

博物館情報に基づく メタデータスキーマ統合機構の構築

秋元 良仁 亀山 渉

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

概要

近年の情報技術の進展に伴い、ユーザが利用できるコンテンツの量は飛躍的に増大している。特に博物館における文化財のデジタルコンテンツ化の進展は著しく、これらのコンテンツにアクセスするためのユビキタスな情報環境基盤も整いつつある。このような状況では、メタデータを用いて多様なデータベースからユーザの要求に応じて意味のあるコンテンツを横断的に紡ぎ出す技術が求められる。そこで、本稿では、異なるメタデータスキーマで管理される複数のデータベースを横断的に利用するために、各スキーマ間の類似性を記述できる言語「ファジィ・スキーマ」を導入する。更に、ファジィ・スキーマを用いて各メタデータスキーマを統合できる機構の構築を検討する。

Metadata Schema Integration Based on Museum Information

Ryoji Akimoto Wataru Kameyama

Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University

Abstract

As information technology has progressed recently, the amount of contents that can be used increases. And, there is an environment in which lots of contents can be accessed at anytime and anywhere. In this situation, a technology is needed to extract useful information from various contents by using metadata in order to meet the user's requirements. In this paper, first, we summarize the current state of metadata technology and problems. then, we propose the concept called Fuzzy Schema which can flexibly construct metadata schema. And we describe the design of Fuzzy Schema language taking an example of metadata schema of museum. And, we also propose metadata schema integration based on museum information.

1 はじめに

情報技術の活用が急速に進展し、利用者が取り扱うことのできる情報量は飛躍的に増加している。特に、近年博物館においては古来からの人類の営みを表現した文化財のデジタルコンテンツ化が進んでいる。また、これらのコンテンツにアクセスするためのユビキタスな情報環境基盤も整いつつある。

このような環境では、利用者の要求に応じて多様なリソースからコンテンツを横断的に取得し、複合的に利活用することが求められる。

そのためには、コンテンツに関する情報を記述したデータ(メタデータ [1])を活用する必要がある。メタデータはメタデータスキーマという形で管理項目が明確に定義される。これまでにも、コンテンツの特性を考慮した様々なメタデータスキーマが提案されており、また、幾つかの国際標準や業界標準が制定されている状況にある。

しかしながら、これらメタデータスキーマには根本的な技術的課題が内在しているため、その利活用は不十分と言わざるを得ない。

そこで、本稿では、まず博物館分野を中心としたメタデータ及びメタデータスキーマの技術的課題を示す。次に、異なるメタデータスキーマで管理される複数のデータベースを横断的に利用するために、各メタデータスキーマ間の類似性を記述できる言語「ファジィ・スキーマ」の言語設計を示す。更に、ファジィ・スキーマに基づき各メタデータスキーマを統合できる機構の構築を検討する。

2 メタデータの技術的課題

2.1 メタデータスキーマ構築の課題

博物館は古くから台帳あるいは目録という形で文化財に関するメタデータが管理されてきた。1990年代以

表 1: 博物館メタデータスキーマの種類

名称	内容
ミュージアム資料情報モデル [2]	東京国立博物館が国内向けに提案。国際標準と互換あり。博物館業務支援及び情報共有を目的とする。
CIDOC/IC	国際博物館会議 (ICOM) のドキュメンテーション委員会 (CIDOC) が提案する国際標準ガイドライン
CIDOC/CRM	CIDOC IC の情報共有を目的とした概念参照モデル
SPECTRUM	英国の博物館ドキュメンテーション協会 (MDA) が提案する手続き型モデル
CDWA	米国の Getty Research Institute が中心となり策定された美術情報のメタデータスキーマ
遺物分類標準	韓国国内で利用されるメタデータスキーマ。Dublin Core ベースの基本 16 項目、オプション 116 項目を有する

