

# 數學教材內容標準化之研究

## Research mathematics teaching material content standardization

姜文忠

陳保動

林敬淳

wen-chung chiang

pao-hsun chen

ching-chun lin

wcchiang@mail.hit.edu.tw

af91036@mail.hit.edu.tw

af91035@mail.hit.edu.tw

曾志忠

潘俊杰

chih-chung tseng

chun-chieh pan

af91043@mail.hit.edu.tw

af91007@mail.hit.edu.tw

私立修平技術學院資訊管理系

### 摘要

本研究的目的是建置一個數位教材內容標準化系統來發揮學習教材的共享性，採用延伸式數學標記語言 (MathML) 來編寫教材基本內容 (metadata) 並結合共享式教材元件參考模組 (Sharable Course Object Reference Model, 簡稱 SCORM) 的標準，再透過 ADLNet LMS 溝通機制讓使用者可以透過網路更容易獲得所需要的學習物件。

為了達成數位學習教材低成本效益及高品質數位教材開發原則，利用 MathML 可重覆使用性及 SCORM 可共享性的概念讓教授者可以很輕易的組合出自己想要的課程是個很重要的議題。

**關鍵詞：**延伸式數學標記語言、共享式教材元件參考模組、LMS。

### Abstract

This research goal is establishing a several teaching materials contents standardization system to display studies the teaching material sharing, uses the extend mathematics mark language (MathML) to compile the teaching material basic content (metadata) the parallel connection to gather the sharing type teaching material part reference Model (Sharable Course Object Reference Model, is called SCORM) the standard, penetrates ADLNet the LMS communication mechanism to enable the user again to be allowed to penetrate the study thing which the network is easier to obtain needs.

In order to reach the round number position study teaching material low cost benefit and the high prime number position teaching material development principle, using MathML may reuse and SCORM may the sharing concept let the curriculum which

professor may very easily combination own want is a very important subject.

**Keyword:** extend mathematics mark language (MathML), Sharable Course Object Reference Model(SCORM), Learning Management System(LMS)

### 一、前言

隨著全球資訊網路的普及和網路效能的改善，國內上網人口與日俱增，根據資策會 ECRC-FIND 每季例行的網路用戶數調查統計，截至2002年12月底止，台灣上網人口達859萬人，國際網路的普及也相對影響到我們的生活習慣。近年來，網路化學習的趨勢已逐漸取代傳統的教學與教育模式，許多大專院校及坊間教學機構皆已建立學習管理平台 (Learning Management System, 簡稱LMS)，並且開發更多樣的學習教材提供師生使用。

#### 1.1 導論

本研究是以延伸標記語言 (XML) 為發展基礎，使用延伸式數學標記語言 (MathML) 來建構一個可顯示各種數學符號的網路教材，並將此成果編輯製作成網頁，透過 SCORM 機制達到 E-Teaching 及 E-Learning 的目的。為了發揮學習物件的共享性，所有學習物件的定義方式皆依據 SCORM 標準的規範及相關機制來發展。因此，所組合出來的教材包裹也可以在任何遵循 SCORM 標準的「學習管理系統」(Learning Management System, 簡稱LMS) 下跨平台使用。教學者可分享其教學資源，使用者亦可透過網頁輕易獲得所需的學習內容。這使得學習物件得以更方便地發揮其共享 (sharable) 及可複用 (reusable) 的特性，也提供了學習者更好的學習環境、更彈性的學習方

式，並達到最方便且最快速的學習效果。

此份研究中，我們將提出整個導入的流程及其所需注意事項，包括：(1)以延伸標記語言(XML)為發展基礎，提出延伸式數學標記語言(MathML)於數學符號編輯方面所提供的強大功能。(2)依據SCORM規範，將數學教材內容標準化，藉以說明教材與學習平台之間相依度所會產生的關聯性，強調出標準化的重要性。(3)透過ADLNet LMS溝通機制，利用其編輯工具將教材元件建立並產生課程內容。

## 1.2 研究動機

隨著資訊時代知識、技能的進展與改變，網路學習(E-Learning)已成為社會學習的一項趨勢，它直接刺激了企業團體、政府機構等單位投入並開發研究，學習者藉由網路展開一連串的學習活動。多數學習者於學習的過程中都必需經常接觸到數學符號，而現今大多數的方法都是使用圖形顯示數學符號，這方法並無法使用於數學線上教學或數學數位學習上。面對格式較特別或複雜的數學符號，如：四則運算、微積分等，經常造成編輯者的困擾。為解決這方面的問題，我們將以「數學教材標準化」為主要目標，展開一連串的研究與實作。

