

リレーショナルデータベースを用いた 統計検索機能と実現方式

小菊一三 神尾視教 森元逞
(日本電信電話公社 横須賀電気通信研究所)

1. はじめに

統計データベースに関する研究動向にはおおむね三つの流れがある。第一は膨大な量を誇る統計データの物理的格納の問題である。これには *transposed-file* と呼ばれる統計向きのファイル物理編成 [9] 等の提案がなされている。第二に要約データの扱いの問題である。これには生の統計データの要約情報をデータディクショナリ/ディレクトリ (DD/D) として管理する手法 [3] 等が提案されている。第三は統計データモデル確立の問題である。統計データの定義や操作を容易かつ厳密に行うため、既存のデータモデルの拡張や新しいデータモデルの確立が必要とされている [7] [8]。

本論文では主に第三の問題を考察する。しかし、従来の研究が多分にデータベースの概念設計を目的としてきたのに対し、本論文ではエンドユーザが統計データベースを検索する際のモデルを想定し、それと実際のデータベースとの意味的なギャップを検索言語自体で埋めることを目指している。

2. 統計データの性質

まず初めに、統計データの特徴について考察する。

2.1 カテゴリ属性とサマリ属性

統計データはある項目に対して何らかの観点から測定された数値データである。換言すれば、測定された数値データに対する意味づけが測定項目への観点を示している。従って、統計データは数値そのものとそれに対する意味づけに分解される。さらに数値データに対する意味づけは測定項目に対して修飾的な部分と測定項目そのものから構成される。前者はある抽象的な概念の具体的な値であり、一般的には複数の概念の値の論理積で表現される。この抽象的な概念をカテゴリ属性の概念と言う。また測定項目の概念のことをサマリ属性の概念と言う [8]。

例えばある数値データが“東京の男性の人口”を意味している場合、“東京”はカテゴリ属性

カテゴリ属性

サマリ属性

地域	年度	性別	産業	サマリ属性	
				就業者数	失業者数
東京	58	男	一次	xxxx	xx
				.	.
				.	.

(注) 空白枠は表頭、斜線枠は表側に該当する

図1. 統計表とカテゴリ/サマリ属性

“地域”の値であり、“男性”はカテゴリ属性“性別”の値であり、“人口”はサマリ属性である。数値そのものはサマリ属性“人口”の値である。

統計年鑑等によく見かける統計表に於けるカテゴリ属性及びサマリ属性の出現箇所を図1に示す。

統計表を正規化された関係モデル [2] と考えると、カテゴリ属性は表側の属性名であり、サマリ属性は表頭の属性名である。カテゴリ/サマリ属性の言葉で統計データの性質を表現すると以下のように言うことができる。

(1) カテゴリ属性値の組合せの各々に対して、サマリ属性値が存在する。カテゴリ属性値の組合せはサマリ属性値を検索する際の複合キーの役割を果たしている。

(2) カテゴリ属性値は概念の具体的な値であり、文字データとなるが、サマリ属性値は数値であり四則演算、大小比較の対象となる。

2.2 統計計算処理

統計データは統計分析の対象であり、各種統計演算が施される。統計演算はより原始的なデータからより高度で抽象的なデータを得るために行うもので、一種の帰納的知識獲得であるとも言える。統計計算処理には四則演算、最大値最小値、平均値、該当項目数等の単純なものから、主成分分析、クラスター分析等の専門的なものまで多種多様である。多くの既存システムでは単純計算はエンドユーザ言語、高度な分析

は専用パッケージプログラムの分担となっている。本論文でもその考え方を踏襲して以下単純計算のみ考察する。

このような統計計算処理は測定データの最小単位をいくつか寄せ集めた数値集合に対して何らかの関数演算を施すことに等しい。関係モデルの言葉で表現すると、複数タプルから1タプルを生成する処理である。即ち、統計計算処理は測定データに対するある種の集約処理と見なすことができる。この観点から著者らは統計計算処理のことを一括してデータ集約と呼んでいる。データ集約処理に於いてカテゴリ属性値はデータ集約の範囲と条件を指定する。サマリ属性値はデータ集約の対象そのものである。

