科學教育學刊
2019, 第二十七卷第一期, 49-72
DOI:10.6173/CJSE.201903_27(1).0003

Chinese Journal of Science Education
2019, 27(1), 49-72

科學學習生態系統的資源流通性與社會包容性

李偉廷　謝百淇*
國立中山大學　教育研究所

摘要

本研究透過科學學習生態系統的觀點，以科學學習環境問卷調查高雄地區的科學學習機構(N = 33)，透過社會網絡分析法及內容分析法進行資料分析，試圖刻畫高雄地區的科學學習生態系統，以提供實證性的建議，強化資源的流通與使用，並促進均等的科學學習機會，以提升公民科技素養。本研究發現，高雄地區的科學學習生態系統中，「高級中等以下學校」、「傳播業者」(電視、電臺、網站)及「博物館」在提供與接受資源上總流通量最高，而「圖書館／社教館所」有較高的機會與其他科學學習機構建立資源連結，亦即是最佳的資源集散中心。此外，也發現「圖書館／社教館所」與「博物館」與其他類型的科學學習機構相比，所提供的科學學習服務對於弱勢族群最為友善，能提升其進行科學學習的機會。本研究可以使決策者在思考如何有效分配科學學習資源時，有所依循，以提升資源使用的效率，避免資源的浪費。

關鍵詞：社會包容性、社會網絡分析、非制式科學教育、科學學習生態系統

壹、前言

除了制式的學校教育之外，還有相當多非制式的教育機構提供民眾進行科學學習的資源及場域(Bell, Lewenstein, Shouse, & Feder, 2009)。然而，因為這些非制式資源分布於各處，非制式科學教育(Informal Science Education, ISE)常受到誤解，認為其組織鬆散、規劃不如學校正規教育完備等缺點。確實，ISE的組織或人員之間，通常缺乏有效的溝通管道與資源整合，導致資源浪費以及成效不彰的缺點(徐典裕、王薏涵、郭凡瑞，2015)，亦少有系統化的活動，因此學習效果不彰，在態度及行動能力的培養成效更是有限(徐昊杲、施秀青，2014)。此外，吳青蓉(1999)表示因學習環境與學童生活經驗脫節，往往會導致學習成效不彰的後果。因此，將制式教育及非制式教育資源透過有系統的整合，並且提供資源平臺進行交流，將能使資源使用達到最佳化，提升資源的使用效率(邱庭煒、朱楠賢、何雅娟、陳香微，2011；陳正治、劉嘉茹，2014；Falk et al., 2016)。有鑑於此，本研究利用生態系統理論，將各資源納入其中並且探討其連結與互動關係，利用「化零為整」的方式，將各資源進行串聯，使系統中的各資源可以靈活運用與合作，進

*通訊作者：謝百淇，pshein@mail.nsysu.edu.tw
(投稿日期：民國108年2月3日，修訂日期：民國108年3月28日，接受日期：民國108年3月28日)

而形成綜效的科學學習環境，將可以更有效的提升公民科學素養(謝百淇、黃育真、張美珍、李馨慈，2016)。

此外，雖然目前的科學教育資源看似多元，但是卻仍然存在社會公平與包容性的問題，教育機會均等是目前政府與社會極力推動的目標(翁福元，2016)，然而目前的環境中，社會、經濟與文化等因素依然是推動教育機會均等的阻礙(Kyle, 1999; Shein, Swinkels, & Chen, 2018)。研究指出，科學學習機構應該要針對特殊族群提供推廣或服務(Frempong, Reddy, & Kanjee, 2011; Lee, 2003)，以提升整體社會各族群的教育機會均等。因此，本研究試圖刻畫高雄地區的科學學習生態系統(science learning ecosystem)，以提供實證性的建議，強化資源的流通與使用，並促進均等的科學學習機會(Dawson, 2014)。本研究亦探討科學學習機構之間的互動合作狀況，並且針對特殊族群在學習上的需求進行探討，試圖瞭解目前科學學習資源的流通狀況，以及科學學習資源對於特殊族群的社會包容性(social inclusion)現況，針對現況，提出改善建議。

因此，本研究之具體研究問題為：

一、高雄地區科學學習資源之流通現況為何？

二、高雄地區科學學習機構對於特殊族群之社會包容性為何？

貳、文獻探討

文獻探討將從「科學學習生態系統」、「社會包容的科學學習環境」(socially inclusive science learning environment)與「社會網絡分析」(social network analysis)等3個部分做論述。

一、科學學習生態系統

在生物學的領域中，生態系統是指在一定空間內的生物與能量之總和(Tansley, 1935)，在生態系統中，生物與能量之間可以形成一個穩定而動態的平衡，維持著整體生態系統的運作。一旦在穩定的生態系統中，其中一個物種個數突然增加或減少，抑或是有外來生物的入侵，都會造成平衡狀態被破壞，並且在新的狀態下逐漸達成新的平衡狀態。在發展心理學的領域中也提到，人的發展是透過與各種不同的系統：微系統(micro-system)、中系統(meso-system)、外系統(exo-system)與巨系統(macro-system)相互運作而建構而成，從家庭、同儕、學校、社區、社會，乃至於整個社會體系以及文化價值觀等等，都會對於發展有所影響。個人知識的取得與吸收自然也會受到這些系統之間互動的作用，而有所不同，構成了影響發展的生態系統理論(Bronfenbrenner, 1979)。

生態系統理論在發展心理學獲得普遍接受之後，Falk等(2015)提出利用生態系統理論的方式來調查並勾勒英國地區的科學學習環境，以全英國為研究範圍，收集200份問卷，透過類似於地理學的方式將科學學習機構之間的關係描繪出來，呈現出英國地區的科學學習生態系統，並且針對其中的連結狀況以及資源接受與提供之關係進行研究。其研究發現在系統中，資源在機構之間的流動具有特定的方向性，而且在接受與提供資源的能力與效率上，各機構之間存有明顯的差異，因此透過生態系統觀點進行資源整合，並鼓勵各機構之間持續合作互動，使整體系統更加完整，進而提升科學學習的整體品質。

本研究「科學學習生態系統」的想法與實踐社群(Community of Practice, CoP)的理念不謀而合。所謂的實踐社群，是指一群人找

機會聚集在一起，互相分享知識、興趣或意見(蔡進雄，2009)。由於實踐社群是一個非正式的組織型態，其發展的狀況取決於在其中的每一個人投入的心力與努力。而CoP的理論有三大面向：知識場域、社群民眾及分享實踐(Wenger, McDermott, & Snyder, 2002)。此三大面向之間相互運作，決定了該社群的成熟度及穩定性。而在科學學習生態系統中，把實踐社群的尺度再擴大，把個體變成科學學習機構，這些機構之間的互動，視為是放大版的實踐社群模式。

本研究利用生態系統的觀點，把屬於同一地區的科學學習者及科學學習機構視為是生態系統中的生物，而科學學習機構所能提供的各種資源則可視為生態系統中的能量與營養，在高度分工的現代化社會中，要辦理各項活動絕對不是單一機構憑藉自身的力量就可以完成，勢必會與其他機構進行分工合作，因此當我們看到最後產出的活動成果時，背後的資源互動與流通才是活動的重要關鍵，因此，機構之間會透過合作，提供學習者科學學習的機會與資源，就算是在學校中進行制式的科學教育，也需要透過與其他機構的合作，特別是與ISE機構的合作，去提供學生更多學習的機會，也能提升學生的學習品質(Dunlop, Clarke, & McKelvey-Martin, 2019)。

然而，過去常常僅針對單一科學學習機構的活動進行探討，但前文中提到，活動的成效不只是單一機構的成果，而是由參與了整體資源互動與流通的所有機構共同完成，因此，瞭解機構之間的資源互動與流通就顯得相當重要。但是，目前針對整個科學學習生態系統的研究甚少，若能有效的瞭解系統中各機構之間資源互動與流通的狀況，將可以協助各機構的決策者在辦理活動時進行評估，進而有效的整合現有資源並且試圖開拓其他資源，提高科學教育的品質與綜效(謝百淇等，2016；Falk et al., 2016)，也能使在此系統中的民眾得以享受更加完善的科學學習經驗，提升其科學素養。

