

ハイパーメディアプラットフォーム“雅(みやび)”の概要

原 良憲 的場 ひろし 平田 恭二 高野 元

NEC C&C 情報研究所

杉渕 史子 松浦 宏 中村 克男 引間 晃

NEC 技術情報システム開発

本論文では、ナビゲーション型のハイパーメディア構築・利用システム“雅”のモデル、並びに、機能について説明する。主な特徴は、(1)拡張 E-R モデルを基本とした構造化・ナビゲーション方式、(2)処理・モデルの単純化を目的とした概念系と表現系処理との分離、(3)効率的・効果的な大規模データハンドリングのための高次構造情報の考慮等である。従来のハイパーメディアの操作感の良さを生かしつつ、データベース概念モデリングの汎用性、拡張性を考慮した位置付けのシステムである。

数千リンク規模のバリ観光案内ハイパーメディアを構築し、基本機能の有用性を確認した。今後の課題は、メディア分散処理環境への発展と、効率的・効果的な大規模化処理への対処等である。

Miyabi: A Navigation-based Hypermedia Platform System

Yoshinori Hara Hiroshi Matoba Kyoji Hirata Hajime Takano

C&C Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation

4-1-1, Miyazaki, Miyamae-ku, Kawasaki, Kanagawa 216, JAPAN

Ayako Sugibuchi Hiroshi Matsuura Katsuo Nakamura Akira Hikima

NEC Scientific Information System Development, Ltd.

KSP, 3-2-1, Sakado, Takatsu-ku, Kawasaki, Kanagawa 213, JAPAN

This paper proposes a navigation-based hypermedia platform system called “Miyabi.” Miyabi is based on an extended Entity-Relationship model and provides wide variety of navigational tools such as schema browsers. It is designed clearly to separate conceptual information from media processing so as to simplify its architecture. It is also designed to consider high level semantic structures to handle large amounts of hypermedia data.

A prototype of Paris guide hypemedia, which is organized by thousands of links, demonstrates the usefulness of Miyabi.

1 はじめに

近年、ハイパーメディアの研究開発は、簡便な情報表現・操作ツールを提供するという側面から、豊富なモデル表現に立脚した実用規模に耐えうる統合化システムの構築へと進展しつつある。これは、実用規模のビジネスアプリケーションからの要請や、グループ共同作業支援（CSCW）、ハイパーメディアエンジニアリングといった先進アプリケーションからの要請による。システムとしてのハイパーメディアと、基盤技術としてのデータベース、情報検索、エキスパートシステム、ヒューマンインタフェース、個別メディア処理技術等とのより密な統合が望まれてきている [Kane91, HYPE91]。

ハイパーメディアとデータベースとの統合においても、“ハイパーテキスト（ハイパーメディア）データベース”なる領域が、活発になりつつある [ClGa90, HKW91a, TaSe92]。発展経緯としては、大別して以下の2つに分けられる。第一は、ノードとアークからなるグラフ構造を扱うデータベースである。大規模ハイパーメディアのハンドリングを行なうシステムと位置付けられる。また、第二は、4GLなどのデータベースビジュアルインタフェースに、ナビゲーション的側面を発展拡張させたものと位置付けられる。

しかし、現状では、両者の対象とする領域も、完全に一致しているわけではなく、また、ハイパーテキストデータベースの定義自体も確立しているわけではない。また、手法的に得られた結果を、システム構築面へ本格的に取り込む必要がある。

本稿では、実用規模を想定した、ナビゲーション型ハイパーメディアのプラットフォーム“雅（みやび）”について説明を行なう。雅は、拡張E-Rモデルを基本としたナビゲーション、プレゼンテーションが行なえるハイパーメディア構築システムである。従来のハイパーメディアの操作感の良さを生かしつつ、データベース概念モデリングの汎用性、拡張性を考慮している点の特徴である。

以下、2章で要件を述べた後、3章以下で、提案システムの概要について紹介を行なう。

2 ハイパーメディア プラットフォームとしての要件

以下では、現状の問題点と、ハイパーメディアプラットフォームとしての要件をまとめる。

2.1 現状の問題点

現状システムで問題と認識されている点は、以下の通りである。

(1) 柔軟な設計指針の欠如

プレゼンテーション型のようなハイパーメディアを構築する場合、まず素材としてのメディア収集・電子化を行なう。しかるのちに、個々のメディアデータの関連づけを行なう。個人の情報管理ツールとしてハイパーメディアを利用する場合も、おおむねこのような製作過程である。一方、情報検索・分析を主眼としたナビゲーション型の大規模ハイパーメディアでは、データベース概念モデリングのようなスキーマ設計を行ない、その後、個別メディアデータのアサインを行なう。このように、種々の設計要請があるにもかかわらず、従来の構築システムでは、柔軟な設計指針がなされていない。

