

単一節の解釈の曖昧性による誤解を避けるための対話制御の検討

A study of dialogue management to avoid misunderstanding between user and system by the ambiguity of clausal interpretation

野口 靖浩^{*1*2}
Yasuhiro Noguchi

門畑 拓人^{*2}
Tact Kadohata

秋枝 克実^{*2}
Katsumi Akieda

小暮 悟^{*2}
Satoru Kogure

小西 達裕^{*2}
Tatsuihiro Konishi

麻生 英樹^{*3}
Hideki Asoh

高木 朗^{*4}
Akira Takagi

近藤 真^{*2}
Makoto Kondo

伊東 幸宏^{*2*5}
Yukihiro Itoh

^{*1} 静岡大学理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University

^{*2} 静岡大学情報学部

Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{*3} (独)産業技術総合研究所情報技術研究部門
Information Technology Research Institute, AIST

^{*4} 言語情報処理研究所
NLP Research Laboratory

^{*5} 静岡大学大学院創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

This paper describes how to avoid misunderstanding between user and system by ambiguity of clausal interpretation. In a dialogue, user input involves various ambiguities. Our parsing and semantic analysis system generates as many candidate trees as possible, and chooses from the candidates by referring to the context. However this process cannot choose one appropriate candidate at anytime. So dialogue management of our system generates replies that clarify the ambiguous parts in the input to avoid misunderstanding by the ambiguity of clausal interpretation. We discuss how to make those replies and explain how our proposal dialogue management potentially ambiguous utterance in dialogues.

1. はじめに

対話においては、受け手が発話者の意図と異なる受け取り方をしてしまったために誤解が生じ、その後の対話が順調に進まなくなる場合がある。そのような場合、人間同士であれば、その発話に対する相手の応答やその後の対話の流れの不自然さ等によって誤解が生じていることに気づき、話者間で誤解を修正して対話を進められることが多い。このような誤解はユーザー・システム間の対話でも発生しうるので、対話システムでも、ユーザの意図とシステムの解釈との間の差異を考慮した対話制御が必要になると考えられる。

従来開発されてきた対話システム[飯田 1990][松原 1995]では、ユーザの意図とシステムの解釈の間の差異についてはあまり重視されていない。音声認識の誤りに関しては、ユーザによってその誤りを修正してもらうための対話制御が検討されている[北岡 2006]。また、音声認識の誤りを修正するためにユーザがどのような発話を行うかについて分析されている[平岡 1999]。

ユーザの意図とシステムの解釈との間に相違は様々な要因から生じるが、本稿では単一の節の表現を構文・意味解析する際の語義、係り、限定属性の曖昧性に焦点を当てる。語義の曖昧性とは、ある語に複数の語義が存在し、その語がどの語義を示しているのかが曖昧な場合であり、例えば「はし」の語義には「箸」「橋」「端」などの複数の語義がある。係りの曖昧性とは、ある語の係り先の候補が複数存在して、どの係り先かが曖昧な場合であり、例えば、「美しい水車小屋の乙女」の「美しい」の係り先には「水車小屋」と「乙女」の両方が考えられる。限定属性の曖昧性とは、修飾語が被修飾語のどの属性を限定しているのか

が曖昧な場合であり、例えば、「6時15分の新幹線」では、「6時15分」が「新幹線」の「出発する時刻」を限定しているのか、「到着する時刻」を限定しているのかが曖昧である。ユーザの入力にこのような曖昧性が含まれている場合、システムが選択した語義、係り先、限定属性と、ユーザの意図との差異が生じて、ユーザ・システム間で誤解が生じる可能性がある。

本研究のアプローチとしては、システムの解釈を適切に応答することによって、ユーザがユーザの意図とシステムの解釈との間に差異が存在していることに気づき、システムの解釈を修正することができる対話制御を検討する。ここで行う適切な応答は、システムの解釈の「伝わりやすさ」と応答の「冗長さ」のトレードオフを考慮する必要がある。常に詳細な応答をすれば伝わりやすくなるが、逆に冗長になるため、利用者の利便性を損なう。従って、誤解を生じる可能性のある状況かどうかを判断して、誤解を避けるのに必要なだけの情報を応答に含める必要がある。

