

兒童數位學習資料庫之空間圖示資訊 搜尋介面設計

吳可久

國立台北科技大學互動媒體設計研究所副教授

E-mail : kochiuwu@mail.ntut.edu.tw

林佳蓉

國立台北科技大學互動媒體設計研究所碩士

E-mail : s61227@hotmail.com

陳泓均

國立台北科技大學互動媒體設計研究所碩士

E-mail : ken110203@gmail.com

柯皓仁

國立臺灣師範大學圖書資訊學研究所教授

E-mail : clavenke@ntnu.edu.tw

關鍵詞：人機介面；導航；尋路行為；兒童空間認知

【摘要】

國小學童資訊尋求行為、語文及圖像認知能力，均與成人有極大差異。然而網路科技快速發展，針對數位時代兒童，亟需發展客製化資訊搜尋介面來協助兒童利用數位資料庫學習。本研究針對兒童在虛擬空間電腦遊戲時會將其在實體世界中操作物件之生活經驗融入之現象，連結兒童之空間尋路及資訊搜尋行為之概念，設計並驗證一個空間圖示資訊搜尋介面。該介面利用電腦科技塑造 3D 虛擬空間，並結合圖符 (icon) 與學習資料庫，將圖符安置於 3D 虛擬空間，讓兒童探索及並搜尋資訊。

研究並針對兒童操作不同的空間圖示資訊搜尋介面，如平面模式超連結、立體俯瞰、立體路徑之使用效率、有效性、操作次數，以單因子變異數分析進行檢定。發現兒童在各種介面中表現不同行為，使用效率以平面模式超連結介面較佳，有效性以立體俯瞰介面較佳，此二者均能協助兒童綜觀知識領域全局，因而有利於兒童建立知識地圖以輔助搜尋資訊。研究建議資訊視覺化、概念關聯可導入兒童資訊搜尋介面設計未來研究，並考量閱趣性，以提升介面之使用動機。

前言

國小學童剛進入求學階段，對事物好奇心強，但因不懂資訊搜尋技巧，也欠缺量身訂作的搜尋介面，往往形成資訊障礙而阻礙兒童之資訊搜尋行為。隨著網路世代誕生與資訊科技普及化，可見到許多兒童專用電腦、軟體或服務的建置，國內外公共圖書館也開始提供兒童服務 (Hutchinson, Rose, Bederson, Weeks, & Druin, 2005)。例如美國馬里蘭大學結合多國圖書館所規劃而成的「國際兒童數位圖書館」(International Children's Digital Library, ICDL)，網站中收藏了包括 59 種語言的各類童話圖書，讓兒童以顏色、形狀或認知、感覺等，找尋自己想看的書並閱讀。該網站的規劃結合兒童參與，設計出適合兒童使用的介面，期望透過全球資訊網的優勢，讓兒童閱讀變得更有樂趣，且更容易進行資訊蒐尋 (International Children's Digital Library, 2014)。本研究曾協助國立公共資訊圖書館進行初步之圖像化搜尋介面之改善，並進行使用分析，結果顯示所設計之國小兒童使用圖像化搜尋介面優於原有國立公共資訊圖書館文字表列介面 (蔡承佑, 2011)。然而該介面僅初步納入圖符 (icon) 及二維空間理念，對於增進兒童利用搜尋資訊，尚有改善之處。如何針對兒童閱讀及學習能力轉變特質，並發展相對應的虛擬圖像化資訊搜尋介面，來輔助兒童之資訊搜尋行為，為本研究動機。

人類生活於三維空間而有豐富之空間運作經驗，在面臨網路虛擬世界中，這些實體經驗不可避免會影響人類網路操作之理念。圖書館作為書籍典藏處所，利用分類號排列書籍，讀者利用尋路行為 (way-finding) 搜尋圖書是一種實體經驗，然而網路卻有超連結 (hyperlink) 等功能，而在網路搜尋資訊，兒童操作行為、認知資訊並整合其知識架構，皆異於大人 (Bilal & Kirby, 2002; Shenton & Dixon, 2004)。因此本研究利用電腦科技塑造 3D 虛擬空間，並結合圖符 (icon) 與學習資料庫，將圖符安置於 3D 虛擬空間，讓兒童探索及並搜尋資訊。研究分析兒童實際空間認知與尋路行為轉用於網路虛擬世界之方式，並探索兒童對此 3D 虛擬圖像化資訊搜尋介面之使用效果。研究結果將有助於研發適用於不同文字、圖像閱

讀、空間認知及資訊搜尋能力之兒童數位圖書館，對於後續國小兒童資訊搜尋能力培養方式，以及華語文地區之公共資訊圖書館數位資源利用及數位資料庫建置將有所助益。鑑於上述背景，本研究欲設計一空間圖式搜尋介面，提供國小兒童另一種資訊搜尋介面導航輔助功能，而以此空間圖示介面，協助兒童併同知識架構以搜尋所需資訊。研究目標為：

1. 探討兒童對數位圖書館介面之利用方式。
2. 開發兒童空間圖像化數位圖書館資訊搜尋介面原型。
3. 量測分析兒童對不同的空間圖像化數位圖書館資訊搜尋介面之使用效率及使用性。

文獻探討

兒童圖像化介面需求與資訊搜尋行為

ICDL 網站介面上提供多樣分類方式，讓小朋友或家長不需學習就能操作搜尋。一般搜尋以年齡、顏色、故事角色、得獎記錄及書籍類型 (童話與民俗故事、圖畫書、章節書) 作為分類，便於初次使用者選取所需書籍，並設有書櫃功能，其他搜尋尚包括以國家、關鍵字、作家或插畫家等。此外網站設計運用豐富色彩與圖像，為兒童使用者採用較大字體，文字選項皆輔以相應圖符。線上閱覽方式亦可依使用者喜好改變背景顏色與排列方式，讓小朋友們在閱讀的同時，也能發揮自己的創意 (如圖 1)。

日本則將國會圖書館支部上野圖書館改造為國際兒童圖書館，其將國立國會圖書館藏書中的兒童書在 2002 年 (平成 14 年) 全面開放。主要以 18 歲以下讀者為使用對象，其功能是與國際一線兒童圖書館交流與展示為主。The National Diet Library (NDL) (<http://www.ndl.go.jp/index-e.html>) 則有將日本 19 世紀 Meiji era 之童書網路數位化專案及多種語言數位化圖書製作 (如圖 2)。

臺灣則在「我的 e 政府」中整合兒童數位學習資源介面網站為親子館，其中與圖書閱讀相關網站計有文化部兒童文化館、台北市立圖書館之兒童電子圖書館 (如圖 3)、高雄市政府之紅毛館有聲書、故宮博物院之兒童園地等。



圖 1 ICDL 圖像化尋書介面

資料來源：<http://en.childrenslibrary.org/>



圖 2 日本 Yatsu Yagi (eight Goats) from the collection of children's books in the Meiji era of NDL.

