

動物資料典藏數位化經驗- 以台灣大學動物學系為例

李培芬、林品涵、李玉琪、聶嘉慧、吳采諭、陳懿慧

台灣大學動物學系

摘要

本文介紹台灣大學動物學系參與國科會數位典藏國家型科技計畫，所進行的動物博物館數位典藏研究計畫內容。我們所定義的動物「標本」，除了一般所知的動物軀體之外，也包含相關的動物資訊，這些資料包括分布資料、體型測量值、分類性形態描述、生態照片、生態和生活史資料、錄影帶內容、叫聲和文獻等資訊。文中除了說明動物資訊之各種形態外，亦就我們之數位化內容和經驗進行探討，最後就本計畫可能之未來應用，援引國外發展經驗加以介紹，希望能拋磚引玉，結合眾多擁有動物資料的人士，一起建立台灣野生動物之生物資訊。

關鍵字：生物資訊、野生動物、地理資訊系統、動物叫聲、多媒體展示系統

Keywords: Bioinformatics, wildlife, Geographic information System (GIS), vocalization, multimedia presentation system

前言

隨著 20 世紀末葉電腦資訊產業的快速發展，在資訊發達的 21 世紀初期，人們的生活習慣逐漸地被改變，也影響了我們處理資料的方式，許多資訊因為網路流通而成為隨手可得、可用的智識。在一片強調 e 化、數位化和知識經濟的浪潮中，生物資料數位化也逐漸受到重視。最先看到的是許多有名的博物館，自己建立起館藏查詢系統，而後再與一些超級電腦中心合作，建立館際間的查詢系統。之後，逐步開始館藏標本的數化工作，建立標本相關資料庫，如分類專家系統、分類鑑定系統、線上分類輔助系統(Desktop taxonomy system)等等。同一時間，還有一批工作人員在野外進行攝影、野外錄音和捕捉等基礎工作，這群人將這些原本是照片、幻燈片、錄影帶、DV 和筆記本等易毀損的資料，藉由各種資訊工具的協助，建立起電腦檔案，儲存於各種媒介內。

生物資訊(Bioinformatics)是一個新興的領域，它結合生物學和資訊科學，生物資訊提供非常多的資訊於生物學的研究工作，為人類的福祉帶來莫大之幫助。狹義的生物資訊是指那些在分子階層的資訊，如人類基因圖譜、遺傳疾病、分子序列等，而廣義的生物資訊則包含了生物個體、生物群聚和生態系等的課題。這兩種類型的資訊儘管在型態和種類的內涵有非常明顯的區隔，然而它們均應用到

許多資訊科學和統計學方面的技術。近幾年以分子層級為主的生物資訊逐漸展露其功效，應用層面也逐漸擴大，而以物種為基礎的生物資訊也逐漸受到重視。在美國和英國，已有許多的研究範例（如 Gaston 2000, Myers 2000, Stockwell 2002），許多大學和研究機構的博物館也運用資訊技術建立物種資料庫，讓傳統生物學的研究注入一股活泉，這方面的人力需求也與日俱增，我們可以預期的是，這方面的進展也會逐漸深入各種相關的研究和應用，為人類社會帶來無窮的利益。

國立台灣大學動物學系承襲日本人的動物標本收集工作，自台灣光復以來，在歷任教學與研究人員的努力下，累積了非常多的動物標本，除了置於魚類標本館內的近 9000 瓶海水魚標本外，尚包括哺乳類（含陸域和海洋鯨豚類）、鳥類、爬蟲類、兩棲類、淡水魚與海水魚類、仔稚魚、蚯蚓類、貝類與珊瑚等，此外也有非常大量的動物化石標本，收藏量在國內應屬非常豐富。

本文之目的，在於介紹本系在進行動物資訊數位化過程中，所得的一些經驗和做法，並就本計畫可能之未來應用，援引國外發展經驗加以介紹，希望能拋磚引玉，結合眾多擁有動物資料的人士，共同建立台灣野生動物之數化資料庫。

為何要數位化

完整收集動物資料需要許多人力和物力，由於動物分布廣泛、種類繁多，以一個博物館的能力常僅能收集到有限的標本。我們知道，分析不同地點所採集到的同一種動物資料，常能歸納出許多新的生物學智識，生物學的智識必須靠分析大量動物資料而來，而這麼龐雜的工作，通常無法單靠一機構完成資料之收集。在這種情形下，如何匯集所有博物館標本，進一步協助進展研究工作，資料庫是最簡單的解決方案。美國的 NBII（National Biological Information Infrastructure）採用建立合作伙伴關係的模式來解決（NBII 2002）。另外，美國聖地牙哥電腦中心的研究人員就曾將全國各大博物館的館藏資料庫，利用 Internet 串聯在一起，以數學模式進行動物分布預測（Stockwell 2002）。

