

対話文脈への意味の位置付けを用いた対話システムの構築

Construction of a Dialog System with a Method of Mapping Sentence Meanings to a Dialogue Context

池ヶ谷有希^{*1} 野口靖浩^{*1} 鈴木夕紀子^{*1} 伊藤敏彦^{*1} 小西達裕^{*1} 近藤真^{*1}
 Yuki Ikegaya Yasuhiro Noguchi Yukiko Suzuki Toshihiko Itoh Tatsuhiro Konishi Makoto Kondo

高木朗^{*2*3} 中島秀之^{*3} 伊東幸宏^{*1}
 Akira Takagi Hideyuki Nakashima Yukihiro Itoh

^{*1} 静岡大学情報学部
 Faculty of Information, Shizuoka University

^{*2} (株)CSK
 CSK Corporation

^{*3} 産総研サイバーアシスト研究センター
 Cyber Assist Research Center, AIST

This paper describes the study on a dialog system with a Method of Mapping Sentence Meanings to the Dialogue Context. We have argued for a dialogue system which can correctly interpret the semantic content of the input sentences from the users and identify the problems to be solved and the conditions for the problem solving by making use of the inputs, the context of the inputs and their knowledge. In general, a given semantic content can often be represented in more than one way. Accordingly, the form of a semantic representation is of little help to identify the semantic content conveyed by the input sentence. Such difficulty is rooted in the fact that the system is unable to interpret dependency structures of words in the input sentence. Since the system does not interpret the input dependency, it is necessarily duplicated in the semantic representation. The variety of input dependency structures is, therefore, carried over to the variety of semantic representations without interpreting the dependency structures. We propose a framework for semantic representations that circumvents the problem of interpreting dependency structures. Within the framework to be proposed, the meaning of any predicate is converted into a semantic representation which only permits a single type of predicate: an identifying predicate "aru". Consequently, it allows a uniform interpretation of surface dependency structures. The system engages in a dialog for hotel search and reservation in Hamamatsu city. We show the principles and actual operations of the system.

1. はじめに

近年、様々な対話システムの開発が盛んに行われている [1][2][3][4]。しかしながら、広範囲の文体及び意味内容の文を受理できるような意味解釈、複数往復の対話の連続に耐えうる意味解釈の枠組みを実現することは、依然として容易ではない。

一般に、タスク指向の対話システムにおいては、対話の進行過程で、入力文の意味内容に応じて、文脈や知識を利用して解くべき問題を決定したり、問題解決を行うために必要な情報であるかどうかを判定するという状況が発生する。また、システムからユーザへの問い合わせに対して、ユーザが入力した文が、その回答になっているか判定する等の状況も発生する。

さらに、ユーザに自由な発話を許した場合には、限定されたドメインにおいてすら、入力される文の形態は多様であり、それを表す意味表現の形態も多様である。そのような多様な意味表現同士もしくは意味表現とシステムの持つ知識を比較して上述のような判定を行うことは極めて困難である。

こうした意味解釈の困難をもたらす要因の1つは、単語間の依存関係を解釈することが出来ないということにある。

我々は、任意の述語で構成される節の意味を、全て「断定」の述語「ある」を用いた一定形式の表現へ変換を行い、依存関係の多様性を属性概念の意味の中に繰り込む意味表現手法を提案してきた [5][6][7]。本稿では、その意味表現手法をベースに開発した日本語ホテル検索システムの概要について述べる。尚、ここで扱う入力文の「意味」とは、その文表現によって示される内容を指し、発話者の意図まで含んだものではない。

2. 意味表現

2.1 基礎的考察

例えば、

(1a) 「私は東京から高速で日光に行く」

(1b) 「私は日光に行く。出発地は東京だ。高速を使う」

という2つの文は、ほぼ同等の情報を与えているが、これらの意味の同等性を機械的に判定することは容易ではない。例えば、述語形式による意味表現を用いると、これらの意味は以下のように表される。

(2a) Go(私, 東京, 日光, 高速)

(2b) Go(私, nil, 日光, nil) Eq(出発地, 東京) Use(nil, 高速)

