

3 項組に基づく美術館データベースシステム ArtFinder の開発

尾崎 圭司[†] 矢野米雄[†]

3 項組データモデルを美術館データベースへ応用し美術館見学者の観賞と学芸員の研究の支援システム ArtFinder を開発した。3 項組は 2 項関係あるいは 1 変数関数と解釈でき意味データモデルや関数型データモデルの一種と考えられる。しかし、タブル中の各要素を対等に扱いタブルそのものも一つの要素とできるので、関数を値とする関数を表現したり 2 項関係に属性を与えられる。また、巡回検索だけでなく条件検索も効率的に行える。この性質を応用して様々なメディアで構成される作家や作品や美術用語の情報を統一的に表現し、ハイパーテキストインターフェースの美術館データベースを構築した。

The Development of a 3-Tuple-based Art Museum Database System ArtFinder

KEIJI OZAKI[†] and YONEO YANO[†]

Applying the flexibility of the 3-tuple data model, we developed an art museum exploration system ArtFinder. A 3-tuple can be interpreted as a binary relation or a function. From this point of view, the data model can be seen as a kind of semantic data model or functional data model respectively. Each element in a 3-tuple is handled equally. We can represent a function whose value is another function and add some attributes to a binary relation. Using these characteristics, the information of artists, art works, and art terms, which are constructed on various media, are expressed uniformly, and a hypertext system is built based on the data model.

1. はじめに

我々は 3 項組（連想三重組¹⁾）データモデルを美術館データベースへ応用し、美術館見学者の観賞と学芸員の研究の支援システム ArtFinder を開発した。

従来、我々は個人用データベースツールとして TRIAS を開発した²⁾。現在、これを機能拡張し分散データベース管理システムとして TRIAS-II を新たに開発中である^{3)~5)}。ArtFinder は TRIAS-II 上に構築した。

個人用データベースシステムでは利用者の発想段階でのアイデアやデータを保存する必要がある。このため、TRIAS-II はスキーマが厳格には決定していない多様な情報を緩やかに構造化した後で徐々に構造化するボトムアップ的なデータベース構築を目標とする。このような柔軟性を保ちつつ、高速にデータを検索・変

更可能にするためにデータモデルとして 3 項組（エンティティ、属性、属性値）を使用している。TRIAS-II は次の特徴を持つ。

(a1) 最も単純な 2 項関係のみで任意の二つのエンティティを関連付けるので、スキーマが存在しないような無秩序な状態から厳格にスキーマが決定した秩序化された状態までスキーマの変更に柔軟に対応できる。これにより、様々なデータを利用者の視点により自由に関連づけられる。関係の種類は自由に追加・削除・変更できる。

(a2) 3 項組のどの要素を指定しても残りの要素を高速に検索可能な実装を行ったので、エンティティ間の関係に基づいた巡回検索だけでなく、特定の条件を満たすエンティティをすべて検索するアドホックな条件検索も効率が良い。

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 変数関数とも解釈可能なので、3 項組に基づいたデータモデルは意味データモデル^{6),7)}や関数型データモデル^{8)~10)}の一種と考えられる。しかし、2.2 節で

[†] 德島大学工学部

Faculty of Engineering, Tokushima University

述べるようすに、3 項組では他のオブジェクトから巡回的にオブジェクトをアクセスできるだけでなく、オブジェクト ID による直接アクセスも可能である。また、関数値として関数を取ることや、3 項組自身を 3 項組の要素とすることが可能である。

一方、近年、所蔵作品や作家のデータベースを見学者に提供して観賞に役立てる美術館が増えている。また、印象語や対象の位置関係などによる画像検索^{11)~14)}など、美術館データベースのための基礎技術が整いつつある。

しかし、観賞を絵画の単なる印象に留まらず、より高度にするためには作者や時代背景や美術上の概念など背景知識を知る必要がある。また、理解を深めるためには多様な視点からの観賞が必要である¹⁵⁾。

美術館学芸員との検討の結果、観賞や研究のための美術館データベースに要求される機能のうち、我々は次の 2 点に着目した。

(b1) 特定の条件を満たす作品や作家を網羅的に調べられる。

(b2) 美術概念や他の作品など関連項目を容易に探索する。

2 点とも二つの目的のために必要な機能であるが、観賞のためには (b2) が重視され、研究のためには (b1) が重視される傾向がある。

そこで、我々は上記の 3 項組の特徴を生かして、次のように ArtFinder を構成した。

(c1) 作家・作品・用語を説明するための各種の美術データを 3 項組の集合で結合した。これによって、多様な美術データを柔軟に結合できるとともに、特定の属性/属性値を持つ作家・作品・用語を効率的に検索可能となる。

(c2) 作家・作品・用語などのエンティティをハイパーテキストのノードに、エンティティ間の関数関係/2 項関係をハイパリンクに対応させることによって、ユーザインターフェースをハイパーテキスト/ハイパメディア^{16)~18)}（以下、ハイパーテキスト）で構成した。

これにより、コンピュータ操作に不慣れな見学者でも容易に、美術館の空間的・時間的な制約にも煩わされることなく、興味がある関連事項を直観的・連想的に探し好奇心の広がりを満たすことができる。

ハイパーテキストにより定型的な情報と非定型的な情報を統一的に管理するモデルとしてブリッジモデルが提案されている¹⁹⁾。また、HOED は拡張実体-関連モデルを使用して多様な教材に自由に属性/属性値を付加できる²⁰⁾。しかし、ArtFinder では 3 項組データモデルにより統一的に処理することを目標とする。

第 2 章では ArtFinder と TRIAS-II の概要を述べる。第 3 章では 3 項組を用いた美術データベースの構築について述べる。第 4 章ではシステム構成と動作の詳細について述べる。第 5 章では ArtFinder の使用例、第 6 章では評価について述べる。

