

太魯閣國家公園兩生蛙類鳴叫聲數位典藏暨展示系統建置計畫

太魯閣國家公園管理處

九十九年

太魯閣國家公園兩生蛙類鳴叫聲
數位典藏暨展示系統建置計畫

太魯閣國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 99 年 12 月

太魯閣國家公園兩生蛙類鳴叫聲 數位典藏暨展示系統建置計畫

受委託者：**中華民國溪流環境協會**

研究主持人：中華民國溪流環境協會理事長 張崑雄教授

協同主持人：東華大學生態與環境教育研究所 楊懿如副教授

太魯閣國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 99 年 12 月

目錄

摘要.....	6
一、計畫緣起	7
二、相關研究檢討	7
三、相關設備籌備：	9
四、調整聲音訊號處理軟體	10
五、計畫對相關施政之助益	12
六、目前蛙聲處理情況	13
七、網站建置作業	18
八、相關參考文獻資料	23
附錄.....	25

圖目錄

圖 1. Sony MP3 ICS-UX81F 錄音機.....	9
圖 2. Sony PCM-D1 的數位化的錄音機.....	9
圖 3. 不同聲源到達不同麥克風的時間將產生不一致情況	11
圖 4. 使用者介面程式	12
圖 5. 中國樹蟾分離前時域訊號	15
圖 6. 中國樹蟾分離前時頻圖	15
圖 7. 中國樹蟾 ICA 程式處理結果.....	15
圖 8. 中國樹蟾分離後時域訊號	16
圖 9. 中國樹蟾分離後時頻圖	16
圖 10. 斑腿樹蛙分離前時域訊號	17
圖 11. 斑腿樹蛙分離前時頻圖.....	17
圖 12. 斑腿樹蛙 ICA 程式處理結果.....	17
圖 13. 斑腿樹蛙分離後時域訊號	18
圖 14. 斑腿樹蛙分離後時頻圖	18

表目錄

表 1. 噪音型態.....	8
表 2. 青蛙聲音列表.....	13

太魯閣國家公園兩生蛙類鳴叫聲

數位典藏暨展示系統建置計畫

摘要

面對全球暖化與各種有機、無機物質的汙染，棲地環境面臨劇烈的轉變，衍生而來物種的滅絕與性別單一化等種種生物多樣性危機。在生態保育與環境監測的工作上，於溪流與潮溼環境中生存的兩生蛙類，在生態階層中屬敏感度較高並較容易監測觀察的類群，亦是最適合作為生態教育與監測環境的指標物種。太魯閣國家公園管理處歷年也針對蛙類資源進行詳細之調查，知悉園區兩生蛙類資源豐富。而野外自動錄音監測、兩生蛙類自動辨識看似便利合理，卻必須面臨自動錄音時同時來自風聲、雨聲、樹聲、其他動物聲、不同種類蛙聲、同種類蛙聲大合唱，甚至錄音機器本身的「噪音」干擾，大部分的情形是以夾雜大量「噪音」的聲音訊息進行分析，以致遺失大量目標動物聲音的大量聲音訊息，甚至夾雜在「噪音」中的其他生物訊息、環境生態棲地訊息，殊為可惜。因此，若能將野外辛苦錄製的原始聲音，與所錄製的噪音予以分離，並由網路建立分享平台，將有助於蛙類進一步研究。本計畫目標，希望能達成蛙類生物訊息調查與運用之國內外文獻整理與回顧；蛙類聲音資料庫之建置；完成 32 種蛙類聲音之分離與完整結構之解析；及建置蛙類聲音結構數位典藏與展示系統建置

一、計畫緣起

面對全球暖化與各種有機、無機物質的汙染，棲地環境面臨劇烈的轉變，衍生而來物種的滅絕與性別單一化等種種生物多樣性危機。在生態保育與環境監測的工作上，於溪流與潮溼環境中生存的兩生蛙類，在生態階層中屬敏感度較高並較容易監測觀察的類群，亦是最適合作為生態教育與監測環境的指標物種。

太魯閣國家公園管理處歷年也針對蛙類資源進行詳細之調查，知悉園區兩生蛙類資源豐富。而今國際生物訊息的調查與運用正持續發展，領域包括生物訊號的解析、聲音辨識系統的開發及生態教育之運用。本案期望透過聲音訊號的完整擷取，將環境中生物之聲音進行完整結構的數位典藏，並進一步分析具研究價值的生物訊息，提供蛙類辨識系統的發展或其他蛙類知識進一步的研究。另架設公開之展示教育網頁，提供蛙類聲音之查詢與下載，作為生態教育之輔助素材，將來更期待可運用聲音監測作為經營管理的指標。

本計畫目標，希望能達成蛙類生物訊息調查與運用之國內外文獻整理與回顧；蛙類聲音資料庫之建置；完成 32 種蛙類聲音之分離與完整結構之解析；及建置蛙類聲音結構數位典藏與展示系統建置。

二、相關研究檢討

蛙類分布廣泛，但由於夜行性，喜歡躲在潮濕陰暗的角落，經常僅聞其聲不見其影。野外調查時，常常利用目視遇測法，配合鳴叫計數法，估計蛙類的族群量；生態聲學（Bioacoustics）則更以蛙類聲音的訊號，進行蛙類行為的研究。但利用鳴叫計數法時，其精確度常受到調查人員對鳴叫聲音辨識之基礎訓練、個人聽力、與辨析數量的能力而有所影響，且其對棲地之干擾性、侵入性問題，屢遭議論；而野外自動錄音監測、兩生蛙類自動辨識看似便利合理，卻必須面臨自動錄音時同時來自風聲、雨聲、樹聲、其他動物聲、不同種類蛙聲、同種類蛙聲

大合唱，甚至錄音機器本身的「噪音」干擾，大部分的情形是以夾雜大量「噪音」的聲音訊息進行分析，以致遺失大量目標動物聲音的大量聲音訊息，甚至夾雜在「噪音」中的其他生物訊息、環境生態棲地訊息，殊為可惜。因此，若能將野外辛苦錄製的原始聲音，與所錄製的「噪音¹」予以分離，並由網路建立分享平台，將有助於蛙類進一步研究。