このように記述形式を変換しても、「Go」と「私」「東京」「日光」「高速」との間には依存関係が存在し、それは(1a)における「行く」と「私」「東京」「日光」「高速」との間に存在する依存関係と同型である。つまり、入力文の意味を論理式で表現したとしても、入力文の依存構造が未解釈のまま論理式における概念間への依存関係へと引き継がれ、(1a)、(1b)に見られる入力文構造の多様性は、そのまま(2a)、(2b)における意味表現の形態の多様性となって現れる。このため、意味表現の意味構造とそれが表す意味内容との間に様な関係を見出すことが出来ず、意味表現の表す意味を判定することができない。これらのことを踏まえると、意味表現は以下の2点を満たすことが重要である。

- ・ 表層の依存構造によらず、一定の表現形式で意味が表現可能
- ・ 意味内容毎に、それを位置付ける場所が決まっている

連絡先: 池ヶ谷有希, 静岡大学情報学部伊東研究室, 静岡県浜松市城北 3-5-1, cs7005@cs.inf.shizuoka.ac.jp

2.2 述語・節の意味表現

上記の条件を満たす意味表現の検討を行うために、まず、ある現象を言及する文を例に挙げる。一般に、現象を言及する文は、次のような3通りの表現に大別することが出来る。

- (1) 現象全体を表す述語を用いて、その格成分により現象を規定する属性を限定する
(例)「東京まで行く」
- (2) 現象全体の中の特定の部分現象を表す述語を用いて、その格成分により部分現象を規定する属性を規定すると同時に、全体現象を規定する属性をも限定する
(例)「東京に到着する」
- (3) 断定の述語を用いて現象の属性を取り上げ、直接その属性値を限定する
(例)「到着地は東京である」

(1)~(3)の例は、同じ現象の同じ属性の値を限定するという意味で、互いに同義であるため、各々の節は(3)の形式に置き換えが可能である[8]。このように、入力文の各節の各連用修飾成分に対して、「(で)ある」という唯一種類の述語を用いた一定形式の表現へ変換を行うことにより、述語と連用修飾成分が含まれていた依存関係は、現象属性名詞の中に繰り込まれ、多様性の一部の回避が可能となる。

そして、(3)の形に変形された意味を「現象属性 = 属性値」と形式化すると、(1)~(3)の例はすべて「到着地 = 東京」という形式で表現することができる。これを述語単位で1つのまとまりとしたフレームによる表現を行う。例えば、その述語を修飾しうる連用修飾成分が m 個あるとすると、図1のように表現することができる。名詞の意味表現についても、「実体の属性 = 値」の組という述語・節の意味表現と類似した形式で表現が可能である[7]。

現象属性1	値1
現象属性2	値2
.....	...
現象属性 m	値 m

図1: 述語意味表現の基本形

3. 意味解釈

意味表現はすべて「現象(実体)属性 = 値」を基本単位として記述を行う。これにより、入力文の依存構造が各「現象属性」名詞の中に繰り込まれるため、「現象属性 = 値」という単位で意味表現を重ね合わせてゆくことで、意味の解釈を行うことができる。特に、同一の現象の現象属性に関する表現が立体的に重なり合うように文脈情報を構築すれば、必要な値は常に透過的にみえることとなり、複数文で言及された事柄の統合的な意味内容が均一な表現として得られることとなる。2.1節の(1a)、(1b)の文で構築される文脈情報を図2に示す。

4. 対話システム

システムの構成を図3に示す。入出力インタフェースを通して入力文が入れると、入力バッファに保持される。システムの制御部は入力文解釈、問題解決、応答文生成の動作を制御する。システムは入力文バッファに入れられた入力文を解釈して文脈に意味表現を蓄積する。次いで、文脈とシステムの内部状態に応じて必要な問題解決が起動され、応答文の意味表現を生成して出力文バッファに積む。応答文生成部は、出力文の意味表現から日本語文を生成して出力する。なお、システムはC言語で実装されている。

