

開發「榕小蜂生活史」外帶學習箱作為自然教育推廣形式

林玳戎^{1*} 潘孝隆¹ 劉一新¹ 劉奇璋²

¹ 農業部林業試驗所

² 國立臺灣大學

摘要

在重視終身學習的趨勢下，為促進校園外的學習發生，推動休閒場域的教育推廣發展，本文爬梳博物館教育推廣歷程、學習理論等文獻，開發利於休閒場域使用之自然教育推廣形式。參考博物館館外延伸教育服務中出借文物資源的活動，選擇昆蟲與植物生態中榕屬植物與榕小蜂的互利共生關係為主題，結合「學習情境模型(Contextual model of Learning)」、「情境學習理論(Situated Learning)」、「探究式學習(Inquiry-Based Learning; IBL)」、「動手操作學習(Hands-on activities Learning)」應用於內容設計，開發「榕小蜂生活史」外帶學習箱。「榕小蜂生活史」外帶學習箱的開發，以榕屬植物與榕小蜂的生態案例為學習核心，融入探究式學習的「5E 探究學習環」概念，設計出「榕樹開花了!」、「榕小蜂是什麼?」、「榕樹與榕小蜂的關係」、「榕小蜂生活史情境故事」、「蜂種樹遊戲」五個學習子主題。運用完成之「榕小蜂生活史」外帶學習箱進行教育推廣體驗活動，從活動現場的觀察記錄中，可以發現參與者普遍得到良好的學習體驗，「榕小蜂生活史」外帶學習箱的應用確實有助於自然教育推廣。而「榕小蜂生活史」外帶學習箱的內容仍有可優化之處，依據本次計畫經驗，建議持續發展外帶學習箱形式應用於學習體驗活動中。

關鍵詞：榕小蜂生活史、博物館教育、自然教育推廣

*為本文通訊作者

壹、前言

現今社會一再宣導終身學習的重要，學習行為的發生也更加不受場域、形式的限制。依據 Falk & Dierking (2010) 的研究，在終身學習的歷程中，日常生活及環境中的非正式教育約占比 95% 的學習經歷，人們在校園外有各種知識技能的學習機會。非正式教育為一生中比重極大的學習行徑，也產出相當多元的學習成果，並且涵蓋許多面向，如態度、價值觀、情感、信念…等成果 (Hooper-Greenhill, 2007)。

大多非正式教育的發生皆屬於「自由選擇學習」(Free-Choice Learning)，「自由選擇學習」的意涵為，人們意識到每天都在學習，並且學習是以學習者為中心，不是以制度為學習中心的現象 (Falk & Dierking, 2012)。自由選擇學習為自我導向式的學習，由個人決定學習發生的時間、地點，與學習什麼？如何發生？為何發生？以及與誰進行學習？而自由選擇學習多發生於制式教育系統之外 (Falk & Dierking, 2012)。在制式教育系統之外，人們的生活面向中休閒娛樂為不可或缺的一部分，旅遊和休閒場所不僅能放鬆身心，亦成為人們獲取知識，發展觀念為自己和社會樹立新願景的重要媒介。許多像是公園、動物園、休閒農場等休閒場域，不僅達到休閒娛樂還可滿足求知慾及對世界的了解。有一系列的研究證明，在上述相似的自由選擇學習環境下，可讓人們於閒暇時間發生大量學習。(National Research Council, 2009; Falk & Staus, 2013)。

綜合前述，終身學習應著重於離開校園後的自由選擇學習，增進休閒場域的教育推廣功能。因此，筆者探究博物館的教育推廣歷程，參考、整合多方學習理論，規劃出利於應用至休閒場域之教育推廣形式。由博物館館外延伸教育服務中出借文物資源活動作為發想，結合容易親近的昆蟲與植物生態為主題，開發利於攜帶、運送的「榕小蜂生活史」外帶學習箱，作為自然教育推廣體驗之形式。

貳、「榕小蜂生活史」外帶學習箱規劃依據

一、主題選擇依據

近年來許多生態環境受到破壞，致使環境中動植物的生存遭遇困境，環境生態議題也越來越被重視。植物對於環境有著極大的影響，植物的損失、病害牽動著經濟和社會，由此可見植物的重要性 (Jose, Wu & Kamoun, 2019)。在眾多植物類群中，歸屬桑科 (Moraceae DC.) 榕族 (Ficeae Gaudich.) 的榕屬植物 (*Ficus* L.) (曾喜育, 2004)，於民族植物學 (Ethnobotany) 研究中，與人類文化發展有著密切關聯。榕屬植物不僅常作為食用，許多