2. ArtFinder の概要

2.1 ArtFinder の特徴

図 1 に示すように、ArtFinder システムは、ユーザインター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 サーバから成る。

美術館見学者や学芸員は、美術館に分散された複数のワークステーション上で動作する ArtFinder クライアントの一つから LAN を経由して TRIAS-II サーバを利用する。

2.2 TRIAS-II の特徴

TRIAS-II は TRIAS に較べて以下の機能拡張を行った。

(1) TRIAS が文字列しか扱えなかつたのに対して、数値やテキスト・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 などの非印字型など多様な型を用意しモデル化能力を向上させた。

エンティティは表 1 に示すように型名と値（または値へのポインタ）の対で構成した。それぞれのエンティティには固有の識別子を割り振る。

3 項組では上記の型のエンティティを任意に関連づけられる。このようにして、データをグラフ表現し巡回検索できる。

(2) 上記のエンティティ管理用インデックスファイル

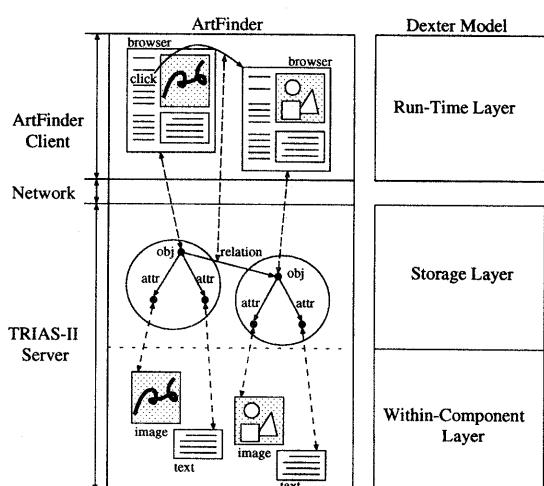


図 1 ArtFinder と Dexter ハイパーテキスト参照モデル

Fig. 1 ArtFinder and the Dexter Hypertext reference model.

表 1 エンティティの型
Table 1 Types of entities.

種類	構造
数値	num:整数值
文字列	str:文字列
属性	atr:属性名
関数	fun:関数名
関係	rel:関係名
テキスト	txt:テキスト実体へのポインタ
静止画	img:静止画実体へのポインタ
音声	aud:音声実体へのポインタ
オブジェクト	obj:オブジェクト識別子
タプル	tup:タプル識別子

ルとして TRIAS では我々が提案した ML-Tree²⁾を使用したが、TRIAS-II では可変長キーを扱えるように拡張した B^+ 木を使用して検索・追加・削除・修正時の時間効率（ディスクアクセス回数）とインデックスファイルの空間効率を向上させた。

エンティティはこの可変長キーに対応した B^+ 木を用いてエンティティ識別子に変換される。可変長キー対応なので、検索時の最悪のディスクアクセス回数は $O(\log_{(S/(2K))}(E))$ (S はノードサイズ, K はキーの最大長, E はエンティティ総数) となる。実際には平均キー長は最大長 K より小さいので、空間効率と時間効率は固定長の場合よりも改善される。

3 項組（タプル）は三つのエンティティ識別子の順序対で表現する。タプル管理用インデックスファイルは 3 種類あり、タプルをそれぞれ (a) 第 1, 2, 3 エンティティの順, (b) 第 2, 3, 1 エンティティの順, (c) 第 3, 1, 2 エンティティの順に 3 通りに整列する。これによって、タプル中の任意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 $O(\log_{(S/(2T))}(E))$ (S はノードサイズ, T はタプル長（固定）、 E はタプル総数) となる。

以上 (1) と (2) のエンティティと 3 項組の例を図 2 に示す。図 2 では式 (1) の 3 項組の内部表現を示す。
(obj:作品 1200003, atr:作品名_日,
str:“ドラ・マールの肖像”)

(1)

これによって、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条件検索も高速に行える。

式 (1) に示すように、一つの 3 項組は一つのオブジェクトに 1 対の属性/属性値を与える。オブジェクトは 3 項組の有限集合で表現する。これをグラフで表すと、図 3(a) のようになる。通常、図 3(b) のように、一つのオブジェクトは複数の属性を持つ。また、図 3(c) のように、一つの属性は複数の属性値を持つ

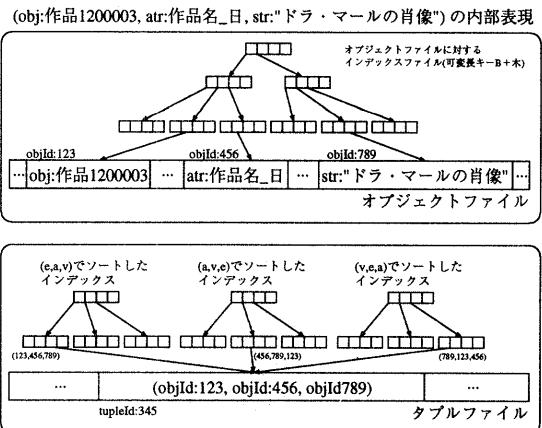


図 2 オブジェクトとタプルの管理
Fig. 2 Management of objects and tuples.