一般而言，經由野外錄音所錄製的聲音訊號，其型態可分為四種類型，其相應之聲音訊號處理方法並不相同，可逐項探討如表 1：

表 1. 噪音型態

	頻率不重疊	頻率重疊
特定型態噪音	甲	丁
不特定型態噪音	乙	丙

甲及乙類（頻率不重疊）：傳統濾波方法可有效處理，例如蛙類(11 ~ 13 kHz)跟蟋蟀 (1~ 5,000 kHz)，即可直接將不同頻率的部分，直接濾除，而取得良好效果的聲音訊號。

丁類（頻率重疊但特定型態之噪音）：如果聲音訊號的存在樣態雖屬於頻率重疊，但噪音屬於固定型態，例如飛機上噪音，因飛機噪音型態固定(如白噪音)，而人類對話聲音雖與飛機訊號重疊，用特殊的適性濾波（Adaptive Filter）過濾方法，例如 Weiner Filter，仍能有效處理，目前市面上的除噪耳機、歐美部分生物聲學對於部分鳥類鳴叫聲音辨識之前處理階段，多屬此類。

丙類（頻率重疊且噪音型態不固定）：野外錄音時此樣態最普遍，如本計畫之蛙類錄音，因蛙類棲地屬於陰暗潮濕地區，且出沒多為夜間或黃昏，因環境之視線不明，生物採取聲音訊號作為求偶、傳遞訊息、領域捍衛……等，特別是蛙類的族群習性，常出現同種類間大合唱狀態，則錄音時將立即面對大量頻率重疊、噪音型態不固定的狀況，即使以昂貴的指向型麥克風，雖可排除30度角外之聲音，但30度角度內的聲音依然全部錄進，嚴重影響後續聲音訊號之生態研究工

¹ 所謂噪音係指非目標物種之聲音而言，然而在生態研究上，噪音往往夾帶更多更多背景環境的生態訊息，若能予以分別儲存，將有機會留下更多生態訊息。

作。

除此之外，傳統過濾聲音方法極容易在接近頻率邊緣時，破壞聲音結構形狀，極可能因此犧牲重要之生物訊號，且過濾後之聲音，將完全喪失背景噪音所隱藏的重要生態環境訊息。

三、相關設備籌備：

1. Sony MP3 ICS-UX81F 錄音機 (雙麥克風收音)：作為野外實錄之前，做電腦實錄前電腦模擬實驗用，以預先模擬野外實錄時所可能遇到之狀況。數位音器置於可接近青蛙之最短距離錄音 (0.3 至 10 公尺)，每次錄音時間為 30 至 60 秒，錄音格式為 16 bit / 44.1 kHz 之錄音檔，依蛙類種類、錄音地點個別儲存，以取得完整聲音結構之蛙聲檔案，同時保留棲地之生物多樣性及環境訊息。



圖 1. Sony MP3 ICS-UX81F 錄音機

2. Sony PCM-D1 的數位化的錄音機：作為野外實錄之麥克風，儘量增加錄音品質。麥克風位置為可調式，兩麥克風之間的距離可從 1 厘米到 6 厘米，錄音格式為 16 bit / 44.1 kHz 之錄音檔。



圖 2. Sony PCM-D1 的數位化的錄音機

3. 展示伺服器建立：中央處理器為Dual-Core AMD Opteron (tm) Processor 2214 HE 2.20GHz、記憶體為 2GB、硬碟容量為 420GB、伺服器環境為 Windows

Server 2003 R2、IIS、Microsoft SQL Server 2005 Express，ICA 分離軟體核心程式，則以 MATLAB 寫成。

4. 分離作業執行電腦：(i)中央處理器為 Intel Core Duo CPU T7100 1.8GHz、記憶體為 2GB，執行電腦環境為 Windows XP Professional、Microsoft .Net Framework 2.0 以及 Matlab R2010a 版本。(ii)SONY VPCF115FW 筆記型電腦以撰寫 ICA 分離軟體及處理音檔

四、調整聲音訊號處理軟體

使用基於ICA (Independent component Analysis)原理而自行開發之聲音分離軟體，利用同一聲源聲音到達不同麥克風速度不同的特性，進行蛙聲聲音與噪音分離作業，將目標蛙聲以外之雜訊(如車聲、狗叫聲、鳥聲、其他生物叫聲、其他種類蛙聲……等)，聲音處理完成後，才存入蛙聲樣本資料庫。本研究自行開發之聲音訊號處理軟體，特色在於克服聲音頻帶重疊 (Overlap)、噪音嚴重及傳統濾波 (Filter) 方法容易破壞聲音完整波形，甚至錄到其它動物過大的叫聲而破壞珍貴訊號等情況下的錄音處理，以期待

- (1) 最大可能取得完整聲音結構的野外錄音資料，進行後續相關研究。
- (2) 藉聲音分離，可得知青蛙與其他動物或環境變遷的關係，進行後續相關生態的研究。

而在 ICA 理論發展方面，傳統 ICA 方式為假設訊號無時間延遲現象 (Time Delay)，進而求得反矩陣即可回推原始訊號，但真實環境並非如此，通常自然生態界之野外實錄時，不能預設何時野生動物將會發生聲音，不同聲源到達不同麥克風的時間將產生不一致情況，如下圖 3：

