を基に、概念間の上位-下位、全体-部分関係を概念階層辞書にまとめた、助動詞マーカー対応表は、助動詞、終助詞、補助動詞等の組み合わせを「疑問」「依頼」などのマーカーに置き換える対応表である。節間関係ラベル対応表は、接続助詞の種類に基づいて「順接」「逆接」などの節間関係ラベル(付録図10)を決定する対応表である。

6.3 意味表現の生成

形態素・構文解析器が出力した依存構造木を、トップから再帰的に走査して、各品詞ごとの意味表現生成処理を行い、文全体の意味表現を生成する[17]。意味表現が生成できたらユーザ発話かシステム発話かを識別する情報を付与した上で対話の進行順に文脈情報に追加する。

6.4 問題解決と文脈情報の参照

現在、扱っている問題解決は以下の5種類である。

- (a) ホテル検索
- (b) 観光名所検索
- (c) WH疑問文への応答
- (d) 教示依頼への応答

(e) YES/NO疑問文への応答

問題解決(a)(b)は、「ホテルを探して」「観光名所はありますか?」など、この問題解決の起動条件となる意味表現を予め想定しておき、これと位置付け可能な意味表現が文脈に積まれた時に起動される。問題解決(d)も、「～を教えてください」などを起動条件として準備しておき、この意味表現と位置付け可能な意味表現が文脈に積まれた時に起動される。問題解決(c)(e)は、それぞれWH質問文、YES/NO質問文の意味表現が文脈に積まれた時に起動される。

6.4.1 検索問題解決(a)(b)の場合

ホテル検索、観光名所検索の問題解決が起動された場合、検索対象となる実体の意味表現を用意し、文脈中からその検索対象実体の意味表現、あるいはその一部の「属性 属性値」ペアと重ね合わせることが可能な意味表現を探して意味の統合を行う。あらかじめ検索を実行するための必須属性を定めておき、その値が埋まった場合には検索を実行して、検索結果の件数に応じて応答文を生成する。必須属性が埋まっていない場合には、それらを順にたずねる出力文を生成する。問題解決は、1件の検索対象が確定したら終了する。それまでの間、文が入力される度に検索対象の実体意味表現への意味の統合を試み、必須属性の入力要求、あるいは、統合された意味表現を用いた再検索結果に応じた出力を返す。

従って、この場合には名詞句を単位とした文脈への位置付けが行われる。先行文脈(対話が開始されてから問題のタイプが確定するまでに入力された、例えば「浜松に出張します」等の文)を構成する各文を、直近のものから順に遡り、各文の意味表現のヘッドから順に、表5に示す順序で述語意味表現あるいは名詞意味表現と検索対象実体意味表現の位置付けを試みる。名詞句を単位とする位置付けであるにもかかわらず、述語意味表現も位置付け候補としているのは、5.2節で述べたように、例えば「浜松に泊まりたい」→「宿泊場所 浜松」、「5000円で泊まりたい」→「宿泊料金 5000円」などといった、述語意味表現で主張される内容が検索対象となる実体概念の範囲を規定する可能性があるためである。

ただし、文脈中の各文の意味表現は、入力文から直接変換された意味表現であり、節内の解釈が施されていない。従って、文脈中の各意味表現に検索対象実体の意味表現あるいはその一部の「属性 属性値」意味表現と重なりうるものが見つかった場合、その文脈中の意味表現に対し、節内解釈に相当する処理を実行する必要がある。ここでは、検索条件に関係する属性につ

いてのみ、節内解釈による属性値の伝搬がなされれば十分であり、網羅的な節内解釈を行うと処理効率が大幅に低下する。そこで、以下のような簡略的な処理で対処することにする。即ち、節内解釈により属性値の伝搬が起こる可能性のある場所（Lと呼ぶ、表7参照）をあらかじめ整理しておき、文脈中の名詞句意味表現の属性の値が数値や固有名詞概念でない場合、Lの場所に伝搬すべき値があるか否かをチェックし、属性値が存在する場合には検索対象実体の意味表現に属性値を統合する。見つけた属性値が数値か固有名詞概念でない場合、さらにそこを基点としてLに相当する場所からの属性値の伝搬を再帰的に実行する。

例えば、先行文脈に「浜松にあるホテルに泊まりたい」の意味表現が存在する状況でホテル検索問題解決が起動された場合、当該先行文意味表現中の「ホテル」意味表現に記述されている「ホテル\$存在場所」属性の値はNILであるが、連体修飾節の意味表現から節内解釈によって値が伝搬する可能性があるため、連体修飾節中の述語「ある」の意味表現中を検索し、「存在場所 浜松」を発見し、この「浜松」をヘッドの「ホテル」意味表現中の「ホテル\$存在場所」属性と、検索対象実体（ホテル）意味表現中の「ホテル\$存在場所」属性に属性値を伝搬させる。

また「泊まりたいホテルは浜松にある」等、平叙文の形でホテルに関する希望が入力され、それによってホテル検索問題解決が起動された場合、当該文意味表現中の「ホテル」意味表現に含まれる「ホテル\$存在場所」属性の値はNILであるが、「ホテル」が属性値となっている主節の「存在」現象意味表現から値が伝搬される可能性があるため、主節の「存在」意味表現を検索する。その結果、「存在場所 浜松」を発見し、当該文意味表現中の「ホテル」意味表現の「ホテル\$存在場所」属性と、検索対象実体（ホテル）意味表現中の「ホテル\$存在場所」属性に、属性値「浜松」を伝搬させる。