為了讓使用MathML編輯的數學教材，除了現在瀏覽器做線上學習之外，亦能夠跨平台讓學習者透過超本文(hypertext)的技術立即鏈結至其所要到達的網頁，我們將採用XML知識表示法所設計的SCORM標準中的辭彙來描述教材，以強化知識本體的概念。若編製者對教材元件加以規劃，使教材遵守這項共通的標準，將使得知識本體達到一致性，並且擁有再使用(reusable)、可分享(sharable)和可找得(discoverable)教材的優點，節省了重複開發教材的成本。

目前網路教材內容分散於各個不同的檔案之中，當教材有所變動時，經常需要專業人員另外做組合編製，不僅造成了資源的浪費，對編輯者而言也是另一項困難的工作。若依據SCORM規範，對教材加以規劃，不但能夠減少重新組合編製所造成的浪費，亦能夠達到教材共享及可再使用的效果，這的確造福了許多經常與「網路學習」互動的使用者與學習者。

我國政府國科會、經濟部工業局與勞委會等相關部會及產業界共同規劃一個「數位學習國家型計畫」，並於民國九十二年一月一日正式執行。希望數位學習所帶來的知識傳承、分享、共用、以及管理，將整個組織的知識經濟累積，藉此提高國家的競爭力。更期望讓每一位學習者憑藉網路學習教材獲得學習的門徑，(趙鏡中，民91)以「處處可學習」(learning everywhere)及「時

時可學習」(learning anytime)(教育部，民91)為學習宗旨。

## 1.3 研究目的

本研究主要目的是利用W3C所發展的XML其中屬於數學領域之MathML，將數學符號以「文字」方式呈現，取代了以往「圖片」呈現方式所帶來的困擾與編輯上的困難，並根據SCORM標準將缺乏一致性的知識本體加以統一，對數學教材做完整規劃，使本研究所編製之微積分教材能夠充分發揮單元的可再使用及可分享性，達到符合國際標準，並且可跨平台使用的效果。

以下茲條列本研究具體的研究目的：

一、以延伸標記語言(XML)為發展基礎，提出延伸式數學標記語言(MathML)於數學符號編輯方面所提供的強大功能。

二、依據SCORM規範，將數學教材內容標準化，藉以說明教材與學習平台之間相依度所會產生的關聯性，強調出標準化的重要性。

三、透過ADLNet LMS溝通機制，利用其編輯工具將教材元件建立並產生課程內容。

## 二、知識背景

### 2.1 MathML 標準

MathML(Mathematics Markup Language)是W3C(WWW Consortium)的一個特別任務小組(W3C HTML-Math Working Group)企圖制訂的一套標準語言，使用XML語法用來描述數學符號和表示式，其希望藉此促進以數學或科學為內容網頁之使用，並應用在數學文字排版、計算軟體、以及語音合成系統等相關方面之上，讓作者使用不同的應用程式來處理產生出來的文件，這可解決數學式子利用圖檔呈現在網頁的限定，而以純文字的MathML來呈現表示，這項特性可以讓文件廣泛的應用在許多不同的領域當中。

雖然在數學界(及多數的科學文件寫作者)，大部分人已經知道TeX(或LaTeX)這種文件加註語言。從語法的結構性而言，TeX是非常地不結構化，LaTeX比較結構化，MathML是絕對的結構化。因MathML的設計不只是為了排版的目的(當初設計TeX和LaTeX的時候，其目的只有排版而已)，它希望表達的，不僅僅是版面的配置，而是盡可能地記錄那數學式子裡面的意義，讓使用者方便了解其中的意義。比如說在TeX我們說 $\frac{1}{x+y}$ ，在LaTeX我們說 $\frac{1}{x+y}$ ，而在MathML我們必須說

```
<mfrac>
  <mrow>
    <mn>1</mn>
```

```

</mrow>
<mrow>
  <mi>x</mi>
  <mo>+</mo>
  <mi>y</mi>
</mrow>
</mfrac>

```

從上面這個例子，我們可以領略 MathML 的結構。<mfrac> </mfrac> 指定一個分式的結構。這個結構中必須有兩個子結構存在，第一個放分子，第二個放分母。這一部分倒是和 LaTeX 的結構一致。在此例子中，分子和分母分別各是一個普通的數學列式 <mrow> </mrow> 而 <mn>1</mn> 說明 1 是個常數，它的意義就是一般數字的意義，<mi>x</mi> 說明 x 是個變數；y 也是；<mo>+</mo> 說明 + 是個運算符號。