二、社會包容的科學學習環境

科學學習可以建立在各式各樣的時空環境之下，從小學、中學到大專院校，這些所謂的「學校教育」，也被稱之為「制式教育」，在規範的課綱與教學內容之下，提供學生具有規範的科學知識。而「非制式教育」即是相對於制式教育而出現的名詞，指在學校教育之外，透過活動、營隊、實作與參訪等方式，讓學生進行學習。而近年來ISE日漸盛行，這些ISE機構原本設立的意義在於提供學校教育之外的管道，讓社會大眾可以繼續接觸科學，但是許多研究都發現，參觀這些ISE機構的民眾，大多屬於社經地位較接近的族群：低年齡層、高教育程度、高社經地位與居住於都會地區(浦青青，2013；黃臺珠，2012；Shein, Li, & Huang, 2015; Shein et al., 2018)。這樣的現象與ISE機構設立的目的：讓社會大眾接觸科學互相牴觸。而非制式教育機構的存在，就是為了要彌補制式教育的不足，提供學習機會給那些在制式教育中被忽視的人，不能讓學習的機會成為有權力的人才有資格獲得的東西，否則，這些非制式教育只會擴大制式教育不足造成的差距。科學傳播不只是要處理科學的問題，也要關注這些科學知識或活動是否對於所有的族群都是友善，要考慮到所有的觀眾是否都可以輕鬆的去獲得科學知識。因此，在科學傳播的議題上，也必須考慮社會包容性的問題，不能讓某些特定族群感覺到他們被科學給屏除在外(social exclusion) (陳涵郁，2011；

Massarani & Merzagora, 2014)。

除了科學學習機構提供的環境可能讓特殊族群困擾之外，Dodd, Sandell與Coles(1998)也提出民眾在參觀博物館時可能會遇到的8種阻礙因素，分別是：肢體、感官、智能、財務、情緒／態度、決策、資訊及文化等因素，Falk與Dierking(2013)也整理出民眾不參觀博物館的5項原因：族群、過往生活經驗、教育程度、經濟狀況及個人意識等因素，這些因素都會導致民眾不願意或是無法順利的在這樣的場域接受科學傳播。此外，也有研究指出影響民眾是否前往科學學習機構的主要考量因素有距離、教育意義、是否有幼兒陪同、科學興趣以及對科學學習機構的看法(Shein et al., 2018)。而特殊族群之所以稱之為特殊族群，就是在肢體上、文化上、經濟上以及各方面有所缺憾，因此這些因素對於特殊族群來說，更是雪上加霜，過去也有眾多學者提到某些特殊族群，例如：女性(蔡麗玲，2003)、視障人士(余嘉盈，2013)、精神障礙(陳佳利、林式穀、林俊宏、劉德祥，2013)、新住民(林頌恩，2013；袁緒文，2016；隗振瑜，2015)與原住民(林頌恩)等族群，在前往科學學習機構時所遭遇到的困難與阻礙。

有鑑於此，本文參考Dawson (2014)的理論架構，要建構友善的非制式科學學習環境的基本要素，分別有三大向度：非制式科學學習資源分配結構(ISE infrastructure access)、非制式科學學習素養(ISE literacies)以及社區接納(community acceptance)，表1即列出友善的ISE環境的基本要素。

雖然Dawson (2014)的理論架構是針對ISE的環境進行探討，但是在制式的科學教育環境中，科學學習環境對於特殊族群而言卻是更加不友善(傅麗玉，2004)，此外，科學學習要達到最佳的效果，必須結合制式教育與非制式教育(鄭瑞洲、洪振方、黃臺珠，2011)，因此本研究即是使用Dawson所提出的架構，並且將其擴大包含制式教育與非制式教育，形成建立友善的科學教育環境，並且利用Falk等(2015)提出的科學學習生態系統概念，試圖建構高雄地區的科學學習生態系統。進一步的釐清高雄地區的科學學習機構是否有注重社會包容性，以及要如何提升對

表1：友善的ISE環境的基本要素

向度	具體作法
非制式科學學習資源分配結構	識別ISE資源分配不均的區域。
	重新分配ISE的機會。
	重新分配的策略中包含ISE方法的改變。
	尊重不同地區與人民的差異。
非制式科學學習素養	識別ISE素養所具有的多樣性。
	建立明確的素養指標。
	素養指標的建構包容多元知識、方法和文化。
	在ISE內容、員工、觀眾、行銷等各方面注重多樣性。
社區接納	接受和邀請新的民眾，並調整以上兩個要素。
	發覺社區接納是多面向和多方向的。
	給予平等和包容的承諾。
	ISE策略的改善應呼應民眾的參與。

資料來源：“Equity in informal science education: Developing an access and equity framework for science museums and science centres” by E. Dawson, 2014, *Studies in Science Education*, *50*(2), pp. 209-247.

於弱勢族群的社會包容。

三、社會網絡分析

社會網絡分析主要是從微觀角度去研究系統現象，並試圖說明或解決系統內部的問題(翁順裕、賴奎魁，2009)。一般認為，社會網絡是由節點(nods)，以及節點之間的關係(ties)所組成，因此社會網絡分析的主體就是系統中各節點之間的各種關係(Giddens, 2009)。社會網絡分析被廣泛運用在商業經營管理相關領域，作為企業分析合作與競爭關係的參考依據，近20年與社會網絡分析的相關研究更是有增無減(Chen & Yan, 2016)，此外，社會網絡分析也大量運用在社會學、人類學、傳播學與公共衛生等研究領域(Wasserman & Faust, 1994)，演變至今，也開始被應用在公共行政學(Freeman, 2004)與資訊心理學(王思峰、鄭尹茹，2005)等其他領域，為各個研究領域提供了新的研究取向。

社會網絡分析關注2組重要變項：個別機構的位置角色位置與權力地位以及整體網絡連結狀況。角色位置與權力地位是社會結構的基本特性(Hanneman & Riddle, 2005／陳世榮譯，2013)，而在社會網絡分析的架構中，作為探討位置與權力的概念就是中心性(centrality)，而位置與權力又可以再細分為優勢位置、更多機會與較少限制等3類，因此中心性可以對應這樣的位置與權力類別，分為3類：程度中心性(degree centrality)、接近中心性(closeness centrality)與中介中心性(betweenness centrality) (Raça & Çiço, 2013)。

(一)程度中心性

本類別的主要思考是節點是否具有機會或選擇，亦即節點是否位於「優勢位置」。若是該節點具有較高的程度中心性，表示該節點與網絡中較多的節點有連結。而這些連結還要考慮方向性，是往外提供的提供程度(out degree)還是向內接受的接受程度(in degree)，其意義會有所不同。總結而言，程度中心性可以視為與他人直接連結的數量與狀態，有較高程度中心性的科學學習機構，即是與較多相關機構之間有資源連結。

(二)接近中心性

本類別的主要思考是節點與其他節點的距離，亦即節點是否具有「更多機會」。若是該節點具有較高的接近中心性，表示該節點與網絡中其他節點的距離較近，可以有更多與其他節點進行連結的機會。總結而言，接近中心性可以視為是與他人直接連結的距離與便利性，有較高接近中心性的科學學習機構，即是有較高的機會與相關機構產生資源連結。

(三)中介中心性

本類別的主要思考是節點在其他節點之間的聯絡，亦即節點是否可以有「較少限制」。若是該節點具有較高的中介中心性，表示該節點位於由其他節點之間構成連結的中間點，可以有能力去提供其他節點之間連結的中介效果。總結而言，中介中心性可以視為是位於其他人之間提供中介效果的能力，有較高中介中心性的科學學習機構，在與相關機構產生資源連結時較不會有所阻礙。

中心性的測量是社會網絡分析針對節點的位置與權力的分析方式，其意義大同小異，但要選擇何者進行研究仍要視研究需求，考量要探討其優勢位置、更多機會或較少限制，再進行研究方式之調整。

過往研究中，社會網絡分析常用於經營

管理等領域，從微觀的人與人之間互動關係(Borgatti, Mehra, Brass, & Labianca, 2009)，到較大尺度的產業鏈之間互動關係(方世榮、張文賢、林正智，2008；許恩得、陳德茂，2012；楊銘賢、吳濟聰、蘇哲仁、高慈薏，2009)。本研究欲探討科學學習機構之間的互動關係，其模式與企業之間的互動關係相似，因此本研究採用社會網絡分析法作為主要研究方法。