(2) 同期と関係づけの問題

マルチメディアは、静止画・動画、音声などの個別メディアを時間的、空間的に連動して複合化させ、複合メディアを用いたことによる相乗効果を目的とする。したがって、実時間メディア間における同期処理や、空間メディア間による割り付け処理が本質となる。一方、ハイパーメディアでは、マルチメディア情報の意味的關係を陽に指定すること（ハイパーテキスト構造化）に重点がある。しかし、同期と関係づけの問題は、本来切り離せない表現であり、より単純なモデル表現が望まれる。

(3) 利用・編集面の不備

電子化情報のメリットは、格納された情報を効率的・効果的に利用できることである。この点で、従来のナビゲーションツールは、いまだ不十分である。ナビゲーションツールの不備

は、ひいては、情報空間における迷子の問題 (Disorientation Problem) を引き起こす。

一方、編集時における関連づけやインデクシングのコストが多いため、編集・電子化の自動化方策が必要である。

2.2 要件

以上の問題をふまえ、次期ハイパーメディアシステムの要件を整理する。

(1) Top-down と Bottom-up 設計の提供

従来のデータベース設計管理は、Top-down 設計であり、全体のスキーマ設計を行なったのち、個々のインスタンス情報を作成する。一方、従来のハイパーメディア設計では、個々のマルチメディアオブジェクト（カード、ウィンドウ等）を作成した後、全体の関連づけを行なうという Bottom-up 設計である。一般に、大規模定型的な対象であれば、Top-down 設計が有効であり、中小規模で非定型な対象であれば、Bottom-up 設計が有効である。したがって、初期の段階で対象が少なければ、Bottom-up 設計を行ない、対象量の増加に応じて、Top-down 設計への移行が行なえることが必要である。あるいは、Top-down 設計を行なった対象でも、更新後に、規模が小さくなれば、Bottom-up 設計的な利用が行なえるという柔軟な設計指針が必要である。

(2) 属性表現とグラフ構造表現との変換

問題点 (2) で述べた、同期と関係づけの問題は、見方をかえれば、E-R-A モデルのような属性表現と、ノードとアークとで構成されるグラフ構造表現との相互変換とみなすこともできる。すなわち、オブジェクトとオブジェクト間との間接的／直接的関係を、両方もしくはいづれか一方の構造表現で実現できることが、問題点 (2) の解決策の 1 つとなる。ハイパーグラフを基本としたモデル [WaSh90, HaKa90] や、時間軸オブジェクトを考慮した MOL モデル [TaMH91, TaMH92] などでも試みられている。ハイパーメディア情報構造表現の一般的取り扱いとは、今後の課題である。

(3) 多様なナビゲーションの提供

Halasz の “Seven Issues Revisited” [Hala91] でも述べられているように、種々のリンク表現に基づくナビゲーション（リンクを利用した情報検索機能）を提供することが必要である。リンク表現は、ノード間リンクを陽に指定する外延的リンク (Extensional Link) だけでなく、同じ属性をもつノードを間接的に結合する内包的リンク (Intensional Link) をも対象とする [DeRo89]。また、書誌的・概念的関係だけでなく、メディア情報（たとえば、画像の形状、色等）に立脚したナビゲーションを提供する必要がある [HiKa92, HiHa92]。

さらに、対象が大規模になった場合でも同様にハイパーメディア処理的取り扱いができるようなナビゲーションを提供する必要がある。このような大規模ナビゲーションには、グラフ構造のクラスタリングが重要な技術となる [BoSh91, HKW91b]。

(4) インデクシングの自動化

2 次情報の自動作成や、ブレーンテキストからのハイパーテキスト変換も、編集効率化を図る上で重要な要因である。対象がマルチメディアとなるハイパーメディアの場合には、書誌的項目や、テキスト情報のみでなく、静止画、動画、音等のメディア情報を利用したインデクシングも考慮する必要がある [HiKa92, HiHa92]。