由上例子仔細想想，一般的文字有其表達訊息的方向性，例如西歐文字都是從左向右閱讀，中文通常是從右向左橫讀，或是從上向下直讀。但是數學表達式常常不依循這種固定的方向性且數學表達符號的使用是非常不明確的。讀者必須從前後文當中去理解那些符號所代表的不同意義。如果讀者根本不能理解前後文的意義，那麼這些符號當然是沒有意義的。如果讀者是個電腦，與其要它理解前後文的意義，還不如盡量說明這些符號本身的意義。這就是為什麼 MathML 要定義這麼仔細的原因。

MathML 的 Tags 可以粗分成兩大族群：呈現導向 (Presentation) 內容導向 (Content)，也就是說，MathML 除了可以呈現數學式子外，更能表示式子的意義，當然其表示意義乃作用於傳輸解譯上。如此一來方便格式作轉換，二來才能製作數學的資料庫，而有助於數學知識的累積。

## 2.2 SCORM 標準

目前國際上已有許多組織對電子化教材有訂定相關且在國際上也流通非常盛行的標準，本章節中，將詳細介紹本研究所採用的 SCORM 教材標準，並且針對目前國際上較具有代表性的教材標準做簡介。

### 2.2.1 SCORM 的規範

1997 年，由美國國防部與白宮科技會聯合推動先進分散式學習 ADL 先導計畫所制定，這是整合多個國際組織及公司所提出的 e-Learning 標準，因此形成一套融通性頗高的共同規範，使得教材能夠在不同學習平台及學習裝置上流通自如。

SCORM 規範的組成包含以下三個部分

#### (1) 概觀 (SCORM Overview)：

包含 ADL 計畫的整個介紹，以及 SCORM 的技術

規範概要。

#### (2) 課程物件內容整合模式 (Content Aggregation Model, CAM)：

CAM 包含學習內容 (learning content) 的尋找與整合方式，其目的在於定義如何識別、描述各類學習內容，並將相關的學習內容彙集成一個課程，使能在不同 LMS 之間使用。

#### (3) 執行環境 (Run-Time Environment, RTE)：

主要引用自 AICC 對於互通性 (interoperability) 的規範，內容說明如何利用 API adaptor 建構學習者與 LMS 之間的執行環境。利用 RTE 所定義的 API 與 data model 可以使 LMS 記錄學習者的學習狀態，並根據這些學習狀態決定後續需要提供給學習者的學習內容，或是作為改善教學內容的依據。

### 2.2.2 教材整合模式 (Content Aggregation Model, CAM)

#### 1. 教材物件內容模式 (Content Model)

##### (1) 教材資產 (Asset)：

構成學習物件最基本的型態，可以由不同的電子資料檔案所組合，包括文字、圖片與其他可以被瀏覽器所讀取的檔案格式。Asset 是可重複使用的，重複使用的方式是透過 metadata 的設定來完成。

(2) 共享教材物件 (Shareable Content Object, SCO)：各種 Asset 的集合，因此是一份獨立的教材 (instructional material)。SCO 是學習課程實現互操作的最低層次，是可以被任何符合 SCORM 規範的教學平台所啟動及追蹤的最小教材單元，包括可與 SCORM 的執行環境溝通的元件。

##### (3) 教材物件內容整合 (Content Aggregation)：

利用 Content Structure 將一些 Asset、SCO 組合成一個較大的教材資源，例如書的一章或一個課程。

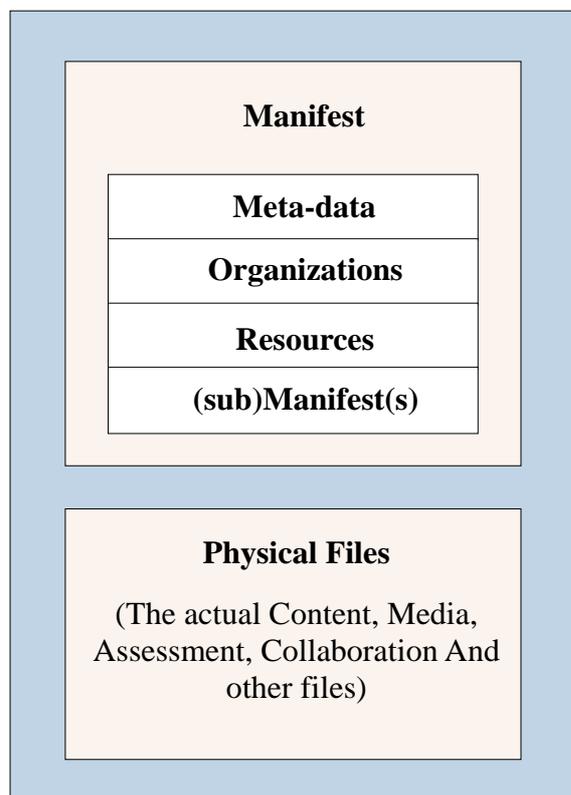
#### 2. 描述資料 (Metadata)