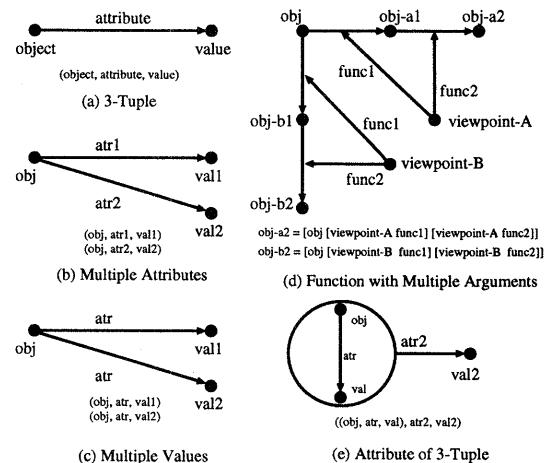


図 3 3 項組と 2 項関係
Fig. 3 3-tuples and binary relations.

ことでもできる。属性値には上記の任意の型のエンティティが可能である。

(3) 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。アプリケーションと TRIAS-II とのデータのやりとりは専用のデータ操作言語/問合せ言語を用いて行う。TRIAS-II サーバとアプリケーション（クライアント）のデータのやりとりはネットワークを介しても可能なので分散環境下でのデータの共有・再利用が可能になった。

TRIAS-II の問合せ言語では、エンティティ間の 2 項関係やエンティティの属性/属性値との関係を関数関係と見なす。関数式の評価は 3 項組の検索となる。最も基本的な例を表 2 に示す。ここで、「*」は任意のエンティティにマッチングする。

表 2 関数式と 3 項組検索

Table 2 Function evaluations and 3-tuple retrievals.

関数式	値
[obj fun]	(obj, fun, *) の第 3 要素の集合
[val fun']	(*, fun, val) の第 1 要素の集合
[* fun]	(*, fun, *) の第 3 要素の集合
[* fun']	(*, fun, *) の第 1 要素の集合

関数値として関数自身も可能なので多変数関数も表現できる。例えば、関数値 $fun(obj_1, obj_2)$ を求める関数式は式(2)のようになる。

$$[obj_2 [obj_1 fun]] \quad (2)$$

図 3(d) は、同じオブジェクト obj と同じ関数 $func_1, func_2$ を使っても、もう一つの引数 $viewpoint_A$ と $viewpoint_B$ が異なれば、別のオブジェクト obj_{a2} と obj_{b2} を得る例である。このとき、式(3), (4) の関係が成立する。ここで、 $[[obj\ fun_1]\ fun_2]$ は $[obj\ fun_1\ fun_2]$ と記述できる。

$$\begin{aligned} obj_{a2} = & [obj [viewpoint_A func_1] \\ & [viewpoint_A func_2]] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} obj_{b2} = & [obj [viewpoint_B func_1] \\ & [viewpoint_B func_2]] \end{aligned} \quad (4)$$

また、3 項組の要素として 3 項組自身を使用できるのでエンティティ間の関係にも属性を与えられる。例えば、3 項組 (obj, atr, val) 自身に属性/属性値 atr_2/val_2 を与えると式(5)のようになる。これを図 3(e) に示す。

$$((obj, atr, val), atr_2, val_2) \quad (5)$$

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。それぞれは作家・作品・用語を表す。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。本章では美術オブジェクト、美術オブジェクト間の関係の表現法、およびこの関係の探索の手順について述べる。

3.1 美術オブジェクト

作家・作品・用語の美術オブジェクトはいくつかの属性を持ち、属性値は前章で述べた任意の型である。作品「ドラ・マールの肖像」、作家「パブロ・ピカソ」、用語「立体主義」の 3 項組とグラフでの表現例を図 4 に示す。このように、第 1 要素に同一オブジェクト ID、

第 2 要素に属性名を持つ 3 項組の集合が一つの美術オブジェクトを表現する。図 4 では、作品オブジェクト「ドラ・マールの肖像」の作家属性値として作家オブジェクト「パブロ・ピカソ」が含まれている。

前章で述べたようにタプルはタップル管理用インデックスファイルで ID 順にソートされているのではなく一レコードか、 $O(1)$ でアクセス可能な隣接するレコード内に含まれる。

美術オブジェクトのキーワード属性は、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。また、解説文などのテキストが持つキーワード属性は、データベースに登録時にテキスト中から抽出した任意の名詞である。

ArtFinder は必要に応じて TRIAS-II サーバに要求を出して、作品イメージや解説文のエンティティ表現中の実体へのポインタを実体に変換する。例えば、後述する主ファインダ上に条件検索結果を表示する場合には美術オブジェクトの名前だけを使用し、ブラウザに表示する時にはすべての属性値を実体に変換して表示する。

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すべ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すべ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ハイパリンクには以下のものがある。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これらのリンクを持つ。

(1) 静的リンク

二つの美術オブジェクトが、1 個の関数の引数と値の関係、あるいは 1 個の 2 項関係で直接関連している場合である。図 4 の作品オブジェクトの作家属性が一例である。

(2) 動的リンク

二つの美術オブジェクトを関連づけるための条件だけが示されたものであり、実行時の美術オブジェクトの状態によって異なるものが関連づけられる。

例えば、「技法が同じ」という 2 項関係は、同じ「技法材質」属性を持つ作品オブジェクトをリンクする。また、「キーワードが同じ」という 2 項関係は、作品オブジェクトの解説文中に含まれるキーワードを他の美術オブジェクトがキーワード属性として持つ場合に両者をリンクする。

