

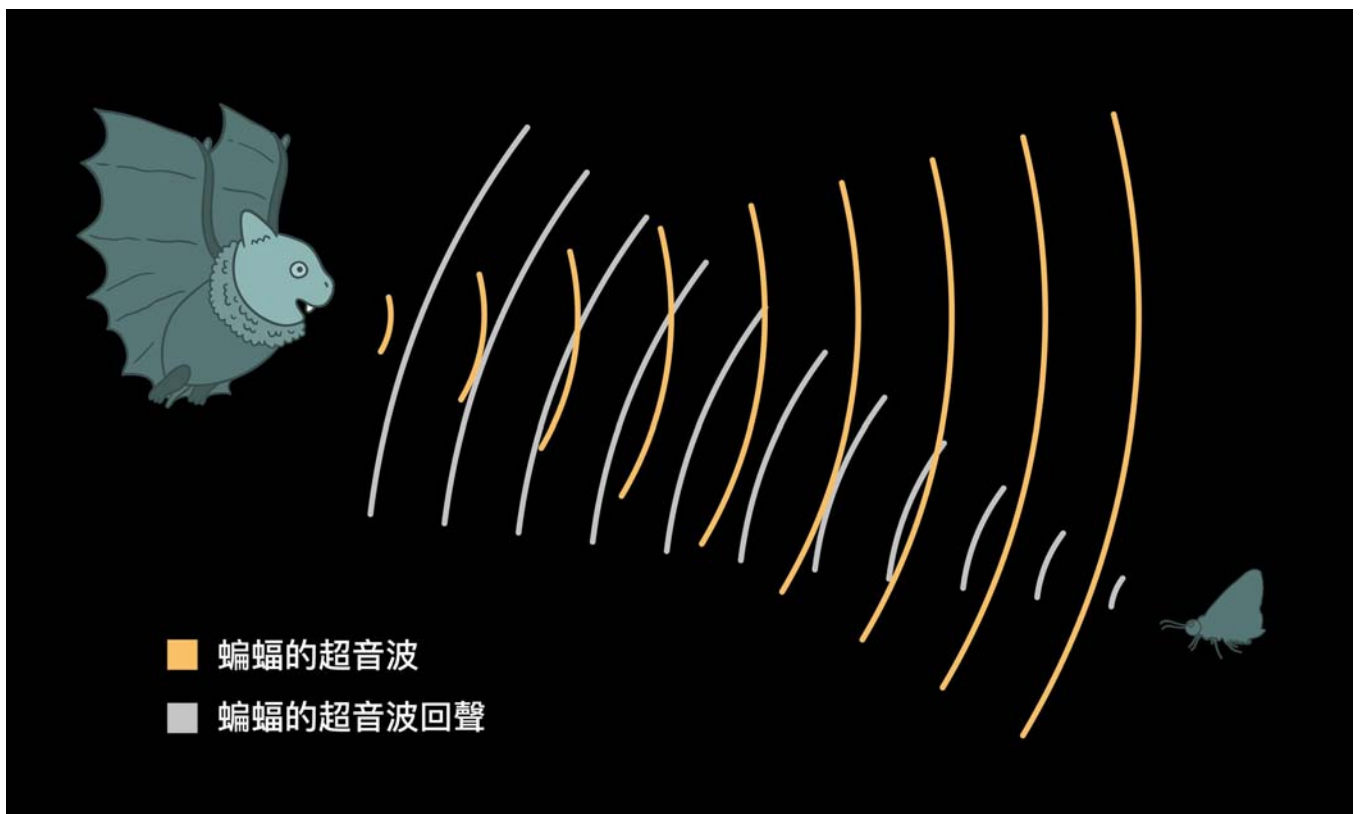
蝙蝠的超音波，藏了什麼訊息？

你聽過「聲景」嗎

走進公園或森林，你會聽到鳥聲、蟲叫、蛙鳴，甚至存在人耳無法聽見的蝙蝠超音波。這些生物聲響與環境音構成了「聲景」，是生物多樣性的重要指標。中研院生物多樣性研究中心助研究員—端木茂甯，與跨領域團隊正嘗試蒐集大量錄音資料、結合機器學習，探討生物的聲音反映生物進行了哪些活動、或生態環境中發生了哪些事件。

