

関係データベースシステムにおける質問作成・改良の
補助機能をもつ利用者インタフェースの設計と開発

京都大学 工学部 上林 弥彦
武田 浩一
矢島 脩三

1. まえがき

データベースシステムの最も大きな目的は、データベースのもっている情報のうち利用者の欲しいものを効率良く取り出す点にある。しかし、このための質問構成には次のような問題がある。

- (1) 利用者が必ずしも自分の意図を明確に判っているとは限らない。
- (2) 利用者の意図がは、きりとしていても利用者がそれをうまく表現できるとは限らない。
- (3) データベースのもっている情報と利用者の欲しい情報とは必ずしも一致せず、利用者の意図と最も適合する質問を構成しなければならない。
- (4) 質問の意図がは、きりしていても、システムからの応答によ、適宜変えてゆくことができる。

このような問題を処理するためには、利用者とシステムとの対話は必順といえる。

(1) や(4)の問題の解決のためには、出力の抽象化や出力を見た上での質問改良が重要である。(2) はむしろ従来のHELP コマンドの一般などのマニュアルの計算機化や、自然言語インタフェースのように利用者言語を高水準化してシステムがその間の翻訳を受け持つような方法で扱うことができる。(3)のためには、システムの持つ種々の情報を参照する必要があるが、これはいわゆるマニュアル的情報とは異なり、データベースもっているデータに依存する情報である。これは、部分的にはDD/Dの高度化で解決できる。本報告では、(3)の問題及び(4)の問題のかなりの部分を扱うために、関係データベースシステム ARIS で開発した利用者インタフェースの現状について述べる。ここで扱う機能には次のようなものがある。

(1) DD/Dの高水準化によって扱える情報の提供

- 関係名 → それを含むビュー
- 関係名集合 → 結合属性
- 属性名 → それを含む関係名, 関係名, 属性名の意味
- 属性値 → それを含む属性名 / 関係名
- 定義域値上の関係,
- 属性集合 → その中での制約

(2) 利用例検索

- 関係名(集合) → それを利用した質問例
- 関係名 → サンプルデータ

。ビュー名 → それを利用した質問例,

(3) 質問の逐次的構成,

。先の質問の実行結果に対する質問の重ね合わせ

(4) 出力の圧縮による情報の提供

(1),(2)の情報の検索は結合操作を伴わないので、直接それらの関係ファイルの読出して行なっている。ある種のメタ情報より、別のメタ情報が派生していたり、データから直接得られるメタ情報に対しては TRIGGER⁽²⁷⁾システムを利用する必要がある。上記とは別に質問とシステムの制約との間の整合の問題があるが、これについては別に理論的考察を行なっている。

利用者インタフェースの開発は、関係データベースシステム ARIS⁽¹²⁾上で行なっている。ARISは本研究室で開発された関係データベースシステムであり、現在までに作成した約4000件の文献情報のデータベース⁽¹³⁾の上で、利用者言語RLB⁽¹⁴⁾、質問処理方式⁽¹⁵⁾、アクセスパス方式⁽¹⁶⁾などの研究を行なっている。

2. 利用者インタフェースと利用者言語

関係データベースシステムの開発において、特に重要であるのは、システムの持つ高度な利用者言語の提供、および利用者から見た論理的なデータの構造と、システム内部での論理的、物理的なデータの構造を分離してデータ独立を図ることなどである。このような目的を達成するために、利用者イ

インタフェースの持つ意義は大きい。

現在では、一般の利用者に対して、さらに使いやすさを考慮した自然言語に基づく利用者言語インタフェースの研究⁽⁶⁾や、推論をとり入れた質問の処理⁽²³⁾、もう一方では、システムの持つメタデータを利用者⁽⁸⁾⁽⁹⁾に提供する DD/Dの研究⁽⁸⁾⁽⁹⁾や、その拡張として DD/D システムの研究⁽²⁴⁾など、種々の方向から利用者システムとの結びつきを重視した研究が報告されている。

本稿の利用者インタフェースは、システムの提供する利用者言語とは独立な補助手段として質問作成補助機能を提供しているが、このような手法の得失を列挙すると、

- (1) システムにかかわらず汎用的な補助手段を提供できる。
- (2) 質問の作成・改良に本質的な機能を実際的な形で提供できる。
- (3) 言語では十分に扱えないデータの性質や関係表の意味の表示など多くの拡張性がある。
- (4) 利用者のレベルに応じて自由な利用ができ、特に一般の利用者には有用な情報の提供が容易に行なえる。

これらの長所が考えられるが、一方

- (5) 最終的にシステムで使用できるようにするには、何らかの言語によってこれらの機能を表現する必要がある。従って完全に言語と独立ではありえない。

- (6) システムの質問の最適化や処理機構とのインタフェースや、

1つの質問の実行に対してコスト(情報の提供などによる)が高いなどの問題がある。といふ短所もあり、本報告での手法の評価は今後の課題である。

データベースシステムに対する利用者の要求には、データの検索、更新、ビューの定義などがあり、これらを総称して質問あるいは問い合わせということにする。QUELあるいはRLBのように、組変数を用いた一階述語論理に基づく利用者言語において、データの検索のために用いる質問は、組変数定義文、出力項目文、制限文から構成される。組変数定義文は、検索の対象となる関係名を変域とする組変数の定義を行ない、それぞれ組変数がとる組ごとに、制限文で定められた条件を満たすかどうかを評価するために必要である。出力項目文は検索の結果に対して、出力したい項目を属性単位で指定する文である。制限文は検索したいデータが満たすべき条件を定める文である。

組変数定義文で定義される変数を $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ とする。出力項目文は、 $T(x)=(T_1(x), T_2(x), \dots, T_m(x))$ なる関数の集合で各 $T_i(x)$ に射影が対応する。制限文は論理関数 $B(x)$ で表現される。制限文の形式を次のように定める。

