

談話処理に基づく 自然言語インタフェース

新田 実 青江 順一

徳島大学工学部情報工学科

本報告では、ユーザフレンドリィな自然言語インタフェースを目指すためのユーザデータベース構成及び対話管理の手法について述べる。従来において避けられていた主観に基づくあいまいな知識をユーザごとに独立させて保持することにより、使い易さとアプリケーション側知識ベースの普遍性保持の向上を図る。次に、(ユーザの入力+システム側の応答)をひとつの対話単位と定義し、対話の流れを有向グラフで記述した。また、形式言語(サブコマンド)を対話管理に導入することにより、ユーザ主導型の実用的な自然言語インタフェース実現の可能性を示す。

A Natulal Language Interface based on Discourse Processing

Minoru NITTA Junichi AOE

Department of Information Science and System Engineering,

Faculty of Engineering, Tokushima University

2-1 Minami-Jousanjima-Cho, Tokushima, 770, Japan

This paper describes a method for constructing user oriented knowledge and dialog management in order to develop user-friendly natulal language interface systems. The user model database based on user oriented ambiguous knowledge has an effect on user-friendliness and universality of applications domain knowledge. We define a basic dialog unit in correspondence to one user's input and one system's response, by adopting formal language subcommands to dialog management, it is shown that a more practical natulal language interface can be constructed.

1. はじめに

計算機の一般ユーザへの急速な普及と性能面での向上により、マンマシン・インタフェースの研究が活発化してきている。そのなかでも計算機システムとのインタフェースに自然言語を使用するというアイデアは、以前から提案されており、ユーザフレンドリなシステムを構成するという意味で、興味深い課題であるといえる。

自然言語インタフェースを用いることによる利点として、初心者が計算機に関する特別な前知識を持つことなしに、計算機へアクセスできるということが挙げられる。また現在のところ、依然として主流のメディアはキーボードとディスプレイである。よって、より高度な人間と計算機とのツウウェイ・コミュニケーションを実現する上では、自然言語を用いたインタフェースが、現時点では適しているのではないかと考えられる。さらに、ワープロ等の爆発的普及により、計算機への日本語文入力の負担も軽減されつつあるのではないかとも思われる。

理想的な自然言語インタフェースとは、ユーザの意図を適切に把握し、その意図をシステム側へ正確に伝え、最適なコマンドを実行させたり、目標とする情報を容易に得ることが可能であるものといえる。それは、対象としている分野のエキスパートとあたかも会話しているような形態をとるであろうと考えられる。よって、計算機との対話を人間同士で行っている対話、つまり談話の形態に近づけることにより、近似できるかもしれない。しかし、計算機の理解する自然言語が実際にはもうひとつの人工言語であり、中途半端な自然言語インタフェースは、通常の人工言語よりも使いにくいという批判もある¹⁾。これは自然言語を扱

う場合についてまわる問題である。例えば、ある時点である人物が、(UtteranceA)と発話した場合、その発話の解釈は使用される状況及び対話者により、(InterpretationA1) (InterpretationA2)、etc のようにいく通りにもなってしまう。つまり自然言語は使用される状況、言い替えるなら「文脈」と対話者の主観的解釈に依存する性質をもっているのである。また逆にこの状況依存的性質により、自然言語表現が簡潔さを保持できているともいえる。

本稿では、談話処理の概念、つまり、対話管理及びユーザの意図抽出を導入することにより、ユーザフレンドリな自然言語インタフェースモデルを提案する。また、人間の主観に基づくあいまいさをファジィ理論の応用により扱うことを試みる。今回例として、関係モデルで構成された大学の学生及び教官に関する保健管理情報へアクセスするための簡単な情報獲得システム (Information Retrieval System) を想定した。

2. 自然言語インタフェースモデルの概要

今回想定した情報獲得システムのモデル概要を図1に示す。点線で囲まれた箇所が自然言語インタフェース部分に相当する。本稿で述べるのは、黒で強調されたユーザモデルデータベース (User Model Database) と対話管理モジュール (Dialog Control Module) についてである。ユーザモデルデータベースは、ユーザ個々がそれぞれ持っている固有の語彙知識とか、主観に基づいたあいまいな認識概念を記述したもので、ユーザ毎に独立して保持可能であるとする。対話管理モジュールは、ユーザの意図を適切に把握し、スムーズな対話方略の遂行を図るモジュールである。その

