

國立臺灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所



碩士論文

Institute of Ecology and Evolutionary Biology

College of Life Science

National Taiwan University

Master Thesis

保暖度與同類氣味對不同環境溫度下

雄性台灣管鼻蝠棲所選擇的影響

Effects of Insulation and Conspecific Odor on Roost

Selection of Male *Murina puta* under Different

Ambient Temperatures

陳駿

Chun Chen

指導教授：李玲玲 博士

Advisor: Ling-Ling Lee, Ph.D.

中華民國 106 年 7 月

July 2017

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

保暖度與同類氣味對不同環境溫度下
雄性台灣管鼻蝠棲所選擇的影響

Effects of Insulation and Conspecific Odor On
Roost Selection of Male *Murina puta* under
Different Ambient Temperatures

本論文係陳駿君（學號R02B44006）在國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所完成之碩士學位論文，於民國106年7月20日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

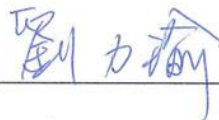
臺灣大學生態學與演化生物學研究所

李玲玲 博士



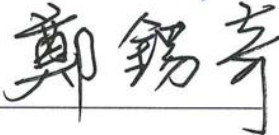
臺灣大學農藝學系暨研究所生物統計組

劉力瑜 博士



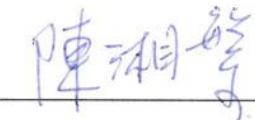
行政院農業委員會特有生物研究保育中心

鄭錫奇 博士



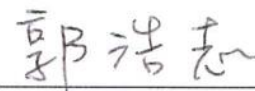
臺北大學通識教育中心

陳湘繁 博士



臺灣大學生態學與演化生物學研究所

郭浩志 博士



所長



（簽名）

謝誌

四年的碩士生涯告一段落，我終於完成了自己喜歡的研究主題。回首這幾年的點點滴滴，除了各種酸甜，更有滿滿的感謝。

感謝李玲玲老師授予我研究上完全的自由，並不斷帶給我邏輯思考上的刺激與費心指導。感謝劉力瑜老師不厭其煩的在實驗設計與統計分析上提供諮詢，解答我許多疑惑。感謝鄭錫奇組長對於論文撰寫與蝙蝠專業知識提供寶貴的建議。感謝陳湘繁老師不吝提供當年在動物園調查的相關資料，讓我的研究獲得啟發。也感謝郭浩志博士就論文的每個細節，細心的與我討論並給予許多中肯的建議，使這份論文更加完善。

感謝李姐平日對我的關心與在行政事務上的大力協助，讓我能專心投入研究，無後顧之憂。感謝蝙蝠領域的大學長宏彰、Shock 及毛球的關照，解決諸多我在研究中的疑難雜症。感謝意鈞、鳳梨、熙哥、李芄、之芄、海龜、雪怪、宣雅等野生動物研究室的學長姐，一直作為我在研究之路上的好榜樣，你們對於研究的熱情與態度督促著我不斷努力。對我來說，終於完成學業加入你們的行列，是無比的光榮。特別感謝鳳梨與宣雅帶領我踏入蝙蝠研究的世界，跟你們到各地出差與協助實驗帶給我很大的啟發。感謝實驗室的好夥伴 Henry、阮哥、軒羽、建瑄、Grace、威辰等人與我討論，以及在研究中提供的支援。

感謝台北市立動物園同意我的採集，特別是芝菁學姊與高雋學長的大力幫忙，讓我能急迫的時間壓力下著手進行研究。感謝陳賜隆博士在捕捉初期提供寶貴的經驗與協助，讓我在尋找架網地點時不致毫無頭緒。感謝柏翰於動物園捕捉期間有突發狀況時即時伸出援手。也感謝師大吳忠信老師實驗室在 2015 年颱風肆虐導致生科館成為廢墟之際，提供蝙蝠一個遮風避雨的空間。特別是隆哥、淳任學長在這段期間的照顧，解救了當時茫然無措的我。

感謝所有與我一起到福山植物園與動物園出差的幫手們，包含空間生態研究室的富安、致穎、書彥、欣怡、家琪、巨巨、威捷，植物生理生態研究室的大寶、漢晨與玉米，蝙蝠助理 Tammy，以及中文系的恆範兄等人。沒有你們的幫忙，蝙蝠的捕捉會是不小的困難。

感謝俊怡的陪伴與幫忙，這份研究因處處有妳的參與而得以圓滿。感謝爸媽默默支持我完成研究。即使畢業時間比預期晚了不少，甚至因為實驗操作而長時間沒辦法回家，雖然掛心但沒有任何質疑或責怪；永遠鼓勵與相信我，我愛你們。

最後感謝所有被我捕捉、飼養、實驗過的蝙蝠，特別是作為我研究對象的台灣管鼻蝠，我想念與你們相處的美好時光。祝福你們在野外能平安的生活，多子多孫，希望我們一起完成的這份研究能對生態有所貢獻。

摘要



棲所是蝙蝠消化食物、休眠、交配、育幼、冬眠及社會互動的重要場所，並可幫助其避免受惡劣天氣及天敵的干擾。蝙蝠花費大部分的時間待在棲所內，因此如何選擇適當的棲所對於蝙蝠的活存至關重要。過去的研究結果顯示，臺北市立動物園週邊山區的台灣管鼻蝠 (*Murina puta*) 在不同環境溫度下的不同季節會選擇不同類型的棲所，推測與不同種類棲所的保暖度有關。然而，動物在選擇棲所時，除了外在物理條件之外，該棲所是否有其他個體使用後所留下的氣味也可能是重要的參考依據。本研究以臺北市立動物園周圍山區捕捉之台灣管鼻蝠進行操作實驗，探討不同環境溫度處理(18°C、22°C 及 26°C)下，實驗個體根據棲所保暖度與同類氣味殘留所進行之棲所選擇偏好是否會有所改變，並記錄每次實驗台灣管鼻蝠於棲所周圍的活動情形。結果顯示，在環境溫度為 18°C 時，受試個體偏向選擇保暖度較好和具有同類氣味殘留的棲所，環境溫度為 22°C 與 26°C 時則對兩種棲所無顯著偏好。保暖度與同類氣味兩因子交互作用實驗中，台灣管鼻蝠在棲所選擇上有優先考量不同類型因子的趨勢：環境溫度為 18°C 時優先考量保暖度偏好；環境溫度為 26°C 時氣味偏好的影響則較為明顯。此外，本研究亦發現台灣管鼻蝠會於最後選擇之棲所周圍累計展現較多與較長時間的行為，其中又以爬入行為最能反映出個體的選擇偏好。

關鍵字：台灣管鼻蝠、棲所選擇偏好、環境溫度、棲所保暖度、同類氣味

Abstract



Bats spend most of their lives in their roosts where they can digest food, sleep, mate, rear young, hibernate, and interact with their roost mates. Roosts can also provide protection against adverse weather and predators. Thus, choosing a proper roost is crucial for bats' survival. According to past research, Taiwan tube-nosed bats (*Murina puta*) found in the mountainous area around Taipei Zoo select different roost types under different ambient temperatures during different seasons, which is thought to be related to the insulation of the roosts. However, it has also been found that many animals choose their roosts solely based on odor instead of other measurable variables. In my research, I tested whether *M. puta* shift their roost preferences based on the insulation of the roosts and the presence of conspecific odors in the roost under three different ambient temperatures (18°C, 22°C, 26°C). My results show that at 18°C, but not 22°C and 26°C, *M. puta* tend to choose either the roost that insulate better or with conspecific odors when the two factors were tested separately. *M. puta* tend to consider insulation preference over odor preference at 18°C, while the tendency is reversed at 26°C. In addition, *M. puta* spend more time and exhibit more behaviors around the roosts they eventually selected.

Keywords: *Murina puta*, roost selection, ambient temperature, insulation, conspecific odor

目 錄



口試委員審定書	i
謝誌	ii
摘要	iii
Abstract	iv
前言	1
材料與方法	5
一、實驗物種	5
二、捕捉方法	5
三、飼育方法	5
四、實驗配置	6
五、保暖選擇實驗	7
六、氣味選擇實驗	8
七、綜合選擇實驗	8
八、行為記錄	9
九、統計分析	10
結果	12
一、保暖選擇實驗	12
二、氣味選擇實驗	12
三、綜合選擇實驗	13
四、行為分析	13
討論	15
一、保暖選擇實驗	15
二、氣味選擇實驗	16
三、綜合選擇實驗	17
四、行為展現	18
五、研究限制	20
結論	21
參考文獻	22
圖	26
表	34
附錄	38

圖目錄

圖 1、本研究之行為觀察室配置圖(A)側視圖、(B)俯視圖。	26
圖 2、本研究使用之棲所實物圖。	27
圖 3、臺北市立動物園周圍山區步道架設豎琴網的地點。	28
圖 4、台灣管鼻蝠於棲所內部休息的特殊情況。	29
圖 5、綜合實驗中不同環境溫度下，台灣管鼻蝠最後選擇保暖偏好或氣味偏好 棲所之比例。	30
圖 6、台灣管鼻蝠在棲所前(A)展現各行為的累計次數與(B)各行為累計次數積 分排序兩兩比較的箱型圖。	31
圖 7、台灣管鼻蝠在不同棲所前展現行為之(A)累計次數與(B)累計時間與最後 棲所選擇結果相符的比例。	32
圖 8、各溫度下台灣管鼻蝠總活動時間積分排序圖。	33

表目錄

表 1、保暖選擇實驗與氣味選擇實驗中台灣管鼻蝠的棲所選擇結果.....	34
表 2、以 McNemar change test 檢測各溫度間，台灣管鼻蝠對於氣味有無的偏好是否改變.....	35
表 3、所有實驗中台灣管鼻蝠展現各項行為的累計時間與累計次數，與最後棲所選擇結果的相符程度.....	36
表 4、以 post hoc analysis for Friedman test 兩兩比較各溫度下台灣管鼻蝠的總活動時間積分排序.....	37