さらに、個別メディアエディタとのカップリング（たとえば、埋め込み型システムによる構成）も、インタラクティブな関係づけを行なう際に重要となる。

(5) オーバビューダイアグラムの提供

Disorientation の問題に対処するためには、情報空間の全体像を把握できるような地図、すなわち、オーバビューダイアグラムの実現が必要となる。オーバビューダイアグラムの実現は、上記要件 (2)、(3) とともに密接に関係しており、モデルや適用機能に応じたブラウザツールとしての実現が必要である。

上記の他、AI、認知モデル、個別メディア技術等に関連する要件も存在するが、割愛する。

3 ハイパーメディア構築ツール“雅”

本章では、前章でまとめた要件をもとに、実用規模を想定したナビゲーション型のハイパーメディア構築ツール“雅”について紹介する。

3.1 雅の設計指針

雅は、豊富なモデル表現に立脚した実用規模に耐えうる統合化システムを実現するため、以下の設計指針で構築をはかっている。主な特徴は、拡張 E-R モデルを基本とした構造化・ナビゲーション、概念系処理と表現系処理との分離、高次構造情報の考慮である(図1参照)。

(1) 拡張 E-R モデルを基本とした構造化

Top-down と Bottom-up 設計の提供、並びに、多様なナビゲーションの提供を行なうために、拡張 E-R モデルを基本構造とする [BaCN92]。拡張 E-R モデルとは、Entity (実体)、Relationship (関連)、Attribute (属性) からなる E-R モデルに加えて、is-a、is-part-of の関係をも考慮するモデルである。is-a 関係では、上位クラスの属性を下位に継承し、is-part-of 関係では、継承関係のない階層関係か、もしくは、下位クラスの属性情報を上位に伝搬する。

拡張 E-R モデルを採用した理由は、以下の通りである。まず第一に、汎用性・拡張可能性である。データモデル的には、従来から利用されているものであるが、今後の新機能/ツール群を取り込むことを考慮して、モデルのオープン性・普遍性を重視した。第二に、規模に依存しないスケーラブルなナビゲーションを実現するためである。すなわち、ノードの集合としての実体、リンクの集合としての関連とが対応するためである。これはまた、ハイパーメディアのクラスタリング [BoSh91, HKW91b] とも親和性が良い。

また、単にデータ蓄積・管理にデータベース技術を利用するだけでなく、ナビゲーション機能にデータベース操作機能を援用することもモデル採用の一因である。

(2) 概念系と表現系処理との分離

ビジュアルインタフェースレベルの明確な区別と同様、内部のモジュール構成においても概念系と表現系処理との分離を行なう。これは、データベース技術とハイパーメディア双方の良さを生かすためである。ここで、概念系処理とは、ハイパーメディアの論理・意味的關係に関する処理である。具体的に、書誌・キーワード

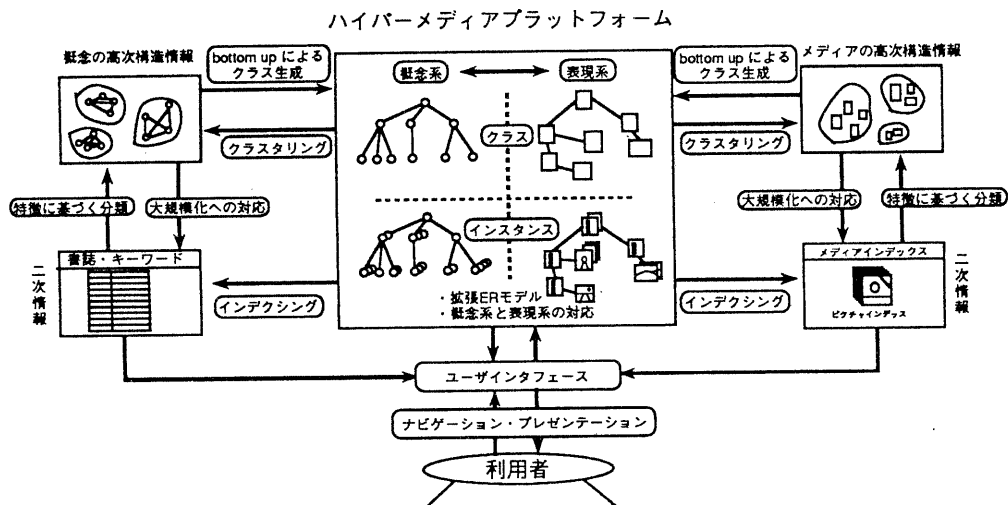


図1 ハイパーメディアプラットフォーム“雅”