これらのリンクを 3 項組の関係表記⁴⁾（属性名・関

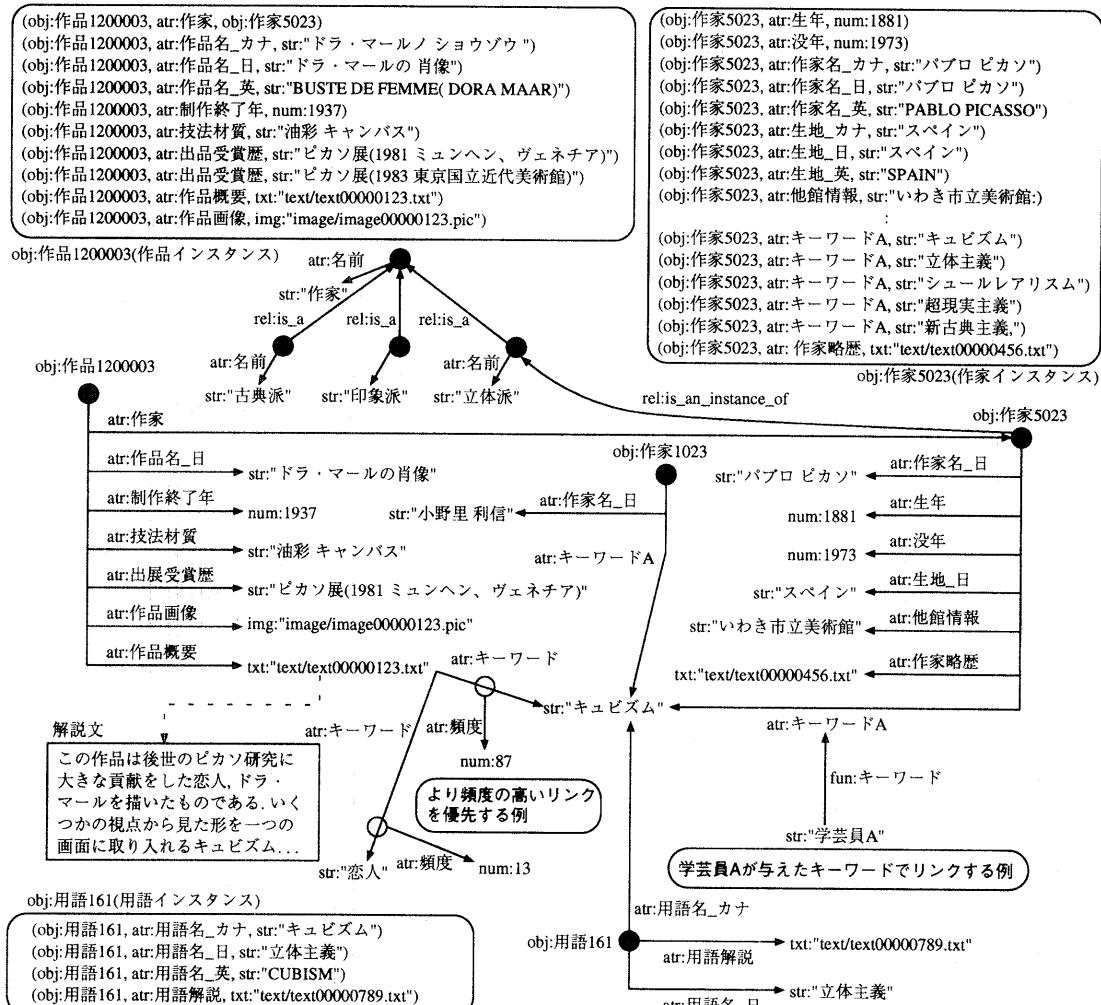


図4 美術オブジェクトと2項関係
 Fig. 4 Art objects and binary relations.

数名も2項関係名と見なす)を使用して、ホーン節で表現すると式(6), (7)のようになる。ここで、「rel:技法が同じ」や「rel:同じキーワードを持つ」というリンク(2項関係)を辿ることは、現在のノード(変数 $\$x$)、あるいは現在のノードとキーワード($\x と $\$k$)が得られている場合に、式(6), (7)を満たすノード($\$y$)を求めることがある。

$$\begin{aligned} \text{rel:技法が同じ } (\$x, \$y) &\leftarrow \\ \text{atr:技法材質 } (\$x, \$t), \quad \text{atr:技法材質 } (\$y, \$t). \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{rel:同じキーワードを持つ } (\$x, \$y) &\leftarrow \\ \text{atr:作品解説 } (\$x, \$t), \quad \text{atr:キーワード } (\$t, \$k), \quad \text{atr:キーワード } A(\$y, \$k). \end{aligned} \quad (7)$$

例えば、図4に示すように、「キュビズム」というキー

ワードをめぐって、「ドラ・マールの肖像」は、「パブロ・ピカソ」や「小野里利信」と式(7)の動的リンクを持つ。

ArtFinderの美術オブジェクトの各属性値には上記のようなルールが対応しており、各属性値の選択により駆動され、TRIAS-IIサーバに対する検索要求が送信される。以上のルールは手続き的にArtFinderに組み込まれており、3.3節で述べるように等価な関数式によって検索する。

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を埋め込まない。上記「同じキーワードを持つ作品」のように、属性値(この場合はテキスト)の内部構造に依存する場合は、属性値をオブジェクトと見なし新たに属性を加え属性値の内部構造に依存しないようにした。

また、解説文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。このように、ノードの内部構造に依存せず、かつノードとリンクの独立性を保ち、特定の静的リンクへの直接アクセスを可能にした。

3.3 イベントと問合せ

図 4 の美術オブジェクトの一部をマウスで選択するイベントにより上述の式(6), (7)のような 2 項関係を満たすノードを検索する。式(6)の場合は作品オブジェクトの技法材質属性を選択することにより、式(7)の場合は作品オブジェクトの解説文のキーワードを選択することにより次のノードの検索動作を駆動する。

この検索は、実際には等価な関数式を TRIAS-II サーバで評価することにより行う。例えば、上述の二つの 2 項関係の場合には、以下の式(8), (9)を評価して目的の美術オブジェクトを得る。