動物分類學家也常需要利用動物標本進行比對，這種情形在一些動物分類比較落後的國家，或是對一些在分類仍有問題的動物種類來說，是必要的工作；甚至於我國的情況，也是如此。台灣有許多的動物模式標本，至今仍分散儲存於世界各地的博物館內，這種情形以哺乳類和鳥類的情況最多，倘若研究過程需要比對標本，研究人員就必須遠渡重洋到各大博物館進行比對工作。如果博物館能將這些動物標本數位化，則未來的研究人員可以直接透過 Internet 之便，上網觀看動物標本，當場進行比對，省去往來人力與時間的耗費。

而自從保育風氣興起之後，社會大眾對認識野生動物的需求日益增高，加上提倡生態觀光，解說資訊的需求逐漸增多，坊間有關野生動物的書籍也應運而生。然而，野生動物的資訊並不僅止於形態的描述、照片的展示，平面媒體如書籍的展示項目有限，資料也無法更新，很可能會讓錯誤資訊繼續傳遞。其實，動物的叫聲是野外辨認的重要憑藉，在多媒體時代中，若能將動物叫聲及其他平面資料數位化，提供展示平台（如網頁和 DVD 片子），不僅有助於進行野生動物研究工作，更能協助一般民眾進一步認識野生動物，達到環境教育的功能。近年來，

更有流行樂界將這些動物叫聲配上樂曲，製作成自然音樂，這也是一個相當好的示範。

從上述的三種情境可以想見，無論是考量學術研究、教育、或是一般民眾的需求，將動物資料數位化，讓資訊可以在網路、一般或特殊型電腦上傳遞使用，是個迫切的任務，這些資料對於想進一步了解野生動物的人來說，是個重要的資訊來源，而數位典藏即是達成這些目的的必要過程。

資料的種類

有關動物的資料可說是五花八門，需求目的不同，所得資料的重點與項目也會不同。為了滿足教育、學術研究與民眾需求，我們所定義的動物「標本」，除了一般所知的動物軀體之外，也包含相關的動物資訊，這些資料包括分布資料、體型測量值、分類性形態描述、生態照片、生態和生活史資料、錄影帶內容、叫聲和文獻等資訊（圖 1）。

這些資料在型態上，可以概分為文字、影音、照片、音效、GIS 分布等內容，而要能獲得這些資料，不僅要從野外獲取動物標本，也需從各種資料收集管道，運用各種儀器收集與數化。對於物種而言，這些資料才是最完整的生物資訊。

台灣野生動物資料數位化

我們從 2002 年 5 月開始，預計五年內將完成 683,280 筆動物資料的數化和建檔。每一筆動物資料，是以資料庫的算法計算，內容包括分布資料、標本測量、文字描述、標本照片、影音、生態照片及原始文獻等。

各年度之進度如下：

- 2002 年度：鳥類(201,800 筆)、兩生類(20,000 筆)
- 2003 年度：鳥類(201,800 筆)、哺乳類(20,370 筆)
- 2004 年度：鳥類(201,800 筆)、爬蟲類(5,180 筆)、蚯蚓(200 筆)
- 2005 年度：爬蟲類(5,180 筆)、仔稚魚(11,010 筆)
- 2006 年度：仔稚魚(11,010 筆)、淡水魚類(5,130 筆)

2002 年之重點在於建立鳥類及兩生類資料。我們先清點整理台大動物系館內存放日據時代所留存的鳥類和兩生類標本，目前已完成清理盤點和鳥類標本建檔，建立基本的館藏資料庫，並已利用高畫素數位相機開始進行標本數位化（圖 2）。數化時利用數位相機拍攝每一個標本的背、腹面，並針對每一種動物的分類重點拍攝記錄其特徵。每一個相片檔案以 BMP 格式儲存，亦以 FoxPro 建立及 metadata 內容。

羽毛的建檔將是另一項重點工作，我們預計於 2003 年度的計畫中，進行羽毛的數化工作。方法是取得每種鳥類的羽毛類型，利用掃描式電子顯微鏡觀察，並拍攝其影像，進而使用掃描器數化這些照片建檔。

分布資料庫部份，目前約蒐集了 150,000 筆鳥類資料。在兩棲類部份，則約有 10,000 筆資料。已收集整理之研究報告超過 300 篇，我們除了建立文獻資料庫外，更針對每一篇報告均建立其標準格式之基礎檔（圖 3），再利用程式將這些資料串聯成一個大型的分布資料庫，並利用地理資訊系統(GIS)轉換成 GIS 之檔案，於 GIS 下可繪製每一種動物之分布圖（如圖 4）。我們採用之 GIS 平台為美國 ESRI 之 Arc/Info，這是一套全世界佔有率甚高的 GIS 軟體，而台灣在國土資訊系統的發展中，大多數的資料也是以此套系統建檔。因此，採用此系統將有助於動物資料與其他因子之整合。

