

学 位 論 文 題 名

An Information Access Space Framework Based on the Virtual Reification of Database Records

(データベース・レコードの仮想実体化に基づく
3次元情報アクセス空間形成フレームワーク)

学位論文内容の要旨

近年の計算機の急速な発展にともない、データベース(DB)には科学技術データや学術文献データ、商用データ等、膨大で多種多様なデータが蓄積されている。これら大規模データの全体の概観を把握したり、それに基づいて焦点を次第に絞り目的の情報にアクセスするためには、様々な解析視点から情報を組織化して情報探索を行なう仕組みが必要である。大量データを3次元コンピュータ・グラフィックス(CG)を用いて仮想空間に可視化し、人間の3次元空間の認識力の高さを利用して情報アクセスを支援する3次元情報可視化技術が多数提案されている。これらの技術により、ユーザは、階層構造やネットワーク構造等、データ構造に基づく3次元可視化空間を移動して情報にアクセスできるようになった。しかしながら、データ構造をたどるだけでは発見できないデータ間の構造やより効率的なアクセス経路を発見するためには、単に静的なデータ構造をたどるだけでなく、様々な解析視点から自由に情報を組織化して情報アクセスすることが重要になる。

本研究の目的は、データベースに蓄積された大量情報をユーザの自由な解析視点で可視化および組織化・アクセスすることが可能な3次元仮想環境を構築することである。そのため、本研究では、複数の3次元可視化空間がナビゲーション可能な空間構造に編成された3次元仮想空間を「情報アクセス空間」と定義し、様々なデータベースから情報アクセス空間を形成するフレームワークを提案する。情報アクセス空間の形成には、(1) 解析視点として与える任意の検索要求および可視化スキーム(データ表現法およびデータ配置法)からの3次元可視化空間の生成と、(2) これら複数の3次元可視化空間のナビゲーション可能な空間構造への編成が必要である。

3次元可視化空間の生成に関しては、1990年頃から数多くの研究が行われてきた。これら従来の手法を実現するシステムでは、特定のデータ・ドメインを対象とし、それに特化した数種の可視化スキームのみを提案している。対象データや可視化スキームの変更といった要求が生じた場合、ユーザはシステムの変更もしくは開発を強いられる。本研究では、従来のように、単に可視化スキームのみを提供するのではなく、カスタマイズ可能な任意の可視化

スキームを用いてユーザ自身が 3 次元可視化システムを構築可能なフレームワークを提案し、ドメインや種類(RDB, OODB, ORDB)を問わず任意のデータベースに対して任意の可視化スキームを適用した 3 次元可視化空間の生成を可能にした。また、従来のシステムにおいて、ユーザは、可視化データや可視化環境に対して予め設定された解析操作しか行えない。本研究では、ユーザによる DB レコードの柔軟な解析・利用操作を支援するため、目的に応じたアプリケーション・ツールの導入、および、これらのツールと DB レコードとの自由な連携を可能にした。DB レコードを単に可視化する従来の 3 次元可視化と区別して、これを仮想実体化と呼ぶ。仮想実体化により、ユーザは、DB レコードに新たな解析視点を付与したり、直接操作して編集することが可能となった。

3 次元可視化空間における情報アクセスに関して、従来の手法では、階層構造やネットワーク構造等、対象データ構造に基づく情報アクセス空間を形成し、その構造をたどる情報アクセスを可能にしている。しかしながら、データ構造をたどるだけでは発見できないデータ間の関係やより効率的なアクセス経路を把握するためには、単に静的なデータ構造をたどるだけでなく、様々な解析視点から自由に情報を組織化して情報アクセスすることが重要になる。本研究では、ナビゲーション構造を持たないデータベースを含む任意のデータベースに対し、任意の複数の解析視点からこれらを組織化し、これに基づきナビゲーション構造が付与される情報アクセス空間の形成フレームワークを提案する。情報アクセス空間の形成方式として、データ・モデル方式および動的リンク方式を提案した。データ・モデル方式では、任意のデータベースにハイパーリンク構造を付与し、これを 3 次元仮想空間にマッピングする。また、動的リンク方式では、ユーザが動的に定義・変更可能な複数の解析視点に基づき、逐次的に情報アクセス空間を形成する。ユーザは、ナビゲーション構造を持たないデータベースを含む任意のデータベースに対しても、任意の複数の解析視点からこれらを組織化し、ナビゲーション構造を付与した情報アクセス空間を形成して情報探索を行うことができるようになった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 譲
副 査 教 授 佐 藤 義 治
副 査 教 授 原 口 誠
副 査 教 授 有 村 博 紀

