

# 以 RDF 為主的通用性電子化教材關係表達模式

## An RDF-Based Generalized Relation Model for E-Learning Materials

呂瑞麟

國立中興大學資訊管理學系

[jllyu@nchu.edu.tw](mailto:jllyu@nchu.edu.tw)

謝謹如

朝陽科技大學資訊管理所

[s9214614@mail.cyut.edu.tw](mailto:s9214614@mail.cyut.edu.tw)

### 摘要

由於網路技術的快速發展，網路教學已經成為熱門的研究領域。許多網路教材都已經被發展出來，可惜這些教材彼此卻無法相容使用。因此，美國 ADL 組織制定 SCORM 的標準，來達成教材資源共享交換的目標。在 SCORM 的標準中定義許多與教材資源相關的 metadata，來描述教材資源的內容與結構。然而，要依賴教師撰寫 metadata 的內容是非常困難。在本研究中，我們試圖以自動或半自動的方式產生 metadata。在 SCORM 的 metadata 的標籤中，其中有一大類是定義教材之間的關係。如果能明確的瞭解教材間的關係，有助於提昇教材可利用性。然而，在過去的研究中，對於教材關係的定義不夠完整，而且表達上無法彼此互通。因此，我們提出一個比較完整的教材關係模組，並且利用 RDF 來描述此通用性的關係模組。希望提高網路教材的可利用性，和提昇網路教學的成效與發展。

**關鍵詞：**網路教學，內容關係，概念圖，RDF，通用性關係表達模式。

### Abstract

Due to the emergence of the Internet, the development of e-learning technology had become one of the most important research areas in the world. There had been many e-learning materials were developed. However, a major drawback of these materials is that they are not exchangeable and reusable. The Advanced Distributed Learning

initiative has developed a data sharing standard called Sharable Content Object Reference Model (SCORM). To improve data exchanges, sharing, and reuse in e-Learning environment. Many metadata elements in SCORM need to be defined. However, it is really difficult for authors to write down the metadata elements by themselves. The metadata in SCORM is categorized into 9 categories. One category is called "Relation" which describes the relationship between learning materials. In this study, we try to define a fully generalized relation model. It can improve usability of learning materials and increase effect and development for e-learning.

**Keyword :** E-learning, Content relationship, Concept Map, Generalized Relation Model.

### 一、前言

因為網路的快速發展，網路教學成為相當重要的研究領域。許多教育單位(例如：大專院校、企業推廣教育等)都建立了網路學習管理平台(Learning Management System, LMS) 提供使用者進行教學活動。教師除了課堂授課之外，也可以利用網際網路來輔助教學活動，開發電子化課程教材，發展多元化的教學策略，以提昇學生學習成

效。但是這些已存在的網路教學環境和課程教材資源，絕大多數都無法相容使用，造成網路教學資源的浪費。因此，美國 ADL[1]組織針對網路教學制定 SCORM[4]資料分享標準，來達成教材資源共享、彼此交換的目標。

SCORM 是現今全球性的網路教學共通標準，它是以網際網路為基礎，建立教材重複使用與共享的機制，來減少教材開發的時間及成本。允許教材能在不同網路學習平台中流通自如，大幅減少網路教學的成本。在 SCORM 的標準中，要達成教材資源的共享交換和重覆使用，則取決於 SCORM 所定義的 metadata 內容。而 SCORM 的 metadata 是以 IEEE 制定的 LOM(Learning Object Metadata)[7]標準的定義建立而成的。

LOM 本身包含九大類和課程教材相關的 metadata 標籤，而每一大類 metadata 標籤又包含了許多子標籤。如果要依賴教材編輯者親自撰寫 LOM 的內容，是非常繁瑣費時的工作。因此，教材編輯者往往會省略教材 metadata 的撰寫，進而嚴重影響 SCORM 中教材資源共享、彼此交換的成效。因此，如何自動產生教材的 metadata 是很重要的研究議題。在 LOM 九大類的 metadata 標籤中，其中一大類就是定義教材間的關係(relation)。例如：教材之間會有學習的先後順序或是教材本身改版等等的關係。如果能明確的了解教材之間的關係，除了可以提昇教材本身的可用性之外，對於網路教學的學習策略制定和學習成效，有相當程度的影響和助益。

在過去的研究中[2,6,10,13,14,15,16,18]，主要的研究方向都是利用概念圖(concept map)來表達教材之間的關係。概念圖主要用來描述學科知識概念間的關係，把不同的教材歸到某一特定知識概念群組，再根據概念圖制定的概念關係來表達教材之間的關係。因此，概念圖可以呈現教材之間的組成關係或是學習先後順序關係。

在 Loser[3]等人的研究中，認為除了結構化關係和順序關係之外，還要再加上教材內容的關係。他們認為在編輯一份新的網路教材時，大多數的編輯者會參考已存在的網路教材。而網路教材本身是

