

# 以 CIDOC CRM 為基礎之數位博物館 Semantic Web 架構設計

王建和  
Wang Chien-Ho  
jmswang@mcl1.csie.ncnu.edu.tw

陳百薰  
Chen Bai-Hsun  
anne@mcl1.csie.ncnu.edu.tw  
Digital Archive Laboratory

洪政欣  
Jen-Shin Hong  
jshong@ncnu.edu.tw

Department of Computer Science and Information Engineering  
National ChiNan University, Taiwan  
jshong@ncnu.edu.tw

## 摘要

傳統數位博物館的內容建置從 HTML 到 XML，不管是結合資料庫或 metadata，大都僅限於 data schema 層面與語法層面，雖然 XML 解決了 HTML 的資料管理、呈現與查詢的部分問題，但就專業領域的博物館或相關研究人員，在領域知識的描述與應用上，科技技術尚未完全發揮功用。Semantic Web 出現後，提出了一個人工智慧網絡與人類世界結合的遠景，在此同時，CIDOC CRM 也經多年的發展，產生了一針對文化遺產、可應用在博物館產業知識基底的 ontology，其屬於 Semantic Web 的 ontology 層面，同時能夠與 RDF 之語意描述文件格式相互結合，我們在此以 CIDOC CRM 及 Semantic Web 之 ontology 及 RDF 層面為基底，提出數位博物館之知識建置的雛型架構。

因此，本論文的目的為以 Semantic Web 的 ontology 和語意描述層次為主，實作出一個以 CIDOC CRM 為基礎之數位博物館架構，以 Resource Description Framework(簡稱 RDF)做為資訊描述的文件格式，並且提出一個對抽象的 Ontology 作對應的 Data Entry Mapping 機制，使一般使用者也能夠利用 Ontology 的結構來對資源作管理與搜尋。最後本論文提出一個以輔助專業領域人員編輯衍生性語意模板 (Derived Semantic Pattern)，輔助使用者可以藉由資訊的多重語意進而推論出特殊而不容易被發現的資訊或是現象，以建構出符合 Semantic Web 架構的數位博物館資訊系統。

## General Terms

Management, Documentation, Design, Languages

## Keywords

Semantic Web, CIDOC CRM, ontology, RDF, Derived semantic pattern

## 1. 動機與目的

本校資訊工程系的數位典藏研究室與國立自然科學博物館曾經合作過三項國科會數位博物館專案計劃，分別為『蝴蝶生態面面觀』、『蘭嶼數位博物館』和『阿里山數位博物館』等計劃。我們根據計劃的素材內容致力於研究及發展完善的管理架構和展示架構，以建構出規劃完善並且功能齊全的內容管理系統(Content Management System)。因為全球資訊網路的普及，博物館的素材內容經過數位化之後，已經能夠提供社會大眾線上瀏覽、觀賞博物館文物的功能，並且透過相關的資料處理技術輕鬆地將展示的資訊作粹取、合併、轉換、修改等工作之後，便可以在各種展示媒體上提供民眾觀賞了。從整個參與的過程中，數位博物館與網路技術的結合與應用在知識描述與建構上因需求與技術的提升而有階段性的革新與改進。

在傳統的 WEB 中，因為 HTML 的標記以呈現為主，資料內容散落在呈現的語法間，造成資料查詢、交換、管理及呈現問題。

XML 的出現，解決了 HTML 的問題，但是，在 Semantic Web[1]出現後，對數位博物館而言，有了進一步的遠景。因為數位博物館本身是一個龐大的知識庫，之中包含了各種領

域的專業知識，以整個知識體來看，不僅同質的文物間存在知識連結關係，甚至不同領域間，也存在着相依的關連性，如果數位博物館能夠建構起這樣的知識網絡，可以促使不同組織、不同領域、不同文化的知識物件相互通連，跨越人、物、時、空的鴻溝，加速在知識共享、研究、人類智識上的進展，打破知識層面中可能的灰色模糊地帶。但在目前的 XML 資訊描述環境中，因它屬語法層面的文件，難以建構網絡型的知識架構，雖然有 DTD、XML schema 的資料架構描述，但僅只於資料階層、型態與 metadata，沒有邏輯關連、資訊條理性 (fine-grained) 的陳述。(舉個例子)