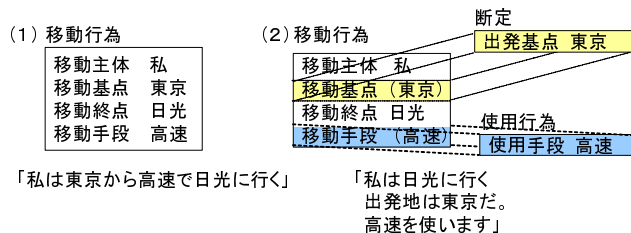


図2: (1a)、(1b)の意味表現

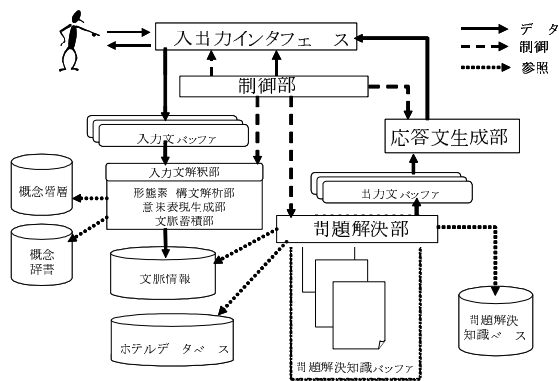


図3: システムの全体像

4.1 制御部

制御部は、基本的に以下の一連の動作を繰り返す。

1. 入力文解釈
2. 応答文生成
3. 問題解決

問題解決のフェーズでは、以下のような動作を行う。システムはホテル検索対話を遂行するために必要となる問題解決知識をもっている。システムは、システムの内部状態とルール条件部を比較してヒットしたルールの実行部の動作を行う。システムの発話行為もこの中から呼び出されるので、対話の制御モジュールベースで行われることになる。システムの内部状態は、それを表すフラグで定義されている。これはルールの適用によって書き換えられる(1~3.の繰り返しの度に内部状態をモニタリングして更新される)。ホテル検索問題に固有のルールとフラグは、個別の問題解決に対する問題解決種別決定知識の中に記述されている。

なお、制御部が1~3.を実行させる場合、問題解決のフェーズが発火させて、実行させるルールは1つに限定している。すなわち、1つのルールの実行部が規定するアクションをとると、入力文解釈、応答文生成が順次起動される。これによって、各々のアクションの切れ目で入力文の処理ができることになり、見かけ上随時割り込み入力が可能になっている。

4.2 入力文解釈部

構文解析部では、(株)CSKで開発された日本語パーザを利用して、ユーザの入力文から格情報などを含んだ依存構造木を得る。

意味表現生成部では、構文解析結果の情報を元に、概念辞書を参照して、自立語について再帰的に意味表現生成を行う。終助詞、助動詞などの付属語については、その意味的な情報を自

立語のフレームの中に繰り込む。

生成の大まかな手順は、まず構文解析木のトップの語に着目し、その語に係る句・節が存在するか否かを調べる。句・節が存在する場合には、その枝に着目し、品詞に応じた意味表現生成処理を起動する。その中で、その語を修飾する枝が存在する場合には、その枝に着目し、同様に品詞に応じた意味表現生成処理を起動する。このようにして、構文木の末端まで処理が到達したら、意味表現を生成する。係る枝の意味表現を生成したら、その枝のトップの語の概念クラスと付属語の情報から、どの属性に格納されるべきかを決定する。全ての品詞に対する意味表現生成処理を用意してあるため、複雑な係りによって構成される文であっても正しく意味表現を生成することができる。

4.3 応答文生成部

応答文生成部では、出力文バッファに出力文の意味表現が存在した場合に、制御部よりその意味表現を受取り、出力文の生成を行い、その結果をユーザに出力する。同時に、出力文バッファから出力した文の情報は消去し、出力した文は文脈情報として蓄積する。