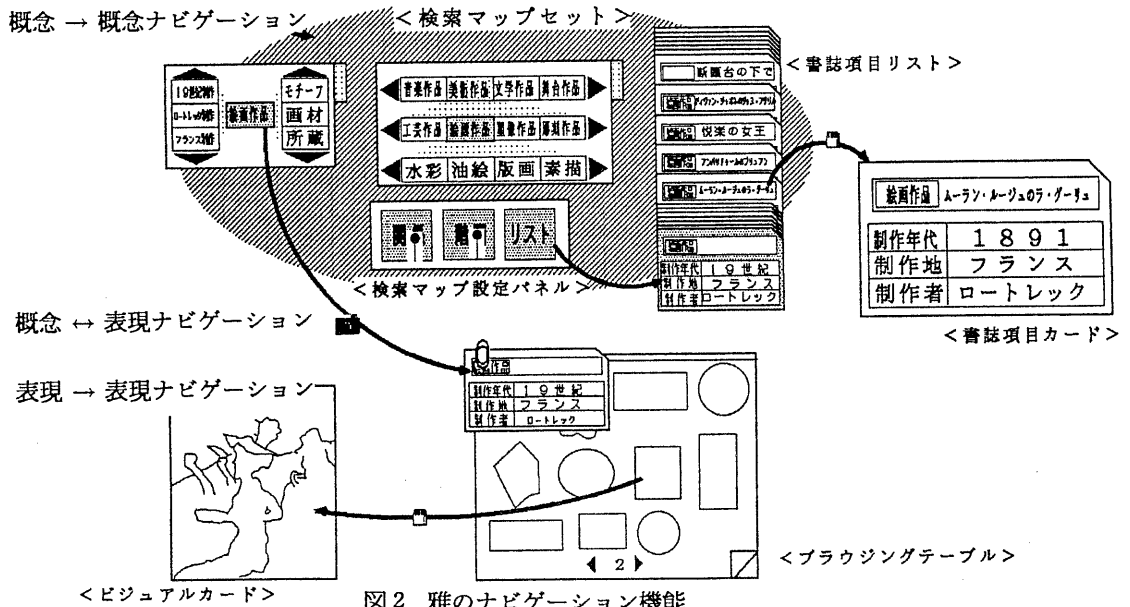


図2 雅のナビゲーション機能

などで表現されるオブジェクト間の直接／間接的関係を記述する。ハイパーメディア的には、ドキュメント間の関係を記述することに相当する。

一方、表現系処理では、ハイパーメディアの表現・レイアウト構造、イベント処理、画像処理等のメディア処理を行なう。この処理は、従来の中小規模のハイパーメディアで実現されてきた操作インタフェースが対応する。

概念系と表現系処理との分離の利点は、概念系の情報管理が抽象化されることによるモデルの単純化である。また、異種メディアの導入容易性や、処理ハードウェアを分離して全体の効率を上げる等の拡張も行ないやすい。

(3) メディア インデクシング

ハイパーメディアの効率的編集には、二次情報としてのインデクシング技術が重要である。インデクシングは、キーワードのようなテキストメディアのみならず、静止画・動画等の非構造メディア情報への対処も可能である。非構造メディアに対する二次情報利用の際は、インデクシングだけでなく、マッチング処理も重要となる。

ビクチャインデックスを用いた画像検索 [HiKa

92, HiHa92] は、静止画メディアに対するインデクシング手法の1つである。利用者は、画像の形状、色、領域等の情報を手がかりに、対象情報の検索、ナビゲーションが行なえる。

(4) ハイパーテキスト クラスタリング

百科事典や、大規模マニュアルのように対象が大規模になったり、Bottom-up 設計を支援するためには、クラスタリング技術が不可欠である。クラスタリングによる情報構造化は、2次情報、あるいは、高次情報の自動抽出と位置付けられる [SaHC92]。このような構造化手法を用いると、検索の高速化、オーバビューダイアグラムの実現といった大規模ハイパーテキストに有効な種々の方策が実現できる。

3.2 雅の機能構成

雅のブラウジング機能、及び、オーサリング機能につき説明する。

3.2.1 ナビゲーション機能

雅では、図2のように、概念系のツール・データと、表現系のツール・データとがあるため、ナビゲーション機能は、大別して以下の4つからなる。

概念 → 概念ナビゲーション：E-R モデル上の関連・実体図、is-a 階層図、is-part-of 階層図等の検索マップセット（スキーマブラウザ）を基本に、概念間の関連オブジェクトを検索・提示する。書誌項目リスト（インスタンスリスト）を併用して、スキーマ間、スキーマ・インスタンス間、インスタンス間のナビゲーションを実現する。