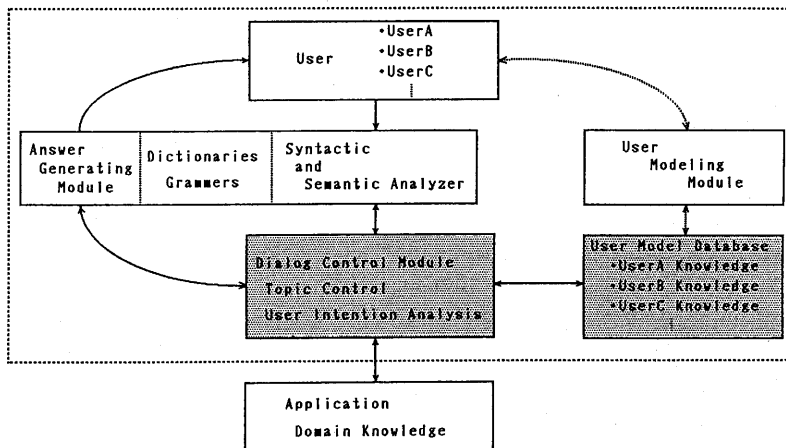


図1 自然言語インタフェースのモデル概要

他の部分、ユーザモデルデータベースの作成・変更を行うユーザモデリングモジュール (User Modeling Module)、具体的な入力文解釈・出力文生成を行う「Syntactic and Semantic Analyzer」・「Answer Generating Module」部分の説明は、またの機会に譲る。

3. ユーザモデルデータベース

「熱がある → 風邪をひいているかもしれない」というルールがあったとしても、平熱時の体温には個人差が存在するであろう。よって、同じ「36.6℃」に対して、一般の人にとっては全然平気であっても、人によっては、はっきりと熱感を感じているかもしれない。

ユーザモデルデータベースは、このようなユーザ個々が持っている個人知識を記述したものである。これを独立させて持つことにより、アプリケーション側の知識ベース及び入出力文処理の際使用する辞書に、一般性をもたせることが可能となり、汎用性が増すと見える。

過去において、ユーザの個人知識の中でも特に、主観に根ざしたあいまいな語彙概念は極力避けられる傾向にあった。しかし、ユーザフレンドリなシステムの構築を目指すためには、ぜひとも取り扱う必要があるといえる。今回、ファジ理論を利用することにより、このあいまいな主観的概念を取り扱う。

3.1 ファジ集合の基本定義

最近、ファジ理論に関してたくさんの文献²⁾³⁾⁴⁾が出版されており、理論的な詳細はそれらの文献に譲り、ここではファジ集合に関する基本的な定義を示すにとどめる。

ある全体集合Xにおけるファジ集合 (fuzzy set) Aは次に示すようなメンバシップ関数 (membership function) μ_A によって特性づけられた集合である。

$$\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$$

要素 $x \in X$ に対する値 $\mu_A(x) \in [0, 1]$ は、 x がファジ集合Aに属する度合 (degree) またはグレード (grade of membership) を表す。この場合、 $\mu_A(x)$ の値が1に近ければ、 x のファジ集合Aに属する度合が高いことを示し、逆に0に近ければ、属する度合が低いことを示している。

3.2 ファジ集合による主観的情報の表現

今回、ファジ化するの、ユーザの主観、経験、及び常識によって決定される自然言語表現である。これらの情報はユーザモデルデータベース内において、ユーザ個々がそれぞれ独立して記述することが可能でなければなら