木本榕屬植物也多用於休憩或地方標誌木（趙庭周、楊大榮、許繼宏，2001）。而榕屬植物有著隱頭花序的特殊構造，僅能仰賴共生昆蟲—榕小蜂來協助授粉（Bronstein, 2017）。

昆蟲在世界上位於動物分類群中種類最多的一群，眾多的昆蟲物種為重要的生物指標（Perfecto & Vandermeer, 2002）。絕大多數的植物仰賴昆蟲的協助授粉，若授粉昆蟲消失，將會造成嚴重的生態浩劫（Biesmeijer et al., 2006）。前述所提「榕屬植物」，若無榕小蜂與其互利共生，協助授粉傳播，榕屬植物也就難以形成種類繁多的植物族群。而榕屬植物與榕小蜂的互利共生關係不僅為獨特的生態案例，兩者的交互運行還能活絡生態，影響周遭生態樣貌（Cruaud et al., 2012）。基於以上緣由，筆者選擇「榕屬植物與榕小蜂互利共生案例」作為學習主題應用於自然教育推廣。

二、學習理論參考

學習的發生有許多因素，不少研究發現，當人們產生「興趣」時，即使面對困難，也有持續力去尋求答案；與不感興趣時相比，會更願意付出努力，且更有能力來制定有效策略，以追求和實現目標，因此人們也可能投入於有意義的學習中（Renninger & Hidi, 2019）。如何引發學習興趣，並在學習歷程中保持興趣，使學習不間斷，並加以深入探究，便是發展「榕小蜂生活史」外帶學習箱的首要重點。為達成此目標，以下參考四項學習理論：1. 學習情境模型（Contextual model of Learning）；2. 情境學習理論（Situated Learning）；3. 探究式學習（Inquiry-Based Learning; IBL）；4. 動手操作學習（Hands-on activities Learning）。

博物館定位於 21 世紀的自由選擇學習途徑中相當重要的組織機構，而「學習情境模型」（Contextual Model of Learning）是由博物館觀眾學習體驗探討而得。「學習情境模型」說明在自由選擇學習的狀況中，個人（Personal context）與社會文化（Sociocultural context）及物理環境（Physical context）三個因素隨著時間不斷交互作用來影響學習歷程（Falk & Dierking, 2000）。因此，在設計教案、教材配件時，使用對象（個人因素）；主題、內容的圖片及語彙（社會文化因素）；使用場域、配件構成（物理環境因素）皆需善加構思。

情境學習理論（Situated Learning）著重對象主體與環境的動態交流，探索學習者與環境的共同建構，也連結學習與物理因素的關係（Ellis & Goodyear, 2019）。若說學習是在物理狀態下所發生，則必須承認「情境」相當重要，「情境」對應出物理物件如何參與學習體驗的理解，應注重物理環境所營造的情境來進行學習設計（Yeoman & Wilson, 2019）。因此，情境學習的設計考慮環境因素與物理物件，因為在即將運用的學習空間中，需要面對

複雜的物質現實，包含如何加強現實和沈浸現實氛圍中（Carvalho & Yeoman, 2019）。

探究式學習（Inquiry-Based Learning; IBL）藉由活動、資源設計，讓學習者經由探索、調查、解釋、研究的方法來獲得學習經驗（Wang et al., 2014）。在進行探究學習的經歷中，學習者能經由實際問題的處理提高思考程度，促進對於知識概念的理解，激發出深度的思考探究（Hsu, Lai & Hsu, 2015）。雖然探究式學習有諸多優點，但實際規劃出完善的探究式活動並不容易，學習情境中面臨許多變動因素與複雜資訊，都可能降低參與學習的興趣。因此，於探究式學習活動的設計上，規劃者應需多加注意安排（陳志鴻、許庭嘉、鄭立娜，2017）。在探究式學習中「5E 探究學習環」，涵括「投入（engagement）、探索（exploration）、解釋（explanation）、精緻（elaboration）、評量（evaluation）」五個探究學習階段。一開始的「投入」是學習者投入自身先備知識及興趣在學習活動中；接下來的「探索」為學習者在學習活動中接觸新知；「解釋」是學習者用於理解學習中的現象；「精緻」則為學習者經由體驗學習活動來改變自身的知識概念；「評量」則在最後用於評斷學習者的學習認知（Bybee et al., 2006）。