由許多學習物件所構成的，像是文字、圖表或是方程式等。因此，一份建置完成的新教材，可能包含其他教材的學習物件，進而產生教材之間彼此引用、參考的關係。然而，Loser 等人只狹義的定義出實例(example)和圖解(illustration)兩種學習物件。然而，學習物件的種類並不只包含實例和圖解兩種。如果針對每一種學習物件，就定義一種參考關係，這樣子的關係表達式是相當冗贅不夠一般化的(generalized)。因此，在本研究中，我們把內容關係經過一般化的處理後，定義出包含(contains)和引用(cites)兩種關係，來描述教材的內容引用關係。

除了了解教材之間關係的定義之外，正確的表達教材關係，也是很重要的一項研究。因為網路本身是異質性的環境，而網路教學的系統更是多樣化。所以，提出一個互通性的表達模式來描述教材關係，才能運用於不同的網路教學的系統平台和環境。

RDF[11]是 W3C 所提出的通用性的資源描述架構，它可以同時描述資源、屬性類別和屬性值，如圖 1 所示。橢圓形代表是一個資源(URI)，箭頭代表的是屬性定義，而長方型代表的是屬性值。而圖 1 所表達的意思為，哈利波特這本書的作者是 JK 羅琳，這是 RDF 的一種實例應用。



圖 1 RDF 的資料結構示意圖

RDF 資料結構具有很高的彈性，可以描述任何資源及屬性，很適合用來描述教材的關係。而且，RDF 的格式是參考 XML，因此具有很高的互通性，適用於異質性的系統和教材。另外，RDF 也是 W3C 所提出的本體論(ontology)建構語言，而本體論是概念圖的一種應用實例。因此，在本研究中，我們利用 RDF 作為通用性教材關係表達模式的描述語言。

本論文的架構如下：在第二節中，我們將會討論教材關係的相關研究。在第三節中，我們會根據第二節中所提到的教材關係類型，利用 RDF 的語法，建立通用性的表達模式。最後，第四節就是本研究的結論和未來的發展。

## 二、文獻探討

### (一)概念圖

概念圖是由 Novak 和 Gowin[8] 依據 Ausubel[5] 提出的認知學習同化理論(assimilation theory for cognitive)所發展出來的。在認知學習同化理論中,認為學習概念間的關係以及學習者先備知識(prior knowledge)是構成有意義的學習的重要角色。只要學習者在學習新知識概念時,能夠和舊有的知識概念結合成有意義的關係,就可以達成有意義的學習。因此,概念圖是由知識概念和關係所構成的一種圖形化的知識表示法。概念圖的應用相當廣泛,像是課程結構、學習路徑或是本體論(ontology)都是一種概念圖的應用實例。

概念圖在教學領域最主要的應用是分為兩種類型:第一種類型:階層式樹狀概念關係圖是用來建構學科完整的課程架構[2,10,13,14,15];第二種則是概念影響關係圖是用來表達學科有效的學習路徑[6,14,16,18]。

### (二)階層式樹狀概念圖

階層式樹狀概念圖可以描述特定學科包含的所有知識概念群組,而概念間的關係不具備方向性,如圖 2 所示。這類型概念圖是階層式關係,意即父節點概念包含子節點概念群組,而子節點概念是構成父節點概念的一部份,也就是物件導向中 has\_a 的關係。

階層式概念圖運用相當廣泛,像是書目資料或是課程架構,都是階層式概念圖的一種實例。以圖 2 為例,每一個長方形代表的是一個學習概念或是主題,而直線代表的是 has\_a 的關係。例如:資訊管理包含管理類和科技類的課程,而科技類的課程中,又包含了計算機概論、網路概論...等五種課程。在計算機概論中,還有程式語言、電腦網路以及資訊安全表示等章節。

然而,在階層式概念圖中只表達了課程之間的組成關係,並沒有規定課程學習的順序。例如:

在科技類的五種課程中,要先學習計算機概論或是資料庫系統都是可以的。換句話說,每個學習者的學習路徑不一定是相同的。因而,造成某些學習路徑的學習成效不盡理想,而某些學習路徑學習成效佳的情況發生。因此,就有人提出概念之間是彼此影響的,必需要考慮概念間學習先後順序的關係。因為階層式概念圖只能表達完整的概念群組,以及概念間的組成關係,卻無法說明概念之間的學習順序關係。

