

オントロジーを用いた博物館・美術館情報の横断的利用の考察 —CIDOC CRM の適用からセマンティック Web への展望—

嘉村 哲郎

国立新美術館設立準備室 2005 年度インターン生

hachilh@tky2.3web.ne.jp

概要

数年間に見る高速インターネット網の爆発的な普及に伴い、博物館や美術館では収蔵品をデジタル化し、これらをインターネット上で公開することが一般的となりつつある。ところが、デジタル化される収蔵品はそれぞれの館が独自に作成・公開していることから、これらの情報資源を他の館と横断的に利用することを考えた場合、形式や属性名称、運用方法等が異なる点から難しい現状にある。本研究ではこのような状態を解決するために、国際博物館会議(ICOM)が提唱する博物館情報を地球規模資源として扱うためのモデルである「概念参照モデル：CIDOC CRM」の適用を考察していく。さらに、近年のインターネット上の技術動向に注目し、これらをセマンティック Web とあわせて大規模かつ広範囲な情報利用の可能性を探る。

Utilization of Ontology for museum information -Application of CIDOC CRM to Semantic Web-

KAMURA Tetsuro

The National Art Center, Tokyo. The Office of Planning and Development (2005, Intern)

hachilh@tky2.3web.ne.jp

Overview

The recent explosive growth of high speed broadband internet access in Japan has enabled the mass digitalization of many artifacts, and much of Japan rich heritage on a number of museum and art gallery website. However, because of the number of different data format used by the large number of different galleries and museum, it is impossible for the galleries to cross reference each other's information.

This paper endeavors to research into how any museum and galleries can integrate theirs networks and successfully exploit each other's information. Therefore I'm focusing attention on the use of museum information on a global scale, adverting to the CIDOC CRM (Conceptual Reference Model) proposed by ICOM (International Council of Museum). Additionally, I hope to explore to the possibility of applying the CIDOC CRM to Semantic Web system.

1. 背景

2004年4月、「e-Japan 戦略Ⅱ」として文化庁と総務省は地方に点在する有形・無形の文化遺産情報を積極的に公開する事を目的とした「文化遺産オンライン構想」の構築を推進する政策を掲げた。これらは失われていく文化財等をデジタル化することで後生に伝えていく、いわゆる「デジタルアーカイブ」と呼ばれ、博物館や美術館のみならず、地域活性化手段として地方自治体や企業等においても取り組みがなされている。このような取り組みにより年々増え続けていくデジタルデータは、より円滑に管理・利用するための手段が求められており、その一つとして個々のデータに対しての付加情報を付けて処理を行う、いわゆるメタデータ利用についての研究が様々な分野で行われている。

博物館や美術館におけるメタデータ利用の状況は、館で利用されるデータ項目や名称、形式がそれぞれの館の特性(美術・考古学・科学・生物・歴史・民俗等)に沿って定義されており、さらには館ごとに異なるシステムで運用している現状がある。これは、各館が保有するデータをそのままの状態でも相互に利用することが難しいことを意味している。また、類似文化施設である図書館や文書館では、図書館は書籍、文書館は公文書などというように扱われる資料形態がほぼ確立していることから国際標準とするデータ記述形式が定められ、広く利用されている¹⁾。ところが、博物館や美術館では先にも述べたような理由から、広く利用されているデータ記述の規格はみられず、収蔵品情報の項目はそれぞれの館の特性に応じた独自の捉え方で項目を定義している。このように、図書館と文書館ではすでに国際標準とされる収蔵品(館蔵品)に対する情報項目の規格が定められおり、実用の段階にまで達しているが、博物館・美術館では国際的なガイドラインはあるものの、実際にはさほど利用されていないという事実が現状にある。

2. 解決方法の考察

前項で取り上げたような現状を解決させるための方法として、本研究では博物館に関する規約や発展のために国際的なレベルで活動をしている団体、国際博物館会議が提案する博物館情報の国

際基準、「博物館資料情報のための国際ガイドライン(IGMOI):CIDOC 情報カテゴリー」と、これらのカテゴリーに沿って開発された博物館や美術館で利用されている形式が異なる電子情報を、ネットワーク上で横断的に利用可能にするとされている枠組みである概念参照モデル ICOM/CIDOC CRM を用いる。さらに、これを語彙の上下階層や語彙間の意味情報をインターネット上で扱うことができるセマンティック Web としての利用について着目した。