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、現在のノード ($\$x$) から式(8)の「同じ技法」、あるいは「同じキーワード ($\$k$) を持つ」ノードへリンクを辿る場合は、式(9)の関数式を評価する。

$$[[\$x \text{ atr:dd 技法材質}] \text{ atr:技法材質}] \quad (8)$$

$$[[\$k \text{ atr:キーワード}'] \text{ atr:作品解説}'] \quad (9)$$

さらに、例えば利用者の興味の範囲が徳島県出身の作家の場合は、後述の主ファインダで検索範囲を希望の範囲に絞ると、式(9)に検索範囲の条件が付加され、関数式は式(10)のようになる。利用者がキーワードを選択した時点で式(10)を評価し次のノード（美術オブジェクト）を得る。

$$[[str:徳島県* \text{ atr:生地}'] \text{ atr:作家}'] \& \\ [[\$k \text{ atr:キーワード}'] \text{ atr:作品解説}'] \quad (10)$$

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*」は徳島県のすべ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。「&」は共通集合を求める演算である。

3.4 マルチビューポイントと解釈の多様性

美術作品の特徴は解釈の多様性にある。例えば、同じ作品でも学芸員によって異なる解釈を与えられ、また同じ作家が複数の流派に属することもある。これらを矛盾するものとして退けるのではなく、積極的に利用する方が観賞の幅を広げ、より深い理解に至るだろう。このように、観賞を楽しむには多様な視点から作品を知る方法を提供する必要がある。

そこで、本システムでは視点により属性や関数の値を変えられる機能を提供した。美術オブジェクトには学芸員によってキーワード属性が付与されている。どのようなキーワードを与えるかは、学芸員や学芸員の観点によって異なる。そこで、キーワードによるハイパリンクにおいて、キーワード属性を学芸員の関数として与え、特定の学芸員のキーワードだけに絞ってハイパリンクを辿ることができるようとした。これを図 4 (右下) に示す。この例では式(11)を評価することにより次の美術オブジェクトを得る。

$$[str:“キュビズム”]$$

$$[str:“学芸員 A” fun:キーワード]’] \quad (11)$$

図 4 では、作品「ドラ・マールの肖像」の解説文中より選択されたキーワード「キュビズム」を持つ美術オブジェクトを探索する際に目的の美術オブジェクトが持つキーワードのうち、特定の学芸員 A が与えたキーワードだけを使用している。これによって、この例では作家パブロ・ピカソだけでなく、小野里利信という作家を得る。

3.5 関係の属性

同じ関数で表現されるリンクが複数ある場合でも、それに属性/属性値を与えることにより、より柔軟な巡回制御が可能となる。本システムでは 3 項組の要素に 3 項組自身を含める機能を応用してリンクに属性/属性値を与えた。例えば、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だけを検索することによって管理を容易にした。

また、図 4 に示す例では、リンクの使用頻度をリンクの属性として与え、より高い頻度のリンクを優先的に提示するために使用している。この例では、作品「ドラ・マールの肖像」の解説文中のキーワードの列挙の際に、キーワード「恋人」よりは、キーワード「キュビズム」を優先表示する。

これによって、最初は解説文から機械的に抽出されたキーワードでも、その美術オブジェクトの解説文にとってより適切なものが選択される。

4. システム構成

4.1 ArtFinder クライアントと TRIAS-II サーバ

ArtFinder クライアントは利用者との対話と TRIAS-II サーバへの問合せの管理を行う。利用者の要求を前章で述べた TRIAS-II の問合せ言語（関数式の評価と集合演算）の要求に変換した後、セッションを通じてサーバへ送信し、応答として美術オブジェク

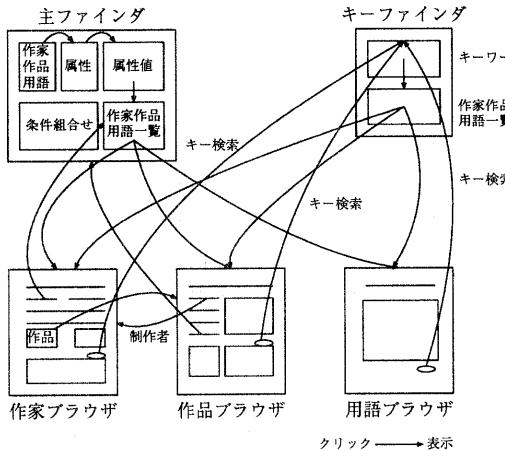


図 5 ファインダとブラウザの関係

Fig. 5 Relations between finders and browsers.

トを受信し、それを表示する。

ArtFinder クライアントのユーザインタフェースは、主ファインダ、3種の美術ブラウザ、キーファインダからなる。図 5 にファインダとブラウザの関係を示す。ArtFinder クライアントは Smalltalk で記述した。ソース規模は 2.6KL である。

主ファインダは条件検索用のツールである。利用者はこれを用いて試行錯誤しながら条件を組み合わせて検索範囲を絞り込みつつ目的の美術オブジェクトを見つける。

作家・作品・用語の3種の美術ブラウザは、それぞれ対応する美術オブジェクトの表示とそれを元に巡回検索するためのツールである。個々の美術オブジェクトごとに各々の美術ブラウザが対応し、利用者はディスプレイ上に望むだけ美術ブラウザを開き、同時に複数の美術オブジェクトを比較参照できる。各ブラウザは美術オブジェクトのキャッシュとしても働く。

キーファインダはキーワードによる巡回検索を行うためのものである。これを用いて解説文中に含まれるキーワードによって関連付けられた美術オブジェクトを巡回検索できる。

TRIAS-II サーバは、問合せの解釈と最適化を行い、美術オブジェクトとその間の関係を管理する。美術オブジェクトと関係はすべて3項組の集合として表現し TRIAS-II に保存した。TRIAS-II は C++ で記述した。ソース規模は 9.7KL である。

4.2 美術オブジェクトの初期設定・更新・巡回検索

(1) 美術オブジェクトの初期設定

美術館の既存の関係データベース中の作家・作品・用語のテーブルを TRIAS-II の3項組生成コマンド群



図 6 美術オブジェクトの初期設定・更新・検索

Fig. 6 Initialization, update, and retrieval of art objects.

