

4 階層プラン認識モデルを使った対話の理解†

飯田 仁^{††} 有田 英一^{††*}

日本語の話し言葉による対話では、述語の代用的表現、格要素の省略、縮小表現等を使った断片的な発話が多く現れる。このような特徴を持つ対話の理解および翻訳を行うには、各発話を対話の進展の流れに沿って解釈することが必要である。本論文では対話を理解するための一つの機構として、4階層のプラン認識モデルを使った目標指向型対話の理解の手法を提案する。4階層のプランとは(1)ある情報の交換が話し手と聞き手の間の順序付けられた発話で表現できるという知識であるインタラクションプラン、(2)対話を介した情報伝達のための行為が一連の情報伝達行為で実現できるという知識であるコミュニケーションプラン、(3)ある行為が順序付けられた行為の達成で実現できるという知識であるドメインプラン、(4)対話が対話展開のための言語運用行為で実現できるという知識であるダイアログプランである。これらのプランを利用すると対話の進展に伴う各発話と話題領域の知識との関係付けを漸次進めていくことが可能となり、対話全体に渡る構造をつくることができる。対話の構造の中で断片的な発話の解釈をすることにより代用的表現、格要素の省略を復元できる。

1. はじめに

日本語の話し言葉による対話は書き言葉と比べて、旧情報や述語の一部などが省略されたり、述語などに対して代用的な表現が使われるなど断片的な発話が多く現れる。また、様々な言語表現による発話行為がそれらに付加される。このような特徴を持つ対話の理解および翻訳を目指すとき、各断片的な発話を対話の進展の流れに沿って解釈することが必要である。断片的な発話の解釈は、対話者が共有している話題領域の知識や対話実現のための言語運用の知識などを援用することによって可能となる。それにより省略の補完が可能となる。

このような問題に対していくつかの研究がなされている。Allenら^{1),2)}はプランの枠組みで発話を解析し協調的な応答をするモデルを示した。このモデルにより質問されたことよりも多くの情報を与える応答や、断片的な発話や間接的な発話に協調的に答える応答が可能となる。Litmanら³⁾は、話題領域に依存した行為の依存関係に基づく階層性から構成されるドメインプランを設定し、これと各発話との関係を示すディスコースプランを導入した。ディスコースプランには、ある行為を依頼する発話行為によって一つのプランが対話に導入されるというプランや、ある値を伝える発話行為によってあるプランの行為の変数が同定される

というプランがある。また談話の構造を、談話の各セグメントが持つ目的に着目して構成するモデルとしてGroszら⁴⁾の研究がある。

本論文では、対話を理解するための一つの機構を提案する。この理解モデルは目標指向型対話を対象としている。対話のコーパスは「国際会議の参加申込みに関する問合せ」として計算機端末間で収集した対話である。本モデルでは、対話のやり取りや情報伝達の実行に関する知識を表すインタラクションプラン、およびコミュニケーションプランを導入して、各発話から前記の意味でのドメインプランへの対応付けを明らかにする。前記のディスコースプランに対しては対話全体の展開に関する知識を表すダイアログプランを導入する。そして、話題領域の知識などである言語外知識の適用手法を示す。それにより、発話から、対話における言語運用の過程を介して、その発話の目的にいたるプラン認識の過程を示すことができる。そして、対話進展に伴う各発話の関係付けを漸次進めていくことが可能となり、対話全体に渡る構成をつくることができる。同時に、各発話中で省略されている格要素が補完できる。

以下では、第2章で断片的な発話の理解の問題について述べる。第3章で階層型プラン認識モデルについて述べる。第4章で実験システムの概要と実験結果について述べる。第5章で今後の課題について述べる。

2. 断片的な発話

対話を理解するためには、様々な省略用法、代用的な表現法、言い換え表現法、および冗長な表現や婉曲的な表現、さらに音声言語に依存した意味の表現な

† Natural Language Dialogue Understanding on a Four-Typed Plan Recognition Model by HITOSHI IIDA and HIDEKAZU ARITA (ATR Interpreting Telephony Research Laboratories).

†† ATR 自動翻訳電話研究所

* 現在 三菱電機(株)

Mitsubishi Electric Corp.

ど、多くの問題を解決しなければならない⁹⁾。そのうちで、ここで対象とする問題は、述語に対する代用的な表現、格要素の省略などを使った断片的な発話の理解である。特に、文脈言語と呼ばれる日本語の対話を対象に取り上げる。それらの表現は、言語表現の背後にある知識が対話者間で既知となって、情報伝達行為を効率的に実現させることになる。その反面、計算機による理解が困難となる。ここで仮定する理解の程度は、限定された話題領域において、日本語から英語に翻訳したときに文脈に依存せずその内容が一意に定まることとする。次に、問題とする主な言語表現の例を示す。

例1と例2の「お願いします」は、対話における依頼表現の典型であり、直前の発話内に現れる直接的、あるいは間接的に表示される述語部分を代用的な表現として繰り返すものである。したがって、そこに現れる文脈によってこの表現の解釈が異なる。解釈が一意に定まる文を括弧内に記述する。

[例1] (代用的表現)

「銀行振込でお願いします」
(「銀行振込で(料金を)支払って下さい」)

[例2] (代用的表現)

「送り先をお願いします」
(「送り先を教えてください」)

例3と例4も対話において頻繁に現れる言語的な特徴である。それまでの文脈を受けて、話し手と聞き手との共通の了解事項が発話されないで、省略される例である。例3では、焦点となっている談話内の対象が省略されていて、その部分を括弧で示した。例4も同様である。

[例3] (格要素の省略)

「() 12月25日です」
(「締切は12月25日です」)

[例4] (格要素の省略)

「締切が迫っていますので、()お急ぎ下さい」
(「締切が迫っていますので、申し込みをお急ぎ下さい」)

談話に登場する対象への言及の仕方が一定ではなく、既知のものに対して縮小表現を使うことが多い。例5と例6は、一発話内だけではその指示対象が一意に決定しない例である⁹⁾。

[例5] (縮小表現)

「用紙を送って下さい」
(「原稿用紙を送って下さい」)

[例6] (縮小表現)

「用紙をお送りします」
(「振込用紙をお送りします」)