本稿では、2章でまず先行システムにおいてユーザ・システム間で誤解が起こりうる場合について説明する。3章では、その誤解を避けるための対話制御について、入力文に含まれる曖昧性の検出、それに応じた応答文の生成、ユーザが行うシステムの解釈の発話の受理について説明する。4章では、3章で述べた対話制御の冗長性がユーザにとって許容可能かどうかを評価する。最後に5章まとめと今後の課題について述べる。

2. 先行システム

2.1 構文・意味解析

先行システムの構文・意味解析器[池ヶ谷 2008]は、入力文を解析して、高木らの意味表現方式[高木 2004]で解釈結果を出力する。意味表現方式の基本形を図1に示す。この意味表現方式は、一般に任意の述語とその1連用修飾成分、任意の名

連絡先:野口靖浩, 静岡大学理工学研究科, 静岡県浜松市中区城北 3-5-1, e-mail: noguchi@inf.shizuoka.ac.jp

詞とその1連体修飾成分が「属性は属性値である」、「実体の属性は属性値である」という形式に同義変形可能なことに基づいて、入力文の意味表現を一般的な依存構造(断定の述語「(で)ある」)で記述できるよう設計されている。そのため、予め対話領域の対話例を分析し、その中で用いられる属性名詞を体系化しておけば、属性名詞1語の比較によって、「属性 属性値」(「属性は属性値である」を意味表現上このように記述する)の意味を比較す

現象意味表現		実体意味表現	
属性1	属性値1	実体\$属性1	属性値1
属性2	属性値2	実体\$属性2	属性値2
⋮	⋮	⋮	⋮
属性n	属性値n	実体\$属性n	属性値n

図1: 意味表現の基本形

構文・意味解析器は1語入力されるごとに、文法的な制約や単語の選択制限によって構文構造を決定し、意味表現を生成する。この際、語義、係り、限定属性の曖昧性によって、複数の意味表現候補が生成される場合がある。この構文・意味解析器では、この複数の意味表現候補と、先行文脈と対話ドメインの知識との比較によりスコアを付け、そのスコアの最も高い意味表現候補を残しながら、文末まで構文・意味解析処理を行う。生成された意味表現は全て文脈情報として蓄積する。

2.2 問題点

2.1 節で述べた構文・意味解析器は、ユーザの入力文に含まれる語義、係り、属性選択の曖昧性に対して、複数の解釈候補を生成し、更に先行文脈及び、対象とする対話ドメインの知識を利用してスコア付けすることで、正解の可能性の高い解釈候補の意味表現を選択することができる。しかしながら、解釈候補を常に一意に絞り込める訳ではなく、解釈候補が絞り込めない場合には、複数のスコアが1位の解釈候補の意味表現が生成される。そのような場合、先行システムでは、構文・意味解析器が生成した複数の意味表現候補から任意に解釈候補を選択し、その解釈候補を元にユーザに応答を行っている。しかし、その結果、応答の仕方によっては、問題が起きる可能性がある。

(1U) 新宿駅までどのくらいかかりますか?

(1S) 30分位です。

例えば、(1U)には限定属性の曖昧性が存在し、「どのくらい」が限定する属性には「時間」と「料金」という異なる解釈の可能性が考えられる。(1S)はシステムが「時間」という解釈を選択した上での応答であるが、システムが「時間」という解釈を選択したことが応答文から明らかでないため、仮にユーザの意図がこの解釈とは異なるとしても、すぐに誤解に気付くことができる。

(2U) 沖縄の料理が美味しいホテルが良い。

(2S) 沖縄の料理が美味しいホテルは A ホテルがあります。

これに対して(2U)は係りの曖昧性から「沖縄の料理」と「沖縄のホテル」という異なる解釈の可能性がある。そして、システムが「沖縄の料理」という解釈を選択した場合に、システムの応答(2S)からそれが明らかでない。従って、この後、ユーザが誤解したまま、対話を進めてしまう可能性がある。