RDF[2] 及 Ontology[3] 的出現，建構在 XML 與 DTD 上，提供進階的語意陳述規則及知識網絡邏輯基底架構，輔助我們在網路上建立知識網路。Semantic Web 的架構藍圖具備了所需的 RDF 文件語意描述及 Ontology 概念後，我們所面對的挑戰問題有二：一是選擇一個合適的 ontology，二是建構知識描述與應用架構。

根據第一個問題，我們所需考量的是 ontology 本身的彈性、延伸性與架構完整性，ontology 是否能夠滿足我們在此一知識領域的所有描述，ontology 與 RDF 的結合度與符合度...，在經過相關的分析向度下，我們選擇 CIDOC CRM (Conceptual Reference Model) [4] 為我們的 ontology。原因如下所列：

1. CIDOC CRM 與我們所描述的知識範疇相符：CIDOC CRM 的預期範疇 (intended scope) 為描述科學文件及文化遺產 (cultural heritage) 資訊，因此，它的目標包括，為支援資訊交換、異質資料整合，決定了它抽象化的形上架構以獨立於各特定組織，考量單一文化物件與同文化之物件群之描述，能夠包含各類型態之物件，為支援各領域之學術研究，致力於滿足資訊描述的深度與品質，在廣度上，可以描述歷史史實人文藝術、考古遺跡、時間類資訊、地點類資訊、人物類資訊、製造流程資訊。

2. CIDOC CRM 與博物館的直接應用與結合：CIDOC CRM 的實際應用範疇 (practical scope) 包含了描述博物館物件 (museum object)，同時提供針對博物館物件應用之指導手冊 (Guidelines)，支援了物件之說明、使用歷程、各不同事件的發生、物件之實體與智識性的存取等，同時支援了內容與相關術語控制的描述機制。

3. CIDOC CRM 支援多樣性之資料管理、能夠直接轉換為 XML 及 RDF 格式：CIDOC CRM 屬物件導向語意模型 (object-oriented semantic model)，容易轉換到其他的物件導向模型，能夠與 XML 與 RDF 格式相容，方便屬性之繼承與相互參照之應用。

因此，我們選擇 CIDOC CRM 為描述文化相關數位博物館之 ontology，以 RDF 為描述格式，為知識描述之文件規範與描述架構基底。

在第二個挑戰中，如何建構知識描述與應用架構，我們將嘗試從 Semantic Web 的架構中，建構由底層的 XML 語法及 XML Schema 內容結構、RDF 及語意及 RDF Schema 的 ontology language 到以 CIDOC CRM 為 ontology 基底的數位博物館知識建構輔助系統，並提供衍生性語意模版編輯以輔助未來的推論機制，進一步探究 Semantic Web 架構與數位博物館的整合。

整個論文的組織結構，在第 2 部分，將介紹 CIDOC CRM 以及如何在 CIDOC CRM 的 ontology 基底上，以 RDF 來描述知識物件。第 3 部分，介紹以 CIDOC CRM 為 ontology 基底、RDF-based 文件的數位博物館知識建構輔助系統之整體概觀，其中分為三個主要模組，模組的細部設計及實作說明為第 4 部分的主要內容，第 5 部分將總結我們整個的系統架構及未來發展方向。

## 2. CIDOC CRM 及 RDF-based 之博物館知識物件描述

CIDOC 是組成 ICOM(International Council for Museums) 組織的二十幾個委員會(committee)

之一。全名是 Comité International pour la Documentation, 簡稱為 CIDOC。CIDOC 的成員裡原本都是文化遺產博物館文物領域的專家以及技術人員, 並且是由數個工作群組所組成, 每年都會舉辦相關會議來探討相關技術的發展。其中的 Documentation Standards 工作群組在 1996 年便決定要發展及制定文化遺產館資訊(cultural heritage information) 領域的概念參考模型(Conceptual Reference Model, 簡稱為 CRM)。

CIDOC CRM 是一個能讓我們針對文化遺產資料的型態與分類, 定義其人類能夠理解並且藉以達到知識分享的概念架構。使得在發展相關的資訊管理系統時, 程式設計人員可以以自己的方式來發展符合 CIDOC CRM 資訊架構的工具。以現在的 Semantic Web 的定位來看, CIDOC CRM 可以視為專門為文化遺產博物館文物資訊所定義出來的「領域本體論(Domain Ontology)」。如圖 1 所示的一個例子：