每一個標本的型態測量值，均代表動物之特徵。我們大多以游標尺測量其型態值，並記錄標籤上的相關資訊。我們也收集其他研究機構的測量數據，例如中華鳥會所擁有的鳥類繫放資料，內含有非常多的型態測量值，由於這些測量所使用的方法甚為標準，加上執行測量者多為經驗豐富的資深鳥友，其資料內容值得收集建檔。由於每一類型的動物均有其特定之項目，建檔時分開建立資料庫。

目前蒐集到的生態照片，大多以較高解析度之方式掃描建檔（如圖 5），由於這方面的資料收集困難度較高，加上每一種動物需要多張照片，以反映其多樣化的生態需求，因此光靠研究人員的努力難以達成既定目標，因此，未來擬向外界人士徵求提供生態照片，以充實典藏內容。

有關生態攝影的內容，受限於研究經費，目前是透過私人合作關係，由國內幾位生態攝影者提供影帶資料，再經由數位化過程（本計畫用 Snazzi*III 捕捉卡），轉成 DVD 解析度之格式儲存。目前的進度大致完成硬體的採購（電腦、捕捉卡、DVD 燒錄機、DV 攝影機），已利用攝影機和捕捉卡進行測試，目前效果良好。

聲音的取得方式，先在野外以 MD 和方向性麥克風錄製動物叫聲，再於研究室內以最佳的取樣頻率，將資料數位化成 WAV 檔與 MP3 檔，同時亦利用音效處理軟體（採用 Cool Edit Pro 2.0），繪製聲波圖（如圖 6），加以儲存相關的資料。而這些相關資料如錄音之日期、時間，地點、種類、生態棲地等，也以 FoxPro 建檔。

在原始文獻的部份，我們依據相關的分類文獻或書籍（如林文宏 1997，自然保育網 2002），找到每一種動物之原始描述性文件，這些資料均是非常寶貴的資訊，出現在台灣的物種，報告出版時間有些已達 140 年之久，目前仍有多篇存於台灣大學圖書館內。為了不破壞這些古董級的書籍，我們將利用高畫素的數位相機，以腳架固定的方式將這些文件數位化，並轉成國際標準之 PDF 格式儲存。

資料庫架構

我們的資料除了資料本體（如照片檔、聲音檔、數值、影音檔和 PDF 檔）外，均以 Fox Pro 建立 DBF 檔，未來將以 Microsoft SQL Server 建立查詢系統。在硬體架構上，以 Pentium 4 之電腦搭配磁碟陣列儲存資料，並以 DVD+R 燒錄機製作 DVD 片子，儲存備份。作業平台以 Microsoft Window 2000 Server，加上 IIS 5.0 和 SQL Server，未來則將加入 ESRI 之 Internet Map Server，以提供地圖性的服務。查詢系統則將以 FrontPage 撰寫 HTML 格式之文件，並結合 ASP 和 XML 建立基礎架構。每一種類型的資料數化完成後，均有 metadata 之建檔，以記錄其內容。

同時我們也計畫將數位典藏資料簡化，提供給一般民眾和學生使用，因此也將撰寫適合大眾瀏覽的資訊。這個系統將以 Internet 為基礎，網頁內容將包括台灣野生動物的基本資料描述（如分類、形態特徵值、生活史描述、生態棲地）、館藏資料內容、動物在台灣的分布圖、研究文獻、動物的生態照片和叫聲（如圖 7）。相關的影片資料，也將剪輯成較小的檔案，提供線上觀賞。此外，網頁內容也將介紹台灣野生動物的研究歷史、資源現況、生物多樣性之分布和價值、動物棲地分布、特殊生態系之分布等內容。這些資料未來也可以製作 DVD 多媒體展示系統。

研究與應用

將資料建成資料庫絕不是最後步驟。一個好的資料庫不僅資料需要不斷地更新與累積，同時資料庫的內容也必需不斷地被使用。因此，動物資料建檔工作也須考量資料利用的問題，因為資料使用方式也會影響到資料種類及資料庫的內容。

動物的資訊若能建立完整，則將有數不盡的應用。從國外的例子來談，不管是生態學研究（如 Castellano et al. 1999, Hillebrand and Azovsky 2001, Narins et al. 2000）、生物基本資訊（Richard-Hansen et al. 1999）、保育課題（Myers et al. 2000）、生物多樣性（Gaston 2000, Scott et al. 1993）上均有許多範例；而在台灣過去我們也曾利用分布資料建立分布資料庫（Lee et al. 1994, Lee 2001）、利用型態資料庫分析動物之型態特徵（Lee 1998b, Lee et al. 1998）、對特定物種進行分布預測（Lee 1998a, 周蓮香等 1998）、探討多樣性分布對環境因子之關係（李培芬等 2000, 廖倩瑜和李培芬 1997, 李培芬等 2000, 聶嘉慧等 1999, Lee and Liao 1998）。並曾利用這些資料建立多媒體展示系統（李培芬等 1992, 李培芬 1997, Lee et al. 1992）。