前言



蝙蝠一生當中花費大量的時間停留在棲所內。棲所是蝙蝠休眠、交配、冬眠、育幼、社會互動和消化食物的重要場所，並可避免受惡劣天氣及天敵的干擾(Kunz 1982)。由於蝙蝠的基礎代謝率高、能量極易散失，對自身能量的變動相當敏感(Lemke 1984)，棲所若能提供適當的微氣候環境將有助於緩衝蝙蝠部分的能量散失。因此不同類型棲所的物理結構及環境特性可能會影響蝙蝠的選擇，進而影響其生存、生殖、分布與族群數量(Findley & Wilson 1974)。而對於獨居或小群居住的蝙蝠物種來說，因為無法透過大量聚集達到對溫度調節的緩衝效果，選擇適當的棲所所以進行合理的能量調節更形重要(Chruszcz & Barclay 2002)，對於經常變換棲所的蝙蝠而言更是如此(Ruczyński *et al.* 2007)。

傳統的棲所選擇模型假設動物在選擇棲所時，評估的是棲所客觀的物理因子，如棲所位置高低、溫濕度的穩定性等(Brown 1969)。例如長耳鼠耳蝠(*Myotis bechsteinii*)在氣溫較冷的春、秋季偏好環境溫度變動較小的樹洞，而較炎熱的夏季則以蝙蝠箱為棲所選擇的主要考量(Kerth *et al.* 2001)，顯示蝙蝠於不同環境溫度下的不同季節，會根據體溫調節的考量而有不同的棲所選擇偏好。但近年來的研究顯示，動物在選擇棲所時也會將其他動物(無論是同種或不同種個體)使用過所遺留下的資訊作為參考，影響其棲所選擇。例如盲蛛(*Prionostemma* sp.)會聚集於具有其他個體留下氣味，但其他品質因子與周遭環境無異的棲所(Donaldson & Grether 2007)。大山雀(*Parus major*)可以依據掠食者氣味的存在與否選擇棲所(Amo *et al.* 2011)。南方鼯鼠(*Glaucomys volans*)在選擇棲所時會避開特定動物的氣味(Borgo *et al.* 2006)。因此純粹以棲所物理條件考量棲所選擇的因子，無法適切地反映及預測動物族群的空間分布與棲所利用情形(Warner 1990)。然而，



關於蝙蝠是否會以嗅覺選擇棲所的研究則相對較少。Boyles 與 Storm(2007)指出，當單獨呈現時，掠食者的氣味存在與否並不影響大棕蝠(*Eptesicus fuscus*)在 Y 型迷宮內的路徑選擇，僅有在其他訊息(例如掠食者的聲音)一併呈現時才有些微差異。Ruczyński *et al.* (2007) 指出，歐亞夜蝠 (*Nyctalus noctula*) 在尋找樹洞時並未因樹洞內部是否有自身氣味的存在而在搜尋速度上有顯著差異。然而上述研究並未檢視實驗物種的嗅覺能力，也未能有效將氣味訊息量化，蝙蝠在尋找棲所時是否會使用嗅覺訊息仍有討論空間。此外，過去雖有不少森林性蝙蝠棲所選擇因子的相關研究 (Kunz 1982)，然而探討蝙蝠如何選擇，特別是當這些因子所代表的資訊有所衝突時，蝙蝠將如何進行選擇的研究則相當缺乏。

台灣管鼻蝠(*Murina puta*)大部分的時間為單獨居住，雌蝠在繁殖季時有和幼蝠形成母子群 (maternity) 的紀錄 (陳等 2008; 周等 2008)，且會經常性地更換棲所，而更換頻率會因棲所品質不同有所差異 (陳等 2008)。陳等 (2008) 的調查報告指出，台灣管鼻蝠在不同月份會選擇利用不同種類的植物棲所。其中在溫度最低的十二月 (17.2°C) 及一月 (16.9°C)，大部分的個體使用筆筒樹葉柄基部及綠竹竹筒做為棲所，這兩類的棲所被認為具有保溫效果較好的特性。而在氣溫較高的其他月份，台灣管鼻蝠選擇其他植物棲所棲息的頻率增高；例如溫度較高的 5 月以後 (24.9°C-28.4°C) 會傾向利用月桃葉等普遍被認為較通風的棲所類型。綜合上述可推測：在環境溫度的改變之下，台灣管鼻蝠可能會評估不同類型棲所對於環境溫度的緩衝效果，進而做出棲所選擇。

陳等 (2008) 亦指出，台灣管鼻蝠會利用其他個體使用過的棲所。廖 (2013) 的研究則指出在搜尋盛盤上的麵包蟲時，台灣管鼻蝠與隱姬管鼻蝠 (*Murina recondita*) 較玄彩蝠 (*Kerivoula furva*) 有更佳的以嗅覺定位獵物的能力，可能跟兩種管鼻蝠鼻部管狀特化，兩鼻孔間距較分開的構造有關。綜合上述，台灣管鼻蝠在



選擇棲所的時候，亦有可能透過嗅覺察覺棲所內是否有其他個體所遺留下的氣味來尋找合適棲所。

因此，本研究主要目標是透過實驗室內操作探討台灣管鼻蝠棲所的保暖度與同種個體的氣味對其棲所選擇的影響，包括：

1. 在不同環境溫度之下，台灣管鼻蝠是否因棲所保暖度的差異而有選擇偏好。
2. 在不同環境溫度之下，其他個體於棲所內所遺留的氣味是否會影響台灣管鼻蝠的棲所選擇。
3. 在不同環境溫度之下，當保暖效果和氣味的偏好產生衝突時，台灣管鼻蝠的棲所選擇偏好為何？
4. 了解台灣管鼻蝠在棲所選擇時所展現的行為模式，以及哪些行為的展現與最後棲所的選擇有關。

本研究前置實驗中，使用與正式實驗相同的實驗配置檢測發現，不同雄性台灣管鼻蝠個體 ($n=2$) 在 18°C 、 22°C 、 26°C 分別對保暖/不保暖，有氣味/無氣味的單因子棲所選擇偏好有所差異。且將棲所位置改變後，同隻個體於同一溫度下的兩個夜晚，棲所選擇呈現一致的狀況，說明選擇結果並非棲所位置的偏好，而是棲所差異所造成。而此現象符合以往研究指出個性 (temperament) 造成同一物種之不同個體行為差異的描述。所謂個性是指動物個體間行為展現不同的一致性，即同種個體的行為展現具有差異性，且此差異性在不同時間與環境皆一致 (Réale *et al.* 2007)。例如：Menzies *et al.* (2013) 發現同年出生的小棕蝠 (*Myotis lucifugus*) 成蝠在行為展現上有所差異，且此差異在短時間內具有一致性，因此認為將所有同年出生的小棕蝠成蝠行為一起分析，有可能會掩蓋細微的行為差異而無法看出趨勢。本研究因此推測台灣管鼻蝠在棲所選擇上可能有個體選擇偏好差異的現象，必須納入兩因子偏好衝突下，棲所選擇實驗的設計考量中；也因此，針對保暖效果和氣味兩因子

衝突的綜合選擇實驗中，將根據個別蝙蝠個體在不同溫度下，保暖選擇實驗與氣味選擇實驗的結果，決定如何提供兩因子衝突的棲所供該個體選擇(個體差異設計)，而非以同樣的兩因子衝突組合的棲所(一致標準設計)測試所有個體的棲所選擇。

材料與方法



一、 實驗物種

台灣管鼻蝠(*M. puta*)為台灣特有種，主要分布於台灣海拔 2,400 m 以下的山區森林 (Kuo 2012)，族群數量大且分部範圍廣，容易以豎琴網捕捉。台灣管鼻蝠為中型食蟲性蝙蝠，體重約 5.0-9.0 g，前臂長約 3.3-3.9 cm。主要以鞘翅目及鱗翅目的昆蟲為食。過去的調查發現 4-5 月即有懷孕的母蝠，5-7 月則為其主要育幼期(鄭等 2015)。本實驗考量不同生殖狀況的雌性台灣管鼻蝠可能會展現不同的棲所選擇偏好，因此僅使用雄性台灣管鼻蝠作為受試對象。

二、 捕捉方法

本研究於 2016 年 7 月至 11 月、2017 年 3 月至 4 月間，依循陳等 (2008) 的方法，於臺北市立動物園園區後方及周圍山區 (海拔約 22 至 200 m)，架設豎琴網捕捉台灣管鼻蝠。將捕捉到的雄性成體個體，帶回台灣大學生命科學館進行下述實驗操作，操作後於捕捉地原地放回。成幼體的判斷是依據鄭等 (2015) 所描述的方法，台灣管鼻蝠個體指骨間的軟骨間隔帶若不透光一律視為成體。

三、 飼育方法


受試蝙蝠帶回實驗室後，單獨飼養於一塑膠飼養箱中 (約 30 x 15 x 15 cm)，箱緣掛置一毛巾或除塵紙供其攀附。飼養期間每日給予 7 隻一般大小 (約 3 cm) 之麵包蟲盛裝於小碟子中 (總重量約 1.5 g)，並於另一小碟子中盛裝乾淨之飲用水，供其自由取用。塑膠飼養箱的擺放空間每日以日光燈自早上 7 時至晚上 7 時連續提供 12 小時的光照，環境溫度以空調控制在 28°C 左右。



四、 實驗配置

本研究的所有實驗皆於一可調控溫度的行為觀察室內(長寬高約 2.5 x 2 x 2 m)進行。行為觀察室內架設木條框架，方便吊掛選擇實驗提供之棲所。地面擺設兩塑膠盛盤(43 x 38 cm)，一塑膠盤盛裝約 10 隻一般大小之麵包蟲(總重約 2 g)，一塑膠盤則盛裝清水供受試蝙蝠自行取用(圖 1A)。為避免食物盤與水盤的位置影響蝙蝠最後選擇棲所的結果，兩塑膠盛盤放置於距兩棲所等距之處(圖 1B)。每次實驗開始與結束時將主動以滴管餵水，以防在實驗的過程中某些蝙蝠個體未主動到地面飲水導致水分攝取不足。行為觀察室天花板的兩側分別放置供受試個體選擇、不同條件的棲所(如下述)。為避免視覺的影響以及其他人為干擾，實驗過程中不會照射任何可見光。行為觀察室內部架設一台監視攝影主機(H.264 DVR)與兩台紅外線攝影鏡頭(IP66 DVR CAM)，一攝影鏡頭由下往上照射，記錄受試蝙蝠在各棲所周圍的活動情形，另一攝影鏡頭則面對食物盤與水盤，記錄實驗個體的覓食及飲水狀況。