2.1 ICOM / CIDOC 情報カテゴリー

CIDOC(International Committee for Documentation)とは、国際博物館会議 ICOM (International Council of Museums)の専門委員会の一つとするドキュメンテーション標準化ワーキンググループである。

CIDOCはこれまでに25年以上にわたり博物館に関するドキュメンテーションの標準化に関わる開発をしてきた。その成果として1995年に「CIDOC情報カテゴリー、博物館資料情報のための国際ガイドラインIGMOI (International Guidelines for Museum Object Information)²⁾」が策定され、本ガイドラインは博物館収蔵品の情報を記述するために22の情報グループと74のカテゴリーとして分類し、カテゴリー内ではより細かな記述項目を定めている。また、考古学・文化史・美術・科学技術・自然科学を含む様々な博物館領域を扱い、これらの館に対する情報の記述ができるように設計されている。³⁾

2.2 ICOM / CIDOC CRM

CIDOC CRM(Conceptual Reference Model)とは、CIDOC が推奨する博物館資料情報のための国際ガイドラインである博物館情報カテゴリーに沿って考案され収蔵品情報をコンピュータ上で扱うためのモデルであり、表現手法としてオントロジーと呼ばれる概念を取り入れたオブジェクト指向型概念参照モデルを採用している。

オントロジーとは、ある決められた世界(ここでは博物館・美術館という世界)において、この世界の情報処理モデルを構築する人が、この世界で使われる語彙の上下の階層を決めて分類し、さらにその語彙と語彙の関係を定義して機械が可読

できるように記述したものと定義される。

オントロジーは一般的に次にあげる4つの構成要素から定義される。4

1. 対象世界から基本概念を抽出し、結果としての「概念」の集合体。
2. 概念の上位・下位関係の階層化(is-A)。
3. 上位・下位関係以外で必要となる概念間関係。
4. 抽出した概念と関係の定義。

2.2.1 CIDOC CRM の仕様

CIDOC CRM には、博物館情報カテゴリーを基に考案された84の「エンティティ (概念要素)」部分と141項目の概念間の経路を示す詳細な関係「プロパティ」を上位と下位概念に分類し、博物館業務において使用される概念部分の纏まりを仕様として定めている。エンティティは博物館情報カテゴリーの項目名にならって名称が付けられており、実際にモデル上で使用する場合は対象とする情報資源の属性項目を84のエンティティ(概念要素)から該当するものに当てはめて使用する。エンティティ名は先頭にEと数字による識別方法を用いており、上位に属する要素とその下位に属する要素の階層関係を定義している。例として、CIDOC CRM で定義されているエンティティ24番のPhysical Man-Made Stuffの内容をFig.2に示す。

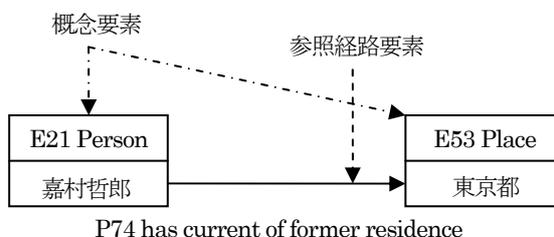
Fig.2 概念要素の定義

<p>E24 Physical Man-Made Stuff (物理的人工のモノ) Sub Class of : E18 Physical Stuff E71 Man-Made-Stuff Super Class of : E22 Man-Made-Object E25 Man-Made Feature E78 Collection</p> <p>適用範囲: このクラスは人の活動によってつくられたモノや物理的な物とする、ほとんどモノを対象に扱う。例として、“カップとリング”という彫刻はE24のインスタンスとして扱うことができる。</p> <p>例: 英仏海底トンネル(E25) 昭和館にある昭和時代の歴史的コレクション(E78) 英国エジンバラにある「Forth Railway Bridge」(E22)</p> <p>プロパティ: P62 depicts (is depicted by): E1 CRM Entity (P62.1 mode of depiction: E55 Type) P65 shows visual item (is shown by): E36 Visual Item P128 carries (is carried by): E73 Information Object</p>

