

曖昧な入力を可能とする自然言語インターフェース

鳥居 肖史

沖電気工業(株) 関西総合研究所

自然言語インターフェース(NLI)が備えるべき機能として、(1)文脈からの発話に現れる指示表現の理解と省略の補完ができること(文脈理解)と(2)入力文からユーザのプランを推論し、ゴールを達成する協調的な応答を生成すること(意図理解)が挙げられる。ところで、人と人が行なう協調的な対話において、一方の人のプランが実行できないと判明した時に、もう一方の人は一方の人の意図を反映した実行できるプランを代案として提案する。人と計算機が行なう協調的な対話においても、計算機が代案を提示できるほうが望ましい。従って、更に備えるべき機能として、(3)ユーザのプランが実行できないと判明したなら、ユーザの意図を反映した実行できるプランを生成しそれを代案としてユーザに提示すること(代案の提示)が挙げられる。本論文では、これらの三つの機能を備えたNLIを提案する。

Natural Language Interface handling Ambiguous Input

Shoji Torii

Oki Electric Industry Co., Ltd. Kansai Laboratory

In order to make computer human-friendly, Natural Language Interface (NLI) should have functions of (1) understanding anaphora and ellipsis referring to context and (2) inferencing user's plan and generating cooperative response. Generally, in the dialogue between mans, when one finds that the other's plan is unexecutable, one suggests alternative plan. In the dialogue between man and computer, it is desirable for computer to have the ability to suggest alternative plan. Accordingly, NLI should have a function of (3) generating and suggesting alternative plan that is similar to user's plan and is executable, when NLI finds that user's plan is unexecutable. This paper describes NLI that has these three functions.

1 はじめに

計算機システムの使用方法をあまり知らないユーザでも計算機システムを容易に使用できるようにするために、自然言語インタフェース (NLI) の研究が活発に行なわれている [1][2]。NLI の基本的な機能は、ユーザが入力した自然言語をアプリケーションソフトウェア (AP) のコマンドに変換することである。しかし、システムをよりユーザフレンドリーにするためには、ユーザが計算機言語のように硬く明瞭な表現の自然言語しか入力できないのではなく、人と話す時に通常使う軟らかく曖昧な表現の自然言語も入力できかつ、計算機システムが人のように振舞って適切に応答する必要がある。そのために NLI が備えるべき機能を、我々は文脈理解と意図理解と代案の提示とした。

本稿では、これら3つの機能をもつ NLI について述べる。以下、2章では NLI が備えるべき機能と情報検索の対話についての基本的な考察を述べる。3章では2章の考察をもとに各機能を実現する方法を述べる。4章では本 NLI の構成と試作システムについて述べる。最後に5章で本報告についてまとめる。

2 基本的な考察

2.1 NLI が備えるべき機能

人が人と行なう対話では、人は文脈を活用して効率的に情報を伝達し、軟らかく曖昧な表現である指示表現と省略表現を多用する。また、質問応答の場面で、コンサルタントは依頼者の軟らかく曖昧な発話からその意図を理解して、その意図を達成するための協調的な回答をする。更に、コンサルタントは依頼者の意図が達成できないと判断した場合には、代案として依頼者の意図になるべく沿いかつ達成できる目的を提案する。