3. データ集約上の問題点

統計データベースに特有なデータ集約上の問題点について考察する。

3.1 集約の可能性

データ集約には以下の種類がある。

- (1) 加算演算
- (2) 最大値最小値
- (3) 割り算を含む演算

このうち最も基本となるデータ集約は(1)である。一般にデータ集約の種類はサマリ属性の性質に依存する。

サマリ属性が加算性を持つならば、データ集約可能となる。逆に、加算性を持たないサマリ属性には次のような性質がある。

- (1) 量加算でない。例えば温度。
- (2) 指標データである。即ち、あるサマリ属性を別のサマリ属性で割り算した場合、その値の単純加算は無意味である。例えば人口密度。
- (3) 累積性を持たないものの時系列加算。

例えば昼間人口は累積性を持たないが、転出入者数は累積性を持つ。

特殊なのは(3)の場合である。これはあるカテゴリ属性に対しては加算性を持つが、別のカテゴリ属性に対しては加算性を持たないということである。

これらのことを加味して、データの集約にはサマリ属性の性質を考慮する必要がある。

3.2 再計算

前述のように、指標データは加算性を持たないため、データ集約を指示された場合指標データの定義式に戻って再計算する必要がある。

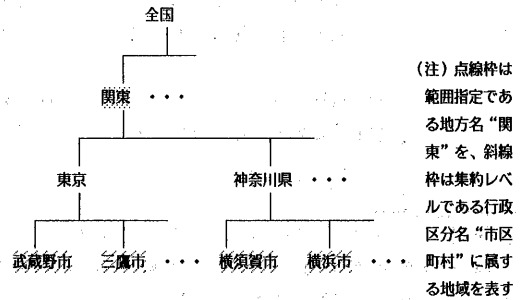


図2. カテゴリ属性“地域”に対する範囲指定と集約レベルの例

例えば各県ごとの人口密度がある場合、複数の県から構成される地方ごとの人口密度を得るためには、人口/面積なる定義式に立ち帰って計算し直す必要がある。

3.3 意味的関連のあるカテゴリの扱い

カテゴリ属性値の多くは階層的な意味関係を持ち、カテゴリ属性値の間に包含関係が存在する。属性値に階層のあるカテゴリに対する条件指定は検索の対象となる範囲の指定とデータ集約のレベルの指定から構成される。しかし一般には図2に示すように範囲指定された属性値の階層レベルとデータ集約を指定された階層レベルとは一致しない。従ってこのようなカテゴリに対しては範囲指定と集約レベル指定のため、少なくとも2つの属性が必要となる。図2では、“関東の各市の人口”という場合、範囲指定が“関東”であり、集約レベルが“市”である。そこで“市”の下位の属性値(例えば横浜市なら“区”、横須賀市なら“××町”“××丁目”のたぐい)については集約される。

またデータ集約のレベルと範囲指定が不一致の場合、エンドユーザによるデータ集約には2種類の意味がある。1つは、範囲指定の中に入っている各データ集約のレベル単位に集約することであり、もう1つは範囲指定の中に入っている各データ集約のレベル単位をさらに集約することである。例えば“東京における各市の人口”という場合、地域名“東京”、行政区分“市”として、“市”単位にデータ集約する必要があるのに対し、“東京における各市の総人口”という場合、個別の“市”の人口の総和を取る必要がある。

いずれの場合もカテゴリ属性値に階層性がある場合、範囲指定とデータ集約のレベルの他に、そのカテゴリ属性値がどの属性値に所属するか

の情報も必要となる。このようなカテゴリ属性のことを意味的関連のあるカテゴリと言う。意味的関連のあるカテゴリは範囲を指示する属性、集約レベルを指示する属性、所属を指示する属性の3つのカテゴリ属性から構成されると考えてよい。意味的関連のあるカテゴリに対しては指定条件の依存関係が存在する。エンドユーザによる条件指定がこれに矛盾するものであってはならないし、またデータ集約に際しても整合を取る必要がある。