為了讓學習者可以透過「搜尋」尋找可能的片段線索，並產生自己所需要解決問題的知識，因此各種層次的學習物件都必須設定 Metadata。SCORM 所規範 Metadata 主要引用自 IEEE 及 IMS 的規範，包括上述的教材資產 (Asset)、共用式內容物件 (SCO)、或是整合後的單一課程 (Aggregations) 都可以賦予 Metadata。

#### 3. 內容包裹 (Content Packaging)

課程內容包裝的目的是提供一套標準的包裝作業方式，使課程製作工具可包裝出一套標準的課程，再儲存到課程寶庫 (repository)，並提供給不同的 LMS 讀取。簡單的說，課程內容包裝就是將相關的學習資源 (SCO 與 Assets) 作結構化的整理。經過包裝後的課程將形成如下圖 (圖一) 的結

構，其包含了 Manifest 及實體檔案，經過包裝後的課程會變成 LMS 可解析之單一 PIF(Package Interchange File)檔，這個檔案就好比常見的 ZIP 壓縮檔，解開後就是一門課程所有相關的內容。這使課程教材符合 SCORM 的 Content Aggregation Model，因此任何符合 SCORM 的 LMS 平台都可以匯入 / 匯出這些 PIF 檔。



(圖一) Package Interchange File  
註：SCORM Version 1.2 Content  
Aggregation Model，October 1, 2001，  
page2-111 Figure 2.3.3.1a。

### 2.2.3 執行環境(Run-Time Environment，RTE)

為了讓學習資源與平台之間可以互相溝通資訊，因此必須有一套標準的方法讓 LMS 啟動學習資源。而 SCORM 的執行環境(Run-Time Environment) 規範 LMS 執行 CAM 教材的相關功能定義，分別針對課程物件的啟動(launch)、應用程式介面(API)與資料模式(data model)做出規範，分述如下：

(1) 課程物件的啟動(Launch)：啟動的機制是要讓 LMS 可以依照特定條件啟動 SCO 或是 Assets。LMS 可以根據課程包裝中所定義的順序、依照學習者的指示或是依照學習者學習的狀況而啟動課程。

(2) 適性應用程式介面(Application Program

Interface, API)：該部分採用 AICC 的規範，API 是由 SCO 資源發送狀態資訊(初始化、完成、錯誤)和交換資料(獲取和設置)的標準函數所構成，使得教材內容與 LMS 能互相溝通，但某個教學物件傳遞到客戶端，LMS 就可以透過 API 讀取或是設定這個教學物件之資訊。

(3) 資料模式(Data Model)：所謂資料模式是用以定義 SCO 物件之相關屬性、行為、關連、組合、及繼承等，使得 SCO 能在不同 LMS 平台下被追蹤。由於 AICC 在這方面已經定義得相當完備，而且在實務運作上也很成功，因此 SCORM 的執行環境資料模式主要引用自 AICC CMI 綱要。

### 2.3 目前支援 SCORM 之數位學習環境平台

在 SCORM 教材標準日趨成熟之際，加速軟體的產品化將是數位內容軟體必然的趨勢，這也使得數位學習系統對企業價值的效益提高許多。例如國際大廠 IBM LearningSpace5、Saba、甲骨文 iLearning 等大廠都紛紛投入支援 SCORM 的行列。國內業者如育基、旭聯、訊連科技及翔威國際，也都宣稱已支援 SCORM 現有的 1.2 版。這表示標準化將是數位學習內容未來必踏之上途，線上教育也將必然地成了各相關業界必爭之地。教材內容成為舉足輕重的角色，因此，學習管理系統(Learning Management System)與學習內容管理系統(Learning Content Management System)也就成為業界發展軟體的重頭戲。

符合 SCORM 之 LMS:

1. ADLNet 所提供的 LMS (SCORM RTE version 1.2)
2. IBM 之 Learning Space 及 Learning Management System

## 三、微積分教材標準化

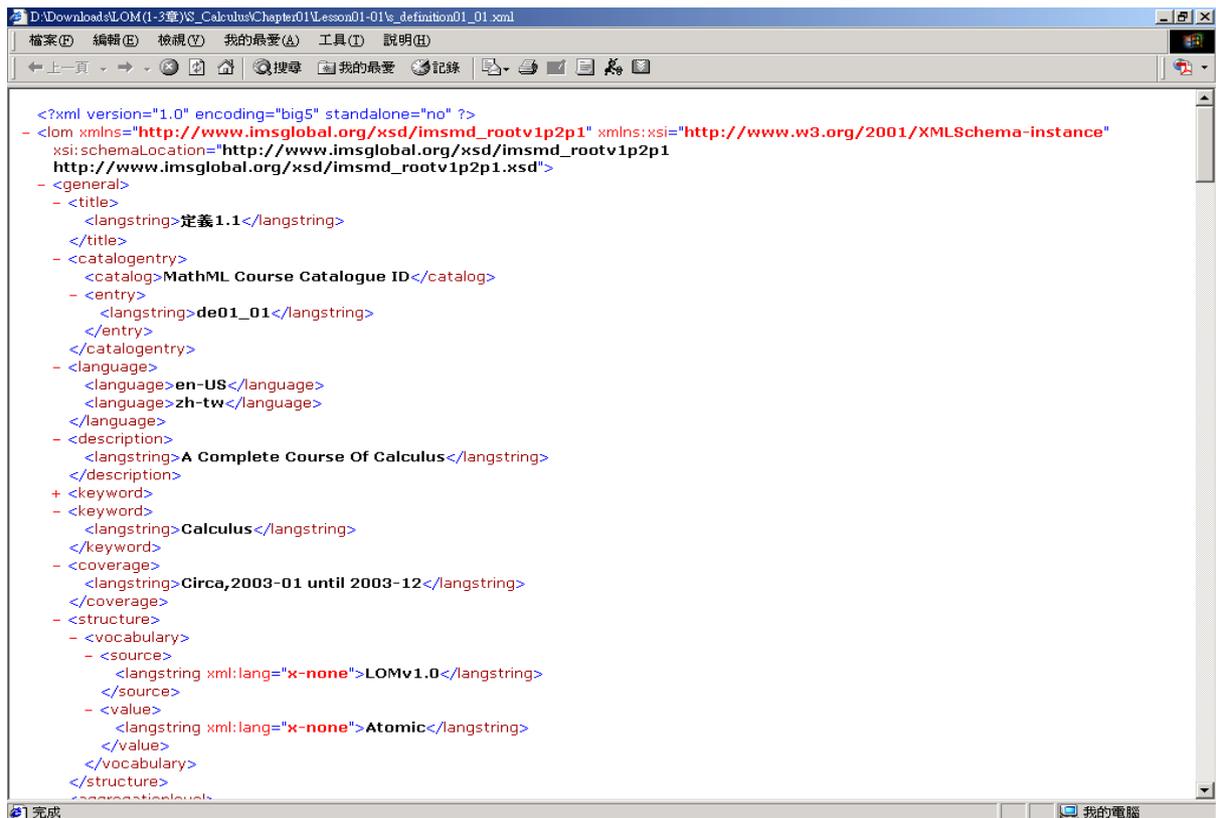
### 3.1 撰寫微積分教材內容

本研究以全校數學通識教育之微積分為例，使用全球資訊網協會(W3C)所開發的延伸標記語言(XML)為發展基礎，利用其中應用於數學領域之語法：延伸式數學標記語言(MathML)來編輯數學微積分教材內容。