4.4 問題解決部

問題解決部では、現在の文脈に対して適切な問題解決知識群の選択と、その知識に基づく問題解決を行う。適切な問題解決知識群の選択、すなわち問題解決種別の決定は、問題解決の起動要求と判定可能な現象属性あるいは実体属性に関する記述が出現することを監視することによって実行する。どのような記述が見つかった場合に、どの問題解決知識を選択すればよいかについても、知識として整理しておく。これを問題解決種別決定知識とよぶ。本システムが保持している問題解決知識は次のようなものである。

- ・ 問題解決種別決定知識
- ・ ホテル検索問題解決知識
- ・ 観光名所検索問題解決知識
- ・ 質疑応答問題解決知識
- ・ 汎用問題解決知識

問題解決知識は、if - then 型のプロダクションルールで記述している。システムが起動されると、最初、汎用問題解決知識と問題解決種別決定知識のみが利用可能な状態となっており、システムは待ち状態となっている。ユーザが文を入力すると、「入力バッファに情報があれば、それを解析して意味表現を文脈に積む」という汎用問題解決知識が発火して、入力文の意味表現を文脈に蓄積する。文脈には、「[検索対象 = ホテル] (依頼)」、[「存在主体 = ホテル」 (疑問)] などの表現が蓄積されているので、それを条件部とする問題解決種別決定知識が発火して、ホテル検索問題解決知識を利用可能にする。ホテル検索問題解決知識の中には、「ホテルの検索条件中の場所条件が決まっていたら、ホテルを検索する」「ホテル検索結果が10件以上であれば、条件を追加する旨を発話する」「ホテルの検索条件中の場所条件が決まっていなければ、それを尋ねる発話をする」などの知識があり、システムは「現象属性 = 値」の形式で蓄積されている文脈情報とシステムの内部状態を表すフラグを参照して、ルールの条件部を判定し、発火するルールに応じた振る舞いをする。ユーザから特定のホテルに関する質問が入力されると、質問応答問題解決知識が利用可能となる。その機能によって、入力 WH 疑問文の場合は、疑問文の解釈結果と重なり合う意味表現を検索して回答する。また、YES/NO 疑問文の場合は、入力文と重なり合う意味表現を文脈あるいは知識中で探し、見つかった場合に YES、見つからなかった場合には NO を応答する。

4.5 受理可能な文

ホテル検索タスクにおいては、ユーザからの入力文は、大まかに次のタイプに分類することが出来る。

- (a) ホテルの属性を直接指定する文
(宿泊料金は7000円です)
- (b) ホテルの属性を問う疑問文 (Yes/No、又は WH 疑問文)
(ホテルは、シングルだといくらですか?)
- (c) 検索依頼をする文
(ホテルを探してください)
- (d) その他
(肯定 / 否定 : はい / いいえ)
(ユーザの予定、意志、好み : 明日浜松に出張します)

(a)~(d) のいずれのタイプについても、文法的に誤りのない文については意味表現生成部において「属性値」を単位とした意味表現を生成するため、区別無く解釈、問題解決を行うことができる。意味表現で構成された文脈情報は、属性をキーに参照することで文脈依存の問いかけに対しても、適切に応答することができる。

ホテルに関する属性としては、ホテルの料金、所在地、設備、ある地点からホテルまでの距離や所要時間などの問い合わせに返答することができる。また、ホテルまでの行き方、周辺の観光施設に関する問い合わせについても返答が可能である。

(c) は、最もシンプルな文としては、「ホテルを探してください」であるが、同時にホテルの属性を限定している文にも、受理することができる。(d) のユーザの予定や意志、好みを表明する文については、その内容がホテルの検索条件になる可能性が高い。そこで、入力文の意味表現を文脈に蓄積させておき、検索要求があった場合には属性をキーにして必要な値を先行文脈から取り出している。

また、「ホテルはのシングル料金は？」のように、述語が省略された文に対しては、文の情報を元に抽象的な述語または文を補完し、処理を行う。例えば、「シングル料金は？」という文の場合には、「料金」属性について述べているため、「いくらですか？」という文を補完する。

