

亞洲聲景長期監測網

- ◎文、圖/臺灣生態學會・王豫煌 (yuhuangwang@gmail.com)
- ◎中央研究院網格計算專題中心・林誠謙、嚴漢偉
- ◎日本國立研究開發法人海洋研究開發機構・林子皓
- ◎林業試驗所森林保護組・陸聲山
- ◎中央研究院資訊科技創新研究中心・曹昱
- ◎中央研究院生物多樣性研究中心・端木茂甯
- ◎Universiti Kebangsaan Malaysia ・黃俊嘉
- ◎中央研究院資訊科學研究所・莊庭瑞

“…一張照片抵過千言萬語，一段聲景更勝千萬張照片。”

—Bernie Krause¹

聲景監測

生機盎然的環境隨四季更迭而充滿了各種自然的音聲：有風、雨、雷、潺潺溪水、翻滾浪潮的環境聲(geophony)，有蟲、魚、蛙、鳥、獸鳴叫、合唱、超音波回聲的動物聲(biophony)，也有人類在以自然為主體環境中的人為活動聲(anthrophony)，這三大類聲源的動態變化構築了一地一時的自然與文化聲景(natural and cultural soundscapes)。聲景在不同的地方、時間都包含大量的訊息，承載著動物們相互溝通的訊號，及一個地方的空間與時間感；環境的變動影響著動物的活動，最終也反映在聲景的變化上。

長期錄音監測一個地方的聲景可以完整記錄環境與生物多樣性變化的過程與原因。然而，聲景錄音包含了大量複雜、抽象的資訊；我們不可能逐一聆聽來自每個地方、每一段聲景錄音，才來量化、萃取、分析每段錄音當中的龐雜資訊。那要如何轉換、量化聲音訊號，再來分析、比較聲景的時空變化差異？如果我們將一段聲景錄音的訊號轉換成縱軸為

頻率、橫軸為時間、顏色濃度為聲量的頻譜圖，就可以把抽象的聲音以圖形視覺化呈現聲景的複雜資訊，並進行量化分析。例如，藉由頻譜圖，我們可以輕易量測各種聲源的頻率範圍和頻譜特性(圖1)；我們也可以利用各種量化訊息的指數來計算聲景訊號的歧異度或複雜度，藉以比較不同地方的聲景，探索聲景日夜與年週期變化趨勢差異的原因(圖2)。

聽覺是五感之中(聽覺、視覺、嗅覺、味覺、觸覺)與生存密切相關的感官機能。言語溝通仰賴雙耳傾聽才能做出回應；閉著雙眼，聆聽聲景，我們亦能察覺到隱藏在視覺之外，周遭環境的細微變化，並感受到空間範疇與時間流動。藉由聆聽聲景，我們感應、認知不同的地方或環境的差異，同時，聲景也影響著我們的心理與意識狀態。走入自然境地，森林、溪流、海岸自然的聲景讓我們感到寧靜、愉悅、放鬆；鄰近交通要道、工業區、建築工地，都市聲景讓我們心跳加速、血壓飆升、情緒緊繃。隨著近代田園化、工業化、都市化等人類開發活動急速拓展，自然野地、海洋大規模遭受破壞，自然聲景也大幅為各種人為活動產生的機械震動、電子噪音所污染、掩蓋；深居都市叢林的現代人類飽受各種噪音污染、摧殘身心之苦，想要覓