例えば“東京における各市の総人口”という場合、地域名、行政区分、所属県名の3つの関連するカテゴリ属性がある。しかしエンドユーザはこの場合、“東京”を地域名でなく所属県名としてデータ集約を指示しなければならない。

3.4 既階層性におさまらない集約

通常カテゴリ属性値の階層性はある観点に基づいた木構造の固定的なものになっている。この時、この木構造の階層性におさまらない範囲指定をしたい場合、動的乃至一時的な階層性を構成しデータ集約をはかる必要がある。

例えば、“日本海臨海県の総人口”という場合、北海道から九州まで各地方にまたがった日本海に面する各県の人口を集約しなければならない。このような検索指定は通常の行政区分とは別の階層性による集約となる。

3.5 既集約データの扱い

統計データには生のデータばかりではなく、既に集約されたデータも混在している場合も多い。またエンドユーザによる集約指示を処理する際改めて集約演算しては非効率である。集約データを求める場合、演算によるか、既集約データを検索するか判断が必要となる。

4. アクセスモデル

統計データを検索する際、エンドユーザが想定するデータモデルは統計データの性質を反映したもの、即ちカテゴリ属性及びサマリ属性を意識したもの、であると考えられる。

我々はこのような観点からエンドユーザによる検索指示のモデルを以下のように規定し、これをアクセスモデルと命名した。

(1) エンドユーザのサマリ属性、カテゴリ属性に対する関心は明示的に指定される。

(2) 省略されたカテゴリ属性はそれに対するエンドユーザの無関心が示されたものである。従ってそのカテゴリ属性に対しては集約

が指示されたことと等価であると考えられる。しかし集約不可能なカテゴリ属性に対しては暗示的に関心が指定されたと見做す。

(3) 省略されたサマリ属性はそれに対するエンドユーザの無関心が示されたものである。従ってそのサマリ属性は無視してよい。

このようなアクセスモデルはエンドユーザの検索指示を集約可能性を加味してデータベースの設計モデルへ写像する1つの意味解釈であると言える。模式的には図3のようになる。図3の例は4つのカテゴリ属性の内AとCを、2つのサマリ属性の内Yを指定した場合である。この時、AとCはそのまま指定条件となる。カテゴリ属性BとDに対しては(2)が適用される。Bは集約可能であるから集約対象となるが、Dは集約不可であるゆえ類別の対象となる。Yはそのまま検索対象となる。

アクセスモデルは目の前、手の中にそのものがなくても、頭の中に“そのもの”を思い浮かべてそれに働きかけることができるという意味で認知心理学で言うメンタルモデルの一種である[5]。さらに通常の検索言語でサポートされているビュー(視野)とは異なり、予め定義する必要のないビュー(視野)と考えることもできる。

Shoshaniら[1][8]はクロス積とクラスタ積なる概念を導入し、木構造の検索モデルをエンドユーザに直接提示している。エンドユーザは木構造の各ノードによって、検索の対象や条件を指定することになっている。そ