い。その分類を以下に示す。

【ファジラベル (fuzzy set label)】

自然言語表現のなかで形容詞概念などに相当し、それ自身が単独で意味を持つものをファジラベルと定義する。

- (a)若くて身長の高い人。
- (b)太っていて血圧の高い人。

【ファジ修飾語 (fuzzy set modifier)】

ファジラベルまたは確定表現を主観的修飾する働きを持つものをファジ修飾語と定義する。

- (a)25歳ぐらいで身長のとて高い人。
- (b)ある程度若くて身長の下くない人。

【ファジ限量詞 (fuzzy set quantifier)】

ファジラベルもしくはファジ命題 (質問) 全体を量限定する働きを持つものをファジ限量詞と定義する。

- (a)健康であるための条件をほとんど満たしている人。
- (b)健康であるための条件を少しは満たしている人。

ファジラベル及びさまざまな言語ヘッジ (linguistic hedge) を表現するためのメンバシップ関数が、各文献に示されている。本稿では、表記の簡便さ、演算・修正の容易さ、統一的な記述が可能な点を重視し、台形表記 (trapezoidal method)⁵⁾⁶⁾を採用した。これによりメンバシップ関数をファジ数表記リストとして、次のような4個の数字組で記述できる。

$$[M_a \quad M_b \quad E_a \quad E_b]$$

この数字リストの意味を説明すると、 $M_a \sim M_b$ 間においてグレード1の値をとり、「 $M_a - E_a$ 」以下及び「 $M_b + E_b$ 」以上の部分ではグレード0の値をとることを表している。具体的に表すと図2のようになる。

次に、このファジ数表記リストのメンバシップ関数によって規定されるファジ集合の表現形式について述べる。まず第一に、主観に基づいた知識を表現するのであるから、同じラベルで表されたものでも、その内容は各ユーザごと

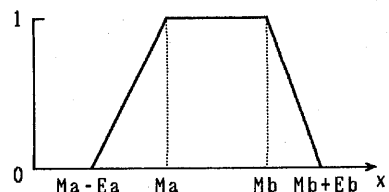


図2 ファジ集合のメンバシップ関数表現

```

[[Label Name]
 [Relation Name]
 [Attribution]
 [Fuzzy Number List]]

```

図3 ユーザ主観情報の表現フォーマット

に違ったものになるかもしれない。よって、修正・変更が容易でなければならない。また、ファジィ集合として取り扱う上で、統一的な処理が行えるならば利便性が増すといえる。このような意味から図3のような表現形態をとった。

次にその具体例を示す。(g)(h)はファジィ命題(質問)全体を量限定するものであると仮定しているため、ファジィ数表記リスト内でとりうる値を[0, 1]に正規化している。また、(i)「以上の」・(j)「以下の」などの非ファジィなクリスプ集合(crisp set)も同様に記述することが可能である。

- ```

(a) [[若い]
 [学生]
 [年齢]
 [16 20 8 8]]

(b) [[年をとった 年配の 年老いた]
 [教官]
 [年齢]
 [55 65 5 10]]

(c) [[高い 大きい]
 [学生:男性 教官:男性]
 [身長:cm]
 [177 185 7 infinity]]

(d) [[とても高い 非常に大きい etc]
 [学生:男性 教官:男性]
 [身長:cm]
 [185 200 5 infinity]]

(e) [[高い]
 [学生(20-40):年齢 教官(20-40):年齢]
 [血圧:mmHg 最高血圧:mmHg]
 [140 160 10 infinity]]

(f) [[およそ だいたい 約 ぐらい 前後]
 [学生 教官]
 [年齢]
 [-2 2 3 3]]

```

```

(g) [[ほとんど ほぼ]
 [relation name]
 [normalization]
 [0.8 1 0.3 0]]

```

```

(h) [[すこしは]
 [relation name]
 [normalization]
 [0.3 1 0.2 0]]

```

```

(i) [[以上の]
 [relation name]
 [number]
 [0 0 0 infinity]]

```

```

(j) [[以下の]
 [relation name]
 [number]
 [0 0 infinity 0]]

```

### 3.3 可能性・必然性測度による主観的情報の取り扱い

次に、3.2で示した表現形式を用いて、主観的情報を取り扱う方法について述べる。

ファジィ集合の解釈において、メンバシップ関数を可能性分布(possibility distribution)とみなすことができる。例えば、「毎月の仕送りは、だいたい10万円ぐらいだ。」という命題が得られている場合、「だいたい10万円ぐらい」という表現をファジィ集合 $\mu_F(x)$ に変換し、これを可能性を表している度合だと考えるのである。この例で言うと $\mu_F(8万円)=0.8$ ならば仕送りが8万円である可能性のグレードは0.8だと解釈できるのである。