そこで、我々はユーザが人と話す時に通常使う軟らかく曖昧な表現の自然言語を入力できてシステムが人のように振舞って適切に応答するために、NLI が備えるべき機能を、

文脈理解 文脈を用いてユーザ発話中の指示表現が指示する対象の特定と省略の補完をすること

意図理解 ユーザ発話からその意図を推論し、その意図を達成するための協調的な応答を生成すること

代案の提示 ユーザの意図が達成できないと判断した場合に、代案としてその意図になるべく沿いかつ達成できる目的を提示すること

とした。

NLI がこれら3つの機能をもつ場合に行なえる対話の例を、システムが会議室の予約などのために使われる会議室予約システムでありユーザがその利用者であるとして図1に示す。この例において各機能がどのように使われているかを説明する。まず、発話1で意図理解によりユーザの意図は会議室を予約をすることであるとわかる。予約するためには、ユーザが予約できる会議室を知らなければならない。しかし、予約を限定する条件を定めないとシステムが空いている会議室を示すなら、その情報は膨大である。従って、発話2により予約日を聞き条件を定めようとする。発話3により条件は予約日が今日であることと定まる。更に発話4により条件に時間が午後であることが追加される。この条件の変化を理解することは、単一の発話のみからはできず、文脈を参照しての文脈理解により行なう。発話5でシステムはその条件では空いている会議室はないと答えている。ユーザが定めた条件では予約できない、つまりユーザの意図は達成できない。従って、代案の提示により発話6でユーザの意図である「今日の午後に会議室を予約すること」になるべく沿いかつ可能である「今日の10時から12時まで第一会議室か第二会議室を予約すること」を代案として提示している。発話7でユーザは「今日の10時から11時まで第一会議室を予約すること」を依頼している。ここで、発話中の指示表現「第一会議室のほう」が指示する対象は、代案の「今日の10時から12時まで第一会議室を予約すること」であり、この代案をユーザは「12時まで」を「11時まで」に変更して受け入れている。また、代用的表現「お願いします」とは「予約して下さい」の意味である。文脈理解により、指示表現が指示する対象の特定とその後の条件の変化と代用的表現の意味の特定をする。発話8でシステムはその依頼を承諾している。

2.2 情報検索の対話の特徴

我々は AP の分野をシステムを使って広く行なわれている情報検索とし、各機能を実現するアルゴリズムを考案するのに、この分野で行なわれる対話の特徴を活用した。その特徴を知るために、我々は情報検索の一種である会議室予約に関する図1のような会議室予約の管理者とその利用者が行なう対話例を収集した。それらの対話例から、以下に述べる特徴を抽出した。

ユーザは満足する検索結果を得るまで、検索対象の絞り込みを繰り返す。その絞り込みの繰り返しにおいて、ユーザは検索対象を限定する検索条件を変化させる。検索条件の変化には次の規則性がある。

- 検索条件からその構成要素である属性が除かれる時には、その属性が現れた発話より後でなされた発話により検索条件に加えられた属性も、同時に検索条件から除かれる。
(性質1)

また、ユーザが望む結果を得る、つまり対話のゴールに到達するまでに中間的に到達する必要があるサブゴールには次の性質がある。

- 全てのサブゴールは、“ある命題がある検索条件で限定されるある検索対象について成立していること”を表すと解釈できる。
(性質2)
- 情報検索をするには、検索条件を指定する必要があるので、検索条件の構成要素である属性の属性値が指定されているというサブゴールが多い。(性質3)

3 各機能を実現する方法

3.1 文脈理解

システムが文脈理解した結果は、同じ自然言語表現を人が理解した結果となるべく同じである方がよい。それらの差異が大きいほど対話は円滑には行えなくなる。従って、我々はまず収集した対話例に現れた個々の発話中の指示表現が指示する対象と個々の発話中で何が省略されているかを調べ、その個々の表現を分類した。その結果を表

1に示す。次に、文脈の表現方法を定め各指示表現と省略表現を理解するためのアルゴリズムを作成した。文脈は各発話を

[発話の順番, 話者, 話題, 発話行為]

とすることで表した。ここで、話者がシステムである発話も文脈中に表現する理由は、代案の提示によりシステムが話題をユーザの意図になるべく沿いかつ目的が達成できるように変化させるからである。ここで、発話行為とはプラン推論法 [3] における発話行為 (speech act) である。話題とは検索条件であり、発話行為が検索対象を意味的に含む。

文脈理解のアルゴリズムへの入力は、文脈を参照せずに入力されたばかりの発話のみから、(1) 話題を中間的に求め、(2) 発話行為が省略されていないならその発話行為を求め、(3) 現れた指示表現と省略表現の種別を求めた結果である、

[中間的な話題,
発話行為,
発話に現れる指示表現・省略表現の種別]

であり(発話の表現 A)、(1) 出力は話題が最終的に求まり、(2) 発話行為が省略されているならその発話行為が求まるので、

[話題, 発話行為]

である(発話の表現 B)。表1の上から下の順に発話に現れた各表現を理解するアルゴリズムを適用する。ここで、文脈から判定しないと話題が部分的に省略されていて属性を追加あるいは削除か置換するかどうかかわからない。従って、話題の部分的な省略表現のアルゴリズムは全てのユーザ発話に適用する。ところで、発話行為には話題も含まれるが、本研究では発話行為が何であるかに依らずに話題を定めるので発話行為中の話題を変数としておき、文脈理解の後でその変数に話題を代入して発話行為をえるようにした。

ここで、話題の表現と個々のアルゴリズムの作成に必要な関係性を二種類定義しておく。それらの関係性は、(1) 属性間関係だけでなく、(2) この関係で属性間を結合した表現間関係も表す。ここで、属性とそれらの関係で属性間を結合した表現の総称を属性式とする。関係の一つは、