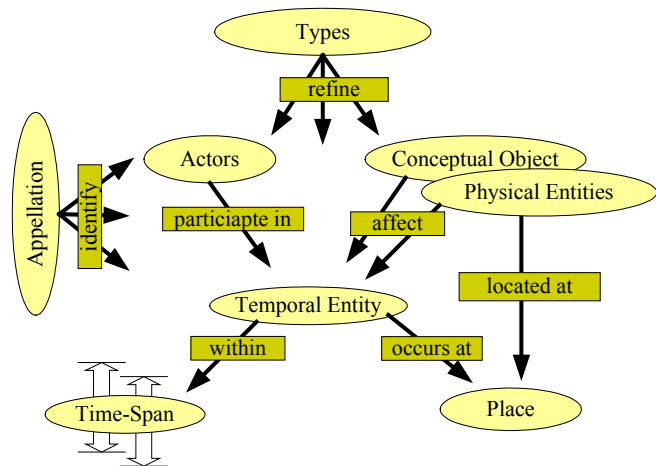


圖 1：CIDOC CRM 的 Temporal Entity 資訊概觀範例

如何以 CIDOC CRM 為 ontology 且以 RDF 進行博物館相關知識物件的描述, 我們以簡單的例子來說明 (如圖 2 所示), 以考古的「扁梭型斧鋤形器」為例, 它是屬於人造的器物, 所以在 CIDOC CRM 中, 為「Man-Made\_Object」的知識類別, 其與其他知識物件的關係, 藉由語意關係與目標知識類別來建立知識關連, 例如, 它是遺址「Pasana(扒沙娜)」的一部分「forms\_part\_of», 而遺址為一實質

物「physical stuff», 我們藉由這樣的知識連結, 建立一致性描述架構的知識網絡。

```

<?xml version="1.0" encoding="Big5"?>..
<rdf:RDF xml:lang="en" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-
rdf-syntax-ns#" xmlns:rdfs="http://www.w3.org/TR/1999/PR-rdf-
schema-19990303#"
xmlns:crm="http://163.22.21.22/CIDOC1.rdf#">..
  <crm:E22.Man-Made_Object rdf:about="扁梭型斧鋤形器">..
    <crm:P70B.is_documented_in>..
      <crm:E31.Document
rdf:about="http://163.22.21.168/mediaitem/image/271dec37.jpg"/>..
    </crm:P70B.is_documented_in>..
    <crm:P47F.is_identified_by>..
      <crm:E42.Object_identifier rdf:about="04022208-C55D"/>..
    </crm:P47F.is_identified_by>..
    <crm:P45F.consists_of>..
      <crm:E57.Material rdf:about="砂岩"/>..
    </crm:P45F.consists_of>..
    <crm:P44F.has_condition>..
      <crm:E3.Condition_State rdf:about="完整"/>..
    </crm:P44F.has_condition>..
    <crm:P2F.has_type>..
      <crm:E55.Type rdf:about="Yingiana 上層文化遺存"/>..
    </crm:P2F.has_type>..
    <crm:P46B.forms_part_of>..
      <crm:E18.Physical_Stuff rdf:about="Pasana(扒沙娜)">..
        <crm:P3F.has_note>..
          地表現況為工寮；遺址保存狀況不良。另調查
          Pasana 現聚落（經緯度：120°45'08"E 23°28'36"N 方格座標：
          E22470x259709N），地表雜草密集，未發現遺物。..
        </crm:P3F.has_note>..
        </crm:E18.Physical_Stuff>..
      </crm:P46B.forms_part_of>..
    <crm:P56F.bears_feature>..
      <crm:E26.Physical_Feature rdf:about="長：162.32mm 寬：
          51.81mm 厚：15.79mm 重量：179.7g"/>..
    </crm:P56F.bears_feature>..
    <crm:P3F.has_note>..
      細長，但未見到使用面。打製，可能做為伐木或耕作之用。..
    </crm:P3F.has_note>..
  </crm:E22.Man-Made_Object>..
</rdf:RDF>..
  