資料來源：http://www.ercim.eu/publication/Ercim_News/enw27/sugimoto.html



圖 3 台北市立圖書館之兒童電子圖書館

資料來源：<http://kids.tpml.edu.tw/mp.asp?mp=100>



圖 4 原住民數位博物館兒童版網站

資料來源：<http://www.dmtip.gov.tw/kid/index.htm>

國內對兒童數位圖書館之建構有許多研究(張瀚文, 2000; 林秀鳳, 2006), 曾淑賢(2001)並有兒童圖書館線上公用目錄系統功能及介面設計之研究。劉昫如(2003)則說明圖書館兒童網頁之規劃與施行。蔡承穎、楊美華(2008)尚進行公共圖書館中文版兒童網站評鑑之研究。在兒童網站設計方面, 許多知識推廣類型網站皆提供風格童趣, 易被兒童接受之版面, 如圖 4 原住民數位博物館兒童版網站, 並結合空間地圖與資料庫來設計介面。圖書館對於各種資料類型的介面, 也必須依據不同年齡層兒童的知覺與感覺發展過程來設計。Solomon(1993)認為因應兒童對資訊媒介之不同理解與不同之資訊需求, 是需要有相對應的資訊搜尋介面之開發。Bates(2002)及 Chowdhury, Landoni 與 Gibb(2006)針對數位圖書館介面開發與設計, 建議需要分析使用者對介面之使用性及利用行為以合理設計介面。Hutchinson, Druin 與 Bederson(2007)說明許多兒童介面設計並未考慮兒童之技能及偏好, 並指出兒童能在分類別之瀏覽器(category browser)上使用布林查詢(boolean query), 但是對於許多採用分層概念(different branches of the hierarchy)之類別瀏覽介面(category-browsing interfaces), 由於使用時必須針對主題而連續性導航(navigated sequentially), 及掌握從上至下之分類架構(top-level categories), 對於兒童太抽象而難於理解, 因此建議一個扁平式(flat)、同步(simultaneous)介面設計將有助於兒童搜尋及瀏覽。ICDL之OPAC利用年齡、顏色、故事角色、得獎記錄及書籍類型等項進行簡單搜尋書籍, 仍是以後設資料(metadata)組合查詢, 忽略了在螢幕畫面中延伸虛擬空間從而擴大在同一層面中有更多查詢選項之可能發展。兒童圖書不論從書籍外型、或主題內容都需具備多樣性與新鮮感來吸引兒童的好奇與閱讀。現有兒童圖書館介面仍以關鍵詞及布林查詢為主, 並通常輔以圖像按鈕來輔助識字不多之兒童搜尋繪本。整個介面設計如「考試應答」, 對兒童而言, 搜尋書籍之過程, 實為工作而非玩耍探索。如果引入故事化、尋寶(書)遊戲般、視覺化、虛擬場景, 設計符合兒童教育及發展心理學中具像、情節前提等需求, 乘具有良好之介面使用性(Mumtaz, 2001; McKenney & Voogt, 2010), 應是兒童數位圖書館介面設計之重要課題。

搜尋介面之導航設計、結構性與尋路行為

Virtual worlds (VW) 是一個虛擬三維空間，容許使用者利用分身 (avatar) 在互動環境中遊走操縱 (Messinger, Stroulia, Lyons, Bone, Niu, Smirnov, & Perelgut, 2009; Sutanto, 2011)，最早多用於電玩遊戲。Ryan and Deci (2000) 解釋虛擬世界逐漸由遊戲角色轉為功能取向，現已往線上服務、課程、共創發明著手 (Kohler, Fueller, Stieger, & Matzler, 2011; Mennecke, McNeil, Roche, Bray, Townsend, & Lester, 2008; Shelton, 2010)。結合資訊尋求及虛擬空間介面設計需要了解資訊視覺化、人對二維及三維空間資訊介面之操作及尋路行為。

Koshman (2006) 說明視覺化資訊系統需研究介面中的配置及圖符 (icon) 的代表性。良好的資訊介面架構可以保持使用者思維脈絡清晰，但並非所有的使用者都適合同樣的資訊介面結構。例如以搜尋任務為主的 (searching tasks)，適合提供以索引導覽輔助為佳；如果是探索任務為主的 (exploratory tasks) 的使用者，適合提供以圖形瀏覽器 (browsing) 的形式為佳。Risden, Czerwinski, Munzner 與 Cook (2000) 比較工程師在二維 (legacy 2D) 及三維 (3D hyperbolic graph) 介面 (browser) 尋求大量網路資訊之操作行為，發現工程師認為三維介面有用，但喜歡傳統之二維介面，且針對網路上大量數據之視覺化結構呈現，提出專注焦點與視覺化前提整合二維界面之建議。

另外 Amichai-Hamburger, Kaynar 與 Fine (2007) 說明網路使用者針對使用資訊需求程度會受 Hyperlink 影響，需求大者可深入之 Hyperlink 層次較深。而網站地圖是在資訊架構中最被廣為使用的，它揭示出整個網站的結構與階層。其組成形式，是將主頁的資訊按照類目羅列起來，並提供相對應的連結，提供給讀者整體的資訊，讓使用者可以快速獲取資訊。網站地圖必須要用最少的文字及最簡單的階層來描述最複雜的關係，並藉由這種方式來告訴使用者：我現在在哪裡 (Where am I now)、如何獲得所需 (How do I get)、可以去哪裡 (Where I want to go) 及會帶我到哪裡 (Where does this go)？(Nielsen, 2000; Danielson, 2002)。Lynch 與 Horton