未來我們也計畫彙整更多的動物資料，以提供保育決策上的參考。例如，在過去的研究中，我們利用鳥類分布資料庫，再利用其他的 GIS 圖層資料，運用統計模式推估，找出台灣繁殖鳥類和特有種鳥類的分布熱點區域（圖 8），進行保護區分布和分布熱點關係的探討。這種研究在美國已有 10 年以上的成果（Scott et al. 1993），但是在台灣因為基礎資料的限制，仍有許多值得努力之處。

結論

雖然台灣只是一座小島，面積不大，但因為地形及地理效應所形成的高生物多樣性，一直讓我們引以為傲。對於野生動物研究者來說，將各種動物資訊數位化是刻不容緩的工作。在台灣從事相關研究的人力並不充足，如何在有限的人力和物力下，完成生物多樣性研究工作，進而提升保育水準，是每位生物學家的當務之急。我們認為唯有集眾人之力將各種資訊分類、數位化、建立資料庫，並結合各大博物館的館藏資訊，共同建立起機構間的資料共享機制，才是正確之途。過去的研究者為我們留下大量動物標本，而我們這一代應該充分發揮資訊科技所帶來的好處，建立各類型的動物資料庫，不僅能為我們的下一代留下更多動物資訊以供未來的研究，也為我們的永續發展提供了充分的資訊來源。

致謝

本文之研究成果承蒙國科會提供研究經費，特此致謝。文中所使用的一些資料，過去也在農委會、國家公園與國科會的支助下完成部分資料庫的建構。許多生態攝影家，包括周大慶、黃朝洲、池文傑等先生提供動物生態照片，陳富益先生提供生態影片、研究室同仁林芳儀、黃佩俐、鄭安怡、蔡雅真、陳韻如、陳欣怡、沈聖峰等協助標本整理、資料建檔、野外錄音、數化資料等工作，特此致謝

引用文獻

- 林文宏. 1997. 台灣鳥類發現史. 玉山社，台北市.
- 李培芬. 戴永禎. 林曜松. 1992. 台灣野生動物資源之多媒體資料庫系統. 台灣動物資源資料庫建立研討會論文集(吳金冽和陳章波主編)，國科會生命科學研究推動中心專刊第 18 號，台北，第 105-116 頁.
- 李培芬. 1997. 台灣地區國家公園野生動物多媒體資料庫展示系統. 國家公園學報 7(1-2):17-28.
- 李培芬、潘彥宏、呂光洋、周文豪、張琪如. 2000. 台灣兩生類的分布模式與多樣性. 2000 年海峽兩岸生物多樣性與保育研討會論文集，國立自然科學博物館，台中市，第 159-177 頁.
- 李培芬. 2000. 台灣生物多樣性之保育與資源永續利用. 生物多樣性與台灣原住民族發展研討會，台北.
- 李培芬、盧秀真、許皓捷、張琪如. 2000. 灰面鵟鷹在台灣春季過境的夜間棲地推估. 第二屆台灣猛禽生態研討會，台北.
- 自然保育網. 2002. 台灣兩棲類多媒體資料庫 <http://www.coa.gov.tw/external/preserve/preserve/index1.htm>
- 許皓捷、李培芬. 2001. 以動物相資料評估台灣鳥類群聚與環境之關係. 中國生物學會，台北.
- 廖倩瑜、李培芬. 1997. 台灣產畫眉亞科鳥類之分布模式. 第一屆鳥類研討會. 中華民國野鳥學會. 台北. 339-360 頁.
- 周蓮香、廖宏基、楊世主、潘進龍、李培芬. 1998. 花蓮縣海域鯨豚海上調查. 第六屆鯨類生態與保育研討會. 台灣大學，台北.
- 聶嘉慧、李培芬、丁宗蘇、張琪如. 1999. 台灣繁殖鳥類之種豐富度分布型態. 第二屆鳥類研討會. 中華民國野鳥學會. 台北.