性質 1 に関する検索条件からの属性式の除かれにくさを表現する関係（優先順位関係）である。

- 発話 A と発話 B に属性式 a と属性式 b が含まれ、発話 A のほうが発話 B よりも先に行なわれたなら、属性式 a のほうが属性式 b よりも優先順位が高い。
- ある発話に複数の属性式が含まれるなら、それらの属性式の優先順位は等しい。

この関係は、検索条件を構成する属性のうちどの属性ほど重視するかというユーザの意図を表すと解釈できる。もう一つは、データベース中のデータを表現する個々の属性の意味から定まる関係である（意味的關係）。

- ある二つの属性式の論理積である検索条件を満足するデータが存在しえない時、それらの属性式は排他的である。例えば、属性 [会議室, 第一会議室] と属性 [会議室, 第二会議室]。
- ある二つの属性式の論理積である検索条件を満足するデータが存在しえる時、それらの属性式は中立的である。例えば、属性 [会議室, 第一会議室] と属性 [日, 今日]。
- 一方の属性式のみからなる検索条件を満足するデータが、もう一方の属性式のみからなる検索条件を満足するデータを意味的に含む時、それらの属性は包含的である。例えば、属性 [日, 今週] と属性 [日, 今日]。

収集した対話例の各発話の話題を表現するために必要なデータ形式は、X と Y を属性式とすると、(1) X が Y よりも優先順位関係が高いなら [hi, X, Y] (2) 等しいなら [X, Y]、(3) X と Y の意味的關係が排他的なら [ex, X, Y]、(4) 中立的なら [X, Y] である。これら二種類の関係を論理的関係に変換して話題を論理式に変換するには、[hi, X, Y] と [X, Y] を (X and Y)、[ex, X, Y] を (X or Y) とする。図 1 の対話例の文脈を図 2 に示す。システム発話の発話行為はユーザ発話の指示表現の特定と省略の補完に用いられないので文脈として記憶しない。

アルゴリズムを図 1 の発話 7 をどのように文脈理解するかを示すことにより簡単に説明する。まず、入力は

```
[[終了時間, 1 1],
 発話行為は省略されている,
  [話題の指示表現 (第一会議室), 代用的表現]]
```

である。従って、話題の指示表現と話題の部分的な省略表現と代用的表現のアルゴリズムを適用する必要がある。これらのアルゴリズムをそれぞれ図 3, 図 4, 図 5 に示す。発話行為の省略表現のアルゴリズムと代用的表現のアルゴリズムは同じである。話題の指示表現のアルゴリズムを適用すると、「第一会議室のほう」が指示する対象は

```
[hi, [日, 今日], [[開始時間, 1 0],
 [終了時間, 1 2], [会議室, 第一会議室]]]
```

である。次に、話題の部分的な省略表現を適用する。属性 [終了時間, 1 1] と属性 [終了時間, 1 2] は排反的な関係にあるので、話題は

```
[hi, [日, 今日], [[開始時間, 1 0],
 [終了時間, 1 1], [会議室, 第一会議室]]]
```

となる。代用的表現のアルゴリズムを適用して、発話行為は

話題の伝達

となる。従って出力は

```
[[hi, [日, 今日], [[開始時間, 1 0],
 [終了時間, 1 1], [会議室, 第一会議室]]]
 話題の伝達]
```

となる。

3.2 意図理解

ユーザの発話からユーザのプランを推論し、そのゴールを達成する協調的な応答を生成する方法にプラン推論法 [3] がある。プラン推論法を用いた対話管理ではプランスタック [4] を用いる。我々は、情報検索の対話の性質 2 と 3 を、プランスタックの使用方法に活用した。

性質 2 から、検索条件により定まるデータの集合が絞り込まれる場合は、プランスタック中のサ

ブゴール・インスタンスは変数への属性値の代入により詳細化される。この場合、現在の検索対象が直前の検索対象の部分集合であるので、直前の検索対象が代入されたサブゴール・インスタンスが真なら、現在の検索対象が代入されたサブゴール・インスタンスも真である。逆に、データの集合が広められる場合は、直前の検索対象が代入されたサブゴール・インスタンスが真であっても、現在の検索対象が代入されたサブゴール・インスタンスは真であるかどうかわからない。従って、性質2を活用して、NLI がユーザの情報検索を支援するために次のようにした。

- 現在の検索対象が直前の検索対象の部分集合であるなら、プランスタック中のサブゴール・インスタンスの変数に新たに追加された属性値を代入してそのプランスタックの使用を継続する。逆に、現在の検索対象が直前の検索対象の部分集合でないなら、そのプランスタックの使用を中止して、プラン推論を再び行ないプランスタックを再構築する。