(2009) 認為網站導航可視為一種空間尋路行為，導航尋路可以解決網站介面與資訊結構的設計。網站結構是一種特殊的空間，並沒有提供跟真實世界一樣具體的空間性和導引，但網站導航與現實移動有很多相似之處。但實際卻因為使用者點選下一個參觀點時是直接以換頁面的方式 (page to page)，換頁過程中並沒有產生一系列的使用經驗，會有超連結 (hyperlink)，從而阻斷記憶的脈絡連續性，對尋路行為產生影響。網頁導航 (web navigation) 與現實導航 (navigation in real environment) 差異如下：

(1) 沒有意義的空間的大小或運動經驗：網路瀏覽沒移動概念 (There's no sense of scale or movement in space)；(2) 沒有參考方向：網路沒有方向感 (There's no compass)；(3) 沒有參考定位：網路沒有參考點 (You are here)。

尋路策略與心智地圖

Downs 與 Stea (1973) 曾指出，尋路者在尋路的过程中，並非只進行單一式的尋路計畫，或是只判斷一次自己、空間與目標物之間的相對位置而已，而是經由持續的心智歷程，比對外在環境與內部心智運作之間的差異，從而重新定位並決定是否更新路徑或策略，直到找到目標為止。Passini (1992) 也曾將此尋路心智歷程概分為認知 (obtain information)、建構 (process information) 與修正 (retain & modify) 三個階段，配合線性樹狀層級概念來解釋並定義尋路歷程的心智作用。

Chase 與 Chi (1985) 研究指出尋路認知過程與空間知識有密切關係，並將空間知識分類為路徑空間知識及俯瞰空間知識兩類。且此心智地圖理論主要是由兩大空間知識所構成：路徑空間知識及俯瞰空間知識。相關國外心智地圖研究，認為心智地圖是指人們的空間相關心理認知轉換過程，可區分為兩類：路徑心智圖與俯瞰心智圖。對於路徑空間知識是指個體正確執行一個事件之順序或執行任務所需知識的記憶，採取相對座標尋路策略的知識導向；俯瞰空間知識則是指個體對組織事件的活動或任務之整體網絡架構的認知，且在任務中採取絕對座標尋路策略的知識導向 (Jankowski, 2011; Kitchin, 1997; 張文德, 2008)。

針對尋路認知過程轉用於資訊搜尋領域中，Kalbach (2007) 曾提出改善迷失方向的介面設計方式應從基礎面著手，將超連結的拓撲結構 (topological structure) 與導航輔助概念加以結合，應可拓展尋路行為、策略與心智地圖等相關學理的應用範圍。Anderson (2002) 提出資訊架構需具有結構 (structure) 和導航 (navigation) 兩個概念，利用這兩個概念作為設計一個系統 (system) 的內容 (content) 與人機互動 (interactions)。張文德 (2008, p.40) 整理國內外相關研究，提出兩種尋路策略後知識類型差異如下：

(一) 俯瞰 (Survey) 知識

1. 俯瞰空間知識介面具有顯示整個資訊架構的空間認知與記憶。
2. 使用俯瞰知識的尋路者在尋路任務中採取絕對座標的尋路策略。
3. 在虛擬空間介面中，俯瞰知識特色是將所有功能與配置一目了然。
4. 優點是可以輕易地在不同功能或資訊間，進行直接跳躍式或非線性的操作。
5. 缺點是當過多功能或資訊同時顯示，容易造成使用者資訊處理負荷過載。

(二) 路徑 (Route) 知識

1. 路徑空間知識介面具有指示路標、轉彎以及順序相關所需認知的記憶能力。
2. 路徑知識的尋路者在尋路任務中採取相對座標尋路策略。
3. 虛擬空間介面中，路徑知識界面具有資訊結構特性，且資訊間的移動是線性式。
4. 優點是每次顯示的資訊量非常少，畫面與功能配置較單純，沒有資訊處理負荷過量的問題。
5. 缺點是未顯示完整的資訊結構，若遇到跨功能或跨頁面等操作任務時，可能會形成資訊處理負荷或工作記憶量過大的問題。

根據文獻中的定義，尋路策略是指在尋路尋求問題解答的心智過程中，在產生行為前，因心智中認

知產生的幾種評估策略。尋路使用的俯瞰與路徑兩種心智策略，將作為本研究在空間尋路方式建立具有圖像視覺化知識架構介面，提供研究問題之解決方向。

研究方法與實驗設計

本研究利用電腦科技塑造 3D 虛擬空間，並結合圖符 (icon) 與學習資料庫，將圖符安置於 3D 虛擬空間，形成搜尋資訊介面讓兒童探索及並搜尋資訊，研究分析兒童實際空間認知與尋路行為轉用於網路虛擬世界之方式，探索此虛擬圖像化資訊搜尋介面之使用效果。研究方法將採用 ANOVA 比較三個介面知識使用行為有無差距，使用行為以效率 (efficiency) 及有效性 (effectiveness) 分別界定。效率以學生操作找到資料庫所使用之時間，有效性則以移動次數、旋轉次數、點選次數來計算檢索到比率及未被檢索到比率，並合併計算為有效性。

實驗設計

實驗設計以「平面模式空間圖示」與「立體空間圖示」做差異比較分析，其中也包含空間介面中兩種尋路策略設計，因此將會有平面與立體兩類型的三種介面 (平面超連結、立體俯瞰、立體路徑) 給與兒童操作，搜尋介面名詞分類關係如圖 6。實驗過程將收集兒童操作平面與立體介面使用參數，比較平面與立體兩種類型介面以及俯瞰、路徑兩種尋路策略介面的差異。實驗因素如圖 5。

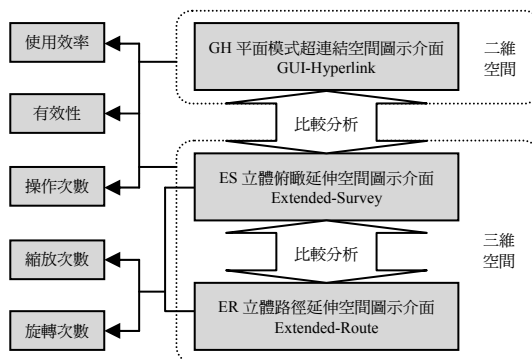


圖 5 本研究因素架構圖

導航設計的外在因素包含的因子，將參考 Nielsen (2000) 提出人機介面 (HCI) 使用性量測 (usability test)，包含使用效率 (efficiency)、有效性 (effective)、花費時間 (time taken)；以及結合參考 Westermana, Collinsb 與 Cribbin (2005) 及 Lynch 與 Horton (2009) 使用或提出空間導航與尋路相關量測