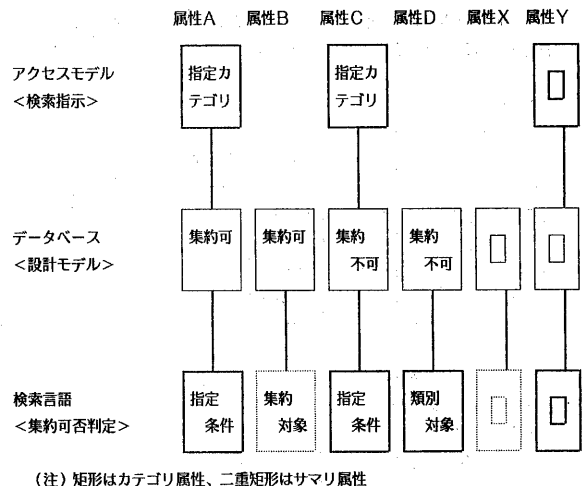


図3. 統計データのアクセスモデルの概念

の際、省略されたカテゴリ属性のクロス積ノードには集約が指示されたものと見為す点で我々のアクセスモデルに一致している。

問題はエンドユーザの思い浮べるアクセスモデルと実際に実現されているデータベースの設計モデルとのギャップをいかに埋めるかにある。Shoshaniらが直接木構造をエンドユーザに提示したのに対し、我々は従来の関係モデルの射影演算を拡張して、統計データベースのアクセスモデルを実現することとした。拡張された射影演算では通常の射影と共にタプル集合の類別とその上での統計関数処理が実行される。その形式的な意味づけを付録に示す。

その結果、Shoshaniらではかなり制約された検索（例えばカテゴリ属性値に対する条件の範囲指定は不可であったり、サマリ属性値に対する条件指定は不可であったりする）しか許されなかったのに対し、関係モデルに対する通常の検索のほとんどが実現可能となった。

5. 統計データ用検索機能

我々の基本的アプローチは前述のアクセスモデルを関係モデルの枠に従い、エンドユーザ言語に取り込むことである。データ集約上の問題もその中で解決を図る。具体的には、以下の機能を実現する。

5.1 自動集約検索

エンドユーザにより検索指示がなされた場合、その解釈をアクセスモデルに従って行う。即ち、

エンドユーザによる指定：

指定カテゴリ属性；地域=東京（未指定カテゴリ属性；年度，性別，産業）
指定サマリ属性；就業者数（未指定サマリ属性；失業者数）

データベース内容：

地域	年度	性別	産業	就業者数	失業者数
集約可	集約不可	集約可	集約可		
集約データ有		集約データ有	集約データ無		

検索言語による自動集約解釈：

無条件設定；地域=東京
条件付加；性別=計
グループ化演算付加；GROUP BY (年度)
組込み関数付加；SUM (就業者数)

図4. 自動集約検索の例

カテゴリ属性が検索条件として指定されない場合、そのカテゴリ属性に対して集約が指示されたと解釈する。逆に指定されている場合、集約指示がなされていないと見為す。また、サマリ属性の性質によってカテゴリ属性の集約指示の処置を決める。そのカテゴリ属性が集約可能であれば予め定義された定義式に従って集約を行う。集約不可能であれば、そのカテゴリ属性で分類した上で集約する。

例を図4に示す。図4では“年度”“性別”“産業”が集約対象の候補となる。しかし“年度”は集約不可のため、類別対象となる。また“性別”については集約データが存在するので、指定条件を“計”として付加する。残る“産業”は集約可能であり、かつ、集約データも存在しないので、結局このカテゴリ属性のみが集約対象となる。

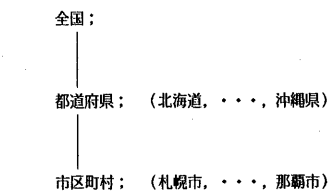
その他のデータ集約上の問題に対しては、アクセスモデルと実際のデータベースとの意味的なギャップを予め定義されている変換テーブルを参照することによって解決する。

5.2 一括検索

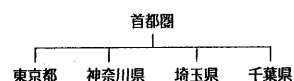
カテゴリ属性値は階層構造を持つものが多い。この階層性を利用し、上位階層名を指定した時配下のカテゴリ属性値を展開する。この時の上位階層名のことを一括指示語と言う。一括指示語の展開形は予め定義しておくものとする。

