

ペンジェスチャーと3次元 GUI を用いた データベース操作言語について

山中 航史[†] 山本 淳[†] 田中 克己^{††}

[†]神戸大学大学院自然科学研究科情報知能工学専攻

^{††}神戸大学工学部情報知能工学科

本研究の概要

携帯型情報機器環境とワイヤレスネットワーク技術における飛躍的發展により移動情報体が注目されており、移動環境におけるデータベースシステムの抱える問題を取り扱うことが必要であると思われる。また、最近の DBMS は空間的・時間的次元に渡る高次元のデータや複雑な構造をもつ情報を取り扱うことを要求されている。

本稿では、ペンジェスチャーと3次元空間を用いたデータベース操作言語について述べる。前者は関係代数を基盤とするペンジェスチャー PenAlgebra によるブラウジング、関係代数操作、操作履歴の再利用について述べ、後者は履歴情報を操作するための実験的3次元環境について触れる。

A Database Manipulation Language Using Pen Gesture and 3D Interface

Koji Yamanaka[†] Atsushi Yamamoto[†] Katsumi Tanaka^{††}

[†]Graduate School of Kobe University

^{††}Faculty of Engineering, Kobe University

Abstract

Much attention has been focussed on *mobile computing* because of recent rapid progress in portable personal computing environment and wireless network technology. It also addresses many new challenging research issues in the area of mobile database systems. Furthermore, recent DBMSs have been required to be able to handle hi-dimensional (spatial and temporal) data and more complex-structured information.

In this paper, we will describe a database manipulation language using *pen gesture* and *3-dimensional space*. The former is a pen-gesture based relational algebra, called *PenAlgebra*, which enables to perform browsing, relational algebra operations and repeating operations by pen-gestures. The latter is a experimental 3D environment for manipulating historical information.

1 はじめに

コンピュータの小型軽量化に伴い、現在幾つかの携帯型情報機器が実用化され、ユーザー層も拡大している。一方、DBMS が扱うデータは都市計画 CAD のような空間的な情報や、ビデオ、オーディオ、履歴データのような時間的次元を有する情報へと複雑化している。従って、今後携帯型情報環境において DB の専門的知識を持たないエンドユーザが、こうした高次元的に複雑化した情報にアクセスする状況が増加することが考えられる。つまり、機器の小ささからくる制限への対応、ユーザー層拡大によるエンドユーザへの配慮、扱う情報の高次元化による構造の捉えにくさの解消等の必要性から、これまでの通信、入出力面の改善に加えて DBMS そのものの操作言語やユーザーインターフェースなどについての改善を検討する必要があると思われる。

そこで、本稿では携帯環境においてエンドユーザが扱う DB の一例として、各時刻毎にテーブルデータを持つ履歴情報データベースを対象とし、DB 操作の簡易化と時間的関連情報の表示・操作法の 2 点において、基礎実験として以下のシステムの設計及び試作を行なったので報告する。

1. ペン及びジェスチャーによる入力を採用し、ある程度手続き的な操作によって中間結果を見ながら段階的に必要な情報を構築できる対話型検索言語 PenAlgebra を RDB に適用したシステム。
2. 3 次元 GUI によるユーザーインターフェースを採用し、時間的関連情報つまり履歴型実体関連を 3 次元上で表現する円筒モデルを提案したシステム。

こうした基礎実験から次のような利点が確認された。

- ペンによる入力は人間にとって自然な入力方法であり、省スペース、エンドユーザ対応に適合した。
- ジェスチャーは操作の目的と対象を一体化しており、操作を簡易化した。
- 段階的なテーブル操作は一回の操作を簡易化し、操作履歴の活用により柔軟なデータの抽出を可能とした。
- 3 次元 GUI の導入、回転、収縮可能な円筒モデルの採用によりシステム-ユーザー間のインタラクションが改良された。
- 実態を示す円筒間の関連を辿ることによるブラウジング操作を可能とした。

2 ペンを用いた関係代数型言語 PenAlgebra

本稿で提案する、ペンを用いた関係代数型言語、すなわち PenAlgebra は、ペンジェスチャーを用いて対話的・段階的にテーブルを操作する言語である。

2.1 機能

代表的な RDB 操作言語である SQL は、非手続的（どうやって、ではなく何が欲しいかを記述）言語であり非常に有用である。しかし次の 2 点で十分な DB の知識を持たないエンドユーザには不向きであると思われる。

- 非手続的であるが故にユーザー自身は自分が何を求め、どんなデータがどのテーブルに存在しているかを正しく認識しなければならない。
- 導出表を得るための様々なコマンドや記述法等の専門的知識をユーザはある程度持たなくてはならない。