3. 階層型プラン認識モデル

3.1 概要

対話においては、ある意図の伝達や情報の交換を実現する発話のやり取りの仕方は一つとは限らない。たとえば、事務局が質問者に登録用紙を送るという行為を遂行しようとする意図を伝達する場合には、例7における(7-1)の行為拘束型^{7),8)}の発話があるが、例8における行為指導型^{7),8)}の発話(8-1)に対する応答の発話もある。

(例7) 事務局:「登録用紙をお送りします」(7-1)

質問者:「お願いします」(7-2)

(例8) 質問者:「登録用紙を送って下さい」(8-1)

事務局:「はい、わかりました」(8-2)

これらの対話を計算機が解釈するために、発話のやり取りの状況を逐一記憶していたのでは、状況の組合せの量が膨大になる。

そこで本モデルでは、目標指向型対話における各発話に対し、話題領域の知識と対話のやり取りに関する社会常識的な約束事との関係付けを行いながら、発話の解釈を進め、その柔軟な処理を実現する。そのために、(1)対話のやり取りに関する約束事を情報伝達行為の出現順序関係で表したインタラクションプラン、(2)対話を介した情報交換のための行為を一連の情報伝達行為で表したコミュニケーションプラン、(3)話題領域内の行為を達成するための計画として、下位の支配関係にある行為やその出現順序関係、および行為生起のための条件などを表したドメインプラン、(4)対話全体の構成の組立てに関するダイアログプラン、以上4種のプランを導入する。これらのプランは、協調的な応答実行のための知識、協調的な対話実現のための知識、話題領域固有の知識、大局的に対話を展開するための知識である。Levinson⁹⁾は、'opening-section'、'themes'、'closing-section' という3種の構成素から対話が構成されるとしている。それらの構成素間の関係を、ダイアログプランで記述する。'themes'では、対話目的の話題について対話が進められる。その話題領域内の行為を達成するための計画を、ドメインプランで記述する。さらに、ある話題領域の行為に対応して、どのような対話により実現すべきかのプランを、コミュニケーションプランで記述する。また、

個々の発話は 'turn-taking' の対を構成することが指摘されている⁹⁾。この発話の対は、インタラクションプランで支配される発話間の関係で記述する。このように見れば、4種のプランの間には、階層関係が現れる。

この階層性を利用すれば、発話とその発話の持つ目的をより明らかに示すことができる。つまり、その発話を行うに至った言語運用的過程と、対話を介して実現させようとしている行動の関係とが明らかになる。したがって、この対話モデルは二人の対話参加者が行う対話を観察して、そこでなされる発話の解釈を行うことを目的とする。それに対して、Wilensky¹⁰⁾ はプランナのゴールに関する常識を導入して、メタプランを定義し、人間-計算機間の情報交換における計算機側の行動計画を考察した。このメタプランは各状況ごとの方策の記述であり、各発話と対話全体との関係付けを行うプランの用意は十分でない。

本モデルでは、プランをプランスキーマによって記述する。発話の理解は、発話の意味記述から出発して、そのような行為が下位の行為となるプランスキーマを求め、さらにプランスキーマ間の連鎖を求めることで、連鎖が終了する時点のプランスキーマを求め、そこに記述された行為がその発話のゴールであると解釈する。この推論の方法は、基本的には Allen^{11), 2)} が提示した方法である。

3.2 情報伝達行為と発話対

情報伝達、情報交換を主な目的とする目標指向型対話において、その処理の対象となる情報を、本モデルでは発話の命題内容と、聞き手の信念や意図に影響を与える行為である情報伝達行為とに限る。ただし、対話の開始や終了に関する発話にみられるように、対話を円滑に実行するための情報伝達行為もあるものとする。このような情報伝達行為は、質問・応答・確認などの形でまとまりのある発話の対を形成する。

3.2.1 情報伝達行為

情報伝達行為は、スキーマで記述する。スキーマは次のスロットと値から構成する。

- 前提条件 (Prerequisites): 情報伝達行為が行われる前に成立していなければならない条件。
- 効果 (Effects): 情報伝達行為の実行による効果。
- 制約条件 (Constraints): 情報伝達行為実行の制約条件。これらの条件が成立していなければ情報伝達行為は行われない。

たとえば命題 P (例:「登録用紙を送る」) に対し

て、「Pして下さい」という行為指導型の情報伝達行為は、その発話時点における話し手のプラン P の遂行が含まれていること (P を action として捉え、Allen¹¹⁾ と同様に 'WANT(speaker, action)' と記述する) が前提となる。また、その発話によって引き起こされるであろう聞き手に与える影響は、WANT (speaker, action) であることを聞き手が信じること 'BELIEVE(hearer, WANT(speaker, action))' である。このとき、行為 P の行為者が聞き手であることを条件とする。この情報伝達行為は聞き手に行為を依頼する行為である。

Cohen¹²⁾ は「聞き手の前にあるポンプの組立ての指示」というタスクの会話の分析で組立て行為の要求、対象物の同定の要求など八つの情報伝達行為を定めている。本論文では、「国際会議の参加申込に関する問合せ」という話題領域において、キーボードを使った計算機端末間の対話を収集し、そこから情報伝達行為を整理し、対象物、行為、対話の制御に関する点に着目して、情報伝達行為を分類した。対象とした対話は 26 対話、やり取りの回数は 616 回である。ただし、一発話は「はい」、「いいえ」などの応答、および運用接続などを含む。それぞれの分類項目は細分されて、表 1 に示すような情報伝達行為が設定できる。行為指導型の一つとして、'Request-Action' が、行為拘束型の一つとして、'Offer-Action' が対応する。それらをスキーマのヘッダとする情報伝達行為の記述例を図 1 に示す。

3.2.2 発話対

例 8 の発話対は、行為遂行の要求と、それに呼応した承諾を意味する応答から成る。それぞれの情報伝達行為は、'Request-Action' と 'Accept-Action' とになる。(8-1) の発話を行った質問者はその情報伝達行為の遂行により、3.2.1 項で示したこの行為の効果として、聞き手である事務局の心的状態として 'BELIEVE (hearer, WANT(speaker, action))' が生じ、事務局が協調的にそこで言及された行為 'action' を実行することを約束することを信じている。その信じていることに対して、事務局が協調的に応答するには、承諾か拒否かの情報伝達行為を持つ行為を実行しなければならない。承諾を表す発話が発せられる場合、その情報伝達行為を 'Accept-Action' とする。このとき、事務局の心的状態は 'BELIEVE(hearer, WANT(hearer, action))' であり、この行為の行為者は事務局であるという制約を満たす。さらに、確認の発話が質問者から

表 1 問い合わせ対話における情報伝達のための行為一覧 (部分)
Table 1 Communicative act types (part).

