

美術館探訪システム: ArtFinder

尾崎 圭司 矢野 米雄

徳島大学 工学部

ArtFinder は美術館見学者の観賞や学芸員の研究を支援するためのデータベースシステムである。3項組データモデルを用いて様々なメディアから構成される作家や作品や用語に関する情報を統一的に表現し、ハイパーテキスト/ハイパーメディアを構築した。これにより、本システムは多様なリンクによる巡回検索だけでなく試行錯誤的な条件検索を効率的に提供する。利用者は美術情報に関する大規模なハイパ空間中を関連する情報を求めて自由に探索し美術観賞のための様々な背景知識を得ることができる。

Art Museum Exploration System: ArtFinder

Keiji Ozaki and Yoneo Yano

Faculty of Engineering, The University of Tokushima

In this paper we discuss an art museum exploration system: ArtFinder. This system helps the visitors to enjoy and better understand art, and supports the research of the curators of the museum. Applying the flexibility of the 3-tuple data model, the information of artists, art works, and art terms, which are constructed on various media, are expressed uniformly, and a hypertext/hypermedia system is built on the data model. Using ArtFinder, users may have access freely to information about any art object in a large-scale hypertext/hypermedia database.

1 はじめに

興味を持った展示物について美術館見学者が同じ作家の他の作品を見たり、同じ流派の他の作家の作品や、関連する他の流派について自由に調べることができれば美術に関する興味や理解をより深めることができる。しかし、通常、美術館での展示は空間的・時間的制約の下で特定の観点で整理された作品群であり、見学者の好奇心の広がりを必ずしも満たすものではない。

そこで我々は、美術館見学者の美術観賞と学芸員の研究活動を支援することを目的とする美術館データベース ArtFinder を開発した。ArtFinder はコンピュータの使用経験や美術の知識のない不特定多数の美術館見学者がアドホックに使用することを想定しているの以下のこと

(a1) 使用するための予備知識を少なくする。コンピュータに関する知識や、システム固有の複雑な約束事を覚えなくても使用できるようにする。また、美術の知識を前提とした操作を要求されないようにする。

(a2) 試行錯誤が容易にできるようにする。条件検索を試行錯誤により変更したり、直前の検索結果を利用して検索範囲を絞り込めるようにする。

(a3) 関連項目を容易に探せるようにする。例えば、同じ作家の作品や、同一流派の作品など関連する様々なデータを、見学者が自分の興味にしたがって美術データベース中を思考を中断することなく自由に探索できるようにする。

そのために我々は以下の手法を用いた。

(b1) 様々なメディアから構成される美術データを 3 項組 (連想三重組)[1] で関連付け、作家・作品・美術用語などの美術オブジェクトを表現した。そして、これらを TRIAS-II で統一的に管理した。TRIAS-II は我々が開発中の 3 項組データモデルに基づいた分散データベース管理システムである [2, 3]。

(b2) 上記の 3 項組で表現された美術オブジェクトとその関係をハイパテキスト/ハイパメディア (以下ハイパテキスト)[4, 5, 6] として利用者に提供するインタフェースを作った。

3 項組の集合は最も基本的な関係である 2 項

関係あるいは 1 変数関数を表現しているとも解釈できるので、3 項組に基づいたデータモデルは意味データモデル [7, 8] や関数型データモデル [9] の一種と考えられる。

データを格納するノードを構造化せず、リンクによってノードとノードを接続するというハイパテキストの特徴は、意味データモデルにより自然に適合する。意味データモデルでは内部構造を持たないエンティティと、エンティティ間の 2 項関係のみで実世界をモデル化するので、データの中立性を保ちつつ複合オブジェクトを作り、これを様々な視点で表現できることが期待される。

さらに、3 項組はアドホックな問合せにも、巡回検索にも効率的に対応可能である。また、関数を値にとる関数を表現したり、関係に属性を与えることもできる。これらの特性は多様で非定型なメディアから構成される美術データを柔軟に表現し、処理するために適している。