また、性質3を活用して、多様なユーザ発話の入力を許しNLIを頑健にするために次のようにした。

- 一つのユーザ発話がプランスタック中の複数のサブゴールを真とするなら、それらを pop する。

例えば、プランスタックに top に近い順に、

- (SG1) 予約日の属性値が指定されている
- (SG2) 使用開始時間の属性値が指定されている
- (SG3) 使用終了時間の属性値が指定されている

があり、システムが SG1 を真にしようとして、

(system) 本日の予約ですか？

という発話をしたとする。そして、次のユーザの発話が、

(user) 明日の1時からです。

であれば、SG1 と SG2 が真になり、それらはプランスタックから pop される。

3.3 代案の提示

計算機が代案を提示するためには、ユーザのプランが実行できないと判明したなら、ユーザの意図を反映した実行できるプランを生成し、それを代案としてユーザに提示すればよい。ところで、ユーザは話題において優先順位が高い属性ほど重視する。従って、対話の制御方式にプラン推論法を適用すると、代案を提示するためには、(1) 変数の単一化前のプランがユーザのプランと同じであり、(2) ユーザの属性値の指定に対する意図を反映するように優先順位が低い属性の属性値をその属性値と類似した属性値に変更した話題を変数にバインドしかつ、(3) 前提条件が成立するプランを生成して、提示すればよい。発話による提示は、話題をどのように変更すればユーザのプランが実行できるようになるかを告げることにより行なう。ここで、対話の主導権は話題を変化させる側の話者にあるとすると、対話の主導権はシステムが代案を提示する時だけシステムにあり、それ以外の時はユーザにあると解釈できる。

4 NLI の構成方法

4.1 システム構成

本 NLI のシステム構成を図6に示す。ユーザの発話は、まず自然言語解析部へ入力される。自然言語解析部では、発話を形態素・構文・意味解析しその発話の表現 A を出力する。文脈理解部は、その発話の表現を受け取り文脈理解を行ない、発話の表現 B を出力する。対話管理部は、発話の表現 B を受け取りプラン推論法による対話管理を行ない AP を呼び出して、計算機の発話を生成する。ユーザのプランが実行できない場合は、代案を生成しユーザに発話により提示する。

4.2 試作

本 NLI を会議室予約システムの MMI とするシステムを試作した。自然言語解析部には、日本語形態素解析システム JUMAN と構文解析システム SAX を用い、構文・意味解析規則は DCG で記述した。文脈理解部と対話管理部は Prolog でプログラムを作成した。それぞれ 2kstep,

1kstep である。AP には試作システム用に用意した会議室予約システムを用いた。本試作システムの動作の例を図 7 に示す。

5 おわりに

文脈理解・意図理解・代案の提示の機能を備えた自然言語インターフェースの方式を検討・試作した。今後は本方式を評価・改良する予定である。

謝辞

JUMAN と SAX を提供していただいた京都大学の長尾真先生、奈良先端科学技術大学院大学の松本裕治先生および開発グループの方々に深く感謝する。

- (1 : ユ) 会議室を予約したい。
 (2 : シ) 本日の予約ですね？
 (3 : ユ) はい。
 (4 : ユ) なるべく午後が良いのですが。
 (5 : シ) あいにく、どの会議室も空いていません。
 (6 : シ) 10時から12時までは第一会議室と第二会議室が空いています。
 (7 : ユ) 第一会議室のほうを11時までお願いします。
 (8 : シ) わかりました。

図 1: 文脈理解, 意図理解, 代案の提示が可能な時の対話

- [1, ユーザ, , ユーザはシステムに会議室を予約して欲しい]
 [2, システム, [日, 今日],]
 [3, ユーザ, [日, 今日], 肯定]
 [4, ユーザ, [hi, [日, 今日], [[開始時間, 午後], [終了時間, 午後]]], 話題の伝達]
 [5, システム, [hi, [日, 今日], [[開始時間, 午後], [終了時間, 午後]]],]
 [6, システム, [hi, [日, 今日], [[開始時間, 10], [終了時間, 12],
 [ex, [会議室, 第一会議室], [会議室, 第二会議室]]]],]
 [7, ユーザ, [hi, [日, 今日], [[開始時間, 10], [会議室, 第一会議室],
 [終了時間, 11]], 話題の伝達]
 [8, システム, [hi, [日, 今日], [[開始時間, 10], [会議室, 第一会議室], [終了時間, 11]],]