6.4.2 WH疑問文応答(c)の場合

WH語を表す「？」に相当する属性値を文脈に蓄積されている各先行文意味表現のヘッドから表5に示す順番で検索して回答する。ただし、WH語を含む疑問文を構成する単語の知識中に回答が存在する場合もあるため、先行文脈を調べる前に「？」を属性値とする属性に対する間接限定の影響を考慮し、表7で指定された場所に、疑問文意味表現中の「？」に伝搬可能な値があるか否かをチェックする。

この範囲で疑問文意味表現中の「？」に伝搬可能な属性値がみつからなかった場合には、更に、提題格補語名詞をNと見なして表5の3.1～3.7を適用した順序で、述語意味表現あるいは名詞意味表現と、疑問文意味表現中の「？」を属性値として持つ意味表現との位置付けを試みる。疑問文意味表現中の「？」を属性値として持つ意味表現には、述語意味表現の場合（「いくらか泊まりますか？」等）と名詞意味表現の場合（「いくらかのホテルですか？」等）がある。それぞれ述語単位の位置付け、名詞句単位の位置付けが行われるが、問われた「？」の位置付け先が述語意味表現の場合（「昨日、5000円で泊まりました」→「宿泊料金 5000円」「宿泊日時 昨日」等）も、名詞意味表現の場合（「Aホテルの宿泊料金は5000円です」→「Aホテル\$宿泊料金 5000円」等）も存在するため、「？」を属性値として持つ意味表現が述語意味表現か、名詞意味表現かに拘らず、位置付けを試みる対象に述語意味表現、名詞意味表現の両方を含めている。

位置付けを試みた結果、意味表現が位置付け可能であると判断されれば、「？」に対応する属性値を「？」に伝搬させる。このようにしても「？」に伝搬可能な属性値が見つからなければ、従属節についても同様に、ヘッドの述語意味表現から順に表5に示す順序で位置付け可能な意味表現を探し、それでも見つからなければ、先行文脈を構成する各文を、直近のものから順に

表7 節内解釈により属性値の伝搬が起こる可能性のある場所

解釈対象の意味表現		節内解釈により属性値の伝搬が起こる可能性のある場所
実体意味表現中の「属性i 属性値i」の場合	(1)	名詞意味表現が連体修飾節の修飾を受けている場合、連体修飾節中の述語意味表現
	(2)	部分実体名詞意味表現の「内包主体」属性が、属性値として(その部分実体を内包する)実体概念を持つ場合、その実体意味表現中の部分属性の値の部分実体意味表現
	(3)	属性名詞意味表現の「内包主体」属性が、属性値として(その属性を内包する)実体(部分実体)概念を持つ場合、その実体(部分実体)意味表現
	(4)	実体名詞意味表現中(N1とする)の属性i以外のある属性が、属性値として別の実体名詞意味表現(N2とする)を取り、その実体名詞意味表現N2の属性値にN1と同じまたは上位下位関係にある名詞概念N3があった場合、その名詞概念N3の意味表現
	(5)	名詞意味表現が、ある述語意味表現の属性値となっている場合、その述語意味表現
述語意味表現中の「属性j 属性値j」の場合	(6)	述語意味表現中の属性j以外の属性の値となっている名詞意味表現

廻り、各文の意味表現についても同様に、ヘッドから順に表5に示す順序で位置付け可能な意味表現を探して行く。

ただし、この提題格補語名詞句、従属節、先行文脈を構成する各文は節内の解釈が施されていないので、節内解釈に相当する処理を適用する必要がある。そこで、位置付け可能と判断された意味表現中に「？」に対応する属性値があり、それが値名詞か固有名詞概念であれば、その属性値をそのまま「？」に伝搬させるが、「？」に対応する属性値が値名詞か固有名詞でない場合には、Lの場所に伝搬すべき属性値があるかどうかをチェックして、属性値が存在すればその属性値を「？」に伝搬する。見つけた属性値が数値か固有名詞概念でない場合には、更にそこを基点としてLの場所からの属性値の伝搬を再帰的に行う。

6.4.3 教示依頼応答(d)の場合

ここでは教示対象が属性概念の場合を扱う(「駅に近いホテルを教えて」「近くの見所を教えて」など、教示対象が実体概念となる場合は、検索問題解決として扱う)。この場合、例えば「宿泊料金を教えて」は教示対象として指定された属性(この例では「宿泊料金」)を用いて「属性？」という「属性 属性値」ペアを考え、WH疑問文と同様に処理する(この例では「宿泊料金？」(「宿泊料金はいくらですか?」)と同様に処理する)。

6.4.4 YES/NO疑問文応答(e)の場合

YES/NO疑問文全体の現象意味表現に対して、現象を単位とする文脈との位置付けを行い、一致する現象を発見した場合にはYES、そうでない場合にはNOあるいは「わからない」旨を回答とする。まず、YES/NO疑問文自体の意味表現をヘッドから表5に示す順番で順に検索して位置付け先を探す。そして、位置付け先が見つければYESと回答する。位置付け先が見つからなかった場合には、6.4.2節のWH疑問文応答(c)の場合と同様に、提題格補語名詞句、従属節、そして、先行文脈を構成する各文を直近のものから順に廻った各文について表5に示す順番(提題格補語名詞句の場合のみ提題各補語名詞をNとして3.1~3.7を適用)で位置付け先を探し、述語意味表現あるいは名詞意味表現と、YES/NO疑問文自体の意味表現との位置付けを試みる。そして、位置付け先が見つければYESと回答する。