R_1, R_2 を関係とし、 x, y をそれぞれの関係表を変域とする組変数とする。関係 R_1 の属性を A_1, A_2, A_3 、関係 R_2 の属性を B_1 とし、

v を属性 A_1 の属性値, θ は 2 項演算子, c を定数とするとき,

$$(1) X.A_1 \theta v \quad (X.A_1 \text{ は組変数 } X \text{ がとる組における属性 } A_1 \text{ の値を示す。})$$

$$(2) X.A_2 \theta X.A_3 + c$$

$$(3) X.A_1 \theta Y.B_1$$

を制限文における項 (term) という。(1) (2) は制約に対応し、(3) は結合に対応する。(3) の形をした項を結合項 join term という。

これらの項を用いて制限文 Q は

$$Q = q_1 \wedge q_2 \wedge \dots \wedge q_k$$

$$q_j = Y_1^j \vee Y_2^j \vee \dots \vee Y_{s_j}^j \quad (s_j \geq 1, 1 \leq j \leq k)$$

ただし Y_i^j は項である。

と表わされ、和積形 (conjunctive form) であるという。

従って質問は、次の形式で書かれる。

・組変数定義文: $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$

・出力項目文: $T(X) = (T_1(X), T_2(X), \dots, T_m(X))$

$$T_i(X) = X_j.A_k$$

・制限文 $B(X) = \bigwedge_p (\bigvee_q Y_{pq})$

質問の制限文から任意個の項をとりのぞいて得られるものを部分質問という。

3. 質問作成・改良の補助機能 - 質問作成補助機能

3.1 関係データベースシステムにおける質問の作成・改良

関係データベースシステムにおいては、データは正規形の

条件を満足する多くの関係表に分解して蓄えられている。利用者が質問を構成する場合には、これらの関係表の意味をはじめとして、結合を行なえる属性名など多くの知識を必要とし、また、そのような知識によって質問を構成し、実行した結果が満足できるものでなければ、さらに質問を重ねる必要がある。本稿では、このような利用者の質問の作成と改良を補助する機能について考察する。質問の作成と改良という過程を次のように定める。

質問の改良とは、先に行な、た質問の実行結果の分析などから得られた情報により、質問を新たに作成したり、先の質問を部分的に変更したり、条件を付加することである。

質問の作成を補助する機能は、以下の3種に大別される。

(1) 関係表のもつ意味の表現

質問作成のうえからは、関係名だけでなく種々の意味情報が必要であり、関係表のもつ意味、関係表相互の関係の表現や、ある概念⁽²⁵⁾を表わす関係表の検索が行なえる機能を提供する。

(2) 定義域値における性質の表現

あるデータの値を指定して、その値を持つ属性を含む関係を検索する関係名検索や、ある定義域値における包含関係や同値関係を索引の形で表現し、利用者が参照できるような機能である。

(3) 関係表の使われ方の検索

システムのライブラリに、標準的なビュー、質問、マクロ命令を登録しておく。利用者は、質問を行ないたい関係名(集合)をX-として、これらの関係を用いたビュー、質問、マクロ命令を参照したり、実際に利用することができる。また基底関係については、そのサンプルデータの表示も考えられる。このような実例による直観的な知識は、利用者にとって極めて有用であると思われる。

質問の改良には、先に行なう質問の実行結果の分析が重要となることが多い。場合によっては、新たに質問を作成しなおすこともあるが、一方、先の実行結果に付加的な条件を与えるだけでよいこともある。このような質問の改良のための補助機能として、

(4) 出力を圧縮した情報の提供などの、実行結果に対する分析機能と、先に行なう質問の実行結果に対して質問を行なえる機能が考えられる。

この他に、従来から考えられていた機能を列挙する。

- 質問のマクロ定義…利用者言語のあるまとまりを、簡単に使えるように名前をつけて定義したものであり、パラメータを与えることもできる。
- 質問実行のモード…利用者言語による質問が、文法的に正

しいかどうかを調べるコンパイルモード、データの検索において質問の条件を満足する組の数を求めるモード、答の表示までを行なうモードが考えられる。

- 2項演算機能… 2項関係の定義や、ブール演算、推移的閉包操作を行なえる機能である。

本稿では、以上のような機能を総称して、質問作成補助機能と呼び、利用者の質問の作成改良を補助するという観点から考えられる必要な機能を、従来から関係データベースシステムに見られた機能とともにトップダウン的に考察し、提案することを意図している。

次に上記(1)~(4)の機能をより詳細に考察する。

3.2 質問作成の補助機能

3.2.1 関係表のもつ意味の表現

関係データベースシステムでは、一般に、質問を作成しようとする利用者は、システムのもつ関係表について、その関係名と属性名を一覧したり、各関係表の相互関係を調べたりすることが考えられ、さらに各関係表の意味や、その関係表に対するコメントが参照できると有用である。

また、多数の関係表が存在するシステムでは、ある特定の概念を表現する関係表を検索できるように索引を用意することが考えられる。これは次のような機能としてまとめられる。

機能1: システムのもつ関係表について、その関係名、属性名やその意味、コメントなどを参照できる。またシステムに登録されているビューについて、その定義、属性名、コメントや、ビューの作成者名、そのビューが実際に使用された回数などを参照できる。

機能2: 関係表相互の関係を表示する。結合可能な2つの関係表は、結合によって新たな関係表を作り出せる。このような関係表を、その関係名と結合可能な属性名の表示によって明らかにする。正規形の条件を満たさない関係表は、一般に、正規形となる関係表に分解されるが、この分解された関係表から、もとの関係表を得るために行なう結合と、そうでない結合があり、表示の際に区別をつけるようにする。また、関係表が再帰性をもつものや、階層性(関係表の包含関係や、関数従属性がある属性間に存在するものなど)も表示する。

機能3: 多数の関係表があるシステムでは、各関係表のもつ概念を見出しとした索引を構成し、各見出しから、その概念を表わす関係表を検索できるようにすることが考えられる。