5. 動作例

本節では図4に示す動作例について、処理の詳細を述べる。

まず、(2)(3)の入力を受けたシステムは、これらの入力文の意味表現を文脈に積む。本稿では詳細を略すが、(2)の文のように現象を示す文については、その現象をより粒度の低い現象に分割した現象群(本研究ではこれを部分現象と呼ぶ)も同時に文脈に積まれる[9]。例えば(2)の「浜松にスキーに行く」という現象に対しては、「浜松に移動する(「移動終点 = 浜松」)」「浜松に宿泊する(「宿泊場所 = 浜松」)」「浜松でスキーをする」…といった部分現象が文脈に積まれる。次いで、4.4節で述べた問題解決種別決定知識によって、ホテル検索問題解決知識が利用可能になる。ホテル検索問題解決知識は、文脈上からホテル検索条件を取得する。すると、上述の部分現象中の[宿泊場所 = 浜松]がマッチし、探したいホテルの場所が浜松であることが得られる。このようにして「浜松にあり、かつ浜名湖が見える」という条件を持つホテルの検索を行い(応答(4))、結果を出力する(応答(5))。

次いで、(6)の入力を受けて、システムはその意味表現から(6)が疑問文であることを判別し、質問応答問題解決を起動する。入力(6)では、範囲について省略して発話されているため、まず始めに、文脈上から適当な比較範囲(ここでは、

「ホテルコンコルド浜松とフィットネスホテル浜松」)を抽出する必要がある。現行システムでは、この処理に、「先行文脈を遡り、料金属性を内包する実体概念を抽出する」という単純なアルゴリズムを用いている。この入力のような比較級表現を扱うためには、比較演算処理が必要であるため、本システムでは比較演算ルーチンを別途用意している。比較演算ルーチンは、範囲や基準、程度などの情報を基に比較演算を行い、その結果を返す。システムは、その結果を根拠に(7)の応答を生成する。

次いで、(8)の入力を受けて、システムは、その意味表現から(8)が疑問文であることを判別し、質問応答問題解決を起動する。質問応答問題解決では、「付属・施設=駐車場」(駐車場はありますか?)の部分に関して、その意味表現を位置付けることが可能な知識を検索する。先行文脈を遡る範囲は次のように決めている。

提題格で言い立てられた語まで
主格の「は」で言い立てられた語まで

この範囲内の文脈上に該当する値が存在しない場合には、『最初に見つかった「言い立てられた語」(A)と1つ前に「言い立てられた語」(B)の間に、「(A)が(B)の部分である」もしくは「(A)が(B)の属性である」という関係が存在する』という条件が成り立つ時に限り、1つ前に提題格、あるいは、主格の「は」で言い立てられた語が見つかるまで検索を行う。ここでは、提題の「フィットネスホテル浜松」に対して比較を行い、フィットネスホテル浜松の知識上の「付属・施設=駐車場」とマッチし、これを根拠として、(9)の応答を生成している。

次いで(10)の入力を受けて、システムは、その意味表現から(10)が疑問文であることを判別し、質問応答問題解決を起動する。システムは、前提節「大型車で行きたい」の部分を知識に位置付け、比較することで応答の根拠を得ようとする。システムは、「大型車で行きたい」より、その部分現象である「大型車で出発する」「大型車で移動する」「大型車で到着する」「大型車で侵入する」「大型車を駐車する」などの一連の行為列を導き出し、これら全について比較を試みる。本対話では、「フィットネスホテル浜松」の知識として、「大型車を駐車できない」旨の情報があり、それとの比較を根拠に、(11)の応答を生成する。

次いで(15)の入力を受けて、システムは、その意味表現から(15)が疑問文であることを判別し、質問応答問題解決を起動する。既に述べた入力(8)に対する場合と同等の処理をおこなうが、この場合、主属性「所要時間=何分」とその制約情報である副属性「移動媒体=車」「移動起点=浜松駅」はテーブルで表現されている[7][9]。システム側の持つ知識も同様の形式で記述してあるので、「現象属性/実体属性=値」の単位で位置付けることにより、副属性の制約に適合した情報のみを抽出することが可能である。この場合、提題の「コンコルド浜松」の知識上に位置付けることで(16)の応答を生成している。