參數，包含移動距離 (distance travelled)，空間旋轉次數 (amount of rotation)、被點選的節點數量 (total number of nodes visited)、走錯誤比率 (precision)。結合此兩種導航與尋路參數，將作為三種搜尋介面的外在因素量化分析，三種介面對應使用績效參數收集方式如表 1。

表 1 使用介面策略使用性績效參數設計 資料來源：本研究整理

參數	內容
操作次數 (time taken)	GH 平面操連結空間圖示介面中各項功能按鈕 (左右移按鈕、底部頁籤、分類按鈕、上一頁、下一頁、離開內頁) 在單一任務檢索過程中，被選按之次數。 ES 及 ER 立體空間圖示介面中各項功能按鈕 (點擊-旋轉、點擊-縮放、分類按鈕層次 1、分類按鈕層次 2) 在單一任務檢索過程中，被選按之次數。
縮放次數 (amount of scale up and down)	ES 及 ER 立體空間圖示介面的特有功能，當滑鼠滾輪滾動時觸發，計算使用此數
旋轉次數 (amount of rotation)	ES 及 ER 立體空間圖示介面的特有功能，當滑鼠右鍵點選時觸發，計算使用此數
檢索錯誤比率 (precision)	檢索錯誤資料時按「尋到」按鈕之次數
使用效率 (efficiency)	使用時間比率
有效性 (effectiveness)	有效性 (F) = 2 / (1/操作次數比率 (r) + 1/檢索錯誤比率 (P)) $F = \frac{2}{\frac{1}{r} + \frac{1}{p}}$

不同介面使用性假設

假設 H1：兒童使用平面 (GH) 與立體 (ES、ER) 介面其搜尋之使用效率有所差異。

假設 H2：兒童使用平面 (GH) 與立體 (ES、ER) 介面其搜尋之有效性有所差異。

假設 H3：兒童使用平面 (GH) 與立體 (ES、ER) 介面其搜尋之介面操作次數上有所差異。

假設 H4：兒童使用立體 (ES、ER) 兩種尋路策略介面其搜尋之介面旋轉及縮放次數上有所差異。

受測者

根據 Piaget 具體運思期 (7-11 歲)，此時期兒童剛從前運思期轉換到具體運思期，正發展邏輯推理、

對事物分類、比較事物彼此關係的能力。同時本時期視覺能力成長快速對介面設計影響巨大 (Hourcade, 2007)，因此本研究視覺化介面設計以此時期做為樣本，目的能夠了解兒童具有不同認知能力及視覺能力差異對搜尋介面的影響。

本研究參與樣本數共 281 人，經實驗回收有效樣本數 255 人，回收率 91%，年齡分布 7-11 歲，國小 2-5 年級，12 個班級。受測者分別來自新北市新店區中正國小、台北市文山區萬興國小、台北市士林區文昌國小學生，避免受測者使用三種介面產生影響操作績效的學習效應，本研究將樣本分成三組分別使用三種不同搜尋介面，樣本人數與分組人數占總樣本人數比率，如表 2。

表 2 三組介面受人人數表

搜尋介面 (簡稱)	性別 (男/女)	分組人數
平面超連結 (GH)	64(50.0%)/64(50.0%)	128
立體俯瞰 (ES)	35(54.7%)/29(45.3%)	64
立體路徑 (ER)	30(47.6%)/33(52.4%)	63
合計	129(50.6%)/127(49.4%)	255

實驗任務設計

本研究使用系統自動提示實驗任務與收集資料，分組後每位受測者會有三個任務作 (如圖 6)。實驗過程中只有一開始需對受測者講解實驗目的，之後系統會自動引導受測者。在說明如何操作介面後進行實驗任務，系統也會自動檢測受測者是否達成任務，並自動記錄使用者操作參數。每一個任務均須完成後，才可以進入下一個任務。Borlund and Dreier (2014) 陳述 Ingwersen 定義三種資訊需求—確認性需求 (Verificative information need, well-defined & stable)、知覺主題需求 (Conscious topical information need, well-defined & more variable nature) 以及紊亂主題需求 (Muddled topical information need, poorly defined & high cognitive uncertainty)。三種資訊需求差異在於資訊需求者對於所蒐尋主題，具有不同清楚程度了解所蒐尋資訊的狀況，以及所探索問題架構是否穩定，還是具有高度不確定性。因此本研究基於確認性需求設定第一個任務以尋找日常課業作業，基於知覺主題需求設定第二個任務以尋找非課業但兒童喜歡之漫畫，基於紊亂主題需求設定第三個任務以尋找兒童不熟悉之體育專業知識。任務之設定為驗證介面能介空間性能來輔助蒐尋資訊，只模擬告知使用者找到該資料庫，而不涉及在資料庫內中之搜尋。

任務一：當你寫自然作業時遇到了問題，老師告訴你，可以找看看「臺灣生態筆記資料庫」，裡面可能有可以參考的資料。現在，請你試著找看看「臺灣生態筆記資料庫」。

任務二：當你想看一下畫畫圖片，老師告訴你，可以找看看「蔡志忠漫畫改作動畫系列資料庫」，裡面可能有可以參考的資料。現在，請你試著找看看「蔡志忠漫畫改作動畫系列資料庫」。