図 2: 図 1 の対話の文脈

参考文献

- [1] 谷幹也他 “自然言語インタフェース構築キット：IF-Kit”, 信学会 NLC 研資 91-62(1991)
 [2] 難波康晴他 “次世代自然語インタフェース技術 - 汎用意味解析処理 -” 日本ソフトウェア科学会ソフトウェア研究会 (関西) SW-92-11-3 (1992)
 [3] James Allen : “Recognizing intentions from natural language utterances”, Computational Models of Discourse, The MIT Press, pp107-166, (1983)
 [4] 飯田仁他 “4 階層プラン認識モデルを使った対話の理解”, 情処学論, 31(1990)

表 1: 指示表現と省略表現の分類

| 分類 | 個々の表現 |
|-------------|--------------------------------------|
| 単数の属性値の指示表現 | 「その（属性名）は」 |
| 複数の属性値の指示表現 | 「それらの（属性名）は」 |
| 他の属性値の指示表現 | 「他の（属性名）は」「その（属性名）以外は」「それらの（属性名）以外は」 |
| 単数の話題の指示表現 | 「それは」「その（実体名）は」 |
| 複数の話題の指示表現 | 「それらは」「それらの（実体名）は」 |
| 話題の指示表現 | 「（属性値）のは」「（属性値）のほうは」 |
| 他の話題の指示表現 | 「もう一方は」「他のは」「それ以外のは」「それら以外のは」 |
| 話題の完全な省略表現 | |
| 話題の部分的な省略表現 | |
| 発話行為の省略表現 | |
| 代用的表現 | 「～をお願いします。」「～はどうですか？」 |

- step1 話題の指示表現中の属性値からその属性 A1 を求める。
- step2 A1 を話題に含み、かつ発話の順番が最も近い発話の話題 T1 を求める。
- step3 T1 のコピーを T2 とする。
- step4 T2 に A1 と排反的な関係にある属性 A2 が含まれているなら、T2 から A2 を除く。
- step5 話題の指示表現が指示する対象を T2 とする。

図 3: 話題の指示表現のアルゴリズム

- step1 入力されたばかりの発話に単数／複数の話題の指示表現か話題の指示表現があれば、それらが指示する話題を T3 とする。
そうでなければ、直前の発話の話題のコピーを T3 とする。
- step2 T3 に、入力されたばかりの発話のみから中間的に求まる話題 T4 の属性と排反的な属性 A3 があるなら、T3 において A3 の中で最も優先順位が高い属性 A3' と T4 を置換し A3' よりも優先順位が低い属性があるならそれを除く。
- step3 T3 に T4 の属性が包含する属性 A4 があるなら、（... 以下略）
- step4 T3 に T4 の属性を包含する属性 A5 があるなら、（... 以下略）
- step5 T3 に A3 も A4 も A5 もないなら、（... 以下略）
- step6 T3 に同じ属性が複数あるなら、そのうち優先順位が最も高い属性以外を除く。
- step7 話題を T3 とする。

図 4: 話題の部分的な省略表現のアルゴリズム

step1 T3 に T4 の属性と排反的な属性 A3 がないなら、話者がユーザであり発話の順番が最も近い発話の発話行為のコピーを発話行為とする。
 そうでなければ、発話の順番が最も近く話者がユーザであり話題に A3 を含まない発話の発話行為のコピーを発話行為とする。

図 5: 発話行為の省略表現と代表的表現のアルゴリズム

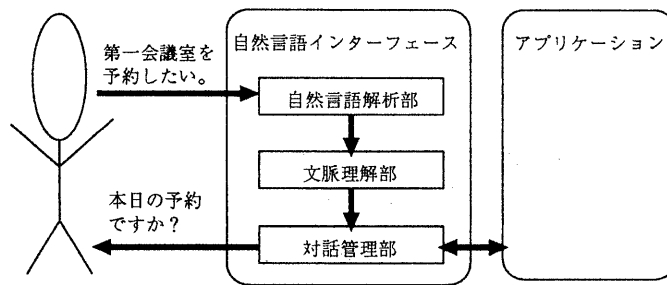


図 6: システム構成

- (1 : ヌ) 今日、第一会議室は空いていますか？
- (2 : シ) 予約があります。 本日は、第二会議室は予約はありません。
- (3 : ヌ) 第一会議室が空いている日を知りたい。
- (4 : シ) あさってです。
- (5 : ヌ) 第三会議室は？
- (6 : シ) 明日です。
- (7 : ヌ) 第二会議室のほうを予約して下さい。
- (8 : シ) 何時から何時までですか？
- (9 : ヌ) 1時から3時までです。
- (10 : シ) お名前は？
- (11 : ヌ) 山田です。
- (12 : シ) 本日は、第二会議室は13時から15時まで山田さんの予約しました。

図 7: 試作システム動作例