2 ArtFinder の概要

本節では ArtFinder のユーザインタフェースとデータベースサーバ TRIAS-II の特徴について述べる。

2.1 ArtFinder の特徴

ArtFinder は以下の特徴を持つ。

(1) 条件指定によるアドホックな検索 (以下、条件検索) とハイパテキストによる巡回検索の 2 種の検索を組み合わせた検索が容易かつ効率的に行なえる。これにより、特定の条件を満たす全ての美術データを検索したり、検索済の美術データと特定の関係のある全ての美術データを巡回することがマウス操作だけで自由にできる。

(2) 条件検索時に試行錯誤的に条件指定を行ない、徐々に目的の美術データを絞り込める。

(3) 条件検索時に実在する属性値の選択によって属性/属性値指定を行なう。よって、属性/属性値について予め知る必要がない。

(4) 美術データを動的にハイパテキストに変換し、この単位でブラウジングする。ユーザイ

インタフェースに階層関係を作らず平坦な構造にした。

(5) 美術データの一部を指定することによって関連する他の美術データを巡回検索できる。

(6) 巡回検索は他の美術データの直接参照だけでなく、属性値やキーワードによる条件指定による間接的で1対多の対応を持つものも扱える。

(7) 美術データとその間の関係を3項組で表現し TRIAS-II サーバで管理する。これによって、美術データのハイパテキストを自然に表現でき、一貫性管理をデータベース管理システムで一括して行なえ、さらにネットワークを介して共有することが容易になる。

図1に示すように、我々はユーザインタフェースを提供する ArtFinder クライアントと美術データを保存する TRIAS-II サーバから ArtFinder を構成した。Dexter ハイパテキスト参照モデル [4] を用いると、ArtFinder クライアントは実行時層 (run-time layer), TRIAS-II は蓄積層 (storage layer) とコンポーネント内層 (within-component layer) に対応する。さらに、ArtFinder は TRIAS-II のオブジェクトをコンポーネント (component) (従来のノードに相当) または複合コンポーネント (composite component) に、関数関係をリンクコンポーネント (link component) (従来のリンクに相当) に対応させる。

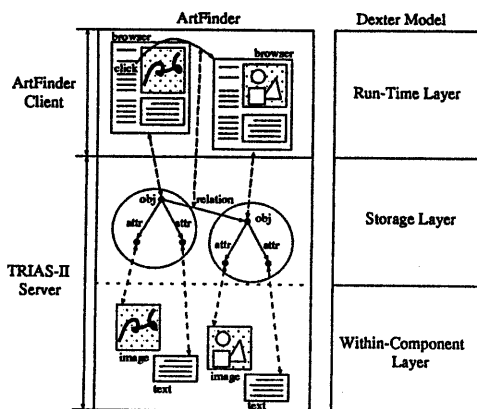


図1: ArtFinder と Dexter モデル

2.2 TRIAS-II の特徴

我々は従来より個人用データベース構築ツールとして TRIAS[2] を開発してきた。その特徴は多様な個人用データを柔軟に表現するために3項組を用いたことにある。TRIAS-II[3] の特徴は、

(1) TRIAS がアプリケーションに組み込むためのツールであったのに対して、TRIAS-II はデータベース管理システムとして独立させたこと。

(2) ネットワーク環境下での利用を想定した分散システムであること。

(3) TRIAS が基本データ型として文字列と数値しか扱えなかったのに対して、テキスト・静止画・音声などの印字可能型やオブジェクト ID, タプル ID など非印字型などを扱うことが可能でモデル化能力が向上したことにある。

我々は、上記の基本データ型を用いて美術作品や作家や美術用語などのオブジェクト (以下、美術オブジェクト) を表現した。

3項組では上記の型の要素を任意に関連づけられるので、オブジェクトの一部を他のオブジェクトに直接あるいは間接的に接続してハイパテキストを構成できる。ハイパテキストを構成するリンクはシステムが維持管理するので、美術データベース作成者は個々の美術データをほぼ独立に作成できる。