```

圖 2：以 CIDOC CRM 為 ontology、RDF 格式之「扁梭型斧鋤形器」之阿里山考古物件範例文件

### 3. 數位博物館知識建構輔助系統概論

本系統的目的在於建構一個符合 Semantic Web 架構的數位博物館管理系統, 我們以 CIDOC

CRM 作為博物館文物的資源描述架構，並且 RDF 文件作為文件描述的格式。所以我們系統的模組功能需求以及設計的大方向就如圖 3 所示：

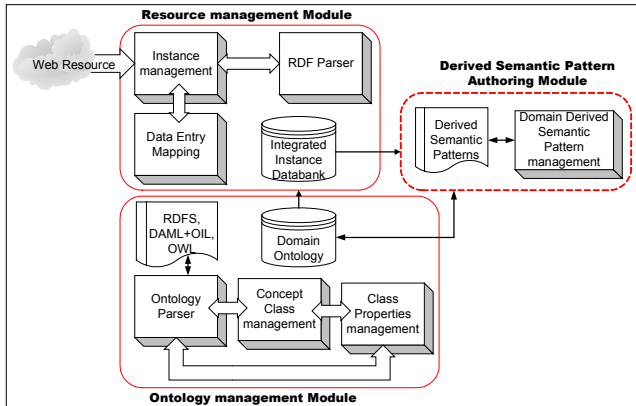


圖 3：系統部署圖

系統模組有三：

1、ontology 管理模組（ontology Management Module）：知識的建構以 domain ontology 為基底架構，才能建立一致性的領域知識描述，同時，我們也要兼顧 ontology 的彈性與延伸性，因此，ontology 線上的建立、修改、以及既有已存在且由 ontology language 已編制好的 ontology 文件能夠直接 import 到系統中、友善的使用者介面及操作等，都是在此模組的課題，最重要的，它必須能夠完全呈現 CIDOC CRM 的 ontology 的物件導向之語意架構。

2、資源管理模組（Resource Management Module）：在 CIDOC CRM 的文化遺產 ontology 的基底上，領域的知識建立者可以依此建立各領域物件知識，CIDOC CRM 可描述的知識物件範圍由圖 4 可一窺一二，包括人、物、時間、地點…等都可以是一知識物件，而知識物件中的知識描述中，包括了各屬性與相對應目標物件的連結，可以構成知識網絡。在這模組中，最主要的任務為將 CIDOC CRM-based 的知識物件描述，轉換為 RDF 文件，並且支援進一步的衍生性語意模板之編輯機制。

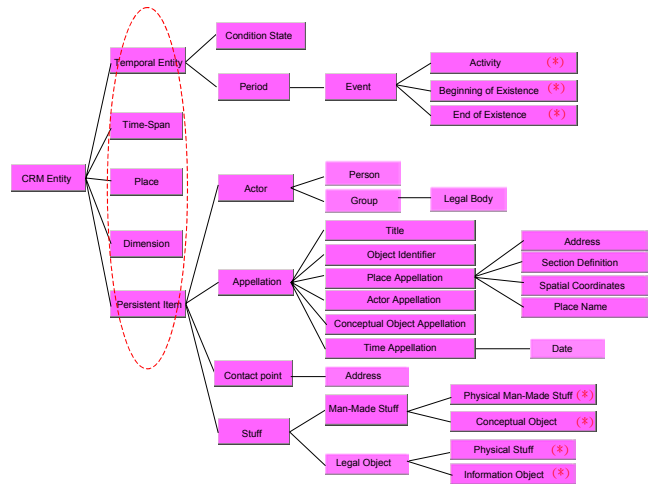


圖 4：CIDOC CRM 部分結構圖（圖片說明：由於 CIDOC CRM 共有 77 個類別，因此此圖僅列出最上面五層，圖中有紅色的(\*)即還有尚未列出子類別的類別。）

3、衍生性語意模板編輯模組（Derived Semantic Pattern Authoring Module）：依據 Ontology 及 domain knowledge 的特性，提供專家編輯知識語意網絡的衍生性語意模板，藉此輔助此專業領域的知識推論機制。我們以 CIDOC CRM 的結構及 RDF 語意所構成的基底知識形態，加上所歸納出的多種概念語意關係，建構語意模板編輯的雛型系統。