3.2.2 定義域値における性質の表現

質問を作成するときに、関係表単位に考えるだけでなく定義域を今がかりとすることが考えられる。ある定義域値から、

その値をもつ属性名/関係名が求められれば、質問の対象となる関係表や属性を、実データについての情報から限定したり、検索したりできる点で重要である。

また、関係データベースでは、ある関係表の定義域値に包含関係や同値関係が存在していても、その関係表の上ではそれらの関係は反映されない。別に関係表を作り、この定義域値における包含関係や同値関係を表現することができるが、利用者に対して、それらの関係を理解しやすく表示する工夫が必要であると思われる。

このような機能として、以下のものを考えている。

機能4:ある定義域値が現われている属性名あるいは関係名/属性名を求めることができる。

複数の定義域値に対して、機能4を利用することによって、定義域値間の関係を調べるといった応用も考えられる。

機能5:定義域値に存在する包含関係や同値関係を表示する。

例えば、文献の分類番号という定義域値には、大分類から細分類に対応する包含関係が存在している。このような包含関係を用いて、分類番号という属性を含む関係表を、言わば横割りにした形で理解することができる。

3.2.3 関係表の使われ方の検索

質問を行なう関係表やビューが定まり、その属性名や意味な

どがわかれば、それらの関係表・ビューに対して利用者言語によって質問を記述すればよい。利用者言語の表現能力や、記述の容易さなどは、システムの提供する利用者言語によって異なるが、それらの言語を用いた質問の実例を表示することで、直観的な意味で、質問の作成を補助できる。また、利用者言語にマクロ定義を許していれば、それらのマクロ定義文の実例を参照、利用したり、個人で新たにマクロ文を定義して使用することにしたり、より質問の記述を容易にできる。

このような質問やマクロ文、あるいはビューの定義において、実際に関係表がどのように使われているかを、質問を行なおうとする関係名(集合)をキーとして参照できれば、個々の利用者の目的に応じた表示が可能となり、質問の作成の補助機能として有用である。これを機能6として次に示す。

機能6: システムのライブラリに、標準的なビュー、質問、マクロ定義文を登録しておく。利用者は関係名(集合)を与えて、それらの関係を用いたビュー、質問、マクロ定義文を参照、使用することができる。

また、この他の機能として、

機能7: 関係のもつデータの一部を、サンプルデータとして表示する。

というものがある。これも同様に、関係表のもつデータの情

報が、質問の作成に役立つことを期待している。

3.3 質問改良の補助機能

質問の実行結果の分析には、実行結果の出力の制御や、種々の応用プログラムによる異なる出力形式での表示、実行結果の圧縮による情報の提供が考えられる。

実行結果の出力の制御とは、一度に出力する組の数を制限したり、出力の最初あるいは最後のいくつかの組だけを別に表示することである。出力される組の数が多い時などには、部分的な出力で十分なこともあり、また次に述べるソートやクラスタリングの応用プログラムによる表示と併用することで、利用者にとって、実行結果の把握、あるいはその一部から重要な概念を引き出すうえで効果的な手段であろう。

種々の応用プログラムによる出力形式の指定とは、例えば文献情報に対するMULTI-KWIC⁽²⁶⁾や、SUBJECT-DISTRIBUTION⁽²⁶⁾のような、データのクラスタリングを行なうものや、順序付け(オダリング)の定義によるソートプログラム、単純なソートプログラムまでの各種のプログラムによって実行結果を出力し、通常の順次出力では気がつかないような出力データ相互の関連性や類似性を明らかにするものである。

実行結果の圧縮とは、実行結果そのものを表示するのではなく、実行結果を統計的に加工した情報、例えば、組の各属

性値の個数(Cardinality) 平均値, 総和, 上下限值などの数的情報や、定義域値の包含関係などを利用した上位レベルの情報提供を意味する。このようにして得られた情報から、大域的なデータの特徴を知ることができ、特に、出力された組の数が多く、答をさらに絞りたい場合などに有用である。

次に上記のようにして得られた情報から、新たに質問を作成したり、質問の制限文の変更や、条件の付加などを行なう場合を考える。

質問を作成しなおしたり、制限文を変更する場合には、先に行なうた質問の実行結果を利用できないが、条件を付加する場合には、この実行結果に対して、付加条件だけの質問を与えるだけで、新たに始めからのデータ操作によって実行結果を生成する必要がないことがある。このような質問の実行方式によって、一般に 트리-状の質問の重ね合わせが可能である。ただし重ね合わせることができる質問の種類は、その実行結果に対する制約条件によって限定され、しかも重ね合わせは必ず論理積として扱われる。これは、4.3節で述べる。

以上の機能をまとめると、

機能8: 実行結果の出力の制限機能(図3.1)

機能9: 応用プログラムによる種々の出力形式の指定(図3.2)

機能10: 実行結果の圧縮情報の提供機能(図3.3)

機能 11: 質問の重ね合わせによる実行方式(図 3.4)

質問の制限文を変更する場合でも、定義域値に包含関係のあるものに対する制約は、意味のうえから近似したり、強めたりできる(図3.5)

| AUTHOR |
|-----------------|
| CODD, E. F. |
| DATE, C. J. |
| FAGIN, R. |
| HAMMER, M. |
| ⋮ |
| SMITH, D. C. P. |
| SMITH, J. M. |
| STONEBRAKER, M. |
| ULLMAN, J. D. |
| ZLOOF, M. M. |

(実行結果)

(1) LIMIT 2

CODD, E. F.
DATE, C. J.

⋮

FAGIN, R.
HAMMER, M.

⋮

(2) TOP 3

CODD, E. F.
DATE, C. J.
FAGIN, R.

(3) BOTTOM 4

SMITH, J. M.
STONEBRAKER, M.
ULLMAN, J. D.
ZLOOF, M. M.