每次實驗進行時間為晚上 8 點至隔日上午 7 點，共 11 個小時的實驗觀察。為使受試個體適應實驗空間，於實驗操作開始前 30 分鐘將其置於空間內。實驗操作設定的三個不同溫度是參考陳等(2008)的資料，該年木柵動物園園區後山地區月平均氣溫為 16.9°C 與 17.2°C 時，台灣管鼻蝠完全使用較保暖的綠竹竹筒與筆筒葉柄基部作為棲所，24.9°C 時開始有較多台灣管鼻蝠使用較通風的月桃葉作為棲所，22.5°C 時則對各棲所皆有利用的情形。此外，根據多項研究(Turbill 2006, Turbill & Geiser 2006, Turbill & Geiser 2008)指出，類似體型的獨居型蝙蝠其進入休眠(torpor)的溫度大約在 17°C 左右。綜合上述，為使受試個體能在不進入休眠的狀態下，展現不同氣溫變化下的棲所選擇偏好，本實驗設定三組不同室內溫度處理：高溫組(26°C)、中溫組(22°C)及低溫組(18°C)。每一隻實驗個體以隨機的溫



度順序進行實驗。由於綜合選擇實驗的棲所組合需依照保暖選擇實驗和氣味選擇實驗之結果，才能進行安排，因此綜合選擇實驗為三項實驗中最後進行之實驗。此外，為避免氣味選擇實驗和保暖選擇實驗進行的順序影響綜合選擇實驗的偏好結果，每一隻個體進行保暖選擇實驗及氣味選擇實驗的順序亦為隨機排列。在正式實驗開始之前，為使蝙蝠適應行為觀察室的環境，每隻個體在捕捉後一個禮拜中均進行兩晚的測試，確認會進入棲所內部及撿食盛盤中麵包蟲的情形後再進行正式實驗。測試的溫度皆控制在 26°C，麵包蟲量亦固定為 2 g。

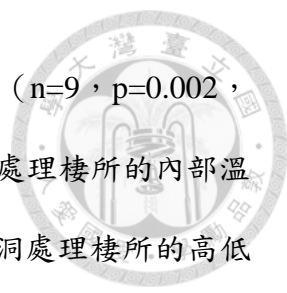
每一實驗進行時，提供蝙蝠選擇之棲所的基本形式皆為 24 x 15 cm 之全新瓦楞紙捲成開口直徑為 7 cm 的紙捲，於其內塞入除塵紙堵住上方開口。根據前置測試的結果，為了使蝙蝠能順利停棲，於棲所下方開口增黏 5 x 6 cm 之瓦楞紙，並額外於瓦楞紙條紋之垂直方向劃下直條切線，使蝙蝠能順利攀入棲所內。每次實驗開始前以 25 x 15 cm 之塑膠夾鏈袋裝入受試蝙蝠，實驗開始時將塑膠夾鏈袋置於水盤前緣，使其位置與兩棲所等距（圖 1B），以避免因距離遠近影響受試個體的行為與棲所選擇。

五、 保暖選擇實驗

本實驗測試台灣管鼻蝠於三組溫度處理下（18°C、22°C、26°C），對於棲所保暖度的選擇偏好。每次實驗提供的兩個棲所為保暖及不保暖的對照組合（圖 2A），記錄其選擇行為。此外，在前置實驗時，將 HOBO 溫濕度計(U23-003)的兩探測棒同時放入無蝙蝠居住的兩種棲所內部，紀錄其溫度變化情形。

- 保暖棲所：不對瓦楞紙捲進行額外處理。
- 不保暖棲所：在瓦楞紙捲的周圍以圓規刀割出數個直徑為 1 cm 的圓洞，使其

保暖效果較差。HOBO 溫濕度計的資料分析結果顯示，無打洞



棲所內部的溫度較打洞棲所平均高出 0.11°C ($n=9$, $p=0.002$, range: $0.06-0.25^{\circ}\text{C}$, paired t-test。); 且打洞處理棲所的內部溫度有較大的變動範圍: 打洞處理棲所較無打洞處理棲所的高低溫差平均高出 0.31°C 。($n=9$, $p<0.001$, range: $0.05-0.52^{\circ}\text{C}$, paired t-test。)

六、 氣味選擇實驗

本實驗測試台灣管鼻蝠於三組溫度處理下 (18°C 、 22°C 、 26°C)，對於棲所是否殘留其他台灣管鼻蝠氣味的選擇偏好。每次實驗提供的兩個棲所分別為有其他個體氣味殘留、及無其他個體氣味殘留的對照組合 (圖 2B)。

- 有其他個體氣味殘留的棲所：在瓦楞紙捲內部放置其他個體攀附兩個夜晚的除塵紙，以及同隻個體於實驗前晚所排出的糞一顆。
- 無其他個體氣味殘留的棲所：瓦楞紙捲內部放置全新的除塵紙。

七、 綜合選擇實驗

本實驗測試台灣管鼻蝠於三組溫度處理下 (18°C 、 22°C 、 26°C)，當棲所保暖度與是否有其他管鼻蝠氣味殘留的偏好衝突時的選擇。

為避免蝙蝠個體對於棲所選擇偏好的差異(個性)導致分析結果不明確，本實驗兩個棲所的衝突因子組合，是根據每隻蝙蝠個體在不同溫度下，保暖選擇實驗與氣味選擇實驗的結果分配。例如在低溫組，若某隻個體於單一因子實驗中分別選擇保暖度較好及具有其他個體氣味殘留的棲所，則於本實驗提供保暖度較好但無氣味殘留、以及不保暖但有氣味殘留的兩棲所供其選擇。若實驗個體最後選擇保暖度較



好但無氣味殘留棲所（與保暖實驗結果一致），則被歸為選擇「保暖偏好棲所」；若實驗個體最後選擇不保暖但有氣味殘留的棲所（與氣味實驗結果一致），則被歸為選擇「氣味偏好棲所」。

八、 行為記錄

實驗記錄參考 Boyles (2007) 的實驗方法：每次實驗期間（自實驗日當天晚上 8 點至隔日上午 7 點），以紅外線攝影機記錄受試個體當晚的活動情形，並記錄以下三種在棲所周圍展現的行為、每晚各行為展現的次數以及每次行為發生與結束的時間，進行後續分析。其中，以行為觀察室開燈前最後一次爬入的棲所作為該次實驗的最後選擇結果。

行為記錄表：

行為	行為描述
定點振翼 (H)	受試蝙蝠於棲所周圍，頭部面向棲所方向停在空中一點或圍繞其盤旋的行為。
停棲 (S)	蝙蝠接觸或停在棲所表面，未有攀爬動作。
爬入 (C)	蝙蝠停在棲所表面後，有明顯爬入棲所內部的動作。

此外，亦記錄三個溫度之下，台灣管鼻蝠的總活動時間（蝙蝠放入行為觀察室至最後選擇棲所的期間）與各行為的累計次數與累計時間。




九、統計分析

本研究的實驗數據全部為兩種棲所二擇一的形式，因此以二項分布檢驗各處理之下選擇各棲所的機率是否顯著偏離 0.5，以 $p < 0.05$ 為評定是否有顯著差異的標準。保暖選擇實驗中，若台灣管鼻蝠選擇保暖棲所記為 1（成功），選擇不保暖棲所記為 0（失敗），則 18°C 為右尾檢定， 26°C 為左尾檢定；保暖選擇實驗的 22°C 、氣味選擇實驗與綜合選擇實驗的三個溫度處理皆為雙尾檢定。此外，本研究以 McNemar change test 的單尾檢定檢驗當棲所物理條件相同時，台灣管鼻蝠是否會在環境溫度較低時捨棄個體對於棲所內是否有氣味殘留的偏好，轉為選擇有其他個體氣味殘留的棲所。

比較每一晚各行為展現的累計次數（或累計時間）是否和最後選擇的棲所相關。若在最後選擇棲所展現某行為的累計次數（或累積時間）較多記為 1（成功），若較少則記為 0（失敗）。若該個體於兩棲所展現某行為的累計次數（或累計時間）恰好相等，也計為 0（失敗）。若特定行為於某實驗中未被展現，則該次實驗不列入統計分析。以單尾 binomial test 檢定 1/0 的比例是否高於 0.5，若 p 值 < 0.05 則代表該行為能預測實驗個體最後的選擇結果。且以 Fisher exact test 比較定點振翼、停棲、爬入等三種行為對於最後選擇棲所的預測準確率是否有顯著差異。

在比較三個溫度下台灣管鼻蝠的總活動時間（開始實驗至最後一次爬入的時間）時，因每隻台灣管鼻蝠個體的總活動時間差距極大，故比較時是針對三個溫度下，同一隻個體於同一實驗的總活動時間。在同一實驗的三個溫度下，給予該隻台灣管鼻蝠個體總活動時間最長的溫度處理組排序積分計為 3，其次計為 2，最短的計為 1。後以 Friedman test 檢定各溫度處理下的總活動時間排序是否相同。若有不同，則以 post hoc analysis for Friedman test 進行兩兩比較。



同理，在比較實驗中台灣管鼻蝠在棲所前展現三種行為的累計次數時，亦是將同一隻個體於同一晚展現三種行為的累計次數進行排序，給予累計次數最多的行為排序積分計為 3，其次計為 2，最短的計為 1。後以 Friedman test 檢定三種行為的累計次數排序是否相同。若有不同，則以 post hoc analysis for Friedman test 進行兩兩比較。