分類		情報伝達行為名	説明
対象物に関する情報伝達行為	対象物の属性に関する情報伝達行為	Ask-Value Confirm-Value Inform-Value Affirmative-Value	属性の値を尋ねる。 属性の値を確かめる。 属性の値を伝える。 属性の値を確認する。
	対象物の属性の存在に関する情報伝達行為	Ask-Exist-Value Affirmative-Exist-Value	対象物が属性を持つかどうか尋ねる。 属性を持つことを肯定する。
行為に関する情報伝達行為	行為の内容に関する情報伝達行為	Ask-Action Confirm-Action	行為を実行する手順を尋ねる。 行為を実行する手順を確かめる。
	行為の実行に関する情報伝達行為	Request-Action Offer-Action Ask-Acceptability1 Ask-Acceptability2 Accept-Action Reject-Action Confirm-Acceptance	行為の実行を依頼する。 行為の実行を申し出る。 話者が行為を実行できるかどうか尋ねる。 聞き手が行為を実行できるかどうか尋ねる。 行為の実行を受諾する。 行為の実行を拒否する。 実行の受諾を確かめる。
	行為の前提条件, 効果に関する情報伝達行為	Ask-Truth Inform-Truth Affirmative-Truth Negative-Truth	命題内容が真かどうか尋ねる。 命題内容を伝える。 命題内容を肯定する。 命題内容を否定する。
対話の制御に関する情報伝達行為	話題導入, 予告に関する情報伝達行為	Introduce-Object Notice-Value	対象物を対話に導入する。 これから値を伝えることを予告する。
	やり取りの起動に関する情報伝達行為	Require-Question Notice-Question	相手に質問を促す。 これから質問することを予告する。
	対話の開始, 終了に関する情報伝達行為	Greeting-Open Greeting-Close	対話を始める。 対話を終える。
	その他の情報伝達行為	Require-Question2	社交儀礼

HEADER:	Request-Action (speaker, hearer, action)
PREREQUISITES:	WANT (speaker, action)
EFFECTS:	BELIEVE (hearer, WANT (speaker, action))
CONSTRAINTS:	hearer = AGENT (action)
HEADER:	Offer-Action (speaker, hearer, action)
PREREQUISITES:	BELIEVE (speaker, WANT (hearer, action))
EFFECTS:	BELIEVE (hearer, BELIEVE (speaker, WANT (hearer, action)))
CONSTRAINTS:	speaker = AGENT (action)

図 1 情報伝達行為の定義の例

Fig. 1 Example of communicative act definitions.

なされれば, その情報伝達行為を 'Confirm-Acceptance' で記述する. このように一連の発話の対は各情報伝達行為の連鎖となり, 質問者のプランを主導とする質問者と事務局とに共通のプランとして捉えることができる. このことは, 協調的な対話を仮定することで保証される.

本モデルで設定している発話対の例を表 2 に示す.

発話対 (p1) は話者 1 が話者 2 にある値を尋ねる情報伝達行為 Ask-Value と話者 2 が話者 1 に値を伝える情報伝達行為 Inform-Value が対をなすことを表している. 「要求」と「応答」の発話から成る発話対は対話の中では隣接して出現することが多いが, 入れ子構造をなすことがある. 本モデルでは, 後で述べるインタラクションプランとプランスタックにより, 入れ子

表 2 情報伝達行為をもとにした発話対 (一部)
Table 2 Utterance pairs based on communicative acts (part).

	「要求」の情報伝達行為	「応答」の情報伝達行為
p1	Ask-Value (例)「AはWHですか」	Inform-Value (例)「Bです」
p2	Confirm-Value (例)「AはBですね」 「AはBですか」	Affirmative (例)「はい、そうです」 Negative (例)「いいえ、違います」
p3	Ask-Exist-Value (例)「～はありますか」 「～は要るのですか」	Affirmative-Exist-Value (例)「はい、あります」 「はい、要ります」 Negative-Exist-Value (例)「いいえ、ありません」 「いいえ、要りません」
p4	Request-Action (例)「～して下さい」	Accept-Action (例)「はい、わかりました」 Reject-Action (例)「申し訳ありませんが、～できません」
p5	Offer-Action (例)「～しましょうか」	Accept-Offer (例)「はい、お願いします」 Reject-Offer (例)「いいえ、結構です」

構造をなす発話対を処理することができる。

例7および例8では、行為拘束型の発話(7-1)とそれに対する承諾の発話(7-2)が対をなすことや、行為指導型の発話(8-1)とそれに対する承諾の発話(8-2)が対をなすことをインタラクションプランとして記述することができる。さらに、それらの発話対で、「事務局が質問者に登録用紙を送る」という話題領域の行為に言及することを実行するコミュニケーションプランを記述することができる。さらに、ドメインプラン上にその行為が記述されていれば、これらのプランを使うことにより、例7および例8の対話が同じ話題領域上の行為に言及している発話対であることがわかる。

3.3 発話の表現

発話の表現を次の形で記述することにする。

(情報伝達行為 話し手 聞き手 主題 命題内容)

助詞「は」で指示される格や、「～に関して」のように助詞「は」に相当する語句で指示される格を主題とする¹³⁾。それらの格がない場合は発話の先頭にある格から求める。命題内容は情報伝達行為以外の発話中の主述語とその格要素を中心にした関係を記述したものとす。

発話の表層表現と情報伝達行為は1対1には対応しない。本モデルでは先行文脈の制約から情報伝達行為を決定する。決定できない場合は複数の解釈の可能性がある情報伝達行為として残しておき、後続の発話から決定する。

「登録用紙を送って下さい」の発話の表現は次のようになる。

(Request-Action Speaker Hearer 登録用紙
(pred & cases(predicate 送る)(agent Hearer)
(recipient Speaker)(object 登録用紙)))

この例文の情報伝達行為は「～して下さい」という文末表現から、相手に行方を依頼する Request-Action である。主題は、助詞「は」やそれに相当する語句で指示される格がないので発話の先頭の「登録用紙」とする。命題内容の述語は「送る」であり、その動作主は聞き手 (Hearer), 受益者は話し手 (Speaker), 対象物は登録用紙である。

3.4 プラン

3.4.1 プランの記述

プランは行為、状態の間の関係を因果関係や時間順序関係などで関係づけた知識である。それによって行為および状態に関する探索空間を指定する。プランは表3に示す HEADER, PREREQUISITES, DECOMPOSITION, PREDICATE & CASES, EFFECTS, CONSTRAINTS などのスロットで記述する。

表 3 プラン記述のためのスロット
Table 3 Slots for plan representation.