別於其他單機或非線上的知識建構機制，基於資訊網路的便利性以及普遍性，以及 Semantic Web 成立的原意，我們選擇以 WWW 為建構我們的系統的環境。因此一般使用者只要在客戶端以瀏覽器(browser)就可以閱讀網路上的各式各樣的文件，也更能夠輕鬆地使資訊普及化，進而做資訊交換。我們的系統開發環境就如下列所述：

伺服器：以 Microsoft 的 Internet Information Servers(IIS)作為伺服器軟體，配合 Microsoft SQL2000 作為系統資料庫。

開發語言：我們以 .NET Framework 的 ASP.NET 作為開發的語言。 .NET Framework 是微軟的新一代的程式開發架構，以此來開發我們的系統具有下列的兩點優勢：

1. 跨平台：因為在 .NET Framework 之下，編譯器會把程式碼編譯成中介語言

MSIL(Microsoft Intermediate Language), 因此只要在不同的平台上有 JIT 編譯器的話, 那麼 MSIL 就可以被執行, 便能達到跨平台。MSIL 就類似 Java 的中介語言 bytecode, 而 JIT 編譯器就類似 Java 的 Virtual Machine。

2. 較佳的執行效能：比較起傳統的 ASP 語言, ASP.NET 擁有更佳的執行效能。因為伺服器是以直譯(Interpreter)的方式來翻譯 ASP 程式碼, 因此客戶端每次瀏覽時, 伺服器端都要執行直譯的動作。反觀 ASP.NET 的程式碼在第一次被執行時就已經編譯成 MSIL 了, 因此除了第一次執行會比較慢之外, 之後就只要執行其 MSIL 就可以了, 執行效能提高不少。

以下, 我們將針對各模組提出進一步的說明及實作畫面範例。

## 4. 系統模組之分析與實做

### 4.1 Ontology 管理模組

由於現有的網際網路規模相當地龐大, 其資源的種類的繁雜度更不是一般資訊系統所能負荷的。因此為了將網路的資源轉換為資訊, 則資源的描述就必須遵照其特定知識領域的參考架構, 也就是 domain ontology, 如圖 5 所示。所以我們的系統必須要先能夠針對特定的 domain ontology 來做資源的管理進而領域知識的描述、擷取與應用。

CIDOC CRM, 它便是一個針對文化遺產資訊所設計的 Ontology, 採用物件導向概念式的概念參考架構。所以在系統設計考量方面, 我們便針對 CIDOC CRM 的架構來設計我們的物件導向式的 ontology 建構, 以及其 ontology-driven 的資源管理。我們的 Ontology 管理模組功能如下所述：

1. 概念類別管理：因為 CIDOC CRM 是一個物件導向結構的 Ontology, 所以其結構是以 Tree 的結構呈現。部分的 CIDOC CRM 類別具有多重繼承的特性, 因此類別編輯的部分我們以樹狀編輯模式以方便結構的編輯以及組織。

2. 類別屬性管理：每個類別都具有屬性(property), 而類別除了擁有自己的屬性之外, 還會繼承其父節點所有的屬性。因為每一個屬性都會連結到 CIDOC CRM 中另外一個類別, 而我們已知 CIDOC CRM 的結構是固定的且為標準的, 所以我們在資源描述時, 可以將屬性連結到 CIDOC CRM 預設類別的所有子類別。

3. Ontology Parser：在建構一個符合 Semantic Web 架構的系統時, Ontology 所扮演的就是資源描述的標準, 例如, CIDOC CRM 已經被 ISO TC 46/SC[3] 所接受成為標準的文化遺產博物館資訊文物的 CRM。所以 CIDOC CRM 的研發團隊, CRM-SIG, 也會釋出其 Ontology 的結構文件, 包含 RDF Schema、DAML+OIL、OWL 等。所以我們只要將這些文件加以解析再建到資料庫, 便能夠節省使用者在 Ontology 樹狀建構的時間。

所以對於一個結構良好的 domain ontology 來說, 資源的描述就像是其概念類別的物件。類別的功能乃是在於提供其資源的分類以及其持有的特性, 並且藉以跟具有同樣特性的資源做比較甚至是資訊推論。所以只要是遵照 domain ontology 所描述出來的資源描述, 包含其複雜的的屬性連結, 便有其特定語意上的意義。