結果



本研究期間共在臺北市立動物園周圍山區的 7 個地點捕捉到台灣管鼻蝠 (圖 3)。分別將 2016 年 7 月至 11 月捕捉到的 9 隻、2017 年 3 月至 4 月捕捉到的 3 隻雄性成體台灣管鼻蝠 (共計 12 隻) 攜回臺灣大學進行實驗。

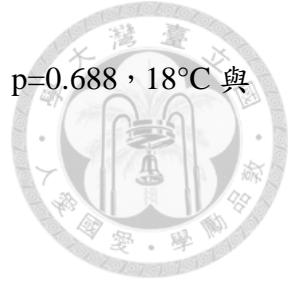
一、 保暖選擇實驗

當環境溫度為 18°C 時，八成三的個體 (10/12) 最後選擇保暖度較好的棲所 ($p=0.019$)。當環境溫度為 22°C 時，台灣管鼻蝠對於保暖度不同的兩棲所選擇接近隨機選擇 ($p=0.774$)。當環境溫度為 26°C 時，台灣管鼻蝠對於保暖度不同的兩棲所亦無顯著的選擇偏好 ($p=0.927$) (表 1)。

36 次實驗中大部分的個體最後會攀在除塵紙團與瓦楞紙捲壁交界處，但其中有 5 次可發現台灣管鼻蝠將自己包在除塵紙團內 (圖 4A)，全發生在環境溫度為 18°C 時；另有 3 次實驗個體稍微遠離除塵紙團 (圖 4B)，則全發生在環境溫度為 26°C 時。

二、 氣味選擇實驗

當環境溫度為 18°C 時，七成五 (9/12) 的個體最後選擇有同類氣味殘留的棲所，然而統計分析上並未達到顯著差異 ($p=0.146$)。當環境溫度為 22°C 與 26°C 時，對於有同類氣味殘留及無同類氣味殘留的棲所也沒有顯著的選擇偏好 (22°C: $p=0.387$; 26°C: $p=1.000$) (表 1)。經 McNemar change test 分析發現，台灣管鼻蝠在環境溫度為 18°C 與 22°C 時的棲所選擇有顯著差異 ($p=0.031$)，當環境溫度



為 22°C 與 26°C、18°C 與 26°C 時則無顯著差異 (22°C 與 26°C : $p=0.688$, 18°C 與 26°C : $p=0.227$) (表 2)。

三、 綜合選擇實驗

以二項分布檢驗發現，各溫度處理下，台灣管鼻蝠個體沒有顯著選擇保暖偏好棲所或氣味偏好棲所。(18°C : $p=0.388$; 22°C : $p=0.774$; 26°C : $p=0.774$)。

雖然各溫度處理下，台灣管鼻蝠選擇保暖偏好棲所與氣味偏好棲所的比例沒有顯著差別，但在環境溫度為較低的 18°C 時，多數 (8/12) 台灣管鼻蝠個體選擇保暖偏好棲所；而隨著環境溫度升高，會逐漸偏向以氣味作為優先考量。當環境溫度為 26°C 時，則有較多數 (7/12) 的台灣管鼻蝠個體選擇氣味偏好棲所 (圖 5)。

四、 行為分析

每晚的實驗中，台灣管鼻蝠會不斷在兩棲所間來回飛行，並於各棲所展現定點振翼、停棲與爬入等行為。一晚的總行為次數平均為 150 次左右，變動範圍很大 (4 次至 439 次)。以 post hoc analysis for Friedman test 檢測發現，台灣管鼻蝠於棲所周遭活動時，大部分的行為為定點振翼，且此行為的累計次數顯著的多於停棲與爬入 ($n=108$, $p<0.001$)，停棲也顯著多於爬入 ($n=108$, $p<0.001$) (圖 6)。

此外，二項分布檢驗指出，台灣管鼻蝠會在該晚最後選擇的棲所前累計展現較多的行為 (表 3) (定點振翼 : 66/108, $p=0.013$; 停棲 : 82/107, $p<0.001$; 爬入 : 98/108, $p<0.001$)，展現行為的累計時間也顯著較長 (定點振翼 : 69/108, $p=0.003$; 停棲 : 76/107, $p<0.001$; 爬入 : 107/108, $p<0.001$)。其中一晚蝙蝠未展現停棲行為，因此該晚的停棲項目未納入統計分析。以 Fisher exact test 檢測發現無論是累

計次數 (圖 7A) 或累計時間 (圖 7B)，三種行為中以爬入最能預測台灣管鼻蝠最後的棲所選擇。

以同一隻個體於三個溫度的總活動時間資料分析發現，在各溫度下的總活動時間經積分排序之後，18°C、22°C、26°C 的積分有顯著不同 ($n=35$, $p<0.001$)；以 post hoc analysis for Friedman test 發現 26°C 時蝙蝠總活動時間顯著多於 22°C ($p=0.017$)，於 22°C 時顯著多於 18°C ($p<0.001$) (圖 8) (表 4)。其中，有一個體在綜合選擇實驗的三個溫度處理中並非都有取食地上的麵包蟲，為避免取食麵包蟲的狀況可能影響其總活動時間，因此未納入統計分析。

討論



一、 保暖選擇實驗

本實驗中，當環境溫度為 18°C 時台灣管鼻蝠選擇使用保暖度較佳棲所的比例顯著較高，當環境溫度為 22°C 時棲所選擇偏好不顯著。此一結果符合陳等(2008)於臺北市立動物園的調查結果，在氣溫最冷的月份 (16.9°C) 中，台灣管鼻蝠全數使用保暖度較佳的綠竹竹筒做為棲所，環境溫度為 22.5°C 左右時台灣管鼻蝠會同時使用多種不同類型的棲所，從保暖度較佳的綠竹竹筒與筆筒樹葉柄基部到較通風的姑婆芋枯葉皆有使用 (陳等 2008)。

然而，本實驗中當環境溫度為 26°C 時，台灣管鼻蝠並未顯著的選擇不保暖的棲所。此結果並不符合前述調查中所提及台灣管鼻蝠於氣溫較高的月份會使用較為通風的棲所類型 (陳等 2008)。但回顧該調查的圖表結果可以發現，在環境溫度更高時 (29.85°C)，部分台灣管鼻蝠個體仍會使用綠竹竹筒為棲所，並未全數使用較通風的棲所類型。此外，在本實驗中，無論在低、中、高溫組，台灣管鼻蝠選擇未經打洞 (保暖度較好) 的瓦楞紙捲的比例均較高。此些結果或許是除保暖度外，棲所溫度的穩定性也可能影響台灣管鼻蝠的棲所選擇。因為本實驗中，未經打洞的瓦楞紙捲內部溫度變動幅度較打洞的瓦楞紙捲變動幅度小 (兩種棲所的高低溫差平均約 0.31°C，最高可達 0.52°C)。陳等(2008)也提出綠竹竹筒相對於其他 4 種棲所植物而言，能提供較穩定的微氣候環境，故為 181 筆棲所紀錄中利用頻度最多的棲所，也是台灣管鼻蝠最常連續利用的棲所類型。過往的研究也指出，蝙蝠在進行棲所選擇時，微棲地的溫度調節亦是考量的重要因素之一 (Humphrey *et al.* 1977, Ormsbee & McComb 1998, Evelyn *et al.* 2004)，微棲地環境溫度變化越小，越有助於蝙蝠有效地管理能量散失。




二、 氣味選擇實驗

本實驗中，當環境溫度為 18°C 時，雖然檢視原始資料可發現多數的個體選擇具有同類氣味殘留的棲所，然而以二項分布檢測的結果並未支持台灣管鼻蝠對於有氣味的棲所有選擇偏好，當環境溫度為 22°C 及 26°C 時的選擇偏好現象則更不明顯。依據多項前人的研究結果顯示，幾種食蟲性蝙蝠在夜間活動的活躍程度，與環境溫度及食物量有正向相關 (Hayes 1997; Vaughan *et al.* 1997; O'Donnell 2000)。因此推測本實驗結果應該是在環境溫度較低時，在可得的食物資源量不變的情況之下，蝙蝠為減少自身能量損耗，會減少其活動的時間，而必須在有限的時間內找到較適合的棲所。事實上，本研究確實發現，台灣管鼻蝠的總活動時間在環境溫度為 18°C 時積分排序最低，環境溫度為 26°C 時積分排序最高 (圖 8)，且經 *post hoc analysis for Friedman test* 分析發現三個溫度的總活動時間兩兩比較皆有顯著差異 (表 4)。反映出當環境溫度越高時，其總活動時間越長，也就是受試個體普遍會在較晚的時間點進入棲所而不再活動。

在前置實驗中，蝙蝠對於棲所內是否有氣味殘留的偏好具有個體差異，且同隻個體的偏好具有一致性，符合相關研究對於個性的描述 (Réale *et al.* 2007, Menzies *et al.* 2013)。但在低溫下，當棲所的物理條件相同時，棲所內有其他個體氣味殘留可能暗示此棲所在過去曾被使用，為一較安全且適合的棲所。而在較需考量能量損耗的低溫環境下，此資訊對於台灣管鼻蝠而言，比個體對於棲所內是否有氣味殘留的偏好更顯重要。因此低溫時，多數個體選擇有氣味殘留的棲所。

相對地，在較高溫的 22°C 與 26°C 時，台灣管鼻蝠對於能量損耗的考量不若低溫時迫切，此時便較有可能顯現不同個體對棲所內是否有氣味殘留偏好的差異。此外，過往的研究 (Bouchard 2001, Englert & Greene 2009) 指出蝙蝠可以透過氣味辨認個體，進而產生棲所選擇偏好。因此，台灣管鼻蝠實際選擇棲所時對於氣味的