そこで、ある程度手続的な、つまり関係代数を用いてのテーブル操作による中間結果を見せ、そこからさらに操作を加えたり、以前のテーブルに戻ったりといった段階的な操作が可能な言語を提

案する。一回の操作で最終的な導出表は得ることはできないが、ユーザーは少しずつ組み立てる感覚で導出表を得ることができる。

段階的テーブル操作の概念的な例を図1に示す。

ユーザーの意思：「神大の友人の電話番号一覧がほしい」

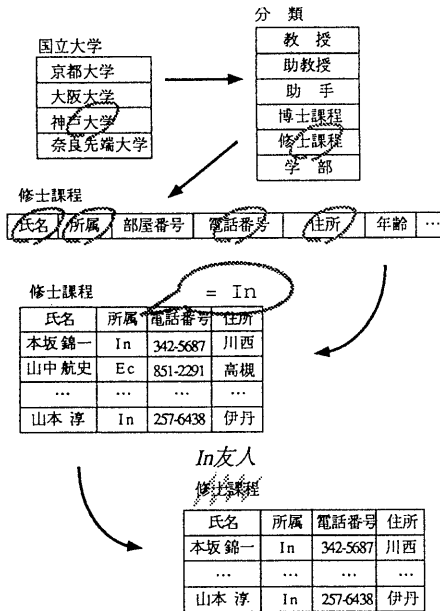


図 1: 段階的操作の概念図

大別すると、PenAlgebra は以下のような機能を持ち、ペンジェスチャーにより操作を行なう。

1. ブラウジング
2. 関係代数操作
3. 操作履歴の再利用

なお、今回できるだけ一般ユーザーの感性に近いと思われるものに設定したが、感覚的に合わない人のためにも実際のシステムではジェスチャーは変更、登録可能である方が望ましいと思われる。

2.1.1 ブラウジング

ブラウジングは各テーブルレベルでのデータ探索と、各段階テーブル間レベルでのテーブル探索を行なう。それぞれ次のような操作が可能である。

- データ探索：一つのテーブル内での組の縦スクロール、属性名の横スクロール。但し縦スクロール時には属性名が、横スクロール時には主キーが固定され常に見えている。
- テーブル探索：各段階テーブル間の移動。単に前後一つだけでなく、テーブル名や派生テーブルの有無の指定による移動も可能。

携帯環境では画面の大きさも限られるため、多数のデータやテーブルを効果的に表示するためにはさらに3次元配置等の工夫が必要になると思われる。しかしユーザーはどのようなテーブル、属性、データがどのように存在しているのかを確認しながら操作するので、ある程度煩雑な操作の繰り返しは避けられないと思われる。

ブラウジングの操作ジェスチャーの一例として、スクロール、テーブル名指定の各操作のジェスチャーを図2に示す。

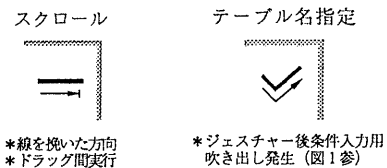


図 2: ジェスチャー例 1

2.1.2 関係代数操作

PenAlgebra における関係代数操作は、いわゆる選択、和、差、直積、結合、共通、射影の各演算をジェスチャーを用いてテーブルに行なうだけでなく、テーブル同士の比較演算の操作も行なう。

関係代数操作では一度に最終的なテーブルを得ることはできない。しかし、一回の操作を簡易

化し、段階的にテーブルを作成することでエンドユーザにも扱いやすくし、柔軟なデータ抽出を可能とした。現在、試作システムにおいては複数のテーブルの同時表示方法及びスキーマ構造変化への対応の問題から、直積、結合操作がまだ未装備である。

関係代数操作ジェスチャーの一例として選択、削除、テーブル和、テーブル共通の各操作のジェスチャーを図3に示す。

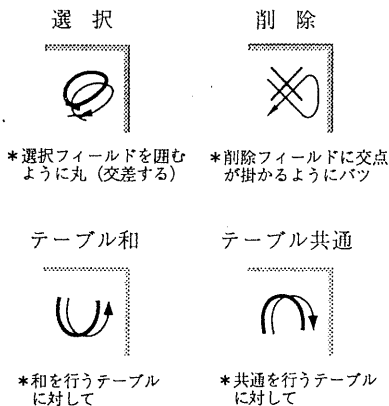


図 3: ジェスチャー例 2

2.1.3 操作履歴の再利用

操作履歴の再利用では、過去に行なわれた操作を「繰り返し」や「取消」といった形で再使用するだけでなく、過去の一連の操作をシリーズ化して、その全部もしくは一部を別のテーブルに対して行なうことを可能とする。具体的には、