Fig.2 中にある「プロパティ」はエンティティ同士を接続する役割をもつ参照経路要素である。これらの概念間関係をあらわす語彙を用いることにより他の概念を参照することが可能になる。プロパティにはエンティティと同様にPと数字からなる構成で名称が識別され、それぞれのプロパティがどのエンティティに対して使用可能であるかの範囲を定めている。さらに要素間をつなぐ役割とするプロパティ (参照経路要素) が定義されている。

CIDOC CRM ではこれらの要素間の関係を一意に理解できるように図式化して表現することが可能である。例えば、「嘉村哲郎(E21)が現在いる(P74)場所は東京都である(E53)」とする場合、次のようにあらわすことができる(Fig.3)。

Fig.3 CIDOC CRM 概念図



また、CIDOC CRM の概念要素、エンティティが Fig.2 に定義されるように、参照経路要素であるプロパティも同様に定義される。

このように CIDOC CRM では博物館や美術館の収蔵品情報の値(データ)を、意味的に該当する CIDOC CRM の要素名で覆い被せることで1つの共通した枠組みをつくり、情報の共有と活用をしていく仕組みであることが理解できる。

2.3 CIDOC CRM の適用の試み

上記の例であげたように CIDOC CRM を既存の収蔵品情報に対して適用していく場合、これらの値を CIDOC CRM の要素名に対して割り当てていくことになる。つまり、既存のデータに対する属性名称を意味的に該当する CIDOC CRM のエンティティへ割り当てる(マッピングする)必要があるが、現時点においてこれらの作業を自動化することは困難であることから人手による作業になると考えられる。

そこで、本研究でははじめに実データの例として実際に CIDOC CRM の要素を日本における美

術館等での利用が可能なのか、既存の美術館のデータに対してマッピングを行った。適用例として、兵庫県立美術館のデータベースから1つの作品データの一部を拝借し、これを CIDOC CRM の各要素に割り当てた(Fig.4)。

Fig.4 属性情報と CIDOC CRM 要素 (一部)

実際の項目名	値	CIDOC CRM 要素
ジャンル	洋画	E55 Type
作品名	鳴門	E35 Title
作品名	なると	E35 Title
制作年	1974年	E50 Date
材質・技法	アクリル・布	E29 Design or Produe
作家名	横尾 忠則	E21 Person
生年	1936年	E67 Birth/E50 Date
生地	兵庫県西脇市	E53 Place

表は Web サイトから読み取れる範囲のデータ項目であり、実際のデータベースでは権利者や購入金額等の詳細な項目が存在するが、それらも同様に CIDOC CRM 要素へと割り当てることができる。また、データモデルである CIDOC CRM は、実際にコンピュータ上で利用するためには別の手段が必要となる。開発元である CIDOC では、モデルをシステムに組み込んで運用させる方法や技術についての定義はしていない。そのため、CIDOC CRM をどのようにシステムに反映させるかは個々によりけりなのである。しかしながら、CIDOC CRM がオントロジーという枠組みを採用している点と近年のインターネット上の技術動向とをあわせて考えると、これらのデータは様々な電子データの変換や交換の際に広く利用されている XML での記述形式であらわされることが望ましい。そのなかでも、本研究ではセマンティック Web としてインターネット上でのオントロジー利用を実現するために W3C(The World Wide Web Consortium)が提案した XML/RDF や OWL という枠組みを用いて CIDOC CRM を利用していくことを検討する。

2.4 セマンティック Web

セマンティック Web ではインターネット上の情報に対して機械的に処理可能な意味情報 (メタデータ) を記述し、自動的に処理を行う仕組みを取

り入れた次世代の Web システムとされ、記述形式に XML 記述形式を取り入れた RDF(Resource Description Framework)を用いる。XML は異なるデータ形式の変換や共有といった用途で利用されている実績があることから、これらの機能を含む RDF を用いて博物館・美術館のデータを扱うことで同様の記述形式を用いる文書館のメタデータセットの相互利用も可能になる⁵。つまり、博物館・美術館情報だけでなく、文書館や図書館の情報も扱うことが可能になると考えられる。

2.4.1 RDF/RDF Schema と OWL

データを意味論的に扱うセマンティック Web では RDF を拡張した OWL と呼ばれるオントロジー記述の枠組みを標準で提供しており、様々な分野で開発されたオントロジーを Web で扱い、それぞれを参照することが可能とされている。