實物操作體驗強調學習者的動手參與，實際的動手操作學習活動（Hands-on activities Learning）可以提升人們對於學習的積極態度（Osman & Kaur, 2014）。學者們通過分析學習者在各種動手實踐活動中的經歷和興趣研究中，發現動手實踐的表現可能會引起學生不同的興趣（Holstermann, Grube & Bögeholz, 2010）。有國外研究藉由兒童進行活體蝸牛動手接觸活動，發現透過動手接觸活動減少了兒童對於蝸牛的反感，並且還增進兒童對於蝸牛的內部解剖結構的理解（Prokop & Fančovičová, 2017）；然而台灣大部分非洲大蝸牛體內有廣東血線蟲寄生，若安排類似活動需戴手套進行，以策安全。許多研究證實「動手操作學習活動」有助於學習，不但能引發興趣、增進概念理解，還能提升學習的積極度，及降低對於學習主題的負面觀感。

有了上述多項學習理論基礎，「榕小蜂生活史」外帶學習箱的設計開發，依據各項有助學習進行的方法，以達成引發並持續學習興趣、提供良好學習體驗為目標規劃，期許為自然教育推廣，帶來新穎且有成效的學習體驗。

參、設計「榕小蜂生活史」外帶學習箱內容

一、擬定「榕小蜂生活史」外帶學習箱學習教案架構

「榕小蜂生活史」外帶學習箱的開發，為豐富自然教育推廣的手法，因此使用情境為學校體制外引發大眾進行學習體驗。因應使用情境，體驗本外帶學習箱的學習者多為進行自由選擇學習的民眾，而使用對象除了學習者外，另有輔助學習者，如：協助孩童學習的家長，解說人員等。外帶學習箱為利於自然教育推廣，設定為便於攜帶並不限室內或戶外場域中應用，亦不侷限場所性質（定義為自由選擇學習場域）。在外帶學習箱的學習體驗過程中，為讓學習者保持興致，避免進行一次性長時間的學習，以免學習者專注力疲乏，造成反效果。另外，當學習場域於戶外環境時也考量到環境因素（如：烈日、蚊蟲、寒冷等），故當學習體驗時間過長可能造成使用者身體不適。基於以上考量，「榕小蜂生活史」外帶學習箱的操作體驗時間規劃於 20-40 分鐘左右，實際體驗時間則視學習者學習狀況而定。

「榕小蜂生活史」外帶學習箱的學習主題為榕屬植物與榕小蜂的共生生態關係，其中包含植物、昆蟲、互利共生等知識概念。為使學習者清晰瞭解學習內容，將主要的學習主題區分出數個子主題，以先分解再整合的方式，讓學習者能夠循序漸進的進行學習體驗。

以榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態案例為學習核心，規劃出榕屬植物介紹、膜翅目昆蟲與榕小蜂介紹、榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態解說、榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態概念建立、榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態概念應用五個部分。並以上述學習階段帶入探究式學習的「5E 探究學習環」，對應「投入（engagement）、探索（exploration）、解釋（explanation）、精緻（elaboration）、評量（evaluation）」五個探究學習歷程，構成探索榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態的學習架構。藉由以上規劃，設計出「榕樹開花了！」、「榕小蜂是什麼？」、「榕樹與榕小蜂的關係」、「榕小蜂生活史情境故事」、「蜂種樹遊戲」五個學習子主題。「榕小蜂生活史」外帶學習箱子主題內容架構規劃見下表一。

表 1：「榕小蜂生活史」外帶學習箱子主題內容架構規劃表。

學習內容	探究式 5E 學習歷程	學習子主題	子主題內容概述
榕屬植物介紹	投入 (engagement)	榕樹開花了！	結合學習者對於榕屬植物的認識，以榕屬植物特有的隱頭花序構造勾起探索興趣，引發學習者投入學習體驗，搭配榕屬植物的觀察及介紹。
膜翅目昆蟲與榕小蜂介紹	探索 (exploration)	榕小蜂是什麼？	概述膜翅目昆蟲的特色，介紹榕小蜂的形態樣貌，讓學習者從中探索出對於榕小蜂的認識。
榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態解說	解釋 (explanation)	榕樹與榕小蜂的關係	連結前兩項子主題，解釋榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態運作，增進學習者對於此學習活動的理解。
榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態概念複習	精緻 (elaboration)	榕小蜂生活史情境故事	藉由生態情境故事圖的呈現，整合學習者的理解，讓學習者形成榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態觀念。
榕屬植物與榕小蜂的互利共生生態概念應用	評量 (evaluation)	蜂種樹遊戲	使學習者經由遊戲運用先前學習活動中所獲概念，自導性的評斷出對於所學知識概念的收穫。