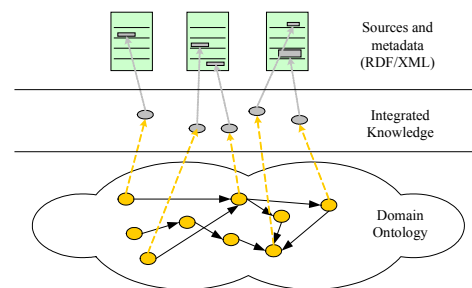


圖 5：Ontology-based 資源知識描述意識圖

圖 6 即為 Ontology 管理模組的主要系統畫面, 左方的樹狀架構呈現的是 CIDOC CRM 的物件導向結構, 編輯者點選一個類別之後便在其下方列出此類別所有的父節點, 並且在右方列出此類別的所屬屬性編輯管理。

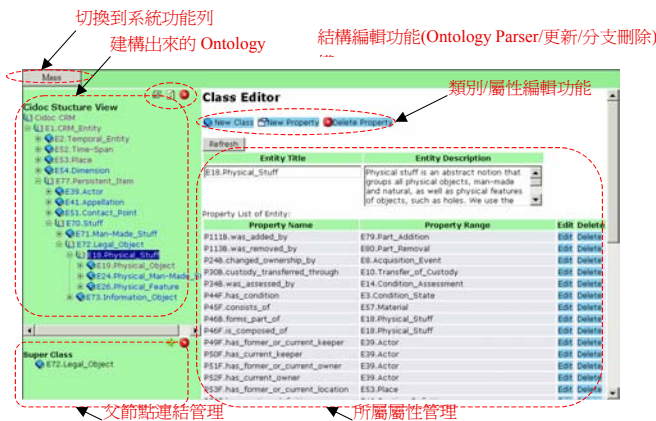


圖 6：Ontology 管理與建構之系統畫面



圖 7：樹狀結構資源管理主畫面 1

## 4.2 資源管理模組

資源管理模組的主要功能為提供系統使用者編輯以 CIDOC CRM 為基礎之資源，這裡說的資源就是我們系統中的 Integrated Instance Databank 的資源。系統功能方面主要分成兩種管理模式：

1. 樹狀結構管理：系統使用者在建立 CIDOC CRM 之後，便可以針對 ontology 的樹狀結構來管理類別的物件，就如圖 7 所示。畫面左半部為 CIDOC CRM 之樹狀結構，因此編輯者便可以針對各個類別之物件做編輯與管理。由於編輯者在這種模式之下，需要瞭解其 CIDOC CRM 之類別字彙以及屬性字彙之定義，才能針對物件直接以 CIDOC CRM 的結構來做管理，所以通常此種模式是提供 ontology domain experts 來使用。如果資料來源是由非 domain expert 的話，便難以其 ontology 結構做資源描述，有鑑於這一點我們便提出了第二種資源管理模式，稱為 Data Entry Mapping，簡稱 DEM，就如下一段落所述。

2. Data Entry Mapping (DEM)：由於 Ontology 對於一般使用者來說，並不是很直覺的一個資源描述架構，使用者通常無法完全瞭解 Entity 以及 Property 的意思。除非能夠深入研究其 CIDOC CRM 的架構以及瞭解其 Entity 代表的意義，但是這幾乎是不可能的事。所以如果要讓使用者能夠對資源以 CIDOC CRM 的字彙及架構來做描述的話，則必須在之間建立一個中繼的介面。於是我們便制定了一個可以 mapping 到 Ontology 的轉換介面，我們稱之為 Data Entry Mapping，簡寫為 DEM。DEM 是針對 ontology 的類別來制定的此類別的使用者輸入介面的對應文件。主要是針對類別的屬性 (Property) 對應到輸入介面的欄位 (Field) 以及設定此欄位的欄位屬性跟連結類別，以 XML 為其文件格式。例如，當某博物館需要將其遺址類的資源建立到以 CIDOC CRM 為基礎之描述架構的資料庫時，便可以透過 CIDOC CRM 專家來制定出其遺址類的 DEM 之對應使用者介面後，便可隨即利用此介面供資料輸入人員來做輸入。圖 8 所示的是 DEM 之主要管理畫面，圖 9 為 DEM 所產生之友善的使用者資料輸入畫面。