- 直前に行なった操作の取消と繰り返し (テーブル消去及び複製を含む)
- 段階を指定しての操作の取消と繰り返し
- 一連の段階テーブル作成の操作を一つの操作にシリーズ化 (集約) しての繰り返し
- これまで用いた (一連でない) 操作をシリーズ化しての繰り返し

- シリーズ化した操作の一部を修正しての繰り返し

などが考えられる。上記3番目の一例を図1を用いて述べる。例えば、図1と同様な結果を「国立大学：大阪大学」においても求める時、先の四つの選択操作をシリーズ化し、この操作を今度一度行なうだけですぐに最終段階テーブルを得られる。

操作対象となるスキーマ構造が同一のものではない場合、操作の繰り返しはどこまで有効とするのかといった問題点が未解決である。また、ユーザーが過去の操作履歴を有効に活用するためには、「どのテーブルに対しどの操作がなされ、どのテーブルが得られたか」が捉え易い表示法の開発が必要であると思われる。

操作履歴の再利用のジェスチャーの一例として直前操作の繰り返しと取消の各操作のジェスチャーを図4に示す。

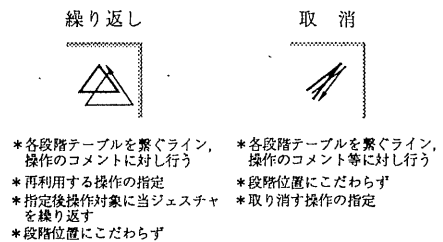


図 4: ジェスチャー例 3

2.2 システムの試作

こうした PenAlgebra の持つ機能のうち、いくつかを実装したシステムの試作をマッキントッシュ上で稼働する HyperCard, Mac HandWriter II を用いて開発し、PenAlgebra の有効性について確認した。その選択操作による例を図5, 6に示す。

型番	メーカー	価格	形式
Model 121	BOSE	49,800	1w1sp/バスレフ型
Diamond V	ワーフェーデル	66,000	2w2sp/バスレフ型
Topaz	ロイド	76,000	2w2sp/バスレフ型
AM5 II	BOSE	89,800	2w6sp/アコースティック型
SC-E535	デンオン	90,000	2w2sp/バスレフ型
DS600Z	ダイヤートン	96,000	3w3sp/バスレフ型

図 5: 選択操作例

型番	メーカー	価格 (円/ペア)
DS600Z	ダイヤートン	96,000
Diamond V	ワーフェーデル	66,000

図 6: 図 5 の操作による導出表

3 3次元 GUI

3.1 履歴型 ER モデル

本章では、携帯環境とならぶ我々が考える DB アクセスに関するもう一つの問題点、扱う情報の次元の上昇について検討する。本研究においては時間次元を持つデータ操作を目的として履歴 DB を扱うものとする。

実現の対象とした履歴型 ER モデルは基本的に Klopprogge が提案したモデル [4] に沿うが、実体型ではなく実体を表現の対象としたこと、属性値にはオブジェクトをとらず、実体間についてはすべて関連によって表すという制約をつけたことと

いった点において異なるモデルを念頭においている。まず表現すべき実体、属性、関連各々の持つ履歴をあげる。

履歴つき実体

出現から消失までの存在期間

時刻印つき属性

値の変化の履歴

属性自体の存在期間

時刻印つき関連

同じ関連での時間の変化による対象の変化

特定の 2 つの実体間における関連の変遷

3.2 操作

履歴型 ER モデルについて情報検索を行なう際に必要となる操作をあげる。

時間に関する操作

データベースの状態を過去の状態に戻し、かつ検索の対象となる時間範囲を縮めるロールバック (rollback) 操作がある。問い合わせについて検討すると以下のように 2 通りのロールバック操作が必要となる。

データベースの状態すべてを過去にロールバック → 「3 年以上前に実体 e_1 について R_1 という関連にあったものを知りたい。」

ある実体についてのみロールバック → 「3 年以上前に実体 e_1 について R_1 という関連にあったものの現在の属性情報を知りたい。」

Snapshot の参照

ある時刻におけるデータベースの瞬間の状態、すなわち、スナップショット (snapshot) を知るための操作 (valid timeslice operator)。実体に関するすべての属性の情報をみせる場合と任意の属性に関する情報をみせる場合の双方が考えられる。