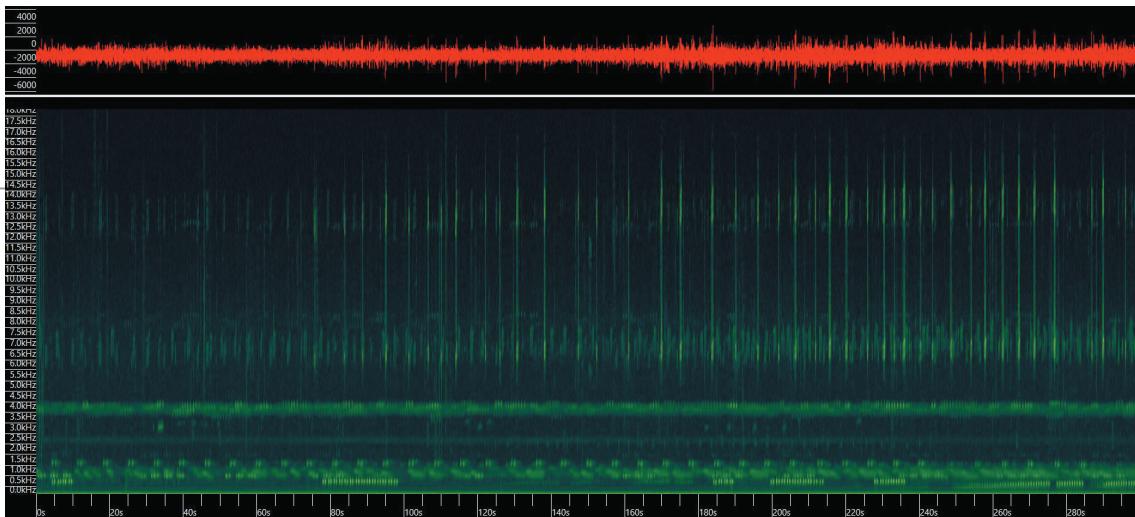


圖1 南投縣魚池鄉蓮華池森林動態樣區2017-02-04T18:30-18:35聲景波形圖(上)與頻譜圖(下);聲景錄音檔案連結<https://tinyurl.com/y3l68wtm>或<https://tinyurl.com/y28pwqa>。(王豫煌 提供)

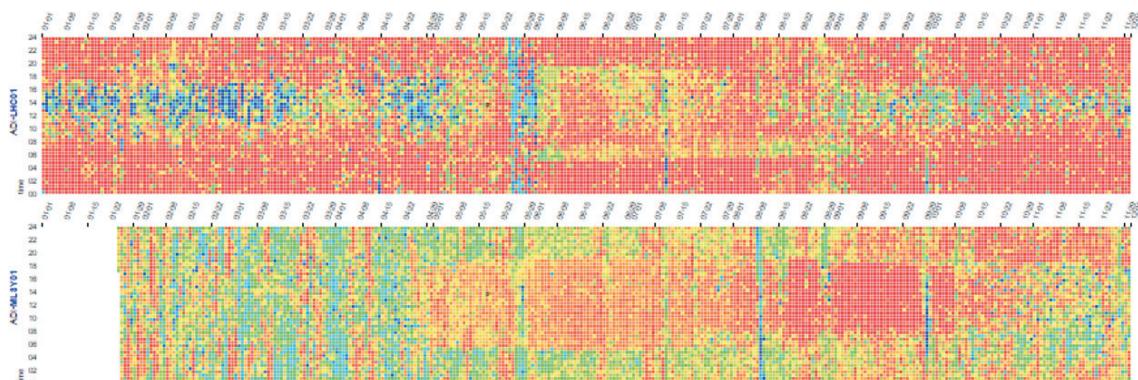


圖2 南投縣魚池鄉蓮華池森林動態樣區(上)與苗栗縣三義鄉三角山(下)聲景多樣性指數(Acoustic Diversity Index, ADI)的日與年週期變化；縱軸為一天24小時，橫軸為2015年1月1日至12月1日。(王豫煌 提供)

得耳根清淨之地或不可得，卻也早已遺忘了聆聽自然聲景時怡然、喜悅的心境，而失去了感受自然聲景的文化基因。自然聲景長期監測錄音資料的保存與開放共享，能提供我們一個藉由聆聽來瞭解、探索、關注自然變化的機會；對於現代都市人而言，聆聽自然聲景更是一個契機，能讓我們重新建立人與自然的連結、找回感受自然的文化基因。

近二十來，數位與網路科技的發展讓研究者可以在各種環境中裝設自動化排程的錄音設備，長期錄製不同環境下的聲音，並可藉由大量的儲存、運算及網路資源來保存、

分析、共享長期的聲景監測資料，使得聲景監測與研究已成為一個新的生態學研究與環境監測應用領域。長期累積的聲景監測資料透過開放的網路平臺，大眾可以聆聽、探索世界各地不同環境的聲景，亦可做為環境音樂創作的素材來源，以推廣生物多樣性、生態及聲景保育的大眾教育。

亞洲聲景監測網

為了建立臺灣與亞洲聲景長期監測網，2014年行政院農業委員會林業試驗所(簡稱林試所)與中央研究院網格計算專題中心(簡稱



圖3 2014年11月17-20日在林試所蓮華池研究中心舉辦第一次亞洲聲景監測工作坊。(王豫煌 提供)

網格計算中心)合作建置了亞洲聲景平臺²。此平臺採用美國普渡大學林業與自然資源學系人－環境建模與分析研究室聲景生態研究計畫³團隊所開發的Pumilio聲景管理系統，由網格計算中心提供雲端儲存與計算所需的網路資通訊硬體與技術資源，以支持長期聲景監測累積巨量錄音資料的永久保存與開放共享。