スロット名	説明
HEADER	プランの名前。パラメータを介して他のプランと関係付ける。
PREREQUISITES	プランが適用される前に成立していなければならない条件。
DECOMPOSITION	プランのサブプランへの分解。プランは HEADER の記述レベルで PREDICATE&CASES で記述できるひとつの行為とみなせるが、さらにいくつかの行為の連鎖に分解できる場合がある。
PREDICATE & CASES	プランを表す述語とその格要素。命題内容の記述になっている。
EFFECTS	プランが成功した場合の効果。
CONSTRAINTS	プラン実行の制約条件。CONSTRAINTS の条件が成立していなければプランを適用しない。
BELONG-TO	プランの属するセット。

HEADER:	(Get-Value-Unit ?sp, ?hr, ?topic, (pred & cases (predicate DEARU)(object ?obj)(identifier ?id)))
DECOMPOSITION:	(Ask-Value ?sp, ?hr, ?topic, (pred & cases (predicate DEARU)(object ?obj)(identifier ?id))) (Inform-Value ?hr, ?sp, nil, (pred & cases (predicate DEARU)(object ?obj)(identifier ?id)))
EFFECTS:	(KNOW ?sp ?obj ?id)
HEADER:	(Request-Action-Unit ?sp, ?hr, ?topic, ?action)
DECOMPOSITION:	(Request-Action ?sp, ?hr, ?topic, ?action) (Accept-Action ?hr, ?sp, nil, (pred & cases (predicate ?pred)(object ?action)))
HEADER:	(Offer-Action-Unit ?sp, ?hr, ?topic, ?action)
DECOMPOSITION:	(Offer-Action ?sp, ?hr, ?topic, ?action) (Accept-Offer ?hr, ?sp, nil, (pred & cases (predicate ?pred)(object ?action)))

図 2 インタラクションプランの例
Fig. 2 Example of interaction plans.

3.4.2 インタラクションプラン

ある情報の交換が話し手と聞き手の間の順序づけられた発話で実現できるという知識である。

インタラクションプランの例を図 2 に示す。ある対象物の属性の値に関する対話のやり取りを表すプラン Get-Value-Unit は、対象物に属性の値を尋ねる情報伝達行為 (Ask-Value) と属性の値を伝える情報伝達行為 (Inform-Value) の連続した生起によって構成される。ここで、話し手と聞き手を表す変数 ?sp と ?hr を入れ換えることで質問と応答の話者が交代していることを表す。

3.4.3 コミュニケーションプラン

対話を介した情報伝達のための行為が一連の情報伝達行為で実現できるという知識である。

コミュニケーションプランの例を図 3 に示す。話題領域内の行為を実行するためのプランであるコミュニケーションプラン Execute-Domain-Plan は、Request-Action-Unit で表される発話対 (例 8)、または Offer-Action-Unit で表される発話対 (例 7) に分解できる。また行為 ?action の動作主 (AGENT) は ?sp であるという制約条件がある。

3.4.4 ダイアログプラン

対話が対話展開のための言語運用行為で実現できるという知識である。

ダイアログプランの例を図 4 に示す。対話を行うという行為は、相手を確認するなどして対話を開始すること (Open-Dialogue-Unit)、情報伝達、情報交換などを行うこと (Contents)、お礼の挨拶をするなどして対

HEADER:	(Execute-Domain-Plan ?action)
DECOMPOSITION 1:	(Request-Action-Unit ?hr, ?sp, ?topic, ?action)
DECOMPOSITION 2:	(Offer-Action-Unit ?sp, ?hr, ?topic, ?action)
CONSTRAINTS:	?sp=AGENT(?action)
HEADER:	(Introduce-Object-Plan ?action)
DECOMPOSITION 1:	(Get-Value-Unit ?sp, ?hr, ?topic, ?action)
DECOMPOSITION 2:	(Confirm-Value-Unit ?sp, ?hr, ?topic, ?action)

図 3 コミュニケーションプランの例
Fig. 3 Example of communication plans.

HEADER:	(Dialogue ?sp, ?hr)
DECOMPOSITION:	(Open-Dialogue-Unit ?sp, ?hr) (Contents ?sp, ?hr) (Close-Dialogue-Unit ?sp, ?hr)

図 4 ダイアログプランの例
Fig. 4 Example of dialogue plans.

話を終了すること (Close-Dialogue-Unit) から成る。

3.4.5 ドメインプラン

ある行為が、順序づけられた他の行為の達成で実現できるという知識である。

ドメインプランの例を図 5 に示す。会議に登録するというドメインプラン Make-Registration は登録用紙を手に入れて (Get-Form)、それに記入して (Fill-Out-Form)、それを返送する (Return-Form) というサブプランに分解できる。

3.5 プラン認識による対話理解の機構

本論文で提案するモデルは、協調的な目標指向型の対話を対象とし、かつ対話参加者の焦点がずれること¹⁴⁾のない対話を対象とする。

3.5.1 プラン認識

プランの認識はプランスキーマのインスタンスの連

HEADER:	(Make-Registration ?sp1, ?sp2, ?form)
DECOMPOSITION:	(Get-Form ?sp1, ?sp2, ?form) (Fill-Out-Form ?sp1, ?sp2, ?form) (Return-Form ?sp1, ?sp2, ?form)
PREDICATE & CASES:	(pred & cases (predicate MOUSHIKOMU) (agent ?sp1) (object ?conference))
HEADER:	(Get-Form ?sp1, ?sp2, ?form)
PREREQUISITES:	(KNOW ?sp2 name & address(?sp1) ?N & A)
DECOMPOSITION:	(Execute-Domain-Plan (pred & cases (predicate OKURU) (agent ?sp2) (recipient ?sp1) (object ?form)))
PREDICATE & CASES:	(pred & cases (predicate OKURU) (agent ?sp2) (recipient ?sp1) (object ?form))

図 5 ドメインプランの例

Fig. 5 Example of domain plans.