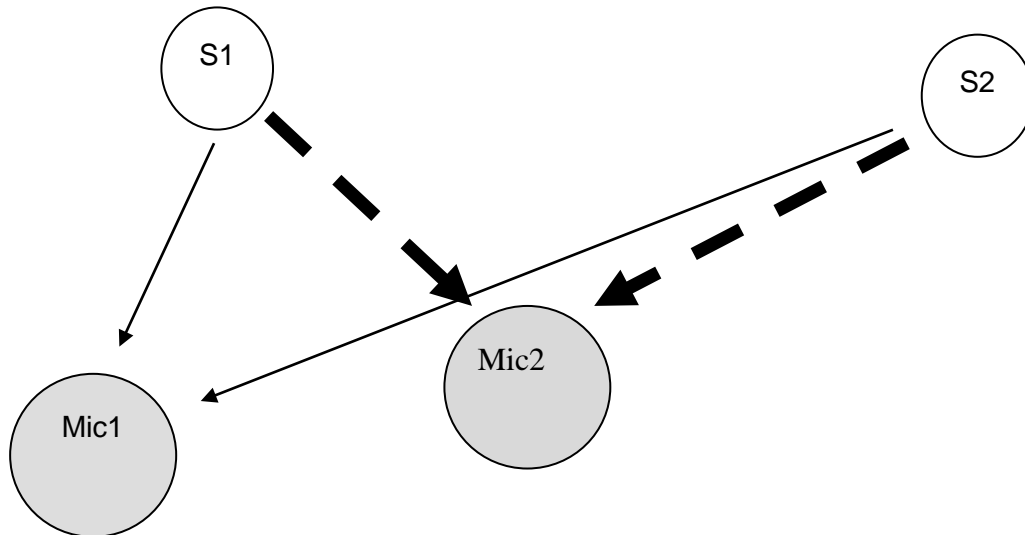


圖 3. 不同聲源到達不同麥克風的時間將產生不一致情況

不同聲源 S1 & S2 到達不同麥克風 Mic1 & Mic2 會有一個時間差，於是必須延展此反矩陣，使其包含一定範圍內的時間延遲現象，於是軟體中會出現一個重要參數：L (值為 6, 10, 15, 20)，以定義時間延遲長度。

近年來已有音源分離的 ICA 演算法發表於期刊，但其中大都止於電腦模擬或無回音實驗室中並不能用於真實環境。少數可用於真實環境的演算法都是探討室內人類說話聲，並無任何一套適用於野外動物聲音的 ICA 演算法。

(1) 核心演算法程式開發：

程式開發目的在於能否成功分離音源以及分離音源後聲音品質。為達此目的 ICA 理論模型必須一直改進，而以電腦程式實現此理論。因此我們用 Matlab 快速建構程式原型以達快速驗證我們所發展的 ICA 理論減短電腦程式開發的時間。此報告我們依序達成如下的目標：

- (a) 發展有時間延遲現象的 ICA 理論與電腦程式
- (b) 在公園內以 mp3 同時播放二到三隻青蛙、或蟋蟀錄音檔(模擬真實青蛙、蟋蟀叫聲) 並以 Sony MP3 ICS-UX81F 錄音機的雙麥克風收音。其目的為驗證 電腦程式的聲音分離能力。
- (c) 由(b)的聲音分離結果當指標(index)不斷修正 ICA 演算法(Algorithm) 的理論與 Matlab 電腦程式。如今雙麥克風所錄製的聲檔所分離的音

源已達一定的品質。其品質可用音源的分離度(SIR, signal to interference ratio)及聲音扭曲度(distortion, musical noise)衡量。較好且直接的方式是觀察波形或人耳判讀其好壞給予評分(mean opinion score)。

- (d) 在 ICA 理論中假設所有的聲源不隨時間變化。違反此假設會降低聲音分離的品質。再者 ICA 演算法佔據很大的電腦記憶體(DRAM)，如此在此所開發的電腦程式無法應用於一般個人電腦或導入手持式裝置。基於此二原因，我們開發半即時(semi real-time) ICA 程式：將一段音檔切成區塊(blocks)，每區塊再以 ICA 演算法計算之。最後再以統計(statistical)方法串聯這些區塊所分離的聲音訊號。

(2) 使用者介面程式開發

利用 Microsoft .Net Framework 的強大 IO 讀取能力，於是分析處理核心以 Matlab 為主，而讀取聲音檔的介面以 .Net Framework 開發

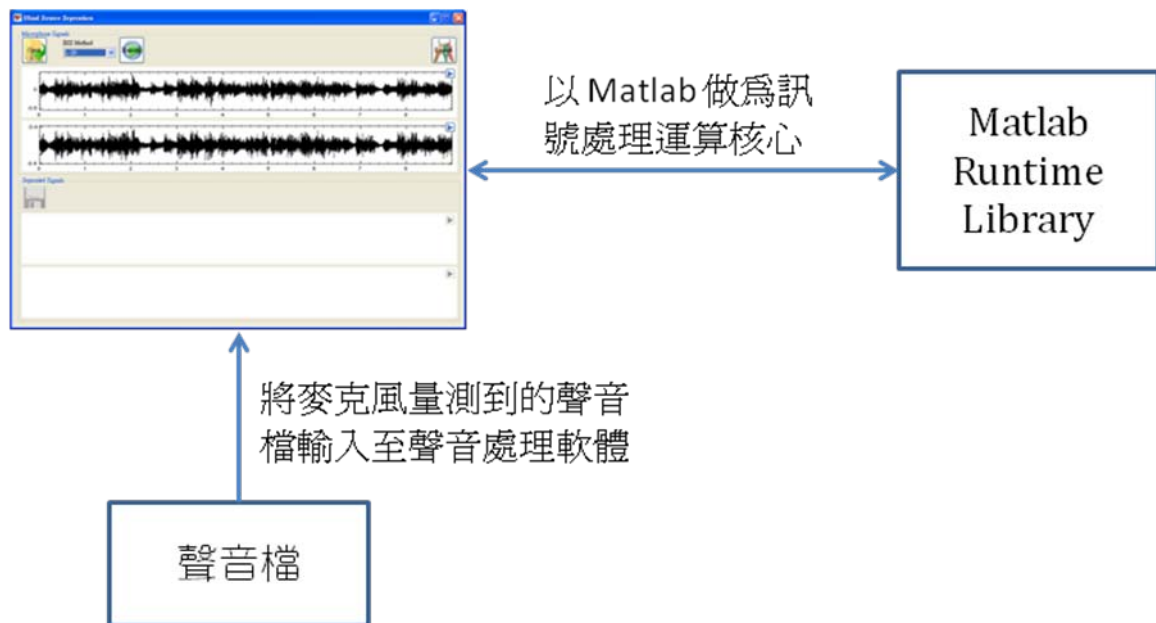


圖 4. 使用者介面程式

五、計畫對相關施政之助益

國家公園管理處掌理我國國家公園生物多樣性保育、研究及史蹟保護及國家公園環境教育及生態旅遊推動之事項。則生態調查及研究過程中，自以生物訊息調查之自動錄音法為重要工具，以其為侵入性最少、生物棲地干擾最少之調查方法，並將所得之調查研究成果，其成功經驗及調查研究成果，提供國內產、官、學研之生態研究，達國家公園環境教育及生態旅遊之目的。