(図3.1 実行結果の出力の制御機能)

4. 利用者インタフェースの設計

4.1 利用者インタフェースの構成と特色

第3章で述べた質問作成補助機能は、利用者が会話的に利用できることを考慮して、利用者インタフェースによって提供することが効果的である。本稿で述べる利用者インタフェースの詳細な構成図は図4.1に示した。図に示しているように、

PIRO 7612-1B3 LANGUAGES
 BARR 7708-1J1 LANGUAGE
 JOSHK7708-1J3 LANGUAGE
 SCHE 7708C1E61 LANGUAGE
 WALT7708-1J1 LANGUAGE
 LORIN7804-1C4 LANGUAGE
 PREM7806-1D4 LANGUAGE
 POET7812-1J1 LANGUAGE
 HARD 7212-1C3 LANGUAGE
 HUIT 7501-1C1 LANGUAGE
 BARTH7501-1C26 LANGUAGES
 CHERS78 -1C1 LANGUAGES
 HART 7508-1C26 LANGUAGES
 YANG7811-1E3 LANGUAGES
 DELL7708-1J1 LANGUAGE
 DESSJ73 -1B2 LANGUAGE

*S AND THEIR MANIPULATION IN * FOR THE RELATIONAL DATABASE MODEL *EXPLICIT DESCRIPTION O
 OF INFRENCING IN + *APPROXIMATE RESPONSES FROM A DATABASE QUERY SYSTEM : AN APPLICATION
 *CONCEPTS OF A DATABASE SIMULATION *
 *WRITING A NATURAL * DATABASE SYSTEM
 *AM ACCESS SPECIFICATION * FOR A RELATIONAL DATABASE SYSTEM
 *PROGRAMMING * FOR RELATIONAL DATABASE SYSTEMS
 *NATURAL * AND VOICE OUTPUT FOR RELATIONAL DATABASE SYSTEMS
 *BOLTS : A RETRIEVAL * FOR TREE-STRUCTURED DATABASE SYSTEMS
 *REQUIREMENTS FOR * IN DATABASE SYSTEMS
 *FOR SPECIFYING PROTECTION REQUIREMENTS IN DATABASE SYSTEMS (PART 1)
 *ON DATABASE SYSTEMS VIEWED AS PROGRAMMING
 *FOR SPECIFYING PROTECTION REQUIREMENTS IN DATABASE SYSTEMS - A SEMANTIC MODEL
 *NATURAL * DIALOGUE WITH DATABASE SYSTEMS : DESIGNING FOR THE ME
 DIGAL ENVIRONMENT *BEST-MATCH QUERYING IN GENERAL DATABASE SYSTEMS : * APPROACH
 RAL * INPUT SYSTEM WITH PROVISION FOR NATU
 AS+ *AN EXAMPLE OF PROGRAMMING USING THE CODASYL DATABASE TASK GROUP PROPOSAL WITH COBOL LANGUAGE

DATA DICTIONARY/DIRECTORY (H1) 13

| | | | | | | | |
|------|-------------------------------|------|------|--|---|---|---------------|
| 1970 | 1971-74 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
| | PLAGAT212-1H1 UHRO 73 -1H1 | | | RCS 77 -1H1 RCS 7703-1H1 GRAY 77 -1H1 EHRE 7706-1H1 | CLAR 7812-1H1 SHARW7809-1H1 TORIT7809-1H1 | NOTA 7911-1H1 SCHRR79 -1H1 TSURH7912-1122 | RISC 8010-1H1 |

DATA MANIPULATION LANGUAGES (C3) 43

| | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|---|-------------|--|---|--|
| 1970 | 1971-74 | 1973 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
| CODA 6204-1B5 DRFS 7003-1C3 FOX-E6908-1C3 SMIT 7002-1C3 | RAIC 7211-1C3 HARD 7212-1C3 HEBD 73 -1C3 NICH 7207-1C3 ALTS7403-1C3 LUCK 7403D1C2 HEHLE7403-1H2 PARSD7403-1C3 SCHWB7408-1C3 FEHD 7411-1C3 | GERA 7501-1B2 HILL 7509-1C3 | BULLC7601-1C3 DALXEL7604-1C3 DEHEM7606-1C3 FEINM7603-1C3 HOUS7603-1C3 SNEE 7610-1C3 TSIC 7606-1C3 | BONC 7 -1C3 | FIDR 7806-1C3 MYLOB7805-1C3 NATIS7805-1H2 NOHT 7812-1C3 | COMLC7911-1C3 LEPK#7910-1C3 LIPSN79 -1C3 LUSKOT912-1C3 MCCUP7912-1C3 SHAP 7908-1C3 SHOS 7912-1C3 SKUC 7901-1C3 | CATT 8005-1C3 MARYR8005-1C3 STUD 8010-1C3 WILSH8010-1C3 |

3.2 MULTI-KWIC (上) の SUBJECT-DISTRIBUTION による
 子-2 の出力例 (参考文献(13)より)

[Result]