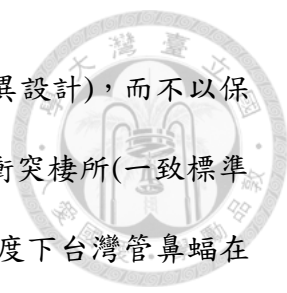
考量可能更為複雜：每隻個體對於棲所內的氣味亦可能有所偏好，不單純是以氣味的有無為判斷依據。然而本研究並未進一步檢視此種可能所造成的影響，未來研究或可提供不同隻個體氣味殘留的棲所供同隻個體進行選擇，以進一步釐清台灣管鼻蝠是否對於棲所內不同個體的氣味有選擇偏好。綜合上述原因，可能使台灣管鼻蝠在較高的兩個溫度之下，蝙蝠整體對於棲所內是否有氣味殘留的選擇結果不若 18°C 時明顯。

而以 McNemar change test 比較環境溫度為 18°C 與 22°C 兩組溫度的氣味選擇結果確實發現，台灣管鼻蝠顯著的由原本選擇沒有氣味的棲所轉為選擇有氣味的棲所。但比較 22°C 與 26°C 兩組溫度的氣味選擇時，則未有上述現象。18°C 與 26°C 的資料雖然統計分析未達顯著，但也有從原本選擇沒有氣味殘留棲所轉為選擇有氣味殘留棲所的趨勢。上述結果或可補充說明當環境溫度為較低溫的 18°C 時，氣味殘留所暗示的棲所適合度使台灣管鼻蝠捨棄於棲所選擇時的氣味偏好，但較高溫的 22°C 與 26°C 時仍以個體對於氣味的偏好為主。

三、 綜合選擇實驗

本實驗中，無論在哪一種環境溫度之下，台灣管鼻蝠對於兩因子偏好衝突棲所的選擇傾向並不明顯。即在各溫度之下，棲所選擇差異未能達到偏離機率值為 0.5 的顯著值($p>0.05$)。然而在環境溫度較低的 18°C 處理下，台灣管鼻蝠的棲所選擇和保暖實驗的棲所選擇結果較一致，即傾向選擇保暖度較好的棲所；而當環境溫度為較高溫的 26°C 時，棲所選擇的結果則和氣味選擇實驗結果較為相近(圖 5)。

在前置實驗中發現，不同個體對於氣味或保暖偏好可能有個體差異。如前文所述，本實驗目的為比較保暖偏好與氣味偏好在同一棲所內有所衝突時的選擇結果，為了避免蝙蝠對於棲所因子偏好有個體差異，導致不同溫度的棲所選擇趨勢不




明顯，因此根據不同個體設計不同衝突因子組合的棲所(個體差異設計)，而不以保暖選擇實驗與氣味選擇實驗的整體結果設計一致標準的兩因子衝突棲所(一致標準設計)。儘管本實驗結果未達顯著差異，但可由圖 5 看出不同溫度下台灣管鼻蝠在選擇棲所時，對於棲所內衝突的兩因子有不同考量順序的趨勢。可能的原因是，在環境溫度為較低溫的 18°C 時，多數台灣管鼻蝠個體仍傾向以保暖度為棲所選擇之優先考量；而隨著環境溫度逐漸升高後，當能量保存的考量不再如低溫狀況下重要時，台灣管鼻蝠個體對氣味的偏好便較為明顯。未來除可透過增加樣本數以使台灣管鼻蝠在保暖度與氣味因子衝突下棲所選擇的結果更為明確外，亦可針對個體對不同保暖度與氣味偏好的差異設計實驗，以進一步了解個體個性影響棲所選擇的程度。

儘管氣味選擇實驗的統計結果未有顯著差異，可能代表對於台灣管鼻蝠而言，氣味因子在棲所選擇時並未如保暖考量重要。但若連同綜合實驗的結果一起檢視，可發現同樣是低溫處理下，台灣管鼻蝠於綜合選擇實驗的結果，未如保暖選擇實驗中顯著偏好保暖度較佳的棲所，或可說明氣味仍對台灣管鼻蝠的的棲所選擇有所影響。

四、 行為展現

過去對於蝙蝠選擇棲所時的行為研究不多，僅有少數定性的描述，但皆未進行更近一步的量化分析。Kerth *et al.* (2001) 指出，蝙蝠在選擇適當棲所時，可能會在棲所周圍來回探查。例如歐亞夜蝠在選擇欲居住的巢箱時，在進入巢箱之前會群聚 (swarm) 在巢箱附近飛行。

本研究發現從實驗當晚台灣管鼻蝠於兩棲所的活動模式可以推估該隻個體最後棲所選擇的結果，即台灣管鼻蝠會於實驗當晚最後選擇之棲所周圍展現較多行



為，且累計的行為展現時間也較長。比較三種不同的行為與最後選擇結果相符的比例，可發現爬入行為無論在累計時間或累計次數上都較其他兩項行為更能準確的預測台灣管鼻蝠最後的選擇結果，而定點振翼的預測度則最低。Vaughan 與 O'shea (1976)的研究發現，沙漠蝠 (*Antrozous pallidus*) 在進入棲所前，會有一連串儀式化的行為，包含在岩縫附近盤旋、停在洞口探查而後離開，如此重複數次。此種探查 (checking) 的行為被推測為該種蝙蝠可能以此確認棲所內部氣味，作為選擇棲所時的參考。同理，本研究所觀察到的三種行為中，爬入行為可能是最後評估與決定選擇的重要行為。蝙蝠於一棲所周圍定點振翼僅能大致了解棲所的外觀，停棲與爬入時蝙蝠與棲所有所接觸 (甚至是深入棲所內部)，推測可以更準確的評估與掌握棲所內部的微環境，且更能近距離地利用嗅覺感官判定棲所的適合度。因此爬入顯著的較其他兩種行為更能準確的預測台灣管鼻蝠較偏好哪一棲所，進而做出選擇。

本研究中每隻台灣管鼻蝠個體的活動時間差距極大，故行為分析是先就每隻蝙蝠個體在同實驗不同溫度下的總活動時間進行排序後給予積分再進行分析，而非以實際的總活動時間長短直接進行分析。此種以等級區分的分析結果雖然無法顯示總活動時間在各溫度下的實際差距，但能避免因蝙蝠個體間的總活動時間變異過大，導致總活動時間與溫度的關係不明確的分析結果。




五、 研究限制

本研究於臺北市立動物園的捕捉雖投入相當多的努力(歷經100個捕捉夜、每夜5具豎琴網),但台灣管鼻蝠捕捉的數量偏低(總計只捕捉到20隻次的個體),而總捕捉數以玄彩蝠為多(共62隻次的個體),致使能測試的台灣管鼻蝠個體數有限,許多結果未如預期般顯著。此等台灣管鼻蝠數量較陳等(2008)調查時偏低的現象,推測與園內周圍山區廣佈綠竹林及園方會定期清理植被降低森林鬱閉度有關,因為根據前人經驗(陳宏彰 私人通訊),台灣管鼻蝠較常出沒於較鬱蔽的天然林。未來期望藉由增加受試個體數量,使實驗結果更加明確。

此外,本研究所使用的行為觀察室內部溫度是與室外進行氣體交換而後調溫的結果,因此溫度穩定性不足,實際溫度變動範圍有時可達設定溫度的正負 1°C ,使得各組之間的溫度差距有時不會如設定般剛好差距 4°C (或 8°C)。不過各處理組之間的溫度並不會重疊,應不致影響實驗結果的判讀。然而若控溫更為穩定,實驗結果亦可能更為明確。

結論

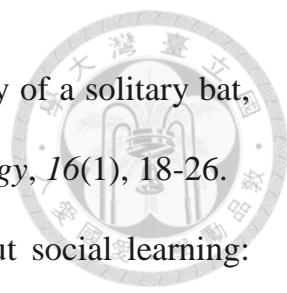


環境溫度的改變會影響台灣管鼻蝠的棲所選擇偏好，當環境溫度為 18°C 時台灣管鼻蝠顯著的偏好保暖度較好的棲所，多數個體也傾向使用有同類氣味殘留的棲所。而當本研究所探討的兩因子（棲所保暖度與同類氣味殘留）在單一棲所內所代表的偏好產生衝突時，雖然統計結果不顯著，但實驗結果的趨勢可能反映台灣管鼻蝠優先考量的因子類型會隨著環境溫度改變而有所不同：即在環境溫度為較低的 18°C 時，台灣管鼻蝠在選擇棲所時將優先考量棲所保暖度的選擇偏好，而當環境溫度為較高的 26°C 時，保暖度考量的影響相對較小，氣味偏好影響會比較明顯。台灣管鼻蝠在選擇棲所時，會在最後選擇的棲所周圍展現較多且較長時間的行為，三種行為中又以爬入行為最能得知台灣管鼻蝠對於棲所的偏好，進而預測該隻蝙蝠最後的棲所選擇。

參考文獻



- 周政翰、徐昭龍、莊孟憲、李玲玲，2008。台灣管鼻蝠 (*Murina puta*) 棲居於香蕉葉之發現紀錄。《特有生物研究》, 10(1), 19-24.
- 陳賜隆、陳湘繁、張海寧，2008。臺北市立動物園次生林內臺灣管鼻蝠微棲地選擇。《臺北市府99年度計畫研究報告》。
- 廖偉成，2013。管鼻蝠與彩蝠偵測及撿拾獵物的行為。《臺灣大學生態學與演化生物學研究所學位論文》。
- 鄭錫奇、方引平、周政翰，2015。《臺灣蝙蝠圖鑑》。南投縣：中華民國行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- Amo, L., Visser, M. E., & Oers, K. V. (2011). Smelling out predators is innate in birds. *Ardea*, 99(2), 177-184.
- Borgo, J. S., Conner, L. M., & Conover, M. R. (2006). Role of predator odor in roost site selection of southern flying squirrels. *Wildlife Society Bulletin*, 34(1), 144-149.
- Bouchard, S. (2001). Sex discrimination and roostmate recognition by olfactory cues in the African bats, *Mops condylurus* and *Chaerephon pumilus* (Chiroptera: Molossidae). *Journal of Zoology*, 254(1), 109-117.
- Boyles, J. G., & Storm, J. J. (2007). Avoidance of predator chemical cues by bats: an experimental assessment. *Behaviour*, 144(9), 1019-1032.
- Brown, J. L. (1969). The buffer effect and productivity in tit populations. *The American Naturalist*, 103(932), 347-354.