このようにしても位置付け先が見つからない場合には、NOあるいは「わからない」旨の回答をする。本システムで名詞概念に関する否定的な知識を用意していない。例えば、「ホテル」に関して「(あるホテルで)イ

ンターネットにアクセスできる」ことは明示的に記述してあるが、「(あるホテル)から浜名湖が見えない」ことを明示的には記述していない。従って、YES/NOで問われた現象に関する知識が用意されているか否かを判定し、知識が用意されていない場合には「わからない」旨の回答をし、知識が用意されている場合にはNOを回答する。

YES/NOで問われた内容に関する知識が用意されているか否かを判定するために、上述の位置付け先を探す際に、名詞の属性に含まれる現象とYES/NO疑問文全体の現象意味表現との位置付けを試みた場合の名詞意味表現をチェックしておく。チェックした名詞意味表現と概念階層上同じ位置にある名詞意味表現を概念辞書から取り出し、これをNと見なして表5の3.1~3.7を適用し、その順序でYES/NO疑問文全体の現象と一致するか、上位下位関係にある現象が知識として記述されているかを調べる。このような知識が見つければ、問われた内容に関する知識が整備されている上で、YES/NO疑問文自体の意味表現及び、文脈情報からはYES/NO疑問文自体全体の現象意味表現の位置付け先を見つけだせなかったと判断してNOを回答する。そうでなければ、そのような知識が整備されていないものとみなして「分からない」旨の応答をする。

6.4.5 先行文脈を検索する範囲

節間の解釈で、先行文脈中に述語単位、名詞句単位、「属性 属性値」ペア単位で位置付け可能な意味表現を検索する際には、以下の基準で検索範囲を限定することで、話題が変わっているときに明らかに異なる話題の中から位置付け先を探してしまうことや、文脈が蓄積するにつれて文脈情報の参照処理の負荷が高まってしまうことを抑制している。

- 提題格で取り立てられた語
 - 主格の「は」で言われた語
- を含む文までを検索範囲とする。ただし、この範囲で必要とする情報が得られなかった場合で、かつ、『上記の語の内、先に見つかった語(A)と更に1つ前の文脈で見つかった語(B)との間に「(A)が(B)の部分である」あるいは「(A)が(B)の属性である」という関係が存在する』場合には、(B)を含む文までを先行文脈の検索範囲とする。

この検索範囲で位置付け先を探した場合に、適切な位置付け先を見つけられるかを確認するために予備実験を行っている[18]。この予備実験では、ホテル検索・予約タスクの対話を中心に103対話を分析し、その中の質問発話448発話を対象とし、443/448(98%)において適切な位置付け先を見つけることができた。

7. 評価実験

7.1 評価実験 1

7.1.1 実験の形式・条件

対話システムが実際の対話で用いられる言い回しをどの程度受理できるかを評価する。評価実験は、Wizard of Oz法[19]を用いて被験者らから収集した対話を、別途システムに入力する形式で行った。

被験者は学生4名である。被験者にはタスクを与えた上で対話を行ってもらった。ホテルの条件を指定して検索するタスクを4種類、特定のホテルや観光名所の情報を問い合わせるタスクを4種類を設定した。各タスクを複数回行ってもらい、2回目は1回目とは異なる言い回しで入力してもらい、3回目以降は想定対話例を被験者に提示した上で、今までと異なる言い回しを思いつく限り、対話を繰り返してもらった。収集した対話データを対話システムに入力する際には、キーボードの打ち間違いや助詞落ちを補完してから入力している。また、形態素・構文解析器の解析結果中の語義の誤り、係り受けの誤りについては適宜修正している。

評価対象は、システムが定型的な応答をするターンを除外し、ホテル・観光名所検索、質問・教示応答問題解決を行ったターンのみとする。これらのターンにおいて、先行文脈を考慮した上で適切に応答できた場合のみを正解とする。人間が判断して解を一意に絞れる場合は、その解のみを答えた場合のみを適切な回答とし、人間が判断しても解を一意に絞れない場合は、その解を含んでいれば適切な回答と判定する。例えば、先行文中で「ツインルーム」が指定されている状況で、あるホテルの宿泊料金が尋ねられた場合、あるホテルのツインルームの宿泊料金のみを答えた場合を適切な回答と判定する。もし先行文に何も指定がなければ、システムのデフォルト値を用いるなどして、あるホテルの任意の宿泊料金を答えることができれば、適切な回答をしたと判定する。

7.1.2 実験の結果

今回収集した対話データは、計103対話、313ターンになった。その内、評価対象は226ターンである。

表8に示す評価結果では、全体では89.3%について適切に応答可能であり、特に1回目、2回目で収集した対話データに関しては90%以上適切に応答可能なことを示している。

しかし、3回目に収集した対話データの内、特に質問・教示応答について適切に応答できなかった割合が高くなっている。これは、特定のタイプの表現（以下に示す(b)(f)の表現）を各タスクの3回目で繰り返し使った被験者がいたことが大きい。