圖 8：DEM 管理之主要畫面

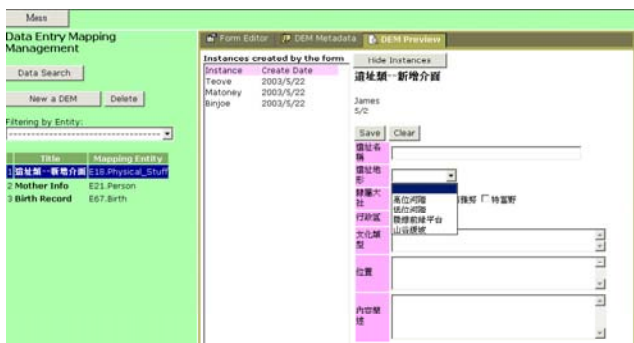


圖 9：DEM 所產生之使用者輸入介面

舉例說明，表格 1 所示的是根據國立自然科學博物館的遺址類欄位資訊與 CIDOC CRM 屬性的對應。

表格 1：以 CIDOC CRM 為基礎之遺址類欄位對應

欄位資訊	對應屬性
遺址名稱	Textarea (single)
遺址地形	Drop Down List
隸屬大社	Check Box
行政區	Drop Down List
文化類型	Textarea (multiple)
位置	Textarea (multiple)
內容簡述	Textarea (multiple)

利用系統的 DEM 管理所產生出來的 XML 對應檔之內容如圖 10 所示，可以與圖 9、圖 10 之”行政區”部分相互對照。

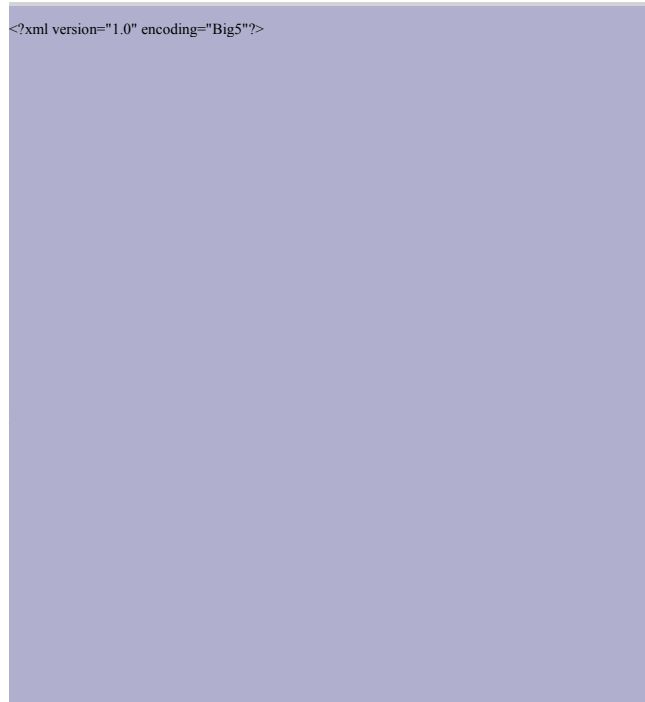


圖 10：Data-mapping 之 XML 文件（對照圖 8 圖 9 之”行政區”之資料對應與使用者畫面）

### 4.3 衍生性語意模板之編輯模組

由之上的兩個模組，我們可以清楚的了解，系統中的資源都是遵守 CIDOC CRM 所定義的領域知識結構來作描述。而當在瀏覽及分析其領域的資源時，通常會發現資源之間具有一個特定的關係存在，而此關係無法單獨以一個簡單的屬性來直接建立其特殊關係，這種情況可能會常在資訊安全或是商業情報等相關的領域出現。如果能夠根據特定的領域將一些特定的或是重要的多重屬性與類別關係定義成語意模板的話，便可以使我們快速地推論出特殊而不容易被發現的資訊或是現象。因此，提供系統編輯者根據 domain ontology 的類別以及屬性的關係來訂定其衍生性語意模板的規則。

複雜的衍生性語意模板的定義，必須要具有實際上領域邏輯方面和語意方面的意義以及此語意模板定義是重要而且有其存在必要性的。我們發現這種衍生性語意模板可分成七個種類[5]，就如圖 11 所示。