- 
- Chruszcz, B. J., & Barclay, R. M. R. (2002). Thermoregulatory of a solitary bat, *Myotis evotis*, roosting in rock crevices. *Functional ecology*, *16*(1), 18-26.
- Donaldson, Z. R., & Grether, G. F. (2007). Tradition without social learning: scent-mark-based communal roost formation in a Neotropical harvestman (*Prionostemma* sp.). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *61*(5), 801-809.
- Englert, A. C., & Greene, M. J. (2009). Chemically-mediated roostmate recognition and roost selection by Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*). *PLOS ONE*, *4*(11), e7781.
- Evelyn, M. J., Stiles, D. A., & Young, R. A. (2004). Conservation of bats in suburban landscapes: roost selection by *Myotis yumanensis* in a residential area in California. *Biological Conservation*, *115*(3), 463-473.
- Findley, J. S., & Wilson, D. E. (1974). Observations on the neotropical disk-winged bat, *Thyroptera tricolor* Spix. *Journal of Mammalogy*, *55*(3), 562-571.
- Hayes, J. P. (1997). Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *Journal of Mammalogy*, *78*(2), 514-524.
- Humphrey, S. R., Richter, A. R., & Cope, J. B. (1977). Summer habitat and ecology of the endangered Indiana bat, *Myotis sodalis*. *Journal of Mammalogy*, *58*(3), 334-346.
- Kerth, G., Weissmann, K., & König, B. (2001). Day roost selection in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*): a field experiment to determine the influence of roost temperature. *Oecologia*, *126*(1), 1-9.

Kunz, T. H. (1982). Roosting ecology of bats. In *Ecology of bats* (pp. 1-55).
Springer US.

Kuo, H. C. (2012). *Phylogeography and diversification of Taiwanese bats*.
Doctoral dissertation, Queen Mary University of London.

Lemke, T. O. (1984). Foraging ecology of the long-nosed bat, *Glossophaga
soricina*, with respect to resource availability. *Ecology*, 65(2), 538-548.

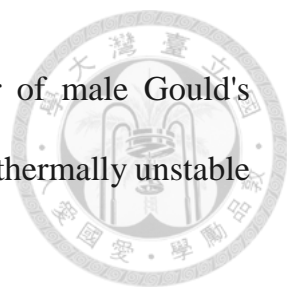
Menzies, A. K., Timonin, M. E., McGuire, L. P., & Willis, C. K. (2013).
Personality variation in little brown bats. *PLOS ONE*, 8(11), e80230.

O'Donnell, C. F. (2000). Influence of season, habitat, temperature, and invertebrate
availability on nocturnal activity of the New Zealand long-tailed bat
(*Chalinolobus tuberculatus*). *New Zealand Journal of Zoology*, 27(3), 207-
221.

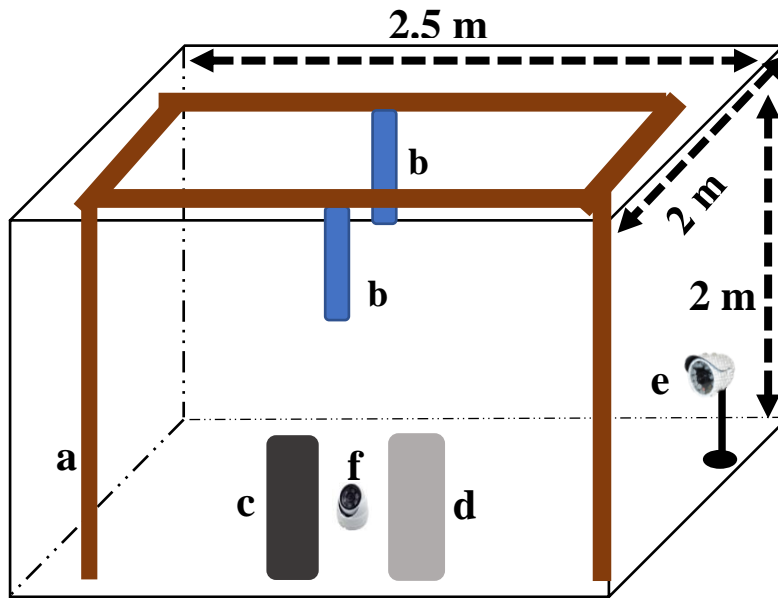
Ormsbee, P. C., & McComb, W. C. (1998). Selection of day roosts by female long-
legged myotis in the central Oregon Cascade Range. *The Journal of Wildlife
Management*, 62(2), 596-603.

Réale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T., & Dingemans, N. J. (2007).
Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological
Reviews*, 82(2), 291-318.

Ruczyński, I., Kalko, E. K., & Siemers, B. M. (2007). The sensory basis of roost
finding in a forest bat, *Nyctalus noctula*. *Journal of Experimental Biology*,
210(20), 3607-3615.

- 
- Turbill, C. (2006). Roosting and thermoregulatory behaviour of male Gould's long-eared bats, *Nyctophilus gouldi*: energetic benefits of thermally unstable tree roosts. *Australian Journal of Zoology*, 54(1), 57-60.
- Turbill, C., & Geiser, F. (2006). Thermal physiology of pregnant and lactating female and male long-eared bats, *Nyctophilus geoffroyi* and *N. gouldi*. *Journal of Comparative Physiology B*, 176(2), 165-172.
- Turbill, C., & Geiser, F. (2008). Hibernation by tree-roosting bats. *Journal of Comparative Physiology B*, 178(5), 597-605.
- Vaughan, T. A., & O'Shea, T. J. (1976). Roosting ecology of the pallid bat, *Antrozous pallidus*. *Journal of Mammalogy*, 57(1), 19-42.
- Vaughan, N., Jones, G., & Harris, S. (1997). Habitat use by bats (Chiroptera) assessed by means of a broad-band acoustic method. *Journal of Applied Ecology*, 34(3), 716-730.
- Warner, R. R. (1990). Resource assessment versus tradition in mating-site determination. *The American Naturalist*, 135(2), 205-217.

(A)



(B)

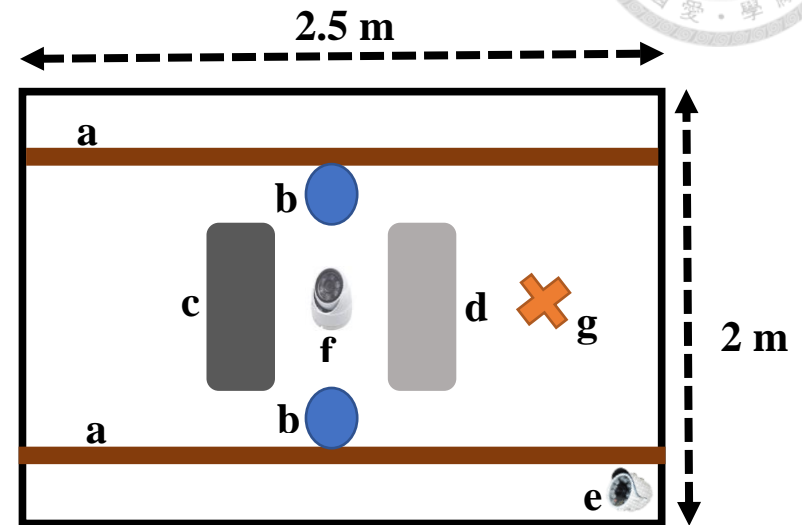


圖 1、本研究之行為觀察室配置圖 (A)側視圖、(B)俯視圖

木架 (a) 用以黏掛兩不同條件的棲所 (b)，地面放置食物盤 (c) 與水盤 (d) 供蝙蝠取用，兩台紅外線攝影鏡頭 (e)、(f)，分別紀錄蝙蝠取用食物飲水以及選擇棲所的行為。實驗開始時蝙蝠的釋放地點 (g)，與兩棲所的距離相等。

(A)



(B)



圖 2、本研究使用之棲所實物圖

(A) 保暖選擇實驗所使用的兩棲所：圖右為保暖棲所（完整的瓦楞紙捲），圖左為不保暖棲所（經打洞處理的瓦楞紙捲）。

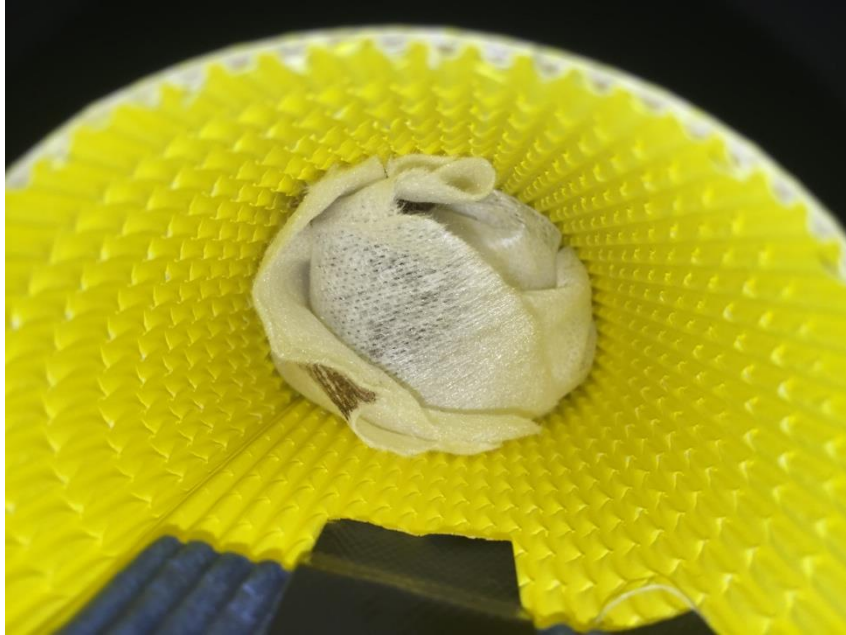
(B) 氣味選擇實驗所使用的兩棲所：圖右為無同類氣味殘留棲所（瓦楞紙捲內部塞入全新的除塵紙團），圖左為有同類氣味殘留的棲所（瓦楞紙捲內部塞入其他個體攀附兩晚的除塵紙團，加上同隻個體於實驗前一晚排出的糞便一粒）。