二、依據教案架構設計內容教材配件

「榕小蜂生活史」外帶學習箱學習物件的設計對應前述規劃，在體驗物件的製作與展示上，結合情境學習理論及實物操作體驗。規劃機關開合式的箱盒作為載體，帶給使用者探索的驚奇感，並保持箱盒易於攜帶、運輸的特性。各階段子主題的學習活動皆搭配輔助之實體學習物件，以下將規劃各子主題的實體學習物件表列呈現。

表 2：「榕小蜂生活史」外帶學習箱內容規劃對應使用之實體學習物件表

「榕小蜂生活史」外帶學習箱 內容規劃子主題	設計對應使用之實體學習物件
「榕樹開花了！」	榕屬植物實體標本、榕屬植物圖文介紹、榕小蜂圖像道具。
「榕小蜂是什麼？」	膜翅目分類標本、榕小蜂標本、手機顯微鏡（用於榕小蜂標本觀察）、榕小蜂擬真模型、膜翅目昆蟲介紹互動裝置、榕小蜂鑰匙道具。
「榕樹與榕小蜂的關係」	榕樹與榕小蜂共生生活介紹圖文。
「榕小蜂生活史情境故事」	榕小蜂生活史情境故事拼圖。
「蜂種樹遊戲」	遊戲圖文說明、遊戲配件。

肆、「榕小蜂生活史」外帶學習箱的內容及操作方式

本次開發「榕小蜂生活史」外帶學習箱為寬 50 公分、長 30 公分、高 40 公分之可收合式木箱，兩側裝有握把方便搬運。一掀開箱體便是「榕小蜂生活史」外帶學習箱看板，展開後內部空間自左至右、由上而下，各區塊分別呈現「榕樹開花了！」、「榕小蜂是什麼？」、「榕樹與榕小蜂的關係」、「榕小蜂生活史情境故事」、「蜂種樹遊戲」五個子主題內容展示，加入內容物件後整體重量控制於 15 公斤內。



圖 1：「榕小蜂生活史」外帶學習箱箱體收合照



圖 2：「榕小蜂生活史」外帶學習箱展開照

一、「榕樹開花了！」內容及操作方式

作為外帶學習箱的開頭，結合「5E 探究學習環」中「投入」(engagement) 的學習概念，以「榕樹開花了！」起頭，引導學習者思考榕樹的樣貌，回想榕樹「花」的外表，藉以投入學習主題。接續介紹榕屬植物的特性，利用圖文、標本展示等形式強化學習者的學習印象。

搭配的植物標本物件，提供三種臺灣原生種「正榕」、「雀榕」、「薜荔」；兩種外來引進種「垂榕」、「無花果」。標本的展示為可站立於平面上觀看的透明壓克力盒，盒外有植物繪圖及介紹，盒內為植物乾燥標本。在最後隱頭花序的介紹中，以「榕樹如何傳遞花粉？」作為結尾，搭配榕小蜂圖像道具，轉折進入「榕小蜂是什麼？」的階段。



圖 3：「榕樹開花了！」展示照



圖 4：「榕樹開花了！」內容植物標本呈現組圖（左為收合、右為展開）

二、「榕小蜂是什麼？」內容及操作方式

在本階段應用「5E 探究學習環」中探索 (exploration) 的概念，使用大量操作體驗物件，讓學習者藉由自行動手操作，探索其中的知識概念。呈現「膜翅目昆蟲」、「榕小蜂」的認識，由「膜翅目」家族介紹開始，從蜜蜂、胡蜂、蟻類等較不陌生的昆蟲介紹，漸進到榕小蜂的介紹，讓學習者對於榕小蜂建立完整的瞭解。

使用「榕樹開花了！」的榕小蜂圖像道具，以此道具轉動變換膜翅目昆蟲的介紹圖文，進行互動式的學習體驗，增加學習的趣味性。配置六種膜翅目昆蟲的標本 (含榕小蜂)，讓學習者可搭配觀察實體昆蟲，其中榕小蜂體積微小，故另有手機顯微鏡做觀察體驗。而手機顯微鏡除觀察榕小蜂標本，亦可用於觀察環境中的榕果、榕樹，延伸與外在自然環境的串聯。除榕小蜂標本觀察，另有雌、雄榕小蜂長度比放大 150 倍之擬真模型 (模型長度約為 15cm)，讓學習者可以更清楚的認識榕小蜂構造。