唱著超音波的蝙蝠

談到蝙蝠，你可能會想到身穿黑色緊身衣、痛揍敵人的蝙蝠俠？但在生態系統中，「蝙蝠」帶來的貢獻，可能比蝙蝠俠還要多(希望影迷不會抗議)，例如移除害蟲、幫助傳播種子花粉、讓人類有機會發展生態旅遊等等。



在臺灣有 36 種蝙蝠，其中 33 種使用回聲定位，透過超音波偵測環境和獵物。

資料來源|端木茂甯提供 圖說重製|張語辰

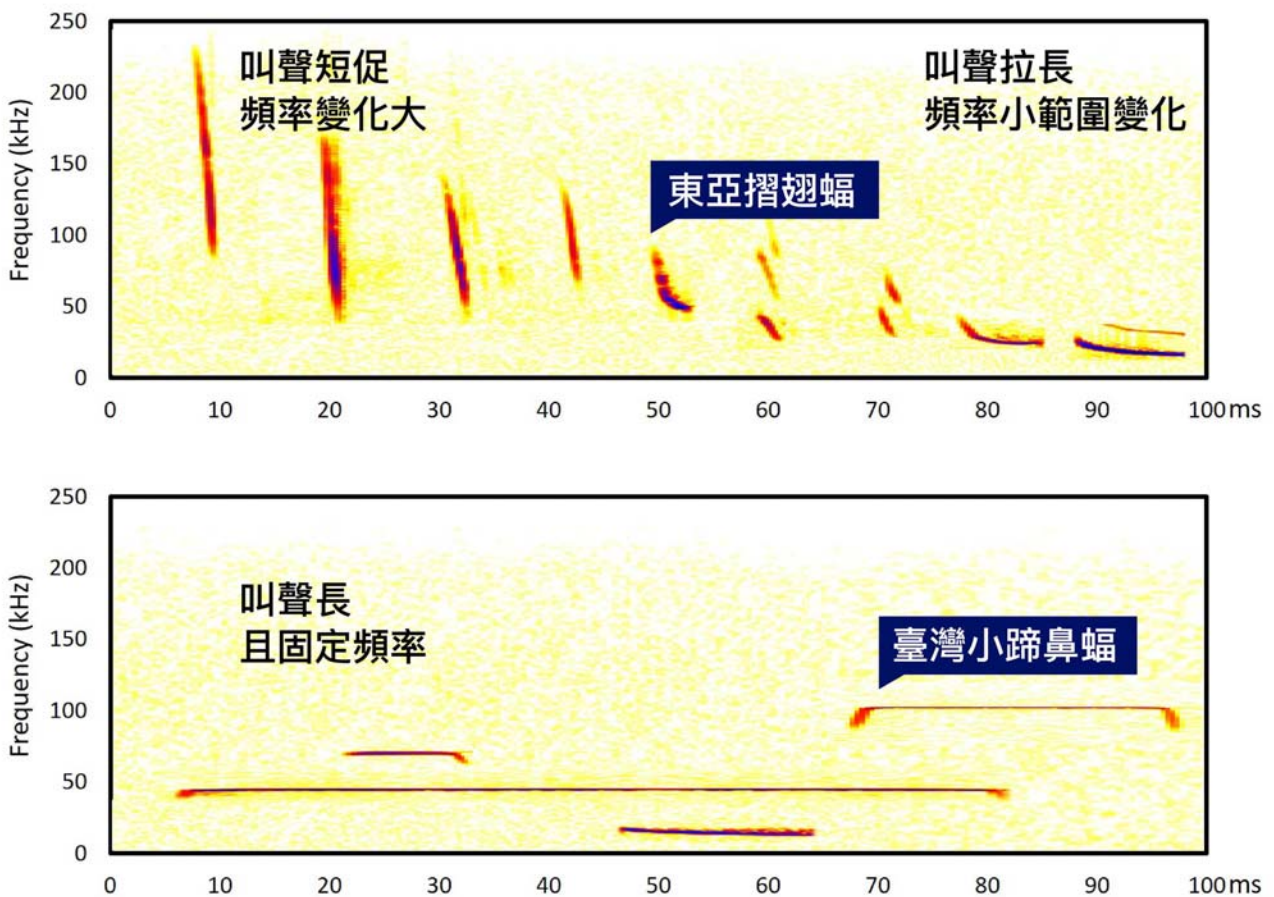
但若想確切了解蝙蝠的行為，實在有些困難，除非你有雙翅膀、而且晚上不用睡覺，可以追蹤牠們飛來飛去，並且能用「超音波」和蝙蝠溝通。