対話例¹を分析した所、ユーザの入力に単一節の解釈の曖昧性が含まれており、システムの応答からシステムの解釈の誤りに

ユーザが気付けるケースが 37.1%(59/159)、システムの応答からは解釈の誤りに気付けないケースが 17.0%(27/159)存在した。先行文脈等の情報を利用した構文・意味解析だけでは、解釈候補を一意に絞ることは難しく、システムの応答の仕方によっては、ユーザの意図とシステムの解釈との間に相違が生じ、ユーザがその相違に気づけない場合が存在することが確認できた。

3. 誤解を避けるための対話制御

3.1 対話制御

構文・意味解析が同じスコアの解釈候補を複数出力した場合に、その中からある1つの解釈結果を選択したことがユーザに伝わるようなシステム応答文を生成する。それにより、システムの応答を受け取ったユーザが、入力文の意図とシステムの解釈との間に差異があるかどうかを判定でき、更に、差異がある場合にはそれを修正する発話ができるように対話を進める。そのために、以下の i)ii)iii)の流れで対話制御を行う。

- i) 複数の解釈候補が出力された原因となる曖昧性の検出
- ii) 検出した曖昧性に基づきリカバリー応答文²の生成
- iii) ユーザの解釈修正発話の受理

まず、i)では、構文・意味解析器が出力した複数の解釈候補に曖昧性が含まれているかどうかを検出する。各曖昧性の検出処理については 3.2 節で説明するが、この結果、ユーザの入力文に曖昧性が含まれていれば、誤解が生じる恐れがあると考え、次の ii) iii)の処理を行う。ii)では i)で検出した曖昧性のタイプに応じて、システムの解釈が適切にユーザに伝わるような応答を生成する。iii)では、ii)の応答を受けたユーザがシステムの解釈を修正する発話を行った場合に、その発話を受理し、システムの解釈を修正する。

また、このような対話制御を、語義、係り、限定属性の曖昧性の順に適用する。これは、係りの曖昧性を解消するためには語義の曖昧性が解消されていることが必要であり、限定属性の曖昧性を解消するためには係りの曖昧性が解消されていることが必要だと考えられるからである。これらの曖昧性が全て解消された場合に、元の対話制御に戻す。

3.2 曖昧性の検出

2章で示したように、先行システムの構文・意味解析器は、曖昧性が解消しきれない場合に、スコアが1位の解釈候補を複数出力する。この場合に、これらの解釈候補中に存在する曖昧性を以下の手順で検出する。まず、語義の曖昧性に関して説明する。入力文中の各語に着目して、その語に対応する意味表現を、出力された複数の解釈候補の中から探す。そして、見つかった意味表現が全て同じ概念の意味表現であれば、語義の曖昧性は存在しないと判定し、異なる概念の意味表現が存在すれば入力文中に語義の曖昧性が存在していると判定する。

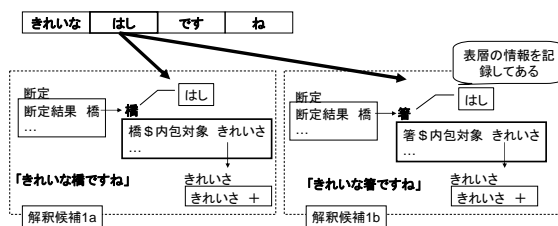


図2: 語義の曖昧性の検出例

¹ 情報系学部、大学院の学生 23 人から収集したホテル検索予約をタスクとする対話データ(対話数 80, ゲスト発話数 1886)である。話し言葉を書き言葉にする等の修正を行い、文節数が 2 以下の文を除いた文のうち 159 文を分析に使用した。

² 本稿では、システムの解釈をユーザに正しく伝えるための応答文をリカバリー応答文と呼ぶ。

図2の例では、入力文中の「はし」に対して解釈候補 1a の意味表現中の「橋」と、解釈候補 1b 中の意味表現中の「箸」が見つかるため、「はし」には語義の曖昧性があると判定する。

次に、係りの曖昧性に関して説明する。入力文中の各語に着目して、各解釈候補中で、その語が異なる係り先に係っているかどうかを調べる。2章で述べたように、本システムで用いる意味表現では、述語と1連用修飾成分、名詞と1連体修飾成分を「属性 属性値」、「実体\$属性 属性値」の形式で記述している。従って、着目した語に対応する意味表現が属性値となっている意味表現を各解釈候補から探す。そして、見つかった意味表現が、全て同じ概念の意味表現であれば係りの曖昧性は存在しないと判定し、異なる概念の意味表現が存在すれば、係りの曖昧性が存在すると判断する。図3の例では、入力文の「美しい」に対応する意味表現が解釈候補 1a では「乙女」の属性値になっており、解釈候補 1b では「水車小屋」の属性値になっているため、「美しい」には係りの曖昧性があると判定する。