任務三：當你寫體育作業時遇到了問題，老師告訴你，可以找看看「國際運動競賽動畫專輯」，裡面可能有可以參考的資料。現在，請你試著找看看「國際運動競賽動畫專輯」。

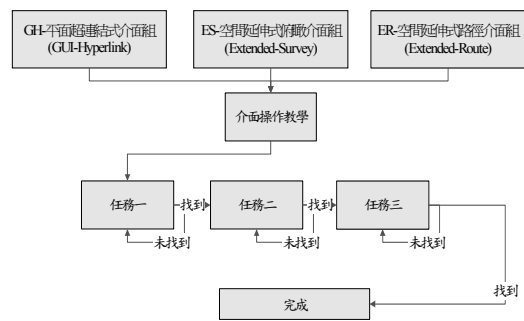


圖 6 實驗任務步驟順序

開發兒童虛擬圖像化數位圖書館資訊搜尋介面

為求實驗準確性，2D 新版空間圖示資訊介面設計風格會與現兒童數位資源入口網 (如圖 7) 平面介面相同。2D (GUI-hyperlink) 介面以圖畫書般風格簡化 3D 實體空間為 2D 畫面，以契合兒童閱覽童書。虛擬實境技術建構 3D 的空間世界，在介面中使用的圖示 (icon)、顏色風格與原有二維空間介面之國立公共資訊圖書館版本均為一致 (如圖 8、9)。立體俯瞰空間圖示搜尋介面 (ES) (如圖 8) 提供使用者從上方俯視整個數位資料庫結構，並進行縮放點選。立體路徑空間圖示搜尋介面 (ER) (如圖 9) 則中之平面上，容許使用者在平面上遊走，並可點選設置視點於三維空間旋轉方向，本介面較為切合兒童之空間遊走實體經驗。



圖 7 平面模式超連結空間圖示搜尋介面



圖 8 立體俯瞰空間圖示搜尋介面 (ES)

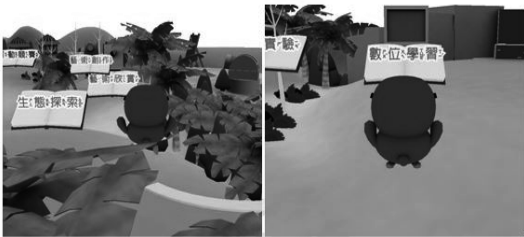


圖 9 立體路徑空間圖示搜尋介面 (ER)

設計三種不同介面之差異處為 GH 介面(圖 7)是二度平面延伸, 資料庫節點集成一群組, 沿螢幕畫面水平線狀延伸散布於單一層面, 兒童利用滑鼠指標左右移動後, 點選資料庫節點後, 即藉由 Hyperlink 進入資料庫; ES 介面(圖 8)中群組五個資料庫節點群, 並以梅花瓣(極座標-自我中心)形式分布於平原上, 因為提供俯瞰功能而形成高處及平面兩個視覺化層次(hierarchy), 兒童可以藉由俯瞰認知整個資料庫架構, 並以滑鼠滾輪來縮放及滑鼠右鍵上下左右遊走來點選資料庫節點, 但也需要增加其認知負荷來處理記憶主題知識地圖; ER 介面(圖 9)雖然為三度虛擬空間且資料庫亦以梅花瓣方式分布, 但搜尋者只能在平面中藉由滑鼠滾輪來縮放及鍵盤上下左右鍵移動到資料庫節點點選, 因為每次

顯示資料量少, 對兒童而言, 沒有即時資訊處理負荷過量問題。

研究結果與討論

由表 3、表 4、表 5 可以得知三種搜尋介面(GH: 平面圖像超連結(GUI-hyperlink)搜尋介面, ES: 立體俯瞰(Extended-Survey)搜尋介面, ER: 立體路徑(Extended-Route)搜尋介面)每一次任務之使用效率(使用介面所花的平均時間), 並以 ANOVA 比較其差異顯著性。從平均數可以看出 ES 介面所花的平均時間比 ER 少; 另外 GH 介面所花的時間為最短, 符合扁平式層級-超連結式功能具有快速連結時間的特性。三次任務之 ANOVA 為顯著差異($.000*** < .001$), 故接受 H1 之假設, 並進行 Scheffe 多重比較, 顯示 GH 及 ES 間無顯著差異, 但 ER 對 GH 及 ES 均存有顯著差異, 顯示兒童操作路徑導向(ER)所花費時間多過其他兩個介面(GH & ES)。

其他假設檢定如表 6, 故接受 H1、H3、H4(旋轉)假設, 拒絕 H2、H4(縮放)假設。在三種搜尋介面比較中顯示, 平面超連結式、立體俯瞰與立體路徑搜尋介面在各項使用績效表現上各有優劣, 使用效率以「平面超連結式」表現較好; 有效性則以「立體俯瞰式」表現較好; 「立體路徑式」則是在縮放(zoom view)次數表現較佳。使用操作次數比較中, 也顯示出立體俯瞰與立體路徑兩種介面注重不同的空間導航功能、旋轉功能或是縮放功能, 與張文德(2008)相符。

知識架構與認知負載

針對使用效率(efficiency)-操作時間差異部分, 「平面超連結式(GH)」與「立體俯瞰式(ES)」無顯著差異, 但前兩者與「立體路徑式(ER)」存有顯著差異。推測原因是 ES 介面均提供俯瞰功能, 而 GH 藉由使用者超脫二度平面觀看所形成類似俯瞰效果, 可以快速在使用者心中形成知識地圖, 從而輔助其搜尋資訊。但 ER 介面則需使用者在平面上迴旋查看及到訪, 才能形成知識地圖輔助搜尋。

超連結式搜尋資訊是以頁換頁(Page to Page)的過程, 是一種在層次間來會移動功能。空間尋路使用的是尋路節點到節點(node)之間的移動(movement)。

而尋路的最大特點在於尋路者在尋路的過程中具有移動的經驗，而超連結式介面則無此經驗，超連結式介面因沒有空間移動的經驗，不會增加搜尋移動的時間。依 Piaget 理論，兒童在 7-11 歲時期，能從 2-6 歲時只聚焦單一物體而拓展到多元物體知操作，因此已經能夠操弄 GH 及 ES 中多元物體在不同層面形成知識地圖，但 Hutchinson et al. (2007) 指出兒童不能承受過多 (三) 層次之認知負載，因此本研究設計兩個層面且能夠結合視覺延伸，減少記憶負荷之介面，實驗結果顯示能協助兒童有效率的搜尋資訊。