| AU | ID | CA |
|-------|-------|-------|
| ===== | ===== | ===== |

|AU| = 3
 |CA| = 21
 NUMBER OF TUPLES = 74

図3.3 実行結果の抽象化

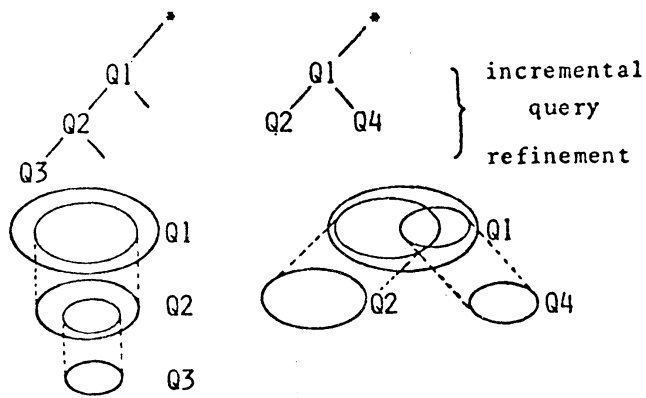


図3.4 質問のトリ-状の重ね合わせ

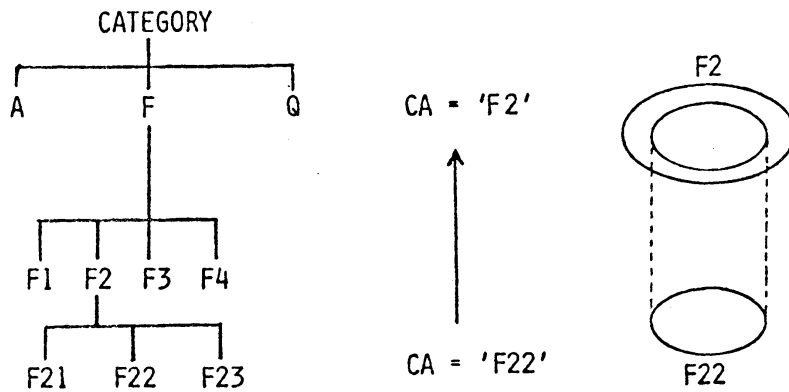


図3.5 定義域値の包含関係を利用した制約の変更

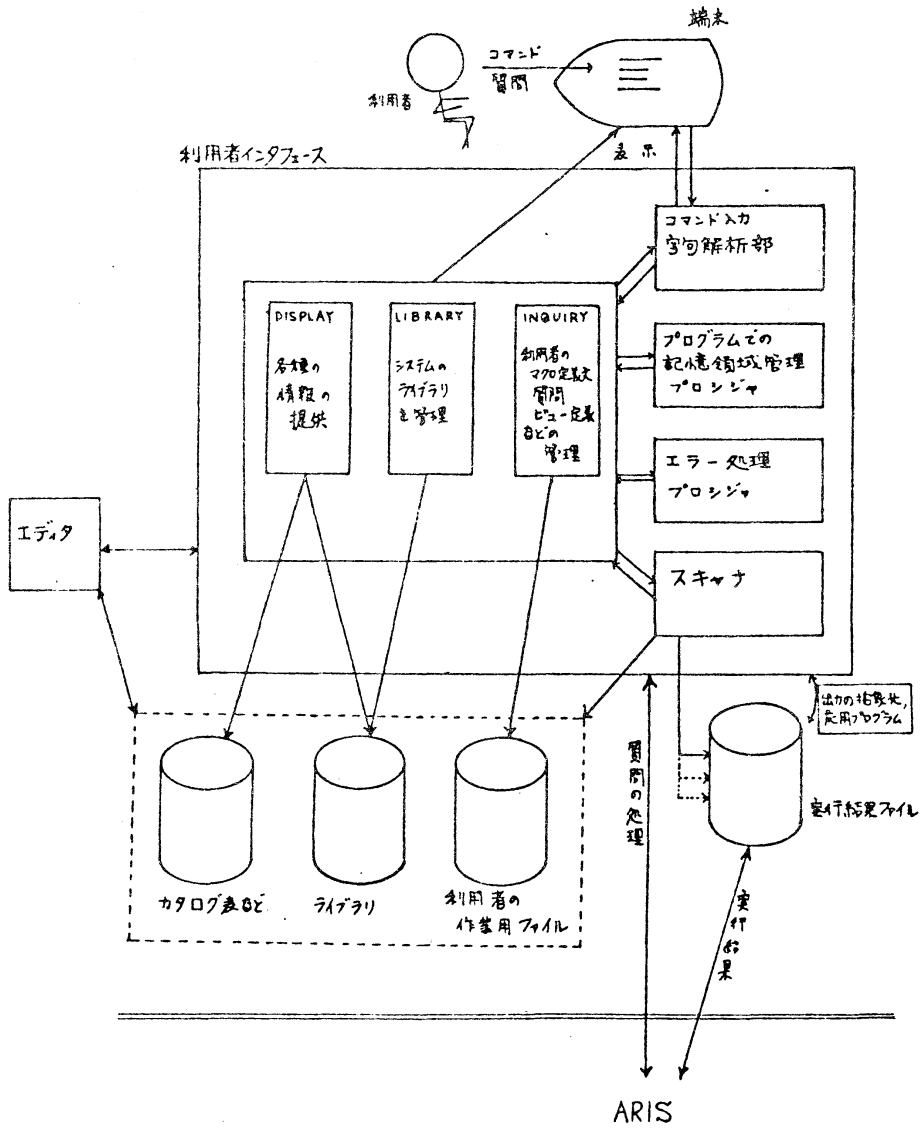


図4.1 利用者インタフェースの構成

主要なモジュールは3つあり、各種情報の提供を行なうDISPLAY、システムのライブラリの提供を行なうLIBRARY、利用者が質問の作成、改良、実行を行なうINQUIRYとして用途に応じてモジュール化されている。それ以外の手続き群は主として利用者コマンドの処理、実行結果の管理などに用いている。

ARISにおける質問の処理過程は、(1)RLBC書かれた質問の構文解析、(2)質問文の最適化、妥当性判定、(3)質問の実行(データ操作、実行結果の表示)の3段階に分けられる。利用者インタフェースでは、さらに、先に行なった質問の実行結果に対して質問を加える過程を、ファイルを走査するスキャナを用いて実現している。

本稿で述べる利用者インタフェースの特色としては、第3節で述べた、言語と独立な補助手段である質問作成補助機能の実現により、

- (1) 関係名、ビュー名から、その関係、ビューの属性名、その意味、コメントなどの各種の情報を提供できる。
- (2) 関係表相互の関係を表示できる。
- (3) 定義域値における性質を表示できる。
- (4) 関係名そのものの検索を種々の形で補助できる。
- (5) 質問の実行結果の分析や質問の改良を補助できる。