生態學家雖然沒有這般能力，但靈活的大腦可以想出辦法，彌補感官與行動能力的不足。

端木茂甯團隊採用的研究方式是：錄下蝙蝠的超音波與環境音、運用機器學習分離出不同蝙蝠物種的聲音，並藉由「聲音特徵」辨別不同地區的蝙蝠、會發出哪些不同超音波，可能代表什麼樣的生態行為。

有趣的是，生活在不同環境的蝙蝠，叫聲類型也會不一樣。

以森林為主要活動範圍的蝙蝠，為有效偵測複雜的周圍環境，多使用「頻率變化大的短促叫聲」；相對地，喜好生活在開闊地區的蝙蝠，則多使用「固定頻率」的叫聲。且大多數的蝙蝠也會根據自己周遭環境的複雜程度，調整叫聲的頻率範圍與長度。



東亞摺翅蝠、臺灣小蹄鼻蝠，回聲定位發出的超音波頻率，因活動空間與生活型態而不同。

資料來源| 端木茂甯、李佳紘提供 圖說重製| 林婷嫻、張語辰

透過聲景監測，也可發現自然界一些「看不見」的因果關係。

當自然環境中某些高頻的噪音影響蝙蝠偵測空間，蝙蝠會改變超音波頻率、避開噪音。例如夏天時，有些暮蟬的吵雜跨及超音波的波段，蝙蝠為了不受干擾，會等到稍晚暮蟬發聲減緩之後，才展開活動、進行回聲定位。

運用聲景的概念與機器學習技術，可以解析不同物種的蝙蝠超音波、探討蝙蝠如何適應環境。「這講起來很容易，但要怎麼做，我在這方面也還是個新人。」端木茂甯說。

與「聲景」的初相遇

端木茂甯大學曾窩在實驗室做切片，也曾跟隨台大李玲玲教授至野外研究，與學長一起追尋山羌、飛鼠的腳步，碩班時則用無線電發報器與三角定位，追蹤神出鬼沒的食蟹獾。

「但野外最困難的是.....動物不是想遇就遇得到，不確定因素太多了！」端木茂甯回想起來，仍能感到當時歲月流逝、生態觀測卻毫無進展的壓力。

後來在 2007 年美國的景觀生態學 (Landscape Ecology) 研討會，端木茂甯接觸到聲景生態學，「那時看到生物的聲音，如何在時間與空間上產生動態變化，感到很有趣，雖然當時還沒想到可以做這個題目。」