いま、全体集合Xにおける部分集合FとAについて考える。この場合、Fはあらかじめデータベース上に任意の条件によって定義されている集合であり、Aはユーザが得ようと要求している要素を規定した集合であるとする。ここで、要求規定集合Aを満足するような要素を捜すということは、「任意集合Fに属している要素が要求規定集合Aに属するかどうかを調べることに他ならない。本稿では、どの程度属しているかという評価のために、可能性と必然性という様相性の概念<sup>7)8)</sup>を取り入れる。

【可能性(possibility)】

$A \cap F \neq \emptyset$ の場合、Fの要素がAに属することは「可能」であるから、Fが与えられたときのAに属している可能性の度合 $POS(A|F)$ は、次のようになる。

$$\text{POS}(A|F) = \begin{cases} 1 & \text{--- } A \cap F \neq \phi \\ 0 & \text{--- } \text{その他} \end{cases}$$

【必然性 (necessity)】

$F \subseteq A$  の場合、 $F$  の要素が  $A$  に属することは「必然」であるから、 $F$  が与えられたときの  $A$  に属している必然性の度合  $\text{NES}(A|F)$  は、次のようになる。

$$\text{NES}(A|F) = \begin{cases} 1 & \text{--- } F \subseteq A \\ 0 & \text{--- } \text{その他} \end{cases}$$

なお、様相論理において成立する

$$\Box A \equiv \sim \Diamond \sim A$$

つまり、「 $A$  であることは必然である」 $\equiv$ 「 $A$  でないことは可能ではない」と同様に、

$$\text{NES}(A|F) = 1 - \text{POS}(\bar{A}|F)$$

が成立する。

次に、この可能性、必然性をファジィ集合上の可能性測度  $\Pi$  (possibility measure) と必然性測度  $N$  (necessity measure) に拡張する。

ある全体集合  $X$  の部分集合  $A, B$  に  $[0, 1]$  の値に対応づける関数  $g$  が次の性質をもつならば、 $g$  をファジィ測度と定義できる。

- (1)  $g(\phi) = 0, g(X) = 1$
- (2)  $A \subseteq B \rightarrow g(A) \leq g(B)$

可能性測度はこのファジィ測度に、

$$(a) \quad \Pi(A \cup B) = \Pi(A) \vee \Pi(B)$$

なる制限を加えたもので、このとき

$$\Pi(A) \vee \Pi(\bar{A}) = 1, \Pi(A) + \Pi(\bar{A}) \geq 1$$

が成立する。また、必然性測度はファジィ測度に

$$(b) \quad N(A \cap B) = N(A) \wedge N(B)$$

なる制限を加えたもので、このとき

$$N(A) \wedge N(\bar{A}) = 0, N(A) + N(\bar{A}) \leq 1$$

が成立する。

いま、可能性分布関数  $\Pi(x)$  が与えられるならば、ファジィ集合  $A$  の可能性測度  $\Pi(A)$  と必然性測度  $N(A)$  は、

$$\Pi(A) = \sup_x (\mu_A(x) \wedge \Pi(x))$$

$$N(A) = \inf_x (\mu_A(x) \vee (1 - \Pi(x)))$$

と定義される。例えば、データベース上に「 $M$  の身長は  $175\text{cm}$  ぐらいだ。」という情報が格納されていた場合に、 $A$  : 「身長の高い人を検索せよ。」という要求がでると、 $M$  が「身長の高い人」という検索要求  $A$  に合致する可能性測度と必然性測度は、図 4-a, 図 4-b より、