に変換するフィルタを作成し、関係データを3項組に変換した。これを図 6(a)に示す。

さらに、名詞を抽出するツールを使用して解説文からすべての名詞を抽出し、同様に解説文のキーワード属性値とした。

(2) 美術オブジェクトの更新

美術館の所蔵作品の増加やデジタルデータの作成の進行に伴ってデータベース化された美術データは増加する。この場合は、追加された美術オブジェクトの3項組の集合だけを追加する。既存のデータを修正する必要はない。

また、当初は考慮しなかった属性が増えることもある。現在は作家の肖像画像属性はない。将来追加された場合、その属性に対応する3項組だけを追加するだけでよい。他の属性を修正する必要はない。この例を図 6(b)に示す。

(3) 美術オブジェクトの巡回検索

図 6(c)に示すのは、次章の使用例で、作家オブジェクト「アレックス・カット」の解説文中のキーワード「肖像画」を使って、作品「ドラ・マールの肖像」を

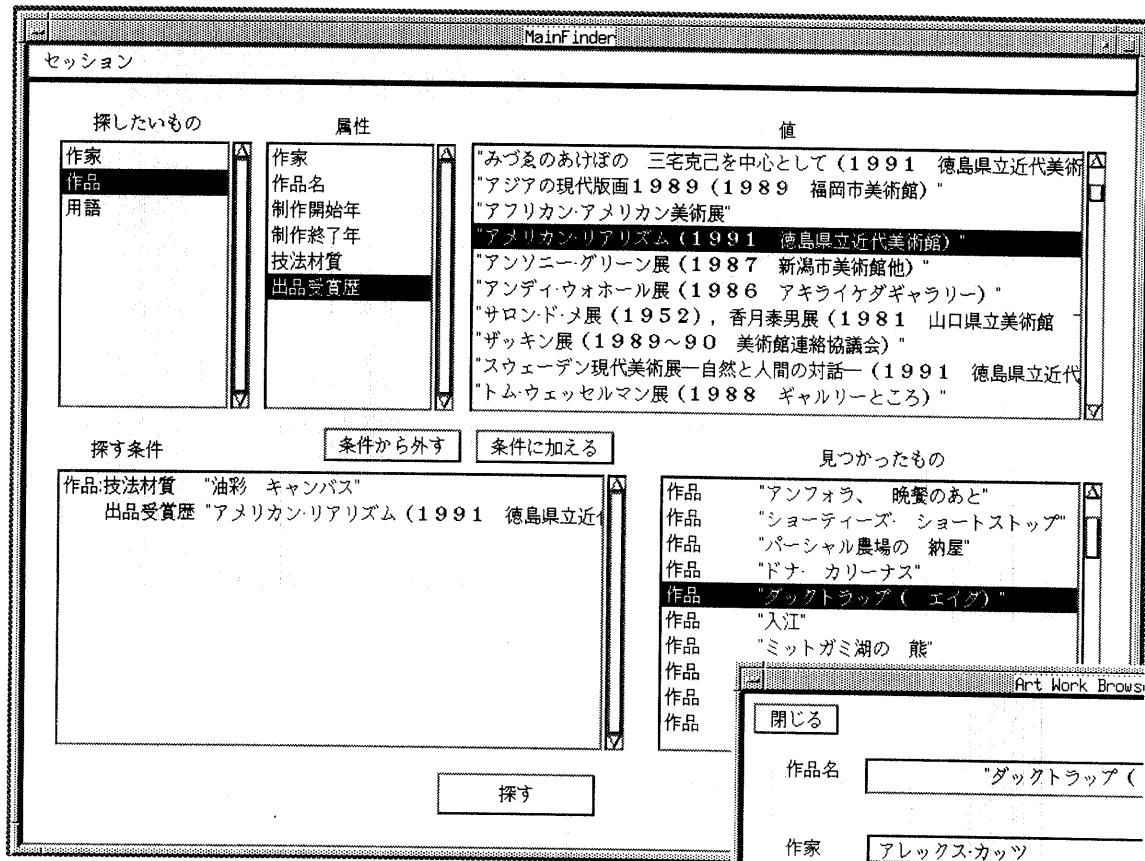


図7 主ファインダの例
Fig. 7 Interacting with MainFinder.

見つける過程での ArtFinder と TRIAS-II の間のやりとりである。ブラウザ中の属性表示欄や一覧の選択は、それに対応した条件下での検索動作のイベントとなる。

5. 使用例

5.1 主ファインダと条件検索

図7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彩画を検索すると十数件見つかるので「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「ダックトラップ」という作品を選択して図7の

右下の作品ブラウザを表示する。

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。各展示会には一つの観点の下で集められた作品群が展出されているので、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。

5.2 美術ブラウザとキーファインダによる巡回検索

図8に各ブラウザとキーファインダの画面例を示す。

(b1) 図7の右下の「ダックトラップ」の作品ブラウザの作家フィールドをクリックして、この作品の制作である「アレックス・カット」の作家ブラウザを図8の左から1番目に表示する。

(b2) 上記の作家ブラウザの「キーワードボタン」をクリックして、この解説文中的すべてのキーワードを図8の左から2番目の「キーファインダ」の「キーワード」一覧に表示する。

(b3) キーワード一覧中から一例として「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



図8 ブラウザとキーファインダの例
Fig. 8 Interacting with browsers and KeyFinder.