野外錄音必然面臨來自環境噪音及機器噪音的干擾，傳統聲音濾波方法容易破壞聲音完整波形，傷害生物聲音中所帶有之原始訊號。本研究建議利用 ICA 原理所開發之聲音分離技術，能在不破壞聲音結構前提下，將目標聲音與噪音分離處理，將可逐步建立台灣珍貴的聲音資料庫，確可開啟國內生物訊號之調查研究方法之新領域，為台灣蛙類生態研究，優先保存最珍貴的蛙類聲音訊號資源。

本研究預期將首次突破傳統濾波傷害聲音結構方式，改以聲音分離方式，以保存完整結構的生物聲音訊號，為進一步蛙類聲學生態學研究做準備，並達到生態教育的重要目的。

六、目前蛙聲處理情況

經由本團隊之軟體開發完成 ICA 蛙聲聲音分離軟體，並經由東華大學楊懿如副教授之研究團隊，進行野外蛙聲實錄，業已蒐集到蛙聲計 33 種，經整理列表如下：

表 2. 青蛙聲音列表

青蛙種類	實際量測地點
中國樹蟾	土城彈藥庫
斑腿樹蛙	台中縣石岡鄉土牛村
虎皮蛙	花蓮 193 公路中興
牛蛙	南投縣魚池鄉青蛙湖
長腳赤蛙	台北縣新店市四崁水
盤古蟾蜍	宜蘭石磐步道

古氏赤蛙	內洞森林遊樂區
金線蛙	埔里桃米村
褐樹蛙	霧峰桐林正義橋
艾氏樹蛙	宜蘭雙連埤
梭德氏赤蛙	宜蘭縣員山鄉福山溪
斯文豪氏赤蛙	花蓮長良林道
日本樹蛙	南投蓮華池
黑蒙西氏小雨蛙	
豎琴蛙	南投蓮華池
腹斑蛙	南投蓮華池
拉都希氏赤蛙	北埔油點草農場
白領樹蛙	北埔油點草農場
諸羅樹蛙	雲林縣斗六市梅林
橙腹樹蛙	台東利嘉林道
海蛙	屏東佳冬
巴氏小雨蛙	台南 174 縣道
貢德氏赤蛙	台北縣石門鄉阿里磅
花狹口蛙	高雄都會公園
台北赤蛙	龍潭德龍國小
澤蛙	龍潭德龍國小
面天樹蛙	台南 174 縣道
史丹吉氏小雨蛙	台南 174 縣道
黑眶蟾蜍	龍潭德龍國小
台北樹蛙	三芝圓山
莫氏樹蛙	佐昌步道
翡翠樹蛙	四崁水