概念 → 表現ナビゲーション：概念インスタンスに対応する表現インスタンス（ビジュアルカード）を提示する。概念インスタンスには種々のメディア表現があり、逆に、表現インスタンスにも複数の概念が関連し得るので、両者の関係は、多対多の関係となる。複数の表現インスタンスが対応すれば、一覧性を生かしたブラウジングテーブルにより、複数候補の一覧提示を行なう。

表現 → 概念ナビゲーション：表現インスタンスに対応する概念インスタンス（書誌項目カード）を提示する。複数の概念インスタンスが対応すれば、同様に、一覧提示を行なう。

表現 → 表現ナビゲーション：表現インスタンス間のナビゲーションである。従来の静的リンクに相当する直接遷移だけでなく、対応する概念インスタンスの情報を利用した集合操作的ナビゲーションをも提供する。また、ピクチャインデックスを用いた類似画像検索も、本ナビゲーションタイプである。

ナビゲーションには、常に現時点で対象とするクラススキーマ、及び、インスタンスが存在する。これをフォーカスと呼ぶ。フォーカスに関連するデータは、フォーカスの移動に伴い、更新される。ある時点でのフォーカスの内容をつねに表示しておきたい場合には、スナップショット化しておく。

3.2.2 オーサリング機能

オーサリング機能としては、各クラススキーマレベルの編集・更新、並びに、各インスタンスレベルの編集・更新の各機能を提供する。簡便かつ操作性のよいインタラクティブ処理、並びに、大規模データの効率的な一括編集としてのバッチ処理双方を用意する。

4 インプリメンテーション

上記で説明した機能の基本部分をプロトタイプとして実現し、機能検証を行なっている。

4.1 システム構成

現時点でのシステム構成は、NEC EWS4800 (UNIX Workstation)、X ウィンドウ、C++、Oracle を用いたものである。ただし、Oracle は、データの格納のみに用い、実行時は、ナビゲーションすべきデータを主記憶上にリンクリスト表現に展開して利用している。これにより、高速・効率的なナビゲーションが実現できる。また、3.1 で述べたピクチャインデックスによる画像検索方式は、現時点でシステム内に組み込んではいないが、各処理をツール化して画像のナビゲーションが容易に実現できる構成となっている。

4.2 ユーザインタフェース

ユーザインタフェースの基本は、マウス等を利用した簡便な操作インタフェースの提供にある。ユーザドリブンなイベント処理として、マウスボタンクリック、ドラッグイン（対象のある領域へひきずり入れる）、ドラッグアウト（対象のある領域からひきずり出す）の3つ、もしくは、これらの組み合わせですべての操作が行なえるように実現している。

また、概念クラス/インスタンス、表現クラス/インスタンス等の対象は、全てウィンドウとして管理され、各ウィンドウにイベントが組み合わされて処理が決まる構成となっている。

今後は、[MHCK92] で用いたような高機能フレームバッファを利用し、一層操作感の良いインタラクティブインタフェースを実現する。

4.3 ナビゲーション事例：バリ 観光案内

図3は、ナビゲーション・オーサリング評価用として構築したバリ観光案内ハイパーメディアの拡張E-Rモデルである。通常のリンクに沿ったハイパーテキストナビゲーションに加えて、5W1H的な問い合わせをベースにしたナビゲーションが行なえる。

例では、「場所」、「人物」、「建造物」、「事件」、「美術作品」、「年代」の6つのベースエンティティを基軸としている。約600程度の概念インスタンスと対応する表現インスタンス、並びに、約2,000程度のリンクとからなる。

「人物」、「建造物」、「事件」には、is-a関係で、よりきめ細かい実体を定義している。これは、実体間の関連をより細かく規定し、精度のよいナビゲーションを実現するためである。たとえば、ある建造物に対して関係が深かった人物という関係がある。これに対し、人物が建築家であれば、設計するというより詳細な関係を規定することができ。また、建造物が墓地であれば、埋葬するという関係も規定することができる。このようなきめ細かい指定を行なうことにより、再現率・適合率の高いナビゲーションが実現できる。

図4は、静的リンクを利用したナビゲーション例である。フランスの表現オブジェクト（地図）をベースに、シャンジェリゼ、凱旋門とナビゲーションを行なっている。また、シャンジェリゼの関連実体テーブルを表示して、シャンジェリゼ近傍にある凱旋門以外の建物も一覧することができる。たとえば、「チュイルリー公園」、「コンコルド広場」などである。