圖 5：認識有機農耕



圖 6：膜翅目昆蟲介紹互動操作展示（將道具對應放上後向右轉動）。



圖 7：膜翅目昆蟲標本展示



圖 8：榕小蜂擬真模型

三、「榕樹與榕小蜂的關係」內容及操作方式

本階段為「5E 探究學習環」中解釋 (explanation) 的歷程，使用較大量的文字說明，清楚的說明榕樹與榕小蜂的互利共生關係，以段落式文句呈現，將榕樹與榕小蜂的互利共生故事用劇情分鏡的方式分段演進。儘量以有限的文字清晰的表現出榕樹與榕小蜂的互利共生故事脈絡，讓學習者在負擔小的狀態中得以快速的理解主題。

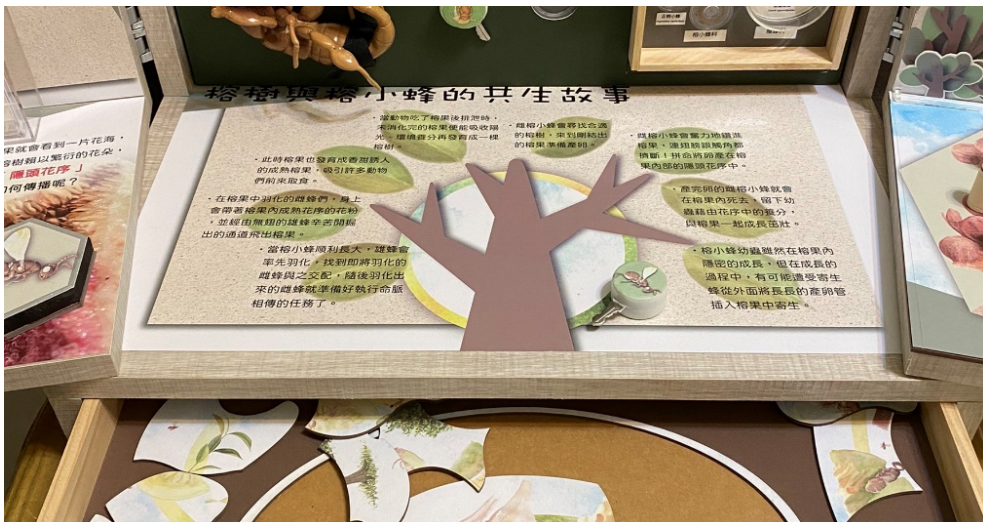


圖 9：「榕樹與榕小蜂的關係」展示照



圖 10：「榕樹與榕小蜂的關係」編排圖

四、「榕小蜂生活史情境故事」內容及操作方式

本階段來到「5E 探究學習環」中精緻 (elaboration) 的部分，接續前段「榕樹與榕小蜂的關係」，建立學習者對榕樹與榕小蜂互利共生故事的瞭解與想像。去除文字的呈現，運用生活史循環情境拼圖，藉由完成拼圖的過程，讓學習者對應前階段的文字敘述，拼湊出學習者在閱讀文字時所對應的故事畫面。

在開啟拼圖挑戰前，有一道考驗學習者對於榕樹與榕小蜂生活史基礎理解的小關卡。在「榕樹與榕小蜂的關係」階段中，學習者應瞭解到榕樹與榕小蜂的重要交集時刻為雌榕小蜂在環境中找尋對應榕果，並進入其中授粉、產卵。雌榕小蜂與相應榕果的關係就像鑰匙與鎖，一把鑰匙僅能開啟對應的鎖，如同榕小蜂及榕樹有著高度種專一性。利用上述概念，將榕樹與榕小蜂生活史循環情境拼圖置於箱底抽屜中，抽屜上的鑰匙孔有榕果的圖樣，在學習箱內有一雌、一雄榕小蜂的鑰匙，選擇對的鑰匙（雌榕小蜂）才能打開抽屜，進入榕樹與榕小蜂生活史循環情境拼圖挑戰。