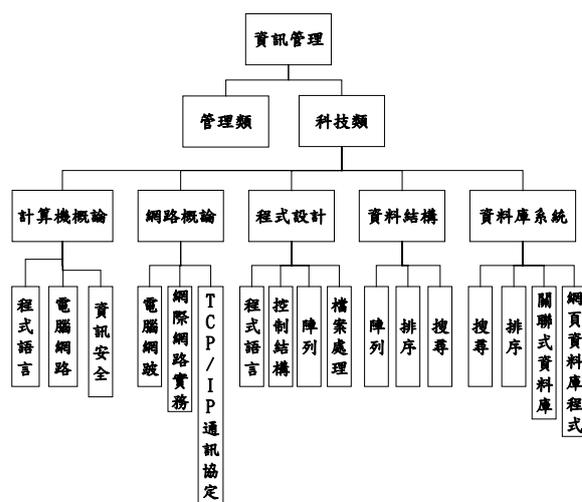


圖 2 階層式樹狀概念圖

### (三)概念影響關係圖

Novak[9]和 Hwang[6]等人認為概念之間有彼此影響的關係存在,因此,概念之間會有學習的先後順序關係,這類型的概念關係是有方向性。以圖 3 為例,每一個長方形代表的是課程,而箭頭代表的是影響的關係。而箭頭頂端的課程,代表的是要先學習的課程。而尾端的課程,則是代表接下來要學習的課程。例如:想要學資料結構的課程時,應該要先學習計算機概論和程式設計。而學習完資料結構時,接著可以學習資料庫系統。至於計算機概論和程式設計的學習順序,是沒有特別規定的。因為這兩門課程,在學習的過程中,是不會影響到對方的學習成效。在過去的研究中,也證明依據概念影響關係圖的學習方式,比傳統的教學法更提昇學生的學習成效[9,12]。

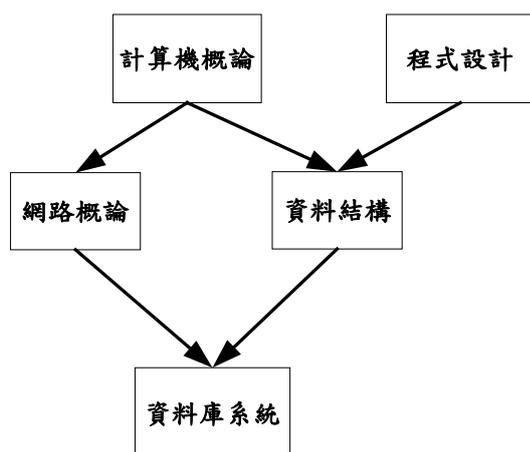


圖 3 概念影響關係圖

#### (四)內容引用關係

在 Loser[3]等人的研究中，針對教材定義出三種關係類型，分別是結構化關係(structural)、順序關係(ordinal)以及內容關係(content\_of)。關於結構化關係和順序關係，我們在上面兩小節中已經說明過。而他們所定義的內容關係主要是在探討教材內容之間可能存在的關係。

根據 Loser 等人的研究，把內容關係定義成三種類型，分別是 semantic link、rhetorical link 和 pragmatic link。Semantic link 是在描述相似教材的關係。在自然語言中有同義字或是相似字的存在，教材內容也是利用自然語言編輯而成，同樣也會有同義字和相似字情況發生。因此，教材之間就有相似或是同義的語義關係存在。Rhetorical link 則是定義教材內容中可以分割的學習物件，像是定義、說明、圖示、表格等等。而 Pragmatic link 則是定義課程的學習活動，像是在學習課程時會出現的一些引導資訊，教導你如何使用多媒體教材，增加學習成效。

針對 Rhetorical link 的部份，Loser 等人只提出了實例(example)和圖解(illustration)兩種學習物件。然而，教材本身所包含的學習物件類型很廣泛，像是原理、表格或是方程式，都是很重要的學習物件的實體。如果針對每一個學習物件就定義一個關係，這樣子的表達方式太過於冗贅也不夠一般化。另外，教師在編輯教材的過程中，通常會去參考已存在的教材內容。因為引用了其他教材的學習

物件，進而產生了教材之間互相引用的關係，而這類型的關係卻甚少被定義出來。因此，在本研究中，我們提出一個內容引用的關係來描述教材內容以及學習物件互相引用的情況。

### 三、通用性教材關係表達模式

在上一節中，我們探討教材之間包含的三種關係類型，以及過去研究中不受重視的內容引用關係。在本節中，我們會利用 RDF 來表達三種關係類型。

#### (一)階層式關係表示法

階層式的關係主要是在描述概念之間的組成關係，愈上層的父節點概念知識範圍越大，而子節點概念則是屬於上層父節點概念的一部份。我們可以利用 RDF Schema[20]中 rdfs:Container 來表達。rdfs:Container[22]包含三種類型：rdf:Bag、rdf:Seq 和 rdf:Alt。rdf:Bag 代表的是一個群組的資源，而這些資源之間並沒有順序上差別。rdf:Seq 則是代表這個群組內的資源，彼此有順序的關係。至於 rdf:Alt 則是代表同一個資源有兩個以上的位置或屬性值。例如，一本書可能有中文和英文標題，或是一份電子檔存在兩個不同的網頁位址等。