拿著蝙蝠的端木茂甯，與研究團隊。

攝影 | 張語辰

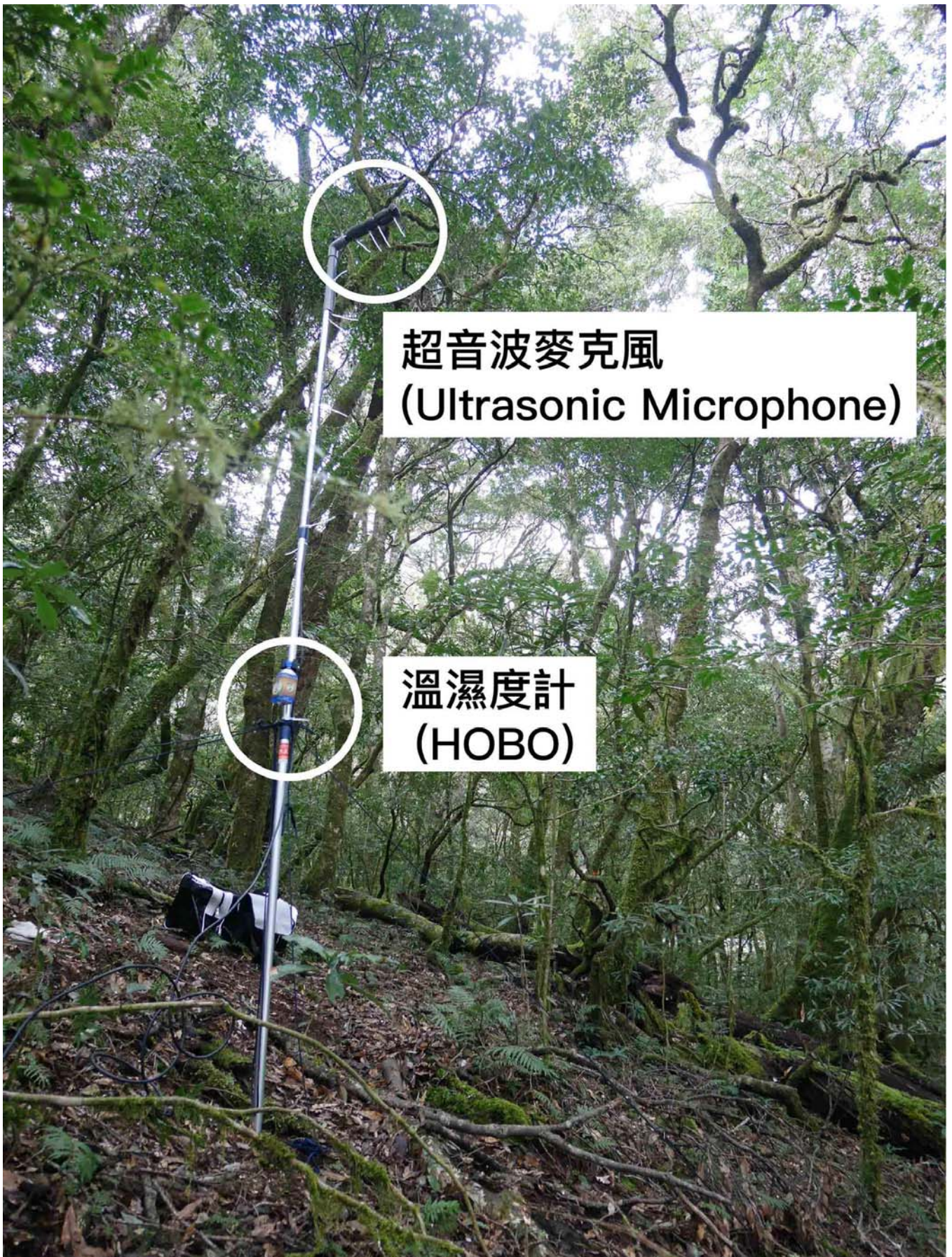
直到 2016 年，端木茂甯來到中研院生物多樣性研究中心，有了兩個強大的資料庫為基礎——邵廣昭博士帶領建立的台灣生物多樣性資料庫、來自林試所的王豫煌博士建立的亞洲聲景平台，加上跨領域專家的知識與技術合作，包含專精蝙蝠生態的黃俊嘉

博士後研究員，以及中研院網格中心的研究副技師嚴漢偉，提供所需的雲端儲存運算空間。

天時地利人和，「聲景生態學」研究才得以實踐。

於是從 2017 年 3 月開始，沿著中橫海拔 100-3350 公尺的山上，端木茂甯團隊辛苦地在蝙蝠容易經過的地方設置 15 個樣站，藉由 SM4 超音波錄音機、溫濕度計，蒐集蝙蝠的超音波與環境音，並同時紀錄環境氣候。