參、研究設計

一、研究方法與工具

本研究使用調查研究法，使用自陳式問卷的方式調查高雄地區的科學學習機構舉辦科學學習活動的狀況，以及與其他科學學習機構之間的合作或互動關係。問卷係參考Falk等(2015)採用過的科學學習環境研究問卷，Falk等使用此工具進行英國地區的相關調查研究，此問卷共有6個部分，分別是機構基本資料、活動安排與合作對象、參與者狀況、效益與成果、ISE的概念及填答人聯絡方式，問卷翻譯過程採用回譯校正，在完成中文翻譯版本之後，由熟稔英文的人員再度翻譯為英文，並與原始英文版本進行對照，若雙向翻譯之後發現問卷文字有所出入，則透過會議討論進行修正與調整，不斷重複此步驟，以確定在翻譯的過程中沒有誤解或改變了問卷的原意。完成翻譯之後再將問卷重新改編，新增關於機構對特定族群服務狀況的題目，以瞭解此系統是否對於多元族群的學習具有社會包容性。

完成研究工具之初稿後，先是請一位科學博物館館員進行預試，預試方式採用認知訪談，透過訪談去瞭解受訪者在解釋題目及答題時遭遇的困難以及認知歷程，以受訪者個人經驗在填答時的反應狀況，做為修改問卷的依據。並委由一位科學教育專家與2位科學博物館館員進行專家審查，根據其修改意見進行研究工具之內容修正：包含將翻譯為中文之機構分類名稱潤飾為符合我國民情及習慣之選項；將翻譯後語句不通順或不完整的狀況進行修正；將問卷之排版格式進行調整，並提供更多引導語及說明，使填答者易於作答，在確定問卷題項之信度、效度及確保資料收集之完整性之後，完成「科學學習環境問卷」之編撰。完成修改後正式定稿之研究工具共有6個部分，分別是：機構之基本資料、機構舉辦之活動與預期成效、機構與其他機構之合作關係、機構的服務對象及措施、填答者之聯絡方式、機構中的其他決策者(參見附錄)。在資料分析時將透過「機構與其他機構之合作關係」探討科學學習資源之流通現況，利用「機構舉辦之活動與成效」及「機構的服務對象及措施」探討其社會包容性。並透過回訪填答者與其他決策者，以確保研究資料的正確性。

二、研究對象與抽樣

由於本研究為一初探性研究，經評估之後選擇以研究者所在之區域：高雄地區，做為研究場域。研究對象主要為位於高雄地區的科學學習機構，並包含一些非位於高雄地區，但是對於高雄地區居民也有影響力的科學傳播機構(例如傳播媒體及出版業者等類型)。對於機構的分類，主要參考Falk等(2015)的研究，但考量臺灣地區與英國地區的差異性，因此將科學學習機構類別重新調整(見表2)，其中包含了制式科學學習機構(例如：大專院校及高級中等以下學校)、非制式科學學習機構(例如：科學研究機構、非營利與營利的科教機構、博物館、動物園

／植物園／水族館、自然學習／體驗中心、圖書館／社教館所及科學／文化園區)、科學傳播機構(傳播業者、出版業者、觀光工廠及戲劇或表演團體)。研究對象的選取採抽樣方式，抽樣方式採用自我中心網絡調查(egocentric networks)及滾雪球抽樣法(snowball sampling)，從研究者本身向外連結，從每一個類別中挑選若干個機構進行問卷發放，並詢問與其機構相連結的合作對象，從中挑選合作對象機構，進行滾雪球抽樣法調查。總計發出53份問卷，回收33份有效問卷，回收率約為62.26%。各類別機構數量及比例統計如表2所示。

三、資料分析

本研究之資料分析分為兩部分進行，針對高雄地區的科學學習生態系統現況，採用「社會網絡分析」，而對於特殊族群的社會包容性，則採用「內容分析」，其資料分析方法如下所述。

(一)社會網絡分析

「科學學習生態系統」的探討運用社會網絡分析技術(Borgatti et al., 2009; Hanneman & Riddle, 2005／陳世榮譯，2013)；透過社會網絡分析，除了可以得知各機構之間的相互合作關係，也能知道各機構在生態系統之中所扮演的角色(Khalil, Ardoin, & Wojcik, 2016)，進而可以針對系統中的機構給予建議，使整個科學學習生態系統更加完備，提供學習者更佳的學習經驗。

整體網絡連結狀況欲探討的是此社會網絡中的「構型特性」(configuration)，可以透過3個變項：「集中性」(centralization)、「密度」(density)及「結構洞」(structure hole)，判斷整體系統的特性(陳榮德，2004；Borgatti, Everett, & Freeman, 2002; Borgatti et al., 2009; Hanneman & Riddle, 2005／陳世榮譯，2013)。

表2：各類別機構數量及比例統計

機構類別	數量	比例(%)
大專院校(大學、專科學校、學院)	5	15.15
高級中等以下學校(高中、國中、小學)	6	18.18
科學研究機構(主要目的為研究而非教育)	2	6.06
非營利的科教機構(基金會、協會、社團法人)	5	15.15
營利的科教機構	1	3.03
傳播業者(電視、電臺、網站)	1	3.03
出版業者(書刊、課本、自修講義)	0	0.00
博物館(教育部及縣市政府所屬之博物館所)	2	6.06
動物園／植物園／水族館	1	3.03
自然學習／體驗中心(自然公園、濕地、野地)	3	9.10
圖書館／社教館所	6	18.18
科學／文化園區	0	0.00
觀光工廠	1	3.03
戲劇或表演團體	0	0.00
其他類型機構	0	0.00
總計	33	100.00

1.集中性

表示此網絡的極權程度，其數值介於0 ~ 1之間。若數值為0則表示此網絡中每一個節點所具有的連結數量都相同，沒有差異，顯示在網絡中的節點其地位相當平等。若數值為1則表示該網絡的節點都要透過其中某個特定節點才能建立連結。

2.密度

表示此網絡的完整程度，其數值介於0 ~ 1之間。若數值為0則表示該網絡中的每一個節點之間都沒有產生連結。若數值為1則表示該網絡中的每一個節點之間都產生了連結，沒有尚未建立的連結。

3.結構洞

表示關係或連結的缺少狀況，也就是網絡關係中出現的缺口狀況。如果結構洞數值較大，表示此網絡具有較多的缺口。而結構洞與密度正好是反向的關係，當網絡規模擴大，其密度會下降，將會產生更多結構洞。

資源流通性部分，本研究透過社會網絡分析軟體：UCINET 6.632 (Freeman, Everett, & Borgatti, 2017b)，分析各類型機構之間資源互動的關係強度數值，呈現高雄地區各類型之科學學習機構之間的合作關係，並進一步呈現此合作關係所形成的學習生態系統網絡。本軟體可以進行單向關係與雙向關係等不同分析方式，由於機構之間的合作多由其中一方主動發起，因此在合作關係的探討上應為單向關係。而社會網絡分析的分析單位是節點與節點之間的關係，需要將各機構之間的關係進行加權整理，得到各類別機構之間的總關係強度數值，才能進一步進行後續的分析。為了取得此數值，本研究進行以下數據處理。

(1) 將問卷作答情形轉換為數值

為了要進行後續的數值整理計算，因此將問卷之第三部分「機構與其他機構之合作關係」(參見附錄)進行資料轉換，利用表3所呈現的轉換方式，將合作機構數量、合作頻率及合作資源分別轉換為數值，以利後續計算。

(2) 計算各機構對於不同類型機構的接受與提供合作關係強度

如下列算式所示，將問卷中所提及的合作機構數量、合作頻率與提供資源數量進行乘積，得出該機構對於不同類別機構的提供合作關係強度($p_{1A/2–out}$)，並且用相同的計算方式，得出機構對於各類別機構的接受合作關係強度($p_{1A/2–in}$)。

$$p_{1A/2–out} = n_{1A/2} \times f_{1A/2} \times r_{1A/2–out}, \qquad (1)$$

變數定義：

$p_{1A/2–out}$ = 第1類中的A機構對第2類機構的提供合作關係強度。

$n_{1A/2}$ = 第1類中的A機構對第2類機構的合作機構數量。

$f_{1A/2}$ = 第1類中的A機構對第2類機構的合作頻率。

$r_{1A/2–out}$ = 第1類中的A機構對第2類機構的提供資源數量。

(3) 計算各類別機構對於不同類型機構的接受與提供合作關係強度

表3：研究資料數值轉換表

研究資料項目	合作機構數量	合作頻率	合作資源
數值轉換方式	填寫時即為數值，不須轉換。	從無 = 0，極少 = 1，偶爾 = 2，頻繁 = 3。	依照勾選數量轉換為數值。