圖 11：「榕小蜂生活史情境故事」呈現照



圖 12：榕樹與榕小蜂生活史循環情境拼圖（左為打散、右為完整）

五、「蜂種樹遊戲」內容及操作方式

最後為「5E 探究學習環」中評量 (evaluation) 的部分，在經歷一連串的學習體驗後，藉由遊戲的設計來測試學習者的學習成效。「蜂種樹」遊戲的設計概念結合榕樹與榕小蜂的共生生態，成功完成遊戲體驗，便能顯現學習者對於前述學習的成效。經由遊戲將學習者帶入情境，流程規則暗示榕樹與榕小蜂的共生循環，讓學習者藉由遊戲評量時，亦能加以複習先前的學習。

活用榕小蜂生活史概念種出榕樹為本遊戲目標，當擁有越來越多的榕樹便能蓬勃環境生態。遊戲配件有榕小蜂及榕果木棋、寄生危機轉盤、動物取食機會骰子、小榕樹立牌。其中榕小蜂及榕果木棋搭配磁鐵的正負極，讓學習者必須遵照雄榕小蜂找尋雌榕小蜂交配；雌榕小蜂尋找未熟榕果產卵的生活史運作進行遊戲。與未熟榕果一起成長的榕小蜂幼蟲在成熟前會面臨寄生危機，若能躲過則能延續榕小蜂的世代，而成熟的榕果在熟透掉落前有機會被動物取食，當動物食用榕果後除能維持自身生命，更能將榕樹的種子散播出去。以上即為「蜂種樹」遊戲流程及配件使用概念。



圖 13：「蜂種樹遊戲」呈現照



圖 14：「蜂種樹」遊戲進行區塊照

六、「榕小蜂生活史」外帶學習箱整體內容討論

本次「榕小蜂生活史」外帶學習箱的開發，以榕樹與榕小蜂的共生案例為主題，分出五個子主題的規劃，搭配 5E 探究學習環的不同學習階段，著重於動手探索體驗的學習方式，各階段設計不同的操作手法，欲使學習者於體驗過程中保持新鮮感及趣味性。本外帶學習箱的子主題操作順序流程，亦可依學習者及輔助學習者的狀態、喜好任選子主題進行學習體驗。例如考量年幼學習者的偏好，可由遊戲體驗作為開端，引導年幼學習者對學習主題產生興趣，再加以介紹主題內容。

本外帶學習箱中設置許多學習配件，用於輔助學習者獲得良好的學習體驗。因學習配件的設計對應學習箱的主題，若分開個別或擷取部分使用，則學習成效可能不及整體使用。總結而論，「榕小蜂生活史」外帶學習箱的規劃及應用，可讓使用者有系統的彈性進行學習體驗，但學習配件則不建議拆散操作，整體的規劃目標為引發學習興趣及保持學習熱忱，提供學習者豐富有趣的學習體驗，並傳遞出完整的主題知識概念。

伍、評估應用「榕小蜂生活史」外帶學習箱於教育推廣之效用

一、「榕小蜂生活史」外帶學習箱體驗活動現場觀察記錄

經由林業試驗所辦理「榕小蜂生活史」外帶學習箱教育推廣體驗活動，活動時間：2021年11月16日，地點於「農遊元素特色化及優化計畫」中林試所輔導的宜蘭頭城農場，參與者多為各休閒農場人員及相關領域專家學者，人數約25位。活動中介紹「榕小蜂生活史」外帶學習箱製作概念，分享本外帶學習箱應用於自然教育推廣操作形式，並進行現場觀察記錄，協助筆者瞭解「榕小蜂生活史」外帶學習箱落實自然教育推廣的實用性，及運用本外帶學習箱所帶來的學習體驗。以下表列活動中參與體驗者的現場回饋觀察記錄整理（表三）。

表3：「榕小蜂生活史」外帶學習箱體驗現場回饋觀察記錄表

編號	體驗項目	參與體驗者現場提問與建議	參與體驗者體驗感受觀察
1	榕樹開花了！	<ul style="list-style-type: none"> • 希望可以直接看到榕果。 • 對於榕果的構造不太清楚，不知道隱頭花序的位置。 	<ul style="list-style-type: none"> • 開頭提問「榕樹的花長什麼樣子？」勾起體驗者的興趣與討論，活絡學習氣氛。 • 體驗者多對於植物標本的展示感到驚奇。
2	榕小蜂是什麼？	<ul style="list-style-type: none"> • 希望可以直接看到榕小蜂。 • 好奇模型與榕小蜂實際的比例差距。 	<ul style="list-style-type: none"> • 藉由榕小蜂暗示道具操作閱讀膜翅目昆蟲介紹的情節給予體驗者驚喜感，且體驗者多會仔細閱讀其中的知識概念。 • 體驗者們透過使用手機顯微鏡觀察榕小蜂標本，促進互相討論操作觀察探索。