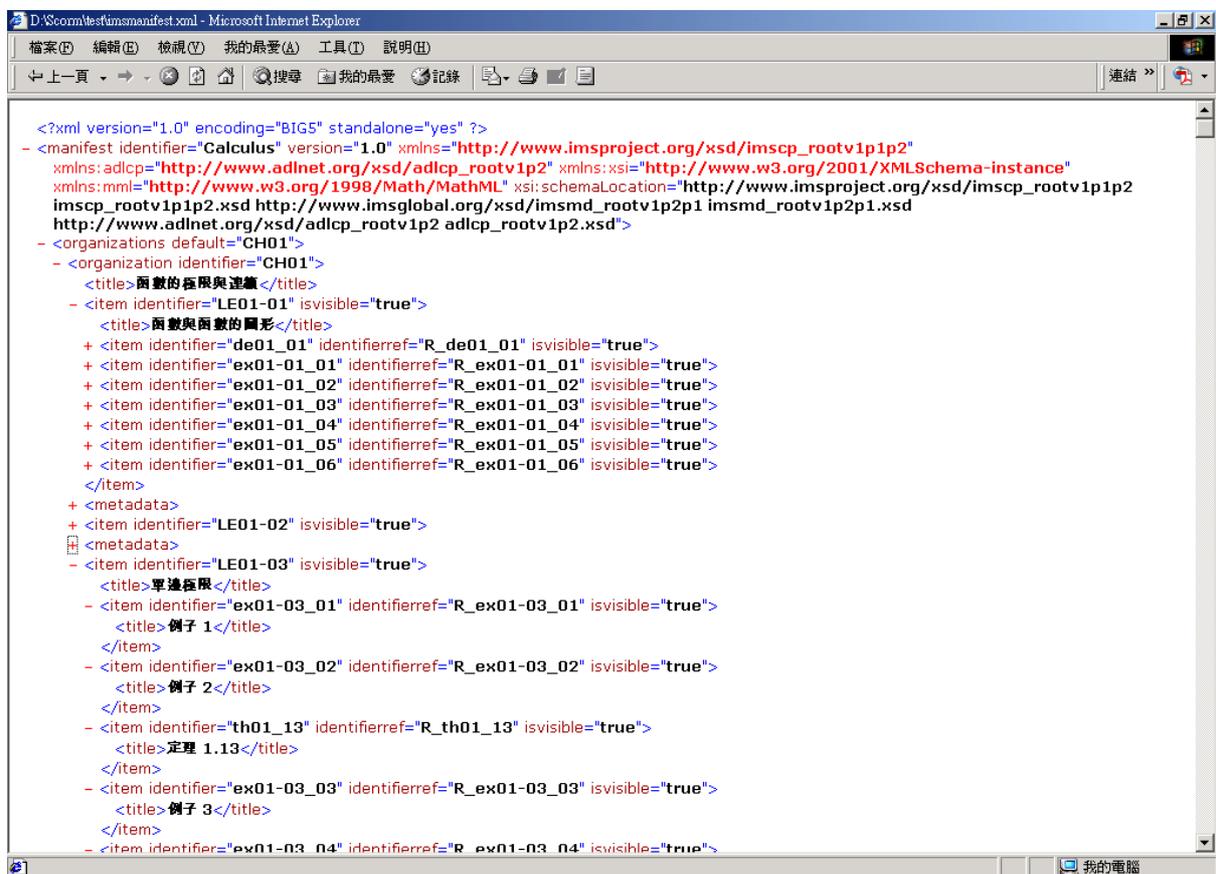
下圖(圖二)為範例之一部份，利用 MathML 撰寫「limit」的語法規則：

利用 Mixing presentation and content 表示方式撰寫，先用第一行的“mrow”到最後一行的“/mrow”表示中間算式屬於同一行，可用來建立關係。“mrow”的 child element“apply”將運算子“limit”給下面三個 child element(需按照順序列出)，第一個參數“bvar”為基底，第二個參數為“lowlimit”，第三個參數為“mfrac”。其中第一個參數的基底為 element bvar 下的<ci>到</ci>，第二個參數的基底