一括指示語は展開形の定義により、多重な階層性を構築できる。例を図5に示す。このようにデータベース中には、全国一都道府県一市区

エンドユーザの指定；地域=首都圏
カテゴリ属性“地域”の値の階層性：



一括指示語の定義：



一括指示解釈；地域=東京都OR神奈川県OR埼玉県OR千葉県

図5. 一括検索の例

町村の階層性しかないが、都道府県の上位かつ全国の下位に“首都圏”の階層を別に設定できる。

一括検索はエンドユーザのキータッチ数を減ずるためのものであると同時に、カテゴリ属性における意味的なギャップを埋めるための機能でもある。

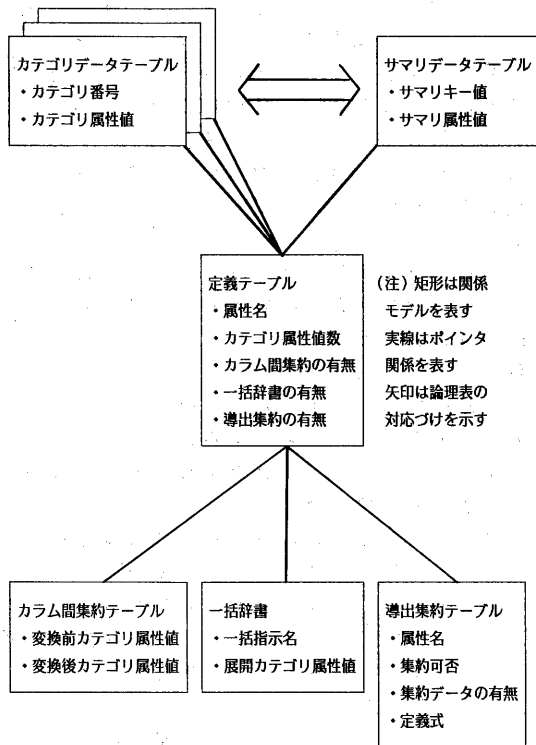


図6. 論理表の関連図

表1. 物理表一覧

テーブル名	設定単位	共用可否	用途
定義テーブル	論理表	否	論理表全体の構成情報
カテゴリテーブル	カテゴリ属性	可	カテゴリ属性値を格納
サマリテーブル	論理表	否	サマリ属性値を格納
カラム間集約	論理表	可	カテゴリ属性値の変換法を規定
一括辞書	カテゴリ属性	可	一括指示語の展開を規定
導出テーブル	サマリ属性	否	集約の定義式を規定

6. 実現方式

統計データベースに対するアクセスモデルに基づき、リレーショナルデータベースモニタ上のエンドユーザ言語として、自動集約検索機能及び一括検索機能を実現する方式を示す。本方式の特徴は次のとおり。

(1) カテゴリ属性におけるエンドユーザとの意味的なギャップを各種対応表で埋める。

(2) 性能及び格納効率を考慮し、カテゴリ属性とサマリ属性とを分離し、独立した関係モデルとして実現する。

6.1 論理表

アクセスモデルを具体的に実現するのは図6に示す論理表の概念である。

論理表とはエンドユーザに見せる関係モデルのことである。エンドユーザによる検索指定はすべて論理表に対して行われる。

論理表を支える各種テーブルのことを総称して物理表と言う。物理表はデータベースモニタの関係モデルで実現される。論理表と物理表との対応づけはエンドユーザ言語が行う。

表1に示すように、基本となる物理表は定義テーブル、カテゴリデータテーブル、サマリデータテーブルの3つであり、アクセスモデルの中核を支えるだけでなく、性能及び格納効率の向上が期待できる。各カテゴリ属性値の論理積(組合せ)に対し、サマリ属性値が対応しているが、具体的には各カテゴリ属性の順序及び該カテゴリの属性値出現数さらに属性値内の出現順位(カテゴリ番号)によって、唯一のサマリキーが計算されユニークな対応づけが可能となる。