如下列算式所示，將同一類別機構的提供合作關係強度進行平均，以取得各類別機構對於不同類型機構的提供合作關係強度($P_{1/2-out}$)，並且用相同的計算方式，得出機構對於不同類型機構的接受合作關係強度($P_{1/2-in}$)。

$$P_{1/2-out} = \frac{\Sigma p_{1x/2-out}}{X_1}, \quad (2)$$

變數定義：

$P_{1/2-out}$ = 第1類機構對第2類機構的提供合作關係強度。

$p_{1x/2-out}$ = 第1類中的任一機構對第2類機構的提供合作關係強度。

X_1 = 第1類機構的總數量。

(4) 計算各類型機構對不同類型機構的總合作關係強度

如下列算式所示，由於「第1類機構對第2類機構的提供合作」與「第2類機構對第1類機構的接受合作」，在本質上皆為「第1類機構對第2類機構的合作」，因此在計算時將這2種本質上相同的合作關係進行加總，得出總合作關係強度($P_{1/2}$)。

$$P_{1/2} = P_{1/2-out} + P_{2/1-in}, \quad (3)$$

變數定義：

$P_{1/2}$ = 第1類機構對第2類機構的總合作關係強度。

$P_{1/2-out}$ = 第1類機構對第2類機構的提供合作關係強度。

$P_{2/1-in}$ = 第2類機構對第1類機構的接受合作關係強度。

完成各類型機構之間的總合作關係強度之後，將此數值輸入至UCINET 6.632 (Freeman et al., 2017b)軟體中，並透過軟體進行程度中心性分析，可以得到各類型機構之間的提供程度與接受程度數值(見表4)，再進一步將同一類型機構的提供程度與接受程度進行相加，得到總流通程度數值，此外，也將同一類型機構的提供程度與接受程度進行相減，得到流通傾向之數值。再利用Freeman (1979)所提出的接近中心性計算方式，將合作關係強度數值透過UCINET 6.632 (Freeman et al., 2017b)軟體進行接近中心性分析，可以得到各類型機構的接近中心性數值，區分為提供中心性(out closeness)與接受中心性(in closeness) 2種。

由於本研究欲探討科學學習生態系統的整體資源流通性，著重於與節點與其他節點之間的直接連結狀態，因此選取程度中心性與接近中心性作為角色位置與權力地位資料分析的主要變項。此外，本研究亦探討整體網絡特性，著重於網絡的完整性與資源使用的流通性，因此選取密度與結構洞作為整體網絡連結狀況資料分析的主要類別，此二指標皆是將總流通程度輸入軟體之後，點選對應的分析方法，即可獲得相關數值。

完成數值資料分析之後，再利用NetDraw 2.160 (Freeman, Everett, & Borgatti, 2017a)網絡繪圖軟體，將總流通程度數值匯入軟體中，即可將網絡數值圖像化，並且透過調整節點位置、修改線條粗細、箭頭方向與節點位置呈現數值。

(二)內容分析

社會包容性方面，本研究採用內容分析法，以每一種類型的科學學習機構做為研究單位，利用問卷中「機構舉辦之活動與成效」及「機構的服務對象及措施」兩部分(參見附錄)進行分析，除了透過問卷調查各機構對於特殊族群所提供推廣或服務之外，也會根據問卷的回覆狀況進行回訪，回訪內容

表4：科學學習生態系統之資源流通現況：社會網絡分析之各項數值表

	程度中心性				接近中心性	
機構類別	提供程度	接受程度	總流通程度	流通傾向[a]	提供中心性	接受中心性
大專院校	288.87[b] (5)[c]	203.83 (7)	492.70 (5)	85.04 (3)	73.68 (3)	77.78 (3)
高級中等以下學校	217.17 (7)	459.26 (1)	676.43 (1)	-242.09 (15)	70.00 (8)	87.50 (2)
科學研究機構	182.50 (8)	110.00 (9)	292.50 (11)	72.50 (5)	53.85 (14)	56.00 (12)
非營利的科教機構	305.15 (3)	222.83 (6)	527.98 (4)	82.32 (4)	73.68 (3)	77.78 (3)
營利的科教機構	49.33 (12)	28.50 (12)	77.83 (12)	20.83 (7)	63.64 (9)	58.33 (11)
傳播業者	287.20 (4)	321.97 (4)	609.17 (3)	-34.77 (12)	77.77 (2)	73.68 (6)
出版業者	158.27 (10)	174.34 (8)	332.61 (9)	-16.07 (11)	60.87 (10)	60.87 (8)
博物館	326.34 (2)	331.20 (3)	657.54 (2)	-4.86 (10)	73.68 (3)	77.78 (3)
動物園／植物園／水族館	225.67 (6)	73.16 (11)	298.83 (10)	152.51 (2)	73.68 (3)	73.68 (6)
自然學習／體驗中心	342.99 (1)	105.83 (10)	448.82 (7)	237.16 (1)	73.68 (3)	60.87 (8)
圖書館／社教館所	178.70 (9)	264.41 (5)	443.11 (8)	-85.71 (13)	82.35 (1)	93.33 (1)
科學／文化園區	5.00 (14)	5.00 (14)	10.00 (14)	0.00 (9)	56.00 (12)	53.85 (13)
觀光工廠	2.50 (15)	1.00 (15)	3.50 (15)	1.50 (8)	51.85 (15)	50.00 (15)
戲劇或表演團體	39.83 (13)	13.50 (13)	53.33 (13)	26.33 (6)	58.33 (11)	51.85 (14)
其他類型機構[d]	120.66 (11)	355.33 (2)	475.99 (6)	-234.67 (14)	56.00 (12)	60.87 (8)

註：[a]流通傾向的數值若為正值，代表主要為提供資源；若數值為負值，代表主要為接受資源；[b]表4之數值均為UCINET 6.632 (Freeman et al., 2017b)所輸出，計算至小數點後兩位數字；[c]括號內數字代表排序；[d]其他類型機構包含了各公司行號、宗教團體、非科學性質之營利及非營利學會及協會。

以釐清問卷填答狀況及進一步追問所提供的推廣或服務其具體內容為何，依照回訪時的敘述，藉以瞭解該機構對於特殊族群所提供的具體推廣或服務方案，根據分析類目進行資料編碼。此外，也透過各科學學習機構的官方網站公開資訊進行分析。分析類目的選擇，根據研究問題，聚焦於該機構對於不同特定族群(高齡族群、低收入戶、低成就學生、身心障礙、偏遠地區、原住民族及新住民)是否有提供特別活動或特殊服務，以提升特定族群接觸與使用科學學習資源。這裡所提及的特別活動或特殊服務，包含票價優惠(王啟祥，2015；鍾國南、江鳳連、方力行，2003)與特別活動(許玉明，2008)，分析類目之具體說明如下。

1.票價優惠

指進入該科學學習機構時所需支付的之費用，若是提及對於特定族群提供費用折扣，即符合本項目。

2.特別活動

指科學學習機構在規劃各項活動時，若是提及特定族群具有限定或優先參與的權利，抑或是在活動主旨提及該活動為針對特定族群所舉辦，即符合本項目。

為了確保進行內容分析的信、效度，本研究進行編碼者信度分析，由2位獨立編碼者進行上述之資料分析，完成編碼後進行相互對照與討論，針對編碼有出入的部分進行討論，並完善分析類目的具體說明，當兩位編碼者的編碼一致性達90%以上時，完成編碼一致性分析。

肆、研究結果

一、科學學習生態系統之資源流通現況

社會網絡分析中的各項數值中，主要探討程度中心性及接近中心性，其數值均是由UCINET 6.632 (Freeman et al., 2017b)輸出(見表4)。

(一)程度中心性：各類型機構資源流通程度

程度中心性主要有2種，分為提供程度及接受程度。此外，在本文中利用線性組合的方式，衍生出另外2種中心性，分別代表總流通程度(out + in degree)及流通傾向(out – in degree)，其說明及數值意義如下所述。