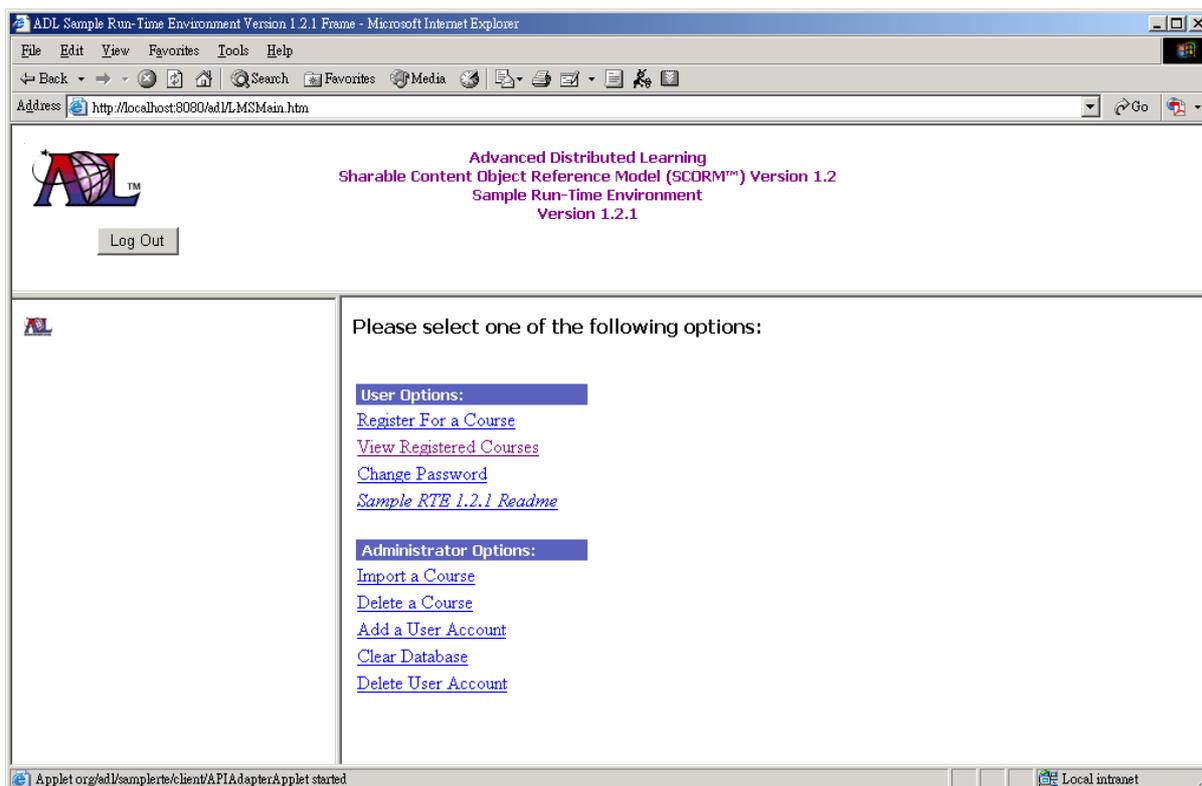




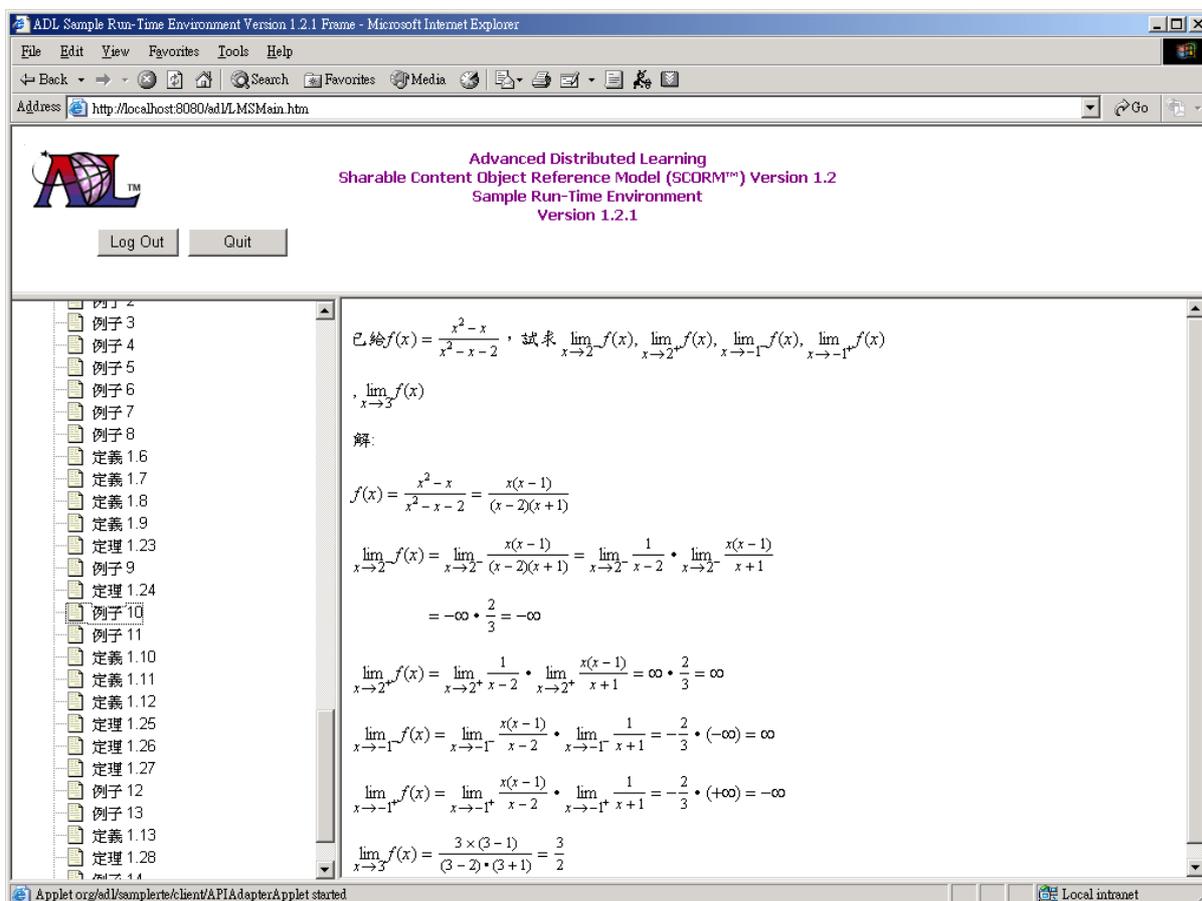
(圖四) Metadata 檔案展現



(圖五) Manifest檔案展現



(圖六) ADLNet LMS 功能圖



(圖六)利用 ADLNet LMS 匯入並展示微積分教材內容

#### 四、結論

本研究主要著重於「微積分課程教材標準化」，此研究藉由 W3C MathML 標準數學編輯語言編製微積分學習基本教材，並透過與 SCORM 機制的結合使微積分教材符合國際標準，如此一來，便可將教材內容和學習平台分開考慮及處理，使教材能在各學習平台間共享自如，這將使學習教材的互通性與整合性大大提升。為了使整個微積分學習教材與數位學習做整合，本研究更透過 ADLNet 開發的 LMS 管理學習平台，將整個數學教材課程及使用者介面做更進一步的整體規劃，並且將學習者間的互動機制與課程教材資訊系統架構整合。

本研究除了整理說明「微積分課程教材標準化」系統架構外，更將整個實作過程從「使用 MathML 製作出一套完整的微積分課程教材」到「將微積分課程教材符合 SCORM 標準的教材撰寫過程」到「將已符合 SCORM 標準的微積分教材放置在 ADLNet LMS 溝通機制」，在測試後發現，當教材已完全符合國際標準化之後，無論在任何支援 SCORM 標準的 LMS 中使用皆可達到無障礙的共享。

#### 五、參考文獻

- [1] 王學誠、涂文祥、游文淮、陳俊杉、謝尚賢，”導入網路教學共享機制之探討與實作”，國立臺灣大學「台大工程」學刊，第八十五期，2002 年 6 月。
- [2] 石旭原，”以 SCORM 為知識本體應用基模之網路學習系統實作案例研究”，逢甲大學，資訊工程研究所碩士論文，2001 年。
- [3] 林維彬，”基於 SCORM 標準的可重覆使用 e-Learning 教材管理系統”，國立中正大學，資訊工程研究所碩士論文，2001 年。
- [4] 游寶達，”透視 SCORM 真面目-最具大一統實力的標準”，通訊網路期刊，2002 年 10 月。
- [5] 張靖宜，”符合 SCORM 規範的中文教材之搜尋引擎設計”，私立逢甲大學，2003 年 1 月。