$$\Pi(A) = 1, N(A) = 0.3$$

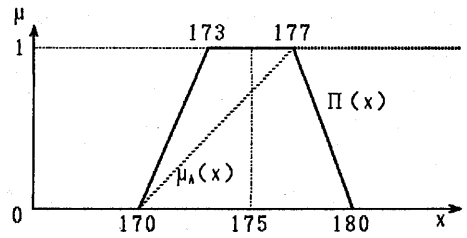


図 4-a 可能性測度の算出

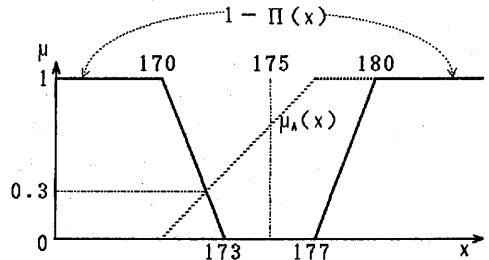


図 4-b 必然性測度の算出

と容易に算出される。

また、 $A$  : 「 $40$  歳ぐらい  $a_1$  で身長が高く  $a_2$  かつ 血圧も高い  $a_3$  という条件をほぼ満たしている教官を検索せよ。」という複合的な要求がでた場合でも、

$$\Pi(A) = \mu_a((\sum_{i=1}^n \Pi(A_i)) / n)$$

$$N(A) = \mu_a((\sum_{i=1}^n N(A_i)) / n)$$

のように処理可能である。

#### 4. 対話管理モジュール

ユーザの意図を把握し、スムーズな対話応答を図る対話管理モジュールについて説明する。

今回、アプリケーションの知識ベースへアクセスすることにより情報を得るといった対話を想定しているため、ユーザの意図が明確な目的指向型の対話であると考えてさしつかえない。また、ユーザの入力に対してシステム側が応答するというユーザ主導型であるともいえる。

本稿の対話管理モジュールは、対話に一連の意味的なつながりがある場合は、システム側が積極的な省略補完・意味補完を行い、重複入力の必要性をなくすなど、ユーザに対して利便を図る。また逆に、意味上のつながりを断ち、動的に対話転換を行う場合には、ユーザ自身がサブコマンドを使用することにより、ユーザ主導で対話を管理するのである。

#### 4.1 対話の流れ (dialog flow) のモデル化

ある一組の「ユーザ入力 ⇄ システム側からの応答」を対話単位と定義した場合、一連の対話の流れは、この対話単位をノードとする有効グラフで記述できる。これを図5に示す。点線で示されたアークは、過去の対話単位への復帰を表している。

ここで、対話単位を図6のように定義する。これは対話単位の中心である話題、その話題を規定する条件を記した1個以上の制約項及びシステム側からの応答情報により構成される。

対話の連続に伴って形成される一連の対話単位の流れは、履歴リスト (History List) によって全て保存されるものとする。また現在の対話に関連づけられた情報を格納したCWM (Current Working Memory) とひとつ前の情報を格納したPM (Previous Memory) を設定する。このPMはミス入力により対話状態が意図通りにならなかった場合に、リアルタイムでひとつ前の状態を復元させるために使用する。それと後で説明するが、CWMとPMの内容を一時退避しておくための対話スタック (Dialog Stack) を設ける。これらの関係を図7に示す。

#### 4.2 対話管理方略

ユーザ主導型の実用的な自然言語インタフェースを目指す場合、ユーザ ⇄ システム間の対話を人間間の会話に忠実に模倣させるというアプローチは、自然言語インタフェ

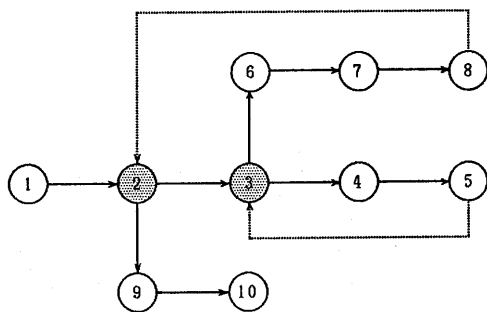


図5 対話モデルの記述

```
[[Topic [Restriction α]
 [Restriction β]
 [Restriction γ]
 [-----]]
[System Response]]
```