- Castellano, S., A. Rosso, S. Doglio, and C. Giacoma. 1999. Body size and calling variation in the green toad (*Bufo viridis*). *Journal of Zoology (London)* 248:83-90.
- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405:220-227.
- Hillebrand, H., and A. I. Azovsky. 2001. Body size determines the strength of the latitudinal diversity gradient. *Ecography* 24:251-256.
- Lee, P. F. 1998a. Distribution of the hairy-footed flying squirrel (*Belomys pearsonii*) in Taiwan, a GIS approach. *Acta Zoologica Taiwanica* 9(2):81-92.
- Lee, P. F. 1998b. Body size comparison of two giant flying squirrel species in Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 9(1):51-57.
- Lee, P. F. 2001. Mapping vertebrate biodiversity: Taiwan's experience. Paper presented at the International Seminar for Wildlife Suitability Habitat Model, Seoul National University, Seoul, South Korea.
- Lee, P. F., and C. Y. Liao. 1998. Species richness patterns and research trend of flying squirrel. *Journal of Taiwan Museum* 51(2):1-20.
- Lee, P. F., J. E. Sheu, and C. C. Chen. 1994. Mapping vertebrate biodiversity in Taiwan. Pages 499-508 in *Biodiversity and Terrestrial Ecosystems* (C. I. Peng and C. H. Chou, editors), Academia Sinica, Taipei.
- Lee, P. F., T. S. Ding, and H. J. Shiu. 1998. Relationship between body mass and body length of resident bird species in Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 9(2): 67-79.
- Lee, P. F., Y. T. Day, and Y. S. Lin. 1992. A multimedia data bank system for Taiwan's wildlife and fishery resources. Paper presented at International symposium on Energy Environment, and Information Management, September 15-18, 1992, Argonne, Illinois, 10 pp.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Narins, P. M., E. R. Lewis, and B. E. McClelland. 2000. Hyperextended call note repertoire of the endemic Madagascar treefrog *Boophis madagascariensis* (Rhacophoridae). *Journal of Zoology (London)* 250:283-298.
- NBII. 2002. National Biological Information Infrastructure. Available at <http://www.nbii.gov/>
- Richard-Hansen, C., J.-C. Vie, N. Vidal, and J. Keravec. 1999. Body measurements on 40 species of mammals from French Guiana. *Journal of Zoology (London)* 247:419-428.
- Scott, J. M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, H. Anderson, S. Caicco, F. D'erchia, T. C. Edwards, Jr., J. Ulliman, and R. G. Wright. 1993. Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs* 123:1-41.
- Stockwell, D. 2002. The Species Analyst. Available at <http://tsadev.speciesanalyst.net/>

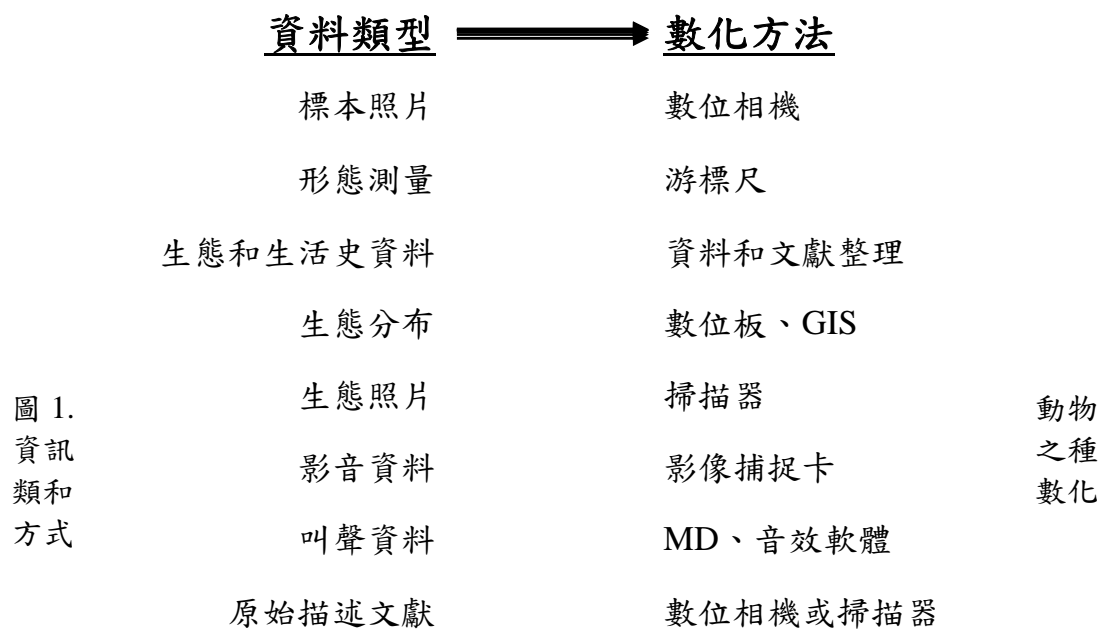


圖 1.
資訊
類和
方式



圖 2. 白頭翁之標本：上圖為背面，下圖為腹面。本件標本為日本的研究學者於 1917 年在關子嶺所採集。

Document ID	Title	Author	Year	Journal
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120