ナビゲーション

実体間の関連をたどり、ブラウジングにより自分の求める情報を検索する操作。

3.3 3次元アニメーションを用いた空間型グラフィカルユーザインターフェース

前節であげた概念を基に、履歴型 ER モデルのための空間型 GUI の設計を行なった。実体、関連、属性各々の表現、関わる操作について述べる。

3.3.1 履歴つき実体

空間上に高さ方向が時間軸と平行になるよう配置された円筒により実体を表す。両端は実体の出現消失時刻に相当し、長さは存在期間に相当する。時間操作

円筒を縮めることで、その円筒が表している実体に関してのみのロールバックに対応する。また、時間軸上のマーカーを望む時間にまで戻すことですべての円筒を縮め、データベースの状態をすべてのロールバックに対応する。

3.3.2 時刻印つき属性

時刻印つき属性は、図 7 の様に時々刻々の情報カードを束ねたものをイメージした属性値履歴柱により表現する。

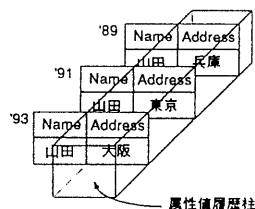


図 7: 属性値履歴柱のイメージ

属性値履歴柱を円筒の中に配置することで、その柱の表す属性が、配置された円筒の表す実体に付随する性質を示すことを意味する。属性自体の履歴は属性値履歴柱の長さで表現し、属性値の変遷については履歴柱の色の塗りわけによって表現する。履歴柱のうちの一定の長さが一色で塗られていることは、その時間範囲において属性の値が一定で、色の変化に属性値の変化を表す。

属性値履歴柱の参照

注目している円筒の表面をはずし、中の空間へ入り込むことでその円筒が示す実体に関する属性について参照できる。

snapshot の参照

属性値履歴柱の任意の場所をクリックすることで、その場所が示す時間における属性値を表示し、時間軸をクリックすることで、現在注目している実体に関するすべての属性を参照する。

3.3.3 時刻印つき関連

関連はシールで表す。各関連は開始時刻 s と終了時刻 e を持つ。関連をもつ実体は注目している実体の円筒より半径の小さい円筒で表現し、その長さは実体間に関連が存在する期間分で、円筒表面の関連シールのまわりの空間内に該当する実体を表すものをすべてを配置する。

ある視点に立ったときに形成される実体間の関連の集合をモザイクパターンと呼び、関連の変遷を表現する。モザイクパターンは切り替えが可能である。

図 8 において円筒 C_1, C_2 はそれぞれ実体 e_1, e_2 を示し、 C_1 にモザイクパターン M_1 が貼られている。このとき、 $t_1 \sim t_2$ 間において e_1 と e_2 の間には r_1 という関係があったことを意味する。

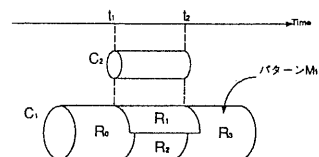


図 8: 表示の例

関連の検索

円筒を回転することにより、モザイクパターンを見渡すことができ、注目している実体と他の実体間に存在する種々の関連を確認できる。

関連をもつ実体の表示

シールをクリックすることで、注目している実体とシールに示された関連をもつ実体の円筒を表示する。関連のある実体がすでに表示されている

シールをクリックした場合には、それらを消す。これによって、注目する関連のあるもののみを表示させ、他の関連については無視できる。

ナビゲーション

シールをクリックすることと、元となった実体 e_1 と関連のある実体 e_2 を示す円筒 C_2 をクリックすることで注目する円筒（実体）を切り換え、この繰り返りで関連をたどり欲しい情報を得る、ブラウジング検索を可能とする。（図 9）

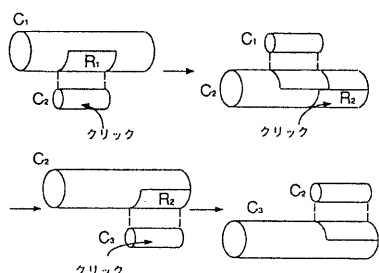


図 9: ナビゲーション

3.3.4 試作と動作についての考察

操作性を確認するため、提案したアイデアのうちナビゲーション検索機能に関して MacroMind Director を用いて試作した。今回の試作は、あくまで GUI 部の操作性の確認のためデータベースとはつないでいない。

