

話題管理機能を持つ対話システムの試作

宮地泰造⁺ 伊草ひとみ⁺⁺ 近藤省造⁺⁺ 太田孝⁺⁺ 古川康一⁺⁺ (財)新世代コンピュータ技術開発機構⁺⁺ 三菱電機(株)情報電子研究所

1. はじめに

近年、計算機システムによる機能は、単純な数値計算機能を遙かに越え、データベース処理をはじめとする高度な数式処理、図形・画像処理、更には専門家の代役を務めることができる程高度な機能を有してきている。これらの計算機システムの有用な機能がより多くの人間に役立つためには、誰でも容易に知的アシスタントである計算機と対話ができる必要がある。そのためには、人間とマシンとの対話やマシンを介した人間と人間の対話の、基本機能や自然な形態を明らかにしていくことが重要である[1,3,4,5,6,8]。

近未来において、一般に大容量のデータベースには、有用なデータや知識が蓄積されていて、エキスパート・システムに必要とされるデータも多く蓄積されていることが予想される。著者らは、現在、大規模知識ベース管理システムに必要となると考えられる部分モジュールを試作中であり、そのデータベースと人間との対話のためのモジュール(仮に、対話システムと呼ぶ)について報告する。対話システムは計算機PSI(プサイ)上で動作する論理型プログラミング言語ESP(イーエスピー)により試作中である。本対話システムでは、データベース内のデータや知識を利用者に提供する為の対話に必要な機能の検討を行っている。特に、特定の応用分野の知識から独立した対話機能の検討を主目的としている。すなわち、専門家の特殊な知識に依存するプランニング機能等を駆使する場合の質問は、個々のエキスパート・システムに対して、解決すべき問題として提示する。この場合、対話システムはメッセージを中継・整形する役割を果たすものとする。(図1参照)。

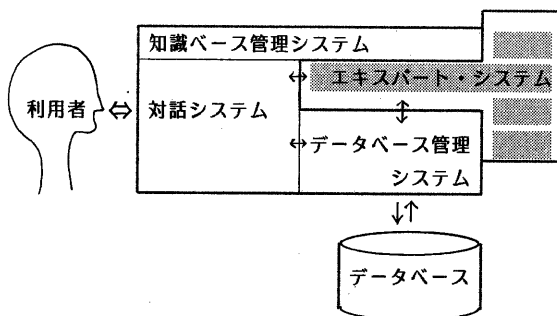


図1. 対話システムの位置付け

2. 対話文の形式と処理方式

一般に、対話システムは、達成すべき目標の有無により2種類に大別できる。

- (1) 自由展開型：特定の目的を持たない対話を理解するシステム
- (2) 目的指向型：特定の目的を持つ対話を理解して、目的実現のための目標を達成するシステム

本システムは後者であり、情報の提供を目的とするシステムである。目標を達成するための対話においては、互いの意図や要求が正しく伝達されなくてはならないので、対話に使用されるべき言葉には、簡潔でわかりやすく曖昧さの少ない表現が要求される。また、誰でもが使える言葉でなくてはならないので、次のような特徴の半自然言語を利用することにする。

- (1) 制限された日本語文。
- (2) 複数文の表現を許す。
- (3) 代名詞、接続詞、省略表現を制限して許す。
- (4) 簡単な算術表現を許す。

2.1 複数文による検索要求

複数文による要求の記述は、多くの検索条件を1文中に詰込むという不自然な処理から利用者を解放する。利用者は、要求事項やその条件を自由に思いつくまに表現できるので便利である。また、利用者は、代名詞や接続詞を用いて省略表現を行えるので、要求を簡潔に表現できる。

(例) 単一文と複数文による検索要求

[単一文]

プログラム言語 = COBOLで 終了日 > 74年の projectID は?

[複数文]

projectID について 知りたい

プログラム言語 = COBOL です

さらに 終了日 > 74年の ものは?