圖 3. 分布資料庫之範例：每一篇文獻之基本資訊

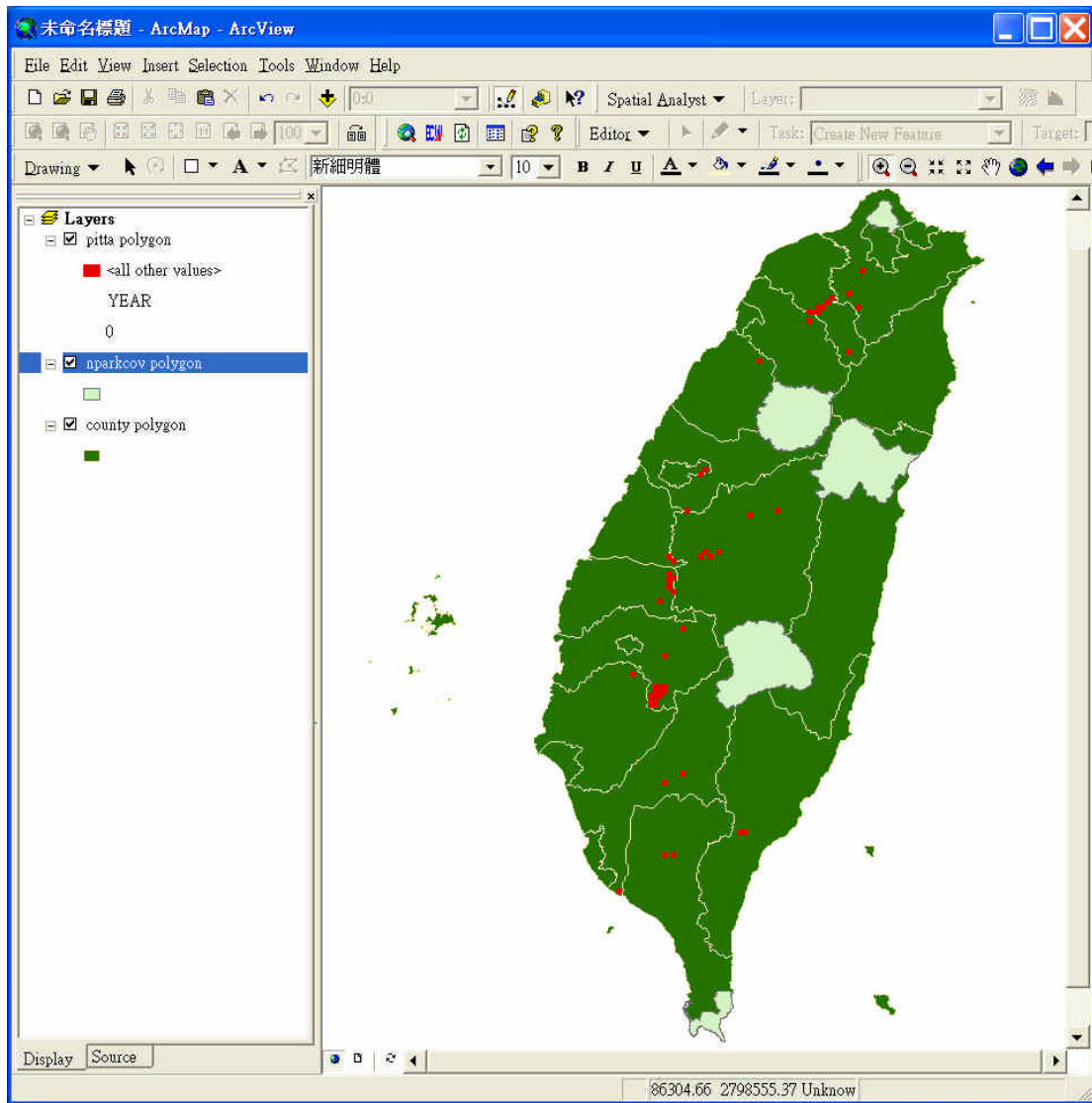


圖 4. 所完成之 GIS 動物分布資料庫，本例子為八色鳥已知的分布（紅色）和國家公園的空間關係

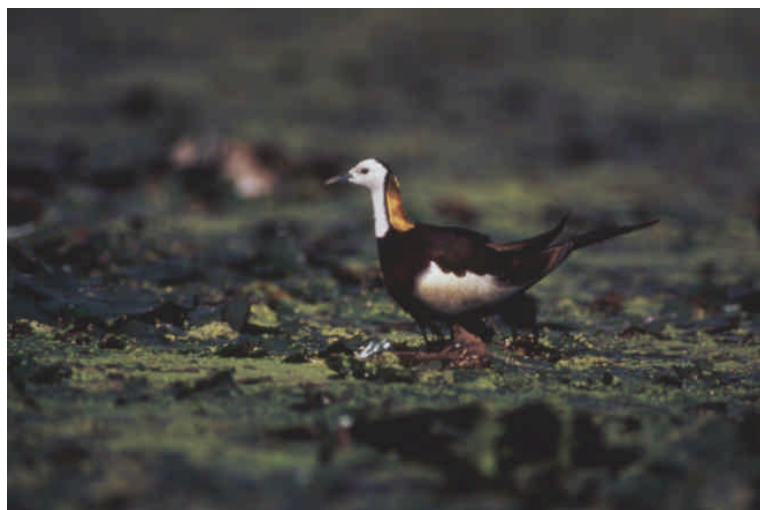


圖 5. 本計畫所數位之生態照片，左上為白環鸚嘴鶇，右上為水雉；左下為白頭翁，右下為莫式樹蛙