- [6] 廖英宗，”結合先進學習技術之智慧型遠端 SCORM 認證系統之設計”，國立中正大學，資訊工程研究所碩士論文，2001 年。
- [7] 資策會 FIND 研究群，”2002 網際網路應用與發展年鑑”，經濟部技術處，2002 年。
- [8] 蔡俊彥，”符合 SCORM 規範教材庫管理系統之研究”，國立高雄師範大學，資訊教材研究所，2003 年 5 月。
- [9] 謝章冠，”網路學習之學習路徑控制機制”，國立中山大學，資訊管理學系研究所碩士論文，2001 年。
- [10] 鍾翠玲，”SCORM 標準可望降低數位學習成本”，<http://Taiwan.CNET.com>，2003 年 6 月 17 日。
- [11] 蘇俊銘、曾憲雄、蘇東興、蔡文能，”網路教材內容標準化之發展趨勢”，ELTA 2002 網路學習理論與實務，學術研討會，2002 年 10 月 31 日。
- [15] SCORM(Sharable Content Object Reference Model)，<http://www.adlnet.org/>，2003。
- [16] SCORM Version 1.2 Content Aggregation Model，October 1,2001。
- [17] SCORM Version 1.2 The SCORM Overview，October 1, 2001。
- [18] SCORM Version 1.2 Run-Time Environment，October 1，2001。
- [19] World Wide Web Consortium (W3C)，<http://www.w3.org/Math/>，2003。
- [20] MathML Version 2.0 W3C Recommendation，<http://www.w3.org/TR/2003/REC-MathML2-20031021/>，October 21, 2003。
- [21] Putting mathematics on the Web with MathML，<http://www.w3.org/Math/XSL/>，2003。