上記の検索要求文は、ともに同一のpre-中間形式と呼ばれる内部表現に変換される。

2.2 入力方式と処理方式

入力方式は、現時点では、開発中のPSIの漢字機能が未完成であることや見易さと機能拡張性等を考慮して、ロー

マ字によるわかし書き入力とした。一つの対話文の後は、`full-stop-mark`と呼ばれるマークを付けてリターン・キーを押すことにする。

対話文の処理は6つのモジュール（文解析、文脈処理、対話管理、コマンド生成、応答管理、ウィンドウ管理）により行われる。入力された対話文は、文解析モジュールにより`pre-中間形式`に変換され、さらに、文脈処理、対話管理モジュールにより不足情報や関連情報を補足されて`中間形式`に変換される。コマンド生成モジュールは、中間形式からコマンドを生成し、応答管理モジュールでそれを実行させる（図 2.1参照）。

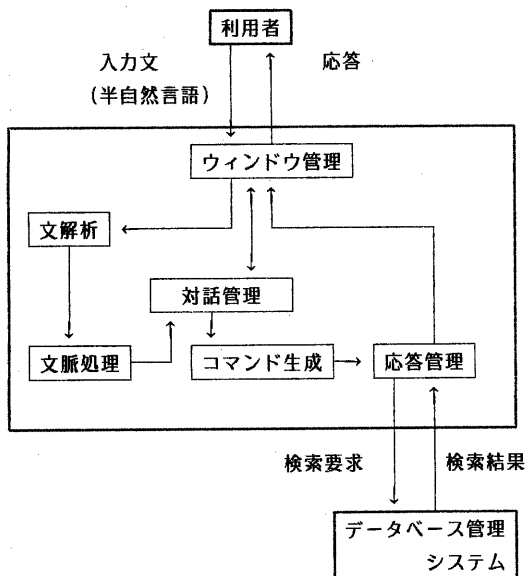


図 2.1 対話システムの処理の流れ

3. 文脈処理

発話において、代名詞、接続詞そして省略表現の利用は、対話文の簡潔な表現を可能とすると共に、対話の流れをスムーズにするので重要である。文脈処理モジュールでは、pre-中間形式に含まれる代名詞情報や接続詞情報からそれらの存在を認識し、文脈情報とディレクトリ情報を用いて代名詞の推定、接続詞の意味把握、省略表現の理解・省略部の補足を行う。また、文脈情報登録、対話登録/確認を起動する。ところで、一般に、代名詞、接続詞には同様の機能を果たすものが多く存在するので、本システムでは、利用可能な代名詞と接続詞は、著しい表現能力の不足を来たさない範囲で最少限にした。尚、代名詞、接続詞の追加は容易にできるようにしてある。

(1) 代名詞処理

利用可能な代名詞は、代名詞の対象により次の2種類に分類できる。

①対象がpre-中間形式で対象物として認識される。

②対象がpre-中間形式で条件として認識される。

利用可能な代名詞としては、①には「もの(mono)」, ②には「それ(sore)」がある。

(例1)では、プログラム言語=FORTRAN のものは？

(例2)また、それがPL/1では？

代名詞処理は以下のように行う。文脈処理モジュールは、文解析モジュールから送られてきたpre-中間形式に含まれる代名詞情報からその存在を認識し、対話管理モジュールを介して得た文脈情報に対して前方照応を行う。更に、ディレクトリ情報を用いて前方照応によって推定された値の妥当性を確認する。その結果、pre-中間形式に含まれる代名詞情報は適当な具体値に置換えられる。また、複数文による検索要求において代名詞が存在した場合、複数文内部に明示されている内容を示すものについて、文解析モジュールが解析途中経過(pre-pre- 中間形式)とディレクトリ情報を用いて処理する。もし、適当な具体値が見つからなかった場合には、利用者への問い返しが必要であることを対話管理モジュールに連絡する。

(2) 省略処理

省略表現は、代名詞と接続詞とを用いて行うことができる。使用できる表現は代名詞と次の6種類の語である。

「ところで」、「そのときの」、「さらに」、「そのなかで」、「では」、「また」

文脈処理モジュールは、pre-中間形式に含まれる接続詞情報から省略の存在を認識し、以前の入力文の中間形式の文脈情報から省略情報を検出して、pre-中間形式に補う。

(例1) そのときのシステム設計書の規模は？

(例2) また、プログラム言語=FORTRAN では？

4. 対話管理機能

目的指向型の対話においては、対話の迅速な進行や高水準の結果への収束が重要である。すなわち対話は、人間にとって適当な速度で進行して、解決すべき目標を漏れなくしかも満足のいく水準で達成できることが必要である。本システムでは、文脈情報の保持、「対話対」[8]による利用者とシステム間かわされる発話-応答の対応関係の管理、話題の認識とその転換の管理等の対話管理機能により、代名詞の推定、省略の処理、協調的な応答等の利用者とシステムとの対応のとれた自然な対話を実現する。本システムでは、対話管理は、文脈管理、話題管理、対話対管理の3つの機能により実現している（図 4.1参照）。本章では、