另一方面也要設置豎琴網，捕捉野外的蝙蝠、紀錄物種，再設置飛行帳錄下超音波，作為後續比對蝙蝠物種的音訊依據。



收錄蝙蝠聲音的超音波麥克風 (Ultrasonic Microphone) 與溫濕度計 (HOBO)。

圖片來源 | 端木茂甯、李佳紘提供



在飛行帳中錄下蝙蝠的超音波。
圖片來源 | 端木茂甯、李佳紘提供



正在錄音的臺灣管鼻蝠，感謝牠提供後續比對蝙蝠物種的音訊依據。

圖片來源 | 端木茂甯、李佳紘提供

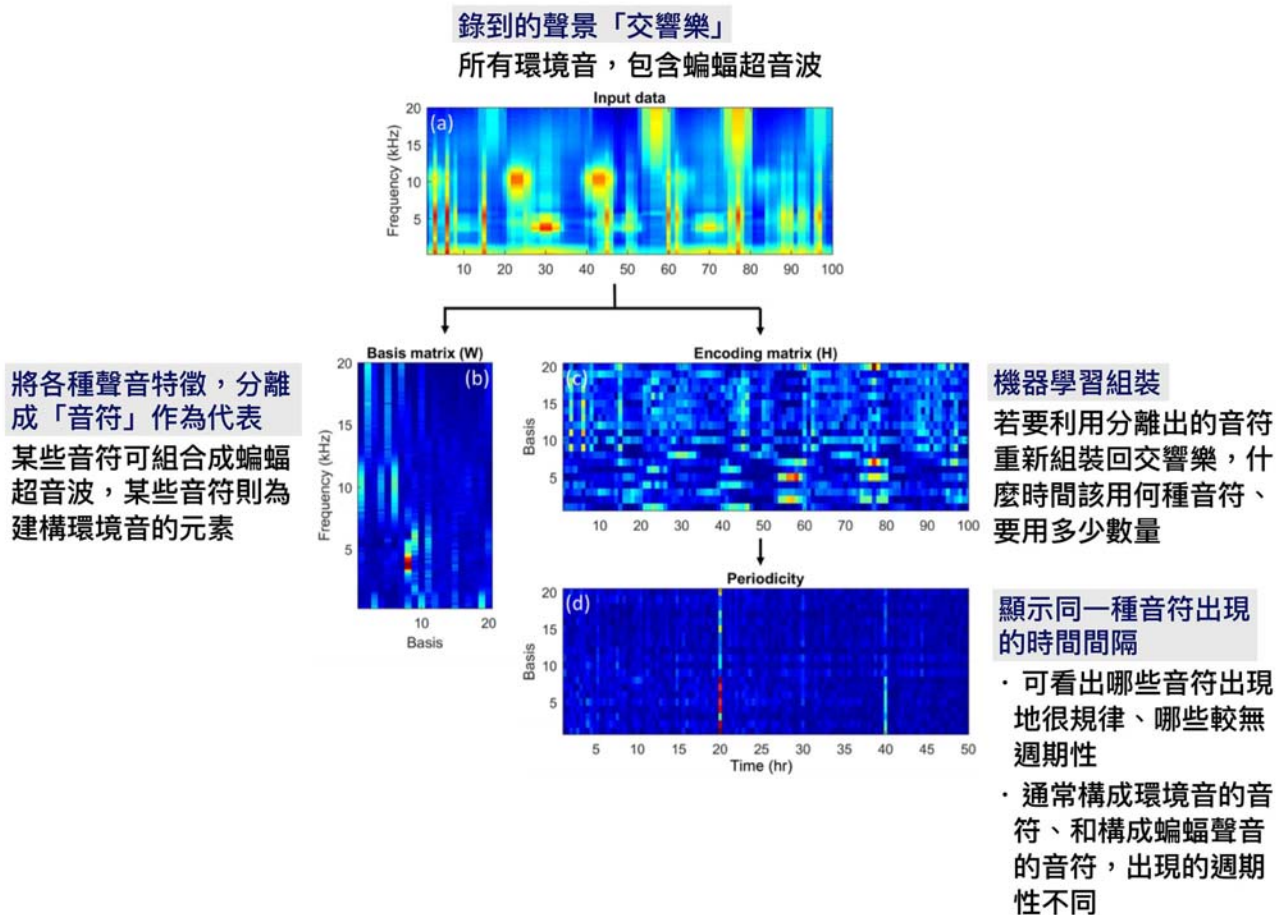
「我們每兩分鐘就錄一分鐘，從下午 4:30 錄到隔天早上 7:30，這是蝙蝠活動的時間。每個樣站每月至少錄音一個禮拜，一年下來共有 56 萬分鐘的音檔。」端木茂甯