經本團隊自行開發之軟體進行聲音分離處理後，可得相關成果如下 (以中國樹蛙為例)：

1. 中國樹蟾

圖 5. 中國樹蟾分離前時域訊號

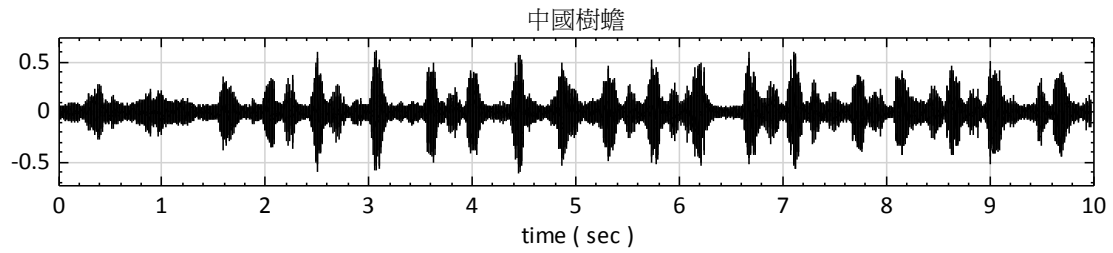


圖 6. 中國樹蟾分離前時頻圖

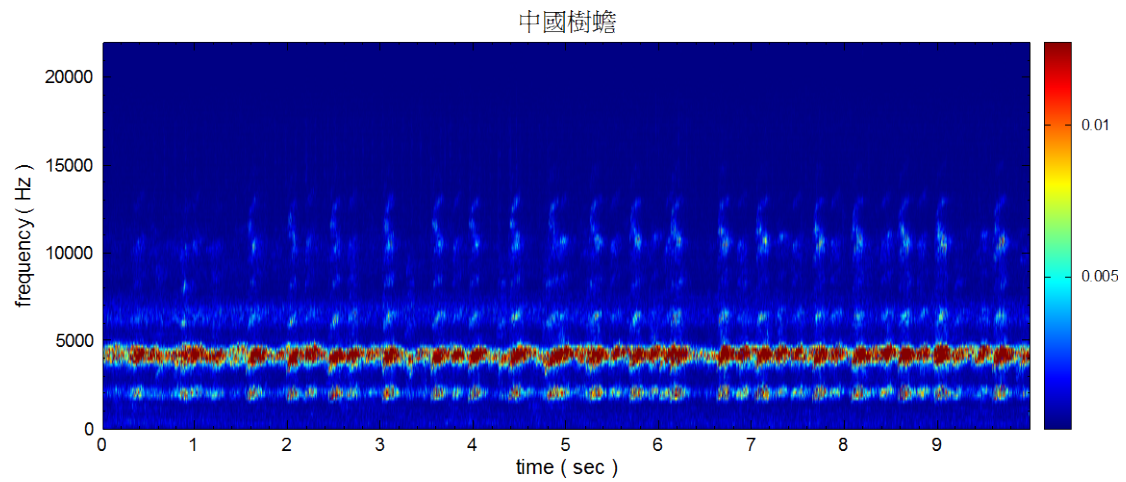


圖 7. 中國樹蟾 ICA 程式處理結果



圖 8. 中國樹蟾分離後時域訊號

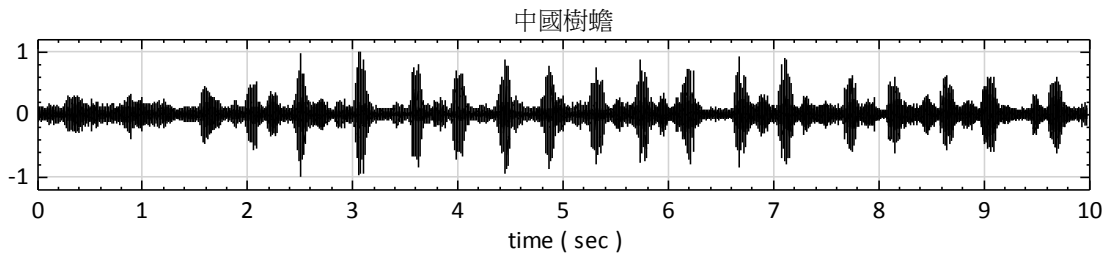
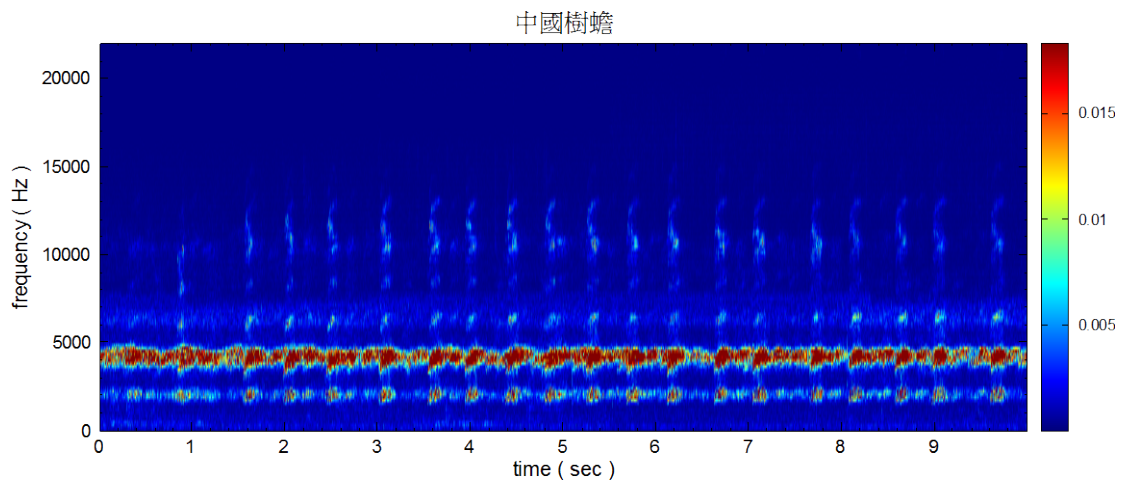