在本研究中，我們利用 rdfs:Container 來表達階層式概念關係以及概念影響關係。因為在階層式概念關係中，概念之間是沒有順序的關係。因此，我們就利用 rdf:Bag 的特性，來描述階層式概念關係。

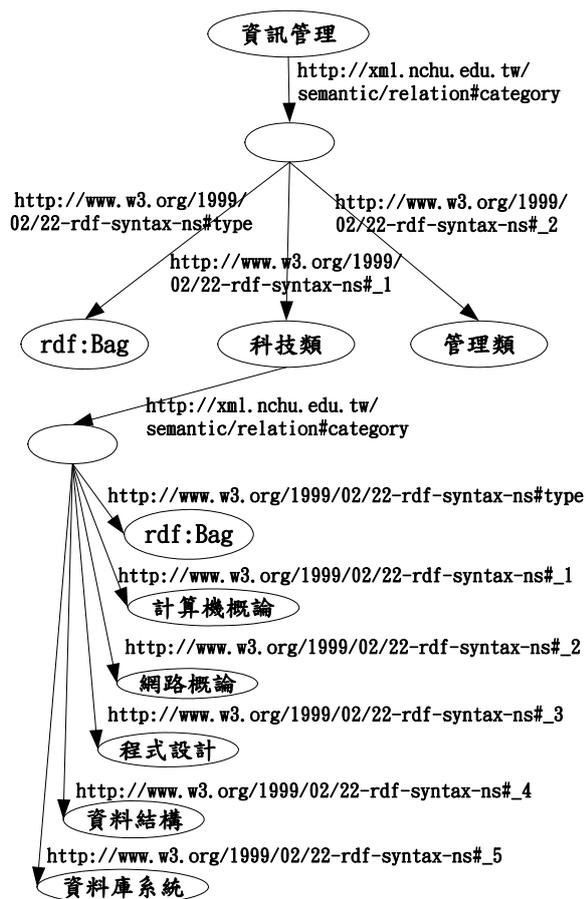


圖 4 資管課程架構 RDF 示意圖

以圖 2 為例，我們利用 RDF 表示的結果如圖 4 所示。資訊管理本身是我們所建立的一個課程集合資源，它的資源定義是 <http://xml.nchu.edu.tw/semantic/im/>，為了使圖例簡潔明確，我們都以資訊管理來取代完整的資源定義，其他資源表示依此類推。而資訊管理本身是一個 container 的類別，包含了管理類和科技類兩種分類成員。因為這兩個分類成員本身並沒有順序關係，所以 container 的特性是 Bag 的類型。另外，管理類和科技類是隸屬於資訊管理的成員，所以其資源定義是在 im 的目錄之下，以科技類為例，其資源定義為 <http://xml.nchu.edu.tw/semantic/im/technology/>。資訊管理和科技類都是我們所定義的課程集合資源，而這兩者之間包含了階層式的組成關係。所以我們定義 category 的關係，來表達階層式的組成關係，而 category 的資源定義為 <http://xml.nchu.edu.tw/semantic/relation#category>。

另外，在科技類的分類中，擁有五個課程成員，而這些課程成員之間並沒有順序關係，因此，科技類的 container 的特性是採用 Bag 的類型定義。另外，這五個課程成員都是隸屬於科技類的分類目錄下，所以其資源定義是隸屬於 technology 的目錄下，以計算機概論為例，其完整的資源定義是 <http://xml.nchu.edu.tw/semantic/technology/computer/>。其他的課程教材也是在相同的 URL 路徑下，只是課程名稱有所不同。

至於單一課程的架構，也是採用相同的 RDF 表示式來表達，如圖 5 所示。首先，先定義計算機概論課程資源，利用 category 的關係，來表達課程章節的組成關係。在計算機概論中包含了三個課程章節資源，都是隸屬於計算機概論的目錄下。以程式語言為例，完整的資源定義是 <http://xml.nchu.edu.tw/semantic/technology/computer/language>。而其他的課程，都可以依據這樣的 RDF 表示式，表達完整的課程章節架構。

這樣子的關係定義，相當於 LOM 所定義的 has\_part 的關係。這樣子的關係，也可以用反向對稱的關係來表達。例如，我們也可以說計算機概論是科技類課程的一個子節點課程，也就是 LOM 所定義的 is\_part\_of 的關係。