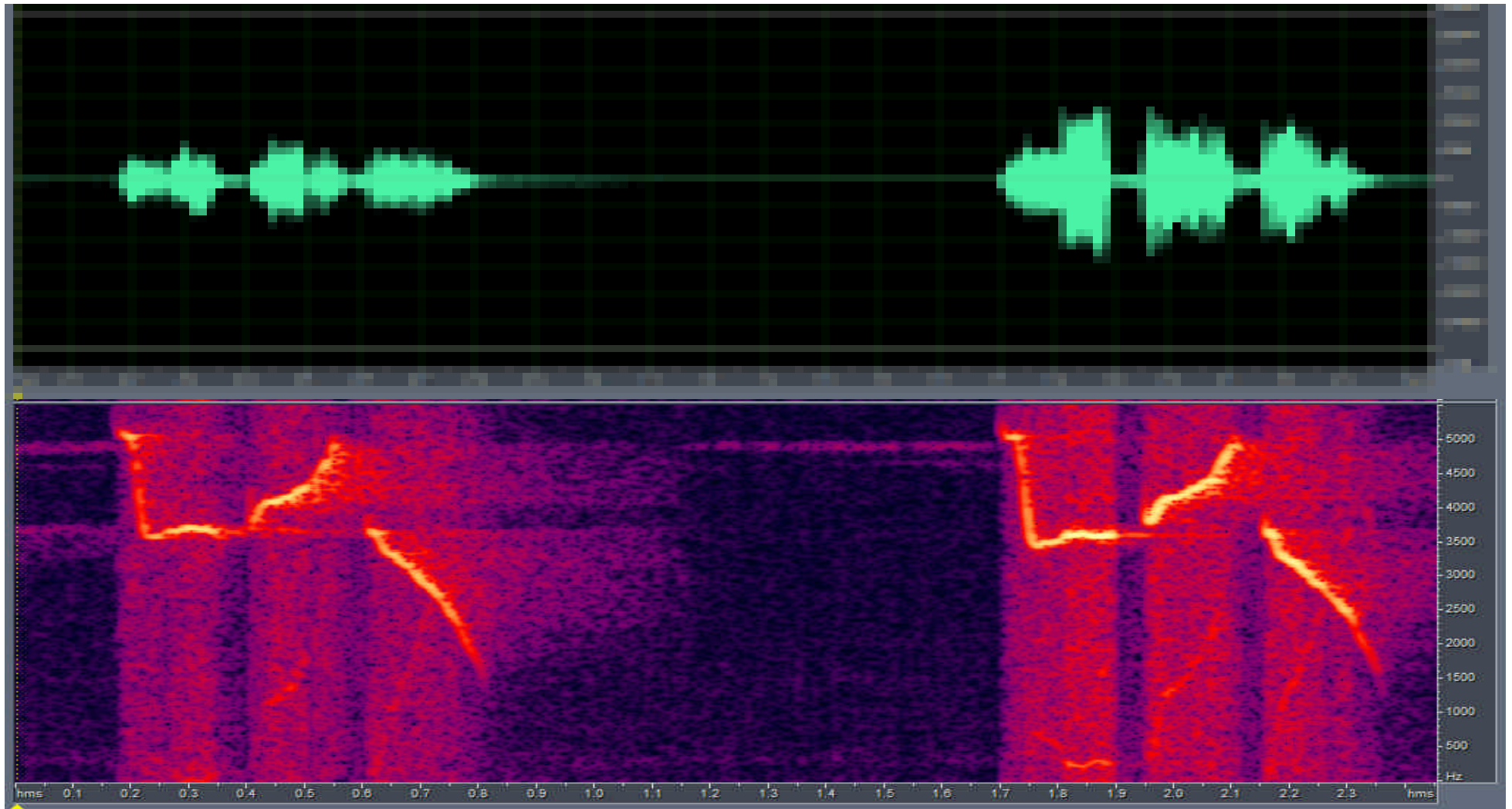


圖 6. 聲音資料庫之範例，本圖為冠羽畫眉之聲譜，上圖為波形譜，下圖為光譜



莫氏樹蛙

<辨認特徵> 中型綠色樹蛙，眼球瞳孔外側的虹膜為鮮紅或橙紅色。眼後皮褶為淡黃色或不明顯。後肢外側及蹼膜為橙紅色，並有塊狀黑斑。體表光滑。分佈於中低海拔山區的潮溼樹叢，草叢下層。

代號：a0004

英文名：Moltrecht's Treefrog

科名：樹蛙科 (Rhacophoridae)