以下に確認した動作に関して考察した。

回転操作

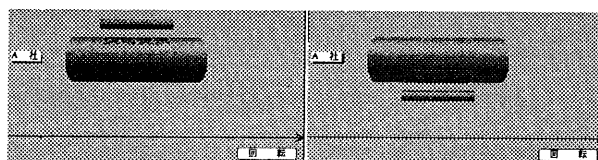


図 10: 回転操作

回転操作により円筒の裏側を利用し、より多くの関連を円筒表面上に表すことができる。（スクリーン上で円筒が占める面積の約 3 倍を一つのモ

ザイクパターンに使用）また、ユーザが注目していない関連を裏側にまわし、注目している関連のみを前面で表すことができる。

関連のある実体の表示

ナビゲーションによる情報検索にはすべての関連表示は不要である。扱うのが実体型ではないので関連の種類も関連ある実体の数もふえ、個人にとっての不要情報もふえる。そこで関連のある実体の表示をユーザの望む関連に限ることで、不要な情報過多による抵抗感をさけている。

snapshot の参照

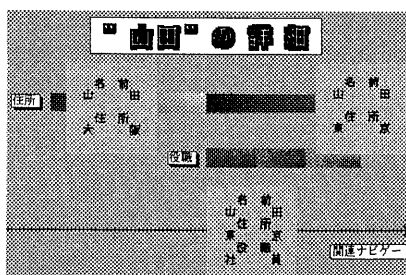
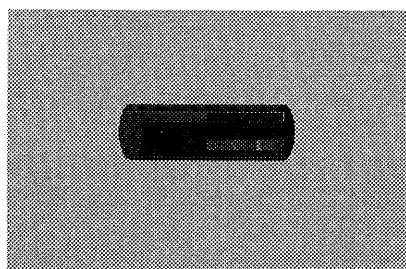


図 11: snapshot の参照

円筒の中に移ることで情報の構造を目で追えるようにし、情報を示したカードの取り出すシーンによりどの時間における情報を取り出したかを視覚的に確認させるというようにアニメーションを用いた。また、履歴柱の円筒内への配置は 3 つの利点があげられる。

1. 直観的に受け入れやすい
2. 明確な構造（実体を外、属性を中）

3. 奥行きの利用 (Walkthrough への発展)

視点の移動について

アニメーションを用いることによって、ユーザが構造を見失わないように視点の移動を行なえるようにしている。今回用いた手段は、履歴をもつことで複雑になり得る個々の実体に関する情報の構造を表現するという点が強みであるが、多数の実体間のナビゲーション、特に複数の箇所での回転操作をとまなう場合全体構造はとらえにくくなるという欠点も見られている。

3.3.5 Query への応用の検討

Query-by-Example のようにユーザの求める情報を例示することで情報を得ようとする検索手段である。この場合円筒は実体集合であるとする。円筒に関連をはりつけることにより、はりつけられた場所によって定められる期間にその関連を持つモザイクパターンのはられた円筒(実体)を検索結果として返す。これは、複雑な構造の情報の検索において欲しい情報を視覚的に確認でき、また整理しながら問い合わせを作成できるという点においてすぐれている。

4 おわりに

入力方法に制限のある移動環境への対策、及び複雑化しつつある情報のうち時間的側面の表現対策を念頭におき、ペンと3次元GUIによるデータベース操作のための基礎実験を行なった。

本研究の内容を要約すると以下ようになる。

- 1回の操作を単純化し、段階的に質問生成が行なえることを目的とした、関係代数に基づくペンジェスチャー言語 PenAlgebra の開発。
- 時間次元を持つデータの操作を目的とした、円筒モデルを用いた履歴 DB を対象とした3次元GUIの提案、設計。および実体間の関連をたどってのナビゲーション検索機能の試作。

今後の着目点としては以下のものがあげられる。

- ジェスチャーを空間へ拡張してのデータベース操作
- 時間と空間同時に情報として表現する手段の検討
- Moving-3DObject に基づく DB インターフェース

参考文献

- [1] Imieliński Tomasz and Badrinath B.R., *Data Management for Mobile Computing*, SIGMOD RECORD Vol.22 No.1 (1993)
- [2] Alonso Rafael and Korth H.F., *Database System Issues in Nomadic Computing*, ACM SIGMOD'93 (1993)
- [3] Zemankova-Leech Maria and Kandel Abraham, *Fuzzy Relational Data Bases -a key to expert system-*, Keigaku Publishing (1987)
- [4] Klopprogge, M.R., *TERM: An Approach to Include the Time Dimension in the Entity-Relationship Model*, in P.P.-S.Chen (ed.) *Entity-Relationship Approach to Information Modeling and Analysis*, North-Holland, 1983.
- [5] Robertson, G.G., Card, S.K. and Mackinlay, J.D., *Information Visualization Using 3D Interactive Animation*, Communication of the ACM, pp57-72, Apr.1993.
- [6] Jensen, C.S., Clifford, J., Gadia, S.K., Segev, A. and Snodgrass, R.T., *A Glossary of Temporal Database Concepts*, ACM SIGMOD RECORD, Vol.21, No.3, pp35-43, Sept.1992.