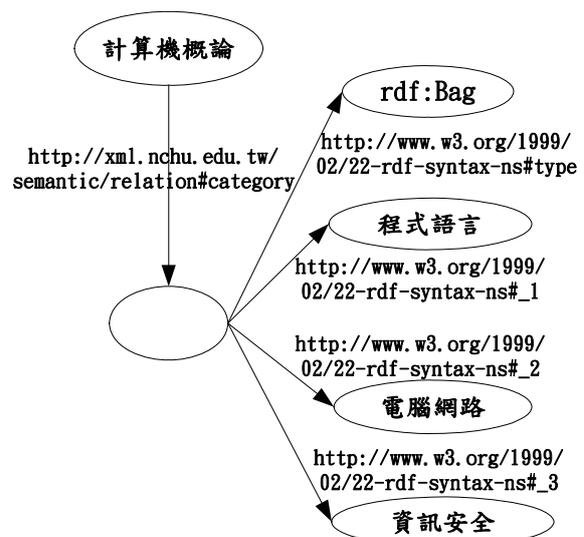


圖 5 計算機概論課程架構 RDF 表示圖

## (二)概念影響關係表示法

在概念影響關係圖中，主要是定義概念的學習順序。因為有的概念會影響到另一個概念的學習成效，根據這樣子的影響關係，我們就可以定義概念學習的先後順序。在本研究中，我們同樣利用 `rdfs:Container` 來表達概念影響關係。因為概念間是有先後順序，因此我們採用 `rdf:Seq` 的特性，來表達概念影響關係。

圖形的定義採用圖 4 和圖 5 的定義為主，我們就不在額外說明。以圖 3 為例，我們可以把概念影響關係切割成三條學習路徑，例如：計算機概論→網路概論→資料庫系統。我們替每一條學習路徑定義一個資源名稱，如圖 6 中的 `sequence1`、`sequence2` 和 `sequence3`。在每一個 `sequence` 中，我們都利用 `order` 的關係式定義每個 `sequence` 是用來表達學習路徑的先後順序的關係。而 `order` 的完整資源定義是 `http://xml.nchu.edu.tw/semantic/relation#order`。為了要表達先後順序的關係，因此採用 `Seq` 的特性來表達每一個 `sequence` 群組。以 `sequence1` 為例，學習路徑的順序是計算機概論→網路概論→資料庫系統。在 `RDF` 的表達式中，計算機概論是 `seq1`、網路概論是 `seq2`，而資料庫系統則是 `seq3`。其中，`seq1` 代表最先學習的課程，`seq2` 則是中間

的學習課程，而 `seq3` 則是最後學習的課程。同理，`sequence2` 和 `sequence3` 都是利用相同的表達式，來描述課程學習的先後順序。如果學習路徑有四個課程時，只需要再加入 `seq4` 來表達最後學習的課程。以這樣子的表達方式，不論學習路徑長度為何，都可以很清楚的表達課程的學習順序。

## (三)內容引用關係表示法

在內容引用關係中，我們定義出包含(`contain`)和引用(`cite`)兩種關係式，分別說明教材和學習物件的包含關係，以及教材和教材之間的引用關係。在說明本研究提出的內容關係之前，我們要先來探討 `SCORM` 的架構。在 `SCORM` 中包含的主要模組之一，就是教材內容整合模式(`Content Aggregation Model, CAM`)。`CAM`[2]可以提供一個標準的架構來整合或組裝可利用的學習資源。而 `CAM` 的架構中包含三個主要的元件：內容模組(`Content Model`)、`Metadata` 和內容組裝(`Content Package`)。而內容模組就是用來存放學習資源，包含 `Asset`、`SCO` 和 `SCA` 三種類型。`Asset` 是最基本的電子教材資源，例如文字、圖...等等，而 `SCO` 則是由一個或是多個 `Asset` 組成的集合體，`SCA` 和 `SCO` 是相同的，差別只在於功能上的不同。