降になると、台帳の電子化に伴いデータベースで管理するために様々な博物館用メタデータスキーマが提案されてきた (表 1)。

メタデータスキーマとは、メタデータが様々なアプリケーションで利用されることを前提に、各サービス毎の要素や属性レベルでの出現数制限、文字数や取り得る値の制限等、詳細なプロファイリングがなされたものである。代表的なものには、DTD や XML Schema, RELAX NG がある。また、近年では定義された要素や属性間の関係や意味、オントロジの記述を行う RDF, RDFS, OWL がある。

メタデータスキーマの構築は、通常対象となるドメインに精通した専門家とプロファイルを記述できる情報技術者が共同で行う。この構築作業は膨大な時間と手間を必要とし、利用要求に対して完成が遅くなるというタイムラグが生じやすい。また、完成したメタデータスキーマは汎用性が考慮される反面、専門博物館のようにある一部分に特化した博物館においては不必要な管理項目が多く、また必要な管理項目が足りないといったことが起こる。現状、この問題は「その他」のような汎用的項目を利用して多くの内容が書き込まれており、データとしては存在しているがメタデータとしてはあまり意味をなさない場合が多い。

2.2 メタデータ作成の課題

メタデータとは、前述の通りコンテンツに関する情報を記述したデータのことを言う。

コンテンツの利用促進には、ネットワークを介することで大量のメタデータが流通し、ユーザの利用可能な状態にある必要がある。しかし、博物館の場合、記述対象となる文化財の素性が不明で、その解明そのものが研究対象になっている場合が多いため、そもそもメタデータを作成しづらいという問題がある。また、前項で示したように標準的なメタデータスキーマが自館の状況に合致しないためにメタデータを作成しづらいという点も作成を妨げる一因と考えられる。また、メタデータの作成は人手により記述を行っており、人的・金銭的・時間的に見て非常に負荷の高い作業と言える。

2.3 メタデータ・マッピングの課題

複数のデータベースやアーカイブ等、多様なコンテンツから意味のある情報を横断的に取得するためには、異なったメタデータスキーマに基づくメタデータ間のインターオペラビリティをどのように保証するのかという課題が存在する。

現状、手動による項目間のマッピングやラップによる相互利用化が行われているが、項目間の不一致や変更が頻繁に起こるため、異論のない整合の取れたマッピングを実現することは困難である。

また、これらの課題は博物館の実務に於いても発生する。例えば、博物館では通常開催される常設展の他に、一定期間あるテーマを設けた企画展が開催される。企画展では、テーマに応じて自館が所有しない文化財を他館から借り入れて展示する場合が多い。このような貸借管理は非常に重要な業務の 1 つであるが、現状、企画展による貸借の管理は各館のメタデータスキーマの不一致から電話や紙ベースで行っている場合が多い。

3 ファジィ・スキーマの検討

3.1 ファジィ・スキーマの概要

筆者らはこれまでに、人間の思考のように緩やかに複数のメタデータスキーマの項目をチューニングすることで複合的にメタデータスキーマを作成する手法の提案を行ってきた [3] [4][5]。図 1 に提案するファジィ・スキーマの概観を示す。この図は、様々なコンテンツは各々異なるメタデータスキーマで定義されるメタデータを持ち、それらを相互利用するためには各メタデータスキーマを複合的に組み合わせる機構 (ファジィ・スキーマ) が必要であることを示した概念図である。