図5は、関連・実体図、is-a階層図を用いたスキーマナビゲーション例である。画家にまつわる関連実体や属性を見たり、画家以外のタイプの人物にまつわる情報をナビゲーションすることができる。図5では、スキーマブラウザの1つとして関連・実体図を用い、ゴッホ作品をナビゲーションし、「オーペールの教会」を提示した例である。関連・実体図では、関連する実体情報だけでなく、フォーカスの属性（この場合は、「流派」）も同様に表示している。

ハイパーメディアシステム
観光案内・拡張ERデータモデル

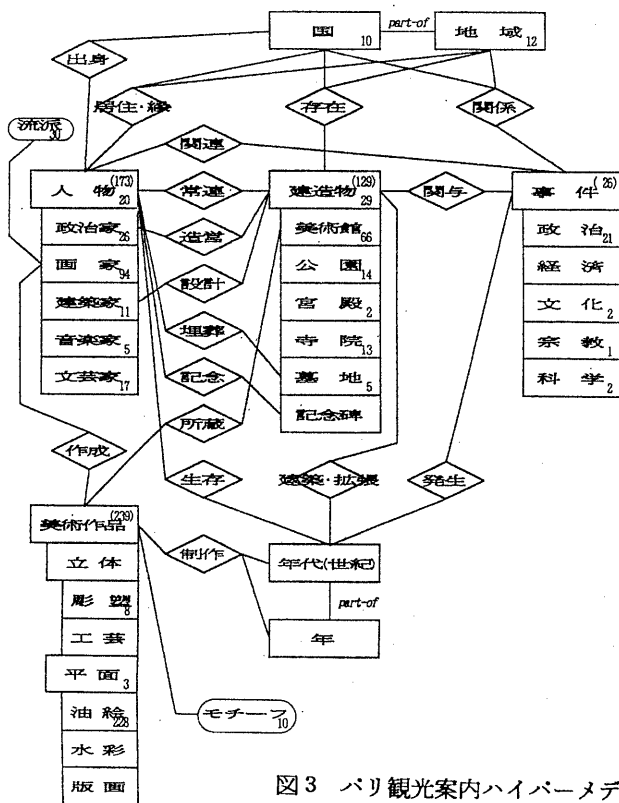


図3 パリ観光案内ハイパーメディアの拡張E-Rモデル

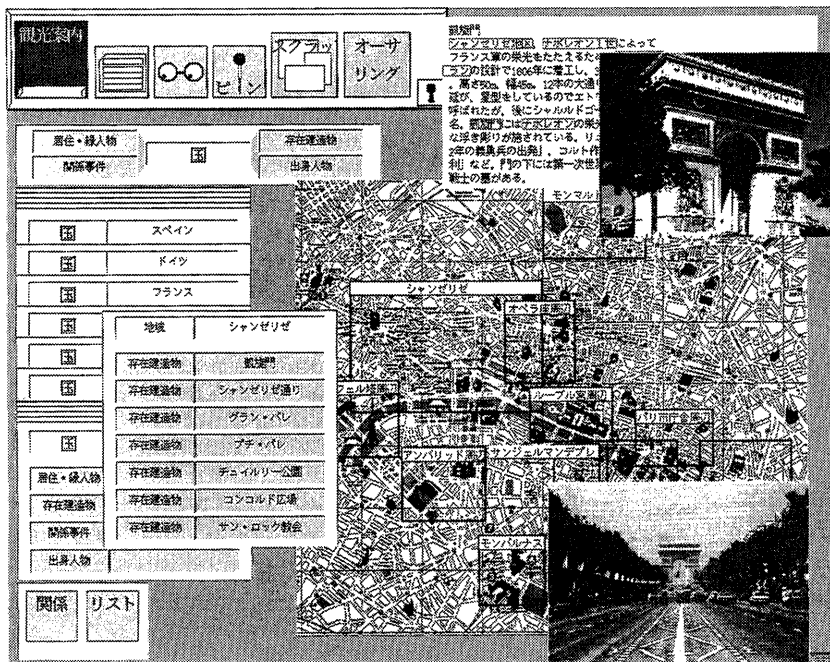


図4 静的リンクを用いたナビゲーション例

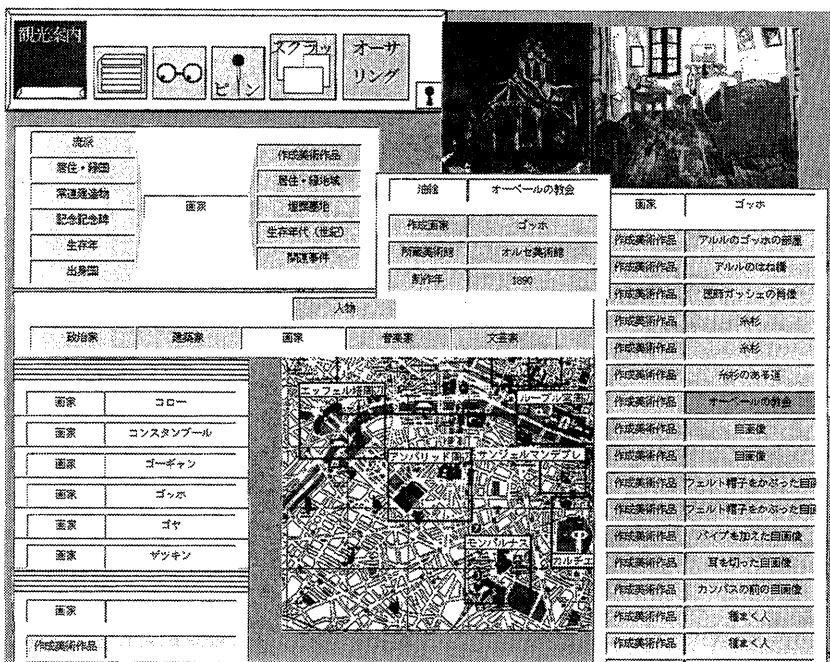


図5 関連・実体図を用いたスキーマ ナビゲーション例

4.4 今後の課題

(1) メディア分散処理環境の実現

本システムの基本的な考え方は、各メディアの特性に応じた機能処理分散をはかることにあり、概念系と表現系情報における処理・操作の分離は、その一例である。この結果、マルチメディアデータの取り扱いが抽象化され、モデルの単純化がはかられた。今後は、この考え方を発展拡張させ、メディア分散処理環境の実現をはかり、性能の向上や、システム構築の便宜性をはかる必要がある。

(2) 大規模化処理

今回のプロトタイプでは、数千程度のリンク規模のハイパーメディア構築を行なった。今後は、数万程度以上のリンク規模の大規模ハイパーメディアに対する対処が必要である。このためには、3.1で述べたハイパーテキストクラスタリングの技法を援用し、適正規模にグルーピングする処理や帰納的にスキーマを規定していく処理が必要となる。