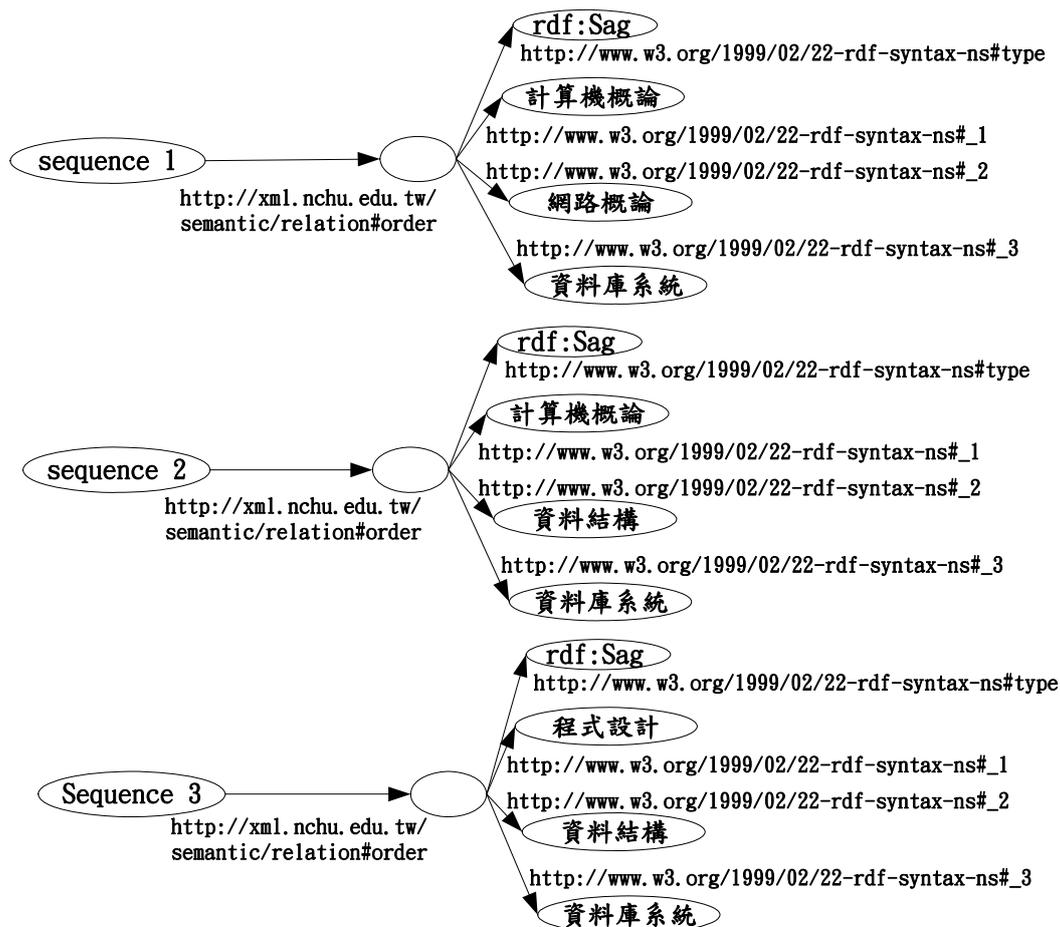


圖 6 資料結構課程學習順序 RDF 表示圖

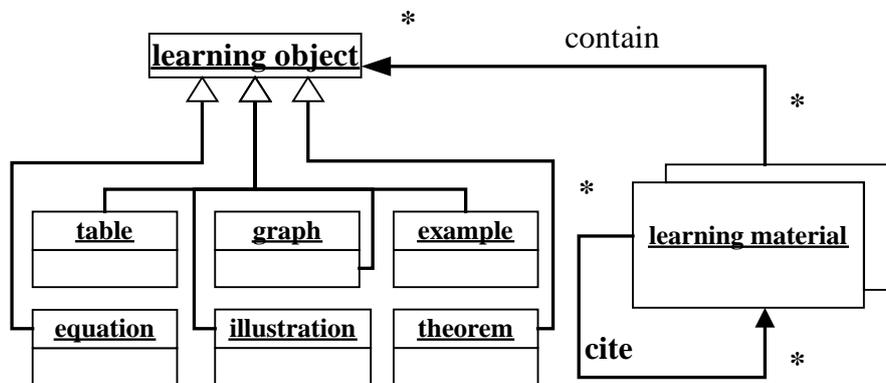


圖 7 內容引用關係圖

在教材內容關係中，我們採用 SCORM 的定義來建立教材及學習物件間的關係。首先，每一份教材都包含了一個 learning object 的學習物件群組，是存放在教材內容中被分割出來的學習物件(asset)群組。例如：圖片、表格或是一段文字。因為 learning object 本身包含實例眾多，所以我們設

計出一個 learning object 的抽象類別，也就是 SCORM 中所提到的 SCO，來包含所有的 learning object 實體。一份正在編輯的教材中，會去引用其他教材的 learning object，所以教材和學習物件之間會產生一個 contain 的關係，如圖 7 所示。把每一個學習物件經過一般化(generalized)的處理，會成為 learning object 抽象類別的一個實例。如果今

天有一個新的學習物件並不存在於 learning object 的群組中,例如,在圖 7 中並沒有「定義」(definition) 這類型的學習物件。我們只要將「定義」這個學習物件,經過一般化處理,加入 learning object 的群組中,就可以表達「定義」的關係式。而 Contain 的關係語法表示如下:

Contain(asset)

其中,asset 代表的某份教材中的特定學習物件,因此 asset 的內含值是學習物件完整的 URL 路徑。在關係表示語法中,我們用 XPath[21]的定位方式,來定義學習物件和教材的來源資訊。一般的電子化教材都是利用 HTML 或是 XML 的格式來呈現教材內容。不論是 HTML 或是 XML 的資料結構,都相當類似檔案系統內資料夾的結構。而 XPath 也是類似檔案系統的路徑命名方式。因此,利用 XPath 來描述教材或是學習物件的位置,可以明確的區別出不同的教材和學習物件。

```

<a name = "example/" >
  | This is an example |
</a>
<a name = "table/" >


|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |


</a>
<a name = "img/" >
<img>.....</img>

</a>