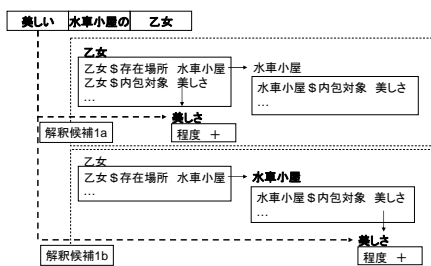


図3:係りの曖昧性の検出例

限定属性の曖昧性に関して説明する。入力文の各語に着目して、着目語に対応する意味表現を属性値とする属性を各解釈候補から探す。そして、探した属性が全て、同じ概念の意味表現中の同じ属性であれば限定属性の曖昧性はないと判定し、異なる属性が存在すれば、限定属性の曖昧性が存在すると判定する。

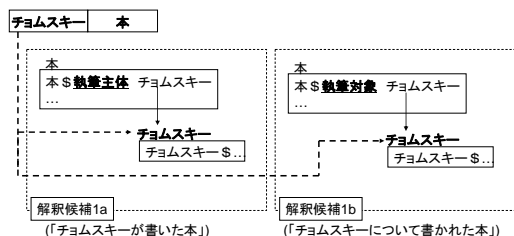


図4:限定属性の曖昧性の検出処理

図3の例では、入力文中の「チョムスキー」に対応する意味表現が解釈候補 1a では「執筆主体」の属性値になっており、解釈候補 1b では「執筆対象」の属性値になっているため、「チョムスキー」には限定属性の曖昧性があると判定する。

3.3 リカバリー応答文の生成

3.2節で説明した曖昧性の検出処理において、ユーザの入力文に曖昧性が存在すると判定された場合、リカバリー応答文を生成して、システムの解釈をユーザに伝える。リカバリー応答文として、以下の3種類を用意した。

- ・ 聞き返し応答(例:「はしとは何ですか?」)
- ・ 聞き返し確認応答(例:「橋ですか?」)
- ・ 提示確認応答(例:「橋でしたら浜名大橋がきれいです」)

聞き返し応答は、「「はし」とは何ですか」のように曖昧な箇所をユーザに聞き返す。聞き返し確認応答は、「橋ですか?」のよ

うにシステムが選択した解釈がユーザの意図と一致しているかどうかを聞き返す。提示確認応答は、「橋でしたら、浜名大橋がきれいです」のように、システムが選んだ解釈候補を示しつつ、選択した解釈候補に基づく問題解決結果に言及する。

これらの3種類の応答を、入力文に含まれる曖昧性の数に応じて使い分ける。3.2節で説明した曖昧性検出の処理によって検出された曖昧性の数が2の場合、聞き返し確認応答と提示確認応答のいずれかを用いる。3以上の場合には、聞き返し応答を用いる。

聞き返し確認応答と提示確認応答では、システムが任意に選択した解釈候補を応答文に含めて応答する。この際、ユーザに対して、ユーザの入力文に曖昧性があり、システムは複数の解釈候補から1つを選択したことを伝えるためには、システムが任意に選択した解釈候補と、選択しなかった解釈候補を言い分ける必要がある。聞き返し確認応答は、『言い分け表現+ですか?』、提示確認応答は、『言い分け表現+でしたら+システムが選択した解釈候補に基づいて問題解決した結果の応答文』という形式で応答する。以下、検出した曖昧性ごとにどのような言い分け表現を用いるかについて述べる。

(1) 語義の曖昧性の言い分け表現

3.2節で説明した語義の曖昧性の検出処理によって曖昧性が存在すると判定された場合、複数の解釈候補には、入力文中の同じ語を、異なる語義で解釈した候補が存在するということがある。システムはその中から任意の1つの解釈候補を選択して応答する。その際、システムが選択した解釈候補をユーザに伝えるためには、その解釈候補に含まれる語義と、他の解釈候補に含まれる語義の違いを応答文で言い分ける必要がある。システムが選択した語義がユーザに伝わるように、以下の方法で言い分け表現を生成する。