関係データベース例

識別子	名称	分類
A-00001	鳥獣人物戯画巻断簡	やまと絵

RDF例

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:sm="http://example.org/sm#"
  ...>
  <sm:SampleMuseum rdf:about="http://example.org/rdf#">
    <sm:識別子 rdf:parseType="Resource">
      <rdf:value>A-00001</rdf:value>
    </sm:識別子>
    ...
  </sm:SampleMuseum>
</rdf:RDF>
```

図 3: 関係データベースと RDF

対象とする知識領域 筆者らの調査によれば、国内のおおよその博物館では自館の収蔵品を管理するためにデータベースや表計算ソフトを導入している。本研究が対象とする知識領域はこのような収蔵品管理用のデータベースを持つ博物館とする。

目的 各博物館のデータベースに格納される博物館情報の相互利用を目的とする。例えば、展示会における貸借情報の利用、あるテーマを中心とした横断的な収蔵品情報の収集利用が挙げられる。

利用者 上記目的を必要とする、博物館の学芸員や研究員を対象利用者とする。

3.3.2 言語設計

ファジィ・スキーマ言語は RDF 間の関係性を表現する言語とする。そのため、関係データベースで博物館情報が管理されている場合、一旦 RDF 形式に変換する必要がある。この場合、項目名(関係データベースの属性名)を要素とし、各データ(各属性値)をリテラル値として RDF に置き換えることができる。この際、ノード要素は直接リテラル値を持つことができないため、項目名がプロパティ要素となるよう、rdf:parseType="Resource" を与える(図 3)。

また、ミュージアム資料情報構造化モデルに現れるようなハイアラルキカルな構造は path の形にまとめて表現することで一意に位置を記述できるようにし、どの項目とどの項目が対応しているのかをより明確に表現する(図 4)。

このようなフラットな RDF とミュージアム資料情報モデルを Path 表記した RDF を比較することで、多

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:mo="http://webarchives.tnm.jp/vocab/moirdf-20060719#"
  ...>
  <mo:MuseumObject rdf:about="http://example.tnm.jp/obj/318/">
    <mo:hasObjectNumber>
      <mo:ObjectNumber>
        <mo:hasType>管理台帳</mo:hasType>
        <rdf:value>N00003</rdf:value>
      </mo:ObjectNumber>
    </mo:hasObjectNumber>
    ...
  </mo:MuseumObject>
```

↓ 各要素(主語, プロパティ, 値)を path で表す
 mo:MuseumObject/mo:hasObjectNumber/mo:ObjectNumber/mo:hasType
 mo:MuseumObject/mo:hasObjectNumber/mo:ObjectNumber/rdf:value