說明。

有了這些在不同環境條件取得的龐大音檔，接下來，讓專業的來。

從聲景交響樂，拆出蝙蝠的音符

與中研院資創中心曹昱副研究員、林子皓博士後研究員合作，端木茂甯團隊得以將在野外錄到的音檔，運用 PC-NMF 技術解析成可供後續生態分析的資料。



PC-NMF 技術、與聲音頻譜圖示意。

圖片來源 | T.-H. Lin, S.-H. Fang, and Y. Tsao, "Improving Biodiversity Assessment via Unsupervised Separation of Biological Sounds from Long-duration Recordings," *Scientific Reports*, volume 7, number 4547, pages 1, July 2017. 圖說重製 | 林婷嫻、張語辰

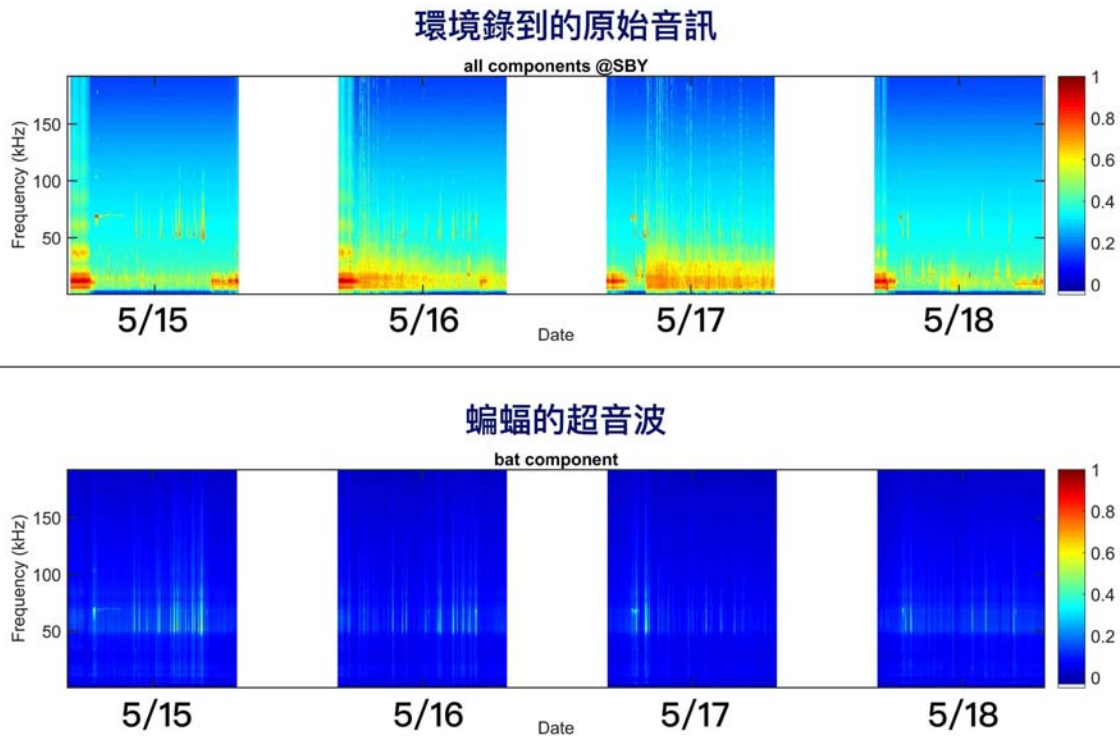
野外錄到的音檔像首交響樂，包含所有蝙蝠的超音波、嘈雜的背景噪音，幸好這兩者聲音有個區分之處：