クトを「そのキーワードを持つ美術オブジェクト」一覧に表示する。

(b4) 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8の左から3番目に表示する。

(b5) 同様な操作を行って、「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8の左から4番目に表示する。

ArtFinderへの登録時に原則として解説文中のすべての名詞を解説文から検出し、解説文のキーワード属性値とした。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、大規模なハイパーテキスト中をより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。

6. 評価

我々は一般公開に備えて ArtFinder の内部評価を行った。また、一部公開後に一般見学者を対象に評価を行った。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。評価は以下 (a), (b) の二つの方法を取った。

(a) 学芸員 4 人を含む美術館関係者 8 名を対象とし、自由に使用してもらい感想を述べてもらった。その際の観点は (a1) 一般見学者にとって適切か、(a2) 研究活動にとって適切か、の二つである。特に、当初の目標であった柔軟な検索の達成度に関して質問すると共に、気づいたことを自由に発言してもらった。

(b) 美術館の公開日に訪れる本システムを使用した一般見学者 40 名を対象に延べ 3.5 時間分の使用状況を観察した。内訳は 40 代男 1 名、30 代男 5 名、女 1 名、20 代男 9 名、女 10 名、小学生男 9 名、女 4 名、小学

生未満女 1 名である。使用時間は、約半数の 17 名が 5 分以下、4 名が 10 分以上 15 分未満、残り 19 名は 5 分から 10 分だった。システムを使用した全員は基本的なマウス操作を理解していた。

(a1) 美術館関係者から見た一般見学者のための評価

(a1-1) 主ファインダを使った条件検索

主ファインダの基本機能である 1 対の属性/属性値の選択とその組み合わせ、検索範囲の絞り込み機能に關しても簡単な説明で全員が容易に理解できた。さらに、「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」という結果も得られた。

応答性の速さと、結果が必ず得られることが一般見学者にとっては特に重要なことが分かった。

一方、属性値が多い場合は「自分が思っている属性値を探すのに時間がかかる」という指摘もあった。これに対しては、属性/属性値の領域に関する知識を持たせて、表示を構造化することで解決できると考えられる。

(a1-2) 美術ブラウザやキーファインダを使った巡回検索

美術ブラウザやキーファインダの基本機能である巡回検索機能についても全員が容易に理解できた。基本操作はフィールドやリストやキーワードの選択のみなので、一般見学者にも容易であろうと考えられる。

従来、この美術館にあったデータベースシステムは、例えば作家と作品は別々に検索しなければならなかつた。それに較べて、「作家と作品の間を簡単に行き来できるようになった」という結果が得られた。また、「キーワードによるリンクは意外性があって楽しい」という意見も全員から得られた。

現行のキーワードは、ほとんどすべての名詞を使っているために、中には意味のないものもあるが、リンクの幅が広がり意外性のあるリンクが見つかる可能性が高くなつた。単に精度の高いキーワード検索を求めるよりも、新しい発見を支援する方向で機能強化を図るべきだと我々は考えている。

(a2) 美術館関係者から見た研究のための評価結果

今回は、見学者と学芸員を支援するための共通する機能として条件検索と巡回検索の両方を効率的かつ利用者に容易に使用できることを主たる目標としたため、上記 (a1) の結果は学芸員自身にとっても有効であるとの感想が得られた。

このほかに、学芸員のための感想としては、「キーワード検索で見つかった候補のテキストのキーワードを含む前後の文が見たい」というのがあった。学芸員の研究活動としては、あるキーワードで検索される美

術オブジェクトを網羅することを重視しており、多少関係ないものが混じってもそれを容易に見分けられる機能が提供されれば構わないと考えた。

また、「カテゴリを限定せずに、属性値やキーワードの羅列だけで検索したい」というものもあった。現在はカテゴリと属性名を指定しなければならないが、属性名を推定したり、検索範囲を任意のカテゴリにすることによって容易に解決可能である。

以上の結果とも共通するが、一般的に、絵画の印象や感性的なキーワードによる曖昧な検索よりも、絵画に描かれた内容により網羅的に調べ上げることの方を学芸員は重視していることが分かった。絵画の内容による検索は今回の目標ではなかったが、今後の課題としたい。

(b) 一般見学者の評価結果

約半数の 21 名が、主ファインダの属性/属性値の選択機能と検索結果の美術オブジェクト一覧からの選択、および選択の結果表示された美術ブラウザを使った巡回検索機能を理解し、5 分以上使用した。このうち、添付の説明書を参照したのは 20 代男 2 名だけである。また、20 代男 1 名と小学生男 2 名は説明書を見るこことなく検索範囲の絞り込み機能も理解し、10 分以上使用した。説明書を参照した 20 代男 2 名は条件の組合せ機能も理解した。

以上のことから、主ファインダも各美術ブラウザも見学者にとって、十分使いやすいことが分かった。特に、絞り込み機能や巡回検索機能などシステムの機能を理解した人ほど長時間使用する傾向が見られた。

小学生未満の女 1 名は解説文の漢字かな混じり文を理解していなかったが、マウス操作で新しいウィンドウが現れるのを約 10 分楽しんだ。

今回の評価では、17 名が 5 分以下（多くは 1 分以下）で使用を中止した。その理由の多くは、前回使用した人が誤って検索範囲を絞り込んだままにしてあつたため、検索数が少なくて興味を失ったことによる。この問題に対しては、自動リセット機能やリセットボタンをより分かりやすくすることで解決可能と考えている。いずれにしろ、前の人が使った直後に使うことが多いので、いかなる文脈からでもシステムの使用法が理解できる工夫が必要である。