図 4: ミュージアム資料情報モデルと Path

項間の関係を記述する言語を設計する。

リスト 1 にファジィ・スキーマ言語の概要を示す。

リスト 1

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <名前空間 />
3 </ルート>
4 <!-- 対象とするリソースの記述 -->
5 <対象リソース>
6 <比較元, リソース位置 />
7 <比較先, リソース位置 />
8 </対象リソース>
9 <!-- 1 対 1 対応 -->
10 <1 対 1>
11 <比較元, 要素位置 />
12 <比較先, 要素位置 />
13 <あいまい度, 比較先-比較元の割合 />
14 </1 対 1>
15 <!-- 1 対多対応 -->
16 <1 対多>
17 <比較元, 要素位置 />
18 <比較先, 要素位置, 割合 (比較先)/>
19 <あいまい度, 比較先-比較元の割合 />
20 </1 対多>
21 <!-- 多対 1 対応 -->
22 <多対 1>
23 <比較先, 要素位置, 割合 (比較先)/>
24 <比較元, 要素位置 />
25 <あいまい度, 比較先-比較元の割合 />
26 </多対 1>
27 <!-- 多対多対応 -->
28 <多対多>
29 <比較元, 要素位置, 割合 (比較元) />
30 <比較先, 要素位置, 割合 (比較先) />
31 <あいまい度, 比較先-比較元の割合 />
32 </多対多>
33 <!-- 多対空対応 -->
34 <多対空>
35 <比較元, 要素位置, 割合 (比較元) />
36 </多対空>
37 <!-- 空対多対応 -->
38 <空対多>
39 <比較先, 要素位置, 割合 (比較先) />
40 </空対多>
41 </ルート>
```

リスト 2

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <rdf:RDF xmlns:fs="http://example.org/fs#">
3 <fs:FuzzySchema>
4 <fs:TargetSchema>
5 <fs:Relations>
6 <fs:Location>
7 <fs:OriginLocation rdf:about="URI" />
8 <fs:EndLocation rdf:about="URI" />
9 </fs:Location>
10 </fs:Relations>
11 </fs:TargetSchema>
12 <fs:OnetoOneMatching>
13 <fs:Relations>
14 <fs:Location>
15 <fs:OriginLocation rdf:resource="URI+Path" />
16 <fs:EndLocation rdf:resource="URI+Path" />
17 </fs:Location>
18 </fs:Relations>
19 </fs:OnetoOneMatching>
20 <fs:OneToManyMatching>
21 <fs:Relations>
22 <fs:Location>
23 <fs:OriginLocation rdf:resource="URI+Path" />
24 <fs:EndLocation>
25 <rdf:Seq>
26 <rdf:_1
27   rdf:resource="URI+Path"
28   fs:EndLocationRate="%" />
29 </rdf:Seq>
30 </fs:EndLocation>
31 </fs:Location>
32 <fs:Rates>
33 <fs:ItemList>
34 <fs:Item fs:Rate="%">
35 <fs:OriginLocation rdf:resource="URI+Path" />
36 <fs:EndLocation rdf:resource="URI+Path" />
37 </fs:Item>
38 </fs:ItemList>
39 </fs:Rates>
40 </fs:Relations>
41 </fs:OneToManyMatching>
42 <fs:ManyToOneMatching>
43 <fs:Relations>
44 <fs:Location>
45 <fs:OriginLocation>
46 <rdf:Seq>
47 <rdf:_1
48   rdf:resource="URI+Path"
49   fs:OriginLocationRate="%" />
50 </rdf:Seq>
51 </fs:OriginLocation>
52 <fs:EndLocation rdf:resource="URI+Path" />
53 </fs:Location>
54 <fs:Rates />
55 </fs:Relations>
56 </fs:ManyToOneMatching>
57 <fs:ManyToManyMatching>
58 <fs:Relations>
59 <fs:Location>
60 <fs:OriginLocation />
61 <fs:EndLocation />
62 </fs:Location>
63 <fs:Rates />
64 </fs:Relations>
65 </fs:ManyToManyMatching>
66 <fs:ManyToNothingMatching>
67 <fs:Relations>
68 <fs:Location>
69 <fs:OriginLocation />
70 </fs:Location>
71 </fs:Relations>
72 </fs:ManyToNothingMatching>
73 <fs:NothingToManyMatching>
74 <fs:Relations>
75 <fs:Location>
76 <fs:EndLocation />
77 </fs:Location>
78 </fs:Relations>
79 </fs:NothingToManyMatching>
80 </fs:FuzzySchema>
81 </rdf:RDF>

```

表 2: ファジィ・スキーマの要素と属性

要素名及び属性名	説明
FuzzySchema	ルート要素
TargetSchema	ターゲット要素、対象リソースの記述用。
OneToOneMatching	1 対 1 の関係を示す要素
OneToManyMatching	1 対多の関係を示す要素
ManyToOneMatching	多対 1 の関係を示す要素
ManyToManyMatching	多対多の関係を示す要素
ManyToNothingMatching	多対空の関係を示す要素
NothingToManyMatching	空対多の関係を示す要素
Relations	関係要素、Location 要素と Rates 要素を持つ。
Location	位置要素、比較対象の位置を示す。
OriginLocation	比較元位置要素、比較元の位置を特定するための要素
EndLocation	比較先位置要素、比較先の位置を特定するための要素
Rates	割合要素、ItemList 要素によってまとめられた複数の Item 要素を持つ。
ItemList	Item 要素をまとめる要素。
Item	比較元・比較先の位置と比較元-比較先間のあいまい度を持つ。
@OriginLocationRate	比較元要素群でのある特定要素が占める割合。
@EndLocationRate	比較先要素群でのある特定要素が占める割合。
@Rate	あいまい度

まず、2 行目で比較対象となっている双方の名前空間の宣言を行う。

次に、5~8 行目で対象となるリソースをそれぞれ rdf:about 属性を用いて指し示す。

10~14 行目は、項目間関係が 1 対 1 であった場合の対応関係を示している。ここでは比較元の要素位置の記述、比較先の要素位置の記述がなされる。また、比較元-比較先間で各要素がどの程度類似しているのかを示すあいまい度の記述も行う。