2014年11月17~20日，林試所與網格計算中心邀集了馬來西亞森林研究所(FRIM)、菲律賓Diliman大學、泰國Walailak大學、越南國家科學院南方生態研究所，共同在南投縣魚池鄉蓮華池研究中心舉辦第一次亞洲聲景監測網工作坊(圖3)；國內有農委會特有生物保育研究中心、臺灣大學森林學系、高雄醫學大學生物醫學暨環境生物學系、野聲環境生態顧問有限公司等單位參加。此工作坊初步建立了亞洲聲景監測網的基礎，創始成員一致採用Wildlife Acoustics SM2+錄音機部署於森林環境，設定雙聲道、取樣頻率44.1KHz，每日零時開始錄製5分鐘的聲景，之後每間隔25分鐘再錄製5分鐘的聲景；以此自動循環排程錄音，每五分鐘的WAV格式錄音檔大小約50 MB，每日產生48個錄音檔，每個聲景監測站一年將累積17,520個WAV檔，總資料量約884 GB。監測站的聲景錄音資料採用網路檔案傳輸協定(FTP)上傳至網格計算中心的聲景監測

資料倉儲，並在亞洲聲景平臺建立各監測站的地點、環境基本資料與匯入聲景錄音檔案，將每個WAV錄音檔轉換為mp3和flac兩種壓縮格式；同時，也計算產生波形圖(waveform)與頻譜圖(spectrogram)，藉由網路開放公眾查詢、瀏覽、聆聽、下載所有聲景監測資料。此工作坊之後，林試所在南投魚池蓮華池研究中心、苗栗三義三角山、宜蘭太平山分別建立一個聲景觀測站，泰國Walailak大學在Khao Nan國家公園、越南南方生態研究所在Bidoup-Nui Ba國家公園也分別建立一個聲景監測站(圖4)。

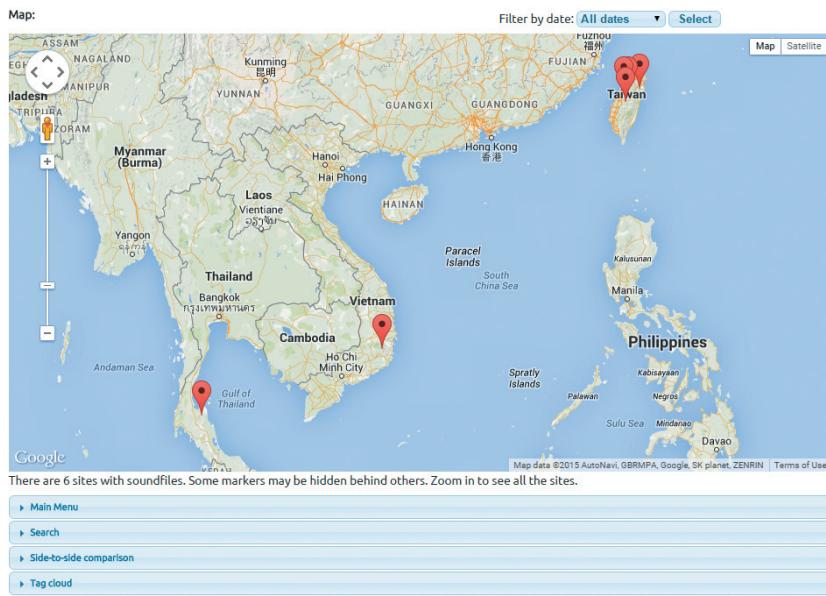
2016~2017年林子皓博士在中央研究院資訊科技創新研究中心進行博士後研究期間，以科技部補助的獨立博士後研究經費快速的在臺灣建立更多的陸域與海洋聲景監測站；同時，林子皓博士與曹昱研究員合作發展長時頻譜圖與聲景事件分類的計算方法^{4,5}，並建置臺灣生態聲景長期監測網路地圖⁶以連結各監測站大量聲景錄音檔案的圖形視覺化成果(圖5)，方便大家能夠快速的瞭解、探索、比較各地聲景的時空變化差異。2018年，中央研究院生物多樣性研究中心端木茂甯博士、黃俊嘉博士亦開始設置以蝙蝠調查為主要目的的超音波聲景監測站。目前在亞洲聲景平臺上，國內已有37個聲景監測站，東南亞區域也已建立11個監測站。

Welcome to Asian Soundscape

The Open Archive for Joint Monitoring of Asian Soundscape

This archive has 12,322 soundfiles from 6 sites in 6 collections.

Map:



[Asian Soundscape - Contact](#)
 CC BY license: Asian Soundscape Alliance

Powered by [Pumilio](#) v. 2.7.4
© 2010-2014 [LJY](#). Licensed under the GPLv3.