また、キーワード、画像インデクシングの自動化技術を援用して、リンクの自動作成、自動メンテナンスを実現する必要がある。

また今回、スキーマブラウザとして、E-Rモデル上の関連・実体図、is-a階層図、is-part-of階層図表示を実現した。しかし、より大規模なデータの認識・把握のためには、これらを統合したオーバビューブラウザが必須となる。

(3) ナビゲーションガイドの提供

本システムでのリンクタイプは豊富であり、種々の関連づけ表現能力は高い。したがって、一般のナビゲーション、プレゼンテーション型応用ハイパーメディアへの適用が可能である。しかしながら、表現能力が高くなった半面、利用者に対するアクションの負担も同時に増大した場合も見受けられた。従って、情報の表現能力を高くするだけでなく、意図・目的を明確にしたナビゲーションガイドのような支援機能も合わせて提供する必要がある。シナリオベースのハイパーメディア[OgHK90, OgHa91]との統合も、その実現方策として重要である。

5 おわりに

本論文では、ナビゲーション型のハイパーメディア構築・利用システム“雅”の概要について説明を行なった。主な特徴は、(1)拡張E-Rモデルを基本とした構造化・ナビゲーション方式、(2)処理・モデルの単純化を目的とした概念系と表現系処理との分離、(3)効率的・効果的な大規模データハンドリングのための高次構造情報の考慮等である。従来のハイパーメディアの操作感の良さを生かしつつ、データベース概念モデリングの汎用性、拡張性を考慮した位置付けのシステムである。

数千リンク規模のバリ観光案内ハイパーメディアを構築し、基本機能の有用性を確認した。今後の課題は、メディア分散処理環境への発展と、効率的・効果的な大規模化処理への対処等である。