以下の6つの事項について考察を行う。

- (1) 対話の連結
- (2) リーダ・シップ
- (3) 対話の首尾一貫性の管理
- (4) 文脈管理
- (5) 話題管理 (話題転換の認識)
- (6) 対話対管理

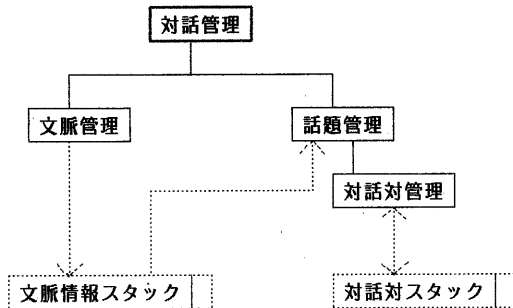


図 4.1 対話管理モジュールの構成

4. 1 対話の連結性

対話の内部構造は基本的に発話一応答の対（「対話対」と呼ぶ）により構成されると考えられる。対話対は、自由展開型の対話では話題内容のおもしろさの方が中心となり話が先へ先へと進むために、成立しない場合もある。しかし、目的指向型の対話ではより良い結果を得る為の協調的な発話が続けられる為に、対話対は必ず成立することになる。対話対は機能に依存して、挨拶一挨拶、質問一応答、提示一選択、命令一実行、提示一承認等の関係を持つ。本システムでは、これらの関係による対話対の分類を「対話対辞書」に保存する。このような対話対により進行する対話は、一般に、複数の対話対の「埋め込み構造」を形成する場合が多い[8] ので、これを認識する為に、対話対による対話の連結性の管理が、目的指向型の対話において、重要であると考えられる。

また、情報の獲得一提供という目標を達成する為の対話は、多くの場合、条件の陳述以外は何らかの要求の表現の為に連結していると考えられる。

4. 2 リーダ・シップ

目的指向型の協調的な対話において、目的達成のために効率良く対話を進行するには、各場面において、より良い目的達成の方法を知っている者が対話のリーダー・シップを取るべきである。しかし一般には、複数の人は異なる信念を持っているので「より良い」ことの評価基準が異なり、

対話が中断することも希ではない。また、人間は突然気変りしたり、評価基準の順位の逆転を起こしたりもする。とはいっても、現時点のマノーマシン間の対話では、基本的に人間がいつも中心で、要求すればいつでもリーダー・シップをとることができるべきであると考えられる。そして、マシンは人間の示した大筋に基づいて機能し、詳細な個々の目標の達成の場面においてのみリーダー・シップをとるべきである。

4. 3 対話の首尾一貫性

対話の進行は、対話対の連結により成立するために、その連結のシーケンスにおいては、連結の部分シーケンスにある種の対話の首尾一貫性が見出される。対話の首尾一貫性には次の4種類が存在すると考えられる。

- (1) 対話対の首尾一貫性
- (2) 話題の首尾一貫性
- (3) 到達目標の首尾一貫性
- (4) その他の首尾一貫性

一連の対話の部分部分においては、上記の首尾一貫性の少なくとも1つが成立していると思える。ここで (1) は 3.1 で述べた対話対が閉じることである。(2) は話題の内容に依存する首尾一貫性であり、焦点となっている対象や焦点の関連情報等という関係が対話文の連結に存在する。(3) は到達目標が設定されている場合に、最終的には必ず目標達成が行われることである。(4) は (1) ~ (3) 以外の連想による連結や全く何の関係も無いという連結等を示す。

本システムのように到達目標を持つ対話を対象とする場合には、到達目標の首尾一貫性が不可欠である。更に、対話の効率を高くして目標到達を早期化するためには (1) の対話対の首尾一貫性が必要であり、その下で協調的な対話が行われると良い。しかし、高い水準の到達結果を得る為には、必ずしも話題の首尾一貫性がいつも必要とは限らない。例えば、中間目標を達成する為に情報が不足していれば、それを得るために表面的には全く無関係と思える情報に話題が移ることがある。よって、本システムでは、(1)、(3) の首尾一貫性を主に実現する。