RDF では記述される情報資源の意味を機械的に解釈させることから、構文の構成要素を主語(リソース)・述語(プロパティ)・目的語(プロパティ値)と分けて考える。主語の記述と目的語に関する定義は W3C により決められており、これらの定義を用いて RDF を記述する。RDF の構文例をあげると次のように記述することができる。

Fig.5 RDF 構文例

例：作品 ID:Ar179 には横尾忠則という作者がいます。		
(ID:Ar179)	作者	横尾忠則
【主語】	【述語】	【目的語】
主語	リソース	ID:Ar179
述語	プロパティ名	作者
目的語	プロパティ値	横尾忠則
<pre><rdf:Description rdf:about="ID:Ar179"> <作者>横尾忠則</作者> </rdf:Description></pre>		

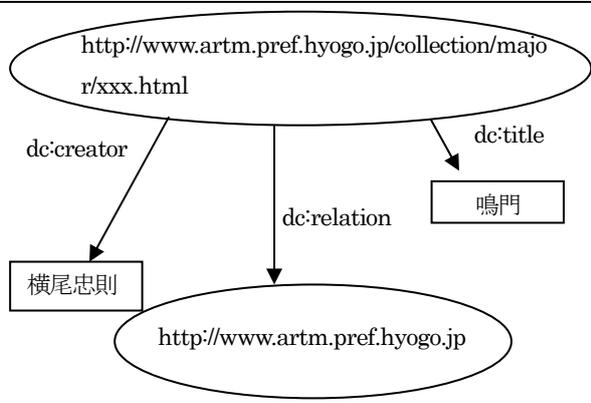
このように、RDF では個々の情報資源に対して意味を持たせ、それらの意味を保持させたまま記述を行う。主語には URI(Uniform Resource Identifier)を用い、述語には主語を記述するために必要となる属性や関係を記述する。RDF は主語述語関係の記述を提供するが、その述語と他の主

語関係を表現することは対象としていない。したがって、この部分を補うために RDF Schema と呼ばれるものを RDF とは別に定義し、RDF の記述に URI として参照する事で他の主語との関連づけることができる。

例として Fig.6 に広く知られている Dublin Core のメタデータセットを外部定義用語 (スキーマ) として読み出し、1 つ主語 (リソース) に対して複数の述語 (プロパティ名) と目的語 (プロパティ値) をあらわした。

Fig.6 複数プロパティの記述と関連図

```
<? xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<rdf:RDF xmlns:rdf=
"http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
<rdf:Description rdf:about="
http://www.artm.pref.hyogo.jp/collection/major/xxx.html
<dc:creator>横尾忠則:creator>
<dc:title>鳴門 dc:title>
<dc:relation rdf:Description rdf:about="
http://www.artm.pref.hyogo.jp/">
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```



上図では Dublin Core の要素が関係語彙として定義され、主語 (リソース) である作品が掲載される兵庫県立美術館の Web ページ、「http://www.artm.pref.hyogo.jp/collection/major/xxx.html」が制作者の横尾忠則を定義していると共に作品名として「鳴門」があらわされている。また、主語 (リソース) に関連する情報資源として「http://www.artm.pref.hyogo.jp」をさらに主語とする複数の構造から成り立つ。

2.4.2 CIDOC CRM とセマンティック Web

これまでのことから、CIDOC CRM で定義される概念要素の使い方は、データの記述方法という点を見るとセマンティック Web で利用される RDF に酷似していることがわかる。さらに、CIDOC CRM がオントロジーの概念を持ち合わせている点から、これを RDF と RDF Schema を用いて記述することが可能である。RDF Schema は語彙を定義するものであることから、これらには CIDOC CRM のエンティティ 84 項目とプロパティ 141 項目が定義され、実際の収蔵品情報は RDF Schema とは別に RDF で記述される。例えば、人物に関するエンティティ E21 Person を RDF Schema で定義すると次のようになる。

```
<rdf:Description rdf:about="E21_Person" >
<rdfs:subClassOf
rdf:resource="E20_Biological_Object"/>
<rdfs:subClassOf rdf:resource="E39_Actor"/>
<rdfs:label>E21 Person</rdfs:label>
</rdf:Description>
```

この記述では E21 Person が E39 Actor と E20 Biological Object を上位の要素として持つことが定義されている。エンティティ同様にプロパティも上記のように記述され、E21 Person が独自にもつプロパティの 1 つである、P98 was born は次のように表される。