16~20 行目は、項目間関係が 1 対多であった場合の対応関係を示している。ここでは比較元の要素位置の記述、比較先の要素位置の記述 (複数個) がなされる。比較先の複数個の要素はシーケンシャルなリストとして記述するため、rdf:Seq タイプを用いた RDF コンテナモデルとして記述する。また、比較先の要素群内におけるあいまい度の記述、比較元-比較先間のあいまい度の記述を行う。

22～26 行目は、項目間の関係が多対1であった場合の対応関係を示している。1対多の場合と逆に、比較元に複数個の要素が出現する形で要素位置が記述される。

28～32 行目は、項目間の関係が多対多であった場合の対応関係を示している。比較元・比較先双方に複数個の要素が出現する形で要素位置、あいまい度が記述される。

34～36 行目、38～40 行目は多対空、空対多それぞれの対応関係を示している。対応関係が取れない関係が存在する場合、比較元・比較先それぞれの要素位置のみを示す。

リスト2にファジィ・スキーマ言語の記述例を示す。なお、ファジィ・スキーマボキャブラリの名前空間及び名前空間接頭辞は仮のものをを用いている。また、名前空間の一部、繰り返し表記となる箇所の一部は省略している。

記述例では、要素の位置を特定する際に `rdf:resource="URI+Path"` という記述を行う。RDFのURI参照は資源に対するコンテキストフリーな識別子としてフラグメント識別子を含むことができる。フラグメント識別子はドキュメントのMINEタイプに依存するので、文脈依存である。即ち、フラグメント識別子にPath表記を含めることで、要素の位置の特定に利用することができる。

表2にファジィ・スキーマの要素と属性の定義を示す。

3.4 ファジィ・スキーマ言語の博物館分野への適用

本研究では、ファジィ・スキーマ言語を博物館分野における収蔵品管理に適用して検証することを検討している。適用にあたり、博物館収蔵品の管理体系の把握を行った。具体的には、以下の2点に着目した。

- 博物館で利用されている収蔵品管理システムの管理項目 [3]
- 国際・業界標準とされるメタデータスキーマの各項目 (表1)

収蔵品管理システムで管理される管理項目に関しては、国内外約20のシステムを調査したが、いずれも国際・業界標準に準拠して項目定義がなされているため、本研究では特に国際・業界標準とされるメタデータスキーマの各項目を中心に検討を行った。

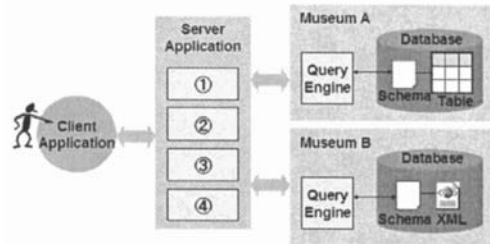


図5: メタデータスキーマ統合機構

4 メタデータスキーマ統合システム

4.1 システムの概要

様々なリソースからコンテンツを横断的に利用するには、ファジィ・スキーマ言語を用いてメタデータスキーマを統合利用できるシステムが必要となる。

図5にメタデータスキーマ統合システムのアーキテクチャを示す。

システムはクライアント-サーバ型を想定している。サーバサイドで次項で説明する各種処理を行い、クライアントは想定するエンドユーザ (博物館学芸員、博物館の研究者) が利用できるアプリケーションを用意する。現時点では、RDFとの親和性が高いXULを用いて効果的なインターフェースを実現できる点、スタンドアロンアプリケーションに比べてある程度早期開発が可能な点などを加味してウェブブラウザの利用を検討している。