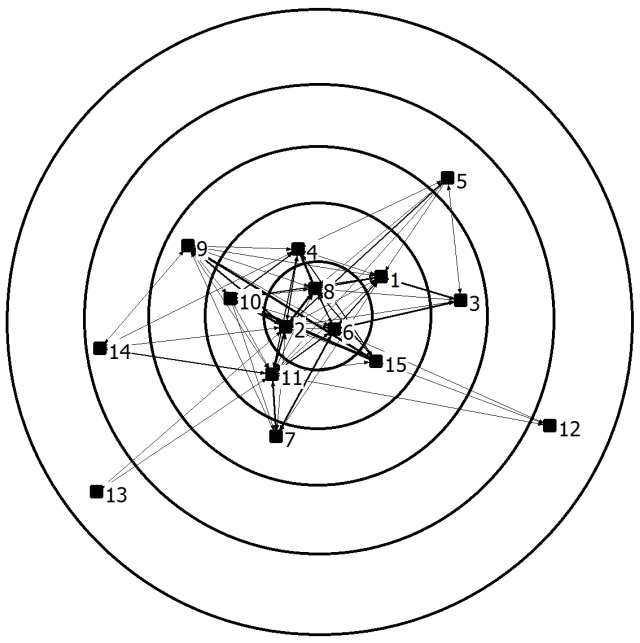
提供程度代表該類型機構在資源提供方面的程度高低。在表4中，以「自然學習／體驗中心」為最高，其次是「博物館」及「非營利的科教機構」。而這些在此項數值較高的機構，代表在進行科學教育活動時，主要是資源提供者的角色。接受程度則正好相反，代表該類型機構在資源接受方面的程度高低，而數值最高的是「高級中等以下學校」，其次是「博物館」以及「其他類型機構」。因此，我們把提供程度與接受程度的數值相加，稱為總流通程度，可以代表該類型機構在提供與接受資源之總數值，根據此數值，大致可將高雄地區之科學學習系統分成5個層次：1.高度流通：「高級中等以下學校」、「博物館」、「傳播業者」；2.次高度流通：「非營利的科教機構」、「大專院校」、「其他類型機構」、「自然學習／體驗中心」、「圖書館／社教館所」；3.中度流通：「出版業者」、「動物園／植物園／水族館」、「科學研究機構」；4.次低度流通：「營利的科教機構」、「戲劇或表演團體」；5.低度流通：「科學／文化園區」、「觀光工廠」。如圖1所示，透過NetDraw 2.160 (Freeman et al., 2017a)網絡繪圖軟體，根據總流通程度，可繪製出高雄地區科學學習生態系統的分層，由核心到邊陲。如果把提供程度的數值與接受程度的數值相減，得到一個帶有正負號的數據，可以視為該類型機構在此系統中，主要扮演的角色及功能是具有提供資源抑或是接受資源的流通傾向。若數值為正值，代表主要為提供資源；若數值為負值，代表主要為接受資源。如圖2所示，在此系統中，「自然學習／體驗中心」及「動物園／植物園／水族館」明顯較偏向付出資源的一方，顯示出在此系統中，這兩類型的機構屬於資源供應者的角色，例如某個自然學習／體驗中心表示他們大量的接受各界的委託，前往各級學校與公司行號進行環境教育的推廣活動，因此在系統中就會呈現相當高度提供資源的現象。而「高級中等以下學校」及「其他類型機構」則明顯偏向接受資源的一方，在此系統中屬於資源接受者的角色，例如許多高中職以下學校為了擴展學生視野，提供學生多元學習的機會，會與鄰近學校的社區或組織進行合作，引入社區相關資源，形成學校特色，因此在系統中就會呈現出高度接受資源的現象。而其他類型機構大多屬於提供資源及接受資源平衡的狀態，顯示這些機構在系統中扮演中堅角色，承接其他機構的資源，也傳遞資源給其他機構，因此呈現提供與接受資源的差異較不明顯的現象。

(二)接近中心性：各類型機構資源提供或接受的效率

接近中心性主要有2種，分為提供中心性及接受中心性，其說明及數值意義如下所述。

資源的提供中心性，意即在付出資源時，各類型機構的能力數值，也可以視為是在付出資源時，與其他機構之間的距離高低，若是提供中心性數值較高的機構，則可以認為是與其他機構之間有較小的距離，可以有更多機會向其他機構提供資源。如表4所示，「圖書館／社教館所」的數值最高，而「傳播業者」則次之，也就表示這些類型的機構在付出資源的部分效率較佳，可以較為便利的將資源提供給系統內的其他機構。

資源的接受中心性，意即在接受資源時，各類型機構的能力數值，也可以視為是在接受資源時，與其他機構之間的距離高低，若是接受中心性數值較高的機構，則可以認為是與其他機構之間有較小的距離，可以有更多機會從其他機構接受資源。如表4所示，「圖書館／社教館所」的數值最高，而「高級中等以下學校」次之，顯示出這些機構在接受資源的便利性較佳。值得注意的一個部分是「其他類型機構」，此類別在接受程度的數值相當高，而且在判斷提供或接受資源的狀況時，也相當明顯的偏向了接受資源的一端。判斷可能造成此現象的原因有2個。第一，受訪對象主要是科學學習機構，但是與這些機構合作辦理科學教育活動的機構卻不一定是科學學習機構，因此無法在詢問合作狀況時列入分類中，故填入其他類型機構。導致其接受程度數值較高。第二，如前所述，由於受訪對象主要是科學學習機構，其他類型機構並非主要分類，因此造成接受程度的數值較提供程度高，導致在判斷提供或接受資源的狀況時，會有較大的差異。此部分的現象可以由後續研究進一步探討。



1. 大專院校
2. 高級中等以下學校
3. 科學研究機構
4. 非營利的科教機構
5. 營利的科教機構
6. 傳播業者
7. 出版業者
8. 博物館
9. 動物園／植物園／水族館
10. 自然學習／體驗中心
11. 圖書館／社教館所
12. 科學／文化園區
13. 觀光工廠
14. 戲劇或表演團體
15. 其他類型機構

圖1：高雄地區科學學習生態系統分層分布圖

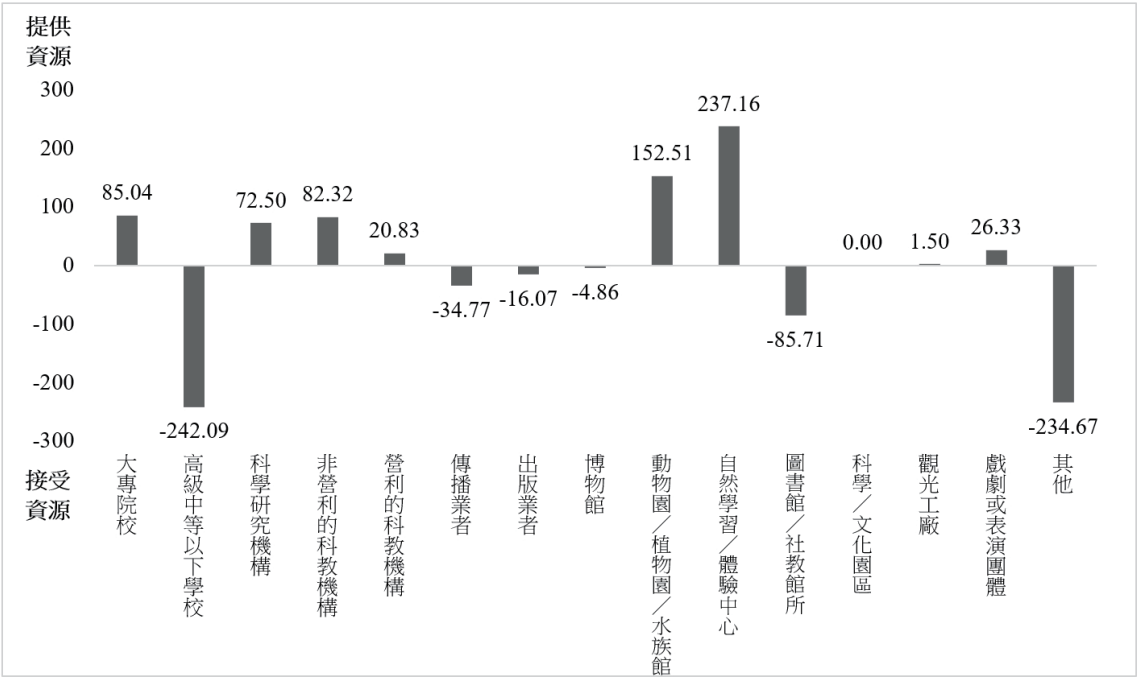


圖2：各類型機構提供／接受資源之狀況

二、科學學習生態系統之社會包容性

根據研究工具，詢問各個科學教育機構對於特定族群提供的推廣或服務狀況，其結果整理如表5所示。

研究發現在低收入戶與身心障礙族群方面，「博物館」、「圖書館／社教場所」及「動物園／植物園／水族館」都有提供相關的優惠措施，其方式主要是提供票價優惠，原因是由於我國的社會福利法規(「老人福利法」、「身心障礙者權益保障法」)之規定，對於這些族群必須給予相關的票價優惠。另外，對於低成就學生、偏遠地區與原住民族等族群方面，主要會提供特別活動做為增進該族群前往這些場所的意願，例如在圖書館辦理相關主題書展等方式。然而，值得特別注意的是對於新住民族群的部分，除了「博物館」及「圖書館／社教場所」會提供特別活動之外，「大專院校」方面也有安排相關的措施讓新住民族群參與活動，例如2017臺灣科普環島列車即積極邀請新住民及高齡族群一同參與活動，透過主動邀請以提升新住民參與的意願，達到活動推廣的目的(李旺龍，2017)。