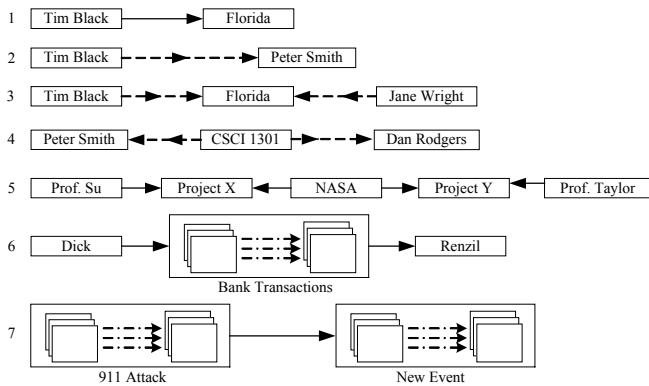


圖 11：七個衍生性語意模板種類[5]

如果我們針對特定領域將特殊的關係，不論是上述七種衍生性語意模板的任何一種，定成規則的話，不但可以輔助瀏覽者在瀏覽資料時可以跟其他相關的資訊來做比較，而且還可以發現平時一般學術研究時所難以觀察到的特性與現象。所以我們在系統實作時，便針對其可行性發展一個衍生性語意模板的雛型，其 v 語意模板種類我們只實作出圖 11 之中七種的前面四種類型的規則，並且以 CIDOC CRM 作為我們實作的 domain ontology，進而制定一些有用而且有趣的推論規則，如圖 12 所示。



圖 12：衍生性語意模板之制定介面

## 5. 結論與未來發展方向

建構一個數位博物館，主要是為了保護館藏文物的實體物件，藉由數位化之後的數位資料，使得原本的館藏物能夠避免因為展示或是移動而有所損壞，並且具有極高的資訊傳撥及學術研究的重要價值。利用 CIDOC CRM 的 ontology 知識基底及 Semantic Web 的架構讓世界的博物館資訊能夠以一個語意資訊網絡來互

相溝通，可打破語言方面、距離方面、文化差異、人文國情等等偏差所造成的隔閡。

就目前的 Semantic Web 發展來看，似乎一切都尚未成熟，因為它的架構對於一般人來說，實在太過抽象且難以理解的。我們針對一些目前因為限於時間以及技術的困難方面，提出一些未來可以改進的方向及重點：

1. WordNet(thesaurus)的應用：當我們在發展 Semantic Web 架構的數位博物館時，常常發生同一個資源會因為不同的標題字串或是字元而使系統認定是不同的。例如，「台灣」跟「福爾摩莎」不同的名詞。所以如果能夠將系統配合 WordNet 的發展，必定能夠增進 Semantic Web 架構的穩定性及準確性。

2. 自然語言的結合發展：既然 Semantic Web 賦予資訊語意，那我們便可以妥善地運用其語意的資訊來輔助我們跟電腦的溝通。例如，利用自然語言的能力，使得資料搜尋不再侷限於關鍵字搜尋。使資訊系統能夠配合自然語言的發展帶來溝通的便利性。

3. 人工智慧的加入：Semantic Web 的目的之一就是，讓資訊系統具有邏輯推論的能力，如果能將人工智慧的技術加入 Semantic Web 的推論機制，便可以讓電腦具有判斷力，並且可以提供人們平常不容易發現的資訊。

## 6. REFERENCES

- [1] Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila, The Semantic Web, Scientific American, May 2001, <http://www.w3.org/2001/sw/>
- [2] "Resource Description Framework (RDF)" July 21 1998, <http://www.w3.org/RDF/>
- [3] Henry Kim, Predicting How Ontologies for the Semantic Web will evolve, Communications of the ACM February 2002, Volume 45 Issue 2
- [4] The CIDOC oo reference model, Documentation Standards working group, <http://www.ville-ge.ch/musinfo/cidoc/oomodel>
- [5] Amit Sheth, I.Budak Arpinar, Vipul Kashyap, Relationships at the Heart of Semantic Web: Modeling, Discovering, and Exploiting Complex Semantic Relationships, Technical report, LSDIS Lab, Computer Science, University of Georgia, Athena GA30622, 2002