4.2 システムの要件

システムは、大きく分けて以下の機能を持つ。

1. ファジィ・スキーマ生成機能
2. ファジィ・スキーマ管理機能
3. クエリ生成機能
4. クエリ結果フィードバック機能

ファジィ・スキーマ生成機能は、対象となるメタデータスキーマからファジィ・スキーマを生成する機能である。この機能の実現には、複数のデータベースからどのようにメタデータスキーマを取得してくるのか、取

得したメタデータスキーマからどのようにファジィ・スキーマを生成するのか、が必要となる。

生成されたファジィ・スキーマはファジィ・スキーマ管理機能によって登録管理される。クエリ発行時や結果表示時に、登録されたファジィ・スキーマを用いて項目比較を行うことで、ユーザにとって意味のある情報の提示を行うことができる。

また、システムはクエリ生成機能及びクエリ結果フィードバック機能を持つ。どのようにファジィ・スキーマから各メタデータスキーマにクエリを発行するのか、各返り値をどのようにユーザに提示するのか、を考慮する必要がある。

5 関連研究

5.1 データ構造とその記述

情報の共有を目的とした異種情報の統合に関する研究は古くから行われている [6]。データ構造の異種性に着目した研究には、Kim のデータの異種性の分類 [7] がある。関係データベースにおけるスキーマ定義言語、質問言語に要求される記述能力を明らかにすることを狙いとした分類で、スキーマの異種性をレコード間、データ項目間、レコードとデータ項目間に大分類し、各々異名同義や同名異義の名称の差異、属性数の多寡等で小分類がされている。

また、近年従来型の関係データベースで用いられてきた関係モデルから、スキーマレス・自己記述的な半構造データモデルへのパラダイムシフトが起こっている [8]。半構造データは 1) 構造が不規則なデータの集まりで、はっきりしたスキーマが定義できないデータ群、2) データベース以外の形で蓄積されていて従来のデータベースのような予めスキーマが提示されているわけでないようなデータ群、3) スキーマはあるが非常に緩やかなスキーマで、全てのデータが厳密にスキーマに適合できるとは限らないようなデータ群、を特徴として持つ。

半構造データモデルを記述する言語として、Object Exchange Model(OEM) がある [9]。様々な資源からのデータを、ある統一的なモデルにマップすることによって統一的なインターフェースを提供するシステムにおける統一モデルとして提案された。

1990 年代半ばから、WWW の爆発的な普及に伴い、WWW 上のデータに対してどのようにモデル化し問い合わせを行うかが重要な研究テーマとして挙げられてきた [10]。WWW 上の代表的な半構造データである

HTML や XML を管理するための各種コンテンツ管理システム、XML データベース等は多数ベンダーからリリースされている。

また、意味情報の異種性の観点から見ると、オントロジを用いて異種性の解消を試みる取り組みがある。

大規模なオントロジ活用の先駆的プロジェクトに Cyc がある [11]。Cyc は標準的な人間の常識をオントロジ化し、エージェントが推論と計画実行を行うことを試みたプロジェクトである。

同様に、エージェントの通信・知識記述言語に KQML[12] と KIF[13] がある。KQML はエージェント間の通信に用いられ、KIF はその中で知識を表現するのに用いられる。また、KIF を拡張してフレームオントロジを表現するための言語として、Ontoligua[14] がある。Ontoligua ではフレーム (知識表現の枠組み) を入れ子構造で記述する。

現在、エージェント関連では Foundation for Intelligent Physical Agents(FIPA) が中心にエージェントの通信やオントロジサービス等の標準を策定している。

転じて、Web の世界では、W3C における Semantic Web 活動の一環として Web Ontology 作業グループによって作成されたウェブオントロジ言語に OWL がある。OWL は XML をベースとした言語であるため、半構造データを対象としたオントロジの構築を行うための言語と言える。

5.2 異種システムの統合

異種システムを統合する取り組みとして、メディアータを用いたメディアータシステムがある [15]。メディアータシステムは対象とする情報源を通常のデータベースだけでなく、知識ベースや Web も含み、情報源の変化に対してサービスの安定的供給、異種性解消、情報統合、要求応答、といった一連の処理を目指したシステムである。通常メディアータシステムは、各情報源にラッパをかけ、共通モデルに変換した情報を利用する。ラッパの作成は一意的であり、拡張や変更に柔軟に対応することは難しい。