體長 (公分)：4.0-5.5

指尖：具吸盤

棲地類型：林地

族群狀況：廣泛分佈，無危險種

卵塊性質：泡沫狀

保育等級：珍貴稀有

學名：*Rhacophorus moltrehti*

目名：無尾目 (Anura)

最大體長 (公分)：5.5

上顎齒：有

微棲地類型：中、低海拔闊葉林

生殖季節(月)：依區域而異

產卵數：300-400粒

(*註) 生殖季節的12個數字代表1-12月,數字1代表該月有生殖記錄,數字0代表該月無生殖記錄

<分布圖>

圖 7. 本計畫擬建立的多媒體展示系統雛形



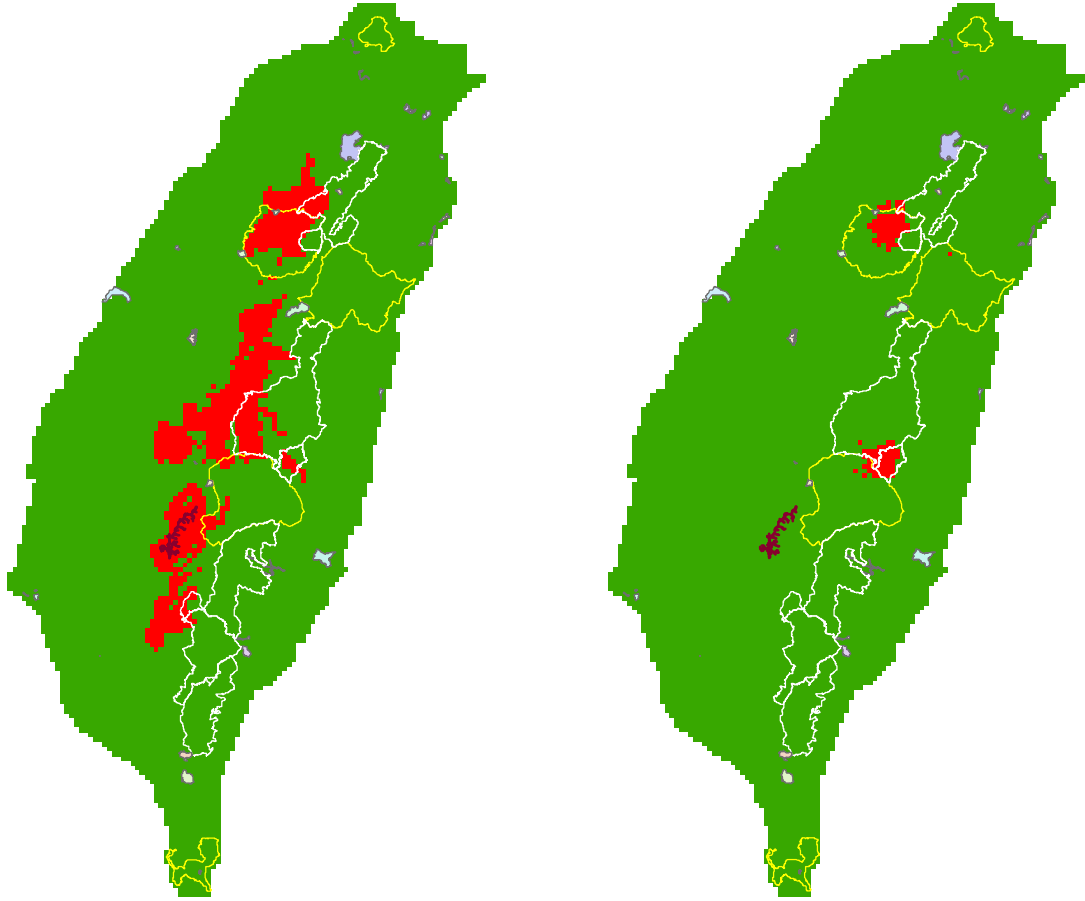


圖 8. 台灣繁殖鳥類（左）與特有種鳥類（右）之熱點（紅色區域）分布與保護區之關係

作者簡歷

李培芬為國立台灣大學動物學系副教授，畢業於台灣大學動物學系，為美國密西根大學(University of Michigan)之博士，從事與自然資源相關之生態研究，包括群聚生態學、地景生態學、巨觀生態學和生物地理學等，尤其著重於應用 GIS 與遙測於地景生態方面之研究，目前致力於建立許多種類之分布資料庫。林品涵為台灣大學動物學系之研究助理，畢業於中山大學生物科學研究所。李玉琪為台灣大學動物學系之研究助理，畢業於台灣大學。聶嘉慧任職於台灣大學動物學系，畢業於台灣大學動物學研究所。吳采諭為台灣大學動物學系之研究助理，畢業於台灣大學動物學研究所。陳懿慧任職於台灣大學動物學系，畢業於台灣大學解剖學研究所。