圖 3、臺北市立動物園周圍山區步道架設豎琴網的地點

藍點有捕捉到台灣管鼻蝠，紅點僅捕捉到非台灣管鼻蝠的其他物種。

(A)



(B)



圖 4、台灣管鼻蝠於棲所內部休息的特殊情況

(A) 某次環境溫度為 18°C 時蝙蝠將自己包在除塵紙團內、(B) 某次環境溫度為 26°C 時蝙蝠離除塵紙團較遠。

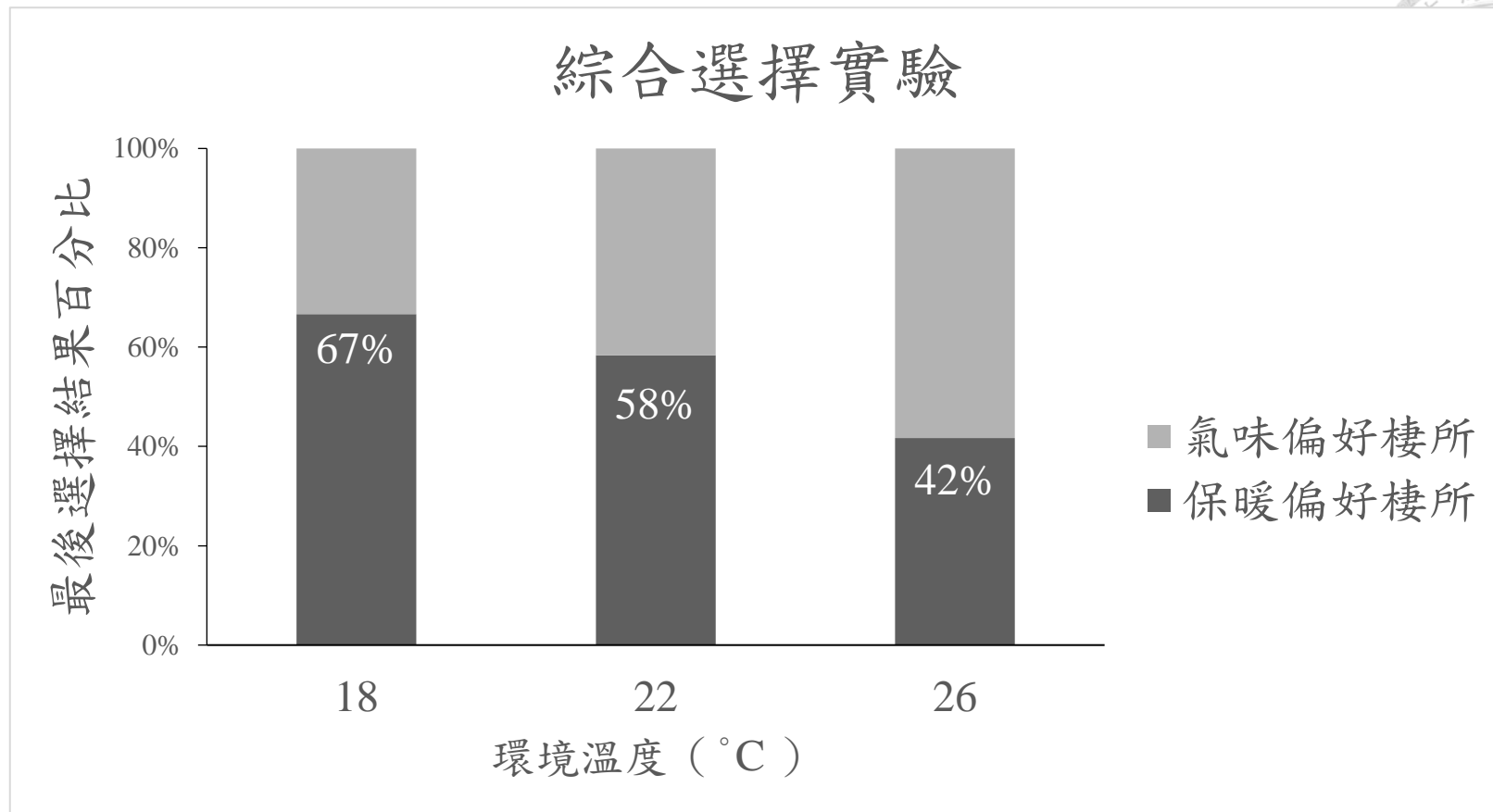
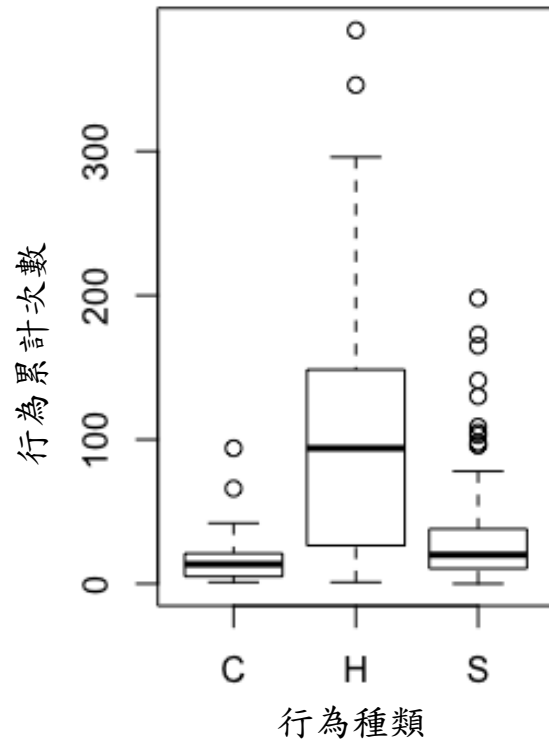


圖 5、綜合實驗中不同環境溫度下，台灣管鼻蝠最後選擇保暖偏好或氣味偏好棲所之比例
數字為選擇保暖偏好棲所的百分比。

(A)



(B)

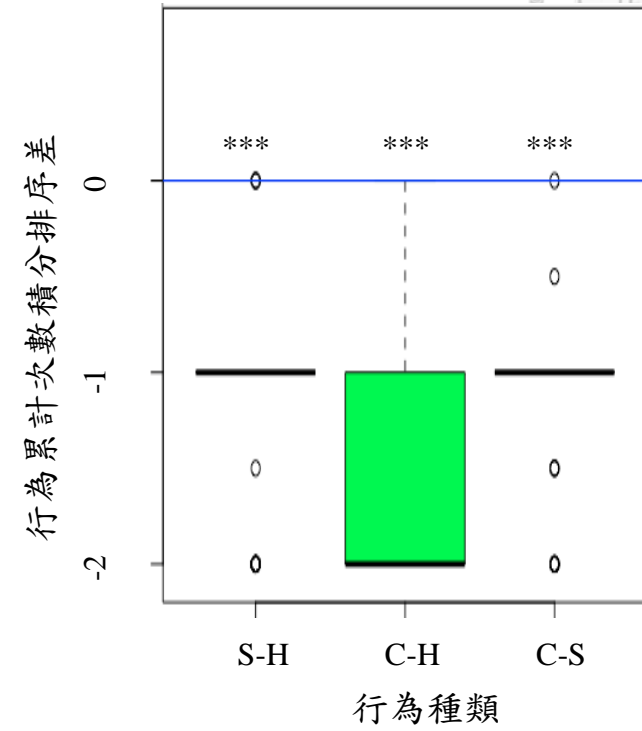
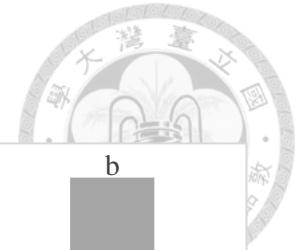
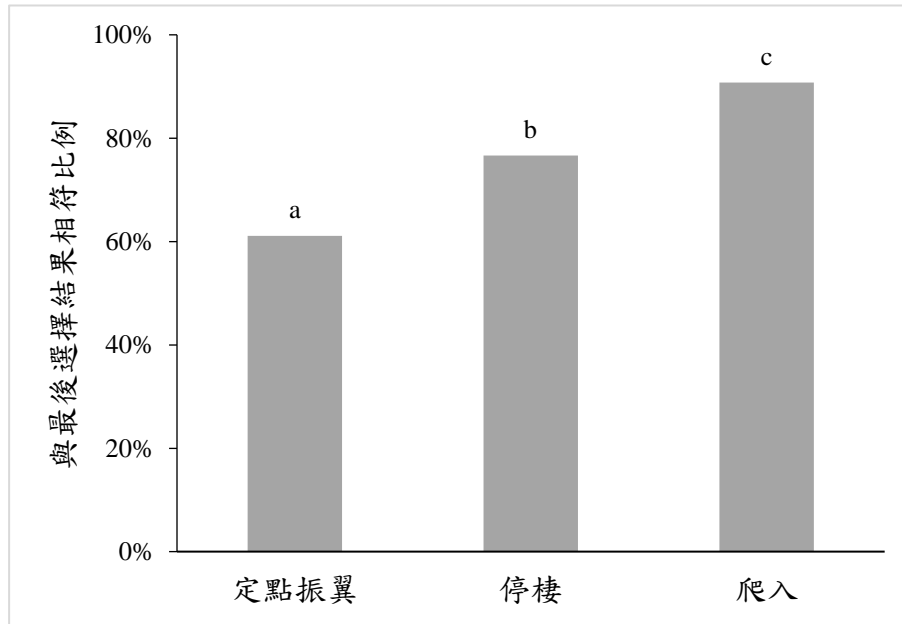