4. 4 文脈管理

文脈管理では、文脈情報として、①対象、②対象の条件、そして、③対応する対話文から生成された中間形式を、別個の「文脈情報スタック」を用いて管理する。文脈管理は、文脈処理モジュールの代名詞・省略処理により得られた文脈情報の登録を行ない、文脈処理モジュールにより代名詞や省略表現の不足情報が対話文から補足できない場合に、利用者に問い合わせ文を出力する。また、コマンド生成、

応答管理モジュールの協調的応答の生成場面などにおいて、文脈情報の提供を行なう。

文脈情報スタックは対話対スタックと同様に、対話履歴を保持しておく為のものであり、人間の短期記憶(Short Term Memory)に相当する。従って、その深さは有限であり、本対話システムでは固定長 n とする。

4.5 話題管理(話題転換の認識)

一般に、高い水準の到達結果を得るためには、複数の事象や複数の視点における対話が行われるので、話題の転換が起きることになる。また、対話の中心人物である利用者が知識不足であり対話内容を十分に理解できない場合には、利用者または対話システムにより話題を一時的に転換して利用者に必要な知識を与えてやる必要がある。このように対話内容の正しい理解と代名詞や省略表現による簡略化表現を可能にするために、話題の転換の認識[7]が重要である。話題管理は、対話対の登録・確認そして話題転換発生の確認及びその処理の目的で、文脈処理モジュールやコマンド生成モジュールからアクセスされる。

対話において話題転換が起きる場合は次の2つが考えられる。

- (1) 対話におけるリーダーが目標を移動させる場合。
- (2) 対話におけるリーダーが交替して新たに目標を設定する場合。

一般に、対話をスムーズに進めるためには、話題の転換を話者、聞き手の全員が正確に認識することが不可欠である。しかし、対話のリーダー・シップが移動する場合には、新しくリーダーになった者や聞き手の一部の者だけしか話題の転換を認識できないことが起きるので、話題の転換を明示的に示す発言が使われることも多い。本システムでは、話題管理が、他のモジュールから送られてきたpre-中間形式を基に、対話対辞書から期待される応答分類を抽出し、それを対話対管理へ送る。それに対する対話対管理からの応答と対象の情報、さらにはpre-中間形式に含まれる接続詞情報とから、話題転換の発生の判断を下す。話題転換の判断基準は次の通りである。

<話題転換の判断基準>

対話システムからの問返しに対しての利用者からの入力場面において、ある対話対が成立せず、かつ、対象も変わったとき、話題転換が起きたという。(但し、ここで言う対象とは、pre-中間形式において認識される対象を指す)。

4.6 対話対管理

対話対管理では、話題管理から送られてくる指示に従っ

て対話対スタックへの登録・確認を行うことにより、対話対の管理を行う。さらに、話題転換の発生が確認された場面では、複数個ある対話対スタックの他の対話対スタックへの移動を行う。また、話題転換からの復帰は、移動先の対話対スタックの対話対が閉じたときに、対話対管理が、転換された話題が終了したことを利用者に確認することにより行われる(例の図4.2対話対スタックの動作を参照)。

対話対スタックも文脈情報スタックと同様の理由から、その深さを固定長 n とする。

(例) 話題転換と転換からの復帰

(User1) 開発環境がバッチでプログラム言語がCOBOLのプロジェクトIDは?

(System1)

プロジェクト ID	開発環境	プログラム 言語	制御 プログラム
a	バッチ	COBOL	cics
t	バッチ	COBOL	total
c	バッチ	COBOL	d1/1

(User2) ではプログラム言語がFORTRANのものは?

(System2) その他の検索条件はそのままですか?

(User3) 開発環境のレンジについて知りたい

(System3) 開発環境にはバッチとオンがあります
その他に質問はありますか?

(User4) いいえ

(System4) では先程の話に戻って...

その他の検索条件はそのままですか?