システムが適切に応答できなかった入力について検討する。

- (a1) 車で行けて温泉もあるところがいい
- (a2) 車で行っても大丈夫なところを教えてください
- (b1) 他の浜名湖の近辺のホテルはいくらですか？
- (b2) 観光名所は他にどんなところがありますか？
- (c1) 夕食だけか夕食と朝食付きのシングルはいくら？
- (c2) 朝食と夕食をつけるか、もしくは夕食だけつけるといくらになりますか？
- (d) S：館山寺ビューホテルがあります
U：部屋から浜名湖が見えますか
S：はい、見えます
U：浜松駅からどの程度かかりますか
S：浜名湖は浜松駅から浜松駅までタクシーで30分かかります
- (e) 部屋からネットをしたいです
- (f) 朝食も付けるといくら追加ですか？

(a1)「車で行ける」、(a2)「車で行っても大丈夫」を解釈するためには、「車で行く」という現象が、『「出発地から車で出発する」…「到着地に車で到着する」「車を駐車場に駐車する」…』といった一連の部分現象から構成されており、更にその中の「車を駐車場に駐車する」際の前提「到着地に駐車場が存在する」を満たしているかどうかを判定する必要がある。現状のシステムは、このような前提の知識及びその知識と比較して前提条件を満たしているかを判定する手順を備えていないのでこのような質問に応答することができない。

(b1)「他の」、(b2)「他に」のような排他集合を明示的に指示する表現がある場合、先行文脈上で話題になっている集合とその集合の全体集合から、排他集合

表8 評価実験1－評価結果

	ホテル・観光名所検索	質問・教示応答	計
1回目	48/49(97.9%)	26/28(92.8%)	74/77(96.1%)
2回目	36/39(92.3%)	24/25(96.0%)	60/64(93.7%)
3回目以降	40/48(83.3%)	28/37(75.6%)	68/85(80%)
計	124/136(91.1%)	78/90(86.6%)	202/226(89.3%)

を求める処理が必要になると考えられる。

(c1)(c2)は、現在のシステムが意味表現中の属性値は全て連言として解釈するように実装してあるため適切に扱うことができない。これらを適切に扱うためには選言表現を扱う必要があると考えられる。

(d)は先行文中の位置付け先を誤る場合である。この例では、被験者の意図は浜松駅から館山寺ビューホテルまでの所要時間を問うものであったが、文脈上浜名湖の方が近くにあるため、浜名湖までの所要時間を答えてしまっている。これは、本システムの実装では先行文中位置付け可能な意味表現が見つければ即それと位置付けてしまうためであり、先行文脈中の位置付け可能な候補を全て探し、それらの候補を評価して最も適切な位置付け先を選択するといった枠組みが必要だと考えられる。

(e)の表現に含まれる「する」の意味は多様であり、「する」を修飾する格補語名詞によって意味が決まる。例えば「ネットをする」は「ネットにアクセスする」と同じ意味を表すが「ネットを構築する」ことではないし、「電話をする」は「電話をかける」とことと等価だが「電話を取る」ことではない。意味の間接的限定において、仮に「ネット」意味表現中に「ネットにアクセスする」という知識だけが記述されているのならば、「する」と「アクセスする」を位置付けることができるが、通常「ネット」には、「ネットにアクセスする」「ネットを切断する」「ネットを構築する」「ネットを契約する」…といった様々な現象に関する知識が記述されており、そのいずれと「する」とが間接的に限定されるのかは、格補語名詞句によって様々で、概念階層上の上位下位の関係からは判断が難しい。

(f)の場合、「朝食を付ける」が「ホテル」の知識中の「宿泊料金」の「宿泊タイプ」の値と位置付けられる必要がある。しかしながら、本システムの実装では、「ホテル」の「宿泊タイプ」の属性値を「素泊まり」「朝食付き」「朝食・夕食付き」のように1語で記述している。そのため、この1語の中に繰り込んでしまった依存構造への位置付けることができない。「朝食を付ける」を位置付けるためには、「朝食付き」のような1語ではなく「朝食が付いているタイプ(の料金)」のように知識を記述しておく必要がある。

7.2 評価実験 2

7.2.1 実験の形式・条件

対話システムが適切に応答可能であった場合に、意味の間接的限定の意味解釈がどの程度貢献しているのかを評価する。ホテルの条件を指定して検索するタスクを4種類、特定のホテルや観光名所の情報を問い合わせ

わせるタスク、この両方を含むタスク4種類を設定し、各タスク1回のみ対話を収集した。被験者は新たな学生9名である。それ以外の要件は7.1.1節と同様である。収集した対話例文をシステムに入力し、ホテル・観光名所検索、質問・教示応答問題解決を行った上で適切に応答できたターンを評価対象とする。これらのターンにおいて、対話システム中の意味の間接的限定の意味解釈を行わないとすると、適切に応答できなくなってしまうターンの数を机上で調べると共に、問題解決に必要な「属性 属性値」が、どの程度取得できなくなってしまうのかについても調査する。

7.2.2 実験の結果

今回収集した対話データは、計108対話、403ターンになった。この内、対話システムがホテル・観光名所検索、質問・教示応答問題解決を行った上で応答しているターンは388ターンである。対話データをシステムに入力した所、表9に示すように、95.9%において適切に応答することができた。