			<ul style="list-style-type: none"> • 以榕小蜂擬真模型介紹雌、雄榕小蜂的構造差異時，體驗者能因此明確的講出差異為何，更加瞭解榕小蜂。 （此階段體驗者花最多時間探索學習。）
3	榕樹與榕小蜂的關係	無。	<ul style="list-style-type: none"> • 經由榕樹與榕小蜂共生生態文字介紹讓體驗者產生「原來如此」的表現。
4	榕小蜂生活史情境故事	<ul style="list-style-type: none"> • 鑰匙的設計是裝飾用的嗎？ 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用榕小蜂鑰匙道具打開抽屜的過程增加學習體驗趣味性。
5	「蜂種樹」遊戲	<ul style="list-style-type: none"> • 遊戲有一點困難，不知道如何開始。 • 對於榕小蜂公母的設計部分，似乎不容易被發現？ • 可以提供給孩子試驗看看遊戲過程，再做調整。 • 或許可以找五六年級的小朋友來體驗看看，或許國中生興趣較低，但遊戲或能引起動機或作為最後的驗收。 • 覺得這個點子很棒，但操作過程中，如果大人都不清楚的 	<ul style="list-style-type: none"> • 體驗者多欣賞遊戲區塊的設計，但在實際操作上常出現遊戲流程進行的問題。 • 整體而言，遊戲情境設計讓體驗者感到有趣，但過程中多有小挫折，難以非常順利的進行。

		<p>話，小朋友只會隨意玩一玩，很難理解。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 如果遊戲缺少解說，小孩是無法自己去明白的。 	
6	整體	<ul style="list-style-type: none"> • 想了解外帶學習箱會有教學流程的sop嗎？ • 或許可以加上QRcode補充影音或更詳細的資料。 • 在未來量化的過程中，或許可以再進一步考量箱體的重量、模型的材質，進行優化。 	<ul style="list-style-type: none"> • 整體「榕小蜂生活史」外帶學習箱的體驗過程中，體驗者皆維持了高度的興趣，過程中常有此起彼落的驚呼聲，並帶動了體驗者間學習交流、主動提問及發表意見。



圖 15：「榕小蜂生活史」外帶學習箱體驗活動花絮照

二、「榕小蜂生活史」外帶學習箱體驗活動討論

經由整理、表列參與體驗者的現場回饋，推論本外帶學習箱的使用可提供體驗者驚奇有趣的學習體驗，不過亦有建議再多加說明與增加輔助物件的部分。參與體驗者希望講解到榕果的構造時，若現場能直接看到榕果的內部會更印象深刻。另外「膜翅目昆蟲介紹」部分，若加註榕小蜂模型與實際榕小蜂的比例大小應更妥善。在生活史解說部分，大家都給予淺顯易懂的回饋；而轉折到生活史拼圖的過程中可多解釋鑰匙與鑰匙孔的遊戲設計。最後的遊戲體驗，大部分提到遊戲流程需要再加以說明，也建議提供給小朋友受試，了解他們在操作上遇到的困難點，並加以改善。此次體驗者建議多進行推廣活動，收集更多意見回饋來深入探討「榕小蜂生活史」外帶學習箱的操作成效。此次受試者也提出可加入QRcode來豐富資訊，未來量產則可以進一步優化箱體。

陸、結論及建議

經「榕小蜂生活史」外帶學習箱應用活動後，收集的意見回饋反映出此外帶學習箱的設計確能豐富學習者的學習體驗、提升學習興趣，有利於自然教育推廣，更有體驗者表示參與此學習體驗後增進深入探究學習主題的意願。「榕小蜂生活史」外帶學習箱的體驗歷程帶給參與者良好的學習體驗，學習者藉由內容物件的操作，加深學習印象，成就一段有趣且深刻的學習體驗。

對於本次實際運用後的回饋意見，除了上述成果外，也統整出以下的改善建議。本外帶學習箱原規劃便不受場域限制，後續活動可以於有榕屬植物的環境，以利學習者直接觀察；若於室內，亦可準備榕屬植物盆栽，對照說明。而膜翅目昆蟲的學習階段建議解說詳盡，從顯微鏡觀察榕小蜂的標本，帶到榕小蜂的模型解說構造時，可註解放大的倍率，增加比例差距的驚喜感。生活史拼圖設計的「鑰匙與鎖」橋段，在引導使用時建議說明設計意涵，也加深印象。遊戲體驗操作，建議採用先講解遊戲規則，解說遊戲目標、玩法、配件使用等，再讓學習者試玩，而非直接進入遊戲體驗再一邊說明。