また、近年の異種システムの統合として、大規模システムをサービスの集合として構築する Service Oriented Architecture(SOA) がある。システム間に共通のインターフェースを配置しシステム間の連携を図る手法である。技術的基盤としては、XML Web サービスがその中心になる。SOA はアーキテクチャとしてではなく、システムインテグレーションの考え方が示されているにすぎず、プラットフォームの異なる SOA サービス同

士の連携には再度分析から開発までを行わなければならない場合がある。

6 まとめと今後の課題

本稿では、博物館分野を中心としたメタデータ及びメタデータスキーマの技術的課題を整理した。ここでは、メタデータスキーマ構築の問題、メタデータ作成の問題、メタデータ・マッピングの問題が存在することがわかった。これらの課題を解決するために、異なるメタデータスキーマで管理される複数のデータベースを横断的に利用することを目的とした、各メタデータスキーマ間の類似性を記述できる言語「ファジィ・スキーマ」の提案と言語設計を行った。更にファジィ・スキーマに基づき各メタデータスキーマを統合できる機構の検討を行った。

今後は、検討を行ったシステムを構築し、実際の博物館で利用されているデータを用いた実証実験を行っていく予定である。

参考文献

- [1] Dempsey *et al.*: “Metadata: A Current View of Practice and Issues”, *J. of Documentation*, Vol. 54, No. 2, pp. 145-172(Mar. 1998).
- [2] ミュージアム資料情報構造化モデル (参照 2007-02-27)
URL:<http://webarchives.tnm.jp/docs/informatics/smmoi/>
- [3] 秋元良仁: “博物館の収蔵品管理におけるメタデータの利用と問題点”, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2004, No. 36, pp. 55-62, 2004.
- [4] 秋元良仁, 亀山渉: “博物館情報を用いた複合的メタデータスキーマ作成に関する一考察”, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2006, No. 83, pp.59-66, 2006.
- [5] R. Akimoto, W. Kameyama: “Language Design of Creating Compound Metadata Schema Method “Fuzzy Schema” Base on Museum Information”, *WSEAS Transactions on System*, Issue 3, Volume 6, pp.604-609, 2006.
- [6] C. Batini, M. Lenzerini, S.B. Navathe: “A Comparative analysis of methodologies for database schema integration”, *ACM Computing Surveys*, No. 10, Vol. 4, pp. 323-364, 1986.
- [7] W. Kim, J. Seo: “Classifying Schematic and Data Heterogeneity in Multidatabase Systems”, *Computer*, Vol. 24, No. 12, pp. 12-18, 1993.
- [8] 田島敬史: “半構造データのためのデータモデルと操作言語”, *情報処理学会論文誌*, Vol. 40, No. SIG3, pp. 157-170, 1999.
- [9] Y. Papakonstantinou, H. Garcia Molina, J. Widom: “Object Exchange across Heterogeneous Information Sources”, *Proc. of IEEE ICDE*, pp. 251-260, 1995.
- [10] 吉川正俊: “データベースの観点から見たXMLの研究”, *情報学シンポジウム*, 2002.
- [11] Cycorp(参照 2007-02-27)
URL:<http://www.cyc.com/>
- [12] Y. Labrou, T. Finin: “A Proposal for a new KQML Specification”, *TR CS-97-03*, 1997.
- [13] M. R. Genesereth *et al.*: “Knowledge Interchange Format draft proposed American National Standard (dpANS) NCITS. T2/98-004”
- [14] A. Farquhar, R. Fikes, J. Rice: “The Ontolingua Server: A tool for Collaborative Ontology Construction”, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 46, No. 6, pp. 707-727, 1997.
- [15] G. Wiederhold: “Glossary: Intelligent Integration of Information”, *Journal of Intelligent Information System*, Vol. 5, pp. 101-112, 1996.