表10に示すように、意味の間接的限定の意味解釈を行わないとすると372ターンの内、260ターンが適切に応答できなくなった。また、表11は、問題解決に必要な「属性 属性値」が取得できなくなった割合を取得すべき「属性 属性値」が存在する範囲ごとに示している。この結果から、システムでは単文に対する節内の意味解釈によって、308個の「属性 属性値」が適切に得られるのに対して、節内の間接的限定の意味解釈を行わないという条件では172/308(55.8%)において適切な「属性 属性値」を得ることができなくなっている。また、複数節・複数文の意味解釈によって「属性 属性値」が得られた場合にも、提題格補語名詞句中の「属性 属性値」に関しては23/23(100%)、従属節中の「属性 属性値」に関しては7/8(87.5%)、先行文中の「属性 属性値」に関しては177/294(60%)で適切な「属性 属性値」が得られなくなっている。

本システムでは、依存関係に基づく節内の意味解釈、複数節・複数文の意味解釈によって入力文の意味表現を解釈して、ホテル／観光名所検索、WH疑問文応答、YES／NO疑問文応答、教示依頼への応答という複数の問題解決を行っている。ここで、問題解決ごとに、固有の構文パターンに応じて応答を行うためのルールを設けることはなく、何を入力文及び先行文脈に位置付けて回答するかのみが問題解決によって異なる。意味の位置付けのアルゴリズムは問題解決のタイプに依らず一定であり、これら以外の問題解決を行う対話システムにおいても同様に有効であると考えることができる。

表9 評価実験2-応答率

ホテル・観光名所検索	質問・教示応答	計
204/208(98.1%)	168/180(93.3%)	372/388(95.9%)

表10 間接的限定の評価-応答失敗率

ホテル・観光名所検索	質問・教示応答	計
111/204(54.4%)	149/168(88.6%)	260/372(69.8%)

表11 間接的限定の評価-必要情報抽出失敗率

	ホテル・観光名所検索	質問・教示応答	計
単文	131/255	41/53	172/308
提題格	0/0	23/23	23/23
従属節	5/6	2/2	7/8
先行文	87/204	90/90	177/294
計	223/465	156/168	379/633

8. おわりに

本稿では、入力文の表層の依存構造に依らずに、意味内容の比較・参照を可能にする意味表現形式及び意味の位置付けに基づく意味解釈手法を用いたホテル・観光名所検索対話システムについて述べた。また、入力文やシステムの応答文を提案した意味表現で記述し、適切な意味解釈処理を行うことで、多様な表現の入力を受理して適切な応答を返すことができることが示された。このことは、提案した意味表現や意味解釈アルゴリズムの有効性を示している。

今後の課題としては、まず、今回の評価実験で明らかになった現状の枠組みでは扱えなかった部分について検討する必要がある。また、ホテル検索・観光名所案内以外のタスクへの適用も行ってゆきたい。

参考文献

- [1] 池原悟：自然言語処理の基本問題への挑戦，人工知能学会誌，Vol. 16, No. 3, pp. 422-430 (2001)。
- [2] 中野幹生，堂坂浩二：音声対話システムの言語・対話処理，人工知能学会誌，Vol. 17, No. 3, pp. 271-278 (2002)。
- [3] Seneff, S. and Polifroni, J. : Dialogue Management in the MERCURY Flight Reservation System, *ANLP-NAACL 2000 Workshop*, pp. 1-6 (2000)。
- [4] Larsson, S., Ljunglof, P., Cooper, R., Engdahl, E. and Ericsson, S. : GoDiS - An Accommodating Dialogue System, *ANLP-NAACL 2000 Workshop : Conversational Systems*, pp. 7-10 (2000)。
- [5] Gauvain, J. L., Bennacef, S., Lamel, L. F. and Rosset, S. : The Spoken Language Component of the Mask Kiosk, *Human Comfort & Security of Information Systems*, pp. 93-103 (1997)。
- [6] 日笠亘，藤井綱貴，黒橋禎夫：入力質問と知識表現の柔軟なマッチングによる対話的ヘルプシステムの構

築，情報処理学会研究報告 NL 134-14, pp. 101-108 (1999)。

- [7] 村田真樹，内村将夫，井佐原均：類似度に基づく推論を用いた質問応答システム，情報処理学会研究報告 NL 135-24, pp. 181-188 (2000)。
- [8] Chu - Carroll, J. and Carberry, S. : A Plan - Based Model for Response Generation in Collaborative Task-Oriented Dialogues, *Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence*, pp. 799-805 (1994)。
- [9] Traum, D., Schubert, L.K., Poesio, M., Martin, N., Light, M., Hwang, C.H., Heeman, P., Ferguson, G. and Allen, J. F. : Knowledge representation in the TRAINS - 93 conversation system, *Intl. Journal of Expert Systems*, Vol. 9, No. 1, pp. 173-223 (1996)。
- [10] Chomsky, N. : *Aspects of the Theory of Syntax*, MIT Press, Cambridge, Mass (1965)。
- [11] Jackendoff, R. : *Semantic Interpretation in Generative Grammar*, MIT Press (1972)。
- [12] Dowty, D.R., Wall, R.E. and Peters, S. : *Introduction to Montague Semantics*, D. Reidel Publishing Corp. (1981)。
- [13] Sag, I. A. and Wasow, T. : *Syntactic Theory : a Formal Introduction*, CSLI Publications, Stanford,, California (1999)。
- [14] Minsky, M. : A Framework for Representing Knowledge, *The Psychology of Computer Vision*, pp. 211-277 (1975)。
- [15] Quillian, M. R. : *Semantic Memory*, MIT Press, pp. 216-270 (1968)。
- [16] Takagi, A., Asoh, H., Itoh, Y., Kondo, M. and Kobayashi, I. : Semantic Representation for Understanding Meaning Based on Correspondence Between Meanings, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 10, No. 6, pp. 876-912 (2006)。
- [17] 池ヶ谷有希，野口靖浩，鈴木夕紀子，伊藤敏彦，小西達裕，近藤真，高木朗，中島秀之，伊東幸宏：対話文脈への位置付けを用いた対話システムの構築，人工知能学会全国大会第17回大会，3B1-05 (2003)。
- [18] 野口靖浩，池ヶ谷有希，鈴木夕紀子，伊藤敏彦，小西達裕，近藤真，高木朗，中島秀之，伊東幸宏：対話文脈への入力文の意味の位置付け手法，人工知能学会全国大会第17回大会，1C1-05 (2003)。
- [19] Fraser, N. M. and Gilbert, G. N. : Simulating Speech Systems, *Computer Speech and Language*, Vol. 5, No. 1, pp. 81-99 (1991)。