```
<rdf:Description rdf:about="P98_brought_into_life">
<rdfs:range rdf:resource="E21_Person"/>
<rdfs:domain rdf:resource="E67_Birth"/>
<rdfs:label>P98 brought into life</rdfs:label>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="P98_was_born">
<rdfs:domain rdf:resource="E21_Person"/>
<rdfs:range rdf:resource="E67_Birth"/>
<rdfs:label>P98 was born</rdfs:label>
</rdf:Description>
```

この例では、P98 was born が所属する概念要素 (domain) として E21 Person が、参照先 (range) の概念要素として E67 Birth が定義されている。これにより、E21 Person はその人物の生誕に関する概念を参照できるようになる。次に、これらに対して実際に定義される値 (インスタンス) は RDF データとして RDF Schema とは別に記述さ

れる。上記で定義した E21 Person と P98 was born を用いて属性情報を記述すると次のようになる。

```

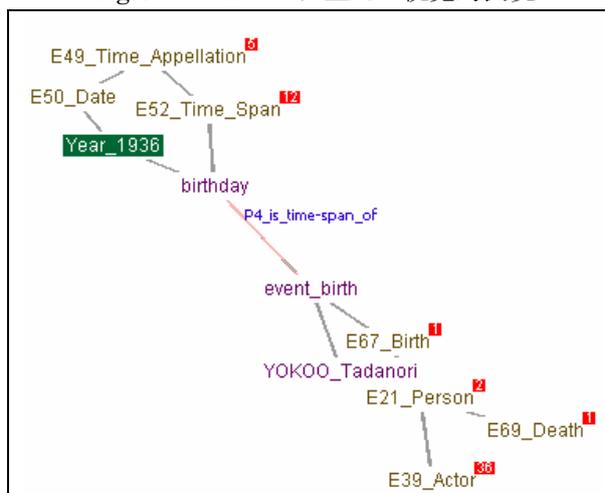
<E21_Person rdf:about="YOKOO_Tadanori">
<P98_was_born rdf:resource="event_birth">
<rdfs:label>YOKOO Tadanori {en}</rdfs:label>
    <rdfs:label>YOKOO_Tadanori</rdfs:label>
    <rdfs:label>よこお ただのり {ja}</rdfs:label>
    <rdfs:label>横尾忠則 {ja}</rdfs:label>
</E21_Person>
<E67_Birth          rdf:about="event_birth"
rdfs:label="event_birth">
<P98_brought_into_life
rdf:resource="YOKOO_Tadanori"/>
<P4_has_time-span rdf:resource="birthday"/>
</E67_Birth>
<E52_Time_Span          rdf:about="birthday"
rdfs:label="birthday">
<P78_is_identified_by rdf:resource="Year_1936"/>
<P4_is_time-span_of rdf:resource="event_birth"/>
</E52_Time_Span>
<E50_Date rdf:about="Year_1936" year_value="1936">
    <P78_identifieds rdf:resource="birthday"/>
    <rdfs:label>1936年 {ja}</rdfs:label>
    <rdfs:label>Year_1936</rdfs:label>
</E50_Date>

```

この例ではE21 PersonがP98 brought into lifeを経由しE67 Birthを参照し、さらにE67 Birthから年号が記述されるエンティティであるE50 Dateを参照する。E67 BirthからE50 Dateを参照する際は直接参照することができないため、迂回経路として時間軸のイベントをあらわすE52 TimeSpanとその間を仲介するP4 has time span,P78 is identifies byを経由している。⁶

これをコンピュータ上でモデル化すると下図のような関係として見る事ができる。

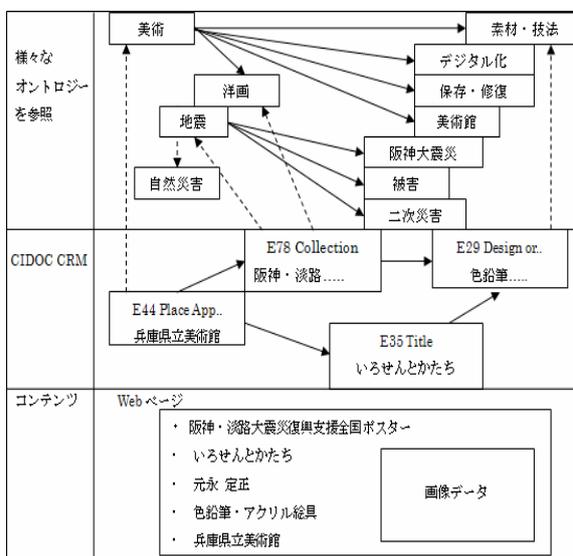
Fig.7 コンピュータ上での視覚的表現



また、属性情報を意味論的に扱う CIDOC CRM ではオントロジーを用いることで博物館・美術館という世界観だけにとらわれず、さまざまな世界とつなげることが可能になる(Fig.8).

例えば、図の兵庫県立美術館というデータは美術に関するものを扱うため美術に関するオントロジーと関連づけられて美術のオントロジーの中の素材や技法、絵画の修復と保存方法などのオントロジーへと連結される。