以上に示したように文脈管理、話題管理、対話対管理により対話管理を行うことにより、複数個の話題を取扱ったり、対話の途中で利用者に必要な知識を提供しつつ、協調的な対話を進める機能を実現できる。

5. 検索機能

データベースの検索機能は次の5つが考えられる。

- (1) 条件に合致するデータの検索
- (2) 検索可能性の判定
- (3) 検索結果の説明
- (4) 協調的な応答
- (5) 絞り込み機能

(1)の機能はリレーショナル・データベースの検索であり、その最適化手法の研究[9]が知られている。現時点では、まだシステムの最適化は行っていない。(2)~(4)に関しては、データベース検索の場合、presumptionの処理

(System)開発環境の値は数値ではありません。

開発環境を入力しなさい。

5.3 検索結果の説明

先の 5.1(a) 外延的presumption により検索結果として「NIL 応答」が返された場合には、本システムは、検索条件の値とデータ値の比較、データ間の関係などをもとに、NIL 応答の原因を調べ、それを利用者に説明する。

検索が成功した場合でも、利用者が予期しないような結果が得られる場合はある。例えば、利用者が指定していない検索条件も全て指定したと勘違いする場合はこの例である。このような場合には、システムがその出力を調整したり説明を加えたりする必要がある。

説明の対象には、①適正情報量と②適正情報内容とが考えられる。本システムでは、適正情報量に関する説明機能として、表示画面をはみだす大量の検索結果を得た場合には当該件数を画面上に出力して利用者の指示を待つ。また、適正情報内容に関しては、解のみではなく、検索条件も表示することによって、暗に利用者に対して確認をとるようにしている(5.4例1参照)。

5.4 協調的な応答

利用者が予期しないような状況が発生した場合に、システムが協調的な応答[5,6]をすることにより利用者を助け、以後のシステムと利用者との対話を正しい方向へと導くことができる。協調的な応答としては、

- (a) 誤りの訂正
- (b) 解の変形、要約
- (c) 関連情報の付加

がある。

本システムでは、(a)については、前述のpresumption に対する処理において、誤り原因(NIL応答の原因、検査不可能であることの原因)を表示することにより間接的に実現していると考ええる。

(b)については、データベースの分野に依存した処理が多くなると考えられる為に、本システムでは、そのごく初歩的なものとして単位・位わけなどを扱えるようにした。

また、(c)については、何が関連情報であるかを判定することがポイントとなる。本システムではこれを文脈情報とデータベースの辞書情報を基に判定し、検索結果に付加して表示する。

(例1) presumptionにより予期しない結果が得られた場合の説明(NIL応答)

(User) 終了日> 800年で プログラム言語=COBOL のプ

ロジェクトIDは?

(System)終了日は 1970年<終了日≤1984年の範囲でなければなりません。

「終了日> 800年」と入力されたので該当する解がありません。

(例2)協調的な応答(関連情報の付加)

(例2-1) 4.6節のシステムの解答(System1) (制御プログラムという関連情報)

(例2-2)関連情報

(User) プログラム言語=COBOL でシステム要件書の規模> 600のプロジェクトIDは?

(System)検索結果

プロジェクトID	プログラム言語	システム要件書の規模	システム設計書の規模
a	COBOL	1500	4850
c	COBOL	800	1890

(解)

(関連情報)

(例2-3) 複数個の関連情報

(User)マンナンバ>8100で給料>25万円の従業員は?

(System)検索結果

従業員名	マンナンバ	給料	所属	電話
佐藤	8300	26万円	営業	2970
鈴木	8200	27万円	経理	2835

(解)

(関連情報)

5.5 絞り込み機能

対話において、最初に、より抽象的な対象を見付けて、その後で目標物との相違を考慮しながら目標物を高速に検索できると、利用者は、対話の為に条件を詳細に検討しなければならないことから解放される。その為の1つの機能が絞り込み機能である。

すなわち、検索要求が前回の検索条件と比較してより厳しい場合には、前回の検索結果を利用することができる。これは、前回の検索条件に、さらに条件が追加されている場合である。この効率的な検索機能を「絞り込み機能」と呼ぶ。本システムでは、絞り込み機能を実現していて、絞り込みの場面の判定は、接続詞「そのなかで」、「そのときの」、「さらに」が利用されていることや、検索条件の相対的な強さに従い判定する。

また、解答数に依って決まる「多数解」を次のように定義する。

多数解…解答数が特定の数(n)より大きかった場合の解を「多数解」と呼び、nを「解の規定数」または単に「規定数」と呼ぶ。

対話の過程において、一般に多数解の多くの場合には、絞り込み機能が必要となる。

(例) 絞り込み機能 (多数解処理の例)

解の規定数をn = 20とする。

(User) 開発環境がバッチでプログラム言語がCOBOLのプロジェクトIDは?