という点が挙げられる。さらに

- (6) 利用者インタフェースの提供する機能は、簡単なコマンドにより、て利用できる。
 - (7) 利用者言語の表現能力を維持したうえで、マクロ定義、各種の暗黙指定や省略形式とい、たプログラミング言語に見られる実用的な方法の導入を図、っている。
 - (8) 質問の実行や、各種の情報の提供を行なうモードをとり入れ、利用者は会話的に各モードを切り換え、利用することで、質問の作成や改良をさらに効率良く行なえる。
- とい、た実用的な特色をもつ。

4.2 質問の実行方式

4.2.1 部分質問の結合による質問の構成

部分質問は一般に、ある質問の制限文から任意個の項をとり除いて得られるようなすべての質問を意味するが、本稿では、先に行な、た質問の実行結果に対して、出力項目の変更(なくてもよい)とその実行結果に付加する条件を与える質問を部分質問と呼ぶ。このとき、実行結果に付加する条件は論理積として評価される。付加する条件を与えられれば、最終的に得られる答えは、初めの質問の条件とその後に加された条件の論理積を条件とする1つの質問Qを実行した結果に等しい。従、て、Qに関して、付加条件は、一般の意味で部分質問にな、っている。

(i) 関係名, ビュ-名の表示は, そのほか,

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| <u>NAME R ... 関係名の表示用コマンド</u> | <u>NAME V ... ビュ-名の表示用コマンド</u> |
| * RELATION * | * VIEW * |
| AUTHOR | CO_AUTHOR |
| CATEGORY | BIB1 |
| DOCUMENT | |
| REFERENCE | |

のように表示する。

(ii) 関係名, ビュ-名の指定による, そのほかの関係, ビュ-の意味, 定義などの情報の表示

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| <u>MEANINGS R { 関係名 }</u> | <u>MEANINGS V { ビュ-名 }</u> |
| * RELATION名 * | * VIEW名 * |
| * その意味 * | * コメント * |
| * コメント * | * 属性名 * * 定義域 * * 属性の * 意味 |
| * 属性名 * * 定義域 * * 属性の * 意味 | |

また ビュ-に対しては, 以下の表示を行う。

DEFINITION { ビュ-名 }

* VIEW名 *

* ビュ-作成者名 * * 参照回数 *

* コメント *

* 定義文 * どのように定義文以外に作成者名, 参照回数を表示する。

(iii) ある関係名の指定により, その関係表と相互関係がある関係表の関係名, 結合できる属性や結合の種類を表示する。

RELATIONSHIP AUTHOR

| | | | | | |
|---------------|----------|-----------|---------|----------|----------|
| * 関係名 * | * 結合属性 * | * 結合属性 * | * 関係名 * | * 結合属性 * | * コメント * |
| AUTHOR - ID : | ID - | CATEGORY | U | | |
| AUTHOR - ID : | ID - | DOCUMENT | U | | |
| AUTHOR - ID : | ID - | REFERENCE | U | | |
| AUTHOR - IC : | ID - | AUTHOR | NU | | |
| AUTHOR - ID : | IDF - | REFERENCE | NU | | |

ある(関係名, 関係名)の指定により, その2つの関係表の相互関係を表示する。

RELATIONSHIP AUTHOR, CATEGORY

| | | | |
|---------------|------|----------|---|
| AUTHOR - ID : | ID - | CATEGORY | U |
|---------------|------|----------|---|

図4.2 利用者インタフェースにおける各種の機能例

```

READY
  DISPLAY
: INDEX CA
ROOT  CATEGORY
  A  GENERAL REFERENCES
    :
  F  QUERY PROCESSING
    :
  P  INFORMATION THEORY
  Q  OTHER RELATED TOPICS IN COMPUTER SCIENCE
: NODE F
F  QUERY PROCESSING
  * F1  BOOLEAN QUERY PROCESSING
  F2  RELATIONAL QUERY PROCESSING
  * F3  QUERY PROCESSING ALGORITHMS - OTHERS
  F4  VIEW PROCESSING
: NODE F1
NONE
: NODE F2
F2  QUERY PROCESSING
  * F21  PROCESSING OF RELATIONAL EXPRESSIONS
  * F22  JOIN OPERATIONS
  * F23  ACCESS PATH SELECTION
: END
DISPLAY (現在 DISPLAY モードにありません)
  
```

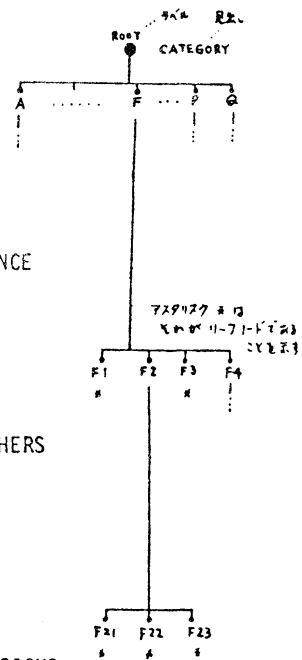


図4.3 文献の分類番号に対する索引の参照例

先に行な、た質問の実行結果に、このような部分質問を重ね合わせていけば、一度には与えにくい条件をもつ質問を、段階的に実行できることになる。ただし、ある種の質問の実行結果には、部分質問が重ねられない。これを、質問グラフによって説明しているのが図4.4である。質問 Q1は2つの非連結な質問グラフをもつので、Q1の実行によって得られた答えは1つの実行結果として見ることはできず、一般に部分質問が重ねられない。Q1のような質問以外では、部分質問を重ねられる。

部分質問を重ねる実行結果をコマンドで制御できるようにして、一般に部分質問をトリ-状に重ね合わせることができる。図4.5では、Q2の実行結果に対して ON コマンドを用いて、Q1,Q2 を別々に実行している。Q1の実行結果に対しては、INCREMENTALコマンドを用いて Q5,Q6 を重ね合わせて実行している。なお Q1,Q2 の実行には何の指定もなく、独立な質問であるとみなされる。