鎖を求めることにより行う。連鎖のチェーンは Litman らと同様に次のものを設定する。

- **decomposition チェイン**: プラン a の decomposition スロットの要素とプラン b の header が単一化可能である場合, a と b は decomposition チェインを介して連鎖する。このチェーンはあるプランを実行することがその上位のプランの実行の一部になっていることを表している。
- **prerequisite チェイン**: 状態 a とプラン b の prerequisite スロットの要素が単一化可能である場合, a と b は prerequisite チェインを介して連鎖する。このチェーンはプランの前提条件の状態が成立している場合, そのプランが実行可能となることを表している。
- **effect チェイン**: 状態 b がプラン a の effect スロットの要素と単一化可能である場合, a と b は effect チェインを介して連鎖する。このチェーンはプランを実行するとその効果の状態が成立することを表している。

発話のプラン認識における各プランスキーマの連鎖のチェーンは, 発話の表現から対話のやり取りに関する知識であるインタラクシオンプラン, 対話によって情報交換ができるという知識であるコミュニケーションプラン, 対話の話題領域の知識であるドメインプラン, 対話の話題展開に関する知識であるダイアログプランの順に繋がる。プラン認識の過程ではこの順序でプランを適用して, プランスキーマのインスタンスの連鎖を求める。

3.5.2 対話状況の管理

自然言語インタフェースにおいて加藤ら¹⁵⁾は, 話題のスタックと, それに対する継続, 進行, 分岐, 後退などの入力の意図から決まるスタック操作によって話

題管理を行っている。また Carberry¹⁶⁾ はディスコーススタックの導入を行っている。本論文では, 対話状況を対話参加者の共通理解事項とプランスタックで管理する。共通理解事項は対話参加者が対話を介して得た共通に理解している事実であり, インタラクシオンプランの effects の記述により更新される。プランスタックは対話の次の話題となる可能性があるプランスキーマのインスタンスをスタックとして保持する。

ある発話のプラン認識は, プランスタックのトップのプランスキーマのインスタンスをゴールとして, インスタンスの連鎖を求めることにより行う。連鎖が求まらない場合は, そのゴールをポップし, プランスタックの次のインスタンスをゴールとして同様のことを行う。

ゴールとして求められたプランスキーマのインスタンスを, プランスタックのトップにプッシュする。これにより, 最近話題になった内容から順に対話の話題を探索することができる。また, そのインスタンスの prerequisite スロットから予測されるプランを P_1, P_2, \dots, P_n , decomposition スロットから予測されるプランを D_1, D_2, \dots, D_m とすると, プランスタックへは $D_m, \dots, D_1, P_n, \dots, P_1$ の順にプッシュする。これは, プランをサブプランに展開する前に, そのプランの実行のための前提条件を満たす発話のやり取りを優先的に探索することに対応する。

プランスキーマのインスタンスの連鎖は, (1) 入力の上層表現に対応する発話の表現が複数ある場合, あるいは (2) 複数のプランに連鎖が可能な場合があるので, 一つとは限らない。このような場合には, その発話の時点で複数の理解状態があると考え, プランスタックもそれぞれの理解状態に対応して生成される。省略表現の理解などは, それぞれの理解状態でなされ

る。一方、ある発話についてプランスキーマのインスタンスの連鎖が得られない理解状態は削除する。

新しい話題を導入するプランの制御については、「ところで」、「話は違いますが」などのクルーフレーズを含む発話が現れるとき、話題導入を目的とするプランを優先的に起動するようにする。このクルーフレーズは、Litman らがプランの探索の制御に利用した談話の構造を示唆する表層の表現である。

3.5.3 プラン認識による対話の理解

プラン認識の結果得られるプランスキーマのインスタンスの連鎖において、各プランスキーマのインスタンスの変数は単一化により対応付けられる。

発話の命題内容の格要素の省略を含む発話は、その発話の表現においては省略部分は値の定まっていない変項として表されるが、プラン認識後は先行発話やプランスキーマから値が定まっている定項と対応付けることによりその値が定まる。これにより格要素の省略が補完できる。

「(名詞)+(格助詞)+お願いします。」で表現される代用的表現を含む発話は、述語が省略されている発話

として表現してプラン認識を行う。格要素の省略を含む発話の省略の補完と同様にして省略された述語を補完することにより、解釈することができる。

本モデルによる省略の補完は、文のパターンや語彙的類似性と history list の recency¹¹⁾ に依存したもので^{17),18)} ではなく、対話の構造を構築することにより談話全体の意味を捉え、各発話の談話内における位置付けを示すことによる発話の解釈から、省略の解析を行う。したがって、より複雑な構造を持つ対話の中の発話や代用的な表現を持つ発話について省略の補完ができる。さらに、ある話題に関する行動の流れを記述したドメインプランと、話題と対話運用の関係を記述したコミュニケーションプランにより、以前の対話に登場していない話題に関する省略の補完も可能である。