資訊可及性及資訊診斷性

兒童使用 GH、ES、ER 介面之使用效率有差異，呈現經由介面所提供「資訊可及性」有差異。有效性則是反映經由介面所提供之「資訊診斷性」的高低。只有執行任務一時 ANOVA (.025*) 顯著差異，經由 Scheffe 多重比較，主要 GH-ES (.014*)、ES-ER (.023*) 達顯著差異，但 GH-ER (.967) 則相近。顯示在無學習效應干擾下，兒童應用 ES 介面較能有效搜尋資訊。推測兒童使用 ES 介面中藉由俯瞰形成知識地圖 (Kalbach, 2007)，能夠有效研判資料庫節點所在群組位置而輔助其操作。但其他兩種介面則需要藉由多次操作嘗試錯誤才能找到資料庫節點。GH 及 ER 介面均在資料庫群組區位採鬆散佈置，在未能區別不同群組關係下，有效性不佳。本研究只有 5 個群組節點，可探討更多群組影響認知負荷下之有效性。

任務與學習效應

針對一般兒童熟悉資訊主題與否，本研究界定任務一為資訊需求明確且問題架構穩定，任務二居

中，任務三資訊需求不明且問題架構趨向變化，因此任務越趨向困難。兒童依次執行任務一至三，依照統計分析結果存有學習效應。二因子 MANOVA (介面交互任務) 達顯著差異 (.000***)，Scheffe 多重比較不同介面 (GH-ES:.147, GH-ER:.000***, ER-ES:.000***) 不同任務 (Task1-2:.000***, Task1-3:.000***, Task2-3:.000***) 且兒童操作介面時間隨任務次數增加而大幅減少，有效性數值隨任務次數增加而趨向 1，表示兒童越能有效操作，均說明學習效應存在。另外在操作次數上三次任務之 ANOVA 均達顯著 (表 6)，Scheffe 多重比較介面而顯示三次任務中 GH-ES (任務一為.821，任務二為.894，任務三為.971) 沒有差異，但其他 GH-ER 及 ES-ER 在三個任務均達顯著差異，因此兒童在操作 GH 及 ES 介面均較 ER 介面順暢。

如以三個介面之三次任務中操作次數之平均數進行迴歸分析，GH 之斜率 (B=48.05, R²=.983)、ES 之斜率 (B=39.89, R²=.955)、ER 之斜率 (B=109.83, R²=.992)，顯示兒童使用三個介面之操作次，隨任務次數增加而快速減少，其中 ER 下降最快速，GH 其次，ES 操作次數下降最少，顯現兒童能快速掌握 ER 之操作，但本研究無法區別任務難度與學習效應之交互影響多寡。GH 無旋轉功能，單就 ER 及 ES 比較旋轉次數，獨立樣本 t 檢定顯示三次任務均達顯著，且 ER 平均數遠高於 ES，因此兒童在平面遊走時為搜尋方向嘗試找資訊節點，會有大量的迴轉搜尋。GH 無縮放功能，單就 ER 及 ES 比較縮放次數，獨立樣本 t 檢定顯示只有任務一達顯著 (.036*)，且 ES 平均數高於 ER，因此兒童在 ES 利用俯瞰建立知識地圖後，很少再嘗試利用縮放拉高視野以找資訊節點，因此與 ER 中之縮放利用次數相近。

表 3 任務一使用效率比較分析

介面	個數	平均數	標準差	標準誤	最小值	最大值
GH	128	80.16	115.542	10.213	6	827
ES	64	94.88	89.423	11.178	9	493
ER	63	149.63	126.613	15.952	23	567

顯著性 p<.001, (Scheff: GH-ES:.695 GH-ER:.000*** ES-ER:.025)

表 4 任務二使用效率比較分析

介面	個數	平均數	標準差	標準誤	最小值	最大值
GH	128	44.05	40.367	3.568	8	264
ES	64	66.06	64.777	8.097	7	296
ER	63	123.70	110.246	13.890	16	505

顯著性 $p < .001$, (Scheff: GH-ES:.121 GH-ER:.000*** ES-ER:.000***)

表 5 任務三使用效率比較分析

介面	個數	平均數	標準差	標準誤	最小值	最大值
GH	128	14.64	21.931	1.938	5	203
ES	64	18.44	19.364	2.420	4	117
ER	63	40.19	27.942	3.520	11	172

顯著性 $p < .001$, (Scheff: GH-ES:.559 GH-ER:.000*** ES-ER:.000***)

表 6 任務一至三使用效率、有效性、操作次數、旋轉、縮放之比較分析

	H1 使用效率	H2 有效性	H3 操作次數	H4 旋轉 (ES & ER)	H4 縮放 (ES & ER)
任務一	<.001	.025<.05	<.001	<.001	.036<.05
任務二	<.001	.069	<.001	<.001	.121
任務三	<.001	.134	<.001	<.001	.686

結論與建議

本研究針對兒童 3D 圖像化搜尋介面開發，將平面延伸化介面發展為 3D 空間立體虛擬介面，探索兒童生活於實體空間所產生之尋路行為 (way-finding) 空間經驗，轉化於搜尋數位資源 (圖書館) 之介面設計。採用使用性為研究因子，透過使用性統計分析比對提出結論。

以導航尋路發展空間搜尋介面

傳統超連結式隱藏網站的資訊結構，研究成果以空間的方式將整個資訊結構視覺化的方法，整理相關文獻、歸納並實際開發。過去有關空間的導航設計多半是在虛擬實境、遊戲或特定工具功能相關研究，本研究以人機介面 (HCI) 的概念出發，發展符合使用性 (usability) 目的使用者資訊搜尋介面 (user interface)，並以使用性與量化分析方法驗證設計。

平面超連結式、空間俯瞰與路徑搜尋介面

介面設計則以 3D 立體虛擬空間及圖符設計及配置，進行實驗介面之程式開發。實驗結果顯示，兒童在各種介面表現不同，其所使用之資訊操作

有效性及效率亦有差距。兒童在 3D 立體虛擬介面中使用「俯瞰導航」策略將比只能於「路徑導航」之平面游走策略之搜尋資訊效果更好，是以提供兒童綜觀 (overviewing) 知識領域全局，將有利於兒童搜尋資訊。綜觀知識領域全局牽涉資訊視覺化 (information visualization) 研究、知識分類 (knowledge categorization)、概念關聯 (concept association) 與名詞索引 (noun phrase indexing) 等領域研究。