4.2.2 質問実行の効率化

質問の実行結果はファイルに格納できるあいだは順に貯えられ、あふれが発生したときは古いものから捨てられる。

ON コマンド, INCREMENTALコマンドによる質問の実行結果は、コマンドで指定された実行結果の部分集合となるから、指定

$$\begin{aligned} \text{質問} \quad & \begin{cases} X = (X_1, X_2, \dots, X_n) \\ T(X) = (X_1 \cdot A_k, \dots, X_j \cdot A_l) \\ B(X) = \bigwedge_p (V_{pq} Q_{pq}) \end{cases} \\ \text{質問グラフ} \quad & Q(V_1, E_1) \text{ は} \end{aligned}$$

$V_1 = \{ X_i \mid X_i \in X \}$ なる節点集合をもつ。

$E_1 = \{ (X_i, X_j) \mid (X_i \cdot A_k = X_j \cdot A_l) \in \{ Q_1, Q_2, \dots, Q_p \} \}$

なる無向枝集合をもつ。制約操作は対応する組変数の節点に入る波形の有向枝で示し、出力項目の射影操作は対応する組変数の節点から出る波形の有向枝で示す。

<例>

質問 Q_1

```
RANGE X OF AUTHOR
RANGE Y OF DOCUMENT
RANGE Z OF CATEGORY
GET X.ID
WHERE X.AU='CODD,E.F.'
      AND (X.ID=Y.ID OR X.ID=Z.ID)
      AND (Y.PA='ACMTODS'
           AND Z.CA='F21'      @
```

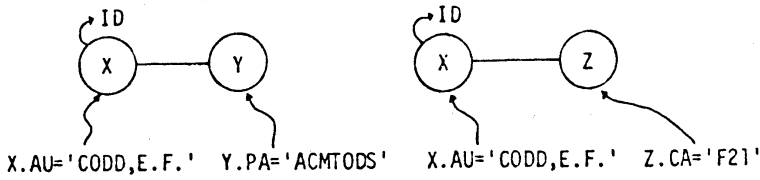


図 4.4 部分質問を重ねられるい質問の例

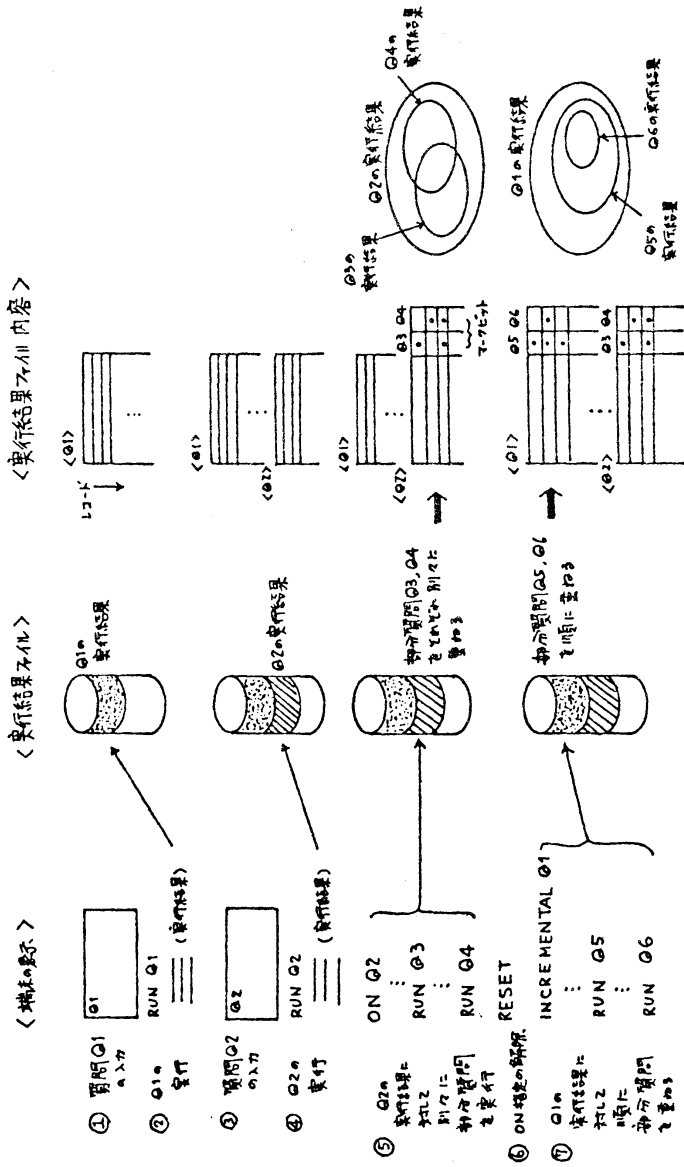


図4.5 質問の実行方式

コマンドの説明

(i) ON 質問名

ON コマンドは、おの質問の実行によって得られた答の組にに対し、部分質問を重曲のよりに指定する。ON コマンドの後に実行される質問は、ON コマンドで指定された質問に對する部分質問であるといふことができる。左に、左の質問は、右のON コマンドで指定された質問の実行結果に適用される。

(ii) INCREMENTAL 質問名

INCREMENTAL コマンドは、ON コマンドで、各部分質問を独立に適用してに対し、以後の質問は順に前処理として実行してゆく点がある。

された実行結果の各組に、その後適用された部分質問を満足するか、しないかのマークビットを加えるだけでよく、ファイルの容量をほとんど変化させない。

5. 結論

本稿で述べた利用者インタフェースは、利用者自身に大きく委ねられていた質問の作成・改良の負担を軽減し、質問の実行結果が利用者の意図を満足するものとなるまでに要する時間やシステムの質問の処理量を改善する試みとして開発している。

今後の本システムの拡張として、次のものを考えている。

- 各種のカタログ表やメタデータは、関係表として蓄えられており、これらの表に対して通常の関係表操作を行なえるようにする。

- 上記の表に記述されている情報は、基底関係やビューに対し更新があると、その影響が波及するので、これらの更新操作を TRIGGER⁽²⁾として、カタログ表やメタデータの内容を自動的に更新できるサブシステムを考えたい。