付録

A.1 意味表現概要

A.1.1 述語意味表現

一般に任意の述語とその連用修飾成分は、「断定」の述語「(で)ある」を述語とする表現への同義変形を利用することで、「属性 属性値」(属性は属性値である)の形式で統一的に表現することができる。この同義変形によって、述語と1連用修飾成分間の依存構造の一部が

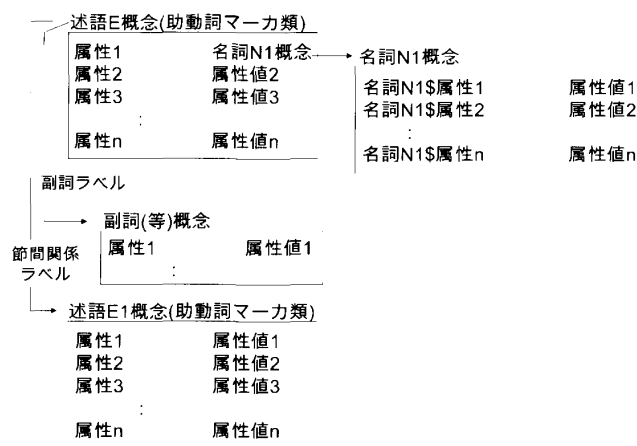


図10 述語意味表現

属性名詞に繰り込まれ、意味表現上の依存関係の表現は「断定」の述語「(で)ある」による依存関係(「属性値」と「属性値」が参照する意味表現間のポインタ)に限定できる(図10の述語E概念意味表現)。

A.1.2 述語周りの意味表現

述語Eが「格補語名詞句一格助詞」や、副詞、従属節から修飾を受ける場合の意味表現を図10に示す。

名詞Nが格助詞を介して述語Eを修飾する場合、述語E意味表現の該当する属性の属性値として、名詞N意味表現へのポインタが格納される。

副詞句等が述語Eを修飾する場合、「属性 属性値」の形式の副詞(等)意味表現が生成され、述語E意味表現のヘッドからポインタで接続される。この「属性 属性値」は、述語E意味表現中の対応する「属性 属性値」と位置付けられ、属性値が伝搬される。

従属節E1が主節Eを接続助詞を介して修飾する場合には、述語E意味表現と述語E1意味表現のヘッド間が接続助詞のタイプに応じたラベルを付与したポインタで接続される。

A.1.3 名詞句意味表現

名詞と名詞を修飾する連体修飾成分に関しても同様に依存関係の一部を属性名詞に繰り込んで表現する。連体修飾成分には、形容詞、連体助詞句、連体修飾節などがあるが、そのいずれも「連体修飾節一名詞」の意味構造を基準に考えることができる[16]。その連体修飾表現は述語句(節)意味表現と同様断定の述語「(で)ある」によって等しく

・ 「(ヘッド名詞概念の)属性が属性値である、ヘッド名詞概念」

という形式で表現することができる。これを、「当該実体概念\$現象属性 属性値」の形の属性表現を束ねた

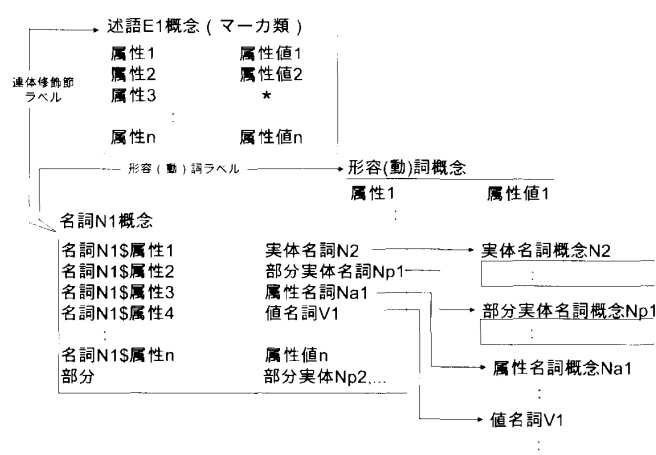


図11 名詞句意味表現

形式によって表す(図11の名詞N1概念意味表現)。

A.1.4 名詞周りの意味表現

名詞N1が「名詞句-連体助詞」や、連体形容(動)詞句、連体修飾節から修飾を受ける場合の意味表現を図11に示す。

実体名詞N2が連体助詞を介して名詞N1を修飾する場合、名詞N1意味表現の該当する属性の属性値として、名詞N1意味表現へのポインタが格納される。

連体形容(動)詞句が名詞N1を修飾する場合、「属性 属性値」の形式の連体形容(動)詞意味表現が生成され、名詞N1意味表現のヘッドからポインタで接続される。この「属性 属性値」は、名詞N1意味表現中の対応する「属性 属性値」と位置付けられ、属性値が伝搬される。