以上の 2 種類の評価により本システムは条件検索と巡回検索の両方に適しており、利用者の負担が少なく楽しく使えるシステムであることが分かった。

7. おわりに

本論文では 3 項組データモデルの美術館データベー

スへの応用について述べた。3項組は2項関係あるいは1変数関数と解釈できる。また、各要素を対等に扱いタブルそのものも一つの要素とできるので、関数を値とする関数を表現したり、2項関係に属性を与えられる。さらに、巡回検索だけでなく条件検索も効率的に行える。この性質を応用し、美術館見学者の観賞や学芸員の研究活動を支援する美術館データベースArtFinderを構築した。

本研究は美術館との共同研究であり、本システムは美術館で一般見学者に一部公開中である。学芸員を含む内部評価と一般見学者を対象とした評価ではコンピュータの経験が少ない美術館見学者にも容易にかつ楽しく操作可能できることが分かった。今後は美術館見学者によるより幅広い評価を行う予定である。

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ためにWWWへのゲートウェイを作成中である。

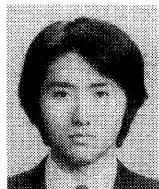
謝辞 本研究にあたり、徳島県立近代美術館および二十一世紀館の関係者の方々に御協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

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) 尾崎圭司、堤 清二、緒方広明、矢野米雄：多分歧平衡木のパーソナルユースの改良：ML-Tree—データ構造とアルゴリズム—、平成5年度電気関係学会四国支部連合大会、16-18, p. 296 (Oct. 1993).
- 4) 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).
- 5) 尾崎圭司、矢野米雄：美術館探訪システム：ArtFinder、情報処理学会研究会報告、95-IM-20-2, pp. 9-16 (1995).
- 6) Hull, R. and King, R.: Semantic Database Modeling: Survey, Applications, and Research Issues, *ACM Comput. Surv.*, Vol. 19, No. 3, pp. 201-260 (1987).
- 7) Peckham, J. and Maryanski, F.: Semantic Data Models, *ACM Comput. Surv.*, Vol. 20, No. 3, pp. 153-189 (1988).
- 8) Abiteboul, S. and Hull, R.: IFO: A Formal Semantic Database Model, *ACM Trans. Database Syst.*, Vol. 12, No. 4, pp. 525-565 (1987).
- 9) 有澤 博：意味データモデルの最近の動向、情報処理、Vol. 32, No. 9, pp. 1023-1031 (1991).
- 10) 永江尚義、有澤 博：関数型データベースにおける階層型検索データの生成、情報処理学会論文誌、Vol. 35, No. 3, pp. 436-443 (1994).
- 11) 栗田多喜夫、加藤俊一、福田郁美、坂倉あゆみ：印象語による絵画データベースの検索、情報処理学会論文誌、Vol. 33, No. 11, pp. 1373-1383 (1992).
- 12) 高橋友一、島 則之、岸野文郎：位置情報を手がかりとする画像検索法、情報処理学会論文誌、Vol. 31, No. 11, pp. 1636-1643 (1990).
- 13) 尾田政臣：人間のイメージ形成過程の特性を利用した画像検索システム、情報処理学会論文誌、Vol. 35, No. 7, pp. 1449-1456 (1994).
- 14) 栗田多喜夫、下垣弘行、加藤俊一：主観的類似度に適応した画像検索、情報処理学会論文誌、Vol. 31, No. 2, pp. 227-237 (1990).
- 15) Hoptman, G.: The Virtual Museum and Related Epistemological Concerns, *Sociomedia—Multimedia, Hypermedia, and the Social Construction of Knowledge*, ed. by Barrett, E., pp. 141-159, The MIT Press (1992).
- 16) Special Issue on Hypermedia, *Comm. ACM*, Vol. 37, No. 2, pp. 26-86 (1994).
- 17) Begoray, J. A.: An Introduction to Hypermedia Issues, Systems and Application Areas, *Int. J. Man-Mach. Stud.*, Vol. 33, pp. 121-147 (1990).
- 18) Conklin, J.: Hypertext: An Introduction and Survey, *IEEE Computer*, Vol. 20, No. 9, pp. 17-41 (1987).
- 19) 小沢英昭、安西祐一郎、相磯秀夫：様々なオフィス内の情報を統一的に扱うデータベースのモデル：ブリッジモデル、情報処理学会論文誌、Vol. 33, No. 4, pp. 551-559 (1992).
- 20) Duval, E. and Olivé, H.: HOED: Hypermedia Online Educational Database, *Proc. ED-MEDIA 94*, pp. 178-183 (1994).

(平成7年1月25日受付)

(平成7年9月6日採録)



尾崎 圭司（学生会員）
1984 年徳島大学工学部情報工学科
卒業。1986 年同大学院工学研究科情
報工学専攻修士課程修了。1986-93
年日本電気（株）。エンジニアリング
ワークステーションのオペレーティ
ングシステムの開発に従事。現在、徳島大学大学院工
学研究科博士後期課程在学中。分散アルゴリズムと
データベースを研究。電子情報通信学会、教育シス
テム情報学会各会員。



矢野 米雄（正会員）
1969 年大阪大学工学部通信工学
科卒業。1974 年同大学院工学研究
科博士課程修了。工学博士。同年
徳島大学工学部助手。1990 年同教
授。1979-1980 年米国イリノイ大学
Computer-based Education Research Laboratory
客員研究員。環境型知的 CAI システム、柔軟なデー
タベースの研究に従事。ヒューマンインターフェースと
ゲーム環境に興味を持つ。教育システム情報学会理事。
日本教育工学会理事。日本教育工学会評議員。電子
情報通信学会、米国 IEEE 各会員。