6. まとめ

我々が試作したホテル検索予約対話システムの枠組みとシステムが実現できる対話能力について述べた。多様な入力文の意味を正しく解釈し、解釈した情報を自らの問題解決に正しく反映するという機能がある程度実現できていると考えている。対話システムにおいては、どれだけ多様な表現を使って対話が行えるかがシステムの使いやすさを決める重要な一因である。現在、浜松市の観光ガイドから、ホテル検索や周辺施設を案内

(1):USER >	ホテル検索システムです
(2):SYSTEM >	浜松にスキーに行きます
(3):USER >	浜名湖が見えるホテルにしてほしい
(4):SYSTEM >	浜松市の浜名湖が見えるホテルを探しています、少々お待ちください
(5):SYSTEM >	ホテルコンコルド浜松とフィットネスホテル浜松があります
(6):USER >	どちらが安いですか
(7):SYSTEM >	フィットネスホテル浜松です
(8):USER >	フィットネスホテル浜松には駐車場はありますか?
(9):SYSTEM >	はい、あります
(10):USER >	大型車で行きたいのですが、大丈夫ですか?
(11):SYSTEM >	いいえ、駐車することができません
(12):USER >	じゃあ、大型車を駐車できるホテルはありますか?
(13):SYSTEM >	浜松市の大型車を駐車することができて浜名湖が見えるホテルを探しています、少々お待ちください
(14):SYSTEM >	ホテルコンコルド浜松はいかがですか
(15):USER >	浜松駅から車で何分ですか
(16):SYSTEM >	車だと浜松駅から5分です
(17):USER >	朝食付きの料金はいくらですか?
(18):SYSTEM >	朝食付きでシングルだと7000円です
(19):USER >	じゃあ、コンコルド浜松を予約してください

図 4: ホテル検索タスクの対話例

する場合に、頻繁に用いられる言い回し、単語などを収集している。そのデータを元に、より多くの言い回しの解釈及びその意味内容に応じた問題解決が行えるようシステムを拡張している。今後、より多くの人にシステムを使用してもらい、様々な対話の状況でどの程度正しく意味を解釈し、問題解決を行うことができるか等を評価することが課題である。

参考文献

- [1] L. Lamel, S. Rosset, J.L. Gauvain, S. Bennacef, M. Garnier-Rizet, B. Prouts : "The LIMSI ARISE System", IVITA '98 Torino, Lamel-Rosset-Gauvain-Bennacef- Garnier-Rizet-Prouts, pp.209-214, (1998)
- [2] 中野幹夫 : "話のはずむ音声対話システム", IPSJ Magazine, Vol.40, No.4, pp. 365-369, (1999)
- [3] 田中穂積 編: 自然言語処理 - 基礎と応用 -, 電子情報通信学会, (1999)
- [4] 島津明 : "コンピュータと人間の会話 : 現状と課題", 情報処理, Vol.39, No.3, pp.215-221, (1998)
- [5] 高木明, 中島秀之, 麻生英樹, 伊東幸宏, 和泉憲明, 片桐恭弘, 白井克彦 : "JDT : 日本語対話システム構築用ツール群の開発プロジェクト", 人工知能学会, SIG-SLUD-9902-4, pp.17-22, (1999)
- [6] Y. Noguchi, Y. Ikegaya, A. Takagi, H. Nakashima, T. Konishi, T. Itoh, M. Kondo, Y. Itoh : "A Framework for Semantic Representations for a Natural pp Language Dialog System", *Proceeding of SNLP-Oriental COCOSA*, pp.231-2 36 (2002)
- [7] 高木朗, 中島秀之, 伊東幸宏, 近藤真, 今仁生美, 三宅芳雄 : 文脈への意味の位置付けを重視した対話意味表現, 言語・音声理解と対話処理研究会資料, pp.55- 62 (2002)
- [8] 高木朗, 伊東幸宏: 自然言語の処理, 丸善, (1987)
- [9] 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 : 文脈への意味の位置付けにもとづくホテル予約対話システムの構築, 言語・音声理解と対話処理研究会資料, pp.63-70 (2002)