```

圖 8 array.html

我們根據圖 8 的範例,來舉例說明 contains 的語法實際應用方式。我們建立一個 array.html 的教材檔,是屬於程式設計中陣列單元的教材,存放在 <http://xml.nchu.edu.tw/semantic/im/technology/program/> 的位置下。在 array.html 中包含 example、table 和 image 三個學習物件。假設,在資料結構中的陣列單元要引用這三個學習物件,則引用的表達式如

圖 9 所示:

```

Contain(http://xml.nchu.edu.tw/semantic/im/technology/program/array.html#example)

Contain(http://xml.nchu.edu.tw/semantic/im/technology/program/array.html#table)

Contain(http://xml.nchu.edu.tw/semantic/im/technology/program/array.html#img)

```

圖 9 Contain 的語法表示式

由上述的範例,資料結構的陣列教材去引用程式設計的陣列教材的學習物件。因此,資料結構的陣列教材會 cite 程式設計的陣列教材,如圖 7 所示。而 cite 的關係語法表示如下:

Cite(learning-material)

其中,learning-material 代表的是被引用學習物件的教材,如圖 8 的 array.html。延續 contains 的例子,資料結構的陣列教材中,有包含程式設計的陣列教材中的學習物件。因此,資料結構的陣列教材和程式設計的陣列教材,彼此之間會產生一個 cite 的關係。利用 XPath 的定位方式,來表達 cite 的關係表示式可以定義成:

Cite("<http://xml.nchu.edu.tw/semantic/im/technology/program/array.html>")

內容引用關係的 RDF 示意圖,如圖 10 所示。框架 A 表示程式設計中的陣列教材,擁有一個學習物件,其名稱為 img。而框架 B 則表示,資料結構中的陣列教材去引用程式設計中陣列教材的學習物件,就是我們所定義的 contains 的關係。因為 contains 的關係,使得這兩個陣列教材產生 cite 的關係,如框架 C 所示。為了讓圖示更清楚,container 的屬性我們就不在圖表中表達出來,想要了解 container 的屬性,請參圖 4、圖 5 以及圖 6。

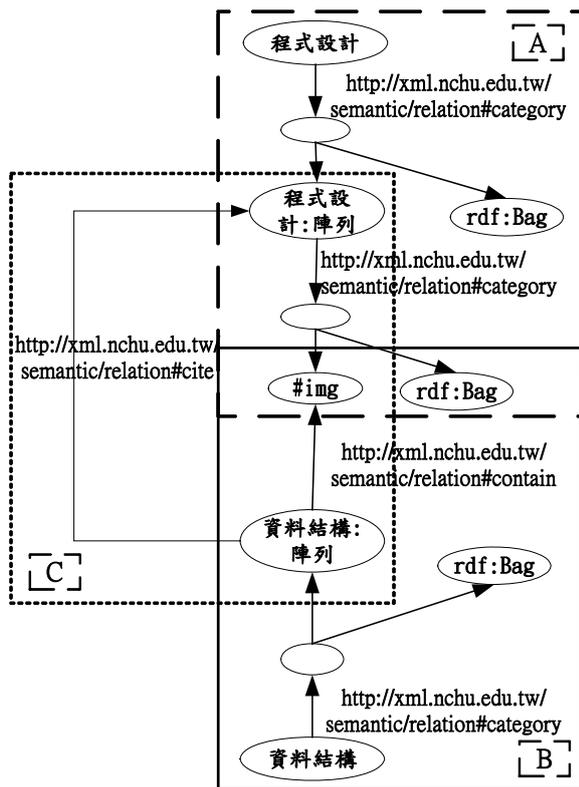


圖 10 內容引用關係 RDF 示意圖

在內容引用關係中，我們定義了兩種引用關係。這兩種關係也是反向對稱的關係，例如，A 教材的學習物件被 B 教材引用時，則會產生 B 教材引用 A 教材的 cite 關係；我們也可以表達為 A 教材被 B 教材所引用的 is\_cited 關係。

#### 四、結論

在過去的研究中，都是利用概念圖來描述教材之間的關係，而概念圖可視為本體論的一種應用實例。RDF 是本體論的標準描述語言，利用 RDF 來表達概念圖的關係，具備高互通性的優點。另外，在製作教材的過程中，編輯者會參考和引用已存在的教材。在過去的研究中，教材之間互相引用的關係的定義不夠完整，表達的方式也不夠通用。