圖 9. 中國樹蟾分離後時頻圖



觀察分離前後時頻圖，在分離前每秒三次的脈衝之間夾雜著回音以及另一隻樹蟾的叫聲，發現經過 ICA 的處理之後，每秒三次脈衝現象被清楚的呈

現，回音以及其餘樹蟾被清楚的濾除。

2. 斑腿樹蛙

圖 10.斑腿樹蛙分離前時域訊號

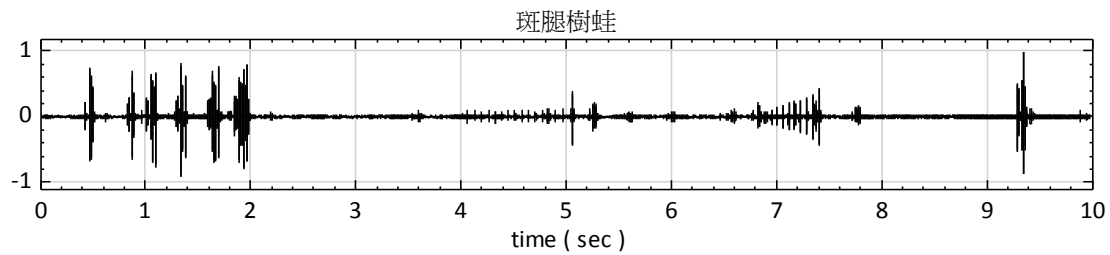


圖 11. 斑腿樹蛙分離前時頻圖

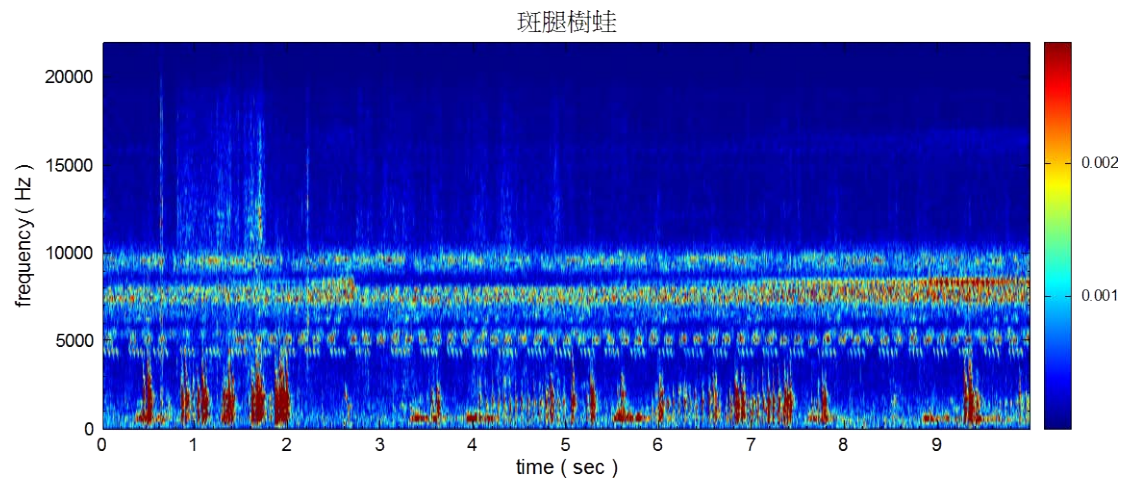


圖 12. 斑腿樹蛙 ICA 程式處理結果

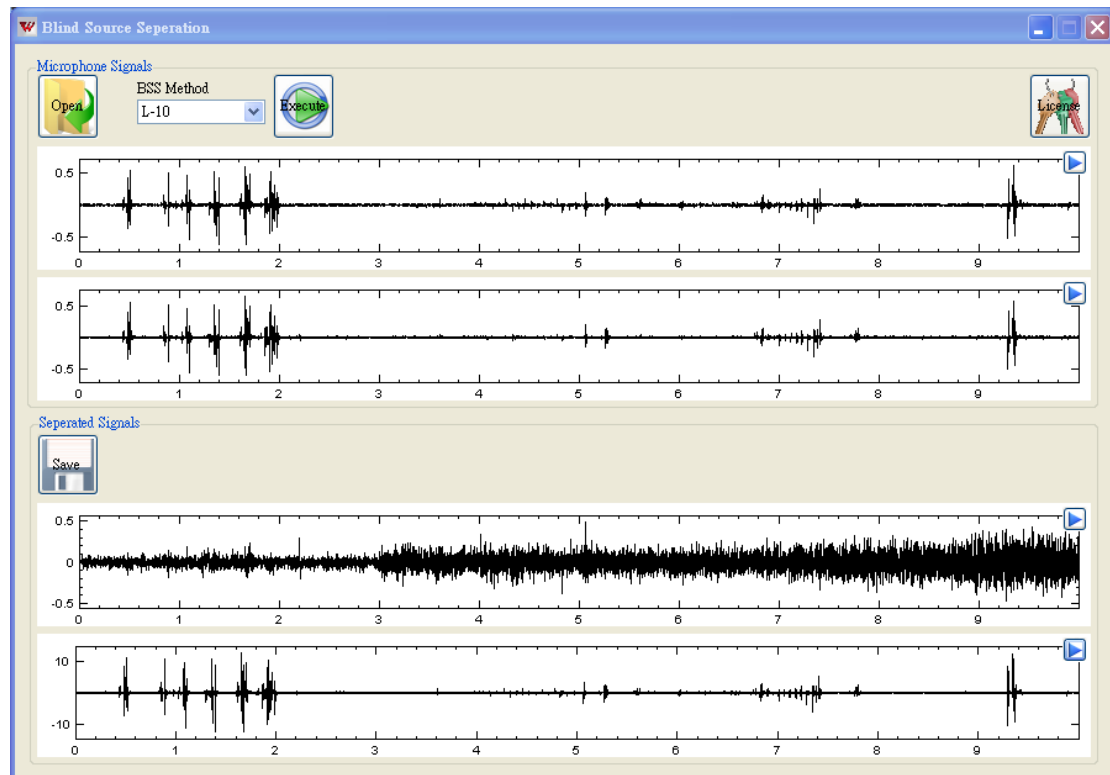


圖 13. 斑腿樹蛙分離後時域訊號

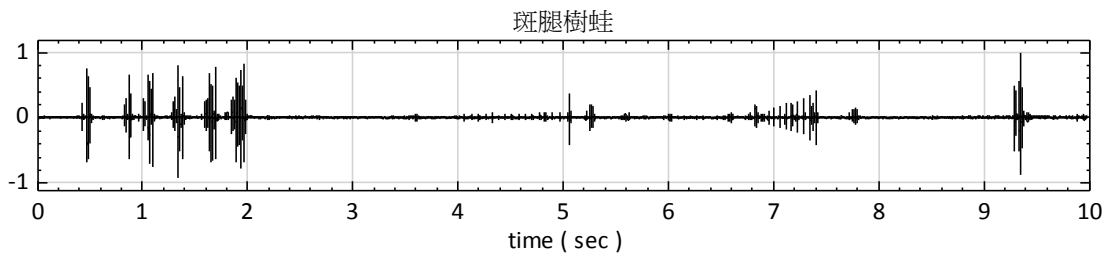
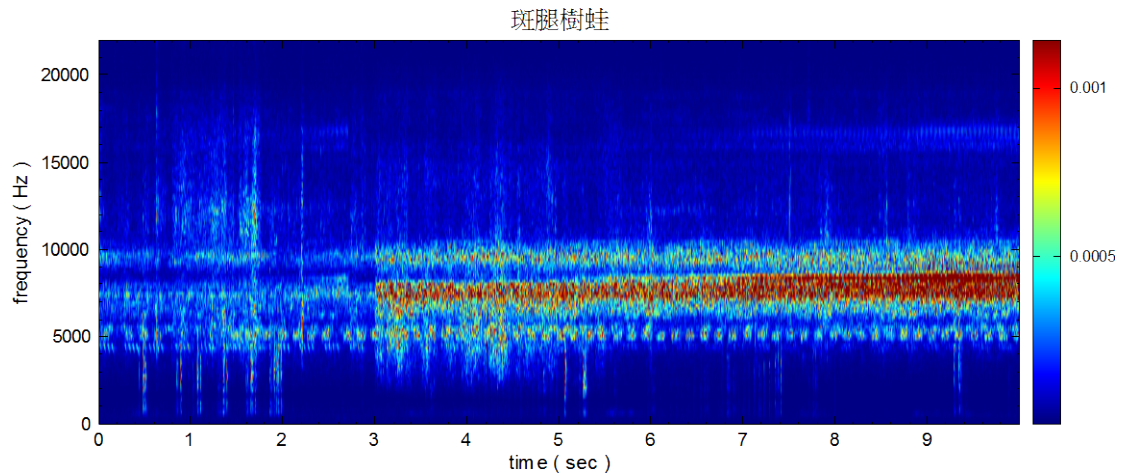