本研究研發兒童虛擬空間中資訊尋求原形模型，可以整合人因介面有趣性及資訊分類檢索研究，供進一步檢查探索介面可用性和資訊系統研究，也提供了一種新方法的檢測兒童資訊尋求模式，對於嚴肅遊戲 (serious game) 及增進軟體學習之有趣性，極為重要，同時研究成果將可用於建構適合兒童使用之數位圖書館虛擬介面。後續研究建議為以下兩點：

空間介面設計

本研究嘗試透過認知的兩種心智策略來模擬人類在知識地圖中的搜尋模式，並將此種搜尋模式轉化成一種介面設計，並以量化方式驗證其使用性，以使用性方法來檢視資訊架構的導航設計中，期望後

續有相關研究作深入研究。因應兒童之空間能力差異，設置具有不同虛擬空間特質之介面提供兒童選擇應用。本研究只進行量化分析研究，缺乏對於受試者的檢索歷程觀察分析，也缺乏受試者的使用感受質性訪談資料歸納，如果能夠輔以質性或歷程分析應能產生更具深度的分析結果，也將更有助了解兒童使用數位資源方式，及兒童在圖像化介面中資訊尋求行為特點，從而針對兒童數位圖書館搜尋介面設計提出更具體的建議，以發展求合乎兒童使用需求之介面設計。另外在任務設計上，三個任務型態為從既有資料中挑選一個圖符，因此兒童操作時較無須循序知識之引導，可能導致立體路徑介面效果較差，因此相關任務設計仍待後續研究。

兒童介面與認知教育

兒童的網站是否可以發揮一種教育能力，例如透過資訊架構視覺化介面幫助兒童他們分析理解知識的分類架構；或加入非圖像思考式閱讀文字介面，訓練高層次推理能力。本研究結果顯示具體運思期兒童部分認知差異會影響介面操作或尋路績效。針對設計一套適合各個不同認知能力或不同年齡層使用的介面；並評估網路資訊搜尋整合兒童尋路行為與資訊尋求理論之確認性因素分析，仍待研究。

參考文獻

- Amichai-Hamburger Y., Kaynar, O. & Fine, A. (2007). The effects of need for cognition on Internet use. *Computers in Human Behavior*, 23, 880-891.
- Anderson, R.I. (2002). Coming together to explore the intersections of HCI, experience design, and information architecture. *Magazine interactions - Interface design*, 9(2), 109-111.
- Bates, M.J. (2002). The cascade of interactions in the digital library interface. *Information processing and management*, 38, 381-400.
- Bilal, D., & Kirby, J. (2002). Differences and similarities in info-seeking: Children and adults as Web users. *Information Processing and Management*, 38(5), 649-670
- Borlund, P., & Dreier, S. (2014). An investigation of the search behaviour associated with Ingwersen's three types of information needs. *Information Processing and Management*, 50(4), 493-507
- Chowdhury, S., Landoni, M., & Gibb, F. (2006). Usability and impact of digital libraries: A review. *Online Information Review*, 30(6), 656-680.
- Chase, W.G., & Chi, M.T. H. (1985). *Cognitive skill: Implications in large-scale environments*. Hillsdale, NJ, Erlbaum Assoc.
- Danielson, D. (2002). Web Navigation and the Behavioural Effects of constantly Visible Site Maps. *Interacting with Computers*, 40(5), 601-618.
- Downs, R. M., & Stea, D. (1973). Cognitive maps and spatial behavior: Process and products. In R. Downs & D. Stea(Eds.), *Image and environment*, 8-26.
- Hourcade, J.P. (2007). Interaction design and children. *Foundation and Trends in Human-Computer Interaction*, 1(4), 277-392. doi: 10.1561/11000000006
- Hutchinson, H., Rose, A., Bederson, B.B., Weeks, A.C. & Druin, A. (2005). International children's digital library: A case study in designing for a multilingual, multicultural, multigenerational audience. *Information Technology and Libraries*, 24(1), 4-12.
- Hutchinson, H.B., Druin, A. & Bederson, B.B. (2007). Supporting Elementary-Age Children's Searching and Browsing: Design and evaluation using the international children's digital library. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(11), 1618-1630.
- International Children's Digital Library (2014). Retrieved from <http://en.childrenslibrary.org/about/fastfacts.shtml>
- Jankowski, J. (2011). A taskonomy of 3D web use. *Proceedings of the 16th International Conference on 3D Web Technology*. Paris, France, p.93-100. Retrieved from <http://delivery.acm.org/10.1145/2020000/2010443/p93-jankowski.pdf?ip=140.124.81.77&id=2010443&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=AF37130DAFA4>