参考文献

- [BaCN92] Batini, C., Ceri, S., and Navathe, S. B. “Conceptual Database Design: An Entity-Relationship Approach,” The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1992.
- [BoSh91] Botafogo, R. A., and Shneiderman, B. “Identifying Aggregates in Hypertext Structures,” ACM Hypertext’91, 1991, pp. 63-74.
- [ClGa90] Clifton, C., and Garcia-Molina, H. “Indexing in a Hypertext Database,” VLDB’90, 1990, pp.36-49.
- [DeRo89] DeRose, S. J. “Expanding the Notion of Links,” ACM Hypertext’89, 1989, pp.249-267.
- [HaKa90] Hara, Y. and Kasahara, Y. “A Set-to-Set Linking Strategy for Hypertext Systems,” ACM COIS’90, 1990, pp.131-135.
- [Hala91] Halasz, F. G. “Seven Issues Revisited,” ACM Hypertext’91 Keynote Talk, 1991.

- [HaMK90] 原 良憲, 的場ひろし, 笠原 裕 「ハイパーメディアデータモデルに関する一考察」, 人工知能学会 ヒューマンインタフェースと認知モデル研究会, CIG-HICG-9001-2, 1990, pp. 11-20.
- [HiKa92] Hirata, K., and Kato, T. "Query by Visual Example - Content based Image Retrieval -," EDBT'92, 1992, pp. 56-71.
- [HiHa92] 平田恭二, 原 良憲 「概略画像を用いた画像検索」, 電子情報通信学会データ工学研究会, DE92-2, 1992, pp. 9-16.
- [HKW91a] Hara, Y., Keller, A. M., and Wiederhold, G. "Relationship Abstractions for an Effective Hypertext Design: Augmentation and Globalization," DEXA'91, 1991, pp. 270-274.
- [HKW91b] Hara, Y., Keller, A. M., and Wiederhold, G. "Implementing Hypertext Database Relationships through Aggregations and Exceptions," ACM Hypertext'91, 1991, pp. 75-90.
- [HYPE91] Hypertext'91, Third ACM Conference on Hypertext Proceedings, San Antonio, Texas, Dec. 15-18, 1991.
- [Kane91] 金子朝男 「ハイパーメディアの研究動向」, 情報処理学会第42回全国大会チュートリアル・セッション資料, 1991, pp. 17-31.
- [MHCK92] 的場ひろし, 原 良憲, 千村浩靖, 笠原裕 「ハイパーメディア美術館 - アメニティを重視したユーザインタフェース -」, ハイパーメディアと信号処理フォーラム'92, 1992.
- [OgHK90] Ogawa, R., Harada, K., and Kaneko, A. "Scenario-based Hypermedia: A Model and a System," Hypertext: Concepts, Systems and Applications, Cambridge University Press, 1990, pp. 38-51.
- [OgHa91] 小川隆一, 原田浩明 「マルチメディアシナリオ記述のためのデータモデルとオーサリング環境について」, 電子情報通信学会データ工学研究会, DE91-3, 1991, pp.17-24.
- [SaHC92] 佐古慎二, 原 良憲, 千村浩靖 「参照関係を用いた大規模マニュアルの自動構造化」, 情報処理学会 情報学基礎研究会, FI 26-2, 1992, pp. 9-16.
- [ScSt90] Schütt, H. A., Streitz, N. A., "Hyperbase: A Hypermedia Engine," Hypertext: Concepts, Systems and Applications, Cambridge University Press, 1990, pp. 95-108.
- [SmSm77] Smith, J. M., and Smith, D. C. P. "Database Abstractions: Aggregation and Generalization," ACM TODS, Vol. 2, No. 2, 1977, pp. 105-133.
- [TaMH91] 高野 元, 的場ひろし, 原 良憲 「ビデオデータ中に現れる物体をノードとするハイパーメディア構成方式」, 計測自動制御学会 第7回ヒューマンインタフェースシンポジウム, 1991, pp. 301-306.
- [TaMH92] 高野 元, 的場ひろし, 原 良憲 「ビデオ・ハイパーメディアのナビゲーション方式」, 計測自動制御学会 第8回ヒューマンインタフェースシンポジウム, 1992, (to appear).
- [TaSe92] 田中克己, 銭 晴 「ハイパーテキストデータベースモデルについて」, Obase Workshop, 1992, pp.10-17.
- [WaSh90] Watters, C., and Shepherd, M. A. "A Transient Hypergraph-Based Model for Data Access," ACM Trans. on IS, Vol. 8, No. 2, 1990, pp. 77-102.