伍、討論與建議

一、討論

本研究透過科學學習生態系統的觀點，利用社會網絡分析法，描繪高雄地區的科學學習生態系統，調查高雄地區科學學習機構之間資源流通與合作的現況，繪製出科學學習生態系統分層分布圖，並探討在此系統中，針對各特殊族群的社會包容性之狀況。

(一)高雄地區的科學學習生態系統現況

本研究整理出高雄地區的科學學習生態

表5：機構對於特定族群提供推廣或服務之狀況表

機構類別	高齡族群	低收入戶	低成就學生	身心障礙	偏遠地區	原住民族	新住民
大專院校							B
高級中等以下學校							
科學研究機構							
非營利的科教機構							
營利的科教機構							
傳播業者							
出版業者							
博物館	A	A	B	A		B	B
動物園／植物園／水族館	A	A			B	B	
自然學習／體驗中心		B					
圖書館／社教館所	B	B		B	B	B	B
科學／文化園區							
觀光工廠							
戲劇或表演團體							
其他類型機構							

註：A：票價優惠；B：特別活動。表格中空白的部分，代表該類型機構未針對該特定族群提供推廣或服務。

系統，與英國地區的科學學習生態系統相比(Falk et al., 2015)，整體系統的各項特徵都有所不同，顯示出科學學習生態系統在不同的地區，會有所差異。

根據研究結果，在程度中心性方面，透過提供程度與接受程度的相加，得到總流通程度，並且以此排序並繪圖，將其由核心至邊陲進行歸類，勾勒出高雄地區的科學學習生態系統現況。與英國地區相比較，可發現整體的分布狀況有所差異，例如高雄地區的核心機構為「高級中等以下學校」、「博物館」，而英國地區的核心機構則是「科學園遊會」、「大專院校」等機構。此外，在資源流通傾向方面，兩地之間則較無差異，都呈現出「高級中等以下學校」主要是單方向的接受資源。在接近中心性方面，發現了「圖書館／社教館所」在提供資源與接受資源方面都有較佳的效率，為系統外的資源要順利進入系統之中的良好中介者。此部分結果與過去研究相近，特別是高級中等以下學校，為了提供學生更多學習的機會，提升學生的學習品質，會傾向在制式課程之外，向外尋求資源(Dunlop et al., 2019)。而圖書館／社教館所不管在資源提供或接受方面都有較佳的效率，其主要原因與其成立之宗旨及主要功能有關。社教館所的成立宗旨為「推動社會教育、鼓勵終身學習、提升人文素養以及發展藝術教育」，而圖書館的主要功能為「提供知識服務」(蔣永福、張紅艷，2002)，由這些宗旨及主要功能可以發現圖書館／社教館所的主要目的就是在提供知識，而要提供知識，本身也就需要具備整合知識的能力，因此此結果相當合理。

綜觀高雄地區的科學學習生態系統，可以把「自然學習／體驗中心」及「動物園／植物園／水族館」視為是付出資源的開頭，而「高級中等以下學校」是整個系統接受資源的終點，其他類型的機構即是位於這兩者之間。透過在這系統之中的相互合作，提供高雄地區居民科學學習的機會與管道。高雄

地區的科學學習生態系統大致上為半封閉型系統，整體網絡密度約為0.48，結構洞的數值約為0.72，可解釋為系統內的各節點相互關聯，卻非完全封閉型系統，保留了部分的缺口讓其餘的資源可以進入此系統中。儘管封閉型系統之中的節點在資源流通與互動的成效上較佳，並且可以達到較高效率的資源應用，但卻也因為系統封閉，非在此系統中的節點想要利用此系統的資源或是提供資源進入此系統，就會相對困難；而開放型系統雖然說節點之間的連結性較低，在資源利用上較為沒有效率，然而在接受新的節點或資源方面，包容性較高，可以產生系統互動得更多可能性。而半封閉型系統正是介於這兩者之間，除了尚能接受來自系統外的其他資源，相較於開放型系統，也具有相當程度的連結，使資源的流通與互動不至於過度發散(Borgatti et al., 2009)。

(二)系統中的社會包容

友善的非制式科學學習環境有三大基本向度：非制式科學學習資源分配結構、非制式科學學習素養及社區接納(Dawson, 2014)。而許多研究發現，參觀這些參與科學學習的民眾，其社經地位大多較為接近(浦青青，2013；黃臺珠，2012；Shein et al., 2015, 2018)，為了改善此現象，並且將Dawson所提出的三大基本向度推展到包含制式與非制式的科學學習環境，本研究進行以下討論。

本研究中發現高雄地區的科學學習生態系統在資源分配結構方面，目前「博物館」、「動物園／植物園／水族館」及「圖書館／社教館所」等類型的機構，已經開始意識到對於高齡族群的社會包容性，提供高齡族群較容易使用資源的管道，例如提供優惠票價等專屬優惠措施。除了高齡族群之外，「博物館」、「動物園／植物園／水族館」及「圖書館／社教館所」對於其他弱勢族群也提供了相對應的措施，以提升這些族群接近與接觸科學學習資源的機會，進而改善其社會包容性。由此可知，目前已經有部分的科學學習機構對於弱勢族群規劃措施或方案，期望能提高這些弱勢族群接近與使用科學學習機構的機會，然而從表5中卻也發現此系統中，大部分類型的科學學習機構並沒有規劃這樣的方案，顯示出對於弱勢族群的社會包容在此系統中並不普遍。

二、建議

總結本研究之結果，針對科學學習生態系統的資源流動與社會包容性提出實務層面的建議，亦提供後續研究發展的方向。

(一)高雄地區的科學學習生態系統現況

從研究結果中可以發現，高雄地區的科學學習機構在科學學習生態系統中有不同的角色，在提供資源及接受資源的便利性上，不同機構之間存在有差異。若是要挹注資源到此系統中，可以透過提供中心性數值較高的機構來協助，例如：「圖書館／社教館所」、「傳播業者」，即可較有效率的提供資源。反之，如果在此系統內的其他類型機構有資源上的需求，可以透過接受中心性數值較高的機構來協助，例如：「圖書館／社教館所」、「高級中等以下學校」，就能較有效率的獲得資源。透過此研究，能協助建構更完善且更開放包容的科學學習生態系統，並且提供建議，使未來欲提供或尋求資源的機構有所依循，避免不必要的資源浪費，並且達到資源使用效率的最大化。

(二)系統中的社會包容

而本研究發現目前高雄地區的科學學習

生態系統在社會包容性的部分，科學學習機構的服務對象相當多元，而不同族群所需要的科學素養也有所不同，例如：在高齡族群方面，Schecter與Lynch (2011)指出高齡者對健康素養知識的瞭解程度，是防止健康問題產生的關鍵，而科學素養與健康素養之間，關係相當密切(Zarcadoolas, Pleasant, & Greer, 2005)。因此，促進身體健康相關的科學素養，應是高齡者最亟需學習的課題(王純姬、陳俊忠，2016)。機構在辦理活動時要能主動識別服務對象所需要的科學素養為何，並且針對不同族群進行規劃與設計，使不同族群的民眾在友善的環境之下享受服務，進而使民眾能提升機構所希望培養的素養。而科學學習機構本身也相當多元，不同的機構提供的資源不同，所希望培養的素養也不同，如果各種科學學習機構都能主動針對不同民眾進行規劃與設計，將有助於全面提升當地民眾的科學素養。