さらに、3項組はグラフ表現されたデータを巡回検索するのが効率的であるだけでなく、特定の条件を満たすノードあるいはノードの集合のアドホックな検索も高速に行なえる [2, 3]。これは、TRIAS-II では、3項組中の任意の数のエンティティを指定しても、適合する3項組の検索のための最悪のディスクアクセス回数が $O(\log_m/2(N))$ (m は B^+ -木の次数, N はエンティティの総数) となるように B^+ -木を構成したためである。

また3項組の各要素を対等に扱うので関数値として関数をとる汎関数を表現できる。これにより、各美術オブジェクト間の関係を視点の関数値として表現できる。また、3項組の要素として3項組自身を使用できるので、各美術オブジェクト間の関係に属性を与えられる。

2項関係に多くの属性が与えられる場合は独立したオブジェクトとして表現する方が望ましいが、属性の数が少数で複雑にならない場合は2項関係そのものに属性を与えられた方が自然でかつ便利である。

3 美術オブジェクトのモデル化

本システムでは、美術情報を作家・作品・用語の3種類の美術オブジェクトで構成する。作家や作品は物理的に認識できる対象であり、美術用語も美術上の個々に独立した概念なので、利用者は検索や関連付け操作の対象としやすい。

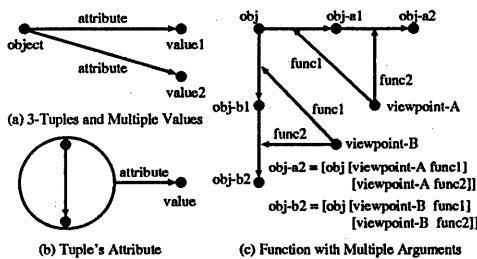


図 2: 3 項組と関係

上記の美術オブジェクトを3項組で表現し、TRIAS-IIデータベースサーバ内に永続オブジェクトとして保存した。3項組は式(1)の形式を持つ。これをグラフで表現すると図2(a)のようになる。

(オブジェクト, 属性, 属性値) (1)

1つの3項組は1つのオブジェクトに1対の属性/属性値を与える。1つのオブジェクトは複数の属性を持てる。また、1つの属性は複数の属性値を持てる。このようにして、オブジェクトを3項組の有限集合で表現できる。属性値には、文字列・数値・テキスト・静止画・音声の基本型、あるいは他のオブジェクトや3項組そのものがある。オブジェクトが他のオブジェクトを含むとき、それは複合オブジェクトを表現する。

美術オブジェクト間の関数関係あるいは2項関係も式(2, 3)の3項組で表現しTRIAS-IIに保存した。

(オブジェクト₁, 関数, オブジェクト₂) (2)

(オブジェクト₁, 関係, オブジェクト₂) (3)

これらはそれぞれ式(4, 5)の1変数関数あるいは2項関係を表現する。属性値が複数ある場合と同様に関数は多値関数でもよい。

オブジェクト₂ = 関数(オブジェクト₁) (4)

関係(オブジェクト₁, オブジェクト₂) (5)

上記のように3項組で構成したハイパertextは以下の特徴を持つ。

- (1) ノードは内部構造を持たない。
- (2) ノードとリンクは互いに独立である。
- (3) リンクは自由に追加・削除ができる。
- (4) リンクは意味に応じて名前(関数名)を持つ。
- (5) リンクは双方向で、順方向にも逆方向にもアクセス可能である。
- (6) リンクを属性値として持つノードを表現できる。
- (7) リンクは属性/属性値を持つ。
- (8) 多重リンクを表現できる。
- (9) 複合コンポーネントを扱える。

TRIAS-IIはテキストや画像などのすべての基本データ型を内部構造を持たない単なる識別子として管理する(上記1)。

リンクはノードの中に埋め込むのではなく3項組として表現したので両者は独立しており、自由に追加・削除可能(上記2,3)であるが、リンクを全く持たないノードや、存在しないノードを持つリンク、あるいは属性/属性値関係におけるループ(自分自身を要素として持つノード)が生じないための一貫性管理はTRIAS-IIが行う。リンクの意味に応じて関数を分けることによってリンクのフィルタリングが容易になる(上記4)。