圖 14. 斑腿樹蛙分離後時頻圖



比較分離前後，發現環境噪音被全部分解至第一個通道，第二通道的低頻雜訊被完全濾除，取得到品質更好的樹蛙聲音。

七、網站建置作業

利用網頁呈現的方式，將本計畫的主旨與相關的使用技術放置於網頁，並將量測到的 33 種青蛙資料分離前與分離後的資料放置於網頁提供聆聽。

但為了提高數位典藏快速尋找的功能，在最後展示部分另外加上一頁利用 Silverlight (功能類似 Flash) 的動畫，呈現五大分類的青蛙，瀏覽者利用游標滑過該青蛙，即可聽到青蛙的叫聲，點擊之則可閱讀青蛙的細節資料，達到生態教育的重要目的。



面對全球暖化與各種有機、無機物質的汙染，棲地環境面臨劇烈的轉變，衍生而來物種的滅絕與性別單一化等種種生物多樣性危機。在生態保育與環境監測的工作上，於溪流與潮溼環境中生存的兩生蛙類，在生態階層中屬敏感度較高並較容易監測觀察的類群，亦是最適合作為生態教育與監測環境的指標物種。太魯閣國家公園管理處歷年也針對蛙類資源進行詳細之調查，知悉園區兩生蛙類資源豐富。而今國際生物訊息的調查與運用正持續發展，領域包括生物訊號的解析、聲音辨識系統的開發及生態教育之運用。

本計畫期望透過聲音訊號的完整擷取，將環境中生物之聲音進行完整結構的數位典藏，並進一步分析具研究價值的生物訊息，提供蛙類辨識系統的發展或其他蛙類知識進一步的研究。另架設公開之展示教育網頁，提供蛙類聲音之查詢與下載，作為生態教育之輔助素材，將來更期待可運用聲音監測作為經營管理的指標。



蛙類分布廣泛，但由於夜行性，喜歡躲在潮濕陰暗的角落，經常僅聞其聲不見其影。野外調查時，常常利用目視遇測法，配合鳴叫計數法，估計蛙類的族群量；生態聲學 (Bioacoustics) 則更以蛙類聲音的訊號，進行蛙類行為的研究。但利用鳴叫計數法時，其精確度常受到調查人員對鳴叫聲音辨識之基礎訓練、個人聽力、與辨析數量的能力而有所影響，且其對棲地之干擾性、侵入性問題，屢遭議論；而野外自動錄音監測、兩生蛙類自動辨識看似便利合理，卻必須面臨自動錄音時同時來自風聲、雨聲、樹聲、其他動物聲、不同種類蛙聲、同種類蛙聲大合唱，甚至錄音機器本身的「噪音」干擾，大部分的情形是以夾雜大量「噪音」的聲音訊息進行分析，以致遺失大量目標動物聲音的大量聲音訊息，甚至夾雜在「噪音」中的其他生物訊息、環境生態棲地訊息，殊為可惜。因此，若能將野外辛苦錄製的原始聲音，與所錄製的「噪音」予以分離，並由網路建立分享平台，將有助於蛙類進一步研究。一般而言，經由野外錄音所錄製的聲音訊號，其型態可分為四種類型，其相應之聲音訊號處理方法並不相同，可逐項探討如下：

	頻率不重疊	頻率重疊
特定型態噪音	甲	丁
不特定型態噪音	乙	丙

甲及乙類 (頻率不重疊)：傳統濾波方法可有效處理，例如蛙類 (11 ~ 13 kHz) 跟蟋蟀 (1 ~ 5,000 kHz)，即可直接將不同頻率的部分，直接濾除，而取得良好效果的聲音訊號。丁類 (頻率重疊但特定型態的噪音)：如果聲音訊號的存在樣態雖屬於頻率重疊，但噪音屬於固定型態，例如飛機上噪音，因飛機噪音型態固定 (如白噪音)，而人類對話聲音雖與飛機訊號重疊，用特殊的適性濾波 (Adaptive Filter) 過濾方法，例如 Weiner Filter，仍能有效處理，目前市面上的除噪耳機、歐美部分生物聲學對於部分鳥類鳴叫聲音辨識之前處理階段，多屬此類。丙類 (頻率重疊且噪音型態不固定)：野外錄音時此樣態最普遍，如本計畫之蛙類錄音，因蛙類棲地屬於陰暗潮濕地區，且出沒多為夜間或黃昏，因環境之複雜不明，生物控制而聲音訊號作為求偶、獲食、領地捍衛等，特別是蛙類的複雜型性，常出現同種種間混合鳴叫態，



•發展克服時間遲滯及回音之ICA理論及其電腦程式

使用基於ICA (Independent component Analysis)原理而自行開發之聲音分離軟體，利用同一聲源聲音到達不同麥克風速度不同的特性，進行蛙聲聲音與噪音分離作業，將目標蛙聲以外之雜訊(如車聲、狗叫聲、鳥聲、其他生物叫聲、其他種類蛙聲.....等)，聲音處理完成後，才存入蛙聲樣本資料庫。本研究自行開發之聲音訊號處理軟體，特色在於克服聲音頻帶重疊 (Overlap)、噪音嚴重及傳統濾波 (Filter) 方法容易破壞聲音完整波形，甚至導致其它動物過大的叫聲而破壞珍貴訊號等情況下的錄音處理，以期待最大可能取得完整聲音結構的野外錄音資料，進行後續相關研究。

藉聲音分離，可得知青蛙與其他動物或環境變遷的關係，進行後續相關生態的研究。

而在ICA理論發展方面，傳統ICA方式為假設訊號無時間延遲現象 (Time Delay)，進而求得反矩陣即可回推原始訊號，但真實環境並非如此，通常自然生態界之野外實錄時，不能預設何時野生動物將會發生聲音，不同聲源到達不同麥克風的時間將產生不一致情況，不同聲源到達不同麥克風會有一個時間差，於是必須延展此反矩陣，使其包含一定範圍內的時間延遲現象，於是軟體中會出現一個重要參數：L (值為6, 10, 15, 20)，以定義時間延遲長度。

近年來已有音源分離的ICA演算法發表於期刊，但其中大都止於電腦模擬或無回音實驗室中並不能用於真實環境。少數可用於真實環境的演算法都是探討室內人類說話聲，並無任何一套適用於野外動物聲音的ICA演算法。