図6 対話単位の表現フォーマット

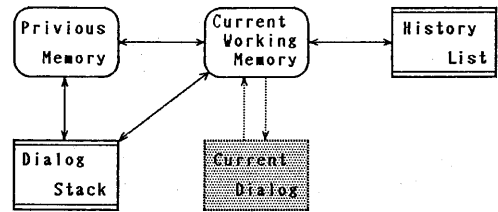


図7 対話管理環境

ースがツールであるという観点からみて、ある欠点を含んでいると思われる。それはユーザ側の要求が複雑になった場合に、システム側がユーザの意図通りに解釈してくれるかどうか未知数なためである。システム側が受理しやすい入力文を作るのにユーザが悩むというのは、本末転倒であるといえる。よって现阶段では、ある程度機能を限定することにより、ユーザの使いやすさを図るアプローチが適切であると考えた。以上述べた点に注意して、本稿での対話管理方略はユーザ主導の使いやすさを最重要視した形をとった。

まず基本的に一連の対話の流れには、明示的または非明示的になんらかの意味的なつながりがあると仮定した。このつながりを直前の話題単位と現在の話題単位との2項関係として、次の4つに分類した。

##### 【制約変更：条件強化】

制約している項要素自体は同じであるが、項要素の引数が増える場合。しかも、その引数部分の条件を強めることにより、扱おうとする話題範囲を狭める働きをもつ。

##### 【制約変更：条件緩和】

制約している項要素自体は同じであるが、項要素の引数が増える場合。しかも、その引数部分の条件を弱めることにより、扱おうとする話題範囲を広げる働きをもつ。

##### 【制約追加・削除】

制約している項要素の追加・削除を行う場合。

##### 【話題変更】

話題自体を新たに変化させる場合。

これら4分類は、それぞれを組み合わせ使用されることもあると仮定した。

以上述べてきたことは、各対話間に意味的なつながりがあると仮定した場合である。しかし、対話をしていて、以前の対話とは全く関係のない新しい話題について会話したことがある。システムとの対話において、このような対話の転換を実現するために、サブコマンドの利用を採用した。現在のところ5つのサブコマンドを考えている。

【CONVERT】

一時的に對話の転換を図る。

CWM・PMの内容を對話スタックへプッシュし、ユーザの新しい入力に備える。

【RETURN】

「CONVERT」によって転換された對話状態からもとの對話へ復帰する。

CWM・PMの内容をクリアし、對話スタックのトップにある對話単位をポップしてCWM・PMへ格納することにより、「CONVERT」する前の對話状態を復元する。

【GO [number]】

履歴リスト内に記述された各ノード番号に対応した過去の對話への復帰を行う。

CWM・PMの内容をクリアし、履歴リスト内の指定されたノードに対応する對話単位情報に基づいて過去の對話状態を復活させる。

【BACK】

ひとつ前の對話単位の状態へ戻る。

CWMの内容をクリアし、その中へPMの情報を格納する。また、「BACK」を繰り返して使用する場合には、直前の話題単位へ「GO」することで置き換える。

【CLEAR {stack | all}】

對話スタックのクリアまたは對話スタック&履歴リストのクリアを行う。

「CONVERT」と「GO」サブコマンドは次のように組み合わせで使用することも可能である。

CONVERT ; GO [number]

また、「CONVERT」・「RETURN」サブコマンドを用いることにより、對話のネスト構造を形成することも可能になった。

對話のネスト構造の例を図8に示す。

次に、ユーザへの協力的な応答を行うための方略について述べる。実用的な自然言語インタフェースを目指す場合、ユーザからの誤入力に対する処理をぜひとも考えておかなければならない。これは単なる入力文解釈時の表記のもしくはは語義的な誤りのみならず、ユーザの認識誤りまで含める必要がある。例えば、ある存在しない条件で検索を行うよう入力した場合、検索結果として目的の解が単に存在しないというだけでなく、どのような経緯によって、結果として検索に失敗したということをユーザに知らせなければならない<sup>9)</sup>。

どのようなデータベース・エキスパートシステムでも扱える知識量には限界が存在する。よって、知識ベースの枠組みを越える入力がなされた場合、システム側で修正及び補完してやるための機構が必要であるといえる。