目前，雖有部分機構在此方面已經有所動作，特別針對弱勢族群提供各種服務與措施，然而整體而言的社會包容性尚有所不足，因此建議可以參考Dawson (2014)所提出的友善的科學學習環境三大基本向度：非制式科學學習資源分配結構、非制式科學學習素養及社區接納，針對目前的各項措施與方針進行調整，以提升整個科學學習生態系統的社會包容性。

(三)研究限制與未來研究建議

本研究由於研究資源等相關限制，因此選取高雄地區做為初探研究場域，由於各類型機構的數量並非完全平均分配，因此在進行問卷調查時，無法使各類型機構的數量均衡，導致表2中，各類型的機構數量之間有明顯的差異。此外，「出版業者」、「科學／文化園區」、「戲劇或表演團體」及「其他類型機構」等類型出現沒有樣本的狀況，其原因即是由於這些類型的機構在高雄地區數量較少，在問卷發放及回收過程中雖不斷進行追蹤，仍相當遺憾無法收到來自這些類型的機構所填答之問卷，實為本研究最大之限制。但是透過問卷題項設計及分析方法調整，仍然可以進行社會網絡分析，其原因在於雖然沒有回收到直接的資料，但可以透過其他機構所填答的資料中，間接收集出這些機構與其他機構之間的互動模式與關係。例如：雖然並沒有直接得到來自於「出版業者」的問卷填答資料，但是透過其他單位填答的資料中亦能得知「出版業者」在此系統中對於某些機構接受資源或提供資源的狀況，進而可以瞭解這些機構在整體網絡之中所扮演的角色為何。

此外，由於此研究問卷發放的範圍侷限於科學學習機構，然而在進行科學學習活動時，科學學習機構可能會選擇與非科學教育相關的機構進行合作，透過不同類型的資源整合，提升整體活動的效果。然而這樣的合作模式在本研究的問卷中會被忽視，而歸類為「與其他類型機構」的合作，例如：博物館與公車業者合作，推出套裝行程，即是與非科學教育相關的機構進行合作。因此在分析結果時，其他類型機構的某些數值會出現特別高的現象，即是因為此原因所導致。

儘管如此，仍不建議將本研究之模式用於大範圍區域進行調查。由於科學學習機構具有地域性，研究指出，前往科學學習機構的距離與民眾前往該機構的意願呈現負相關(浦青青，2013；Dawson, 2014; Schäfer, 1996)，因此，要觀察科學學習生態系統，其地理範圍不宜過大，以免因為擴大區域而產生稀釋現象，導致忽略了某些重要的連結

關係。因此，將研究視角聚焦於地區性的資源，發掘在地化的差異性，將可以發現不同地區的科學學習生態系統之間，對於民眾的影響力也具有差異。然而某些機構的狀況較為特殊，如傳播業者與出版業者，具有跨域傳播的特性，因此也要考量這些機構對於不同地區的科學學習生態系統可能產生的不同影響。

此外，本研究採用社會網絡分析法進行科學學習生態系統之描繪，雖然可以有效的將機構之間的關係視覺化，然而由於採用自陳式問卷進行資料蒐集，在資料的真實性與客觀性方面可能會有所影響，因此未來若要持續探討科學學習生態系統的各方面狀況，可以試圖採用觀察記錄等其他方式，以確保資料的真實性與客觀性。

誌謝

本研究感謝高雄地區各科學學習機構人員鼎力相助填寫問卷與接受訪談，亦感謝國立中山大學科技素養推動中心李育諭教授和楊家豪助理，及3位專家協助研究工具之開發，使研究得以在科技部經費補助(計畫編號105-2511-S-110-001-MY4)下順利完成，2位匿名審查委員悉心審閱並提供寶貴建議亦令本文更臻完善，特此敬致謝忱。

參考文獻

1. 方世榮、張文賢、林正智(2008)。中小企業跨層次社會網絡與績效之關係。**中山管理評論**，**16**(1)，83-118。
2. 王思峰、鄭尹茹(2005)。線上與線下世界的交錯：校園線上學習的社會網絡分析。**資訊社會研究**，**8**，155-192。
3. 王純姬、陳俊忠(2016)。成功老化的高齡者健康科學學習課程之行動研究。**臺東大學教育學報**，**27**(1)，1-31。
4. 王啟祥(2015)。博物館的永續經營：美國舊金山兩座綠博物館的實踐經驗。**臺灣博物季刊**，**34**(1)，92-99。
5. 吳青蓉(1999)。跨世紀英語教學。**學生輔導**，**62**，30-39。
6. 李旺龍(2017，9月)。**科普列車好好玩**。發表於2017科普論壇。臺北市：國立臺灣科學教育館。
7. 余嘉盈(2013)。**博物館與視障團體合作關係之探討——以國立自然科學博物館自然學友之家為例**。未出版之碩士論文，國立臺北藝術大學博物館研究所，臺北市。
8. 邱庭煒、朱楠賢、何雅娟、陳香微(2011)。非制式科學教育機構對國民小學教師增能策略之研究——以國立臺灣科學教育館為例。**科學教育月刊**，**344**，2-19。
9. 林頌恩(2013)。博物館實踐促進少數群體文化權利的理論與想像。**博物館學季刊**，**27**(3)，29-49。
10. 浦青青(2013)。博物館觀眾特徵之長期趨勢研究：以國立科學工藝博物館為例。**科技博物**，**17**(1)，27-59。

11. 徐昊杲、施秀青(2014)。國民中小學能源教育之推動經驗與成果。**技術及職業教育學報**，**5**(3)，99-128。
12. 徐典裕、王薏涵、郭凡瑞(2015)。博物館虛實整合科普教育應用與推廣服務模式——以融入小學課程主題之虛實整合行動學習為例。**博物館學季刊**，**29**(1)，99-115。
13. 翁順裕、賴奎魁(2009)。從社會網絡分析觀點探討技術的趨同性——以保險商業方法專利為例。**管理學報**，**26**(5)，485-506。
14. 翁福元(2016)。多元文化教育與教育機會均等的實踐。收錄於溫明麗(編著)，**教育機會均等**(頁1-17)。新北市：國家教育研究院。
15. 袁緒文(2016)。博物館多元文化導覽服務之探討——以「國立臺灣博物館——新住民服務大使」為例。**臺灣博物季刊**，**35**(1)，84-95。
16. 許玉明(2008)。**博物館對身心障礙兒童之教育活動——以世界宗教博物館「小天使專案」為例**。未出版之碩士論文，國立臺北藝術大學傳統藝術研究所，臺北市。
17. 許恩得、陳德茂(2012)。社會網絡與企業經營績效。**會計評論**，**55**，119-145。
18. 陳正治、劉嘉茹(2014)。非制式與制式科學教育之連結——以國立科學工藝博物館館校合作為例。**亞太科學教育論壇**，**15**(2)，1-10。
19. 陳佳利、林式穀、林俊宏、劉德祥(2013)。美麗境界——博物館與精神障礙者互動之角色與功能。**博物館學季刊**，**27**(3)，5-27。
20. 陳涵郁(2011)。博物館如何回應多元文化社會？以波士頓兒童博物館的展示為例。**博物館學學刊**，**25**(2)，43-63。
21. 陳榮德(2004)。**組織內部社會網絡的形成與影響：社會資本觀點**。未出版之博士論文，國立中山大學人力資源管理研究所，高雄市。
22. 黃臺珠編(2012)。**2012年科技與語文素養計畫——公民科技素養調查研究執行報告**。高雄市：國立中山大學公民素養推動研究中心。
23. 傅麗玉(2004)。誰的科學教育？中小學科學教育的多元文化觀點。**課程與教學**，**7**(1)，91-108、182。
24. 隗振瑜(2015)。新住民在博物館中的學習——以國立臺灣博物館為例。**科學研習**，**54**(11)，36-41。
25. 楊銘賢、吳濟聰、蘇哲仁、高慈薏(2009)。社會企業經營模式之建構。**創業管理研究**，**4**(4)。57-83。
26. 蔣永福、張紅艷(2002)。圖書館是什麼——圖書館哲學四定律。**圖書館建設**，**5**，20-23、26。
27. 蔡進雄(2009)。**國民中小學校長領導之研究：專業、情緒與靈性的觀點**。臺北市：高等教育。
28. 蔡麗玲(2003)。科學學習與科學知識是中立的嗎？**兩性平等教育季刊**，**23**，91-97。

29. 鄭瑞洲、洪振方、黃臺珠(2011)。情境興趣——制式與非正式課程科學學習的交會點。**科學教育月刊**，**340**，2-10。

30. 謝百淇、黃育真、張美珍、李馨慈(2016)。化零為整：科學學習生態系統取向之文化回應課程。**科學教育學刊**，**24**(S)，461-485。

31. 鍾國南、江鳳連、方力行(2003)。博物館與弱勢團體。**博物館學季刊**，**17**(3)，59-67。

32. Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2013)。**社會網絡分析方法：UCINET的應用**(*Introduction to social network methods*；陳世榮譯)。高雄市：巨流圖書。(原作出版於2005年)

33. Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M. A. (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and Pursuits*. Washington, DC: National Academies Press.

34. Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *UCINET 6 for Windows: Software for social network analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.

35. Borgatti, S. P., Mehra, A., Brass, D. J., & Labianca, G. (2009). Network analysis in the social sciences. *Science*, *323*(5916), 892-895.

36. Bronfenbrenner, U. (1979). Contexts of child rearing: Problems and prospects. *American Psychologist*, *34*(10), 844-850.

37. Chen, Y., & Yan, F. (2016). Centuries of sociology in millions of books. *The Sociological Review*, *64*(4), 872-893.

38. Dawson, E. (2014). Equity in informal science education: Developing an access and equity framework for science museums and science centres. *Studies in Science Education*, *50*(2), 209-247.

39. Dodd, J., Sandell, R., & Coles, A. (1998). *Building bridges: Guidance for museums and galleries on developing new audiences*. London: Museums and Galleries Commission.

40. Dunlop, L., Clarke, L., & McKelvey-Martin, V. (2019). Free-choice learning in school science: A model for collaboration between formal and informal science educators. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, *9*(1), 13-28.

41. Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2013). *The museum experience revisted*. London: Left Coast Press.

42. Falk, J. H., Dierking, L. D., Osborne, J., Wenger, M., Dawson, E., & Wong, B. (2015). Analyzing science education in the United Kingdom: Taking a system-wide approach. *Science Education*, *99*(1), 145-173.

43. Falk, J. H., Staus, N., Dierking, L. D., Penuel, W., Wyld, J., & Bailey, D. (2016). Understanding youth STEM interest pathways within a single community: The Synergies project. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, *6*(4), 369-384.

44. Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Net-*

works, *1*(3), 215-239.

45. Freeman, L. C. (2004). *The development of social network analysis: A study in the sociology of science*. Vancouver, Canada: Empirical Press.
46. Freeman, L. C., Everett, M., & Borgatti, S. (2017a). NetDraw 2.160 [Computer software]. Harvard, MA: Analytic Technologies.
47. Freeman, L. C., Everett, M., & Borgatti, S. (2017b). UCINET 6.632 [Computer software]. Harvard, MA: Analytic Technologies.
48. Frempong, G., Reddy, V., & Kanjee, A. (2011). Exploring equity and quality education in South Africa using multilevel models. *A Journal of Comparative and International Education*, *41*(6), 819-835.
49. Giddens, A. (2009). *Sociology* (6th ed). Cambridge, UK: Polity Press.
50. Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods*. Riverside, CA: University of California.
51. Khalil, K. A., Ardoin, N. M., & Wojcik, D. J. (2016). The company you keep: Networks in a community of informal education evaluators. *Studies in Educational Evaluation*, *51*, 7-16.
52. Kyle, W. C., Jr. (1999). Science education in developing countries: Access, equity, and ethical responsibility. *Journal of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education*, *3*(1), 1-13.
53. Lee, O. (2003). Equity for linguistically and culturally diverse students in science education: A research agenda. *Teachers College Record*, *105*(3), 465-489.
54. Massarani, L., & Merzagora, M. (2014). Socially inclusive science communication. *JCOM: Journal of Science Communication*, *13*(2), 1-2.
55. Raça, V., & Çiço, B. (2013). *Social network analysis, methods and measurements calculations*. Paper presented at the 2013 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing. Budva, Serbia.
56. Schäfer, H. (1996). Non-visitor research: An important addition to the unknown. *The Visitor Studies Association*, *9*(1), 195-205.
57. Schecter, S. R., & Lynch, J. (2011). Health learning and adult education: In search of a theory of practice. *Adult Education Quarterly*, *61*(3), 207-224.
58. Shein, P. P., Li, Y.-Y., & Huang, T.-C. (2015). The four cultures: Public engagement with science only, art only, neither, or both museums. *Public Understanding of Science*, *24*(8), 943-956.
59. Shein, P. P., Swinkels, D., & Chen, C.-C. (2018). Equitable access to informal science education institutions. *The Asia-Pacific Education Researcher*, *28*(2), 159-170.
60. Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, *16*(3),

284-307.

61. Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
62. Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
63. Zarcadoolas, C., Pleasant, A., & Greer, D. S. (2005). Understanding health literacy: An expanded model, *Health Promotion International*, *20*(2), 195-203.

附錄

第一部分　機構之基本資料

1.機構規模：□社區性　□縣市性　□國家性　□國際性

2.機構類型(如表2，共15類)

第二部分　機構舉辦之活動與預期成效

1.您的機構是否有(曾)辦理以下的議題與活動：

□農業　□科學新知　□科技發展　□醫學的新發展　□太空探索　□放射性廢棄物

□氣候變遷　□基因改造食品　□環境保護　□空氣汙染　□農藥和化學肥料

□水質汙染　□廢棄物　□水資源短缺　□自然資源的浪費　□其他

2.您的機構辦理的活動類型：_____

3.您的機構辦理活動的預期成效：_____

第三部分　機構與其他機構之合作關係

1.合作機構類型(如表2，共15類)

2.與此類型機構的合作機構數量：_____

3.與此類型機構的合作頻率：□從無　□極少　□偶爾　□頻繁

4.與此類型機構的合作資源：□提供人力　□提供物力　□提供財力　□接受人力

□接受物力　□接受財力　□其他(請說明：_____)

第四部分：機構的服務對象及措施

1.主要服務對象：□學齡前　□國小生　□國中生　□高中生　□成年人

2.主要服務團體：□幼兒園　□國小　□中學　□大專院校　□在職進修

3.特定族群推廣與服務：□高齡族群　□低收入戶　□低成就學生　□身心障礙

□偏遠地區　□原住民族　□新住民

第五部分：填答者聯絡方式

1.姓名：_____

2.聯絡電話：_____

3.電子郵件信箱：_____

第六部分：機構中的其他決策者

1.職稱：_____

2. 聯絡電話：_____

3.電子郵件信箱：_____

科學教育學刊
2019, 第二十七卷第一期, 49-72
DOI:10.6173/CJSE.201903_27(1).0003

Chinese Journal of Science Education
2019, 27(1), 49-72

Science Learning Ecosystem's Resource Mobility and Social Inclusion

Wei-Ting Li and Paichi Pat Shein*
Institute of Education, National Sun Yat-sen University

Abstract

This study uses a "science learning ecosystem" framework, and social network and content analysis methods to investigate 33 science learning institutions in Kaohsiung, Taiwan. The purpose of this investigation is to provide recommendations, based on empirical evidence, on how to make the flow of science learning resources effective, efficient, and equitable in promoting public scientific literacy. The findings of this investigation revealed that elementary and secondary schools, public broadcasting communication networks (television, radio, and Internet), and public museums demonstrated the highest level of resource exchange in the science learning ecosystem. Public libraries and social educational institutions also offered the highest opportunity to connect to other science learning institutions, making them an optimal center for receiving and distributing science learning resources. In addition, public libraries, social educational institutions, and museums were found to be the most inclusive in their services for underprivileged groups, providing these groups opportunities for science learning. This system-wide study provides information to educational authorities and decision makers which they may find useful when making well-informed decisions on how to best distribute new resources efficiently to avoid a waste of resources.

Key words: Social Inclusion, Social Network Analysis, Informal Science Education, Science Learning Ecosystem

* Corresponding author: Paichi Pat Shein, pshein@mail.nsysu.edu.tw