その他の3つのテーブルはエンドユーザとの意味的なギャップを埋めるのに使用される。カラム間集約テーブルはデータ集約に際して意味的に関連のあるカテゴリ属性値間の整合を取る。例えば地域=神奈川、区分=市でデータ集約が指示された場合、所属=神奈川、区分=市と変換されてデータ集約が行われる。一括辞書は一括検索を実現するのに用いられる。導出集約テーブルはサマリ属性値として集約が可能であるか否か、集約データが存在しているか否か、また集約の種類及び指標データであればその導出式が記載されている。

6.2 処理の流れ

本方式は図7に示す処理の流れとなる。各処理ブロックでは以下の処理を行っている。

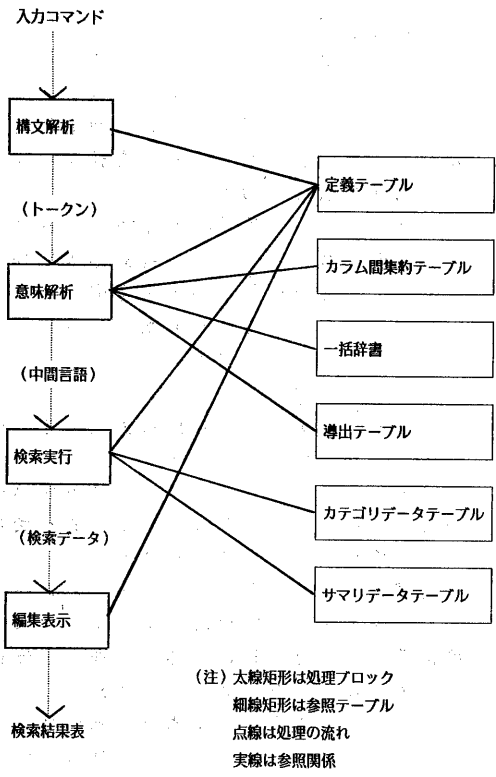


図7. 処理の流れ

(1) 構文解析

入力コマンドをトークンに分解して各トークンに意味解析のための識別詞を付ける。

(2) 意味解析

入力コマンドの構造を分析し、各種物理表を参照しながら、入力コマンドの検索内容を実現する中間言語を作成する。その際、カラム間集約テーブル、一括辞書、導出集約テーブルが参照され、トークンの必要な変換が行われる。

(3) 検索実行

中間言語に従い一般には複数のデータベースモニタコマンドに変換し、論理表を構成するカテゴリデータテーブル及びサマリデータテーブルにアクセスし、検索結果をスタックしておく。

(4) 編集表示

生の検索結果を入力コマンドによる指示と論理表の定義(定義テーブル)に従い、一つの検索結果表として合成する。

6.3 関係演算処理

論理表上での関係演算を以下のように実現する。

6.3.1 射影

通常の射影演算とともに、自動集約機能を実現するところの拡張された射影演算をサポートする。

拡張された射影演算では以下の処理を行う。指定されたカテゴリ属性については類別項目とする。指定されたサマリ属性については通常の射影と同様にそのまま設定する。指定されていないカテゴリ属性については導出テーブルに従い集約する。指定されていないサマリ属性については何もしない。意味的に関連のあるカテゴリ属性値についてはカラム間集約テーブルにて属性値変換を行う。検索対象に指標データが指定された場合は導出テーブルに従い再計算する。

6.3.2 制約

指定されているカテゴリ及びサマリ属性についてはそのまま条件設定する。一括指示語は一括辞書により展開する。

6.3.3 結合

結合条件として指定されている属性の種類により以下の三つの場合がある。

(1) カテゴリ属性とカテゴリ属性の場合

結合の対象となるカテゴリデータテーブル同士で結合操作を行う。結合の対象とならないカテゴリ属性についてすべての直積の組み合わせを考え、それと上で結合したカテゴリ属性との直積に対しサマリデータを対応させる。