4. インプリメンテーション

4.1 実験システムの概要

第3章で述べたプラン認識のモデルの実験システムを Lisp マシン上に試作した。その概要を図6に

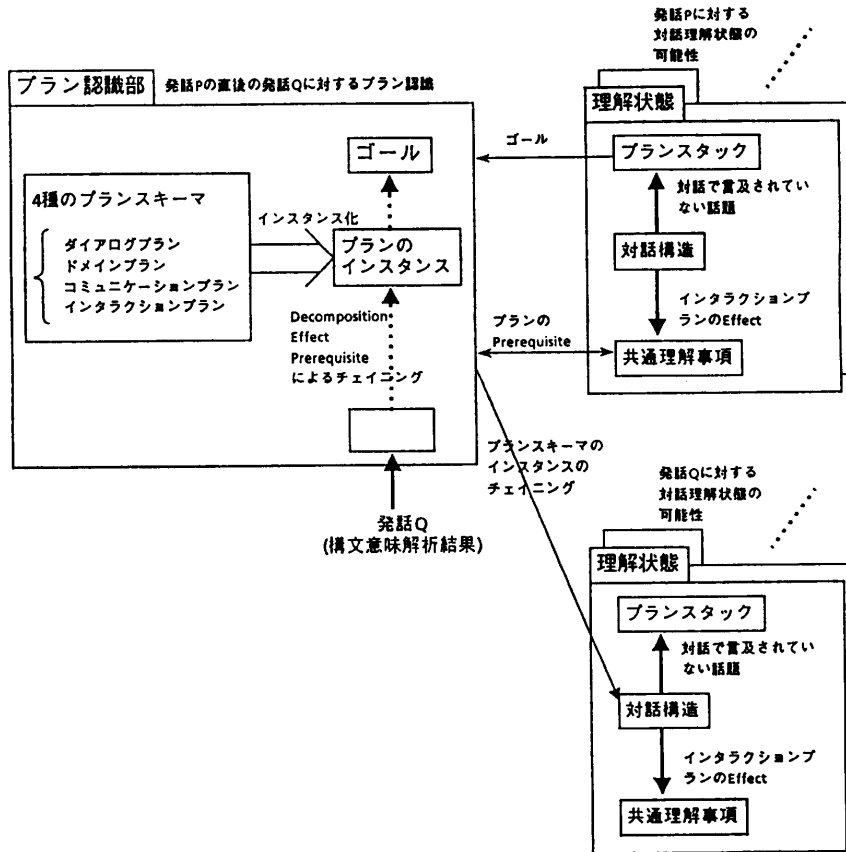
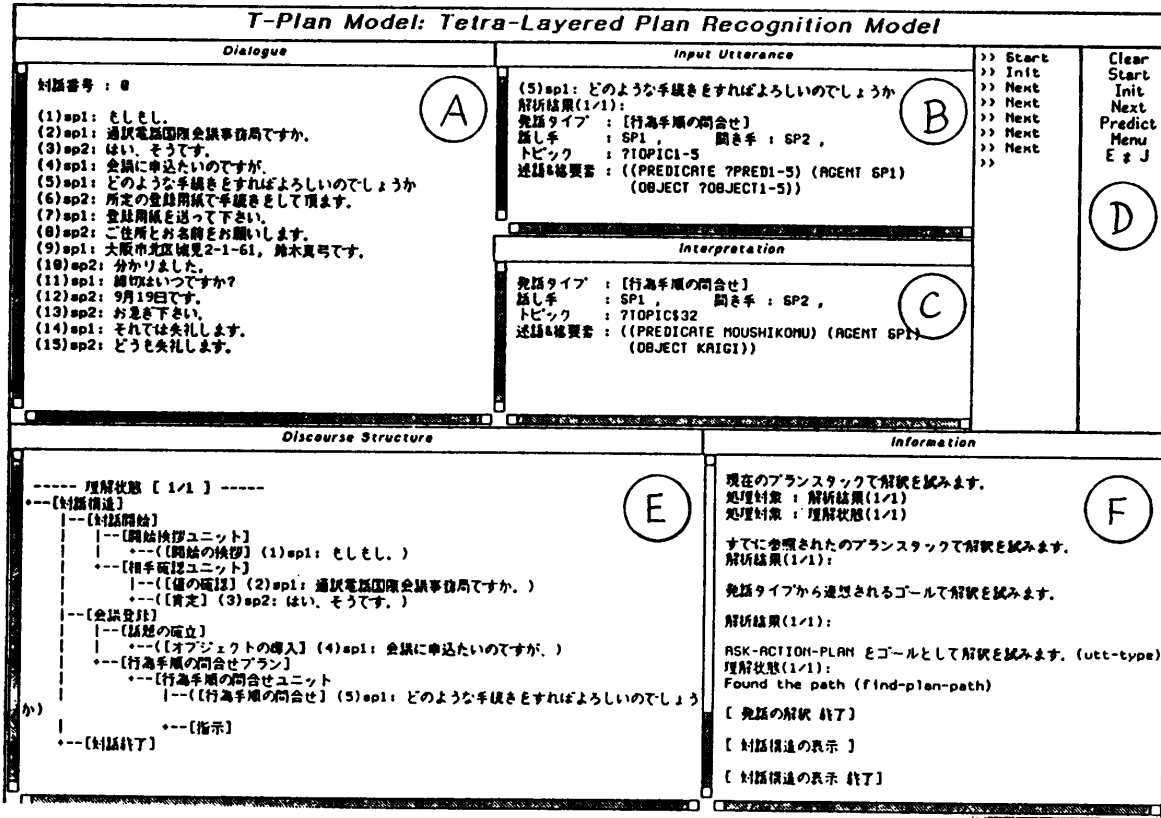


図6 実験システムの概要

Fig. 6 Diagram of the experimental system.



- Ⓐ 対話表示ウィンドウ: 処理の対象となる対話全体を表示する。
- Ⓑ 入力表示ウィンドウ: 処理する発話の内部表現を表示する。
- Ⓒ 解釈表示ウィンドウ: 発話の解釈結果を表示する。
入力では発話されなかった格要素が補完されている。
- Ⓓ コマンドメニュー: 実験システムへのコマンドのメニュー。
- Ⓔ 対話構造表示ウィンドウ: 対話の構造を表示する。
- Ⓕ 処理情報表示ウィンドウ: システムの処理の状況を表示する。

図 7 実験システムの動作例
Fig. 7 An example of the output of the experimental system.

示す。

本実験の入力となる発話の表現は、素性構造単一化に基づくアクティブチャートパーザ¹⁹⁾★の出力結果をもとに、発話行為推論機構²⁰⁾★★により情報伝達行為に対応する発話の意図を抽出したものを想定している。プラン認識部は解析部から渡される発話の表現を入力とし、共通理解事項を参照しながらプランスタックにあるプランをゴールとしてプランスキーマのインスタンスの連鎖を求める。連鎖を求める際には第3章で述べたプランの階層関係を利用して連鎖可能なプランの

探索空間を以下のように制限する。

インタラクションプラン ≪ コミュニケーションプラン ≪ ドメインプラン ≪ ダイアログプラン

ここで A ≪ B は、任意のプランのセット A は、その上位のセット B (B の上位のセットを含む) あるいは A 自身に属するプランスキーマを、探索の対象とすることを表す。これにより、余分なプランスキーマに対する探索を防ぎ、定義した階層関係に基づいた認識を行うことになり、発話のプラン認識過程を明確にすることになる。

実験に利用したプランスキーマの中でドメインプランは、対象対話の話題領域に依存する知識であるから、実験対象対話をもとに「会議登録」とその下位の行為である「登録用紙送付」、「登録用紙記入」、「登録用紙返送」ならびに「参加料支払」に対する5種のプ