5. おわりに

主観に基づいたあいまいな知識を各ユーザごとに保持することにより、柔らかなインタフェースが実現できる可能性を示した。また、形式言語(サブコマンド)を導入することが、実用的な自然言語インタフェースを実現するためのひとつの方向性であることを述べた。これらの基本的な考え方は、情報獲得システムのみならず、エキスパートシステム・マニュアルレスシステムなどのフロントエンドとして適用可能であるといえる。

現在、プロトタイプ作成のための準備を行っているところであり、早期の実現を目指している。ただ、ユーザデータベース部分に関してはあいまいな知識を扱うため、まだ考慮すべき問題点がたくさんあり、今後の課題であるといえる。

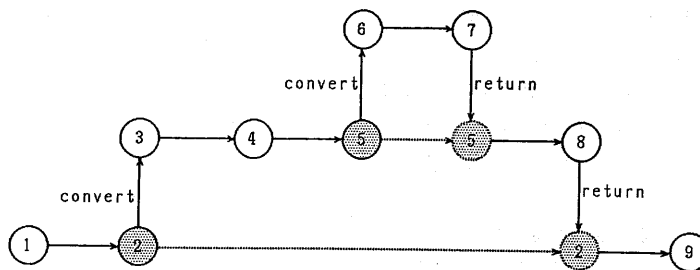


図8 對話のネスト構造

## 参考文献

- 1) 辻井:対話のインタフェース, 数理科学, No. 297, pp. 26-33, (1987).
- 2) 水本:最近のファジィ理論, 情報処理, Vol. 29, No. 1, pp. 11-22, (1988).
- 3) 水本:ファジィ理論とその応用, サイエンス社, (1988).
- 4) 寺野他:ファジィシステム入門, オーム社, (1987).
- 5) 水本:基礎としてのファジィ理論, Computer Today, No. 25, pp. 11-16, (1988).
- 6) Uszynski, M. : Fuzzy queries with linguistic quantifiers for information retrieval from data bases, Report, No. UCB/CSD87/333, (1986).
- 7) 田中:ファジィ測度に基づくファジィモデルとその応用 数理科学, No. 284, pp. 19-25, (1987).
- 8) 水本:Fuzzy集合と様相性, 数理科学, No. 275, pp. 36-43, (1986).
- 9) 近藤他:対話システムIDSにおける対話モデルと協調的応答生成, 情報処理学会, AI57-3, (1988).
- 10) Kass, R and Finin, T. : Rules for the Implicit Acquisition of Knowledge About the User, Proc. AAAI-87, pp. 295-300, (1987).
- 11) 加藤他:質問応答における意図の把握と話題の管理, 情報処理学会, NL58-6, (1986).
- 12) Grosz, B.J. et.al. : TEAM : An Experiment in the Design of Transportable Natural-Language Interface, Artificial Intelligence, Vol. 132, pp. 173-243, (1987).
- 13) Prade, H: A Computational Approach Approximate and Plausible Reasoning with Applications to Expert Systems, IEEE Trans. PAMI, Vol. PAMI-7, No. 3 pp. 260-283, (1985).
- 14) 野垣内他:照応・支持関係の同一性の分類・解析, 人工知能学会研究会資料, SIG-FAI-8701-1, (1987).
- 15) 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).
- 16) 佐伯:インタフェースの認知科学, 数理科学, No. 297, pp. 5-9, (1988).
- 17) 佐伯:認知科学の方法, 東京大学出版会, (1986).
- 18) 長尾他:論理と意味(岩波講座情報科学7), 岩波書店, (1983).
- 19) 上林:データベース, 昭晃堂, (1986)
- 20) 久野:談話の文法, 大修館書店, (1978).
- 21) 森田:基礎日本語1, 角川書店, (1977).
- 22) 岩瀬他:情報案内におけるオペレータモデルの検討, 情報処理学会第35回全国大会講演論文集, pp. 1427-1428, (1987).
- 23) 木下他:ユーザモデルを導入した知的情報検索システムの一構成法, 情報処理学会第35回全国大会講演論文集 pp. 1287-1288, (1987).
- 24) 斉藤:類義な言替えを許容するインタフェースの一実現法, 情報処理学会第36回全国大会講演論文集, pp. 1321-1322, (1988).