- 他の語義の候補にはない見出しを用いて示す
- 他の語義の候補ではありえない修飾を行って示す
- 上位概念あるいは下位概念を表す語と共に示す

例えば、「はし」に語義の曖昧性がある場合、a)ではその概念の見出し情報を使って「橋」と応答し、b)ではその概念がどのような属性を持つかの情報を使って「渡るはし」のように応答し、c)では概念階層からその概念の上位・下位概念を取得し、「食器のはし」のように応答する。

(2) 係りの曖昧性の言い分け表現

システムが選択した解釈候補がユーザに伝えるために、選択した候補における係り先と、その他の候補における係り先を言い分ける必要がある。そのため、言い分け表現では曖昧性のある「修飾-被修飾」部分を明示的にユーザに示す。

例えば、「美しい水車小屋の乙女に見とれました」という入力に対して、「美しい」が「水車小屋」に係る解釈候補と、「乙女」に係る解釈候補があり、システムは前者を選択した場合には、「美しいのは水車小屋」を言い分け表現とすることで、「美しいのは水車小屋ですか?」「美しいのは水車小屋でしたら・・・」のように応答し、ユーザにシステムの解釈を示して、ユーザの意図と相違がないかを確認する。

(3) 限定属性の曖昧性の言い分け表現

システムが選択した候補をユーザに伝えるために、選択した候補で限定された属性と、その他の候補で限定された属性を言い分ける必要がある。そのため、言い分け表現では、限定された属性を明示的にユーザに示す。

例えば、「6時の新幹線」において、「新幹線\$出発時刻 6時」の解釈候補と「新幹線\$到着時刻 6時」の解釈候補があり、

システムは前者を選択した場合、意味表現中の「新幹線\$出発時刻 6時」から、「出発時刻が 6 時の新幹線」という表現を生成する。あるいは、属性名詞中に繰り込まれた動詞を用いて「6 時に出発する新幹線」という表現を生成する。

3.4 解釈の修正

現状、ユーザの入力をシステムが解釈した結果を、システム応答に含めることで、その解釈がユーザの意図と異なっていれば、そこで、ユーザがその解釈を修正する発話を行うことを想定している。ユーザが行う解釈修正の発話を次のように想定して、解釈の修正を行う。

システムの聞き返し応答に対して、ユーザは断定の述語「(で)ある」を用いて端的に答えることを想定している(例えば、「はしとは何ですか?」に対して、「橋です」のように答える)。この場合、断定の補格で言及されている内容を含む解釈候補以外を候補から除外する。

また、システムの聞き返し確認応答、提示確認応答に対して、ユーザはシステムの示した解釈候補を、「はい」「いいえ」や断定の述語表現によって明示的に承認/訂正すると想定している。システムはユーザ発話が「はい」であれば承認、「いいえ」であれば訂正と判断する。ユーザ発話が断定の述語表現の場合には、言い分け表現と比較して、一致した場合には承認、一致しない場合には訂正と判断する。

ユーザ発話を承認と判断した場合には、システムが提示した解釈を含む候補以外を候補から除外する。訂正と判断した場合には、システムが提示した解釈を含む候補を候補から除外する。この結果、候補を一意に限定することができれば、リカバリー対話制御から、通常対話制御に復帰し、まだ候補が一意に絞り込めなければ、更にリカバリー対話制御を続ける。また、承認/訂正以外のユーザ発話が行われた場合は、再度同じリカバリー応答文を出力することで承認/訂正をユーザに促すことになっている。

4. 評価実験

4.1 実験方法

本稿で検討した対話制御が「ユーザが許容できる程度の冗長さ」に収まったものかどうかを検証するために評価実験を行う。

評価実験は、以下の A)と B) の 2 種類のシステムを設定し、各システムで想定される対話例を被験者に提示して、その対話例に対するアンケートを行う形式で行った。

- A) ユーザが曖昧性を含む入力をした場合に、リカバリ応答をせず、対話をすすめるシステム
- B) ユーザが曖昧性を含む入力をした場合に、リカバリ応答を行って対話を進めるシステム