★ この文解析機構では現在、約300の語彙項目を持つ。本実験対象対話の発話にはすべてこの解析機構により構文・意味解析が可能である。

★★ この発話行為推論機構に項書き換えのルールを与えることにより、解析結果の構文・意味情報から、発話意図を抽出することが可能である。

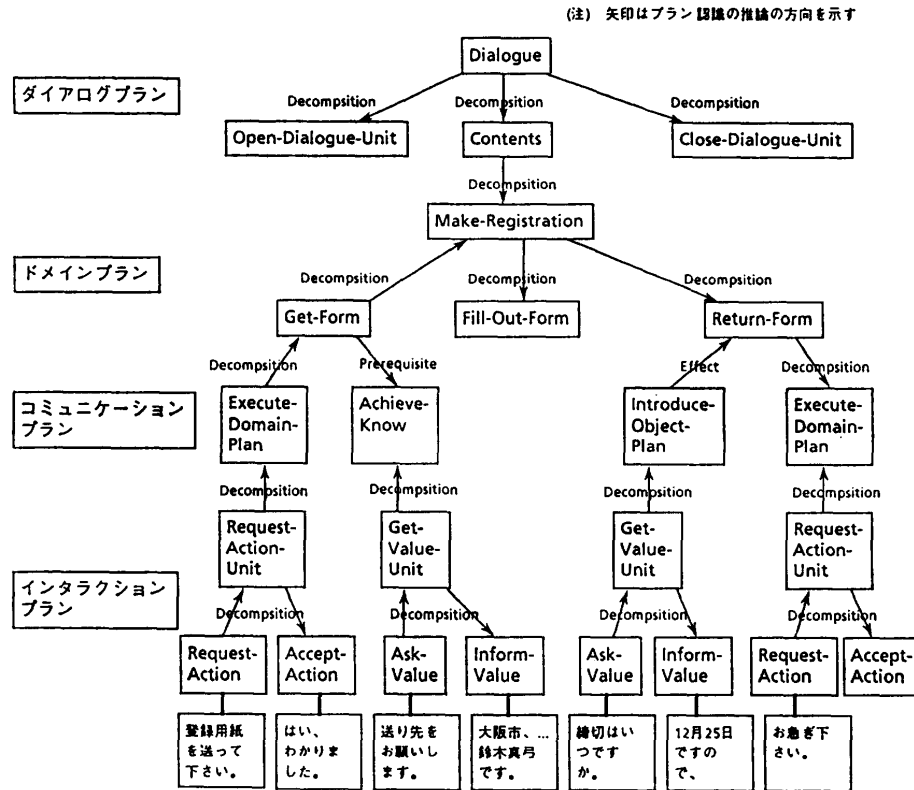


図 8 対話構造の例
Fig. 8 Example of the discourse structure.

ランを記述した。一方その他のプランは本実験対象の話題領域固有のものでなく、情報伝達行為・発話対の概念から協調的対話一般に関して観察できるものである。ゆえに、第3章2節・第3章4節の例に基づき、インタラクションプラン23種、コミュニケーションプラン17種、ダイアログプラン1種を設定している。

対話の理解状態は対話で言及される可能性のある話題を保持するプランスタック、プランスキーマの連鎖から構成される対話構造、対話参加者の共通理解事項で構成される。

プラン認識は対話のすべての発話が入力されてから行うのではなく、一発話ごとに逐次行う。したがって、入力された発話とその発話より以前に入力された発話に含まれる知識でプラン認識を行うと、プランスキーマのインスタンスの連鎖が複数見つかることがある。その場合はそのすべての可能な解釈を理解状態として保持する。次に入力された発話が、複数ある解釈候補中で任意の理解状態で解釈可能であればその理解状態を保持し、不可能であれば破棄する。

4.2 実験結果

実験は、対話コーパス*の一部である15ないし17発話から成る4対話について行った。それぞれの対話は「会議の申込み」という同じ話題であり、話の展開の仕方が異なる。これらの対話は協調的であり、話者のゴールが競合しない。また話題の主導権を両方の話者が取ることができる。

実験システムの出力例を図7に示す。出力結果として、入力発話の解釈結果（解釈表示ウィンドウ）およびプラン認識により得られる対話構造（対話構造表示ウィンドウ）などを表示する。

また、本モデルから得られる効果である省略の補完について次の実験対話例で説明する。

(例9)

:

:

質問者：登録用紙を送って下さい。
事務局：はい、わかりました。

* 対話コーパスの収集ならびに分析については、有田ほか：「メディアに依存する会話の様式—電話会話とキーボード会話の比較—」情報処理学会自然言語処理研究会 61-5 (1987) を参照。

送り先をお願いします。

質問者：大阪市東区〇〇〇，鈴木真弓です。

締切はいつですか。

事務局：12月25日ですので，

お急ぎ下さい。

：

この対話をプラン認識して得られる対話構造の実験結果を図8に示す。各発話はインタラクションプラン、コミュニケーションプランを介してドメインプランと関連づけることができた。図中で Fill-Out-Form の下に何も無いのは、Make-Registration のサブプランの一つ Fill-Out-Form に関する発話が対話中に現れなかったことを示している。

対話構造を構成するプランスキーマのインスタンスの変数の対応関係を利用して各発話は、次に括弧で示す部分を補完した発話として解釈できた。

：

質問者：登録用紙を送って下さい。

事務局：はい、(事務局が質問者に登録用紙を送ることが)わかりました。

送り先をお願いします。

質問者：(送り先は)大阪市東区〇〇〇，鈴木真弓です。

締切はいつですか。

事務局：(締切は)12月25日ですので，

(質問者が事務局に登録用紙を送ることを)

お急ぎ下さい。

：

一方、たとえば確認の発話「わかりました。」は複数の理解状態を許していることから、現実的な解釈が行われず、処理効率を落とすことになった。つまり、「わかりました。」の前対話において複数の話題についてのやり取りがなされており、かつそれらについて確認の発話がなされていない場合、それら複数の話題全体に及ぶ確認とは解釈できず、各やり取りについての確認と解釈し複数の理解状態を生成してしまうことになる。そのために、その後の処理で複数の理解状態を参照することになり、効率が悪くなった。