上述のように、TRIAS-IIでは3項組の各要素は対等に扱われ、その任意の部分から3項組全体を高速に検索可能であるのでリンクは双方向となる(上記5)。

TRIAS-IIでは3項組はその要素として3項組自身を持てるので、リンクに属性を与えたり、コンポーネントの属性値としてリンクを与えられる(上記6,7)。この機能は上記(1)の唯一の例外である。この機能はオブジェクト(ノード)に

内部構造を与えることになり、意味データベースとしては望ましくなく、一般的にはこのようなリンクはオブジェクトとして表現し直すべきである。

しかし、リンクに属性を与えることで自然に問題を表現できる場合がある。例えば、リンクの属性に応じてリンクのフィルタリングを行ったり、リンクの分類が容易となる。また、値としてリンクを持つノードはハイパテキストの管理用のブラウザを表現するために有用である。

多値関数で多重リンクを表現できる(上記8)。また、我々はTRIAS-IIの複合オブジェクトをハイパテキストの複合コンポーネントとして扱った(上記9)。

3.1 美術オブジェクト

美術オブジェクトには作家・作品・用語オブジェクトの3種類がある。作家オブジェクトは、岡本太郎、李禹煥、パブロピカソなどの作家を表す。作品オブジェクトは、「太陽の塔」、「点より」、「ゲルニカ」などの美術作品を表す。用語オブジェクトは、「超現実主義」や「古典主義」などの美術用語を表す。それぞれの美術オブジェクトの属性の一部を図3に示す。

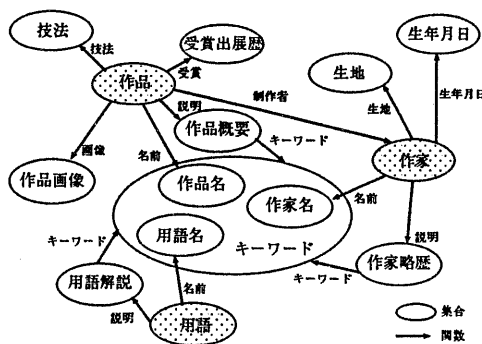


図3: ArtFinderのスキーマ

図3の各美術オブジェクトのキーワードは、学芸員が作家や作品や用語の特徴を考慮して与えたものである。これとは別に、データベースに登録時に全ての文字列、数値、テキスト型の属性値から自動的にキーワードを抽出し、キーワード属性値を与えた。

3.2 美術オブジェクト間の関係

本システムは美術館に所蔵されている全ての作品とその作家、および関連する美術用語を対象としているので大規模なものとなる。これらの間のハイパリンクを全て人手で作成するのは困難なので、できるだけ自動化する方針をとった。

ArtFinderが扱う美術オブジェクト間の関係(ハイパリンク)には以下のものがある。これらのリンクを使って、美術オブジェクトの任意の部分(属性値)は他の美術オブジェクトとのリンクを持つ。

(1) 静的な単一リンク

唯一の属性値あるいは一意の関数値として他の美術オブジェクトをとる場合である。例えば、作品オブジェクトの制作者属性は一意な値として作家オブジェクトをとる。

(2) 静的な多重リンク

複数の属性値あるいは多値関数の値として他の美術オブジェクトをとる場合である。例えば、作家オブジェクトは制作者の逆属性として作品オブジェクトの集合をとる。

(3) 動的な緩い間接リンク(ノードの内部構造に依存しないもの)

緩い間接リンクは関連づけるための条件だけが示されたものであり、実行時のデータベースの状態によって異なったリンクが生成される。ノードの内部構造に依存しないリンクの例は、等しい属性値を持つ美術オブジェクトの集合およびその間の集合演算の結果生成されるリンクである。