圖 6、台灣管鼻蝠在棲所前(A)展現各行為的累計次數與(B)各行為累計次數積分排序兩兩比較的箱型圖。H：定點振翼、S：停棲、C：爬入，各行為累計次數積分排序以 post hoc analysis for Friedman test 進行檢測，***：p<0.001，圓圈為離群值。



(A)



(B)

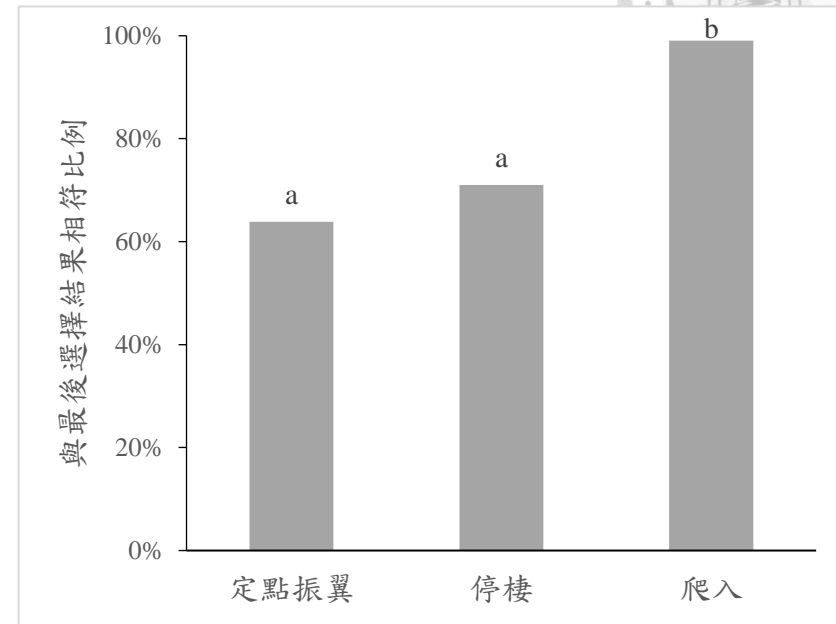


圖 7、台灣管鼻蝠在不同棲所前展現行為之 (A) 累計次數與 (B) 累計時間與最後棲所選擇結果相符的比例。以 Fisher exact test 兩兩比較各行為的累計次數與累計時間，相同英文字母表示統計上無顯著差異，例如：行為累計時間中，定點振翼與停棲兩兩比較無顯著差異，因此皆以字母 a 表示。行為累計次數中，三種行為兩兩比較皆有顯著差異，因此分別以 a、b、c 表示。

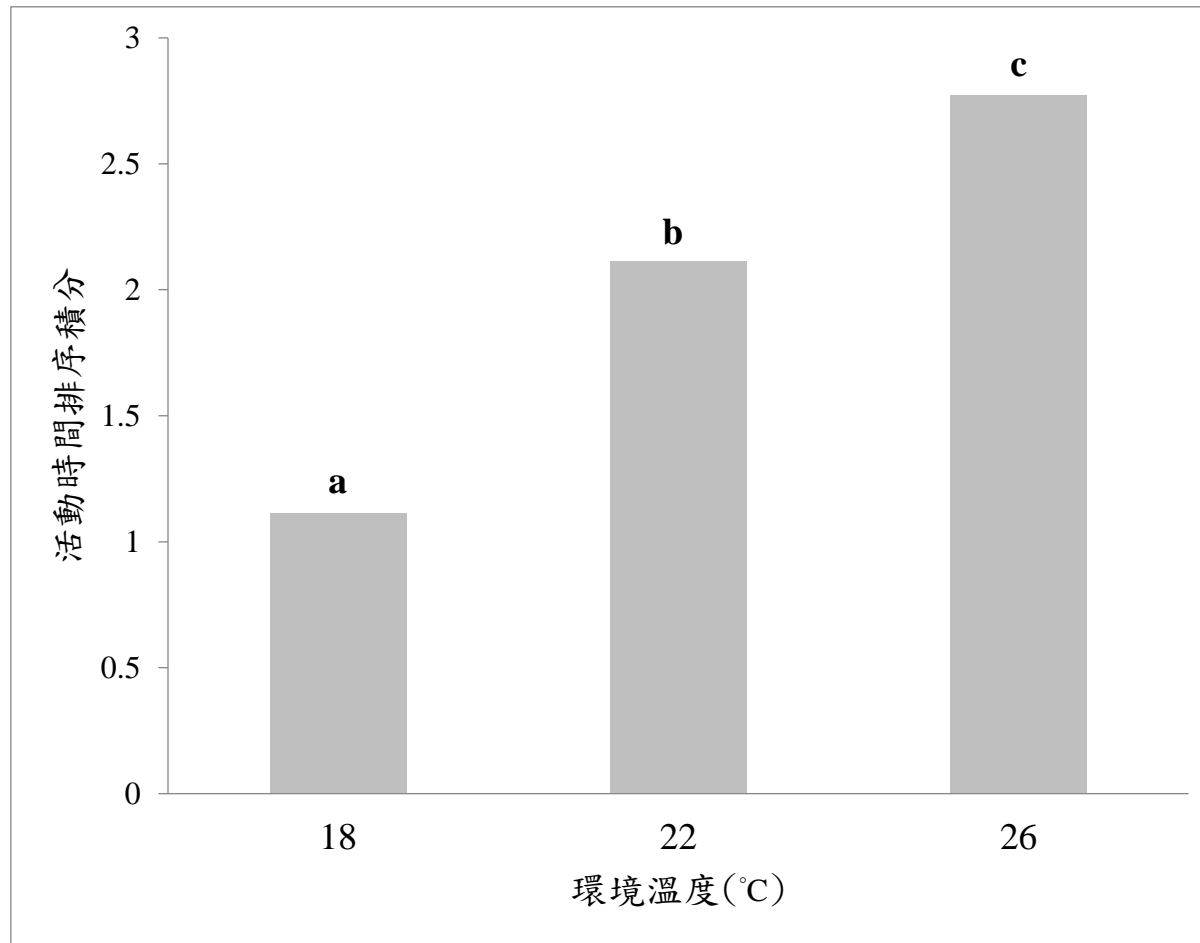


圖 8、各溫度下台灣管鼻蝠總活動時間積分排序圖。以 post hoc analysis for Friedman test 兩兩比較，不同的英文字母表示統計上有顯著差異。本圖中三個溫度間活動時間積分皆有顯著差異，因此分別以 a、b、c 表示。



表 1、保暖選擇實驗與氣味選擇實驗中台灣管鼻蝠的棲所選擇結果。以二項分布檢驗台灣管鼻蝠於各實驗中最後選擇棲所類型的機率是否顯著偏離 0.5，*： $p < 0.05$

保暖選擇實驗					氣味選擇實驗			
環境溫度	受試個體數	選擇保暖棲所個體數	選擇保暖棲所比例	<i>p</i> 值	受試個體數	選擇氣味棲所個體數	選擇氣味棲所比例	<i>p</i> 值
18°C	12	10	83%	0.019*	12	9	75%	0.146
22°C	12	7	58%	0.774	12	4	33%	0.387
26°C	12	8	67%	0.927	12	6	50%	1.000



表 2、以 McNemar change test 檢測各溫度間，台灣管鼻蝠對於氣味有無的偏好是否改變，*：p<0.05

溫度組合	低溫組較高溫組偏好有氣味棲所
18°C -22°C	p=0.031*
22°C -26°C	p=0.688
18°C -26°C	p=0.227



表 3、所有實驗中台灣管鼻蝠展現各項行為的累計時間與累計次數，與最後棲所選擇結果的相符程度。p 值以 binomial test 的右尾檢定求得，*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

項目	與最後選擇結果相符百分比(%) (相符實驗次數/總實驗次數)	p 值
定點振翅累計次數較多	61 (66/108)	0.013*
停棲累計次數較多	77 (82/107)	<0.001***
爬入累計次數較多	91 (94/108)	<0.001***
定點振翅累計時間較長	64 (69/108)	0.003**
停棲累計時間較長	71 (76/107)	<0.001***
爬入累計時間較長	99 (107/108)	<0.001***

表 4、以 post hoc analysis for Friedman test 兩兩比較各溫度下台灣管鼻蝠的總活動時間積分排序，*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$,
 ***: $p < 0.001$



溫度組合	實驗活動時間積分排序比較
18°C -22°C	$p < 0.001$ ***
22°C -26°C	$p = 0.017$ *
18°C -26°C	$p < 0.001$ ***



附錄 1、本研究於臺北市立動物園各月份之捕捉記錄

	2016/7	2016/8	2016/9	2016/10	2016/11	2017/3	2017/4	總計
臺灣葉鼻蝠 (<i>Hipposideros armiger terasensis</i>)	-	2	2	8	-	14	1	27
臺灣大蹄鼻蝠 (<i>Rhinolophus formosae</i>)	-	1	-	-	1	3	-	5
臺灣小蹄鼻蝠 (<i>Rhinolophus monoceros</i>)	1	1	1	-	1	7	8	19
東亞摺翅蝠 (<i>Miniopterus fuliginosus</i>)	-	1	-	1	3	-	-	5
玄彩蝠 (<i>Kerivoula furva</i>)	4	22	8	4	3	6	15	62
赤黑鼠耳蝠 (<i>Myotis rufoniger</i>)	-	1	-	-	-	-	3	4
長尾鼠耳蝠 (<i>Myotis frater</i>)	-	-	2	-	-	1	-	3
台灣管鼻蝠 (<i>Murina puta</i>)	-	7	3	3	1	2	4	20
隱姬管鼻蝠 (<i>Murina recondita</i>)	-	-	-	1	1	-	-	2
總計	5	35	16	17	10	33	31	147

研究期間於動物園捕捉紀錄之蝙蝠物種共 9 種，其中隱姬管鼻蝠為該地新紀錄種。