5. おわりに

4階層のプラン認識モデルを使った対話の理解の手法について述べた。対話のやり取りの知識であるインタラクションプラン、情報伝達の実行に関する知識で

あるコミュニケーションプランを介して各発話と対話の話題領域の知識であるドメインプランとの対応を明確にすることにより、代用的表現、格要素の省略等を使った断片的な発話の理解が可能である。そして、対話理解の実験を行うことにより、省略の補完に関して本モデルの有効性を示した。

本論文で述べたインタラクションプラン、コミュニケーションプラン、ダイアログプランは対話の話題領域には依存せず、協調的な対話を実行するための言語運用の知識である。したがって、旅行案内、催物案内などのコンサルテーションの対話や部品組立て援助等のインストラクションの対話などにも適用できる。

今後、本モデルの適用範囲を拡張していくためには、次のような課題がある。ドメインプランは現実世界を反映する知識であるから、領域に依存しながら拡張することができる機構が必要となる。また、プラン探索の制御について、あるプランで支配される下位プラン内に限定されている制御を支配外のプランへも適用可能とすることが必要となる。このことは、インタラクティブな話題導入を実現する柔軟な理解機構を作ることになる。さらに、対話におけるディスコースエンティティ²¹⁾を扱えるプラン認識手法や、Pollack²²⁾が扱っている質問の前提に誤りがあるような対話の処理についても検討を要する。またさらに、ドメインプランに用意されていない話題に対しても、類推推論などを使って理解を行う推論機構を検討する必要がある。

謝辞 本研究の機会を与えてくださるとともに適切な助言をくださった ATR 自動翻訳電話研究所 樽松 明社長、同言語処理研究室 相沢輝昭前室長に感謝します。また、本モデルの詳細化や実験システム作成などに借みなく支援してくださった同研究室 山岡孝行研究員に心より感謝するとともに、熱心に討論してくださった同研究室の諸氏に感謝します。

参考文献

- 1) Allen, J.F. and Perrault, C.R.: Analyzing Intention in Utterances, *Artif. Intell.*, Vol. 15, pp. 143-178 (1980).
- 2) Perrault, C.R. and Allen, J.F.: A Plan-Based Analysis of Indirect Speech Acts, *Am. J. Comput. Linguist.*, Vol. 6, pp. 167-182(1980).
- 3) Litman, D.J. and Allen, J.F.: A Plan Recognition Model for Subdialogues in Conversations, *Cognitive Science*, Vol. 11, pp. 163-200 (1987).

- 4) Grosz, B. and Sidner, C.L.: Attention, Intentions, and Structure of Discourse, *Computational Linguistics*, Vol. 12, No. 3, pp. 175-204 (1986).
- 5) 飯田: 自然言語対話の言語運用特性と対話処理の研究課題, 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 4, pp. 445-452 (1988).
- 6) Nogaito, I. and Iida, H.: Noun Phrase Identification in Dialogue and Its Application, *2nd International Conference on Theoretical and Methodological Issues in Machine Translation of Natural Languages* (1988).
- 7) Leech, G.N.: *Principles of Pragmatics*, p. 241, Longman (1983).
- 8) 山梨: 発話行為, p. 245, 大修館書店 (1986).
- 9) Levinson, S.C.: *Pragmatics*, p. 420, Cambridge University Press (1983).
- 10) Wilensky, R.: *Planning and Understanding*, p. 168, Addison-Wesley (1983).
- 11) Allen, J.F.: *Natural Language Understanding*, p. 574, Benjamin/Cummings Publishing Company (1987).
- 12) Cohen, P.R.: The Pragmatics of Referring and the Modality of Communication, *Computational Linguistics*, Vol. 10, No. 2, pp. 97-146 (1984).
- 13) 井上: 文一文法から話談文法へ, 月刊言語, Vol. 12, No. 12, pp. 38-46 (1983).
- 14) Grosz, B.J.: *Focusing and Description in Natural Language Dialogues, Elements of Discourse Understanding*, Webber, B., Joshi, A. and Sag, I. (eds.), pp. 84-105, Cambridge University Press (1981).
- 15) 加藤, 中川: 自然言語インタフェースシステムにおける意図の把握と話題の管理, 情報処理学会論文誌, Vol. 29, No. 9, pp. 815-823 (1988).
- 16) Carberry, S.: A Pragmatics-Based Approach to Ellipsis Resolution, *Computational Linguistics*, Vol. 15, No. 2, pp. 75-96 (1989).
- 17) Waltz, D.L.: An English Language Question Answering System for a Large Relational Database, *Comm. ACM*, Vol. 21, No. 7, pp. 526-539 (1978).
- 18) Hendrix, G.G.: Human Engineering for Applied Natural Language Processing, *Proceedings of 5th IJCAI*, pp. 183-191 (1977).
- 19) Kogure, K. and Iida, H.: A Method of Analyzing Japanese Speech Act Types, *2nd International Conference on Theoretical and Methodological Issues in Machine Translation of Natural Languages* (1988).
- 20) Kume, M. et al.: A Descriptive Framework for Translating Speaker's Meaning—Towards a Dialogue Translation System between Japanese and English—, European Chapter of ACL 89 (1989).
- 21) Webber, B.L.: So What Can We Talk About Now?, *Computational Models of Discourse*, Chapter 6, pp. 331-371, The MIT Press (1983).
- 22) Pollack, M.E.: A Model of Plan Inference That Distinguishes between the Beliefs of Actors and Observers, *Proceedings of the 24th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pp. 207-214 (1986).

(平成元年8月10日受付)

(平成2年4月17日採録)



飯田 仁 (正会員)

1972年早稲田大学理工学部数学科卒業。74年同大学院修士課程(数学専攻)修了。同年NTT武蔵野電気通信研究所入社。86年4月よりATR自動翻訳電話研究所・言語処理研究室に外向。これまで、知識表現、自然言語理解、機械翻訳などの研究に従事。現在、自然言語対話の理解・翻訳の研究に従事、主幹研究員。電子情報通信学会、日本人工知能学会、日本認知科学会、AAAI, ACL各会員。



有田 英一 (正会員)

1980年京都大学工学部電気工学科卒業。82年同大学院修士課程(電気工学第二専攻)修了。同年三菱電機(株)に入社。86年9月から89年2月までATR自動翻訳電話研究所・言語処理研究室に外向。これまで機械翻訳、対話理解などの研究に従事。電子情報通信学会会員。