- 998B%2EE588BA804DC5365A%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&CFID=436308399&CFTOKEN=57915676&__acm__=1412237766_9088a33abf2f93cb6878df2399eb9251
- Kitchin, R. M. (1997). Exploring spatial thought. *Environments and Behavior*, 29,123-156.
- Kalbach, J. (2007). *Designing web navigation: Optimizing the user experience*. Sebastopol: O'Reilly Media.
- Kohler, T., Fueller, J., Stieger, D., & Matzler, K. (2011). Avatar-based innovation: Consequences of the virtual co-creation experience. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 160-168.
- Koshman, S. (2006). Visualization-based information retrieval on the web. *Library & Information Science Research*, 28(2), 192-207.
- Lynch, P.J. & Horton, S. (2009). *Web style guide*, 3rd edition: Basic design principles for creating web sites (3rd ed.). United States: Yale University Press.
- McKenney, S. & Voogt, J. (2010). Technology and young children: How 4-7 year olds perceive their own use of computers. *Computers in Human Behavior*, 26(4), 656-664.
- Mennecke, B.E., McNeil, D., Roche, E.M., Bray, D.A., Townsend, A.M., & Lester, J. (2008). Second life and other virtual worlds: A roadmap for research. *Communications of the Association for Information Systems*, 22(20), 371-388.
- Messinger, P.R., Stroulia, E., Lyons, K., Bone, M., Niu, R.H., Smirnov, K., Perelgut S. (2009). Virtual worlds -past, present, and future: New directions in social computing. *Decision Support Systems*, 47(3), 204-228.
- Mumtaz, S. (2001). Children's enjoyment and perception of computer use in the home and the school. *Computers and Education*. 36(4), 347-362
- Nielsen, J.(2000). Jakob nielsen's alertbox: Is navigation useful? Retrieved from <http://www.useit.com/alertbox/20000109.html>
- Passini, R. (1992). *Wayfinding in architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Risden, K., Czerwinski, M.P., Munzner, T., & Cook, D.B. (2000). An initial examination of ease of use for 2D and 3D information visualizations of web content. *International Journal of Human-Computer Studies*, (2000)53, 695-714
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67.
- Shenton, A.K., & Dixon, P. (2004). Issues arising from youngsters' information-seeking behavior. *Library & Information Science Research*, 26(2), 177-200
- Solomon, P. (1993). Children's information retrieval behavior: A case analysis of an OPAC. *Journal of the American Society for Information Science*, 44(5), 245-264..
- Sutanto, J., Phang, C.W., Tan, C.H., & Lu, X. (2011). Dr. Jekyll vis-à-vis Mr. Hyde: Personality variation between virtual and real worlds. *Information and Management*, 48(1), 19-26.
- Shelton, A.K. (2010). Defining the lines between virtual and real world purchases: Second life sells, but who is buying? *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1223-1227.
- Westermana, S.J., Collinsb, J., & Cribbin T. (2005). Browsing a document collection represented in two- and three-dimensional virtual information space. *Human-Computer Studies*, 62, 713-736.
- 日本 Yatsu Yagi (eight Goats) from the collection of children's books in the Meiji era of NDL National Diet Library project.檢自：http://www.ercim.eu/publication/Ercim_News/enw27/sugimoto.html
- 台北市立圖書館之兒童電子圖書館。檢自：<http://kids.tpml.edu.tw/mp.asp?mp=100>
- 【 Kids' eLib of Taipei Public Library. Retrieved from: <http://kids.tpml.edu.tw/mp.asp?mp=100> 】
- 原住民數位博物館兒童版網站。檢自：<http://www.dmtip.gov.tw/Kid/link.htm>
- 【 Digital Museum of Taiwan Indigenous People. Retrieved from: <http://kids.tpml.edu.tw/mp.asp?mp=100> 】
- 林秀鳳 (1998)。從教育功能淺談兒童數位圖書館之建置。 *大學圖書館*, 2(3), 152-160。
- 【 Lin, Hsiu-Feng (1998). The establishment of children's digital library in point of education function. *University Library Journal*, 2(3), 152-160. 】

張瀚文 (2000)。從小學生之資訊需求與資訊尋求行為探討學校資訊網路與系統設計。台北市立圖書館館訊, 17(3), 43-59。

【Chang, Han-Wen (2000). The design of information system in elementary school: A study on children's information needs and information seeking behaviors. Bulletin of the Taipei Public Library, 17(3), 43-59.】

張文德 (2008)。尋路導航輔助設計之比較與應用 (未出版博士論文)。國立臺灣科技大學設計研究所, 台北市。

【Chang, Wen-Te (2008). The comparison and application of navigational support design in wayfinding (Unpublished doctoral dissertation), Department of Industrial & Commercial Design, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei city.】

曾淑賢 (2001)。兒童圖書館線上公用目錄系統功能及介面設計之研究 (未出版博士論文)。國立臺灣大學圖書館圖書資訊學研究所, 台北市。

【Tseng, Shu-Hsien (2001). The function and interface design of an online public access catalog for children (Unpublished doctoral dissertation). Department and Graduate Institute of Library and Information Science, National Taiwan University, Taipei city.】

劉昫如 (2003)。圖書館兒童網頁之規劃與施行 (未出版碩士論文)。輔仁大學圖書資訊學系, 台北縣。

【Liu, Xu-Ru (2003). Planning and implementing library home page for children (Unpublished master's thesis), Department of Library and Information Science, Fu Jen Catholic University, Taipei county.】

蔡承佑 (2011)。圖像化搜尋介面輔助國小兒童資訊尋求行為之研究—以圖書館數位資源為例 (未出版碩士論文)。國立台北科技大學互動媒體設計研究所, 台北市。

【Tsai, Cheng-Yu (2011). The aid of children's information seeking behavior with the iconic search interface of digital library (Unpublished master's thesis), Graduate Institute of Interactive Media Design, National Taipei University of Technology, Taipei city.】

蔡承穎、楊美華 (2008)。公共圖書館中文版兒童網站評鑑之研究。臺灣圖書館管理季刊, 4(1), 47-66。

【Tsai, Cheng-Yin, & Yang, Mei-Hwa (2008). Evaluation indicators for chinese children's website of public library. Interdisciplinary Journal of Taiwan Library Administration.】

The Information Seeking Interface with Spatial Icons for the Children Digital-learning Database

Ko-Chiu Wu

Associate Professor, Graduate Institute of Interactive Media Design,
National Taipei University of Technology, Taiwan (R.O.C.)
E-mail: kochiuwu@mail.ntut.edu.tw

Chia-Jung Lin

Master Degree, Graduate Institute of Interactive Media Design,
National Taipei University of Technology, Taiwan (R.O.C.)
E-mail: s61227@hotmail.com

Hung-Chun Chen

Master Degree, Graduate Institute of Interactive Media Design,
National Taipei University of Technology, Taiwan (R.O.C.)
E-mail: ken110203@gmail.com

Hao-Ren Ke

Professor, Graduate Institute of Library and Information Studies,
National Taiwan Normal University, Taiwan (R.O.C.)
E-mail: clavenke@ntnu.edu.tw

Keywords: HCI; Navigation; Way finding; Children Spatial Cognitive

【Abstract】

In this age of information technology, children must develop the ability to search digital databases. However, the information-seeking behavior and cognitive abilities associated with language and images differ substantially between children and adults. Therefore there is an urgent need for an information-searching interface customized for children. Drawing on the design of computer games, we created a three-dimensional (3D) human-computer interface (HCI). Children's experience playing computer games can therefore inform way-finding and information-seeking behavior in this spatially-oriented interface. Three types of HCI were developed: a 2D graphic hyperlink (GH), a 3D extended survey (ES), and a 3D extended route (ER). These were tested for efficiency,

effectiveness, and time of operation by one-way analysis of variance. Our results indicated that children behave differently on the various interfaces. The proposed HCI is a helpful tool offering children a knowledge map that enables them to search for the information they need. Our results demonstrate that information visualization theory and concept association are topics worthy of further study in the development of a child-oriented information-seeking interface.