ArtFinderは文字列および数値からなるすべての属性値に対してこのリンクを生成する。この結果、例えば、属性値として同じ「技法・材質」を持つ作品オブジェクトを互いにリンクする。

(4) 動的な緩い間接リンク(ノードの内部構造に依存するもの)

ArtFinderは、属性値のテキスト中にあるキーワードが他の美術オブジェクトの属性値の文字列やテキスト中にも現れる時に両者の間にリンクを生成する。指定された美術オブジェクトが特定のキーワードを持つかどうかはテキストの内部構造に依存する。

上述のように、ArtFinderではテキストや文

字列などの基本データ型の中にリンクのためのアンカーを埋め込まない。原則として(オブジェクトや基本型などの)ノード単位でのリンクを生成する。

上記(4)のように、ノードの内部構造に依存するリンクを生成する場合もノード内部にアンカーを埋め込むのではなく、キーワードのように実行時にアンカーを特定できるようにしたり、あるいはノードを分解し複合オブジェクトとして表現し(3)のようにノード単位のリンクができるようにする方針を取った。

テキストの内容が変更された場合は、ArtFinderがキーワード属性を修正し、TRIAS-IIは内容には関与しない。このことによりノードとリンクの独立性を保ち、特定のリンクへの直接アクセスを可能にした。

3.3 問合せ言語

TRIAS-IIの問合せ言語は属性も関数の一種として扱い、TRIAS-IIサーバへの問合せは関数式の評価として表現する。ノードの巡回検索は合成関数として表現する。例えば、式(6)の関数式の値は徳島県出身の作家名の集合となる。TRIAS-IIの関数式では関数名を後置する。

$$[\text{徳島県} * \text{生地}' \text{作家名}] \quad (6)$$

式(6)では生地'と作家名が関数名であり、通常の関数表記では式(7)を意味する。

$$\text{作家名}(\text{生地}'(\text{徳島県}*)) \quad (7)$$

プライム記号「'」は逆関数を表す。「*」はワイルドカードである。「徳島県*」は徳島県の全ての住所の集合を表す。関数式では引数の集合を関数に与えられる。この場合、関数式の値は引数の集合の像となる。

すなわち、式(8)の値は式(9)となる。

$$[\text{set_of_obj} \text{ fun}] \quad (8)$$

$$\{y | \forall x \in \text{set_of_obj}, y = \text{fun}(x)\} \quad (9)$$

このように、一般的に関数式の評価結果は集合となる。

TRIAS-IIは集合演算機能もサポートしたので、関数式の結果に集合演算を施すことができる。例えば、

$$[[\text{徳島県} * \text{生地}'] \& [\text{生存中} \text{ 没年月日}']]$$

$$\text{制作者}' \text{ 作品名} \quad (10)$$

式(10)の値は、徳島県出身の生存中の作家の作品名の集合である。「&」は共通集合を求める演算である。

本システムでは図2(c)のように関数の値として関数を与えられるので、視点を引数とし、値として関数を返す汎関数を表現できる。

これを用いると、例えば、式(11)は、「伊原宇三郎」という作家に学芸員_Aが与えたキーワードを値とする。

$$[[\text{伊原宇三郎} \text{ 作家名}'] [\text{学芸員}_A \text{ キーワード}]] \quad (11)$$

このキーワードを使って、上述のキーワードによるハイパリンクを生成できる。

ArtFinderでは2つのオブジェクト間のハイパリンクを関数で表現するので、関数を選択すればリンクの巡回を制御できる。しかし、同じ関数で表現される多重リンクでも、それに属性/属性値を与えることができれば、より柔軟な巡回制御が可能となる。