連体修飾節E1が名詞N1を修飾する場合、述語E1意味表現が生成され、名詞N1意味表現のヘッドからポインタで接続される。述語E1意味表現中で、名詞N1に対応する属性の属性値として、被修飾名詞概念がその属性値に相当することを示す「*」が設定される。

A.1.5 「実体名詞一の」の修飾を受ける部分名詞、属性名詞の意味表現

部分名詞が連体助詞句によってその部分を持つ実体を限定する修飾を受ける場合、部分名詞意味表現中の「内包主体」属性値に実体名詞意味表現へのポインタが格納される。例えば、「ホテルのフロント」などのような表現は、図12のように表される。属性名詞が連体助詞句によって、その属性を持つ実体を限定する修飾を受ける場合も同様である(図13)。ただし、属性名詞意味表現中の「#」は、ヘッドの概念名を表す。

また、名詞N1意味表現中は「部分」属性を持っており、全体-部分関係にある概念へのポインタを属性値

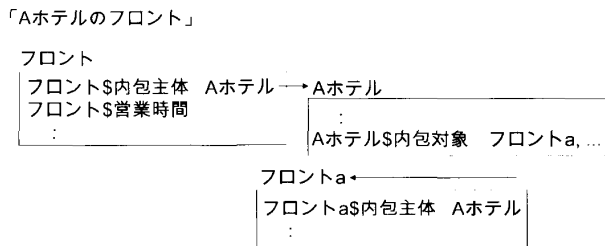


図12 部分名詞意味表現例

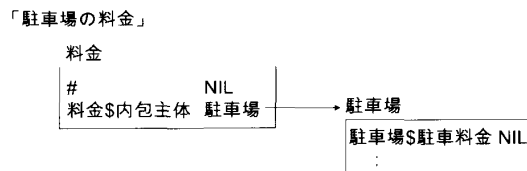


図13 属性名詞意味表現例

として格納している(例えば, 名詞Nが「ホテル」の場合, 普通の「ホテル」の一部に「フロント」が存在することから, 「部分」属性値としては「フロント」へのポイントが格納される)。

A.1.6 値名詞意味表現

属性名詞が連体助詞句によってその値を限定する修飾を受ける場合(「7000円以下の料金」など), 属性名詞意味表現(「料金」など)中の「#」属性の属性値として, 値意味表現へのポイントが格納される(図14)。値意味表現中には, 数値, 単位, 範囲(「以上」, 「以下」, 「より多い」, 「より少ない」などを記述しておく)が記述されている。ただし, これは「属性 属性値」構造を持たない。

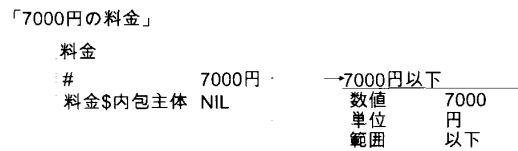


図14 値名詞意味表現例

A.1.7 形容詞, 副詞の意味表現

形容詞や副詞には, 以下の2つのタイプがある。

- (a) 属性値を直接限定するタイプ(赤い, 赤く, 丸い, 丸くなど)
- (b) 標準的な値と比較した相対的な程度を限定するタイプ(重い, 重く, 短い, 短くなど)

(a)は形容詞, 副詞意味表現中の該当する属性(「色」「形状」など)の属性値として「赤」, 「丸」などの値が格納される。(b)は形容詞, 副詞意味表現中の該当する属性(「価格評価状態程度」など)の属性値としてプラス, あるいはマイナスが格納される。例えば, 「安い」であれば属性値としてマイナスを設定して(標準と比較して)マイナスに等しい価格状態程度であることを示し, 逆に「高い」であれば属性値としてプラスを設定して(標準と比較して)プラスに等しい価格状態程度であることを示す。

(2008年3月22日 受付)

(2008年6月28日 採録)

[問い合わせ先]

〒432-8011 静岡県浜松市中区城北3-5-1

静岡大学情報学部

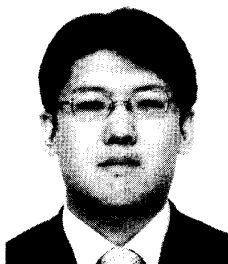
野口 靖浩

TEL: 053-478-1592

E-mail: noguchi@inf.shizuoka.ac.jp

著者紹介

のくち やすひろ
野口 靖浩 [非会員]



2000年静岡大学情報学部情報科学科卒業。2001年同大学大学院情報学研究科情報学専攻修了。2004年より同大学情報学部技術職員。現在、同大学大学院理工学研究科博士後期課程在学中。自然言語処理及び、対話システムに関する研究に興味を持つ。情報処理学会、人工知能学会、言語処理学会、各会員。

いけがや ゆうき
池ヶ谷 有希 [非会員]



2007年静岡大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。2006年ヤマハ発動機(株)入社。現在ヤマハマリン(株)に勤務。人工知能学会、言語処理学会各会員。

こくれ さとる
小暮 悟 [非会員]