Fig.8 CIDOC CRM とオントロジー



さらに美術のオントロジーを介して修復・保存のオントロジーを参照する事によってこの技法で描かれた絵画の修復や保存方法がわかる。加えてコレクション名に「阪神・淡路大震災復興支援全国ポスター」と付けられているこの絵画は、阪神大震災をテーマとしているところから「地震」

に関するオントロジーと連結され、さらには地震から「自然災害」などと関連がつながれていく。つまり、この絵画からは美術情報だけでなく地震や自然災害に関する情報も得られるということになる。上記の例では多少大げさであるが、オントロジーを用いたネットワーク上では、様々な概念との連携が可能のため、その利用範囲が広がると言ってもよい。(波線は要素が概念の集合を参照し、直線は要素を参照していることをあらわす)

2.5 課題・展望

これまでに美術館の一作品データを例に挙げ、データ要素を CIDOC CRM へマッピングしセマンティック Web として扱うことにより幅広い分野での情報利用が可能になるという事を提案した。しかしながら、先に挙げた例のように行き着くまでには数ある問題を乗り越えて行かなくてはならない。そこで、本研究ではいくつかの段階に切り分けて解決に向けた方向性を探っていく。

1. 博物館・美術館に対応した既存のデータに対する CIDOC CRM 要素への適用方法

国内の美術館・博物館で使われる資料のデータを CIDOC CRM へ自動的に変換する方法を考察する。

2. CIDOC CRM をコンピュータネットワーク上で利用するための検討

CIDOC CRM の要素をコンピュータネットワーク上で使用するための方法を考察する。本研究では CIDOC CRM の要素を RDF として表現することを述べてきたが、CIDOC CRM は複雑な使用であり、手軽に扱えるような規格ではないことから、より一般的なメタデータセットと連携して手軽に扱えるような方法を検討する。(具体的には CIDOC CRM と Dublin Core 等をあわせることで容易に CIDOC CRM 利用できるようなもの)。

3. ネットワークを利用したサービスとの連携

インターネット等のネットワークを利用したサービスとの連携を計ることで、博物館・美術館という領域だけでなく、枠を超えた情報利用について検討する。つまり、セマンティック Web と

して美術館・博物館情報を扱うことで、異なる分野における情報の横断的利用だけでなく、そこに記述された情報から推論して検索することや、暗黙的な知識を扱えることから幅広い用途に利用可能であると考えられる。

4. CIDOC CRM と他の概念要素との連携

CIDOC CRM の各要素を他のメタデータセットや専門分野辞書などとあわせた形での利用方法を検討する。例えば美術ならば美術に関するいくつかの専門辞書データを用意し、オントロジーを利用することで収蔵品情報とあわせて利用することをめざす。

本研究会では国内の収蔵品情報を CIDOC CRM の要素と RDF というフレームワークを用いて表現させた。その結果、既存の属性項目に対する CIDOC CRM の要素を割り当てられることは可能であることがわかった。しかしながら、1つの属性項目を意味的にとらえると、複数の要素に該当する場合があるなどいくつかの問題とする部分もあった。今後は上記に挙げた段階ごとに考察を深めていくとともに、CIDOC CRM がめざす情報資源の地球規模での共有という目的を、博物館・美術館ならびに関連文化施設においての実現と更なる可能性を検討していく。

1 図書館ではISBD(G)と呼ばれる書誌に関する情報を記述する書誌情報項目がある。また、文書館ではISBD(G)を参考にしてつくられたISAD(G)が存在し、さらにこれを計算機上で利用できるようにするための符号化資料記号記述(EAD)があり、これらはXML記述形式を取り入れている。

2 CIDOC. International Guidelines for Museum Object Information: The CIDOC Information Categories. last update 1995-10,<URL: <http://www.willpowerinfo.myby.co.uk/cidoc/guide/guide.htm>>

3 参考文献2を参考。

4 ※参考文献09, p.10より引用。

5 メタデータ同士のマッピングで、クロスウォークと呼ばれる。ICOM CIDOCの公式サイトにはCIDOC CRMといくつかのメタデータセットを紙面上でマッピングした資料が掲載されている。