ハイパリンクの編集用ツールはリンクの属性/属性値を利用することによって、特定の属性/属性値を持つリンクを検索するなど管理を容易にできる。例えば、特定のリンクの属性値を表現するために式(12)の関数式を得る。

$$[[\text{オブジェクト}_1, \text{関係}, \text{オブジェクト}_2] \text{属性}] \quad (12)$$

4 使用例

図4にファインダとブラウザの関係を示す。

4.1 主ファインダと条件検索

図5に主ファインダの画面例を示す。

(a1) 「探したいもの」一覧から「作品」を、「属性」/「値」一覧から、「技法材質」属性の値として「油彩」と「キャンバス」を、「出品

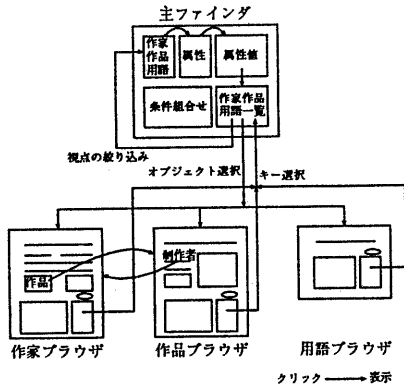


図 4: 主ファインダとブラウザの関係

受賞歴」属性の値として「アメリカンリアリズム展」を選択し、「条件に加える」ボタンを押して「探す条件」に加える。

(a2) 「探す」ボタンを押して「アメリカンリアリズム展」に出品された作品のうちキャンバスを使用した油絵画を検索すると数十件見つかるので「見つかったもの」一覧に表示する。

(a3) 見つかった美術オブジェクトの中から一例として「ダクトラップ」という作品を選択して図 6 の左端に作品ブラウザを表示する。

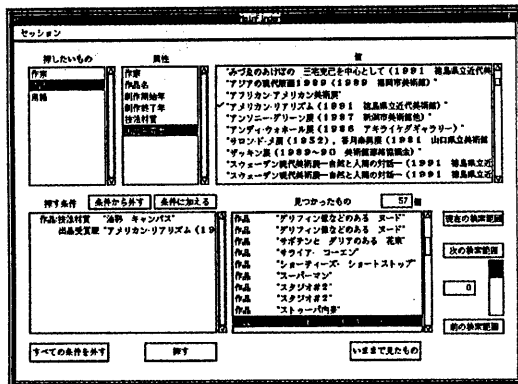


図 5: 主ファインダの例

利用者は、さらに別の条件を加えたりするなど、上記の過程を自由に繰り返すことができる。各展示会には1つの観点の下で集められた作品群が出展されているので、利用者は来館時の展示会だけでなく過去の展示会での作品群を別な観点で見ることができる。

4.2 美術ブラウザによる巡回検索

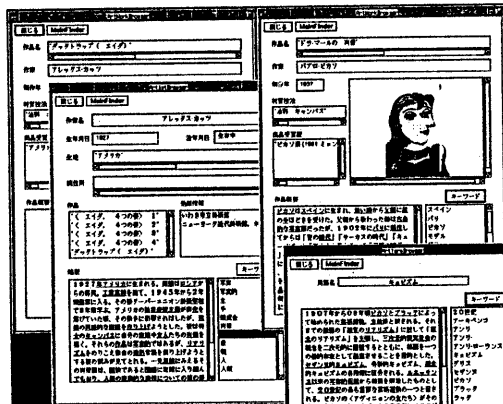


図 6: ブラウザの例

図 6 に各ブラウザの画面例を示す。

(b1) 図 6 の左端の「ダクトラップ」の作品ブラウザの作家フィールドをクリックして、この作品の制作者である「アレックス・カツ」の作家ブラウザを図 6 の左から 2 番目に表示する。

(b2) 上記の作家ブラウザの解説文中のキーワードの中から一例として「肖像画」を選択して、これをキーワードとして持つ作品・作家・用語を検索し、その結果として十数件の美術オブジェクトを主ファインダに表示する。