2002年豊橋技術科学大学大学院工学研究科博士後期課程電子・情報工学専攻修了。同年豊橋技術科学大学工学部研究員。同年愛知教育大学教育学部情報教育講座助手。2004年静岡大学情報学部情報科学科助手。現在、同大学同学科助教。音声対話システム、音声インタフェース、プログラミング学習者・教師支援に興味をもつ。博士(工学)。日本音響学会、情報処理学会、電子情報通信学会、人工知能学会各会員。

こんどう まこと
近藤 真 [非会員]



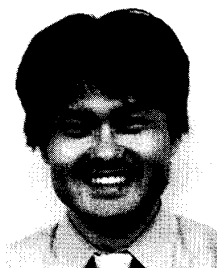
1989年筑波大学大学院修士課程教育研究科修了。1990年名古屋大学大学院文学研究科博士課程(後期課程)退学。同年静岡大学教養部講師。1994年静岡大学教養部助教授。現在、同大学情報学部情報社会学科教授。自然言語の統語論、統語論と意味論のインタフェースに興味を持つ。教育学修士。日本英語学会、日本語学会、日本英文学会各会員。

あそう ひでき
麻生 英樹 [非会員]

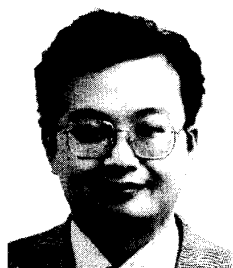


1981年東京大学工学部計数工学科卒業。1983年同大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程修了。同年通商産業省工業技術院電子技術総合研究所(現独立行政法人産業技術総合研究所)入所。1993年から1994年ドイツ国立情報処理研究センター客員研究員。現在、独立行政法人産業技術総合研究所情報技術研究部門主任研究員。学習能力を持つ知的情報処理システムの研究に従事。電子情報通信学会、人工知能学会、日本神経回路学会、行動計量学会、各会員。

こばやし いちろう
小林 一郎 [正会員]



1995年9月東京工業大学大学院総合理工学研究科システム科学専攻単位取得退学。同年10月法政大学経済学部研究助手。1996年法政大学経済学部助教授。2000年から2005年まで理化学研究所脳科学総合研究センター非常勤研究員。2003年お茶の水女子大学理学部情報科学科助教授。2007年お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科准教授。2007年ドイツ人工知能研究所(DFKI)客員研究員。2007年から2008年スタンフォード大学CSLI客員研究員。工学博士。主として言語・知能情報処理に関する研究に従事。人工知能学会、言語処理学会、情報処理学会、各会員。機能言語学会理事。



こにし たつひろ
小西 達裕 [非会員]

1992 年早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。1991 年早稲田大学理工学部情報学科助手。1992 年静岡大学工学部情報知識工学科助手。現在、同大学情報学部情報科学科准教授。知的教育システム、知的対話システム等に興味を持つ。博士（工学）。電子情報通信学会、情報処理学会、教育システム情報学会、日本認知科学会各会員。



たかぎ あきら
高木 朗 [非会員]

1974 年早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了。1974 年早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程編入。1981 年早稲田大学大学院理工学研究科研究生。1983 年（株）CSK（現在、（株）CSKシステムズ）入社。2007 年 2 月退社。言語情報処理研究所設立。現在に至る。（独）産業技術総合研究所客員研究員。自然言語処理に関心を持つ。工学博士。人工知能学会、情報処理学会、電子情報通信学会、日本認知科学会各会員。



いとう ゆきひろ
伊東 幸宏 [非会員]

1987 年早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。同年、同大学理工学部電子通信学科助手。1990 年静岡大学工学部情報知識工学科助教授。2000 年静岡大学情報学部教授。現在、同大学創造科学技術大学院教授（情報学部兼務）。工学博士。自然言語処理、知的教育システム等に興味を持つ。電子情報通信学会、情報処理学会、言語処理学会、教育システム情報学会、日本認知科学会各会員。

Construction and Evaluation of a Dialog System Based on Mapping Sentence Meanings to the Dialog Context

by

**Yasuhiro NOGUCHI, Yuki IKEGAYA, Satoru KOGURE, Makoto KONDO, Hideki ASOH,
Ichiro KOBAYASHI, Tatsuhiro KONISHI, Akira TAKAGI and Yukihiro ITOH**

Abstract :

A natural language dialogue system should correctly interpret input sentences from the users and extract information essential for proper response. Since a variety of surface dependency structures may carry the same meaning, a natural language dialog system should be able to interpret such variety of expressions. Traditional semantic representations, however, take over the variety of surface dependency structures without interpreting them. Consequently, we cannot compare semantic expressions with different dependency structure. In addition, it is practically impossible to prepare interpreting rules particular to each possible input.

In our previous studies, we proposed a framework for semantic representations which circumvents the problem. The framework enables us to compare semantic representations with different dependency structures without employing structure-specific rules.

In this paper, we describe how to interpret a clause based on its semantic representation and show that the interpreting processes are applicable to the interpretation of multiple clauses and/or multiple sentences.

We have constructed a dialogue system based on this framework and evaluated the system. As a result, we have confirmed that the system can make proper response and that the framework gives the system capacity to make proper response, as desired.

Keywords : natural language processing, semantic representations, natural language understanding, natural language dialogue system

Contact Address : **Yasuhiro NOGUCHI**

Faculty of Informatics, Shizuoka University

3-5-1, Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken, 432-8011, JAPAN

TEL : 053-478-1592

E-mail : noguchi@inf.shizuoka.ac.jp