6 本研究ではCIDOC CRM要素の関係性をコンピュータ上で表現するために既存のオントロジーエディタ(PROTÉGÉやMRキューブ等)を用いてモデリングした。

※ 主な参考文献

【01】安澤秀一. “文化遺産ネットサービスの保証基盤 アーカイブズ・ミュージアム・ライブラリー資料のメタデータ記述要素”. 文化情報学研究所報, 第2号, p.6-38(2002-7)

【02】田窪直規. “「博物館資料情報のための国際指針」について: 図書館資料と文書館資料の国際記述標準との関係で “アート・ドキュメンテーション研究. No.10, p.37-49(2003-3)

【03】村田良二. “CIDOC CRMによるデータモデリング”. アート・ドキュメンテーション研究. No.11, p.46-60(2004-3)

【04】ICOM CIDOC 編, 鯨井 秀伸編訳. 文化遺産情報のData ModelとCRM. 東京, 勉誠出版, 2003, 311p. (アート・ドキュメンテーション叢書1)

【05】CIDOC. The CIDOC Conceptual Reference Model. last update 2004-03,<URL: http://cidoc.ics.forth.gr/docs/cidoc_crm_version_4.0.pdf>

【06】斎藤孝. 「記録・情報・知識」の世界. 東京, 中央大学出版部, 2004, 322p.

【07】The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System.
<URL: <http://protege.stanford.edu/>>

【08】細見格ほか, 斎藤信男; 荻野達也監修. 財団

法人 情報処理相互運用技術協会編. “セマンティック Web 入門”. 第1版. 東京, オーム社, 2004-11, 242p.

【09】溝口理一郎. “オントロジー工学”. オーム社出版局, 2005.1, 275.p

【10】佐藤宏之ほか. “セマンティックWEBにおけるメタデータを活用するための知識流通プラットフォーム技術”. NTT技術ジャーナル. p25-32(2003-4)

【11】E.Orna&Ch.Pettitt 著: 安澤秀一監修, 水嶋英治編訳. 博物館情報学入門. 東京, 勉誠出版, 2003, 237p. (アートドキュメンテーション叢書②).

【12】小野欽司ほか. “貴重書デジタルライブラリーにおけるテキスト可読性と異種メディア間共参照アノテーション”. 画像電子学会誌. 第33巻, 5号, p. 737-745.

【13】永田治樹. “4章 アーカイブズと図書館情報学—メタデータの相互運用性”. アーカイブズの科学. 東京, 柏書房, 2003. 10, p.219-244, 上巻.

【14】Martin Doer, “Mapping of the Dublin Core Metadata Element Set to the CIDOC CRM ,” Technical Report FORTH-ICS/TR-274, July 2000.

【15】W3C. OWL Web Ontology Language Reference. Last update 2004-2,
<URL: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>

【16】W3C. Resource Description Framework (RDF). Last update 2004-10,
<URL: <http://www.w3.org/RDF/>>.

【17】荻野達也ほか. “CR-ROMではじめるセマンティック WEB”. 東京, ジャストシステム, 2005.5, 283p.

【18】荻野達也ほか. “セマンティック Web とは”, 情報処理. Vol.43, No.7, p.709-718(2002-7)

【19】清野正樹ほか. “セマンティック WEB とオントロジ記述言語”, 情報処理. Vol.43, No.7, p.728-733(2002-7)

【20】小倉弘敬ほか. “セマンティック Web の応用システム” 情報処理. Vol.43, No.7, p.742-750(2002-7)

【21】神崎正英, The Web KANZAKI. last update 2007-7<URL: <http://www.kanzaki.com/>>

【22】MDA, SPECTRUM.
<URL: <http://www.mda.org.uk/stand.htm>>