システム A)の対話例としては、システムが任意の解釈結果を選択した際に幸いにもユーザの意図とシステムの解釈との間に誤解が生じなかった場合と、不幸にして誤解が生じてしまった場合に 2 タイプを用意した。これにシステム B)の対話例を加えた 3 対話を 1 組とし、全体で 4 組の対話例を用意した。被験者には、対話例を提示した後、システム B)がシステム A)に比べて、「煩わしい」かどうか、「親切」かどうかについて回答を記入してもらった。更に「煩わしい」と回答した被験者には、その煩わしさが、曖昧性による誤解を回避するという目的を考慮した場合に「許容できるかどうか」に関する回答を記入してもらった。また、「親切でない」と回答した被験者にはその理由を自由記述で記入してもらった。被験者は情報系の学部生、大学院生 21 名である。

4.2 実験結果

実験結果を表 1 に示す。システム B)がシステム A)に比べて「煩わしい」と判断した被験者は 66.7%(14/21)であった。従って、本稿で述べた対話制御は、システムの利用者にとってはある程度の煩わしさを感じさせることが確認された。ただし、95.2%(20/21)は、システム B)がシステム A)に比べて「親切」とも回答しており、この「煩わしさ」がまったく意味のない煩わしさではないと判断していることが分かる。また、「煩わしい」と判断した被験の内、85.7%(12 人/14 人)が「許容できる」と回答した。この結果から、システムの利用者が、曖昧性による誤解を回避するために、リカバリー応答文が生じるのはやむをえないことだと捉えていると考えられる。

表 1: 実験結果

	親切	親切でない
煩わしい	13	1
煩わしくない	6	1

5. まとめ

本稿では、単一節の解釈の曖昧性によるユーザ・システム間の誤解を避けるために、ユーザの入力をシステムがどのように解釈したかをシステム応答に適切に含めることで、ユーザの意図とシステムの解釈との間の相違をユーザに伝え、ユーザにシステムの解釈を修正する機会を提供することに関して検討した。評価実験から、本稿で提案した対話制御は、対話システムの利用者にとってある程度の煩わしさがあるものの、曖昧性による誤解を回避できることを考慮すると許容範囲内であると考えられる。

本稿で検討した単一節の解釈の曖昧性の他にも、ユーザ・システム間の誤解を生じる要因は存在する。例えば、名詞句の照応先の曖昧性によって誤解が生じる場合や、問題解決の方法に対するユーザ・システム間の認識の違いからくる誤解などがあるが、このような原因から生じる誤解についても対処可能な対話制御について検討していきたい。また、ユーザが解釈を修正する発話として、ユーザが YES/NO や断定の「(で)ある」表現を用いて応答する場合を想定したが、その他の解釈修正発話についても、それを受理してシステムの解釈を適切に修正できるように検討していきたい。

参考文献

- [飯田 1990] 飯田仁, 有田栄一:4 階層プラン認識モデルを使った対話の理解, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.6, 1990
- [松原 1995] 松原隆男, 伊藤元之, 高木朗:ナビゲーション対話システムにおける意味解析手法の検討, 電子情報通信学会技術報告, NLC95-27, 1995
- [北岡 2006] 北岡教英, 矢野浩利, 中川聖一:誤認識の修復のための自然で効率的な音声対話戦略, 情報処理学会研究報告, Vol.2006, No.40, pp.37-42, 2006.
- [平沢 1999] 平沢純一, 宮崎昇, 中野幹生, 相川清明:音声対話システムの誤解に対するユーザ応答の分析, じよ右方処理学会研究報告, Vol.99, No.108, pp.157-162, 1999.
- [池ヶ谷 2008] 池ヶ谷有希, 野口靖浩, 小暮悟, 伊東俊彦, 小西達裕, 近藤真, 麻生英樹, 高木朗, 伊東幸宏:対話文脈を利用した構文意味解析, 人工知能学会論文誌, Vol.22, No.3, pp.291-310, 2007
- [高木 2004] 高木朗, 麻生英樹, 中島秀之, 伊東幸宏, 小林一郎:意味の対応付けと依存関係の解釈を考慮した意味表現, 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No. 131, pp.289-294, 2004