•發展過程

程式開發目的在於能否成功分離音源以及分離音源後聲音品質。為達此目的ICA理論模型必須一直改進，而以電腦程式實現此理論。利用 Matlab 快速建構程式原型以達快速驗證我們所發展的ICA理論減短電腦程式開發的時間。開發過程如下：



青蛙種類	學名	量測地點	原始聲音	分離後聲音
中國樹蟾	<i>Hyla chinensis</i>	土城彈藥庫	聆聽	聆聽
斑腿樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	台中縣石岡鄉土牛村	聆聽	聆聽
虎皮蛙	<i>Rana rugulosa</i>	花蓮193公路中興	聆聽	聆聽
牛蛙	<i>Rana catesbeiana</i>	南投縣魚池鄉青蛙湖	聆聽	聆聽
長腳赤蛙	<i>Rana longicrus</i>	台北縣新店市四坡水	聆聽	聆聽
盤古蟾蜍	<i>Bufo bankorensis</i>	宜蘭石磐步道	聆聽	聆聽
古氏赤蛙	<i>Rana kuhlii</i>	內洞森林遊樂區	聆聽	聆聽
金線蛙	<i>Rana plancyi</i>	埔里桃米村	聆聽	聆聽
褐樹蛙	<i>Buergeria robusta</i>	霧峰桐林正義橋	聆聽	聆聽
艾氏樹蛙	<i>Chirixalus eiffingeri</i>	宜蘭雙連埤	聆聽	聆聽
模德氏赤蛙	<i>Rana sauteri</i>	宜蘭縣員山鄉福山溪	聆聽	聆聽
斯文豪氏赤蛙	<i>Rana swinhoana</i>	花蓮長良林道	聆聽	聆聽
日本樹蛙	<i>Buergeria japonica</i>	南投蓮華池	聆聽	聆聽
黑蒙西氏小雨蛙	<i>Microhyla heymonsi</i>		聆聽	聆聽
籃琴蛙	<i>Rana psaltes</i>	南投蓮華池	聆聽	聆聽



*將滑鼠移到青蛙上聆聽聲音。

蟾蜍/狹口蛙/樹蟾科 赤蛙科 樹蛙科

蟾蜍科



盤古蟾蜍



黑眶蟾蜍

狹口蛙科



黑蒙西氏小雨蛙



花狹口蛙



巴氏小雨蛙



史丹吉氏小雨蛙



小雨蛙

樹蟾科



中國樹蟾

感謝海洋大學環境生物與漁業科學研究所潘宇翔博士，提供 ICA 相關用法及建議



*將滑鼠移到青蛙上聆聽聲音。

蟾蜍/狹口蛙/樹蟾科 赤蛙科 樹蛙科

赤蛙科



腹斑蛙



拉都希氏赤蛙



蟹琴蛙



台北赤蛙



牛蛙



澤蛙



虎皮蛙



海蛙



貴德氏赤蛙



長腳赤蛙



梭德氏赤蛙



古氏赤蛙



金線蛙



斯文豪氏蛙

感謝海洋大學環境生物與漁業科學研究所潘宇翔博士，提供 ICA 相關用法及建議



*將滑鼠移到青蛙上聆聽聲音。

蛤蟾/狹口蛙/樹蟾科 赤蛙科 樹蛙科



樹蛙科



日本樹蛙



白領樹蛙



莫氏樹蛙



褐樹蛙



諸羅樹蛙



台北樹蛙



艾氏樹蛙



橙腹樹蛙



斑腿樹蛙



面天樹蛙



翡翠樹蛙

感謝海洋大學環境生物與漁業科學研究所潘宇翔博士，提供ICA相關用法及建議

八、相關參考文獻資料

1. Bridges AS, Dorcas ME (2000) Temporal variation in anuran calling behaviour: Implications for surveys and monitoring programs. *Copeia* 2: 587-592
2. Brumm H, Slabberkoorn H(2005) Acoustic communication in noise,'*Advances in the study of behaviour*, Vol.35:151
3. Diwakar S, Jain M., Balakrishnan R (2007) Psychoacoustic sampling as a reliable, non-invasive method to monitor orthopteran species diversity in tropical forests. *Biodivers Conserv* 16: 4081-4093
4. Krause, BL(1993) The Niche Hypothesis: A hidden symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats.*The Explorers Journal*, Winter 1993, pp.156-160.
5. Riede K(1993) Monitoring Biodiversity: Analysis of Amazonian Rainforest Sounds. *Ambio*, vol. 22 No. 8 (Dec.), pp. 546-548
6. Riede K(1998) Acoustic monitoring of Orthoptera and its potential for conservation. *J Insect Conserv* 2:217-223
7. Riede K, Nischk F, Dietrich C, Thiel C, Schwenker F(2006) Automated annotation of Orthoptera songs: first results from analysis the DORSA sound repository. *J Orth Res* 15:105-113
8. Schafer, R.M.1977. *The Turning of the world*, New York: Knopf, republished in 1994 as *The Soundscape*, Destiny Books, Rochester, Vermont.
9. Slabbekoorn H., Bouton N.,2008, 'Soundscape orientation: a new field in need of sound investigation,'*Animal behaviour*, 2008, Vol. 76: e5-e8
10. Turunen J., Selin A., Tantt J.T., Lipping T.,'De-noising aspects in the context of feature extraction in automated bird sound recognition,' Published as "Advances in Bioacoustics II", a special issue by the Slovenian Academy of Sciences and Arts in *Razprave IV. razreda SAZU*, vol 47(3) (2006).
11. Yu-Hsiang Pan, Sheng-Fu Liang, Yi-Ju-Yang, Yuang-Hung Wang and Kuo-Tien lee, Obtaining high quality frog sounds in the wild with independent component analysis, submitted to *Bioacoustics - the International Journal of Animal Sound*

and its Recording.

12. 楊懿如，97 年行政院農業委員會林務局農業管理計畫執行成果報告，蛙聲自動辨識系統開發與應用（II），計畫編號：97 林管-2.1-保-19(04)
13. 潘宇翔，The Microcosmic and Microcosmic Complexity of Multiscale Bioacoustics: Individual Biology to 1/f Long-term Ecology, 即將發表之博士論文。

附錄