(2) サマリ属性とサマリ属性の場合

無意味であり、結合不可とする。

(3) カテゴリ属性とサマリ属性の場合

無意味であり、結合不可とする。

6.3.4 副照会

副照会は基本的に三つの属性から構成されるが、統計データベースでは次の二つの場合に限られる[4]。

(1) 二つのカテゴリ属性と一つのサマリ属性の場合

指定されたカテゴリ属性値のサマリ属性値を求めた後、そのサマリ属性値に関連したカテゴリ属性値を求める。

(2) 一つのカテゴリ属性と二つのサマリ属性の場合

指定されたサマリ属性値条件を満たすカテゴリ属性値を求め、その後そのカテゴリ属性値に対する指定されたサマリ属性値を得る。

6.3.5 グループ化演算

グループ化を直接指定された場合、及びデー

タ集約が指示された場合の検索対象に指定されたカテゴリ属性と集約不可能な未指定のカテゴリ属性については、グループ化演算を行う。

6.3.6 順序化演算

サマリ属性については通常の順序化演算を行う。カテゴリ属性についてはカテゴリ番号による順序化演算を行う。

6.4 データベースモニタとの分担

カテゴリ属性値の重複格納を防ぐため、またサマリ属性値の効率的な検索のため、カテゴリデータテーブルとサマリデータテーブルとを分離してデータベースモニタで管理することとした。さらに機能の重複を避けかつアクセス速度を上げるため、データベースモニタでは表2に示す機能を持つこととした。

これらの機能を一括してアレイ検索機能と言う[6]。アレイ検索機能を用いたデータベースモニタとのインタフェースを図8に示す。

表2. データベースモニタの分担機能

機能名	内容
サマリキーの計算	カテゴリ属性値の組合せからサマリキーを計算する その結果サマリ属性値が得られる
サマリキーの逆演算	サマリ属性値に対する条件を満たすカテゴリ属性値の 組合せを復元する
サマリ属性値の返却順	カテゴリ属性値に対するグループ化/順序化演算指定 に応じてサマリ属性値の返却順を変更する

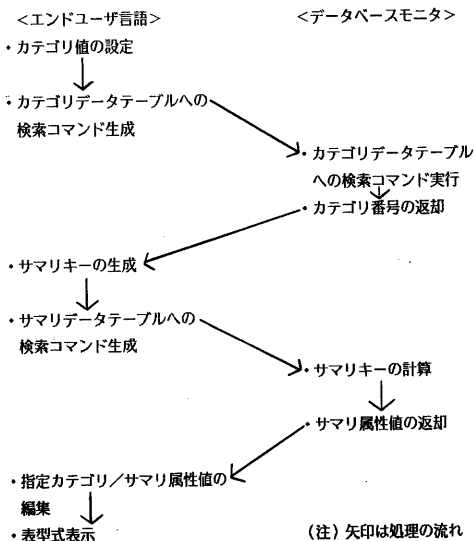


図8. 処理分担

7. まとめ

本論文では統計データベースのための専用機能とその実現方式について明らかにした。本方式の特徴はエンドユーザによる統計データベース検索時のモデルをアクセスモデルとして確立し、それを関係モデル上のデータ集約問題の解決に利用した点にある。

その結果、エンドユーザ言語としてユーザフレンドリな自動集約機能及び一括検索機能が実現できた。

現在著者らはこれらをサポートするリレーショナルデータベース検索プログラムGUIDEの実用化を行っている。実現機能及び性能の評価については別途報告したいと考えている。