蝙蝠的超音波通常有較強的週期性，因為每天活動時間、範圍幾乎都差不多。

因此，PC-NMF 技術藉由找出「較強週期性」的音頻，排除環境中沒有週期性的背景噪音，從聲景「交響樂章」中，分離出不同蝙蝠所唱的超音波「音符」。

聲景研究除了可以聲音為據，找出環境中不同種的蝙蝠，也能透過長期監測，觀察蝙蝠的回聲定位行為與環境條件的變化。

例如下圖，比較 2016/7/14~7/22 錄到的音訊，會發現每天分離出的蝙蝠超音波，在時間與頻率上有些不同。後續累積更多這類音訊變化、與環境氣候等資料，就能進一步探究讓蝙蝠改變回聲定位行為的因素。



團隊錄到的原始音訊(上方)、與 PC-NMF 分離出的蝙蝠超音波(下方)。

圖片來源 | 端木茂甯提供

🗨️ 聲音版的小獵犬號之旅

19 世紀達爾文航行小獵犬號，沿著各地海岸以紙筆、標本蒐集紀錄物種，那時尚無法錄下物種的聲音，並透過電腦分析音訊。現今受惠於錄音設備的普及、機器學習的發展，「聲景生態學」研究與延伸應用越趨成熟。

國際上有 [xeno-canto](#) 致力分享全世界的鳥類鳴聲，美國康乃爾大學有 [Macaulay Library](#) 自 1929 年開始收集野生動物的聲音，而國內則有 [台灣聲景協會](#)，促進大眾了解與參與保護聲景。

另外，[雨林連結組織 \(Rainforest Connection, RFCx\)](#) 也運用回收的舊手機、佈置在熱帶雨林中，透過遠端追蹤雨林中可疑的聲音，成功阻止了一些盜伐活動。

端木茂甯團隊以學術角度，希望在亞洲拼上更多片聲景保育拼圖，將繼續與王豫煌、林子皓等跨領域專家合作，將聲景研究擴展到東南亞國家，除了蝙蝠也會包含其他以聲音溝通的物種，橫跨水域和陸域。


最終期望將這些蒐集得到的聲景音訊與環境條件紀錄，轉換為公開資料，讓相關領域的研究團隊得以共享，一起保存生物多樣性。

人類雖然有兩只耳朵，但常常只聽見自己想聽的。或許今後可試著將注意力放在附近公園、野外踏青的聲景中，在寂靜的春天來臨之前，透過「聲音」展開屬於你的小獵犬號之旅。



延伸閱讀

 [端木茂甯的個人網頁](#)

 [T.-H. Lin, S.-H. Fang, and Y. Tsao, "Improving Biodiversity Assessment via Unsupervised Separation of Biological Sounds from Long-duration Recordings," Scientific Reports, volume 7, number 4547, pages 1, July 2017.](#)

 [亞洲聲景平台](#)

 [〈用「聲物」識生物，以自動錄音聆聽自然谷之聲〉，作者：林子皓](#)

採訪編輯 | 嚴融怡

美術編輯 | 張語辰



標籤：

[機器學習](#)

[生命](#)

[生物多樣性](#)

[端木茂甯](#)

[聲音](#)

[蝙蝠](#)

[資料科學](#)

[跨界合作](#)



本著作由 [研之有物](#) 製作，以創用CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 4.0 國際 授權條款釋出。



研之有物 ·



中央研究院 ·

© 研之有物