整體而言，本次開發的「榕小蜂生活史」外帶學習箱能給予體驗者良好的學習經歷，提升民眾在自由選擇學習體驗的學習成效，落實終身學習的發生等各項目標，為自然教育推廣推出新的手法、媒介。未來可根據此次計畫經驗持續優化、發展不同主題的外帶學習箱，豐富自然教育推廣的呈現，帶給大眾更多的自然知識資源。

參考文獻

- 陳志鴻、許庭嘉、鄭立娜(2017)。四年級自然與生活科技之擴增實境探究式學習教案設計-以昆蟲單元為例。《科技與人力教育季刊》，4(1)，15-28。
- 曾喜育(2004)。臺灣產榕屬植物分類之研究〔未出版之博士論文〕。國立中興大學。
- 趙庭周、楊大榮、許繼宏(2001)。榕樹在西雙版納熱帶雨林中的地位和綜合利用價值。《林業科學研究期刊》，14(4)，441-445。
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, W.E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313, 351-354.
- Bronstein, J.L. (2017). Seed predators as mutualists: ecology and evolution of the fig/pollinator interaction. In *Insect-plant interactions* (pp. 1-44). CRC Press.
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J., Westbrook, A., Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS.
- Carvalho, L. & Yeoman, P. (2019). Connecting the dots: Theorizing and mapping learning entanglement through archaeology and design. *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 1104-1117.
- Cruaud, A., Rønsted, N., Chantarasuwan, B., Chou, L.S., Clement, W.L., Couloux, A. & Hossaert-Mckey, M. (2012). An extreme case of plant-insect codiversification: figs and fig-pollinating wasps. *Systematic Biology*, 61(6), 1029-1047.
- Ellis, R. & Goodyear, P. (2019). *The education ecology of universities*. Routledge.
- Falk, J. & Dierking, L. (2000). *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. Altamira Press.
- Falk, J. & Dierking, L. (2010). The 95 percent solution. *American Scientist*, 98(6), 486-493.
- Falk, J. & Dierking, L. (2012). Lifelong science learning for adults: The role of free-choice experiences. *Second international handbook of science education* (pp. 1063-1079). Springer Netherlands.
- Falk, J. & Staus, N. (2013). Free-choice learning and ecotourism. *International handbook on ecotourism*, 155.
- Holstermann, N., Grube, D. & Bögeholz, S. (2010). Hands-on Activities and their Influence on Students' Interest. *Research in Science Education*, 40(5), 743-757.
- Hooper-Greenhill, E. (2007). *Museums and education: Purpose, pedagogy, performance*. Routledge.
- Hsu, Y., Lai, T. & Hsu, W. (2015). A Design Model of Distributed Scaffolding for Inquiry-Based Learning. *Research in Science Education*, 45(2), 241-273.
- Jose, S., Wu, C. & Kamoun S. (2019). Overcoming plant blindness in science, education, and society. *Plants, People, Planet*, 1(3), 169-172.
- National Research Council. (2009). *Learning science in informal environments: Places, people and pursuits*.
- Osman, K. & Kaur, S. (2014). *Evaluating biology achievement scores in an ICT integrated*

- PBL environment. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 10(3), 185-194.*
- Perfecto, I. & Vandermeer, J. (2002). Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology, 16, 174-182.*
- Prokop, P. & Fančovičová, J. (2017). The effect of hands-on activities on children's knowledge and disgust for animals. *Journal of Biological Education, 51(3), 305-314.*
- Renninger, K. & Hidi, S. (2019). Interest development and learning. *The Cambridge handbook of motivation and learning* (pp. 265-290). Cambridge University Press.
- Wang, H., Duh, H., Li, N., Lin, T. & Tsai, C. (2014). An Investigation of University Students' Collaborative Inquiry Learning Behaviors in an Augmented Reality Simulation and a Traditional Simulation. *Journal of Science Education and Technology, 23(5), 682-691.*
- Yeoman, P. & Wilson, S. (2019). Designing for situated learning: Understanding the relations between material properties, designed form and emergent learning activity. *British Journal of Educational Technology, 50(5), 2090-2108.*