- 意味情報のとり扱いを拡張して、関係表に存在する制約(例えば、従属性など)を表現し、これらの定形的な情報を用いて新たに情報を得る機構を考えたい。

謝辞 本稿の作成に貴重な御助言、御討論いただいた神戸大学教養部 田中克助氏、Le Viet Chung氏をはじめとする研究室の皆様へ感謝いたします。

参考文献

1. Codd, E.F.: 'A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks' CACM, Vol.13, No.6, pp.377-387, 1970.6
2. Cattell, R.G.G.: 'An Entity-based Database User Interface' Proceedings of ACM-SIGMOD 1980 International Conference on Management of Data, pp.144-150, 1980.5.14-16
3. James, E.B.: 'The User Interface' The Computer Journal, Vol.23, No.1, pp.25-28, 1980.2
4. Codd, E.F.: 'Seven Steps to Rendezvous with the Casual User' Proceedings of IFIP Working Conference on Data Base Management, pp.179-200, 1974.4
5. Mylopoulos, J., Borgida, A., Cohen, P., Roussopoulos, N., Tsotsos, J. and Wong, H.K.T.: 'TORUS: A Step towards Bridging the Gap between Data and the Casual User' Information Systems, Vol.2, No.2, pp.49-64, 1976
6. Frowse, P.H. and Johnson, R.G.: 'A Natural Language data base Interface to the User' The Computer Journal, Vol.23, No.1, pp.22-25, 1980.2
7. Codd, E.F.: 'Extending the Database to Capture More Meaning' ACHTODS, Vol.4, No.4, pp.397-434, 1979.12
8. The British Computer Society: 'Data Dictionary systems Working Party Report' The British Computer Society, 1977.3
9. Uhrowczik, P.P.: 'Data Dictionary/Directories' IBM Systems Journal, Vol.12, No.4, pp.332-350, 1973
10. Clark, J.D.: 'A Utility for the Generation of a Preliminary Data /Dictionary Directory' Proceedings of ACM 73 Annual Conference, pp.142-146, 1973.8.27-29
11. Sharman, G.C.H. and Winterbottom, N.: 'The Data Dictionary Facilities of NDB' 4th VLDB, pp.186-197, 1978.9.13-15
12. Kambayashi, Y., Konishi, O., Tanaka, K., Le Viet, C. and Yajima, S.: 'Relational Model Based Research Information System ARIS' Yajima Lab. Research Report, No.ER79-06
13. Kambayashi, Y. (Ed.), Konishi, O., Tanaka, K. and Le Viet, C. (Ed. Ass.): 'Database - A Bibliography Vol.1' Computer Science Press, 1981
14. Kambayashi, Y., Tanaka, K. and Yajima, S.: 'A Relational Data Language with Simplified Binary Relation Handling Capability' 3rd VLDB, pp.338-350, 1977.11
15. 田中克己, 山田幹雄, 上林弥彦, 矢島備三, 山村正光: '関係データベースシステム ARIS における質問処理系の設計と開発' 信学技報, EC79-86, 1980.3
16. レグレスト・フン, 今井保雄, 上林弥彦, 矢島備三, 田中克己: '拡張された命令型インデックス R1S を用いたデータ操作処理系の設計と開発' 信学技報, EC79-87, 1980.3

17. Codd, E.F.: 'Further Normalization of the Database Relational Model'
Proceedings of COURANT Computer Science Symposium 6, Data Base Systems,
pp.33-64, 1975.3
18. Fagin, R.: 'Multivalued Dependencies and a New Normal Form for Relational
Databases' ACM TODS, Vol.2, No.3, pp.262-278, 1977.9
19. Codd, E.F.: 'Relational Completeness of Database Sublanguages'
Proceedings of COURANT Computer Science Symposium 6, Data Base Systems,
pp.69-98, 1975.3
20. Bancilhon, F.: 'On the Completeness of Query Languages for Relational
Data Bases' Proceedings of the 7th Symposium on Mathematical Foundations
of Computer Science, Lecture Notes in Computer Science 64, pp.112-123,
1978.9.4-8
21. Stonebraker, M., Wong, E., Kreps, P. and Held, G.: 'The Design and Implemen-
tation of INGRES' ACM TODS, Vol.1, No.3, pp.189-222, 1976.9
22. ANSI/X3/SPARC: 'Interim Report' FDT Quarterly Bulletin of ACM-SIGMOD,
Vol.7, No.2, 1977.2
23. Hammer, M. and Zdonik, S.B., Jr.: 'Knowledge-based Query Processing'
6th VLDB, pp.137-147, 1980.10.1-3
24. Hotaka, R.: 'The Design of a Data Dictionary/Directory System'
Proceedings of the 13th IBM Computer Science Symposium, The Working
Conference on Database Engineering, Software Engineering Series
No.1, IBM Japan, pp.I-37 - I-52, 1979.11.17-19
25. Smith, J.M. and Smith, D.C.P.: 'Database Abstraction: Aggregation and
Generalization' ACM TODS, Vol.2, No.2, pp.105-133, 1977.6
26. Yajima, S., Kambayashi, Y., Konishi, O., Tanaka, K., Le Viet, C. and Kato, T.
: 'Bibliographic Information Processing Facilities for Relational
Database System ARIS' Proceedings of the 13th Hawaii International
Conference on System Sciences, pp.198-207, 1980.1.3-4
27. Eswaran, K.P.: 'Specification, Implementation and Interactions of a
Trigger Subsystem in an Integrated Database System' IBM Research
Report, No.R. 1820(26414)
28. 上林 雅彦, 武田 浩一, レザイト・チン, 矢島 靖三, 田中 克己: '関係データベース
における質問作成補助機能' 関西連大, G8-26, 1980.11.