謝辞

日頃ご指導戴く知識ベース研究室寺島信義室長に感謝致します。

参考文献

- [1] Chan, P. and Shoshani, A.: SUBJECT: A Directory Driven System for Organizing and Accessing Large Statistical Databases. VLDB'80, 553-563, 1980.
- [2] Codd, E. F.: A Relational of a Data for Large Shared Data Banks, Comm. ACM, Vol. 13, No. 6, 1970.
- [3] Kobayashi, Y., et. al.: Implementation of a Statistical Database System: HSDB, COMPS TAT'82, 282-287, 1982.
- [4] 小菊一三, 加藤恒昭: 日本語によるデータベース検索システムについて, 信学会全大, 1984.
- [5] 三宅なほみ: メンタルモデル, サイコロジー, 12-19, 1982. 3.
- [6] 中村仁之輔, 田中豪, 織田敬三: RDBによる統計データベース処理効率化のための一方式, 情処28全大, 1983.
- [7] 佐藤英人: 社会地域要約データの基礎概念とデータベース内での推論, 東京大学工学博士論文, 1983.
- [8] Shoshani, A.: Statistical Databases: Characteristics, Problems, and Some Solutions, Proc. of the 8th Int Conf. on VLDB.
- [9] Turner, M. J., et. al.: A DBMS for Large Statistical Data Bases. VLDB'79, 319-327.

付録. アクセスモデルの定式化
 (形式的取り扱い)

アクセスモデルの形式的な意味づけを行う。
特に関係演算の一つである射影演算との違いを
明確にする。

まず基本的な記号の定義を行う。

- R : 関係
- r : タプル
- D : 属性の集合
- $D = (D(1), \dots, D(n))$

このとき、 $R[D] = \{r \mid r \in R\}$
 $r = r[D]$

また、

- D_c : カテゴリ属性の集合
- D_s : サマリ属性の集合

とすると、

$$D = (D_c, D_s)$$

が成立する。

ところで、 D_c は集約可能なものと、集約不
可能なものがある。前者の集合を D_{ac} 、後者
の集合を D_{gc} とすると、

$$D_c = (D_{ac}, D_{gc})$$

一方、 X をエンドユーザによる指定属性の集
合とすると、

$$X = (X_c, X_s)$$

ここで、 $X_c = X \cap D_c$ 、 $X_s = X \cap D_s$

また、 $X_{gc} = D_{gc} - X$ とおくと、

$$X_{gc} = D_{gc} - X_s$$

が成立する。

以上の準備のもとにアクセスモデルを拡張さ
れた射影演算として定義する。

なお、通常の射影は以下のように定義されて
いる。

$$R[X] = \{r' \mid r \in R, \\ r' = r[X]\}$$

定義1. f : 集約関数とは次で定義されるベク
トル値を持つ集合関数である。

$$f(S) : V \longrightarrow \Sigma(r[S]), \\ \text{for } r \in V$$

f の定義域は R の部分集合族である。 V は R の
部分集合。 S はサマリ属性、 Σ は集約演算。即
ち、 f は複数タプルを集約し1タプルにする。

定義2. g : グルーピング写像とは次で定義さ
れるカテゴリ属性による類別写像である。

$$g(C)[R] \\ = \{V_c \mid V_c = \{r \in R, r[C] = c\}\} \\ g \text{の値域は} R \text{の部分集合族である。} C \text{はカテゴリ} \\ \text{属性。}$$

即ち、 g は R のタプル集合をカテゴリ属性に
より複数の部分集合に類別する。

定義3. $f \# g$: 集約グルーピング関数は次に
示すように集約関数とグルーピング写像を合成
したものである。ここで、 $X = (X_c, X_s)$ 。
さらに V_{xc} は X_c による R の類別とする。

$$(f \# g)(X)[R] \\ = \{(c, v) \mid c = r[X_c], \\ v = f(X_s)[V_{xc}]\}$$

定義4. アクセスモデルは次のように拡張され
た射影演算で定義される。

$$R[p(X)] \\ = (f \# g)(X, X_{gc})[R]$$

$X = (X_c, X_s)$ 、 $X_{gc} = D_{gc} - X =$
 $D_{gc} - X_s$ より、類別された部分集合にはす
べて意味がある。その各類別集合に対し集約関
数は値を持つ。従ってアクセスモデルは well
-defined である。