圖4 2014年林試所與網格計算中心合作建置亞洲聲景開放平臺。[\(http://soundscape.twgrid.org/\)](http://soundscape.twgrid.org/)

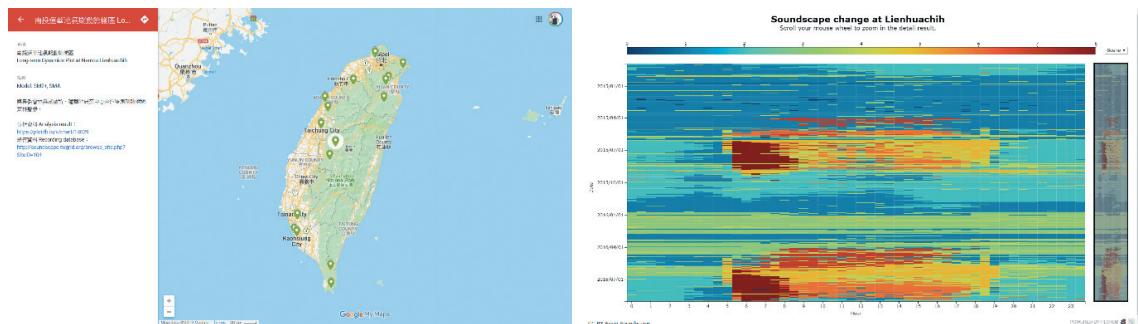


圖5 臺灣聲景長期監測網路地圖(左)及蓮華池聲景監測資料視覺化(右)。(林子皓 提供)

國際合作與未來發展

東南亞熱帶地區是生物多樣性的熱區，但也持續面臨大規模的經濟開發壓力，大面積的熱帶雨林、濕地、珊瑚礁等自然環境遭受破壞而導致生物多樣性急遽消失。

為了保育、復育東南亞地區的生物多樣性與生態系，亞洲長期聲景監測網的研究與應用應持續推動。2017年，網格計算中心整合中央研究院生物多樣性研究中心、資訊創新研究中心、資訊科學研究所及農委會林業試驗所等國內單位，並邀請東協生物



圖6 2019年6月10~15日網格計算中心與ACB合作在越南河內舉辦生物多樣性資訊管理及亞洲聲景監測工作坊。(王豫煌 提供)

多樣性中心(ASEAN Centre for Biodiversity, ACB⁷)、香港、馬來西亞、菲律賓、泰國、越南的合作夥伴加入團隊，獲得歐盟成立的Asi@Connect⁸計畫經費支持，在2018-2019年間繼續推展亞洲聲景監測網，開發亞洲聲景開放應用平臺及分析工具，舉辦工作坊並提供聲景監測設備及技術，邀請更多東協成員的保護區、國家公園建立長期聲景監測站。2019年6月10~15日，網格計算中心與東協生物多樣性中心合作，在越南河內舉辦工作坊⁹(圖6)，共有來自汶萊、印尼、馬來西亞、寮國、緬甸、菲律賓、新加坡、泰國、越南等國家保護區或國家公園的人員參加。

但是，隨著國內聲景監測站快速拓展，累積的錄音資料量也以驚人的速度大幅增加。未來，國內長期聲景監測網的發展，建議應由環境、生物多樣性及生態保育的研究與行政等相關單位共同長期資助，以穩定發展國家聲景監測網，並持續開發、維護與運作聲景開放資料平臺。在亞洲推廣聲景合作監測累積巨量資料的保存、分析、共享雲端

服務，也不能只仰賴單一網格計算中心擔負所有的任務。理想上，長期監測資料必須複製及分散保存在各合作國家的網格計算中心，偕同運作分散式雲端計算、儲存的網路共享服務，以建立亞洲長期聲景監測研究的基礎。亞洲聲景監測的長期合作，建議應由政府國際學術合作相關單位穩定支持，以利長期、永續的營運與推廣。▲

-
- 1 Krause B (2013) The voice of the natural world. In: TED Talk. https://www.ted.com/talks/bernie_krause_the_voice_of_the_natural_world. Accessed 1 Jun 2019
 - 2 Asian Soundscape <http://soundscape.twgrid.org/>
 - 3 HEMA Lab <http://ltm.agriculture.purdue.edu/soundscapes.htm>
 - 4 Lin T-H, Tsao Y, Wang Y-H, et al (2017) Computing biodiversity change via a soundscape monitoring network. In: 2017 Pacific Neighborhood Consortium Annual Conference and Joint Meetings (PNC). IEEE, Tainan, pp 128–133
 - 5 Lin T-H, Fang S-H, Tsao Y (2017) Improving biodiversity assessment via unsupervised separation of biological sounds from long-duration recordings. Sci Rep 7:4547. doi: 10.1038/s41598-017-04790-7
 - 6 台灣生態聲景長期監測網路地圖<https://tinyurl.com/yyjtdky6>
 - 7 ACB <https://aseanbiodiversity.org/>
 - 8 Asi@Connect <http://www.tein.asia/>
 - 9 ACB regional workshop <http://chm.aseanbiodiversity.org/dashboard/regionalworkshop/index.php>