学 位 論 文 題 名

An Information Access Space Framework Based on the Virtual Reification of Database Records

(データベース・レコードの仮想実体化に基づく
3次元情報アクセス空間形成フレームワーク)

近年、科学技術分野やビジネス分野において、大規模なデータベースを検索条件と視点および見せ方を自在に即座に変えながら可視化し、視点を次第に絞りながら目的の情報に到達する探索の過程をインタラクティブに支援する技術の確立が望まれている。従来のデータベース可視化システムには以下の問題点が存在していた。

- (1) 従来システムでは、各レコードを可視化表現を用いて表示しているだけなので、可視化されたレコードを操作することによって、詳細情報を引き出したり、可視化によってインタラクティブなシミュレーション環境を生成することはできない。
- (2) 従来システムでの可視化は、単一の検索条件ごとに提示される単一の可視化空間であり、種々の検索条件、視点、見せ方に対応する多様な可視化空間を相互に関連付け、異なる空間をまたがって情報探索をすることにより、検索の焦点を次第に絞り目的の情報へと辿る情報アクセス空間を実現することができていない。

本論文は、上記の2つの問題に答えるために、以下の2つの貢献を行った。

- (1) データベースレコードを可視化表現を用いて表示するのではなく、3次元可視化表現を持ったインタラクティブなオブジェクトとして仮想空間中に実体化することにより、可視化された各オブジェクトに種々の機能を導入することを可能にした。この実体化のためのテンプレートと実体化システムをすべて基本部品の組み合わせで定義できる仮想実体化フレームワークを知識メディアアーキテクチャ環境で確立し、実体化された各レコード・オブジェクトないしはその一部を他の知識メディアアプリケーション環境で再利用することも可能にした。

- (2) 仮想実体化環境自体を空間部品として知識メディアアーキテクチャ環境に導入することにより、個々のレコードの実体化表現において、このレコードに関連付けて定義することができる別の仮想実体化空間を複数個付与すること可能にした。これにより、検索条件、視点、見せ方に対応する多様な可視化空間を相互に関連付け、これらの異なる空間をまたがって情報探索をすることにより、検索の焦点を次第に絞り目的の情報へと辿る情報アクセス空間の構築が可能となった。

第1章では、本研究の目的を述べると共に、個々のデータベース・レコードを単に可視化するだけではなく、インタラクティブな機能オブジェクトとして実体化することにより、実体化されたオブジェクトを用いたシミュレーションや他の環境への再利用が可能になることを指摘し、データベースの単なる可視化ではない仮想実体化の重要性を指摘している。

第2章では、この研究の基盤技術として用いている3次元知識メディアアーキテクチャの概要を説明している。

第3章では、仮想実体化システムの開発のためのアプリケーションフレームワークを知識メディア・アーキテクチャを基盤に確立し提案している。仮想実体化フレームワークの提案は国際的にも先駆的研究である。

第4章では、仮想実体化空間自体を部品化することにより、一つの仮想実体化空間の中に、別の複数の仮想実体化空間を再帰的に生成し、これらの空間を渡り歩くことによって、ビューを切り替えながら検索の焦点を絞ることができる情報アクセス空間アーキテクチャを提案している。

第5章と第6章では、情報アクセス空間アーキテクチャの例として、文脈情報アクセスモデルに基づく情報アクセス空間アーキテクチャと、各レコードごとに、レコードの属性値に依存したビューに対応する仮想実体化空間を再帰的に生成する多重ファセット情報アクセス空間アーキテクチャを提案し、それぞれの開発フレームワークを確立し提案している。6章では、この情報アクセス空間を用いて、異なる空間を歩きながら徐々に目的の情報へと焦点を狭めていくアクセス法の有効性を、実感に基づいて評価している。

7章は全体のまとめで、本研究で得られた成果の総括を行っている。

これを要するに、著者は、大規模なデータベースに対して自在に検索条件や視点、見せ方を変えながら検索結果を可視化するだけでなく仮想実体化することができるフレームワークを確立し、仮想実体化空間の部品化によって、空間を跨いで探索を行うことにより、ビューを自在に変え、焦点を絞り込みながら目的の情報へと到達する情報アクセス空間構築のためのフレームワークを確立した。本研究の成果はデータベース工学の分野に大きく貢献するものと考えられる。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。