(b3) 美術オブジェクトの中から一例として「ドラ・マールの肖像」を選択して対応する作品ブラウザを図 6 の右から 2 番目に表示する。

(b4) 同様な操作を行なって、「ドラ・マールの肖像」の作品ブラウザの解説文のキーワードから「立体主義」に関する用語ブラウザを図 6 の右端に表示する。

ArtFinder への登録時に解説文からキーワードを検出し、解説文のキーワード属性値として TRIAS-II に保存した。原則として解説文中の全ての名詞をキーワードとして用いた。キーワードを美術関係のものだけに絞り込まずにできるだけ多様なリンクを生成できるようにしたので、自由に探索できるだけでなく意外なリンクの発見にも役立つと我々は考えている。自由な探索と意外な発見は利用者の動機を高く保ち、より興味深くシステムを利用できる。

5 評価

我々は一般公開に備えて ArtFinder の内部評価を行なった。データの規模は、作家 640 人、作品 3,254 点、用語 173 個から成り、キーワード属性以外の 3 項組は約 35,000 個、キーワード属性の 3 項組は約 50,000 個である。

学芸員 2 人を含む美術館関係者 6 名に使用してもらった感想では、「属性値を選択するとすぐ結果が出る」、「必ず何か見つかるので面白い」、「キーワードによるリンクは意外性があった楽しい」などがあつた。一般公開後に一般見学者を対象に評価を行なう予定である。

6 おわりに

本論文では美術館データベース ArtFinder について述べた。本システムは美術館見学者の観賞や学芸員の研究活動を支援する。利用者はマウス操作だけで検索条件を試行錯誤的に選びながら条件検索したり、ハイパertext/ハイパメディアで構成された各美術オブジェクトを属性/属性値やキーワードを基に興味に従って自由に巡回検索できる。これにより、見学者は展示作品に関連した情報を様々な視点から理解し、より深い観賞に役立てることができると述べている。

我々は ArtFinder を分散データベースサーバ TRIAS-II 上に構築した。本データベース管理システムの特徴は 3 項組に基づいたデータモデルを持つ点にある。3 項組は 2 つの対象を自由に関連付けできる柔軟性がある。これを応用して ArtFinder の各美術オブジェクトやその間のリンクが自然に表現でき、かつ効率的にアクセスできることを述べた。

今後の課題として、(1) 一般公開後の経験に基づき美術作品観賞や美術研究のためのより役に立つ機能を開発すること、(2) 美術館だけでなく図書館などの他施設のデータベースとの統合により、哲学や歴史など美術に関連する他の情報へのアクセスも可能にすること、(3) また、美術館見学者だけでなく、より多くの人々が利用できるように WWW へのゲートウェイを作成中である。

参考文献

- [1] Feldman, J.A. and Rovner, P.D.: An Algol-Based Associative Language, *Comm. ACM*, Vol.12, No.8, pp.439-449(1969).
- [2] 山本米雄, 柏原昭博, 川岸圭介, 塚本信宏: 個人用データベース構築ツール TRIAS の開発, *情報処理学会論文誌*, Vol.30, No.6, pp.734-742(1989).
- [3] Ozaki, K. and Yano, Y.: Associative Knowledge-Based Systems: TRIAS, *Proc. 3rd Int. Conf. on Fuzzy Logic, Neural Nets and Soft Computing*, pp.559-560(1994).
- [4] Special issue on hypermedia, *Comm. ACM*, Vol.37, No.2, pp.26-86(1994).
- [5] Begoray, J.A.: An Introduction to Hypermedia Issues, Systems and Application Areas, *Int. J. Man-Mach. Stud.*, Vol.33, pp.121-147(1990).
- [6] Conklin, J.: Hypertext: An Introduction and Survey, *IEEE Computer*, Vol.20, No.9, pp.17-41(1987).
- [7] Hull, R. and King, R.: Semantic Database Modeling: Survey, Applications, and Research Issues, *ACM Comput. Surv.*, Vol.19, No.3, pp.201-260(1987).
- [8] Peckham, J. and Maryanski, F.: Semantic Data Model, *ACM Comput. Surv.*, Vol.20, No.3, pp.153-189(1988).
- [9] Abiteboul, S. and Hull, R.: IFO: A Formal Semantic Database Model, *ACM Trans. Database Syst.*, Vol.12, No.4, pp.525-565(1987).