因此，在本研究中，我們提出一個 RDF 為主的關係表達模組。因為概念圖也是本體論的一種實例，非常適合利用 RDF 來表達概念圖的關係。另外，針對教材內容引用關係的部份，我們定義出 contain 和 cite 兩種關係，分別描述學習物件和教材的引

用關係，改善過去研究中不夠通用完整的問題。而 RDF 具備高互通性的優點，用來表達教材關係，可以提昇教材之間互相交換共享的能力。因此，我們提出的通用性的關係表達模式不但適用於異質性網路教學的環境和平台，也適用於不同的學科領域表達。另外，明確的定義教材之間的關係，對於提昇教材使用性和網路教學的成效，有相當程度的助益。在未來的工作中，我們要探討是否有其他的教材關係存在，使教材關係更加完整。另外，如何更自動地去建構三種類型關係，也是我們未來的研究目標。

#### 誌謝

本研究經費承蒙國科會補助，計劃編號：NSC94-2213-E-005-037

#### 六、參考文獻

- [1] Advance Distributed Learning (ADL), <http://www.adlnet.org/>
- [2] A.J. Canas, G. Hill, and J. lott, "Support for Constructing Knowledge Models in CmapTools," Technical Report CmapTools 93-03, Institute for Human and Machine Congition, 2003.
- [3] A. Loser, Ch. Grune And M. Hoffman, "A Didactic Model, Definition, of Learning Objects and Selection of Metadata for Online Curriculum," Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Workshop of Interactive Computer Aided Learning (ICL), Villach, Austria, 2002.
- [4] Dodds, et al. (Eds.), "SCORM Content Aggregation Model Version 1.3.1," Advance Distributed Learning, 2004, <http://www.adlnet.org/>
- [5] D.P. Ausubel, The psychology of meaningful verbal learning. NY: Grune & Stratton, 1963
- [6] Gwo-Jen Hwang, "A Concept Map Model for Developing Intelligent Tutoring Systems," Computers & Education, Vol. 40, No. 3,

- pp.217-235, 2003.
- [7] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Learning Technology Standards Committee (LTSC), "Draft Standard for Learning Object Metadata (LOM)," 2002, <http://ltsc.ieee.org/wg12/>
- [8] J.D. Novak, and D.B. Gowin, Concept mapping for meaningful learning. In Learning How to Learn. NY: Cambridge University Press, 1984.
- [9] J.D Novak, "Applying learning psychology and philosophy of science to biology teaching," The American Biology Teacher, Vol. 43, pp.12-20, 1981.
- [10] J.D. Novak, Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations, Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum, 1998.
- [11] Jenkins, C., Jackson, M., Burden, P., and Wallis, J., "Automatic RDF Metadata Generation for Resource Discovery," Computer Networks, Vol. 31, pp.1305-1320, 1999.
- [12] J.R. Surber, and P.L. Smith, "Testing for misunderstanding," Educational Psychologist, Vol 16, pp.163-174, 1981.
- [13] J.W. Coffey, A.J. Canas, T. Reichherzer, G. Hill, N. Suri, R. Carff, T. Mitrovich and D. Eberle, "Knowledge of modeling and the creation of EI-Tech: performance support and training system for electronic technicians," Expert System with Application, Vol.25, No.4, 2003.
- [14] J.W. Coffey, M.J. Carnot, P.J. Feltovich, R.R. Hoffman, A.J. Canas, J.D. Novak, "A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support, " Technical Report submitted to the Chief of Naval Education and Training, Pensacola, FL, 2003.
- [15] M. Willerman and R.A. MacHarg, "The concept map as an advance organizer," Journal of Research in Science Teaching, Vol.28, pp. 705-711, 1991.
- [16] R. Nilsson, and R.E. Mayer, "The effects of graphic organizers giving cues to the structure of hypertext document on user's navigation strategies and performance," International Journal of Human-Computer Studies, Vol.57, No.1, pp.1-26, 2002.
- [17] S. Reynolds, M.E. Patterson, L. Skaggs, and D. Dansereau, "Knowledge hypermaps and cooperative learning," Computer in Education, Vol.16, No.2, pp 167-173, 1991.
- [18] S. McDonald and R. Stevenson, "Navigation in Hyperspace: and evaluation of effects of navigational tools and subject matter expertise on browsing and information retrieval in hypertext," Interacting with Computers, Vol.10, pp 129-142, 1998.
- [19] Sharable Content Object Reference Model (SCORM) , <http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm>
- [20] W3C, "RDF Vocabulary Description Language 1.0:RDF Schema," W3C Technical Report, 2004, <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>
- [21] W3C, "XML Path Language (XPath) 2.1", W3C Technical Report, 2005, <http://www.w3.org/TR/xpath2>
- [22] W3C, "RDF Primer", W3C Technical Report, 2004, <http://www.w3.org/TR/rdf-primer>