(System) 20個以上の解が存在しますが、どうしますか?
次の3つの内から番号で選択して下さい。

1. 表示は不要
2. 指定した個数分だけ表示
3. 全部を表示

(User) 1

(System) 105個の解が存在しました。

(User) そのなかで、システム要件書の規模>250のものは?

(System) 4個の解が存在しました。

開発環境=バッチ、プログラム言語=COBOL

project ID	システム要件書の規模 (ページ)	システム設計書の規模 (ページ)	制御プログラム
a	300	620	c i c s
c	255	354	t o t a l
s	350	765	t o t a l
t	340	450	d l / 1

(注) システム要件書の規模、システム設計書の規模、制御プログラムの3つは関連情報として付加された。

対話において、多数解の概念の役割を次の様に考えることができる。すなわち、人間にとって対話の対象領域は、抽象的なレベルでは非常に大きく取ることができるが、対象領域が具体化される場合には、多数解の概念で示されるように、処理できる量がかなり小さなものになる。

6. ま と め

高機能で知的な計算機システムと人間が対話できる為に必要となる基本的な対話機能について、データベース・システムと人間との対話を対象に検討した。ここでは、各応用分野における専門家の特殊な知識に依存するプランニング機能などの複雑な知識を利用しない範囲で、重要な対話機能の試作検討を行っている。

対話は、制限された日本語により行えるようにし複数文

も利用できる。さらに、代名詞、接続詞、省略表現が使える。対話のリーダー・シップは、ほとんどの場合人間が持ち、人間の指定した大筋に基づいた個々の詳細な目標達成の場面においてのみシステムにリーダー・シップを与えることとした。このため、かなり自由な対話が可能になった。

また、特に対話管理機能については、話題管理、文脈管理、対話対管理の機能やその役割関係を検討し、複数の話題を取扱ったり、対話の途中で利用者に必要な知識を提供しつつ、協調的な対話を進める機能の実現を試みた。ここでは、対話対の管理に基づく、話題転換の認識や話題転換からの復帰の機能を実現し、対話の連結性について考察を加えた。その結果、目的指向型の対話における対話管理では、対話対の管理は基本的であるとともに、対話の連結性の保持や話題転換・復帰機能が柔軟な対話の為の管理に非常に有効であることが認められた。次に、検索機能としては、主に、検索可能性の判定、検索結果の説明、協調的な応答機能について検討した。これらの機能に関してデータベース検索の場合、presumptionの処理機能が重要な役割を果たす。そこで、presumptionの処理がこれらの処理においていかなる機能を果たすかを考察した。さらに、対話の対象領域の変化を認識する為の1つの機能として絞り込み機能を検討した。

今後の課題として次のことを考えている。

- ・応用分野に強く依存するpresumptionの処理によるより進んだ協調的な対話機能を実現。
- ・対話の対象領域の変化に伴う検索結果の要約機能

謝 辞

本研究の機会を戴いた(財) 新世代コンピュータ技術開発機構 研究所 洲一博所長ならびに熱心に討論に参加して戴いた同研究所 國藤進、北上始両主任研究員と平川秀樹研究員に深く感謝致します。

[参考文献]

- 1) Allen, J.F. and Perrault, C.R.: 'Analyzing Intention in Utterances,' AI15, 143-178, 1980.
- 2) Chikayama, T.: 'ESP Reference Manual,' ICOT Technical Report (TR044).
- 3) Grosz, B.J.: 'The Representation and Use of Focus in a System for Understanding Dialogs, Proc. IJCAI-77, pp.67-76, 1977.

- 4) Joshi, A.K.,: 'Mutual Beliefs in Question Answering Systems,' in N. Smith(editor), Mutual Belief, Academic Press, New York, 1982.
- 5) Kaplan, S.J.,: 'Cooperative Responses from a Portable Natural Language Database Query System,' Computational Models of Discourse, The MIT Press pp.107-166, 1983.
- 6) 西田豊明 : ' 対話の計算機モデル (サーベイ) , ' 「対話行動の認知科学的研究」研究会, 2月, 1984年.
- 7) 鈴木他 : ' 日本語質問応答システムにおける知識の応用と利用, ' 信学会 AL82-70, 1982.
- 8) 山梨正明 : ' 対話理解の基本的側面, ' 「対話行動の認知科学的研究」研究会, 2月, 1984年.
- 9) Warren, D.H.,: 'Efficient Processing of Interactive Relational Database Queries Expressed in Logic,' Proc. of VLDB, pp.272-281, 1981.